



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Διπλωματική εργασία

ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΗΣ ΠΑΝΔΗΜΙΑΣ ΣΤΙΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΣΤΟ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ



ΣΤΑΜΑΤΙΟΣ ΤΣΑΚΟΥΛΗΣ

Επιβλέποντες:

Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής ΕΜΠ

Ιωάννα Παγώνη, Επιστημονική Συνεργάτης ΕΜΠ

Αθήνα, Μάρτιος 2022

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί το επιστέγασμα των προσπαθειών και των κόπων μου κατά τη διάρκεια των σπουδών στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Θερμές ευχαριστίες στο κύριο Γιώργο Γιαννή, καθηγητή της σχολής, για την ανάθεση του θέματος, την ουσιαστική καθοδήγηση και τη καθοριστική υποστήριξη κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στη κυρία Ιωάννα Παγώνη, ερευνήτρια ΕΜΠ, για τις πολύτιμες συμβουλές και παρατηρήσεις της, το χρόνο που αφιέρωσε σε όλα τα στάδια εκπόνησης της εργασίας καθώς και το εξαιρετικό κλίμα συνεργασίας που διαμόρφωσε.

Κλείνοντας, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, την αδερφή μου και τους φίλους μου για την υποστήριξη καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Αθήνα, Μάρτιος 2022

Σταμάτιος Τσάκουλης

Επιρροή της πανδημίας στις εθνικές και διεθνείς αεροπορικές μεταφορές στο Αεροδρόμιο Αθηνών

ΣΤΑΜΑΤΙΟΣ ΤΣΑΚΟΥΛΗΣ

Επιβλέπων:

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΓΙΑΝΝΗΣ
Καθηγητής ΕΜΠ

Σύνοψη

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η διερεύνηση των παραγόντων της πανδημίας που επηρέασαν την αεροπορική ζήτηση στο Αεροδρόμιο Αθηνών. Για το σκοπό αυτό συλλέχθηκαν δεδομένα πτήσεων του αεροδρομίου από και προς 25 χώρες-μέλη της Ευρωπαϊκής ένωσης καθώς και εγχώριες. Επιπλέον αντλήθηκαν από διαδικτυακές βάσεις δεδομένων, στοιχεία που συνδέονται με την εξέλιξη της πανδημίας και των περιοριστικών μέτρων. Αναπτύχθηκαν μοντέλα διαστρωματικών στοιχείων χρονολογικών σειρών, με την ατομική ανομοιογένεια των χωρών ή αεροδρομίων να είναι ισχυρή. Εξαρτημένη μεταβλητή αποτέλεσε ο αριθμός επιβατών ανά πτήση και ερμηνευτικές, συνδυασμός περιοριστικών μέτρων με μεταβλητές εξέλιξης της πανδημίας. Οι χώρες μελέτης κατηγοριοποιήθηκαν με κριτήριο το ποσοστό της συνολικής επιβατικής κίνησης που αποτελούσαν και τα μοντέλα αξιοποίησαν όσο το δυνατόν περισσότερες ανεξάρτητες μεταβλητές. Από την εφαρμογή της μεθοδολογίας προέκυψε ότι το ποσοστό εμβολιαστικής κάλυψης του πληθυσμού αποτελεί την κρίσιμότερη μεταβλητή ανάκαμψης της αεροπορικής κίνησης ενώ η αυστηρότητα του lockdown αποτελεί σημαντικό ανασταλτικό παράγοντα. Για όλες τις ομάδες χωρών οι εταιρείες χαμηλού κόστους εμφάνισαν την υψηλότερη συσχέτιση με την αεροπορική κίνηση ενώ σημαντική επιρροή είχαν οι αεροπορικές εταιρείες ναυλωμένων πτήσεων στις χώρες με παροδική κίνηση.

Λέξεις κλειδιά: αεροπορικές μεταφορές, αεροδρόμιο Αθηνών, πανδημία, έλεγχοι διεθνών ταξιδιών, αυστηρότητα lockdown, εμβολιασμοί, ευρωπαϊκή ένωση, εγχώρια κίνηση, αεροπορικές εταιρείες, είδη πτήσεων, μοντέλα παλινδρόμησης, διαστρωματικά στοιχεία χρονολογικών σειρών

Impact of pandemic on national and international air transport demand at Athens International Airport

STAMATIOS TSAKOULIS

Supervisor:

GEORGE YANNIS

Professor NTUA

Abstract

The objective of this Diploma thesis is to investigate the factors of the pandemic that influenced the air transport demand at Athens Airport. For this purpose, airport mobility data were collected from and to 25 Member States of the European Union as well as domestic flights. In addition, they were drawn from online databases, data related to the evolution of the pandemic and restrictive measures implemented. Panel data regression analysis have been developed, with the individual heterogeneity of countries or airports being strong. The number of passengers per flight was the dependent variable and explanatory variables, a combination of pandemic related restrictive measures. The study countries were categorized based on the percentage of total passenger traffic and the models used as many independent variables as possible. The methodology demonstrated that the rate of vaccination coverage of the population is the most critical variable of recovery of air traffic while the severity of the lockdown is an important inhibitory factor. For all groups of countries, low-cost airlines showed the highest correlation with air traffic, while airlines with chartered flights in countries with temporary traffic had a significant influence.

Keywords: air transport, Athens airport, pandemic, restrictive measures, lockdown stringency, vaccinations, European Union, domestic mobility, airlines, flight description, regression, panel data

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει στόχο τη **διερεύνηση των παραγόντων της πανδημίας** που επηρέασαν την **επιβατική κίνηση** στο Αεροδρόμιο Αθηνών «Ελ. Βενιζέλος». Για το σκοπό αυτό αναπτύχθηκαν μοντέλα διαστρωματικών στοιχείων χρονολογικών σειρών για την περιγραφή της επιβατικής κίνησης εσωτερικού-εξωτερικού κατά τη διάρκεια της πανδημίας.

Τα δεδομένα αεροπορικής κίνησης που αναλύθηκαν, αντλήθηκαν από το Αεροδρόμιο Αθηνών και αφορούν τη πλήρη καταγραφή των **στοιχείων** κάθε **πτήσης** που εξυπηρετήθηκε από το αεροδρόμιο. Επιπλέον αντλήθηκαν δεδομένα **περιοριστικών ταξιδιωτικών μέτρων** και δεικτών **αυστηρότητας** των περιορισμών, όπως καταγράφονται στη βάση του Πανεπιστημίου της Οξφόρδης. Τέλος, δεδομένα που συνδέονται με την **εξέλιξη της πανδημίας**, αντλήθηκαν από τη διαδικτυακή βάση Our World in Data.

Με βάση το θεωρητικό υπόβαθρο, αναπτύχθηκαν **μοντέλα διαστρωματικών στοιχείων χρονολογικών σειρών**, για την **Ευρωπαϊκή** επιβατική κίνηση καθώς και τη κίνηση **εσωτερικού** του Αεροδρομίου Αθηνών. Η κίνηση εξωτερικού χωρίστηκε σε δύο ομάδες κρατών με κριτήριο το ποσοστό της συνολικής κίνησης που αποτελούν για το Αεροδρόμιο. Αναπτύχθηκαν 3 μοντέλα για τη κίνηση εξωτερικού ώστε να εντοπιστούν οι βέλτιστες παράμετροι επιρροής της κινητικότητας. Ένα ακόμη μοντέλο αναπτύχθηκε για τη περιγραφή της εγχώριας κίνησης. Στο πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μοντέλων ανάλυσης.

Πίνακας 1: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα μοντέλων

Μεταβλητές	PAX (1)	PAX (2)	PAX (3)	PAX (4)
Νέα κρούσματα/ εκατομμύριο πληθυσμού		-0,0045 (0,01434*)		
Νέοι Θάνατοι/εκατομμύριο πληθυσμού	-1,6861 (<2,2e-16***)		-1,8686 (5,194e-12***)	-1,2521 (<2,2e-16***)
Ποσοστό εμβολιασμών/εκατοντάδα πολιτών		0,607202 (<2,2e-16***)	0,5756 (<2,2e-16***)	0,5302 (<2,2e-16***)
Μέτρο ελέγχου διεθνών ταξιδιών	-2,1563 (<2,2e-16***)		-9,3052 (<2,2e-16***)	
Δείκτης αυστηρότητας Lockdown		-0,3498 (<2,2e-16***)		-0,5303 (<2,2e-16***)
Προγραμματισμένη πτήση		45,2489 (<2,2e-16***)		34,33 (<2,2e-16***)
Ναυλωμένη πτήση	-34,1436 (<2,2e-16***)		-21,688 (0,0002376***)	
Τουριστική περίοδος	19,136 (<2,2e-16***)		18,5444 (<2,2e-16***)	10,2046 (<2,2e-16***)

Μεταβλητές	PAX (1)	PAX (2)	PAX (3)	PAX (4)
Άφιξη			4,3931 (3,452e-05***)	
Full Service αεροπορική εταιρεία	102,5565 ($<2,2\text{e-}16^{***}$)	56,5688 ($<2,2\text{e-}16^{***}$)	69,2906 ($<2,2\text{e-}16^{***}$)	59,7205 ($<2,2\text{e-}16^{***}$)
Low Cost αεροπορική εταιρεία	107,4438 ($<2,2\text{e-}16^{***}$)	62,7137 ($<2,2\text{e-}16^{***}$)	84,6783 ($<2,2\text{e-}16^{***}$)	102,2686 ($<2,2\text{e-}16^{***}$)
Charter αεροπορική εταιρεία	6,7702 (1,159e-05***)	5,5314 (0,000241***)	26,3327 (0,0086752**)	
Προσαρμοσμένο R ²	0,4447	0,4696	0,2461	0,3874
Μοντέλο	Panel-Fixed Effects	Panel-Fixed Effects	Panel-Random Effects	Panel-Fixed Effects

Τα σημαντικότερα **συμπεράσματα** που προέκυψαν από τα στατιστικά μοντέλα ανάπτυξης, συνοψίζονται παρακάτω:

- Ο αριθμός **νέων ημερησίων θανάτων** ανά εκατομμύριο πληθυσμού αποτελεί τη μεταβλητή εξέλιξης της πανδημίας με τη μεγαλύτερη επιρροή στην επιβατική κίνηση. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει ότι η αντιληπτή επικινδυνότητα του ιού εντείνεται σε περιόδους έξαρσης, ενισχύοντας το αίσθημα φόβου έκθεσης στον ιό, το οποίο δρα ανασταλτικά στη συμπεριφορά μετακινήσεων.
- Η ανάκαμψη της επιβατικής κίνησης εξαρτάται σε ικανοποιητικό βαθμό από το **ποσοστό εμβολιασμών** των διασυνδεδεμένων κρατών. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στο περιορισμό του αισθήματος φόβου λοίμωξης των μετακινούμενων αλλά και στη καθιέρωση ευρωπαϊκού πιστοποιητικού covid, που επέτρεπε την ανεμπόδιστη μετακίνηση εμβολιασμένων Ευρωπαίων πολιτών.
- Οι **έλεγχοι στα διεθνή ταξίδια** εμφανίζουν υψηλή συσχέτιση με τις χώρες που παρουσιάζουν μειωμένη και παροδική επιβατική κίνηση. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στους ασθενείς και εύθραυστους επιχειρηματικούς, τουριστικούς ή άλλους δεσμούς σύνδεσης των χωρών αυτών με την Ελλάδα.
- Ο αριθμός νέων κρουσμάτων **δεν αποτελεί σημαντική μεταβλητή** για καμία ομάδα χωρών. Ενδεχομένως με την πρόοδο των φαρμακευτικών αγωγών και την εξασθένηση του ιού, ο αριθμός των κρουσμάτων έπαψε να είναι καθοριστική παράμετρος επιρροής.

- Τη μεγαλύτερη συσχέτιση με την επιβατική κίνηση, μεταξύ των μεταβλητών που συνδέονται με την εξέλιξη της πανδημίας, παρουσιάζει ο **δείκτης αυστηρότητας lockdown**. Το μέτρο αυστηρότητας των περιορισμών κοινωνικής κινητικότητας (π.χ. τηλεργασία-τηλεκπαίδευση) επηρεάζει τόσο τις ανάγκες μετακίνησης όσο και την αντιληπτή επικινδυνότητα των μαζικών μετακινήσεων με συνέπεια να οδηγούν σε μείωσή της.
- Από τη σύγκριση των μοντέλων **εσωτερικού-εξωτερικού**, προκύπτει πολύ μεγαλύτερη συσχέτιση των αεροπορικών εταιρειών χαμηλού κόστους με την εγχώρια επιβατική κίνηση, σε σχέση με την αντίστοιχη των εταιρειών πλήρους εξυπηρέτησης. Στην Ελλάδα, το μοντέλο λειτουργίας των εταιρειών χαμηλού κόστους φαίνεται να μην επηρεάζεται από τις νέες συνθήκες. Απ' την άλλη, η χρήση μικρότερων αεροσκαφών για τη διατήρηση ελάχιστης διασύνδεσης δικτύου και η κρατική **επιδότηση** εξυπηρέτησης άγονων περιοχών, εμφανίζει τις *full-service* εταιρείες να έχουν μικρότερη συσχέτιση.
- Η **τουριστική περίοδος** αποτελεί για όλα τα μοντέλα σημαντική μεταβλητή. Η θεώρηση μειωμένης επικινδυνότητας λοίμωξης κατά τους θερινούς μήνες σε συνδυασμό με το παρατεταμένο αίσθημα περιορισμού που δημιούργησαν τα μέτρα συμβάλουν θετικά στην αύξηση της κίνησης της τουριστικής περιόδου.
- Στις χώρες με υψηλές τιμές επιδημιολογικών χαρακτηριστικών και μειωμένη παραδοσιακά κίνηση, σημαντική επιρροή παρουσιάζουν οι **Charter αεροπορικές εταιρείες**. Ο μικρός αριθμός των μετακινούμενων πιθανόν να αμβλύνει το αίσθημα φόβου λοίμωξης μεταξύ των συνεπιβατών.

Πίνακας περιεχομένων

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1. ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	1
1.2. ΣΤΟΧΟΣ	3
1.3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	4
1.4. ΔΟΜΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	6
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	7
2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
2.2. ΣΥΝΑΦΕΙΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΕΣ.....	8
2.2.1. <i>Επιρροή πανδημίας στις Αεροπορικές μετακινήσεις</i>	<i>8</i>
2.2.2. <i>Αντίκτυπο πανδημίας στη λειτουργία αεροπορικών εταιρειών και αεροδρομίων</i>	<i>9</i>
2.2.3. <i>Σενάρια ανάκαμψης</i>	<i>10</i>
2.3. ΣΥΝΟΨΗ	11
3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	14
3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	14
3.2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ.....	14
3.3. ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ	16
3.3.1. <i>Γραμμική παλινδρόμηση</i>	<i>16</i>
3.3.2. <i>Διασπασματικά στοιχεία χρονολογικών σειρών</i>	<i>18</i>
3.4. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ.....	23
4. ΣΥΛΛΟΓΗ & ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	25
4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	25
4.2. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	25
4.2.1. <i>Στοιχεία αεροπορικής κίνησης</i>	<i>25</i>
4.2.2. <i>Μέτρα περιορισμού της πανδημίας</i>	<i>26</i>
4.2.3. <i>Δεδομένα κρουσμάτων, θανάτων και εμβολιασμών</i>	<i>29</i>
4.2.4. <i>Παραδοσιακές μεταβλητές αεροπορικής ζήτησης</i>	<i>30</i>
4.3. ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	32
4.4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ.....	35
4.4.1. <i>Αεροπορικές μεταβλητές</i>	<i>35</i>
4.4.2. <i>Μεταβλητές πανδημίας</i>	<i>43</i>
4.5. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ.....	49
5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	51
5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	51
5.2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ.....	51
5.2.1. <i>Επιλεγόμενες χώρες.....</i>	<i>51</i>

5.2.2.	Μοντέλο παλινδρόμησης.....	54
5.2.3.	Μεταβλητές	56
5.2.4.	Μοντέλο 1 – 10 κορυφαίοι διεθνείς προορισμοί.....	57
5.2.5.	Μοντέλο 2 – 10 κορυφαίοι διεθνείς προορισμοί.....	59
5.2.6.	Μοντέλο 3 - Υπόλοιποι διεθνείς προορισμοί	61
5.2.7.	Μοντέλο 4 – Εγχώρια Κίνηση	64
5.3.	ΣΥΝΟΨΗ ΚΑΙ ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	67
6.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	76
6.1.	ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	76
6.2.	ΣΥΝΟΨΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ	76
6.3.	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	78
6.4.	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	78
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	80

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Γενική ανασκόπηση

Η συνεχής εξέλιξη των σύγχρονων κοινωνιών με την ταυτόχρονη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου έφεραν στο προσκήνιο την ανάγκη για ταχείς, ασφαλείς και βιώσιμες μετακινήσεις ατόμων και αγαθών. Την ανάγκη αυτή εκπλήρωνε ως επί το πλείστον η αεροπορική βιομηχανία με τη ραγδαία εξέλιξή της, έπειτα από συμφωνίες παγκόσμιου βεληνεκούς που είχαν επιτύχει οι φορείς της, όπως οι ανεμπόδιστες εμπορικές πτήσεις (Open Skies Treaty) και η δυνατότητα ιδιοκτησιακών συμμαχιών (Airline Alliance), δημιουργώντας ένα καινοτόμο, ασφαλή, προσβάσιμο και ανταγωνιστικό μέσο που έφτανε το 2019 να εξυπηρετεί το 59% των παγκόσμιων μετακινήσεων (Statista, 2019).

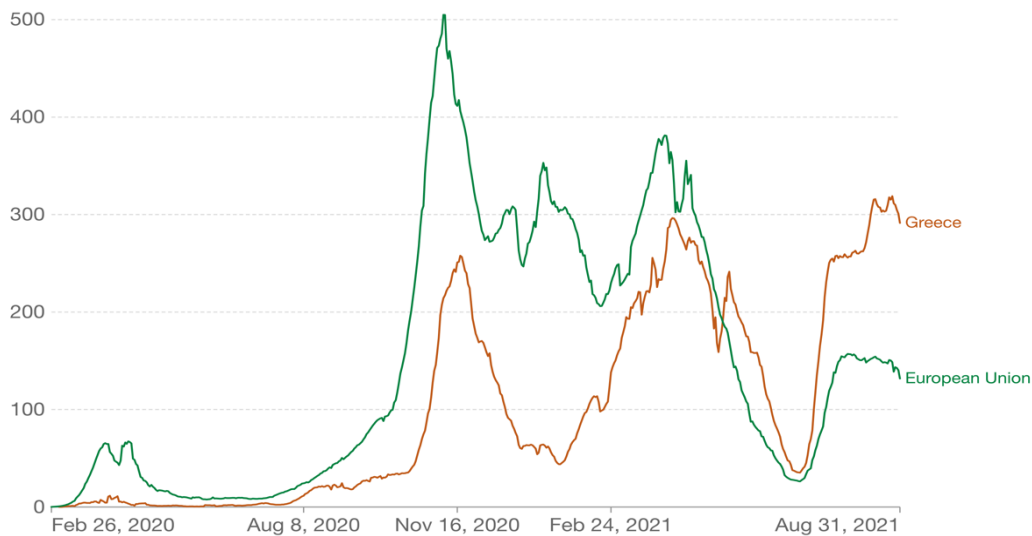
Το status quo της αεροπορικής βιομηχανίας, διαταράσσεται κατά καιρούς από εξωτερικούς παράγοντες, όπως πετρελαϊκές κρίσεις, τρομοκρατικές ενέργειες και μολυσματικές ασθένειες. Η επιρροή, ωστόσο αυτών των παραγόντων, υπήρξε μέχρι πρότινος βραχυχρόνια και ξεπεράστηκε σύντομα. Η υγειονομική κρίση του κορωνοϊού που ξέσπασε στα τέλη του 2019 και απέκτησε πανδημικό χαρακτήρα το Μάρτιο του 2020 (WHO, 2020), είχε παγκόσμιο αντίκτυπο και αποτέλεσε μία από τις σπουδαιότερες κρίσεις για τη κοινωνία και την οικονομία. Η μολυσματική αναπνευστική νόσος που προκαλούσε ο ιός SARS-CoV-2, είχε το χαρακτηριστικό της ταχείας εξάπλωσης μέσω των κοινωνικών συναναστροφών.

Οι έκτακτες συνθήκες που είχε επιφέρει ο ιός, ώθησαν τις κυβερνήσεις στη λήψη μέτρων ανάσχεσης της πανδημίας που μεταξύ άλλων περιλάμβαναν **κοινωνική αποστασιοποίηση**, κατ' οίκον περιορισμό, ελαχιστοποίηση των μετακινήσεων στις απολύτως απαραίτητες, καθώς και μέτρα καραντίνας για διεθνείς ταξιδιώτες, ή και καθολική **απαγόρευση πτήσεων**. Τα περιοριστικά αυτά μέτρα επέφεραν μερική ανάσχεση του πρώτου «κύματος» (flatten the curve), του οποίου η έναρξη για την Ευρώπη ορίζεται, η 21^η Φεβρουαρίου του 2020 όταν και εντοπίζεται το πρώτο επιβεβαιωμένο κρούσμα στην Ιταλία. Παρά τα σημαντικά υγειονομικά οφέλη, οικονομικοί, εμπορικοί και βιομηχανικοί φορείς επλήγησαν βαθύτατα, με έναν από αυτούς να αποτελεί αναμφίβολα η **αεροπορική βιομηχανία** η οποία αντιμετώπιζε κρίση πρωτοφανούς μεγέθους με αβέβαιες προοπτικές ανάκαμψης (Kim et al., 2022). Οι Ευρωπαϊκές κυβερνήσεις με στόχο την άμβλυνση των οικονομικών συνεπειών αναθεώρησαν την αυστηρότητα των μέτρων περιορισμού, ή και τα ήραν, με διαφορετικό χρονικό ορίζοντα η καθεμία. Συνέπεια αυτών, αποτέλεσε το δεύτερο, και οξύτερο, «κύμα» στις αρχές του Σεπτεμβρίου 2020, όπως φαίνεται και στο Γράφημα 1.1.

Daily new confirmed COVID-19 cases per million people

7-day rolling average. Due to limited testing, the number of confirmed cases is lower than the true number of infections.

Our World
in Data



Source: Johns Hopkins University CSSE COVID-19 Data

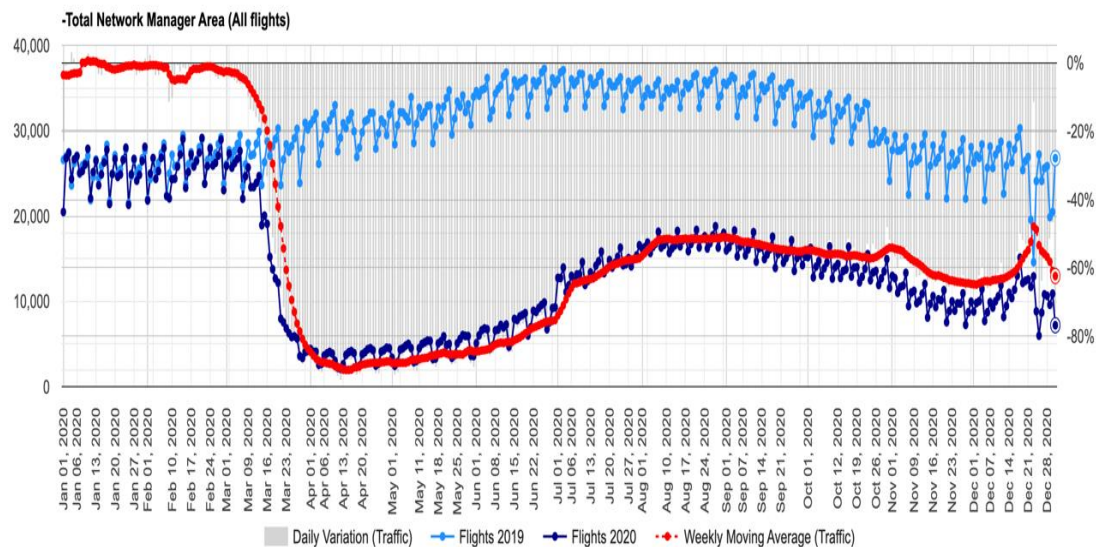
CC BY

Γράφημα 1.1: Συγκριτικά ημερήσια επιβεβαιωμένα κρούσματα ΕΕ-Ελλάδας ανά εκατομμύριο πληθυσμού (Our World in Data, 2021)

Οι επιβαλλόμενες περιοριστικές πολιτικές ανάσχεσης καθώς και η υψηλή θνητότητα που παρουσίαζαν οι ασθενείς, με αποκορύφωμα τους 34 χιλιάδες και πλέον ημερήσιους θανάτους (Euro Momo, 2020) τη 14^η εβδομάδα του 2020, ενέτειναν το **αίσθημα φόβου έκθεσης στον ιό**, με συνέπεια τη περαιτέρω μείωση των κοινωνικών συναναστροφών.

Οι κυβερνητικές συστάσεις για **ελαχιστοποίηση** των κοινωνικών δραστηριοτήτων, στροφή προς την τηλεργασία και τηλεεκπαίδευση καθώς και αποφυγή του συγχρωτισμού είχαν ως αποτέλεσμα σημαντική μείωση της επίγειας κινητικότητας ενώ περαιτέρω μέτρα ταξιδιωτικών περιορισμών συνετέλεσαν στη κατακόρυφη μείωση των αεροπορικών μετακινήσεων.

Η μείωση των ημερησίων πτήσεων στον Ευρωπαϊκό εναέριο χώρο, ξεπέρασε το 50% για όλο σχεδόν το 2020, όπως φαίνεται στο Γράφημα 1.2, φτάνοντας στο ιστορικό χαμηλό του 89.9% κατά τη διάρκεια του πρώτου «κύματος», με μόλις 2099 ημερήσιες πτήσεις (Euro-control, 2020).



Γράφημα 1.2 Ημερήσιο συγκριτικό διάγραμμα πτήσεων στον Ευρωπαϊκό εναέριο χώρο (Euro-Control, 2020)

Παράλληλα, μερίδιο της αεροπορικής αγοράς, άνω του 20%, ανέκτησαν οι εμπορευματικές πτήσεις (All Cargo), σε σύγκριση με το έως πρότινος σύνθηες 3-4% (Euro-control, 2020), ωθούμενες από τις αυξημένες απαιτήσεις μεταφοράς υγειονομικού υλικού, την τόνωση του ηλεκτρονικού εμπορίου καθώς και τη διάθεση εμπορικών αεροσκαφών (Commercial) προς εμπορευματική χρήση. Οδηγία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (2020/C 100 I/01), βασιζόμενη στο γεγονός ότι η ανάσχεση της νόσου δεν εξαρτάται από τη κίνηση των αεροσκαφών αλλά από τον περιορισμό της κίνησης των επιβατών, υπογράμμισε ότι όλα τα σύνορα της ΕΕ έπρεπε να παραμείνουν ανοιχτά για τις εμπορευματικές αερομεταφορές ώστε να διατηρηθεί η εφοδιαστική αλυσίδα.

Συνεπώς γίνεται αντιληπτό, πως για να ανακάμψει η αεροπορική βιομηχανία μέσα στο πρωτόγνωρο και ιδιόμορφο περιβάλλον που έχει διαμορφωθεί, πρέπει να διερευνηθούν οι παράγοντες της πανδημίας που επηρέασαν τη **ζήτηση για αεροπορικές μετακινήσεις**.

1.2. Στόχος

Στόχος, της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αποτελεί η διερεύνηση της **επιρροής της πανδημίας** μέσω των μέτρων κοινωνικής αποστασιοποίησης που υπεβλήθησαν, του φόβου που μία ιογενή λοίμωξη γεννά στους ανθρώπους καθώς και άλλων παραγόντων που επηρέασαν την επιβατική κίνηση, στη **ζήτηση για αερομεταφορές**.

Στο πλαίσιο αυτό, μελετώνται δεδομένα εμπορικών πτήσεων του Αερολιμένα Αθηνών από και προς χώρες-μέλη της ΕΕ καθώς και εγχώριες, κατά τη διάρκεια του κύματος έξαρσης της πανδημίας, καθώς και της περιόδου σταδιακού εμβολιασμού του γενικού πληθυσμού, τα οποία αξιοποιούνται για την ανάπτυξη **μοντέλων διαστρωματικών στοιχείων χρονολογικών σειρών**.

Μέσω των μαθηματικών μοντέλων καθίσταται εφικτή η αξιολόγηση των μεταβλητών που συνετέλεσαν στη διαμόρφωση της επιβατικής κίνησης.

Συγκεκριμένα, αξιοποιούνται **δεδομένα** νέων κρουσμάτων, θανάτων και εμβολιασμών που συνδέονται άμεσα με τη εξέλιξη της πανδημίας και το αίσθημα φόβου των πολιτών έναντι του ιού. Επιπλέον για την αξιολόγηση των κυβερνητικών μέτρων περιορισμού που επιβάλλονται αντλούνται δεδομένα μέτρων που επηρεάζουν άμεσα τη δυνατότητα πραγματοποίησης διεθνών ταξιδιών καθώς και το μέτρο αυστηρότητας των περιορισμών αυτών. Τέλος ελήφθησαν και εξετάστηκαν θεμελιώδεις αεροπορικές μεταβλητές, όπως το είδος της πτήσης, το οικονομικό μοντέλο της εταιρείας που τη πραγματοποιεί, τη χρονική περίοδο που αυτή διενεργείται καθώς και τη χώρα προέλευσης-προορισμού.

1.3. Μεθοδολογία

Στη παρούσα ενότητα αποτυπώνεται συνοπτικά η **μέθοδος** που ακολουθήθηκε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

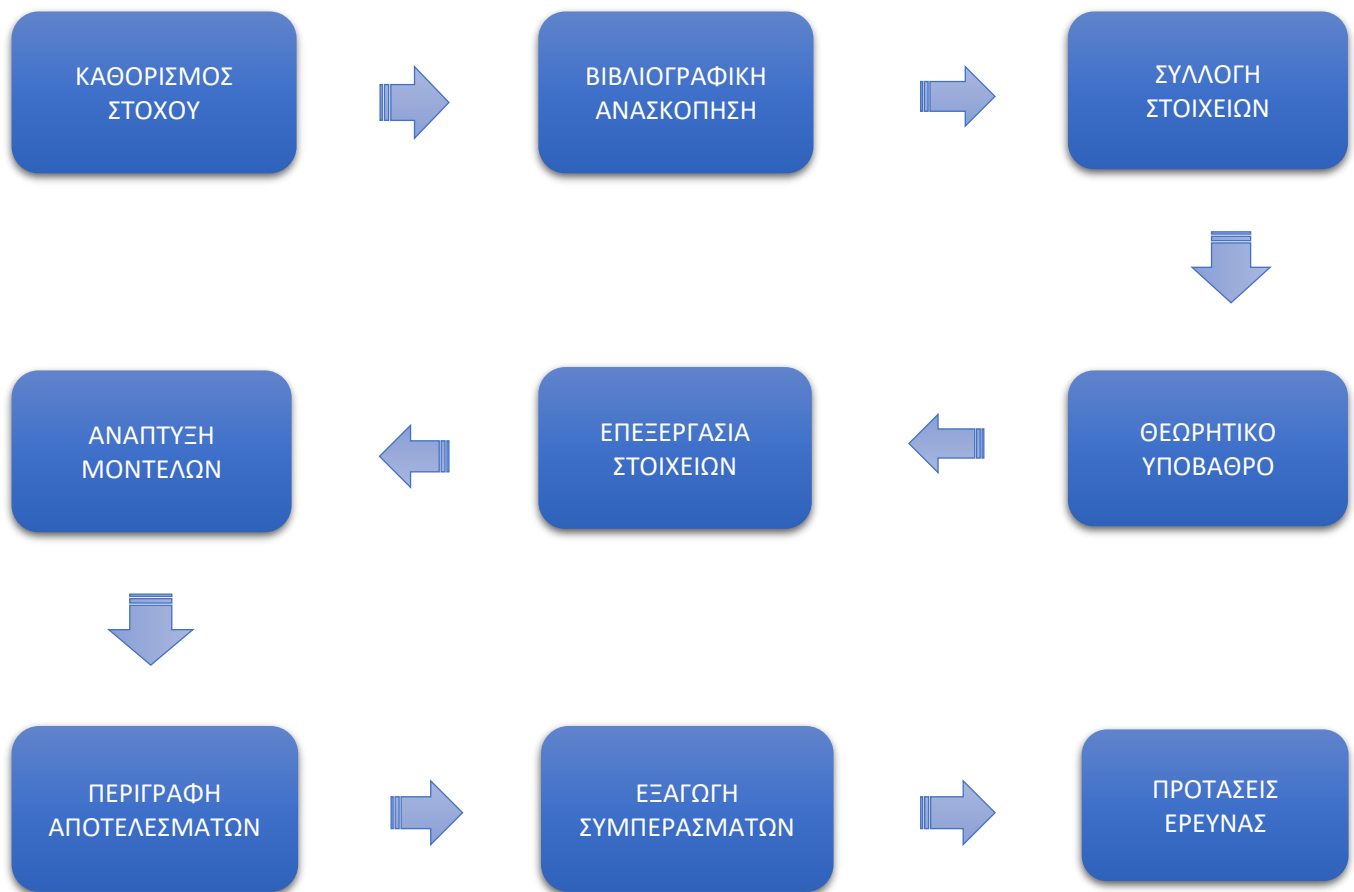
Αρχικά, κατόπιν ενδελεχούς προσπέλασης της διεθνούς βιβλιογραφίας, επιλέχθηκε με σαφήνεια το αντικείμενο μελέτης και ο **στόχος** που αυτή επιδιώκει να επιτύχει. Εν συνεχεία παρουσιάζονται επιγραμματικά **συναφείς έρευνες** καθώς και η μεθοδολογία προσέγγισής τους, με στόχο να εντοπιστούν ελλείψεις και κενά που απαιτούν περαιτέρω έρευνα.

Κατόπιν, αντλούνται απαραίτητα δεδομένα αεροπορικής κίνησης, από το Αεροδρόμιο Αθηνών για τη περίοδο 1/1/2019-31/8/2021 με βάση τα οποία εκ πρώτης διενεργείται **περιγραφική στατιστική ανάλυση** ώστε να εντοπιστούν οι μεταβλητές που επηρεάστηκαν σημαντικά από τη πανδημία.

Συγκεκριμένα η περίοδος ανάλυσης χωρίζεται, στο έτος 2019, που ιστορικά αποτελεί τη χρονιά με τη μεγαλύτερη επιβατική κίνηση, αριθμώντας 25 εκ. αφίξεων (ΑΙΑ, 2019), και στη πανδημική περίοδο. Εν συνεχεία η πανδημική περίοδος για τις ανάγκες τις εργασίες, ορίζεται από την 26/2/2020, όταν και εντοπίζεται το πρώτο κρούσμα στην Ελλάδα. Κατόπιν αξιολόγησης των μεταβλητών που εμφανίζουν σημαντικά στατιστικά ευρήματα, διενεργείται συσχέτιση αυτών ώστε να επιλεγούν οι τελικές ανεξάρτητες μεταβλητές που θα εισαχθούν στα **στατιστικά μοντέλα**. Τέλος την ανάπτυξη των μαθηματικών μοντέλων ακολουθεί η εξαγωγή χρήσιμων αποτελεσμάτων αναφορικά με τους στόχους που ετέθησαν στην ενότητα 1.2.

Η ανωτέρω ακολουθία οδηγεί στην **εξαγωγή** ασφαλών **συμπερασμάτων** για τη κινητικότητα στο Αεροδρόμιο Αθηνών προς τα υπόλοιπα Ευρωπαϊκά κράτη αλλά και τη κίνηση εσωτερικού, κατά τη διάρκεια της πανδημίας, ενώ προτάσσονται ζητήματα για **περαιτέρω έρευνα**.

Στο κάτωθεν γράφημα 1.3., παρουσιάζεται σχηματικά το διάγραμμα ροής της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε στη παρούσα διπλωματική εργασία.



Γράφημα 1.3: Διάγραμμα ροής σταδίων εκπόνησης διπλωματικής εργασίας

1.4. Δομή διπλωματικής εργασίας

Εν συνεχεία, παρουσιάζεται η διάρθρωση της διπλωματικής εργασίας και τα επιμέρους κεφάλαια που την απαρτίζουν.

Το τρέχων, **κεφάλαιο 1**, αποτελεί μια γενική ανασκόπηση των νέων συνθηκών και τάσεων που επέβαλαν οι περιορισμοί της πανδημίας στην αεροπορική βιομηχανία, ενώ επιπλέον εμπεριέχει το στόχο, τη δομή και τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας.

Το **κεφάλαιο 2**, αποτελεί τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, όπου εμπεριέχονται συναφείς έρευνες και μεθοδολογίες, με βάση τις οποίες εκλέχθηκε και οριστικοποιήθηκε το αντικείμενο μελέτης.

Στο **κεφάλαιο 3**, παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο και οι στατιστικές μέθοδοι που απαιτήθηκαν για την ανάπτυξη των μαθηματικών μοντέλων ανάλυσης.

Στο **κεφάλαιο 4**, παρουσιάζεται η συλλογή στοιχείων από τις βάσεις δεδομένων που απαιτήθηκαν καθώς και ο μέθοδος επεξεργασίας τους πριν τη κατάρτιση του τελικού μοντέλου ανάλυσης.

Στο **κεφάλαιο 5**, αναλύεται η διαδικασία σύνθεσης και ανάπτυξης των μαθηματικών μοντέλων, εξάγονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν και δίνεται η ερμηνεία τους.

Στο **κεφάλαιο 6**, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα των μαθηματικών μοντέλων τα οποία απαντούν στους στόχους που έθεσε η διπλωματική εργασία. Επισημαίνονται προτάσεις περαιτέρω μελέτης και έρευνας αναφορικά με την αεροπορική κινητικότητα σε περιόδους κρίσεων.

Στο τέλος, παρατίθενται οι βιβλιογραφικές αναφορές που αξιοποιήθηκαν κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1. Εισαγωγή

Η αεροπορική βιομηχανία έπειτα από την αποκρατικοποίηση των διακρατικών συμφωνιών, το νέο ρυθμιστικό πλαίσιο που επέτρεψε μεταξύ άλλων τις ιδιωτικοποιήσεις και συγχωνεύσεις αεροπορικών εταιρειών καθώς και την αναπροσαρμογή των εμπορευματικών δραστηριοτήτων των αεροδρομίων, σημείωσε παγκοσμίως ραγδαία εξέλιξη της ζήτησης της τάξης του 4.5% ετησίως (IATA, 2019). Στην Ευρώπη, μελέτη του Euro control (E-C, 2018) προέβλεπε ότι με μέσο ετήσιο βαθμό ανάπτυξης 3.6%, το 2040 θα πραγματοποιούνται 53% περισσότερες πτήσεις από το 2017.

Κρίσιμοι παράγοντες επιρροής της ζήτησης αποτελούσαν μέχρι πρότινος, αφενός η γεωοικονομική δραστηριότητα των κατά τόπους περιοχών και αφετέρου η συσχέτιση κόστους-υπηρεσιών που προσέφεραν οι αεροπορικοί φορείς (Psaraki, 2002). Εξωγενείς παράγοντες όπως πολεμικές συρράξεις, τρομοκρατικά χτυπήματα, πετρελαϊκές και οικονομικές κρίσεις επηρέασαν σημαντικά τη ζήτηση στα βάθη των χρόνων, **διατηρώντας** παρ' όλ' αυτά την **αυξητική της τάση** (Steady Growth). Ωστόσο, μία απρόβλεπτη παράμετρος με ολέθριες οικονομικές και λειτουργικές συνέπειες για την αεροπορική βιομηχανία αποτέλεσε η υγειονομική κρίση του 2019. Κρίση η οποία απέκτησε πανδημικό χαρακτήρα το Μάρτιο του 2020 (WHO, 2020), ώθησε τις κυβερνήσεις στη λήψη μέτρων κοινωνικής αποστασιοποίησης με στόχο την ανάσχεση της διασποράς του ιού, τα οποία μείωσαν σημαντικά τη ζήτηση για αεροπορικές μεταφορές με συνέπεια την αναδιαμόρφωση του υφιστάμενου οικονομικού μοντέλου των αεροδρομίων και την αναγκαία αναδιάταξη των αεροπορικών εταιρειών έπειτα από συγχωνεύσεις και πτωχεύσεις. Ο χρόνος ανάκαμψης της βιομηχανίας, από τη πρωτοφανούς μεγέθους κρίση, ακόμα διερευνάται.

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται συναφείς έρευνες της **διεθνούς βιβλιογραφίας** που σχετίζονται με το αντικείμενο που πραγματεύεται η διπλωματική εργασία. Συγκεκριμένα παρουσιάζονται δημοσιευμένες έρευνες επιστημονικών περιοδικών οι οποίες επικεντρώνονται στην επιρροή της πανδημίας του Covid-19 στη ζήτηση αεροπορικών μετακινήσεων, στη συμπεριφορά των επιβατών καθώς και το αντίκτυπο για τα αεροδρόμια και τις αεροπορικές εταιρείες.

Εν συνεχεία, αποτυπώνονται οι μέθοδοι ανάλυσης που ακολουθήθηκαν, τα δεδομένα στα οποία βασίστηκαν καθώς και τα αποτελέσματα που εξήχθησαν. Τέλος, επισημαίνονται ελλείψεις που εντοπίστηκαν στη βιβλιογραφική έρευνα οι οποίες οδηγούν στο αντικείμενο και στον επιδιωκόμενο στόχο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

2.2. Συναφείς έρευνες και μελέτες

2.2.1. Επιρροή πανδημίας στις Αεροπορικές μετακινήσεις

Η ταχεία εξάπλωση του ιού από χώρα σε χώρα μέσω της ανθρώπινης κινητικότητας που ευνοούνταν από τις αεροπορικές μετακινήσεις οδήγησε τις κυβερνήσεις στη λήψη περιοριστικών ταξιδιωτικών μέτρων, στο κλείσιμο συνόρων και εν συνεχεία σε μέτρα κοινωνικής αποστασιοποίησης, επηρεάζοντας τη συμπεριφορά μετακίνησης (Le Quere et al., 2020). Επιπλέον, ο φόβος έκθεσης στον ιό για επιβάτες και εργαζόμενους στην αεροπορική βιομηχανία, συνετέλεσαν στη κατακόρυφη μείωση της επιβατικής κίνησης (Sun et al., 2021), καθιστώντας το 2020 ως τη χειρότερη ιστορικά χρονιά για τη βιομηχανία, με 66% μείωση επιβατοχιλιομέτρων σε σχέση με το 2019 (IATA, 2021).

Έρευνα στη Νότια Κορέα, επεσήμανε επιπλέον τη διαφοροποίηση στην επιρροή της ζήτησης μεταξύ διεθνούς και εγχώριας επιβατικής κίνησης. Η διεθνής κίνηση εμφάνισε μείωση της τάξης του 90% στα τέλη Ιανουαρίου του 2020, ενώ η εγχώρια είχε αυξομειώσεις ακολουθώντας τη **καμπύλη εξέλιξης κρουσμάτων** (Kim et al., 2022). Αντίστοιχη έρευνα στις Ηνωμένες πολιτείες εμφάνισε σημαντική στατιστική σημαντικότητα μεταξύ εγχώριας επιβατικής κίνησης και νέων θανάτων από covid, ενώ η διεθνής κίνηση ήταν πιο ευαίσθητη σε οικονομικούς δείκτες (Truong, 2021). Η συσχέτιση οικονομικών μεγεθών, όπως το ΑΕΠ, απεδείχθη πως συνδέεται θετικά με το δείκτη διάδοσης του ιού, με συνέπεια να παρατηρείται έξαρση στις μεγάλες πόλεις με διεθνή αεροδρόμια και έντονη οικονομική δραστηριότητα, η οποία συμπαρασύρει την επιβατική κίνηση (Czerny et al., 2021). Έρευνα των Choshki et al. (2021) σε 50 διεθνή αεροδρόμια των ΗΠΑ απέδειξε σημαντική συσχέτιση μεταξύ των κρουσμάτων covid και της επιβατικής κίνησης.

Οι νέες συνθήκες που δημιούργησε η πανδημία, επηρέασαν τη συμπεριφορά των επιβατών προς τις αεροπορικές μεταφορές. Ατομικές συνεντεύξεις σε 50 τακτικούς ταξιδιώτες των ΗΠΑ, ανέδειξαν ζητήματα **μειωμένης εμπιστοσύνης** ως προς την υγειονομική ασφάλεια των αεροδρομίων αλλά και αυξημένα αισθήματα φόβου ως προς την υγειονομική κατάσταση των συνεπιβατών (Lamb et al., 2021). Αντίστοιχη έρευνα στην Ευρώπη, έδειξε πως η θέληση των επιβατών να πετάξουν είναι δυναμική και εξαρτάται κάθε φορά από την αξιολόγηση 4 κριτηρίων όπως η **αντιληπτή απειλή** του ιού, η διάθεση, η επιρροή και ο φόβος (Lamb et al., 2020). Επισημαίνεται ωστόσο, η διαφοροποίηση του φόβου σε αεροπλάνο και αεροδρόμιο. Έρευνα των Gaskon et al. (2022) σε 4 ευρωπαϊκά αεροδρόμια, έδειξε πως η αντιληπτή συμμόρφωση στα μέτρα κατά του Covid είναι χειρότερη στο αεροπλάνο απ' ό τι στο αεροδρόμιο. Στη Κίνα, ο φόβος μετάδοσης εντός του αεροπλάνου οδήγησε σε μείωση της κίνησης των ηλικιωμένων άνω των 65, κατά 18% ενώ ο φόβος έκθεσης στα μικρά αεροδρόμια οδήγησε τους επιβάτες να φτάνουν αργότερα σε αυτά.

2.2.2. Αντίκτυπο πανδημίας στη λειτουργία αεροπορικών εταιρειών και αεροδρομίων

Καθώς τα σύνορα πολλών χωρών έκλεισαν, οι κυβερνήσεις συνέστησαν οι μετακινήσεις να περιοριστούν στις απολύτως απαραίτητες και η επιβατική ζήτηση σχεδόν εκμηδενίστηκε, οι αεροπορικές εταιρείες αναγκάστηκαν να προσαρμοστούν με στόχο να διασφαλίσουν της **οικονομική τους βιωσιμότητα**. Στην Ευρώπη η ανταπόκριση των αεροπορικών εταιρειών μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε 4 κατευθύνσεις: Καθήλωση στόλου και περικοπές θέσεων εργασίας, διατήρηση status quo με κρατική ενίσχυση, καινοτόμες στρατηγικές με επενδύσεις σε νέες διαδρομές και εμπορευματικές πτήσεις καθώς και πλήρη παύση εργασιών (Albers et al., 2020). Έρευνα των Bud et al. (2020) επεσήμανε πως το 80% των ευρωπαϊκών αεροπορικών εταιρειών σταμάτησαν τη λειτουργία τους τη περίοδο Μαρτίου-Μαΐου του 2020, ενώ το 20% πραγματοποιούσε αποκλειστικά εγχώριες και εμπορευματικές πτήσεις. Το 33% των εταιρειών, ανταποκρινόμενο στις νέες συνθήκες της αγοράς, ανακοίνωσε επενδύσεις σε νέα μικρά πιο αποδοτικά αεροσκάφη. Η τάση αυτή αποτυπώνεται στις 158 παραγγελίες νέων Airbus A220 το Μάιο του 2020, που αποτελεί αύξηση της τάξης του 13% σε σχέση με τον Ιούνιο του 2019 (Ch Aviation, 2020).

Οι συνέπειες της πανδημίας στις αεροπορικές εταιρείες ωστόσο, φαίνεται να διαφοροποιήθηκαν ανάλογα με το μοντέλο λειτουργίας των εταιρειών. Οικονομετρικό μοντέλο στην Ιαπωνία έδειξε πως η απώλεια εσόδων των Full Service εταιρειών ήταν μικρότερη, της τάξης του 12.9%, ενώ οι ανταγωνιστικές εταιρείες χαμηλού κόστους καθώς και οι περιφερειακές σημείωσαν μειώσεις 27.9% και 47.9% αντίστοιχα (Tong et al., 2022). Επιπλέον, παρόμοια έρευνα στη Κίνα, έδειξε πως αεροπορικές με εγχώριο κυρίως δίκτυο, οικονομική τιμολόγηση και σταθερούς προορισμούς επηρεάστηκαν λιγότερο σε σχέση με μεταφορείς των οποίων το δίκτυο εξυπηρετούσε προορισμούς υψηλού κύρους (Smith et al., 2021).

Η πρωτοφανής μείωση της ζήτησης και η καθήλωση του αεροπορικού στόλου έπληξε και το μοντέλο λειτουργίας των αεροδρομίων. Στην Ευρώπη, η μείωση των αναχωρήσεων κατά 75%, οδήγησε κομβικά αεροδρόμια, όπως της Φρανκφούρτης, να διαθέσουν διαδρόμους αποκλειστικά για στάθμευση αεροσκαφών, ενώ άλλα όπως το Orly της Γαλλίας να πάψουν πλήρως τη λειτουργία τους (Lufthansa Consulting, 2020). Τα Ευρωπαϊκά κομβικά αεροδρόμια υπέστησαν μείωση 98.3% τη περίοδο Μαρτίου 2020, ενώ στα περιφερειακά η μείωση έφτασε το 86% (IATA, 2020). Αντίστοιχα στις ΗΠΑ, το Μάιο του 2020 η μείωση αεροπορικής κίνησης στα μεγάλα αεροδρόμια άγγιξε το 73.7% ενώ στα περιφερειακά μόλις το 39.2%, πράγμα που δικαιολογείται από το πρόγραμμα κρατικών ενισχύσεων προς τις αεροπορικές εταιρίες για την ελάχιστη δυνατή εξυπηρέτηση απομακρυσμένων περιοχών (BTS, 2020).

2.2.3. Σενάρια ανάκαμψης

Πέραν από τις άμεσες οικονομικές συνέπειες της πανδημίας στην αεροπορική βιομηχανία, πρέπει να διερευνηθεί και η μακροπρόθεσμη βιωσιμότητά της. Τα συσσωρευμένα χρέη που δημιούργησε η απότομη μείωση της ζήτησης, για αεροδρόμια και αεροπορικές εταιρείες, θέτουν την επιβίωσή τους εν αμφιβόλω, καθώς η τυπική οικονομική τους ρευστότητα φτάνει να καλύψει απώλειες μόλις 2 μηνών (IATA, 2020a).

Έρευνα στην Ευρώπη επεσήμανε πως η επιβίωση των αεροδρομίων μπορεί να επιτευχθεί, όχι απλά μεταφέροντας το πρόσθετο κόστος απωλειών στους χρήστες αλλά με νομοθετικές δυνατότητες να εξυπηρετηθούν τα χρέη μακροπρόθεσμα (Forsyth et al., 2020). Η διευθέτηση των χρεών για την επιβίωση των αεροδρομίων και η χρηματοδότηση των αεροπορικών εταιρειών αποτελεί μείζον κυβερνητικό ζήτημα καθώς έτσι θα προστατευθούν χιλιάδες θέσεις εργασίας και θα διατηρηθεί η συνδεσιμότητα με απομακρυσμένες περιοχές (Sun et al., 2021). Επιπλέον, οι κυβερνητικές παρεμβάσεις επηρεάζουν έμμεσα και οικονομικές μεταβλητές όπως ο τουρισμός, που μπορεί να συνδράμει στη γρηγορότερη ανάκαμψη στη μετά-covid εποχή (Abate et al., 2020).

Στο πλέον φιλελεύθερο αεροπορικό καθεστώς των ΗΠΑ, έρευνα έδειξε ότι οι **οικονομικοί δείκτες** αποτελούν τους σημαντικότερους παράγοντες πρόβλεψης της κίνησης, ενώ η ελάφρυνση των μέτρων και η βελτίωση της επιδημιολογικής κατάστασης συνδράμουν σε αύξηση μόλις 12.5% των διεθνών πτήσεων (Truong, 2021). Αντίστοιχες μελέτες στην Ευρώπη, βασισμένες σε μακροοικονομικά δεδομένα, εκτίμησαν την **αποκατάσταση** της επιβατικής κίνησης σε 2.7 χρόνια (ICAO, 2020). Για τις εμπορευματικές πτήσεις εκτιμήθηκε ανάκαμψη 2.2 ετών, παρουσιάζοντας μικρότερη αβεβαιότητα στις προβλέψεις, εξαιτίας της αύξησης του ηλεκτρονικού εμπορίου και της ανάγκης μεταφοράς υγειονομικού υλικού που παρουσιάστηκε κατά τη διάρκεια της πανδημίας (Agora et al., 2020).

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η περίπτωση της κινεζικής αγοράς. Αν και οι κυβερνητικές πολιτικές οικονομικών επιχορηγήσεων, επαναδιευθέτησης των χρονοπαραθύρων και ευέλικτων προγραμματισμών κατάφεραν να ανακάμψουν το 70-80% της εγχώριας αεροπορικής ζήτησης, απέτυχαν όμως να κερδίσουν την **εμπιστοσύνη των επιβατών** ως προς την ασφάλεια των αεροπορικών υπηρεσιών (Czerny et al., 2021). Αυτή η μεταβλητή δημιουργεί σύγκρουση συμφερόντων στα αεροδρόμια μεταξύ του μειωμένου χρόνου παραμονής σε αυτά και των εμπορικών δραστηριοτήτων (Sun et al., 2021), ενώ εγείρει ζητήματα εμπιστοσύνης ως προς την υγειονομική ασφάλεια των αεροπλάνων (Lamb et al., 2021).

2.3. Σύνοψη

Συμπερασματικά λοιπόν από την βιβλιογραφική ανασκόπηση προκύπτει ότι η πανδημία, τα περιοριστικά μέτρα και οι νέες συνθήκες που δημιούργησε επηρέασαν σημαντικά και σε διαφορετικό επίπεδο τους φορείς της αεροπορικής βιομηχανίας.

Οι υφιστάμενες έρευνες, που διερευνούν την επιρροή της πανδημίας στις αεροπορικές μεταφορές, εστιάζουν σε **περιγραφικές στατιστικές αναλύσεις** του αριθμού πτήσεων και ορισμένων οικονομικών μεγεθών πριν και μετά την έξαρση. Ελάχιστες μελέτες εφαρμόζουν στατιστικά μοντέλα, ενώ η εποχικότητα, η αξιολόγηση των περιοριστικών μέτρων και ο εμβολιασμός δεν συμπεριλαμβάνονται.

Συνεπώς, η παρούσα διπλωματική εργασία θα επιχειρήσει να διερευνήσει τους παράγοντες της πανδημίας που επηρέασαν την αεροπορική κίνηση στην Ευρώπη, συνεκτιμώντας παραδοσιακές αεροπορικές μεταβλητές. Περίπτωση μελέτης θα αποτελέσει το Αεροδρόμιο Αθηνών, το οποίο παρουσιάζει αξιοσημείωτη **εποχική διακύμανση** ενώ ταυτόχρονα αποτελεί σημαντικό Ευρωπαϊκό **κόμβο**.

Εν συνεχεία, παρατίθεται επιγραμματικός πίνακας των προαναφερθέντων μελετών, όπου επισημαίνονται τα αποτελέσματα και οι ελλείψεις που παρουσιάζουν.

Πίνακας 2.1: Συνοπτικά στοιχεία βιβλιογραφίας

ΕΡΕΥΝΑ	ΧΩΡΑ	ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΔΕΔΟΜΕΝΑ	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	ΕΛΛΕΙΨΕΙΣ
Dothang Truong (2021)	ΗΠΑ	3/20-12/20	Οικονομικοί δείκτες (WEI) κρούσματα, θάνατοι (Covid Tracking) Πτήσεις (BTS Commercial	Νευρωνικά Δίκτυα Προσομοίωση Monte Carlo	1)Ο οικονομικός δείκτης WEI είναι ο σημαντικότερος παράγοντας πρόβλεψης 2)Αεροπορική κίνηση λιγότερο ευαίσθητη στις μεταβολές νέων θανάτων και νέων εισαγωγών covid 3)Ακόμη και με βελτίωση επιδημιολογικής κατάστασης και ελάφρυνση μέτρων, αύξηση διεθνών πτήσεων μόλις 12.5%	Δεν εξετάζεται η σχέση επιβατικής κίνησης-εξέλιξης Covid. Δε λαμβάνονται υπόψιν οι εμβολιασμοί
David Warnock-Smith et al. (2021)	Κίνα Κίνα-Ευρώπη Κίνα-Ασία	1/17-12/20	Παρεχόμενες θέσεις, τιμές εισιτηρίων, έσοδα αεροπορικών (GDS, OAG)	Περιγραφική στατιστική, ποσοστιαίες μεταβολές διαδρομών (routes) πριν και μετά.	1)Διαδρομές εξυπηρετούμενες από οικονομικά ισχυρές αεροπορικές, λιγότερο εκτεθειμένες στο covid και στα lockdowns έχουν μικρό αντίκτυπο και μεγάλες πιθανότητες να ανακάμψουν πρώτες 2)Μεταφορείς με δίκτυο εστιασμένο σε διεθνείς προορισμούς αναψυχής και υψηλά κόμιστρα (premium) επηρεάστηκαν σημαντικά. 3)Αεροπορικές με εγχώριο δίκτυο, οικονομική τιμολόγηση, σταθερούς προορισμούς επηρεάστηκαν λιγότερο.	Ελλιπή στοιχεία Νοεμβρίου-Δεκεμβρίου 2020, παραδοσιακών μηνών σημαντικής κίνησης. Δεν λαμβάνονται πτήσεις εμπορευματικές και ναυλωμένες.
Jablonska et al. (2021)	Ευρώπη Ισραήλ	1/20-4/20	Δεδομένα κρουσμάτων, θανάτων (Our World in data) Αφίξεις (AIP) Δημογραφικά (Eurostat)	Μη γραμμική παλινδρόμηση πολλών μεταβλητών	Θετική συσχέτιση αριθμού αφίξεων στα 2 μεγαλύτερα αεροδρόμια και θνητότητας	Μικρό χρονικό πλαίσιο, Μέτριας ποιότητας δεδομένα
Arora et al. (2021)	-	-	Επιβάτες, εμπορεύματα, πτήσεις(IATA)	Βιβλιογραφική ανασκόπηση Περιγραφική στατιστική	1)2020 ιστορικά χειρότερη χρονιά 66% μείωση RPK 2)Κόμβοι, χειρότερες συνέπειες, διεθνή rpk 98.3%, εγχώρια 86% (IATA) 3)E-commerce αύξησε cargo Q4 75% revenue	Γενική μελέτη χωρίς χωροχρονικό πλαίσιο
Zhang et al. (2021)	Κίνα	2018-2020	Ηλικία, φύλο, εισιτήριο, χρόνος security (TravelSky), Δεδομένα πτήσεων (umetrip)	Περιγραφική στατιστική	1)Άνω των 65 ετών μείωση κατά 18,2% 2)Επιβάτες φτάνουν νωρίτερα στα μεγάλα αεροδρόμια, φόβος έκθεσης στα μικρά 3)Η αβεβαιότητα μείωσε το χρόνο προπληρωμής εισιτηρίων σε 3 μέρες Απρίλιο 20	Τα δεδομένα δε καλύπτουν πτήσεις low cost, Δεν προσμετράτε ο ρόλος των εμβολίων

Bud et al. (2020)	Ευρώπη	Μάρτιος-Μάιος 2020	Πτήσεις (Eurocontrol)	Περιγραφική στατιστική	1)80% των εταιρειών σταμάτησαν να λειτουργούν, το 20% μόνο εμπορικές και εγχώριες 2) 33% ανακοίνωσαν ανανέωση στόλου μικρότερα πιο αποδοτικά α/φ 35% μειώσεις προσωπικού κατά 30%	Μικρό χρονικό και χωρικό εύρος μελέτης
To Ng et al. (2022)	Ιαπωνία	2019-2020	Πτήσεις (IATA), Covid cases, stringency (Oxford un.)	Οικονομετρικό μοντέλο Panel data	1)Μείωση εσόδων 12.9% fs, 27.9% lc, 47.9% regional airlines 2)Μέσες τιμές εσόδων σε διαδρομές με άμεσο ανταγωνισμό (fs-lc) 16.6% χαμηλότερα σε σχέση με άλλες	Δε λαμβάνονται υπόψη οι εμβολιασμοί
Sun et al. (2021)	-	2020	-	Βιβλιογραφική ανασκόπηση	1)σύγκριση συμφερόντων αεροδρομίων μεταξύ ασφάλειας (μειωμένος χρόνος) user experience (χρόνος αγορών) 2) Κυβερνήσεις πρέπει να χρηματοδοτήσουν για 2 λόγους: συνδεσιμότητα, θέσεις εργασίας	Δεν υπάρχει ανάλυση δεδομένων κινητικότητας
Gaskon et al. (2022)	Ευρώπη	2022	-	Ερωτηματολόγια	Σε αεροδρόμια με μέτρια περιοριστικά μέτρα, καλύτερη συμμόρφωση επιβατών	Δεν υπάρχει σύγκριση με άλλες χώρες
Forsyth et al. (2020)	Ευρώπη	-	-	Βιβλιογραφική ανασκόπηση	Η βιωσιμότητα των αεροδρομίων μπορεί να επιτευχθεί όχι μεταφέροντας το κόστος αλλά με νομοθετική δυνατότητα να εξυπηρετηθούν τα χρέη μακροπρόθεσμα	Γενική μελέτη χωρίς χρονικό πλαίσιο
Yu et al. (2021)	Guangzhou Κίνα	1/5-30/11 2020	Νέα κρούσματα	Structural equation modeling	Πιο αποδοτικό περιοριστικό σύστημα, double negative test, μείωση ημερησίων κρουσμάτων κατά 5	Μικρό χρονικό πλαίσιο, δεν υπάρχει σύγκριση με άλλες χώρες
Albers et al. (2020)	Ευρώπη	6/1-2/6 2020	Air transport (digest Newsletter)	Βιβλιογραφική ανασκόπηση	Ανταπόκριση αεροπορικών: Καθήλωση στόλου-περικοπές θέσεων εργασίας διατήρηση οικονομικού μοντέλου-κρατικά δάνεια νέες διαδρομές- cargo fleet παύση εργασιών	Γενική μελέτη χωρίς ανάλυση δεδομένων κινητικότητας
Kim et al. (2022)	-	-	-	Βιβλιογραφική ανασκόπηση	90% μείωση διεθνούς κίνησης, ενώ η εγχώρια ακολουθεί τη καμπύλη κρουσμάτων	Γενική μελέτη χωρίς χρονικό πλαίσιο
Chokshi et al. (2021)	ΗΠΑ	Πρώτες εβδομάδες COVID	Αρ. επιβατών (BTS)	Πολλαπλή παλινδρόμηση	Σημαντική συσχέτιση κρουσμάτων-επιβατικής κίνησης	Δεν υπάρχει σύγκριση με άλλες χώρες

3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

3.1. Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο με βάση το οποίο πραγματοποιήθηκε η **στατιστική ανάλυση** της εργασίας καθώς και ορισμένες θεμελιώδεις στατιστικές μέθοδοι ανάλυσης.

3.2. Βασικές στατιστικές έννοιες

Η στατιστική ασχολείται με τη συλλογή, παρουσίαση, ανάλυση και ερμηνεία παρατηρήσεων που υπόκεινται σε τυχαίες μεταβολές με στόχο την εξαγωγή βάσιμων συμπερασμάτων.

Ο όρος **πληθυσμός** αναφέρεται στο σύνολο των παρατηρήσεων που αφορούν ένα ή περισσότερα χαρακτηριστικά των μονάδων.

Με το όρο **μεταβλητές** εννοούνται τα χαρακτηριστικά που ενδιαφέρουν να μετρηθούν και να καταγραφούν σε ένα σύνολο πληθυσμού. Οι μεταβλητές διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- **Ποιοτικές** μεταβλητές (qualitative variable): Ορίζονται οι μεταβλητές των οποίων οι δυνατές τιμές είναι διαφορετικές μεταξύ τους. Χρησιμοποιούνται και αριθμοί συμβολικά για τη παρουσίαση τους αλλά δεν αποτελούν μονάδα μέτρησης. Παράδειγμα αποτελεί η αποτελεσματικότητα ενός μέτρου, η επίδοση ενός μαθητή.
- **Ποσοτικές** μεταβλητές (quantitative variable): Ορίζονται οι μεταβλητές οι οποίες εκφράζονται με αριθμούς που όμως έχουν τη σημασία της μέτρησης, όπως για παράδειγμα το σύνολο των επιβατών ενός αεροπλάνου. Οι ποσοτικές μεταβλητές με τη σειρά τους διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:
 - **Διακριτές**, όταν η μικρότερη μη μηδενική διαφορά που μπορούν να έχουν δύο τιμές της είναι σταθερή ποσότητα. Ένα παράδειγμα αποτελεί ο αριθμός των αεροσκαφών που προσγειώνονται σε μία ώρα σε ένα αεροδρόμιο.
 - **Συνεχείς**, όταν δύο τιμές μπορούν να διαφέρουν κατά οποιαδήποτε μικρή ποσότητα, δηλαδή μπορεί να πάρει οποιαδήποτε τιμή σε ένα διάστημα τιμών. Παράδειγμα αποτελεί η ταχύτητα ή ο χρόνος.

Δύο θεμελιώδη μεγέθη της στατιστικής αποτελούν η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση.

Ως **Μέση τιμή** ($\bar{x}$) ορίζεται το άθροισμα των τιμών ενός πληθυσμού δια το πλήθος των τιμών. Η μέση τιμή υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Xi$$

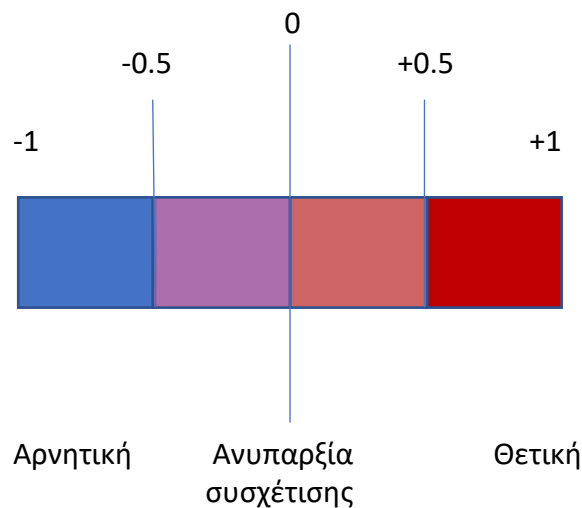
Η **τυπική απόκλιση** (s) ορίζεται από τη θετική τετραγωνική ρίζα της δειγματικής διασποράς, η οποία εκφράζει τη μεταβλητότητα των παρατηρήσεων γύρω από έναν δειγματικό μέσο $\bar{x}$. Η σχέση υπολογισμού της είναι η εξής:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^2}$$

Θεωρώντας δύο τυχαίες συνεχείς μεταβλητές x, y , ο βαθμός γραμμικής συσχέτισης των μεταβλητών οι οποίες έχουν διασπορά σ_x^2 και σ_y^2 και συνδιασπορά $\sigma_{xy} = \text{Cov}[x, y]$ καθορίζεται με το **συντελεστή συσχέτισης** (correlation coefficient) r , ο οποίος ορίζεται ως εξής:

$$r(x, y) = \frac{[\sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})(Yi - \bar{Y})]}{[\sqrt{\sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^n (Yi - \bar{Y})^2}]}$$

Ο συντελεστής συσχέτισης r , εκφράζει το βαθμό και το τρόπο που δύο μεταβλητές συσχετίζονται. Δεν εξαρτάται από τη μονάδα μέτρησης των x, y , και παίρνει τιμές στο διάστημα $[-1, 1]$. Τιμές κοντά στο 1 δηλώνουν ισχυρή θετική συσχέτιση, ενώ τιμές κοντά στο -1 ισχυρή αρνητική. Τιμές κοντά στο 0 δηλώνουν γραμμική ανεξαρτησία των x και y .



Γράφημα 3.1: Επεξηγηματικό γράφημα συντελεστή συσχέτισης

Ο **γεωμετρικός μέσος** (geometric mean), ορίζεται από τον τύπο:

$$GM = \sqrt[N]{X_1 * X_2 * ... * X_N}$$

Όπου N είναι ο αριθμός των παρατηρήσεων που έχουν ληφθεί για τη μεταβλητή X, και $X_1, X_2, \dots, X_N$ είναι οι τιμές των παρατηρήσεων αυτών.

Το βασικό πλεονέκτημα του γεωμετρικού μέσου είναι ότι επηρεάζεται λιγότερο από παρατηρήσεις με πολύ μεγάλες τιμές. Ο γεωμετρικός μέσος είναι χρήσιμος για τη κατασκευή εκτιμήσεων από δεδομένα που αυξάνονται ή ελαττώνονται σύμφωνα με μία γεωμετρική πρόοδο. Ο αριθμός νέων κρουσμάτων, για παράδειγμα, αυξάνεται με τέτοιο τρόπο.

3.3. Μαθηματικά πρότυπα

3.3.1. Γραμμική παλινδρόμηση

Ο κλάδος της στατιστικής ο οποίος εξετάζει τη σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών, ώστε να καθίσταται δυνατή η πρόβλεψη της μίας από τις υπόλοιπες ονομάζεται **ανάλυση παλινδρόμησης** (regression analysis). Η παλινδρόμηση στην οποία υπάρχει μόνο μία ανεξάρτητη μεταβλητή ονομάζεται **απλή παλινδρόμηση**, ενώ αν υπάρχουν περισσότερες από μία ανεξάρτητες μεταβλητές καλείται **πολλαπλή παλινδρόμηση**. Ως εξαρτημένη μεταβλητή ορίζεται εκείνη της οποίας η τιμή πρόκειται να προβλεφθεί, ενώ ανεξάρτητη ονομάζεται η μεταβλητή η οποία χρησιμοποιείται για τη πρόβλεψη της εξαρτημένης μεταβλητής.

Η ανεξάρτητη μεταβλητή δε θεωρείται τυχαία αλλά παίρνει καθορισμένες τιμές. Η εξαρτημένη μεταβλητή θεωρείται τυχαία και καθοδηγείται από την ανεξάρτητη. 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.

Εάν η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχές μέγεθος και ακολουθεί κανονική κατανομή, μία από τις πλέον διαδεδομένες στατιστικές αναλύσεις είναι η γραμμική παλινδρόμηση, της οποίας η απλούστερη μορφή ορίζεται από μία μόνο ανεξάρτητη μεταβλητή X και μία εξαρτημένη μεταβλητή Y που προσεγγίζεται ως γραμμική συνάρτηση του X και ονομάζεται **απλή γραμμική παλινδρόμηση** (simple linear regression), η οποία δίδεται από τη σχέση:

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

Το πρόβλημα της παλινδρόμησης είναι ο προσδιορισμός των παραμέτρων α και β ώστε να εκφράζουν καλύτερα τη γραμμική συνάρτηση της Y από τη X . Κάθε ζεύγος τιμών (α , β) καθορίζει μια διαφορετική γραμμική σχέση που εκφράζεται γεωμετρικά από ευθεία γραμμή και οι δύο παράμετροι ορίζονται ως εξής:

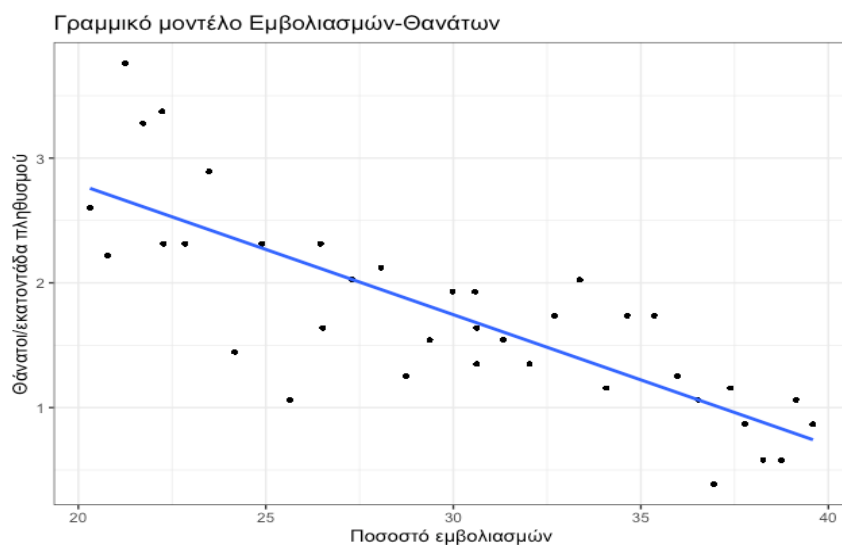
- Ο σταθερός όρος α είναι η τιμή του Y για $X=0$.
- Ο συντελεστής β του X είναι η κλίση (Slope) της ευθείας ή αλλιώς ο συντελεστής παλινδρόμησης (Regression Coefficient). Εκφράζει τη μεταβολή της μεταβλητής Y όταν η μεταβλητή X μεταβληθεί κατά μία μονάδα.
- Ο όρος ε_i που λέγεται σφάλμα παλινδρόμησης (Regression Error) και αποτελεί τη διαφορά της τιμής 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 γίνονται οι εξής υποθέσεις:

- Η μεταβλητή X είναι ελεγχόμενη για το πρόβλημα υπό μελέτη, δηλαδή είναι γνωστές οι τιμές της χωρίς καμία αμφιβολία.
- 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 $\text{Var}(\varepsilon_i) = \sigma_\varepsilon^2$

Παράδειγμα γραμμικής παλινδρόμησης αποτελεί το Γράφημα 3.2., όπου συσχετίζεται η εξάρτηση Y των θανάτων με το ποσοστό εμβολιασμών X .



Γράφημα 3.2: Γραμμική παλινδρόμηση θανάτων-εμβολιασμών

Σε περίπτωση που η τυχαία μεταβλητή Y , εξαρτάται γραμμικά από περισσότερες από μία μεταβλητές X , ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$), 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:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 * X_{1i} + \beta_2 * X_{2i} + \beta_3 * X_{3i} + \beta_n * X_{ni} + \dots + \varepsilon_i$$

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.

3.3.2. Διαστρωματικά στοιχεία χρονολογικών σειρών

Τα διαστρωματικά στοιχεία χρονολογικών σειρών, αποτελούν ένα σύνολο δεδομένων με επαναλαμβανόμενες παρατηρήσεις από **πολλαπλές οντότητες** (entities) οι οποίες συλλέγονται για μία σειρά χρονικών περιόδων. Τα διαστρωματικά στοιχεία και οι χρονικές περίοδοι εκφράζονται με τους δείκτες:

i = οντότητα, N = πλήθος στρωμάτων ($i = 1, 2, \dots, N$)

t = χρονική περίοδος, T = πλήθος χρονικών περιόδων ($t = 1, 2, \dots, T$)

Τα panel data μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με τον αριθμό των χρονικών περιόδων (T) και των διαστρωματικών στοιχείων (N) που περιέχουν. Μικρός αριθμός χρονικών περιόδων και μεγάλος διαστρωματικών στοιχείων αποτελούν ένα short-panel, ενώ αντίστοιχα μικρός αριθμός διαστρωματικών στοιχείων και μεγάλος αριθμός χρονικών περιόδων ένα long-panel. Επιπλέον κατηγοριοποίηση μπορεί να γίνει με βάση τη πληρότητα των παρατηρήσεων. Ένα panel data, με πλήρεις παρατηρήσεις για όλες τις οντότητες (i), όλες τις χρονικές περιόδους (t) χαρακτηρίζεται balanced ενώ αντίστοιχα panel με μη παρατηρούμενες οντότητες σε κάποιες χρονικές περιόδους ονομάζονται unbalanced.

Τα διαστρωματικά στοιχεία χρονολογικών σειρών χρησιμοποιούνται ευρέως όταν μελετάται κάποιο **δυναμικό φαινόμενο**, δηλαδή ένα φαινόμενο που μεταβάλλεται προϊόντος του χρόνου. Τα panel data πλεονεκτούν καθώς τα διαστρωματικά στοιχεία (*cross-section data*) δε μπορούν να εκφράσουν δυναμικές σχέσεις ενώ τα στοιχεία χρονολογικών σειρών (*time series data*) εκφράζουν μεν δυναμικές σχέσεις αλλά οι εκτιμήσεις τους δεν είναι ιδιαίτερα ακριβείς λόγω ύπαρξης πολυσυγγραμικότητας.

Ένα ακόμα πλεονέκτημά τους αποτελεί το γεγονός ότι επιτρέπουν την **καταγραφή της ατομικής ανομοιογένειας** (individual heterogeneity) κάθε ξεχωριστής οντότητας i. Η χρήση των απλών χρονολογικών σειρών ή διαστρωματικών στοιχείων αγνοεί αυτή τη διαφορετικότητα και μπορεί να οδηγήσει σε μεροληπτικές εκτιμήσεις. Με τη χρήση panel αποφεύγεται αυτό το σφάλμα της προσθετικότητας, όπου κάποια διαχρονική συμπεριφορά που χαρακτηρίζει κάποια οντότητα i, δε σημαίνει ότι χαρακτηρίζει και το σύνολο των οντοτήτων.

Η καταγραφή της ατομικής ανομοιογένειας των οντοτήτων μπορεί να γίνει με τους κάτωθι δύο τρόπους: Μοντέλο Σταθερών Επιδράσεων (Fixed Effects Model) και Μοντέλο Τυχαίων Επιδράσεων (Random Effects Model).

ΜΟΝΤΕΛΟ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΕΠΙΔΡΑΣΕΩΝ

Με τη χρήση του μοντέλου Σταθερών Επιδράσεων (Fixed Effects Model) γίνεται η παραδοχή ότι υπάρχει κάτι στην εκάστοτε οντότητα i το οποίο επηρεάζει την εκτίμηση του μοντέλου και για το λόγο αυτό πρέπει να ελεγχθεί. Ουσιαστικά, το Fixed Effects Model είναι μια μέθοδος για την εκτίμηση παραμέτρων που έχουν παραληφθεί από το μοντέλο. Οι παράμετροι αυτές είναι διαφορετικές για κάθε οντότητα i αλλά είναι σταθερές με το χρόνο και εκφράζονται μέσω της σταθεράς α_i . Η γενική μορφή της εξίσωσης του μοντέλου Σταθερών επιδράσεων είναι:

$$Y_{it} = \beta_1 * X_{1it} + \beta_2 * X_{2it} + \dots + \beta_j * X_{jit} + \alpha_i + u_{it}$$

όπου:

Y_{it} = Εξαρτημένη μεταβλητή μοντέλου με $i = 1, \dots, N$ και $t = 1, \dots, T$

X_{jit} = Ανεξάρτητη μεταβλητή μοντέλου με $i = 1, \dots, N$, $t = 1, \dots, T$ και $j=1, \dots, J$

β_j = Σταθερός με το χρόνο συντελεστής της ανεξάρτητης μεταβλητής X_{jit} με $j=1, \dots, J$

α_i = Σταθερά για κάθε οντότητα $i = 1, \dots, N$

u_{it} = Όρος τους σφάλματος με $i = 1, \dots, N$ και $t = 1, \dots, T$

Η ατομική ανομοιογένεια κάθε οντότητας απεικονίζεται μέσω της σταθεράς α_i και θεωρείται ότι **συσχετίζεται** με τις **ανεξάρτητες** μεταβλητές X_{jit} . Με την εκτίμηση μιας σταθεράς για κάθε ξεχωριστή οντότητα i , το μοντέλο Fixed Effects αφαιρεί την επίδραση της ατομικής ανομοιογένειας από τους **συντελεστές β_j** των ανεξάρτητων μεταβλητών. Έτσι, οι συντελεστές β_j των ανεξάρτητων μεταβλητών σε ένα τέτοιο μοντέλο εκφράζουν την **καθαρή τους επίδραση** στην εξαρτημένη μεταβλητή.

Κατά συνέπεια, οι τιμές των συντελεστών που προκύπτουν δείχνουν πόσο θα αλλάξει η εξαρτημένη μεταβλητή Y_{it} μέσα στο χρόνο κατά μέσο όρο για κάθε οντότητα, όταν η αντίστοιχη ανεξάρτητη μεταβλητή X_{jit} μεταβληθεί κατά μια μονάδα.

Το αρνητικό στοιχείο των μοντέλων Σταθερών Παραγόντων είναι ότι δεν μπορούν να αξιοποιήσουν μεταβλητές που αποτελούνται από στοιχεία τα οποία είναι αμετάβλητα στο χρόνο. Τα μοντέλα Fixed Effects έχουν σχεδιαστεί ώστε να μελετούν την επίδραση των αλλαγών που συμβαίνουν εντός μιας οντότητας και πώς αυτό διαχωρίζει τη μια οντότητα από την άλλη. Ωστόσο, ένα αμετάβλητο στο χρόνο χαρακτηριστικό της οντότητας προφανώς δεν μπορεί να προκαλέσει κάποια αλλαγή αφού μένει σταθερό στο χρόνο. Συνεπώς, κάποια από τα δεδομένα που μπορεί να έχουν συλλεχθεί για τη δημιουργία ενός μητρώου διαστρωματικών στοιχείων χρονολογικών σειρών, μέσω της παλινδρόμησης Fixed Effects παραμένουν αναξιοποίητα.

Η εκτίμηση ενός μοντέλου σταθερών επιδράσεων μπορεί να γίνει με δύο τρόπους:

1. Παλινδρόμηση με τη Μέθοδο των Ελαχίστων Τετραγώνων σε « $n-1$ δυαδικές ανεξάρτητες μεταβλητές». Η μέθοδος αυτή προτιμάται συνήθως για μικρό αριθμό οντοτήτων αφού στην περίπτωση που υπάρχουν πολλές διαφορετικές οντότητες η δημιουργία ψευδομεταβλητών ισάξιου αριθμού με αυτές δυσχεραίνει το χειρισμό του μοντέλου.
2. Παλινδρόμηση με τη Μέθοδο των Ελαχίστων Τετραγώνων σε «αποκλίσεις του κάθε στρώματος από το χρονικό του μέσο» (entity - demeaned). Η μέθοδος αυτή, σε αντίθεση με την πρώτη, επιλέγεται όταν υπάρχει σχετικά μεγάλος αριθμός οντοτήτων i και συνεπώς εφαρμόζεται στον μεγαλύτερο

αριθμό των περιπτώσεων. Η παλινδρόμηση αυτή ουσιαστικά αξιοποιεί τη **διακύμανση των μεταβλητών** στο εσωτερικό κάθε οντότητας (within variation). Οι ανεξάρτητες μεταβλητές οι οποίες αλλάζουν ανά οντότητα *i* αλλά μένουν σταθερές ως προς το χρόνο, παρουσιάζουν μηδενική διακύμανση οντότητας (within variation). Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο οι μεταβλητές αυτές μένουν αναξιοποίητες στο μοντέλο Σταθερών Επιδράσεων.

ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΥΧΑΙΩΝ ΕΠΙΔΡΑΣΕΩΝ

Στο μοντέλο Τυχαίων Επιδράσεων (Random Effects Model), αντίθετα με αυτό των Σταθερών Επιδράσεων, η ατομική ανομοιογένεια α_i κάθε οντότητας θεωρείται ότι είναι **τυχαία** και δεν συσχετίζεται με τις ανεξάρτητες μεταβλητές που χρησιμοποιούνται στο μοντέλο. Η γενική μορφή της εξίσωσης του μοντέλου Τυχαίων επιδράσεων είναι:

$$Y_{it} = \beta_1 * X_{1it} + \beta_2 * X_{2it} + \dots + \beta_j * X_{jit} + \alpha + (u_{it} + \varepsilon_{it})$$

όπου:

Y_{it} = Εξαρτημένη μεταβλητή μοντέλου με $i = 1, \dots, N$ και $t = 1, \dots, T$

X_{jit} = Ανεξάρτητη μεταβλητή μοντέλου με $i = 1, \dots, N$, $t = 1, \dots, T$ και $j = 1, \dots, J$

β_j = Σταθερός με το χρόνο συντελεστής της ανεξάρτητης μεταβλητής X_{jit}

α = Σταθερά

u_{it} = Όρος τους σφάλματος μεταξύ διαφορετικών οντοτήτων με $i = 1, \dots, N$ και $t = 1, \dots, T$

ε_{it} = Όρος τους σφάλματος στο εσωτερικό της ίδιας οντότητας με $i = 1, \dots, N$ και $t = 1, \dots, T$

Σε αντίθεση με το μοντέλο Σταθερών επιδράσεων, στο μοντέλο Τυχαίων επιδράσεων εκτιμάται μια και **μοναδική σταθερά** η οποία είναι **κοινή** για όλες τις οντότητες *i*. Επίσης, σε αυτό το μοντέλο εκτιμώνται δύο όροι σφάλματος, ο ένας μεταξύ των διαφορετικών οντοτήτων και ο άλλος στο εσωτερικό της ίδιας οντότητας. Το μοντέλο Τυχαίων Επιδράσεων κάνει την παραδοχή ότι το σφάλμα της οντότητας δεν συσχετίζεται με τις ανεξάρτητες μεταβλητές, είναι δηλαδή τυχαίο. Για το λόγο αυτό γίνεται δυνατή και η χρήση ανεξάρτητων **μεταβλητών** που μένουν **σταθερές στο χρόνο** το οποίο αποτελεί και το βασικό πλεονέκτημα των μοντέλων Random Effects.

Για να χρησιμοποιηθούν τέτοιες μεταβλητές ωστόσο, θα πρέπει πρώτα να ποσοτικοποιηθούν. Πολλές φορές όμως η συλλογή και η ποσοτικοποίηση τέτοιων στοιχείων είναι ιδιαίτερα δύσκολη με αποτέλεσμα τέτοιου είδους μεταβλητές τελικά να εγκαταλείπονται από τη χρήση στο μοντέλο. Αυτό όμως αποτελεί πρόβλημα διότι μπορεί να οδηγήσει σε εκτιμήσεις που χαρακτηρίζονται από προκατάληψη (bias). Οι συντελεστές που προκύπτουν από την παλινδρόμηση ενός μοντέλου Random Effects συμπεριλαμβάνουν την επίδραση της διακύμανσης που συναντάται στο εσωτερικό των οντοτήτων (within entity) αλλά και μεταξύ των διαφορετικών οντοτήτων (between entity). Με άλλα λόγια ο εκτιμημένος συντελεστής β_i μιας ανεξάρτητης μεταβλητής X_{jit} δείχνει πόσο θα αλλάξει η εξαρτημένη μεταβλητή Y_{it} όταν η ανεξάρτητη μεταβλητή X_{jit} μεταβληθεί στο χρόνο αλλά και μεταξύ των οντοτήτων κατά μια μονάδα.

ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Ένας από τους ελέγχους για την επιλογή του καταλληλότερου μοντέλου μεταξύ σταθερών και τυχαίων επιδράσεων αποτελεί ο **έλεγχος Hausman** κατά τον οποίο εκτιμάται κατά πόσο τα σφάλματα μεταξύ των οντοτήτων είναι ανεξάρτητα ή **συσχετισμένα** με ανεξάρτητες μεταβλητές. Η μηδενική υπόθεση (H_0) αυτού του τεστ είναι ότι οι όροι του σφάλματος μεταξύ των οντοτήτων u_i δεν συσχετίζονται με τις ανεξάρτητες μεταβλητές. Η εναλλακτική υπόθεση είναι ότι όροι του σφάλματος μεταξύ των οντοτήτων u_i συσχετίζονται με τις ανεξάρτητες μεταβλητές. Αν ισχύει η μηδενική υπόθεση (H_0), επιλέγεται ως προτιμότερο το μοντέλο Τυχαίων Επιδράσεων. Αν απορριφθεί, επιλέγεται το μοντέλο Σταθερών Επιδράσεων. Η απόρριψη ή η αποδοχή του Hausman-test αξιολογείται μέσω του p-value, για επίπεδο σημαντικότητας 95%.

Υπάρχει η δυνατότητα για δύο περαιτέρω ελέγχους μέσω του test Breusch-Pagan Lagrange multiplier (LM). Το τεστ αυτό εξετάζει κατά πόσο είναι τελικά χρήσιμο να **αξιοποιηθεί ο διαστρωματικός χαρακτήρας** των δεδομένων. Με άλλα λόγια εξετάζει κατά πόσο η διακύμανση που υπάρχει μεταξύ των οντοτήτων επιβάλει την εκτίμηση μοντέλου Panel Data ή μπορεί απλά να γίνει παλινδρόμηση με τη μέθοδο των Ελαχίστων Τετραγώνων σε ομαδοποιημένα δεδομένα (Pooled OLS). Αυτό το τεστ γίνεται δύο φορές, την πρώτη συγκρίνοντας τη μέθοδο Fixed Effects με την μέθοδο OLS και τη δεύτερη συγκρίνοντας τη μέθοδο Random Effects με τη μέθοδο OLS. Μηδενική υπόθεση του ελέγχου είναι ότι η διακύμανση μεταξύ των οντοτήτων είναι μηδέν. Συνεπώς, αν η μηδενική υπόθεση απορριφθεί, τότε εγκαταλείπεται το μοντέλο OLS και επιλέγεται το μοντέλο Fixed Effects ή Random Effects. Η απόρριψη ή η αποδοχή του τεστ LM γίνεται μέσω του p-value, συνήθως για επίπεδο σημαντικότητας 95%.

3.4. Κριτήρια αποδοχής μοντέλων

Για την αξιολόγηση των μαθηματικών μοντέλων πραγματοποιείται έλεγχος ικανοποίησης ορισμένων κριτηρίων. Τα κριτήρια που αξιολογούνται αφορούν τις τιμές των συντελεστών β_i της εξίσωσης καθώς και τα πρόσημα αυτών, τη στατιστική σημαντικότητα των μεταβλητών, τη ποιότητα του μοντέλου καθώς και το σφάλμα της εξίσωσης.

- ο Ερμηνεία προσήμων των συντελεστών β_i της εξίσωσης

Οι συντελεστές β_i της εξίσωσης θα πρέπει να ερμηνεύονται λογικά με βάση το πρόσημό τους. Θετικό πρόσημο του συντελεστή δηλώνει ότι με κάθε αύξηση της ανεξάρτητης μεταβλητής αυξάνεται και η εξαρτημένη. Αντιθέτως, το αρνητικό πρόσημο δηλώνει ότι αύξηση της ανεξάρτητης μεταβλητής συνεπάγεται μείωση της εξαρτημένης. Η τιμή του συντελεστή θα πρέπει κι αυτή να ερμηνεύεται λογικά, δεδομένου ότι αύξηση της ανεξάρτητης μεταβλητής κατά μία μονάδα επιφέρει αύξηση της εξαρτημένης κατά β_i μονάδες. Στην περίπτωση που η αύξηση αυτή εκφράζεται σε ποσοστά τότε αναφερόμαστε στην ελαστικότητα (elasticity).

- ο Στατιστική σημαντικότητα μοντέλου

Η στατιστική σημαντικότητα του μοντέλου αξιολογείται με τον **έλεγχο t-test** (κριτήριο t της κατανομής student). Ο συντελεστής t προσδιορίζει τη στατιστική σημαντικότητα των ανεξάρτητων μεταβλητών καθορίζοντας τις τελικές μεταβλητές που θα συμπεριληφθούν στο μοντέλο. Ο υπολογισμός του συντελεστή t γίνεται μέσω της παρακάτω σχέσης:

$$t = \frac{\beta_i}{s.e}$$

όπου το s.e ισοδυναμεί με το τυπικό σφάλμα (standard error).

Από τη παραπάνω σχέση συμπεραίνεται, ότι μείωση του τυπικού σφάλματος οδηγεί σε αύξηση του συντελεστή t_{stat} που συνεπάγεται αύξηση της **επάρκειας** (efficiency). Όσο μεγαλύτερη η απόλυτη τιμή του συντελεστή t τόσο μεγαλύτερη και η επιρροή της μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα. Στο πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι κρίσιμες τιμές του συντελεστή για κάθε επίπεδο εμπιστοσύνης.

Πίνακας 3.1: Κρίσιμες τιμές συντελεστή t κατανομής Student

Βαθμοί ελευθερίας	Επίπεδο Εμπιστοσύνης				
	0,900	0,950	0,975	0,990	0,995
80	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660
120	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617
∞	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576

Ως βαθμός ελευθερίας λαμβάνεται το πλήθος του δείγματος μείον ένα. Συνεπώς εάν η απόλυτη τιμή t κάποιας ανεξάρτητης μεταβλητής X_i είναι μεγαλύτερη από τη τιμή του πίνακα για επιλεγμένο επίπεδο εμπιστοσύνης, κρίνεται αποδεκτή η μεταβλητή ως στατιστικά σημαντική.

- ο Στατιστική σημαντικότητα ανεξάρτητων μεταβλητών

Αφορά την επιλογή των ανεξάρτητων μεταβλητών που θα συμπεριληφθούν στο τελικό μοντέλο. Ο έλεγχος στατιστικών υποθέσεων γίνεται μέσω του υπολογισμού της τιμής της πιθανότητας p (p - value) .

Η πιθανότητα p είναι το μικρότερο επίπεδο σημαντικότητας α που οδηγεί στην απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης H_0 έναντι της εναλλακτικής H_1 . Είναι μία σημαντική τιμή, διότι ποσοτικοποιεί τη στατιστική απόδειξη που υποστηρίζει την εναλλακτική υπόθεση.

Όσο μικρότερη η τιμή της πιθανότητας p , τόσο περισσότερες είναι οι αποδείξεις για την απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης H_0 έναντι της εναλλακτικής H_1 . Εάν η τιμή p είναι μικρότερη ή ίση του επιπέδου σημαντικότητας α , τότε η μηδενική υπόθεση H_0 απορρίπτεται. Εάν το p είναι μικρότερο από 0,05 τότε, η μεταβλητή επηρεάζει τη μεταβλητή απόκρισης και πρέπει να συμπεριληφθεί στο τελικό μοντέλο.

- ο Ποιότητα μοντέλου

Ο συντελεστής προσαρμογής R^2 (coefficient of determination) χρησιμοποιείται ως κριτήριο καλής προσαρμογής των δεδομένων στο γραμμικό μοντέλο. Ο συντελεστής μετρά τη μεταβλητότητα (variation) της εξαρτημένης μεταβλητής που εξηγείται από τις μεταβολές στις τιμές της ανεξάρτητης 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
- $\hat{y}_i$ = εκτιμώμενες τιμές της μεταβλητής Y
- $\bar{y}$ = μέση τιμή της μεταβλητής Y
- y_i = πραγματικές τιμές της μεταβλητής Y

Ο συντελεστής προσαρμογής παίρνει τιμές από 0 έως 1. Όσο πιο κοντά βρίσκεται η τιμή του R^2 στη μονάδα, τόσο καλύτερη προσαρμογή έχει το μοντέλο.

4. ΣΥΛΛΟΓΗ & ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

4.1. Εισαγωγή

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας όπως ορίστηκε εξ' αρχής, αποτελεί η διερεύνηση των παραγόντων επιρροής των αεροπορικών μεταφορών του Αεροδρομίου Αθηνών από την πανδημία του Covid-19.

Στο πλαίσιο αυτού, αναλύεται στο παρόν κεφάλαιο η **μέθοδος συλλογής & επεξεργασίας** των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας.

4.2. Συλλογή και επεξεργασία δεδομένων

Για τους σκοπούς της εργασίας ήταν απαραίτητο να συλλεχθούν στοιχεία επιβατικής και εμπορευματικής κίνησης του Αεροδρομίου Αθηνών, πριν και κατά τη διάρκεια της πανδημίας. Συνεπώς αιτήθηκαν και παρασχέθηκαν δεδομένα που καλύπτουν τη περίοδο από 1/1/2019 μέχρι 31/8/2021. Επιπλέον, απαραίτητα δεδομένα καταγραφής περιοριστικών μέτρων αντιμετώπισης της πανδημίας καθώς μεταβλητών που σχετίζονται με την εξέλιξή της, όπως ο ημερήσιος αριθμός νέων κρουσμάτων, θανάτων και εμβολιασμών αντλήθηκαν από τη δυναμική βάση δεδομένων του Πανεπιστημίου της Οξφόρδης (OxCGRT). Τέλος, για τα στοιχεία που αφορούν το ΑΕΠ των Ευρωπαϊκών χωρών επιλέχθηκε η βάση δεδομένων της Eurostat.

4.2.1. Στοιχεία αεροπορικής κίνησης

Με βάση τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, παρατηρήθηκε ότι για τις αναλύσεις διερεύνησης του αντίκτυπου της πανδημίας στην αεροπορική βιομηχανία αξιοποιούνται κατά βάση δεδομένα αριθμού πτήσεων σε ημερήσιο επίπεδο. Η παρούσα έρευνα εμβαθύνει σε επίπεδο αεροπορικής εταιρείας και είδους πτήσης. Για το σκοπό αυτό αντλήθηκαν δεδομένα όλων των καθημερινών πτήσεων από και προς το **Αεροδρόμιο Αθηνών**.

Τα δεδομένα περιλαμβάνουν την ακριβή ημερομηνία και ώρα άφιξης ή αναχώρησης πτήσεων του αερολιμένα Αθηνών, τη χώρα και το αεροδρόμιο προέλευσης/προορισμού, το είδος της πτήσης (schedule/charter/cargo/general aviation), την αεροπορική εταιρεία που τη πραγματοποιεί, και στη περίπτωση των επιβατικών πτήσεων, τον ακριβή αριθμό των επιβαινόντων. Τα διαθέσιμα δεδομένα παρασχέθηκαν σε αρχεία μορφής Microsoft Excel και κάλυπταν αεροπορική κίνηση τριμήνου. Απόσπασμα του αρχείου δεδομένων παρατίθεται στο Πίνακα 4.1. που ακολουθεί.

Πίνακας 4.1: Απόσπασμα αρχείου δεδομένων Αεροδρομίου Αθηνών

Airline Descr	Arrival/Departure	Flight Origin/Destination	Orig/Dest Country	Nature Group	International/Domestic	Intra/Extra Schengen	On/Off-block (UTC)	Pax Total
FEDEX	Arrival	Cologne	Germany	Cargo	International	Intra Schengen	01/01/2019 01:25:00 AM	0
ALITALIA	Departure	Rome FCO	Italy	Scheduled passenger	International	Intra Schengen	01/01/2019 03:55:50 AM	96
AIR FRANCE	Departure	Paris CDG	France	Scheduled passenger	International	Intra Schengen	01/01/2019 04:14:00 AM	129
OLYMPIC AIR	Departure	Mitilini	Greece	Scheduled passenger	Domestic	Intra Schengen	01/01/2019 04:58:52 AM	39
OLYMPIC AIR	Departure	Samos	Greece	Scheduled passenger	Domestic	Intra Schengen	01/01/2019 05:02:00 AM	23

Η περίοδος για την οποία αντλήθηκαν δεδομένα, δεν περιορίστηκε στη διάρκεια της πανδημίας, αλλά κρίθηκε σκόπιμο να επεκταθεί έναν χρόνο νωρίτερα, ώστε να εντοπιστούν μεταβλητές αεροπορικής κίνησης που επηρεάστηκαν από μετρά και τις συνθήκες που επέβαλλε η πανδημία.

Επομένως τα δεδομένα καλύπτουν τη περίοδο από 1/1/2019 μέχρι 31/8/21 και αφορούν πτήσεις που διενεργήθηκαν στο Αεροδρόμιο Αθηνών από και προς **25 χώρες της Ευρωπαϊκής ένωσης**, της συμφωνίας Schengen καθώς και **εγχώριες**. Συγκεκριμένα περιλαμβάνουν πτήσεις (routes) από και προς τις εξής χώρες: Αυστρία, Βέλγιο, Βουλγαρία, Κροατία, Κύπρος, Τσεχία, Δανία, Εσθονία, Φινλανδία, Γαλλία, Γερμανία, Ελλάδα, Ουγγαρία, Ιταλία, Λετονία, Λιθουανία, Λουξεμβούργο, Ολλανδία, Πολωνία, Πορτογαλία, Ιρλανδία, Ρουμανία, Σλοβακία, Σλοβενία, Ισπανία και Σουηδία.

4.2.2. Μέτρα περιορισμού της πανδημίας

Εν συνεχεία, για τη καταγραφή των περιοριστικών μέτρων που επιβλήθηκαν στην Ευρώπη, αξιοποιήθηκε η διαδικτυακή βάση του πανεπιστημίου της Οξφόρδης (Oxford Covid-19 response tracker), η οποία καταγράφει διαρκώς αρχής γενομένης από τη 1^η Ιανουαρίου 2020 τις κυβερνητικές πολιτικές περιορισμού της πανδημίας που ακολουθήθηκαν ανά το κόσμο με βάση βαθμονομημένους δείκτες αυστηρότητας και εύρους εφαρμογής.

Συγκεκριμένα οι 23 δείκτες κυβερνητικών πολιτικών που καταγράφονται, κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- **Περιοριστικά μέτρα κοινωνικής αποστασιοποίησης** (δείκτες C1-C8): Καταγράφουν πληροφορίες σχετικά με τα περιοριστικά μέτρα μετακίνησης και τις πολιτικές κλεισίματος δραστηριοτήτων, όπως το κλείσιμο των σχολείων.
- **Οικονομικές πολιτικές** (δείκτες E1-E4): Καταγράφουν την οικονομική πολιτική ενίσχυσης του εισοδήματος των πολιτών.
- **Εθνικό σύστημα υγείας** (δείκτες H1-H8): Καταγράφει τις πολιτικές δειγματοληπτικού ελέγχου (Covid-19 - Testing) και το μέγεθος της έκτακτης ενίσχυσης του εθνικού συστήματος υγείας.
- **Εμβολιαστικό πρόγραμμα** (δείκτες V1-V3): Καταγράφει τις πολιτικές εμβολιασμού, συμπεριλαμβανομένης της υγειονομικής και ηλικιακής λίστας προτεραιοτήτων μιας χώρας.

Η ταχεία διάδοση του ιού από χώρα σε χώρα, που ευνοούνταν από τις αεροπορικές μετακινήσεις, ώθησε τις κυβερνήσεις στην εφαρμογή ταξιδιωτικών περιορισμών ή και κλεισίματος συνόρων (Arora et. Al. 2021) με στόχο το περιορισμό της διασποράς. Το μέτρο αυτό αποτυπώνεται στη παρούσα βάση από τον δείκτη **C8** των μέτρων κοινωνικής αποστασιοποίησης ο οποίος αφορά σε ελέγχους στα διεθνή ταξίδια.

Για τους σκοπούς της έρευνας επιλέχθηκε ο συγκεκριμένος δείκτης καθώς σχετίζεται άμεσα με τη δυνατότητα του πολίτη να πραγματοποιήσει ένα εγχώριο ή διεθνές ταξίδι (International & Domestic Travel) και άρα να αποτελέσει έναν εν δυνάμει επιβάτη αεροπορικής πτήσης.

Η βαθμονόμηση του δείκτη, λαμβάνει τιμές από 0 έως 4, με βάση την αυστηρότητα εφαρμογής του μέτρου. Τμήμα αυτού παρατίθεται στο Πίνακα 4.2.

Πίνακας 4.2: Αρχείο δεδομένων περιοριστικών μέτρων διεθνών ταξιδιών (OxCGRT)

Date	AUT	BEL	BGR	CYP	CZE	DEU	DNK	ESP
2020-03-10	3	1	1	0	3	1	2	3
2020-03-11	3	1	1	0	3	1	3	3
2020-03-12	3	1	1	0	3	1	3	3
2020-03-13	3	1	1	2	3	1	3	3
2020-03-14	3	1	1	2	3	1	4	3
2020-03-15	3	1	1	4	3	1	4	3
2020-03-16	3	1	1	4	4	3	4	3
2020-03-17	3	1	3	4	4	3	4	4
2020-03-18	3	1	3	4	4	4	4	4
2020-03-19	3	1	3	4	4	4	4	4
2020-03-20	3	4	3	4	4	4	4	4

Για τη κατανόηση της κωδικοποίησης του δείκτη, παρατίθεται ο επεξηγηματικός Πίνακας 4.3., όπου αντιστοιχίζεται ο δείκτης με το εφαρμοζόμενο μέτρο.

Πίνακας 4.3: Επεξηγηματικός πίνακας δεικτών περιοριστικού μέτρου C8

Δείκτης	Κωδικοποίηση
0	Κανένα μέτρο
1	Έλεγχος θερμοκρασίας / Screening
2	Καραντίνα για αφιχθέντες από περιοχές υψηλής επικινδυνότητας
3	Απαγόρευση εισόδου για αφιχθέντες από περιοχές υψηλής επικινδυνότητας
4	Καθολικό κλείσιμο συνόρων

Για τη βαθύτερη κατανόηση και ποσοτικοποίηση των ανωτέρω περιοριστικών μέτρων, η βάση δεδομένων του Πανεπιστημίου της Οξφόρδης, παρέχει επιπλέον 5 δείκτες με εύρος τιμών τη κλίμακα 0-100. Οι δείκτες αυτοί αξιολογούν το βαθμό που μία κυβέρνηση έχει ενεργήσει και συνοψίζονται στους κάτωθι: Δείκτης κυβερνητικής ανταπόκρισης, Δείκτης περιορισμών και υγείας, Δείκτης αυστηρότητας, Δείκτης οικονομικής ενίσχυσης και Δείκτης κινδύνου ανοίγματος δραστηριοτήτων.

Από τη παραπάνω βάση δεδομένων επιλέγεται ο **δείκτης αυστηρότητας** (Stringency Index) ο οποίος εκφράζει το μέτρο αυστηρότητας των περιορισμών (lockdowns) βασισμένος σε όλους τους ανωτέρω περιοριστικούς δείκτες, καθώς και στις δημόσιες καμπάνιες ενημέρωσης. Ο δείκτης λαμβάνει τιμές από 0-100, αξιολογώντας κάθε μέρα το γεωγραφικό εύρος και την αυστηρότητα εφαρμογής των επιμέρους δεικτών και επιλέγεται ώστε να διερευνηθεί τυχόν επιρροή των μέτρων που δεν αφορούν άμεσα τη πραγματοποίηση ταξιδιού αλλά την ευρύτερη κυβερνητική προσέγγιση της κάθε χώρας ως προς την αντιμετώπιση της πανδημίας. Απόσπασμα του αρχείου Excel παρατίθεται στον Πίνακα 4.4.

Πίνακας 4.4: Απόσπασμα αρχείου δεδομένων δεικτών αυστηρότητας κυβερνητικών πολιτικών

Date	AUT	BEL	BGR	CYP	CZE	DEU	DNK	ESP
10/3/20	19.44	19.44	21.3	22.22	25	32.87	31.48	45.83
11/3/20	30.56	19.44	26.85	22.22	47.22	32.87	37.96	45.83
12/3/20	34.26	19.44	26.85	22.22	50	32.87	37.96	45.83
13/3/20	48.15	23.15	50.93	38.89	57.41	32.87	62.96	45.83
14/3/20	48.15	50.93	50.93	38.89	61.11	32.87	65.74	67.13
15/3/20	48.15	50.93	50.93	44.44	68.52	32.87	65.74	67.13
16/3/20	81.48	50.93	50.93	51.85	79.63	42.13	65.74	68.98
17/3/20	81.48	50.93	56.48	51.85	79.63	42.13	65.74	71.76
18/3/20	81.48	73.15	70.37	51.85	79.63	52.31	72.22	71.76
19/3/20	81.48	73.15	70.37	51.85	79.63	55.09	72.22	71.76
20/3/20	81.48	81.48	70.37	51.85	79.63	57.87	72.22	71.76

4.2.3. Δεδομένα κρουσμάτων, θανάτων και εμβολιασμών

Ο φόβος μετάδοσης του ιού και η ταχεία διασπορά του μέσω των αεροπορικών μετακινήσεων, όπως επισημάνθηκε κατά τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, αποτέλεσαν τους πλέον καθοριστικούς παράγοντες για την επιβολή περιορισμών από τα Ευρωπαϊκά κράτη στα διεθνή ταξίδια. Το μέγεθος το οποίο αντικατοπτρίζει την εξέλιξη και την επικινδυνότητα της πανδημίας, είναι αφενός ο αριθμός των **νέων κρουσμάτων** και αφετέρου ο αριθμός των **θανάτων**.

Συνεπώς, για τη συσχέτιση των μεταβλητών της πανδημίας με τις αεροπορικές μετακινήσεις κρίθηκε αναγκαίο να ληφθούν δεδομένα ημερήσιων καταγραφών νέων κρουσμάτων και θανάτων και να αναχθούν σε επίπεδο εκατομμυρίου πληθυσμού ώστε να υπάρχει αντιπροσωπευτικό μέτρο σύγκρισης μεταξύ των Ευρωπαϊκών κρατών.

Επιπλέον, μετά τη διάθεση του εμβολίου κατά του Covid, και τη σταδιακή άρση των ταξιδιωτικών περιορισμών για πλήρως εμβολιασμένους πολίτες, έπειτα και από τη θεσμική καθιέρωση Ευρωπαϊκού ταξιδιωτικού πιστοποιητικού (EU Covid certificate, July 21), κρίνεται απαραίτητο να διερευνηθεί το μέγεθος επιρροής του **εμβολιασμού** στην ανάκτηση της αεροπορικής κίνησης.

Για το σκοπό αυτό προστίθεται στα δεδομένα καταγραφών κρουσμάτων και θανάτων, το ποσοστό των πλήρως εμβολιασμένων ανά εκατοντάδα πολιτών και δημιουργείται ο τελικός Πίνακας 4.4.

Πίνακας 4.5: Απόσπασμα αρχείου δεδομένων δεικτών αυστηρότητας κυβερνητικών πολιτικών (OxCGRT)

Date	AUSTRIA			BELGIUM			BULGARIA		
	CASES/MILL	DEATHS/MILL	VACC/HUN	CASES/MILL	DEATHS/MILL	VACC/HUN	CASES/MILL	DEATHS/MILL	VACC/HUN
20/1/21	184,78	4,202	0,05	258,41	1,547	0,01	69,889	5,365	0,06
21/1/21	188,21	5,64	0,05	221,02	4,126	0,01	65,974	13,05	0,07
22/1/21	230,89	4,644	0,05	210,10	4,728	0,01	82,069	8,41	0,07
23/1/21	179,80	6,524	0,05	222,05	4,384	0,01	38,569	1,74	0,07
24/1/21	132,91	3,207	0,05	155,77	4,556	0,01	17,545	1,305	0,07
25/1/21	111,57	3,649	0,06	102,47	3,009	0,01	111,93	8,7	0,07
26/1/21	156,69	7,077	0,07	153,36	5,588	0,03	119,91	5,22	0,08
27/1/21	181,46	5,419	0,07	259,62	4,642	0,06	86,709	4,06	0,11
28/1/21	160,23	4,755	0,1	238,55	4,212	0,13	81,199	4,205	0,16
29/1/21	165,87	5,64	0,21	230,65	3,095	0,21	100,77	5,075	0,19
30/1/21	163,44	4,976	0,24	233,57	4,126	0,23	50,604	2,9	0,19

4.2.4. Παραδοσιακές μεταβλητές αεροπορικής ζήτησης

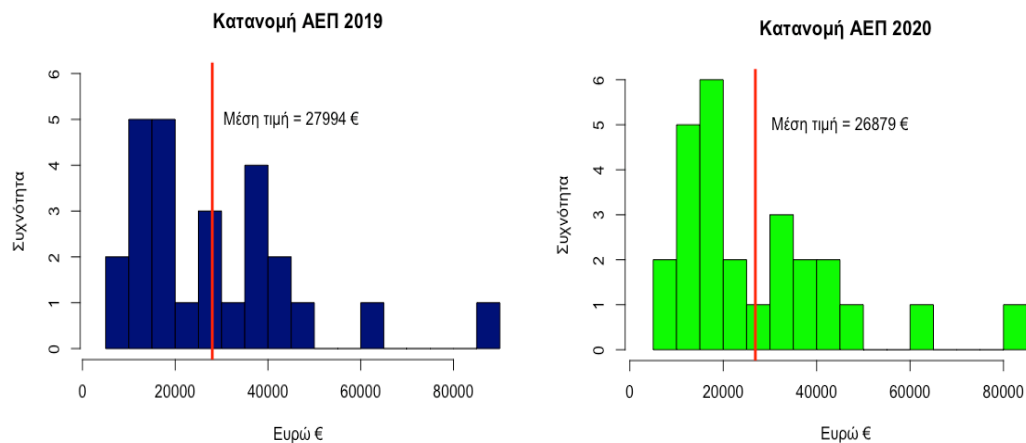
Η αεροπορική βιομηχανία δομήθηκε και εξελίχθηκε αξιολογώντας μεταβλητές οι οποίες κατηγοριοποιούνται σε 3 ομάδες: **Μέγεθος αγοράς**, αφορά κυρίως δεδομένα πληθυσμού, ΑΕΠ, αριθμό τουριστών κτλ., **χαρακτηριστικά της αγοράς** όπως για παράδειγμα το κατά κεφαλήν ΑΕΠ και η τουριστική κίνηση, καθώς και **γεωγραφικά χαρακτηριστικά**, όπως είναι η απόσταση από το πλησιέστερο αεροδρόμιο.

Τα δεδομένα αυτά αποτελούν διαχρονικά αξιόπιστη βάση για ανάπτυξη στατιστικών μοντέλων **πρόβλεψης της επιβατικής κίνησης** σε εποχές αβεβαιότητας ζήτησης (Suh et. Al 2019), για το λόγο αυτό αξιοποιούνται από διαχειριστές αεροδρομίων αναφορικά με μελλοντικές επεμβάσεις.

Κατά συνέπεια, για τους σκοπούς της έρευνας στο αβέβαιο περιβάλλον που έχει δημιουργήσει η πανδημία, κρίνεται αναγκαίο να ληφθούν υπόψιν αυτές οι μεταβλητές. Συγκεκριμένα θα συνεκτιμηθεί η επιρροή του **ΑΕΠ ανά πολίτη** καθώς και η **τουριστική κίνηση**.

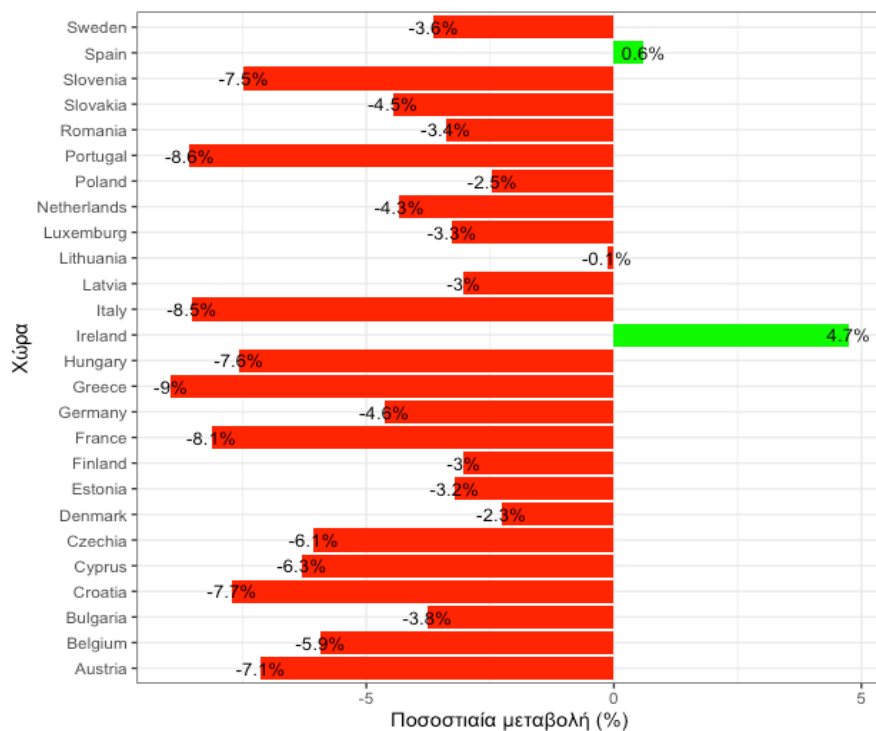
Αντλώντας δεδομένα από τη Eurostat για τα έτη 2019-2020, δημιουργούνται διαγράμματα κατανομής και μεταβολών του κατά κεφαλήν ΑΕΠ για τις Ευρωπαϊκές χώρες με τη βοήθεια του περιβάλλοντος RStudio.

Παρατηρείται στο Γράφημα 4.1., σχετική συρρίκνωση του εισοδήματος των Ευρωπαίων πολιτών το έτος 2020 σε σύγκριση με το αμέσως προηγούμενο με τη μέση τιμή να υπολείπεται περί των 1000€.



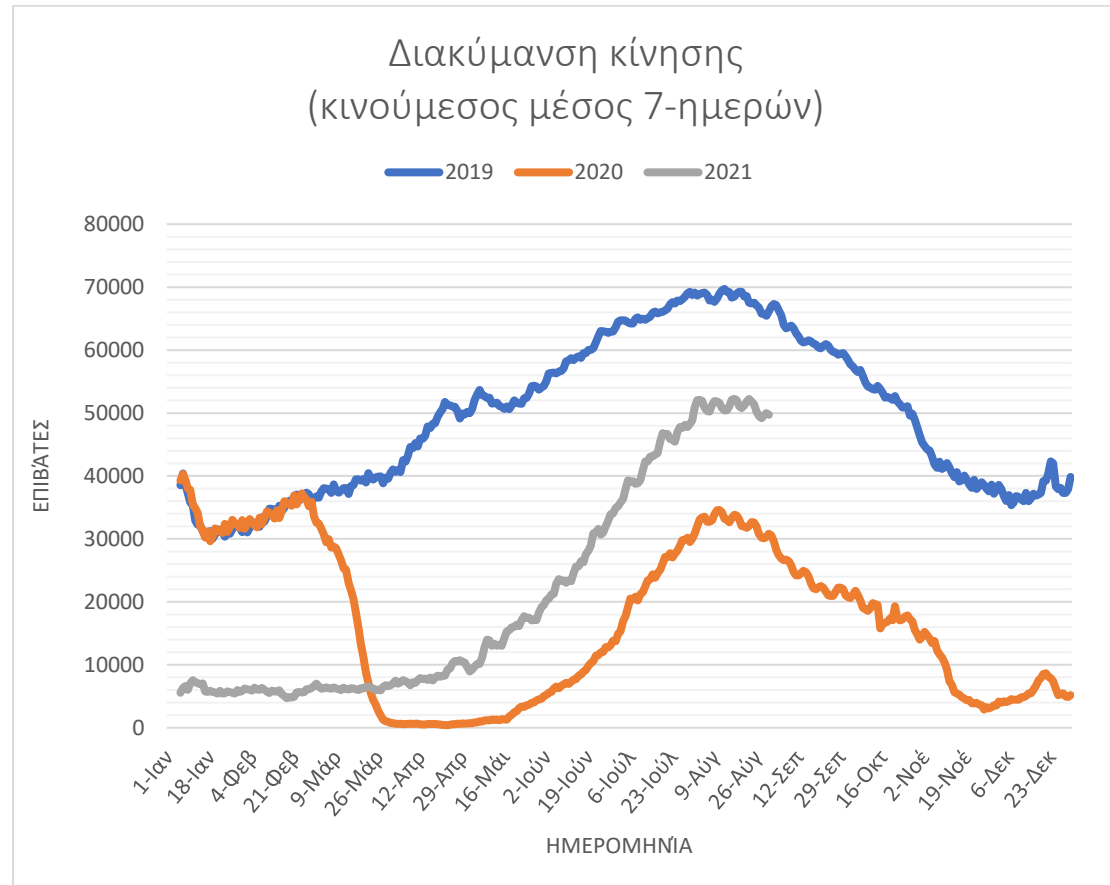
Γράφημα 4.1: Κατανομή ΑΕΠ Ευρωπαϊκών κρατών για τα έτη 2019-20

Αξιοσημείωτο είναι ωστόσο, πως τη σημαντικότερη μείωση εισοδήματος την έχει υποστεί Ελλάδα με 9%, ενώ ακολουθεί η Πορτογαλία και Ιταλία με 8.6% και 8.5% αντίστοιχα. Ενδιαφέρον παρουσιάζει στο Γράφημα 4.2, η εξαίρεση της Ιρλανδίας και Ισπανίας που αποτελούν τις μόνες χώρες με αύξηση του κατά κεφαλήν ΑΕΠ, κατά 4.2% και 0.6% αντίστοιχα.



Γράφημα 4.2: Ποσοστιαίες μεταβολές του ΑΕΠ των Ευρωπαϊκών κρατών τα έτη 2019-20

Επιπλέον, δημιουργώντας το παρακάτω Γράφημα 4.3, διακύμανσης κίνησης για τα έτη 2019-20-21, παρατηρείται ότι παρά η πανδημία, η **εποχικότητα** της κίνησης κατά τη περίοδο των θερινών διακοπών που συνδέεται με την έντονη τουριστική κίνηση της Ελλάδας, διατηρείται. Συνεπώς, αυτό το στοιχείο κρίνεται σκόπιμο να αξιολογηθεί με μια **ψευδομεταβλητή** η οποία θα λαμβάνει τη τιμή 1, για την αμιγώς τουριστική περίοδο 1/5-31/9, και 0 εκτός αυτής.



Γράφημα 4.3: Κινούμενος μέσος 7-ημερών επιβατικής κίνησης των ετών 2019/20/21

4.3. Μεταβλητές μοντέλου

Τα αρχεία καταγραφής πτήσεων που παρέχονται από το FIR Αθηνών, περιέχουν στοιχεία εμπιστευτικότητας (classified) αναφορικά με την αεροπορική εταιρεία που πραγματοποιεί τη πτήση συνεπώς για την αξιοποίηση αυτού του δεδομένου θα γίνει αντικατάσταση της εταιρείας με το οικονομικό μοντέλο λειτουργίας της όπως καθορίζεται από την IATA.

Επομένως η στήλη *Airline Description* του Πίνακα 4.1., αντικαθίσταται με αλφαριθμητικούς χαρακτήρες, *FS-Full Service*, *LC-Low Cost*, *CA-Cargo*, *CC-Charter Carrier*, ώστε η έρευνα να φτάσει σε επίπεδο αεροπορικής εταιρείας.

Έπειτα το είδος της πτήσης (schedule/charter/cargo), αναπροσαρμόζεται ώστε να αποτελεί ψευδομεταβλητή για το μοντέλο, και θα λαμβάνει τη τιμή 1 εάν είναι αληθής & 0 εάν όχι. Επιπλέον το *Arrival/Departure Description* τροποποιείται στη ψευδομεταβλητή *Arrival* η οποία θα αξιολογηθεί ως προς τη συσχέτιση της με το περιοριστικό μέτρο διεθνών ταξιδιών C8, όπως παρουσιάστηκε παραπάνω.

Ο χρονικός παράγοντας κωδικοποιείται, με τη μεταβλητή *covweek*, η οποία καταγράφει την εβδομάδα της πανδημίας που διανύεται αρχής γενομένης από την 26/2/20, όταν και εντοπίζεται το πρώτο κρούσμα στην Ελλάδα.

Στις μεταβλητές προστίθενται τα περιοριστικά μέτρα C8 και ο δείκτης αυστηρότητας, ενώ ακολουθούν τα δεδομένα θανάτων, κρουσμάτων και εμβολιασμών που σχετίζονται με την εξέλιξη της πανδημίας.

Τέλος, οι μεταβλητές του κατά κεφαλήν ΑΕΠ και της τουριστικής κίνησης, που σχετίζονται διαχρονικά με τη ζήτηση αεροπορικών μετακινήσεων, προστίθενται.

Το κοινό αρχείο Microsoft Excel 23 στηλών και 300 χιλιάδων γραμμών, εισάγεται στο προγραμματιστικό περιβάλλον RStudio. Τα δεδομένα φιλτράρονται για τις χώρες, τη περίοδο και τις μεταβλητές που θα χρησιμοποιηθούν στα μοντέλα και αναδιαμορφώνονται σε μορφή panel data.

Πίνακας 4.6: Απόσπασμα τελικού πίνακα μεταβλητών

	pax	c8	strigency	cases	deaths	vacc	airline	country	airport	covweek	tourist	schedule	charter
1	147	1	56.48	242.88456	2.182533	0.00000	FS	Netherlands	Amsterdam	65	1	1	0
2	110	1	56.48	249.67236	3.265985	15.17862	FS	France	Paris CDG	65	1	1	0
3	93	1	56.48	202.95754	2.388279	15.35672	FS	Cyprus	Larnaca	65	1	1	0
4	138	1	56.48	176.90737	3.799812	14.41000	FS	Germany	Frankfurt	65	1	1	0
5	21	1	56.48	202.95754	2.388279	15.35672	FS	Cyprus	Larnaca	65	1	1	0
6	71	1	56.48	202.95754	2.388279	15.35672	FS	Cyprus	Larnaca	65	1	1	0
7	43	1	56.48	268.69566	2.888990	14.87704	FS	Belgium	Brussels	65	1	1	0
8	105	1	56.48	176.90737	3.799812	14.41000	FS	Germany	Hamburg	65	1	1	0
9	121	1	56.48	176.90737	3.799812	14.41000	FS	Germany	Frankfurt	65	1	1	0
10	105	1	56.48	202.95754	2.388279	15.35672	LC	Cyprus	Larnaca	65	1	1	0
11	1	1	56.48	176.90737	3.799812	14.41000	CA	Germany	Leipzig	65	1	0	0
12	0	1	56.48	268.69566	2.888990	14.87704	CA	Belgium	Brussels	65	1	0	0
13	149	1	56.48	141.90009	3.551612	16.00825	FS	Italy	Milan MXP	65	1	1	0
14	101	1	56.48	242.88456	2.182533	0.00000	FS	Netherlands	Amsterdam	65	1	1	0

Για τη διευκόλυνση της επεξεργασίας και αξιοποίησης των στοιχείων κρίθηκε σκόπιμο να απλουστευτούν οι ονομασίες και οι συμβολισμοί των χρησιμοποιούμενων μεταβλητών. Για το λόγο αυτό, παρατίθεται ο εξηγηματικός Πίνακας 4.6, όπου αντιστοιχίζεται η μεταβλητή με το συμβολισμό της, το μέγεθος που εκφράζει καθώς και τη στατιστική της κατηγοριοποίηση.

Πίνακας 4.7: Επεξηγηματικός πίνακας μεταβλητών

Μεταβλητή (ελληνικά)	Μεταβλητή (αγγλικά)	Συμβολισμός	Επεξήγηση	Είδος
Επιβάτες πτήσης	Passengers total	pax	Αεροπορική	Διακριτή
Άφιξη/Αναχώρηση	Arrival/Departure	arrival	Αεροπορική	ψευδομεταβλητή
Εγχώρια/Διεθνής πτήση	International/Domestic	international	Αεροπορική	ψευδομεταβλητή
Προγραμματισμένη	Scheduled passenger	schedule	Είδος πτήσης	ψευδομεταβλητή
Εμπορευματική	Cargo	cargo		ψευδομεταβλητή
Ναυλωμένη	Charter passenger	charter		ψευδομεταβλητή
Πλήρους παροχών	Full Service	fs	Οικονομικό μοντέλο εταιρείας	ψευδομεταβλητή
Χαμηλού κόστους	Low cost	lc		ψευδομεταβλητή
Εμπορευματική εταιρεία	Cargo airline	cases		ψευδομεταβλητή
Εταιρεία ναύλωσης	Charter Carrier	cc		ψευδομεταβλητή
Ημερομηνία	Date	date	Ημερομηνία	Ημερομηνία
Εβδομάδα πανδημίας	covweek	covweek	Χαρακτηριστικό πανδημίας	Διακριτή
Τουριστική περίοδος	Tourist period	tourist	Αεροπορική	ψευδομεταβλητή
Αεροδρόμιο προέλευσης/προορισμού	Flight Origin/Destination	airport	Αεροπορική	Χαρακτήρας
Χώρα προέλευσης/προορισμού	Origin/Destination country	country	Αεροπορική	Χαρακτήρας
Νέα κρούσματα/ εκατομμύριο πληθ.	Cases/million pop.	cases	Χαρακτηριστικό πανδημίας	Συνεχής
Νέοι θάνατοι/εκατομμύριο πληθ.	Deaths/million pop.	deaths	Χαρακτηριστικό πανδημίας	Συνεχής
Εμβολιασμοί/εκατοντάδα πληθ.	Vaccinations/hundrend pop.	vacc	Χαρακτηριστικό πανδημίας	Συνεχής
Δείκτης Αυστηρότητας	Strigency Index	strigency	Περιοριστικό μέτρο	Συνεχής
Δείκτης ελέγχου διεθνών ταξιδιών	International travel restrictions	c8	Περιοριστικό μέτρο	Διακριτή
Κατά κεφαλήν ΑΕΠ	GDP per capita	gdp	Αεροπορική	Συνεχής

4.4. Περιγραφική στατιστική

4.4.1. Αεροπορικές μεταβλητές

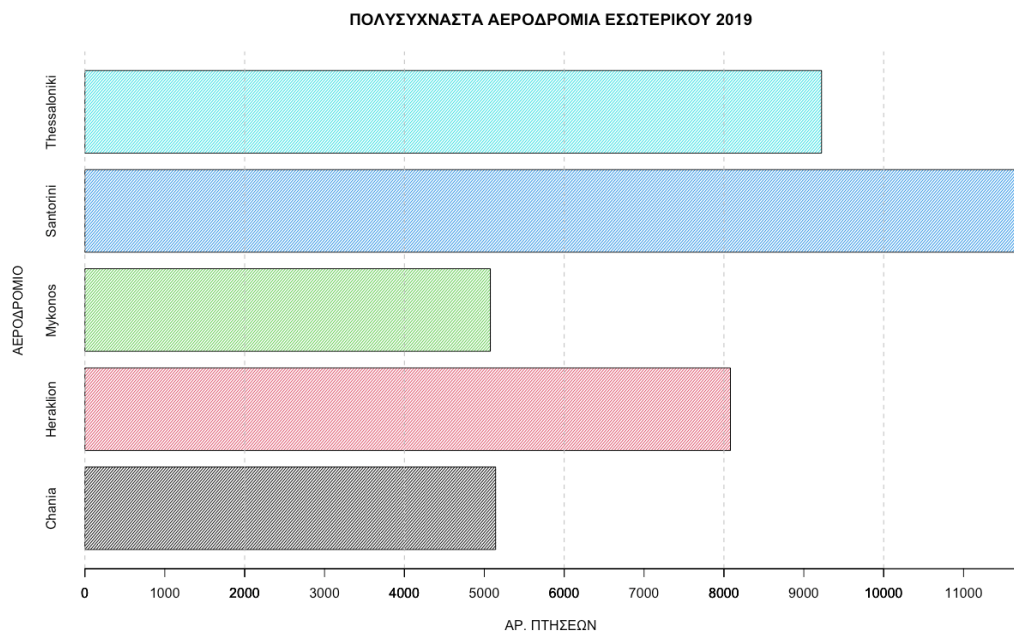
Έπειτα από την συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων ακολουθεί η περιγραφή στατιστική ανάλυσή τους. Το διαμορφωμένο αρχείο Excel με όλες τις μεταβλητές, όπως παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 4.3., εισάγεται στο προγραμματιστικό περιβάλλον RStudio.

Με χρήση των πακέτων ανάλυσης «tidy verse» & «ggplot2», πραγματοποιείται περιγραφική στατιστική ανάλυση της κίνησης του Αεροδρομίου Αθηνών για το έτος 2019 συγκριτικά με τα έτη 2020-21 της πανδημικής περιόδου.

Από την ανάλυση προκύπτει πως πάνω από τη μισή επιβατική κίνηση, συγκεκριμένα το 56,6% προέρχεται από εγχώριες πτήσεις, ενώ αξίζει να σημειωθεί πως οι 4 από τους 5 κορυφαίους εγχώριους αερολιμένες βρίσκονται σε νησιά, όπως φαίνεται και από το Γράφημα 4.4. που ακολουθεί, δείγμα της έντονης **τουριστικής κινητικότητας** που παρουσιάζεται στη χώρα.

Πίνακας 4.8: Περιγραφική στατιστική δεδομένων επιβατικής κίνησης για το έτος 2019

Χώρα	Μέση Τιμή	Τυπική απόκλιση	Μέγιστη Τιμή	Ελάχιστη τιμή	Μέγεθος δείγματος	Ποσοστό %
Αυστρία	151,5	34,4	229	0	2171	1,4
Βέλγιο	150,3	29,02	204	0	2622	1,7
Βουλγαρία	137,7	36,58	188	0	1710	1,1
Κροατία	80,42	30,61	171	0	1177	0,8
Κύπρος	162,2	26,65	208	0	6846	4,4
Τσεχία	147,3	19,98	204	0	741	0,5
Δανία	152,9	32,28	208	12	1500	1,0
Εσθονία	159,2	21,54	175	69	74	0,0
Φινλανδία	154,6	29,89	198	22	494	0,3
Γαλλία	159,1	32,41	316	0	8066	5,2
Γερμανία	158,2	26,08	273	0	12029	7,8
Ελλάδα	88,5	53,9	258	0	87709	56,6
Ουγγαρία	164,8	21,54	239	33	1262	0,8
Ιταλία	144,7	34,7	208	0	12104	7,8
Λετονία	116,2	26,87	146	32	174	0,1
Λιθουανία	163,1	22,64	187	30	246	0,2
Λουξεμβούργο	142,3	24,81	172	61	157	0,1
Ολλανδία	168,9	21,61	206	0	3653	2,4
Πολωνία	164,9	20,42	211	0	2448	1,6
Πορτογαλία	155,8	16	202	3	783	0,5
Ιρλανδία	163,1	21,84	206	0	618	0,4
Ρουμανία	134,7	36,92	195	0	2579	1,7
Σλοβακία	160	30,94	189	0	246	0,2
Σλοβενία	-	-	-	-	0	0,0
Ισπανία	167,7	32,02	359	0	4667	3,0
Σουηδία	147,1	33,87	202	19	896	0,6



Γράφημα 4.4: 5 πιο πολυσύχναστα αεροδρόμια πτήσεων εσωτερικού για το έτος 2019

Χώρες με σημαντική επιβατική κίνηση το 2019 αποτελούν οι εξής: Αυστρία, Βέλγιο, Κύπρος, Γαλλία, Γερμανία, Ιταλία, Ολλανδία, Πολωνία, Ρουμανία και Ισπανία οι οποίες μαζί με τις πτήσεις εσωτερικού αποτελούν το 85,8% της συνολικής κίνησης του έτους.

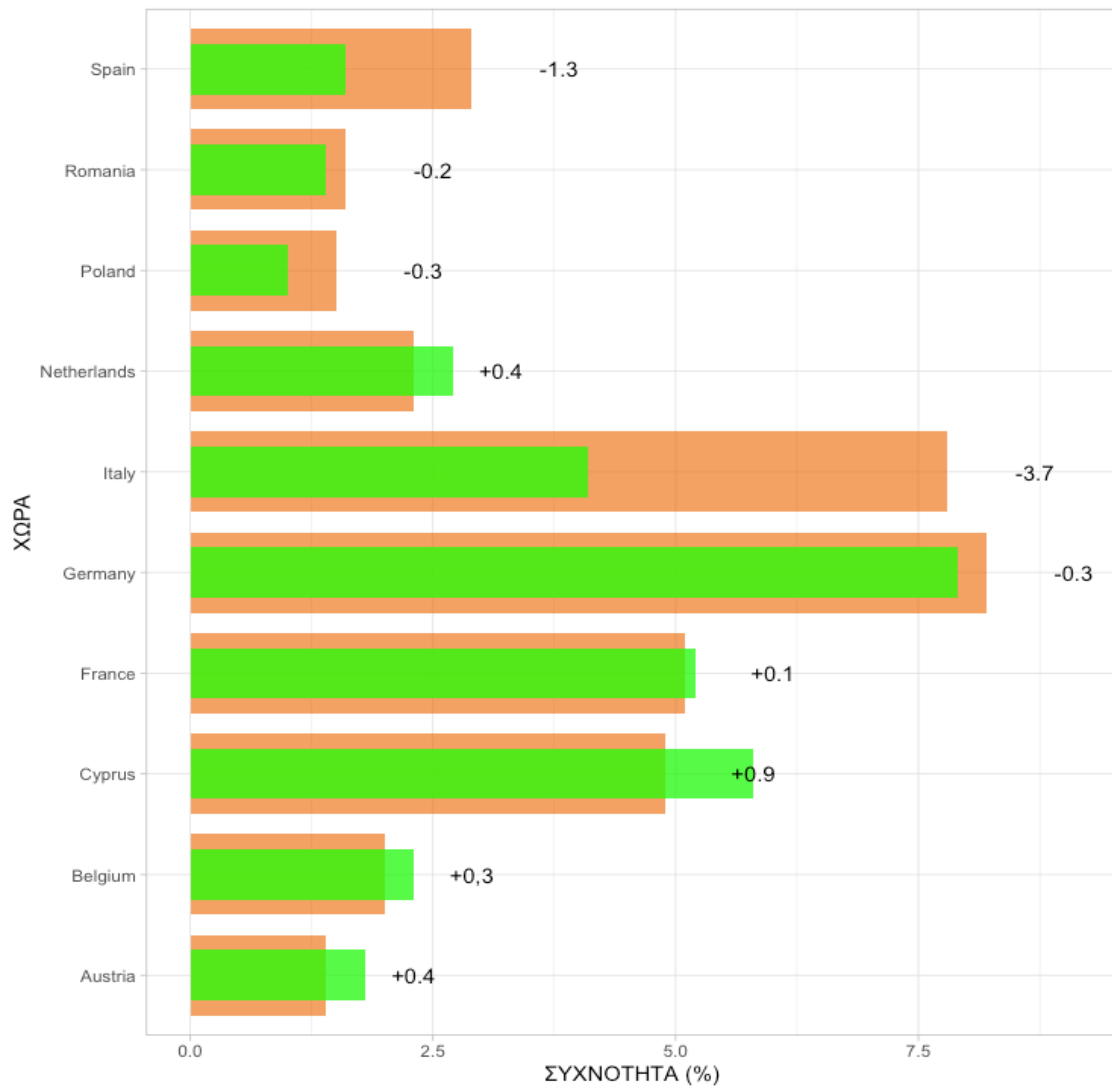
Το ποσοστό αυτών των χωρών ενισχύεται κατά 2,15% κατά τη πανδημική περίοδο που ακολουθεί, φτάνοντας το 87.95% της συνολικής κίνησης.

Πίνακας 4.9: Περιγραφική στατιστική δεδομένων επιβατικής αεροπορικής κίνησης για το διάστημα 26/2/2020-31/8/2021

Χώρα	Μέση Τιμή	Τυπική απόκλιση	Μέγιστη Τιμή	Ελάχιστη τιμή	Μέγεθος δείγματος	Ποσοστό %
Αυστρία	97,46	43,5	224	0	1269	2,01
Βέλγιο	100,4	41,63	191	0	977	1,55
Βουλγαρία	81,78	38,38	176	0	521	0,82
Κροατία	31,38	13,37	72	3	101	0,16
Κύπρος	99,99	36,36	207	0	2584	4,09
Τσεχία	94,3	31,5	151	27	161	0,25
Δανία	104,5	45,94	202	0	454	0,72
Εσθονία	-	-	-	-	0	0,00
Φινλανδία	90,73	38,25	189	30	70	0,11
Γαλλία	117	41,2	210	0	3270	5,18
Γερμανία	112,8	44,43	208	0	5085	8,05
Ελλάδα	57,36	43,94	204	0	40537	64,16
Ουγγαρία	77,83	48,46	212	0	370	0,59
Ιταλία	72,86	35,4	222	0	2660	4,21
Λετονία	71,38	35,5	142	0	78	0,12
Λιθουανία	82,94	37,85	145	27	35	0,06
Λουξεμβούργο	98,21	43,19	185	0	149	0,24
Ολλανδία	103,3	42,08	193	0	1840	2,91
Πολωνία	107,1	37,63	185	0	681	1,08
Πορτογαλία	89,19	27,32	160	21	124	0,20
Ιρλανδία	94,17	39,15	176	9	250	0,40
Ρουμανία	82,27	33,73	176	0	833	1,32
Σλοβακία	104,8	58,45	155	0	10	0,02
Σλοβενία	45,33	9,23	56	40	3	0,00
Ισπανία	83,6	38,88	192	0	904	1,43
Σουηδία	99,74	42,54	178	0	214	0,34

Στο γράφημα 4.5 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι **μεταβολές** των ποσοστών επιβατικής κίνησης των 10 κορυφαίων χωρών μεταξύ του έτους 2019 και της πανδημικής περιόδου που ακολουθεί.

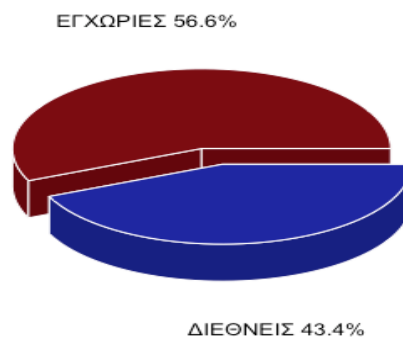
Αξιοσημείωτη είναι η αύξηση του μεριδίου της Κυπριακής αγοράς κατά 0.9% καθώς και η υποχώρηση της Ιταλικής κίνησης κατά 3.7%.



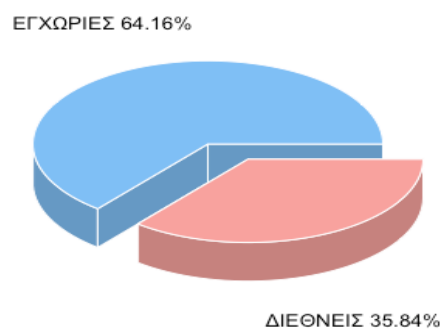
Γράφημα 4.5: Συγκριτικά ποσοστά επιβατικής κίνησης 10 κορυφαίων χωρών του έτους 2019-πανδημικής περιόδου

Οι πτήσεις **εσωτερικού** αύξησαν το μερίδιό τους κατά τη διάρκεια της πανδημίας κατά 7.56%, φτάνοντας το 64.16% της συνολικής κίνησης του αερολιμένα Αθηνών. Οι μεταβολές των πτήσεων αποτυπώνονται στα κυκλικά διαγράμματα που ακολουθούν.

ΚΥΚΛΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΤΗΣΕΩΝ 2019

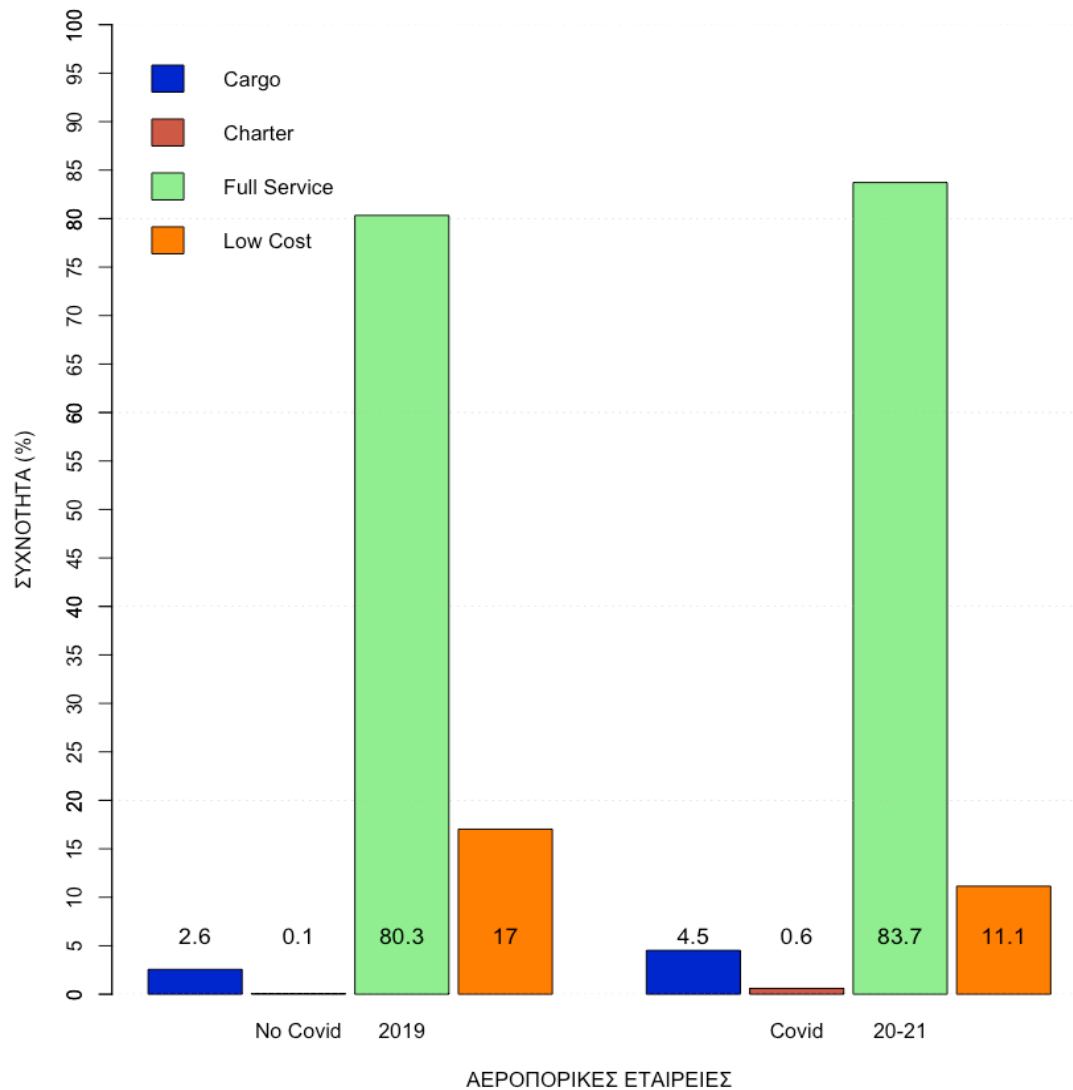


ΚΥΚΛΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΤΗΣΕΩΝ ΠΑΝΔΗΜΙΑΣ



Γράφημα 4.6: Κυκλικά διαγράμματα πτήσεων εσωτερικού-εξωτερικού περιόδου 2019-πανδημίας

Ως προς τις **αεροπορικές εταιρείες** που δραστηριοποιούνται στο αεροδρόμιο Αθηνών, αύξηση παρουσιάζουν οι εταιρείες *Full-Service* και *Cargo* κατά 3.7% και 1.9% αντίστοιχα, ενώ οι *Low-Cost* υπέστησαν τη σημαντικότερη μεταβολή, με τη μείωση τους να φτάνει 5.9%. Στο γράφημα 4.7. αποτυπώνεται και μια ισχνή αύξηση των ναυλωμένων εταιρειών (*charter carriers*) της τάξης του 0.5%.



Γράφημα 4.7: Συγκριτικό γράφημα αεροπορικών εταιρειών 2019-πανδημίας

Ελάχιστες μεταβολές παρατηρούνται στα κορυφαία Ευρωπαϊκά **αεροδρόμια**. Τα περισσότερα εξ αυτών βρίσκονται στις πρωτεύουσες των χωρών, ενώ τα αεροδρόμια της Φρανκφούρτης και του Μονάχου, που αποτελούν τους σημαντικότερους Ευρωπαϊκούς κόμβους (hubs), διατηρούν τη κίνηση τους και κατά τη διάρκεια της πανδημίας.

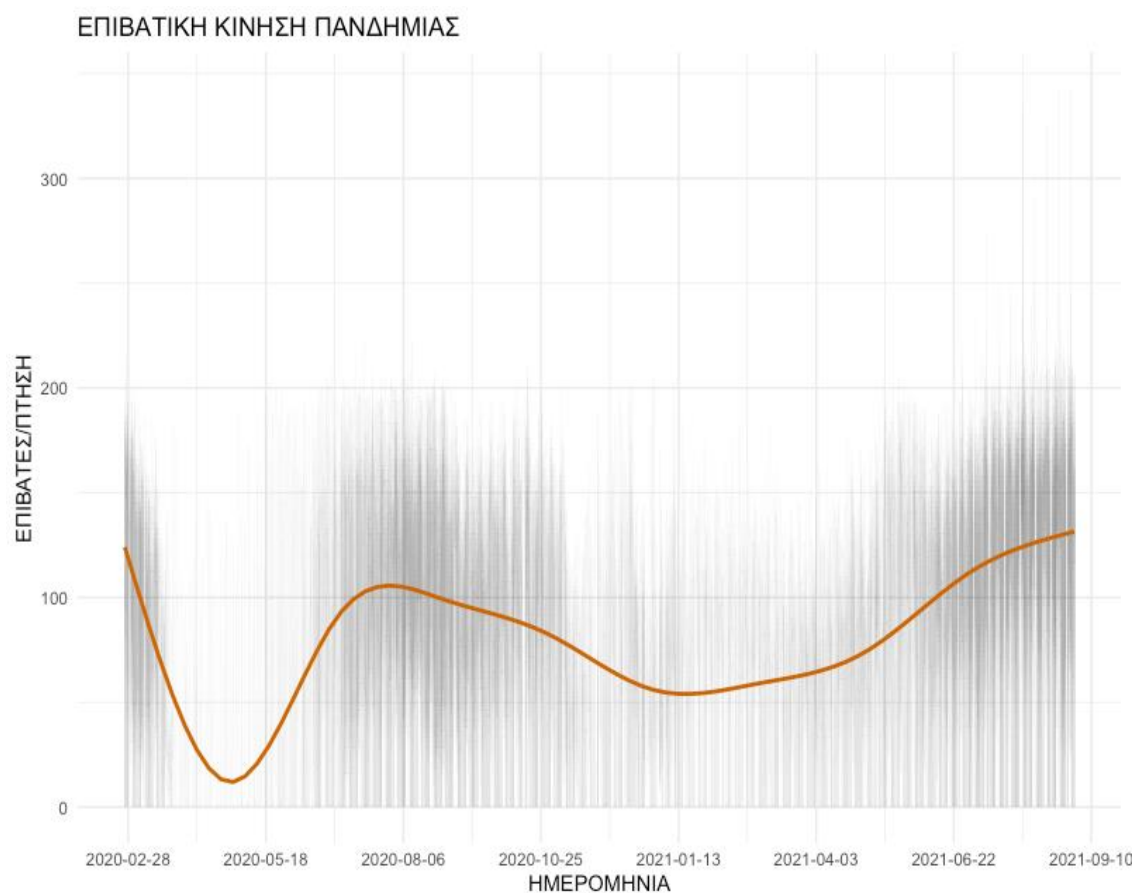


Γράφημα 4.8: Συγκριτικοί χάρτες κορυφαίων αεροδρομίων 2019-Πανδημίας

Η συνολική εξέλιξη της επιβατικής κίνησης αποτυπώνεται στο κάτωθι γράφημα 4.9. Παρατηρείται απότομη μείωση της κίνησης στις αρχές Μαρτίου του 2020 η οποία συνεχίζει μέχρι και τον Μάρτιο του 2021, με σχετική ανάκαμψη τους καλοκαιρινούς μήνες.

Από τον Φεβρουάριο του 2021 και μετά, ξεκινά σταδιακά η **ανάκαμψη** της κίνησης.

Για τη περίοδο Μαρτίου 2020-2021, τα μέτρα περιορισμού ενάντια στη πανδημία επικεντρώνονται σε πολιτικές κοινωνικής αποστασιοποίησης και ελέγχων στα διεθνή ταξίδια, ενώ από το Μάρτιο του 2021 και έπειτα, διατίθεται εμβόλιο ενάντια στον ιό και αίρονται σταδιακά τα περιοριστικά μέτρα.

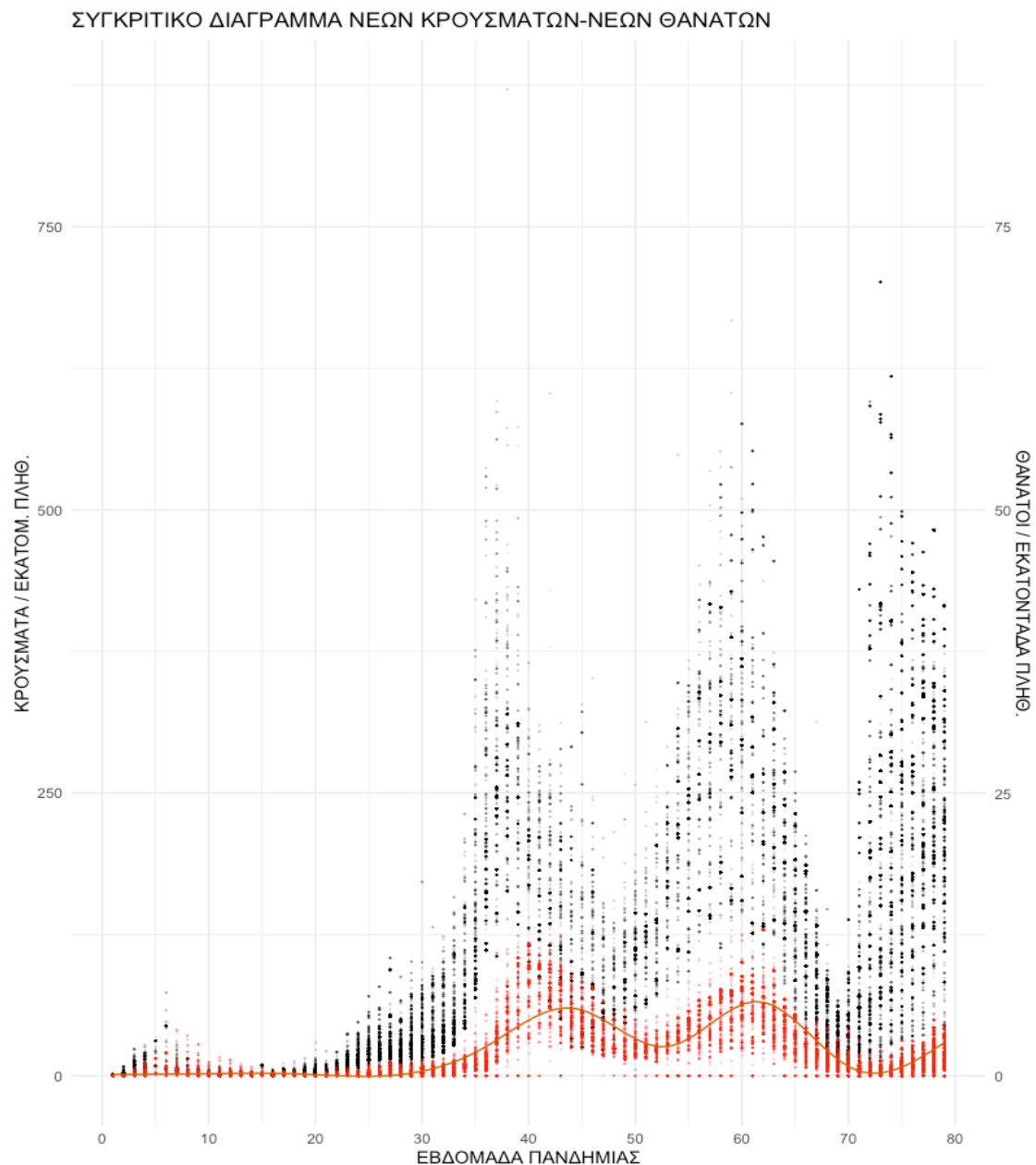


Γράφημα 4.9: Εξέλιξη επιβατικής κίνησης κατά τη διάρκεια της πανδημίας

4.4.2. Μεταβλητές πανδημίας

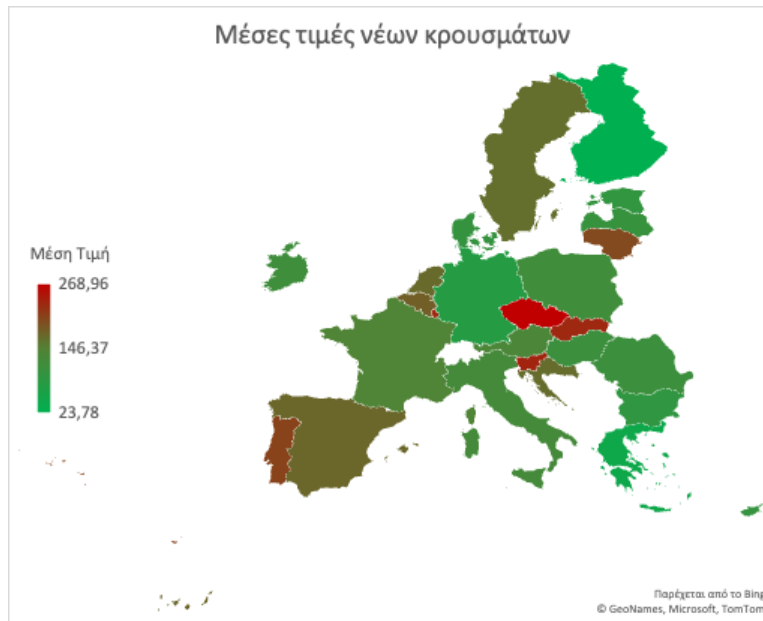
Μεταβλητές σχετιζόμενες με την εξέλιξη της πανδημίας αποτελούν αφενός ο αριθμός νέων κρουσμάτων και αφετέρου ο αριθμός θανάτων. Για τους στόχους της εργασίας, εκτιμήθηκε ο **γεωμετρικός μέσος** των κρουσμάτων και θανάτων μεταξύ της Ελλάδας και των υπολοίπων Ευρωπαϊκών χωρών.

Η εξέλιξη των δύο αυτών μεταβλητών αποτυπώνεται στο γράφημα που ακολουθεί, στο οποίο παρατηρούνται 3 «κύματα» έξαρσης κρουσμάτων, με τις αντίστοιχες εξάρσεις νέων θανάτων να ακολουθούν με χρονική υστέρηση 2 περίπου εβδομάδων.



Γράφημα 4.10: Επιδημιολογική εξέλιξη πανδημίας

Ο επιδημιολογικός χάρτης των επιμέρους ευρωπαϊκών κρατών παρουσιάζεται στο γράφημα 4.11. που ακολουθεί, με τις χώρες Τσεχία, Σλοβακία και Σλοβενία να εμφανίζουν τις υψηλότερες μέσες τιμές **νέων κρουσμάτων**.

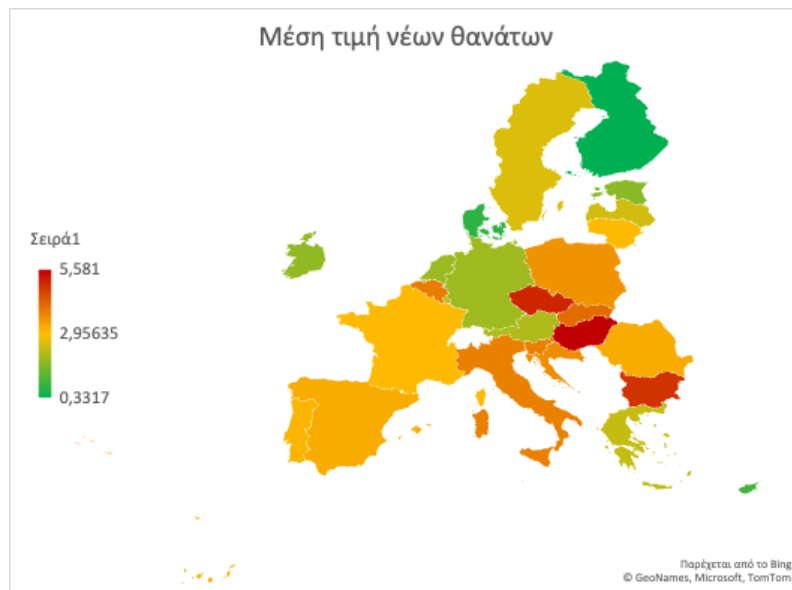


Γράφημα 4.11: Επιδημιολογικός χάρτης μέσων κρουσμάτων στην ΕΕ

Πίνακας 4.10: Περιγραφική στατιστική νέων κρουσμάτων

Χώρα	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση	Χώρα	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Αυστρία	134,39	201,8	Ιταλία	123,82	164,63
Βέλγιο	178,97	307,26	Λετονία	103,52	180,43
Βουλγαρία	93,23	157,78	Λιθουανία	198,72	339,35
Κροατία	167,24	271,99	Λουξεμβούργο	233,45	479,35
Κύπρος	102,13	175,69	Ολλανδία	169,27	200,28
Τσεχία	268,96	396,55	Πολωνία	117,4	181,46
Δανία	100,57	143,51	Πορτογαλία	205,67	312,75
Εσθονία	97,09	158,35	Ιρλανδία	115,27	226,64
Φινλανδία	23,78	25,79	Ρουμανία	111,77	134,27
Γαλλία	140,89	213,62	Σλοβακία	231,31	415,78
Γερμανία	77,99	107,7	Σλοβενία	234,71	360,05
Ελλάδα	44,37	67,2	Ισπανία	172,59	275,78
Ουγγαρία	111,82	173,05	Σουηδία	164,12	400,85

Αντίστοιχα, η εικόνα **νέων θανάτων** ανά εκατομμύριο πληθυσμού παρουσιάζεται στο χάρτη που ακολουθεί, με τις χώρες Τσεχία, Ουγγαρία και Βουλγαρία να παρουσιάζουν τις υψηλότερες μέσες τιμές.

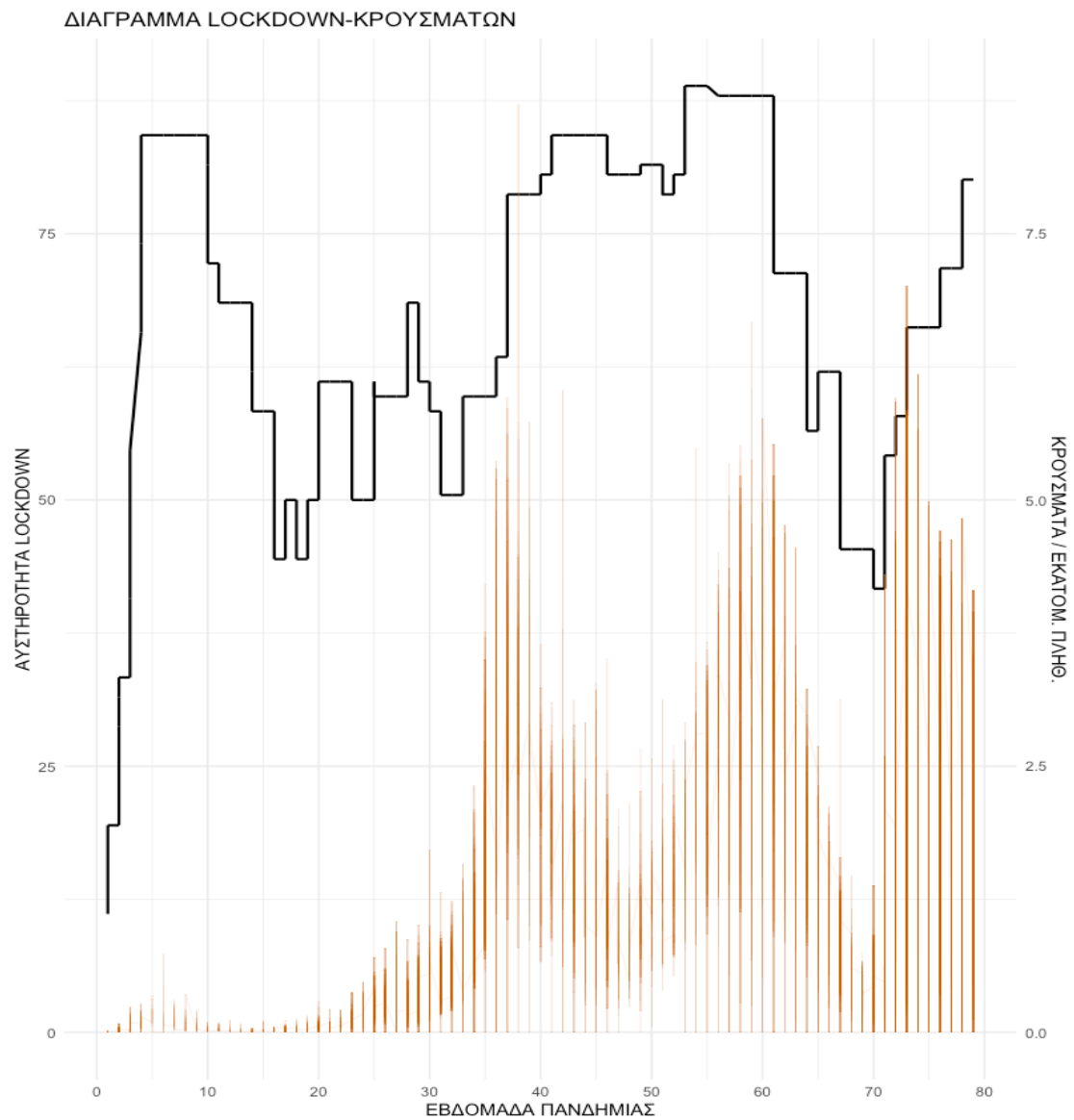


Γράφημα 4.12: Επιδημιολογικός χάρτης νέων θανάτων στην ΕΕ

Πίνακας 4.11: Περιγραφική στατιστική νέων θανάτων

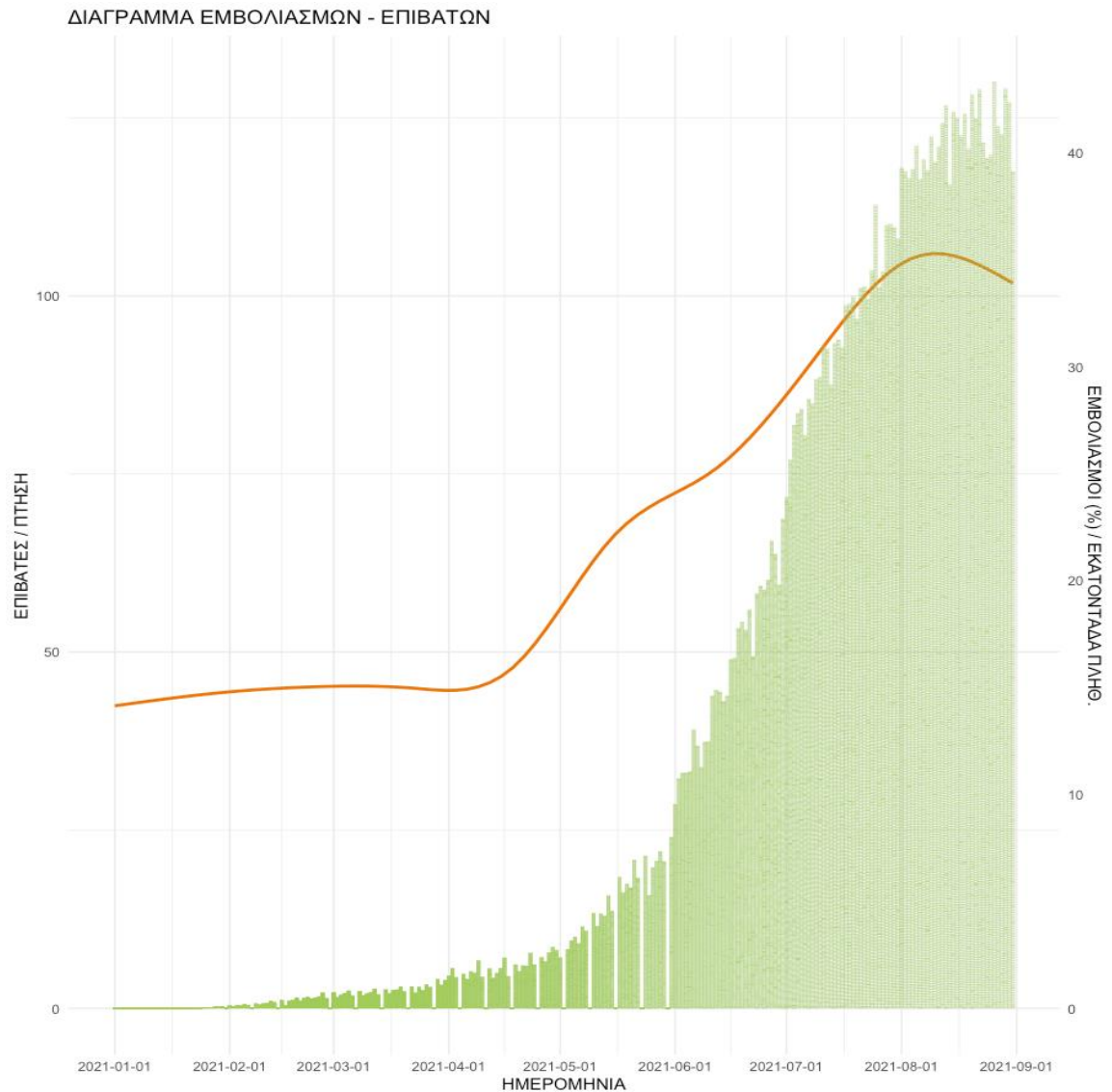
Χώρα	Μέση Τιμή	Τυπική απόκλιση	Χώρα	Μέση Τιμή	Τυπική απόκλιση
Αυστρία	2,131	3,2766	Ιταλία	3,829	3,9258
Βέλγιο	3,903	5,8679	Λετονία	2,47	3,7511
Βουλγαρία	4,901	7,008	Λιθουανία	3,033	4,3992
Κροατία	3,653	4,9131	Λουξεμβούργο	2,339	5,0115
Κύπρος	1,018	1,5844	Ολλανδία	1,913	2,3352
Τσεχία	5,071	6,5778	Πολωνία	3,566	5,091
Δανία	0,7957	1,3362	Πορτογαλία	3,122	5,4607
Εσθονία	1,744	2,7049	Ιρλανδία	1,828	3,6351
Φινλανδία	0,3317	0,6535	Ρουμανία	3,233	2,921
Γαλλία	3,043	3,71	Σλοβακία	4,111	6,319
Γερμανία	1,967	2,9832	Σλοβενία	3,83	6,4746
Ελλάδα	2,362	2,8054	Ισπανία	3,228	5,097
Ουγγαρία	5,581	7,5977	Σουηδία	2,587	5,6502

Τέλος τα περιοριστικά μέτρα κατά της διασποράς του ιού, που εκφράζονται με τα **lockdowns** ακολουθούν την κλιμάκωση και αποκλιμάκωση της καμπύλης των νέων κρουσμάτων. Ενδεικτικά παρατίθεται το γράφημα 4.12.



Γράφημα 4.13: Διάγραμμα αυστηρότητας μέτρων “lockdown” και νέων κρουσμάτων

Μετά την 1/2/2021, όταν πλέον όλα τα ευρωπαϊκά κράτη έχουν πρόσβαση στο **εμβόλιο** κατά του Covid, παρουσιάζεται σταδιακά ανάκαμψη της επιβατικής κίνησης. Η συσχέτιση της επιβατικής κίνησης με το ποσοστό εμβολιασμών του γενικού πληθυσμού αποτυπώνεται στο γράφημα 4.13.



Γράφημα 4.14: Διάγραμμα επιβατικής κίνησης-ποσοστού εμβολιασμών

Όλες οι μεταβλητές που αξιοποιούνται κατά την ανάπτυξη των μοντέλων συνοψίζονται στο πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 4.12: Συγκεντρωτικός πίνακας μεταβλητών

Μεταβλητές	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση	Μέγιστη Τιμή	Ελάχιστη Τιμή	Μέγεθος Δείγματος
Pax	74,200	50,540	343,00	0,00	127519
Cc	0,004	0,077	1,00	0,00	773
Ca	0,050	0,207	1,00	0,00	5774
Fs	0,837	0,369	1,00	0,00	106759
Lc	0,112	0,314	1,00	0,00	14213
Dummy <i>arrival</i>	0,500	0,500	1,00	0,00	127519
Dummy <i>international</i>	0,376	0,484	1,00	0,00	127519
Dummy <i>tourist</i>	0,665	0,472	1,00	0,00	127519
cases	112,000	120,110	871,53	0,00	127519
casesgr	115,110	118,930	482,12	0,00	127519
deaths	1,740	2,321	17,18	0,00	127519
deathsgr	1,944	2,407	12,92	0,00	127519
vacc	13,780	20,170	64,59	0,00	127519
vaccgr	14,710	20,415	55,33	0,00	127519
c8	2,708	0,792	3,00	0,00	127519
stringency	63,050	15,225	88,89	11,11	127519

4.5. Συσχέτιση μεταβλητών

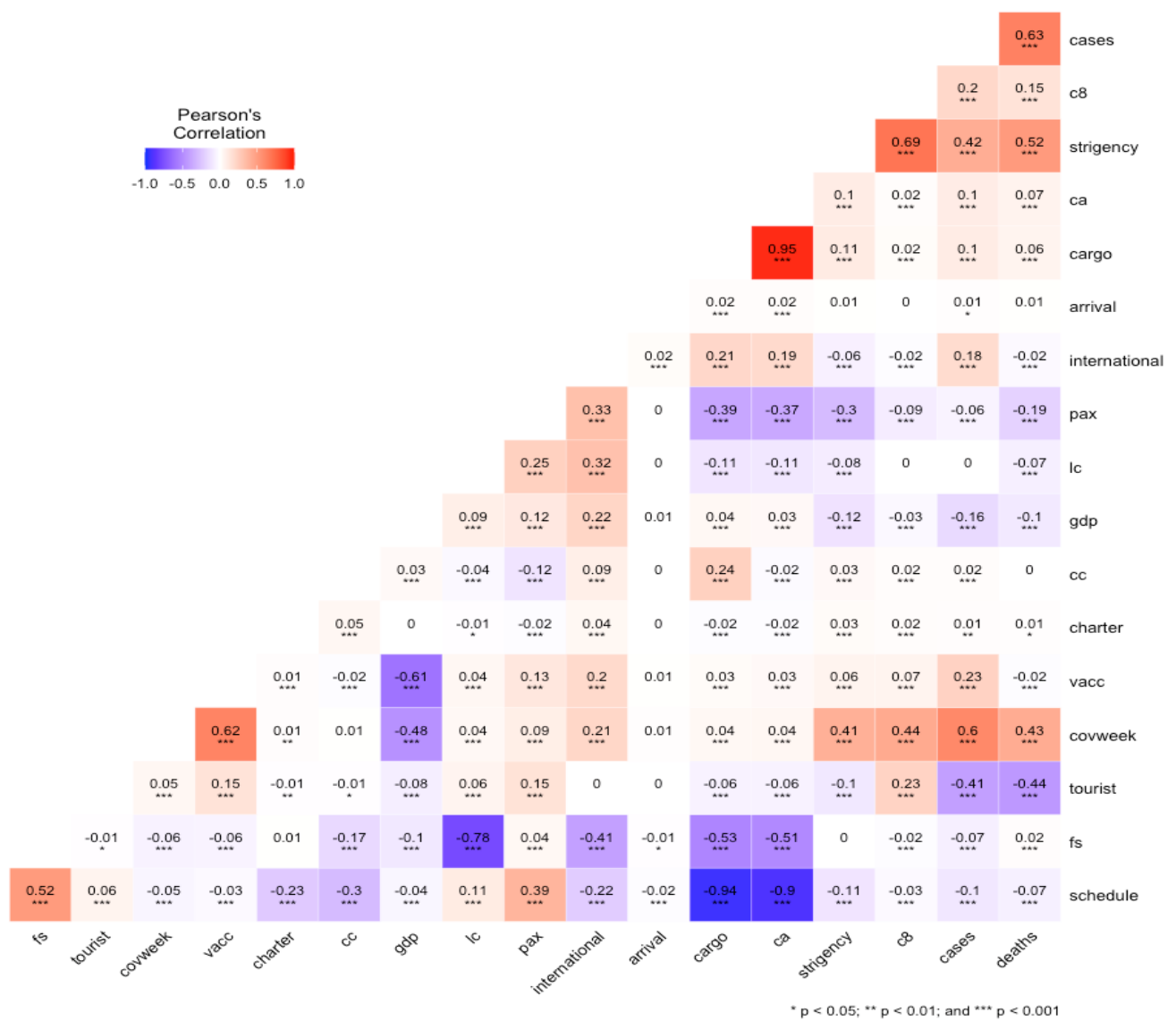
Έπειτα από την συλλογή, επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων, διενεργείται **συσχέτιση μεταβλητών** (correlation), ώστε να επιλεγούν οι ανεξάρτητες μεταβλητές που θα εισαχθούν στο μοντέλο.

Ο συντελεστής συσχέτισης Pearson, λαμβάνει τιμές στο διάστημα $[-1,1]$, με τη συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών να χαρακτηρίζεται ως εξής:

- μηδενική, $r = 0$
- χαμηλή, $-0.29 < r < 0.29$
- μέτρια, $\pm 0.30 < r < \pm 0.49$
- υψηλή, $\pm 0.50 < r < \pm 1$
- εξαιρετική, $r = 1$

Στο γράφημα 4.15 που ακολουθεί, παρουσιάζεται η συσχέτιση των μεταβλητών σε μορφή τριγωνικού χάρτη θερμότητας, όπου η χρωματική διαβάθμιση συμβολίζει τη μεγαλύτερη τιμή του μεγέθους.

Με βάση το διάγραμμα επιλέγονται οι ανεξάρτητες μεταβλητές των μοντέλων με κριτήριο αφενός τη μικρότερη δυνατή συσχέτιση μεταξύ τους και αφετέρου τη μέγιστη δυνατή συσχέτιση με την εξαρτημένη μεταβλητή.



Γράφημα 4.15: Τριγωνικός χάρτης συσχέτισης δεδομένων περιόδου 26/2/20-31/8/21

5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1. Εισαγωγή

Έπειτα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, την επεξήγηση των θεωρητικών υποβάθρων και την κατάλληλη διαμόρφωση των αρχείων δεδομένων, ακολουθεί η παρουσίαση της μεθοδολογίας που εφαρμόστηκε στα πλαίσια της μελέτης καθώς και τα συναφή αποτελέσματα που προέκυψαν.

Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 3, θα αναπτυχθούν μοντέλα **διαστρωματικών στοιχείων χρονολογικών σειρών** για το αεροδρόμιο Αθηνών τόσο για την διεθνή ευρωπαϊκή κίνηση όσο και για την εγχώρια. Για την ανάπτυξη των μοντέλων χρησιμοποιείται το προγραμματιστικό περιβάλλον RStudio και τα αποτελέσματα που προκύπτουν αξιολογούνται με βάση τα κριτήρια ελέγχου και αποδοχής που προαναφέρθηκαν.

5.2. Εφαρμογή μεθοδολογίας

Κατά την ανάπτυξη των μοντέλων αξιοποιήθηκαν δεδομένα επιβατικής αεροπορικής κίνησης του αεροδρομίου Αθηνών για το χρονικό διάστημα 1/1/2019 έως 31/8/21. Τα δεδομένα χωρίστηκαν σε δύο χρονικές περιόδους, το έτος 2019 καθώς και τη περίοδο από 26/2/2020 και έπειτα η οποία στο εξής θα αποκαλείται «πανδημική».

Εν συνεχεία διενεργείται συγκριτική περιγραφική στατιστική ανάλυση των δεδομένων κίνησης για τις 2 αυτές περιόδους, όπως παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 4.4., από την οποία προκύπτουν τα μοντέλα που θα αναπτυχθούν.

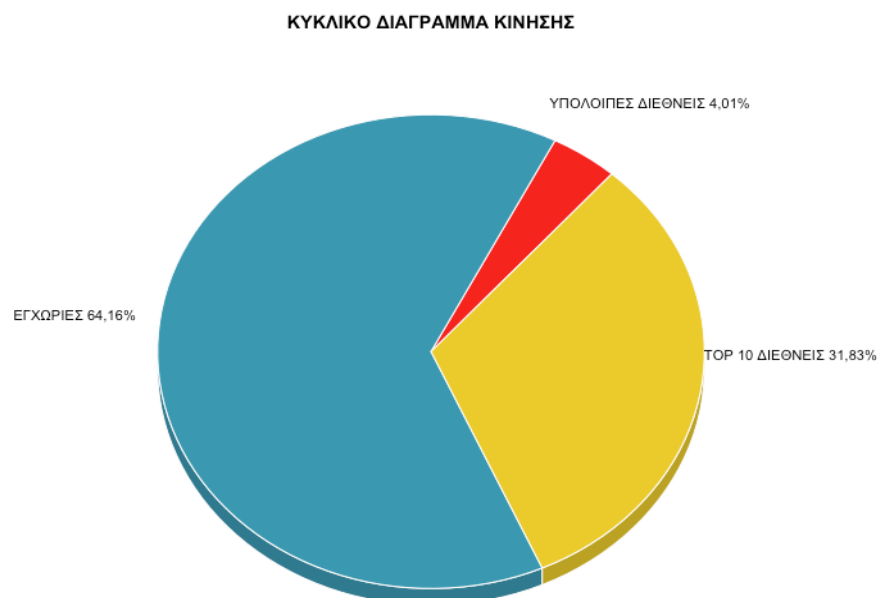
5.2.1. Επιλεγόμενες χώρες

Από την ανάλυση παρατηρούνται μεγάλες διακυμάνσεις της επιβατικής κίνησης τόσο μεταξύ τόσο των 25 κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όσο και της εγχώριας κίνησης. Οι διαφορές αφορούν κυρίως τη τάξη μεγέθους του ποσοστού της κίνησης που προέρχεται από κάθε χώρα. Συνεπώς κρίνεται σκόπιμο να αναπτυχθούν διαφορετικά μοντέλα για τις χώρες με σημαντική επιβατική κίνηση και για τις υπόλοιπες. Επιπλέον μοντέλο αναπτύσσεται και για την εγχώρια επιβατική κίνηση. Στο πίνακα 5.1. που ακολουθεί παρουσιάζονται οι χώρες που επιλέγονται σε κάθε μοντέλο.

Πίνακας 5.1: Επιλεγόμενες χώρες που ελήφθησαν κατά την εκτίμηση των μοντέλων

ΚΟΡΥΦΑΙΟΙ 10 ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΙ		ΥΠΟΛΟΙΠΟΙ ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΙ			
1	Αυστρία	1	Βουλγαρία	11	Πορτογαλία
2	Βέλγιο	2	Κροατία	12	Ιρλανδία
3	Κύπρος	3	Τσεχία	13	Σλοβακία
4	Γαλλία	4	Δανία	14	Σλοβενία
5	Γερμανία	5	Εσθονία	15	Σουηδία
6	Ιταλία	6	Φινλανδία		
7	Ολλανδία	7	Ουγγαρία		
8	Πολωνία	8	Λετονία		
9	Ρουμανία	9	Λιθουανία		
10	Ισπανία	10	Λουξεμβούργο		

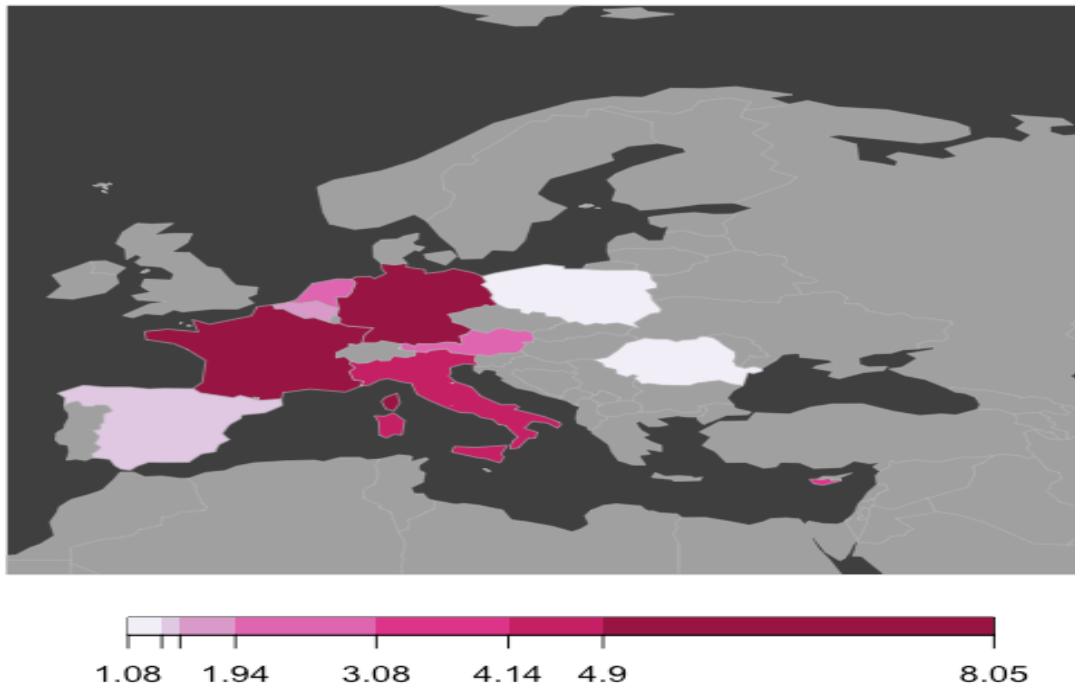
Ο διαχωρισμός γίνεται με **κριτήριο** πρωτίστως η επιβατική κίνηση κάθε χώρας να αποτελεί **τουλάχιστον** το **1%** της συνολικής κίνησης του αεροδρομίου. Η αποτύπωση της συνολικής κίνησης των χωρών με βάση αυτό το κριτήριο αποτυπώνεται στο κυκλικό διάγραμμα που ακολουθεί.



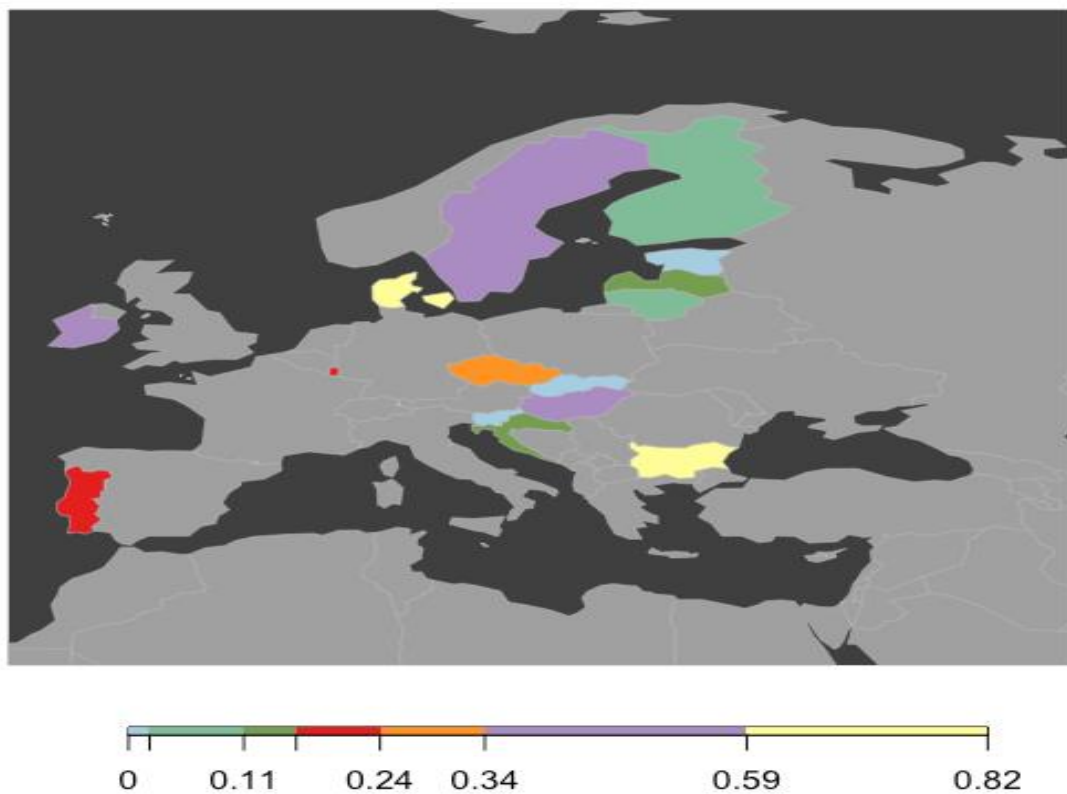
Εν συνεχεία για τη 2^η ομάδα χωρών, η περιγραφική στατιστική έδειξε σημαντικό αριθμό **ναυλωμένων πτήσεων** πραγματοποιούμενες σε μεγάλο ποσοστό από **Charter μεταφορείς**, συγκριτικά με τη 1^η ομάδα χωρών. Η αεροπορική αυτή ιδιαιτερότητα αποτέλεσε εάν ακόμη λόγο για τον διαχωρισμό που επιλέχθηκε.

Οι **χάρτες** που ακολουθούν δίνουν μία γραφική απεικόνιση των επιλεγμένων χωρών, με τη χρωματική διαβάθμιση να εκφράζει το ποσοστό της συνολικής κίνησης Αεροδρομίου Αθηνών που αποτελεί η κάθε χώρα.

MODEL1 & 2



MODEL-3



5.2.2. Μοντέλο παλινδρόμησης

Η ανάλυση δεδομένων επιβατικής κίνησης στο αεροδρόμιο είχε διαφορετική εξέλιξη ανάλογα με τη χώρα προέλευσης/προορισμού. Ενδεικτικά στο γράφημα 5.1, που ακολουθεί παρουσιάζεται αυτή η **διακύμανση** στην επιβατική κίνηση της 1^{ης} ομάδας χωρών κατά τη διάρκεια της πανδημίας με ορισμένες χώρες να εκμηδενίζουν σχεδόν τη κίνησή τους κατά τη διάρκεια των «κυμάτων» της πανδημίας, όπως η Κύπρος και η Γερμανία, ενώ άλλες να εμφανίζουν μικρή μείωση, όπως χαρακτηριστικά η Ολλανδία.

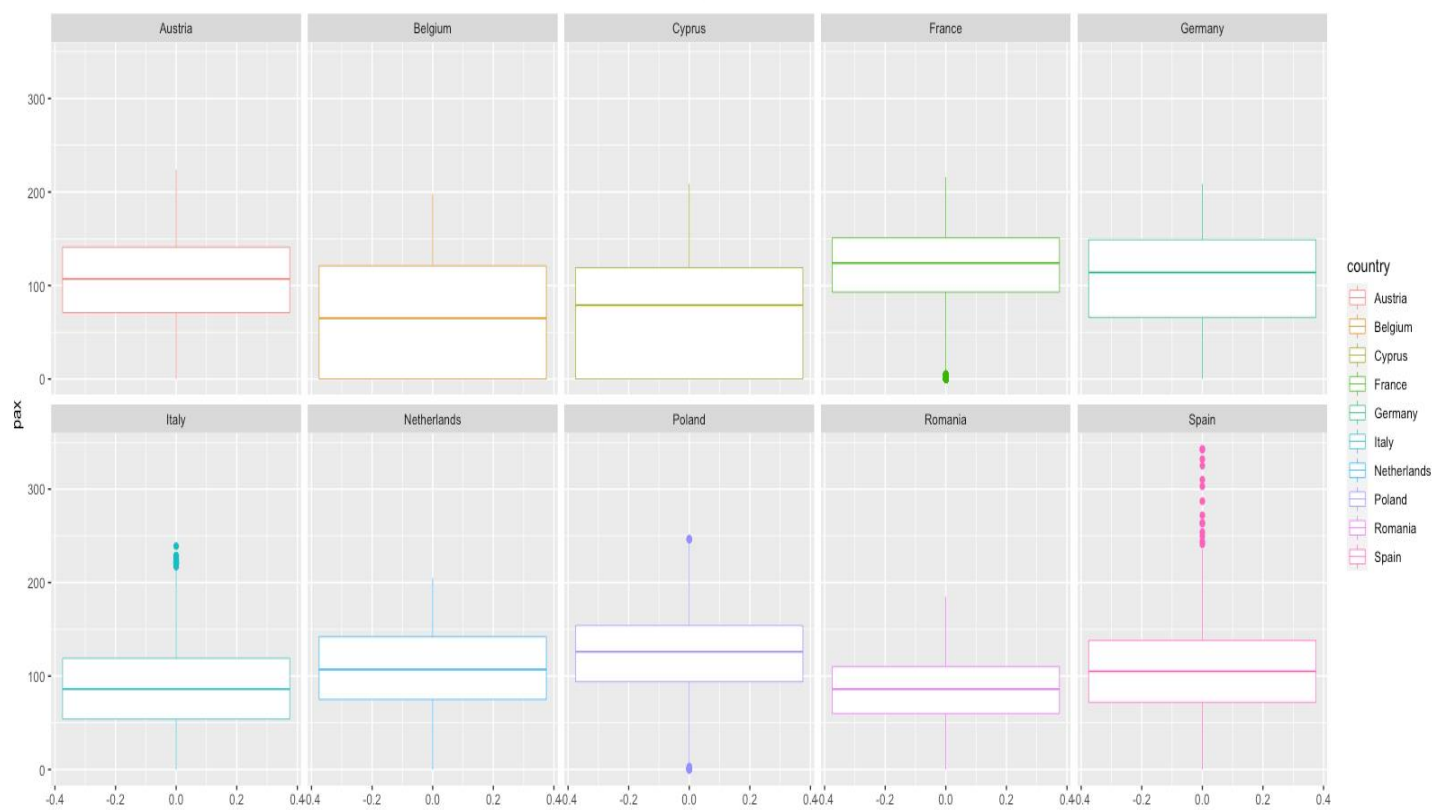
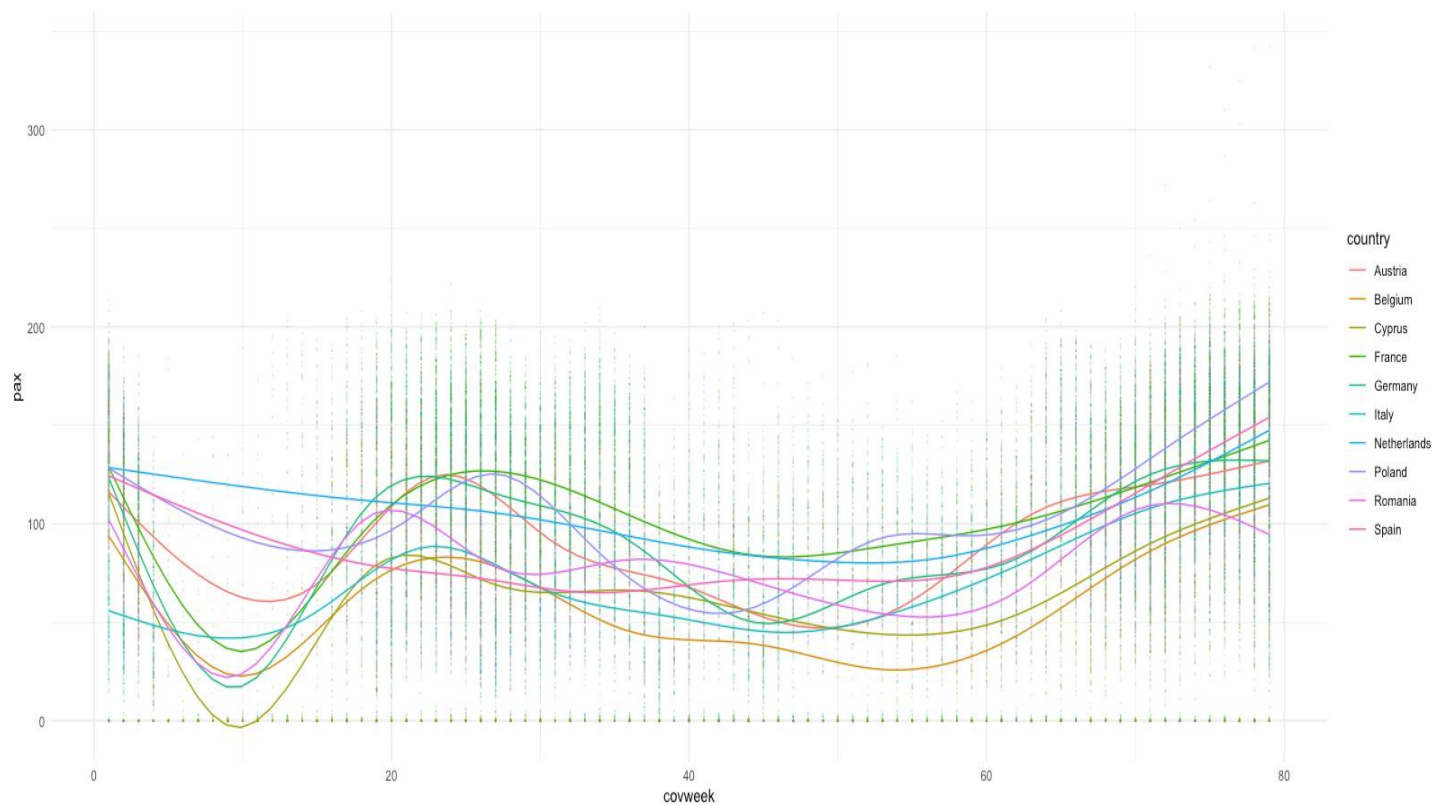
Το γεγονός αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στο αντιληπτό αίσθημα κινδύνου των πολιτών απέναντι στη πανδημία, στην ενημέρωσή τους ή σε άλλους παράγοντες που δε μπορούν να ποσοτικοποιηθούν. Η αγνόηση αυτών των παραγόντων ωστόσο οδηγεί σε **αμεροληψία** μειώνοντας την ακρίβεια των μοντέλων.

Το πρόβλημα αυτό, λύνεται με τη χρήση διαστρωματικών στοιχείων χρονολογικών σειρών (panel data), τα οποία λαμβάνουν υπόψιν την **ατομική ανομοιογένεια** των χωρών στη διαστρωματική τους διάσταση. Επομένως, επιλέγεται για την ανάλυσή μας μοντέλο παλινδρόμησης που λαμβάνει υπόψιν τη διαστρωματική διάσταση των δεδομένων.

Τα μοντέλα διαστρωματικών στοιχείων χρονολογικών σειρών αναπτύσσονται με τους εξής δύο τρόπους: Μοντέλα **Σταθερών Επιδράσεων** (Fixed Effects Models) είτε **Μοντέλα Τυχαίων Επιδράσεων** (Random Effects models). Κριτήριο για την επιλογή του μοντέλου είναι το κατά πόσον η **ατομική ανομοιογένεια** κάθε οντότητας (χώρας ή αεροδρομίου στη παρούσα διπλωματική) **συσχετίζεται** με τις **ανεξάρτητες μεταβλητές** ή είναι τυχαία.

Η μέθοδος Σταθερών Επιδράσεων θεωρεί ότι η ατομική ανομοιογένεια κάθε χώρας δεν είναι τυχαία αλλά σχετίζεται σε κάποιο βαθμό από τους άλλους παράγοντες που λαμβάνονται υπ' όψη ως ανεξάρτητες μεταβλητές στα μοντέλα. Επιπλέον με την εκτίμηση της σταθεράς α_i για κάθε οντότητα το μοντέλο σταθερών επιδράσεων αφαιρεί την επίδραση της ατομικής ανομοιογένειας από τους συντελεστές των ανεξάρτητων μεταβλητών, οι οποίοι πλέον εκφράζουν την καθαρή επίδρασή τους στην εξαρτημένη μεταβλητή. Μειονέκτημα της εκτίμησης μοντέλων Σταθερών Επιδράσεων είναι ότι αποκλείουν τη χρήση στοιχείων που είναι αμετάβλητα στο χρόνο.

Η εκτίμηση μοντέλου Τυχαίων Επιδράσεων θεωρεί ότι η ατομική ανομοιογένεια είναι **τυχαία** και δεν σχετίζεται με τις ερμηνευτικές μεταβλητές. Επομένως υπολογίζεται μία κοινή σταθερά για όλες τις οντότητες (χώρες ή αεροδρόμια) και οι συντελεστές των ανεξάρτητων μεταβλητών δείχνουν πόσο θα αλλάξει η εξαρτημένη, όταν η ανεξάρτητη μεταβληθεί στο χρόνο αλλά και μεταξύ των οντοτήτων. Βασικό πλεονέκτημα αποτελεί η χρήση ανεξάρτητων μεταβλητών που είναι αμετάβλητες στο χρόνο.



Γράφημα 5.1: Διάγραμμα εξέλιξης & διακύμανσης επιβατικής κίνησης 10 κορυφαίων χωρών κατά τη διάρκεια της πανδημίας

5.2.3. Μεταβλητές

Στόχος των μοντέλων είναι η εκτίμηση των παραγόντων της πανδημίας που επιδρούν στην επιβατική κίνηση του αεροδρομίου. Η κίνηση εκφράζεται με το συνολικό αριθμό επιβατών ανά πτήση, που αποτελεί την **εξαρτημένη** μεταβλητή των μοντέλων. Οι ανεξάρτητες μεταβλητές που εξετάζονται αφορούν αφενός μεν στοιχεία που συνδέονται με την εξέλιξη της πανδημίας και αφετέρου διαχρονικές αεροπορικές μεταβλητές.

Πίνακας 5.2: μεταβλητές που εξετάστηκαν κατά την ανάπτυξη των μοντέλων

Μεταβλητή	Μονάδες	Είδος	
pax	Επιβάτες πτήσης (μονάδες/δεκάδες)	Διακριτή	Εξαρτημένη
cases/mill	Γεωμ. Μέσος νέων κρουσμάτων/εκατομ.	Συνεχής	Ανεξάρτητη
deaths/mill	Γεωμ. Μέσος νέων θανάτων/εκατομ.	Συνεχής	Ανεξάρτητη
vacc/hun	Γεωμ. Μέσος ποσοστού εμβολιασμών/εκατοντ.	Συνεχής	Ανεξάρτητη
c8	0, 1, 2, 3, 4	Διακριτή	Ανεξάρτητη
stringency	0-100	Συνεχής	Ανεξάρτητη
tourist	0, 1	Διακριτή	Ανεξάρτητη
schedule	0, 1	Διακριτή	Ανεξάρτητη
charter	0, 1	Διακριτή	Ανεξάρτητη
fs	0, 1	Διακριτή	Ανεξάρτητη
lc	0, 1	Διακριτή	Ανεξάρτητη
cc	0, 1	Διακριτή	Ανεξάρτητη

Απαραίτητο βήμα πριν την ανάπτυξη των μοντέλων, αποτελεί ο έλεγχος συσχέτισης των μεταβλητών. Με βάση το κεφάλαιο 4.5., κατά την επιλογή των μεταβλητών επιδιώκεται η μέγιστη δυνατή συσχέτιση μεταξύ της εξαρτημένης και των ανεξάρτητων μεταβλητών καθώς και μικρή συσχέτιση μεταξύ των ανεξάρτητων. Δείκτης συσχέτισης r στο τριγωνικό πίνακα **Pearson**, μικρότερος του 0.3 - 0.4, θεωρείται ότι οι μεταβλητές έχουν μικρή συσχέτιση.

Συνεπώς, με βάση το τριγωνικό χάρτη Pearson, επιλέγεται για κάθε μοντέλο, ο μεγαλύτερος δυνατός αριθμός ανεξάρτητων μεταβλητών, ώστε να προβλεφθεί η εξαρτημένη με όσο το δυνατόν καλύτερη ακρίβεια.

5.2.4. Μοντέλο 1 – 10 κορυφαίοι διεθνείς προορισμοί

Για τους 10 κορυφαίους διεθνείς προορισμούς, όπως παρουσιάστηκαν παραπάνω, εκτιμήθηκε μοντέλο **σταθερών** επιδράσεων, το οποίο έλαβε υπόψιν ως ανεξάρτητες μεταβλητές, τα **περιοριστικά μέτρα διεθνών ταξιδιών**, το γεωμετρικό μέσο των **νέων θανάτων** ανά εκατομμύριο πληθυσμού, τις ναυλωμένες (**charter**) πτήσεις, τη **τουριστική περίοδο** και το οικονομικό μοντέλο λειτουργίας των **αεροπορικών εταιρειών**.

Το μοντέλο παλινδρόμησης σταθερών επιδράσεων που προέκυψε εκφράζεται από τη παρακάτω μαθηματική σχέση η οποία εκτιμά τον αριθμό επιβατών ανά πτήση για κάθε διαστρωματική οντότητα i , τη χρονική περίοδο t , ως εξής:

$$(\text{Επιβάτες/πτήση})_{it} = -2.1563 * (\text{Περιορισμοί διεθνών ταξιδιών})_{it} - 1.6861 * (\text{Νέοι Θάνατοι})_{it} - 34.1436 * (\text{Charter πτήση})_{it} + 19.136 * (\text{Τουριστική περίοδος})_{it} + 6.77 * (\text{Charter Εταιρεία})_{it} + 102.5565 * (\text{Full-Service εταιρεία})_{it} + 107.4438 * (\text{Low-Cost εταιρεία})_{it} + a_{it} + u_{it}$$

Στο πίνακα 5.2. καταγράφεται για όλες τις ανεξάρτητες μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν, η τιμή του συντελεστή, το τυπικό σφάλμα, ο δείκτης t_{stat} καθώς και η τιμή p -value.

Πίνακας 5.3: Αποτελέσματα μοντέλου-1 παλινδρόμησης Σταθερών επιδράσεων

Μεταβλητή	Συντελεστής	Std. Error	t-value	Pr(> t) ¹
c8	-2,1563	0,2367	-9,109	<2,2e-16***
deaths	-1,6861	0,1109	-15,1951	<2,2e-16***
charter	-34,1436	2,2503	-15,1723	<2,2e-16***
tourist	19,136	0,4606	41,5442	<2,2e-16***
airline-CC	6,7702	1,5437	4,3856	1,159e-05***
airline-FS	102,5565	0,6588	155,6688	<2,2e-16***
airline-LC	107,4438	0,4606	41,5442	<2,2e-16***

Όλες οι παράμετροι ικανοποιούν τον έλεγχο στατιστικής σημαντικότητας των ανεξάρτητων μεταβλητών για επίπεδο εμπιστοσύνης **99%**.

Το προσαρμοσμένο R^2 , υπολογίστηκε ίσο με 0,4447. Συνεπώς το μοντέλο μπορεί να εξηγήσει το 44,47% της διακύμανσης των δεδομένων.

¹ **P-Value:** Στατιστική σημαντικότητα 90% (*), Στατιστική σημαντικότητα 95% (**), Στατιστική σημαντικότητα 99% (***)

Ο σταθερός όρος a_i που εκφράζει την ατομική ανομοιογένεια κάθε χώρας αποτυπώνεται στο παρακάτω πίνακα , όπου $i = 1, \dots, 10$.

Πίνακας 5.4: Σταθερά ατομικής ανομοιογένειας χωρών μοντέλου-1

Χώρα	a_i
Αυστρία	-4,1459
Βέλγιο	-2,6526
Κύπρος	-4,8351
Γαλλία	10,3011
Γερμανία	10,0717
Ιταλία	-17,8976
Ολλανδία	-0,2331
Πολωνία	8,5533
Ρουμανία	-20,1067
Ισπανία	-5,6119

Έλεγχοι

Η **ανομοιογένεια** κάθε χώρας επιβεβαιώθηκε, μέσω του ελέγχου Breusch -Pagan Lagrange Multiplier (LM), ότι είναι **ισχυρή** επομένως πρέπει να ληφθεί στο μοντέλο. Η μηδενική υπόθεση (H_0) του ελέγχου LM, εκτιμά ότι η διακύμανση των χωρών είναι μηδέν. Αποδοχή της H_0 συνεπάγεται ότι καταλληλότερο μοντέλο είναι το Μοντέλο Ελαχίστων Τετραγώνων σε ομαδοποιημένα δεδομένα. Απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης σημαίνει ότι υπάρχει σημαντική διακύμανση μεταξύ των χωρών που πρέπει να ληφθεί υπ' όψη με μοντέλο Σταθερών ή Τυχαίων Επιδράσεων. Για το μοντέλο-1 πραγματοποιείται ο έλεγχος και προκύπτει **p-value = $2.2^{\epsilon}-16 < 0,05$** . Επομένως, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άρα και η χρήση μοντέλου Ελαχίστων τετραγώνων.

Η αρχική εκτίμηση ότι η ατομική ανομοιογένεια των χωρών **συσχετίζεται** με τις ανεξάρτητες μεταβλητές **επιβεβαιώνεται** και από τον έλεγχο **Hausman**.

Ο έλεγχος αυτός εξετάζει κατά πόσο η ανομοιογένεια κάθε χώρας συσχετίζεται με τις ανεξάρτητες μεταβλητές ή είναι τυχαία. Η μηδενική υπόθεση (H_0) του ελέγχου εκτιμά ότι η ανομοιογένεια κάθε χώρας δεν συσχετίζεται με τις ανεξάρτητες μεταβλητές. Αν ισχύει η H_0 , επιλέγεται μοντέλο Τυχαίων Επιδράσεων. Αν απορριφθεί, επιλέγεται το μοντέλο Σταθερών Επιδράσεων.

Για το μοντέλο-1 προκύπτει τιμή **p-value = $2.2^{\epsilon}-16 < 0,05$** . Συνεπώς, απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση και ορθώς επιλέγεται μοντέλο σταθερών επιδράσεων.

5.2.5. Μοντέλο 2 – 10 κορυφαίοι διεθνείς προορισμοί

Για τους 10 κορυφαίους προορισμούς, εκτιμάτε και ένα ακόμη μοντέλο σταθερών επιδράσεων το οποίο λαμβάνει υπόψιν ως ανεξάρτητες μεταβλητές την **αυστηρότητα lockdown**, το γεωμετρικό μέσο **νέων κρουσμάτων** ανά εκατομμύριο πληθυσμού, το γεωμετρικό μέσο του **ποσοστού εμβολιασμών**, το είδος της πτήσης και εάν αυτή είναι **προγραμματισμένη** καθώς και οικονομικό μοντέλο λειτουργίας των **αεροπορικών εταιρειών**.

Το μοντέλο παλινδρόμησης σταθερών επιδράσεων που προέκυψε εκφράζεται από τη παρακάτω μαθηματική σχέση η οποία εκτιμά τον αριθμό επιβατών ανά πτήση για κάθε διαστρωματική οντότητα i , τη χρονική περίοδο t , ως εξής:

$$(\text{Επιβάτες/πτήση})_{it} = -0.3498 * (\text{Αυστηρότητα lockdown})_{it} - 0.0045 * (\text{Νέα Κρούσματα})_{it} + 0.6072 * (\text{Ποσοστό Εμβολιασμών})_{it} + 45.2489 * (\text{Προγραμματισμένη πτήση})_{it} + 5.5314 * (\text{Charter Εταιρεία})_{it} + 56.5688 * (\text{Full-Service εταιρεία})_{it} + 62.7137 * (\text{Low-Cost εταιρεία})_{it} + a_{it} + u_{it}$$

Στο πίνακα 5.5. καταγράφονται τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης. Για όλες τις ανεξάρτητες μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν αποτυπώνεται, η τιμή του συντελεστή, το τυπικό σφάλμα, ο δείκτης t_{stat} καθώς και η τιμή p -value.

Πίνακας 5.5: Αποτελέσματα μοντέλου-2 παλινδρόμησης Σταθερών επιδράσεων

Μεταβλητή	Συντελεστής	Std. Error	t-value	Pr(> t) ²
strigency	-0,3498	0,01395	-25,0708	<2,2e-16***
cases	-0,0045	0,00184	-2,4487	0,01434*
vacc	0,6072	0,00959	63,2911	<2,2e-16***
schedule	45,2489	1,79095	25,2652	<2,2e-16***
airline-CC	5,5314	1,50643	3,6719	0,000241***
airline-FS	56,5688	1,8877	29,9669	<2,2e-16***
airline-LC	62,7137	1,89876	33,0287	<2,2e-16***

² **P-Value:** Στατιστική σημαντικότητα 90% (*), Στατιστική σημαντικότητα 95% (**), Στατιστική σημαντικότητα 99% (***)

Όλες οι παράμετροι ικανοποιούν τον έλεγχο **στατιστικής σημαντικότητας** των ανεξάρτητων μεταβλητών για επίπεδο εμπιστοσύνης **99%**, εκτός από τη μεταβλητή των κρουσμάτων που εμφανίζεται στατιστικά σημαντική σε επίπεδο 90%.

Το προσαρμοσμένο R^2 , υπολογίστηκε ίσο με 0,4697. Συνεπώς το μοντέλο μπορεί να εξηγήσει το 46,97% της διακύμανσης των δεδομένων.

Ο σταθερός όρος a_i που εκφράζει την ατομική ανομοιογένεια κάθε χώρας καταγράφεται στο παρακάτω πίνακα, όπου $i = 1, \dots, 10$

Πίνακας 5.6: Σταθερά ατομικής ανομοιογένειας χωρών μοντέλου-2

Χώρα	a_i
Αυστρία	13,8419
Βέλγιο	14,9135
Κύπρος	18,2295
Γαλλία	29,1905
Γερμανία	28,2684
Ιταλία	-1,2270
Ολλανδία	25,4921
Πολωνία	27,7745
Ρουμανία	-1,1696
Ισπανία	14,5134

Έλεγχοι

Ο πρώτος έλεγχος, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, εξετάζει εάν η μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων σε ομαδοποιημένα δεδομένα είναι κατάλληλη. Η τιμή **p - value** προκύπτει **<2.2⁻¹⁶**. Επομένως η μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων απορρίπτεται, καθώς η τιμή p-value είναι μικρότερη από το 0.05, επιβεβαιώνοντας την αρχική παραδοχή ότι η **ανομοιογένεια** κάθε χώρας είναι **ισχυρή**.

Εν συνεχεία εξετάζεται κατά πόσο η ανομοιογένεια κάθε χώρας **συσχετίζεται** με τις ανεξάρτητες μεταβλητές ή είναι τυχαία. Πραγματοποιείται έλεγχος Hausman και προκύπτει η τιμή **p - value 0,02406** < 0,05. Απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση και επιβεβαιώνεται η παραδοχή περί καταλληλότητας μοντέλου σταθερών επιδράσεων.

5.2.6. Μοντέλο 3 - Υπόλοιποι διεθνείς προορισμοί

Για το μοντέλο-3, έπειτα από αρκετές δοκιμές επιλέχθηκε μοντέλο **τυχαίων επιδράσεων**, καθώς η παρατηρούμενη ετερογένεια μεταξύ των χωρών δεν έχει συσχέτιση με τις ερμηνευτικές μεταβλητές, αλλά είναι τυχαία. Επομένως οι συντελεστές της παλινδρόμησης που προκύπτουν λαμβάνουν υπόψιν τόσο τις διαφορές των χωρών μεταξύ τους όσο και τις διαφορές μεταξύ του χρονικού παράγοντα για κάθε χώρα. Οι συντελεστές που προκύπτουν περιλαμβάνουν την επίδραση της διακύμανσης στο εσωτερικό των οντοτήτων (χωρών) αλλά και μεταξύ διαφορετικών οντοτήτων και εκφράζουν τον **μέσο όρο** της επίδρασης των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη, όταν οι ανεξάρτητες μεταβάλλονται με τον χρόνο και μεταξύ των χωρών, κατά μία μονάδα.

Οι ανεξάρτητες μεταβλητές που λαμβάνονται στο μοντέλο είναι, ο γεωμετρικός μέσος των **νέων θανάτων**, το **ποσοστό εμβολιασμών**, οι **ναυλωμένες πτήσεις**, το μέτρο **ελέγχου διεθνών ταξιδιών**, η **άφιξη** και οι **αεροπορικές εταιρείες**.

Το μοντέλο παλινδρόμησης τυχαίων επιδράσεων που προέκυψε εκφράζεται από τη παρακάτω μαθηματική σχέση η οποία εκτιμά τον αριθμό επιβατών ανά πτήση για κάθε διαστρωματική οντότητα i , τη χρονική περίοδο t , ως εξής:

$$\begin{aligned} (\text{Επιβάτες/πτήση})_{it} = & 27,6803 - 1,8686 * (\text{Νέοι Θάνατοι})_{it} + 0.5756 * (\text{Ποσοστό} \\ & \text{εμβολιασμών})_{it} - 21,688 * (\text{Charter πτήση})_{it} - 9,30528 * (\text{Ελεγχος διεθνών ταξιδιών})_{it} \\ & + 4,3931 * (\text{Άφιξη}) + 18,5444 * (\text{Τουριστική περίοδος}) + 26,3327 * (\text{Charter Εταιρεία})_{it} \\ & + 69,2906 * (\text{Full-Service εταιρεία})_{it} + 84,6783 * (\text{Low-Cost εταιρεία})_{it} + (u_{it} + \varepsilon_{it}) \end{aligned}$$

Όπου:

α = κοινή σταθερά για όλες τις χώρες

u_{it} = όρος σφάλματος μεταξύ διαφορετικών χωρών

ε_{it} = όρος σφάλματος στο εσωτερικό ίδιας οντότητας (χώρας)

Στο πίνακα 5.7. καταγράφονται τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης. Για όλες τις ανεξάρτητες μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν αποτυπώνεται, η τιμή του συντελεστή, το τυπικό σφάλμα, ο δείκτης t_{stat} καθώς και η τιμή p -value.

Πίνακας 5.7: Αποτελέσματα μοντέλου-3 τυχαίων επιδράσεων

Μεταβλητή	Συντελεστής	Std. Error	t-value	Pr(> t) ³
Intercept	27,8603	4,996	5,5405	3,017e-08***
deaths	-1,8686	0,2708	-6,9002	5,194e-12***
vacc	0,5756	0,0308	18,6708	<2,2e-16***
charter	-21,688	5,9011	-3,6753	0,0002376***
c8	-9,3052	0,6716	-13,854	<2,2e-16***
tourist	18,5444	1,4439	12,8429	<2,2e-16***
arrival	4,3931	1,0607	4,1414	3,452e-05***
airline-CC	26,3327	10,033	2,6246	0,0086752**
airline-FS	69,2906	3,7591	18,4326	<2,2e-16***
airline-LC	84,6783	4,1237	20,5341	<2,2e-16***

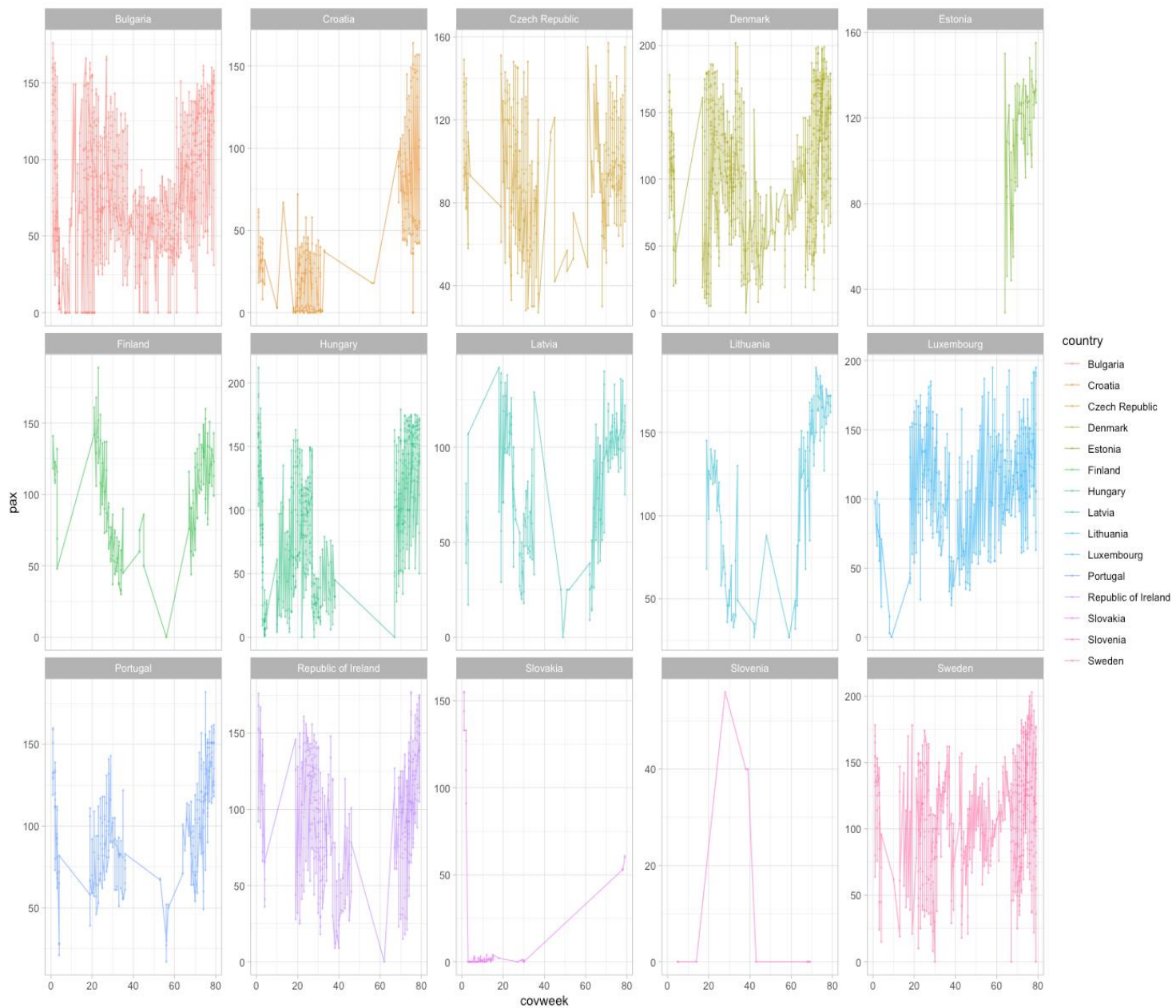
Όλες οι παράμετροι ικανοποιούν τον έλεγχο **στατιστικής σημαντικότητας** των ανεξάρτητων μεταβλητών για επίπεδο εμπιστοσύνης **99%**, εκτός από τη μεταβλητή των **Charter** εταιρειών που εμφανίζει στατιστικά σημαντική σε επίπεδο **95%**. Η κοινή σταθερά υπολογίστηκε ίση με 27,86038, εμφανίζοντας στατιστική σημαντικότητα για 99% επίπεδο εμπιστοσύνης. Το προσαρμοσμένο **R²**, υπολογίστηκε ίσο με 0,2461. Συνεπώς το μοντέλο μπορεί να εξηγήσει το 24,61% της διακύμανσης των δεδομένων.

Έλεγχοι

Ο πρώτος έλεγχος, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, εξετάζει εάν η μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων σε ομαδοποιημένα δεδομένα είναι κατάλληλη. Η τιμή **p - value** προκύπτει **0,001846** συνεπώς η μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων απορρίπτεται, καθώς η τιμή p-value είναι μικρότερη από το 0.05, επιβεβαιώνοντας την αρχική παραδοχή ότι η **ανομοιογένεια** κάθε χώρας είναι **ισχυρή**. Επομένως η διακύμανση των χωρών πρέπει να ληφθεί υπόψιν με μοντέλο σταθερών ή τυχαίων επιδράσεων.

Για την επιλογή μεταξύ μοντέλου σταθερών και τυχαίων επιδράσεων, εξετάζεται κατά πόσο η ανομοιογένεια κάθε χώρας **συσχετίζεται** με τις ανεξάρτητες μεταβλητές ή είναι τυχαία. Πραγματοποιείται έλεγχος Hausman και προκύπτει τιμή **p - value 0,1367** > 0,05. Επιβεβαιώνεται η μηδενική υπόθεση (H_0), δηλαδή ότι η ανομοιογένεια κάθε χώρας δεν σχετίζεται με τις ανεξάρτητες μεταβλητές αλλά είναι τυχαία. Συνεπώς επιλέγεται ορθά μοντέλο τυχαίων επιδράσεων.

³ **P-Value:** Στατιστική σημαντικότητα 90% (*), Στατιστική σημαντικότητα 95% (**), Στατιστική σημαντικότητα 99% (***)



Γράφημα 5.2: Διάγραμμα εξέλιξης επιβατικής κίνησης χωρών μοντέλου-3 κατά τη διάρκεια της πανδημίας.

5.2.7. Μοντέλο 4 – Εγχώρια Κίνηση

Τέλος για την εγχώρια αεροπορική κίνηση, αναπτύχθηκε μοντέλο παλινδρόμησης σταθερών επιδράσεων με την διαστρωματική οντότητα να αποτελούν τα επιλεγμένα αεροδρόμια. Η σημαντική διακύμανση, όπως παρουσιάζεται στο γράφημα που ακολουθεί ανά αεροδρόμιο, μας οδήγησε στη παραδοχή ότι υπάρχει ισχυρή ατομική ανομοιογένεια που πρέπει να ληφθεί υπόψιν.

Επιλέχθηκαν 8 αεροδρόμια, 4 στην ηπειρωτική χώρα και 4 σε νησιωτικά συμπλέγματα, τα οποία αντιπροσωπεύουν το 48,8% της συνολικής επιβατικής κίνησης εσωτερικού για τη πανδημική περίοδο που εξετάζουμε. Το μοντέλο έλαβε ως ανεξάρτητες μεταβλητές, το δείκτη **αυστηρότητας lockdown**, τους **νέους θανάτους** ανά εκατομμύριο πληθυσμού, το **ποσοστό εμβολιασμών** ανά εκατοντάδα πολιτών, τη **τουριστική περίοδο**, το είδος της πτήσης και αν αυτή είναι **προγραμματισμένη** καθώς και τις **αεροπορικές εταιρείες**.

Το μοντέλο παλινδρόμησης σταθερών επιδράσεων που προέκυψε εκφράζεται από τη παρακάτω μαθηματική σχέση η οποία εκτιμά τον αριθμό επιβατών ανά πτήση για κάθε διαστρωματική οντότητα i , τη χρονική περίοδο t , ως εξής:

$$(\text{Επιβάτες/πτήση})_{it} = -0,5303 * (\text{Αυστηρότητα lockdown})_{it} - 1,2521 * (\text{Νέοι Θάνατοι})_{it} + 0,5302 * (\text{Ποσοστό Εμβολιασμών})_{it} + 34,33 * (\text{Προγραμματισμένη πτήση})_{it} + 10,2046 * (\text{Τουριστική περίοδος})_{it} + 59,7205 * (\text{Full-Service εταιρεία})_{it} + 102,2686 * (\text{Low-Cost εταιρεία})_{it} + a_{it} + u_{it}$$

Πίνακας 5.8: Αποτελέσματα μοντέλου-4 παλινδρόμησης σταθερών επιδράσεων

Μεταβλητή	Συντελεστής	Std. Error	t-value	Pr(> t) ⁴
strigency	-0,5303	0,016	-33,053	<2,2e-16***
deathsgsr	-1,2521	0,1034	-12,102	<2,2e-16***
vaccgr	0,5302	0,0116	45,532	<2,2e-16***
schedule	34,33	2,6410	12,998	<2,2e-16***
tourist	10,2046	0,5350	19,072	<2,2e-16***
airline-FS	59,7205	2,8206	21,172	<2,2e-16***
airline-LC	102,2686	2,9423	34,757	<2,2e-16***

⁴ **P-Value:** Στατιστική σημαντικότητα 90% (*), Στατιστική σημαντικότητα 95% (**), Στατιστική σημαντικότητα 99% (***)

Όλες οι παράμετροι ικανοποιούν τον έλεγχο **στατιστικής σημαντικότητας** των ανεξάρτητων μεταβλητών για επίπεδο εμπιστοσύνης **99%**.

Το προσαρμοσμένο **R²**, υπολογίστηκε ίσο με 0,3874. Συνεπώς το μοντέλο μπορεί να εξηγήσει το 38,74% της διακύμανσης των δεδομένων.

Ο σταθερός όρος **a_i** που εκφράζει την ατομική ανομοιογένεια κάθε αεροδρομίου καταγράφεται στο παρακάτω πίνακα, όπου $i = 1, \dots, 8$

Πίνακας 5.9: Σταθερά ατομικής ανομοιογένειας αεροδρομίων μοντέλου-4

Χαρακτηρισμός	Αεροδρόμιο	a_i
Ηπειρωτικό-Διεθνές	Αλεξανδρούπολη "Δημόκριτος"	-3,1497
Ηπειρωτικό-Διεθνές	Θεσσαλονίκη "Μακεδονία"	29,3239
Ηπειρωτικό-Εθνικό	Ιωάννινα "Πύρρος"	-29,9661
Ηπειρωτικό-Διεθνές	Καβάλα "Μ. Αλέξανδρος"	-20,4417
Νησιωτικό-Διεθνές	Ηράκλειο "Νίκος Καζαντζάκης"	14,3055
Νησιωτικό-Διεθνές	Μύκονος	-11,8393
Νησιωτικό-Διεθνές	Σαντορίνη	-5,7859
Νησιωτικό-Διεθνές	Σκιάθος "Α. Παπαδιαμάντης"	-38,8417

Έλεγχοι

Εξετάζεται εάν η μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων σε ομαδοποιημένα δεδομένα είναι κατάλληλη. Η τιμή **p - value** προκύπτει **<2.2⁻¹⁶**. Επομένως η μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων απορρίπτεται, καθώς η τιμή p-value είναι μικρότερη από το 0.05, επιβεβαιώνοντας την αρχική παραδοχή ότι η **ανομοιογένεια** κάθε αεροδρομίου είναι **ισχυρή**.

Εξετάζεται εάν η ανομοιογένεια κάθε χώρας **συσχετίζεται** με τις ανεξάρτητες μεταβλητές ή είναι τυχαία. Πραγματοποιείται έλεγχος Hausman και προκύπτει η τιμή **p - value 4,878⁻¹² < 0,05**. Απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση και επιβεβαιώνεται η παραδοχή περί καταλληλότητας μοντέλου σταθερών επιδράσεων.



Γράφημα 5.3: Διάγραμμα εξέλιξης & διακύμανσης επιβατικής κίνησης 8 εγχώριων αεροδρομίων



Γράφημα 5.4: Επιλεγμένοι αερολιμένες μελέτης

5.3. Σύνοψη και ερμηνεία Αποτελεσμάτων

Στο παρόν κεφάλαιο παρατίθεται συγκεντρωτικός πίνακας των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την ανάπτυξη των μοντέλων και δίνεται η **ερμηνεία** τους.

Πίνακας 5.10: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων

Μεταβλητές	PAX (1)	PAX (2)	PAX (3)	PAX (4)
Νέα κρούσματα/ εκατομμύριο πληθυσμού		-0,00451 (0,01434*)		
Νέοι Θάνατοι/εκατομμύριο πληθυσμού	-1,6861 ($<2,2\text{e-}16^{***}$)		-1,8686 ($5,194\text{e-}12^{***}$)	-1,2521 ($<2,2\text{e-}16^{***}$)
Ποσοστό εμβολιασμών/εκατοντάδα πολιτών		0,6072 ($<2,2\text{e-}16^{***}$)	0,5756 ($<2,2\text{e-}16^{***}$)	0,5302 ($<2,2\text{e-}16^{***}$)
Μέτρο ελέγχου διεθνών ταξιδιών	-2,1563 ($<2,2\text{e-}16^{***}$)		-9,3052 ($<2,2\text{e-}16^{***}$)	
Δείκτης αυστηρότητας Lockdown		-0,3498 ($<2,2\text{e-}16^{***}$)		-0,5303 ($<2,2\text{e-}16^{***}$)
Προγραμματισμένη πτήση		45,248992 ($<2,2\text{e-}16^{***}$)		34,33 ($<2,2\text{e-}16^{***}$)
Ναυλωμένη πτήση	-34,1436 ($<2,2\text{e-}16^{***}$)		-21,688 ($0,0002376^{***}$)	
Τουριστική περίοδος	19,136 ($<2,2\text{e-}16^{***}$)		18,5444 ($<2,2\text{e-}16^{***}$)	10,2046 ($<2,2\text{e-}16^{***}$)
Άφιξη			4,3931 ($3,452\text{e-}05^{***}$)	
Full Service αεροπορική εταιρεία	102,5565 ($<2,2\text{e-}16^{***}$)	56,5688 ($<2,2\text{e-}16^{***}$)	69,2906 ($<2,2\text{e-}16^{***}$)	59,7205 ($<2,2\text{e-}16^{***}$)
Low Cost αεροπορική εταιρεία	107,4438 ($<2,2\text{e-}16^{***}$)	62,7137 ($<2,2\text{e-}16^{***}$)	84,6783 ($<2,2\text{e-}16^{***}$)	102,2686 ($<2,2\text{e-}16^{***}$)
Charter αεροπορική εταιρεία	6,7702 ($1,159\text{e-}05^{***}$)	5,5314 ($0,000241^{***}$)	26,3327 ($0,0086752^{**}$)	
Προσαρμοσμένο R^2	0,4447	0,4696	0,2461	0,3874
Μοντέλο	Panel-Fixed Effects	Panel-Fixed Effects	Panel-Random Effects	Panel-Fixed Effects

Αρχικά για το **μοντέλο-1**, η μαθηματική σχέση του μοντέλου σταθερών επιδράσεων που εκφράζει τον συνολικό αριθμό επιβατών ανά πτήση για κάθε επιλεγόμενη χώρα, όλες τις χρονικές περιόδους, ορίστηκε ως εξής:

$$(\text{Επιβάτες/πτήση})_{it} = -2.1563 * (\text{Περιορισμοί διεθνών ταξιδιών})_{it} - 1.6861 * (\text{Νέοι Θάνατοι})_{it} - 34.1436 * (\text{Ναυλωμένη πτήση})_{it} + 19.136 * (\text{Τουριστική περίοδος})_{it} + 6.77 * (\text{Charter Εταιρεία})_{it} + 102.5565 * (\text{Full-Service εταιρεία})_{it} + 107.4438 * (\text{Low-Cost εταιρεία})_{it} + a_{it} + u_{it}$$

Στη συνάρτηση διακρίνονται 7 ερμηνευτικές μεταβλητές, μία σταθερά και ένας όρος σφάλματος. Από τη συνάρτηση εξάγονται τα εξής αποτελέσματα:

- Περιορισμοί διεθνών ταξιδιών: η τιμή του συντελεστή εκτιμάται ότι είναι ίση με -2,1563. Το πρόσημο είναι αρνητικό, αναμενόμενο και λογικό. Κλιμάκωση των περιοριστικών μέτρων σε διεθνή ταξίδια κατά ένα επίπεδο οδηγεί σε μείωση των επιβατών κατά 2,15.
- Νέοι θάνατοι: η τιμή του συντελεστή εκτιμάται ότι είναι ίση με -1,6861. Το πρόσημο είναι αρνητικό, αναμενόμενο και λογικό. Όσο μεγαλύτερος είναι ο γεωμετρικός μέσος των νέων θανάτων μεταξύ των χωρών που εξυπηρετεί μια πτήση, τόσο μικρότερος (1,68) θα είναι ο αριθμός των επιβαινόντων σε αυτή τη πτήση.
- Ναυλωμένη πτήση: η τιμή του συντελεστή εκτιμάται ότι είναι ίση με -34,1436. Το πρόσημο είναι αρνητικό, αναμενόμενο και λογικό. Κατά κανόνα αυτού του είδους οι πτήσεις εξυπηρετούν ομάδα μεταφερόμενων με κοινά χαρακτηριστικά (πχ ταξιδιωτικό group, αθλητική ομάδα, στελέχη επιχειρήσεων) και δεν αποτελεί προτεραιότητα η πλήρωση του αεροσκάφους.
- Τουριστική περίοδος: η τιμή του συντελεστή εκτιμάται ότι είναι ίση με 19,136. Το πρόσημο είναι θετικό, αναμενόμενο και λογικό. Το αεροδρόμιο Αθηνών αποτελεί κόμβο μετάβασης για τους σημαντικότερους νησιωτικούς τουριστικούς προορισμούς, αλλά και το αεροδρόμιο εξυπηρέτησης των περισσότερων ευρωπαϊκών εταιρειών.
- Charter αεροπορική εταιρεία: η τιμή του συντελεστή εκτιμάται ότι είναι ίση με 6,77. Το πρόσημο είναι θετικό και λογικό. Αυτού του είδους οι αεροπορικές εταιρείες διαθέτουν στόλο μικρότερης χωρητικότητας από τις συμβατικές εταιρείες και συνήθως εξυπηρετούν ναυλωμένες πτήσεις, επομένως δεν αποτελεί αυτοσκοπό η πλήρωση των θέσεων του αεροσκάφους.

- Full-Service αεροπορική εταιρεία: η τιμή του συντελεστή εκτιμάται ότι είναι ίση με 102,5565. Το πρόσημο είναι θετικό, αναμενόμενο και λογικό. Το εξυπηρετούμενο δίκτυο είναι σταθερό και κατά κανόνα προσαρμοσμένο στη ζήτηση.
- Low-Cost αεροπορική εταιρεία: η τιμή του συντελεστή εκτιμάται ότι είναι ίση με 107,4438. Το πρόσημο είναι θετικό, αναμενόμενο και λογικό. Το εξυπηρετούμενο δίκτυο αυτών των εταιρειών είναι συνεχώς μεταβαλλόμενο και εστιασμένο σε διαδρομές (routes) με υψηλή ζήτηση. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τη χαμηλή τιμολογιακή πολιτική δικαιολογεί τον αυξημένο συντελεστή συγκριτικά με τις full-service εταιρείες.

Η μαθηματική σχέση του **μοντέλου-2** σταθερών επιδράσεων που εκφράζει τον συνολικό αριθμό επιβατών ανά πτήση για κάθε επιλεγόμενη χώρα, όλες τις χρονικές περιόδους, ορίστηκε ως εξής:

$$\begin{aligned} (\text{Επιβάτες/πτήση})_{it} = & -0.3498 * (\text{Αυστηρότητα lockdown})_{it} - 0.0045 * (\text{Νέα} \\ & \text{Κρούσματα})_{it} + 0.6072 * (\text{Ποσοστό Εμβολιασμών})_{it} + 45.2489 * (\text{Προγραμματισμένη} \\ & \text{πτήση})_{it} + 5.5314 * (\text{Charter Εταιρεία})_{it} + 56.5688 * (\text{Full-Service εταιρεία})_{it} + 62.7137 \\ & * (\text{Low-Cost εταιρεία})_{it} + a_{it} + u_{it} \end{aligned}$$

Στη συνάρτηση διακρίνονται 7 ερμηνευτικές μεταβλητές, μία σταθερά και ένας όρος σφάλματος. Από τη συνάρτηση εξάγονται τα εξής αποτελέσματα:

- ο Δείκτης αυστηρότητας lockdown: η τιμή του συντελεστή εκτιμάται ότι είναι ίση με -0,3498. Το πρόσημο είναι αρνητικό, αναμενόμενο και λογικό. Μεταξύ των παραγόντων που συνυπολογίζονται στο δείκτη, είναι η υποχρέωση για τηλεργασία και τηλεκπαίδευση, συστάσεις παραμονής κατ' οίκον, αποφυγή συνωστισμού και περιορισμό κοινωνικών δραστηριοτήτων, συνεπώς κλιμάκωση του lockdown οδηγεί σε περιορισμό της κοινωνικής κινητικότητας και κατ' επέκταση σε μείωση της αεροπορικής επιβατικής κίνησης.
- ο Νέα κρούσματα: η τιμή του συντελεστή εκτιμάται ότι είναι ίση με -0,0045. Το πρόσημο είναι αρνητικό και λογικό. Ο συντελεστής είναι στατιστικά σημαντικός για επίπεδο εμπιστοσύνης 90%. Μεταβολή ωστόσο του γεωμετρικού μέσου των νέων κρουσμάτων μεταξύ αεροπορικά εξυπηρετούμενων χωρών, οδηγεί σε μόλις 0,0045 μείωση της επιβατικής κίνησης.
- ο Ποσοστό εμβολιασμών: η τιμή του συντελεστή εκτιμάται ότι είναι ίση με 0,6072. Το πρόσημο είναι θετικό, αναμενόμενο και λογικό. Αποτελεί τη μόνη μεταβλητή που σχετίζεται με την πανδημία η οποία συμβάλλει θετικά στην επιβατική κίνηση. Αύξηση κατά 10% της εμβολιαστικής κάλυψης μεταξύ 2 διασυνδεόμενων χωρών, οδηγεί σε 6 περισσότερους επιβάτες ανά πτήση.
- ο Προγραμματισμένη πτήση: η τιμή του συντελεστή εκτιμάται ότι είναι ίση με 45,2489. Το πρόσημο είναι θετικό, αναμενόμενο και λογικό. Αποτελεί το πλέον συμβατικό είδος πτήσης. Οι λεπτομέρειες της πτήσης (προορισμοί, αεροσκάφος, εταιρεία, χρονοδιάγραμμα) είναι εκ των προτέρων γνωστά και αποτελεί οικονομικά συμφέρουσα επιλογή σε σχέση με τις ναυλωμένες.
- ο Charter αεροπορική εταιρεία: η τιμή του συντελεστή εκτιμάται ότι είναι ίση με 5,5314. Το πρόσημο είναι θετικό και λογικό. Αυτού του είδους οι αεροπορικές εταιρείες διαθέτουν στόλο μικρότερης χωρητικότητας από τις συμβατικές εταιρείες και συνήθως εξυπηρετούν ναυλωμένες πτήσεις, επομένως δεν αποτελεί αυτοσκοπό η πλήρωση των θέσεων του αεροσκάφους.

- Full-Service αεροπορική εταιρεία: η τιμή του συντελεστή εκτιμάται ότι είναι ίση με 56,5688. Το πρόσημο είναι θετικό, αναμενόμενο και λογικό. Το εξυπηρετούμενο δίκτυο είναι σταθερό και κατά κανόνα προσαρμοσμένο στη ζήτηση.
- Low-Cost αεροπορική εταιρεία: η τιμή του συντελεστή εκτιμάται ότι είναι ίση με 62,7137. Το πρόσημο είναι θετικό, αναμενόμενο και λογικό. Το εξυπηρετούμενο δίκτυο αυτών των εταιρειών είναι συνεχώς μεταβαλλόμενο και εστιασμένο σε διαδρομές (routes) με υψηλή ζήτηση. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τη χαμηλή τιμολογιακή πολιτική δικαιολογεί τον αυξημένο συντελεστή συγκριτικά με τις full-service εταιρείες.

Το **μοντέλο-3** που αφορά τις 15 χώρες όπως επιλέχθηκαν στην υποενότητα 5.2.1, αναπτύσσεται με μοντέλο τυχαίων επιδράσεων. Η μαθηματική σχέση που εκφράζει τον συνολικό αριθμό επιβατών ανά πτήση για κάθε επιλεγόμενη χώρα, όλες τις χρονικές περιόδους, ορίστηκε ως εξής:

$$\begin{aligned} (\text{Επιβάτες/πτήση})_{it} = & 27,6803 - 1,8686 * (\text{Νέοι Θάνατοι})_{it} + 0.5756 * (\text{Ποσοστό} \\ & \text{εμβολιασμών})_{it} - 21,688 * (\text{Charter πτήση})_{it} - 9,3052 * (\text{Ελεγχοι διεθνών ταξιδιών})_{it} \\ & + 4,3931 * (\text{Αφιξη}) + 18,5444 * (\text{Τουριστική περίοδος}) + 26,3327 * (\text{Charter Εταιρεία})_{it} \\ & + 69,2906 * (\text{Full-Service εταιρεία})_{it} + 84,6783 * (\text{Low-Cost εταιρεία})_{it} + (u_{it} + \varepsilon_{it}) \end{aligned}$$

Στη συνάρτηση διακρίνονται 9 ερμηνευτικές μεταβλητές, μία **κοινή σταθερά**, ο όρος σφάλματος μεταξύ διαφορετικών χωρών και ο όρος σφάλματος κάθε χώρας. Από τη συνάρτηση εξάγονται τα εξής αποτελέσματα:

- **Νέοι Θάνατοι:** η τιμή του συντελεστή εκτιμάται ότι είναι ίση με -1,8686. Το πρόσημο είναι αρνητικό, αναμενόμενο και λογικό. Όσο μεγαλύτερος είναι ο γεωμετρικός μέσος των νέων θανάτων μεταξύ των χωρών που εξυπηρετεί μια πτήση, τόσο μικρότερος **κατά μέσο όρο** θα είναι ο αριθμός των επιβαινόντων σε αυτή τη πτήση. Ο συντελεστής είναι αυξημένος σε σχέση με το μοντέλο-1, πιθανόν διότι σε αυτή την ομάδα χωρών, υπάρχουν κράτη με υψηλότερες μέσες τιμές νέων θανάτων όπως έδειξε η περιγραφική στατιστική.
- **Ποσοστό εμβολιασμών:** η τιμή του συντελεστή εκτιμάται ότι είναι ίση με 0,57562. Το πρόσημο είναι θετικό, αναμενόμενο και λογικό. Αποτελεί τη μόνη μεταβλητή που σχετίζεται με την πανδημία η οποία συμβάλει θετικά στην επιβατική κίνηση.
- **Ναυλωμένη πτήση:** η τιμή του συντελεστή εκτιμάται ότι είναι ίση με -21,68809. Το πρόσημο είναι αρνητικό, αναμενόμενο και λογικό. Κατά κανόνα αυτού του είδους οι πτήσεις εξυπηρετούν ομάδα μεταφερόμενων με κοινά χαρακτηριστικά (πχ ταξιδιωτικό group, αθλητική ομάδα, στελέχη επιχειρήσεων) και δεν αποτελεί προτεραιότητα η πλήρωση του αεροσκάφους. Ο συντελεστής εμφανίζεται μικρότερος σε σχέση με το μοντέλο-1, επιβεβαιώνοντας τη παραδοχή ότι η επιβαρυμένη επιδημιολογική κατάσταση ορισμένων εκ των κρατών, οδήγησε σε αύξηση αυτού του είδους πτήσεων.
- **Περιορισμοί διεθνών ταξιδιών:** η τιμή του συντελεστή εκτιμάται ότι είναι ίση με -9,30528. Το πρόσημο είναι αρνητικό, αναμενόμενο και λογικό. Κλιμάκωση των περιοριστικών μέτρων σε διεθνή ταξίδια κατά ένα επίπεδο οδηγεί σε μείωση των επιβατών κατά 9,3. Οι πολύ υψηλοί μέσοι όροι κρουσμάτων σε ορισμένες από τις επιλεγμένες χώρες (Τσεχία, Σλοβενία, Σλοβακία) πιθανόν να συνετέλεσαν σε αυτό.

- Άφιξη: η τιμή του συντελεστή εκτιμάται ότι είναι ίση με 4,3931. Το πρόσημο είναι θετικό και αναμενόμενο, καθώς η Ελλάδα έλκει αεροπορική κίνηση από αυτές τις χώρες πιθανόν λόγω τουριστικού ενδιαφέροντος.
- Τουριστική περίοδος: η τιμή του συντελεστή εκτιμάται ότι είναι ίση με 18,5444. Το πρόσημο είναι θετικό, αναμενόμενο και λογικό. Η περιγραφική στατιστική έδειξε συσσώρευση της κίνησης αυτών των κρατών κατά τη τουριστική περίοδο.
- Charter αεροπορική εταιρεία: η τιμή του συντελεστή εκτιμάται ότι είναι ίση με 26,3327, με στατιστική σημαντικότητα 95%. Το πρόσημο είναι θετικό, αναμενόμενο και λογικό. Αυτού του είδους οι αεροπορικές εταιρείες διαθέτουν στόλο μικρότερης χωρητικότητας από τις συμβατικές εταιρείες και συνήθως εξυπηρετούν ναυλωμένες πτήσεις, επομένως δεν αποτελεί αυτοσκοπό η πλήρωση των θέσεων του αεροσκάφους. Η πολύ υψηλότερη τιμή του συντελεστή σε σχέση με το μοντέλο-1, επιβεβαιώνει την αρχική παραδοχή ότι αυτές οι χώρες με δυσμενέστερη επιδημιολογική κατάσταση, στράφηκαν στις πιο ασφαλείς, charter εταιρείες.
- Full-Service αεροπορική εταιρεία: η τιμή του συντελεστή εκτιμάται ότι είναι ίση με 69,2906. Το πρόσημο είναι θετικό, αναμενόμενο και λογικό. Το εξυπηρετούμενο δίκτυο είναι σταθερό και κατά κανόνα προσαρμοσμένο στη ζήτηση.
- Low-Cost αεροπορική εταιρεία: η τιμή του συντελεστή εκτιμάται ότι είναι ίση με 84,6783. Το πρόσημο είναι θετικό, αναμενόμενο και λογικό. Το εξυπηρετούμενο δίκτυο αυτών των εταιρειών είναι συνεχώς μεταβαλλόμενο και εστιασμένο σε διαδρομές (routes) με υψηλή ζήτηση. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τη χαμηλή τιμολογιακή πολιτική δικαιολογεί τον αυξημένο συντελεστή συγκριτικά με τις full-service εταιρείες.

Τέλος το **μοντέλο-4** αφορά την εγχώρια επιβατική κίνηση. Η μαθηματική σχέση του μοντέλου σταθερών επιδράσεων που εκφράζει τον συνολικό αριθμό επιβατών ανά πτήση για κάθε επιλεγόμενο αεροδρόμιο, όλες τις χρονικές περιόδους, ορίστηκε ως εξής:

$$\begin{aligned} (\text{Επιβάτες/πτήση})_{it} = & -0,5303 * (\text{Αυστηρότητα lockdown})_{it} - 1,2521 * (\text{Νέοι Θάνατοι})_{it} \\ & + 0,5302 * (\text{Ποσοστό Εμβολιασμών})_{it} + 34,33 * (\text{Προγραμματισμένη πτήση})_{it} + \\ & 10,2046 * (\text{Τουριστική περίοδος})_{it} + 59,7205 * (\text{Full-Service εταιρεία})_{it} + 102,2686 * \\ & (\text{Low-Cost εταιρεία})_{it} + a_{it} + u_{it} \end{aligned}$$

Στη συνάρτηση διακρίνονται 7 ερμηνευτικές μεταβλητές, μία σταθερά και ένας όρος σφάλματος. Από τη συνάρτηση εξάγονται τα εξής αποτελέσματα:

- ο Δείκτης αυστηρότητας lockdown: η τιμή του συντελεστή εκτιμάται ότι είναι ίση με -0,5303. Το πρόσημο είναι αρνητικό, αναμενόμενο και λογικό. Μεταξύ των παραγόντων που συνυπολογίζονται στο δείκτη, είναι η υποχρέωση για τηλεργασία και τηλεεκπαίδευση, συστάσεις παραμονής κατ' οίκον, αποφυγή συνωστισμού και περιορισμό κοινωνικών δραστηριοτήτων, συνεπώς κλιμάκωση του lockdown οδηγεί σε μείωση της κοινωνικής κινητικότητας και κατ' επέκταση της επιβατικής κίνησης.
- ο Νέοι Θάνατοι: η τιμή του συντελεστή εκτιμάται ότι είναι ίση με -1,2521. Το πρόσημο είναι αρνητικό, αναμενόμενο και λογικό. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός ημερήσιων νέων θανάτων της χώρας, τόσο μικρότερος (κατά 1,25 φορές) θα είναι ο αριθμός των επιβαινόντων ανά πτήση.
- ο Ποσοστό εμβολιασμών: η τιμή του συντελεστή εκτιμάται ότι είναι ίση με 0,530282. Το πρόσημο είναι θετικό, αναμενόμενο και λογικό. Αποτελεί τη μόνη μεταβλητή που σχετίζεται με την πανδημία η οποία συμβάλει θετικά στην επιβατική κίνηση. Αύξηση κατά 2% της εμβολιαστικής κάλυψης στη χώρα, οδηγεί σε ένα παραπάνω επιβάτη ανά πτήση.
- ο Προγραμματισμένη πτήση: η τιμή του συντελεστή εκτιμάται ότι είναι ίση με 34,330024. Το πρόσημο είναι θετικό, αναμενόμενο και λογικό. Αποτελεί το πλέον συμβατικό είδος πτήσης. Οι λεπτομέρειες της πτήσεις (προορισμοί, αεροσκάφος, εταιρεία, χρονοδιάγραμμα) είναι εκ των προτέρων γνωστές και αποτελεί οικονομικά συμφέρουσα επιλογή σε σχέση με τις ναυλωμένες. Επιπλέον στη χώρα δραστηριοποιούνται όλο το χρόνο 2 εταιρείες που πραγματοποιούν τέτοιες πτήσεις, οπότε ο συντελεστής είναι αναμενόμενος.

- Τουριστική περίοδος: η τιμή του συντελεστή εκτιμάται ότι είναι ίση με 10,2046. Το πρόσημο είναι θετικό, αναμενόμενο και λογικό. Η περιγραφική στατιστική έδειξε σταθερή ανοδική τάση τη τουριστική περίοδο τόσο πριν όσο και κατά τη διάρκεια της πανδημίας. Επιπλέον η συμπερίληψη 3 νησιωτικών προορισμών αμιγώς τουριστικού χαρακτήρα, καθιστούν το συντελεστή αναμενόμενο.
- Full-Service αεροπορική εταιρεία: η τιμή του συντελεστή εκτιμάται ότι είναι ίση με 59,7205. Το πρόσημο είναι θετικό, αναμενόμενο και λογικό. Το εξυπηρετούμενο δίκτυο είναι σταθερό και ευρύ, περιλαμβάνοντας απομακρυσμένους νησιωτικούς και άγονους προορισμούς. Το πλήθος των περιοχών αυτών εξυπηρετείται ως επί το πλείστον με αεροσκάφη αεριωθούμενα μικρής ατράκτου. Ενώ ορισμένοι προορισμοί μικρής ζήτησης εξυπηρετούνται υπό **καθεστώς κρατικής επιδότησης για τη διασφάλιση διασύνδεσης** με την ηπειρωτική ενδοχώρα. Συνεπώς ο συντελεστής είναι λογικός.
- Low-Cost αεροπορική εταιρεία: η τιμή του συντελεστή εκτιμάται ότι είναι ίση με 102,2688. Το πρόσημο είναι θετικό, αναμενόμενο και λογικό. Το εξυπηρετούμενο δίκτυο αυτών των εταιρειών είναι συνεχώς μεταβαλλόμενο και εστιασμένο σε διαδρομές (routes) με υψηλή ζήτηση. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τη χαμηλή τιμολογιακή πολιτική δικαιολογεί τον αυξημένο συντελεστή συγκριτικά με τις full-service εταιρείες. Ιδιαίτερα για την Ελλάδα, η δραστηριοποίηση μίας τέτοιας εταιρείας αποκλειστικά σε νησιωτικούς προορισμούς υψηλού κύρους, μόνον τη τουριστική περίοδο καθιστά τον πολύ υψηλό συντελεστή, λογικό.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1. Σύνοψη αποτελεσμάτων

Στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι ο προσδιορισμός των παραγόντων της πανδημίας που επηρέασαν την επιβατική κίνηση του Αεροδρομίου Αθηνών σε Ευρωπαϊκό και εγχώριο επίπεδο.

Για το σκοπό αυτό αναπτύχθηκαν μοντέλα διαστρωματικών στοιχείων χρονολογικών σειρών (panel data), για τη περιγραφή της κινητικότητας από και προς 25 κράτη-μέλη της ΕΕ καθώς και της εγχώριας κίνησης.

Τα δεδομένα που αναλύθηκαν, αντλήθηκαν από το Αεροδρόμιο Αθηνών και αφορούσαν τη πλήρη καταγραφή όλων των πτήσεων που εξυπηρέτησε το αεροδρόμιο κατά τη διάρκεια της πανδημίας. Τα δεδομένα διαμορφώθηκαν σε μορφή panel, με τον **αριθμό επιβαινόντων ανά πτήση** να αποτελεί την εξαρτημένη μεταβλητή, ορισμένα από τα χαρακτηριστικά της πτήσης να αποτελούν τις ανεξάρτητες μεταβλητές και τη χώρα ή το αεροδρόμιο την διαστρωματική οντότητα.

Επιπλέον αντλήθηκαν δεδομένα από το Πανεπιστήμιο της Οξφόρδης που συνδέονται με την **εξέλιξη της πανδημίας** καθώς και τα επιβαλλόμενα **περιοριστικά μέτρα** ανάσχεσής της. Μετά από κατάλληλη επεξεργασία και αντιστοίχιση με τον πίνακα αεροπορικών δεδομένων, δημιουργήθηκε ένας ενιαίος πίνακας δεδομένων (master table).

Έπειτα από τη συλλογή και επεξεργασία δεδομένων, ακολούθησε η ανάπτυξη μοντέλων. Σύμφωνα με το θεωρητικό υπόβαθρο, αναπτύχθηκαν μοντέλα διαστρωματικών στοιχείων χρονολογικών σειρών, σταθερών ή τυχαίων επιδράσεων.

Αναπτύχθηκαν 3 μοντέλα για τη κίνηση εξωτερικού ώστε να εντοπιστούν οι βέλτιστες παράμετροι για τη περιγραφή της αεροπορικής κίνησης και ένα μοντέλο για τη κίνηση εσωτερικού.

6.2. Σύνοψη συμπερασμάτων

Στο προηγούμενο κεφάλαιο δόθηκε η ερμηνεία των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τα μοντέλα ανάλυσης. Τα σημαντικότερα συμπεράσματα που προκύπτουν και δίνουν απάντηση στους στόχους που έθεσε η διπλωματική εργασία συνοψίζονται παρακάτω:

- Ο αριθμός **νέων ημερησίων θανάτων** ανά εκατομμύριο πληθυσμού αποτελεί τη μεταβλητή εξέλιξης της πανδημίας με τη μεγαλύτερη επιρροή στην επιβατική κίνηση. Το γεγονός αυτός αποδεικνύει ότι η αντιληπτή επικινδυνότητα του ιού εντείνεται σε περιόδους έξαρσης, ενισχύοντας το

αίσθημα φόβου έκθεσης στον ιό το οποίο δρα ανασταλτικά στη συμπεριφορά μετακινήσεων.

- Η ανάκαμψη της επιβατικής κίνησης εξαρτάται σε ικανοποιητικό βαθμό από το **ποσοστό εμβολιασμών** των διασυνδεδεμένων κρατών. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στο περιορισμό του αισθήματος φόβου λοίμωξης των μετακινούμενων αλλά και στη καθιέρωση ευρωπαϊκού πιστοποιητικού covid, που επέτρεπε την ανεμπόδιστη μετακίνηση εμβολιασμένων Ευρωπαίων πολιτών.
- Οι **έλεγχοι στα διεθνή ταξίδια** εμφανίζουν υψηλή συσχέτιση με τις χώρες που παρουσιάζουν μειωμένη και παροδική επιβατική κίνηση. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στους ασθενείς και εύθραυστους επιχειρηματικούς, τουριστικούς ή άλλους δεσμούς σύνδεσης των χωρών αυτών με την Ελλάδα.
- Ο αριθμός νέων κρουσμάτων **δεν αποτελεί σημαντική μεταβλητή** για καμία ομάδα χωρών. Οι πολίτες έπειτα από την διστακτικότητα και τον φόβο που προκάλεσε το πρώτο «κύμα», φαίνεται να προσαρμόστηκαν στις νέες συνθήκες μετακίνησης, τηρώντας τα απαραίτητα μέτρα προστασίας.
- Τη μεγαλύτερη συσχέτιση με την επιβατική κίνηση, μεταξύ των μεταβλητών που συνδέονται με την εξέλιξη της πανδημίας, παρουσιάζει ο **δείκτης αυστηρότητας lockdown**. Το μέτρο αυστηρότητας των περιορισμών κοινωνικής κινητικότητας (π.χ. τηλεργασία-τηλεκπαίδευση) επηρεάζει τόσο τις ανάγκες μετακίνησης όσο και την αντιληπτή επικινδυνότητα των μαζικών μετακινήσεων με συνέπεια να οδηγούν σε μείωσή της.
- Από τη σύγκριση των μοντέλων **εσωτερικού-εξωτερικού**, προκύπτει πολύ μεγαλύτερη συσχέτιση των αεροπορικών εταιρειών χαμηλού κόστους με την εγχώρια επιβατική κίνηση, σε σχέση με την αντίστοιχη των εταιρειών πλήρους εξυπηρέτησης. Στην Ελλάδα, το μοντέλο λειτουργίας των *low-cost* φαίνεται να μην επηρεάζεται από τις νέες συνθήκες. Απ' την άλλη η χρήση μικρότερων αεροσκαφών για τη διατήρηση ελάχιστης διασύνδεσης δικτύου και η πιθανή κρατική επιδότηση εξυπηρέτησης άγονων περιοχών, εμφανίζει τις *full-service* να έχουν μικρότερη συσχέτιση.

- Η τουριστική περίοδος αποτελεί για όλα τα μοντέλα σημαντική μεταβλητή. Η θεώρηση μειωμένης επικινδυνότητας λοίμωξης κατά τους θερινούς μήνες σε συνδυασμό με το παρατεταμένο αίσθημα περιορισμού που δημιουργήσαν τα μέτρα συμβάλουν θετικά στην αύξηση της κίνησης της τουριστική περίοδο.
- Στις χώρες με υψηλές τιμές επιδημιολογικών χαρακτηριστικών και μειωμένη παραδοσιακά κίνηση, σημαντική επιρροή παρουσιάζουν οι **Charter αεροπορικές εταιρείες**. Ο μικρός αριθμός των μετακινούμενων πιθανόν να αμβλύνει το αίσθημα φόβου λοίμωξης μεταξύ των συνεπιβατών.

6.3. Προτάσεις αξιοποίησης αποτελεσμάτων

- Αξιοποίηση των μοντέλων για την επιλογή των πλέον **αποτελεσματικών μέτρων προστασίας, πρόληψης και ανάκαμψης** έναντι της πανδημίας αλλά και μελλοντικών υγειονομικών κρίσεων.
- Αξιοποίηση των μοντέλων από αεροπορικούς φορείς με στόχο, τη **βελτιστοποίηση** της οργάνωσης και λειτουργίας των εταιρειών (αεροσκάφη-προγραμματισμός-τιμολόγηση) αλλά και την **αναδιοργάνωση** του εξυπηρετούμενου δικτύου.
- Ανάπτυξη **εφαρμογής** έξυπνων κινητών τηλεφώνων, η οποία λαμβάνοντας ως δεδομένα στοιχεία εξέλιξης της πανδημίας, περιοριστικά μέτρα και βασικές αεροπορικές μεταβλητές, θα μπορεί να προβλέπει και να ενημερώνει για τις **συνθήκες συνωστισμού** εντός του αεροσκάφους (load factor).

6.4. Προτάσεις επέκτασης έρευνας

Η επιρροή της πανδημίας στις αεροπορικές μετακινήσεις, έπειτα από τη πρωτοφανή κρίση που προκάλεσε σε αεροδρόμια, αεροπορικές εταιρείες και επιβατικό κοινό, έδωσε έναυσμα για μία σειρά ερευνών και μελετών παγκοσμίως. Ο τομέας των μεταφορών επλήγη περισσότερο από κάθε άλλο τομέα, με συνέπεια η ερευνητική καταγραφή των συνεπειών του να παρουσιάζει ακόμα ελλείψεις αλλά και προοπτικές για περαιτέρω διερεύνηση.

Η ιδιαιτερότητα της παρούσας διπλωματικής εργασίας έγκειται στην ανάπτυξη μοντέλων με πλήρη αριθμό δεδομένων αεροπορικής κίνησης για το Αεροδρόμιο Αθηνών καθ' όλη τη πανδημική περίοδο, και μπορεί να αποτελέσει βάση για συγκριτικές αναλύσεις με άλλα Ευρωπαϊκά αεροδρόμια.

Εν συνεχεία παρουσιάζονται προτάσεις **περαιτέρω έρευνας** οι οποίες θα μπορούσαν να συμβάλουν στη βαθύτερη κατανόηση των συνεπειών που προκάλεσε η πανδημία στην αεροπορική βιομηχανία αλλά και στην ομαλότερη προσαρμογή στις νέες συνθήκες που επέβαλε.

- Διαχωρισμός του χρονικού πλαισίου μελέτης στα **επιμέρους «κύματα»** ώστε να εξεταστεί η κινητικότητα σε κάθε φάση εξέλιξης της πανδημίας.
- Ανάπτυξη μοντέλου για τις χώρες **εκτός Ευρωπαϊκής ένωσης**, που αποτελούν **παραδοσιακούς προορισμούς** του Αεροδρομίου Αθηνών, όπως το Ηνωμένο Βασίλειο, η Ρωσία και η Ελβετία.
- Αξιοποίηση της γεωγραφικής κατανομής των περιοριστικών μέτρων ανά χώρα, ώστε να αξιολογηθεί η κινητικότητα και σε μικρότερα περιφερειακά αεροδρόμια.
- Ανάλυση παραγόντων επιρροής των εμπορευματικών πτήσεων (cargo) κατά τη περίοδο αύξησης του ηλεκτρονικού εμπορίου και των αναγκών μεταφοράς υγειονομικού υλικού.
- Διερεύνηση των συνεπειών της μειωμένης κινητικότητας, στην **οικονομική βιωσιμότητα** αεροπορικών εταιρειών και αεροδρομίων.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Katchova A. (2013). Panel Data Models in R.
2. Torres-Reyna Oscar (2010). Getting started in fixed/random effects models using R
3. World Health Organization (2021) <https://www.who.int/>
4. Oxford COVID-19 Government Response Tracker – OxCGR. <https://www.bsg.ox.ac.uk/research/research-projects/covid-19-government-response-tracker>
5. Euro Momo (2021). <https://www.euromomo.eu/graphs-and-maps>
6. European commission (2020). Commission guidelines: Facilitation of air freight during COVID-19 pandemic.
7. EU-US aviation agreements (2020). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=LEGISSUM%3A124483>
8. COVID-19 Impact on EURO CONTROL Member States (2021). Euro control states briefings
9. Psaraki, V. (2002). Contribution to the investigation of demand shaping factors and choice of means to access airport.
10. Euro control data snapshot (2021).
11. Truong, D. (2021). Estimating the impact of Covid-19 on air travel in the medium and long-term using neural network and monte Carlo simulation.
12. Ch-Aviation (2020). Aircraft deliveries.
13. Arora, M., Tuchen, S., Nazemi, M., Blessing, L. (2021). Airport pandemic response: an assessment of impacts and strategies after one year with COVID-19.
14. Ng, K., Fu, X., Hanaoka, S., Oum, T., (2022). Japanese aviation market performance during the COVID-19 pandemic-Analyzing airline yield and competition in the domestic market.
15. Forsyth, P., Guimard, C., Niemeier, H. (2020). COVID-19 the collapse in passenger demand and airport charges.
16. Smith, D., Graham, A., O’Connell, J., Efthymiou, M. (2021). Impact of COVID-19 on air transport passenger markets: Examining evidence from Chinese market.
17. Zhang, L., Yang, H., Wang, K., Bian, L., Zhang, X. (2021). The impact of COVID 19 on airline passenger travel behavior: An explanatory analysis on the Chinese aviation market.
18. Sun, X., Wandelt, S., Zheng, C., Zhang, A. (2021). Covid-19 pandemic and air transportation: Successfully navigating the paper hurricane.
19. Gudmunsson, S., Cattaneo, M., Redondi, R. (2021). Forecasting temporal world recovery in air transport markets in the presence of large economic shocks: The case of covid-19.
20. Jablonska, K., Aballea, S., Toumi, M. (2021). The real-life impact of vaccination on COVID-19 mortality in Europe and Israel.

21. Budd, L., Ison, S., Adrienne, N. (2020). European airline response to the COVID-19 pandemic-contraction, consolidation and future considerations for airline business and management.
22. Escola, A. (2022). Statistical indicators of compliance with anti-COVID-19 public health measures at European airports.
23. Iacus, S., Natale, F., Sanatamaria, C., Spyrtatos, S., Vespe, M. (2020). Estimating and projecting air passenger traffic during the COVID-19 coronavirus outbreak and its socio-economic impact.
24. Abate, M., Christidis, P., Purwanto, A. (2020). Government support to airlines in the aftermath of the covid-19 pandemic.
25. Chokshi A., DallaPiazza, M, Zhang, W., Sifri, Z. (2021). Proximity to international airports and early transmission of the covid-19 in the United States - An epidemiological assessment of the geographic distribution of 490.000 cases.
26. Dube K., Nhamo, G., Chikodzi, D. (2021). COVID-19 pandemic and prospects for recovery of the global aviation industry.
27. Yu, M., Chen, Z. (2021). The effect of aviation responses to the control of imported COVID-19 cases.
28. Kim, M., Sohn, J. (2022). Passenger, airline, and policy responses to the COVID-19 crisis: The case of South Korea.
29. Lamb, T., Ruskin, K., Rice, S., Khorassani, L., Winter, S., Truong, D. (2021). A qualitative analysis of social and emotional perspectives of airline passengers during the COVID-19 pandemic.
30. Albers, S., Rundshangen, V. (2020). European airlines' strategic responses to the COVID-19 pandemic.