



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

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





Διερεύνηση της **επιρροής της πανδημίας** στη ζήτηση αεροπορικών μετακινήσεων, στο **Αεροδρόμιο Αθηνών «Ελ. Βενιζέλος»**.

- Διαχωρισμός επιβατικής κίνησης **Ευρωπαϊκής Ένωσης - Εσωτερικού**
- Ανάλυση δεδομένων panel με διαστρωματική οντότητα χώρα ή αεροδρόμιο.





Επιρροή πανδημίας στην αεροπορική βιομηχανία

- 2020 χειρότερη **ιστορικά** χρονιά με 66% μείωση επιβατοχιλιομέτρων παγκοσμίως
- Η **εγχώρια** κίνηση ακολουθεί τη καμπύλη εξέλιξης των κρουσμάτων
- Θετική συσχέτιση ΑΕΠ-δείκτη διάδοσης ιού, με συνέπεια έξαρση στα **διεθνή αεροδρόμια**

Αντίκτυπο στη λειτουργία αεροπορικών εταιρειών

- 80% ευρωπαϊκών εταιρειών σταμάτησαν τη λειτουργία τους Μάρτιο-Μάιο 2020, **20% μόνο εγχώριες** και εμπορευματικές πτήσεις
- Περιφερειακές μείωση 47.9%, low-cost 27.9% & full-service 12.9%
- 33% των εταιρειών **επενδύσεις** σε νέα μικρά πιο αποδοτικά αεροσκάφη

Σενάρια ανάκαμψης

- Ελάφρυνση των μέτρων οδηγεί σε αύξηση μόλις 12.5% των διεθνών πτήσεων στις ΗΠΑ, **οικονομικοί δείκτες** κρισιμότεροι παράγοντες
- Εκτιμώμενη αποκατάσταση επιβατικής κίνησης σε **2.7 χρόνια**, εμπορικής 2.2 στην Ευρώπη
- Κρίσιμος παράγοντας η **ανάκτηση της εμπιστοσύνης** των επιβατών ως προς την ασφάλεια των αεροπορικών υπηρεσιών



Συλλέχθηκαν δεδομένα από **1/1/2019** μέχρι **31/8/2021** για 25 χώρες της **ΕΕ**

Δεδομένα **περιοριστικών** μέτρων
(Αυστηρότητα lockdown, έλεγχοι διεθνών ταξιδιών)



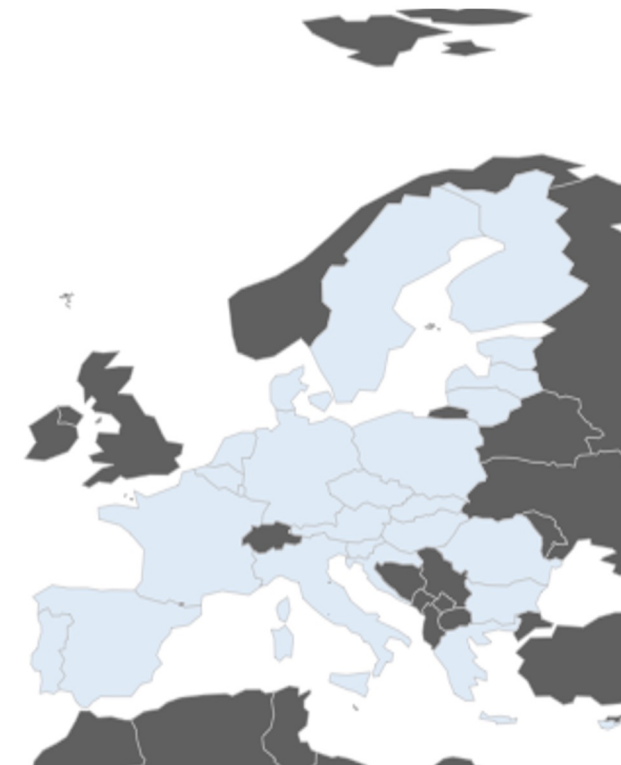
Δεδομένα **αεροπορικής** κίνησης (αρ. επιβατών, είδος πτήσης, αεροπορική Εταιρεία, χώρα, αεροδρόμιο)



Our World in Data

Αεροδρόμιο Αθηνών

Πανεπιστήμιο Οξφόρδης



Μεταβλητές εξέλιξης **πανδημίας**
(αριθμός κρουσμάτων, θανάτων & εμβολιασμών)





Μοντέλα διαστρωματικών στοιχείων χρονολογικών σειρών (panel data)

- 1 Καταγραφή ατομικής ανομοιογένειας
- 2 Δυναμικές σχέσεις
- 3 Εκτιμήσεις αυξημένης ακρίβειας



Κατά πόσο η ανομοιογένεια είναι **ισχυρή** ώστε να ληφθεί υπόψιν

Κατά πόσο η ανομοιογένεια **συσχετίζεται** με τις ανεξάρτητες μεταβλητές ή είναι τυχαία

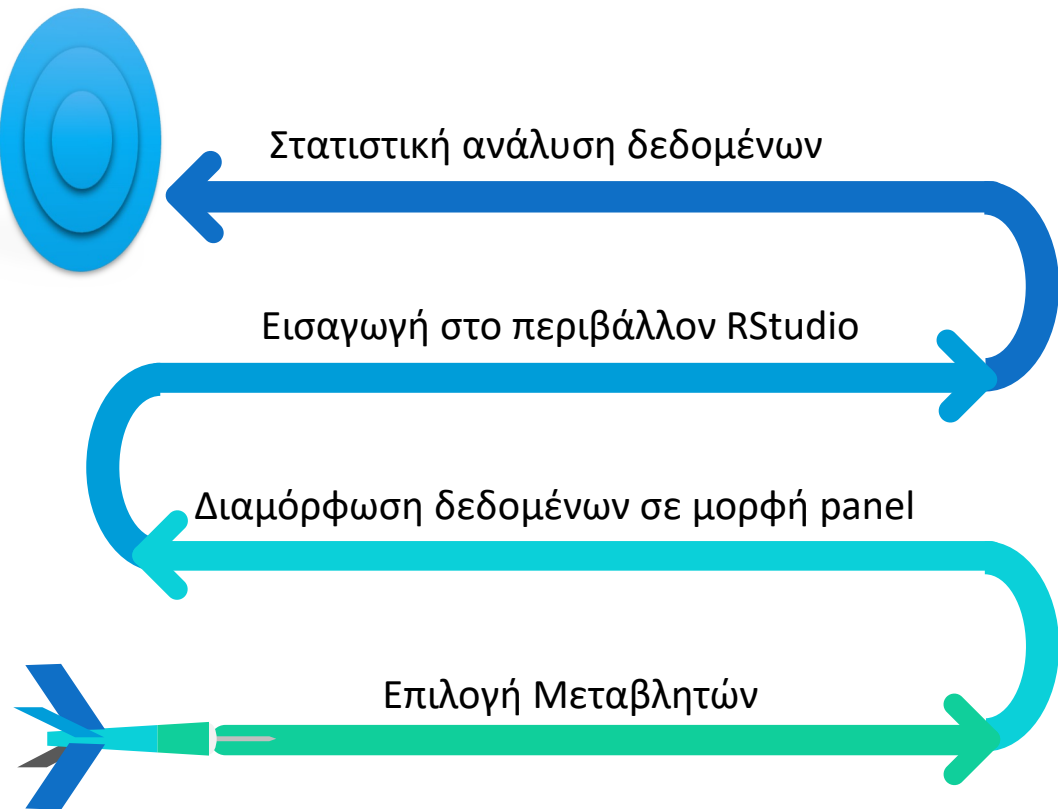
Fixed Effects

Random Effects

Pooled OLS

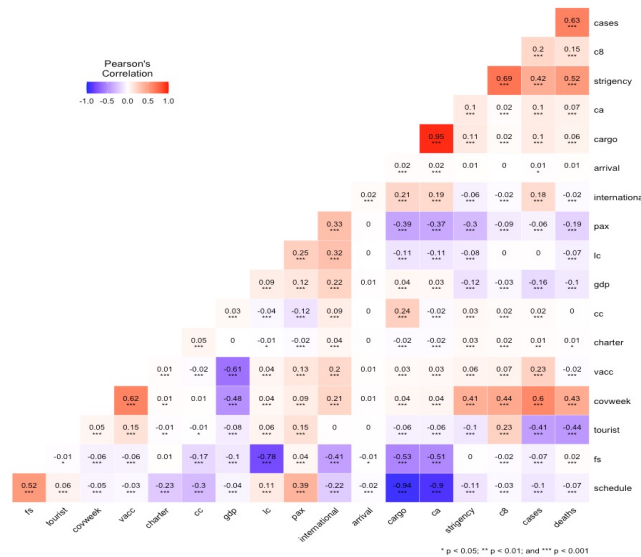


Επεξεργασία στοιχείων



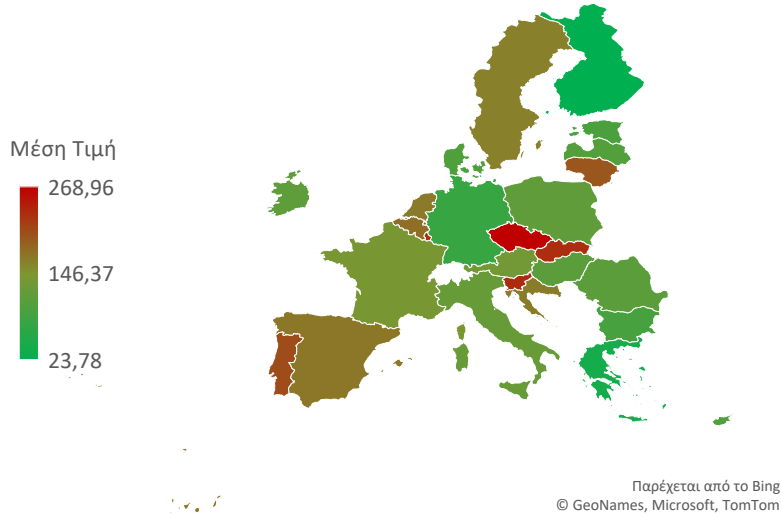
R Studio

	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

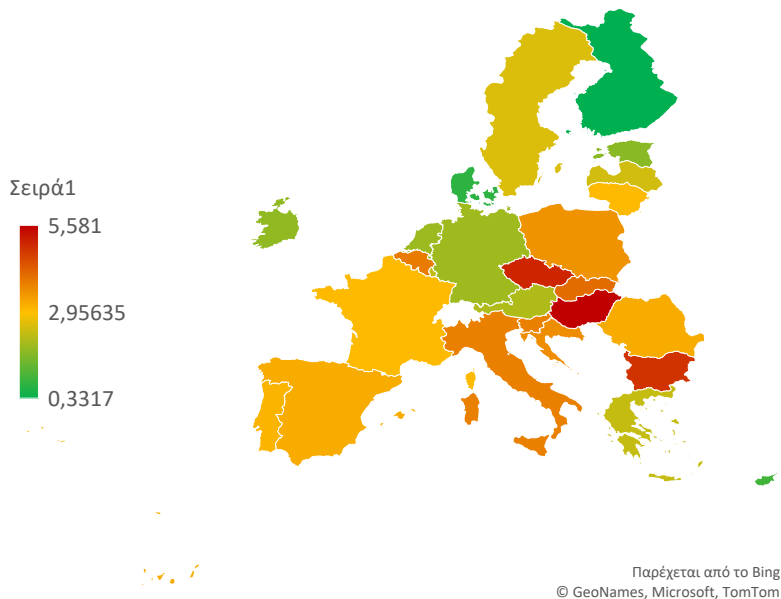




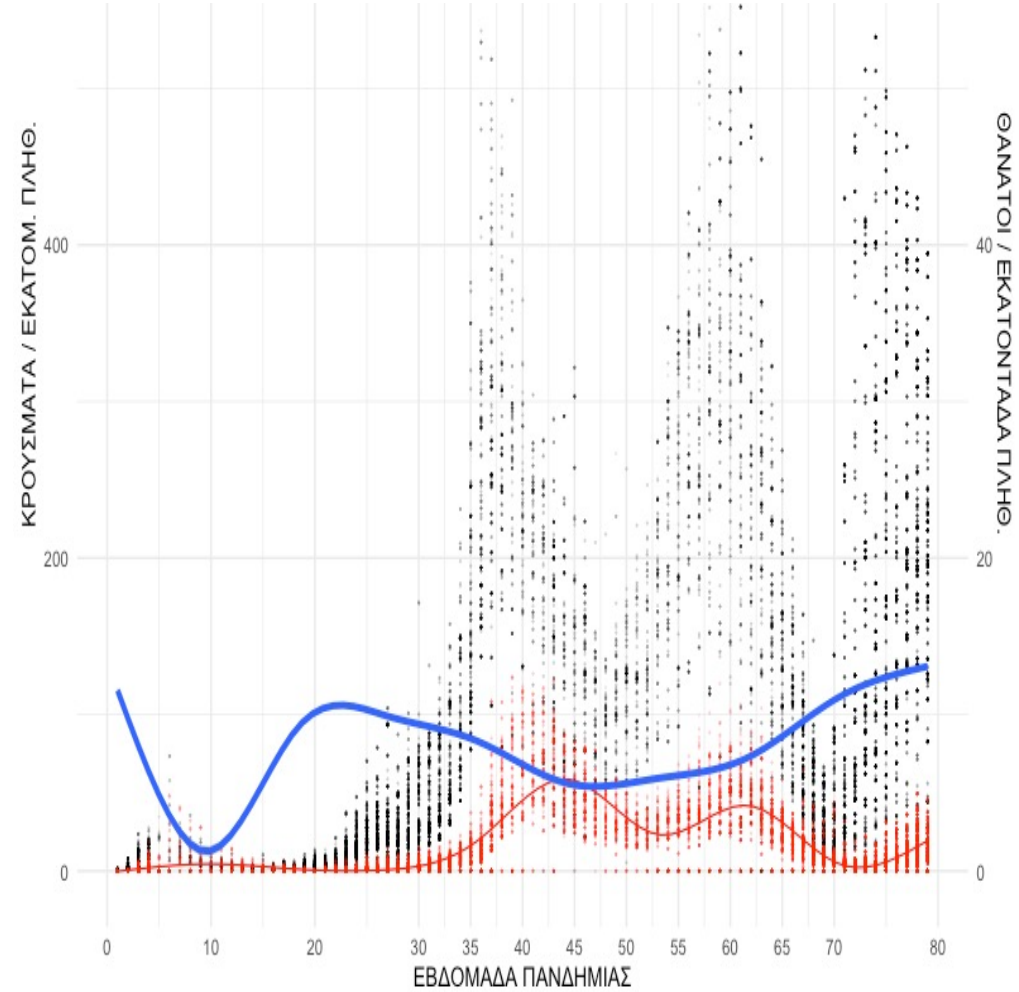
Μέση τιμή νέων κρουσμάτων



Μέση τιμή νέων θανάτων

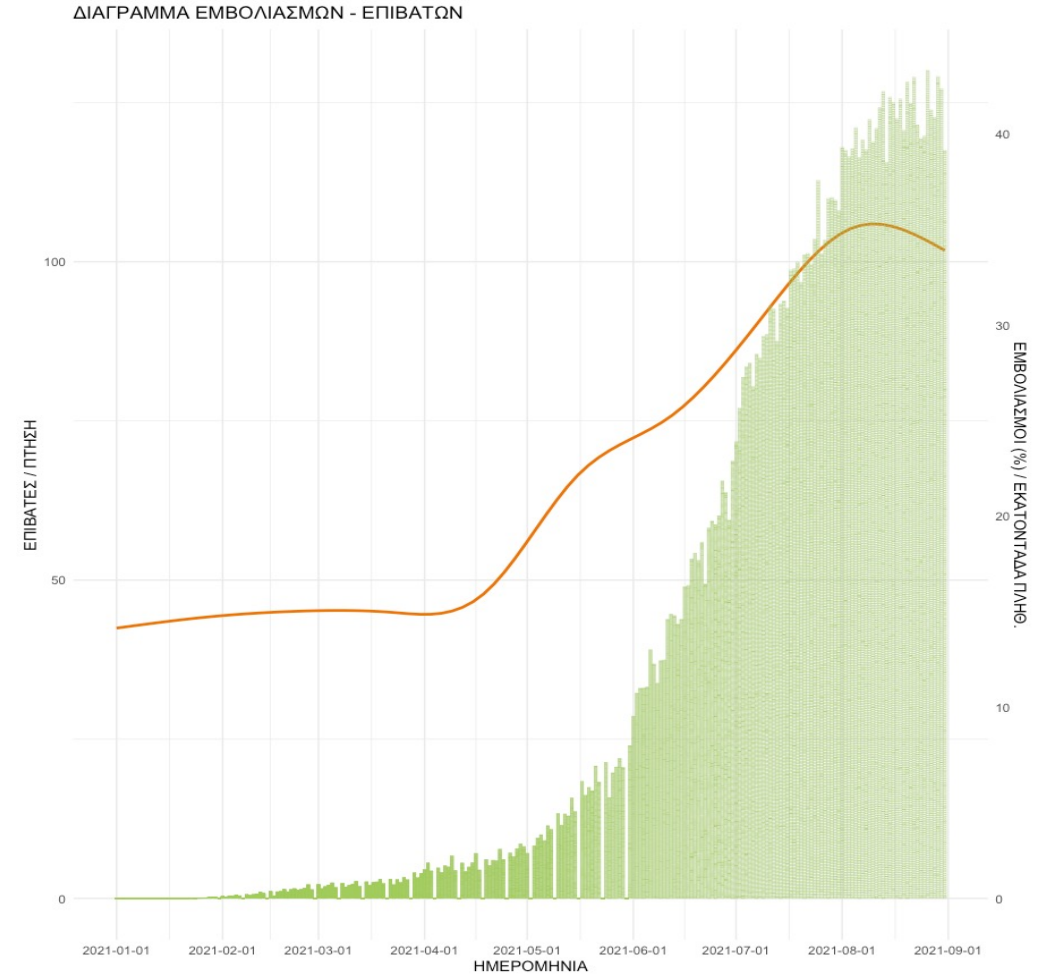


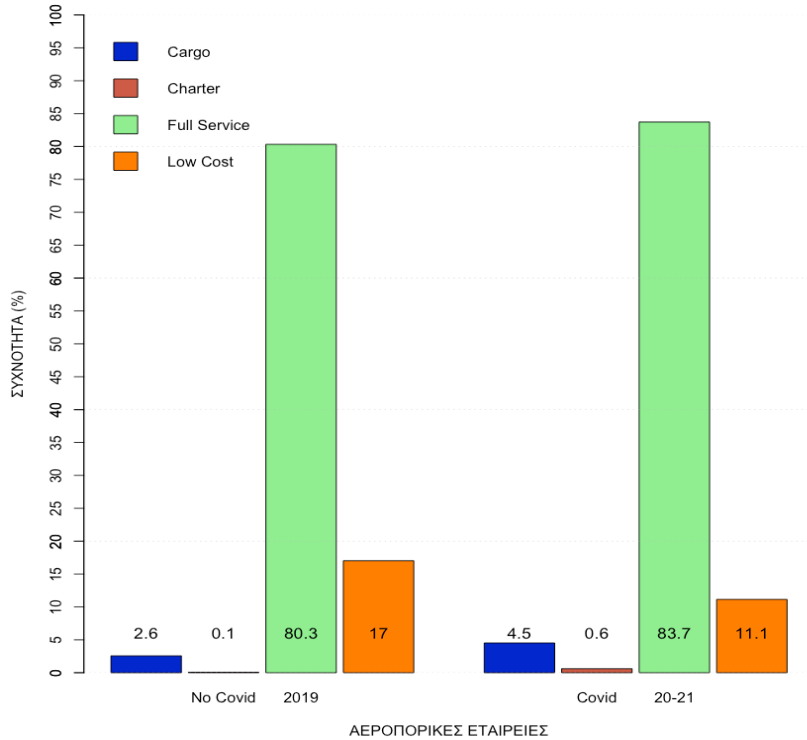
Γεωμετρικός μέσος
Κρουσμάτων-
Θανάτων
Ελλάδας-ΕΕ





Το ποσοστό εμβολιαστικής κάλυψης του γενικού πληθυσμού φαίνεται να συνδέεται **θετικά** με την εξέλιξη της επιβατικής κίνησης.

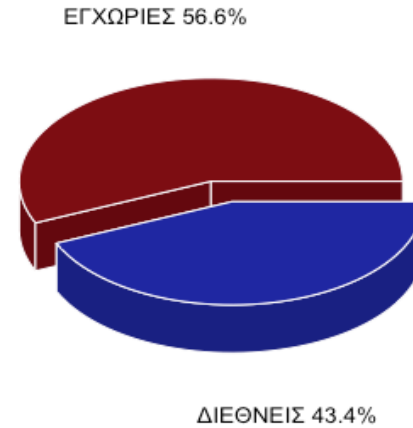




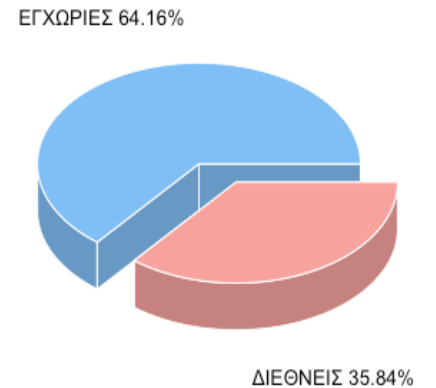
- Σημαντική μείωση μεριδίου αγοράς των **Low-Cost** εταιρειών



- Αύξηση του ποσοστού πτήσεων εσωτερικού



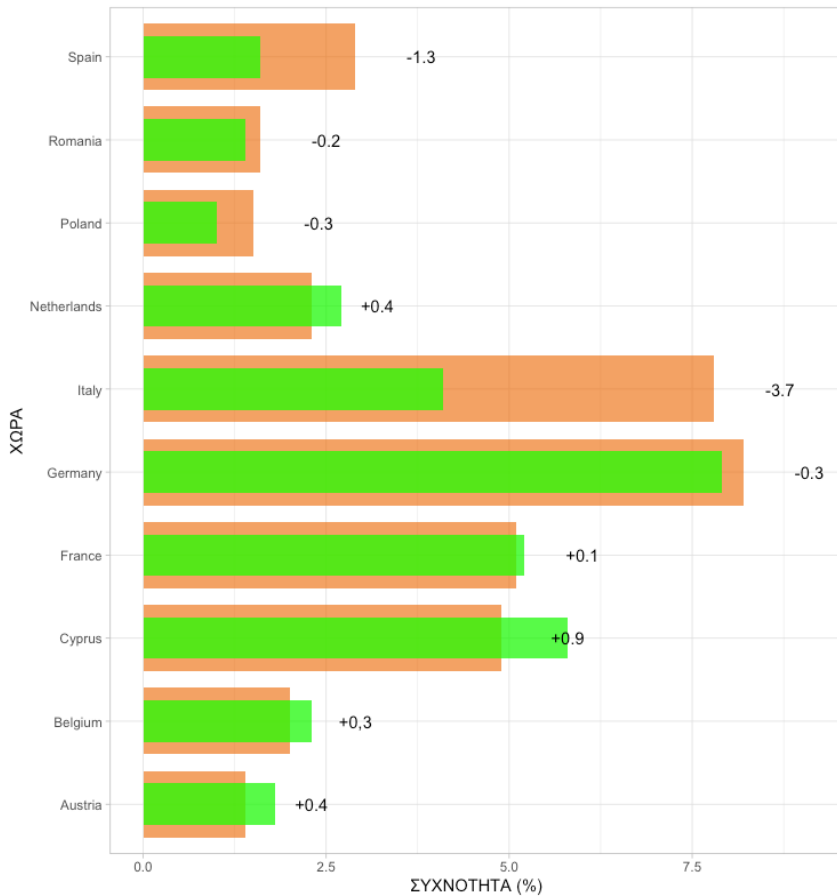
2019



Πανδημία



Κορυφαίοι 10 προορισμοί εξωτερικού **αύξησαν** συνολικά το ποσοστό τους από 85.6% το 2019 στο **89.8%** τη περίοδο πανδημίας



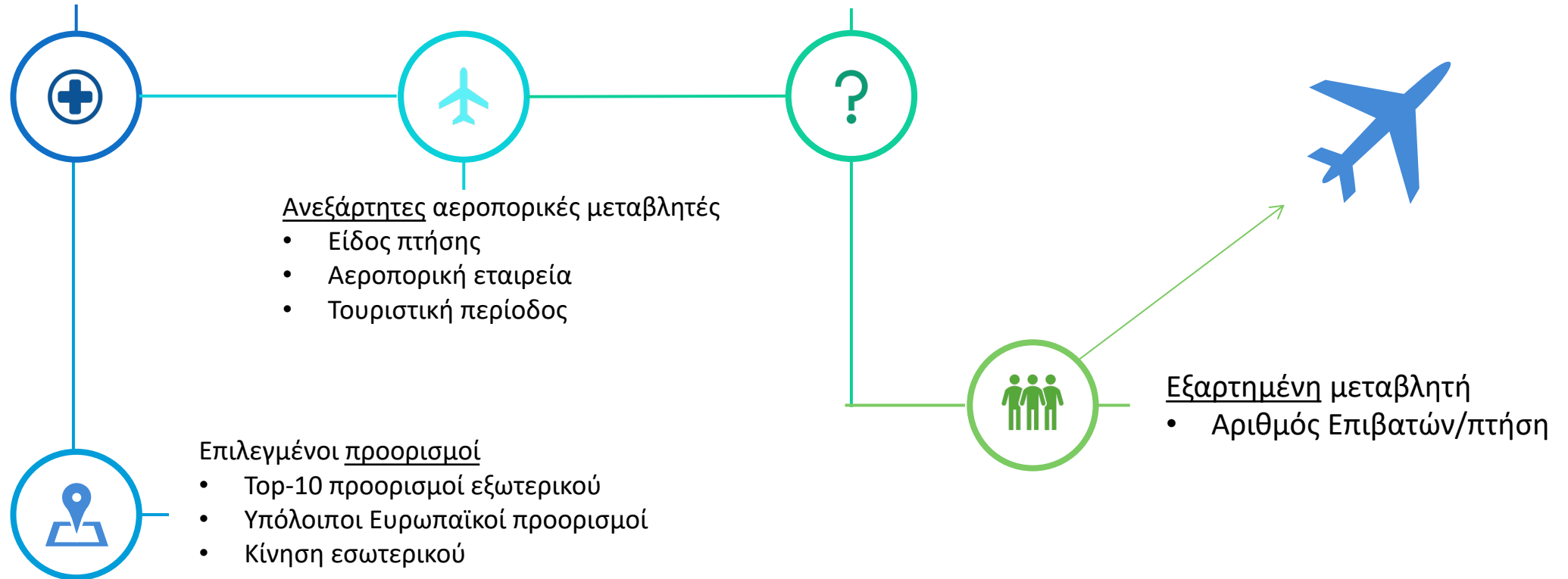


Ανεξάρτητες μεταβλητές πανδημίας

- Νέα κρούσματα
- Νέοι Θάνατοι
- Ποσοστό εμβολιασμών
- Έλεγχοι διεθνών ταξιδιών
- Αυστηρότητα Lockdown

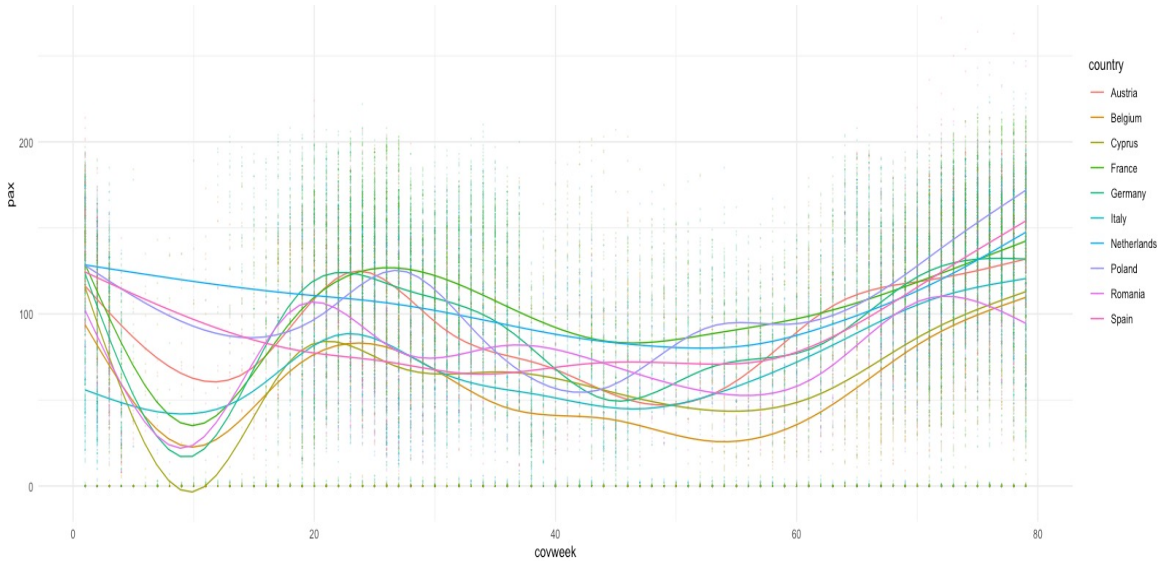
Κριτήρια αποδοχής μοντέλων

- Λογική ερμηνεία συντελεστών
- Ποιότητα μοντέλου
- Επίπεδο σημαντικότητας
- Στατιστική εμπιστοσύνη μοντέλου
- Έλεγχοι panel





Ανάπτυξη μοντέλου-1- Κορυφαίοι 10 προορισμοί



- Ισχυρή **ανομοιογένεια** χωρών, συσχετιζόμενη με τις ανεξάρτητες μεταβλητές
- Μοντέλο **σταθερών** επιδράσεων
- $(\text{Επιβάτες/πτήση})_{it} = -2.1563 * (\text{Περιορισμοί διεθνών ταξιδιών})_{it} - 1.6861 * (\text{Νέοι Θάνατοι})_{it} - 34.1436 * (\text{Charter πτήση})_{it} + 19.136 * (\text{Τουριστική περίοδος})_{it} + 6.77 * (\text{Charter Εταιρεία})_{it} + 102.5565 * (\text{Full-Service εταιρεία})_{it} + 107.4438 * (\text{Low-Cost εταιρεία})_{it} + a_{it} + u_{it}$

Πιο καθοριστική μεταβλητή αποτελεί ο **αριθμός νέων θανάτων/εκατομμύριο** πληθυσμού.
10 νέοι θάνατοι οδηγούν σε 16 λιγότερους επιβάτες.

Κλιμάκωση των ελέγχων σε διεθνή ταξίδια έχει **μικρή επίδραση** στην επιβατική κίνηση.

Ο αριθμός επιβατών αυξάνεται όταν η πτήση πραγματοποιείται από εταιρεία **χαμηλού κόστους**.

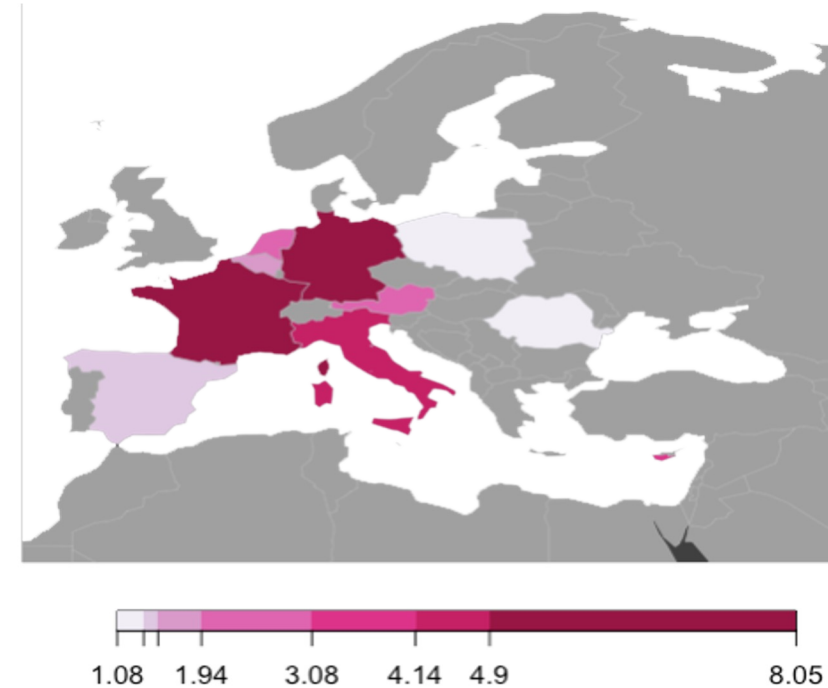
Μεταβλητή	Συντελεστής	Std. Error	t-value	Pr(> t)
c8	-2,1563	0,2367	-9,109	<2,2e-16***
deaths	-1,6861	0,1109	-15,1951	<2,2e-16***
charter	-34,1436	2,2503	-15,1723	<2,2e-16***
tourist	19,136	0,4606	41,5442	<2,2e-16***
airline-CC	6,7702	1,5437	4,3856	1,159e-05***
airline-FS	102,5565	0,6588	155,6688	<2,2e-16***
airline-LC	107,4438	0,7433	144,548	<2,2e-16***
R ²	0,4447			



Ανάπτυξη μοντέλου-2 - Κορυφαίοι 10 προορισμοί



- ❖ Το ποσοστό εμβολιασμών αποτελεί τη πιο **καθοριστική** μεταβλητή. 2% αύξηση της εμβολιαστικής κάλυψης των εξυπηρετούμενων προορισμών αυξάνει τους επιβαίνοντες κατά 1.
- ❖ Ο αριθμός **νέων κρουσμάτων**/εκατομμύριο πληθυσμού έχει τη **μικρότερη** επίδραση στην επιβατική κίνηση.
- ❖ Η Αυστηρότητα του **lockdown** δρα ανασταλτικά στις ανάγκες μετακίνησης και κατ' επέκταση στην αεροπορική επιβατική ζήτηση.

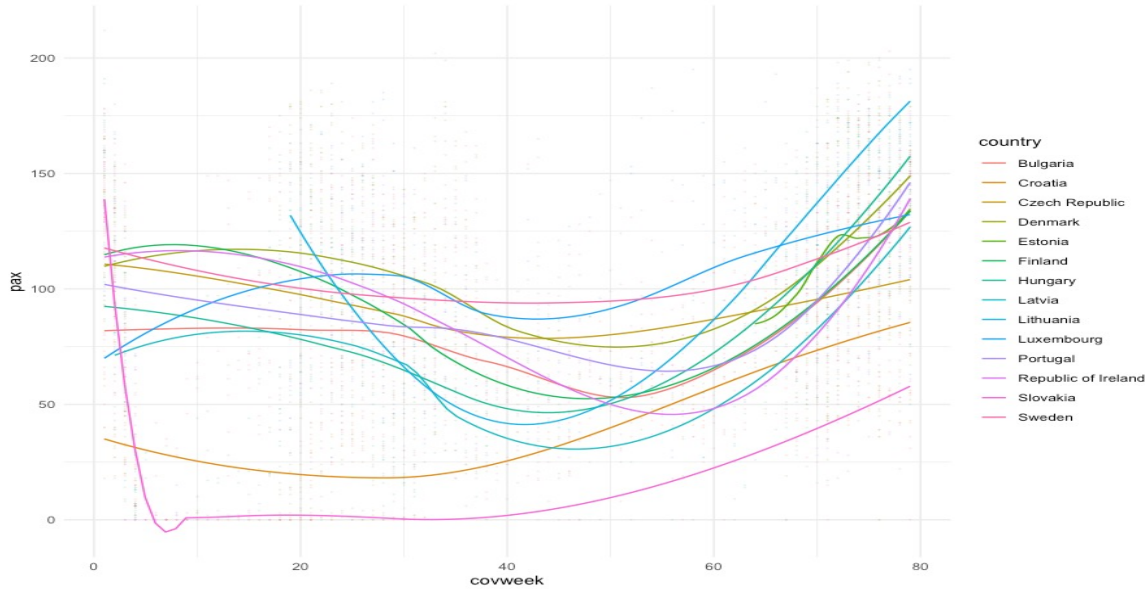


Μεταβλητή	Συντελεστής	Std. Error	t-value	Pr(> t)
stringency	-0,3498	0,013954	-25,0708	<2,2e-16***
cases	-0,0045	0,001845	-2,4487	0,01434*
vacc	0,6072	0,0095938	63,2911	<2,2e-16***
schedule	45,2489	1,790959	25,2652	<2,2e-16***
airline-CC	5,5314	1,5064328	3,6719	0,000241***
airline-FS	56,5688	1,8877077	29,9669	<2,2e-16***
airline-LC	62,7137	1,8987663	33,0287	<2,2e-16***
R ²	0,4697			

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



Ανάπτυξη μοντέλου-3 – Υπόλοιποι Ευρωπαϊκοί προορισμοί



- Ισχυρή **ανομοιογένεια χωρών, τυχαία.**

- Μοντέλο **τυχαίων** επιδράσεων

- $(\text{Επιβάτες/πτήση})_{it} = 27,8603 - 1,8686 * (\text{Νέοι Θάνατοι})_{it} + 0,5756 * (\text{Ποσοστό εμβολιασμών})_{it} - 21,688 * (\text{Charter πτήση})_{it} - 9,3052 * (\text{Έλεγχοι διεθνών ταξιδιών})_{it} + 4,3931 * (\text{Άφιξη}) + 18,5444 * (\text{Τουριστική περίοδος}) + 26,3327 * (\text{Charter Εταιρεία})_{it} + 69,2906 * (\text{Full-Service εταιρεία})_{it} + 84,6783 * (\text{Low-Cost εταιρεία})_{it} + (u_{it} + \epsilon_{it})$

- ❖ Το ποσοστό εμβολιασμών αποτελεί τη πιο **κρίσιμη** μεταβλητή ανάκαμψης
- ❖ Κλιμάκωση των ελέγχων σε διεθνή ταξίδια επιδρά κατά μέσο όρο σε μείωση κατά 9 επιβάτες.
- ❖ Ο αριθμός νέων θανάτων έχει τη **μικρότερη** επίδραση μεταξύ των μεταβλητών της πανδημίας.

Μεταβλητή	Συντελεστής	Std. Error	t-value	Pr(> t)
Intercept	27,86	4,996	5,54	3,017e-08***
deaths	-1,868	0,2708	-6,9	5,194e-12***
vacc	0,575	0,0308	18,67	<2,2e-16***
charter	-21,688	5,9011	-3,675	0,000237***
c8	-9,305	0,6716	-13,85	<2,2e-16***
tourist	18,544	1,4439	12,84	<2,2e-16***
arrival	4,393	1,0607	4,14	3,452e-05***
airline-CC	26,332	10,033	2,62	0,0086752**
airline-FS	69,29	3,7591	18,43	<2,2e-16***
airline-LC	84,678	4,1237	20,53	<2,2e-16***
R ²	0,2461			



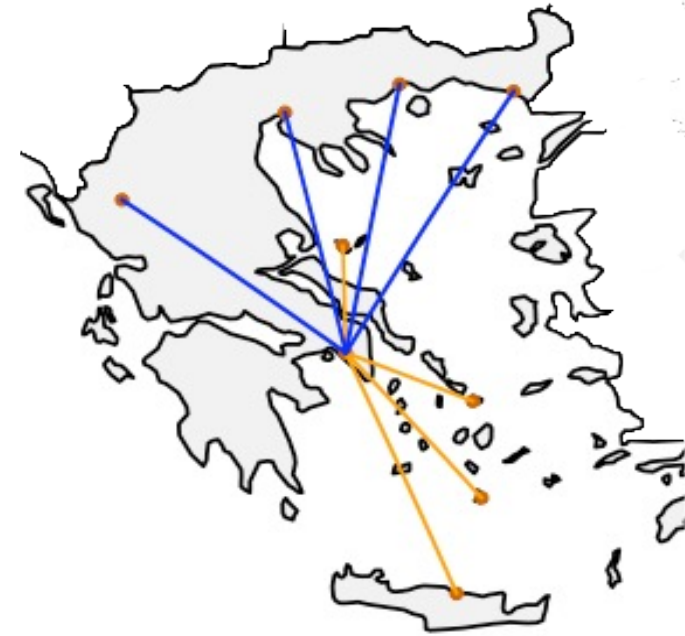
Ανάπτυξη μοντέλου-4 – Κίνηση εσωτερικού



Οι εμβολιασμοί αποτελούν τη μεταβλητή με τη **μεγαλύτερη** επίδραση.

Ισχυρή **αρνητική συσχέτιση** παρουσιάζει η αυστηρότητα του lockdown με την αεροπορική κίνηση.

Πτήση πραγματοποιούμενη από low-cost εταιρεία μεταφέρει **42 παραπάνω** επιβάτες από αντίστοιχη full-service.



Μεταβλητή	Συντελεστής	Std. Error	t-value	Pr(> t)
stringency	-0,5303	0,0160	-33,053	<2,2e-16***
deathsgr	-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***
R ²	0,3874			

- Ισχυρή **ανομοιογένεια** αεροδρομίων, συσχετιζόμενη με τις ανεξάρτητες μεταβλητές
- Μοντέλο **σταθερών** επιδράσεων
- 4 ηπειρωτικά-4 νησιωτικά αεροδρόμια 48.8% της συνολικής εγχώριας κίνησης
- $(\text{Επιβάτες/πτήση})_{it} = -0,5303 * (\text{Αυστηρότητα lockdown})_{it} - 1,2521 * (\text{Νέοι Θάνατοι})_{it} + 0,5302 * (\text{Ποσοστό Εμβολιασμών})_{it} + 34,33 * (\text{Προγραμματισμένη πτήση})_{it} + 10,2046 * (\text{Τουριστική περίοδος})_{it} + 59,7205 * (\text{Full-Service εταιρεία})_{it} + 102,2686 * (\text{Low-Cost εταιρεία})_{it} + a_{it} + u_{it}$



- 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.
- Ο αριθμός νέων κρουσμάτων **δεν αποτελεί σημαντική μεταβλητή** για καμία ομάδα χωρών. Ενδεχομένως με τη πρόοδο των φαρμακευτικών αγωγών και την εξασθένιση του ιού, ο αριθμός κρουσμάτων έπαψε να αποτελεί καθοριστική παράμετρο.





- Τη μεγαλύτερη συσχέτιση με την επιβατική κίνηση, μεταξύ των περιοριστικών μέτρων της πανδημίας, παρουσιάζει ο **δείκτης αυστηρότητας lockdown**. Η αυστηρότητα των περιορισμών κοινωνικής κινητικότητας επηρεάζει τόσο τις ανάγκες μετακίνησης όσο και την αντιληπτή επικινδυνότητα των μαζικών μετακινήσεων.
- 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.
- 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, 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.





Αξιοποίηση των μοντέλων για την επιλογή των πλέον **αποτελεσματικών μέτρων προστασίας, πρόληψης και ανάκαμψης** έναντι της πανδημίας αλλά και μελλοντικών υγειονομικών κρίσεων.



Αξιοποίηση από αεροπορικούς φορείς με στόχο, τη **βελτιστοποίηση** της οργάνωσης και λειτουργίας των εταιρειών (α/φ-προγραμματισμός-τιμολόγηση) αλλά και την **αναδιοργάνωση** του εξυπηρετούμενου δικτύου.



Ανάπτυξη **εφαρμογής** έξυπνων κινητών τηλεφώνων, η οποία αξιολογώντας δεδομένα εξέλιξης της πανδημίας, περιοριστικά μέτρα και αεροπορικές μεταβλητές, θα μπορεί να προβλέπει και να ενημερώνει για τις **συνθήκες συνωστισμού** εντός του αεροσκάφους (load factor).





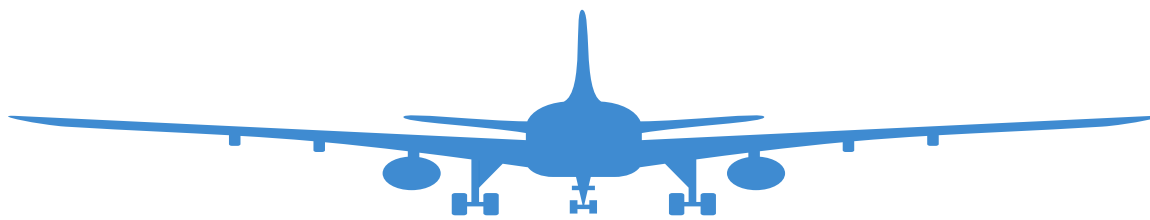
Διαχωρισμός του χρονικού πλαισίου μελέτης στα **επιμέρους «κύματα»** ώστε να εξεταστεί η κινητικότητα σε κάθε φάση εξέλιξης της πανδημίας

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.



Ευχαριστώ για τη προσοχή σας!





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

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