



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΗΣ ΕΞΑΠΛΩΣΗΣ ΤΟΥ COVID-19 ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ  
ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΑΥΞΗΜΕΝΗΣ ΜΑΡΚΟΒΙΑΝΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ ΔΙΑΚΡΙΤΟΥ  
ΧΡΟΝΟΥ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ARIMA**

Υπό  
**ΜΟΥΣΤΑΚΑΛΗΣ ΜΑΡΤΙΝΟΣ- ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ  
ΣΚΕΥΟΦΥΛΑΞ ΓΡΗΓΟΡΗΣ**

**Διπλωματική Εργασία**

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των απαιτήσεων για  
την απόκτηση του Διπλώματος Μηχανολόγου Μηχανικού

Βόλος, 2021



**ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΗΣ ΕΞΑΠΛΩΣΗΣ ΤΟΥ COVID-19 ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ  
ΑΥΞΗΜΕΝΗΣ ΜΑΡΚΟΒΙΑΝΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ ΔΙΑΚΡΙΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΩΝ  
ARIMA**

ΜΟΥΣΤΑΚΑΛΗΣ ΜΑΡΤΙΝΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 2021

ΣΚΕΥΟΦΥΛΑΞ ΓΡΗΓΟΡΗΣ

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 2021

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Γεώργιος Λυμπερόπουλος,  
Καθηγητής Στοχαστικών Μεθόδων στη Διοίκηση Παραγωγής

**Περίληψη**

Το περασμένο έτος ήταν αναμφισβήτητα πρωτόγνωρο, όχι μόνο για τη χώρα μας αλλά και για ολόκληρη την οικουμένη, λόγω της πανδημίας του *κορωνοϊού*, η οποία εμφανίστηκε στην Ελλάδα περί τα τέλη του Φεβρουαρίου 2020 και παραμένει η μεγαλύτερη πρόκληση για τη δημόσια υγεία της χώρας μέχρι και σήμερα. Πραγματοποιήθηκε μια ενδελεχής έρευνα για τη μελέτη του ρυθμού εξάπλωσης του ιού σε σχέση με τα μέτρα απομόνωσης, με σκοπό την πρόβλεψη της εξέλιξης της νόσου. Αξιοποιώντας ένα μοντέλο Μαρκοβιανής αλυσίδας Υπόπτου-Εκτεθειμένου-Νοσώντα-Ιατρεμένου δόθηκαν τιμές στο ποσοστό θνησιμότητας, στη μεταδοτικότητα του ιού και στο ποσοστό κρίσιμων περιστατικών. Με τη χρήση ενός προγράμματος για στατιστική έρευνα (SPSS) μελετήθηκε και αναλύθηκε το ίδιο ακριβώς πρόβλημα ως ένα μοντέλο ARIMA με εποχικότητα το οποίο εξερίχθη περεταίρω στη συνέχεια. Αυτό επιτεύχθηκε καθώς στο υπάρχον πρόβλημα προστέθηκαν σχετικοί παράγοντες που επηρεάζουν την εξάπλωση του ιού.

**Λέξεις-κλειδιά:** *κορωνοϊός, Μαρκοβιανή αλυσίδα, ARIMA, πανδημία, πρόγνωση κρουσμάτων-θανάτων-νοσηλευόντων.*

# FORECASTING OF COVID-19 SPREAD USING A DISCRETE TIME MARKOVIAN CHAIN AND ARIMA MODELS

MOUSTAKALIS MARTINOS-DIMITRIOS

Department of Mechanical Engineering, University of Thessaly, 2021

SKEVOFYLAX GRIGORIOS

Department of Mechanical Engineering, University of Thessaly, 2021

Supervisor: DR GEORGE LYBEROPOULOS

Professor of Production Management

## Abstract

Last year was undoubtedly unprecedented, not just for Greece, but for the entire world, due to the coronavirus disease, which first appeared in Greece around mid to late February of 2020 and still remains one of the biggest challenges threatening the public health of the country.

Thorough research was conducted to evaluate the rate of virus spread in relation to isolation measures, in order to predict and assess the diseases progress and growth in the future. Mortality rate, virus transmissibility and critical incidence rate were given values by utilizing a Suspect-Exposed-Sick-Treated Markov Chain model. Using a statistical research program (SPSS), the exact same problem was studied and analyzed as an ARIMA model with seasonality which later evolved further. This was achieved by adding to the existing problem, relative factors that affect the spread of the virus.

**Key words:** Markov chain model, Coronavirus, pandemic, ARIMA, Covid-19, forecast, statistical research

# Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή .....	8
1.1 Κίνητρο και Υπόβαθρο .....	8
1.2 Η κοινωνικο-οικονομική αντίδραση της Ελλάδας στην πανδημία COVID-19 .....	13
1.3 Συνέπειες της πανδημίας στην Ελλάδα .....	15
1.4 Σκοπός και διάρθρωση εργασίας.....	16
Κεφάλαιο 2. Μοντέλα πρόβλεψης της εξάπλωσης του Covid-19.....	18
2.1 Ανασκόπηση βιβλιογραφίας .....	18
2.2 Μεγάλα δεδομένα (Big Data).....	19
2.3 Δεδομένα κοινωνικών μέσων δικτύωσης / Δεδομένα άλλων μέσων επικοινωνίας.....	22
2.4 Στοχαστική Θεωρία / Μαθηματικά Μοντέλα .....	23
2.5 Τεχνικές Επιστήμης Δεδομένων / Μηχανικής Μάθησης.....	26
2.6 Προκλήσεις μοντέλων πρόβλεψης.....	28
Κεφάλαιο 3. Συλλογή και ανάλυση δεδομένων .....	30
3.1 Δομή κύριας βάσης δεδομένων .....	30
3.2 Επέκταση βάσης δεδομένων με την προσθήκη των εμβολιασθέντων .....	39
Κεφάλαιο 4. Προγνωστικό Μοντέλο αυτοπαλίνδρονουμένων μοντέλων κινητού μέσου όρου ARIMA και Υπόβαθρο.....	43
4.1 Παράμετροι προβλήματος .....	43
4.2 Καθορισμός του θεωρητικού μοντέλου.....	54
4.3 Διαδικασία σύνθεσης του μοντέλου.....	65
Κεφάλαιο 5. Αποτελέσματα σεναρίων πρόβλεψης.....	74
5.1 Θεμελιώδες μοντέλο πρόβλεψης κρουσμάτων.....	76

5.2 Γενικευμένο μοντέλο πρόβλεψης κρουσμάτων με επιλεγμένο διάστημα .	83
5.3 Μοντέλο πρόβλεψης εβδομαδιαίων κρουσμάτων .....	87
5.4 Μοντέλο πρόβλεψης του Ευάλωτου πληθυσμού .....	90
5.5 Μοντέλο πρόβλεψης με βάση τους παράγοντες διασποράς του ιού .....	93
5.5.1 Προγνωστικό μοντέλο λαμβάνοντας υπόψη τα εβδομαδιαία κρούσματα.....	94
5.5.2 Προγνωστικό μοντέλο λαμβάνοντας υπόψη τα εβδομαδιαία κρούσματα, την αυστηρότητα των μέτρων και τον ευάλωτο πληθυσμό.....	100
5.5.3 Προγνωστικό μοντέλο λαμβάνοντας υπόψη τα εβδομαδιαία κρούσματα, την αυστηρότητα των μέτρων , τον ευάλωτο πληθυσμό και την θερμοκρασία .....	105
5.6 Μοντέλο πρόβλεψης κρουσμάτων ανά περιφέρεια .....	111
5.7 Μοντέλο πρόβλεψης μακροχρόνιου ορίζοντα λαμβάνοντας υπόψη τους παράγοντες διασποράς του ιού .....	118
Κεφάλαιο 6. Μοντέλο αυξημένης Μαρκοβιανής αλυσίδας διακριτού χρόνου για τη πρόβλεψη του κορονοϊού (Μοντέλο Chen) .....	120
6.1 Γενική περιγραφή μοντέλου .....	120
6.2 Εφαρμογή μοντέλου.....	126
Κεφάλαιο 7: Αποτελέσματα χρήσης μοντέλου Μαρκοβιανής αλυσίδας.....	130
Κεφάλαιο 8. Συμπεράσματα σεναρίων πρόβλεψης.....	163
8.1 Συμπεράσματα σεναρίων πρόβλεψης με μεθόδους ARIMA.....	163
8.1.1 Συμπεράσματα προβλεπτικών μοντέλων ARIMA ημερήσιων κρουσμάτων βραχυχρόνιου ορίζοντα.....	163
8.1.2 Συμπεράσματα προβλεπτικών μοντέλων ARIMA ημερήσιων κρουσμάτων μακροχρόνιου ορίζοντα καθώς και ευάλωτου πληθυσμού .....	166
8.2 Συμπεράσματα μοντέλου αυξημένης Μαρκοβιανής αλυσίδας διακριτού χρόνου.....	167

Κεφάλαιο 9. Επίλογος – Προτάσεις για μελλοντική έρευνα .....	169
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	171

## Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

### 1.1 Κίνητρο και Υπόβαθρο

Στο πέρασμα των αιώνων η ανθρωπότητα περιοδικά αντιμετωπίζει απειλές με τη μορφή πανδημιών. Οι συνέπειες αυτών των πανδημιών είχαν πάντα τεράστιο αντίκτυπο σε πολλά επίπεδα. Σήμερα ο COVID-19, η τρέχουσα καταστροφική πανδημία, επηρεάζει ολόκληρο τον κόσμο τόσο σε κοινωνικό όσο και οικονομικό επίπεδο . Όχι μόνο οι οικονομίες καταρρέουν, αλλά επίσης και το ηθικό των εθνών πλήττεται σοβαρά.

Για να εκτελεστούν ακριβείς προβλέψεις, η κατανόηση της φυσικής εξέλιξης της νόσου είναι πολύ σημαντική. Μια ασθένεια γενικά εξελίσσεται λόγω της έκθεσης στη λοίμωξη. Λόγω αυτής της έκθεσης σχηματίζονται ξενιστές της λοίμωξης. Οι ξενιστές αναφέρονται στην ομάδα των ανθρώπων που είναι πιο ευαίσθητοι να επηρεαστούν. Όταν ένας μολυσμένος ξενιστής έρχεται σε επαφή με περισσότερα άτομα, τότε η ασθένεια αρχίζει να εξαπλώνεται. Η εικόνα 1.1 απεικονίζει τον σχηματισμό και την εξέλιξη των ξενιστών [1].



Εικόνα 1.1 Ο σχηματισμός και η εξέλιξη των ξενιστών



Οι ασθένειες όπως COVID-19, SARC, πανούκλα, κ.λπ., είναι επίκτητες ασθένειες, δηλαδή ασθένειες που εξαπλώνονται μέσω παθογόνων παραγόντων (ιούς ή βακτήρια ή οποιοσδήποτε μικροοργανισμός). Στην βιβλιογραφία ορίζεται ένα παραδοσιακό μοντέλο για τα αίτια των μολυσματικών ασθενειών. Ονομάζεται επιδημιολογική τριάδα. Αυτό το μοντέλο επιτρέπει την αξιολόγηση της αιτιότητας και των αλληλεπιδράσεων των παραγόντων που διαδίδουν μια μολυσματική ασθένεια. Η τριάδα είναι μια μεθοδολογία που χαρακτηρίζει μολυσματικές ασθένειες, διότι αναγνωρίζει την αλληλεπίδραση μεταξύ του περιβαλλοντικού παράγοντα, του ιού και του ξενιστή. Μελέτες επιδημιολογικής φύσης επικεντρώνονται στον προσδιορισμό της αιτιότητας, της μετάδοσης, των ιστορικών κλινικών αρχείων, της γνώσης των περιβαλλοντικών παραγόντων που, σε αλληλεπίδραση με τον ιό, δημιουργούν ένα περιβάλλον για την αναπαραγωγή της μολυσματικής νόσου στον ξενιστή. Τα συστατικά που αποτελούν την επιδημιολογική τριάδα μπορούν να ποικίλουν κατά τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργούν την απαραίτητη αλληλεπίδραση μεταξύ του περιβάλλοντος, του ιού και του ξενιστή, έτσι ώστε η ασθένεια να έχει ένα περιβάλλον που ευνοεί τον πολλαπλασιασμό της. [2].

Ο τύπος της επιδημίας καθορίζει το ποσοστό θνησιμότητας της νόσου. Τα τελευταία χρόνια, διαπιστώθηκε ότι, λόγω της αλλαγής του τρόπου ζωής, της αύξησης των παγκόσμιων μεταφορών και της αστικοποίησης, οι μολυσματικές ασθένειες μετατρέπονται γρήγορα σε πανδημία. Για να αποφευχθεί αυτό, πρέπει να εφαρμοστούν αποφασιστικές και πολλές φορές σκληρές πολιτικές. Διαφορετικά, η κατάσταση μπορεί να πάρει μια άσχημη τροπή γρήγορα. Από την αρχή της η ανθρωπότητα αντιμετώπισε επιδημίες και πανδημίες. Η πρώτη επιδημία που αντιμετώπισε ήταν στις αρχές του 1300 που ονομαζόταν μαύρος θάνατος. Ήταν μια από τις χειρότερες πανδημίες που έχει δει η ανθρωπότητα. Αυτή η επιδημία αφαίρεσε εκατομμύρια ζωές. Έχει παρατηρηθεί ότι αυτή η ασθένεια περισσότερο στόχευε τους ηλικιωμένους και τα άτομα που εκτίθονταν σε ψυχολογικούς στρες [3, 4]. Η επόμενη πανδημία που αντιμετώπισαν οι άνθρωποι ήταν στις αρχές της δεκαετίας του 1500 που ονομάζεται ευλογιά όπου παρατηρήθηκε 50% ποσοστό θνησιμότητας [5]. Ακολούθως η ανθρωπότητα έπρεπε να αντιμετωπίσει μια από τις πιο θανατηφόρες πανδημίες την πανδημία της χολέρας, η οποία αφαίρεσε περισσότερες από 1,5 εκατομμύρια ζωές [6] Μετά από αυτό, το 1918 παρατηρήθηκε ακόμα μια καταστροφική πανδημία, αυτή της γρίπης της Ισπανίας. Αυτή η πανδημία πήρε 20-110 εκατομμύρια ζωές. Το 1957,

εμφανίστηκε η πανδημία γρίπης της Ασίας, η οποία αφαίρεσε σχεδόν 0,7-1,5 εκατομμύρια ζωές [6, 7].

Στην συνέχεια το 1981, ο κόσμος γνώρισε μια νέα πανδημία: το HIV / AIDS. Παρατηρήθηκε ότι περισσότεροι από 70 εκατομμύρια ασθενείς μολύνθηκαν από τον ιό. Σύμφωνα με τον ΠΟΥ, 36,7 εκατομμύρια θάνατοι σημειώθηκαν λόγω αυτής της πανδημίας [8, 9].

Μετά την πανδημία HIV / AIDS, ο κόσμος γνώρισε ένα νέο κύμα διαφορετικών πανδημιών που ξεκίνησε με το SARS το 2003. Αυτή η πανδημία επηρέασε 4 ηπείρους και 37 χώρες σε ολόκληρο τον κόσμο [10, 11]. Το 2009 σημειώθηκε πανδημία γρίπης των χοίρων στην οποία αναφέρθηκαν περίπου 151.700–575.500 θάνατοι [12, 13]. Η πανδημία SARS ακολουθήθηκε από την πανδημία MERS το 2012. Έπληξε 22 χώρες σε ολόκληρο τον κόσμο [14]. Στη συνέχεια, δύο πανδημίες ακολούθησαν το MERS. Πρώτη ήταν η πανδημία Έμπολα το 2013, ακολουθούμενη από την πανδημία Ζίκα το 2015. Και οι δύο πανδημίες ανέφεραν θανάτους σε χιλιάδες άτομα [15, 16].

Επί του παρόντος, ολόκληρος ο κόσμος παρακολουθεί την πανδημία COVID-19. Περισσότερες από 100 χώρες έως σήμερα επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τον COVID-19. Αυτός ο αριθμός αυξάνεται καθώς κάθε μέρα περνά.

Καθ' όλη την ιστορία αυτών των επιδημιών, παρατηρήθηκε γενικά ότι με την πάροδο του χρόνου, αυτές οι επιδημίες κλιμακώθηκαν σε πανδημίες. Μια επιδημία κλιμακώνεται σε πανδημία όταν η κατάσταση ξεφεύγει από τον έλεγχο στην τοπική πηγή όπου παρατηρήθηκε η εξάπλωση της επιδημίας.

Οι άνθρωποι στην αρχή της πανδημίας δεν ήταν ενήμεροι για τα προκλινικά συμπτώματα και τους τρόπους αντιμετώπισής του. Ένας ακόμη σημαντικός παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι ότι πολλοί άνθρωποι που έχουν προκλινικά συμπτώματα δεν φτάνουν εγκαίρως στα νοσοκομεία λόγω αμέλειας ή φόβου θετικών εξετάσεων για την ασθένεια. Εάν κάποιος έχει τα συμπτώματα, πρέπει να το αντιδράσει το συντομότερο δυνατό. Αυτό μπορεί να βοηθήσει στην διάσωση πολλών ζωών. Εάν ένα πρώιμο ξέσπασμα σε

οποιοδήποτε έθνος ελεγχθεί επιτυχώς, τότε η κατάσταση μπορεί να αποφευχθεί να μετατραπεί σε πανδημία.

Όποτε συμβαίνουν αυτές οι πανδημίες, οι παγκόσμιες οικονομίες πλήττονται κυρίως. Πρέπει να επενδυθούν δισεκατομμύρια δολάρια για τον έλεγχο της επιδημίας καθώς και για την ανάπτυξη εμβολίου για τη νέα ασθένεια [17].

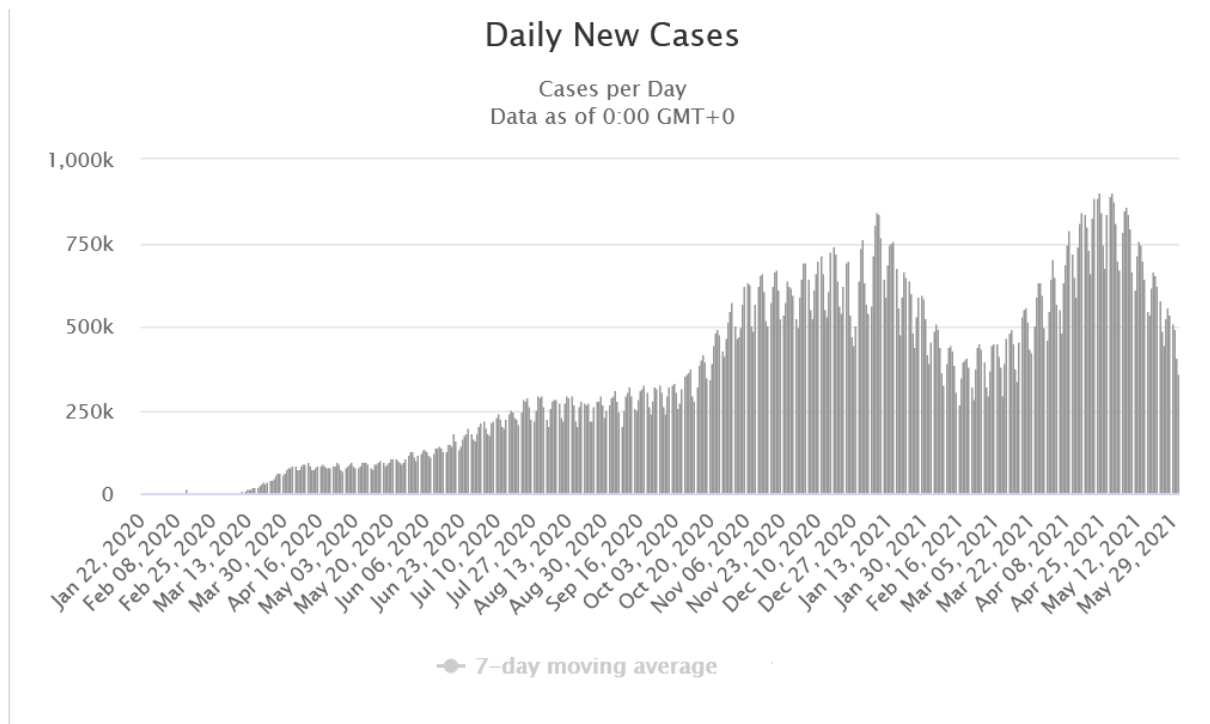
Κατά τη μελέτη μιας επιδημίας ή της εξάπλωσης οποιασδήποτε ασθένειας είναι πρώτιστης σημασίας να ληφθούν υπόψη όλοι οι σχετικοί παράγοντες. Για να προβλεφθεί η εξάπλωση της πανδημίας HIV / AIDS, το μοντέλο Karlan χρησιμοποιήθηκε στην μελέτη [19]. Όμως, η πρόβλεψη επικεντρώθηκε στους τοξικομανείς χρησιμοποιώντας εγχυτήρα / σύριγγα. Ως εκ τούτου, η μελέτη επικεντρώθηκε στο μοτίβο εξάπλωσης που σχετίζεται με τη συγκεκριμένη ομάδα ανθρώπων. Όσον αφορά το MERS προκειμένου να αναλυθεί η διαδρομή μετάδοσης του, χρησιμοποιήθηκαν δένδρα αποφάσεων και αργiori αλγόριθμοι στην μελέτη [20]. Στην έρευνα [21] χρησιμοποιήθηκε μια μέθοδος μέγιστης πιθανότητας για την εκτίμηση της εξάπλωσης της επιδημίας SARS χρησιμοποιώντας την κατασκευή φυλογενετικού δέντρου. Στην έρευνα [22] η μέθοδος SVM (Support Vector Machines) χρησιμοποιήθηκε για την αντιμετώπιση του ίδιου προβλήματος. Επίσης ένα νευρωνικό μοντέλο πρόβλεψης χρησιμοποιήθηκε στην μελέτη [23] για επιδημιολογική πρόβλεψη για τη γρίπη των χοίρων.

Μέχρι την στιγμή συγγραφής της παρούσας διπλωματικής εργασία τα κρούσματα του Κορονοϊού καθώς επίσης και οι θάνατοι και αυτοί κατάφεραν να επιβιώσουν της ασθένειας φαίνονται κάτωθι [75]

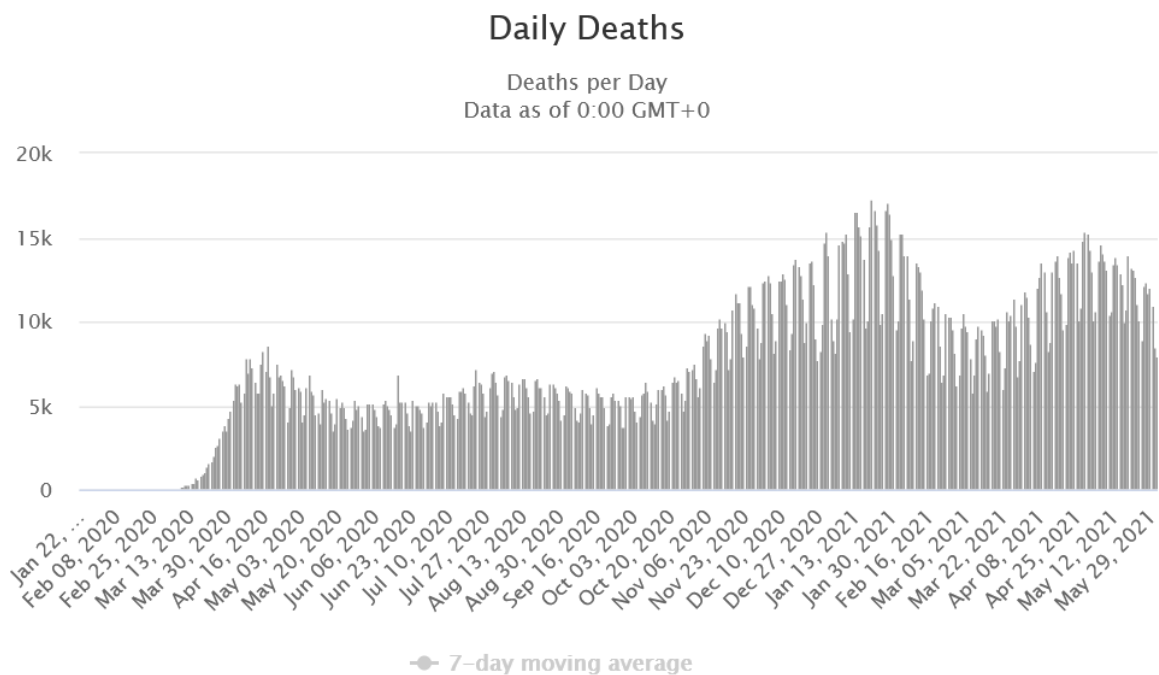
**Κρούσματα:** 171,475,750

**Θάνατοι:** 3,565,352

**Αριθμός ατόμων που ανάρρωσαν:** 153,787,686



Εικόνα 1.2 Ημερήσια νέα κρούσματα [75]



Εικόνα 1.3 Ημερήσιοι θάνατοι [75]

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα ανωτέρω είναι θεμελιώδους σημασίας η εύρεση ενός μοντέλου πρόβλεψης για τον Κορονοϊό καθώς μέσω αυτού το ήδη δύσκολο έργο των λήψεων αποφάσεων θα καταστεί ευκολότερο

## **1.2 Η κοινωνικο-οικονομική αντίδραση της Ελλάδας στην πανδημία COVID-19**

Στα τέλη Φεβρουαρίου 2020, μετά την πρώτη επιβεβαιωμένη περίπτωση COVID-19 στην Ελλάδα, η Ελληνική κυβέρνηση υιοθέτησε μέτρα κοινωνικής απόστασης για να περιορίσει την εξάπλωση του κοροναϊού. Στις αρχές Μαρτίου 2020, ανακοίνωσε σχεδόν ένα καθολικό lock down, μαζί με το κλείσιμο όλων των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων και των μη απαραίτητων επιχειρήσεων. Αυτά τα μέτρα συνοδεύτηκαν από διάφορα μέτρα προστασίας του εισοδήματος και της απασχόλησης για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της πανδημίας. Δόθηκε έμφαση στην ενίσχυση του συστήματος υγειονομικής περίθαλψης (υποδομή και ικανότητα εργατικού δυναμικού) έτσι ώστε να ανταποκρίνεται στις συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες που προκύπτουν από την πανδημία, ενώ δημιουργήθηκε ένα είδος δικτύου κοινωνικής ασφάλειας για την προστασία των πιο ευάλωτων ομάδων του πληθυσμού και για να μειωθούν ως κάποιον βαθμό οι πιο εμφανείς επιπτώσεις της κρίσης.

Επίσης οι αρχές υιοθέτησαν ορισμένα μέτρα στήριξης του εισοδήματος για τους ανέργους. Συγκεκριμένα, αυτά ήταν:

- i) η παράταση των τακτικών και μακροχρόνιων παροχών ανεργίας έως τον Ιούλιο του 2020 για τους δικαιούχους των οποίων οι παροχές έληξαν κατά τους πρώτους τρεις μήνες του 2020
- ii) η παράταση του επιδόματος ανεργίας για περίπου 120.000 εποχιακούς εργαζόμενους έως τον Σεπτέμβριο του 2020
- iii) μια ad-hoc πληρωμή οικονομικής στήριξης ύψους 400 € σε όλους τους εγγεγραμμένους μακροχρόνια άνεργους που δεν είναι επιλέξιμοι για το επίδομα μακροχρόνιας ανεργίας (δηλαδή περίπου 168.000 άτομα).

Πρέπει να σημειωθεί ότι όλες οι υπηρεσίες του Ελληνικού Οργανισμού Απασχόλησης Εργατικού Δυναμικού (ΟΑΕΔ) παρέχονται ηλεκτρονικά, συμπεριλαμβανομένης της διαδικασίας αίτησης εγγραφής στον ΟΑΕΔ.

Επιπλέον, η κυβέρνηση εισήγαγε μια σειρά μέτρων αποζημίωσης εισοδήματος. Ειδικότερα, χορηγήθηκε ειδική αποζημίωση ύψους 800 ευρώ για την περίοδο 45 ημερών από τις 15 Μαρτίου έως τις 30 Απριλίου 2020 και 534 ευρώ ανά μήνα μετά από αυτό, σε όλους τους μισθωτούς των οποίων οι συμβάσεις εργασίας (ανεξάρτητα από τον τύπο της σύμβασής τους, πλήρεις- μερική ή μερική απασχόληση) τέθηκαν σε αναστολή, εργάζονταν είτε σε επιχειρήσεις των οποίων η εργασία είχε ανασταλεί είτε σε επιχειρήσεις που επηρεάστηκαν σημαντικά: αυτό έγινε με βάση τους Κώδικες Επιχειρηματικής Δραστηριότητας. Η αποζημίωση ειδικού σκοπού δόθηκε επίσης στους αυτοαπασχολούμενους, τους ελεύθερους επαγγελματίες και τους ιδιοκτήτες επιχειρήσεων (με έως και 20 υπαλλήλους) που επηρεάστηκαν οικονομικά από το ξέσπασμα του COVID-19.

Αυτή η υποστήριξη εισοδήματος αναμένεται να μετριάσει τον αρνητικό αντίκτυπο στα εισοδήματα. Ωστόσο, δεδομένου ότι ο μέσος καθαρός μηνιαίος μισθός είναι περίπου 1.300 ευρώ, η αρνητική επίπτωση στα εισοδήματα θα είναι σημαντική. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι εργοδότες θα αποζημιωθούν πλήρως για τις εισφορές κοινωνικής ασφάλισης όλων των μισθωτών των οποίων οι συμβάσεις εργασίας είχαν ανασταλεί.

Μια συγκεκριμένη πληρωμή οικονομικής στήριξης ύψους 600 € χορηγήθηκε επίσης σε ορισμένα ελεύθερα επαγγέλματα (δηλαδή οικονομολόγους / λογιστές, μηχανικούς, δικηγόρους, γιατρούς, εκπαιδευτικούς και ερευνητές). Ο συνολικός αριθμός των δικαιούχων ήταν περίπου 180.000, με εκτιμώμενο προϋπολογισμό 120 εκατομμύρια ευρώ.

Επιπλέον, χορηγήθηκε ειδική μείωση (40%) του μισθώματος για την περίοδο Μαρτίου-Ιουνίου 2020 για: i) την ενοικιαζόμενη κύρια κατοικία των εργαζομένων που εργάζονται σε επιχειρήσεις οι οποίες ήταν υποχρεωμένες να αναστείλουν τις εργασίες τους ii) την ενοικιαζόμενη κύρια κατοικία των μισθωτών των οποίων οι συμβάσεις εργασίας είχαν ανασταλεί iii) ενοικιαζόμενες από φοιτητές κατοικίες παιδιών των δύο παραπάνω κατηγοριών. Όλα τα ανωτέρω μέτρα επηρέασαν και επηρεάζουν μέχρι και σήμερα σε μεγάλο βαθμό την οικονομία της Ελλάδος.

### 1.3 Συνέπειες της πανδημίας στην Ελλάδα

Όπως συμβαίνει στα περισσότερα κράτη μέλη της ΕΕ, η πανδημία COVID-19 είχε σημαντικές συνέπειες και για την Ελληνική οικονομία. Η οικονομική αναστάτωση και, κατά συνέπεια, οι μεγάλες απώλειες θέσεων εργασίας αναμένεται να αυξήσουν το ήδη υψηλό ποσοστό ανεργίας, ενώ η μείωση των διαθέσιμων εισοδημάτων μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική αύξηση του μεριδίου των ατόμων που κινδυνεύουν από φτώχεια ή κοινωνικό αποκλεισμό τα επόμενα χρόνια. Αυτές οι εξελίξεις, με τη σειρά τους, αναμένεται να αυξήσουν τον αριθμό των ατόμων που χρειάζονται κοινωνική προστασία, ασκώντας σημαντική πίεση στο σύστημα κοινωνικής προστασίας. Σε αυτό το πλαίσιο, και προκειμένου να υποστηρίξει την απασχόληση και να βοηθήσει τις επιχειρήσεις να διατηρήσουν θέσεις εργασίας πλήρους απασχόλησης στον ιδιωτικό τομέα, η κυβέρνηση ξεκίνησε έναν νέο μηχανισμό επιδότησης απασχόλησης που ονομάζεται «Syn-Ergasia». Αυτός ο μηχανισμός τέθηκε σε εφαρμογή από τις 15 Ιουνίου έως τις 15 Οκτωβρίου, χρηματοδοτούμενος από το νεοσυσταθέν ευρωπαϊκό μέσο προσωρινής στήριξης για τον περιορισμό των κινδύνων ανεργίας σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης (SURE). Σύμφωνα με τη σχετική Υπουργική Απόφαση, οι εργοδότες μπορούν να μειώσουν, έως και 50%, τις εβδομαδιαίες ώρες εργασίας του προσωπικού τους, με αντίστοιχη μείωση του μισθού τους. Αυτή η μείωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μισθωτούς που εργάζονταν με σύμβαση εργασίας πλήρους απασχόλησης στις 30 Μαΐου 2020. Τα άτομα με μερική απασχόληση και τα άτομα των οποίων η σύμβαση έχει ανασταλεί δεν είναι επιλέξιμα για αυτόν τον μηχανισμό. Το κράτος θα καλύψει το 60% της μείωσης του καθαρού μισθού των εργαζομένων, ενώ ο εργοδότης υποχρεούται να καλύψει το συνολικό ποσό των εισφορών κοινωνικής ασφάλισης. Με άλλα λόγια, οι εργαζόμενοι που εργάζονται με μειωμένες ώρες θα αποζημιώνονται σε μεγάλο βαθμό για τη μείωση του κανονικού μισθού τους, ενώ οι εισφορές κοινωνικής ασφάλισης θα καλύπτονται χωρίς απώλεια.

Σαφώς, επομένως, οι προκλήσεις που σχετίζονται με το COVID-19 που αντιμετωπίζει η χώρα βραχυπρόθεσμα και μεσοπρόθεσμα είναι:

- i) Η ενίσχυση της αποτελεσματικότητας του συστήματος υγειονομικής περίθαλψης ώστε να μπορεί να ανταποκριθεί και να διαχειριστεί μια ταχεία αύξηση των περιπτώσεων COVID-19
- ii) Η εξασφάλιση καθολικής κάλυψης υγειονομικής περίθαλψης, ειδικά για όσους ανήκουν σε ευάλωτες ομάδες
- iii) Η διασφάλιση της ορθής εφαρμογής των μέτρων προστασίας της απασχόλησης που εγκρίθηκαν (αναστολή σύμβασης, εναλλαγή θέσεων εργασίας κ.λπ.) προκειμένου να αποφευχθεί η περαιτέρω απορρύθμιση της αγοράς εργασίας
- iv) Η ενίσχυση των πολιτικών κοινωνικής προστασίας, ώστε να ανταποκρίνεται αποτελεσματικά στην ολοένα αυξανόμενη πίεση στο σύστημα κοινωνικής προστασίας.

Η εξασφάλιση επαρκών οικονομικών πόρων για χρήση με οικονομικά βιώσιμο τρόπο είναι ένα πρώτο βήμα για την επιτυχή αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων.

#### **1.4 Σκοπός και διάρθρωση εργασίας**

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη του ρυθμού εξάπλωσης του ιού σε σχέση με τα μέτρα απομόνωσης με σκοπό την πρόβλεψη του.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στις πανδημίες που έχουν πλήξει την ανθρωπότητα στο πέρασμα των χρόνων καθώς επίσης και στα προβλήματα που αυτές προκαλούν. Στην συνέχεια στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται κατηγοριοποίηση των υφιστάμενων μέχρι σήμερα, μοντέλων πρόβλεψης, σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες και βιβλιογραφική ανασκόπηση ανά κατηγορία μοντέλου. Στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρεται η μέθοδος που ακολουθήθηκε για την συλλογή και ανάλυση των δεδομένων. Ακολουθώς αναλύεται ο τρόπος επεξεργασίας των δεδομένων προκειμένου να εξαχθεί η πρόβλεψη των μελλοντικών τιμών τους με βάση τα μοντέλα αυτοπαλίνδρονουμένων μοντέλων κινητού μέσου όρου ARIMA. Στο πέμπτο κεφάλαιο αναλύεται η κάθε παραδοχή που χρησιμοποιήθηκε με σκοπό τη προσέγγιση της βέλτιστης πρόβλεψης για το ανωτέρω μοντέλο. Στην συνέχεια στο έκτο κεφάλαιο αναλύεται το μοντέλο αυξημένης Μαρκοβιανής αλυσίδας διακριτού χρόνου που χρησιμοποιήθηκε



στην Κίνα για τη μελέτη του κορονοϊού και στο έβδομο τα αποτελέσματα του συγκεκριμένου μοντέλου για εφαρμογή στον Ελλαδικό χώρο. Τέλος στο όγδοο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τα δυο μοντέλα πρόβλεψης και στο ένατο κεφάλαιο υπάρχει ο επίλογος καθώς και προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

## Κεφάλαιο 2. Μοντέλα πρόβλεψης της εξάπλωσης του Covid-19

### 2.1 Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

Γενικά στη βιβλιογραφία υπάρχει μεγάλος αριθμός διαφορετικών μοντέλων πρόβλεψης με βάση διάφορες τεχνικές και προερχόμενα από διαφορετικές πηγές. Το σύνολο των μοντέλων χωρίζονται γενικά στα ακόλουθα τέσσερα υποσύνολα:

- (α) Μοντέλα που βασίζονται σε μεγάλα δεδομένα (Big data)
- (β) Μοντέλα που βασίζονται σε δεδομένα από κοινωνικά μέσα δικτύωσης / άλλων μέσων επικοινωνίας (Social media/other communication media data).
- (γ) Μοντέλα προερχόμενα από στοχαστική θεωρία / μαθηματικά μοντέλα (Stochastic theory/mathematical models).
- (δ) Μοντέλα από Επιστήμη δεδομένων / Τεχνικές μηχανικής μάθησης. (Data science/Machine learning techniques)

Διάφορες στατιστικές, αναλυτικές, μαθηματικές και ιατρικές (συμπτωματικές και ασυμπτωματικές) παράμετροι λαμβάνονται υπόψη για τις αναλύσεις. Ωστόσο, οι σημαντικές παράμετροι που ισχύουν για όλα τα μοντέλα παρατίθενται κάτωθι:

- 1) Ημερήσιος αριθμός θανάτων.
- 2) Αριθμός φορέων.
- 3) Περίοδος επώασης.
- 4) Περιβαλλοντικές παράμετροι, δηλαδή θερμοκρασία, υγρασία, ταχύτητα ανέμου.
- 5) Ευαισθητοποίηση σχετικά με το COVID-19.
- 6) Διαθέσιμες ιατρικές εγκαταστάσεις.
- 7) Κοινωνική απόσταση, καραντίνα, απομόνωση.
- 8) Ποσοστό μετάδοσης.
- 9) Κινητικότητα.
- 10) Γεωγραφική θέση.
- 11) Ηλικία και φύλο.

- 12) Αρκετά και λιγότερο ευάλωτος πληθυσμός.
- 13) Υποκείμενα νοσήματα.
- 14) Στρατηγική - πολιτική αντιμετώπισης
- 15) Πυκνότητα πληθυσμού
- 16) Ακαθάριστο εγχώριο προϊόν

Εκτός από αυτές τις παραμέτρους, μπορεί να υπάρχουν πολλοί άλλοι παράγοντες που πρέπει να διερευνηθούν περαιτέρω. Η ακόλουθη ενότητα παρουσιάζει μια παραμετρική αξιολόγηση των μοντέλων, ταξινομώντας διάφορες μελέτες στις τέσσερις προαναφερθείσες κατηγορίες. Κάθε αξιολόγηση συνοδεύεται από τον πίνακα όπου αναφέρονται το σύνολο των μοντέλων που αντιστοιχούν σε εκάστη κατηγορία.

## 2.2 Μεγάλα δεδομένα (Big Data)

Η αποτελεσματικότητα της πρόβλεψης σε αυτά τα μοντέλα βασίζεται στην ποιότητα της πηγής δεδομένων που χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη. Τα αποτελέσματα της πρόβλεψης ενδέχεται να διαφέρουν ανάλογα με τις αλλοιώσεις στις πηγές δεδομένων. Η συγκέντρωση δεδομένων και οι τεχνικές μεγάλων δεδομένων παίζουν πάντα ζωτικό ρόλο στα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης [25–28]. Στη βιβλιογραφία, οι ερευνητές έχουν κάνει προβλέψεις με βάση πηγές δεδομένων που λαμβάνονται από επικυρωμένες εθνικές και διεθνείς πηγές. Εδώ, η ανάλυση του μεγάλου συνόλου δεδομένων γίνεται χρησιμοποιώντας διάφορες τεχνικές όπως μαθηματικές εξισώσεις ή τεχνικές μηχανικής μάθησης. Η Soumyabrata Bhattacharjee [29] παρουσίασε την επίδραση περιβαλλοντικών παραγόντων όπως η θερμοκρασία, η ταχύτητα του ανέμου και η υγρασία στον ρυθμό διάδοσης. Αυτή η ανάλυση γίνεται με βάση τα δεδομένα στα οποία έχει πρόσβαση ο ΠΟΥ και η τοπική βάση δεδομένων καιρού. Ο Toda [30] παρουσίασε σχήματα λήψης αποφάσεων αναλύοντας τα δεδομένα COVID-19 χωρών όπως η Κίνα, η Ιαπωνία, η Κορέα, οι ευρωπαϊκές χώρες και η Βόρεια Αμερική που αποκτήθηκαν από το Πανεπιστήμιο Johns Hopkins. Οι Caccavo [31], Siwiak et al. [32], Zareie et al. [33], Teles [34] και Russo [35] έχουν αναλύσει τις βάσεις δεδομένων COVID-19 που έχουν πρόσβαση από τον ΠΟΥ, τα εθνικά δεδομένα της Ιταλίας και το Johns Hopkins για να προβλέψουν το ποσοστό θνησιμότητας Οι Liu et al. [36]

παρουσίασαν τον αντίκτυπο των παρεμβάσεων ελέγχου ασθενειών και των περιορισμών κυκλοφορίας στο ποσοστό εξάπλωσης. Η ανάλυση έγινε στο σύνολο δεδομένων που ανακτήθηκε από τα Κέντρα Ελέγχου Νόσων των ΗΠΑ (CDC). Οι Nadim et al. [37], Pear Hossain et al. [38], Tarcísio et al. [39], Train et al. [40] έχουν παρουσιάσει τη σημασία της καραντίνας προκειμένου να μειωθεί ο ρυθμός εξάπλωσης του COVID-19. Οι Giordano et al. [41] παρουσίασαν την ανάλυση δεδομένων της Ιταλίας βάσει των εθνικών δεδομένων της Ιταλίας. Κοιτάζοντας την επίδραση της πανδημίας στην Ιταλία, η Giulia Giordano πρότεινε το μοντέλο SIDARTHE ((S), infected (I), diagnosed (D), ailing (A), recognized (R), threatened (T), healed (H) and extinct (E)) που βοηθά στον επαναπροσδιορισμό του αριθμού αναπαραγωγής. Αυτό το μοντέλο πρόβλεψης επιδημίας συγκρίνει την μολυσμένη πυκνότητα με το επίπεδο των συμπτωμάτων. Ο Wangring [42] παρουσίασε μια μελέτη στην οποία, τα δεδομένα COVID-19 από τις 22 Ιανουαρίου 2020 έως τις 16 Μαρτίου 2020, έχουν χρησιμοποιηθεί σε μορφή χρονοσειρών για ανάλυση. Η πρόβλεψη εκτιμήθηκε χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Markov Chain Monte Carlo και τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ο αριθμός αναπαραγωγής στην Ιταλία είναι 4,10 και 3,15 στο Hunan. Οι λεπτομέρειες των μοντέλων της βιβλιογραφίας που βασίστηκαν στα μεγάλα δεδομένα συνοψίζονται στον Πίνακα 2.1.

*Πίνακας 2.1 Μελέτες που βασίστηκαν σε μοντέλα πρόβλεψης COVID-19 μεγάλων δεδομένων (Big Data) [76]*

A/A	Πηγή	Περιοχή εφαρμογής	Πηγή δεδομένων	Παράμετροι	Σκοπός - Παρατηρήσεις
1	[29]	Κίνα	WHO, Local Weather Underground	Μέγιστη σχετική υγρασία, μέγιστη θερμοκρασία και υψηλότερη ταχύτητα ανέμου	Αντίκτυπος των περιβαλλοντικών παραγόντων στο ποσοστό κατανομής
2	[30]	Κίνα, Ιαπωνία, Κορέα, ευρωπαϊκές χώρες και Βόρεια Αμερική	Johns Hopkins University, GitHub	Ποσοστό μετάδοσης, ποσοστό μόλυνσης και ρυθμός ανάκτησης	Συστάσεις για τη λήψη αποφάσεων
3	[31]	Κίνα, Ιταλία	WHO, Johns Hopkins University	Ο μέσος αριθμός επαφών ανά άτομο ανά ώρα, κινητική ανάρρωσης, θάνατοι, αριθμός ευπαθών, μολυσμένων, ανάρρωσης και θανάτου	Πρόβλεψη αριθμού ασθενών με COVID-19
4	[32]	Γιουχάν, Κίνα	Johns Hopkins GitHub	Αριθμός ευπαθών ατόμων τον αριθμό των μολυσμένων ατόμων	Πρόβλεψη του ποσοστού θνησιμότητας

5	[33]	Ιράν	WHO	Ρυθμός μετάδοσης που εξαρτάται από το χρόνο, ο χρόνος ανάκτησης που εξαρτάται από το χρόνο και ο ρυθμός θνησιμότητας που εξαρτάται από το χρόνο	Πρόβλεψη του αριθμού COVID-19 ασθενείς τον επόμενο μήνα
6	[34]	Ιταλία, Πορτογαλία	Εθνικά δεδομένα της Ιταλίας	Αριθμός ευπαθών, εκτεθειμένων, ασυμπτωματικών μολυσμένων, ήπιων έως σοβαρών μολυσμένων ασθενών	Πρόβλεψη αριθμού ασθενών με COVID-19
7	[35]	Ιταλία	Εθνικά δεδομένα της Ιταλίας	Συνολικός πληθυσμός, αριθμός επιβεβαιωμένων ασθενών με COVID-19, αριθμός μολυσμένων ατόμων που δεν έχουν αναφερθεί, ανακτηθέντα άτομα, αριθμός θανάτων	Πρόβλεψη αριθμού ασθενών με COVID-19
8	[36]	US	Κέντρα Ελέγχου Νόσων των ΗΠΑ	Παρεμβάσεις ελέγχου ασθενειών και περιορισμοί κυκλοφορίας	Αντίκτυπος των παρεμβάσεων ελέγχου ασθενειών και περιορισμών κυκλοφορίας στο ποσοστό εξάπλωσης
9	[37]	Κίνα	WHO	Αριθμός ατόμων σε καραντίνα, αριθμός απομονωμένων ατόμων	Επίδραση της διαχείρισης των ασθενών καραντίνας και απομόνωσης στο ποσοστό εξάπλωσης
10	[38]	Κίνα	Βάση δεδομένων της Διεθνούς Ένωσης Αερομεταφορών, Κινεζικό Κέντρο Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων	Κινητικότητα, καραντίνα	Αντίκτυπος του ελέγχου των συνόρων και της καραντίνας στο μέγεθος της εξάπλωσης
11	[39]	Βραζιλία	WHO	Αριθμός ευπαθών, εκτεθειμένων, μολυσματικών και ανακτημένων ασθενών	Προτεινόμενη χάραξη πολιτικής για την αποφυγή εστιών σε μητροπολιτικές πόλεις
12	[40]	Ιταλία	Εθνικά δεδομένα της Ιταλίας	Ρυθμός επαφής, ο ρυθμός μετάδοσης	Επιπτώσεις της καραντίνας στο ρυθμό εξάπλωσης
13	[41]	Ιταλία	Εθνικά δεδομένα της Ιταλίας	Ποσοστό μετάδοσης, πιθανότητα ανίχνευσης, θνησιμότητας και ανάκαμψης	Πρόβλεψη αριθμού ασθενών με COVID-19
14	[42]	Ιταλία	Johns Hopkins University	Έγκαιρη ανίχνευση και απομόνωση ατόμων με συμπτώματα, περιορισμούς κυκλοφορίας, ιατρική παρακολούθηση και έλεγχος εισόδου ή εξόδου	Αντίκτυπος των πολιτικών στο ποσοστό εξάπλωσης

## 2.3 Δεδομένα κοινωνικών μέσων δικτύωσης / Δεδομένα άλλων μέσων επικοινωνίας

Σε αυτήν την ψηφιακή εποχή, οι επικοινωνία μέσω των κοινωνικών μέσων και οι αναζητήσεις στο Διαδίκτυο είναι οι πιο εύκολα προσβάσιμες πλατφόρμες που μπορούν να παρέχουν περισσότερες πληροφορίες σχετικά με το COVID-19. Τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης και η αναζήτηση Ιστού συσχετίζονται με τον αριθμό των καθημερινών περιπτώσεων COVID- 19. Έχοντας αυτό υπόψη, κάποιοι ερευνητές έχουν λάβει σύνολα δεδομένων από το Google, τις μηχανές αναζήτησης Baidu [43, 44], τα κινητά τηλέφωνα [44, 45], τις εφημερίδες [50] και διάφορους ιστότοπους [47–48] όπως το Github [49] για μια συγκεκριμένη χρονική διάρκεια. Η ανάλυση αυτών των συνόλων δεδομένων γίνεται με διάφορες τεχνικές, δηλαδή τεχνικές μηχανικής εκμάθησης ή μαθηματικές εξισώσεις / στοχαστική θεωρία βάσει των παραμέτρων που συζητήθηκαν νωρίτερα. Οι Zhu et al. [45] έχουν παρουσιάσει ένα χωρικά πανδημικό μοντέλο για την πρόβλεψη του αριθμού των θανάτων. Αυτή η μελέτη στοχεύει να δημιουργήσει ένα μοντέλο πρόβλεψης που θα αναλύσει την ανάπτυξη του ιού με πρόβλεψη για τον επόμενο μήνα, λαμβάνοντας υπόψη την υπάρχουσα δυναμική του COVID-19. Τρία διαφορετικά σενάρια ελήφθησαν υπόψη για τη μελέτη που περιλαμβάνει κατοίκους, κατοίκους με ιστορικό ταξιδιού από την Wuhan και κατοίκους που έχουν πληγεί ως αποτέλεσμα τοπικής επιδημίας. Ο ρυθμός αποσύνθεσης έχει επίσης εισαχθεί στη μελέτη για την εκτίμηση των προσπαθειών διαφορετικών πόλεων για την ανακούφιση της εξάπλωσης της νόσου.

Οι λεπτομέρειες αυτής της ανάλυσης συνοψίζονται στον Πίνακα 2.2 ως εξής:

*Πίνακας 2.2 Αξιολόγηση της πρόβλεψης COVID-19 με βάσεις δεδομένων προερχόμενων από τα κοινωνικά μέσα [76]*

A/A	Πηγή	Περιοχή εφαρμογής	Πηγή δεδομένων	Παράμετροι	Σκοπός -Παρατηρήσεις
1	[43]	Κίνα	Baidu Search engine and Tab	Αριθμός βασικών αναγεννήσεων, περίοδος επώασης και μέσος αριθμός ημερών θεραπείας	Αντίκτυπο της μελλοντικής πρόβλεψης στην εξάπλωση του COVID-19

2	[44]	Κίνα	Baidu map big data	Η περίοδος επώασης, αριθμός μεταφορέων, ποσοστό επαφής	Αντίκτυπος των ιατρικών εγκαταστάσεων, Κοινωνική ευθύνη, διοικητική ευθύνη στον αριθμό θανάτων και το ποσοστό εξάπλωσης
3	[44]	Κίνα	Mobile phone data	Εσωτερικά και διεθνή ταξίδια	επιπτώσεις των εσωτερικών και διεθνών ταξιδιών στην παγκόσμια εξάπλωση του COVID
4	[45]	Κίνα	Mobile phone	Χωρικός πανδημικό μοντέλο, το ποσοστό αποσύνθεσης	Πρόβλεψη του αριθμού των θανάτων
5	[46]	Κίνα και Κορέα	<a href="https://www.worldometers.info/coronaviruses/">https://www.worldometers.info/coronaviruses/</a>	Υποπληθυσμός λανθάνων μολυσμένων ατόμων, η περίοδος επώασης	Η καραντίνα δεν επαρκεί και απαιτούνται αυστηρότερα μέτρα
6	[47]	Κίνα	Website	Αριθμός αναπαραγωγής	Πρόβλεψη αριθμών θανάτου
7	[48]	Κίνα	Αναζήτηση στο Διαδίκτυο και δεδομένα κοινωνικών μέσων	Επιβεβαιωμένες περιπτώσεις και ύποπτες περιπτώσεις COVID-19	Πρόβλεψη της επιδημίας COVID-19
8	[49]	US	Github page	Κοινωνική απόσταση (κλείσιμο σχολείου)	Επιπτώσεις της κοινωνικής απόστασης στον αριθμό των θανάτων
9	[50]	Ιταλία	Ιστοσελίδες των κυριότερων ιταλικών εφημερίδων	Χρόνος και χώρος	Επιπτώσεις του χώρου και του χρόνου στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να παρέμβουν στις τοπικές πολιτικές

## 2.4 Στοχαστική Θεωρία / Μαθηματικά Μοντέλα

Σε κάποιες προηγούμενες πανδημίες, η παραδοσιακή προσέγγιση της μαθηματικής και στοχαστικής θεωρίας χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση της απώλειας των ανθρώπων και επίσης για την πρόβλεψη του συνολικού αριθμού θανάτων μέχρι μια συγκεκριμένη περίοδο ή μέχρι το τέλος της πανδημίας. Αυτή η παραδοσιακή προσέγγιση είναι πολύ αποτελεσματική και δείχνει καλύτερες προβλέψεις. Ως εκ τούτου, στην τρέχουσα πανδημική κατάσταση των ερευνητών COVID-19 [52–57] οι μελετητές έχουν χρησιμοποιήσει την ίδια παραδοσιακή προσέγγιση για την εκτίμηση του αριθμού των θανάτων και του ποσοστού εξάπλωσης του COVID-19. Η προσέγγιση χρησιμοποιείται επίσης για την πρόβλεψη του συνολικού αριθμού θανάτων έως το τέλος της πανδημίας. Η ανάλυση γίνεται σε βάσεις δεδομένων που έχουν πρόσβαση από εξουσιοδοτημένες πηγές ή μηχανές αναζήτησης, δεδομένα κινητών τηλεφώνων και αναφορές εφημερίδων. Η Sameni

[58] πρότεινε ένα μοτίβο πρόβλεψης του ιού με τη βοήθεια της μαθηματικής μοντελοποίησης. Αυτή η μελέτη χρησιμοποιεί ένα μοντέλο από την οικογένεια των γνωστών διαμερισματικών μοντέλων που είναι γνωστά ως (SIR) (susceptible infected-recovered (SIR) μοντέλα). Μια μελέτη έδειξε ότι τα μέτρα που έλαβαν οι χώρες επηρεάζουν θετικά ως προς την μείωση του ποσοστού θνησιμότητας. Μαζί με αυτό, οι εγκαταστάσεις που δημιουργούνται για τη στέγαση των μολυσμένων ατόμων, έχουν συμβάλει σημαντικά στη διακοπή της εξάπλωσης της νόσου. Ωστόσο, αυτό το μαθηματικό μοντέλο έχει περιορισμούς όσον αφορά την ακρίβεια, επειδή έχει αναπτυχθεί για συγκεκριμένο σύνολο δεδομένων. Οι Yuan et al. [59] παρουσίασαν μια ανάλυση βασισμένη στη εξίσωση του Boltzmann. Έχει παρατηρηθεί ότι η ακρίβεια της πρόβλεψης είναι καλύτερη και μπορεί επίσης να βοηθήσει στην εκτίμηση της σοβαρότητας της κατάστασης ώστε να ληφθούν κατάλληλες ενέργειες. Οι Dowd et al. [60] πρότειναν την επίδραση της ηλικίας και του φύλου στον αριθμό των θανάτων χρησιμοποιώντας μαθηματική μοντελοποίηση. Έχει παρατηρηθεί ότι αυτός ο ιός επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τους ηλικιωμένους. Σε αυτήν την περίπτωση, η ηλικιακή δομή μιας συγκεκριμένης χώρας παίζει ζωτικό ρόλο. Στην Ιταλία, το 23% του πληθυσμού είναι άνω των 65 ετών και ως εκ τούτου η απειλή μεγιστοποιείται για τις χώρες που έχουν παρόμοια ηλικιακή δομή με αυτήν της Ιταλίας. Την ίδια κατάσταση μπορεί να αντιμετωπίσει και η Νότια Κορέα. Ως εκ τούτου, οι πολιτικές όπως η κοινωνική αποστασιοποίηση και η καραντίνα μπορούν να βοηθήσουν στην επιβράδυνση και τη διακοπή της εξάπλωσης του ιού. Στην μελέτη [61] παρουσιάστηκε το αντίκτυπο της προ-συμπτωματικής μετάδοσης στον αριθμό των θανάτων χρησιμοποιώντας μαθηματική μοντελοποίηση και μελετάται ο ρυθμός μετάδοσης. Από τις παρατηρήσεις, συνήχθη το συμπέρασμα ότι ο ρυθμός μετάδοσης ήταν στο αποκορύφωμά του κατά ή πριν από την έναρξη του συμπτώματος. Το 44% της μετάδοσης μπορεί να φανεί ακόμη και πριν τα πρώτα συμπτώματα γίνουν φυσικά ορατά. Ως εκ τούτου, οι αρχές ελέγχου της νόσου θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη την προ-συμπτωματική μετάδοση κατά την εφαρμογή του μέτρου για τον περιορισμό της εξάπλωσης. Οι Giannakeas et al. [62] παρουσίασαν ένα διαδικτυακό εργαλείο για τη διαχείριση της υγειονομικής περίθαλψης χρησιμοποιώντας στοχαστική θεωρία. Οι Banerjee et al. [63] παρουσίασαν τον αντίκτυπο των υποκείμενων νοσημάτων όπως οι καρδιακές παθήσεις και ο διαβήτης στο ποσοστό θανάτου. Ο αντίκτυπος της κινητικότητας στο ποσοστό εξάπλωσης του COVID19 παρουσιάζεται από τους Alexander et al. [64]. Οι Chen et al. [65], Ma et al. [66] και Shi et al. [67] παρουσίασαν την επίδραση των



περιβαλλοντικών παραγόντων στον αριθμό θανάτων και στο ποσοστό εξάπλωσης του COVID-19. Αυτή η ανάλυση βασίζεται στις παραμέτρους που αναφέρονται παραπάνω και οι λεπτομέρειες του συνοψίζονται στον Πίνακα 2.3.

Πίνακας 2.3 Αξιολόγηση της πρόβλεψης COVID -19 με βάση τη μαθηματική και στοχαστική θεωρία [76]

A/A	Πηγή	Περιοχή εφαρμογής	Πηγή δεδομένων	Παράμετροι	Σκοπός - Παρατηρήσεις
1	[51]	Κίνα, Ιταλία, Ιράν, Γερμανία, Γαλλία, ΗΠΑ, Νότια Κορέα	WHO	Αποτελεσματικότητα της παρέμβασης, της δημόσιας αντίδρασης και του συστήματος υγειονομικής περίθαλψης	Πρόβλεψη αριθμού ασθενών με COVID-19
2	[52]	Νότια Κορέα, Ιταλία, Γαλλία και Γερμανία	Εθνικά δεδομένα	Αναφερόμενοι και μη αναφερόμενοι αριθμοί	Πρόβλεψη αριθμού ασθενών με COVID-19
3	[53]	Συνολικός αριθμός θανάτων, 129 χώρες	John Hopkins Hospital, WHO	Εκτεθειμένος και μολυσμένος πληθυσμός	Πρόβλεψη του ποσοστού μόλυνσης
4	[54]	Κίνα	Κέντρα Ελέγχου Νόσων, Κίνα	Στάδια εξάπλωσης	Πρόβλεψη του ποσοστού μόλυνσης
5	[55]	Κίνα	WHO	Οι παράμετροι υπολογίζονται από τον συνολικό αριθμό περιπτώσεων και τις νέες περιπτώσεις κάθε μέρα	Πρόβλεψη του ποσοστού μόλυνσης
6	[56]	Βραζιλία	Επίσημος οδηγός αεροπορικής εταιρείας Δεδομένα SUS	Πιθανότητα ξεσπάσματος κρουσμάτων, αποτελεσματική απόσταση, κοινωνική ευπάθεια	Πρόβλεψη του ποσοστού μόλυνσης
7	[57]	Κίνα, Ιταλία, Ιαπωνία και Γερμανία	Πανεπιστήμιο Johns Hopkins	Διάρκεια, αριθμός θανάτων	Παρουσίαση της επιδημικής διάδοσης
8	[58]	Παγκόσμιος αριθμός θανάτων	WHO	Ποσοστό θνησιμότητας, ποσοστό μόλυνσης, ποσοστό επανεμφάνισης, ποσοστό ανάκτησης	Μέτρα ελέγχου ασθενειών: Lockdown, κοινωνική απόσταση
9	[59]	Κίνα	WHO	Αριθμός θανάτων	Πρόβλεψη του σωρευτικού αριθμού των θανάτων COVID-19
10	[60]	Ιταλία, Νιγηρία Βραζιλία, ΗΠΑ, Ηνωμένο Βασίλειο	Εθνικά δεδομένα	Ηλικία και φύλο	Επιπτώσεις της ηλικίας και του φύλου στο ποσοστό εξάπλωσης
11	[61]	Κίνα	Στοιχεία νοσοκομείων, Κίνα	Η περίοδος επώασης, προ-συμπτωματική μετάδοση, μετά συμπτωματική μετάδοση	Αντίκτυπος της περιόδου επώασης στο ρυθμό κατανομής
12	[62]	US	American Hospital Association	Κλίνες κρίσιμης φροντίδας και μηχανική υποστήριξη αναπνοής	Ηλεκτρονικό εργαλείο για ασθενείς που μπορούν να εισαχθούν στο νοσοκομείο

13	[63]	UK	Ηλεκτρονικά αρχεία υγείας στην Αγγλία	Επιπτώσεις υποκείμενων νοσημάτων όπως καρδιακές παθήσεις, διαβητικός στη θνησιμότητα	Εκτίμηση της θνησιμότητας σε 1 έτος από τον COVID-19 με υποκείμενες συνθήκες
14	[64]	Κίνα	Κινεζικό Κέντρο Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων	Ποσοστό κινητικότητας	Αντίκτυπος της κινητικότητας στο ποσοστό εξάπλωσης
15	[65]	Κίνα, Ιταλία, Ιαπωνία	WHO	Θερμοκρασία αέρα, σχετική υγρασία, ταχύτητα ανέμου και ορατότητα	Μελέτη πολλών παραγόντων που μπορούν να επηρεάσουν τον ρυθμό εξάπλωσης
16	[66]	Κίνα	Λαϊκή Δημοκρατία της Κίνας	Αριθμός θανάτου, θερμοκρασίας, υγρασίας	Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες ενδέχεται να επηρεάσουν το ποσοστό θνησιμότητας COVID-19
17	[67]	Κίνα	Εθνική Επιτροπή Υγείας της Κίνας, μετεωρολογική αρχή στην ηπειρωτική Κίνα	Επιπτώσεις της θερμοκρασίας και της απόλυτης υγρασίας στο COVID-19	Χαμηλότερες και υψηλότερες θερμοκρασίες μπορεί να είναι θετικές για τη μείωση του COVID-19, δεν υπάρχει σημαντική επίδραση της υγρασίας

## 2.5 Τεχνικές Επιστήμης Δεδομένων / Μηχανικής Μάθησης

Σήμερα οι τεχνικές μηχανικής μάθησης χρησιμοποιούνται παγκοσμίως για προβλέψεις λόγω της ακρίβειας τους. Ωστόσο, για τη χρήση τεχνικών μηχανικής εκμάθησης (ML), υπάρχουν μερικές προκλήσεις, καθώς διατίθενται πολύ λίγα δεδομένα. Για παράδειγμα, οι προκλήσεις που εμπλέκονται στην εκπαίδευση ενός μοντέλου είναι η κατάλληλη επιλογή παραμέτρων και η επιλογή του καλύτερου μοντέλου ML για πρόβλεψη. Οι ερευνητές έχουν κάνει προβλέψεις με βάση τα σύνολα δεδομένων που είναι διαθέσιμα και χρησιμοποίησαν το καλύτερο μοντέλο ML σύμφωνα με το σύνολο δεδομένων [17, 69-71]. Ο Kumar και ο Hembram [72] παρουσίασαν ένα μοντέλο βασισμένο στην εξίσωση Logistic, την εξίσωση Weibull και την εξίσωση Hill για να βρουν τα ποσοστά μόλυνσης στην Κίνα και την Ιταλία. Τρεις περιβαλλοντικοί παράγοντες εστιάζονται κυρίως σε αυτήν τη μελέτη, δηλαδή, μέγιστη περιβαλλοντική θερμοκρασία, σχετική υγρασία και ταχύτητα ανέμου. Για την ανάλυση

δεδομένων, τα δεδομένα συλλέγονται από έκθεση που δημοσιεύθηκε από τον ΠΟΥ για την Κίνα και την Ιταλία. Τα δεδομένα λαμβάνονται από το επίσημο αποθετήριο GitHub του Υπουργείου Πολιτικής Προστασίας της Ιταλίας. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι υπάρχει μια αμελητέα σχέση μεταξύ της υγρασίας και της ταχύτητας του ανέμου με την εξάπλωση του COVID-19. Ομοίως, έχει παρατηρηθεί ότι υψηλότερες / μέγιστες θερμοκρασίες έχουν αμελητέα έως μέτρια επίδραση στην εξάπλωση του ιού. Το αποτέλεσμα δείχνει ότι δεν υπάρχει κανένα σημάδι σημαντικής επίδρασης της θερμοκρασίας στον ιό. Ωστόσο, τα αποτελέσματα ενδέχεται να διαφέρουν ανάλογα με το σύνολο δεδομένων. Οι DeCarrigio et al. [73] πρότειναν ένα μοντέλο χρησιμοποιώντας υλικοτεχνική παλινδρόμηση, δέντρα ενίσχυσης κλίσης και ένα υβριδικό μοντέλο χρησιμοποιώντας δεδομένα Medicare. Τα αποτελέσματα αυτών των μοντέλων θα βοηθήσουν στην έναρξη στρατηγικών ελέγχου και στην έναρξη διορθωτικών μέτρων εγκαίρως για τον έλεγχο της εξάπλωσης. Οι λεπτομέρειες αυτής της ανάλυσης εξηγούνται στον Πίνακα 2.4.

*Πίνακας 2.4 Αξιολόγηση της πρόβλεψης COVID-19 με βάση τις Τεχνικές Επιστήμης Δεδομένων / Μηχανικής Μάθησης [76]*

A/A	Πηγή	Περιοχή εφαρμογής	Πηγή δεδομένων	Παράμετροι	Σκοπός -Παρατηρήσεις
1	[17]	Κίνα	Μικρό σύνολο δεδομένων	Διορθωτικά σχόλια του μοντέλου	Πρόβλεψη αριθμών COVID- 19
2	[68]	Κίνα	Κινεζικό Κέντρο Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων	Κόστος απομόνωσης, κόστος θεραπείας, όχι επιβεβαιωμένων ασθενών με COVID	Σύσταση για τη λήψη αποφάσεων
3	[69]	Κίνα	WHO	Ημερήσιος αριθμός θανάτων	Πρόβλεψη του αριθμού των θανάτων
4	[70]	102 χώρες	WHO	Βαθμός παρέμβασης και χρόνος έναρξης παρέμβασης	Αντίκτυπος της παρέμβασης στη δημόσια υγεία στην παγκόσμια εξάπλωση
5	[71]	Κίνα	2003 SARS Data	Αριθμός θανάτων	Πρόβλεψη αριθμών θανάτου
6	[72]	Κίνα και ευρωπαϊκές χώρες	WHO	Ποσοστό μόλυνσης	Πρόβλεψη του ποσοστού μόλυνσης
7	[73]	Παγκόσμια δεδομένα	Διεθνής ταξινόμηση των ασθενειών	Υφιστάμενες ιατρικές παθήσεις	Προσδιορισμός ατόμων που διατρέχουν τον μεγαλύτερο κίνδυνο

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, είναι προφανές ότι όλες οι μελέτες έχουν λάβει δεδομένα από τυποποιημένες πηγές δεδομένων, ωστόσο, αυτά τα σύνολα δεδομένων δεν έχουν τυποποιηθεί ακόμη από κανέναν οργανισμό τυποποίησης ή συναφείς φορείς. Σε αυτές τις μελέτες, οι γεωχωρικές και στατιστικές ανωμαλίες δεν λαμβάνονται υπόψη. Ωστόσο, αυτά μπορεί να είναι ενδιαφέροντα εργαλεία για καλύτερες προβλέψεις. Στη βιβλιογραφία λαμβάνεται υπόψη ο αντίκτυπος του περιβαλλοντικού παράγοντα και της κινητικότητας στην εξάπλωση COVID-19 [64, 65]. Διάφορα στάδια της επιδημίας του COVID-19 εξηγούνται καλά στην μελέτη [50], όπου η κατανόηση των σταδίων της επιδημίας μπορεί να βοηθήσει στη μείωση του ρυθμού εξάπλωσης. Διάφορα μοντέλα ML αναλύονται στη βιβλιογραφία, ωστόσο για καλύτερη ακρίβεια τα μοντέλα deep learning μπορούν να χρησιμοποιηθούν για καλύτερες προβλέψεις [74]. Επιπλέον, οι προβλέψεις μπορούν να είναι πιο ακριβείς χρησιμοποιώντας ενεργά μοντέλα μάθησης πολύ-δεδομένων που χρησιμοποιούνται για προβλέψεις αντί για έναν μόνο τύπο δεδομένων εισαγωγής [69]. Οι ερευνητές εργάζονται για να διερευνήσουν αποτελεσματικά και ακριβή μοντέλα προκειμένου να προβλέψουν τον αριθμό των θανάτων και για να παράσχουν μια λίστα με οδηγίες που μπορούν να ακολουθήσουν οι άνθρωποι για να μειώσουν το ποσοστό εξάπλωσης του COVID-19.

## 2.6 Προκλήσεις μοντέλων πρόβλεψης

Η πρόβλεψη παίζει σημαντικό ρόλο σε κάθε τομέα [18,24] λόγω του ότι λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα μπορούν να εξοικονομηθούν πόροι για την βελτίωση των συνεπειών των πανδημιών στις οικονομίες. Ωστόσο, αυτά τα μοντέλα συνοδεύονται και από συγκεκριμένες προκλήσεις. Στην περίπτωση του COVID-19, υπάρχουν επίσης πολλές προκλήσεις για την πρόβλεψη του αριθμού θανάτων και του ποσοστού εξάπλωσης, καθώς η περίοδος επώασης COVID 19 είναι πολύ μεγαλύτερη και διατίθενται πολύ λιγότερα σύνολα δεδομένων για το σκοπό αυτό.

Κάποιες από τις προκλήσεις των μοντέλων πρόβλεψης είναι οι εξής:

- (1) **Παρακολούθηση των ανθρώπων:** Η παρακολούθηση του μολυσμένων ανθρώπων και των ατόμων που ήρθαν σε επαφή μαζί τους είναι ένα από τα πιο δύσκολα εμπόδια.
- (2) **Μεγαλύτερη περίοδος επώασης:** Καθώς ο COVID-19 έχει περίοδο επώασης 14 ημερών, είναι αδύνατο να εντοπιστούν οι ασθενείς εκ των προτέρων. Κατά τη διάρκεια της καθορισμένης περιόδου επώασης, οι ασθενείς μπορούν να μολύνουν όλα τα άτομα που έρχονται σε επαφή μαζί τους.
- (3) **Έλλειψη κατάλληλων δεδομένων:** Μερικές φορές τα δεδομένα είναι διαθέσιμα σε μη δομημένη μορφή. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο να διατηρηθεί η ποιότητα και η ποσότητα των δεδομένων πριν προχωρήσει στο στάδιο της εκπαίδευσης. Η ακρίβεια των δεδομένων είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την επίτευξη αποτελεσματικών μεθόδων πρόβλεψης.
- (4) **Μη σωστή προσάρτηση των δεδομένων** Εάν προκύψει υπερπροσάρτηση των δεδομένων, είναι πιθανό το εν λόγω μοντέλο να μην έχει καλή απόδοση σε νέα δεδομένα.
- (5) **Υπερβολικά «καθαρά» δεδομένα** Είναι σημαντικό να υπάρχουν καθαρά δεδομένα για σκοπούς ανάλυσης, αλλά «πολύ καθαρά» δεδομένα χάνουν μερικές φορές την ακεραιότητά τους.
- (6) **Αφθονία δεδομένων** Τα δεδομένα είναι διαθέσιμα σε αφθονία, αλλά η τροφοδοσία όλων αυτών των δεδομένων στο μοντέλο δεν θα βελτιώσει την ακρίβεια.
- (7) **Λανθασμένος αλγόριθμος και επιλογή χαρακτηριστικών:** Εάν επιλεγεί λανθασμένος αλγόριθμος, το αποτέλεσμα μπορεί να είναι παραπλανητικό. Το ίδιο ισχύει και σε περίπτωση λανθασμένης επιλογής χαρακτηριστικών.
- (8) **Πολυπλοκότητα μοντέλου:** Εάν το μοντέλο είναι πολύ περίπλοκο, μπορεί να επηρεάσει τη συνολική απόδοση.

## Κεφάλαιο 3. Συλλογή και ανάλυση δεδομένων

### 3.1 Δομή κύριας βάσης δεδομένων

Η παρούσα μελέτη ξεκίνησε από τα θεμελιώδη στάδια έως ότου να κατασκευαστούν και δοκιμαστούν επαρκή προγνωστικά μοντέλα που θα περιγράφουν την εξέλιξη της πανδημίας στην Ελλάδα. Με τον όρο θεμελιώδη στάδια ορίζεται η συλλογή των δεδομένων που θα ήταν αναγκαία για να καθοριστούν τα δεδομένα τους προβλήματος. Το δυστύχημα ήταν ότι αυτές οι βάσεις δεδομένων δεν ήταν εφικτό να βρεθούν διαθέσιμες στο διαδίκτυο ή ακόμα και αν γινόταν αυτό δεν θα περιείχαν όλη την πληροφορία .

Η λήψη των πρωτόλειων στοιχείων ήταν ένα επίπονο εγχείρημα ειδικά αυτών που αναφέρονταν στη πρώτη φάση της πανδημίας (Φεβρουάριος 2020 - Μάιος 2020) για πολλούς και διαφορετικούς λόγους. Ενδεικτικά θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι πρώτες αναφορές του ΕΟΔΥ για την εν λόγω περίοδο ήταν ελλιπείς (μηδενική απεικόνιση της διασποράς ανά γεωγραφική περιοχή, του αριθμού των νεκρών, των διασωληνωμένων και των εξελθόντων από ΜΕΘ) κυρίως επειδή η πανδημία ήταν απόλυτα ελέγξιμη και επειδή δεν είχε κεντρικά δομηθεί από τον ΕΟΔΥ το μοντέλο πληροφόρησης, που αναπτύχθηκε λεπτομερώς από τη β' φάση της πανδημίας (Σεπτέμβριος 2020-έως πρότινος). Ως εκ τούτου δεν ήταν εύκολα αξιοποιήσιμες.

Εξυπακούεται βέβαια ότι τα πρωτογενή στοιχεία της α' φάσης ήταν δυσεύρετα και ως εκ τούτου προκρίθηκε η συλλογή των αναλυτικών στοιχείων σωρευτικά από παρελθοντικές ημερήσιες εκθέσεις του ΕΟΔΥ [77] που έστω και υποτυπωδώς έδιναν ενημέρωση για τα αναλυτικότερα στοιχεία της πανδημίας.

Από τον Ιούνιο 2020 και κυρίως από την έναρξη της β' φάσης της πανδημίας (Σεπτέμβριος 2020 και εντεύθεν) τα ληφθέντα στοιχεία ήταν αναλυτικά, αξιοποιήσιμα και ικανά για να χρησιμοποιηθούν στη διαμόρφωση βάσης δεδομένων προκειμένου να εκπονηθεί ένα προγνωστικό μοντέλο.

Το υπό διαμόρφωση προγνωστικό μοντέλο βασίστηκε και τροφοδοτήθηκε από την καθημερινή λήψη των ακόλουθων στοιχείων που καθόρισαν και τις παραμέτρους του προβλήματος .

Αναλυτικά στη βάση δεδομένων εμπεριέχονταν σε καθημερινή βάση οι εξής πληροφορίες που αφορούν την Ελλάδα και είναι :

- Ο σημερινός αριθμός κρουσμάτων
- Ο σημερινός αριθμός θανάτων
- Ο σημερινός αριθμός που παραμένουν διασωληνωμένοι
- Ο σημερινός αριθμός των συνολικών εξελθόντων από τις ΜΕΘ
- Ο συνολικός αριθμός των κρουσμάτων
- Ο συνολικός αριθμός των διαγνωστικών με PCR και rapid test
- Η ανά περιφερειακή ενότητα ημερήσια κατανομή των κρουσμάτων
- Η ημερήσια κατανομή των αδιευκρίνιστων κρουσμάτων καθώς και αυτών που εντοπίστηκαν στις πύλες εισόδου της χώρας

Τα παραπάνω βάση δεδομένων εμπλουτίστηκε με στοιχεία που θα ήταν χρήσιμα για την εξέλιξη του προγνωστικού μοντέλου:

- Το  $R_0$
- Ο δείκτης αυστηρότητας των προληπτικών μέτρων
- Ο μέσος ορός της θερμοκρασίας κάθε μέρας

τα οποία τα συλλέχθηκαν από τις πλατφόρμες του ourworlddata [78] και του μετεωρολογικού σταθμού Αχαρνών [79].

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΠΡΟΗΓ. ΑΡΙΘΜΟΣ ΘΑΝΑΤΩΝ	ΠΡΟΗΓ. ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ	ΠΡΟΗΓ. ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΣΤΑΘΙΣΤΩΝ από κέδρ	ΣΗΜΕΡΙΝΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΡΟΥΣΜΑΤΩΝ	ΣΗΜΕΡΙΝΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΘΑΝΑΤΩΝ	ΣΗΜΕΡΙΝΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ	ΣΗΜΕΡΙΝΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΣΤΑΘΙΣΤΩΝ από κέδρ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΡΟΥΣΜΑΤΩΝ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΘΑΝΑΤΩΝ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΙΑΣΤΑΣΗ/ΠΕΡΙΣΤ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΣΤΑΘΙΣΤΩΝ από κέδρ	ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	Αιχμηρα Rapid συνολικά	ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ Rapid	Εξομω
26/2/2020	0			1	0			1	0			570	0			0
27/2/2020	0			2	0			3	0			570	0			0
28/2/2020	0			3	0			4	0			570	0			0
29/2/2020	0			3	0			7	0			570	0			0
2/3/2020	0			0	0			7	0			570	0			0
2/3/2020	0			0	0			7	0			570	0			0
3/3/2020	0			0	0			7	0			570	0			0
4/3/2020	0			3	0			10	0			570	0			0
5/3/2020	0			22	0			32	0			570	0			0
6/3/2020	0			13	0			45	0			570	0			0
7/3/2020	0			23	0			66	0			570	0			0
8/3/2020	0			7	0			73	0			570	0			0
9/3/2020	0			11	0			84	0			570	0			0
10/3/2020	0			6	0			90	0			570	0			0
11/3/2020	0			9	1			99	1			2.180	1.610			0
12/3/2020	-1			34	0			133	1			2.700	520			0
13/3/2020	-1			57	0			190	1			3.400	700			0
14/3/2020	-1			38	2			228	3			4.000	600			0
15/3/2020	3			109	1			331	4			4.320	320			0

Εικόνα 3.1 Μορφή βάσης δεδομένων

Σημειώνεται ότι δεν έγινε μόνο μία απλή παράθεση των ημερήσιων στοιχείων στην εν λόγω βάση δεδομένων αλλά συνεχής και αδιάλειπτος έλεγχος αυτών ώστε να είναι δυνατή τόσο η αξιοπιστία των στοιχείων όσο και η εξαγωγή και άλλων παραμέτρων χρήσιμων για την περαιτέρω εξαγωγή συμπερασμάτων .

Επί παραδείγματι, ο Εθνικός Οργανισμός Δημόσιας Υγείας (Ε.Ο.Δ.Υ.) σε καθημερινή βάση δίνει δύο αριθμούς, αυτόν του σημερινού αριθμού κρουσμάτων και του συνολικά μέχρι σήμερα αριθμού αυτών.

Κατά τον έλεγχο των δεδομένων που δίδονται από τον Εθνικό Οργανισμό Δημόσιας Υγείας (Ε.Ο.Δ.Υ.) επειδή ο αριθμός των συνολικών μέχρι σήμερα κρουσμάτων προκύπτει από το άθροισμα του σημερινού αριθμού των κρουσμάτων και του μέχρι χτες συνολικού αριθμού αυτών διαπιστώθηκαν διαφορές (μικρές αποκλίσεις) διενεργήθηκε προσαρμογή του σημερινού αριθμού των κρουσμάτων.

Σε δεύτερο επίπεδο έγινε μελέτη των δεδομένων και εξαγωγή όσο το δυνατόν περισσότερων πληροφοριών όπως:



- Το ποσοστό θετικότητας των δειγμάτων καθημερινά καθώς και η εύρεση μέρας ανά εβδομάδα με τον μεγαλύτερο δείκτη θετικότητας
- Τον αριθμό των ατόμων που εισέρχονται στις ΜΕΘ καθημερινά
- Τις μέρες με τα περισσότερα κρούσματα ανά εβδομάδα
- Τις μέρες με τους περισσότερους θανάτους ανά εβδομάδα
- Την εύρεση μέρας με τα λιγότερα τεστ ανά εβδομάδα
- Την ταξινόμηση τους κατά αύξουσα σειρά ανά εβδομάδα
- Την εύρεση μέρας με τις περισσότερες εισαγωγές και εξαγωγές στην ΜΕΘ ανά εβδομάδα

Αυτή η ανάλυση είχε ως στόχο στο να ερευνηθούν πιθανές περιοδικότητες και αυτοσυσχετίσεις της εκάστοτε χρονοσειρας, αλλά και μεταξύ διάφορων χρονοσειρών. Πιο συγκεκριμένα αποδείχτηκαν κάποια σενάρια τα οποία είχαν εξαχθεί εμπειρικά, όπως ήταν η περιοδικότητα, της αύξησης των κρουσμάτων, των PCR τεστ και τις αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των δύο χρονοσειρών.

Αυτό οφειλόταν στο γεγονός ότι οι δειγματοληψίες γινόντουσαν είτε σε διαγνωστικά κέντρα είτε στα νοσοκομεία. Επίσης είναι γνωστό ότι τα διαγνωστικά κέντρα λειτουργούν τις καθημερινές και με μειωμένο ωράριο τα Σάββατα ως εκ τούτου αναμένεται μικρότερος αριθμός κρουσμάτων το Σάββατο και ακόμα μικρότερος την Κυριακή λόγω του μειωμένου αριθμού τεστ που πραγματοποιούνται. Άρα τα τεστ αυτά που ήθελαν κάποιοι να κάνουν τα Σαββατοκύριακα λόγω υπολειτουργίας των διαγνωστικών κέντρων θα μετακυλήσουν για τις επόμενες μέρες οπότε αναμένεται αύξηση στην αρχή της επόμενης εβδομάδας.

Επίσης αυτή η υπόθεση συμπληρωνόταν με την σκέψη ότι τα άτομα που θα πραγματοποιούσαν PCR τεστ μέσα στα Σαββατοκύριακα στα νοσοκομεία πιθανά έχουν σοβαρές υποψίες ότι ήδη έχουν εκτεθεί στο ιό (νοσήσει) οπότε και καταφεύγουν σε αυτή την έσχατη λύση να σπεύσουν στα νοσοκομεία, τα οποία δεδομένης της επικρατούσας σε αυτά κατάστασης αποτελούν επικίνδυνη πηγή έκθεσης τους στο covid .

Βασιζόμενοι σε αυτό το σενάριο είναι εύλογη η ακόλουθη εξαγωγή της αύξησης του δείκτη θετικότητας (κρούσματα/δείγματα\_PCR) τα Σαββατοκύριακα καθώς παρότι θα μειωνόταν ο αριθμός των τεστ ωστόσο τα δείγματα που θα ελεγχόντουσαν θα ήταν από τις πιο ύποπτες περιπτώσεις.

Αποτέλεσμα αυτής της προσέγγισης είναι η εξαγωγή του επόμενου δείκτη, δηλαδή αυτού με τις ημέρες με το μεγαλύτερο ποσοστό θετικότητας ανά εβδομάδα. Η πιθανή ύπαρξη περιοδικότητας και στις άλλες παραμέτρους όπως είναι οι δείκτες εισαγωγών στις ΜΕΘ, εξαγωγών από ΜΕΘ, θανόντων καθώς και η πιθανή αλληλεπίδραση αυτών με το δείκτη θετικότητας ήταν η επόμενη στόχευση της παρούσας εργασίας.

Η ακόλουθη προσέγγιση ήταν αυτή της ανάδειξης των ενεργών κρουσμάτων και κατ' επέκταση της εξαγωγής του αριθμού όσων κρουσμάτων έχουν πλέον αναρρώσει. Όπως έχει ήδη αναφερθεί ο αριθμός των κρουσμάτων είναι ίσος με το πηλίκο του αριθμού των θανόντων με το ποσοστό θνησιμότητας.

$$\text{Κρουσματα} = \frac{\text{Θανατοι}}{\text{Ποσοστό θνησιμότητας}}$$

Βασιζόμενοι στην αξιοπιστία αυτού του τύπου έγινε υπολογισμός του αριθμού των ενεργών κρουσμάτων με δεδομένη τη λογική αρχική υπόθεση ότι ο αριθμός των ενεργών κρουσμάτων είναι μεγαλύτερος από αυτόν των κρουσμάτων μιας συγκεκριμένης ημέρας, οπότε είναι δεδομένος ότι υπάρχει ένας παράγοντας ο οποίος θα αυξάνει το αριθμητή ( $\zeta$ ).

$$\text{Ενεργα κρουσματα} = \frac{\text{Θανατοι} * \zeta}{\text{Ποσοστό θνησιμότητας}}$$

Αυτός ο παράγοντας  $\zeta$  είναι ουσιαστικά ο ρυθμός που αυξάνονται τα κρούσματα που μεσολαβεί μεταξύ της κατάστασης μόλυνσης ενός ατόμου από το ιό έως και το θάνατο και είναι ο παράγοντας που θα καθορίσει πόσα κρούσματα «γεννήθηκαν» στο μεσοδιάστημα. Σύμφωνα με την ακόλουθη πηγή πληροφόρησης [80] ο (άγνωστος όρος) παράγοντας  $\zeta$  δίνεται από τον εξής τύπο :

$$z = 2^{\frac{x}{y}}$$

Δηλαδή ότι τα κρούσματα αυξάνονται με διπλάσιο ρυθμό στο διάστημα ενός θανάτου υψωμένα εις την  $x/y$  όπου:

- $x$  = είναι ο μέσος αριθμός των ημέρων μέχρι να καταλήξει το κρούσμα
- $y$  = οι μέρες που χρειάζονται για να διπλασιαστούν τα κρούσματα

Οπότε ο τύπος διαμορφώνεται ως εξής:

$$\text{Ενεργα κρουσματα} = \frac{\text{Θανατοι} * 2^{\frac{x}{y}}}{\text{Ποσοστοθνησιμοτητας}}$$

Αξίζει να σημειωθεί ότι ο τύπος αυτός εξαρτάται μόνο από τους θανάτους της εκάστοτε ημέρας καθώς οι άλλες παράμετροι αποτελούν τα πιθανά σενάρια τα οποία θα καθορίσουν τα όρια του διαστήματος στο οποίο ανήκουν τα ενεργά κρούσματα. Πιο συγκεκριμένα η παράμετρος  $x$  θεωρείται ότι κυμαίνεται μεταξύ των 15-20 ημέρων. Η παράμετρος  $y$  (οι μέρες που μεσολαβούν μέχρι να διπλασιαστούν τα κρούσματα) έχει εξέλθει από την επεξεργασία των δεδομένων καθώς και το ποσοστό θνησιμότητας το οποίο και αυτό είναι ένα παραγωγό των δεδομένων μας. Ωστόσο αυτή η σχέση ανταποκρίνεται μόνο σε μεγάλο αριθμό θανάτων όπως έχει παρατηρηθεί.

Ταυτόχρονα έγινε προσπάθεια ελέγχου αυτού του αποτελέσματος και διερεύνησης του κατά πόσο ισχύει στην πραγματικότητα. Για το σκοπό αυτό έγινε διασταύρωση του εξαχθέντος συμπεράσματος με των αποτελεσμάτων διεθνών σελίδων που έχουν αποκλειστικό σκοπό την χαρτογράφηση του covid . Παρά ταύτα για να θεωρηθεί το αποτέλεσμα ως αξιόπιστο ορίστηκε ο παρακάτω λογικός έλεγχος:

$$\text{Συνολικά κρούσματα} = \text{ενεργά κρούσματα} + \text{θανώντες} + \text{αναρρώσαντες}$$

Στην παραπάνω σχέση οι άγνωστοι είναι τα ενεργά κρούσματα και οι αναρρώσαντες ωστόσο η τελευταία παράμετρος μπορεί να υπολογιστεί αρκεί να είναι δυνατό να διαπιστωθεί ο μέσος όρος χρόνου νόσησης κάθε ασθενούς. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (Π.Ο.Υ.) αναφέρεται ότι κάποιος ασθενής θεωρείται ότι έχει αναρρώσει όταν έχουν υποχωρήσει τα συμπτώματα και ταυτόχρονα έχει δυο αρνητικά μοριακά τεστ ή όταν έχουν υποχωρήσει τα συμπτώματα και έχουν περάσει 14 μέρες [81].

Μια άλλη πηγή αναφέρει για ήπιες περιπτώσεις η νόσος διαρκεί περίπου δύο εβδομάδες αλλά για πιο σοβαρές περιπτώσεις η νόσος μπορεί να διαρκέσει έως έξι εβδομάδες ή περισσότερο και πιθανότατα αυτοί οι ασθενείς νοσηλεύονται. Σε συνδυασμό και με μια ήδη υπάρχουσα μελέτη (The Incubation Period of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) From Publicly Reported Confirmed Cases: Estimation and Application) όπου είχε πραγματοποιηθεί για πενήντα επαρχίες, πόλεις και χώρες εκτός Wuhan η συντριπτική πλειοψηφία των κρουσμάτων σε ποσοστό 97,5% νόσησε για 11,5 μέρες κατά μέσο όρο.

Έτσι η εύλογη κατάληξη των παραπάνω ερευνών είναι το συμπέρασμα ότι το διάστημα των 14 ημέρων θεωρείται ικανό για να αναρρώσει ο μέσος ασθενής που νοσεί από covid. Αποτέλεσμα αυτού του συλλογισμού είναι ο ορισμός του ακόλουθου θεμελιώδη τύπου που δεικνύει τον αριθμό των αναρρωσάντων και ο οποίος είναι:

$$\text{Αναρρώσαντες}_t = \text{Κρούσματα}_{t-14} + \text{Αναρρώσαντες}_{t-1}$$

Μία όμως μία πιο ακριβής προσέγγιση του άνω αριθμού χρειάζεται την εμφάνιση στην εξίσωση και του ποσοστού όσων νοσούν βαριά από κορονοϊό και χρειάζονται περισσότερο χρόνο για να αναρρώσουν ή στην χειρότερη περίπτωση να καταλήξουν.

$$\text{Αναρρώσαντες}_t = \text{Κρούσματα}_{t-14} + (\text{Αναρρωσαντες} \mid \text{ΑΠΕ}\theta_{t-x}) + \text{Αναρρώσαντες}_{t-1}$$

$$\text{Αναρρώσαντες}_t = \text{Κρούσματα}_{t-14} - \text{ΑΠΕ}\theta_{t-14} + (\text{Θανώντες} \mid \text{ΑΠΕ}\theta_{t-x}) + \text{Αναρρώσαντες}_{t-1}$$

- Κρούσματα-14: ο ημερήσιος αριθμός κρουσμάτων που αντιστοιχεί στις προηγούμενες 14 περιόδους
- ΑΠΕΘ-14: ημερήσιος αριθμός ατόμων που εισέρχονται στις ΜΕΘ
- Θανώντες | ΑΠΕΘ-x : τα άτομα που απεβίωσαν δεδομένου ότι είχαν νοσηλευτεί την χρονική στιγμή t-x

Όπως γίνεται αντιληπτό το πρόβλημα γίνεται πιο απαιτητικό και θα χρειαστεί να ξέρουμε ακριβώς ο κάθε θάνατος σε ποια χρονική περίοδο νοσηλείας t-x αντιστοιχούσε, με x άγνωστο διάστημα διακριτό αριθμό ανάδρομων περιόδων.

Όμως παρατηρώντας καλύτερα τα δεδομένα διαπιστώθηκε ότι καθημερινά υπάρχει πληροφόρηση για τα άτομα που παραμένουν στις ΜΕΘ, καθώς και για το συνολικό αριθμό ατόμων που εξέρχονται από αυτές. Εδώ αξίζει να διευκρινιστεί ότι παρότι δίνεται ο αριθμός των ατόμων που παραμένουν στις ΜΕΘ αυτός δεν συμπίπτει με τον αριθμό των ατόμων που εισέρχονται στις ΜΕΘ αλλά ούτε είναι ευκρινής και ο συνολικός αριθμός των ατόμων που έχουν νοσηλευτεί στις ΜΕΘ. Συνδυάζοντας όμως τα δεδομένα μπορούμε να βρούμε το ΑΠΕΘ τον ημερήσιο αριθμό ατόμων που εισέρχονται στις ΜΕΘ με βάση την σχέση:

$$\text{ΕΙΣΑΓΩΓΕΣ ΜΕΘ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΑ}_t = \Delta\text{ΑΠΔ} + \text{ΗΘ} + \text{ΑΕΜ}$$

Όπου:

$\Delta\text{ΑΠΔ}$ : Διαφορά των ατόμων που παραμένουν διασωληνωμένοι

$\text{ΗΘ}$ : Ημερήσιοι θάνατοι

$\text{ΑΕΜ}$ : Άτομα που εξέρχονται από τις ΜΕΘ την περίοδο t

Η παραπάνω σχέση εξήχθη ακολουθώντας την συλλογιστική πορεία ότι ένας ασθενής που πέθανε έστω και για σύντομο χρονικό διάστημα νοσηλεύθηκε σε ΜΕΘ και μόνο ένα αμελητέο ποσοστό θανόντων δεν έτυχε νοσηλείας σε ΜΕΘ σύμφωνα με τις υφιστάμενες πληροφορίες που υπάρχουν.

Σύμφωνα με τα παραπάνω ο σημερινός αριθμός των ατόμων που εισέρχεται καθημερινά στις ΜΕΘ διαμορφώνεται ως την διαφορά αυτών που παραμένουν διασωληνωμένοι μεταξύ

των δυο ημέρων, συν των θέσεων που άνοιξαν λόγω των θανάτων της ημέρας t συν των ατόμων που εξέρχονται από τις ΜΕΘ( στους εξερχόμενους δεν συμπεριλαμβάνονται οι θανούντες) .

Με δεδομένο ότι έχει εξακριβωθεί ο αριθμός των καθημερινών εισαγωγών στις ΜΕΘ ενώ είναι γνωστός καθημερινά και ο αριθμός των συνολικών εξαγωγών από τις ΜΕΘ είναι δυνατός ο υπολογισμός του αριθμού των συνολικά αναρρωσάντων από τη παρακάτω σχέση:

$$\text{Αναρρώσαντες}_t = \text{Κρούσματα}_{t-14} - \text{ΑΠΕΘ}_{t-14} + \text{ΑΠΕΞΘ}_t + \text{Αναρρώσαντες}_{t-1}$$

Όπου:

ΑΠΕΞΘ<sub>t</sub>: άτομα που εξήλθαν από τις ΜΕΘ

Αρά το αρχικό ζητούμενο που ήταν η προσέγγιση των ενεργών κρουσμάτων μπορεί να λυθεί αφού γνωρίζουμε όλες τις άλλες μεταβλητές:

$$\text{Ενεργά κρούσματα} = \text{συνολικά κρούσματα} - \text{θανώντες} - \text{αναρρώσαντες}$$

Με αυτούς τους δύο τρόπους έγινε δυνατή η προσέγγιση του αριθμού των ενεργών κρουσμάτων ωστόσο δεν θα είχε καμία πρακτική αξία αν αυτές οι δυο μέθοδοι είχαν μεγάλη απόκλιση στα αποτελέσματά τους. Δυστυχώς επειδή δεν υπάρχουν καταγεγραμμένα στατιστικά στοιχεία για τους αναρρώσαντες οι προσεγγίσεις βασίζονται σε υποθέσεις που είναι πολύ πιθανό να μην επιβεβαιωθούν από την πραγματικότητα.

Παρά ταύτα το θετικό σε αυτές οι προσεγγίσεις είναι ότι έγιναν μέσω δυο εκ διαμέτρου διαφορετικών κατευθύνσεων. Από την μία πλευρά η προσέγγιση του αριθμού των ενεργών κρουσμάτων έγινε μέσα από το πρίσμα του αριθμού των θανόντων, ενώ η άλλη προσέγγιση έγινε δια του υπολογισμού των κρουσμάτων από τον αριθμό των ασθενών που εισήλθαν και εξήλθαν από τις ΜΕΘ. Έτσι η προσέγγιση του προβλήματος έγινε από όλες τις δυνατές οπτικές γωνίες και ως εκ τούτου είναι δυνατό να υπάρχει ένα καλό αποτέλεσμα .

### 3.2 Επέκταση βάσης δεδομένων με την προσθήκη των εμβολιασθέντων

Καθοριστικός παράγοντας για την αποκλιμάκωση της πανδημίας τόσο στη χώρα μας όσο και σε όλες τις χώρες της υφηγίου είναι η επίδραση των εμβολίων.

Ήδη από το Νοέμβριο 2020 τα εμβόλια της Pfizer, Astra Zeneca & Moderna έλαβαν των σχετικών εγκρίσεων από τον Π.Ο.Υ. και την Ευρωπαϊκή Επιτροπή Εμβολιασμών και άρχισε η ευρεία χορήγηση αυτών στις χώρες που ήδη είχαν συνάψει εμπορικές συμφωνίες με τις άνω φαρμακευτικές εταιρίες. Από τα τέλη του 2020 μία σειρά ευρωπαϊκών χωρών ξεκίνησαν εμβολιασμούς ενώ άλλες χώρες όπως το Ισραήλ και οι ΗΠΑ είχαν μαζικά εμβολιάσει το πληθυσμό τους.

Εκτός των άνω εμβολίων η Κίνα είχε ήδη νωρίτερα συστήσει 2 εμβόλια τα οποία όμως δεν έτυχαν ακόμη της αποδοχής από τις προαναφερθείσες αρχές Π.Ο.Υ. & Ευρ. Επ. Εμβολιασμών. Την ίδια τύχη έχει μέχρι σήμερα και το ρωσικό εμβόλιο με την ονομασία ο Sputnik -antiCovid το οποίο όμως ευρέως έχει χρησιμοποιηθεί σε Ρωσία, χώρες της πρώην Σοβιετικής Ενώσεως καθώς και σε μία σειρά ευρωπαϊκών χωρών όπως η Ουγγαρία.

Τον Φεβρουάριο 2021 έλαβε της εγκρίσεως του Π.Ο.Υ. & Ευρ. Επ. Εμβολιασμών τέταρτο εμβόλιο, το μονοδοσικό της Johnson & Johnson. Η Ελλάδα στα πλαίσια της συμφωνίας που έχει υπογράψει η Ευρωπαϊκή Κοινότητα με τις 4 προαναφερθείσες φαρμακευτικές εταιρίες έλαβε και θα λάβει εμβόλια που θα καλύψουν πλήρως τον πληθυσμό και ευελπιστείται ότι μέχρι τις αρχές Σεπτεμβρίου 2021 αυτό θα έχει συμβεί.

Στα πλαίσια της άνω διπλωματικής εργασίας, λήφθηκαν στοιχεία από την ιστοσελίδα της πηγής [82] προκειμένου να δειχθεί η επίδραση των εμβολιασμών στην πανδημία στη χώρα μας. Η λήψη των στοιχείων ήταν καθημερινή και ξεκινά από τις 28 Δεκέμβριου 2020 όταν και έγιναν οι πρώτοι εμβολιασμοί και φθάνουν μέχρι τις 30/6/2021.

Για λόγους που άπτονται του αριθμού των εμβολιασμών που έγιναν στην Ελλάδα, των δικαιούχων στη προσπέλαση σε εμβόλια καθώς και τη διαθεσιμότητα των εμβολίων θα διαχωρίσουμε τη πορεία των εμβολιασμών σε 4 περιόδους :

- Α' περίοδος (28/12/2020 – 31/1/2021)
- Β' περίοδος (1/2/2021 – 31/3/2021)
- Γ' περίοδος (1/4/2021 – 9/5/2021)
- Δ' περίοδος (10/5/2021 – έως σήμερα 30/6/2021)

Κύρια χαρακτηριστικά εκάστης περιόδου ήταν / είναι :

- Α' περίοδος (28/12/2020 – 31/1/2021)
  - ✓ Χαμηλός αριθμός εμβολιασμών
  - ✓ Οι Εμβολιασμοί αφορούσαν άτομα της τρίτης ηλικίας
  - ✓ Συνολικός αριθμός εμβολιασμένων <270.000
  - ✓ Κυρίως εμβολιασμοί με PFIZER (2πλό)
  - ✓ Συνολικός αριθμός πλήρως εμβολιασμένων <40.000
  - ✓ Ταυτοχρόνως η εν λόγω περίοδος ήταν περίοδος έξαρσης της πανδημίας σε Ελλάδα
- Β' περίοδος (1/2/2021 – 31/3/2021)
  - ✓ Αυξανόμενος αριθμός εμβολιασμών
  - ✓ Ένταξη και άλλων ηλικιακών κατηγοριών στους εμβολιασμούς (πχ ηλικίες από 60 μέχρι 75 ετών) πέραν αυτών της τρίτης ηλικίας (άνω των 80ετών)
  - ✓ Συνολικός αριθμός εμβολιασμένων <1.700.000
  - ✓ Κυρίως εμβολιασμοί με PFIZER και Astra Zeneca (αμφότερα διπλά) και πολύ λιγότερα με Modena (2πλό)
  - ✓ Συνολικός αριθμός πλήρως εμβολιασμένων <610.000
  - ✓ Και αυτή η περίοδος ήταν περίοδος έξαρσης της πανδημίας σε Ελλάδα



- Γ' περίοδος (1/4/2021 – 9/5/2021)
  - ✓ Συνεχώς Αυξανόμενος αριθμός εμβολιασμών
  - ✓ Ένταξη και άλλων ηλικιακών κατηγοριών στους εμβολιασμό (πχ ηλικίες από 40 – 59 ετών) ενώ και οι άνω 60 δύνανται να προβούν σε εμβολιασμό
  - ✓ Δυνατότητα για εμβολιασμό έχουν τόσο κάποιες κατηγορίες εργαζομένων (πχ καθηγητές Μ.Ε.) ή άτομα με νοσήματα ανεξαρτήτως ηλικίας
  - ✓ Συνολικός αριθμός εμβολιασμένων <3.650.000
  - ✓ Κυρίως εμβολιασμοί με PFIZER και Astra Zeneca (αμφότερα διπλά) και πολύ λιγότερα με Moderna (2πλό)
  - ✓ Συνολικός αριθμός πλήρως εμβολιασμένων <1.200.000
  - ✓ Βραδεία αποκλιμάκωση της έξαρσης της πανδημίας σε Ελλάδα
- Δ' περίοδος (10/5/2021 – έως σήμερα 30/6/2021)
  - ✓ Συνεχώς Αυξανόμενος αριθμός εμβολιασμών
  - ✓ Ένταξη και των υπολοίπων ηλικιακών κατηγοριών στους εμβολιασμό (άνω των 18 ετών) ενώ και οι λοιπές ηλικιακές ομάδες δύνανται να προβούν σε εμβολιασμό
  - ✓ Συνολικός αριθμός εμβολιασμένων <7.500.000
  - ✓ Κυρίως εμβολιασμοί με PFIZER και Moderna λιγότερα με Astra Zeneca (2πλο)
  - ✓ Ένταξη και του μονοδοσικού της Johnson & Johnson με χαμηλή όμως αποδοχή (< 300.000)
  - ✓ Συνολικός αριθμός πλήρως εμβολιασμένων <3.200.000
  - ✓ Αποκλιμάκωση της πανδημίας σε Ελλάδα
  - ✓ Το 30% του πληθυσμού είναι πλήρως εμβολιασμένο και ο στόχος για την επίτευξη του 50% αυτού είναι σχετικά κοντά ώστε η περιβόητη ανοσία της αγέλης να είναι εφικτή

Εξ αρχής (28/12/2020) τα ληφθέντα στοιχεία ήταν αναλυτικά, αξιοποιήσιμα και ικανά για να χρησιμοποιηθούν στη διαμόρφωση βάσης δεδομένων προκειμένου να εκπονηθεί ένα προγνωστικό μοντέλο.

Το υπό διαμόρφωση προγνωστικό μοντέλο βασίστηκε και τροφοδοτήθηκε από την καθημερινή λήψη των ακόλουθων στοιχείων που καθόρισαν και τις εξελίξεις της πρόγνωσης.

Αναλυτικά στη βάση δεδομένων εμπεριέχονταν σε καθημερινή βάση οι εξής πληροφορίες που αφορούν την Ελλάδα και είναι :

- Ο ημερήσιος Αριθμός Εμβολιασμών με α΄ δόση
- Ο ημερήσιος Αριθμός Εμβολιασμών με β΄ δόση
- Από τις 10/5/2021 με προσαρμογή διακριβώθηκε ο αριθμός των εμβολιασμών με το μονοδοσικό της Johnson & Johnson
- Ο ημερήσιος Συνολικός Αριθμός Εμβολιασμών με α΄ δόση
- Ο συνολικός αριθμός των Εμβολιαθέντων με το μονοδοσικό
- Ο ημερήσιος Συνολικός Αριθμός Πλήρως Εμβολιαθέντων

## Κεφάλαιο 4. Προγνωστικό Μοντέλο αυτοπαλίνδρονούμενων μοντέλων κινητού μέσου όρου ARIMA και Υπόβαθρο

Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύεται ο τρόπος επεξεργασίας των δεδομένων προκειμένου να εξαχθεί η πρόβλεψη των μελλοντικών τιμών τους με βάση τα μοντέλα αυτοπαλίνδρονούμενων μοντέλων κινητού μέσου όρου ARIMA. Για να επιτευχθεί αυτό χρειάστηκε να διαχωριστούν τα δεδομένα σε κατηγορίες ανάλογα με τη ζητούμενη τιμή πρόβλεψης.

Σαφώς η τελική πρόβλεψη θα αναφερόταν στην εξέλιξη της πανδημίας στην Ελλάδα, δηλαδή στο μελλοντικό αριθμό κρουσμάτων, αλλά οι τρόποι που θα προσεγγιστεί το πρόβλημα της πρόβλεψης ποικίλλουν.

### **4.1 Παράμετροι προβλήματος**

Πιο συγκεκριμένα στη παρούσα διπλωματική, η προσέγγιση του προβλήματος δεν περιορίστηκε μόνο στην πρόβλεψη των κρουσμάτων χωρίς να λαμβάνει υπόψη καμία άλλη παράμετρο αλλά επεκτάθηκε καθώς η κατάλληλη επιλογή του διαστήματος των δεδομένων και η παραμετροποίηση των παραγόντων που επηρεάζουν την εξάπλωση της νόσου θα οδηγήσουν στο βέλτιστο μοντέλο.

Οι προϋποθέσεις αυτές είναι απαραίτητες καθώς όπως αναφέρεται στην βιβλιογραφία ο απλός κινητός μέσος ο οποίος συμπεριλαμβάνεται στα μοντέλα ARIMA είναι απαραίτητος για να απομακρύνει την τυχαία μεταβλητότητα στην πρόβλεψη, όταν η ζήτηση δεν έχει τάση και εποχικότητα.

Έτσι είναι πολύ σημαντικό να επιλεγεί το κατάλληλο διάστημα αφού όσο μεγαλώνει, τόσο περισσότερο εξομαλύνεται το τυχαίο στοιχείο στην πρόβλεψη. Όταν όμως υπάρχει τάση στην ζήτηση, δηλαδή αυξάνεται ή μειώνεται σε συνάρτηση με το χρόνο, ο κινητός μέσος ενός μεγάλου διαστήματος θα εξομαλύνει και την τάση.

Επομένως, ένα μικρότερο χρονικό διάστημα αν και θα παρουσιάζει μεγαλύτερη διακύμανση ακολουθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια την τάση της ζήτησης. Ακολούθως σε ότι αφορά τους παράγοντες που επηρεάζουν την εξέλιξη της νόσου είναι επίσης μια εξίσου σημαντική προϋπόθεση η οποία λαμβάνεται υπόψη και μελετάται στο προγνωστικό μοντέλο, η οποία χωρίζεται σε δύο σκέλη.

Το πρώτο σκέλος αναφέρεται στην επίδραση των περιοριστικών μέτρων που έχουν ληφθεί από την Ελληνική κυβέρνηση και στο δεύτερο στην επίδραση της θερμοκρασίας.

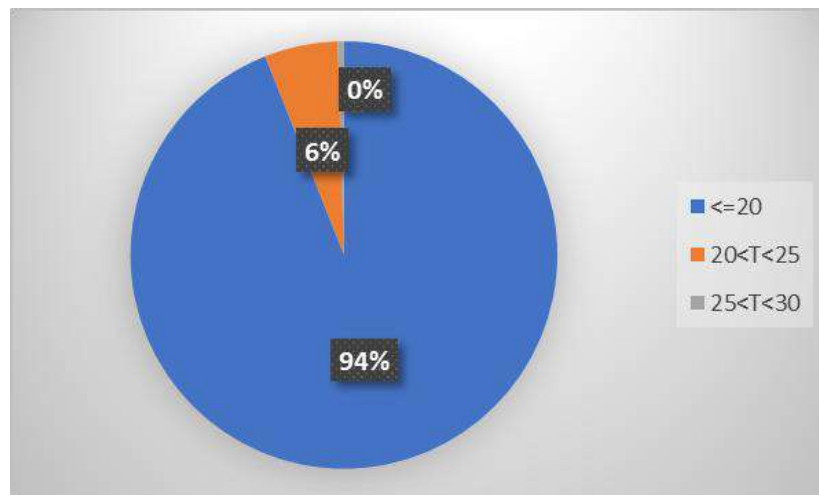
Αξίζει να αναφερθεί πως αυτές οι δυο χρονοσειρές συμπυκνώνουν την μεγαλύτερη επιρροή στην διάδοση του ιού. Αναφορικά με την επίδραση των περιοριστικών μέτρων παρατηρήθηκε ότι τα περιοριστικά μέτρα επιτέλεσαν σε σημαντικό βαθμό τον σκοπό τους, παρόλο που στο διάστημα Μαρτίου-Απριλίου του 2021 δεν είχαν τόσο δραστικά αποτελέσματα λόγω της αντίδρασης και παραβίασης τους από σημαντικό τμήμα του πληθυσμού εξαιτίας της κόπωσης που είχε προκαλέσει αυτή η κατάσταση.

Η δεύτερη χρονοσειρά αποτελεί μια εξίσου κατασταλτική παράμετρο καθώς όπως μελετήθηκε η θερμοκρασία επηρεάζει την εξάπλωση του ιού έμμεσα αλλά και άμεσα χωρίς να υπάρχει αιτιώδης συνάφεια αφού έχει παρατηρηθεί ότι υπήρχαν και κάποιες εξαιρέσεις, όπως στην περίπτωση των Ηνωμένων Πολιτειών όπου εμφανίστηκε η έξαρση των κρουσμάτων κατά την διάρκεια του καλοκαιριού.

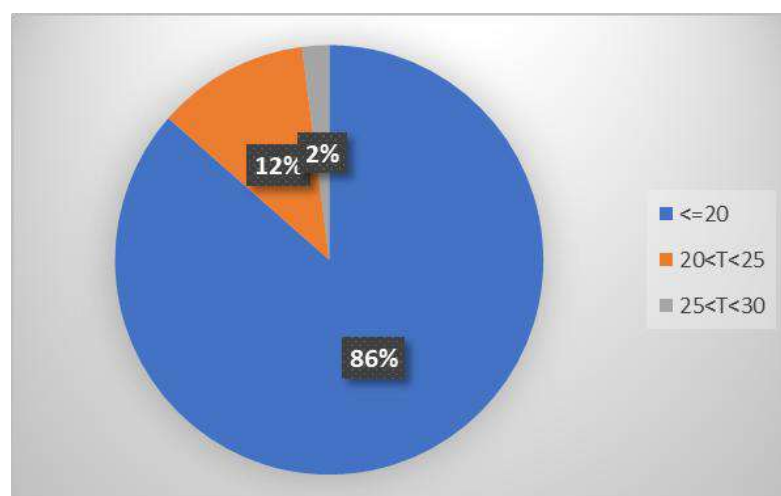
Η αναφορά ότι η θερμοκρασία επηρεάζει έμμεσα την εξάπλωση της νόσου γίνεται επειδή οι υψηλές θερμοκρασίες οδηγούν τον κόσμο να βγαίνει σε ανοιχτούς χώρους ενώ αντίθετα το κρύο κλίμα οδηγεί τους ανθρώπους να συνωστίζονται σε κλειστούς χώρους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να δημιουργείται πρόσφορο έδαφος για την διασπορά του κορονοϊού μιας και στους κλειστούς χώρους δεν ανακυκλώνεται ο αέρας. Τα ανωτέρω, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι ο ιός επιβιώνει έως και 28 ημέρες σε θερμοκρασίες των 20°C, ενώ σε θερμοκρασίες 40°C ο ιός δεν επιβιώνει πάνω από μια μέρα, η μέτρηση έγινε για ιικό φορτίο ισοδύναμο με τους υψηλότερους βαθμούς σωματιδίων που μπορεί να εκπέμψει ένας μολυσματικός ασθενής σε κοινές επιφάνειες π.χ. το γυαλί και τα χαρτονομίσματα, σύμφωνα με την κ. Shane Riddell[83]. Επίσης σύμφωνα με πρόσφατη έρευνα του κ. Adly

Απλ[84] όλες οι πόλεις με θερμοκρασίες κάτω των 24°C, είναι πόλεις υψηλού κινδύνου για την μετάδοση του Covid-19.

Σύμφωνα με τα παραπάνω παρατηρείται ότι η μετάδοση του ιού συμβαίνει πιο αποτελεσματικά σε χαμηλές θερμοκρασίες με χαμηλή υγρασία (αυτό ισχύει και για τα δεδομένα της Ελλάδας) σύμφωνα με την παρούσα έρευνα. Τα συλλεχθέντα στοιχεία (δεδομένα) για την Ελλάδα αφορούν τη περίοδο από τις 26/2/20 έως 8/12/20 και κατατάχθηκαν με αύξουσα σειρά με βάση τις θερμοκρασίες και σε αντιστοιχία υπήρξε η ημέρα που παρατηρήθηκε αυτή η θερμοκρασία καθώς η ημέρα που θα αποτυπωνόταν στα κρούσματα αυτή η θερμοκρασιακή διαφορά, δηλαδή μετά από 6 και 12 ημέρες υστέρησης.



Εικόνα 4.1 Κατανομή κρουσμάτων με βάση την θερμοκρασία με καθυστέρηση 6 ημερών



Εικόνα 4.2 Κατανομή κρουσμάτων με βάση την θερμοκρασία με καθυστέρηση 14 ημερών

Επίσης αξίζει να προστεθεί η παράμετρος των εμβολιασμένων η οποία καθόρισε σταδιακά την πορεία της μετεξέλιξης της πανδημίας στην Ελλάδα δεδομένου ότι από τα τέλη του Δεκεμβρίου του 2020 και ύστερα έγιναν οι πρώτες δόσεις.

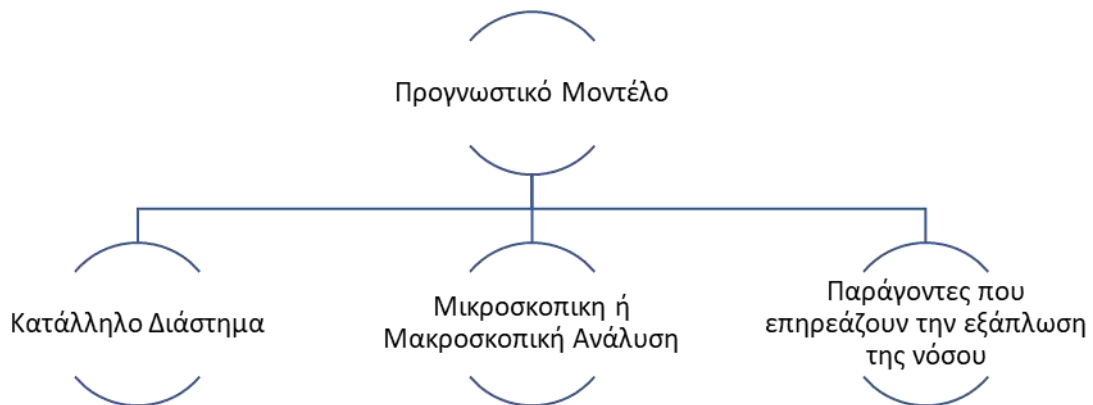
Έτσι το πρόβλημα μελετήθηκε με γνώμονα τις παραπάνω παραμέτρους, οι οποίες προστέθηκαν στο αρχικό μοντέλο σταδιακά προκειμένου να γίνει σαφές, το βαθμό επηρεασμού κάθε παραμέτρου. Η εκτενής αναφορά στο βέλτιστο διάστημα των δεδομένων και των κυριότερων συμπληρωματικών χρονοσειρών που καθορίζουν την εξέλιξη της νόσου είναι απαραίτητη αφού η βέλτιστη επιλογή των θεμελιωδών στοιχείων που θα απαρτίσουν το πρόβλημα θα οδηγήσουν και στο βέλτιστο προγνωστικό μοντέλο.

Το επόμενο στάδιο εστιάζεται στον έλεγχο των άνω παραμέτρων ώστε να δειχθεί αν όλες αυτές οι παράμετροι έχουν ουσιαστική συνεισφορά καθώς και το βαθμό συνεισφοράς τους. Αυτό θα πραγματοποιηθεί προσομοιώνοντας κάθε ένα σενάριο σε ένα μοντέλο ARIMA δηλαδή για κάθε προϋπόθεση που τέθηκε παραπάνω θα ελεγχθεί η επίδραση κάθε μίας ξεχωριστά αλλά και ο συνδυασμός τους και θα προκύψουν τα εξής σενάρια:

1. Η απλή χρήση μοντέλου ARIMA από την αρχή της πανδημίας στην Ελλάδα (26/2/2020)
2. Η απλή χρήση μοντέλου ARIMA από τις 1/1/2021 έως τις 3/6/2021
3. Η χρήση του μοντέλου ARIMA από τις 1/1/2021 έως τις 3/6/2021 λαμβάνοντας υπόψη τα εβδομαδιαία κρούσματα
4. Η χρήση του μοντέλου ARIMA από τις 1/1/2021 λαμβάνοντας υπόψη τα εβδομαδιαία κρούσματα, τον ευάλωτο πληθυσμό και την αυστηρότητα των μέτρων
5. Η χρήση του μοντέλου ARIMA από τις 1/1/2021 λαμβάνοντας υπόψη τα εβδομαδιαία κρούσματα, τον ευάλωτο πληθυσμό, την αυστηρότητα των μέτρων και την θερμοκρασία
6. Η χρήση μοντέλου ARIMA από τις 1/1/2021 υπολογίζοντας τα κρούσματα ανά περιφέρεια

Όλα τα παραπάνω σενάρια θα μελετηθούν για οριζόντια πρόβλεψη από τις 4/6/2021 έως τις 3/7/2021.

Παρατηρείται ότι γίνεται η ανάλυση του συστήματος με βάση τρεις πυρήνες:



Εικόνα 4.3 Παράμετροι εξάρτησης βέλτιστου προγνωστικού μοντέλου

Το κατάλληλο διάστημα ορίστηκε από τα ορόσημα που τέθηκαν με βάση την εξέλιξη της πανδημίας βασιζόμενη στα κύματα της πανδημίας στην χώρα μας.

Αναλυτικότερα η αναφορά στο κατάλληλο διάστημα έγινε με βάση τα ορόσημα της εξέλιξης του κορονοϊού. Ορόσημα θεωρήθηκαν οι περίοδοι έναρξης πανδημικών κυμάτων. Ως Πρώτο πανδημικό κύμα χαρακτηρίστηκε η περίοδος 12/3/2020 – 18/5/2020 δηλαδή από την εμφάνιση του πρώτου κρούσματος στην Ελλάδα έως και τις 18 Μαΐου 2020 που έγινε η άρση όλων των πρώτων περιοριστικών μέτρων που είχε επιβάλει η Ελληνική Κυβέρνηση. Σημειώνεται το πρώτο κρούσμα δεν είχε κάνει τόσο αισθητή η παρουσία του στην Ελλάδα, αφού οι αρχές είχαν μεριμνήσει και είχαν προβεί σε σταδιακούς περιορισμούς από τις 12 Μαρτίου 2020 ενώ από τις 23 Μαρτίου 2020 επιβλήθηκε γενικευμένο lockdown το οποίο διήρκεσε μέχρι τις 18 Μαΐου 2020 .

Το δεύτερο πανδημικό κύμα που αναμενόταν να αντιμετωπίσει η Ελλάδα οφειλόταν στο φόβο της μεγάλης έλευσης τουριστών που θα σηματοδοτούσε και την δυσκολία στο περιορισμό της μετάδοσης της νόσου ωστόσο δεν ήταν και αυτό τόσο έντονο όσο το περίμεναν οι ειδικοί καθώς τα πρώτα δείγματα αυτού εμφανίστηκε σταδιακά στις αρχές Ιουνίου 2020 και κορυφώθηκε στα τέλη Αυγούστου 2020. Λόγω των ληφθέντων από το κράτος μέτρων υπήρξε αναχαίτιση της πορείας του κορονοϊού ενώ παρατηρήθηκε και πτώση των κρουσμάτων στις αρχές Σεπτεμβρίου 2020.

Ωστόσο όπως έχει αποδειχθεί το βασικό γνώρισμα αυτού του ιού αποτελεί ο εξαιρετικά υψηλός βαθμός μετάδοσης του και αυτός ήταν ο λόγος που πριν ολοκληρωθεί το δεύτερο κύμα πανδημίας ο ιός κατάφερε να σχηματίσει το τρίτο κύμα.

Το οποίο με την σειρά του οδήγησε σε νέα μέτρα τα οποία έφεραν την χώρα στις 7 Νοεμβρίου 2020 να κηρύξει ένα νέο γενικευμένο lockdown το οποίο διήρκεσε έως τις 2 Μαΐου 2021 . Μάλιστα αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι η νέα γενικευμένη απαγόρευση τέθηκε σε ισχύ από το Σάββατο 7/11/2020, προκειμένου να εμποδίσει όσο το δυνατόν πιο άμεσα τόσο τις διαδημοτικές μετακινήσεις όσο και τις διαπεριφερειακές δηλαδή τις αθρόα μετακίνηση του πληθυσμού σε εκδρομικούς προορισμούς αλλά και άμεσο περιορισμό στην διασκέδαση. Το δεύτερο lockdown κατάφερε να επιβραδύνει την εξάπλωση του ιού και η συμβολή του ήταν ιδιαίτερα σημαντική έως και τα τέλη Ιανουαρίου 2021, χωρίς όμως να καταφέρει να τον ανακόψει. Εκεί παρατηρήθηκε πάλι η έξαρση του ιού μέχρι και τα τέλη Μαρτίου 2021 όπου έφτασαν στα υψηλότερα σημεία που έχουν παρατηρηθεί στην χώρα μας τα εβδομαδιαία κρούσματα. Εικάζεται πως αυτή η κατάσταση οφειλόταν στην κούραση των πολιτών και ως εκ τούτου στην μη τήρηση των περιοριστικών μέτρων σε συνδυασμό με τις νέες μεταλλάξεις του κορονοϊού. Αυτό που είναι γνωστό από τις μεταλλάξεις είναι η αυξημένη μεταδοτικότητα τους καθώς και ότι το στέλεχος τους είναι πιο επικίνδυνο [85](τα πρώτα δείγματα αυτού του στελέχους φημολογείται ότι εμφανίστηκαν στα τέλη Δεκεμβρίου σύμφωνα με το Έθνος). Ταυτόχρονα οι πρώτοι εμβολιασμοί στην Ελλάδα είχαν ήδη ξεκινήσει από τις 27 Δεκεμβρίου 2021 ωστόσο δεν είχαν ιδιαίτερο αντίκτυπο επειδή δεν υπήρχαν αρκετά διαθέσιμα εμβόλια καθώς μόνο της Pfizer είχε πάρει έγκριση. Αν και σταδιακά με την αύξηση των διαθέσιμων εμβολίων η Ελλάδα έφτασε να έχει 2.911.340 πλήρως εμβολιασμένους έως τις 16/6/2021 , ενώ συγχρόνως υπήρξε πτώση στα νέα κρούσματα, στους 835 και στους διασωληνομένους, στους 343. Γεγονός που αποδείχθηκε σωτήριο αφού στο διάστημα μεταξύ 12 Απριλίου 2021 έως 2 Μαΐου 2021, όπως αναφέρεται χαρακτηριστικά σε άρθρο της Καθημερινής[86], εννέα στις δέκα εισαγωγές σε νοσοκομεία αφορούσαν περιστατικά που δεν είχαν εμβολιαστεί ενώ μόλις το 2% είχε εμβολιαστεί πλήρως. Ταυτόχρονα τα ποσοστά σε μεγάλες ηλικίες νοσηλείας είχαν μειωθεί όπως και η εισαγωγή στις ΜΕΘ πράγμα που αποδεικνύει την μεγάλη αποτελεσματικότητα των εμβολίων.



Στο ίδιο άρθρο αναφέρεται βάσει στοιχείων που δόθηκαν από την Διευθυντή της Πνευμονολογικής Κλινικής του νοσοκομείου «Σωτηρία» ιατρού κ. Μίνας Γκάγκα γνωστοποιείται ότι στο «Σωτηρία» (κύριο νοσοκομείο αναφοράς) νοσηλεύτηκαν λόγω COVID-19 τον Νοέμβριο 2021 200 ασθενείς ηλικίας άνω των 80 ετών, ενώ από τις 12/4/2021 έως τις 17/5/2021 (όπου το πανδημικό κύμα ήταν πολύ πιο σφοδρό), έγιναν περίπου 80 εισαγωγές ασθενών αυτής της ηλικιακής ομάδας εν των οποίων μόνο δύο ήταν εμβολιασμένοι.

Συνοψίζοντας το μοντέλο που δημιουργήθηκε βασίστηκε στα πανδημικά κύματα και κατ' επέκταση στα εβδομαδιαία κρούσματα, στις μεταλλάξεις και στους εμβολιασμούς όπου ορίστηκαν οι σημαντικές ημερομηνίες:

- 26/2/2020: έναρξη πανδημίας στην Ελλάδα
- 28/9/2020: Τρίτο κύμα-αύξηση της κλίμακας των κρουσμάτων
- 1/1/2021: Εμφάνιση βρετανικής μετάλλαξης και η αρχή του εμβολιαστικού σχεδίου
- 15/3/2021: Μεσοδιάστημα όπου η εμβολιαστική κάλυψη έχει αυξηθεί σε συνδυασμό με τις εξάπλωση των μεταλλάξεων



Εικόνα 4.4 Διάγραμμα εβδομαδιαίων κρουσμάτων κρίσιμων ημερομηνιών

Η Μικροσκοπική ή Μακροσκοπική ανάλυση χωρίζεται σε δύο σκέλη το πρώτο σκέλος αφορά την δημιουργία προγνωστικού μοντέλου για την εκατοστή περιφερειακή ενότητα και στο δεύτερο να μελετηθεί σαν σύνολο στην Ελλάδα η εξάπλωση του ιού.

Στην πρώτη προσέγγιση δημιουργήθηκε η ανάγκη μελέτης μικροσκοπικά, διότι είχε παρατηρηθεί ότι σε διαφορετικές περιφερειακές ενότητες, εμφάνιζαν διαφορετικές τάσεις άλλες εμφάνιζαν πτωτικές και άλλες ανοδικές.

Βέβαια η υπολογιστική πολυπλοκότητα μιας πρόβλεψης αποτελούμενη από 53 περιφερειακές ενότητες θα ήταν ασύμφορη και ανούσια, αφού η μεγαλύτερη κατανομή των κρουσμάτων παρατηρείται κυρίως στην Αθήνα και στην Θεσσαλονίκη και ακολουθούν η Αχαΐα, η Λάρισα και το Ηράκλειο. Ειδικότερα αναφέρεται ότι το ποσοστό το κρουσμάτων συγκεντρώνεται σε ποσοστό 55,4% σε Αθήνα και Θεσσαλονίκη και οι άλλες τρεις μεγάλες περιφερειακές ενότητες ακολουθούν σε ποσοστά αθροιστικά ίσα με 7,5% οπότε δεν δίνεται περαιτέρω έκταση στις υπόλοιπες περιφερειακές ενότητες.

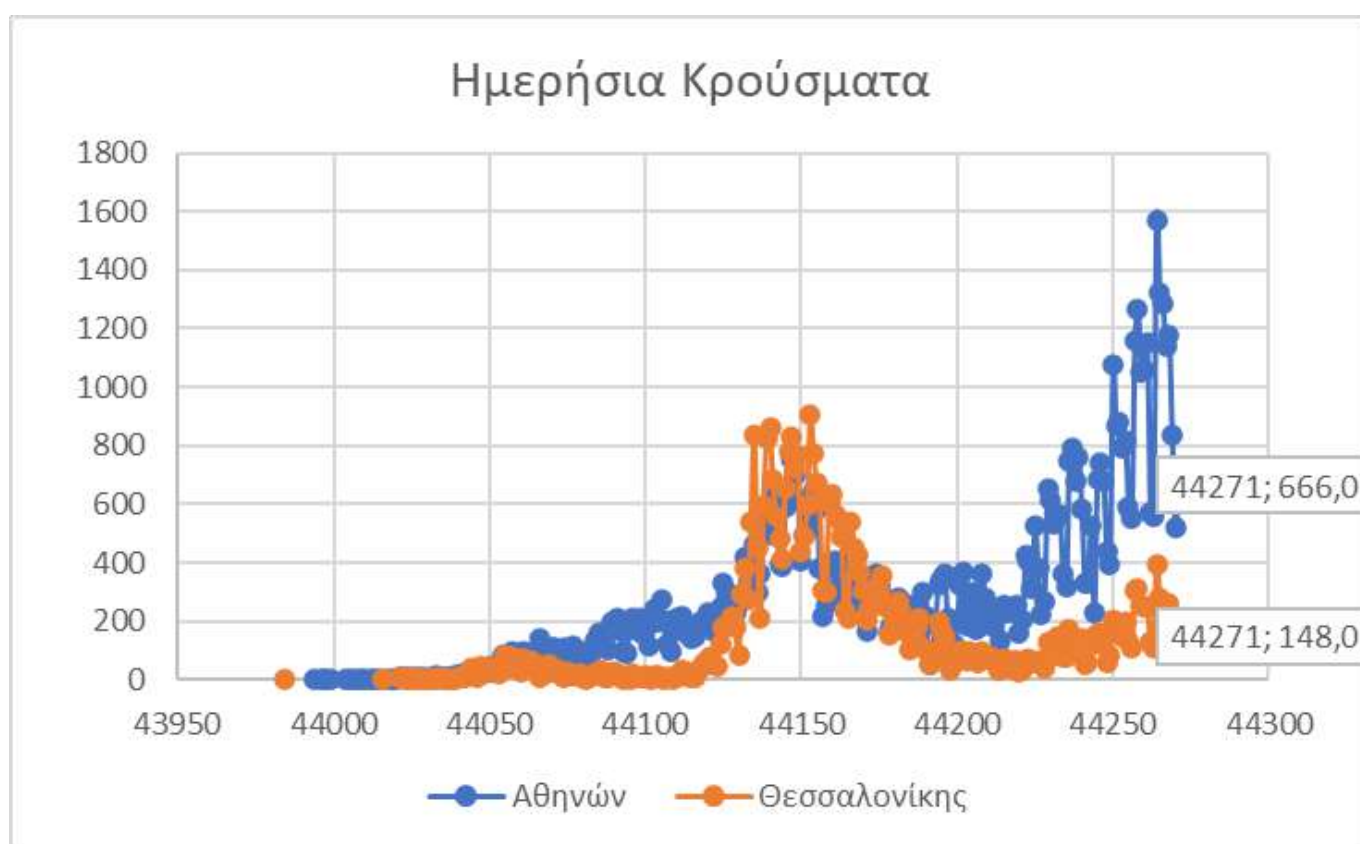
Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι συντελεστές βαρύτητας είναι αμελητέοι και ο διαχωρισμός του αρχικού μοντέλου σε επιμέρους προβλήματα θα οδηγούσε σε μεγαλύτερα σφάλματα πρόβλεψης επειδή η εκάστοτε περιφερειακή ενότητα θα αντιστοιχούσε σε ένα προγνωστικό μοντέλο και κατ' επέκταση σε ένα σφάλμα πρόβλεψης τα οποίο δεν θα είχε την βέλτιστη συμπεριφορά.

Στην προκειμένη περίπτωση η υπερβολική ανάλυση του προβλήματος λειτουργεί εις βάρος της αποτελεσματικότητας της πρόβλεψης. Οπότε το μοντέλο θα περιοριστεί αποκλειστικά στους σημαντικότερους συντελεστές βαρύτητας, δηλαδή της Αθήνας και Θεσσαλονίκης.

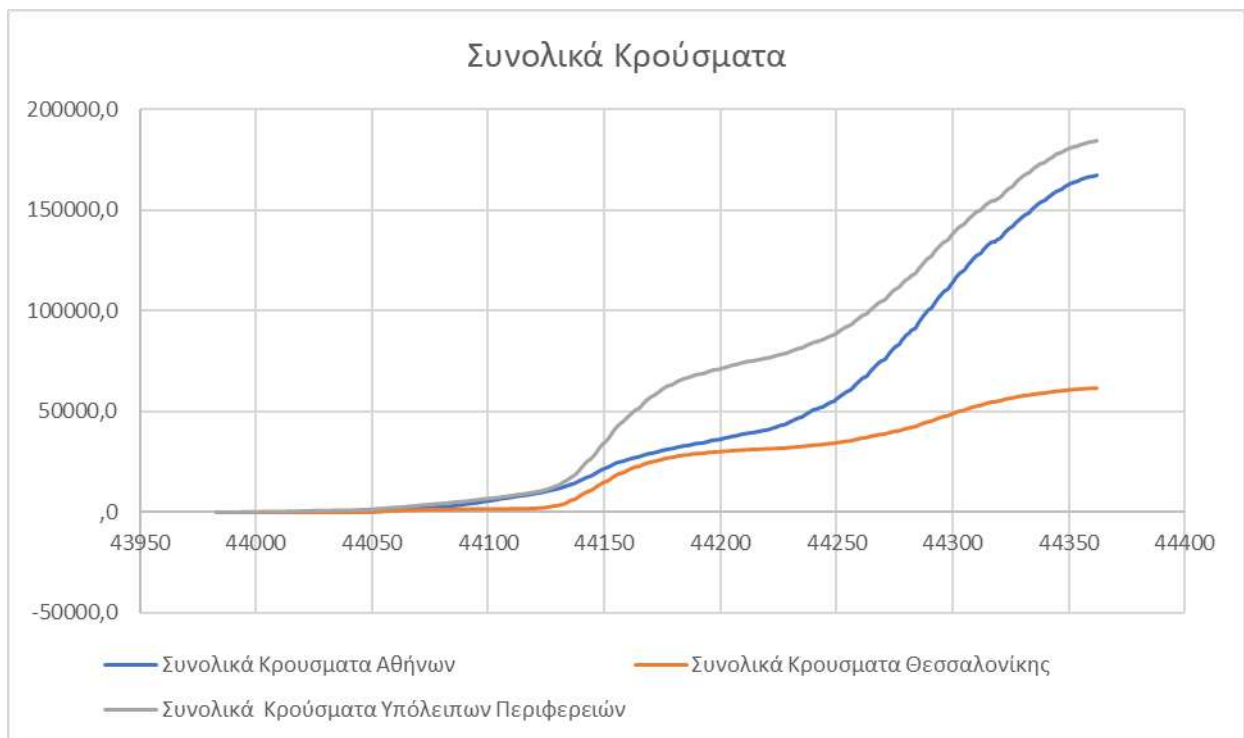
Σε αυτό το σημείο να αναφερθεί ότι η ανάλυση του προβλήματος σε επιμέρους προβλήματα πραγματοποιήθηκε καθώς παρατηρήθηκε η πτωτική τάση των κρουσμάτων στην Θεσσαλονίκη και η αυξητική τάση στην Αθήνα στα δεδομένα που είχαν εισαχθεί έως τις 16/3/2021. Έτσι δημιουργήθηκε η ανάγκη να αναλυθούν σε επιμέρους τμήματα αυτές οι δύο αντίθετες τάσεις προκειμένου να υπάρξουν πιο ακριβή μοντέλα που θα περιέγραφαν καλύτερα το πρόβλημα.

Πίνακας 4.1: Πίνακες με τα περισσότερα κρούσματα ανά περιφέρεια ανά έτος και συνολικά

2021		2020		Total	
Αθηνών	136.162	Αθηνών	36.715	Αθηνών	172.877
Θεσσαλονίκης	32.303	Θεσσαλονίκης	30.533	Θεσσαλονίκης	62.836
Αχαΐας	10.188	Λαρίσης	6.004	Αχαΐας	10.188
Λαρίσης	8.564	Πέλλας	4.264	Λαρίσης	14.568
Ηρακλείου	5.266	Σερρών	3.738	Ηρακλείου	5.266
Εύβοιας	4.713	Πιερίας	3.251	Κοζάνης	4.713
Κοζάνης	4.663	Ημαθίας	3.041	Εύβοιας	4.663
Αιτωλοακαρνανίας	4.236	Μαγνησίας	2.953	Αιτωλοακαρνανίας	4.236
Μαγνησίας	4.138	Δράμας	2.952	Μαγνησίας	7.091



Εικόνα 4.5 Οι διαφορετικές τάσεις μεταξύ Αθήνα και Θεσσαλονίκης όπως είχε διαμορφωθεί έως τις 16/3/2021



Εικόνα 4.6 Η εξέλιξη των συνολικών κρουσμάτων όπως είχαν διαμορφωθεί έως τις 16/6/2021

Αντίθετα στην μακροσκοπική ανάλυση το πρόβλημα παρακολουθείται σαν σύνολο και δημιουργείται ένα γενικευμένο μοντέλο πρόβλεψης το οποίο μπορεί να διευκολύνει την διαδικασία. Στην συγκεκριμένη περίπτωση το μοντέλο μελετήθηκε σαν σύνολο προκειμένου να αναιρεθεί η εποχικότητα λαμβάνοντας υπόψη τα εβδομαδιαία κρούσματα από την στιγμή που παρατηρήθηκε ότι συγκεκριμένες μέρες της εβδομάδας εμφανιζόντουσαν με μέγιστα και ελάχιστα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η ύπαρξη πιθανής εποχικότητας του κορονοϊού δεν σχετίζεται με φαινομενική εβδομαδιαία εποχικότητα.

Παράγοντες εξάπλωσης της νόσου επηρέασαν και καθόρισαν το προγνωστικό μοντέλο που δημιουργήθηκε και ήταν οι προαναφερθέντες δηλαδή η θερμοκρασία, η αυστηρότητα των μέτρων και οι εμβολιασμοί.

Ωστόσο όπως σημειώνεται οι παράγοντες δεν περιορίζονται μόνο στους παραπάνω καθώς η σκιαγράφηση του χαρακτήρα του ιού έχει αποδείξει ότι εξαρτάται από το περιβάλλον, από το μοτίβο των επαφών, από τους παράγοντες του ξενιστή και από τους κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες σύμφωνα με σχετικές δηλώσεις του καθηγητή Ηλία

Μόσιαλου [87]. Το ουσιαστικό ζήτημα όμως που τίθεται δεν αφορά αποκλειστικά από τι επηρεάζεται η διασπορά του ιού αλλά και το πως μπορεί να δράσει η πολιτεία προκειμένου να εμποδίσει την διάδοση.

Είναι κατανοητό ότι το περιβάλλον επηρεάζει το ιό αφού δημιουργεί τις απαραίτητες συνθήκες για να επιβιώσει. Ομοίως και το μοτίβο των επαφών, αφού ο ιός διαδίδεται μέσω των ανθρώπων, άρα ένα μολυσματικό άτομο με ένα μεγάλο μοτίβο επαφών θα οδηγήσει στην υπέρ-μετάδοση του ιού. Για αυτό οι ειδικοί υποστηρίζουν το μοντέλο της «κοινωνικής φούσκας» όπου μία μικρή ομάδα έως και δέκα ατόμων, έχουν συμφωνήσει να συναντιούνται μόνο μεταξύ τους και να ακολουθούν αυστηρά το υγειονομικό πρωτόκολλο. Έρευνες έχουν δείξει ότι η δημιουργία κοινωνικών φουσκών βοηθάει στη μείωση της διασποράς του κορονοϊού, καθώς σε περίπτωση μετάδοσης του ιού η ιχνηλάτηση θα ήταν πιο αποτελεσματική. Εν συνεχεία ο παράγοντας του ξενιστή επηρεάζει με ποικίλους τρόπους την νόσο αφού προσδιορίζει κατά πόσο θα νοσήσει σοβαρά ο ασθενής, την εισαγωγή του στην ΜΕΘ ή ακόμα και το θάνατο του. Όμως το προγνωστικό μοντέλο επικεντρώνεται στον αν ο ασθενής θα είναι συμπτωματικός ή όχι καθώς η διασπορά του ιού μεταδίδεται ως επί το πλείστο από συμπτωματικούς ασθενείς.

Τέλος γίνεται αναφορά για τους κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες οι οποίοι είναι ο συνδυασμός κοινωνικών παραμέτρων δηλαδή πως άνθρωποι γεννιούνται, μεγαλώνουν, εργάζονται, ζουν σε άρρηκτη σύνδεση με την οικονομική κατάσταση τους. Βέβαια όλες οι προαναφερθείσες παράμετροι, το περιβάλλον, το μοτίβο των επαφών, οι παράγοντες του ξενιστή και οι κοινωνικοοικονομικοί είναι δύσκολο έως και πρακτικά αδύνατον να μαθηματικοποιηθούν. Αλλά και στην περίπτωση που ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα η πολιτεία δεν μπορεί να ελέγξει αυτές τις παραμέτρους συνεπώς θα παρέμεναν αναλλοίωτες σε βάθος χρόνου άρα δεν θα επηρέαζε την πορεία του μοντέλου. Για αυτό το ARIMA μοντέλο που θα αναλυθεί στην συνέχεια θα συσχετιστεί αποκλειστικά με παραμέτρους οι οποίες η πολιτεία μπορεί να επέμβει και να μεταβληθούν όπως είναι ή αυστηρότητα των περιοριστικών μέτρων. Άλλα ακόμα και σε παραμέτρους που δεν μπορεί να επέμβει με την προϋπόθεση ότι αυτές οι παράμετροι μεταβάλλονται και οι μελλοντικές τιμές μπορούν να υπολογιστούν, όπως είναι η θερμοκρασία.

## 4.2 Καθορισμός του θεωρητικού μοντέλου

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω σενάρια είχαν ως σκοπό τη σκιαγράφηση των χαρακτηριστικών του κορονοϊού προκειμένου να μπορεί να γίνει η κατανόηση του προβλήματος και να καθοριστούν τα βασικά χαρακτηριστικά του προγνωστικού μοντέλου. Πιο συγκεκριμένα η παρούσα έρευνα επικεντρώνεται στην προσέγγιση και δημιουργία προγνωστικού μοντέλου βασισμένο στα πρότυπα Box-Jenkins ή όπως είναι ευρέως γνωστά στα ολοκληρωμένα πρότυπα αυτοπαλινδρομούμενου κινούμενου μέσου (ARIMA - autoregressive integrated moving average). Η ειδοποιός διαφορά αυτών των μοντέλων σε σχέση με τα υπόλοιπα αποτελεί το γεγονός ότι εκμεταλλεύονται την δομή της αυτοσυσχέτισης σε μια χρονοσειρά. Ουσιαστικά με αυτό τον τρόπο αναζητούν πιθανές αυτοσυσχετισείς της χρονοσειράς και βασιζόμενοι σε αυτές επιδιώκουν να αναπαράγουν τις μελλοντικές τιμές με συγκεκριμένα μοτίβα. Πιο συγκεκριμένα τα ARIMA μοντέλα κάνουν χρήση καθυστερημένων κινητών μέσων όρων για την εξομάλυνση των δεδομένων χρονοσειρών. Ωστόσο επειδή αυτά τα μοντέλα υποθέτουν σιωπηρά ότι το μέλλον θα μοιάζει με το παρελθόν ως ένα βαθμό πρέπει να γίνει ο προσεκτικός έλεγχος του χρονικού διαστήματος που θα χρησιμοποιηθούν. Καθώς η εφαρμογή τους σε περιόδους με μεγάλες μεταβολές ή κρίσεις είναι πιθανό να δώσει ανακριβή αποτελέσματα. Η ανάλυση των θεμελιωδών στοιχείων των μοντέλων ARIMA θα συμβάλει στην κατανόηση αυτού του εκλεπτυσμένου μοντέλου. Αρχικά το μοντέλο ορίζεται από τις παραμέτρους  $p, q, d$  και συμβολίζεται ως  $ARIMA(p, q, d)(P, Q, D)$ . Ειδικότερα αυτές οι τρεις παράμετροι δίνουν όλη την πληροφορία για τα χαρακτηριστικά του μοντέλου, η παράμετρος  $p$  αναφέρεται στην γραμμική παλινδρόμηση, η παράμετρος  $q$  στο κινούμενο μέσο όρο, και όρος που λαμβάνει υπόψη τις τάσεις,  $d$ , των διαφορών από δεδομένο σε δεδομένο που διαφέρει ένα αριθμό περιόδων που είναι το μήκος της εποχής. Τέλος η δεύτερη παρένθεση αναφέρεται στις ίδιες παραμέτρους που οφείλονται στην εποχικότητας που εμφανίζει η χρονοσειρά, συχνά γίνεται αναφορά και ως ένα μοντέλο SARIMA (Seasonal- ARIMA).

Το πρώτο βήμα για τη δημιουργία ενός μοντέλου ARIMA είναι η χρονοσειρά να μετατραπεί σε στάσιμη, διότι ο όρος  $p$  που αναφέρεται στην γραμμική παλινδρόμηση χρησιμοποιεί τις

δικές του καθυστερήσεις ως προβλέψεις καθώς αναφέρεται στον αριθμό των υστερήσεων του D που θα χρησιμοποιηθούν για την πρόγνωση.[88]

$$D_t = c + a_1 D_{t-1} + a_2 D_{t-2} + \dots + a_p D_{t-p} + \varepsilon_t \quad 1)$$

$c, a_i, i=1, \dots, p$ : συντελεστές γραμμικής παλινδρόμησης

$\varepsilon_t$ : σφάλμα:  $\varepsilon_t \sim \text{Κανονική}(0, \sigma)$

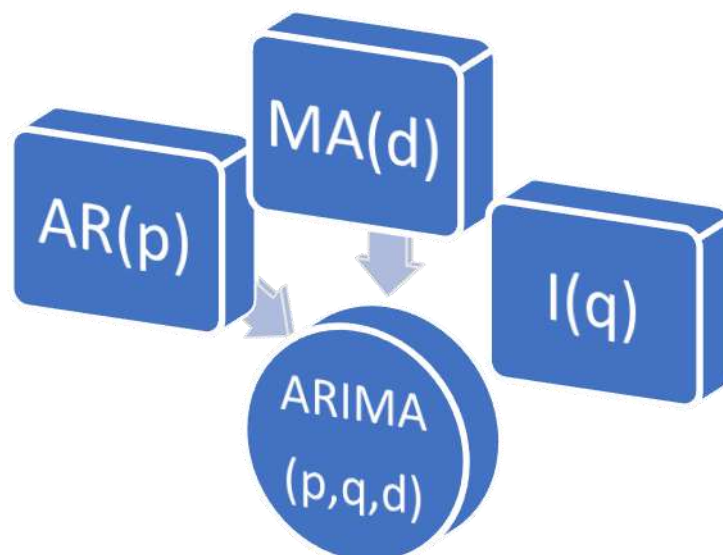
Αυτό συνεπάγεται ότι για να είναι αποτελεσματικό το προγνωστικό μοντέλο, οι προγνωστικοί παράγοντες πρέπει να είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους. Έτσι το πρόβλημα οδηγείται στην παράμετρο «d» η οποία αντικατοπτρίζει τον ελάχιστο αριθμό περιόδων, δηλαδή διαδοχικών τιμών τις χρονοσειράς, που αφαιρέθηκαν από την τρέχουσα τιμή προκειμένου να επιτευχθεί η στασιμότητα.

Τέλος το «q» που αναφέρεται στο κινούμενο μέσο αποτελεί τον αριθμό των καθυστερημένων σφαλμάτων πρόβλεψης που πρέπει να συμπεριληφθούν στο μοντέλο ARIMA

$$D_t = c - b_1 \varepsilon_{t-1} - b_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - b_q \varepsilon_{t-q} + \varepsilon_t \quad 2)$$

$c, b_i, i=1, \dots, q$ : συντελεστές γραμμικής παλινδρόμησης

$\varepsilon_{t-i}, i=0, \dots, q$ : σφάλμα:  $\varepsilon_{t-i} \sim \text{Κανονική}(0, \sigma)$



Εικόνα 4.7: Δομή μοντέλου ARIMA

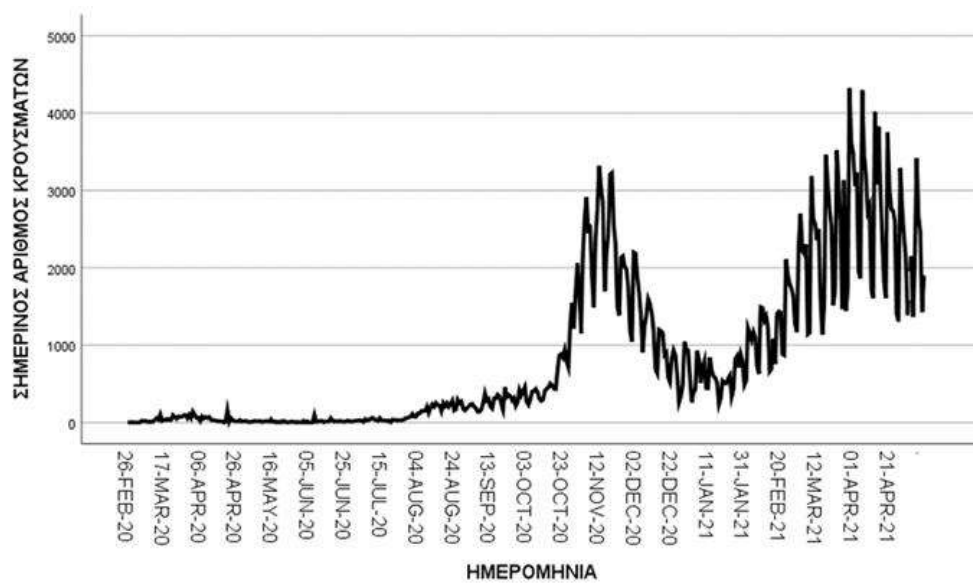
Συνεπώς όλες οι παραπάνω παράμετροι συντελούν στην δημιουργία ενός μοντέλου ARIMA. Ωστόσο ακόμα δεν έχει λυθεί το ερώτημα πως καθορίζονται οι παραπάνω συνιστώσες. Αρχικά αναφέρεται πως κάθε πρόβλημα που μελετάτε πρέπει να είναι στάσιμο, συνήθως όμως στα ρεαλιστικά προβλήματα που μελετώνται οι τάσεις είναι κάτι το αναπόφευκτο . Οπότε το πρόβλημα της στασιμότητας μεταφράζεται σε ένα πρόβλημα που η χρονοσειρά κυμαίνεται γύρω από ένα καθορισμένο μέσο και η συνάρτηση αυτοσυσχέτισης φτάνει τείνει στο μηδέν γρήγορα. Έτσι ο σκοπός είναι να μελετηθούν εάν οι αυτοσυσχετισμοί είναι θετικοί για πολλές καθυστερήσεις, τότε η σειρά χρειάζεται περαιτέρω διαφοροποίηση. Από την άλλη πλευρά, εάν η αυτοσυσχέτιση της καθυστέρησης 1 είναι πολύ αρνητική, τότε η σειρά είναι πιθανώς υπερβολική. Στην περίπτωση που δεν είναι εύκολο να διακριθεί ο βαθμός της διαφοροποίησης πρέπει να επιλέγει ο μικρότερος εκ των δύο προκείμενου να αποφευχθούν φαινόμενα overfitting.

Πρώτου συνεχιστεί η παράθεση του προσδιορισμού της παραμέτρου  $d$  αξίζει να αναφερθεί πως η μελέτη και η σύσταση του προγνωστικού μοντέλου πραγματοποιήθηκε με το στατιστικό πακέτο SPSS στο οποίο έγινε η εκάστοτε ανάλυση του κάθε σεναρίου. Αναλυτικότερα έγινε η χρήση των δυνατοτήτων των αυτοσυσχετίσεων ACF και τμηματικών PCF, διαγραμμάτων, σφαλμάτων αλλά κυρίως η ανάπτυξη κλασικών μοντέλων

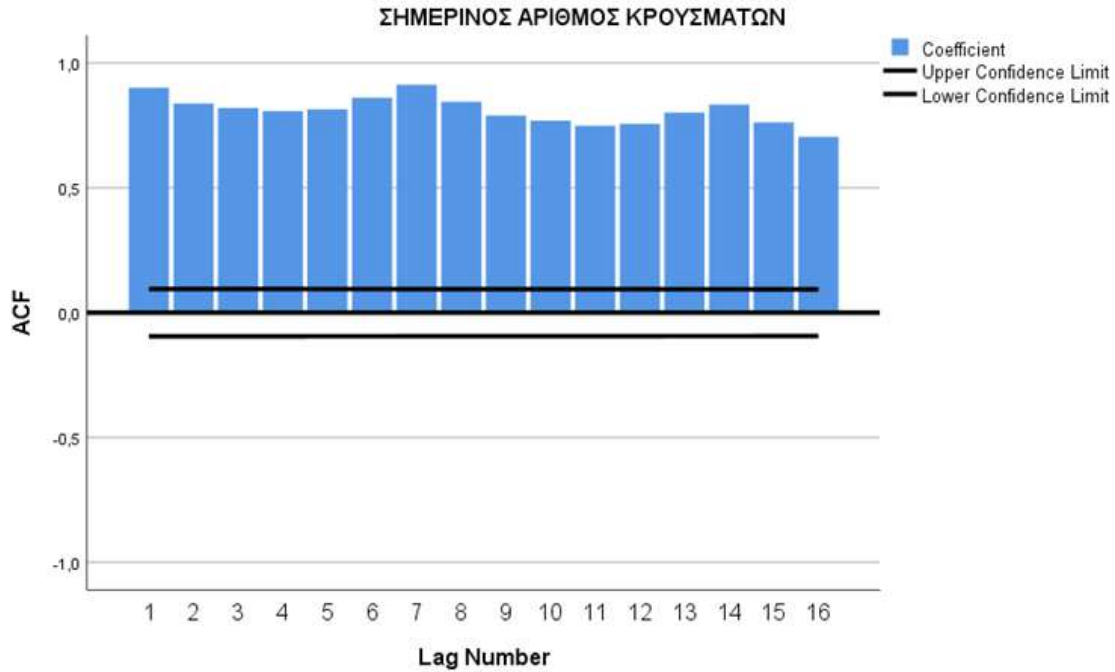


προβλέψεων όπως, holt-winters, dumped trend, exponential smoothing όμως η μελέτη εστίασε αποκλειστικά στα μοντέλα ARIMA.

Στο παρακάτω παράδειγμα παρουσιάζεται με το στατιστικό πακέτο SPSS η εικόνα της συνάρτησης αυτοσυσχέτισης για τον καθημερινό αριθμό κρουσμάτων και παρατηρείται πως οι αυτοσυσχετίσεις είναι θετικές για πολλές διαδοχικές τιμές γεγονός που σηματοδοτεί ότι υπάρχουν τάσεις που πρέπει να εξαλειφθούν προκειμένου να δημιουργηθεί ένα σωστό προγνωστικό μοντέλο.

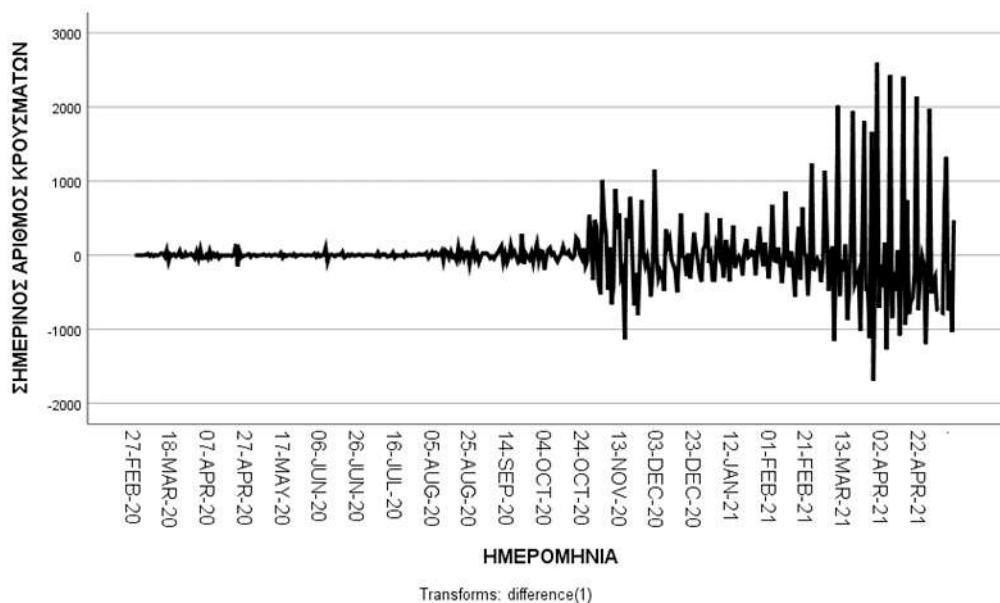


Εικόνα 4.8: Διάγραμμα ημερήσιων αριθμού κρουσμάτων από τις 26/2/2020

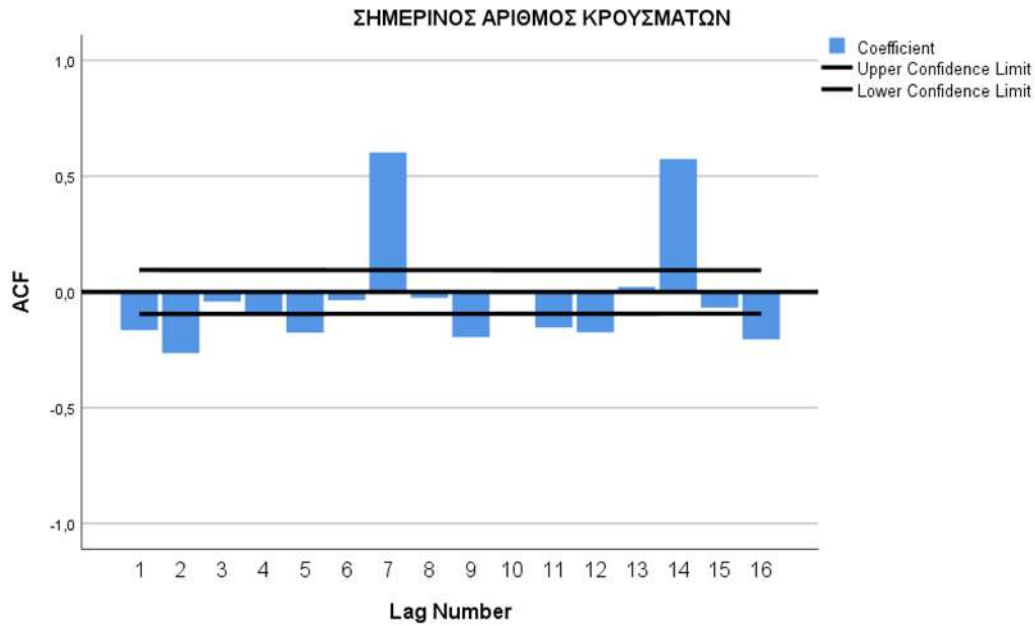


Εικόνα 4.9: Συνάρτηση αυτοσυσχέτισης για καθημερινά κρούσματα με  $difference=0$

Έτσι επόμενο βήμα ήταν να δημιουργηθεί η συνάρτηση αυτοσυσχέτισης για διαφορά τάσεων ίση με 1 περίοδο όπου υπήρχε σαφή βελτίωση του και αποσαφηνιζόντουσαν οι σημαντικές αυτοσυσχετίσεις του μοντέλου.

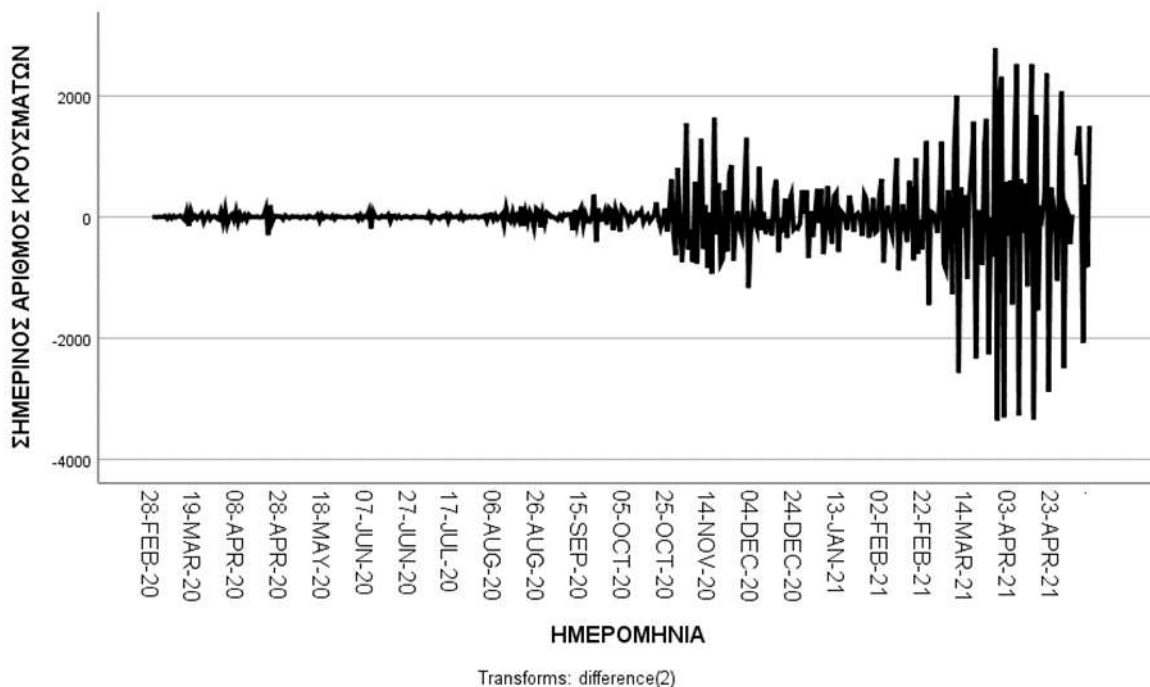


Εικόνα 4.10 Παράδειγμα μετατροπής διαγράμματος ημερήσιων αριθμού κρουσμάτων λαμβάνοντας υπόψη διαφορές 1ης τάξης

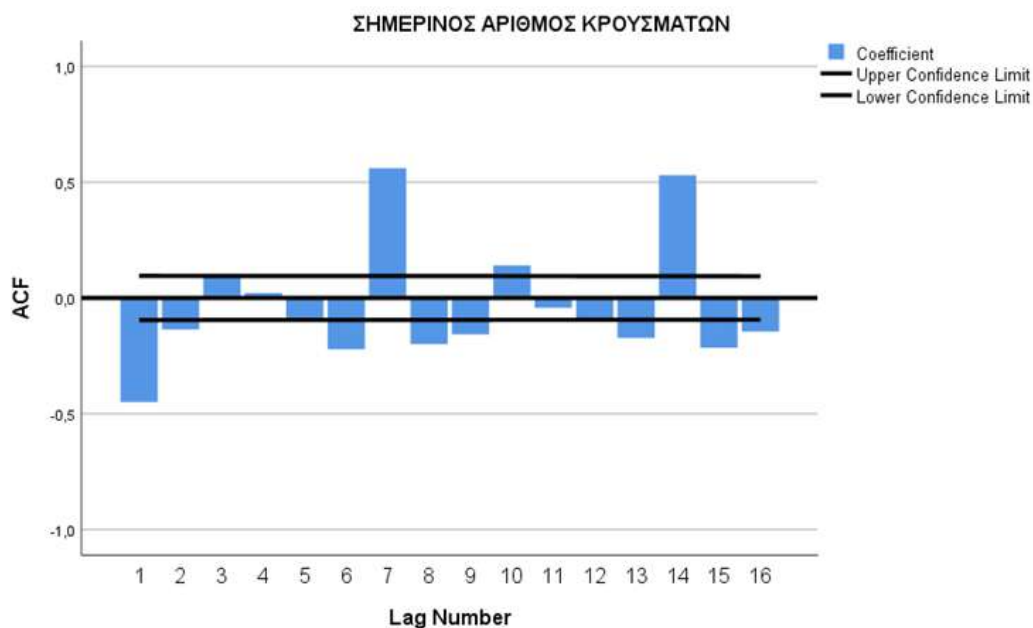


Εικόνα 4.11: Συνάρτηση αυτοσυσχέτισης για καθημερινά κρούσματα με  $difference=1$

Ωστόσο έπρεπε να διαπιστωθεί εάν το μοντέλο αποδίδει καλύτερα σε διαφορά τάσεων  $d=1$  ή  $d=2$  οπότε στο παρακάτω σχήμα παρατηρείται η δευτέρου βαθμού διαφορά τάσεων .



Εικόνα 4.12: Παράδειγμα μετατροπής διαγράμματος ημερήσιων αριθμού κρουσμάτων λαμβάνοντας υπόψη διαφορές 2ης τάξης



Εικόνα 4.13: Συνάρτηση αυτοσυσχέτισης για καθημερινά κρούσματα με  $difference=2$

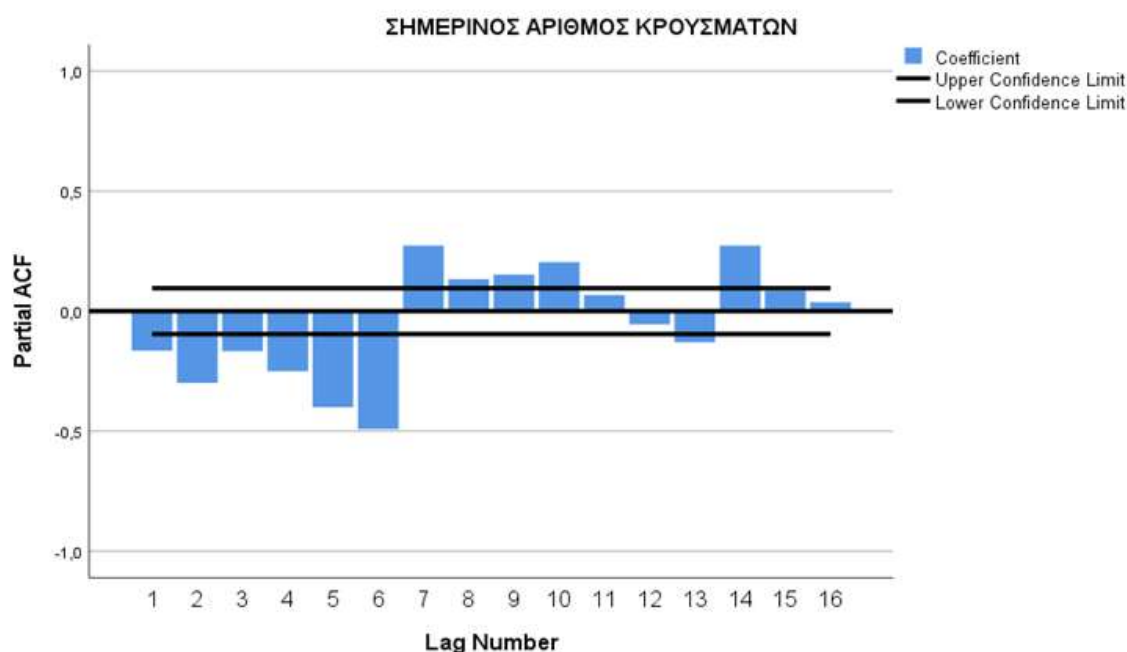
Συνοψίζοντας εξακριβώθηκε πως το μοντέλο λειτουργεί καλύτερα για  $d=1$  αφού στην περίπτωση  $d=0$  δεν είναι εφικτό να διαπιστωθούν οι ακριβείς αυτοσυσχετισμοί των τιμών μιας και οι περισσότερες παρελθοντικές τιμές υπονοούν ότι αλληλοεπιδρούν σημαντικά με την εκάστοτε παρούσα τιμή, ενώ στην διαφορά τάσεων  $d=2$  παρατηρείται ότι η διαφορά τάσεων της πρώτης καθυστέρησης (lag) είναι πολύ αρνητική που εξυπονοεί ότι πιθανότατα γίνεται overfitting.

Εν συνεχεία ο προσδιορισμός του όρου AR σε περίπτωση που υπάρχει. Μπορεί να γνωστοποιηθεί ο απαιτούμενος αριθμός όρων AR ελέγχοντας την πλοκή μερικής αυτοσυσχέτισης (PACF). Η μερική αυτοσυσχέτιση μπορεί να φανταστεί ως συσχέτιση μεταξύ της σειράς και της υστέρησης της, αφού αποκλείσει τις συνεισφορές από τις ενδιάμεσες καθυστερήσεις. Έτσι η τμηματική αυτοσυσχέτιση αντιστοιχεί την καθαρή συσχέτιση μεταξύ καθυστέρησης και χρονοσειράς. Με αυτόν τον τρόπο, θα γίνεται γνωστό αν αυτή η καθυστέρηση απαιτείται στον όρο AR ή όχι. Μαθηματικά αυτός ο τύπος αναπαρίσταται ως τη μερική αυτοσυσχέτιση της καθυστέρησης ( $k$ ) μιας σειράς είναι ο συντελεστής αυτής της καθυστέρησης στην εξίσωση αυτοανάπτυξης του  $Y$ .

$$Y_t = a_0 + a_1 Y_{t-1} + a_2 Y_{t-2} + a_3 Y_{t-3}$$

3)

Δηλαδή, αν  $Y_t$  είναι η τρέχουσα σειρά και  $Y_{t-1}$  είναι η υστέρηση 1 του, τότε η μερική αυτοσυσχέτιση της καθυστέρησης 3, είναι ο συντελεστής  $a_3$  του  $Y_{t-3}$  στην παραπάνω εξίσωση. Τότε οποιαδήποτε αυτοσυσχέτιση σε μια στάσιμη σειρά μπορεί να διορθωθεί προσθέτοντας αρκετούς όρους AR. Ειδικότερα οι όροι που λαμβάνονται υπόψη στο AR(p) μοντέλο ισούται με όσες καθυστερήσεις ξεπερνούν το επίπεδο σημαντικότητας στο διάγραμμα PACF. Συνοψίζοντας οι τιμές που ξεπερνάνε τα επίπεδα σημαντικότητας στην τμηματική αυτοσυσχέτιση PACF χρησιμοποιούνται για να καθορίσει το βαθμό του γραμμικού αυτοπαλινδρομούμενου μοντέλου AR(p) δηλαδή το  $p$ . [89]



Εικόνα 4.14 Παράδειγμα διαγράμματος τμηματικής αυτοσυσχέτισης από τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν

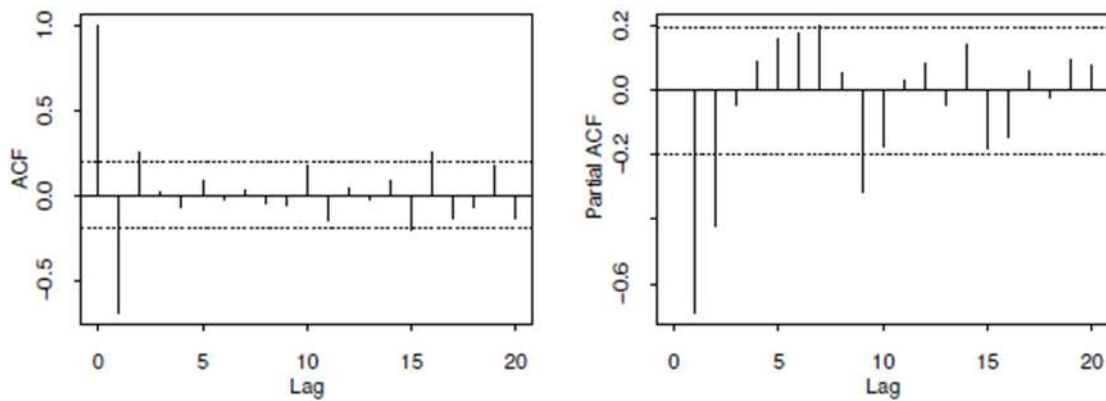
Αντίστοιχα για να καθοριστεί η παράμετρος  $q$  δηλαδή ο βαθμός του μοντέλου του κινούμενου μέσου χρησιμοποιείται το διάγραμμα της αυτοσυσχέτισης ACF. Δηλαδή το ACF εκφράζει πόσους όρους MA χρειάζεται να εξαλειφθούν για εξάλειψη της αυτοσυσχέτισης στην στάσιμη χρονοσειρά που έχει προκύψει. Και σε αυτή την περίπτωση οι όροι που θα εξαλειφθούν θα είναι όλοι όσοι περνάνε το επίπεδο σημαντικότητας.

Το κατάλληλο μοντέλο μπορεί να προσδιοριστεί με βάση τα διαγράμματα της μερικής ACF και της τμηματικής PACF, αυτοσυσχέτισης μπορεί σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα [90]:

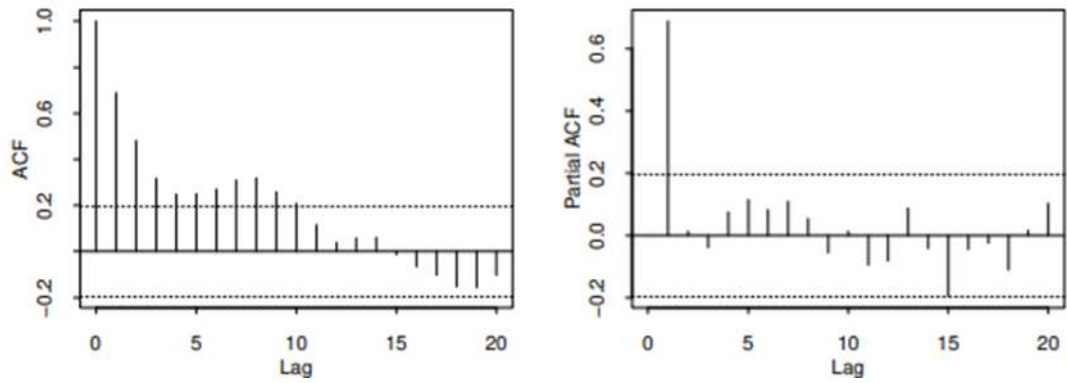
Πίνακας 4.2 Πίνακας χαρακτηριστικών μορφών αυτοσυσχέτισης και τμηματικής AR, MA και ARMA

Όροι	ACF $\rho(k)$	PACF $\phi_{kk}$
AR(p)	Μορφή διαγράμματος εκθετική ή ημιτονοειδής	p σημαντικές καθυστερήσεις
MA(q)	q σημαντικές καθυστερήσεις	Μορφή διαγράμματος εκθετική ή ημιτονοειδής
ARMA(p,d,q)	Μορφή διαγράμματος εκθετική ή ημιτονοειδής μετά από καθυστέρηση $\max(0, q-p)$	Μορφή διαγράμματος εκθετική ή ημιτονοειδής μετά από καθυστέρηση $\max(0, p-q)$

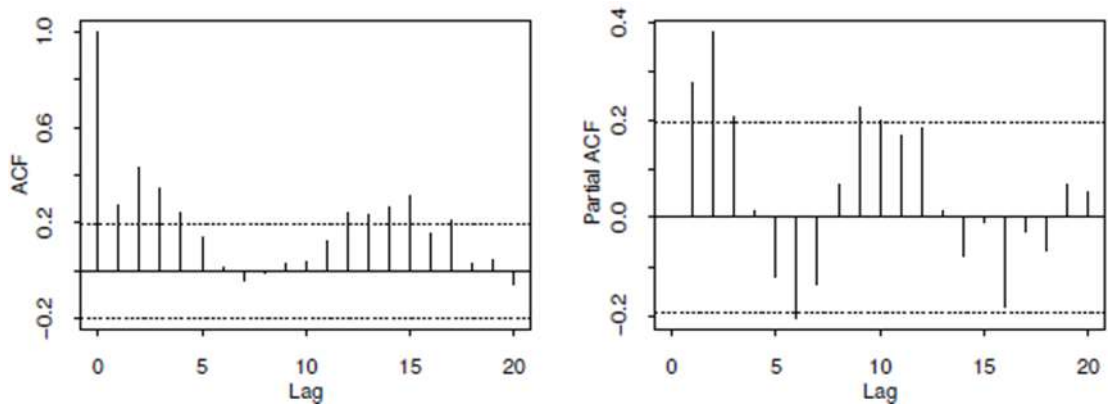
Παρακάτω παρατίθενται παραδείγματα με βάση αυτά τα κριτήρια:



Εικόνα 4.15 Παράδειγμα MA(2) [91]



Εικόνα 4.16 Παράδειγμα AR(1) [91]



Εικόνα 4.17: Παράδειγμα ARMA (2,2) [91]

Επιπρόσθετα σύμφωνα με το Dixon [91] έχουν παρατεθεί χαρακτηριστικά παραδείγματα ARIMA που μπορούν να ταυτοποιήσουν αντίστοιχα μοντέλα με βάση τα διαγράμματα ACF PACF [91].

Model	Lag	ACF			PACF		
		-	0	+	-	0	+
ARIMA (1, 0, 0)	1		_____			_____	
	2		_____			_____	
	3		_____			_____	
	4		_____			_____	
	5		_____			_____	
	6		_____			_____	
	7		_____			_____	
	8		_____			_____	
	9		_____			_____	
	10		_____			_____	
ARIMA (0, 0, 1)	1		_____			_____	
	2		_____			_____	
	3		_____			_____	
	4		_____			_____	
	5		_____			_____	
	6		_____			_____	
	7		_____			_____	
	8		_____			_____	
	9		_____			_____	
	10		_____			_____	
ARIMA (2, 0, 0)	1		_____			_____	
	2		_____			_____	
	3		_____			_____	
	4		_____			_____	
	5		_____			_____	
	6		_____			_____	
	7		_____			_____	
	8		_____			_____	
	9		_____			_____	
	10		_____			_____	
ARIMA (0, 0, 2)	1		_____			_____	
	2		_____			_____	
	3		_____			_____	
	4		_____			_____	
	5		_____			_____	
	6		_____			_____	
	7		_____			_____	
	8		_____			_____	
	9		_____			_____	
	10		_____			_____	

Εικόνα 4.18 Πίνακας ταυτοποίησης μοντέλων ARIMA [91]



Model	Lag	ACF			PACF		
		-	0	+	-	0	+
ARIMA ( $p, 0, q$ )	1		_____			_____	
	2		_____			_____	
	3		_____			_____	
	4		_____			_____	
	5		_____			_____	
	6		_____			_____	
	7		_____			_____	
	8		_____			_____	
	9	$p$			$q$		
	10						
ARIMA (0, 1, 0) (a)	1		_____			_____	
	2		_____			_____	
	3		_____			_____	
	4		_____			_____	
	5		_____			_____	
	6		_____			_____	
	7		_____			_____	
	8		_____			_____	
	9		_____			_____	
	10						
ARIMA (0, 1, 0) (b)	1		_____			_____	
	2		_____			_____	
	3		_____			_____	
	4		_____			_____	
	5		_____			_____	
	6		_____			_____	
	7		_____			_____	
	8		_____			_____	
	9		_____			_____	
	10		_____			_____	
	11		_____			_____	
	12		_____			_____	

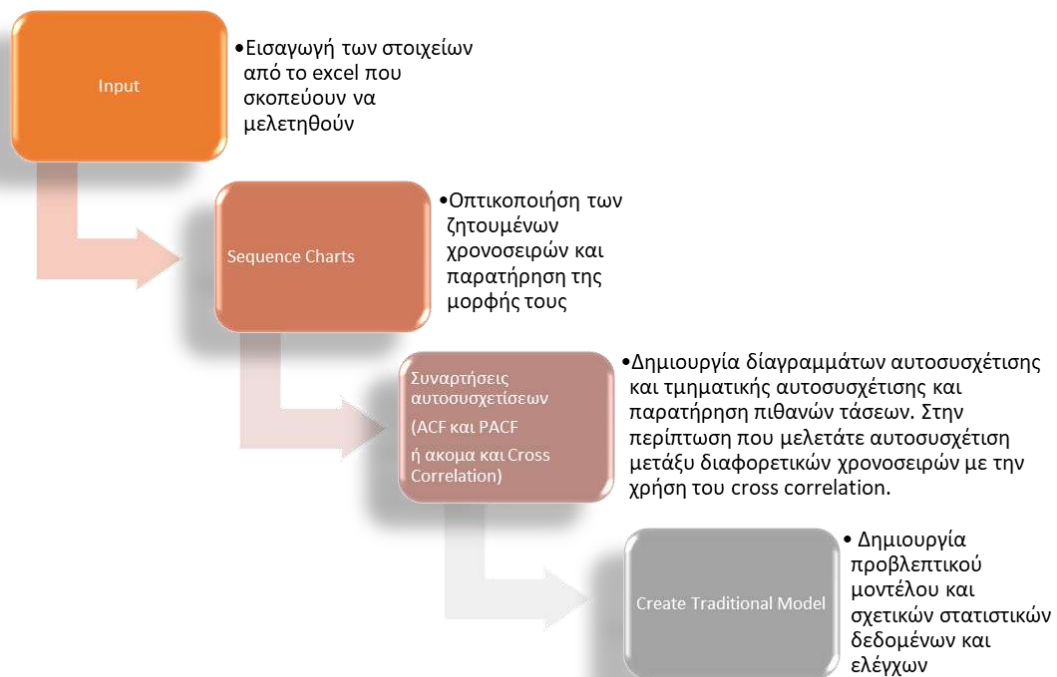
Εικόνα 4.19 Πίνακας ταυτοποίησης μοντέλων ARIMA [91]

### 4.3 Διαδικασία σύνθεσης του μοντέλου

Ωστόσο με την χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS παρέχεται η δυνατότητα να αυτοματοποιηθεί η παραπάνω διαδικασία καθώς και των πιο εξελιγμένων μοντέλων S-ARIMA και κατ' επέκταση SARIMAX, στο οποίο συμπεριλαμβάνονται οι εξωτερικοί προγνωστικοί παράγοντες, που ονομάζεται επίσης «εξωγενείς μεταβλητές» του μοντέλου και επηρεάζουν την εξέλιξη του. Έτσι ο προσδιορισμός του εκάστοτε βέλτιστου μοντέλου αυτοματοποιείται αποφεύγοντας περιττή υπολογιστική διαδικασία και συγχρόνως η μελέτη εστιάζεται στην καταλληλότερη επιλογή δεδομένων. Ωστόσο αυτή η αυτοματοποίηση

πρέπει να κρίνεται και να ερμηνεύεται καθώς μπορεί να μην ανταποκρίνεται αποτελεσματικά στο πρόβλημα και να οδηγεί σε μεγάλα σφάλματα. Για αυτό είναι σημαντική η κατανόηση αυτών το μοντέλων ακόμη και αν ο χρήστης δεν χρειάζεται να επέμβει.

Ειδικότερα όμως η διαδικασία που ακολουθήθηκε στο SPSS αναλυόταν σε τέσσερις τομείς:



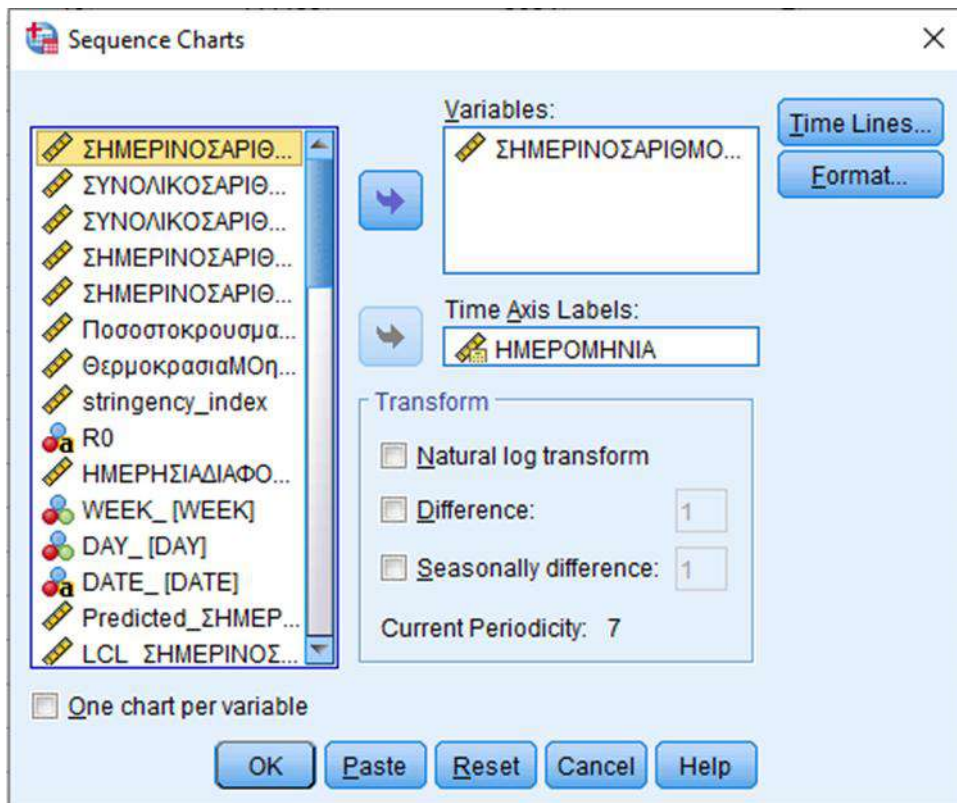
Εικόνα 4.20 Τομείς της διαδικασίας που ακολουθήθηκε στο SPSS

Κάθε στάδιο είναι απαραίτητο από το διαχωρισμό των δεδομένων με βάση τις χρονοσειρές που θα επιλέχθηκαν για την εκάστοτε πρόγνωση έως και το τελικό στάδιο της δημιουργίας του κάθε μοντέλου. Επομένως το μόνο που μεταβάλλεται κάθε φορά είναι το input καθώς η διαδικασία που ακολουθείται είναι παρόμοια σε κάθε μοντέλο. Οπότε ας αναφερθούν αρχικά τα χαρακτηριστικά της κάθε διαδικασίας [92] :

i. Sequence Charts:

Η δημιουργία διαγραμμάτων ακολουθιών των χρονοσειρών που μελετώνται, αποτελεί αρωγό για την κατανόηση και αποτελεσματική εξέταση των

δεδομένων. Κατά την δημιουργία τους ο χρήστης έχει την δυνατότητα να εμφανίσει τα δεδομένα με λογαριθμικό μετασχηματισμό προκειμένου να μειώσει την ασυμμετρία των δεδομένων και να εμφανιστούν πιθανά μοτίβα στα δεδομένα που προηγουμένως ήταν δυσδιάκριτα, να ερευνησει και να εξαλείψει τις πιθανές τάσεις του μοντέλου αλλά ακόμα και να ορίσει εποχιακή διαφοροποίηση. Επίσης μπορεί να καθοριστεί η περίοδος του δείγματος σε περίπτωση που είναι γνωστή χρησιμοποιώντας την εντολή `define date and time` που στην συγκεκριμένη περίπτωση που μελετάτε είναι η εβδομαδιαία εξού και ο όρος `Current Periodicity=7`.

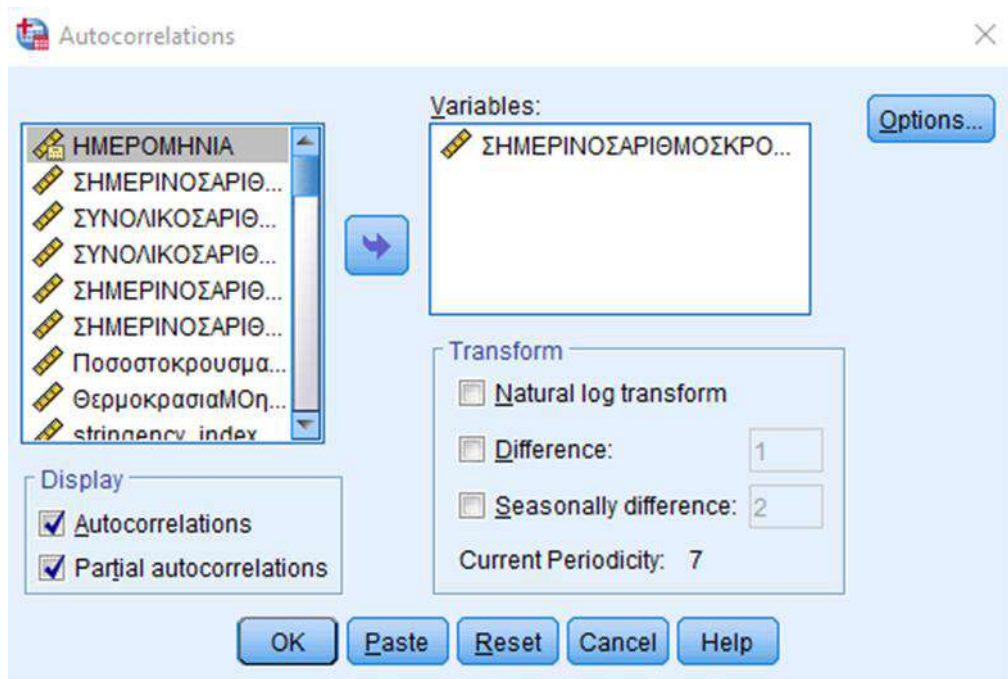


Εικόνα 4.21 Καρτέλα διαγράμματος συχνοτήτων

ii. Συναρτήσεις αυτοσυσχετίσεων:

Επόμενο βήμα αποτελεί η δημιουργία των συναρτήσεων αυτοσυσχέτισης ACF και τμηματικής αυτοσυσχέτισης PACF που είναι χαρακτηριστικές για κάθε μοντέλο ARIMA. Έτσι δίνεται η εικόνα των χαρακτηριστικών διαγραμμάτων για την εκάστοτε χρονοσειρά και αποσαφηνίζεται κατά πόσο το μοντέλο μπορεί να εκφραστεί με τους θεμελιώδεις όρους  $(p,q)$ . Επιπλέον και σε αυτή την

διαδικασία δίνεται η δυνατότητα να εξαλειφθούν οι υποκείμενες τάσεις ορίζοντας το difference (i) της χρονοσειράς καθώς και οι περιοδικές διαφορές ορίζοντας το seasonal difference σε χρονοσειρές.



Εικόνα 4.22: Εντολή για δημιουργία συναρτήσεων αυτοσυσχέτισης

Το διάγραμμα των βαρών δείχνει τους δειγματικούς συντελεστές αυτοσυσχέτισης για τιμές του  $k$  από το 1 έως και 16 περιόδων καθυστέρησης. Στο στατιστικό πακέτο SPSS έχει προκαθορισμένα το διάστημα των καθυστερήσεων που αναφέρθηκε προηγουμένως και τα διαστήματα εμπιστοσύνης στο 95%, χωρίς να σημαίνει ότι αυτό δεν μπορεί να αλλάξει. Η συνάρτηση ACF που αναπαρίσταται είναι ουσιαστικά είναι η συνάρτηση  $r_k$  που είναι μια εκτιμήτρια το  $\rho_k$  δηλαδή, του πραγματικού συντελεστή αυτοσυσχέτισης. Ο πίνακας παρατίθεται δίνει συγκεντρωτικά τις αναλυτικές πληροφορίες αυτοσυσχέτισης της χρονοσειράς για κάθε καθυστέρηση  $k$ . Καθώς και το τυπικό σφάλμα αυτοσυσχέτισης το οποίο αποτελεί ένα μέτρο της αξιοπιστίας της πρόβλεψης. Επιπλέον η στήλη Value πληροφορεί τον χρήστη για τη στατιστική Box-Ljung και η Sig.b δίνει την τιμή  $p$ -value της σημαντικότητας υπό την υπόθεση ότι η χρονοσειρά είναι λευκός θόρυβος. Ο λευκός θόρυβος ορίζεται ως η χρονοσειρά στην οποία τα δεδομένα δεν έχουν καμία εξάρτηση μεταξύ τους, είναι γνωστή και ως μηδενική υπόθεση. Ενώ η τιμή  $p$ -value, είναι η

πιθανότητα εμφάνισης ενός αποτελέσματος τουλάχιστον εξίσου ακραίου με το αποτέλεσμα που έχει εμφανιστεί δεδομένου ότι η μηδενική υπόθεση είναι αληθής .

**Autocorrelations**

Series: ΣΗΜΕΡΙΝΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΡΟΥΣΜΑΤΩΝ

Lag	Autocorrelation	Std. Error <sup>a</sup>	Box-Ljung Statistic		
			Value	df	Sig. <sup>b</sup>
1	,901	,048	359,749	1	,000
2	,838	,047	671,216	2	,000
3	,820	,047	970,549	3	,000
4	,808	,047	1261,479	4	,000
5	,814	,047	1557,938	5	,000
6	,861	,047	1890,070	6	,000
7	,913	,047	2264,309	7	,000
8	,845	,047	2585,792	8	,000
9	,789	,047	2866,171	9	,000
10	,769	,047	3133,196	10	,000
11	,749	,047	3386,804	11	,000
12	,756	,047	3646,234	12	,000
13	,801	,047	3937,800	13	,000
14	,834	,047	4254,316	14	,000
15	,762	,047	4519,515	15	,000
16	,704	,047	4746,465	16	,000

a. The underlying process assumed is independence (white noise).

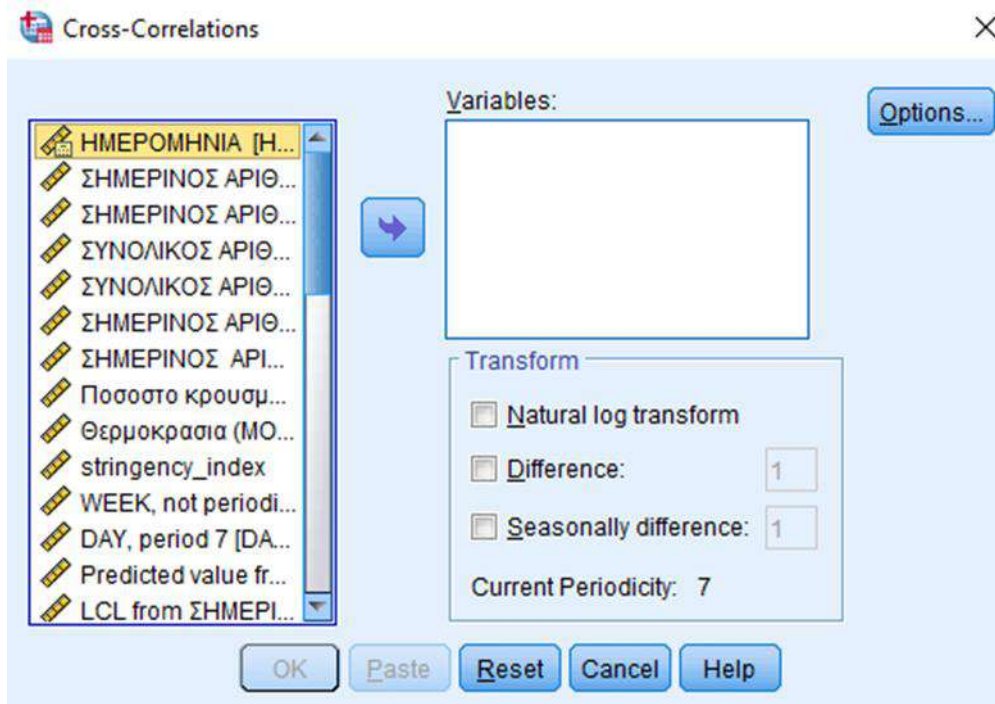
b. Based on the asymptotic chi-square approximation.

Εικόνα 4.23 Output με την εκτέλεση της αυτοσυσχέτισης με τα στατιστικά στοιχεία

Έτσι και στην εικόνα που παρατίθεται είναι εμφανές από τους στατιστικούς ελέγχους των χρονοσειρών και συγκεκριμένα των καθημερινών κρουσμάτων ότι οι τιμές της παρούσας χρονοσειράς δεν αποτελούν λευκό θόρυβο με ακρίβεια τριών δεκαδικών ψηφίων.

Η συνάρτηση διασταυρωμένης αυτοσυσχέτισης ή cross-correlation απαιτεί τουλάχιστον δύο μεταβλητές και σκοπός της είναι να παρουσιάσει την πιθανή συσχέτιση μεταξύ δύο χρονοσειρών. Επίσης στις ζητούμενες χρονοσειρές μπορεί να εφαρμοστεί λογαριθμικός μετασχηματισμός ή να οριστεί ο βαθμός της διαφοράς των τάσεων, ακόμα και η εποχικότητα προκειμένου να γίνει η αντικειμενική σύγκριση τους. Επίσης μπορεί να οριστεί το εύρος των καθυστερήσεων (lag) που εστιάζει στο έλεγχο της μεταξύ τους συσχέτισης ή

(εάν έχετε ορίσει την εποχικότητα των δεδομένων σας) για να εμφανίσετε τις συσχετίσεις μόνο για εποχιακές καθυστερήσεις.



Εικόνα 4.24: Εντολή για δημιουργία συναρτήσεων διασταυρούμενης αυτοσυσχέτισης

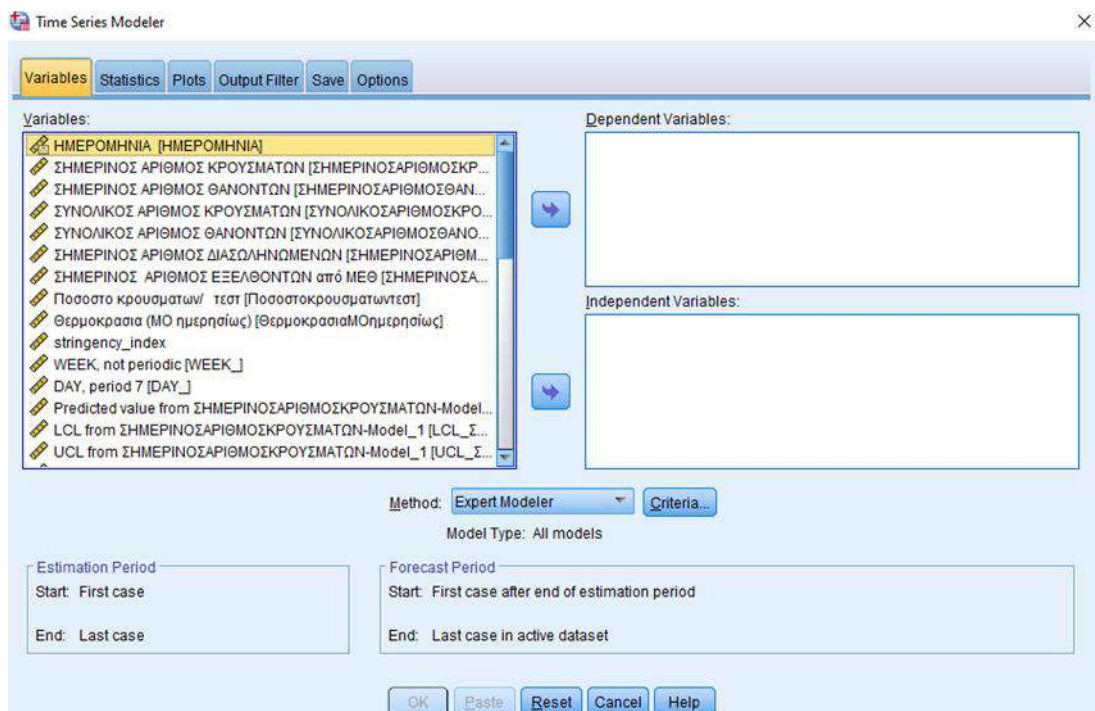
iii. Create traditional models:

Αυτή η εντολή συνδυάζει όλες τις παραπάνω καθώς για την δημιουργία του κατάλληλου προγνωστικού μοντέλου είναι απαραίτητες όλες οι παραπάνω. Ουσιαστικά σε αυτό το σημείο ο προγραμματιστής επιλέγει της ζητούμενη χρονοσειρά και την τοποθετεί στην κατηγορία dependent variables και κάθε άλλη χρονοσειρά που επηρεάζει το πρόβλημα στις independent variables. Ακολούθως επιλέγεται σαν μέθοδος προσέγγισης της πρόβλεψης τα expert models, με αυτό τον τρόπο το πρόγραμμα ελέγχει το μοντέλο που ταιριάζει καλύτερα, ανάλογα με τα δεδομένα που εισάγονται και εξάγει το βέλτιστο με το μικρότερο σφάλμα πρόβλεψης. Ωστόσο στην παρούσα μελέτη επιδιώκεται να μελετηθούν αποκλειστικά μοντέλα ARIMA το οποίο υπάρχει στην επιλογή criteria και χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη. Επίσης προτού γίνει οτιδήποτε πρέπει να καθοριστούν οι περίοδοι στην συγκεκριμένη περίπτωση η περίοδος είναι εβδομαδιαία.



Μια άλλη εκδοχή της μοντελοποίησης που θα χρησιμοποιηθεί στην καρτέλα variables όταν η μελέτη επικεντρωθεί στην εξέλιξη του μοντέλου με βάση τους παράγοντες που επηρεάζουν την εξέλιξη της πανδημίας θα αποτελέσει η μέθοδος ARIMA και όχι expert modeler όπου εκεί πρέπει να οριστούν χειροκίνητα οι παράμετροι του μοντέλου των εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών. Αυτό θα δώσει την δυνατότητα χρήσης της Transfer Function η οποία συσχετίζει προηγούμενες τιμές ανεξάρτητων μεταβλητών με το μοντέλο ώστε να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη μελλοντικών τιμών της εξαρτημένης σειράς.

Στην καρτέλα Statistics εμφανίζονται υπό την μορφή πίνακα κατάλληλα μέτρα για το εκάστοτε εκτιμηθέν μοντέλο. Ως κατάλληλα μέτρα λαμβάνονται υπόψη η τιμή Ljung-Box, ο αριθμός των ακραίων τιμών για κάθε εκτιμώμενο μοντέλο αλλά εκτός από αυτά συμπεριλήφθηκαν η τετραγωνική σασισιότητα  $R^2$ , το μέσο απόλυτο ποσοστό σφάλματος (MAPE) και το μέγιστο απόλυτο ποσοστό σφάλματος (MaxAPE).

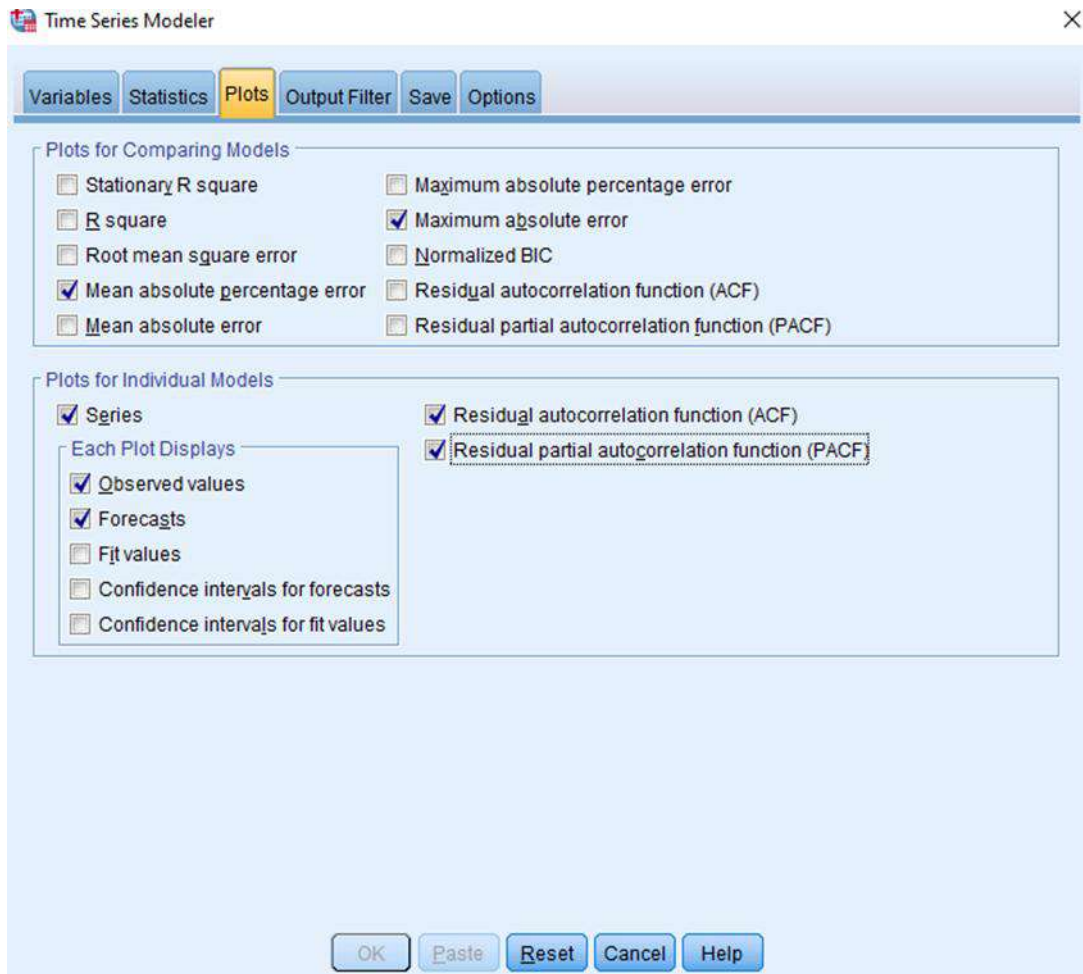


Εικόνα 4.25: Εντολή για δημιουργία προγνωστικών μοντέλων

Επίσης αναφέρονται τα στατιστικά στοιχεία για σύγκριση μοντέλων σε αυτή την κατηγορία εμφανίζονται πίνακες με στατιστικά στοιχεία που υπολογίζονται σε όλα τα εκτιμώμενα μοντέλα. Στην παρούσα μελέτη ερευνήθηκαν στατιστικά στοιχεία που αφορούσαν την καλή εφαρμογή, δηλαδή στατιστικά για την στασιμότητα το σφάλμα καθώς και για το Bayesian Information Criterion. Τέλος επιλέχθηκε η εμφάνιση ενός συγκεντρωτικού πίνακα προβλέψεων μοντέλου και διαστημάτων εμπιστοσύνης για κάθε εκτιμώμενο μοντέλο.

Στην επόμενη καρτέλα, Plots , πραγματοποιήθηκε η αναπαράσταση κάθε προαναφερόμενου στατιστικού προκειμένου να γίνει η οπτικοποίηση τους και να ληφθούν πιο άμεσα τα καταλληλά συμπεράσματα. Όμως η πιο ουσιώδης αναπαράσταση σε αυτή την κατηγορία αποτελούν οι μελλοντικές προβλεπόμενες τιμές προκειμένου να υπάρχει η εικόνα της εξέλιξης της νόσου σε συνδυασμό με διαγράμματα ACF,PACF. Επίσης αναφέρεται ότι είναι εξίσου σημαντικά τα αντίστοιχα διαστήματα εμπιστοσύνης και η καλή εφαρμογή των προ υπαρχουσών τιμών της χρονοσειράς ωστόσο αποφεύγονται να προστεθούν ορισμένες φορές για να μην υπάρχει σύγχυση των πολλαπλών πληροφοριών του διαγράμματος.





Εικόνα 4.26: Εντολή για εμφάνιση των αντίστοιχων διαγραμμάτων των προγνωστικών μοντέλων

Τέλος οι δύο τελευταίες κατηγορίες αφορούν την αποθήκευση των δεδομένων και τον ορίζοντα της πρόβλεψης ή την πρόβλεψη άγνωστων ενδιάμεσων τιμών. Είναι φανερό ότι το συγκεκριμένο πρόβλημα ανήκει στην κατηγορία προβλεπτικών τιμών για το μέλλον οπότε το μοναδικό ερώτημα που τίθεται είναι ο ορίζοντας της κάθε πρόβλεψης. Στην παρούσα έρευνα αποσαφηνίζεται ότι αυτό το διάστημα είναι μεταβλητό και εξαρτάται από τον ρυθμό αλλαγής της φύσης και των συνθηκών του προβλήματος.

Παραπάνω αναφέρθηκαν τα γενικά στάδια που ακολουθήθηκαν προκειμένου να εξαχθεί το εκάστοτε βέλτιστο μοντέλο. Στην επόμενη ενότητα θα αναφερθούν τα σενάρια που ερευνήθηκαν με βάση τα προαναφερθέντα στάδια και τα αντίστοιχα αποτελέσματα.

## Κεφάλαιο 5. Αποτελέσματα σεναρίων πρόβλεψης

Σε αυτό το κεφάλαιο μελετάτε η κάθε παραδοχή που χρησιμοποιήθηκε με σκοπό τη προσέγγιση της βέλτιστης πρόβλεψης. Η συλλογιστική πορεία που ακολουθήθηκε ήταν παραγωγική αφού στην αρχή μελετήθηκαν τα πιο απλά σενάρια και σταδιακά προστέθηκαν συμπληρωματικοί παράμετροι που θεωρήθηκαν καθοριστικοί για την εξέλιξη της πανδημίας και η κάθε μια από αυτές συντέλεσε και ένα σενάριο.

Αρχικά να αναφερθεί πως στην διαδικασία της προηγούμενης υπό ενότητας παραλήφθηκε σκόπιμα το στάδιο του input καθώς αποτελεί το θέμα του παρόντος κεφαλαίου δηλαδή τα δεδομένα που θα εισαχθούν στο μοντέλο, τα οποία με την σειρά τους πλαισιώνουν τα σενάρια που βασίστηκαν οι προβλέψεις.

Προτού όμως προχωρήσει διαχωρισμός των δεδομένων και ανάλυση του βέλτιστου μοντέλου, κοινό στάδιο της κάθε διαδικασίας αποτελεί η ημερήσια αναπαράσταση των κρουσμάτων και των θανόντων αντίστοιχα. Έτσι προκύπτει το παρακάτω διάγραμμα το οποίο όπως είναι φανερό δημιουργεί προβληματισμούς στο σημείο που έχει επισημανθεί το οποίο αντιστοιχεί στις 2 Μαΐου, ημέρα όπου δεν υπήρξε η καταγραφή των κρουσμάτων λόγω της Κυριακής του Πάσχα. Αυτό ωστόσο είχε μεγαλύτερο αντίκτυπο από μια μέρα, καθώς τα κρούσματα που δεν καταγράφηκαν εκείνη την μέρα μετακυλίστηκαν την επομένη. Αυτό δεν είναι τόσο εμφανές στα κρούσματα ακόμα και αν παραλειφθεί αυτή η ημερομηνία αλλά είναι έντονο το αντίκτυπο της, στους θανάτους της επόμενης μέρας καθώς παρατηρήθηκε αύξηση της τάξεως του 86% σε σχέση με την προηγούμενο καταμετρημένο αριθμό θανόντων. Είναι ήδη σαφές πόσο σημαντική είναι η παρατήρηση των στοιχείων και τις επιπτώσεις που μπορεί να έχει κάτι τέτοιο στην πρόβλεψη.



Εικόνα 5.1 Αναπαράσταση ημερήσιων κρουσμάτων με δεδομένα από 26/2/20 έως 3/6/21



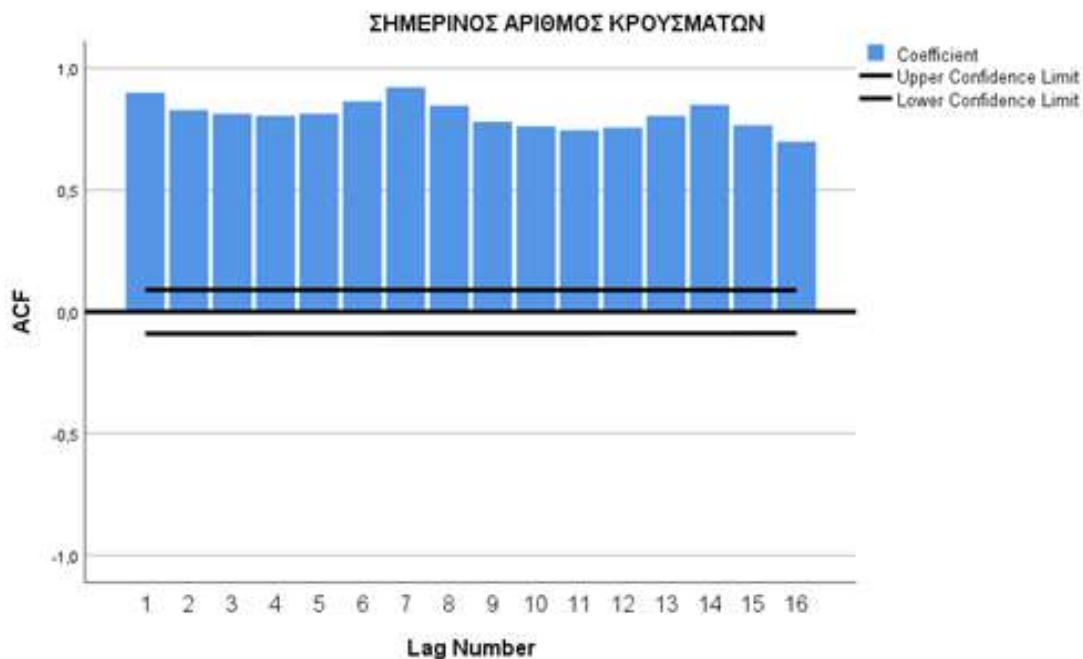
Εικόνα 5.2 Αναπαράσταση ημερήσιων θανάτων με δεδομένα από 26/2/20 έως 3/6/21

Αυτό το γεγονός θα μπορούσε να αποτελέσει πρόβλημα για την δημιουργία του εκάστοτε προβλεπτικού μοντέλου ωστόσο στην συγκεκριμένη περίπτωση θα υπήρχε περίπτωση να εμφανιστεί πρόβλημα της πρόβλεψης μόνο για την καλή εφαρμογή των προϋπαρχουσών τιμών και όχι για τις μελλοντικές τιμές αφού οι καθυστερήσεις του μοντέλου που λαμβάνονται υπόψη είναι οι τελευταίες δεκαέξι. Μετά την αποσαφήνιση των

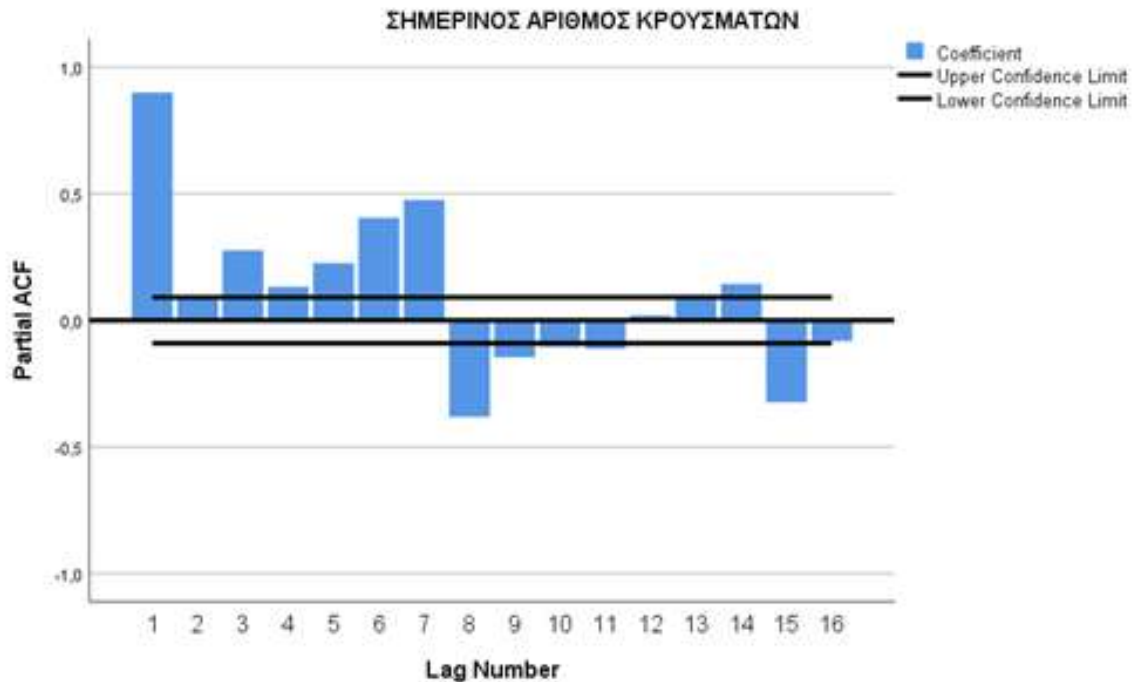
λεπτομερειών της εκάστοτε χρονοσειράς η μελέτη μπορεί να συνεχίσει στα εκάστοτε μοντέλα πρόβλεψης.

## 5.1 Θεμελιώδες μοντέλο πρόβλεψης κρουσμάτων

Πρώτο σενάριο το οποίο θα μελετηθεί αποτελεί η πρόβλεψη κρουσμάτων από την αρχή της πανδημίας δηλαδή από τις 26/2/2020. Αυτό το μοντέλο αποτελεί τη βάση από όπου ξεκίνησε και δημιουργήθηκε η ανάγκη επέκτασης του για όλα τα μεταγενέστερα. Στην αρχή μελετήθηκαν τα διαγράμματα της αυτοσυσχέτισης όπου παρατηρήθηκε ότι η χρονοσειρά παρουσιάζει αυτοσυσχέτιση ωστόσο επειδή συσχετίζονται πάνω από δέκα αυτοσυσχετίσεις προϋδεάζει ότι πιθανότατα η χρονοσειρά έχει τάση. Όποτε η μελέτη θα επεκταθεί σε αυτοσυσχετίσεις μεγαλύτερου βαθμού προκειμένου να υπάρχει αντικειμενική εικόνα παρόλο που το διάγραμμα της τμηματικής αυτοσυσχέτισης παρέχει καλύτερη εικόνα των δεδομένων.

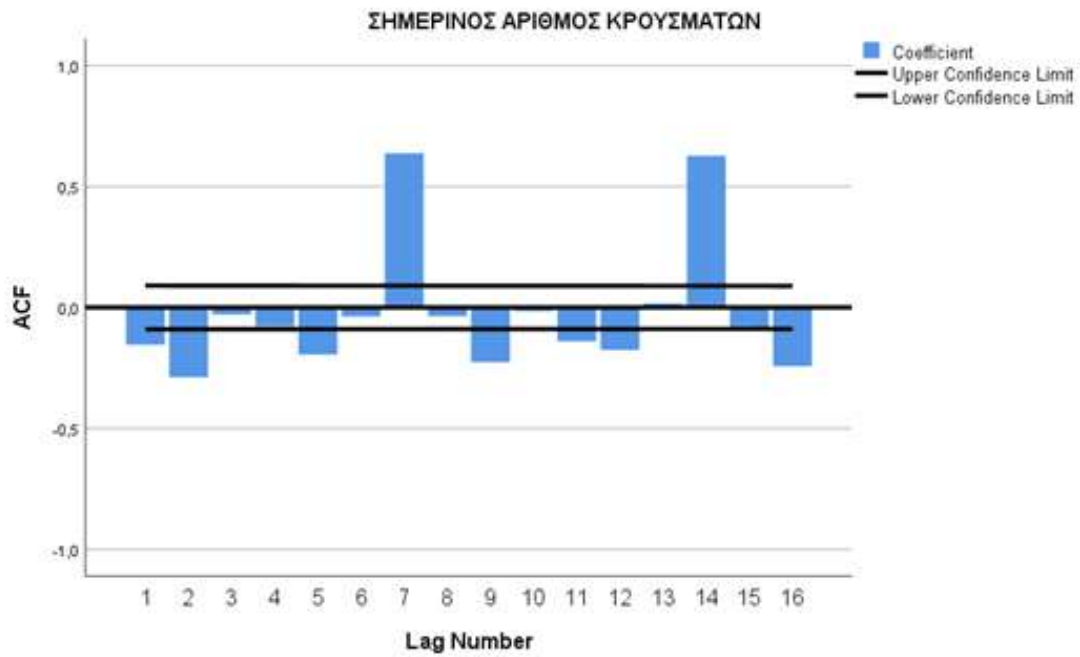


Εικόνα 5.3: Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης μηδενικού βαθμού

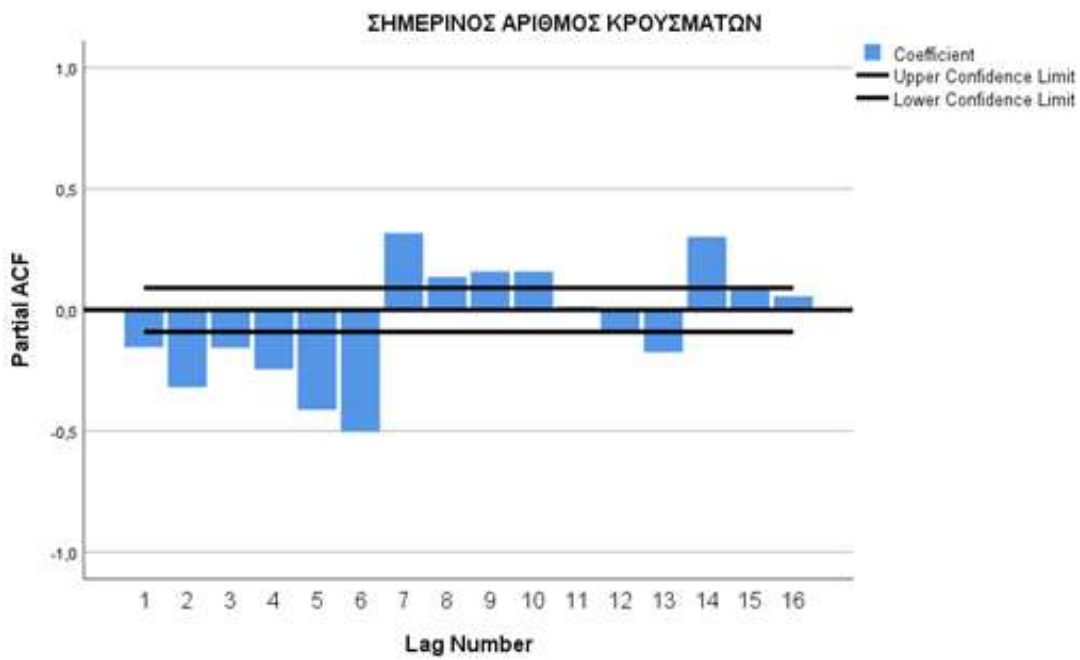


Εικόνα 5.4 Διάγραμμα τμηματικής αυτοσυσχέτισης μηδενικού βαθμού

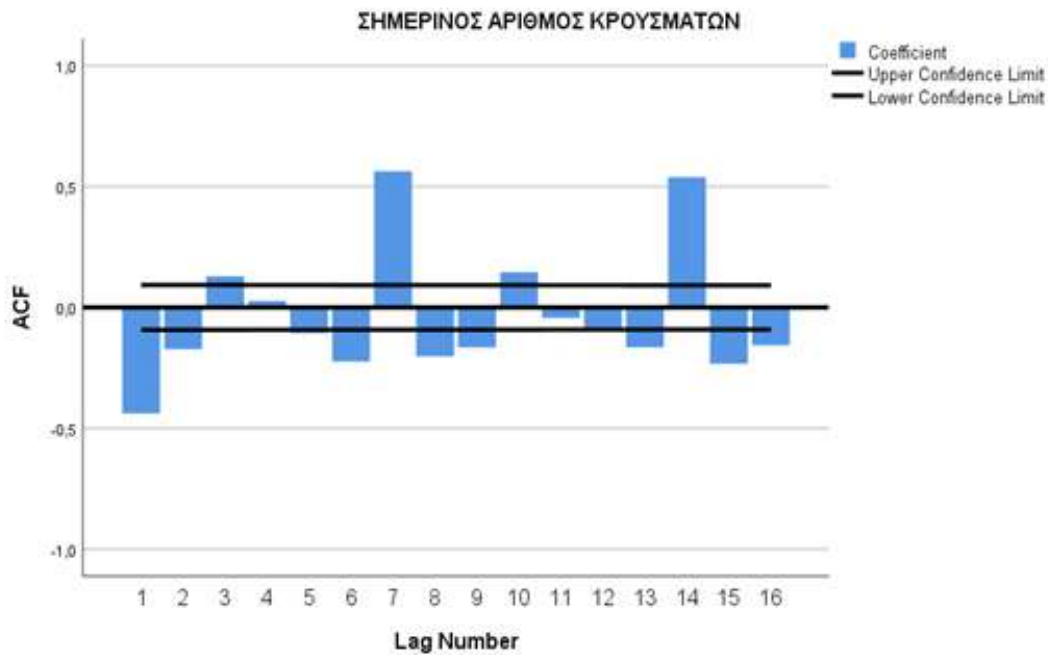
Έτσι η μελέτη επεκτάθηκε σε τάσεις πρώτου βαθμού όπου πλέον υπάρχει ξεκάθαρο δείγμα πως η χρονοσειρά έχει σημαντικές τιμές αυτοσυσχέτισης μεταξύ 7 και 14 καθυστερήσεων. Ενώ αντίστοιχα στην τμηματική που υποδηλώνει τις πραγματικές αυτοσυσχετίσεις του μοντέλου υποδηλώνει ότι υπάρχουν σημαντικές αρνητικές τμηματικές αυτοσυσχετίσεις έως και τις 6 πρώτες καθυστερήσεις και θετικές οι οποίες ταυτίζονται με αυτές τις αυτοσυσχέτισης. Η διερεύνηση συνεχίστηκε και σε διαφορές δευτέρας τάξης αλλά δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφοροποίηση. Έτσι θεωρήθηκε πως το μοντέλο θα αποτυπωνόταν αποτελεσματικά με διαφορές πρώτης τάξεως καθώς και ότι θα κινούταν προς το προσδιορισμό της παραμέτρου  $q$  που τείνει σε δύο σημαντικές αυτοσχετίσεις όπως αποτυπώνεται στο ACF ενώ για την  $p$  παράμετρο που αναφέρεται στο όρο AR δεν μπορεί να εξαχθεί κάποιο συμπέρασμα με το διάγραμμα του PACF.



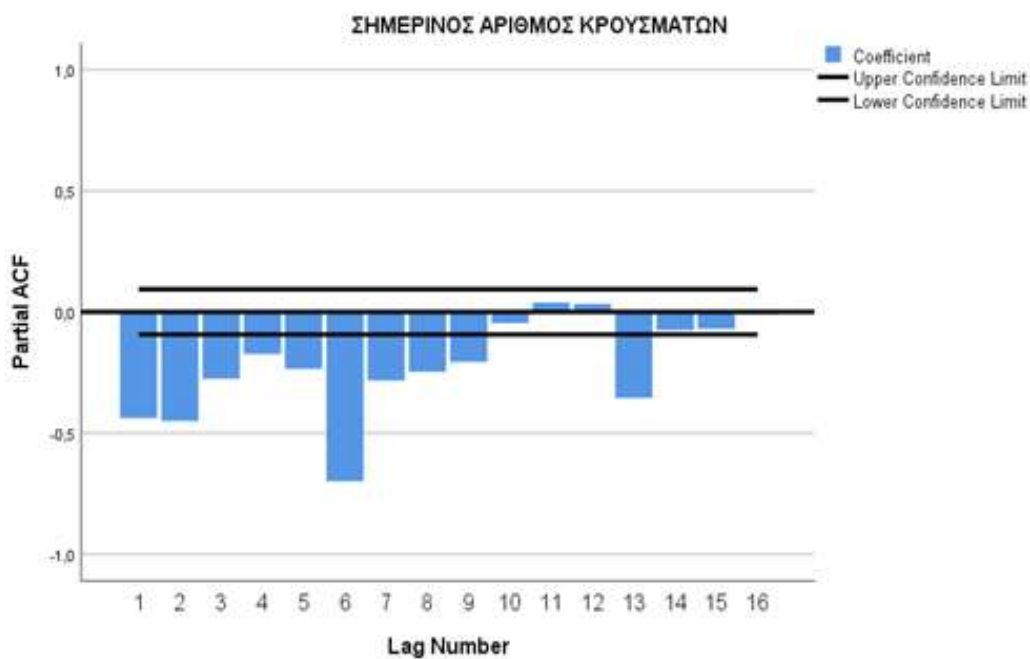
Εικόνα 5.5 Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης πρώτου βαθμού



Εικόνα 5.6 Διάγραμμα τμηματικής αυτοσυσχέτισης πρώτου βαθμού



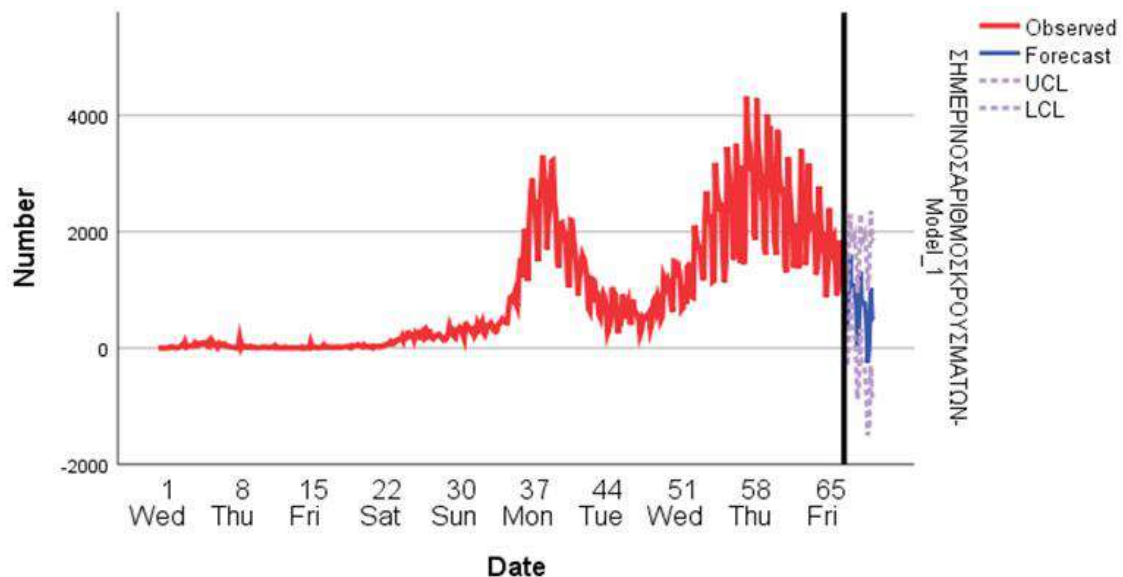
Εικόνα 5.7: Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης δευτέρου βαθμού



Εικόνα 5.8: : Διάγραμμα τμηματικής αυτοσυσχέτισης δευτέρου βαθμού

Επομένως είχε σχηματιστεί ένα γενικό πλαίσιο του προγνωστικού μοντέλου το οποίο αναμένεται να επιβεβαιωθεί με το έλεγχο του στατιστικού πακέτου SPSS. Ωστόσο όπως αποδείχθηκε το βέλτιστο μοντέλο είναι ένα  $ARIMA(1,1,2)(0,1,1)$  με εποχικότητα με ορίζοντα προβλέψεων από τις 4 Ιουνίου έως και τις 3 Ιουλίου. Η πρόβλεψη θα μπορούσε να

επεκταθεί και για μεγαλύτερο διάστημα ωστόσο το μοντέλο που δημιουργήθηκε αποσκοπούσε στην ακρίβεια πράγμα που δεν θα πραγματοποιούνταν σε αυτό το ενδεχόμενο . Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται διαγραμματικά η πρόβλεψη των κρουσμάτων όπου το LCL και UCL είναι το κατώτερο όριο εμπιστοσύνης και το ανώτερο αντίστοιχα. Η τετμημένη εκφράζει τις ημερομηνίες αποτυπωμένες σε εβδομάδες και ημέρες.



*Εικόνα 5.9 Αναπαράσταση πρόβλεψης ημερήσιων κρουσμάτων με δεδομένα από 26/2/20 έως 3/6/21*

Επιπλέον παρουσιάζεται αναλυτικός πίνακας μεταξύ των καταγεγραμμένων κρουσμάτων και των προβλεπόμενων, τα ποσοστιαία απόλυτα σφάλματα της εκάστοτε τιμής καθώς και τα συνολικά κρούσματα που καταγράφηκαν στην περίοδο της πρόβλεψης. Ακολουθούμενα στατιστικά όπως η απόλυτη διαφορά μεταξύ κρουσμάτων και προβλεπόμενης τιμής, το μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα , το μέγιστο και το ελάχιστο στο διάστημα της πρόβλεψης. Επίσης στον πίνακα συμπεριλαμβάνεται η καλή προσαρμοστικότητα του μοντέλου με τα δεδομένα με τις τελευταίες τιμές από 15 Μαΐου έως τις 3 Ιουνίου. Ενώ παράλληλα ότι οι αρνητικές τιμές της πρόβλεψης που εμφανίζονται δεν γινόντουσαν να αποφευχθούν καθώς αυτά τα μοντέλα αυτά δεν περιορίζονται μόνο στους φυσικούς αριθμούς ούτε υπήρχε επιλογή από το output filter να εμφανίζει μόνο θετικές τιμές και χωρίς να βλάψει την ακεραιότητα της πρόβλεψης. Οπότε σκοπός δεν ήταν να περιοριστεί



το μοντέλο στην πρόληψη ενός τέτοιου ενδεχομένου αφού ήταν αδύνατον καθώς η πτωτική πορεία των κρουσμάτων ήταν αναμενόμενο ότι θα είχαν ένα μειούμενο ρυθμό ο οποίος σε συνδυασμό με τον διορθωτικό συντελεστή θα οδηγούσε σε αρνητικές προβλέψεις. Έτσι οι αρνητικές προβλεπόμενες τιμές αγνοήθηκαν και θεωρήθηκαν ως μηδενικές και έτσι τα ποσοστιαία αρνητικά σφάλματα είχαν 100% απόκλιση.

Πίνακας 5.1 Αναλυτικός πίνακας προβλέψεων κρουσμάτων με δεδομένα από τις 26/2/2020 έως τις 3/6/21

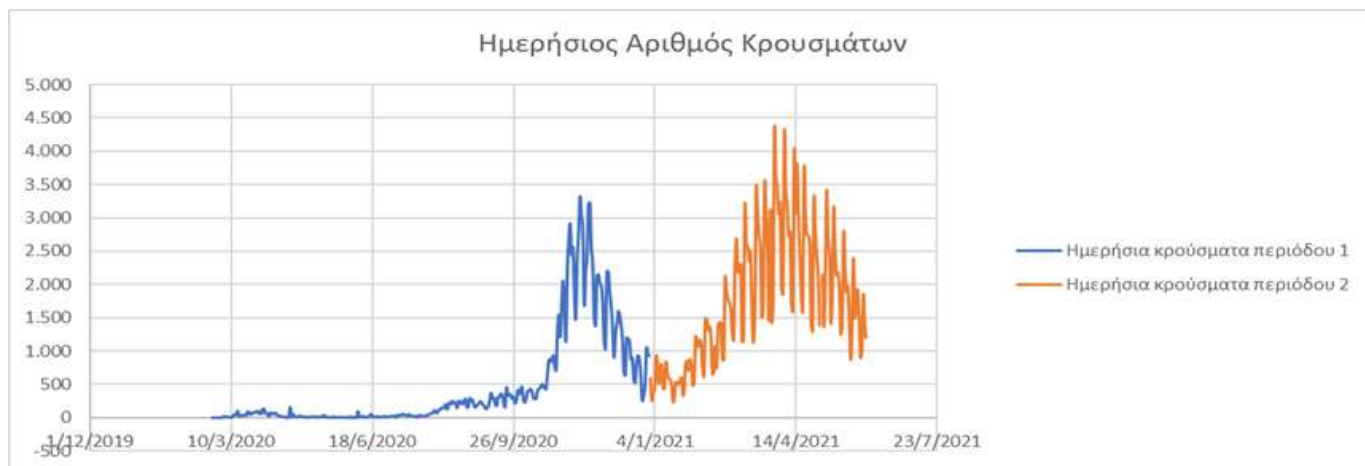
Sum by week	Date	Cases	Forcast Values	Lower Confidence Bound	Upper Confidence Bound	Ποσοστιαίο Σφάλμα Forcast Values	Ποσοστιαίο Σφάλμα Lower Confidence	Ποσοστιαίο Σφάλμα Upper Confidence
	15/5/2021	1.950	2.049	1.482	2.615	5,07%	23,99%	34,12%
	16/5/2021	1.259	1.066	402	1.729	15,35%	68,05%	37,34%
Week 1:	17/5/2021	1.395	1.578	937	2.218	13,10%	32,82%	59,02%
13.545	18/5/2021	2.781	2.536	1.951	3.121	8,80%	29,83%	12,24%
	19/5/2021	2.292	2.397	1.820	2.975	4,58%	20,61%	29,78%
Week 1 forcast:	20/5/2021	1.886	2.393	1.825	2.961	26,89%	3,23%	57,01%
13.937	21/5/2021	1.982	1.918	1.351	2.485	3,23%	31,81%	25,36%
	22/5/2021	1.503	1.752	1.187	2.316	16,55%	21,01%	54,11%
	23/5/2021	875	818	223	1.412	6,56%	74,47%	61,34%
Week 2:	24/5/2021	1.377	1.152	566	1.737	16,37%	58,92%	26,18%
11470	25/5/2021	2.402	2.435	1.864	3.005	1,36%	22,40%	25,12%
	26/5/2021	1.511	2.018	1.450	2.587	33,58%	4,03%	71,20%
Week 2 forcast:	27/5/2021	1.876	1.725	1.159	2.290	8,07%	38,20%	22,05%
11634	28/5/2021	1.926	1.735	1.171	2.300	9,91%	39,23%	19,41%
	29/5/2021	1.499	1.402	838	1.966	6,46%	44,08%	31,16%
	30/5/2021	906	738	164	1.313	18,51%	81,95%	44,92%
Week 3:	31/5/2021	1.005	1.125	554	1.697	11,98%	44,89%	68,86%
8961	1/6/2021	1.857	2.196	1.630	2.762	18,25%	12,24%	48,74%
	2/6/2021	1.379	1.500	934	2.065	8,76%	32,24%	49,75%
Week 3 forcast:	3/6/2021	1.209	1.583	1.019	2.147	30,93%	15,73%	77,59%
9872	4/6/2021	1.106	1.328	764	1.892	20,06%	30,93%	71,05%
	5/6/2021	932	1.030	409	1.652	10,57%	56,10%	77,23%
	6/6/2021	579	323	-316	962	44,16%	100,00%	66,19%
Week 4:	7/6/2021	798	582	-90	1.255	27,03%	100,00%	57,22%
6097	8/6/2021	1.368	1.611	916	2.306	17,75%	33,07%	68,57%
	9/6/2021	886	1.080	358	1.802	21,93%	59,55%	103,40%
Week 4 forcast:	10/6/2021	750	1.072	327	1.817	42,96%	56,41%	142,32%
6767	11/6/2021	784	1.068	224	1.912	36,19%	71,46%	143,84%
	12/6/2021	682	721	-169	1.611	5,74%	100,00%	136,27%
	13/6/2021	297	40	-882	963	86,42%	100,00%	224,30%
Week 5:	14/6/2021	468	285	-675	1.245	39,06%	100,00%	166,08%
3753	15/6/2021	794	1.321	328	2.314	66,41%	58,63%	191,46%
	16/6/2021	546	787	-239	1.813	44,08%	100,00%	232,02%
Week 5 forcast:	17/6/2021	512	781	-277	1.838	52,49%	100,00%	259,05%
4711	18/6/2021	454	775	-380	1.930	70,74%	100,00%	325,11%
	19/6/2021	388	429	-778	1.637	10,62%	100,00%	321,84%
	20/6/2021	247	-252	-1.499	995	100,00%	100,00%	302,90%
Week 6	21/6/2021	206	-7	-1.298	1.284	100,00%	100,00%	523,35%
2588	22/6/2021	395	1.029	-301	2.360	160,54%	100,00%	497,38%
	23/6/2021	512	495	-876	1.865	3,41%	100,00%	264,25%
Week 6 forcast:	24/6/2021	454	489	-920	1.897	7,62%	100,00%	317,84%
2666	25/6/2021	386	483	-1.023	1.989	25,12%	100,00%	415,23%
	26/6/2021	375	137	-1.427	1.701	63,45%	100,00%	353,53%
	27/6/2021	235	-544	-2.153	1.065	100,00%	100,00%	353,30%
Week 7	28/6/2021	361	-299	-1.958	1.360	100,00%	100,00%	276,70%
5052	29/6/2021	563	737	-967	2.441	30,90%	100,00%	333,63%
	30/6/2021	627	202	-1.548	1.952	67,72%	100,00%	211,39%
Week 7 forcast:	1/7/2021	729	196	-1.597	1.990	73,06%	100,00%	173,00%
	2/7/2021	980	191	-1.701	2.083	80,53%	100,00%	112,53%
465	3/7/2021	1.182	-155	-2.110	1.799	100,00%	100,00%	52,23%
Total cases in predicting period(only possite values):		18.596	17.194	3.326	51.731			
Απολυτη διαφορα πρόβλεψης			1.402	15.270	33.135			
Μέσο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα (ΜΑΠΣ)			53,62%	88,87%	225,77%			
Μέγιστο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα			160,54%	100,00%	523,35%			
Ελάχιστο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα			3%	31%	52%			

Από τα δεδομένα του παραπάνω πίνακα και του διαγράμματος προκύπτει ότι εν γένει την καλύτερη πρόβλεψη από τις τρεις περιπτώσεις επιτυγχάνει η περίπτωση 1 με απόλυτη διαφορά κρουσμάτων 1.402 και μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα 53,62% που αναπαρίσταται στο διάγραμμα με την μπλε γραμμή. Οι άλλες δύο προβλέψεις αναπαριστούν τις προβλέψεις σύμφωνα με το ανώτερο όριο εμπιστοσύνης και το κατώτερο με πλάτος διαστήματος εμπιστοσύνης 95%.

## **5.2 Γενικευμένο μοντέλο πρόβλεψης κρουσμάτων με επιλεγμένο διάστημα**

Σε αυτό το σενάριο ελέγχθηκε η αποτελεσματικότητα της παράμετρου της καταλληλότητας του διαστήματος. Αυτό που οδήγησε σε αυτή την απόφαση ήταν το γεγονός πως από την στιγμή που η νόσος εξελίσσεται δεν υπάρχει η ανάγκη μελέτης των παρελθοντικών πρώιμων στοιχείων που δεν ανήκαν σε αυτή την κατηγορία. Καθώς αυτό δεν θα συνέβαλε στην βελτίωση του μοντέλου αφού θα προσπαθούσε να συμπεριλάβει και τις παρελθοντικές διακυμάνσεις των κρουσμάτων έτσι δημιουργήθηκε η ανάγκη να παρατηρηθεί συμπεριφορά των κρουσμάτων καθώς και το γεγονότων που οδηγούσαν σε αυτή την κατάσταση. Ειδικότερα όπως αναφέρεται από πηγές [93] στα τέλη Δεκέμβριου εμφανίστηκαν στην Ελλάδα τα πρώτα κρούσματα της βρετανικής μετάλλαξης και το αντίκτυπο της θα αποτυπωνόταν με 15 μέρες υστέρηση μιας και όπως είναι γνωστό όταν ένας ιός διασπείρεται, διασπείρεται βουβά. Αυτό σηματοδότησε ότι το διάστημα της πρόβλεψης θα έπρεπε να ξεκινήσει από την αρχή του χρόνου καθώς όπως επιβεβαιωνόταν και με την διαγραμματική αναπαράσταση.

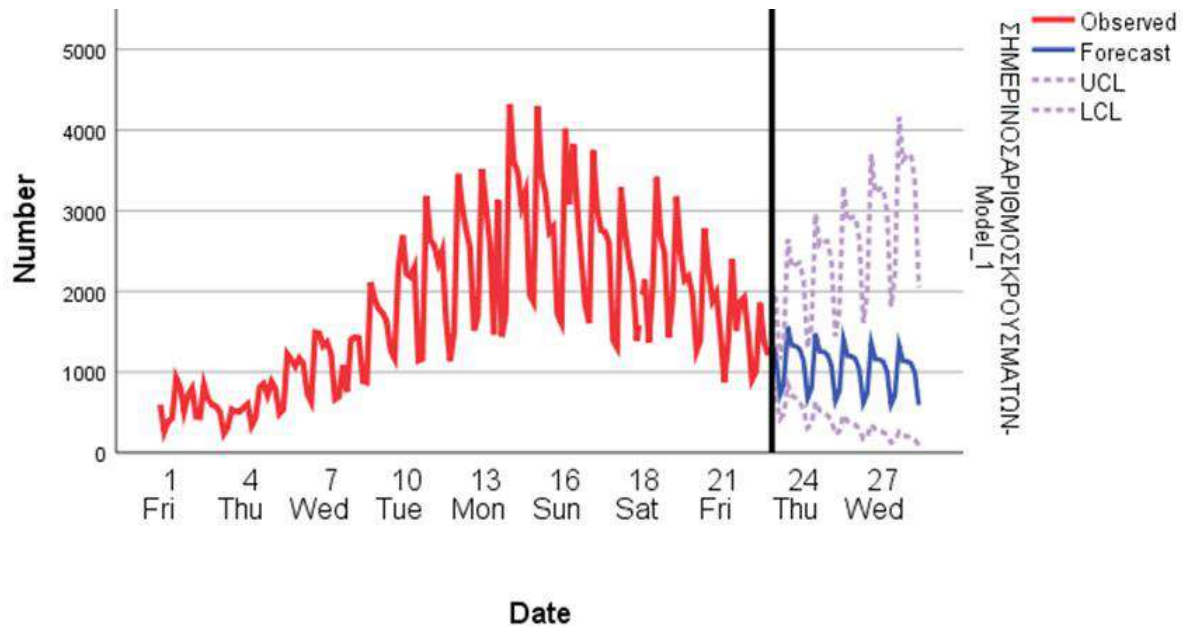
Αξίζει να αναφερθεί ότι η επιλογή αυτού διαστήματος ήταν η επικρατέστερη μεταξύ των άλλων σεναρίων που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα μετά από έλεγχο των δεδομένων.



Εικόνα 5.10: Αναπαράσταση της περιόδου πρόβλεψης 1/1/21-3/6/21 (με πορτοκαλί γραμμή)

Έτσι σε αυτή την περίπτωση αναμενόταν μια βελτιωμένη πρόβλεψη της μιας και είχε καθοριστεί καλύτερα το πρόβλημα και πλέον το μοντέλο δεν που θα δημιουργηθεί δεν θα είναι απαραίτητο να ταιριάζει τόσο με τιμές του παρελθόντος αφού έχει απαλλαχθεί από αυτές και δεν θα χρειαστεί να γίνει εξομάλυνση του μοντέλου προκειμένου να ταιριάζει σε τόσο μεγάλες διαφορές τάσεων. Έτσι και αποδείχθηκε με τον στατιστικό έλεγχο για την εύρεση του βέλτιστου μοντέλου όπου ανέδειξε το εποχιακό μοντέλο  $ARIMA(0,1,1)(0,1,1)$  επιβεβαίωση δηλαδή του σεναρίου. Να αναφερθεί πως δεν παρατίθενται εικόνες από τα διαγράμματα τις αυτοσυσχέτισης και της τμηματικής καθώς εμφανίζουν αυτοσυσχετίσεις των τελευταίων 16 περιόδων οπότε φαινομενικά θα έδινε ίδια δείγματα. Έτσι παρακάτω παρουσιάζεται διαγραμματικά η πρόβλεψη και επισυνάπτονται και οι πίνακες με τις αναλυτικά με τις προβλέψεις και τα στατιστικά στοιχεία.

Σε αυτό το σημείο δεν μπορούν να εξαχθούν σημαντικά στατιστικά αποτελέσματα αλλά ο αναλυτικός πίνακας παρουσιάζει μια πιο σαφή εικόνα με της εξέλιξης της πανδημίας και το κατά πόσο αυτή η πρόβλεψη είναι καλύτερη από την προηγούμενη.



Εικόνα 5.11: Αναπαράσταση πρόβλεψης ημερήσιων κρουσμάτων με δεδομένα από 1/1/21 έως 3/6/21

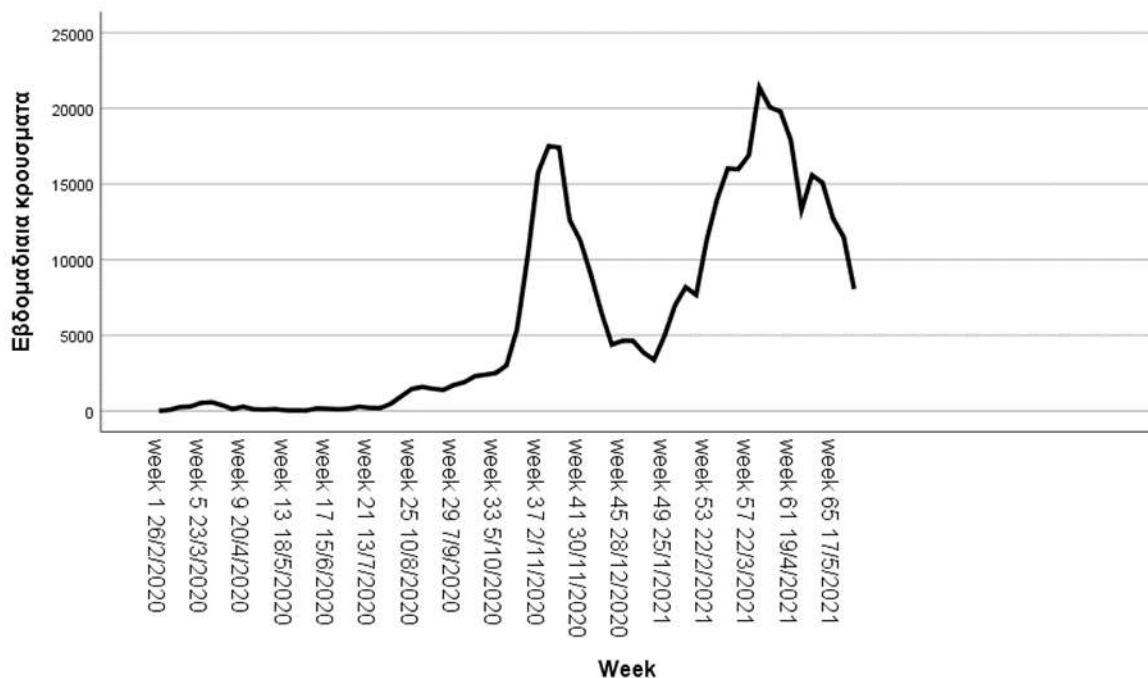
Πίνακας 5.2 Αναλυτικός πίνακας προβλέψεων ημερήσιων κρουσμάτων με δεδομένα από 1/1/21 έως 3/6/21

Sum by week	Date	Cases	Forcast Values	Lower Confidence Bound	Upper Confidence Bound	Ποσοστιαίο Σφάλμα Forcast Values	Ποσοστιαίο Σφάλμα Lower Confidence	Ποσοστιαίο Σφάλμα Upper Confidence
	15/5/2021	1.950	2.165	1.342	3.315	11,03%	31,18%	70,01%
	16/5/2021	1.259	1.297	687	2.239	3,04%	45,40%	77,87%
Week 1:	17/5/2021	1.395	1.501	835	2.500	7,63%	40,13%	79,19%
13.545	18/5/2021	2.781	2.633	1.585	4.125	5,32%	42,99%	48,33%
	19/5/2021	2.292	2.569	1.578	3.962	12,08%	31,17%	72,87%
Week 1 forcast:	20/5/2021	1.886	2.495	1.542	3.828	32,28%	18,22%	102,97%
14.698	21/5/2021	1.982	2.037	1.262	3.119	2,76%	36,32%	57,37%
	22/5/2021	1.503	1.892	1.174	2.895	25,88%	21,92%	92,64%
	23/5/2021	875	1.086	628	1.754	24,10%	28,20%	100,50%
Week 2:	24/5/2021	1.377	1.132	670	1.795	17,82%	51,31%	30,36%
11470	25/5/2021	2.402	2.308	1.410	3.573	3,93%	41,28%	48,74%
	26/5/2021	1.511	2.187	1.349	3.359	44,71%	10,69%	122,32%
Week 2 forcast:	27/5/2021	1.876	1.862	1.153	2.853	0,73%	38,52%	52,09%
12208	28/5/2021	1.926	1.742	1.080	2.666	9,56%	43,91%	38,42%
	29/5/2021	1.499	1.646	1.021	2.518	9,80%	31,87%	67,99%
	30/5/2021	906	949	566	1.497	4,70%	37,53%	65,20%
Week 3:	31/5/2021	1.005	1.162	703	1.813	15,60%	30,07%	80,42%
8961	1/6/2021	1.857	2.006	1.234	3.090	8,01%	33,57%	66,38%
	2/6/2021	1.379	1.706	1.055	2.616	23,72%	23,47%	89,74%
Week 3 forcast:	3/6/2021	1.209	1.607	996	2.460	32,92%	17,61%	103,51%
10441	4/6/2021	1.106	1.366	847	2.090	23,51%	23,38%	88,99%
	5/6/2021	932	1.207	723	1.898	29,46%	22,44%	103,60%
	6/6/2021	579	715	415	1.155	23,56%	28,41%	99,42%
Week 4:	7/6/2021	798	854	479	1.412	7,03%	39,93%	76,97%
6097	8/6/2021	1.368	1.564	852	2.646	14,33%	37,75%	93,42%
	9/6/2021	886	1.330	703	2.300	50,16%	20,60%	159,61%
Week 4 forcast:	10/6/2021	750	1.323	680	2.334	76,35%	9,35%	211,24%
8276	11/6/2021	784	1.283	625	2.352	63,60%	20,27%	200,04%
	12/6/2021	682	1.134	534	2.131	66,34%	21,66%	212,49%
	13/6/2021	297	674	307	1.295	126,77%	3,33%	335,88%
Week 5:	14/6/2021	468	805	355	1.582	72,02%	24,08%	237,95%
3753	15/6/2021	794	1.476	632	2.961	85,91%	20,46%	272,97%
	16/6/2021	546	1.257	522	2.573	130,27%	4,40%	371,33%
Week 5 forcast:	17/6/2021	512	1.251	504	2.611	144,42%	1,47%	410,06%
7814	18/6/2021	454	1.216	465	2.624	167,79%	2,46%	477,95%
	19/6/2021	388	1.077	398	2.377	177,54%	2,50%	512,56%
	20/6/2021	247	640	228	1.444	159,21%	7,52%	484,54%
Week 6	21/6/2021	206	766	264	1.764	272,04%	28,34%	756,50%
2588	22/6/2021	395	1.407	470	3.305	256,29%	18,93%	736,73%
	23/6/2021	512	1.200	388	2.874	134,46%	24,22%	461,30%
Week 6 forcast:	24/6/2021	454	1.197	375	2.918	163,57%	17,46%	542,83%
7453	25/6/2021	386	1.165	346	2.929	201,75%	10,38%	658,83%
	26/6/2021	375	1.033	296	2.654	175,56%	21,18%	607,86%
	27/6/2021	235	615	170	1.614	161,87%	27,80%	586,61%
Week 7	28/6/2021	361	738	196	1.973	104,39%	45,64%	446,62%
5052	29/6/2021	563	1.357	348	3.700	141,06%	38,12%	557,12%
	30/6/2021	627	1.160	287	3.220	84,93%	54,15%	413,53%
Week 7 forcast:	1/7/2021	729	1.158	277	3.273	58,81%	61,95%	348,98%
8194	2/7/2021	980	1.129	256	3.284	15,24%	73,87%	235,10%
	3/7/2021	1.182	1.004	219	2.979	15,08%	81,50%	151,99%
Total cases in predicting period(only possite values):		18.596	33.102	13.162	72.273			
Απολυτη διαφορα πρόβλεψις			14.506	5.434	53.677			
Μέσο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα (ΜΑΠΣ)			106,78%	26,45%	361,77%			
Μέγιστο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα			272,04%	81,50%	756,50%			
Ελάχιστο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα			7%	1%	77%			

Από τα δεδομένα του παραπάνω πίνακα και του διαγράμματος προκύπτει ότι εν γένει την καλύτερη πρόβλεψη από τις τρεις περιπτώσεις επιτυγχάνει η περίπτωση 2 με απόλυτη διαφορά κρουσμάτων 5.434 και μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα 26,45% που αναπαρίσταται στο διάγραμμα με την κάτω μπλε διακεκομμένη γραμμή. Οι άλλες δύο προβλέψεις αναπαριστούν τις προβλέψεις σύμφωνα με την απόλυτη πρόβλεψη και το ανώτερο όριο εμπιστοσύνης με πλάτος διαστήματος εμπιστοσύνης 95%.

### 5.3 Μοντέλο πρόβλεψης εβδομαδιαίων κρουσμάτων

Η παρούσα υπό ενότητα δημιουργήθηκε με γνώμονα την ανάγκη που δημιουργήθηκε προκειμένου να αφαιρεθεί η εν λόγω εβδομαδιαία περιοδικότητα που φημολογείται. Αυτή η φημολογία αποτέλεσε προϊόν έρευνας των δεδομένων όπου εξήχθησαν τα παρακάτω δεδομένα. Αξίζει να αναφερθεί ότι στα λιγότερα δείγματα έχουν ληφθεί της πρώτης και η δεύτερης μέρας, μόνο στις οριακές περιπτώσεις που τα τεστ έχουν απόκλιση μικρότερη από 10% . Για αυτό το λόγο έγινε η προσπάθεια εξάλειψή της φαινομενικής εβδομαδιαίας περιοδικότητας αθροίζοντας τα κρούσματα ανά εβδομάδα.



Εικόνα 5.12 Αναπαράσταση καταγεγραμμένων εβδομαδιαίων κρουσμάτων με δεδομένα από τις 26/2/20 έως 3/6/21

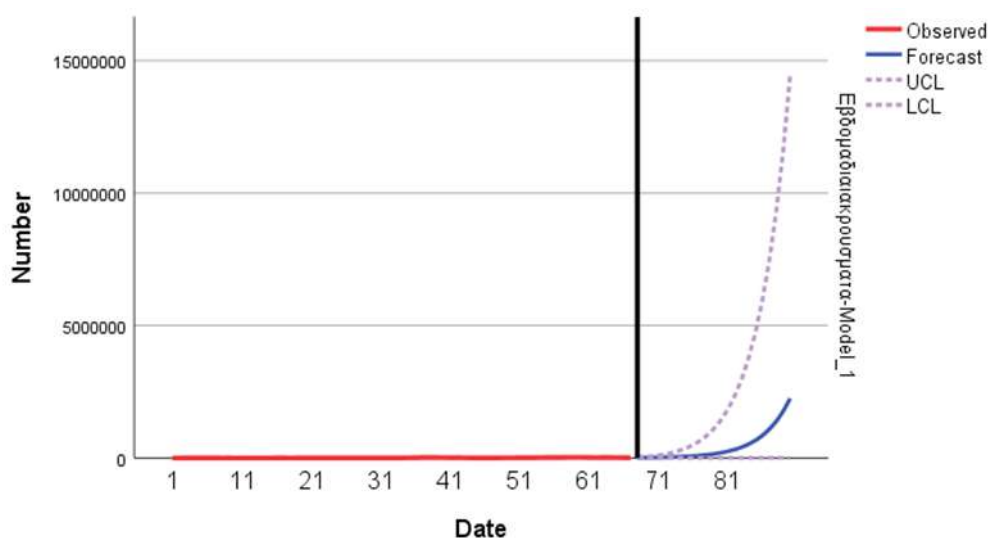


Μερες με τα περισσότερα κρουσματα	
Δευτέρα	3
Τρίτη	26
Τετάρτη	9
Πέμπτη	10
Παρασκευή	9
Σάββατο	7
Κυριακή	5

Μερες με τα λιγοτερα τεστ	
Δευτέρα	49
Τρίτη	5
Τετάρτη	3
Πέμπτη	2
Παρασκευή	1
Σάββατο	7
Κυριακή	15

Εικόνα 5.13: Πίνακες με στατιστικά στοιχεία της βάσης δεδομένων

Με αυτό το σκεπτικό δημιουργήθηκε το σενάριο πρόβλεψης των εβδομαδιαίων κρουσμάτων όπου προέκυψε ότι το βέλτιστο μοντέλο αποτελεί ένα ARIMA(0,1,0) το οποίο εκτείνεται από την πρώτη εβδομάδα της πανδημίας έως την 67 εβδομάδα με οριζοντα πρόβλεψης 15 περιόδων. Η εξέλιξη της πρόγνωσης με βάση το παραπάνω μοντέλο παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα και τα αντίστοιχα στατιστικά στοιχεία.



Εικόνα 5.14 Αναπαράσταση πρόβλεψης εβδομαδιαίων κρουσμάτων με δεδομένα από 26/2/20 έως 3/6/21



Πίνακας 5.3 Αναλυτικός πίνακας εβδομαδιαίων προβλέψεων κρουσμάτων

Sum by week	Cases	Forecast Values	Lower Confidence Bound	Upper Confidence Bound	Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα		
week 1 26/2/2020	7	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%
week 2 2/3/2020	66	9	3	22	86,45%	95,87%	66,30%
week 3 9/3/2020	258	84	26	210	67,32%	90,03%	18,71%
week 4 16/3/2020	293	330	101	820	12,48%	65,69%	179,80%
week 5 23/3/2020	532	374	114	931	29,65%	78,54%	75,01%
week 6 30/3/2020	579	680	207	1.690	17,37%	64,20%	191,97%
week 7 6/4/2020	379	740	226	1.840	95,15%	40,47%	385,44%
week 8 13/4/2020	121	484	148	1.204	300,12%	22,05%	895,30%
week 9 20/4/2020	282	155	47	384	45,19%	83,28%	36,34%
week 10 27/4/2020	109	360	110	896	230,49%	0,81%	722,09%
week 11 4/5/2020	90	139	42	346	54,71%	52,81%	284,84%
week 12 11/5/2020	118	115	35	286	2,57%	70,28%	142,36%
week 13 18/5/2020	44	151	46	375	242,58%	4,50%	752,17%
week 14 25/5/2020	39	56	17	140	44,12%	56,04%	258,50%
week 15 1/6/2020	35	50	15	124	42,34%	56,58%	254,07%
week 16 8/6/2020	169	45	14	111	73,54%	91,93%	34,19%
week 17 15/6/2020	145	216	66	537	48,89%	54,59%	270,35%
week 18 22/6/2020	110	185	56	461	68,39%	48,64%	318,86%
week 19 29/6/2020	143	141	43	350	1,74%	70,03%	144,43%
week 20 6/7/2020	284	183	56	454	35,68%	80,38%	60,00%
week 21 13/7/2020	204	363	111	902	77,84%	45,75%	342,37%
week 22 20/7/2020	186	261	79	648	40,10%	57,26%	248,51%
week 23 27/7/2020	469	238	72	591	49,34%	84,55%	26,02%
week 24 3/8/2020	961	599	183	1.490	37,66%	80,98%	55,08%
week 25 10/8/2020	1.452	1.228	374	3.054	15,45%	74,21%	110,31%
week 26 17/8/2020	1.589	1.855	566	4.614	16,73%	64,39%	190,36%
week 27 24/8/2020	1.470	2.030	619	5.049	38,08%	57,88%	243,48%
week 28 31/8/2020	1.390	1.878	573	4.671	35,09%	58,79%	236,05%
week 29 7/9/2020	1.716	1.776	542	4.417	3,47%	68,44%	157,39%
week 30 14/9/2020	1.902	2.192	669	5.453	15,25%	64,85%	186,69%
week 31 21/9/2020	2.302	2.430	741	6.044	5,54%	67,81%	162,55%
week 32 28/9/2020	2.398	2.941	897	7.315	22,63%	62,59%	205,04%
week 33 5/10/2020	2.516	3.063	934	7.620	21,75%	62,86%	202,86%
week 34 12/10/2020	3.012	3.214	980	7.995	6,71%	67,45%	165,43%
week 35 19/10/2020	5.412	3.848	1.174	9.571	28,91%	78,31%	76,85%
week 36 26/10/2020	10.147	6.913	2.109	17.197	31,87%	79,22%	69,48%
week 37 2/11/2020	15.769	12.962	3.954	32.243	17,80%	74,93%	104,47%
week 38 9/11/2020	17.507	20.144	6.144	50.108	15,06%	64,90%	186,21%
week 39 16/11/2020	17.414	22.364	6.822	55.630	28,42%	60,83%	219,46%
week 40 23/11/2020	12.608	22.245	6.785	55.335	76,43%	46,18%	338,89%
week 41 30/11/2020	11.265	16.106	4.913	40.063	42,97%	56,39%	255,64%
week 42 7/12/2020	9.042	14.390	4.389	35.796	59,15%	51,46%	295,88%
week 43 14/12/2020	6.538	11.550	3.523	28.732	76,67%	46,11%	339,46%
week 44 21/12/2020	4.384	8.352	2.548	20.775	90,51%	41,89%	373,89%
week 45 28/12/2020	4.643	5.600	1.708	13.931	20,62%	63,21%	200,03%
week 46 4/1/2021	4.639	5.931	1.809	14.754	27,85%	61,00%	218,03%
week 47 11/1/2021	3.869	5.926	1.808	14.741	53,16%	53,28%	281,00%
week 48 18/1/2021	3.373	4.942	1.508	12.294	46,53%	55,30%	264,49%
week 49 25/1/2021	4.977	4.309	1.314	10.718	13,43%	73,59%	115,35%
week 50 1/2/2021	6.989	6.358	1.939	15.815	9,03%	72,25%	126,28%
week 51 8/2/2021	8.182	8.928	2.723	22.208	9,12%	66,72%	171,43%
week 52 15/2/2021	7.674	10.452	3.188	25.999	36,20%	58,46%	238,79%
week 53 22/2/2021	11.298	9.803	2.990	24.385	13,23%	73,53%	115,83%
week 54 1/3/2021	14.020	14.432	4.402	35.900	2,94%	68,60%	156,07%
week 55 8/3/2021	16.027	17.909	5.463	44.550	11,75%	65,91%	177,97%
week 56 15/3/2021	15.978	20.473	6.245	50.927	28,13%	60,92%	218,73%
week 57 22/3/2021	16.906	20.411	6.226	50.772	20,73%	63,17%	200,32%
week 58 29/3/2021	21.383	21.596	6.587	53.720	1,00%	69,19%	151,23%
week 59 5/4/2021	20.066	27.315	8.332	67.947	36,13%	58,48%	238,62%
week 60 12/4/2021	19.793	25.633	7.819	63.762	29,50%	60,50%	222,14%
week 61 19/4/2021	17.856	25.284	7.712	62.894	41,60%	56,81%	252,23%
week 62 26/4/2021	13.293	22.810	6.958	56.739	71,59%	47,66%	326,83%
week 63 3/5/2021	15.582	16.981	5.180	42.240	8,98%	66,76%	171,08%
week 64 10/5/2021	15.086	19.905	6.072	49.513	31,94%	59,75%	228,21%
week 65 17/5/2021	12.714	19.271	5.878	47.937	51,57%	53,77%	277,04%
week 66 24/5/2021	11.497	16.241	4.954	40.400	41,26%	56,91%	251,40%

week 67	31/5/2021	8.067	14.686	4.480	36.533	82,06%	44,47%	352,87%
week 68	7/6/2021	5.565	10.305	3.143	25.634	85,17%	43,52%	360,62%
week 69	14/6/2021	3.409	13.164	2.265	44.051	286,14%	33,57%	1192,21%
week 70	21/6/2021	2.563	16.815	1.805	68.421	556,09%	29,56%	2569,57%
week 71	28/6/2021	5.059	21.480	1.517	100.852	324,60%	70,02%	1893,52%
week 72	5/7/2021		27.439	1.317	143.765			
week 73	12/7/2021		35.051	1.172	200.124			
week 73	12/7/2021		44.775	1.061	273.606			
week 74	19/7/2021		57.197	975	368.775			
week 75	26/7/2021		73.064	906	491.288			
week 76	2/8/2021		93.333	850	648.151			
week 77	9/8/2021		119.225	805	848.012			
week 78	16/8/2021		152.300	767	1.101.531			
week 79	23/8/2021		194.551	736	1.421.821			
week 80	30/8/2021		248.522	710	1.824.980			
week 81	6/9/2021		317.466	688	2.330.735			
week 82	13/9/2021		405.537	670	2.963.219			
week 83	20/9/2021		518.039	655	3.751.910			
Total cases in predicting period(only possite values):		24.663	103.890	14.527	419.256			
Διαφορα πρόβλεψης								
Απολυτη διαφορα πρόβλεψης			79.227	10.136	394.593			
Μέσο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα (ΜΑΠΣ)			266,81%	44,23%	1273,76%			
Μέγιστο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα			556,09%	70,02%	2569,57%			
Ελάχιστο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα			82%	30%	115%			

Πιο συγκεκριμένα τα αναλυτικά στοιχεία της πρόβλεψης αποτυπώνουν ότι το προγνωστικό τείνει στο να συμπεριφέρεται όπως η καμπύλη του κατώτερου ορίου εμπιστοσύνης κατόπιν διασταύρωσης τους με τα καταγεγραμμένα κρούσματα με απόκλιση 10.136 σε βάθος χρόνου 5 εβδομάδων και μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα 44,23%.

## 5.4 Μοντέλο πρόβλεψης του Ευάλωτου πληθυσμού

Αρχικά το σενάριο αυτό βασίστηκε στην σχέση που περιγράφει το ευάλωτο πληθυσμό ως την διαφορά του γενικού πληθυσμού της χώρας αν αφαιρεθούν τα εμβόλια και ο συνολικός αριθμός των κρουσμάτων όπως παρουσιάζεται στην παρακάτω σχέση

$$EΠ = ΓΠ - ΣΚ - ΣΕ$$

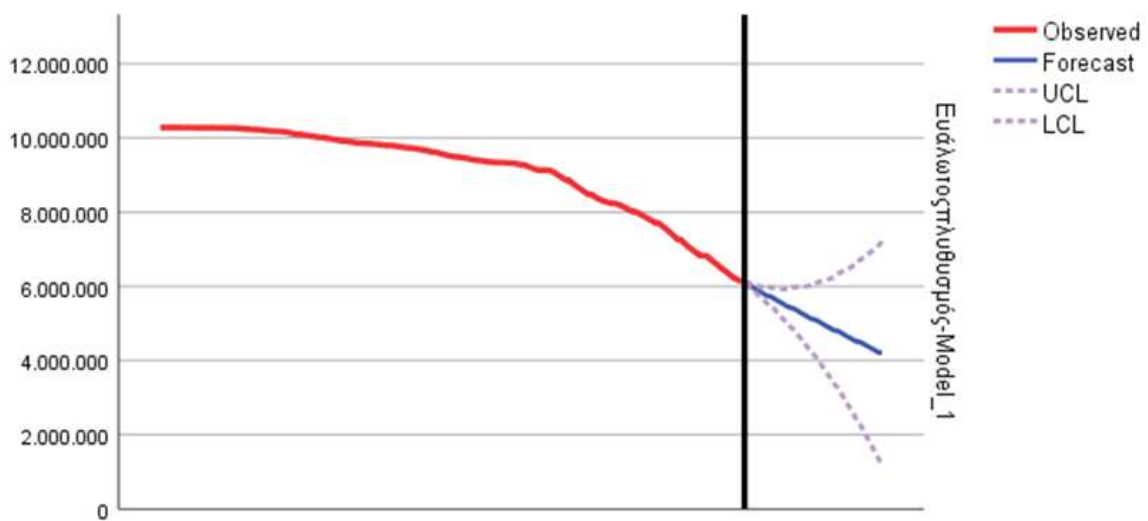
4)

Όπου:

ΕΠ: Ευάλωτος πληθυσμό

ΓΠ: Γενικός πληθυσμός  
ΣΚ: Συνολικά κρούσματα  
ΣΕ: Συνολικοί εμβολιασμένοι

Οι μελλοντικές τιμές αυτής της χρονοσειράς προέκυψαν με την δημιουργία προγνωστικού μοντέλου με το στατιστικό πακέτο SPSS. Από όπου προέκυψε ότι ευάλωτος πληθυσμός ακολουθεί ένα εποχιακό μοντέλο ARIMA (0,2,1)(0,1,1) με ορίζοντα πρόβλεψης από τις 4 Ιουνίου έως τις 3 Ιουλίου. Παρακάτω παρατίθεται διαγραμματικά η εξέλιξη της πρόβλεψης.



Εικόνα 5.15 Αναπαράσταση πρόβλεψης ευάλωτου πληθυσμού με δεδομένα από 1/1/21 έως 3/6/21

Στην συνέχεια αναφέρονται τα αναλυτικά στοιχεία της πρόβλεψης και των αντίστοιχων σημαντικών στατιστικών παραμέτρων. Από τα δεδομένα του παρακάτω πίνακα και του διαγράμματος προκύπτει ότι εν γένει την καλύτερη πρόβλεψη από τις τρεις περιπτώσεις επιτυγχάνει η περίπτωση του κατώτερου ορίου εμπιστοσύνης με απόλυτη διαφορά κρουσμάτων 49.275 και μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα 0,24% που αναπαρίσταται στο διάγραμμα με την κάτω μπλε διακεκομμένη γραμμή. Οι άλλες δύο προβλέψεις αναπαριστούν τις προβλέψεις σύμφωνα με την απόλυτη πρόβλεψη και το ανώτερο όριο εμπιστοσύνης με πλάτος διαστήματος εμπιστοσύνης 95%.

Πίνακας 5.4 Αναλυτικός πίνακας προβλέψεων ευάλωτου πληθυσμού

Sum by week	Date	Cases	Forecast Values	Lower Confidence Bound	Upper Confidence Bound	Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα		
	15/5/2021	8.478.996	8.504.003	8.478.840	8.453.676	0,29%	0,00%	0,30%
	16/5/2021	8.478.996	8.466.451	8.441.287	8.416.124	0,15%	0,44%	0,74%
Week 1:	17/5/2021	8.419.967	8.452.897	8.427.734	8.402.570	0,39%	0,09%	0,21%
58.638.161	18/5/2021	8.369.015	8.388.383	8.363.220	8.338.056	0,23%	0,07%	0,37%
	19/5/2021	8.330.110	8.339.269	8.314.105	8.288.942	0,11%	0,19%	0,49%
Week 1 forecast:	20/5/2021	8.294.218	8.306.471	8.281.308	8.256.144	0,15%	0,16%	0,46%
58.737.593	21/5/2021	8.266.859	8.280.119	8.254.955	8.229.791	0,16%	0,14%	0,45%
	22/5/2021	8.242.856	8.257.745	8.232.582	8.207.418	0,18%	0,12%	0,43%
	23/5/2021	8.242.856	8.269.818	8.244.654	8.219.490	0,33%	0,02%	0,28%
Week 2:	24/5/2021	8.218.060	8.231.560	8.206.396	8.181.233	0,16%	0,14%	0,45%
57201647	25/5/2021	8.192.700	8.212.502	8.187.339	8.162.175	0,24%	0,07%	0,37%
	26/5/2021	8.147.268	8.191.835	8.166.671	8.141.508	0,55%	0,24%	0,07%
Week 2 forecast:	27/5/2021	8.101.596	8.137.395	8.112.231	8.087.068	0,44%	0,13%	0,18%
57392561	28/5/2021	8.056.311	8.091.706	8.066.542	8.041.379	0,44%	0,13%	0,19%
	29/5/2021	8.011.672	8.042.235	8.017.071	7.991.907	0,38%	0,07%	0,25%
	30/5/2021	8.011.672	8.024.782	7.999.618	7.974.455	0,16%	0,15%	0,46%
Week 3:	31/5/2021	7.962.463	7.995.831	7.970.667	7.945.504	0,42%	0,10%	0,21%
55334738	1/6/2021	7.912.922	7.943.084	7.917.920	7.892.757	0,38%	0,06%	0,25%
	2/6/2021	7.862.072	7.888.217	7.863.054	7.837.890	0,33%	0,01%	0,31%
Week 3 forecast:	3/6/2021	7.812.085	7.836.727	7.811.563	7.786.399	0,32%	0,01%	0,33%
55521621	4/6/2021	7.761.852	7.790.745	7.765.582	7.740.418	0,37%	0,05%	0,28%
	5/6/2021	7.708.641	7.739.326	7.714.163	7.688.999	0,40%	0,07%	0,25%
	6/6/2021	7.708.641	7.716.809	7.691.646	7.666.482	0,11%	0,22%	0,55%
Week 4:	7/6/2021	7.643.703	7.686.596	7.661.433	7.636.269	0,56%	0,23%	0,10%
52917244	8/6/2021	7.575.670	7.613.661	7.588.498	7.563.334	0,50%	0,17%	0,16%
	9/6/2021	7.504.015	7.537.154	7.511.991	7.486.827	0,44%	0,11%	0,23%
Week 4 forecast:	10/6/2021	7.427.732	7.461.927	7.436.764	7.411.600	0,46%	0,12%	0,22%
53139822	11/6/2021	7.348.842	7.384.349	7.359.186	7.334.022	0,48%	0,14%	0,20%
	12/6/2021	7.264.569	7.300.435	7.275.271	7.250.108	0,49%	0,15%	0,20%
	13/6/2021	7.264.569	7.249.252	7.224.088	7.198.925	0,21%	0,56%	0,90%
Week 5:	14/6/2021	7.176.574	7.223.311	7.198.147	7.172.984	0,65%	0,30%	0,05%
49682937	15/6/2021	7.095.521	7.124.818	7.099.654	7.074.491	0,41%	0,06%	0,30%
	16/6/2021	7.025.432	7.039.013	7.013.849	6.988.686	0,19%	0,16%	0,52%
Week 5 forecast:	17/6/2021	6.959.914	6.973.138	6.947.974	6.922.811	0,19%	0,17%	0,53%
49824546	18/6/2021	6.896.358	6.914.579	6.889.415	6.864.251	0,26%	0,10%	0,47%
	19/6/2021	6.833.587	6.852.660	6.827.497	6.802.333	0,28%	0,09%	0,46%
	20/6/2021	6.829.271	6.841.624	6.816.461	6.791.297	0,18%	0,19%	0,56%
Week 6	21/6/2021	6.829.007	6.788.409	6.763.246	6.738.082	0,59%	0,96%	1,33%
47083965	22/6/2021	6.755.460	6.819.196	6.794.032	6.768.869	0,94%	0,57%	0,20%
	23/6/2021	6.681.957	6.728.515	6.703.351	6.678.187	0,70%	0,32%	0,06%
Week 6 forecast:	24/6/2021	6.613.087	6.645.558	6.620.395	6.595.231	0,49%	0,11%	0,27%
47250955	25/6/2021	6.541.596	6.574.993	6.549.829	6.524.666	0,51%	0,13%	0,26%
	26/6/2021	6.468.385	6.498.782	6.473.619	6.448.455	0,47%	0,08%	0,31%
	27/6/2021	6.411.214	6.474.409	6.449.246	6.424.082	0,99%	0,59%	0,20%
Week 7	28/6/2021	6.335.710	6.359.173	6.334.009	6.308.846	0,37%	0,03%	0,42%
50068433	29/6/2021	6.271.167	6.267.891	6.242.728	6.217.564	0,05%	0,45%	0,85%
	30/6/2021	6.211.694	6.216.615	6.191.452	6.166.288	0,08%	0,33%	0,73%
Week 7 forecast:	1/7/2021	6.168.724	6.167.668	6.142.504	6.117.341	0,02%	0,43%	0,83%
	2/7/2021	6.120.846	6.137.247	6.112.084	6.086.920	0,27%	0,14%	0,55%
50213990	3/7/2021	6.080.693	6.092.205	6.067.042	6.041.878	0,19%	0,22%	0,64%
Total cases in predicting period(only possite values):		207.514.431	208.220.058	207.465.156	206.710.246			
Απολυτη διαφορα πρόβλεψης			705.627	49.275	804.185			
Μέσο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα (ΜΑΠΣ)			0,40%	0,24%	0,42%			
Μέγιστο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα			0,99%	0,96%	1,33%			

## 5.5 Μοντέλο πρόβλεψης με βάση τους παράγοντες διασποράς του ιού

Επόμενο στάδιο προκειμένου να βελτιωθεί το μοντέλο πρόγνωσης ήταν η πρόσθεση των παραμέτρων που επηρεάζουν την διασπορά του ιού. Όπως είχε αναφερθεί και στην προηγούμενη ενότητα τέτοιοι παράγοντες αποτέλεσαν τα περιοριστικά μέτρα που είχαν ληφθεί η θερμοκρασία, τα εβδομαδιαία κρούσματα καθώς και ο ευάλωτος πληθυσμός. Οι παραπάνω παράμετροι διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες σύμφωνα με την παρούσα μελέτη σε αυτές που είναι αδιαμφισβήτητο ότι επηρεάζουν την εξάπλωση του κορονοϊού και αυτές που υπάρχει ισχυρή υποψία.

Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα εβδομαδιαία κρούσματα, η αυστηρότητα των μέτρων και ο ευάλωτος πληθυσμός. Ενώ στην δεύτερη ανήκει η θερμοκρασία η οποία παρόλο που όπως αναφέρθηκε παραπάνω παρουσιάζεται να έχει σχέση αλλά χωρίς κάποια αιτιώδη συνάφεια.

Αυτά τα δεδομένα εξάγονται από την βάση δεδομένων και οι μελλοντικές τους τιμές αποτέλεσαν σενάρια-προβλέψεις σύμφωνα με τις παρακάτω διαδικασίες:

- Εβδομαδιαία κρούσματα: το σενάριο ακολούθησε τις τιμές της πρόβλεψης του παραπάνω μοντέλου.
- Αυστηρότητα μέτρων: το σενάριο αυτό ακολούθησε την εκδοχή ότι τα περιοριστικά μέτρα θα παραμείνουν σταθερά δεδομένης της κατάστασης ότι πρόσφατα άρθηκαν τα μέτρα και θα ακολουθηθεί ένα αισιόδοξο σενάριο
- Ευάλωτος πληθυσμός: το σενάριο βασίστηκε στις μελλοντικές τιμές αυτής της χρονοσειράς που προέκυψαν με την δημιουργία προγνωστικού μοντέλου με το στατιστικό πακέτο SPSS.
- Θερμοκρασία: το σενάριο αυτό στηρίχτηκε στα περσινά στατιστικά στοιχεία με την παραδοχή ότι η μεταβολή του Μ.Ο. της θερμοκρασίας δεν έχει μεγάλη διακύμανση.

Με βάση τις παραπάνω παραμέτρους δομήθηκε το προγνωστικό μοντέλο ωστόσο για να παρατηρηθεί η επίδραση της καθεμίας εισαγόντουσαν στο κώδικα σταδιακά. Δηλαδή στην αρχή το πρώτο υπό μοντέλο που δημιουργήθηκε εξέταζε την επιρροή των εβδομαδιαίων κρουσμάτων. Εν συνεχεία στο δεύτερο υπό μοντέλο συμπεριλήφθηκε, η αυστηρότητα των

μέτρων σε συνδυασμό με τον ευάλωτο πληθυσμό. Τέλος δημιουργήθηκαν άλλα δύο υπό μοντέλα προσθέτοντας τον πιο «αβέβαιο» παράγοντα επίδρασης, την θερμοκρασία με το πρώτο μοντέλο να θεωρεί πως επηρεάζει το μοντέλο με καθυστέρηση 6 περιόδων και το δεύτερο με καθυστέρηση 14 περιόδων. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργήθηκαν τα 4 υπό μοντέλα που θα μελετηθούν.



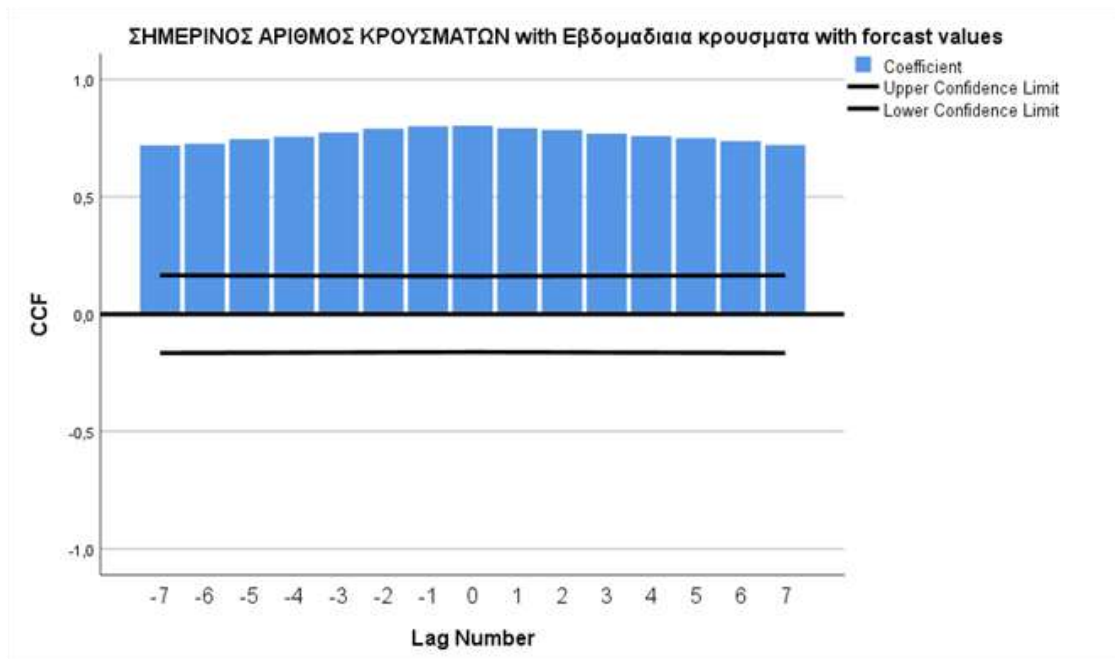
Εικόνα 5.16 Εξελικτική πορεία εκάστοτε μοντέλου

### 5.5.1 Προγνωστικό μοντέλο λαμβάνοντας υπόψη τα εβδομαδιαία κρούσματα

Αυτή η κατηγορία παρόλο που αναφέρεται σε ταυτόσημες έννοιες έχει σημαντική επίδραση καθώς η δεύτερη παράμετρος αποσκοπούσε στην χάραξη της εξελικτικής πορείας των καθημερινών κρουσμάτων. Έτσι το μοντέλο που συστήθηκε σε αυτή την κατηγορία, δημιουργήθηκε με την συμβολή δύο χρονοσειρών. Μάλιστα αυτές οι χρονοσειρές είχαν μελετηθεί προηγουμένως και έτσι ήταν γνωστές οι χαρακτηριστικές παράμετροι  $\rho, \alpha, d$  της καθεμιάς που χρησιμοποιήθηκαν στην συνέχεια. Επομένως δημιουργήθηκε ένα συνδυαστικό μοντέλο ARIMA, όπου ορίστηκε ως εξαρτημένη μεταβλητή τα ημερήσια κρούσματα και ανεξάρτητη τα εβδομαδιαία. Με αυτό τον τρόπο καθίσταται εφικτή η χρήση της συνάρτησης μεταφοράς μέσω της οποίας θα μαθητικοποιηθεί αυτό το σύνθετο προγνωστικό μοντέλο. Πριν όμως η έρευνα προχωρήσει στο σημείο για τυπικούς λόγους

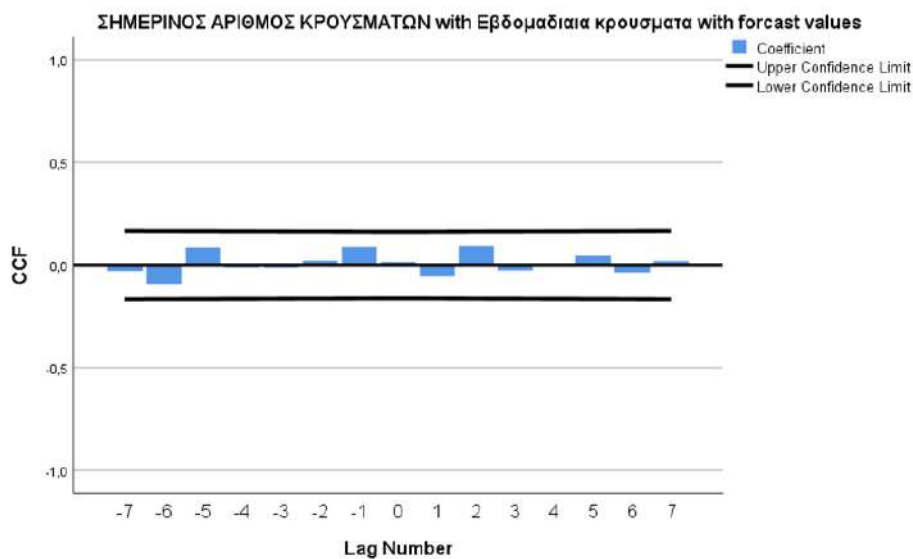


πρέπει ελέγχθηκε η διασταυρωμένη αυτοσυσχέτιση των δύο χρονοσειρών όπου εμφάνισε τα εξής αποτελέσματα.



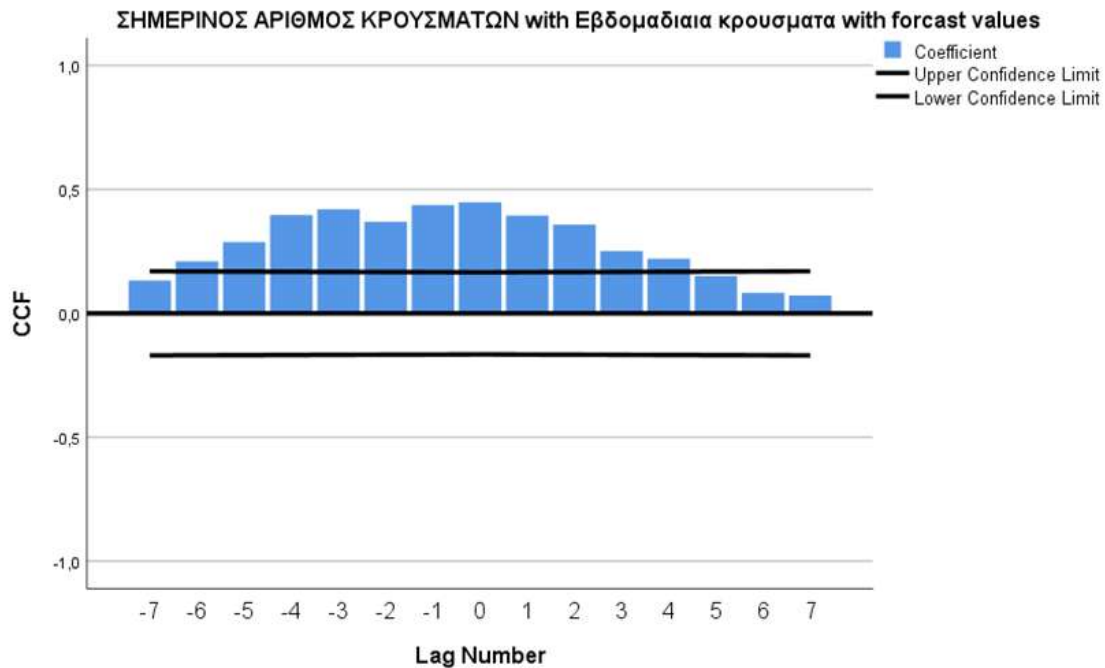
Εικόνα 5.17 Πίνακας διασταυρούμενης συσχέτισης ημερήσιων με εβδομαδιαία κρούσματα

Όπως γίνεται αντιληπτό υπάρχει σημαντική αυτοσυσχέτιση όλων των παρελθοντικών καθυστερήσεων και αυτό σηματοδότησε το έλεγχο πιθανών τάσεων.



Εικόνα 5.18 Πίνακας διασταυρούμενης συσχέτισης ημερήσιων με εβδομαδιαία κρούσματα πρώτου βαθμού

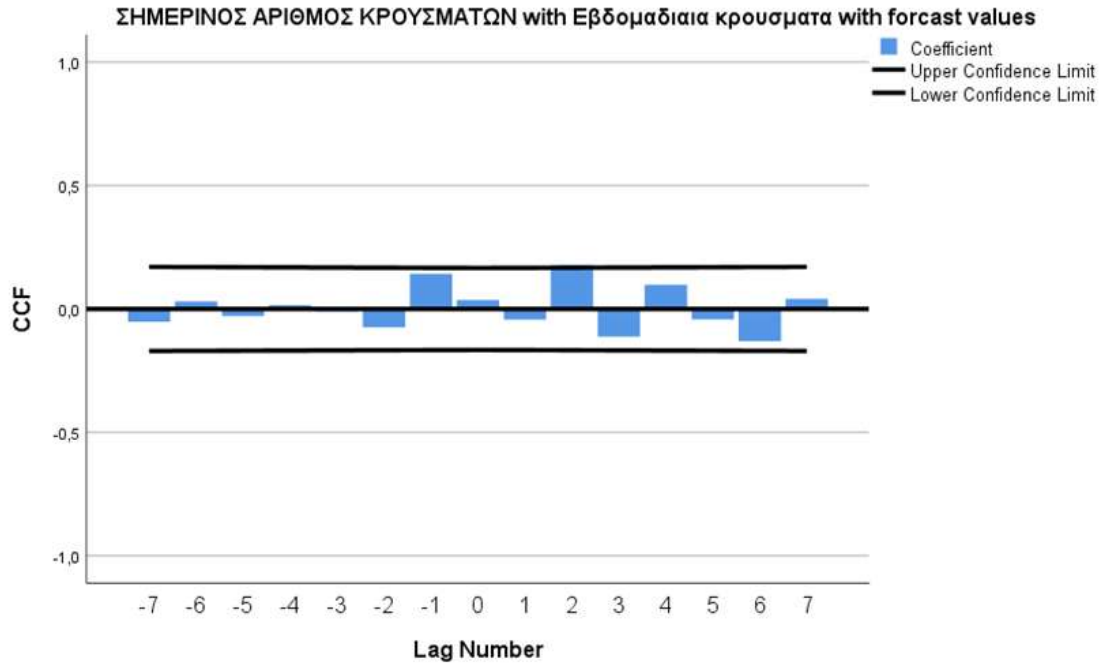
Ο έλεγχος αυτός δεν ανέδειξε κάποια σημαντική αυτοσυσχέτιση μεταξύ των τιμών των χρονοσειρών όμως ο έλεγχος της εποχιακής διαφοράς τάσεων πρώτου βαθμού με εποχικότητα 7 περιόδων εμφάνισε ενδιαφέροντα αποτελέσματα όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 5.19 Πίνακας διασταυρούμενης συσχέτισης ημερήσιων με εβδομαδιαία κρούσματα με εποχικότητα πρώτου βαθμού

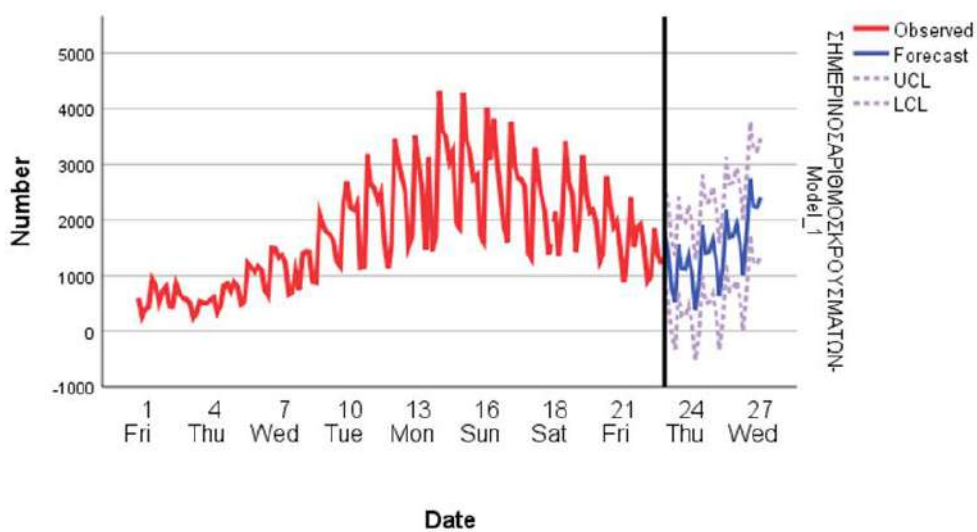
Ωστόσο ακόμα και αυτό το εύρημα εξακολουθούσε να παρουσιάζει υψηλές τάσεις όποτε το μοντέλο επεκτάθηκε σε διαφορά τάσεων πρώτου βαθμού σε συνδυασμό με εποχικότητα διαφοράς τάσεων πρώτου βαθμού και οδήγησε σε πιο σαφή αποτελέσματα με σημαντική αυτοσυσχετίσεις μεταξύ των χρονοσειρών 1 καθυστέρησης.





Εικόνα 5.20 Πίνακας διασταυρούμενης συσχέτισης ημερήσιων με εβδομαδιαία κρούσματα πρώτου βαθμού με εποχικότητα πρώτου βαθμού

Με βάση τα προαναφερθέντα το μοντέλο διαμορφώθηκε ως εξής με χαρακτηριστικές παραμέτρους της κύριας χρονοσειράς δηλαδή των κρουσμάτων ως ένα  $ARIMA(0,1,1)(0,1,1)$  με την συμβολή της χρονοσειράς των εβδομαδιαίων κρουσμάτων και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω.



Εικόνα 5.21 Αναπαράσταση πρόβλεψης ημερήσιων κρουσμάτων λαμβάνοντας υπόψη τα εβδομαδιαία κρούσματα με δεδομένα από 1/1/21 έως 3/6/21

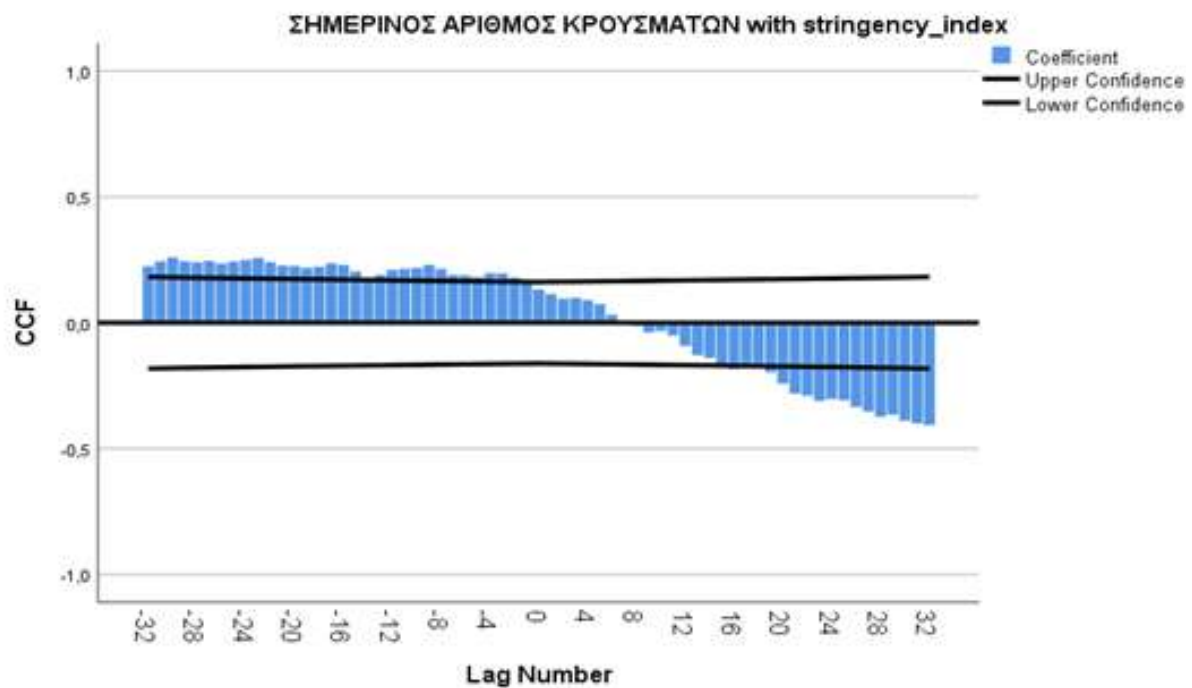
Έτσι διαμορφώθηκε η εξέλιξη της πανδημίας λαμβάνοντας υπόψη την πρόγνωση των εβδομαδιαίων κρουσμάτων που συνοδεύεται με τα αναλυτικά αποτελέσματα των προβλέψεων της κάθε μέρας και τα αντίστοιχα στατιστικά στοιχεία. Από τα παρακάτω στοιχεία προκύπτει ότι το βέλτιστο προγνωστικό προκύπτει ότι εν γένει την καλύτερη πρόβλεψη από τις τρεις περιπτώσεις επιτυγχάνει η περίπτωση 2, του κατώτερου ορίου εμπιστοσύνης με απόλυτη διαφορά κρουσμάτων 5.566 και μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα 60,10% που αναπαρίσταται στο διάγραμμα με την κατώτερη μπλε διακεκομμένη γραμμή. Επίσης αξιοσημείωτο είναι ότι εμφανίζει ελάχιστο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα 0% δηλαδή απόλυτη ταύτιση. Ενώ οι άλλες δύο προβλέψεις αναπαριστούν τις προβλέψεις σύμφωνα με το ανώτερο όριο εμπιστοσύνης και την βασική πρόβλεψη με πλάτος διαστήματος εμπιστοσύνης 95%.

Πίνακας 5.5 Αναλυτικός πίνακας προβλέψεων κρουσμάτων λαμβάνοντας υπόψη τον παράγοντα των εβδομαδιαίων κρουσμάτων.

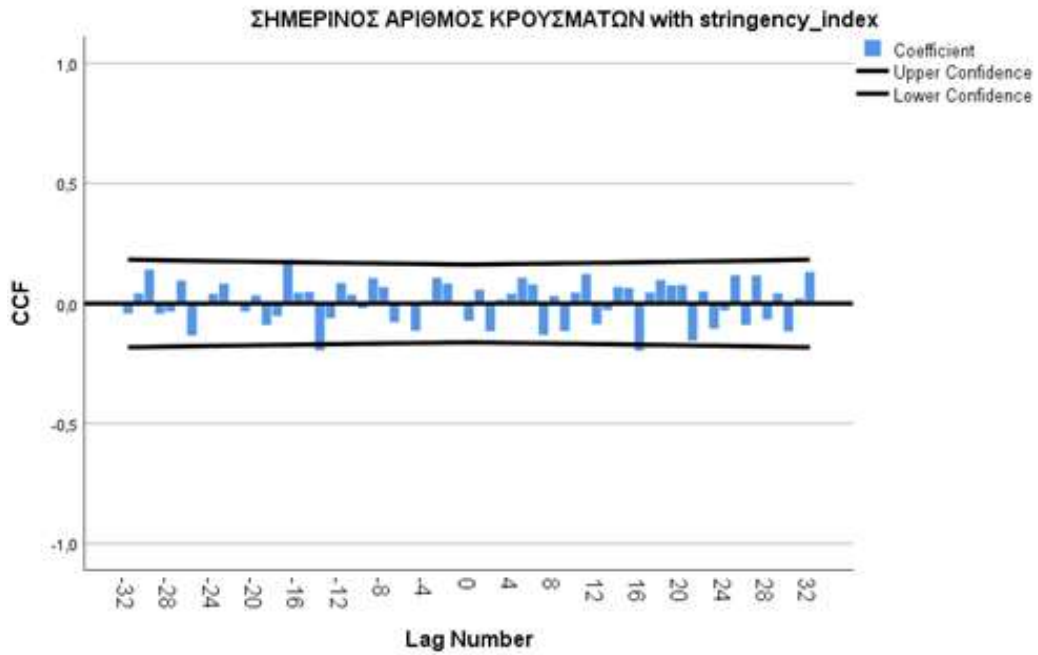
Sum by week	Date	Cases	Forecast Values	Lower Confidence Bound	Upper Confidence Bound	Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα			
	15/5/2021	1.950	2.094	1.188	3.000	7,39%	39,06%	53,85%	
Week 1:	16/5/2021	1.259	1.370	314	2.426	8,82%	75,05%	92,69%	
	17/5/2021	1.395	1.357	365	2.349	2,70%	73,81%	68,42%	
	13.545	18/5/2021	2.781	2.491	1.546	3.436	10,43%	44,40%	23,54%
Week 1 forecast:	19/5/2021	2.292	2.230	1.312	3.149	2,69%	42,77%	37,38%	
	20/5/2021	1.886	2.368	1.466	3.270	25,54%	22,28%	73,36%	
	13.905	21/5/2021	1.982	1.994	1.104	2.885	0,62%	44,31%	45,54%
Week 2:	22/5/2021	1.503	1.726	844	2.608	14,82%	43,86%	73,50%	
	23/5/2021	875	982	60	1.903	12,23%	93,09%	117,54%	
	11470	24/5/2021	1.377	1.091	190	1.993	20,74%	86,21%	44,73%
Week 2 forecast:	25/5/2021	2.402	2.354	1.464	3.244	1,99%	39,05%	35,07%	
	26/5/2021	1.511	1.972	1.090	2.854	30,52%	27,84%	88,87%	
	11667	27/5/2021	1.876	1.845	970	2.720	1,65%	48,31%	45,01%
Week 3:	28/5/2021	1.926	1.696	826	2.566	11,94%	57,13%	33,24%	
	29/5/2021	1.499	1.372	506	2.239	8,45%	66,23%	49,34%	
	8961	30/5/2021	906	691	-188	1.570	23,75%	100,00%	73,24%
Week 3 forecast:	31/5/2021	1.005	1.470	598	2.342	46,24%	40,51%	133,00%	
	1/6/2021	1.857	2.557	1.690	3.425	37,70%	9,01%	84,41%	
	11796	2/6/2021	1.379	1.918	1.055	2.782	39,12%	23,52%	101,76%
Week 4:	3/6/2021	1.209	1.962	1.101	2.823	62,30%	8,90%	133,51%	
	4/6/2021	1.106	1.826	967	2.684	65,06%	12,54%	142,67%	
	6097	5/6/2021	932	1.449	620	2.278	55,47%	33,48%	144,41%
Week 4 forecast:	6/6/2021	579	802	-27	1.631	38,59%	100,00%	181,76%	
	7/6/2021	798	614	-215	1.443	23,07%	100,00%	80,81%	
	8043	8/6/2021	1.368	1.659	830	2.488	21,27%	39,33%	81,87%
Week 5:	9/6/2021	886	1.119	290	1.948	26,28%	67,29%	119,85%	
	10/6/2021	750	1.111	282	1.940	48,19%	62,35%	158,72%	
	3753	11/6/2021	784	1.289	404	2.174	64,41%	48,50%	177,32%
Week 5 forecast:	12/6/2021	682	912	26	1.797	33,66%	96,14%	163,45%	
	13/6/2021	297	264	-621	1.149	11,03%	100,00%	287,02%	
	7151	14/6/2021	468	663	-222	1.548	41,67%	100,00%	230,83%
Week 6:	15/6/2021	794	1.693	808	2.579	113,28%	1,78%	224,77%	
	16/6/2021	546	1.153	268	2.038	111,15%	50,99%	273,28%	
	2588	17/6/2021	512	1.145	259	2.030	123,56%	49,35%	296,47%
Week 6 forecast:	18/6/2021	454	1.321	383	2.260	191,06%	15,68%	397,81%	
	19/6/2021	388	943	5	1.882	143,10%	98,82%	385,02%	
	8559	20/6/2021	247	295	-644	1.234	19,50%	100,00%	399,53%
Week 7:	21/6/2021	206	938	-1	1.877	355,38%	100,00%	811,05%	
	2588	22/6/2021	395	1.962	1.023	2.901	396,69%	159,03%	634,34%
	8559	23/6/2021	512	1.421	482	2.359	177,48%	5,87%	360,83%
Week 7 forecast:	24/6/2021	454	1.412	473	2.351	210,95%	4,17%	417,73%	
	5052	25/6/2021	386	1.588	598	2.577	311,33%	54,93%	567,73%
	12899	26/6/2021	375	1.209	219	2.199	222,34%	41,59%	486,27%
Week 8:	27/6/2021	235	560	-430	1.550	138,27%	100,00%	559,45%	
	5052	28/6/2021	361	1.377	387	2.367	281,41%	7,22%	555,59%
	12899	29/6/2021	563	2.396	1.406	3.386	325,54%	149,72%	501,36%
Week 9:	30/6/2021	627	1.854	864	2.844	195,68%	37,81%	353,56%	
	12899	1/7/2021	729	1.844	854	2.834	152,97%	17,18%	288,77%
	12899	2/7/2021	980	2.019	981	3.058	106,06%	0,06%	212,06%
	3/7/2021	1.182	1.640	601	2.679	38,72%	49,17%	126,61%	
Total cases in predicting period(only possite values):		18.596	38.477	13.030	66.083				
Απολυτη διαφορα πρόβλεψης			19.881	5.566	47.487				
Μέσο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα (ΜΑΠΣ)			134,77%	60,10%	320,70%				
Μέγιστο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα			396,69%	159,03%	811,05%				
Ελάχιστο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα			11%	0%	81%				

### 5.5.2 Προγνωστικό μοντέλο λαμβάνοντας υπόψη τα εβδομαδιαία κρούσματα, την αυστηρότητα των μέτρων και τον ευάλωτο πληθυσμό

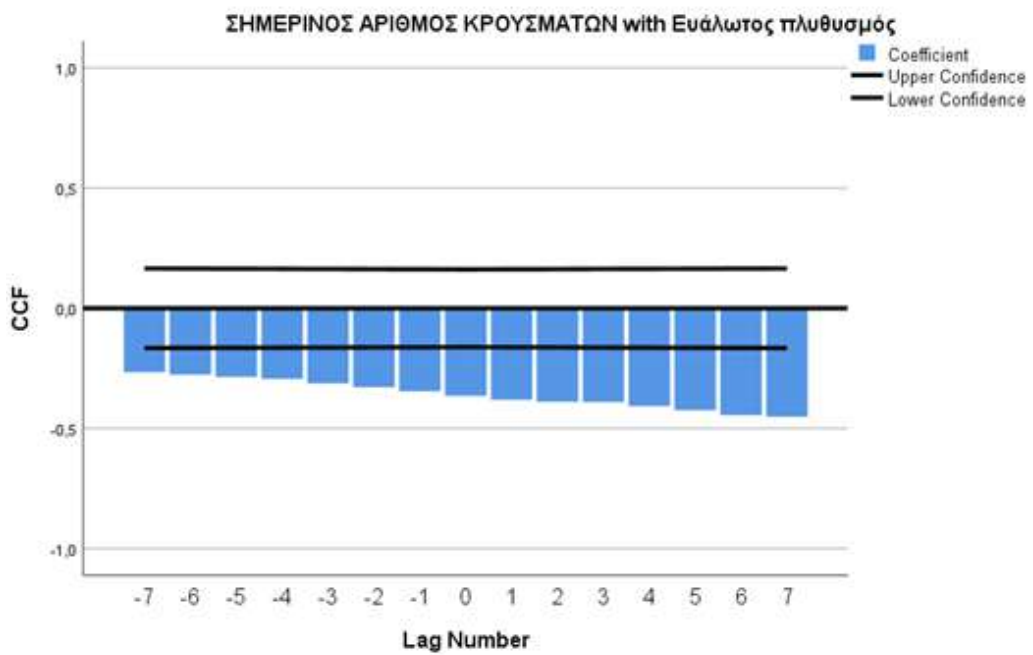
Η διαδικασία που ακολουθείται σε αυτή την περίπτωση είναι παρόμοια με την προηγούμενης περίπτωσης με ειδοποιώ διαφορά ότι σε αυτή την κατηγορία δεν ελέγχονται διασταυρωμένες συσχετίσεις ταυτόσημων εννοιών αλλά εννοιών που είναι και αυτές γνωστές ότι επηρεάζουν την εξάπλωση της πανδημίας. Αναλυτικότερα όσο αυξάνεται η αυστηρότητα των μέτρων αποσκοπούν στην καταστολή της διασποράς και ο ευάλωτος πληθυσμός, όσο μειώνεται με τους εμβολιασμούς και τα κρούσματα, οδηγεί σε περιορισμό του εύρους των υποψήφιων κρουσμάτων. Ωστόσο για τυπικούς λόγους παρατίθενται οι διασταυρωμένες αυτοσυσχετίσεις.



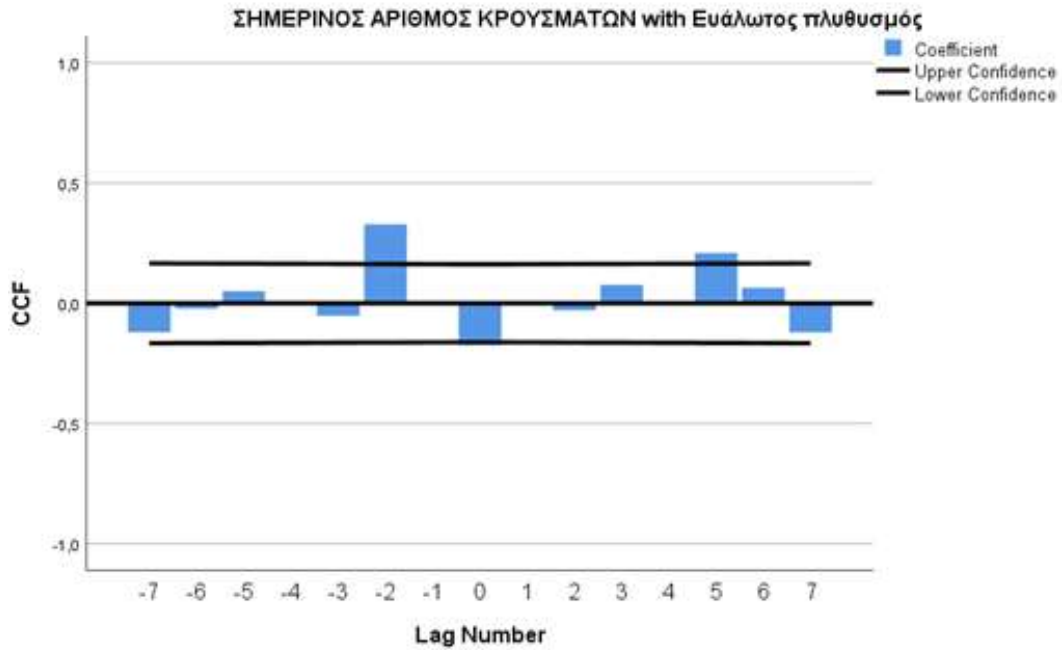
Εικόνα 5.22 Πίνακας διασταυρούμενης συσχέτισης ημερήσιων κρουσμάτων με αυστηρότητα μέτρων



Εικόνα 5.23 Πίνακας διασταυρούμενης συσχέτισης ημερήσιων κρούσματος με αυστηρότητα μέτρων για πρώτου βαθμού διαφορές

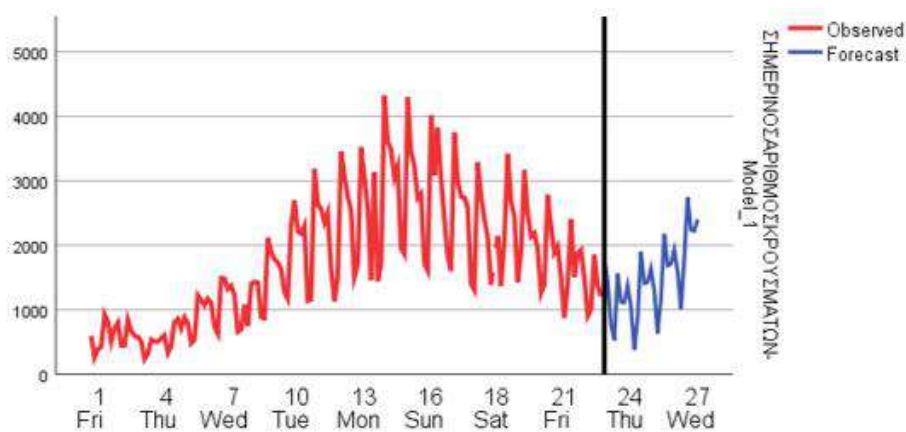


Εικόνα 5.24 Πίνακας διασταυρούμενης συσχέτισης ημερήσιων κρούσματος με ευάλωτο πληθυσμό



Εικόνα 5.25 μέτρων Πίνακας διασταυρούμενης συσχέτισης ημερήσιων κρουσμάτων με ευάλωτο πληθυσμό για πρώτου βαθμού διαφορές

Με βάση τα προαναφερθέντα το μοντέλο διαμορφώθηκε ως εξής με χαρακτηριστικές παραμέτρους της κύριας χρονοσειράς δηλαδή των κρουσμάτων ως ένα  $ARIMA(0,1,1)(0,1,1)$  με την συμβολή της χρονοσειράς των εβδομαδιαίων κρουσμάτων της αυστηρότητας των μέτρων και του ευάλωτου πληθυσμού και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω.



Εικόνα 5.26 Αναπαράσταση πρόβλεψης ημερήσιων κρουσμάτων λαμβάνοντας υπόψη τα εβδομαδιαία κρούσματα, την αυστηρότητα των μέτρων και τον ευάλωτο πληθυσμό με δεδομένα 1/1/21 έως 3/6/21

Έτσι διαμορφώθηκε η εξέλιξη της πανδημίας λαμβάνοντας υπόψη την πρόγνωση των εβδομαδιαίων κρουσμάτων, της αυστηρότητας των μέτρων και του ευάλωτου πληθυσμού που συνοδεύεται με τα αναλυτικά αποτελέσματα των προβλέψεων της κάθε μέρας και τα αντίστοιχα στατιστικά στοιχεία με ορίζοντα προβλέψεων από τις 4 Ιουνίου έως τις 3 Ιουλίου. Από τα παρακάτω στοιχεία προκύπτει ότι το βέλτιστο προγνωστικό προκύπτει ότι εν γένει την καλύτερη πρόβλεψη από τις τρεις περιπτώσεις επιτυγχάνει η περίπτωση 2, του κατώτερου ορίου εμπιστοσύνης με απόλυτη διαφορά κρουσμάτων 282 και μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα 71,60% που αναπαρίσταται στο διάγραμμα με την κατώτερη μπλε διακεκομμένη γραμμή. Επίσης αξιοσημείωτο είναι ότι εμφανίζει ελάχιστο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα 3% δηλαδή απόλυτη ταύτιση. Ενώ οι άλλες δύο προβλέψεις αναπαριστούν τις προβλέψεις σύμφωνα με το ανώτερο όριο εμπιστοσύνης και την βασική πρόβλεψη με πλάτος διαστήματος εμπιστοσύνης 95%.

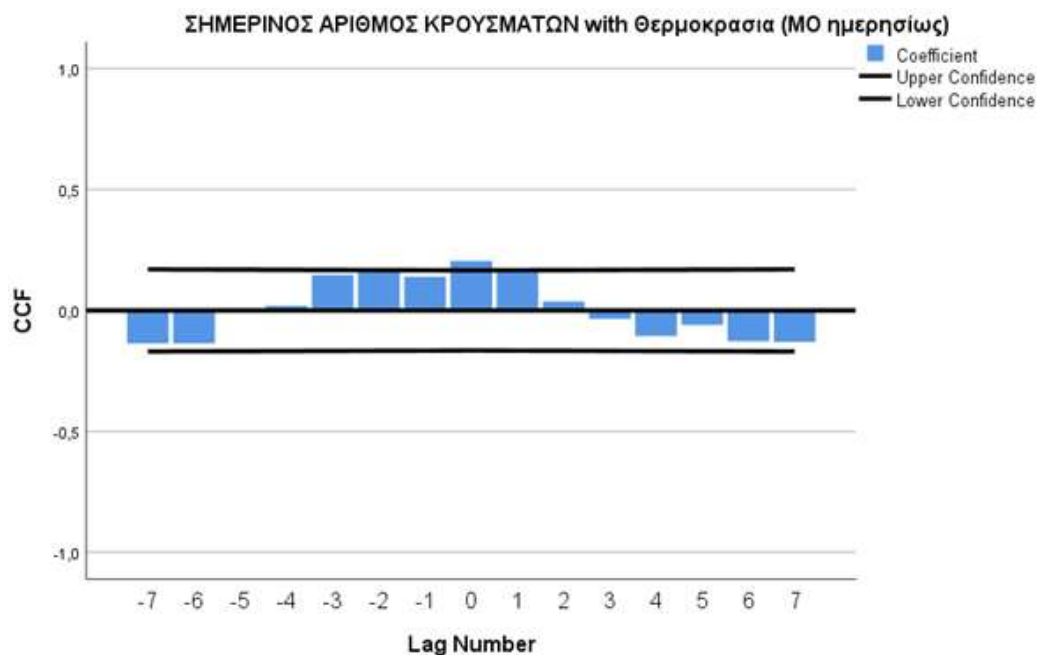
Πίνακας 5.6 Αναλυτικός πίνακας προβλέψεων κρουσμάτων λαμβάνοντας υπόψη τους παράγοντες εβδομαδιαίων κρουσμάτων, ευάλωτου πληθυσμού και αυστηρότητας μέτρων

Sum by week	Date	Cases	Forecast Values	Lower Confidence Bound	Upper Confidence Bound	Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα		
	15/5/2021	1.950	2.248	1.327	3.169	15,28%	31,97%	62,53%
Week 1: 13.545	16/5/2021	1.259	1.401	332	2.470	11,27%	73,67%	96,22%
	17/5/2021	1.395	1.281	274	2.287	8,20%	80,38%	63,98%
	18/5/2021	2.781	2.355	1.395	3.314	15,33%	49,85%	19,18%
	19/5/2021	2.292	2.190	1.256	3.123	4,47%	45,20%	36,26%
Week 1 forecast: 13.703	20/5/2021	1.886	2.292	1.375	3.209	21,51%	27,11%	70,12%
	21/5/2021	1.982	1.937	1.032	2.843	2,25%	47,93%	43,42%
	22/5/2021	1.503	1.637	740	2.534	8,93%	50,73%	68,60%
Week 2: 11470	23/5/2021	875	851	-84	1.785	2,79%	100,00%	104,04%
	24/5/2021	1.377	923	8	1.839	32,94%	99,45%	33,57%
	25/5/2021	2.402	2.259	1.355	3.164	5,94%	43,60%	31,71%
	26/5/2021	1.511	1.846	949	2.742	22,14%	37,17%	81,46%
Week 2 forecast: 10916	27/5/2021	1.876	1.775	885	2.664	5,40%	52,84%	42,03%
	28/5/2021	1.926	1.625	741	2.510	15,60%	61,54%	30,33%
	29/5/2021	1.499	1.333	453	2.214	11,06%	69,81%	47,69%
Week 3: 8961	30/5/2021	906	610	-282	1.502	32,66%	100,00%	65,82%
	31/5/2021	1.005	1.446	560	2.332	43,88%	44,29%	132,04%
	1/6/2021	1.857	2.470	1.588	3.352	33,01%	14,47%	80,49%
	2/6/2021	1.379	1.855	977	2.733	34,50%	29,18%	98,18%
Week 3 forecast: 11442	3/6/2021	1.209	1.924	1.048	2.799	59,11%	13,28%	131,49%
	4/6/2021	1.106	1.804	932	2.677	63,13%	15,76%	142,03%
	5/6/2021	932	1.451	608	2.295	55,73%	34,78%	146,24%
Week 4: 6097	6/6/2021	579	779	-64	1.623	34,61%	100,00%	180,30%
	7/6/2021	798	524	-319	1.368	34,32%	100,00%	71,39%
	8/6/2021	1.368	1.566	723	2.410	14,49%	47,18%	76,15%
	9/6/2021	886	1.120	277	1.964	26,44%	68,77%	121,65%
Week 4 forecast: 7928	10/6/2021	750	1.113	269	1.957	48,41%	64,07%	160,89%
	11/6/2021	784	1.374	470	2.278	75,26%	40,04%	190,55%
	12/6/2021	682	1.045	141	1.949	53,21%	79,33%	185,75%
Week 5: 3753	13/6/2021	297	382	-522	1.286	28,59%	100,00%	332,95%
	14/6/2021	468	875	-29	1.779	86,97%	100,00%	280,13%
	15/6/2021	794	1.904	1.000	2.808	139,81%	25,95%	253,66%
	16/6/2021	546	1.410	506	2.314	158,33%	7,24%	323,90%
Week 5 forecast: 8684	17/6/2021	512	1.429	525	2.333	179,08%	2,51%	355,65%
	18/6/2021	454	1.639	677	2.600	260,92%	49,21%	472,64%
	19/6/2021	388	1.297	336	2.258	234,35%	13,39%	482,08%
Week 6: 2588	20/6/2021	247	629	-332	1.591	154,85%	100,00%	544,03%
	21/6/2021	206	1.174	212	2.135	469,66%	3,01%	936,31%
	22/6/2021	395	2.175	1.213	3.136	450,58%	207,20%	693,96%
	23/6/2021	512	1.685	723	2.646	229,06%	41,29%	416,83%
Week 6 forecast: 10594	24/6/2021	454	1.709	748	2.671	276,46%	64,70%	488,23%
	25/6/2021	386	1.925	909	2.941	398,74%	135,54%	661,93%
	26/6/2021	375	1.598	582	2.614	326,15%	55,22%	597,08%
Week 7: 5052	27/6/2021	235	1.011	-5	2.027	330,22%	100,00%	762,58%
	28/6/2021	361	1.798	782	2.814	398,04%	116,58%	679,51%
	29/6/2021	563	2.748	1.732	3.764	388,09%	207,60%	568,58%
	30/6/2021	627	2.241	1.224	3.257	257,36%	95,28%	419,43%
Week 7 forecast: 14022	1/7/2021	729	2.223	1.207	3.240	204,99%	65,59%	344,40%
	2/7/2021	980	2.403	1.335	3.472	145,23%	36,20%	254,27%
Total cases in predicting period(only possite values):		17.414	43.033	17.132	70.205			
Απολυτη διαφορα πρόβλεψης			25.619	282	52.791			
Μέσο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα (ΜΑΠΣ)			190,45%	71,60%	384,24%			
Μέγιστο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα			469,66%	207,60%	936,31%			
Ελάχιστο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα			14%	3%	71%			

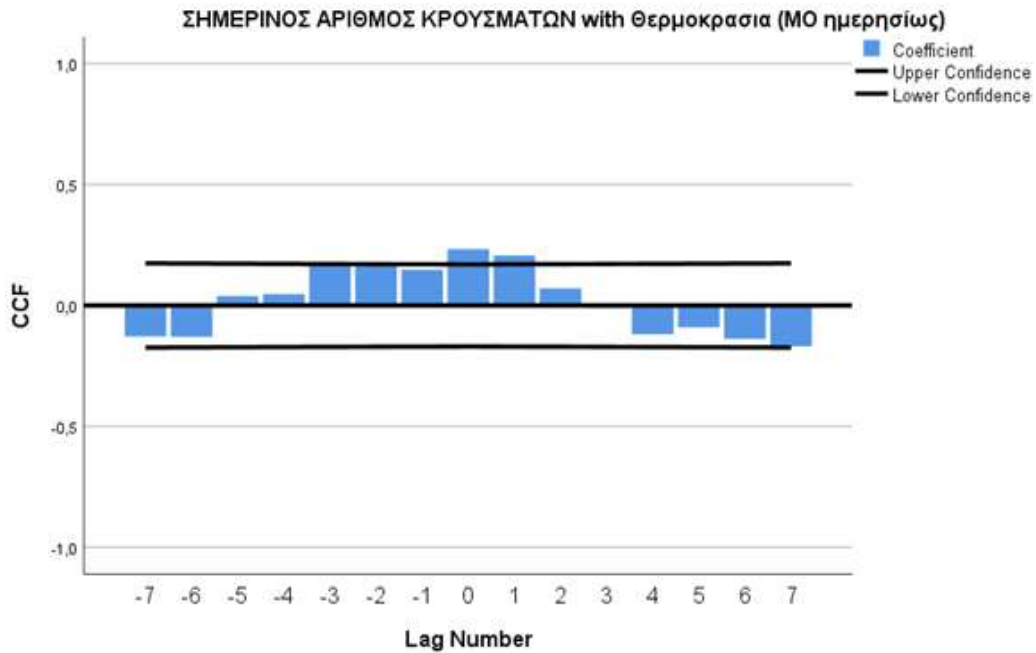


### 5.5.3 Προγνωστικό μοντέλο λαμβάνοντας υπόψη τα εβδομαδιαία κρούσματα, την αυστηρότητα των μέτρων, τον ευάλωτο πληθυσμό και την θερμοκρασία

Η εξελικτική πορεία του μοντέλου συνεχίζεται με την προσθήκη της τελευταίας παραμέτρου της θερμοκρασίας της οποίας ο ρόλος είναι αμφιλεγόμενος. Ωστόσο ένα πράγμα θεωρείται δεδομένο πως η υψηλή θερμοκρασία σε συνδυασμό με την υγρασία και την υψηλή ηλιοφάνεια που σηματοδοτεί τα υψηλά επίπεδα υπεριώδους ακτινοβολίας που καταστρέφει το πρωτεϊνικό περίβλημα του ιού. Με αφορμή όλα τα προαναφερθέντα λήφθηκε υπόψη αυτή η παράμετρος και ελέγχθηκε η διασταυρωμένη αυτοσυσχέτιση των κρουσμάτων με την θερμοκρασία λαμβάνοντας υπόψη εποχιακές διαφορές τάσεων 1 και 2 περιόδων.

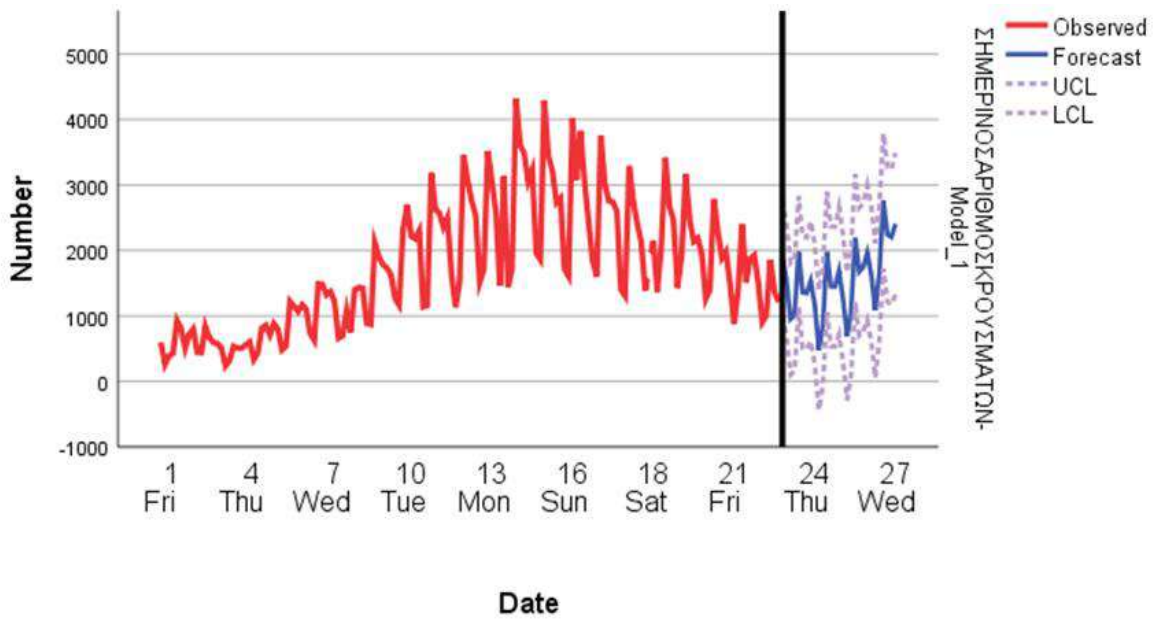


Εικόνα 5.27 Πίνακας διασταυρούμενης συσχέτισης ημερήσιων κρουσμάτων με θερμοκρασία με εποχική διαφορά 2 περιόδοι



Εικόνα 5.28 Πίνακας διασταυρούμενης συσχέτισης ημερήσιων κρουσμάτων με θερμοκρασία με εποχική διαφορά 1 περίοδο

Έτσι το μοντέλο διαμορφώθηκε ως εξής, με χαρακτηριστικές παραμέτρους της κύριας χρονοσειράς δηλαδή των κρουσμάτων ως ένα εποχιακό  $ARIMA(0,1,1)(0,1,1)$  με την συμβολή της χρονοσειράς των εβδομαδιαίων κρουσμάτων της αυστηρότητας των μέτρων, του ευάλωτου πληθυσμού και της θερμοκρασίας. Με μόνη διαφορά πως η θερμοκρασία θα ελεγχθεί με δύο εκδοχές που διαχωρίζονται με βάση την καθυστέρηση της επίδρασης αυτής της παραμέτρου. Η πρώτη αναφέρεται στην καθυστέρηση την επίδραση της θερμοκρασίας με καθυστέρηση 6 ημερών και τα αντίστοιχα αποτελέσματα εμφανίζονται παρακάτω.



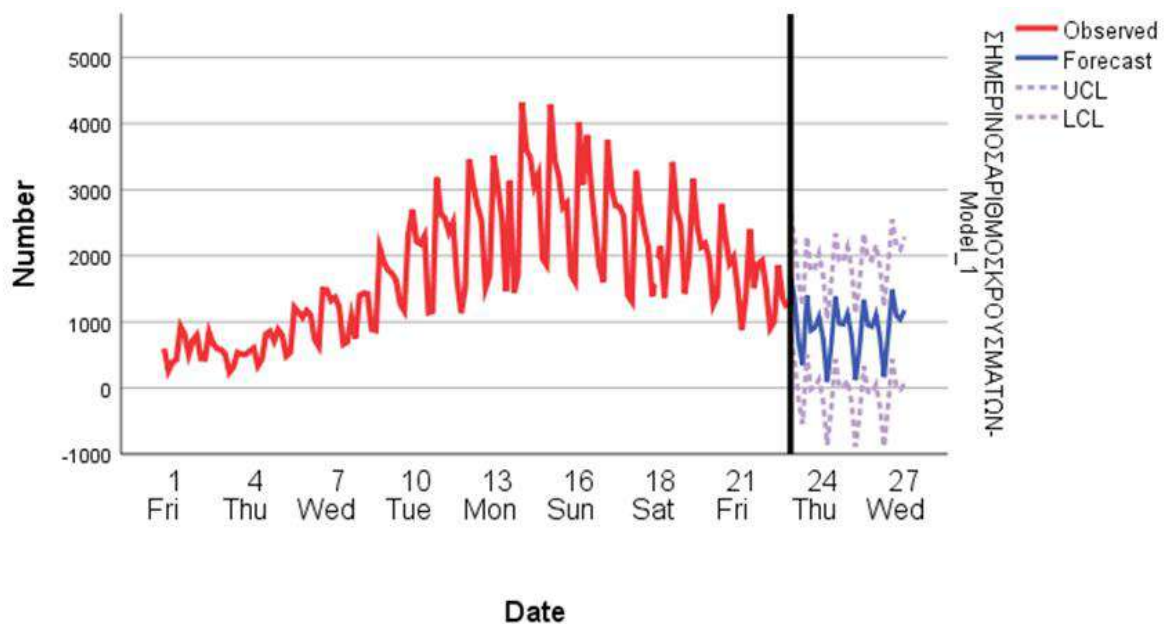
Εικόνα 5.29 Αναπαράσταση πρόβλεψης ημερήσιων κρουσμάτων λαμβάνοντας υπόψη τα εβδομαδιαία κρούσματα, αυστηρότητα μέτρων, ευάλωτο πληθυσμό και θερμοκρασία με καθυστέρηση 6 περιόδων με δεδομένα από 1/1/21 έως 3/6/21

Έτσι διαμορφώθηκε η εξέλιξη της πανδημίας λαμβάνοντας υπόψη την πρόγνωση των εβδομαδιαίων κρουσμάτων, της αυστηρότητας των μέτρων, του ευάλωτου πληθυσμού και της θερμοκρασίας με καθυστέρηση 6 ημερών που συνοδεύεται με τα αναλυτικά αποτελέσματα των προβλέψεων της κάθε μέρας και τα αντίστοιχα στατιστικά στοιχεία με ορίζοντα προβλέψεων από τις 4 Ιουνίου έως τις 3 Ιουλίου. Από τα παρακάτω στοιχεία προκύπτει ότι το βέλτιστο προγνωστικό προκύπτει ότι εν γένει την καλύτερη πρόβλεψη από τις τρεις περιπτώσεις επιτυγχάνει η περίπτωση 2, του κατώτερου ορίου εμπιστοσύνης με απόλυτη διαφορά κρουσμάτων 1.133 και μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα 66,19% που αναπαρίσταται στο διάγραμμα με την κατώτερη μπλε διακεκομμένη γραμμή. Ενώ οι άλλες δύο προβλέψεις αναπαριστούν τις προβλέψεις σύμφωνα με το ανώτερο όριο εμπιστοσύνης και την βασική πρόβλεψη με πλάτος διαστήματος εμπιστοσύνης 95%.

Πίνακας 5.7 Αναλυτικός πίνακας προβλέψεων κρουσμάτων λαμβάνοντας υπόψη όλους τους παράγοντες επίδρασης με καθυστέρηση της θερμοκρασίας 6 περιόδων

Sum by week	Date	Cases	Forecast Values	Lower Confidence Bound	Upper Confidence Bound	Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα		
	15/5/2021	1.950	2.146	1.212	3.079	10,04%	37,84%	57,92%
Week 1:	16/5/2021	1.259	1.312	233	2.390	4,18%	81,49%	89,85%
	17/5/2021	1.395	1.232	214	2.250	11,70%	84,67%	61,26%
	18/5/2021	2.781	2.276	1.305	3.247	18,16%	53,08%	16,77%
Week 1 forecast:	19/5/2021	2.292	2.014	1.069	2.960	12,11%	53,36%	29,13%
	20/5/2021	1.886	2.123	1.195	3.052	12,57%	36,66%	61,81%
	21/5/2021	1.982	1.860	942	2.777	6,18%	52,45%	40,09%
Week 2:	22/5/2021	1.503	1.585	677	2.494	5,48%	54,96%	65,93%
	23/5/2021	875	810	-134	1.755	7,41%	100,00%	100,53%
	24/5/2021	1.377	951	24	1.878	30,92%	98,22%	36,38%
Week 2 forecast:	25/5/2021	2.402	2.232	1.317	3.148	7,07%	45,19%	31,06%
	26/5/2021	1.511	1.877	970	2.785	24,24%	35,82%	84,29%
	27/5/2021	1.876	1.887	986	2.788	0,60%	47,43%	48,64%
Week 3:	28/5/2021	1.926	1.699	803	2.595	11,78%	58,30%	34,75%
	29/5/2021	1.499	1.338	446	2.231	10,71%	70,22%	48,80%
	30/5/2021	906	551	-351	1.454	39,16%	100,00%	60,46%
Week 3 forecast:	31/5/2021	1.005	1.059	162	1.956	5,35%	83,91%	94,60%
	1/6/2021	1.857	2.306	1.413	3.199	24,19%	23,89%	72,26%
	2/6/2021	1.379	1.822	933	2.712	32,14%	32,34%	96,63%
Week 4:	3/6/2021	1.209	1.913	1.026	2.799	58,20%	15,11%	131,51%
	4/6/2021	1.106	1.897	1.013	2.781	71,52%	8,39%	151,43%
	5/6/2021	932	1.545	692	2.397	65,73%	25,76%	157,22%
Week 4 forecast:	6/6/2021	579	952	99	1.804	64,35%	82,92%	211,62%
	7/6/2021	798	1.017	165	1.870	27,50%	79,35%	134,35%
	8/6/2021	1.368	1.977	1.124	2.830	44,53%	17,80%	106,86%
Week 5:	9/6/2021	886	1.356	503	2.209	53,05%	43,19%	149,28%
	10/6/2021	750	1.346	493	2.199	79,45%	34,24%	193,14%
	11/6/2021	784	1.532	617	2.447	95,43%	21,32%	212,18%
Week 5 forecast:	12/6/2021	682	1.175	260	2.090	72,26%	61,95%	206,48%
	13/6/2021	297	478	-438	1.393	60,81%	100,00%	369,00%
	14/6/2021	468	841	-74	1.756	79,67%	100,00%	275,25%
Week 6:	15/6/2021	794	1.976	1.060	2.891	148,82%	33,54%	264,10%
	16/6/2021	546	1.452	537	2.368	165,98%	1,67%	333,62%
	17/6/2021	512	1.448	533	2.364	182,87%	4,10%	361,65%
Week 6 forecast:	18/6/2021	454	1.689	715	2.663	272,00%	57,45%	486,54%
	19/6/2021	388	1.271	297	2.245	227,61%	23,43%	478,65%
	20/6/2021	247	689	-285	1.663	178,87%	100,00%	573,22%
Week 7:	21/6/2021	206	1.057	83	2.031	413,17%	59,67%	886,01%
	22/6/2021	395	2.190	1.216	3.164	454,51%	207,92%	701,11%
	23/6/2021	512	1.676	702	2.651	227,43%	37,19%	417,68%
Week 7 forecast:	24/6/2021	454	1.745	771	2.719	284,44%	69,89%	498,99%
	25/6/2021	386	1.965	936	2.995	409,19%	142,48%	675,90%
	26/6/2021	375	1.638	608	2.667	336,73%	62,19%	611,26%
Week 7 forecast:	27/6/2021	235	1.087	57	2.116	362,39%	75,70%	800,48%
	28/6/2021	361	1.653	624	2.683	357,96%	72,78%	643,15%
	29/6/2021	563	2.755	1.725	3.784	389,28%	206,41%	572,14%
Week 7 forecast:	30/6/2021	627	2.243	1.214	3.273	257,76%	93,56%	421,96%
	1/7/2021	729	2.205	1.176	3.235	202,50%	61,27%	343,72%
	2/7/2021	980	2.409	1.326	3.491	145,77%	35,34%	256,20%
Total cases in predicting period(only possite values):	3/7/2021	1.182						
Απολυτη διαφορα προβλεψης			27.850	1.133	55.364			
Μέσο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα (ΜΑΠΣ)			197,64%	66,19%	396,32%			
Μέγιστο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα			454,51%	207,92%	886,01%			
Ελάχιστο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα			27%	2%	107%			

→ Η δεύτερη αναφέρεται στην καθυστέρηση την επίδραση της θερμοκρασίας με καθυστέρηση 14 ημερών και τα αντίστοιχα αποτελέσματα εμφανίζονται παρακάτω.



*Εικόνα 5.30 Αναπαράσταση πρόβλεψης ημερήσιων κρουσμάτων λαμβάνοντας υπόψη τα εβδομαδιαία κρούσματα, αυστηρότητα μέτρων, ευάλωτο πληθυσμό και θερμοκρασία με καθυστέρηση 14 περιόδων με δεδομένα από 1/1/21 έως 3/6/21*

Έτσι διαμορφώθηκε η εξέλιξη της πανδημίας λαμβάνοντας υπόψη την πρόγνωση των εβδομαδιαίων κρουσμάτων, της αυστηρότητας των μέτρων, του ευάλωτου πληθυσμού και της θερμοκρασίας με καθυστέρηση 14 ημερών που συνοδεύεται με τα αναλυτικά αποτελέσματα των προβλέψεων της κάθε μέρας και τα αντίστοιχα στατιστικά στοιχεία με ορίζοντα προβλέψεων από τις 4 Ιουνίου έως τις 3 Ιουλίου. Από τα παρακάτω στοιχεία προκύπτει ότι το βέλτιστο προγνωστικό προκύπτει ότι εν γένει την καλύτερη πρόβλεψη από τις τρεις περιπτώσεις επιτυγχάνει η περίπτωση 1, της κύριας πρόβλεψης με απόλυτη διαφορά κρουσμάτων 9.207 και μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα 78,02% που αναπαρίσταται στο διάγραμμα με την κατώτερη μπλε διακεκομμένη γραμμή. Ενώ οι άλλες δύο προβλέψεις αναπαριστούν τις προβλέψεις σύμφωνα με το ανώτερο όριο εμπιστοσύνης και το κατώτερο με πλάτος διαστήματος εμπιστοσύνης 95%.

Πίνακας 5.8 Αναλυτικός πίνακας προβλέψεων κρουσμάτων λαμβάνοντας υπόψη όλους τους παράγοντες επίδρασης με καθυστέρηση της θερμοκρασίας 14 περιόδων

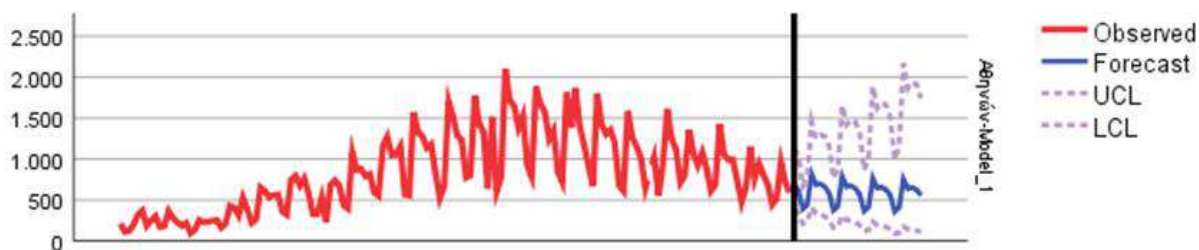
Sum by week	Date	Cases	Forecast Values	Lower Confidence Bound	Upper Confidence Bound	Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα		
	15/5/2021	1.950	2.249	1.270	3.228	15,33%	34,86%	65,52%
	16/5/2021	1.259	1.414	269	2.558	12,28%	78,63%	103,19%
Week 1:	17/5/2021	1.395	1.400	326	2.473	0,34%	76,63%	77,30%
13.545	18/5/2021	2.781	2.402	1.380	3.424	13,63%	50,37%	23,10%
	19/5/2021	2.292	2.214	1.221	3.207	3,41%	46,73%	39,91%
Week 1 forecast:	20/5/2021	1.886	2.277	1.302	3.252	20,72%	30,97%	72,40%
13.904	21/5/2021	1.982	1.949	987	2.912	1,65%	50,20%	46,90%
	22/5/2021	1.503	1.646	693	2.599	9,49%	53,91%	72,90%
	23/5/2021	875	889	-108	1.887	1,65%	100,00%	115,67%
Week 2:	24/5/2021	1.377	1.024	49	1.999	25,61%	96,42%	45,19%
11.470	25/5/2021	2.402	2.256	1.293	3.218	6,09%	46,15%	33,98%
	26/5/2021	1.511	1.884	931	2.837	24,69%	38,39%	87,77%
Week 2 forecast:	27/5/2021	1.876	1.775	829	2.722	5,36%	55,79%	45,07%
11.096	28/5/2021	1.926	1.621	681	2.562	15,83%	64,66%	33,01%
	29/5/2021	1.499	1.334	398	2.270	11,03%	73,47%	51,42%
	30/5/2021	906	618	-333	1.569	31,79%	100,00%	73,13%
Week 3:	31/5/2021	1.005	1.440	498	2.383	43,32%	50,47%	137,12%
8.961	1/6/2021	1.857	2.322	1.384	3.260	25,05%	25,45%	75,55%
	2/6/2021	1.379	1.799	865	2.732	30,43%	37,28%	98,14%
Week 3 forecast:	3/6/2021	1.209	1.795	864	2.725	48,46%	28,50%	125,42%
11.006	4/6/2021	1.106	1.698	770	2.626	53,53%	30,34%	137,40%
	5/6/2021	932	1.332	437	2.226	42,91%	53,06%	138,88%
	6/6/2021	579	666	-228	1.561	15,11%	100,00%	169,60%
Week 4:	7/6/2021	798	350	-545	1.244	56,20%	100,00%	55,89%
6.097	8/6/2021	1.368	1.398	503	2.292	2,17%	63,22%	67,55%
	9/6/2021	886	872	-23	1.766	1,63%	100,00%	99,33%
Week 4 forecast:	10/6/2021	750	913	18	1.807	21,67%	97,60%	140,93%
6.608	11/6/2021	784	1.079	127	2.031	37,58%	83,86%	159,02%
	12/6/2021	682	752	-200	1.705	10,33%	100,00%	149,93%
	13/6/2021	297	93	-859	1.045	68,80%	100,00%	251,78%
Week 5:	14/6/2021	468	633	-319	1.585	35,18%	100,00%	238,62%
3.753	15/6/2021	794	1.384	432	2.336	74,35%	45,57%	194,26%
	16/6/2021	546	974	22	1.927	78,48%	95,90%	252,86%
Week 5 forecast:	17/6/2021	512	963	10	1.915	88,00%	97,97%	273,96%
5.923	18/6/2021	454	1.123	117	2.130	147,46%	74,28%	369,19%
	19/6/2021	388	791	-215	1.798	103,98%	100,00%	363,43%
	20/6/2021	247	119	-888	1.126	51,77%	100,00%	355,80%
Week 6:	21/6/2021	206	622	-385	1.629	201,89%	100,00%	690,58%
2.588	22/6/2021	395	1.332	326	2.339	237,30%	17,56%	492,16%
	23/6/2021	512	951	-55	1.958	85,81%	100,00%	282,43%
Week 6 forecast:	24/6/2021	454	927	-79	1.934	104,24%	100,00%	325,98%
5.852	25/6/2021	386	1.109	50	2.167	187,18%	87,10%	461,45%
	26/6/2021	375	762	-297	1.820	103,12%	100,00%	385,44%
	27/6/2021	235	170	-889	1.229	27,73%	100,00%	422,79%
Week 7:	28/6/2021	361	813	-246	1.872	125,17%	100,00%	418,44%
5.052	29/6/2021	563	1.491	432	2.550	164,86%	23,20%	352,91%
	30/6/2021	627	1.092	33	2.150	74,09%	94,77%	242,95%
Week 7 forecast:	1/7/2021	729	1.035	-24	2.094	41,95%	100,00%	187,18%
	2/7/2021	980	1.179	70	2.287	20,27%	92,85%	133,38%
6.540	3/7/2021	1.182						
Total cases in predicting period(only possite values):		17.414	26.621	3.348	55.147			
Απολυτη διαφορα πρόβλεψης			9.207	14.066	37.733			
Μέσο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα (ΜΑΠΣ)			78,02%	84,73%	269,45%			
Μέγιστο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα			237,30%	100,00%	690,58%			
Ελάχιστο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα			2%	18%	56%			



## 5.6 Μοντέλο πρόβλεψης κρουσμάτων ανά περιφέρεια

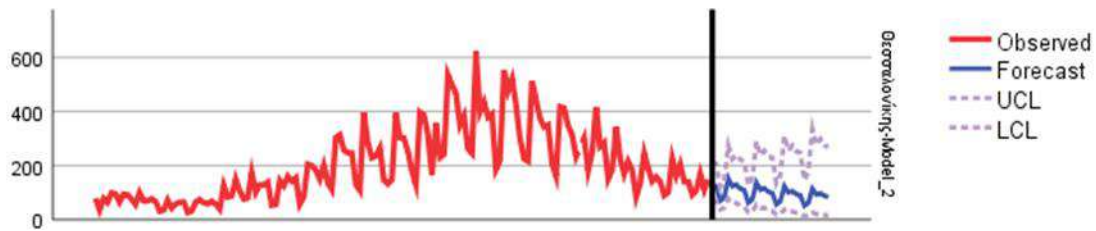
Η παρούσα ενότητα δημιουργήθηκε με το σκεπτικό ότι μια πιο εστιασμένη δημιουργία προγνωστικών μοντέλων θα οδηγούσε σε πιο πιστά αποτελέσματα και κατ' επέκταση σε μικρότερα απόλυτα ποσοστιαία σφάλματα. Αυτή η ανάγκη έγινε εντονότερη κατά την συλλογή δεδομένων όπως διαπιστώθηκε στις 16/3/21 ότι στα δύο μεγαλύτερα αστικά κέντρα η διασπορά του ιού ακολουθούσε διαφορετικές τάσεις όπως είχε αναφερθεί και στο προηγούμενο κεφάλαιο. Ορμώμενο από τους παραπάνω λόγους δομήθηκαν τρία διαφορετικά μοντέλα που θα προσέγγιζαν αυτά το κάθε αστικό κέντρο και τα υπόλοιπα κρούσματα.

→ Μοντέλο Αθηνών: Το πρώτο μοντέλο που δημιουργήθηκε αποτέλεσε αυτό της Αθήνας με δεδομένα από τις 1/1/21 έως και τις 3/6/21 όπου αναδείχθηκε ότι το βέλτιστο μοντέλο που προσαρμόζεται η χρονοσειρά είναι ένα εποχιακό μοντέλο  $ARIMA(0,1,1)(0,1,1)$  με ορίζοντα πρόβλεψης από τις 4 Ιουνίου έως τις 3 Ιουλίου.



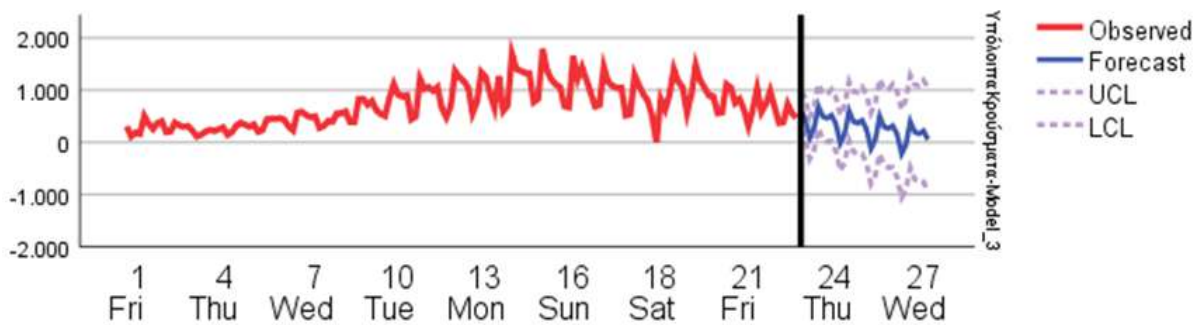
Εικόνα 5.31 Αναπαράσταση πρόβλεψης ημερήσιων κρουσμάτων στην Αθήνα με δεδομένα από 1/1/21 έως 3/6/21

→ Μοντέλο Θεσσαλονίκης: Ακολούθησε το μοντέλο της Θεσσαλονίκης που όπως αποδείχθηκε εξελίχθηκε όπως και το μοντέλο της Αθήνας δηλαδή ένα εποχιακό μοντέλο  $ARIMA(0,1,1)(0,1,1)$  για το αντίστοιχο διάστημα με ορίζοντα πρόβλεψης από τις 4 Ιουνίου έως τις 3 Ιουλίου.



Εικόνα 5.32 Αναπαράσταση πρόβλεψης ημερήσιων κρουσμάτων στην Θεσσαλονίκη με δεδομένα από 1/1/21 έως 3/6/21

→ Μοντέλο υπόλοιπων περιφερειακών ενότητων: Σε αυτό το μοντέλο παρατηρήθηκε μια μικρή διαφοροποίηση σε σχέση με τα προηγούμενα καθώς αναδείχθηκε βέλτιστο το εποχιακό μοντέλο  $ARIMA(1,1,2)(0,1,1)$  για το αντίστοιχο διάστημα με ορίζοντα πρόβλεψης από τις 4 Ιουνίου έως τις 3 Ιουλίου.



Εικόνα 5.33 Αναπαράσταση πρόβλεψης ημερήσιων κρουσμάτων στις υπόλοιπες περιφερειακές ενότητες με δεδομένα από 1/1/21 έως 3/6/21

Εν συνεχεία παρουσιάζονται τα αναλυτικά στοιχεία για το κάθε μοντέλο πρόβλεψης. Ειδικότερα στο μοντέλο της περιφερειακής ενότητας Αθηνών ενδείκνυται ότι η βέλτιστη πρόβλεψη αποτελεί η περίπτωση 2, του κατώτερου ορίου εμπιστοσύνης με απόλυτη διαφορά κρουσμάτων 2.797 και μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα 26,66% που αναπαρίσταται στο διάγραμμα με την κάτω μπλε διακεκομμένη γραμμή. Οι άλλες δύο προβλέψεις αναπαριστούν τις προβλέψεις σύμφωνα με το ανώτερο όριο εμπιστοσύνης και την κύρια πρόβλεψη με πλάτος διαστήματος εμπιστοσύνης 95%. Ακολουθεί η πρόβλεψη της Θεσσαλονίκης με βέλτιστο μοντέλο πρόβλεψης να αποτελεί η περίπτωση 2, του κατώτερου ορίου εμπιστοσύνης με απόλυτη διαφορά κρουσμάτων 355 και μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα 21,84% που αναπαρίσταται στο διάγραμμα με την κάτω μπλε



διακεκομμένη γραμμή. Τέλος για το μοντέλο των υπολοίπων περιφερειών προκύπτει ότι εν γένει την καλύτερη πρόβλεψη από τις τρεις περιπτώσεις επιτυγχάνει η περίπτωση 1 με απόλυτη διαφορά κρουσμάτων 810 και μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα 64,71% που αναπαρίσταται στο διάγραμμα με την μπλε γραμμή. Οι άλλες δύο προβλέψεις αναπαριστούν τις προβλέψεις σύμφωνα με το ανώτερο όριο εμπιστοσύνης και το κατώτερο.

Πίνακας 5.9 Αναλυτικός πίνακας προβλέψεων κρουσμάτων για την περιφερειακή ενότητα Θεσσαλονίκης

Sum by week	Date	Cases	Forecast Values	Lower Confidence Bound	Upper Confidence Bound	Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα		
	15/5/2021	886	1.001	569	1.638	12,94%	35,76%	84,87%
Week 1:	16/5/2021	613	666	316	1.246	8,70%	48,48%	103,30%
	17/5/2021	687	640	323	1.145	6,85%	52,99%	66,60%
	18/5/2021	1.425	1.229	674	2.068	13,78%	52,73%	45,12%
	19/5/2021	1.056	1.244	698	2.056	17,79%	33,86%	94,69%
Week 1 forecast:	20/5/2021	990	1.238	701	2.032	25,05%	29,14%	105,28%
6.651	21/5/2021	994	1.044	594	1.709	5,06%	40,24%	71,97%
Week 2:	22/5/2021	737	957	545	1.564	29,81%	26,05%	112,22%
	23/5/2021	470	597	314	1.036	27,05%	33,15%	120,47%
	24/5/2021	654	575	312	975	12,07%	52,30%	49,16%
	25/5/2021	1.151	1.146	641	1.899	0,47%	44,31%	64,97%
Week 2 forecast:	26/5/2021	762	1.049	594	1.725	37,73%	22,07%	126,34%
5517	27/5/2021	939	973	553	1.594	3,65%	41,08%	69,74%
Week 3:	28/5/2021	804	893	508	1.459	11,01%	36,77%	81,53%
	29/5/2021	684	774	441	1.265	13,21%	35,46%	85,00%
	30/5/2021	445	482	263	815	8,39%	40,87%	83,12%
	31/5/2021	513	531	295	885	3,52%	42,53%	72,59%
Week 3 forecast:	1/6/2021	959	977	551	1.610	1,92%	42,50%	67,87%
4472	2/6/2021	717	843	479	1.382	17,55%	33,26%	92,69%
Week 4:	3/6/2021	590	853	486	1.395	44,56%	17,71%	136,48%
	4/6/2021	564	691	394	1.129	22,49%	30,19%	100,19%
	5/6/2021	457	612	338	1.024	33,81%	26,11%	124,00%
	6/6/2021	298	392	210	671	31,40%	29,67%	125,14%
Week 4 forecast:	7/6/2021	396	439	228	769	10,91%	42,39%	94,27%
3036	8/6/2021	672	814	411	1.456	21,11%	38,88%	116,63%
Week 5:	9/6/2021	448	685	336	1.250	52,89%	24,97%	179,00%
	10/6/2021	365	697	333	1.297	91,05%	8,75%	255,40%
	11/6/2021	400	662	298	1.282	65,44%	25,43%	220,39%
	12/6/2021	253	587	256	1.162	131,89%	1,06%	359,49%
Week 5 forecast:	13/6/2021	140	376	159	762	168,72%	13,35%	444,25%
1731	14/6/2021	181	423	173	874	133,45%	4,60%	382,85%
Week 6:	15/6/2021	397	784	311	1.655	97,51%	21,74%	316,83%
	16/6/2021	256	661	254	1.422	158,14%	0,76%	455,43%
	17/6/2021	252	674	252	1.477	167,37%	0,19%	486,15%
	18/6/2021	252	641	226	1.456	154,25%	10,43%	477,84%
Week 6 forecast:	19/6/2021	197	569	193	1.322	188,81%	1,85%	570,95%
4145	20/6/2021	111	365	120	867	229,22%	8,02%	681,15%
Week 7:	21/6/2021	94	411	130	996	337,37%	38,66%	959,07%
	22/6/2021	213	764	234	1.887	258,77%	9,98%	785,95%
	23/6/2021	225	645	191	1.623	186,71%	14,96%	621,53%
	24/6/2021	242	659	189	1.689	172,23%	21,83%	597,77%
Week 7 forecast:	25/6/2021	195	628	170	1.663	221,99%	12,87%	753,00%
2622	26/6/2021	201	559	145	1.511	177,91%	27,66%	651,94%
Week 8:	27/6/2021	107	359	90	993	235,94%	15,83%	827,66%
	28/6/2021	187	405	98	1.141	116,66%	47,71%	510,18%
	29/6/2021	325	754	176	2.166	132,15%	45,99%	566,36%
	30/6/2021	315	638	143	1.866	102,56%	54,55%	492,25%
Week 8 forecast:	1/7/2021	428	653	141	1.943	52,53%	66,97%	354,01%
4548	2/7/2021	463	624	127	1.914	34,72%	72,58%	313,36%
	3/7/2021	596	556	109	1.741	6,69%	81,79%	192,13%
Total cases in predicting period(only possite values):		9.230	17.726	6.433	41.007			
Απολυτη διαφορα πρόβλεψης			8.496	2.797	31.777			
Μέσο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα (ΜΑΠΣ)			126,49%	26,66%	433,84%			
Μέγιστο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα			337,37%	81,79%	959,07%			
Ελάχιστο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα			7%	0%	94%			

Πίνακας 5.10 Αναλυτικός πίνακας προβλέψεων κρουσμάτων για την περιφερειακή ενότητα Θεσσαλονίκης

Sum by week	Date	Cases	Forecast Values	Lower Confidence Bound	Upper Confidence Bound	Απόλυτο Ποσοσταίο Σφάλμα		
	15/5/2021	184	207	116	342	12,57%	36,75%	85,98%
	16/5/2021	84	115	54	214	36,38%	35,28%	154,86%
Week 1:	17/5/2021	134	109	55	195	18,53%	58,94%	45,87%
1.136	18/5/2021	245	225	122	382	8,20%	50,23%	55,80%
	19/5/2021	189	215	119	359	13,93%	36,80%	90,07%
Week 1 forecast:	20/5/2021	142	203	113	336	42,66%	20,14%	136,35%
1.237	21/5/2021	158	164	92	271	3,65%	41,74%	71,20%
	22/5/2021	141	155	87	256	10,08%	38,01%	81,56%
	23/5/2021	90	76	40	131	15,88%	55,79%	46,07%
Week 2:	24/5/2021	101	102	55	173	0,50%	45,70%	70,99%
1064	25/5/2021	225	188	104	313	16,66%	53,83%	39,17%
	26/5/2021	163	179	100	296	9,52%	38,72%	81,52%
Week 2 forecast:	27/5/2021	204	162	91	267	20,81%	55,50%	30,82%
1026	28/5/2021	140	166	93	273	18,33%	33,38%	95,18%
	29/5/2021	140	149	84	245	6,17%	40,17%	75,00%
	30/5/2021	92	80	43	135	13,46%	52,93%	46,51%
Week 3:	31/5/2021	107	103	57	173	3,64%	46,81%	61,35%
869	1/6/2021	169	201	113	334	19,19%	33,41%	97,78%
	2/6/2021	110	163	91	269	47,83%	16,98%	144,34%
Week 3 forecast:	3/6/2021	148	142	80	235	3,81%	45,86%	58,71%
966	4/6/2021	103	128	72	212	24,61%	29,79%	105,42%
	5/6/2021	85	122	67	206	43,77%	21,28%	142,21%
	6/6/2021	68	70	37	120	2,74%	45,33%	76,80%
Week 4:	7/6/2021	75	83	43	146	11,11%	42,48%	95,10%
603	8/6/2021	126	153	77	274	21,51%	38,75%	117,53%
	9/6/2021	84	123	60	224	46,52%	28,02%	167,20%
Week 4 forecast:	10/6/2021	81	130	62	241	59,99%	23,36%	197,00%
795	11/6/2021	84	114	51	221	35,68%	39,16%	163,69%
	12/6/2021	62	109	47	216	75,35%	23,94%	248,57%
	13/6/2021	22	62	26	126	182,98%	18,84%	474,81%
Week 5:	14/6/2021	48	74	30	154	54,96%	36,93%	221,37%
334	15/6/2021	68	137	54	290	101,31%	20,54%	325,88%
	16/6/2021	52	110	42	238	111,99%	18,79%	357,14%
Week 5 forecast:	17/6/2021	44	116	43	255	164,23%	1,68%	480,45%
711	18/6/2021	38	103	36	235	169,80%	6,16%	518,00%
	19/6/2021	41	98	33	230	139,01%	19,91%	460,01%
	20/6/2021	21	56	18	135	167,75%	13,49%	541,15%
Week 6	21/6/2021	21	67	21	165	220,55%	0,06%	683,81%
219	22/6/2021	32	124	37	310	287,92%	16,80%	867,88%
	23/6/2021	41	100	29	255	144,29%	28,91%	521,50%
Week 6 forecast:	24/6/2021	36	106	30	274	194,03%	17,26%	662,26%
645	25/6/2021	27	94	25	252	246,75%	9,03%	834,24%
	26/6/2021	22	90	23	247	307,70%	2,59%	1023,26%
	27/6/2021	19	52	12	145	171,50%	34,42%	664,28%
Week 7	28/6/2021	15	62	14	178	312,68%	4,23%	1086,04%
185	29/6/2021	31	114	26	335	269,09%	17,65%	982,21%
	30/6/2021	31	93	20	277	198,49%	35,93%	792,33%
Week 7 forecast:	1/7/2021	28	98	20	299	250,07%	27,67%	966,28%
	2/7/2021	17	87	17	274	411,68%	1,78%	1514,66%
679	3/7/2021	22	84	15	269	279,80%	30,39%	1124,72%
Total cases in predicting period(only possite values):		1.444	2.959	1.089	6.804			
Απολυτη διαφορα πρόβλεψης			1.515	355	5.360			
Μέσο Απόλυτο Ποσοσταίο Σφάλμα (ΜΑΠΣ)			156,93%	21,84%	547,19%			
Μέγιστο Απόλυτο Ποσοσταίο Σφάλμα			411,68%	45,33%	1514,66%			
Ελάχιστο Απόλυτο Ποσοσταίο Σφάλμα			3%	0%	77%			

Πίνακας 5.11 Αναλυτικός πίνακας προβλέψεων των υπολοίπων περιφερειών εξαιρουμένης της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης

Sum by week	Date	Cases	Forecast Values	Lower Confidence Bound	Upper Confidence Bound	Απόλυτο Ποσοσταίο Σφάλμα		
	15/5/2021	880	923	562	1.284	4,90%	36,10%	45,89%
	16/5/2021	562	462	102	823	17,73%	81,92%	46,46%
Week 1:	17/5/2021	574	793	433	1.154	38,22%	24,63%	101,07%
5.758	18/5/2021	1.111	1.181	820	1.542	6,30%	26,17%	38,77%
	19/5/2021	1.047	1.077	716	1.438	2,87%	31,58%	37,33%
Week 1 forecast:	20/5/2021	754	1.063	702	1.423	40,94%	6,91%	88,78%
6.303	21/5/2021	830	803	443	1.164	3,20%	46,66%	40,26%
	22/5/2021	625	796	435	1.156	27,30%	30,42%	85,02%
	23/5/2021	315	264	-96	625	16,08%	100,00%	98,44%
Week 2:	24/5/2021	622	555	194	915	10,82%	68,82%	47,18%
4889	25/5/2021	1.026	1.047	686	1.408	2,05%	33,11%	37,21%
	26/5/2021	586	936	576	1.297	59,79%	1,77%	121,35%
Week 2 forecast:	27/5/2021	733	712	351	1.073	2,88%	52,10%	46,34%
5030	28/5/2021	982	720	359	1.080	26,73%	63,46%	10,01%
	29/5/2021	675	663	302	1.023	1,85%	55,29%	51,60%
	30/5/2021	369	252	-109	613	31,74%	100,00%	66,02%
Week 3:	31/5/2021	385	553	192	913	43,52%	50,18%	137,22%
3620	1/6/2021	729	927	566	1.288	27,17%	22,31%	76,66%
	2/6/2021	552	690	329	1.050	24,91%	40,44%	90,27%
Week 3 forecast:	3/6/2021	471	634	274	995	34,67%	41,93%	111,26%
4327	4/6/2021	439	609	248	969	38,65%	43,52%	120,83%
	5/6/2021	390	458	67	849	17,37%	82,89%	117,64%
	6/6/2021	213	82	-315	479	61,42%	100,00%	125,11%
Week 4:	7/6/2021	327	261	-153	675	20,27%	100,00%	106,41%
2458	8/6/2021	570	695	271	1.119	21,88%	52,48%	96,25%
	9/6/2021	354	496	59	933	40,03%	83,38%	163,44%
Week 4 forecast:	10/6/2021	304	464	16	911	52,59%	94,58%	199,76%
2974	11/6/2021	300	519	25	1.013	72,97%	91,82%	237,77%
	12/6/2021	367	352	-163	867	4,11%	100,00%	136,21%
	13/6/2021	135	-14	-543	515	100,00%	100,00%	281,38%
Week 5:	14/6/2021	239	159	-387	705	33,56%	100,00%	194,92%
1688	15/6/2021	329	596	35	1.157	81,14%	89,28%	251,56%
	16/6/2021	238	395	-181	971	66,01%	100,00%	307,99%
Week 5 forecast:	17/6/2021	216	364	-226	955	68,67%	100,00%	341,91%
2271	18/6/2021	164	419	-218	1.056	155,34%	100,00%	543,60%
	19/6/2021	150	252	-408	912	68,07%	100,00%	508,31%
	20/6/2021	115	-114	-792	563	100,00%	100,00%	389,70%
Week 6	21/6/2021	91	59	-638	756	35,27%	100,00%	730,99%
1092	22/6/2021	150	496	-219	1.211	230,67%	100,00%	707,18%
	23/6/2021	246	295	-438	1.028	19,99%	100,00%	317,89%
Week 6 forecast:	24/6/2021	176	264	-486	1.014	50,22%	100,00%	476,30%
1571	25/6/2021	164	319	-478	1.116	94,41%	100,00%	580,20%
	26/6/2021	152	152	-671	975	0,11%	100,00%	541,34%
	27/6/2021	109	-214	-1.057	628	100,00%	100,00%	476,30%
Week 7	28/6/2021	159	-41	-906	824	100,00%	100,00%	418,05%
2245	29/6/2021	207	396	-489	1.281	91,34%	100,00%	518,75%
	30/6/2021	281	195	-710	1.101	30,52%	100,00%	291,65%
Week 7 forecast:	1/7/2021	273	164	-760	1.089	39,76%	100,00%	299,00%
	2/7/2021	500	219	-753	1.191	56,22%	100,00%	138,18%
924	3/7/2021	564	52	-948	1.052	90,74%	100,00%	86,57%
Total cases in predicting period(only possible values):		7.922	8.732	721	27.914			
Απολυτη διαφορα πρόβλεψης			810	7.201	19.992			
Μέσο Απόλυτο Ποσοσταίο Σφάλμα (ΜΑΠΣ)			64,71%	94,60%	323,51%			
Μέγιστο Απόλυτο Ποσοσταίο Σφάλμα			230,67%	100,00%	730,99%			
Ελάχιστο Απόλυτο Ποσοσταίο Σφάλμα			0%	44%	87%			

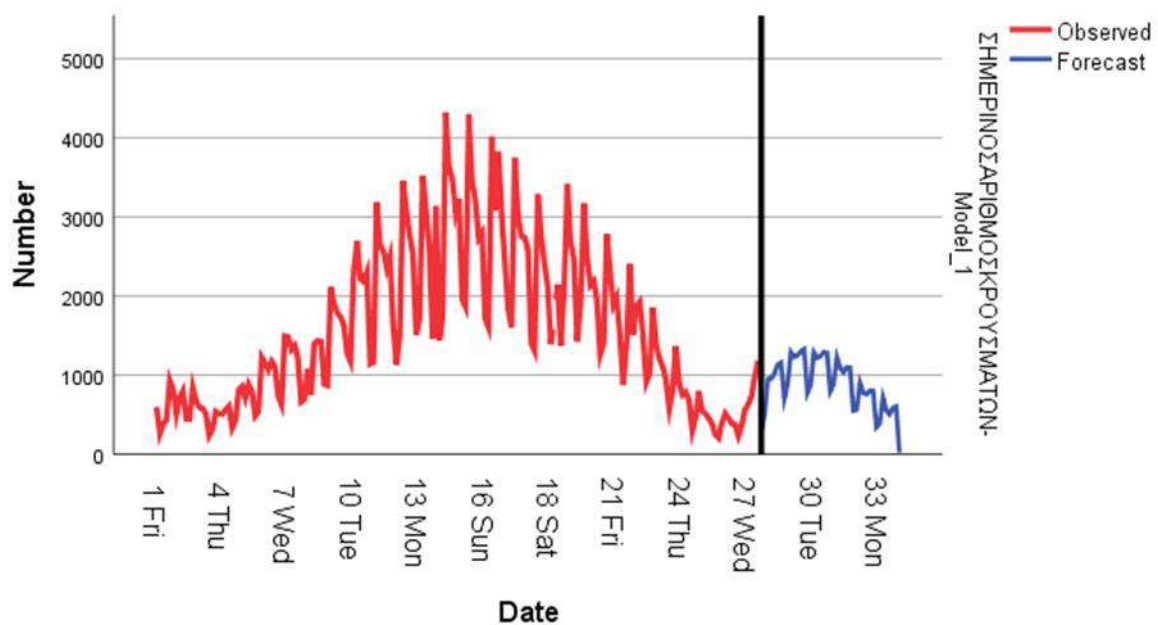
Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω στοιχεία των τριών περιφερειακών ενοτήτων σε ένα συγκεντρωτικό προκύπτει ο παρακάτω πίνακας όπου αθροίζονται οι βέλτιστες προβλέψεις του κάθε μοντέλου και προκύπτει ότι επιτυγχάνεται  $pr$  2 με απόλυτη διαφορά κρουσμάτων 2.342 και μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα 30,44% .

Πίνακας 5.12 Αναλυτικός πίνακας προβλέψεων κρουσμάτων αθροίζοντας τις βέλτιστες προβλέψεις ανά περιφέρεια

Sum by week	Date	Cases	Forecast Values	Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα
	15/5/2021	1.950	1.609	17,51%
Week 1:	16/5/2021	1.259	833	33,87%
	17/5/2021	1.395	1.171	16,03%
	18/5/2021	2.781	1.977	28,93%
13.545	19/5/2021	2.292	1.895	17,32%
Week 1 forecast:	20/5/2021	1.886	1.878	0,45%
	21/5/2021	1.982	1.489	24,85%
10.851	22/5/2021	1.503	1.428	4,99%
Week 2:	23/5/2021	875	618	29,34%
	24/5/2021	1.377	922	33,08%
	25/5/2021	2.402	1.792	25,40%
11470	26/5/2021	1.511	1.630	7,88%
Week 2 forecast:	27/5/2021	1.876	1.356	27,72%
	28/5/2021	1.926	1.321	31,40%
Week 3:	29/5/2021	1.499	1.188	20,77%
	30/5/2021	906	558	38,38%
	31/5/2021	1.005	904	10,02%
8961	1/6/2021	1.857	1.591	14,32%
Week 3 forecast:	2/6/2021	1.379	1.259	8,68%
	3/6/2021	1.209	1.200	0,75%
7775	4/6/2021	1.106	1.075	2,83%
Week 4:	5/6/2021	932	862	7,47%
	6/6/2021	579	329	43,19%
	7/6/2021	798	532	33,33%
6097	8/6/2021	1.368	1.183	13,55%
Week 4 forecast:	9/6/2021	886	892	0,71%
	10/6/2021	750	859	14,54%
5526	11/6/2021	784	868	10,75%
Week 5:	12/6/2021	682	655	4,00%
	13/6/2021	297	185	37,77%
	14/6/2021	468	362	22,70%
3753	15/6/2021	794	961	20,99%
Week 5 forecast:	16/6/2021	546	691	26,63%
	17/6/2021	512	659	28,73%
4193	18/6/2021	454	680	49,81%
Week 6:	19/6/2021	388	478	23,27%
	20/6/2021	247	138	44,10%
	21/6/2021	206	210	2,06%
2588	22/6/2021	395	768	94,34%
Week 6 forecast:	23/6/2021	512	516	0,72%
	24/6/2021	454	483	6,47%
3107	25/6/2021	386	513	32,98%
Week 7:	26/6/2021	375	320	14,63%
	27/6/2021	235	103	56,37%
	28/6/2021	361	112	68,93%
5052	29/6/2021	563	597	6,06%
Week 7 forecast:	30/6/2021	627	358	42,86%
	1/7/2021	729	326	55,27%
2355	2/7/2021	980	363	63,00%
	3/7/2021	1.182	176	85,10%
Total cases in predicting period(only possite values):		18.596	16.254	
Απολυτη διαφορα πρόβλεψης			2.342	
Μέσο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα (ΜΑΠΣ)				30,44%
Μέγιστο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα				94,34%
Ελάχιστο Απόλυτο Ποσοστιαίο Σφάλμα				1%

## 5.7 Μοντέλο πρόβλεψης μακροχρόνιου ορίζοντα λαμβάνοντας υπόψη τους παράγοντες διασποράς του ιού

Μοναδική διαφοροποίηση αυτού το μοντέλου σε σχέση με το 2.1.5 αποτελεί ο ορίζοντας της πρόβλεψης ο οποίος εκτείνεται από τις 4 Ιουλίου έως τις 15 Αυγούστου η οποία είναι μια σημαντική παράμετρος όσο αμελητέα και να μοιάζει. Παρακάτω παρουσιάζεται το διάγραμμα της εξέλιξης της νόσου για το προσεχές διάστημα.



Εικόνα 5.34 Αναπαράσταση πρόβλεψης ημερήσιων κρουσμάτων με δεδομένα από 1/1/21 έως 3/7/21

Επίσης παρατίθενται τα αναλυτικά προγνωστικά χωρίς όμως να είναι γνωστές οι καταγεγραμμένες τιμές αφού αναφέρονται σε μελλοντικό διάστημα από αυτό που εξετάζεται στη παρούσα έρευνα. Έτσι δεν κατέστη εφικτή η εξαγωγή των αντίστοιχων στατιστικών στοιχείων που θα διαμόρφωναν μια εικόνα για την αποτελεσματικότητα της πρόβλεψης.

Πίνακας 5.13 Αναλυτικός πίνακας προβλέψεων κρουσμάτων μακροχρόνιου ορίζοντα

Sum by week	Date	Cases	Forcast Values	Lower Confidence Bound	Upper Confidence Bound
	27/6/2021	235	149	-675	972
	28/6/2021	361	369	-455	1.192
Week 1:	29/6/2021	563	872	49	1.695
4.677	30/6/2021	627	688	-135	1.511
	1/7/2021	729	627	-196	1.449
Week 1 forcast:	2/7/2021	980	586	-237	1.408
3.854	3/7/2021	1.182	564	-258	1.386
	4/7/2021		283	-539	1.104
	5/7/2021		499	-311	1.310
Week 2:	6/7/2021		950	139	1.761
0	7/7/2021		956	146	1.767
	8/7/2021		1.022	211	1.833
Week 2 forcast:	9/7/2021		1.134	323	1.945
6001	10/7/2021		1.157	346	1.968
	11/7/2021		707	-167	1.581
	12/7/2021		894	20	1.768
Week 3:	13/7/2021		1.290	416	2.164
0	14/7/2021		1.231	357	2.105
	15/7/2021		1.250	376	2.124
Week 3 forcast:	16/7/2021		1.301	427	2.175
8000	17/7/2021		1.328	454	2.202
	18/7/2021		775	-158	1.708
	19/7/2021		873	-60	1.806
Week 4:	20/7/2021		1.286	353	2.219
0	21/7/2021		1.219	286	2.152
	22/7/2021		1.239	306	2.172
Week 4 forcast:	23/7/2021		1.292	359	2.225
7968	24/7/2021		1.283	350	2.216
	25/7/2021		797	-192	1.786
	26/7/2021		881	-108	1.869
Week 5:	27/7/2021		1.223	234	2.212
0	28/7/2021		1.092	103	2.080
	29/7/2021		1.037	48	2.026
Week 5 forcast:	30/7/2021		1.100	111	2.088
7225	31/7/2021		1.096	107	2.084
	1/8/2021		551	-490	1.592
	2/8/2021		562	-479	1.603
Week 6	3/8/2021		898	-143	1.939
0	4/8/2021		777	-265	1.818
	5/8/2021		758	-283	1.799
Week 6 forcast:	6/8/2021		802	-239	1.843
5148	7/8/2021		800	-241	1.842
	8/8/2021		342	-750	1.433
	9/8/2021		387	-704	1.479
Week 7	10/8/2021		709	-382	1.801
0	11/8/2021		556	-535	1.647
	12/8/2021		506	-585	1.598
Week 7 forcast:	13/8/2021		587	-504	1.679
	14/8/2021		603	-489	1.694
3711	15/8/2021		21	-1.119	1.160
Total cases in predicting period(only possite values):		0	38.053	5.472	79.379



## Κεφάλαιο 6. Μοντέλο αυξημένης Μαρκοβιανής αλυσίδας διακριτού χρόνου για τη πρόβλεψη του κορονοϊού (Μοντέλο Chen)

Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύεται το μοντέλο αυξημένης μαρκοβιανής αλυσίδας διακριτού χρόνου που χρησιμοποίησαν στην Κίνα [94] για τη μελέτη του κορονοϊού. Το μοντέλο αυτό αποτελεί το υπόβαθρο και τη βάση για την ανάπτυξη του μαθηματικού μοντέλου που αναπτύσσεται στο επόμενο κεφάλαιο στόχος του οποίου είναι η όσο το δυνατό πιο αληθινή πρόβλεψη των κρουσμάτων, των θανάτων και των διασωληνομένων στο κοντινό μέλλον με σκοπό η κυβέρνηση να είναι σε θέση να πάρει τις απαραίτητες αποφάσεις για παράδειγμα να σχεδιάσει την κατασκευή ΜΕΘ, να προχωρήσει σε πρόσληψη ιατρών, σε εφαρμογή αυστηρών μέτρων κοινωνικής αποστασιοποίησης κ.α.

### 6.1 Γενική περιγραφή μοντέλου

Η μαρκοβιανή αλυσίδα έχει ως αφετηρία τους υπόπτους, δηλαδή εκείνους που είτε εκδήλωσαν κάποιο σύμπτωμα ή ήρθαν σε επαφή με κάποιο επιβεβαιωμένο κρούσμα. Υπάρχουν τρία πιθανά σενάρια για εκείνους:

- 1) το τεστ να έχει βγει αρνητικό και συνεπώς εξάγονται από το σύστημα «αρνητικοί»,
- 2) το τεστ να βγει θετικό, όπου και μεταβαίνουν στη κατάσταση «άρρωστος» και
- 3) για κάποιο λόγο να μην έχει βγει το αποτέλεσμα του τεστ. Οι περιπτώσεις αυτές ωστόσο είναι ελάχιστες και τελικά δε λαμβάνονται υπόψη στην ανάπτυξη του μοντέλου.

Στη συνέχεια η κατηγορία 'άρρωστοι' καταλήγει σε τρεις υπο-κατηγορίες:

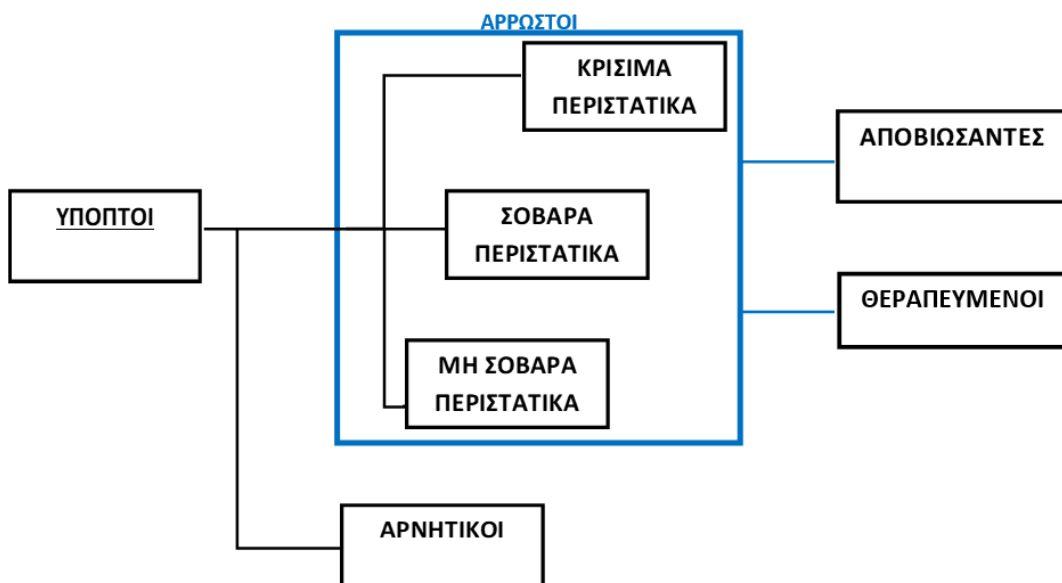
- 1) ήπια περιστατικά,
- 2) με ανάγκη για ιατρική περίθαλψη (σοβαρά περιστατικά) και
- 3) κρίσιμα περιστατικά.



Οι τελευταίες τρεις κατηγορίες αποτελούν και σταθμούς στη μαρκοβιανή αλυσίδα σε άμεση πιθανή σύνδεση και συσχέτιση μεταξύ τους. Με αυτή την αλληλεπίδραση στις κατηγορίες διαμορφώνονται οι παρακάτω στάσιμες καταστάσεις στην μαρκοβιανή αλυσίδα του Τσεν:

- i. Υποπτοι (Under Medical Observation) (ΥΠΟ)
- ii. Αρνητικοί (Discharged) (ΑΡΝ)
- iii. Άρρωστοι αλλά με ήπια/καθόλου συμπτώματα (ΗΠΙΑ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ)(ΗΠ)
- iv. Άρρωστοι που δυσκολεύονται να αντιμετωπίσουν τον ιό (ΣΟΒΑΡΑ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ ) (ΣΠ)
- v. Άρρωστοι σε κρίσιμη κατάσταση που νοσηλεύονται στις ΜΕΘ (ΚΡΙΣΙΜΑ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ) (ΚΠ)
- vi. Θεραπευμένοι (Cured) (ΘΕΡ)
- vii. Αποβιώσαντες (Deceased) (ΑΠΟ)

Στη συνέχεια το μοντέλο ολοκληρώνεται με δύο ακόμα απορροφητικές καταστάσεις, τους θεραπευμένους και εκείνους που έχασαν τη μάχη. Από τις στάσιμες καταστάσεις που αναφέρθηκαν οι : (ii) Αρνητικοί (Discharged) (ΑΡΝ), (vi) Θεραπευμένοι (Cured) (ΘΕΡ) και οι (vii) Αποβιώσαντες (Deceased) (ΑΠΟ) αποτελούν και απορροφητικές κατηγορίες. Τέλος, οι καταστάσεις (iii), (iv) & (v) ομαδοποιούνται σε μια γενικότερη, τους αρρώστους.



Εικόνα 6.1 Η μαρκοβιανή αλυσίδα για το μοντέλο διακριτού χρόνου

Ορίζεται το διάνυσμα:

$$V(n) = [ΥΠΟ, ΑΡΝ, ΗΠ, ΣΠ, ΚΠ, ΘΕΡ, ΑΠΟ]$$

Όπου το  $n$  αναφέρεται στην  $n$  ημέρα.

Για να ολοκληρωθεί το μαθηματικό μοντέλο χρειάζεται ο πίνακας στάσιμων πιθανοτήτων  $P$ . Τα στοιχεία του πίνακα  $\Pi$  προκύπτουν από τη μελέτη πραγματικών δεδομένων και θα αναλυθεί στα επόμενα κεφάλαια. Συνεπώς η πρόβλεψη δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$V(n + 1) = \Pi * V(n)$$

Δηλαδή η αυριανή πρόβλεψη προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό των σημερινών δεδομένων και του πίνακα  $P$ . Συνακόλουθα η πρόβλεψη για  $m$  μέρες μετά υπολογίζεται ως εξής:

$$V(n + m) = \Pi^m * V(n)$$

Σε αυτό το σημείο δημιουργείται η ανάγκη για την εκτίμηση των μελλοντικών υπόπτων καθώς έως τώρα το αντικείμενο μελέτης αναφέρεται μόνο στα άτομα εκείνα που έχουν εισαχθεί στο σύστημα και πώς εξελίσσεται η πορεία τους. Προκύπτει λοιπόν το ερώτημα με ποιο ρυθμό εισέρχονται οι ασθενείς στο σύστημα. Εδώ προκύπτει για πρώτη φορά η ανάγκη του ορισμού της εκθετικής εξάπλωσης του ιού.

Αρχικά εισάγεται ο όρος «**ancc**» δηλαδή ο ρυθμός μεταβολής των νέων υπόπτων κρουσμάτων. Ο δείκτης αυτός πρόκειται ίσως για τον πιο σημαντικό παράγοντα στο πρόβλημα. Πηγάζει από τα πραγματικά δεδομένα και εξαρτάται ατομικά από το λογαριθμικό πηλίκο των κρουσμάτων δύο διαδοχικών ημερών. Στη συνέχεια οι ημέρες που θα αποτελέσουν αντικείμενο μελέτης ομαδοποιούνται με βάση τα κριτήρια που έχουν ορισθεί όπως πχ αυστηρότητα μέτρων κοινωνικής αποστασιοποίησης και εξάγεται ένας μέσος όρος. Αναλυτικά αυτό υπολογίζεται με τη παρακάτω συνάρτηση:

$$NYK(n + 1) = NYK(n) * e^{ancc}$$

Όπου  $e=2.71828$ , η λογαριθμική σταθερά του Euler και ΝΥΚ = Νέα Ύποπτα Κρούσματα.

Οι ακόλουθες σχέσεις αποτελούν τα θεμέλια του μοντέλου:

$$apcc = \ln \left[ \frac{NYK(n)}{NYK(n-1)} \right]$$

Με τον παραπάνω μαθηματικό τύπο υπολογίζεται ο ημερήσιος δείκτης  $apcc$ .

Λόγω της μεγάλης μεταβλητότητας μεταξύ των τιμών των δεικτών που αναφέρθηκαν, εφαρμόστηκε η θεωρία του κινούμενου μέσου όρου που δεν είναι παρά ο υπολογισμός του μέσου όρου των αντίστοιχων τελευταίων χρονικών περιόδων, με σκοπό τη χρήση πιο αντιπροσωπευτικών τιμών. Σε αυτή την έρευνα χρησιμοποιήθηκε για  $n=6$  και  $n=10$  ημέρες.

Με αντίστοιχο τρόπο υπολογίζονται και οι ακόλουθοι δείκτες:

$$P[ΥΠΟ, APN] = \frac{APN(n)}{ΥΠΟ(n-1)}$$

Όπου:  $P[ΥΠΟ, APN]$  : η πιθανότητα ενός υπόπτου να μην είναι άρρωστος και να φύγει.

$$P[ΥΠΟ, APP] = \frac{APP(n)}{ΥΠΟ(n-1)}$$

Όπου:  $P[ΥΠΟ, APP]$  : η πιθανότητα ενός υπόπτου να είναι άρρωστος.

$$P[APP, ΑΠΟ] = \frac{ΑΠΟ(t)}{APP(t-1)}$$

Όπου:  $P[APP, ΑΠΟ]$  : η πιθανότητα ενός αρρώστου να αποβιώσει.

$$P[APP, ΘΕΡ] = \frac{ΘΕΡ(t)}{APP(t-1)}$$

Όπου:  $P[APP, ΘΕΡ]$  : η πιθανότητα ενός αρρώστου όχι απλώς να γίνει καλύτερα αλλά να θεραπευτεί εντελώς.

$$P\sigma = \frac{\Sigma\Pi(n)}{APP(n)}$$

$$P_{\kappa} = \frac{K\Pi(n)}{APP(n)}$$

Όπου:

$P_{\sigma}$  : το ποσοστό των σοβαρών σε σχέση με όλους τους αρρώστους.

Και  $P_{\kappa}$  : το ποσοστό των κρίσιμων περιστατικών σε σχέση με όλους τους αρρώστους.

Η εξίσωση που περιγράφει το μαθηματικό μοντέλο είναι η εξής:

$$NYK(n) = NYK(n - 1) * \exp (ancc)$$

$$HEK(n) = \Upsilon\Pi O(n - 1) * P[\Upsilon\Pi O, APP]$$

Όπου: HEK: Ημερήσια επιβεβαιωμένα κρούσματα. Πρόκειται για ακόμα μια πρόβλεψη που γίνεται χρησιμοποιώντας τους υπόπτους της προηγούμενης και το μέσο όρο των πιθανοτήτων ενός θετικού τεστ.

$$AEK(n) = AEK(n - 1)$$

$$AEK(n) = AEK(n - 1) + HEK(n)$$

Όπου: AEK: Άθροισμα επιβεβαιωμένων κρουσμάτων ημερησίως.

$$\Upsilon\Pi O(n) = \Upsilon\Pi O(n - 1) + NYK(n) - HEK(n) - APN(n)$$

Το παραπάνω ισοζύγιο δείχνει πως τα ύποπτα κρούσματα κάθε μέρα είναι ίσα με το άθροισμα από τα ύποπτα της προηγούμενης και τα νέα ύποπτα αφαιρώντας από το σύνολο τα αρνητικά και θετικά τεστ της ημέρας όπως φαίνεται από τη σχέση:

$$APN(n) = \Upsilon\Pi O(n - 1) * P[\Upsilon\Pi O, APN]$$

Εδώ παρουσιάζεται ακόμα μια πρόβλεψη, αυτή τη φορά για τα αρνητικά κρούσματα της ημέρας σε σχέση με τα ύποπτα της προηγούμενης και χρησιμοποιώντας την εμπειρική πιθανότητα ενός τεστ να βγει αρνητικό.

$$APP(n) = APP(n - 1) + HEK(n) - APP(n - 1) * P[APP, ΑΠΟ] - APP(n - 1) * P[APP, ΘΕΡ]$$

Συγκρίνοντας τα ανωτέρω δυο ισοζύγια παρατηρούνται δυο διαφορές. Η πρώτη διαφορά είναι ότι το αντικείμενο στη πρώτη σχέση αφορά τους υπόπτους, ενώ στη δεύτερη σχέση τους αρρώστους. Επίσης η δεύτερη και σημαντικότερη διαφορά είναι πως η πρώτη σχέση προκύπτει από τα δεδομένα ενώ η δεύτερη σχέση προκύπτει από προβλέψεις (δύο τελευταίοι όροι «..APP(n-1)\*P[APP,ΑΠΟ]-APP(n-1)\*P[APP,ΘΕΡ]»)

Συγκεκριμένα το δεύτερο ισοζύγιο εξισώνει τους ημερήσιους αρρώστους με το άθροισμα των αρρώστων της προηγούμενης ημέρας με τα ημερήσια νέα κρούσματα μείον το αριθμό των αρρώστων που δεν ανήκει πλέον σε αυτή τη κατηγορία (με βάση τις στάσιμες πιθανότητες για κάποιον άρρωστο να θεραπευτεί ή να αποβιώσει).

$$\Sigma\Pi(n) = APP(n) * P\sigma$$

$$K\Pi(n) = APP(n) * P\kappa$$

Οι δυο παραπάνω σχέσεις εκφράζουν το αναμενόμενο ποσοστό των σοβαρών και των κρίσιμων περιστατικών αντίστοιχα, σε σχέση με τους αρρώστους.

Επίσης παρακάτω εισάγοντας τον όρο ΗΠ(n) (ήπια περιστατικά) ολοκληρώνεται το ισοζύγιο κατατάσσοντας τους εναπομείναντες αρρώστους στα ήπια περιστατικά.

$$H\Pi(n) = APP(n) - \Sigma\Pi(n) - K\Pi(n)$$

Τέλος, έχουμε τους αθροιστικούς όρους των θανάτων και των θεραπευμένων, στους οποίους προστίθεται καθημερινά μια πρόβλεψη του αναμενόμενου ποσοστού των αρρώστων που απεβίωσαν ή θεραπεύτηκαν αντίστοιχα.

$$A\Pi O(n) = A\Pi O(n - 1) + APP(n - 1) * P[APP, A\Pi O]$$

$$\Theta E P(n) = \Theta E P(n - 1) + APP(n - 1) * P[APP, \Theta E P]$$

## 6.2 Εφαρμογή μοντέλου

Αρχικά παρουσιάζονται οι δείκτες που προκύπτουν από την επεξεργασία πραγματικών δεδομένων, καθώς και οι ημερομηνίες στις οποίες αυτοί εμφανίζονται.

Πρώτος σε σειρά και πιο σημαντικός δείκτης είναι ο δείκτης απcc. Αν μελετήσει κανείς σε μικρές περιόδους την εξέλιξη του ιού (ας υποθέσουμε πως μια περίοδος αντιστοιχεί σε μια εβδομάδα), θα παρατηρήσει πως υπάρχουν διαφορετικά αποτελέσματα από τη μια εβδομάδα στην άλλη ενώ ισχύουν οι ίδιες συνθήκες.

Αυτό οδήγησε στο διαχωρισμό των αποτελεσμάτων σε 3 κατηγορίες και όχι σε ένα απόλυτο μέσο όρο καθώς αυτός δεν θα ήταν αντιπροσωπευτικός. Η πρώτη κατηγορία είναι η αισιόδοξη, η δεύτερη είναι η επιφυλακτικά αισιόδοξη και η τρίτη είναι η σχετικά απαισιόδοξη.

Για παράδειγμα όπως αναφέρει στην δημοσίευση του ο Chen [94], μια αισιόδοξη τιμή για το απcc θα ήταν -10%, μια επιφυλακτικά αισιόδοξη θα μπορούσε να είναι το -5%, ενώ μια σχετικά απαισιόδοξη θα ήταν το -1%.

Οι τρεις αυτές τιμές αν και φαντάζουν κοντά η μία στην άλλη, μπορούν να οδηγήσουν σε εντελώς διαφορετικά αποτελέσματα και έτσι αποτελούν αντικείμενο ύψιστης σημασίας για την έγκυρη πρόβλεψη.

Δεύτερος σε σειρά είναι ο δείκτης P[ΥΠΟ,ΑΡΝ], τρίτος ο P[ΥΠΟ,ΑΡΡ], τέταρτος ο P[ΑΡΡ,ΑΠΟ], πέμπτος ο P[ΑΡΡ,ΘΕΡ], έκτος ο Ρσ και τέλος ο δείκτης Ρκ.

Καταληκτικά, παρουσιάζονται τα διαγράμματα που απεικονίζουν τις προβλεπόμενες τιμές που προκαλούν τα τρία διαφορετικά σενάρια που προαναφέρθηκαν στα κρούσματα. Τα διαγράμματα διακρίνονται σε:

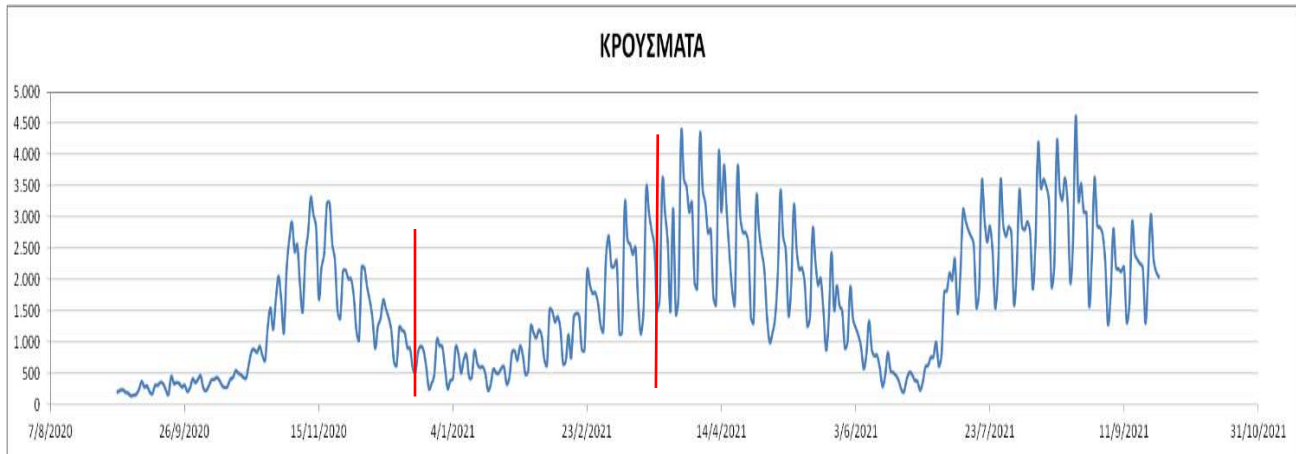
- Σύγκριση τιμών ημερήσιων κρουσμάτων
- Σύγκριση τιμών αθροιστικών κρουσμάτων
- Σύγκριση τιμών ημερήσιων υπόπτων
- Σύγκριση τιμών κρίσιμων περιστατικών την προβλεπόμενη ημέρα
- Σύγκριση τιμών ημερήσιων θανάτων

- Απεικόνιση του ποσοστού θνησιμότητας και
- Απεικόνιση του ποσοστού ίασης ενός μη σοβαρού περιστατικού.

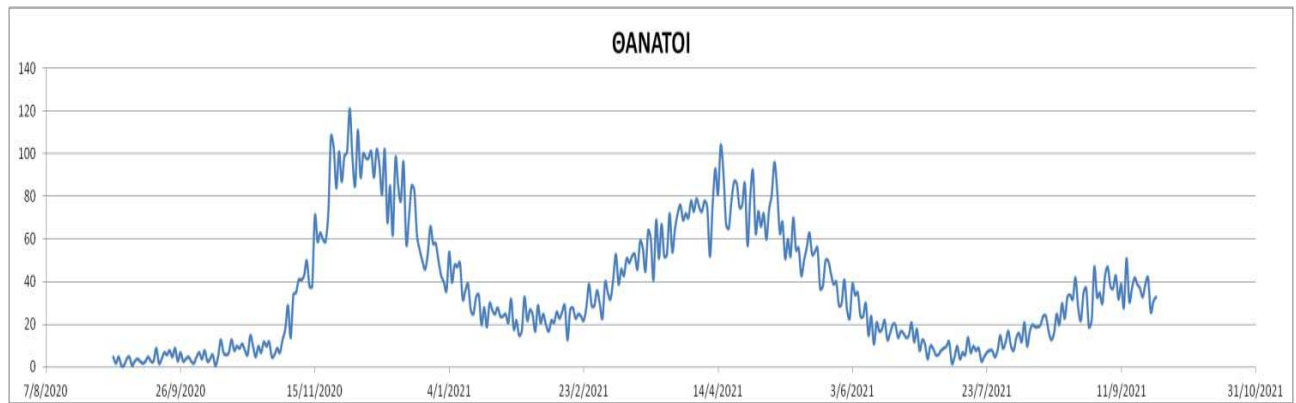
Οι προβλέψεις που θα προκύψουν ενδεχομένως μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προετοιμασία ιατρικού προσωπικού, κλινών ΜΕΘ και εξειδικευμένου ιατρικού εξοπλισμού για την αντιμετώπιση των προβλεπόμενων κρουσμάτων καθώς και την λήψη των αναγκαίων μέτρων κοινωνικής αποστασιοποίησης.

Στα παρακάτω διαγράμματα οπτικοποιείται εν συντομία η πορεία του ιού στη χώρα μας από 01/09/2020 έως 24/09/2021. Εμφανής είναι η ομοιότητα στην πορεία εξέλιξης των τριών κατηγοριών 'κρούσματα', 'θάνατοι' και 'ασθενείς σε ΜΕΘ' διαγράμματα [6.1], [6.2] και [6.3] αντιστοίχως, η οποία είναι άμεσο επακόλουθο της αλληλεξάρτησής τους. Παρατηρείται μία χρονική υστέρηση των καμπυλών των θανάτων και των διασωληνομένων σε σχέση με τα κρούσματα που οφείλεται στο χρονικό διάστημα που χρειάζεται ο ιός για να επιδεινωθεί ο ασθενής.

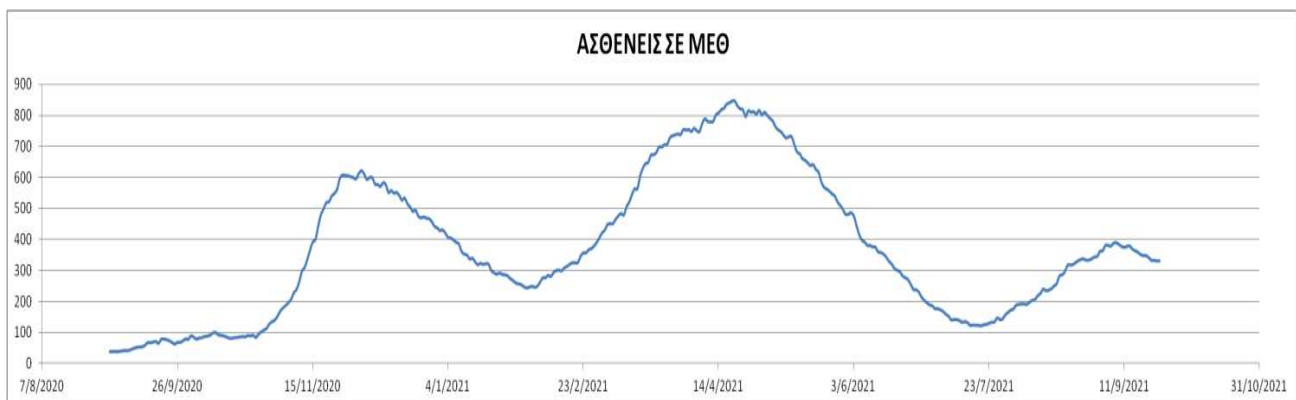
Το μοντέλο της Μαρκοβιανής Αλυσίδας που χρησιμοποιήθηκε είναι εκθετικό και συνεπώς έχει δυνατότητα εφαρμογής μόνο τις περιόδους εκθετικής πορείας του ιού. Αυτό όμως δεν αποτελεί μειονέκτημα της μεθόδου που επιλέχθηκε καθώς οι περίοδοι αυτές είναι οι ανησυχητικές και εκείνες οι οποίες λαμβάνονται υπόψη για την απόφαση στρατηγικού πλάνου αντιμετώπισης της πανδημίας (πρόσληψη ιατρών , κατασκευή περισσότερων ΜΕΘ κ.α.). Μία από αυτές τις περιόδους, η οποία μελετήθηκε και τα αποτελέσματά της θα παρουσιαστούν στο επόμενο κεφάλαιο, οριοθετείται με τους κόκκινους άξονες παρακάτω.



Διάγραμμα 6.1 Κρούσματα σε Ελλάδα από 01/09/2020 έως 24/09/2021



Διάγραμμα 6.2 Θάνατοι σε Ελλάδα από 01/09/2020 έως 24/09/2021



Διάγραμμα 6.3 Ασθενείς σε ΜΕΘ σε Ελλάδα από 01/09/2020 έως 24/09/2021



Συγκεντρωτικά οι συντομογραφίες που χρησιμοποιούνται στο μοντέλο παρουσιάζονται στον κάτωθι πίνακα (Πίνακας 6.1)

Πίνακας 6.1 Συγκεντρωτικά οι συντομογραφίες που χρησιμοποιούνται στο μοντέλο

A/A	ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΥΠΟΣ
1	APP	Άρρωστοι	Κατάσταση Μαρκοβιανής Αλυσίδας
2	ΥΠΟ	Υποπτοι	Κατάσταση Μαρκοβιανής Αλυσίδας
3	ARN	Αρνητικοί	Κατάσταση Μαρκοβιανής Αλυσίδας
4	ΗΠ	Άρρωστοι αλλά με ήπια/καθόλου συμπτώματα	Κατάσταση Μαρκοβιανής Αλυσίδας
5	ΣΠ	Άρρωστοι που δυσκολεύονται να αντιμετωπίσουν τον ιό	Κατάσταση Μαρκοβιανής Αλυσίδας
6	ΚΠ	Άρρωστοι σε κρίσιμη κατάσταση που νοσηλεύονται στις ΜΕΘ	Κατάσταση Μαρκοβιανής Αλυσίδας
7	ΘΕΡ	Θεραπευμένοι	Κατάσταση Μαρκοβιανής Αλυσίδας
8	ΑΠΟ	Αποβίωσαντες	Κατάσταση Μαρκοβιανής Αλυσίδας
9	V(n)	Διάνυσμα κατάστασης Μαρκοβιανής Αλυσίδας την n ημέρα	Διάνυσμα
10	Π	πίνακας στάσιμων πιθανοτήτων	Πίνακας
11	m	Μέρες πρόβλεψης	Μεταβλητή
12	ανcc	ο ρυθμός μεταβολής των νέων ύποπτων κρουσμάτων	Δείκτης
13	ΝΥΚ	Νέα Ύποπτα Κρούσματα	Παράμετρος
14	P	Πιθανότητα	Πιθανότητα
15	Pσ	το ποσοστό των σοβαρών σε σχέση με όλους τους αρρώστους.	Δείκτης
16	Pκ	: το ποσοστό των κρίσιμων περιστατικών σε σχέση με όλους τους αρρώστους	Δείκτης
17	HEK	Ημερήσια επιβεβαιωμένα κρούσματα	Παράμετρος
18	AEK	Άθροισμα επιβεβαιωμένων κρουσμάτων ημερησίως	Παράμετρος

## Κεφάλαιο 7: Αποτελέσματα χρήσης μοντέλου Μαρκοβιανής αλυσίδας

Στον πίνακα 7.1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του δείκτη *apcc* καθώς και των υπόλοιπων στάσιμων πιθανοτήτων της μαρκοβιανής αλυσίδας. Οι δείκτες αυτοί μελετήθηκαν με τρεις τρόπους: (α) ανά ημέρα, (β) χρησιμοποιώντας τη θεωρία κινούμενου μέσου όρου δέκα ημερών και (γ) τη θεωρία κινούμενου μέσου όρου έξι ημερών.

Πίνακας 7.1 Δείκτης *apcc* και υπόλοιπες στάσιμες πιθανότητες της Μαρκοβιανής αλυσίδας

	Όλα τα δεδομένα	Κινούμενος μέσος όρος 10 ημερών	Μέγιστος δεκαήμερος	Ελάχιστος δεκαήμερος	Κινούμενος μέσος όρος 6 ημερών	Μέγιστος εξαήμερος	Ελάχιστος εξαήμερος
<i>apcc</i>	1,08%	0,97%	24,34%	-19,46%	0,98%	36,65%	-39,25%
$P[\Upsilon\text{Π}\text{Ο}, \text{APN}]$	96,18%	96,11%	99,81%	87,45%	96,08%	99,87%	86,98%
$P[\Upsilon\text{Π}\text{Ο}, \text{APP}]$	4,27%	4,40%	13,81%	0,20%	4,41%	15,82%	0,16%
$P[\text{APP}, \text{ΑΠ}\text{Ο}]$	0,23%	0,26%	0,96%	0,02%	0,26%	1,21%	0,00%
$P[\text{APP}, \text{ΘΕΡ}]$	6,83%	6,85%	15,83%	1,49%	6,82%	19,93%	0,94%

Οι ίδιοι παραπάνω δείκτες εξετάστηκαν περαιτέρω σε περιόδους καραντίνας και μη.

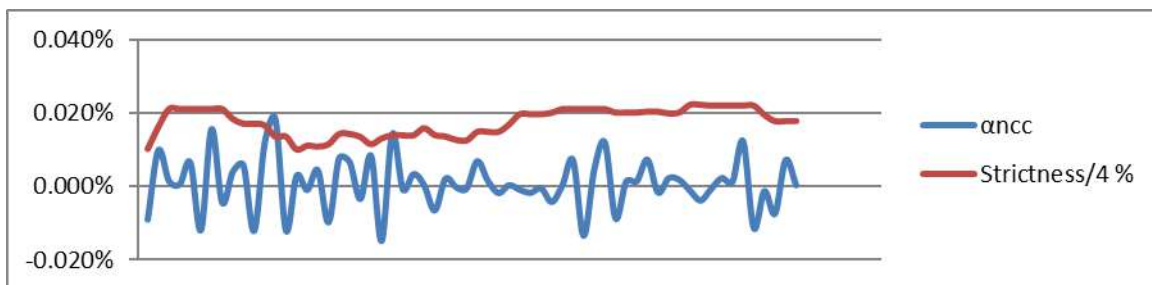
Πίνακας 7.2 Δείκτης *apcc* και υπόλοιπες στάσιμες πιθανότητες της Μαρκοβιανής αλυσίδας σε περιόδους καραντίνας και μη.

	<i>apcc</i>	$P[\Upsilon\text{Π}\text{Ο}, \text{APN}]$	$P[\Upsilon\text{Π}\text{Ο}, \text{APP}]$	$P[\text{APP}, \text{ΑΠ}\text{Ο}]$	$P[\text{APP}, \text{ΘΕΡ}]$	$P_{\sigma, \kappa}$
<b>Χωρίς καραντίνα</b>	1,89%	97,31%	2,91%	0,22%	6,87%	3,56%
<b>Με καραντίνα</b>	0,74%	95,46%	5,18%	0,23%	7,03%	2,74%
<b>Όλα τα δεδομένα</b>	1,08%	96,18%	4,27%	0,23%	6,83%	3,18%

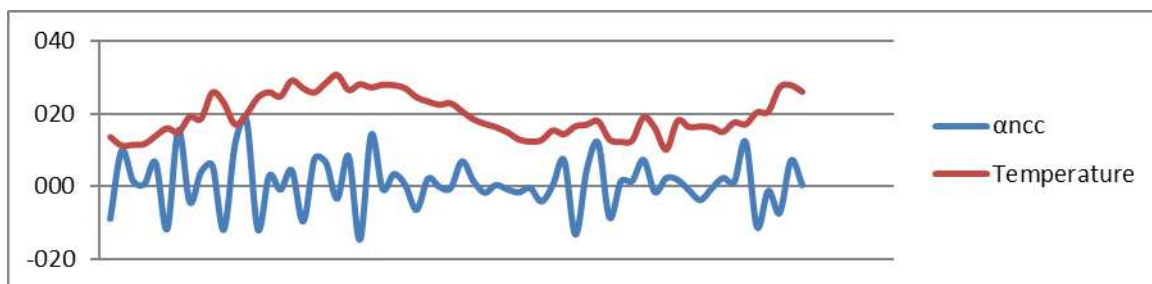
Εντοπίζεται αξιοσημείωτη διαφορά στο δείκτη *apcc* μεταξύ των δύο σεναρίων που επαληθεύει την αποτελεσματικότητα των μέτρων της κυβέρνησης στην εξάπλωση του ιού. Στους επόμενους δύο δείκτες  $P[\Upsilon\text{Π}\text{Ο}, \text{APN}]$  και  $P[\Upsilon\text{Π}\text{Ο}, \text{APP}]$  γίνεται αντιληπτή η πιο στοχευμένη ανίχνευση των κρουσμάτων σε περίοδο καραντίνας ενώ οι δείκτες  $P[\text{APP}, \text{ΑΠ}\text{Ο}]$  και  $P[\text{APP}, \text{ΘΕΡ}]$  δεν επηρεάζονται το οποίο είναι λογικό καθώς τα μέτρα δε δύναται να αλλάξουν τη φύση του ιού και την ανταπόκριση σε αυτόν από τους ήδη αρρώστους. Αξίζει

να σημειωθεί πως θα είχαμε πολύ μεγάλη αύξηση στο δείκτη  $R[APP, APO]$  εάν οι νοσούντες που απαιτούσαν εντατική θεραπεία ξεπερνούσαν τις διαθέσιμες κλίνες. Τέλος, η διαφορά στο ποσοστό των σοβαρά ή κρίσιμα αρρώστων οφείλεται στο γεγονός πιο προληπτικής δειγματοληψίας σε περίοδο καραντίνας.

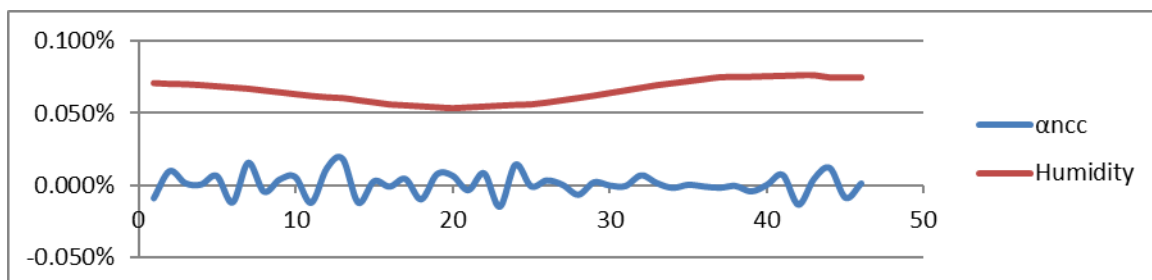
Ακόμα, έγινε απόπειρα εύρεσης μαθηματικής σύνδεσης του  $ancc$  με παραμέτρους όπως η θερμοκρασία η υγρασία και η αυστηρότητα των μέτρων κοινωνικής αποστασιοποίησης. Αυτό θα είχε σκοπό να μελετηθεί η πορεία του ιού και σε μη εκθετικές περιόδους αν είχε αποδειχθεί κάποια μαθηματική σχέση που να συνδέει τα προαναφερθέντα. Δυστυχώς όμως τα αποτελέσματα δεν ήταν ευνοϊκά, καθώς δεν φαίνεται να υπάρχει κάποια άμεση συσχέτιση μεταξύ τους. Τα διαγράμματα χρονικής εξέλιξης του  $ancc$  και των αντίστοιχων παραμέτρων φαίνονται στις εικόνες [7,1], [7,2] και [7,3]



Εικόνα 7.1 Διάγραμμα χρονικής εξέλιξης του  $ancc$  σε σχέση με  $Strictness/4\%$



Εικόνα 7.2 Διάγραμμα χρονικής εξέλιξης του  $ancc$  σε σχέση με θερμοκρασία



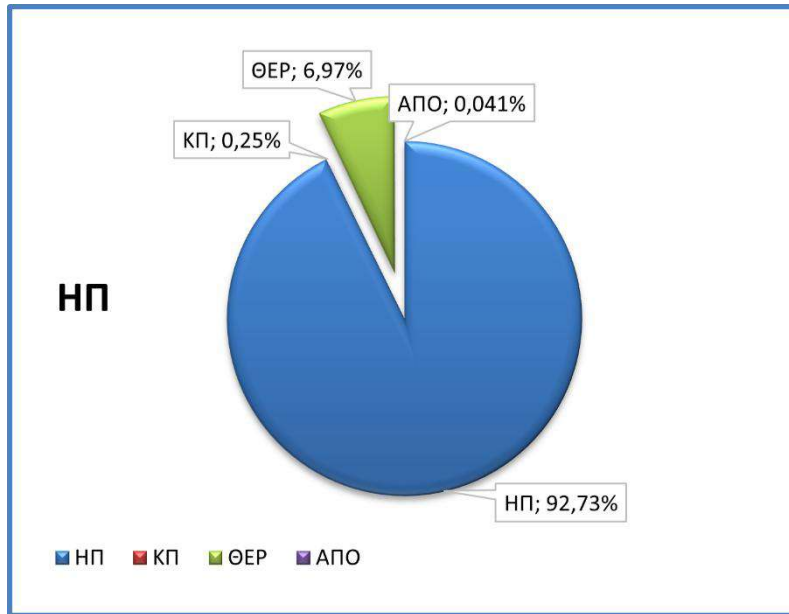
Εικόνα 7.3 Διάγραμμα χρονικής εξέλιξης του  $ancc$  σε σχέση με την υγρασία

Είναι εμφανής η ανεξαρτησία του δείκτη ανcc σε σχέση με το δείκτη αυστηρότητας και την υγρασία, ενώ στη περίπτωση της θερμοκρασίας φαίνεται πως με μια πιο αναλυτική έρευνα να μπορεί να δημιουργηθεί κάποια μαθηματική σχέση που να εκφράζει το ανcc σε σχέση με τη θερμοκρασία. Ωστόσο, δεν επετεύχθη κάτι τέτοιο στη παρούσα διπλωματική εργασία, καθώς δεν υπήρξε κάποια άμεση συσχέτιση και η πρόβλεψη της θερμοκρασίας αποτελεί ένα άλλο πρόβλημα από μόνο του.

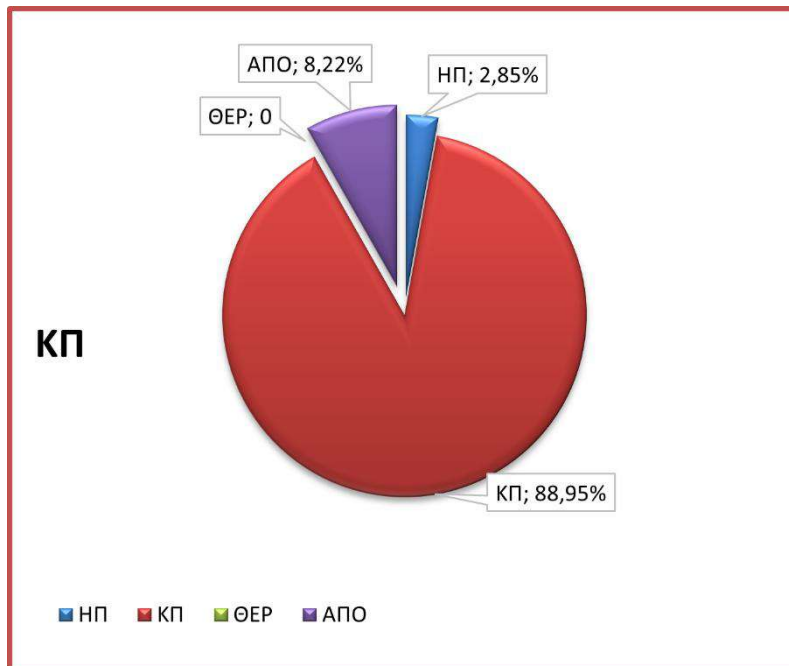
Η επόμενη κατηγορία αποτελεσμάτων αποτελείται από τους πίνακες στάσιμων πιθανοτήτων και τις ενεργειακές πίτες που απεικονίζουν τις πιθανότητες των καταστάσεων των ασθενών και τη μετάβαση τους από μία κατάσταση σε μία άλλη με την πάροδο μιας χρονικής περιόδου, δηλαδή μιας ημέρας σε αυτή τη περίπτωση. Οι πίνακες κατασκευάστηκαν με την ίδια μέθοδο, ωστόσο μελετούν διαφορετικούς χρονικούς ορίζοντες και θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για πιο εύστοχες προβλέψεις σε αντίστοιχους χρόνους. Οι ενεργειακές πίτες κατασκευάστηκαν από τους αντίστοιχους πίνακες. Ο κάθε πίνακας συνοδεύεται με το ανcc της εκάστοτε χρονικής περιόδου.

Πίνακας 7.3 Πίνακας στάσιμων πιθανοτήτων Π για όλα τα δεδομένα

<b>ΟΛΑ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ (17/4/2020-24/9/2021)</b>							
<b>P</b>	<b>ΥΠΟ</b>	<b>ΑΡΝ</b>	<b>ΗΠ</b>	<b>ΚΠ</b>	<b>ΘΕΡ</b>	<b>ΑΠΟ</b>	<b>ανcc</b>
<b>ΥΠΟ</b>	0	96.42%	3.56%	0.02%	0	0	<b>1.08%</b>
<b>ΑΡΝ</b>	0	1	0	0	0	0	
<b>ΗΠ</b>	0	0	92.73%	0.25%	6.97%	0.041%	
<b>ΚΠ</b>	0	0	2.85%	88.95%	0	8.22%	
<b>ΘΕΡ</b>	0	0	0	0	1	0	
<b>ΑΠΟ</b>	0	0	0	0	0	1	



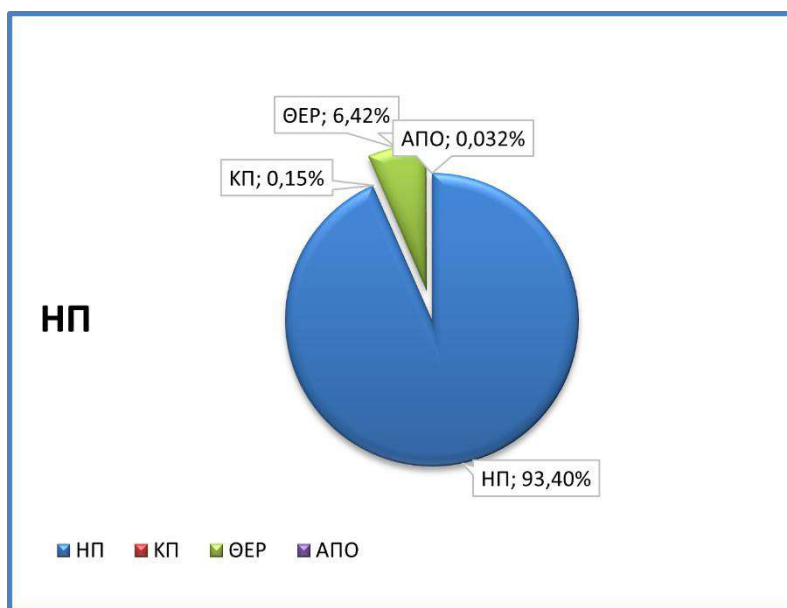
Εικόνα 7.4 Πιθανότητες μετάβασης από τα ήλια περιστατικά στις υπόλοιπες καταστάσεις



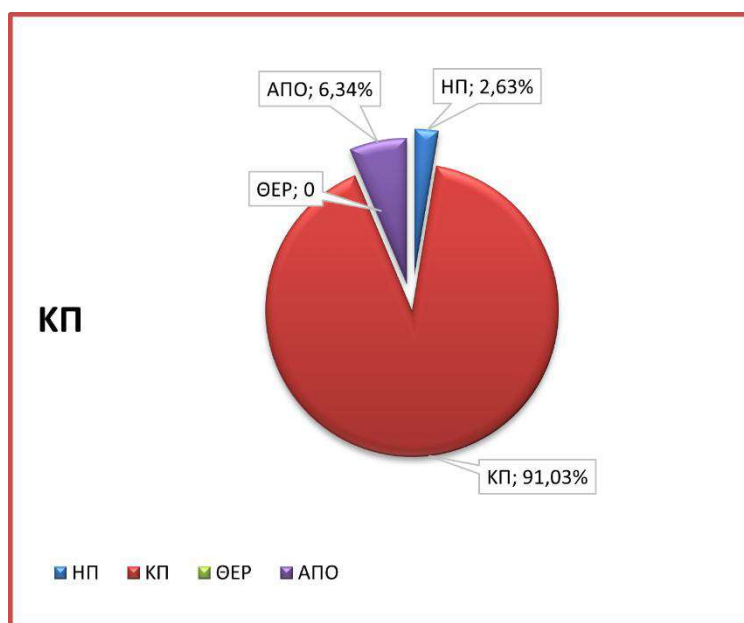
Εικόνα 7.5 Πιθανότητες μετάβασης από τα κρίσιμα περιστατικά στις υπόλοιπες καταστάσεις

Πίνακας 7.4 Πίνακας στάσιμων πιθανοτήτων Π για τα καλοκαίρια 2020 και 2021

ΚΑΛΟΚΑΙΡΙΑ 2020 ΚΑΙ 2021							
Ρ	ΥΠΟ	ΑΡΝ	ΗΠ	ΚΠ	ΘΕΡ	ΑΠΟ	αηcc
ΥΠΟ	0	98.02%	1.97%	0.01%	0	0	1.17%
ΑΡΝ	0	1	0	0	0	0	
ΗΠ	0	0	93.40%	0.15%	6.42%	0.032%	
ΚΠ	0	0	2.63%	91.03%	0	6.34%	
ΘΕΡ	0	0	0	0	1	0	
ΑΠΟ	0	0	0	0	0	1	



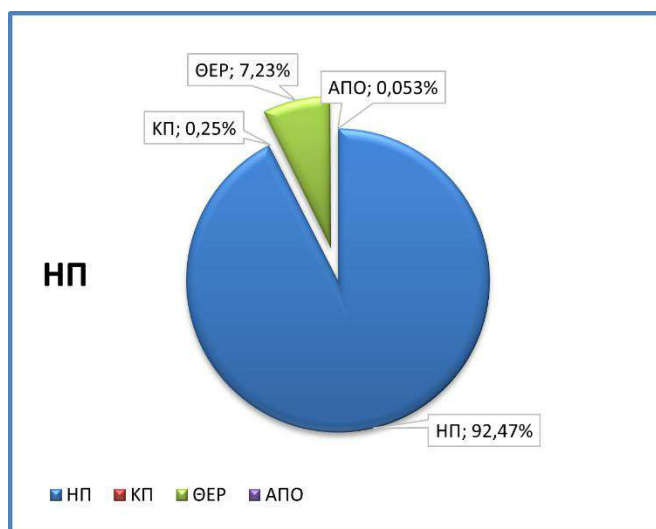
Εικόνα 7.6 Πιθανότητες μετάβασης από τα ήπια περιστατικά στις υπόλοιπες καταστάσεις



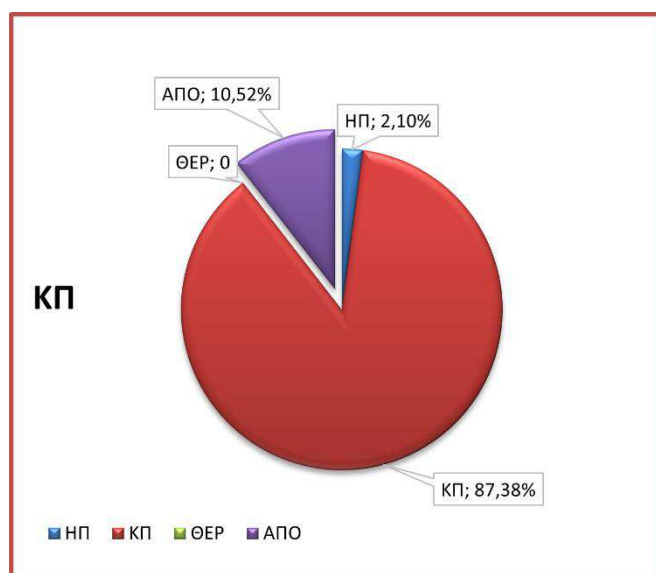
Εικόνα 7.7 Πιθανότητες μετάβασης από τα κρίσιμα περιστατικά στις υπόλοιπες καταστάσεις

Πίνακας 7.5 Πίνακας στάσιμων πιθανοτήτων Π για την περίοδο 7/11/2020 έως 1/05/2021

<b>ΔΕΥΤΕΡΗ ΚΑΡΑΝΤΙΝΑ (7/11/2020-1/5/2021)</b>							
<b>Ρ</b>	<b>ΥΠΟ</b>	<b>ΑΡΝ</b>	<b>ΗΠ</b>	<b>ΚΠ</b>	<b>ΘΕΡ</b>	<b>ΑΠΟ</b>	<b>απcc</b>
<b>ΥΠΟ</b>	0	94.41%	5.55%	0.03%	0	0	<b>-0.03%</b>
<b>ΑΡΝ</b>	0	1	0	0	0	0	
<b>ΗΠ</b>	0	0	92.47%	0.25%	7.23%	0.053%	
<b>ΚΠ</b>	0	0	2.10%	87.38%	0	10.52%	
<b>ΘΕΡ</b>	0	0	0	0	1	0	
<b>ΑΠΟ</b>	0	0	0	0	0	1	



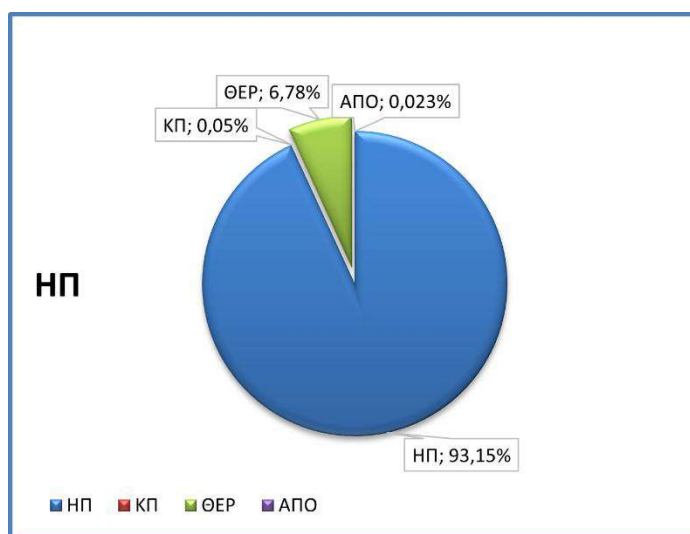
Εικόνα 7.8 Πιθανότητες μετάβασης από τα ήπια περιστατικά στις υπόλοιπες καταστάσεις



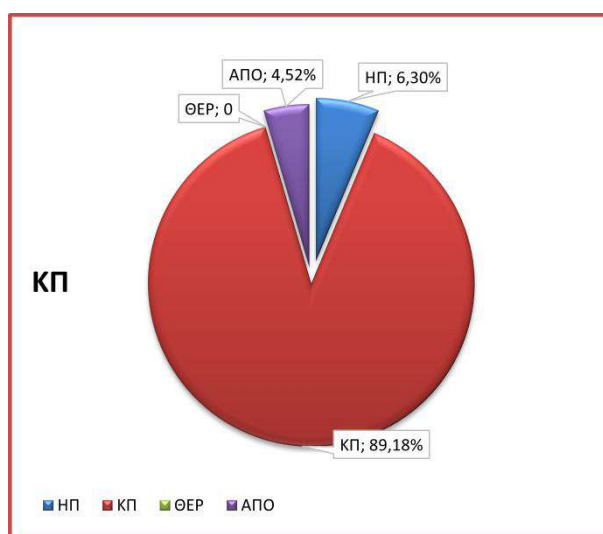
Εικόνα 7.9 Πιθανότητες μετάβασης από τα κρίσιμα περιστατικά στις υπόλοιπες καταστάσεις

Πίνακας 7.6 Πίνακας στάσιμων πιθανοτήτων Π για την περίοδο Ιουλίου - Αυγούστου 2021

ΙΟΥΛΙΟΣ-ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ/2021							
Ρ	ΥΠΟ	ΑΡΝ	ΗΠ	ΚΠ	ΘΕΡ	ΑΠΟ	αησς
ΥΠΟ	0	96.45%	3.55%	0.00%	0	0	-0.10%
ΑΡΝ	0	1	0	0	0	0	
ΗΠ	0	0	93.15%	0.05%	6.78%	0.023%	
ΚΠ	0	0	6.30%	89.18%	0	4.52%	
ΘΕΡ	0	0	0	0	1	0	
ΑΠΟ	0	0	0	0	0	1	



Εικόνα 7.10 Πιθανότητες μετάβασης από τα ήπια περιστατικά στις υπόλοιπες καταστάσεις

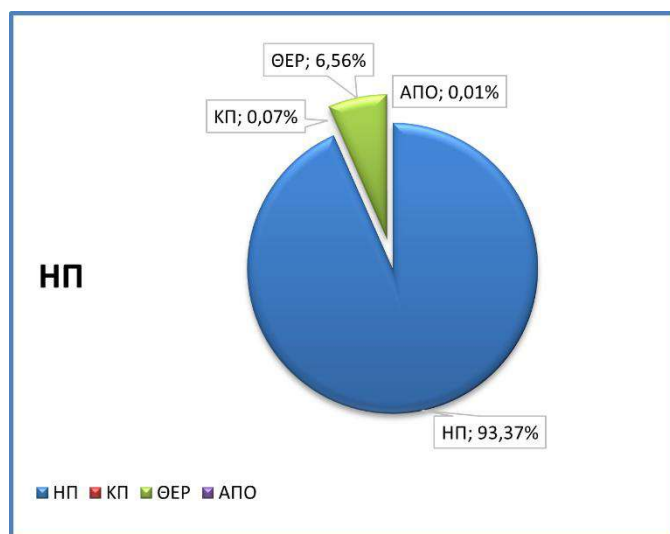


Εικόνα 7.11 Πιθανότητες μετάβασης από τα κρίσιμα περιστατικά στις υπόλοιπες καταστάσεις

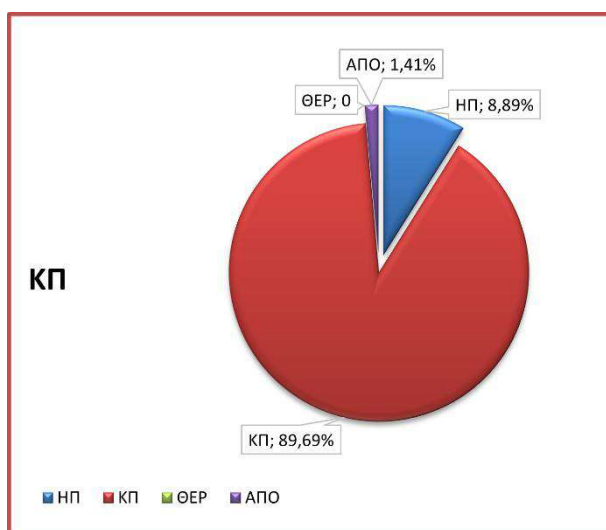


Πίνακας 7.7 Πίνακας στάσιμων πιθανοτήτων Π για την περίοδο 09/07/2021 έως 24/09-2021

ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ (9/7/2021-24/9/2021)							
Ρ	ΥΠΟ	ΑΡΝ	ΗΠ	ΚΠ	ΘΕΡ	ΑΠΟ	απcc
ΥΠΟ	0	97.16%	2.83%	0.00%	0	0	1.88%
ΑΡΝ	0	1	0	0	0	0	
ΗΠ	0	0	93.37%	0.07%	6.56%	0.01%	
ΚΠ	0	0	8.89%	89.69%	0	1.41%	
ΘΕΡ	0	0	0	0	1	0	
ΑΠΟ	0	0	0	0	0	1	



Εικόνα 7.12 Πιθανότητες μετάβασης από τα ήπια περιστατικά στις υπόλοιπες καταστάσεις



Εικόνα 7.13 Πιθανότητες μετάβασης από τα κρίσιμα περιστατικά στις υπόλοιπες καταστάσεις

Η περιγραφή των αποτελεσμάτων αξίζει να ξεκινήσει από την τεράστια διαφορά της πιθανότητας μετάβασης από τη κατάσταση ΚΠ στην ΑΠΟ, δηλαδή να αποβιώσει ένας ασθενής που κατατάσσεται στα κρίσιμα περιστατικά και νοσηλεύεται σε μονάδα εντατικής θεραπείας τους τελευταίους δύο μήνες. Ταυτόχρονα αυξήθηκε το ποσοστό εξαγωγής από τις ΜΕΘ, παρά τη σύνδεση του τελευταίου πίνακα με το μεγαλύτερο απcc. Η σταδιακή εξέλιξη αυτή παρατηρείται από τον πίνακα με τα στοιχεία του φετινού Ιουλίου και Αυγούστου. Θα ήταν ασφαλές να θεωρηθεί υπεύθυνος για αυτό το αποτέλεσμα ο εμβολιασμός των ευπαθών ομάδων της κοινωνίας, ο οποίος άγγιξε ένα ικανοποιητικό ποσοστό περί τα τέλη του Ιουνίου. Η πιθανότητα κάποιος να βγει αρνητικός σε ένα τεστ είναι στο ζενίθ κατά την καλοκαιρινή περίοδο που πιθανόν να οφείλεται στα άφθονα τεστ που οι πολίτες ήταν υποχρεωμένοι να πραγματοποιήσουν για να ταξιδέψουν και άρα δεν ελέγχθηκαν γιατί ήρθαν σε επαφή με κρούσμα. Τέλος, η περίοδος της δεύτερης καραντίνας κατέκτησε το μεγαλύτερο δείκτη θνησιμότητας και γενικότερα αποτελείται από απαισιόδοξους δείκτες, γεγονός που οφείλεται στην εξάπλωση του τρίτου κύματος της πανδημίας εν μέσω της καραντίνας, όπου σημειώθηκαν ταυτόχρονα ο μεγαλύτερος αριθμός διασωληνομένων (847). Για τον λόγο αυτό ο πίνακας που αφορά τη δεύτερη καραντίνα καλλιεργούσε στο μοντέλο υπερβολικές προβλέψεις και θεωρείται πως τα αποτελέσματα του μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως το ανώτατο όριο τιμών, δηλαδή το απαισιόδοξο σενάριο.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι προβλέψεις του μοντέλου, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας την εντολή Matrix Multiplication (MMULT) του Microsoft Excel μεταξύ ενός πίνακα  $P$  και ενός αρχικού διανύσματος  $V(0)$ , το οποίο αναφέρεται στη παρούσα κατάσταση τη παραμονή της πρώτης ημέρας πρόβλεψης. Τα αποτελέσματα χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες, η κάθε μια από τις οποίες εξυπηρετεί διαφορετικό σκοπό. Η εξέταση των αποτελεσμάτων θα γίνει υπολογίζοντας:

A) το ΜΑΠΣ (Μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα), δηλαδή το μέσο όρο των ημερήσιων απόλυτων ποσοστιαίων σφαλμάτων, τα οποία προκύπτουν από την απόλυτη τιμή της διαφοράς των τιμών των δεδομένων και των προβλέψεων προς τις εκάστοτε τιμές των δεδομένων και

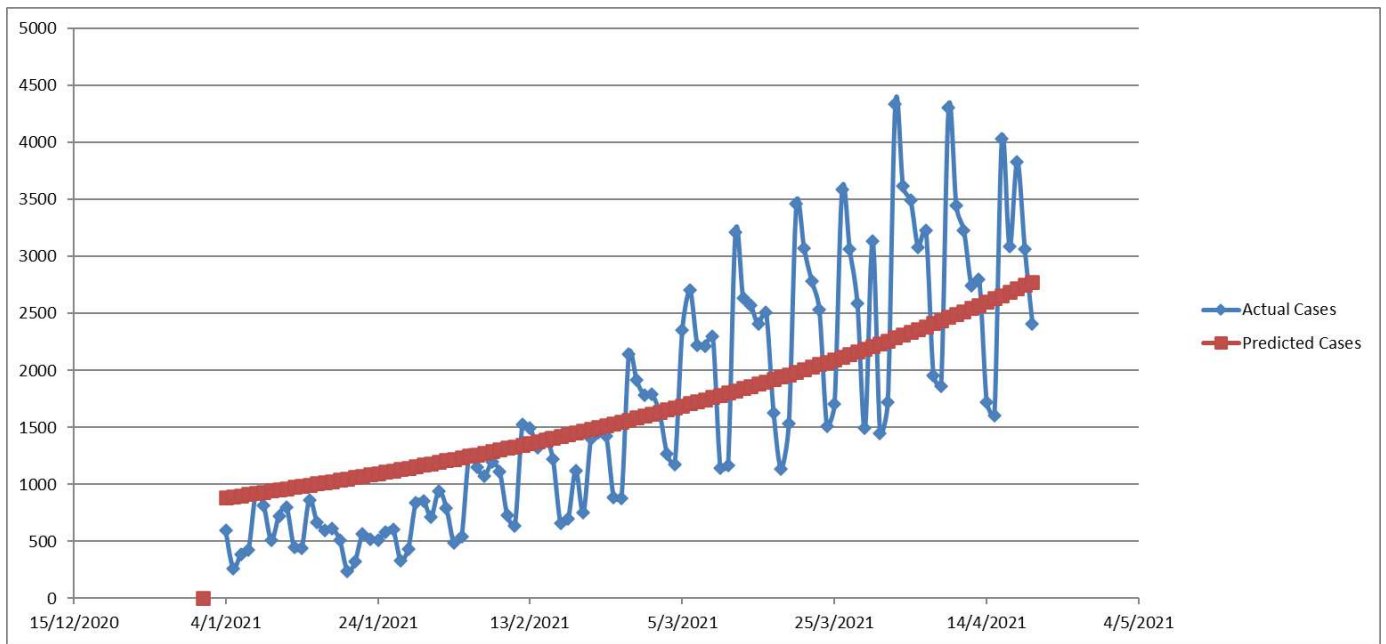
Β) το σφάλμα των αθροισμάτων ή της τελικής τιμής στη περίπτωση των διασωληνομένων καθώς σε αυτή τη περίπτωση δεν υπάρχει νόημα στην άθροιση αλλά στη τελική τιμή. Το σφάλμα των αθροισμάτων προκύπτει από την απόλυτη τιμή της διαφοράς της τιμής του αθροίσματος των δεδομένων με το άθροισμα των προβλέψεων προς τη τιμή του αθροίσματος των δεδομένων.

Η πρώτη μέθοδος είναι και η καλύτερη με βάση τη θεωρία καθώς λαμβάνει υπόψη την ημερήσια απόκλιση του μοντέλου από τη πραγματικότητα. Στην πραγματικότητα όμως η δεύτερη είναι πιο αξιοποιήσιμη καθώς μας ενδιαφέρει περισσότερο η συνολική πορεία για να ληφθούν οι επιθυμητές αποφάσεις παρά η ημερήσια. Γεγονός που οφείλεται στην ανώμαλη και ανομοιόμορφη πορεία των πραγματικών αποτελεσμάτων από μέρα σε μέρα.

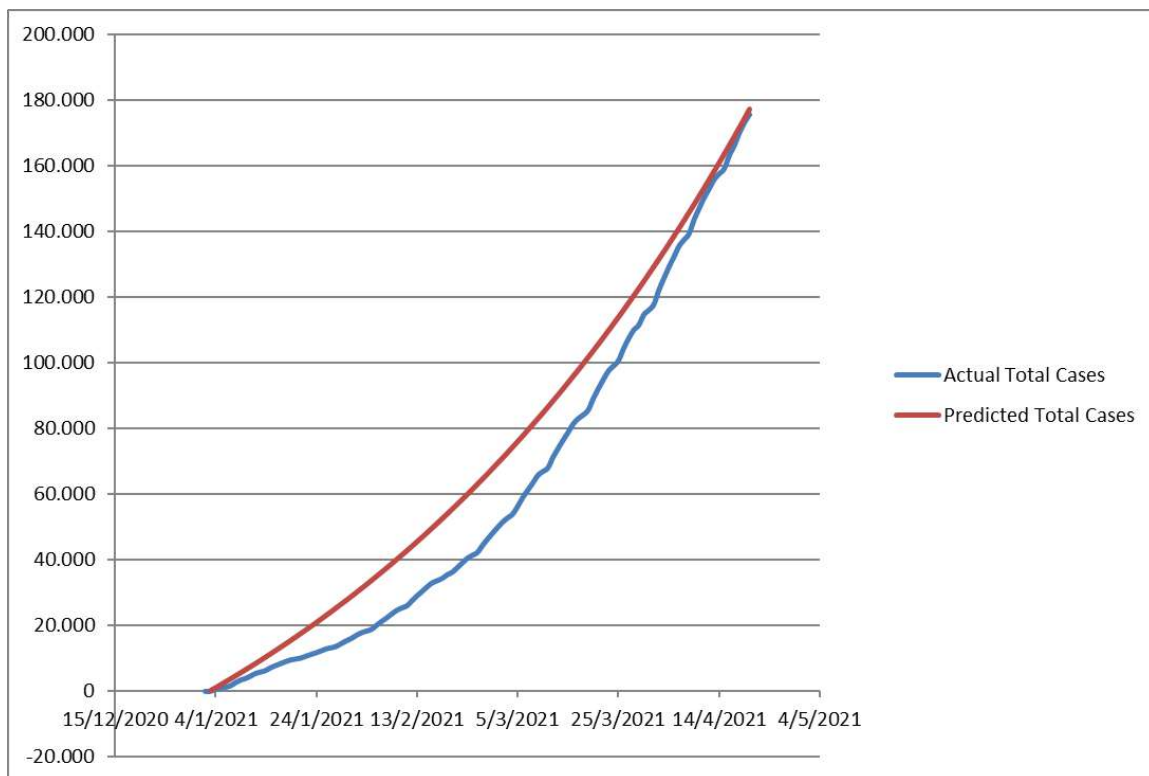
1) Επιτυχημένες παρελθοντικές προβλέψεις. Πρόκειται για την χρονική περίοδο που προαναφέρθηκε, δηλαδή από 1/1/2021 έως και 20/4/2021, η περίοδος αυτή ήταν κατάλληλη για να αναδείξει την αποτελεσματικότητα της μεθόδου όταν ο ιός εξελίσσεται εκθετικά. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν είναι ο πίνακας [] με όλα τα δεδομένα και ως μηδενικό διάνυσμα χρησιμοποιήθηκε η ημερομηνία 31/12/2020 με 24.733 υπόπτους, 9,403 ήπια περιστατικά και 438 διασωληνομένους. Για ακριβέστερα αποτελέσματα οι ύποπτοι την ημέρα 0 υπολογίστηκαν με τον μέσο όρο των δέκα τελευταίων ημερών του προηγούμενου έτους (22-31/12/2020).

Πίνακας 7.8 Σύγκριση προβλέψεων κρουσμάτων με δεδομένα από 1/1/2021 έως και 20/4/2021

<b>Κρούσματα</b>										
<b>Ημερομηνία</b>	<b>Δεδομένα</b>	<b>Προβλέψεις</b>								
1/1/2021	597	886		8/2/2021	638	1.335		18/3/2021	3073	2.011
2/1/2021	262	895		9/2/2021	1526	1.349		19/3/2021	2785	2.032
3/1/2021	390	905		10/2/2021	1496	1.364		20/3/2021	2535	2.054
4/1/2021	427	915		11/2/2021	1327	1.378		21/3/2021	1514	2.077
5/1/2021	928	925		12/2/2021	1410	1.393		22/3/2021	1707	2.099
6/1/2021	816	935		13/2/2021	1222	1.409		23/3/2021	3586	2.122
7/1/2021	510	945		14/2/2021	662	1.424		24/3/2021	3062	2.145
8/1/2021	721	955		15/2/2021	698	1.439		25/3/2021	2588	2.168
9/1/2021	800	966		16/2/2021	1121	1.455		26/3/2021	1496	2.192
10/1/2021	445	976		17/2/2021	755	1.471		27/3/2021	3133	2.215
11/1/2021	444	987		18/2/2021	1400	1.487		28/3/2021	1449	2.239
12/1/2021	866	997		19/2/2021	1460	1.503		29/3/2021	1724	2.264
13/1/2021	671	1.008		20/2/2021	1424	1.519		30/3/2021	4340	2.288
14/1/2021	599	1.019		21/2/2021	884	1.535		31/3/2021	3616	2.313
15/1/2021	610	1.030		22/2/2021	880	1.552		1/4/2021	3491	2.338
16/1/2021	510	1.041		23/2/2021	2147	1.569		2/4/2021	3080	2.364
17/1/2021	237	1.053		24/2/2021	1913	1.586		3/4/2021	3232	2.389
18/1/2021	320	1.064		25/2/2021	1784	1.603		4/4/2021	1955	2.415
19/1/2021	566	1.076		26/2/2021	1790	1.620		5/4/2021	1866	2.441
20/1/2021	516	1.087		27/2/2021	1630	1.638		6/4/2021	4309	2.468
21/1/2021	509	1.099		28/2/2021	1269	1.656		7/4/2021	3445	2.494
22/1/2021	585	1.111		1/3/2021	1176	1.674		8/4/2021	3228	2.521
23/1/2021	605	1.123		2/3/2021	2353	1.692		9/4/2021	2747	2.549
24/1/2021	334	1.135		3/3/2021	2702	1.710		10/4/2021	2801	2.576
25/1/2021	436	1.148		4/3/2021	2219	1.729		11/4/2021	1718	2.604
26/1/2021	842	1.160		5/3/2021	2215	1.748		12/4/2021	1606	2.633
27/1/2021	858	1.173		6/3/2021	2301	1.766		13/4/2021	4033	2.661
28/1/2021	716	1.185		7/3/2021	1142	1.786		14/4/2021	3089	2.690
29/1/2021	941	1.198		8/3/2021	1165	1.805		15/4/2021	3833	2.719
30/1/2021	795	1.211		9/3/2021	3215	1.825		16/4/2021	3067	2.749
31/1/2021	484	1.224		10/3/2021	2633	1.844		17/4/2021	2411	2.778
1/2/2021	543	1.238		11/3/2021	2570	1.864		18/4/2021	1829	2.809
2/2/2021	1261	1.251		12/3/2021	2405	1.885		19/4/2021	1607	2.839
3/2/2021	1151	1.265		13/3/2021	2512	1.905		20/4/2021	3789	2.870
4/2/2021	1070	1.278		14/3/2021	1626	1.926				
5/2/2021	1195	1.292		15/3/2021	1134	1.947		<b>ΣΥΝΟΛΙΚΑ:</b>	<b>182952</b>	<b>185.857</b>
6/2/2021	1113	1.306		16/3/2021	1533	1.968				
7/2/2021	733	1.320		17/3/2021	3465	1.989				



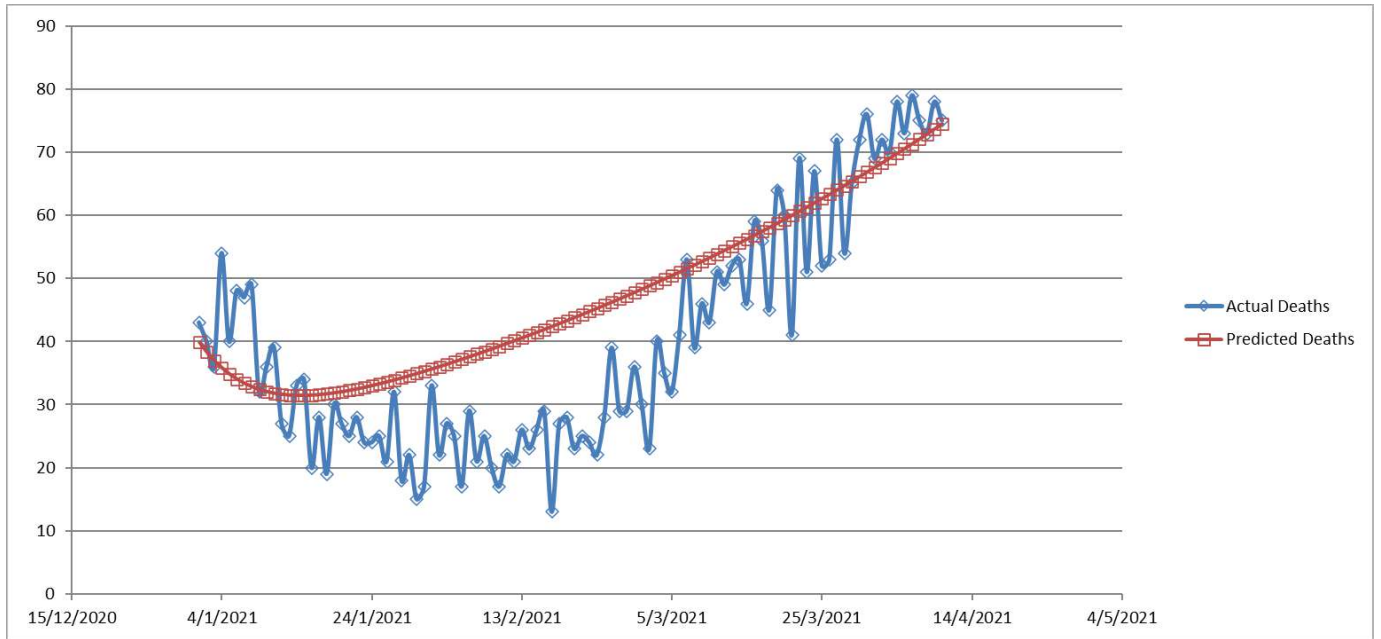
Εικόνα 7.14 Σύγκριση προβλέψεων κρουσμάτων με δεδομένα από 1/1/2021 έως και 20/4/2021



Εικόνα 7.15 Σύγκριση πορείας συνολικών κρουσμάτων από 1/1/2021 έως και 20/4/2021

Πίνακας 7.9 Σύγκριση προβλέψεων θανάτων με δεδομένα από 1/1/2021 έως και 20/4/2021

<b>Αποβιώσαντες</b>										
<b>Ημερομηνία Δεδομένα Προβλέψεις</b>										
1/1/2021	43	40		8/2/2021	25	38		18/3/2021	45	58
2/1/2021	40	38		9/2/2021	20	39		19/3/2021	64	59
3/1/2021	36	37		10/2/2021	17	39		20/3/2021	60	59
4/1/2021	54	36		11/2/2021	22	40		21/3/2021	41	60
5/1/2021	40	35		12/2/2021	21	40		22/3/2021	69	61
6/1/2021	48	34		13/2/2021	26	41		23/3/2021	51	61
7/1/2021	47	33		14/2/2021	23	41		24/3/2021	67	62
8/1/2021	49	33		15/2/2021	26	41		25/3/2021	52	63
9/1/2021	32	32		16/2/2021	29	42		26/3/2021	53	63
10/1/2021	36	32		17/2/2021	13	42		27/3/2021	72	64
11/1/2021	39	32		18/2/2021	27	43		28/3/2021	54	65
12/1/2021	27	32		19/2/2021	28	43		29/3/2021	65	65
13/1/2021	25	32		20/2/2021	23	44		30/3/2021	72	66
14/1/2021	33	31		21/2/2021	25	44		31/3/2021	76	67
15/1/2021	34	31		22/2/2021	24	45		1/4/2021	69	68
16/1/2021	20	32		23/2/2021	22	45		2/4/2021	72	68
17/1/2021	28	32		24/2/2021	28	46		3/4/2021	70	69
18/1/2021	19	32		25/2/2021	39	46		4/4/2021	78	70
19/1/2021	30	32		26/2/2021	29	47		5/4/2021	73	71
20/1/2021	27	32		27/2/2021	29	47		6/4/2021	79	71
21/1/2021	25	32		28/2/2021	36	48		7/4/2021	75	72
22/1/2021	28	32		1/3/2021	30	48		8/4/2021	73	73
23/1/2021	24	33		2/3/2021	23	49		9/4/2021	78	74
24/1/2021	24	33		3/3/2021	40	49		10/4/2021	75	74
25/1/2021	25	33		4/3/2021	35	50		11/4/2021	52	75
26/1/2021	21	34		5/3/2021	32	50		12/4/2021	76	76
27/1/2021	32	34		6/3/2021	41	51		13/4/2021	93	77
28/1/2021	18	34		7/3/2021	53	52		14/4/2021	81	78
29/1/2021	22	35		8/3/2021	39	52		15/4/2021	104	79
30/1/2021	15	35		9/3/2021	46	53		16/4/2021	91	79
31/1/2021	17	35		10/3/2021	43	53		17/4/2021	67	80
1/2/2021	33	36		11/3/2021	51	54		18/4/2021	65	81
2/2/2021	22	36		12/3/2021	49	54		19/4/2021	78	82
3/2/2021	27	36		13/3/2021	52	55		20/4/2021	87	83
4/2/2021	25	37		14/3/2021	53	56				
5/2/2021	17	37		15/3/2021	46	56		<b>ΣΥΝΟΛΙΚΑ:</b>	<b>4789</b>	<b>5.468</b>
6/2/2021	29	38		16/3/2021	59	57				
7/2/2021	21	38		17/3/2021	56	57				

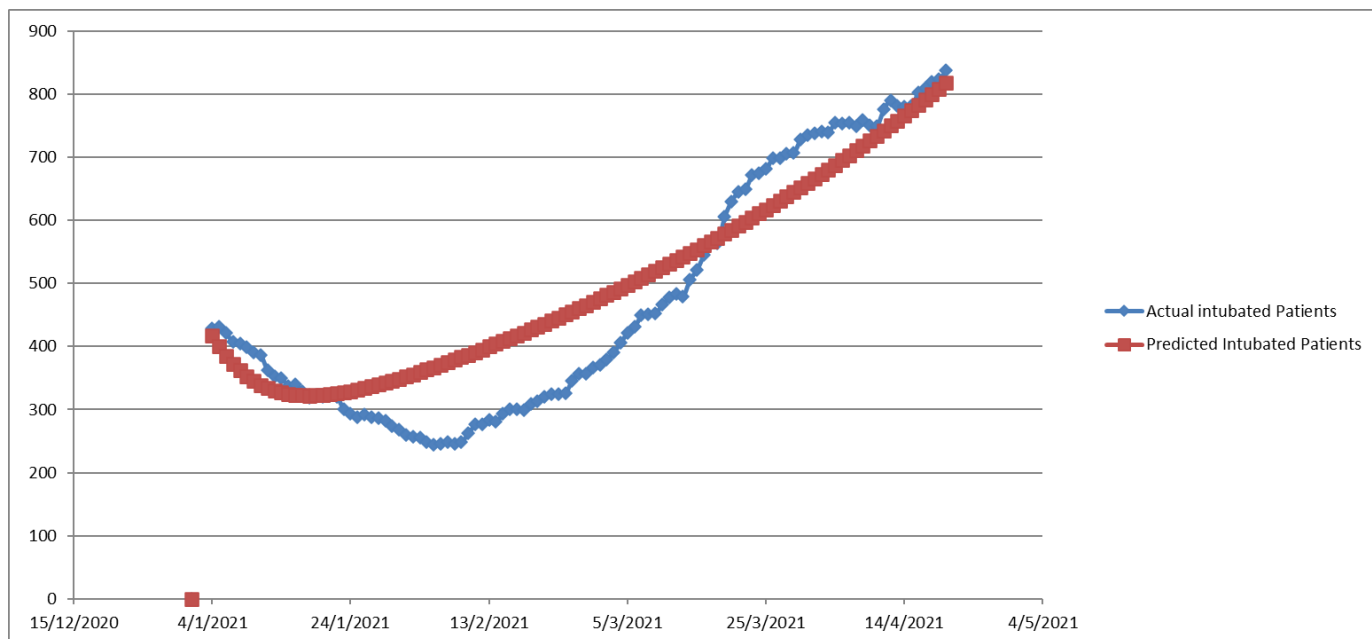


Εικόνα 7.16 Σύγκριση προβλέψεων θανάτων με δεδομένα από 1/1/2021 έως και 20/4/2021

Πίνακας 7.10 Σύγκριση προβλέψεων διασωληνωμένων με δεδομένα από 1/1/2021 έως και 20/4/2021

Διασωληνομένοι ασθενείς										
Ημερομηνία	Δεδομένα	Προβλέψεις								
1/1/2021	429	418		8/2/2021	276	391		18/3/2021	645	591
2/1/2021	431	400		9/2/2021	277	395		19/3/2021	649	598
3/1/2021	421	385		10/2/2021	284	400		20/3/2021	672	604
4/1/2021	407	373		11/2/2021	281	404		21/3/2021	674	611
5/1/2021	405	362		12/2/2021	293	409		22/3/2021	681	617
6/1/2021	399	353		13/2/2021	300	413		23/3/2021	699	624
7/1/2021	391	345		14/2/2021	301	418		24/3/2021	699	631
8/1/2021	386	339		15/2/2021	299	422		25/3/2021	706	638
9/1/2021	362	334		16/2/2021	309	427		26/3/2021	707	645
10/1/2021	353	330		17/2/2021	313	431		27/3/2021	728	652
11/1/2021	350	327		18/2/2021	320	436		28/3/2021	735	659
12/1/2021	337	325		19/2/2021	325	441		29/3/2021	738	666
13/1/2021	340	323		20/2/2021	325	446		30/3/2021	741	673
14/1/2021	328	323		21/2/2021	326	451		31/3/2021	739	680
15/1/2021	319	322		22/2/2021	346	456		1/4/2021	755	688
16/1/2021	323	322		23/2/2021	357	461		2/4/2021	753	695
17/1/2021	320	323		24/2/2021	357	466		3/4/2021	755	703
18/1/2021	322	324		25/2/2021	367	471		4/4/2021	749	710
19/1/2021	320	326		26/2/2021	371	476		5/4/2021	759	718
20/1/2021	300	327		27/2/2021	379	481		6/4/2021	751	726
21/1/2021	293	329		28/2/2021	391	486		7/4/2021	749	734
22/1/2021	288	332		1/3/2021	406	492		8/4/2021	776	742
23/1/2021	292	334		2/3/2021	422	497		9/4/2021	790	750
24/1/2021	288	337		3/3/2021	431	503		10/4/2021	781	758
25/1/2021	286	340		4/3/2021	449	508		11/4/2021	780	766
26/1/2021	283	343		5/3/2021	451	514		12/4/2021	781	774
27/1/2021	274	346		6/3/2021	452	519		13/4/2021	802	783
28/1/2021	268	349		7/3/2021	466	525		14/4/2021	809	791
29/1/2021	260	352		8/3/2021	477	531		15/4/2021	819	800
30/1/2021	257	356		9/3/2021	484	536		16/4/2021	824	809
31/1/2021	255	359		10/3/2021	479	542		17/4/2021	837	817
1/2/2021	248	363		11/3/2021	506	548		18/4/2021	841	826
2/2/2021	244	367		12/3/2021	521	554		19/4/2021	847	835
3/2/2021	246	371		13/3/2021	545	560		20/4/2021	847	844
4/2/2021	249	375		14/3/2021	564	566				
5/2/2021	246	379		15/3/2021	564	572				
6/2/2021	249	383		16/3/2021	605	579				
7/2/2021	262	387		17/3/2021	630	585				





Εικόνα 7.17 Σύγκριση προβλέψεων διασωληνωμένων με δεδομένα από 1/1/2021 έως και 20/4/2021

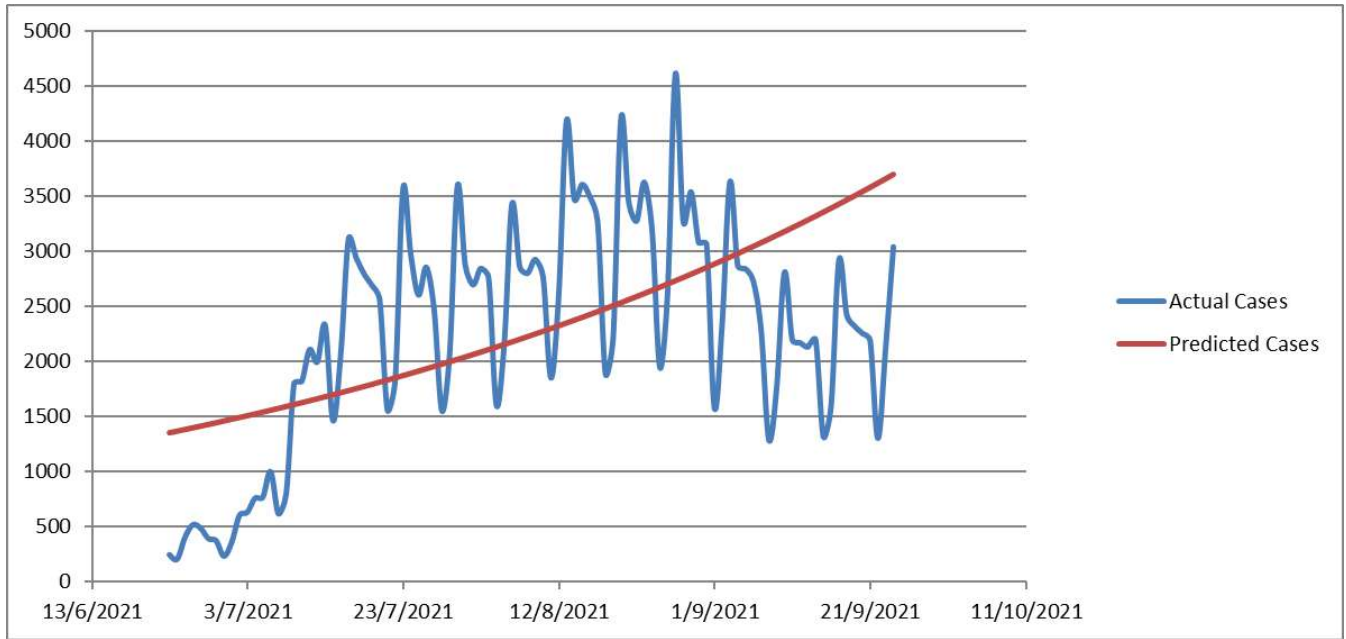
Πίνακας 7.11 Απόκλιση μοντέλου από πραγματικές τιμές

Αποτελέσματα			
	Κρούσματα	Θάνατοι	Διασωληνομένοι
<b>ΜΑΠΣ</b>	52,60%	35,33%	16,97%
<b>Συνολικό σφάλμα</b>	1,59%	14,17%	0,32%

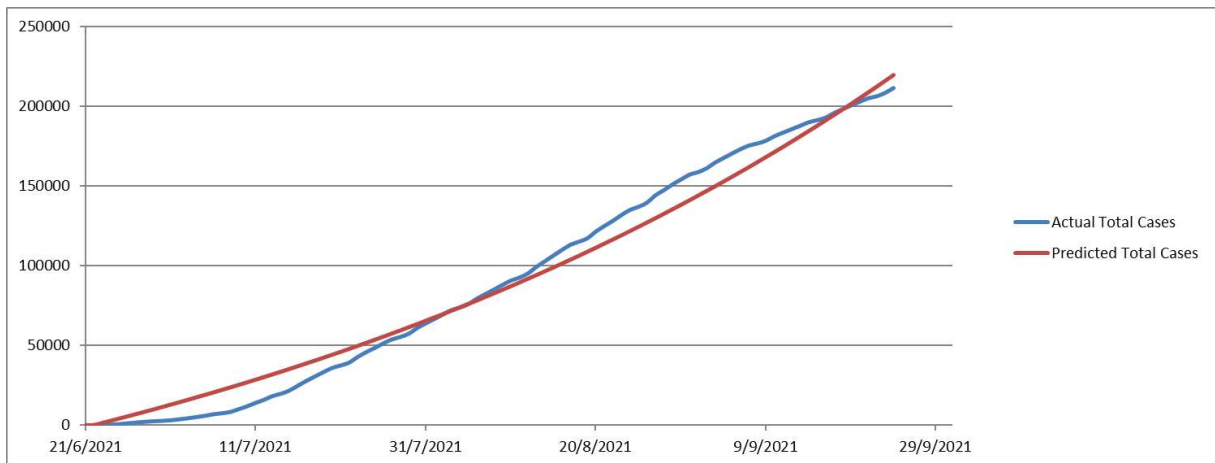
2) Η πορεία των προβλέψεων τους τελευταίους τρεις μήνες (20/6/2021 έως 24/9/2021) με ακριβώς τις ίδιες παραμέτρους, δηλαδή ο πίνακας [ ]. Το μηδενικό διάνυσμα αφορούσε την ημερομηνία 19/6/2021 με 37.868 υπόπτους (μέσος όρος υπόπτων από 10-19/6/2021), 8.888 ήπια περιστατικά και 301 διασωληνομένους. Στόχος της περιόδου αυτής με αυτές τις παραμέτρους είναι να αποδειχθεί η ανάγκη για νέα δεδομένα, καθώς ο παράγοντας των εμβολίων αλλάζει δραστικά τα αποτελέσματα.

Πίνακας 7.12 Σύγκριση προβλέψεων κρουσμάτων με δεδομένα από 20/6/2021 έως 24/9/2021

<b>Κρούσματα</b>										
<b>Ημερομηνία</b>	<b>Δεδομένα</b>	<b>Προβλέψεις</b>								
20/6/2021	248	1.356		23/7/2021	2854	1.936		25/8/2021	3273	2.764
21/6/2021	209	1.371		24/7/2021	2472	1.957		26/8/2021	3538	2.794
22/6/2021	406	1.386		25/7/2021	1553	1.978		27/8/2021	3076	2.824
23/6/2021	520	1.401		26/7/2021	2070	2.000		28/8/2021	3064	2.854
24/6/2021	489	1.416		27/7/2021	3593	2.021		29/8/2021	1582	2.885
25/6/2021	395	1.432		28/7/2021	2874	2.043		30/8/2021	2343	2.917
26/6/2021	375	1.447		29/7/2021	2696	2.065		31/8/2021	3628	2.948
27/6/2021	236	1.463		30/7/2021	2845	2.088		1/9/2021	2871	2.980
28/6/2021	362	1.479		31/7/2021	2760	2.111		2/9/2021	2840	3.013
29/6/2021	605	1.495		1/8/2021	1605	2.133		3/9/2021	2729	3.045
30/6/2021	633	1.511		2/8/2021	2156	2.157		4/9/2021	2286	3.078
1/7/2021	761	1.527		3/8/2021	3428	2.180		5/9/2021	1291	3.112
2/7/2021	771	1.544		4/8/2021	2856	2.204		6/9/2021	1765	3.145
3/7/2021	1001	1.560		5/8/2021	2800	2.227		7/9/2021	2807	3.179
4/7/2021	619	1.577		6/8/2021	2925	2.252		8/9/2021	2198	3.214
5/7/2021	801	1.595		7/8/2021	2768	2.276		9/9/2021	2170	3.249
6/7/2021	1797	1.612		8/8/2021	1852	2.301		10/9/2021	2132	3.284
7/7/2021	1820	1.629		9/8/2021	2595	2.326		11/9/2021	2197	3.320
8/7/2021	2107	1.647		10/8/2021	4181	2.351		12/9/2021	1319	3.356
9/7/2021	1997	1.665		11/8/2021	3475	2.376		13/9/2021	1608	3.392
10/7/2021	2327	1.683		12/8/2021	3605	2.402		14/9/2021	2919	3.429
11/7/2021	1465	1.701		13/8/2021	3493	2.428		15/9/2021	2422	3.466
12/7/2021	2065	1.720		14/8/2021	3270	2.454		16/9/2021	2322	3.504
13/7/2021	3109	1.738		15/8/2021	1888	2.481		17/9/2021	2255	3.542
14/7/2021	2938	1.757		16/8/2021	2218	2.508		18/9/2021	2190	3.580
15/7/2021	2794	1.776		17/8/2021	4206	2.535		19/9/2021	1305	3.619
16/7/2021	2691	1.795		18/8/2021	3442	2.563		20/9/2021	2126	3.658
17/7/2021	2562	1.815		19/8/2021	3273	2.590		21/9/2021	3040	3.698
18/7/2021	1558	1.834		20/8/2021	3625	2.619		22/9/2021	2329	3.738
19/7/2021	1834	1.854		21/8/2021	3191	2.647		23/9/2021	2125	3.778
20/7/2021	3565	1.874		22/8/2021	1948	2.676		24/9/2021	2046	3.819
21/7/2021	2972	1.895		23/8/2021	2628	2.705				
22/7/2021	2604	1.915		24/8/2021	4608	2.734		<b>ΣΥΝΟΛΙΚΑ:</b>	<b>218.185</b>	<b>230.976</b>



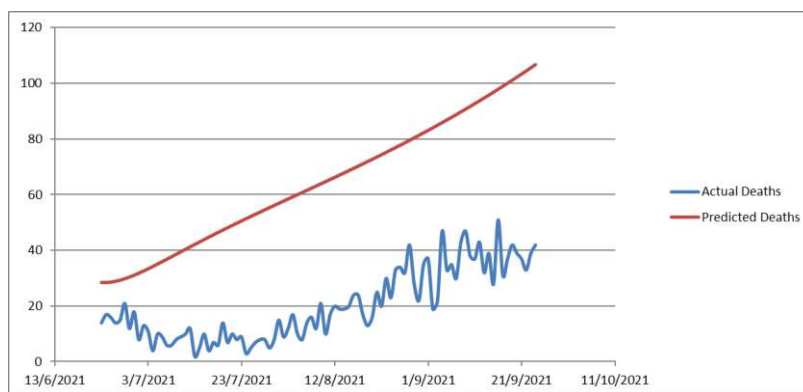
Εικόνα 7.18 Σύγκριση προβλέψεων κρουσμάτων με δεδομένα από 20/6/2021 έως 24/9/2021



Εικόνα 7.19 Σύγκριση πορείας συνολικών κρουσμάτων από 20/6/2021 έως 24/9/2021

Πίνακας 7.13 Σύγκριση προβλέψεων θανάτων με δεδομένα από 20/6/2021 έως 24/9/2021

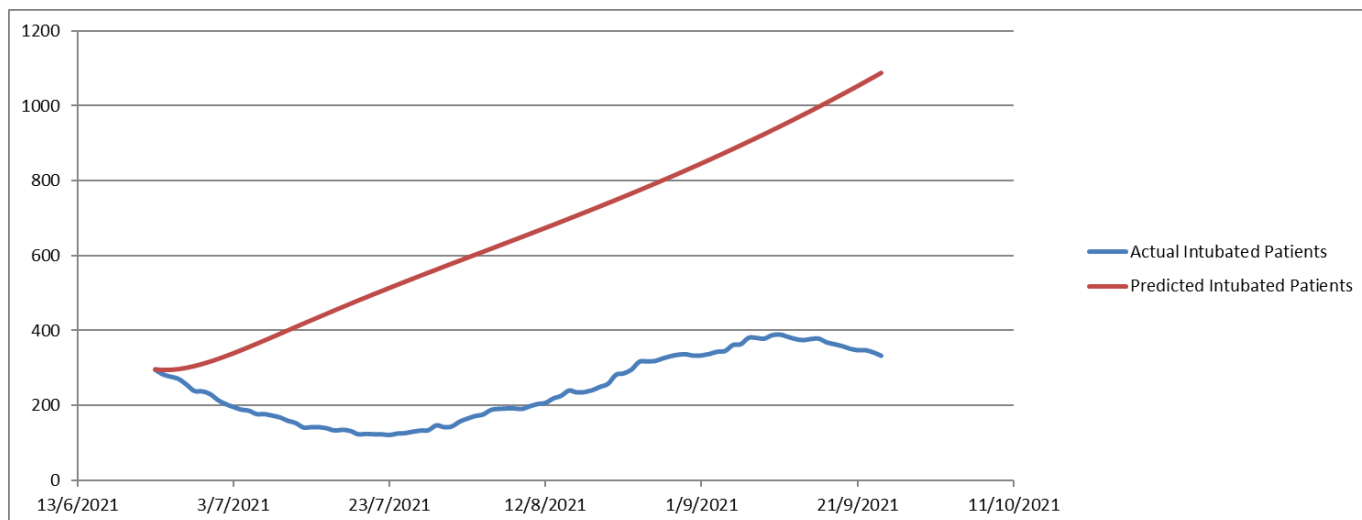
Αποβιώσαντες									
Ημερομηνία	Δεδομένα	Προβλέψεις							
20/6/2021	14	28	23/7/2021	7	53	25/8/2021	42	80	
21/6/2021	17	28	24/7/2021	8	54	26/8/2021	28	80	
22/6/2021	16	29	25/7/2021	8	55	27/8/2021	22	81	
23/6/2021	14	29	26/7/2021	5	55	28/8/2021	35	82	
24/6/2021	15	29	27/7/2021	8	56	29/8/2021	37	83	
25/6/2021	21	30	28/7/2021	15	57	30/8/2021	19	84	
26/6/2021	12	30	29/7/2021	9	58	31/8/2021	22	85	
27/6/2021	18	31	30/7/2021	12	58	1/9/2021	47	86	
28/6/2021	8	32	31/7/2021	17	59	2/9/2021	33	87	
29/6/2021	13	33	1/8/2021	10	60	3/9/2021	35	88	
30/6/2021	11	33	2/8/2021	8	61	4/9/2021	30	89	
1/7/2021	4	34	3/8/2021	14	62	5/9/2021	43	90	
2/7/2021	10	35	4/8/2021	16	62	6/9/2021	47	91	
3/7/2021	9	36	5/8/2021	12	63	7/9/2021	38	92	
4/7/2021	6	37	6/8/2021	21	64	8/9/2021	37	93	
5/7/2021	6	38	7/8/2021	10	65	9/9/2021	43	94	
6/7/2021	8	39	8/8/2021	17	65	10/9/2021	32	95	
7/7/2021	9	39	9/8/2021	20	66	11/9/2021	39	96	
8/7/2021	10	40	10/8/2021	19	67	12/9/2021	28	97	
9/7/2021	12	41	11/8/2021	19	68	13/9/2021	51	98	
10/7/2021	2	42	12/8/2021	20	69	14/9/2021	31	99	
11/7/2021	5	43	13/8/2021	24	69	15/9/2021	37	100	
12/7/2021	10	44	14/8/2021	24	70	16/9/2021	42	101	
13/7/2021	4	45	15/8/2021	17	71	17/9/2021	39	102	
14/7/2021	7	46	16/8/2021	13	72	18/9/2021	37	103	
15/7/2021	6	46	17/8/2021	16	73	19/9/2021	33	105	
16/7/2021	14	47	18/8/2021	25	74	20/9/2021	39	106	
17/7/2021	7	48	19/8/2021	20	74	21/9/2021	42	107	
18/7/2021	10	49	20/8/2021	30	75	22/9/2021	26	108	
19/7/2021	8	50	21/8/2021	23	76	23/9/2021	31	109	
20/7/2021	9	51	22/8/2021	33	77	24/9/2021	33	110	
21/7/2021	3	51	23/8/2021	34	78				
22/7/2021	5	52	24/8/2021	32	79				
						<b>ΣΥΝΟΛΙΚΑ:</b>	<b>1.987</b>	<b>6.371</b>	



Εικόνα 7.20 Σύγκριση προβλέψεων θανάτων με δεδομένα από 20/6/2021 έως 24/9/2021

Πίνακας 7.14 Σύγκριση προβλέψεων διασωληνωμένων με δεδομένα από 20/6/2021 έως 24/9/2021

<b>Διασωληνομένοι ασθενείς</b>										
<b>Ημερομηνία</b>	<b>Δεδομένα</b>	<b>Προβλέψεις</b>								
20/6/2021	296	297		23/7/2021	130	539		25/8/2021	332	810
21/6/2021	283	296		24/7/2021	133	547		26/8/2021	336	819
22/6/2021	277	296		25/7/2021	134	555		27/8/2021	337	828
23/6/2021	271	298		26/7/2021	147	563		28/8/2021	333	837
24/6/2021	256	301		27/7/2021	142	571		29/8/2021	334	847
25/6/2021	239	306		28/7/2021	144	579		30/8/2021	338	856
26/6/2021	238	311		29/7/2021	157	587		31/8/2021	344	865
27/6/2021	231	318		30/7/2021	165	595		1/9/2021	346	875
28/6/2021	215	325		31/7/2021	172	603		2/9/2021	362	885
29/6/2021	204	332		1/8/2021	176	611		3/9/2021	364	894
30/6/2021	196	340		2/8/2021	188	619		4/9/2021	381	904
1/7/2021	189	348		3/8/2021	191	626		5/9/2021	381	914
2/7/2021	186	357		4/8/2021	192	634		6/9/2021	379	924
3/7/2021	177	365		5/8/2021	192	642		7/9/2021	388	934
4/7/2021	177	374		6/8/2021	191	650		8/9/2021	390	944
5/7/2021	173	383		7/8/2021	198	658		9/9/2021	384	955
6/7/2021	168	392		8/8/2021	204	666		10/9/2021	378	965
7/7/2021	159	401		9/8/2021	207	674		11/9/2021	375	976
8/7/2021	153	410		10/8/2021	219	682		12/9/2021	378	986
9/7/2021	141	419		11/8/2021	226	691		13/9/2021	379	997
10/7/2021	142	428		12/8/2021	240	699		14/9/2021	369	1.008
11/7/2021	142	437		13/8/2021	235	707		15/9/2021	364	1.019
12/7/2021	139	446		14/8/2021	236	715		16/9/2021	359	1.030
13/7/2021	133	455		15/8/2021	241	723		17/9/2021	352	1.041
14/7/2021	135	463		16/8/2021	250	732		18/9/2021	348	1.053
15/7/2021	132	472		17/8/2021	258	740		19/9/2021	348	1.064
16/7/2021	123	481		18/8/2021	282	749		20/9/2021	342	1.076
17/7/2021	124	489		19/8/2021	286	757		21/9/2021	333	1.087
18/7/2021	123	497		20/8/2021	296	766		22/9/2021	333	1.099
19/7/2021	123	506		21/8/2021	317	775		23/9/2021	331	1.111
20/7/2021	121	514		22/8/2021	318	783		24/9/2021	331	1.123
21/7/2021	125	522		23/8/2021	319	792				
22/7/2021	126	531		24/8/2021	326	801				



Εικόνα 7.21 Σύγκριση προβλέψεων διασωληνωμένων με δεδομένα από 20/6/2021 έως 24/9/2021

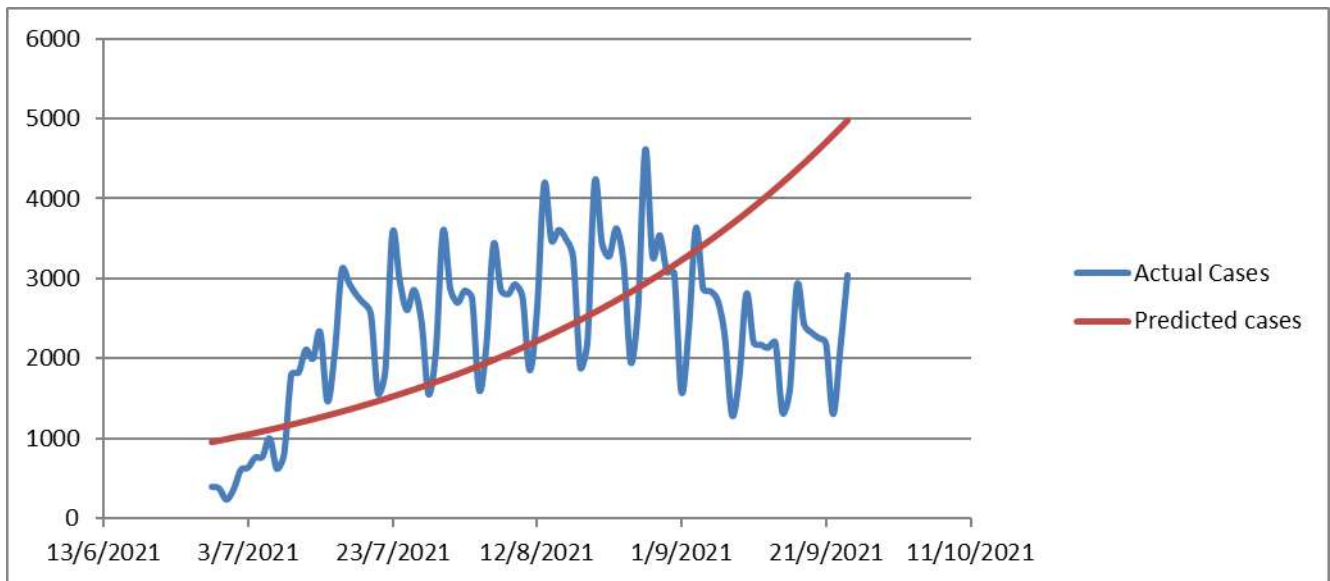
Πίνακας 7.15 Αποκλίσεις προβλέψεων από πραγματικές τιμές

<b>Αποτελέσματα</b>			
	<b>Κρούσματα</b>	<b>Θάνατοι</b>	<b>Διασωληνομένοι</b>
<b>ΜΑΠΣ</b>	69,14%	335,07%	182,12%
<b>Συνολικό σφάλμα</b>	5,86%	220,65%	239,35%

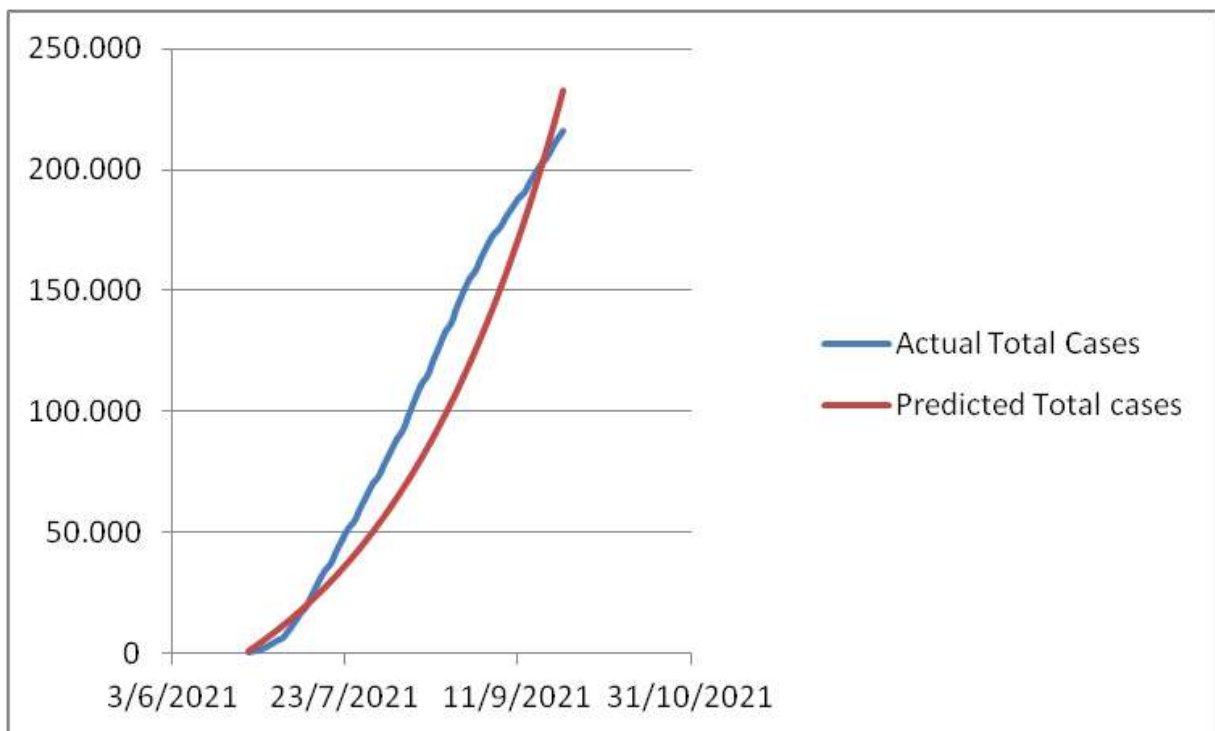
3) Η πορεία του ίδιου περίπου διαστήματος (25/6/2021-24/9/2021), χρησιμοποιώντας τα πιο πρόσφατα διαθέσιμα δεδομένα. Παρατηρείται πως τα τελευταία δεδομένα έχουν αφετηρία περί τα μέσα του Ιουλίου, γεγονός που οφείλετε στην έναρξη της εκθετικής πορείας από εκείνη την περίοδο και μετά. Η εκθετική αύξηση είναι ασφαλές να υποτεθεί πως οφείλεται στη μετάλλαξη Δ' που ξεκίνησε να εξαπλώνεται στη χώρα μας το δεύτερο μισό του καλοκαιριού. Συνοψίζοντας χρησιμοποιήθηκε ο πίνακας [ ] και στο αρχικό διάνυσμα που αναφέρεται στις 24/6/2021 υπήρχαν 33.476 ύποπτοι (μέσος όρος από 16/6/2021 έως 24/6/2021), 6,037 ήπια περιστατικά και 239 διασωληνομένοι.

Πίνακας 7.16 Σύγκριση προβλέψεων κρουσμάτων με δεδομένα για 25/6/2021-24/9/2021

<b>Κρούσματα</b>										
<b>Ημερομηνία</b>	<b>Δεδομένα</b>	<b>Προβλέψεις</b>								
25/6/2021	395	950		27/7/2021	3593	1.736		28/8/2021	3064	3.171
26/6/2021	375	968		28/7/2021	2874	1.769		29/8/2021	1582	3.231
27/6/2021	236	986		29/7/2021	2696	1.802		30/8/2021	2343	3.293
28/6/2021	362	1.005		30/7/2021	2845	1.836		31/8/2021	3628	3.355
29/6/2021	605	1.024		31/7/2021	2760	1.871		1/9/2021	2871	3.419
30/6/2021	633	1.044		1/8/2021	1605	1.907		2/9/2021	2840	3.484
1/7/2021	761	1.064		2/8/2021	2156	1.943		3/9/2021	2729	3.550
2/7/2021	771	1.084		3/8/2021	3428	1.980		4/9/2021	2286	3.618
3/7/2021	1001	1.104		4/8/2021	2856	2.018		5/9/2021	1291	3.687
4/7/2021	619	1.125		5/8/2021	2800	2.056		6/9/2021	1765	3.757
5/7/2021	801	1.147		6/8/2021	2925	2.095		7/9/2021	2807	3.828
6/7/2021	1797	1.169		7/8/2021	2768	2.135		8/9/2021	2198	3.901
7/7/2021	1820	1.191		8/8/2021	1852	2.176		9/9/2021	2170	3.975
8/7/2021	2107	1.213		9/8/2021	2595	2.217		10/9/2021	2132	4.051
9/7/2021	1997	1.237		10/8/2021	4181	2.259		11/9/2021	2197	4.128
10/7/2021	2327	1.260		11/8/2021	3475	2.302		12/9/2021	1319	4.206
11/7/2021	1465	1.284		12/8/2021	3605	2.346		13/9/2021	1608	4.286
12/7/2021	2065	1.308		13/8/2021	3493	2.391		14/9/2021	2919	4.368
13/7/2021	3109	1.333		14/8/2021	3270	2.436		15/9/2021	2422	4.451
14/7/2021	2938	1.359		15/8/2021	1888	2.482		16/9/2021	2322	4.535
15/7/2021	2794	1.384		16/8/2021	2218	2.530		17/9/2021	2255	4.622
16/7/2021	2691	1.411		17/8/2021	4206	2.578		18/9/2021	2190	4.710
17/7/2021	2562	1.438		18/8/2021	3442	2.627		19/9/2021	1305	4.799
18/7/2021	1558	1.465		19/8/2021	3273	2.677		20/9/2021	2126	4.890
19/7/2021	1834	1.493		20/8/2021	3625	2.727		21/9/2021	3040	4.983
20/7/2021	3565	1.521		21/8/2021	3191	2.779		22/9/2021	2329	5.078
21/7/2021	2972	1.550		22/8/2021	1948	2.832		23/9/2021	2125	5.175
22/7/2021	2604	1.580		23/8/2021	2628	2.886		24/9/2021	2046	5.273
23/7/2021	2854	1.610		24/8/2021	4608	2.941				
24/7/2021	2472	1.640		25/8/2021	3273	2.997		<b>ΣΥΝΟΛΙΚΑ:</b>	<b>216.313</b>	<b>232.641</b>
25/7/2021	1553	1.671		26/8/2021	3538	3.054				
26/7/2021	2070	1.703		27/8/2021	3076	3.112				



Εικόνα 7.22 Σύγκριση προβλέψεων κρουσμάτων με δεδομένα για τη χρονική περίοδο 25/6/2021-24/9/2021

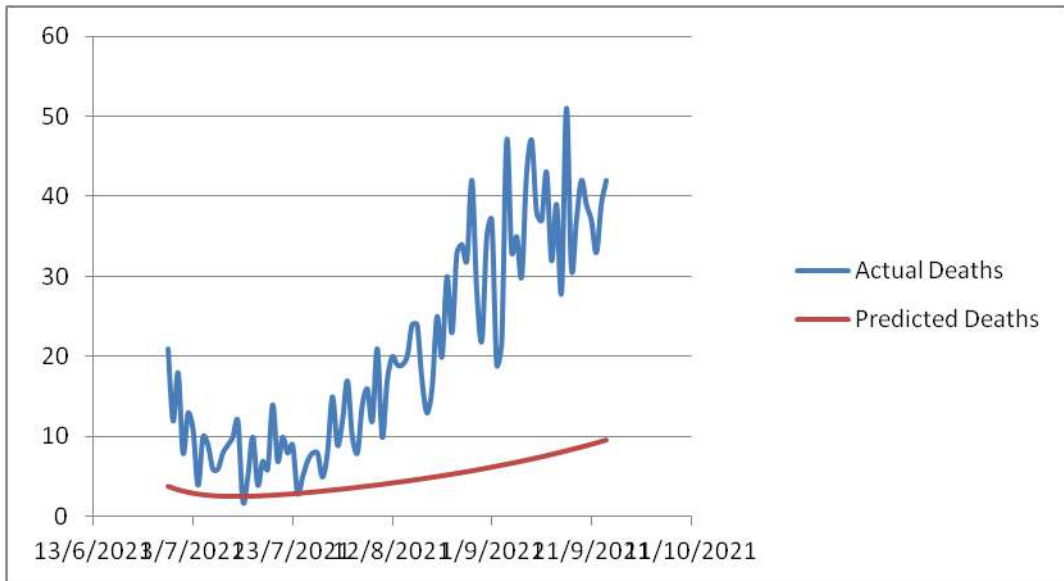


Εικόνα 7.23 Σύγκριση συνολικής πορείας κρουσμάτων σε Ελλάδα για τη χρονική περίοδο 25/6/2021-24/9/2021

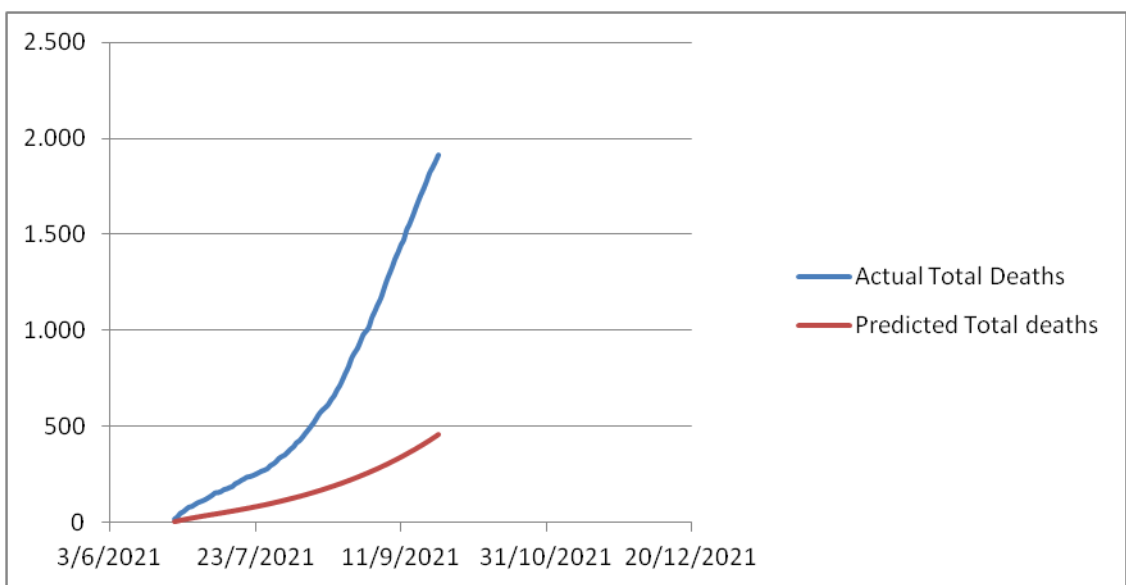


Πίνακας 7.17 Σύγκριση προβλέψεων θανάτων με δεδομένα για 25/6/2021-24/9/2021

<b>Αποβιώσαντες</b>										
<b>Ημερομηνία</b>	<b>Δεδομένα</b>	<b>Προβλέψεις</b>								
25/6/2021	21	4		27/7/2021	8	3		28/8/2021	35	6
26/6/2021	12	4		28/7/2021	15	3		29/8/2021	37	6
27/6/2021	18	3		29/7/2021	9	3		30/8/2021	19	6
28/6/2021	8	3		30/7/2021	12	3		31/8/2021	22	6
29/6/2021	13	3		31/7/2021	17	4		1/9/2021	47	7
30/6/2021	11	3		1/8/2021	10	4		2/9/2021	33	7
1/7/2021	4	3		2/8/2021	8	4		3/9/2021	35	7
2/7/2021	10	3		3/8/2021	14	4		4/9/2021	30	7
3/7/2021	9	3		4/8/2021	16	4		5/9/2021	43	7
4/7/2021	6	3		5/8/2021	12	4		6/9/2021	47	7
5/7/2021	6	3		6/8/2021	21	4		7/9/2021	38	7
6/7/2021	8	3		7/8/2021	10	4		8/9/2021	37	7
7/7/2021	9	3		8/8/2021	17	4		9/9/2021	43	8
8/7/2021	10	3		9/8/2021	20	4		10/9/2021	32	8
9/7/2021	12	3		10/8/2021	19	4		11/9/2021	39	8
10/7/2021	2	3		11/8/2021	19	4		12/9/2021	28	8
11/7/2021	5	3		12/8/2021	20	4		13/9/2021	51	8
12/7/2021	10	3		13/8/2021	24	5		14/9/2021	31	8
13/7/2021	4	3		14/8/2021	24	5		15/9/2021	37	9
14/7/2021	7	3		15/8/2021	17	5		16/9/2021	42	9
15/7/2021	6	3		16/8/2021	13	5		17/9/2021	39	9
16/7/2021	14	3		17/8/2021	16	5		18/9/2021	37	9
17/7/2021	7	3		18/8/2021	25	5		19/9/2021	33	9
18/7/2021	10	3		19/8/2021	20	5		20/9/2021	39	9
19/7/2021	8	3		20/8/2021	30	5		21/9/2021	42	10
20/7/2021	9	3		21/8/2021	23	5		22/9/2021	26	10
21/7/2021	3	3		22/8/2021	33	5		23/9/2021	31	10
22/7/2021	5	3		23/8/2021	34	6		24/9/2021	33	10
23/7/2021	7	3		24/8/2021	32	6				
24/7/2021	8	3		25/8/2021	42	6		<b>ΣΥΝΟΛΙΚΑ:</b>	<b>1.911</b>	<b>458</b>
25/7/2021	8	3		26/8/2021	28	6				
26/7/2021	5	3		27/8/2021	22	6				



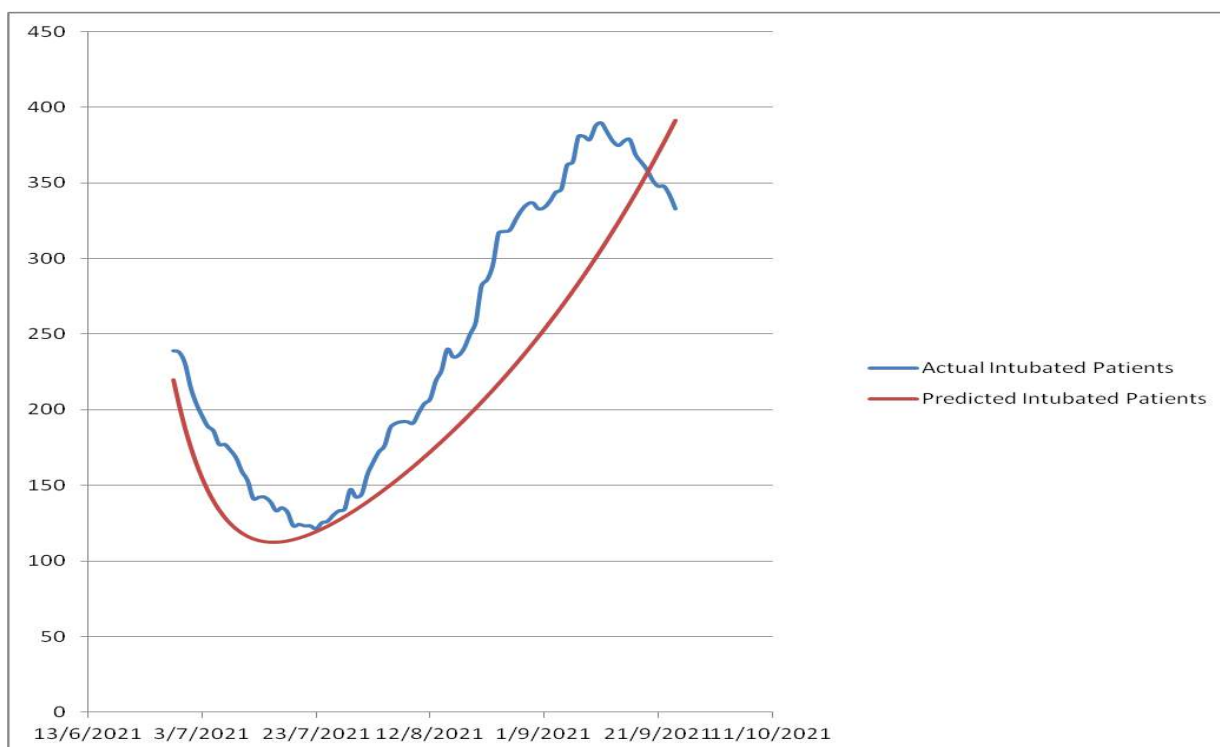
Εικόνα 7.24 Σύγκριση προβλέψεων θανάτων με δεδομένα για τη χρονική περίοδο 25/6/2021-24/9/2021



Εικόνα 7.25 Σύγκριση συνολικής πορείας θανάτων σε Ελλάδα για τη χρονική περίοδο 25/6/2021-24/9/2021

Πίνακας 7.18 Σύγκριση προβλέψεων διασωληνομένων με δεδομένα από 25/6/2021-24/9/2021

<b>Διασωληνομένοι ασθενείς</b>										
<b>Ημερομηνία</b>	<b>Δεδομένα</b>	<b>Προβλέψεις</b>								
25/6/2021	239	220		27/7/2021	142	134		28/8/2021	333	248
26/6/2021	238	203		28/7/2021	144	136		29/8/2021	334	253
27/6/2021	231	188		29/7/2021	157	139		30/8/2021	338	258
28/6/2021	215	176		30/7/2021	165	142		31/8/2021	344	263
29/6/2021	204	165		31/7/2021	172	144		1/9/2021	346	268
30/6/2021	196	155		1/8/2021	176	147		2/9/2021	362	273
1/7/2021	189	147		2/8/2021	188	150		3/9/2021	364	278
2/7/2021	186	140		3/8/2021	191	153		4/9/2021	381	284
3/7/2021	177	134		4/8/2021	192	156		5/9/2021	381	289
4/7/2021	177	129		5/8/2021	192	159		6/9/2021	379	295
5/7/2021	173	124		6/8/2021	191	162		7/9/2021	388	300
6/7/2021	168	121		7/8/2021	198	165		8/9/2021	390	306
7/7/2021	159	118		8/8/2021	204	169		9/9/2021	384	312
8/7/2021	153	116		9/8/2021	207	172		10/9/2021	378	318
9/7/2021	141	114		10/8/2021	219	175		11/9/2021	375	324
10/7/2021	142	113		11/8/2021	226	179		12/9/2021	378	330
11/7/2021	142	113		12/8/2021	240	182		13/9/2021	379	337
12/7/2021	139	112		13/8/2021	235	186		14/9/2021	369	343
13/7/2021	133	112		14/8/2021	236	190		15/9/2021	364	350
14/7/2021	135	113		15/8/2021	241	193		16/9/2021	359	356
15/7/2021	132	113		16/8/2021	250	197		17/9/2021	352	363
16/7/2021	123	114		17/8/2021	258	201		18/9/2021	348	370
17/7/2021	124	115		18/8/2021	282	205		19/9/2021	348	377
18/7/2021	123	116		19/8/2021	286	209		20/9/2021	342	384
19/7/2021	123	118		20/8/2021	296	213		21/9/2021	333	391
20/7/2021	121	119		21/8/2021	317	217		22/9/2021	333	399
21/7/2021	125	121		22/8/2021	318	221		23/9/2021	331	407
22/7/2021	126	123		23/8/2021	319	226		24/9/2021	331	414
23/7/2021	130	125		24/8/2021	326	230				
24/7/2021	133	127		25/8/2021	332	235				
25/7/2021	134	129		26/8/2021	336	239				
26/7/2021	147	132		27/8/2021	337	244				



Εικόνα 7.26 Σύγκριση προβλέψεων θανάτων με δεδομένα για τη χρονική περίοδο 25/6/2021-24/9/2021

Πίνακας 7.19 Αποκλίσεις προβλέψεων από πραγματικές τιμές

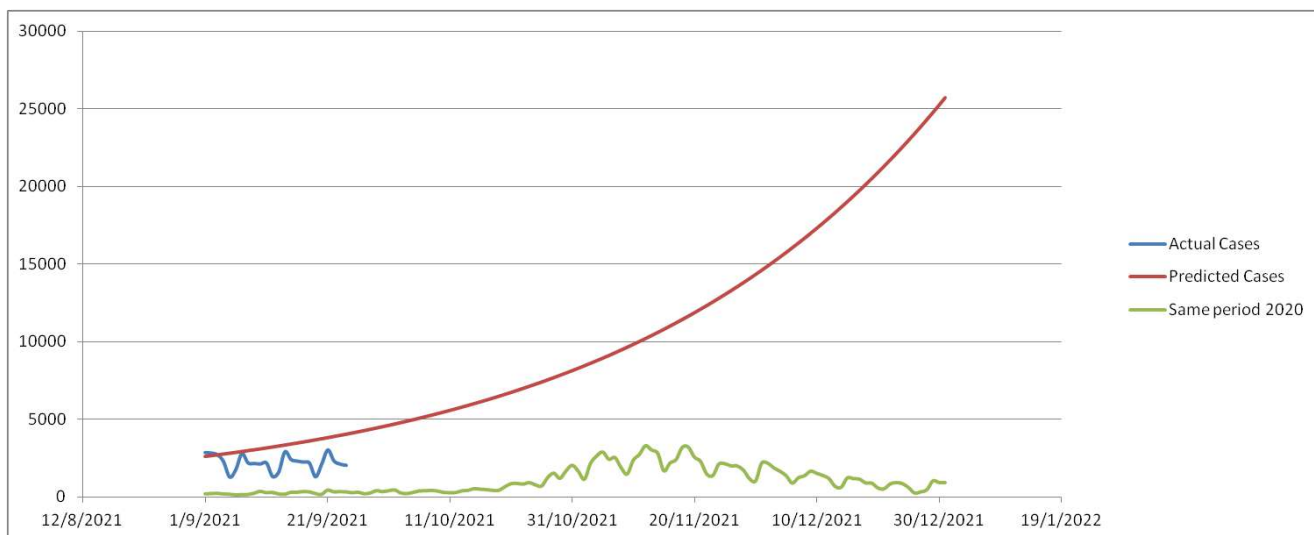
<b>Αποτελέσματα</b>			
	<b>Κρούσματα</b>	<b>Θάνατοι</b>	<b>Διασωληνομένοι</b>
<b>ΜΑΠΣ</b>	59,12%	70,24%	17,76%
<b>Συνολικό σφάλμα</b>	7,55%	76,04%	25,15%

4) Μελλοντικές προβλέψεις χρησιμοποιώντας τα τελευταία δεδομένα που αντιστοιχούν στη μετάλλαξη Δ', δηλαδή χρησιμοποιώντας τον πίνακα [ ]. Οι προβλέψεις ξεκινούν από την 1/9/2021 και συνεπώς η ημέρα 0 είναι η 31/8/2021 με το αρχικό διάνυσμα να παίρνει τις τιμές 92,825 για τους υπόπτους (μέσος όρος από 24/8/2021 έως 31/8/2021), 42,670 για τα ήπια περιστατικά και 344 διασωληνομένους. Σκοπός αυτής της πρόβλεψης είναι να ληφθούν έγκαιρα σωστές αποφάσεις από τη κυβέρνηση για τους επόμενους μήνες (Οκτώβριο, Νοέμβριο και Δεκέμβριο). Επιπλέον, στα διαγράμματα που ακολουθούν φαίνεται η πορεία της πρόβλεψης παράλληλα με την περσινή πορεία της πανδημίας. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του μαθηματικού μοντέλου και λαμβάνοντας υπόψη πως το

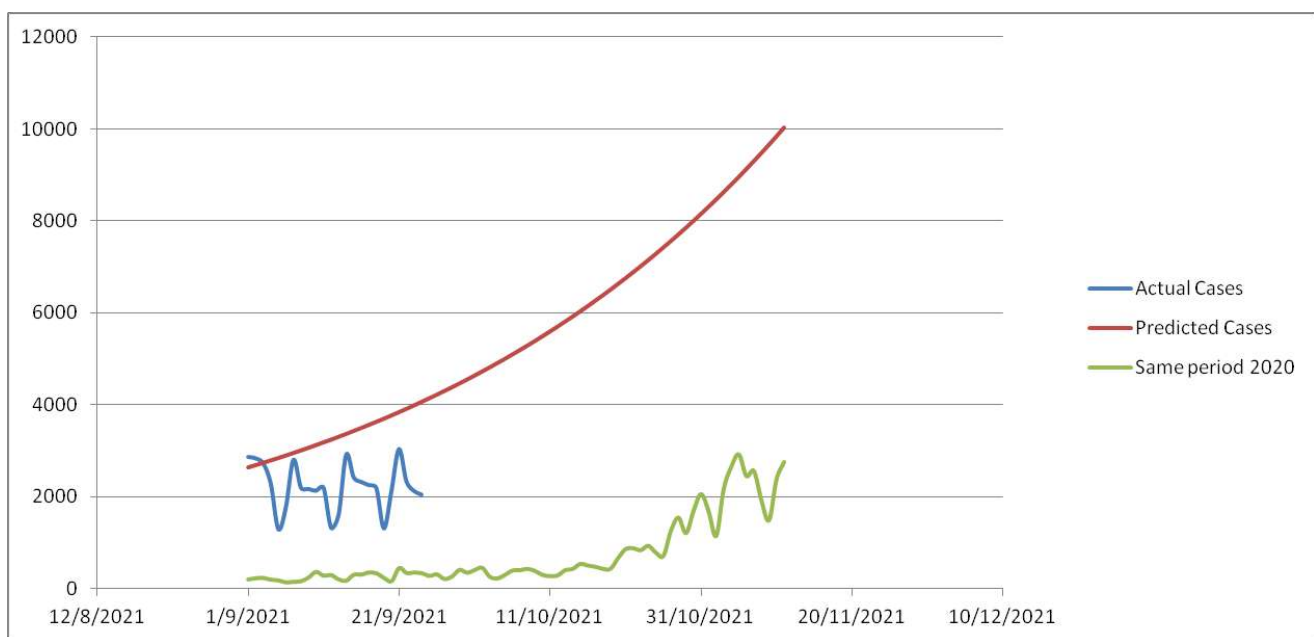
κάθε κύμα της πανδημίας κράτησε περίπου τρεις με τέσσερις μήνες, το μοντέλο αναμένεται να είναι αντιπροσωπευτικό και έγκυρο μέχρι τις πρώτες δεκαπέντε μέρες του Νοεμβρίου, όπου θα έχουν συμπληρωθεί οι 4 μήνες από την άφιξη του τέταρτου κύματος στην Ελλάδα (αρχές Ιουλίου).

Πίνακας 7.20 Αποτελέσματα προβλέψεων κρουσμάτων από 1/9/2021 έως τέλος του χρόνου.

<b>Κρούσματα</b>								
Ημερομηνία	Δεδομένα	Προβλέψεις						
1/9/2021	2871	2.634		12/10/2021	5.701		22/11/2021	12.342
2/9/2021	2840	2.684		13/10/2021	5.810		23/11/2021	12.576
3/9/2021	2729	2.735		14/10/2021	5.920		24/11/2021	12.815
4/9/2021	2286	2.787		15/10/2021	6.033		25/11/2021	13.059
5/9/2021	1291	2.840		16/10/2021	6.148		26/11/2021	13.307
6/9/2021	1765	2.894		17/10/2021	6.265		27/11/2021	13.560
7/9/2021	2807	2.949		18/10/2021	6.384		28/11/2021	13.818
8/9/2021	2198	3.005		19/10/2021	6.505		29/11/2021	14.081
9/9/2021	2170	3.062		20/10/2021	6.629		30/11/2021	14.349
10/9/2021	2132	3.121		21/10/2021	6.755		1/12/2021	14.621
11/9/2021	2197	3.180		22/10/2021	6.883		2/12/2021	14.899
12/9/2021	1319	3.240		23/10/2021	7.014		3/12/2021	15.183
13/9/2021	1608	3.302		24/10/2021	7.147		4/12/2021	15.471
14/9/2021	2919	3.365		25/10/2021	7.283		5/12/2021	15.766
15/9/2021	2422	3.429		26/10/2021	7.422		6/12/2021	16.065
16/9/2021	2322	3.494		27/10/2021	7.563		7/12/2021	16.371
17/9/2021	2255	3.560		28/10/2021	7.707		8/12/2021	16.682
18/9/2021	2190	3.628		29/10/2021	7.853		9/12/2021	16.999
19/9/2021	1305	3.697		30/10/2021	8.003		10/12/2021	17.322
20/9/2021	2126	3.767		31/10/2021	8.155		11/12/2021	17.652
21/9/2021	3040	3.839		1/11/2021	8.310		12/12/2021	17.987
22/9/2021	2329	3.912		2/11/2021	8.468		13/12/2021	18.329
23/9/2021	2125	3.986		3/11/2021	8.629		14/12/2021	18.678
24/9/2021	2046	4.062		4/11/2021	8.793		15/12/2021	19.033
25/9/2021		4.139		5/11/2021	8.960		16/12/2021	19.395
26/9/2021		4.218		6/11/2021	9.130		17/12/2021	19.764
27/9/2021		4.298		7/11/2021	9.304		18/12/2021	20.140
28/9/2021		4.380		8/11/2021	9.481		19/12/2021	20.523
29/9/2021		4.463		9/11/2021	9.661		20/12/2021	20.913
30/9/2021		4.548		10/11/2021	9.845		21/12/2021	21.310
1/10/2021		4.635		11/11/2021	10.032		22/12/2021	21.716
2/10/2021		4.723		12/11/2021	10.223		23/12/2021	22.128
3/10/2021		4.812		13/11/2021	10.417		24/12/2021	22.549
4/10/2021		4.904		14/11/2021	10.615		25/12/2021	22.978
5/10/2021		4.997		15/11/2021	10.817		26/12/2021	23.415
6/10/2021		5.092		16/11/2021	11.023		27/12/2021	23.860
7/10/2021		5.189		17/11/2021	11.232		28/12/2021	24.314
8/10/2021		5.288		18/11/2021	11.446		29/12/2021	24.776
9/10/2021		5.388		19/11/2021	11.664		30/12/2021	25.247
10/10/2021		5.491		20/11/2021	11.885		31/12/2021	25.727
11/10/2021		5.595		21/11/2021	12.111			



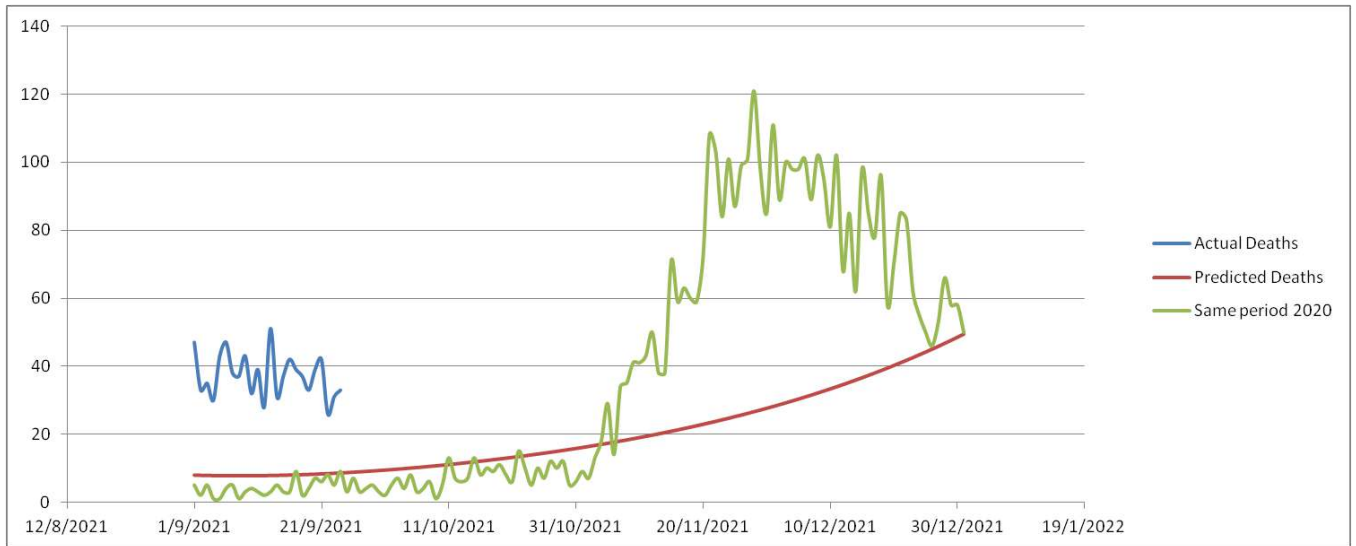
Εικόνα 7.27 Σύγκριση προβλέψεων κρουσμάτων με την πορεία του αντίστοιχου περσινού διαστήματος.



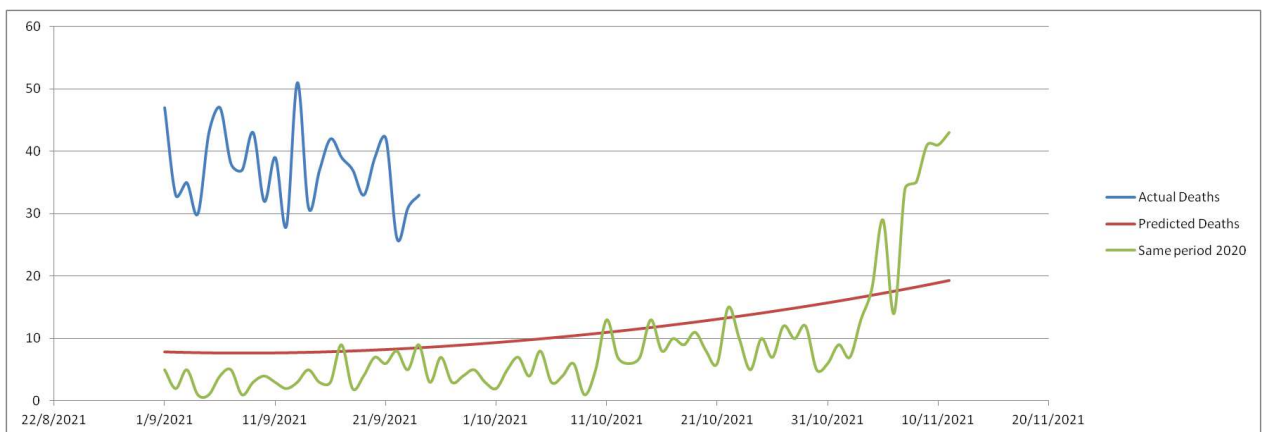
Εικόνα 7.28 Σύγκριση προβλέψεων κρουσμάτων με την πορεία του αντίστοιχου περσινού διαστήματος στο χρονικό περιθώριο που αναμένεται οι προβλέψεις να είναι έγκυρες.

Πίνακας 7.21 Αποτελέσματα προβλέψεων θανάτων από 1/9/2021 έως τέλος του χρόνου.

Θάνατοι							
Ημερομηνία	Δεδομένα	Προβλέψεις					
1/9/2021	47	8	12/10/2021	11	22/11/2021	24	
2/9/2021	33	8	13/10/2021	11	23/11/2021	24	
3/9/2021	35	8	14/10/2021	12	24/11/2021	25	
4/9/2021	30	8	15/10/2021	12	25/11/2021	25	
5/9/2021	43	8	16/10/2021	12	26/11/2021	26	
6/9/2021	47	8	17/10/2021	12	27/11/2021	26	
7/9/2021	38	8	18/10/2021	12	28/11/2021	27	
8/9/2021	37	8	19/10/2021	13	29/11/2021	27	
9/9/2021	43	8	20/10/2021	13	30/11/2021	28	
10/9/2021	32	8	21/10/2021	13	1/12/2021	28	
11/9/2021	39	8	22/10/2021	13	2/12/2021	29	
12/9/2021	28	8	23/10/2021	14	3/12/2021	29	
13/9/2021	51	8	24/10/2021	14	4/12/2021	30	
14/9/2021	31	8	25/10/2021	14	5/12/2021	30	
15/9/2021	37	8	26/10/2021	14	6/12/2021	31	
16/9/2021	42	8	27/10/2021	15	7/12/2021	32	
17/9/2021	39	8	28/10/2021	15	8/12/2021	32	
18/9/2021	37	8	29/10/2021	15	9/12/2021	33	
19/9/2021	33	8	30/10/2021	15	10/12/2021	33	
20/9/2021	39	8	31/10/2021	16	11/12/2021	34	
21/9/2021	42	8	1/11/2021	16	12/12/2021	35	
22/9/2021	26	8	2/11/2021	16	13/12/2021	35	
23/9/2021	31	8	3/11/2021	17	14/12/2021	36	
24/9/2021	33	9	4/11/2021	17	15/12/2021	37	
25/9/2021		9	5/11/2021	17	16/12/2021	37	
26/9/2021		9	6/11/2021	18	17/12/2021	38	
27/9/2021		9	7/11/2021	18	18/12/2021	39	
28/9/2021		9	8/11/2021	18	19/12/2021	39	
29/9/2021		9	9/11/2021	19	20/12/2021	40	
30/9/2021		9	10/11/2021	19	21/12/2021	41	
1/10/2021		9	11/11/2021	19	22/12/2021	42	
2/10/2021		10	12/11/2021	20	23/12/2021	43	
3/10/2021		10	13/11/2021	20	24/12/2021	43	
4/10/2021		10	14/11/2021	20	25/12/2021	44	
5/10/2021		10	15/11/2021	21	26/12/2021	45	
6/10/2021		10	16/11/2021	21	27/12/2021	46	
7/10/2021		10	17/11/2021	22	28/12/2021	47	
8/10/2021		10	18/11/2021	22	29/12/2021	48	
9/10/2021		11	19/11/2021	22	30/12/2021	49	
10/10/2021		11	20/11/2021	23	31/12/2021	50	
11/10/2021		11	21/11/2021	23			



Εικόνα 7.29 Σύγκριση προβλέψεων θανάτων με την πορεία του αντίστοιχου περσινού διαστήματος.

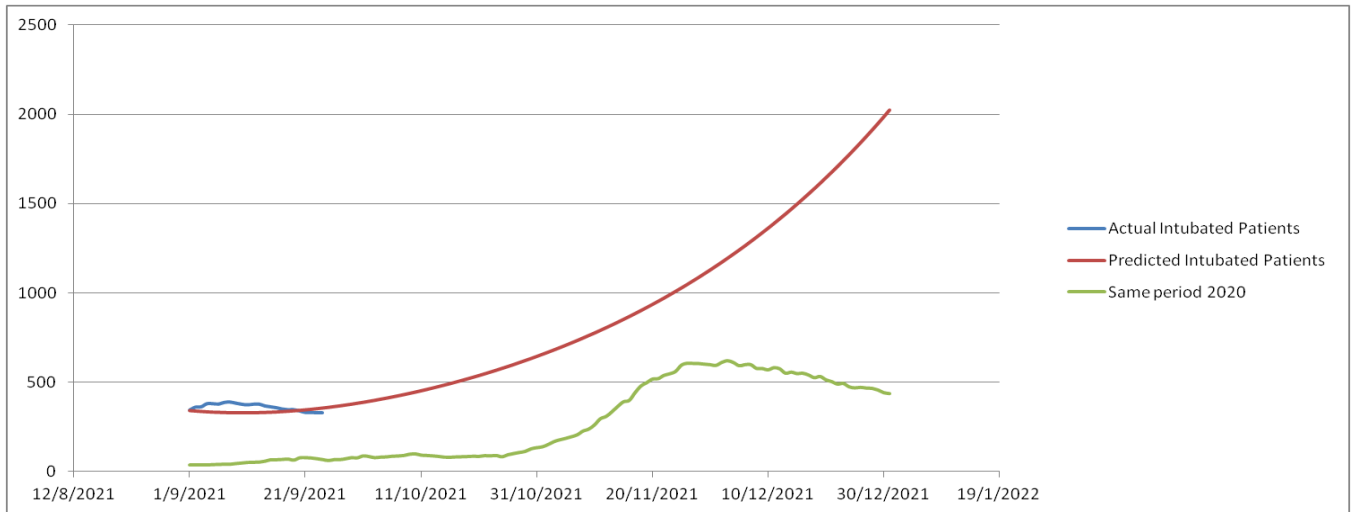


Εικόνα 7.30 Σύγκριση προβλέψεων θανάτων με την πορεία του αντίστοιχου περσινού διαστήματος στο χρονικό περιθώριο που αναμένεται οι προβλέψεις να είναι έγκυρες.

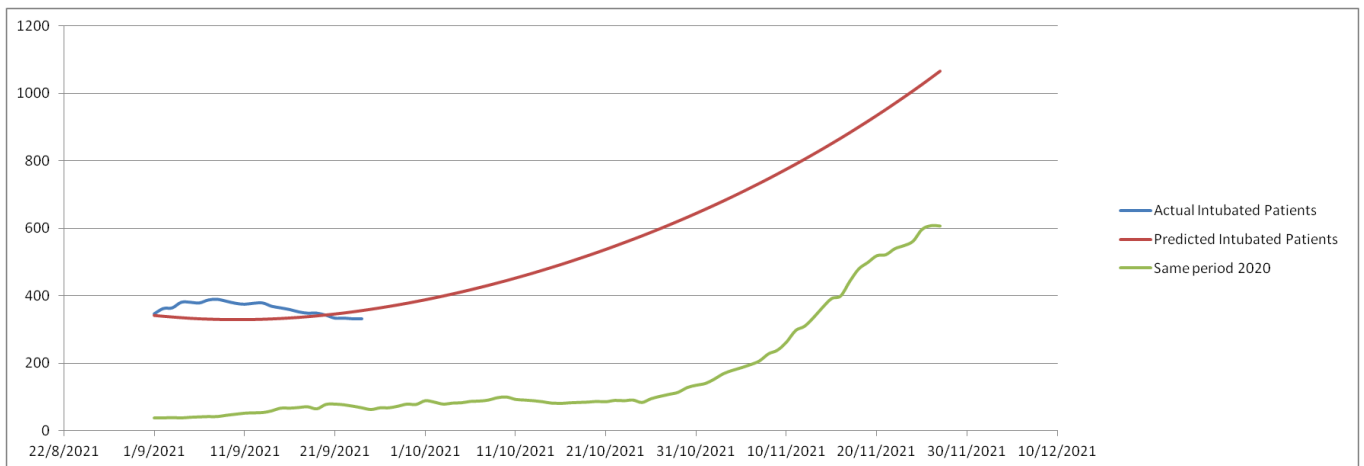


Πίνακας 7.22 Αποτελέσματα προβλέψεων διασωληνομένων ασθενών από 1/9/2021 έως τέλος του χρόνου

<b>Διασωληνομένοι ασθενείς</b>								
<b>Ημερομηνία</b>	<b>Δεδομένα</b>	<b>Προβλέψεις</b>						
1/9/2021	346	341		12/10/2021	460		22/11/2021	971
2/9/2021	362	339		13/10/2021	468		23/11/2021	989
3/9/2021	364	336		14/10/2021	476		24/11/2021	1.008
4/9/2021	381	334		15/10/2021	484		25/11/2021	1.027
5/9/2021	381	333		16/10/2021	492		26/11/2021	1.046
6/9/2021	379	331		17/10/2021	501		27/11/2021	1.066
7/9/2021	388	330		18/10/2021	510		28/11/2021	1.087
8/9/2021	390	329		19/10/2021	519		29/11/2021	1.107
9/9/2021	384	329		20/10/2021	528		30/11/2021	1.128
10/9/2021	378	329		21/10/2021	537		1/12/2021	1.150
11/9/2021	375	329		22/10/2021	547		2/12/2021	1.171
12/9/2021	378	329		23/10/2021	557		3/12/2021	1.194
13/9/2021	379	330		24/10/2021	567		4/12/2021	1.216
14/9/2021	369	331		25/10/2021	577		5/12/2021	1.239
15/9/2021	364	332		26/10/2021	588		6/12/2021	1.263
16/9/2021	359	334		27/10/2021	599		7/12/2021	1.287
17/9/2021	352	335		28/10/2021	610		8/12/2021	1.311
18/9/2021	348	338		29/10/2021	621		9/12/2021	1.336
19/9/2021	348	340		30/10/2021	633		10/12/2021	1.362
20/9/2021	342	343		31/10/2021	644		11/12/2021	1.388
21/9/2021	333	345		1/11/2021	656		12/12/2021	1.414
22/9/2021	333	349		2/11/2021	668		13/12/2021	1.441
23/9/2021	331	352		3/11/2021	681		14/12/2021	1.468
24/9/2021	331	356		4/11/2021	694		15/12/2021	1.496
25/9/2021		360		5/11/2021	707		16/12/2021	1.524
26/9/2021		364		6/11/2021	720		17/12/2021	1.553
27/9/2021		368		7/11/2021	733		18/12/2021	1.583
28/9/2021		373		8/11/2021	747		19/12/2021	1.613
29/9/2021		377		9/11/2021	761		20/12/2021	1.644
30/9/2021		382		10/11/2021	775		21/12/2021	1.675
1/10/2021		388		11/11/2021	790		22/12/2021	1.707
2/10/2021		393		12/11/2021	805		23/12/2021	1.739
3/10/2021		399		13/11/2021	820		24/12/2021	1.772
4/10/2021		405		14/11/2021	836		25/12/2021	1.806
5/10/2021		411		15/11/2021	851		26/12/2021	1.840
6/10/2021		417		16/11/2021	867		27/12/2021	1.875
7/10/2021		424		17/11/2021	884		28/12/2021	1.911
8/10/2021		431		18/11/2021	901		29/12/2021	1.947
9/10/2021		438		19/11/2021	918		30/12/2021	1.984
10/10/2021		445		20/11/2021	935		31/12/2021	2.022
11/10/2021		452		21/11/2021	953			



Εικόνα 7.31 Σύγκριση προβλέψεων διασωληνομένων με την πορεία του αντίστοιχου περσινού διαστήματος.



Εικόνα 7.32 Σύγκριση προβλέψεων θανάτων με την πορεία του αντίστοιχου περσινού διαστήματος στο χρονικό περιθώριο που αναμένεται οι προβλέψεις να είναι έγκυρες.

## Κεφάλαιο 8. Συμπεράσματα σεναρίων πρόβλεψης

### 8.1 Συμπεράσματα σεναρίων πρόβλεψης με μεθόδους ARIMA

#### 8.1.1 Συμπεράσματα προβλεπτικών μοντέλων ARIMA ημερήσιων κρουσμάτων βραχυχρόνιου ορίζοντα

Σε αυτό το κεφάλαιο σχολιάζονται τα αποτελέσματα που εξάχθηκαν από το κάθε μοντέλο πρόβλεψης ARIMA ημερήσιων κρουσμάτων για ορίζοντα πρόβλεψης από τις 4/6/21 έως τις 3/7/21 τα οποία συγκεντρώνονται στην παρακάτω εικόνα.

Μοντέλα πρόβλεψης	5.1	5.2	5.3	5.5.1	5.5.2	5.5.3 d=6	5.5.3 d=14	5.6
Απολυτη διαφορά πρόβλεψης	1.402	5.434	10.136	5.566	282	1.133	9.207	2.342
Μέσο Απόλυτο Ποσοσταίο Σφάλμα (ΜΑΠΣ)	53,62%	26,45%	44,23%	60,10%	71,60%	66,19%	78,02%	30,44%
Μέγιστο Απόλυτο Ποσοσταίο Σφάλμα	160,54%	81,50%	70,02%	159,03%	207,60%	207,92%	237,30%	94,34%
Ελάχιστο Απόλυτο Ποσοσταίο Σφάλμα	3%	1%	30%	0%	3%	2%	2%	1%

Εικόνα 8.1 Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών στοιχείων

Σύμφωνα με τα παραπάνω είναι δύσκολο η έρευνα να καταλήξει σε κάποιο συγκεκριμένο συμπέρασμα δεδομένου και της χρονικής περιόδου που γίνονται οι προβλέψεις. Αυτό δεν αποτελεί δικαιολογία αλλά γεγονός καθώς τα συγκεκριμένα μοντέλα επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τις επικρατούσες σε μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο συνθήκες καθώς βασίζονται στην λογική αναπαράστασης μελλοντικών προβλέψεων ο οποίες προέρχονται από σταθμισμένους συντελεστές παλαιότερων τιμών. Αυτό συνεπάγεται ότι οι παραγόμενες μελλοντικές τιμές θα αναπαραχθούν κάτω από τις συνθήκες των παλαιών. Ωστόσο η παρούσα μελέτη προσπάθησε σταδιακά να περιορίσει αυτό το φαινόμενο προσθέτοντας στο πρόβλημα περισσότερες συνθήκες που θα το κατεύθυναν στην σωστή κατεύθυνση. Συνοψίζοντας τα παραπάνω συνάγεται το συμπέρασμα κατά πόσο τα εμπόδια που προσπαθούσε να υπερκεράσει το κάθε μοντέλο έχοντας ως άξονα το

θεμελιώδες (ΜΑΠΣ=53,62%,ΑΠΔ=1.402), ήταν αποτελεσματικό στοιχείο για την βελτίωση της πρόβλεψης.

→ Μοντέλο 5.2 : Όπως αποδείχθηκε η επιλογή του κατάλληλου διαστήματος μπορεί να επιφέρει σημαντική βελτίωση στο μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα ωστόσο οι προβλεπόμενες τιμές απέχουν περισσότερο από το θεμελιώδες μοντέλο .(ΜΑΠΣ=26,45%,ΑΔΠ=5.434)

→ Μοντέλο 5.3: Βασίστηκε στην εξάλειψη της εβδομαδιαίας περιοδικότητας κάνοντας πρόβλεψη των εβδομαδιαίων κρουσμάτων επιτυγχάνοντας έτσι μικρότερες διαφορές στο μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα ωστόσο και σε αυτή την περίπτωση οι προβλεπόμενες τιμές απέχουν περισσότερο από το θεμελιώδες μοντέλο. Αξίζει να αναφερθεί στο συγκεκριμένο μοντέλο παρατηρείται ότι η κύρια πρόβλεψη αποτυγχάνει όμως η σύνδεση της τάσης της με τα γεγονότα έχει μια λογική εξήγηση. Καθώς όπως αναφέρουν έγκυρες πηγές στις 29/6 εξακριβώθηκαν τα πρώτα κρούσματα της μετάλλαξης Δ η οποία αναφέρεται ως μια από τις πιο μεταδοτικές σε σχέση με τις προηγούμενες. Οπότε η αλλαγή αυτή της φύσης της νόσου μπορεί να επιφέρει αυτή την ραγδαία έξαρση η οποία όμως εμφανίστηκε στα εβδομαδιαία κρούσματα αλλά πολύ νωρίτερα.(ΜΑΠΣ=44,23%,ΑΔΠ=10.136)

→ Μοντέλο 5.5: Το σύνθετο μοντέλο δομήθηκε προκειμένου να ληφθούν υπόψη οι συνθήκες που επικρατούν και να εισαχθούν σαν παράμετροι στις προβλέψεις αλλά τελικά οδήγησε σε αμφιλεγόμενα αποτελέσματα. Αυτό οφειλόταν εν μέρη στο γεγονός ότι και οι μελλοντικές συνθήκες του προβλήματος προκύπταν από επιμέρους προβλέψεις και οι αποκλίσεις της κάθε επιμέρους πρόβλεψης οδηγούσαν και σε απόκλιση του σύνθετου προβλήματος. Πιο συγκεκριμένα:

- Το υπό μοντέλο 5.5.1 που έλαβε ως παράμετρο τα εβδομαδιαία κρούσματα εμφάνισε αύξηση του μέσου απόλυτου ποσοστιαίου σφάλματος και οι προβλεπόμενες τιμές απέχουν περισσότερο από το θεμελιώδες μοντέλο. Αιτία αποτέλεσε η απόκλιση το προβλεπόμενων εβδομαδιαίων κρουσμάτων. (ΜΑΠΣ=60,10%, ΑΔΠ=5.556)

- Το υπό μοντέλο 5.5.2 που αποτέλεσε την εξέλιξη του 2.1.5.1 και έλαβε ως παραμέτρους την αυστηρότητα των μέτρων και τον ευάλωτο πληθυσμό. Επέφερε θετική εξέλιξη όπως αναμενόταν καθώς περιορίσε την αυξητική του τάση, δεδομένου ότι ο ευάλωτος πληθυσμός ολοένα και μειωνόταν κυρίως λόγω των εμβολιασμών.(ΜΑΠΣ=71,60%,ΑΔΠ=282)
- Το υπό μοντέλο 5.5.3 πρόσθεσε στο προηγούμενο την επίδραση της θερμοκρασίας. Ωστόσο η στοχευμένη τοποθέτηση στην τελευταία εκδοχή αποτέλεσε η αμφίβολη συνεισφορά του. Εκ του αποτελέσματος η περίπτωση με καθυστέρηση  $d=6$  περιόδων επέφερε αυξημένο μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα ωστόσο η απόλυτη διαφορά πρόβλεψης ήταν μικρότερη(ΜΑΠΣ=66,19%,ΑΔΠ=1.133).
- Ενώ στην περίπτωση του υπό μοντέλου 5.5.3 με  $d=14$  ήταν ιδιαίτερα αυξημένα και το μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα αλλά και η απόλυτη διαφορά πρόβλεψης.(ΜΑΠΣ=78,02%,ΑΔΠ=9.207)

→ Μοντέλο 5.6: Βασίστηκε στην δημιουργία αναλυτικών μοντέλων πρόβλεψης μεταξύ των δύο περιφερειών που εμφάνισαν τα περισσότερα κρούσματα και στο σύνολο των υπολοίπων. Μετά την πρόβλεψη του κάθε επιμέρους μοντέλου αθροίστηκαν τα αποτελέσματα και ανέδειξαν ότι έτσι επιτυγχάνονται μικρότερες διαφορές στο μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα αλλά μεγαλύτερες αποκλίσεις στην απόλυτη διαφορά της πρόβλεψης. (ΜΑΠΣ=30,44%,ΑΔΠ=2.342).

Σύμφωνα με τα όσα ειπώθηκαν το βέλτιστο προγνωστικό μοντέλο ως προς το μέσο απόλυτο σφάλμα αποτελεί το 5.6 . Ενώ ως προς την απόλυτη διαφορά κρουσμάτων αποτελεί το 5.5.2.



Εικόνα 8.2 Αποτύπωση της εξέλιξης της κρουσμάτων από τις 4/6/21 έως τις 3/7/21

### 8.1.2 Συμπεράσματα προβλεπτικών μοντέλων ARIMA ημερήσιων κρουσμάτων μακροχρόνιου ορίζοντα καθώς και ευάλωτου πληθυσμού

Εν συνεχεία αξίζει να αναφερθεί ότι η μελέτη της πρόβλεψης του ευάλωτου πληθυσμού (μοντέλο 5.4) αποδειχθεί αποτελεσματική καθώς παρουσίασε μέσο απόλυτο σφάλμα της τάξης του 0,24% με απόλυτη διαφορά πρόβλεψης 49.275.

Τέλος αναφορικά με το μοντέλο πρόβλεψης (μοντέλο 5.7) μακροχρόνιου ορίζοντα λαμβάνοντας υπόψη τους παράγοντες διασποράς του ιού αποτέλεσε ένα δύσκολο εγχείρημα καθώς οι τρέχουσες συνθήκες είναι ακόμη πιο μετέωρες.

Πιο συγκεκριμένα η εξέλιξη της πανδημίας στην Ελλάδα βρίσκεται σε μια κρίσιμη καμπή εν όψη της νέας μετάλλαξης του κορονοϊού, η οποία θα ταλανίσει την εξελικτική του πορεία. Πρόσθετος παράγοντας αποτελεί το γεγονός ότι η θερινή περίοδος έχει έναν αμφιλεγόμενο πρόσημο καθώς αν ληφθεί υπόψη η αντίστοιχη περσινή θα οδηγήσει σε μια πτωτική τάση. Όμως σε συνδυασμό με την μετάλλαξη  $\Delta$  τα πρώτα δείγματα γραφής δείχνουν την αναζωπύρωση του ιού. Στα παραπάνω να προστεθούν και οι εμβολιασμοί που ενώ έχουν την μεγαλύτερη κατασταλακτική επίδραση, παραμένει αμφίβολη αν η εμβολιαστική τους κάλυψη θα καταφέρει να προλάβει το νέο στέλεχος. Τέλος τα

περιοριστικά μέτρα που λαμβάνει η κυβέρνηση θεωρήθηκαν ότι θα παραμείνουν σταθερά λόγω της καλοκαιρινής περιόδου και επειδή η οικονομία της χώρας δεν θα μπορούσε να αντέξει σε τόσο σύντομο χρονικό διάστημα άλλο ένα πλήγμα. Έτσι όλα τα παραπάνω τα παραπάνω διαμορφώνουν την σύνθετη δομή του προβλήματος που γίνεται ολοένα και εντονότερη.

## 8.2 Συμπεράσματα μοντέλου αυξημένης Μαρκοβιανής αλυσίδας διακριτού χρόνου

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από το μοντέλο αυξημένης Μαρκοβιανής αλυσίδας διακριτού χρόνου συνοψίζονται κάτωθι:

- 1) Το εκθετικό μοντέλο ανταποκρίθηκε πολύ ικανοποιητικά τις χρονικές περιόδους που η πανδημία εξαπλώνεται εκθετικά. Επίσης οι περίοδοι αυτοί φαίνεται να ταυτίζονται με τα κύματα της πανδημίας.
- 2) Η μαρκοβιανή αλυσίδα αν και με ελλιπής δεδομένα προσαρμόστηκε και ανταποκρίθηκε για τα δεδομένα της Ελλάδας.
- 3) Η υγρασία φαίνεται πως δεν επηρεάζει σε σημαντικό τουλάχιστον βαθμό τη πορεία του ιού.
- 4) Η θερμοκρασία φαίνεται να συσχετίζεται με τον ρυθμό που διενεργούνται οι έλεγχοι (τεστ υπόπτων).
- 5) Τα μέτρα της κυβέρνησης και ο δείκτης αυστηρότητας επηρέασαν την εξάπλωση του ιού σε σημαντικό αλλά μη ορατό βαθμό, διότι τα αποτελέσματα χωρίς την έγκυρη λήψη των μέτρων θα ήταν πολλαπλάσια των πραγματικών. Σαν παράδειγμα μπορεί να χρησιμοποιηθούν άλλες χώρες που δεν ακολούθησαν την ίδια πολιτική με τη δική μας. Η αποτυχία κατασκευής μαθηματικής σχέσης μεταξύ του μαθηματικού μοντέλου και των μέτρων της κυβέρνησης αποτέλεσε η υπεραπλούστευση της αυστηρότητας των μέτρων σε έναν μόνο δείκτη, καθώς αποφάσεις όπως καραντίνα, άνοιγμα σχολίων, μερική λειτουργία καταστημάτων εστίασης, click away, μάσκες σε δημόσιους χώρους κλπ επηρεάζουν διαφορετικά την εξάπλωση του ιού.

6) Προκειμένου να λειτουργήσουν οι προβλέψεις θα πρέπει να ληφθούν υπόψη αρκετοί παράγοντες (καραντίνα ή μη, καλοκαιρινή περίοδος ή μη, εμβολιασμοί και άλλα μέτρα της κυβέρνησης)

7) Οι εμβολιασμοί άλλαξαν κλίμακα στους θανάτους και τους διασωληνομένους, μη επηρεάζοντας όμως τα κρούσματα. Συμπερασματικά τα εμβόλια βοήθησαν αισθητά στην αντιμετώπιση του ιού ανά άτομο αλλά όχι τη μετάδοση του. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να θεωρηθεί ως ένας εξαιρετικά σημαντικός παράγοντας για τις προβλέψεις του μαθηματικού μοντέλου.



## Κεφάλαιο 9. Επίλογος – Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Στην παρούσα μελέτη δομήθηκαν όλα τα στοιχεία που χρειάζονται από την δημιουργία μιας βάσης δεδομένων έως και την σύσταση ενός προγνωστικού μοντέλου. Αυτή η διαδικασία μπορεί να ήταν διδακτική ωστόσο ευνόησε στην κατανόηση του κάθε δεδομένου αλλά και στην άντληση της μέγιστης πληροφορίας και ως εκ τούτου στην καλύτερη κατανόηση του προβλήματος. Βέβαια σε ένα τόσο πολυσύνθετο και πολυπαραγοντικό πρόβλημα πολλά είναι τα στοιχεία που θα σταθούν εμπόδιο για την δημιουργία του απόλυτου μοντέλου. Πιο συγκεκριμένα κατά την μελέτη του προβλήματος εμπόδιο αποτέλεσαν οι μεταβολές των συνθηκών οι οποίες αφομοιώθηκαν στο μοντέλο αλλά παραμένει ένα άλυτο ερώτημα αν έγινε η βέλτιστη χρήση τους καθώς δεν ήταν ξεκάθαρη η αποτελεσματικότητά τους. Ως συνθήκες στον παρόν πρόβλημα θεωρήθηκαν τα περιοριστικά μέτρα, ο ευάλωτος πληθυσμός και η θερμοκρασία αλλά είναι ξεκάθαρο πως αυτό δεν αποτελεί όλο το σύνολο των συνθηκών που επηρεάζουν την μετάδοση του κορονοϊού. Οπότε υπάρχει μια προοπτική εξέλιξης του μοντέλου προσθέτοντας και άλλες παραμέτρους που το επηρεάζουν όπως της μετακίνησης του πληθυσμού η οποία προσπάθησε να προσεγγιστεί και στο παρόν πρόβλημα αλλά δεν κατέστη εφικτή.

Επίσης μια άλλη προοπτική που θα μπορούσε να αποτελέσουν αντικείμενο περαιτέρω εργασίες αποτελεί η προσέγγιση συντελεστών βαρύτητας της κάθε συνθήκης. Με αυτόν το τρόπο θα μπορούσε να σταθμιστεί η επίδραση της κάθε παραμέτρου και να οδηγήσει πιθανών σε καλύτερα αποτελέσματα. Αυτή η σκέψη προέκυψε με την λογική πως κάθε παράμετρος δεν επιδράει το ίδιο στο κορονοϊό παραδείγματος χάρι ο ευάλωτος πληθυσμός και τα περιοριστικά μέτρα έχουν πιο δραστική επίδραση από την θερμοκρασία.

Τέλος να επισημανθεί πως η πρόγνωση των μελλοντικών κρουσμάτων με βάση τους παράγοντες επίδρασης βασίζεται σε επιμέρους προβλέψεις αυτών των παραγόντων οπότε τα πιθανά σφάλματα πρόβλεψης τους θα οδηγήσει σε σφάλμα πρόβλεψης των μελλοντικών κρουσμάτων. Έτσι μια εν δυνάμει βέλτιστη προσέγγιση των βοηθητικών αυτών χρονοσειρών ενδεχομένως να επιφέρει καλύτερα αποτελέσματα.

Όσον αφορά το μοντέλο των Μαρκοβιανών αλυσίδων για την επέκταση του μαθηματικού μοντέλου προτείνονται τα εξής:

- 1) Η εύρεση δεδομένων για απλή νοσηλεία και εντατική θεραπεία ξεχωριστά.
- 2) Η συλλογή και ανάλυση δεδομένων άλλων χωρών ή παγκόσμιας κλίμακας.
- 3) Ο διαχωρισμός των δεδομένων που αφορούν τα ημερήσια τεστ σε υποχρεωτικά με σκοπό ταξίδι ή εργασία και σε στοχευόμενα για εκείνους που ήρθαν σε επαφή με κάποιο κρούσμα ή νιώθουν άρρωστοι.
- 4) Ο συνδυασμός των πινάκων που παρουσιάστηκαν πιο πριν με σκοπό τη πιο μακροχρόνιες προβλέψεις ή σύνθετες προβλέψεις. Για παράδειγμα θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τους πρώτους δύο μήνες προβλέψεων ο πίνακας με όλα τα δεδομένα και το αντίστοιχο απcc και για τους επόμενους δύο ο πίνακας με τα δεδομένα της καραντίνας αν υποτεθεί πως το δεύτερο δίμηνο παρθούν τα αυστηρά μέτρα κοινωνικής αποστασιοποίησης.
- 5) Η αναλυτικότερη έρευνα μεταξύ της συσχέτισης του απcc και της θερμοκρασίας.
- 6) Η ανάλυση της επίδρασης των εμβολίων στην εξέλιξη του ιού καθώς το ποσοστό του πληθυσμού που έχει εμβολιαστεί αλλάζει, καθώς και η κατηγοριοποίηση των προηγούμενων σε ευπαθείς ομάδα ή όχι και ανά ηλικία.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Dicker RC, Coronado F, Koo D, Parrish RG. Principles of epidemiology in public health practice; an introduction to applied epidemiology and biostatistics. 2006
- [2] Gordis L. Epidemiology. 4th ed. Philadelphia, PA: Elsevier Saunders; 2014.
- [3] Platt C. King death: the black death and its aftermath in latemedieval England. Oxon, U.K.: Routledge; 2014.
- [4] DeWitte SN. Mortality risk and survival in the aftermath of the medieval black death. PLoS ONE. 2014;9(5):e96513.
- [5] Diamond J. Guns, germs, and steel: the fates of human societies. New York: Norton; 2009.
- [6] Frieden NM. The Russian cholera epidemic, 1892–93, and medical professionalization. J Soc History. 1977;10(4):538.
- [7] McKibbin WJ, Sidorenko AA. Global macroeconomic consequences of pandemic influenza. analysis. Sydney, Australia: Lowy Institute for International Policy; 2006.
- [8] Dixon S, McDonald S, Roberts J. AIDS and economic growth in Africa: a panel data analysis. J Int Develop. 2001;13(4):411–26.
- [9] Flahault A, Valleron AJ. HIV and travel, no rationale for restrictions. Lancet. 1990;336(8724):1197–8.
- [10] Keogh-Brown MR, Smith RD. The economic impact of SARS: how does the reality match the predictions? Health Policy. 2008;88(1):110–20.
- [11] Achonu C, Laporte A, Gardam MA. The financial impact of controlling a respiratory virus outbreak in a teaching hospital: lessons learned from SARS. Canad J Public Health. 2005;96(1):52–4.
- [12] Tizzoni M, Bajardi P, Poletto C, Ramasco JJ, Balcan D, et al. Real-time numerical forecast of global epidemic spreading: case study of 2009 A/H1N1pdm. BMC Med. 2012;10(1):165.
- [13] Jain S, Kamimoto L, Bramley AM, Schmitz AM, Benoit SR, et al. Hospitalized patients with 2009 H1N1 influenza in the United States, April–June 2015. New England J Med. 2009;361(20):1935–44.
- [14] Park J, Kim J. Hong Kong sets ‘serious’ response to South Korea’s MERS outbreak.” Reuters, June 8. 2015

- [15] Pandemic risk. Background paper for world development report 2014: Risk and opportunity; managing risk for development, World Bank, Washington.
- [16] UNDP (United Nations Development Programme). A socio-economic impact assessment of the Zika virus in Latin America and the Caribbean: with a focus on Brazil, Colombia, and Suriname. UNDP, New York: Synthesis report; 2017.
- [17] Fong SJ, Li G, Dey N, Crespo RG Herrera-Viedma E. Finding an accurate early forecasting model from small dataset: a case of 2019-ncov novel coronavirus outbreak. arXiv preprint arXiv :2003.10776 . 2020
- [18] Hu S, Liu M, Fong S, Song W, Dey N, Wong R. Forecasting China future MNP by deep learning. In: Behavior engineering and applications 2018 (pp. 169–210). Springer, Cham.
- [19] Greenhalgh D, HAY G. Mathematical modelling of the spread of HIV/AIDS amongst injecting drug users. *Math Med Biol J IMA*. 1997;14(1):11–38.
- [20] Kim D, Hong S, Choi S, Yoon T. Analysis of transmission route of MERS coronavirus using decision tree and Apriori algorithm. In: 2016 18th International conference on advanced communication technology (ICACT). 2016. (pp 559–565). IEEE.
- [21] Amiroch S, Pradana MS, Irawan MI, Mukhlash I. Maximum likelihood method on the construction of phylogenetic tree for identification the spreading of SARS epidemic. In: 2018 International symposium on advanced intelligent informatics (SAIN) 2018. (pp 137–141). IEEE.
- [22] Hu B, Gong J. Support vector machine based classification analysis of SARS spatial distribution. In: 2010 Sixth international conference on natural computation. 2010 (vol. 2, pp. 924–927). IEEE.
- [23] Sultana N, Sharma N. Statistical models for predicting swine flu incidences in India. In: 2018 First international conference on secure cyber computing and communication (ICSCCC). 2018 (pp. 134–138). IEEE.
- [24] Singh N, Mohanty SR. Short term price forecasting using adaptive generalized neuron model. *Int J Ambient Comput Intell (IJACI)*. 2018;9(3):44–56.
- [25] Bhatt C, Dey N, Ashour AS (eds). (2017). Internet of things and big data technologies for next generation healthcare.
- [26] Hassanien AE, Dey N, Borra S (eds) (2018). Medical big data and internet of medical things: advances, challenges and applications. CRC Press, Boca Raton.

- [27] Lan K, Wang DT, Fong S, Liu LS, Wong KK, Dey N. A survey of data mining and deep learning in bioinformatics. *J Med Syst*. 2018;42(8):139.
- [28] Jain A, Bhatnagar V. Concoction of ambient intelligence and big data for better patient ministrations services. *Int J Ambient Comput Intell (IJACI)*. 2017;8(4):19–30.
- [29] Bhattacharjee S. Statistical investigation of relationship between spread of coronavirus disease (COVID-19) and environmental factors based on study of four mostly affected places of China and five mostly affected places of Italy. *arXiv preprint arXiv :2003.11277* . 2020
- [30] Toda AA. Susceptible-infected-recovered (sir) dynamics of covid- 19 and economic impact. *arXiv preprint arXiv: 2003.11221*. 2020
- [31] Caccavo D. Chinese and Italian COVID-19 outbreaks can be correctly described by a modified SIRD model. *medRxiv*. 2020
- [32] Siwiak MM, Szczesny P, Siwiak MP. From a single host to global spread. The global mobility based modelling of the COVID-19 pandemic implies higher infection and lower detection rates than current estimates. *medRxiv*. 2020
- [33] Zareie B, Roshani A, Mansournia MA, Rasouli MA, Moradi G. A model for COVID-19 prediction in Iran based on China parameters. *medRxiv*. 2020
- [34] Teles P. Predicting the evolution Of SARS-Covid-2 in Portugal using an adapted SIR Model previously used in South Korea for the MERS outbreak. *arXiv preprint https ://arXiv :2003.10047* . 2020
- [35] Russo L, Anastassopoulou C, Tsakris A, Bifulco GN, Campana EF, Toraldo G, Siettos C. Tracing DAY-ZERO and forecasting the fade out of the COVID-19 outbreak in Lombardy, Italy: a compartmental modelling and numerical optimization approach. *medRxiv*. 2020
- [36] Liu P, Beeler P, Chakrabarty RK. COVID-19 progression timeline and effectiveness of response-to-spread interventions across the United States. *medRxiv*. 2020
- [37] Nadim SS, Ghosh I, Chattopadhyay J. Short-term predictions and prevention strategies for COVID-2019: a model based study. *arXiv preprint https ://arXiv :2003.08150* . 2020
- [38] Hossain M, Junus A, Zhu X, Jia P, Wen TH, Pfeiffer D, Yuan HY. The effects of border control and quarantine measures on global spread of COVID-19. In: Alvin and Zhu, Xiaolin and Jia, Pengfei and Wen, Tzai-Hung and Pfeiffer, Dirk and Yuan, Hsiang-Yu, The effects of border control and quarantine measures on global spread of COVID-19 .2020 (March 2, 2020).

- [39] Rocha Filho TM, dos Santos FSG, Gomes VB, Rocha TA, Croda JH, Ramalho WM, Araujo WN. Expected impact of COVID-19 outbreak in a major metropolitan area in Brazil. medRxiv. 2020.
- [40] Traini MC, Caponi C, De Socio GV. Modelling the epidemic 2019-nCoV event in Italy: a preliminary note. medRxiv. 2020.
- [41] Giordano G, Blanchini F, Bruno R, Colaneri P, Di Filippo A, Di Matteo A, Colaneri M. Modelling the COVID-19 epidemic and implementation of population-wide interventions in Italy. Nat Med. 2020;1–6.
- [42] Wangping J, Ke H, Yang S, Wenzhe C, Shengshu W, Shanshan Y, Miao L. Extended SIR prediction of the epidemics trend of COVID-19 in Italy and compared with Hunan, China. Front Med. 2020;7:169.
- [43] Li L, Yang Z, Dang Z, Meng C, Huang J, Meng H, Shao Y. Propagation analysis and prediction of the COVID-19. Infect Dis Model. 2020;5:282–92.
- [44] La S, Bogoch II, Ruktanonchai N, Watts AG, Li Y, Yu J, Lv X, Yang W, Hongjie Y, Khan K, Li Z. Assessing spread risk of Wuhan novel coronavirus within and beyond China, January– April 2020: a travel network-based modelling study. 2020.
- [45] Zhu X, Zhang A, Xu S, Jia P, Tan X, Tian J, Wei T, Quan Z, Yu J. Spatially explicit modeling of 2019-nCoV epidemic trend based on mobile phone data in mainland China. medRxiv. 2020.
- [46] Volpert V, Banerjee M, Petrovskii S. On a quarantine model of coronavirus infection and data analysis. Math Modell Nat Phenomena. 2020;15:24.
- [47] Anastassopoulou C, Russo L, Tsakris A, Siettos C. Data-based analysis, modelling and forecasting of the novel coronavirus (2019-nCoV) outbreak. medRxiv. 2020.
- [48] Li C, Chen LJ, Chen X, Zhang M, Pang CP, Chen H. Retrospective analysis of the possibility of predicting the COVID-19 outbreak from Internet searches and social media data, China, 2020. Eurosurveillance. 2020;25(10):2000199.
- [49] Bayham J, Fenichel EP. The impact of school closure for COVID- 19 on the US healthcare workforce and the net mortality effects. medRxiv. 2020.
- [50] Giuliani D, Dickson MM, Espa G, Santi F. Modelling and predicting the spread of coronavirus (COVID-19) infection in NUTS-3 Italian regions. arXiv preprint arXiv :2003.06664 . 2020.
- [51] Lu J. A new, simple projection model for COVID-19 pandemic. medRxiv. 2020.
- [52] Webb G. Predicting the number of reported and unreported cases for the COVID-19 epidemic in South Korea, Italy, France and Germany. medRxiv. 2020.

- [53] Victor AO. Mathematical predictions for Covid-19 as a global pandemic. medRxiv. 2020.
- [54] Wang H, Zhang Y, Lu S, Wang S. Tracking and forecasting milestone moments of the epidemic in the early-outbreak: framework and applications to the COVID-19. medRxiv. 2020.
- [55] Botha AE, Dednam W. A simple iterative map forecast of the COVID-19 pandemic. arXiv preprint arXiv :2003.10532 . 2020.
- [56] Coelho FC, Lana RM, Cruz OG, Villela D, Bastos LS, Pastore y Piontti A, Davis JT, Vespignani A, Codeco C, Gomes MF. Assessing the potential impacts of COVID-19 in Brasil: mobility, morbidity and impact to the health system. medRxiv. 2020.
- [57] Weber A, Ianelli F, Goncalves S. Trend analysis of the COVID-19 pandemic in China and the rest of the world. arXiv preprint <https://arXiv:2003.09032> . 2020.
- [58] Sameni R. Mathematical modeling of epidemic diseases; a case study of the COVID-19 coronavirus. arXiv preprint <https://arXiv:2003.11371> . 2020.
- [59] Long C, Ying Q, Fu X, Li Z, Gao Y. Forecasting the cumulative number of COVID-19 deaths in China: a Boltzmann functionbased modeling study. medRxiv. 2020.
- [60] Dowd JB, Andriano L, Brazel DM, Rotondi V, Block P, Ding X, Mills MC. Demographic science aids in understanding the spread and fatality rates of COVID-19. *Proceed nat acad sci* 2020;117(18):9696–9698.
- [61] He X, Lau EH, Wu P, Deng X, Wang J, Hao X, Lau YC, Wong JY, Guan Y, Tan X, Mo X. Temporal dynamics in viral shedding and transmissibility of COVID-19. *Nat Med.* 2020;26(5):672–675.
- [62] Giannakeas V, Bhatia D, Warkentin MT, Bogoch I, Stall NM. Estimating the maximum daily number of incident COVID-19 cases manageable by a healthcare system. medRxiv. 2020.
- [63] Banerjee A, Pasea L, Harris S, Gonzalez-Izquierdo A, Torralbo A, Shallcross L, Noursadeghi M, Pillay D, Pagel C, Wong WK, Langenberg C. Estimating excess 1-year mortality from COVID-19 according to underlying conditions and age in England: a rapid analysis using NHS health records in 3.8 million adults. medRxiv. 2020.
- [64] Siegenfeld AF, Bar-Yam Y. Eliminating COVID-19: a community- based analysis. arXiv preprint <https://arXiv:2003.10086> . 2020.
- [65] Chen B, Liang H, Yuan X, Hu Y, Xu M, Zhao Y, Zhang B, Tian F, Zhu X. Roles of meteorological conditions in COVID-19 transmission on a worldwide scale. *MedRxiv.* 2020.
- [66] Ma Y, Zhao Y, Liu J, He X, Wang B, Fu S, Yan J, Niu J, Luo B. Effects of temperature variation and humidity on the mortality of COVID-19 in Wuhan. medRxiv. 2020.

- [67] Shi P, Dong Y, Yan H, Li X, Zhao C, Liu W, He M, Tang S, Xi S. The impact of temperature and absolute humidity on the coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak-evidence from China. *MedRxiv*. 2020.
- [68] Fong SJ, Li G, Dey N, Crespo RG, Herrera-Viedma E. Composite monte carlo decision making under high uncertainty of novel coronavirus epidemic using hybridized deep learning and fuzzy rule induction. *Appl Soft Comput*. 2020;106282.
- [69] Santosh KC. AI-driven tools for coronavirus outbreak: need of active learning and cross-population train/test models on multitudinal/ multimodal data. *J Med Syst*. 2020;44(5)1–5 <https://doi.org/10.1007/s10916-020-01562-1>.
- [70] Hu Z, Ge Q, Li S, Jin L, Xiong M. Evaluating the effect of public health intervention on the global-wide spread trajectory of Covid- 19. *medRxiv*. 2020.
- [71] Jia L, Li K, Jiang Y, Guo X. Prediction and analysis of coronavirus disease 2019. *arXiv preprint* <https://arXiv:2003.05447> . 2020.
- [72] Kumar J, Hembram KPSS. Epidemiological study of novel coronavirus (COVID-19). 2020 *arXiv preprint* <https://arXiv:2003.11376> .
- [73] DeCaprio D, Gartner J, Burgess T, Kothari S, Sayed S. Building a COVID-19 vulnerability index. *arXiv preprint* <https://arXiv:2003.07347> . 2020.
- [74] Santosh K, Das D, Pal U. Truncated inception net: COVID-19 outbreak screening using chest X-rays. *PREPRINT (Version 1) available at Research Square 3, 2020*.
- [75] <https://www.worldometers.info/coronavirus/>
- [76] Gitanjali R. Shinde · Asmita B. Kalamkar · Parikshit N. Mahalle· Nilanjan Dey · Jyotismita Chaki Aboul Ella Hassanien. *Forecasting Models for Coronavirus Disease (COVID-19): A Survey of the State-of-the-Art 2020*.
- [77] “Αρχική - Εθνικός Οργανισμός Δημόσιας Υγείας.” <https://eody.gov.gr/> (accessed Jul. 22, 2021).
- [78] “Coronavirus Pandemic (COVID-19) - Statistics and Research - Our World in Data.” <https://ourworldindata.org/coronavirus> (accessed Jul. 22, 2021).
- [79] “Στατιστικά στοιχεία.” <http://www.meteoacharnes.gr/statistika/datasummary.htm> (accessed Jul. 22, 2021).
- [80] Pratik Bhavsar, “Calculating Active COVID-19 Cases From Deaths | by Pratik Bhavsar | Towards Data Science.” <https://towardsdatascience.com/calculating-live-covid-19-cases-from-deaths-e70e5df45f60> (accessed Jul. 22, 2021).



- [81] Dr Sarah Jarvis MBE, "Coronavirus: how long do COVID-19 symptoms last and how quickly do they develop? | Patient." <https://patient.info/news-and-features/coronavirus-how-quickly-do-covid-19-symptoms-develop-and-how-long-do-they-last> (accessed Jul. 22, 2021).
- [82] "Covid-19 | Στατιστικά δεδομένα εμβολιασμού." <https://emvolio.gov.gr/vaccinationtracker> (accessed Jul. 22, 2021).
- [83] S. Riddell, S. Goldie, A. Hill, D. Eagles, and T. W. Drew, "The effect of temperature on persistence of SARS-CoV-2 on common surfaces," *Viol. J.*, vol. 17, no. 1, pp. 1–7, 2020, doi: 10.1186/s12985-020-01418-7.
- [84] A. Anis, "The Effect of Temperature Upon Transmission Of COVID-19 : Australia And Egypt Case Study.," 2020.
- [85] "Κορονοϊός\_ Εντοπίστηκαν κρούσματα μεταλλαγμένου ιού στην Ελλάδα \_ Έθνος." .
- [86] "Πώς ανοίγουν τον «δρόμο» οι εμβολιασμένοι \_ Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ." .
- [87] "Κορωνοϊός – Ανάλυση Ηλία Μόσιαλου : Τι γνωρίζουμε και τι όχι." [Online]. Available: <https://www.tovima.gr/2020/09/23/science/ilias-mosialos-gnosi-avevaiotita-kai-nosos-apo-koronoio/>.
- [88] Γ. Λυμπερόπουλος, "Προβλέψεις Χρονοσειρών με Αυτοσυσχέτιση Περίγραμμα."
- [89] P. Selva, "ARIMA Model - Complete Guide to Time Series Forecasting in Python | ML+," *Time Series*. pp. 1–43, 2019, [Online]. Available: <https://www.machinelearningplus.com/time-series/arima-model-time-series-forecasting-python/>.
- [90] L. Engbo Christiansen, "Time Series Analysis Outline of the lecture," 2017.
- [91] D. W. Dixon, "A Statistical Analysis Of Monitored Data For Methane Prediction," no. May, pp. 1–258, 1992, [Online]. Available: <http://etheses.nottingham.ac.uk/2977/1/334922.pdf>.
- [92] I. J. Shaw, "Forecasting [20]," *Nature*, vol. 234, no. 5329, p. 425, 1971, doi: 10.1038/234425b0.
- [93] <https://www.in.gr/2021/01/03/greece/metallaksi-pagose-ellada-apo-ta-nea-krousmata-anasyntaksi-gia-tin-ystati-maxi/>
- [94] J. Chen, M. C. Fu, W. Zhang, and J. Zheng, "Predictive Modeling for Epidemic Outbreaks: A New Approach and COVID-19 Case Study," *Asia-Pacific J. Oper. Res.*, vol. 37, no. 3, pp. 1–21, 2020, doi: 10.1142/S0217595920500281.