ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΤΜΗΜΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΙΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΠΙΔΗΜΙΟΛΟΓΙΑ

Βασιλική Π. Θεοδωροπούλου

Διπλωματική Εργασία

που υποβλήθηκε στο Τμήμα Στατιστικής και Ασφαλιστικής Επιστήμης του Πανεπιστημίου Πειραιώς ως μέρος των απαιτήσεων για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στην Εφαρμοσμένη Στατιστική

Πειραιάς
Σεπτέμβριος 2021

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΤΜΗΜΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΙΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΠΙΔΗΜΙΟΛΟΓΙΑ

Βασιλική Π. Θεοδωροπούλου

Διπλωματική Εργασία

που υποβλήθηκε στο Τμήμα Στατιστικής και Ασφαλιστικής Επιστήμης του Πανεπιστημίου Πειραιώς ως μέρος των απαιτήσεων για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στην Εφαρμοσμένη Στατιστική

Πειραιάς
Σεπτέμβριος 2021

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή που ορίσθηκε από τη ΓΣΕΣ του Τμήματος Στατιστικής και Ασφαλιστικής Επιστήμης του Πανεπιστημίου Πειραιώς στην υπ' αριθμ. …….. συνεδρίασή του σύμφωνα με τον Εσωτερικό Κανονισμό Λειτουργίας του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Εφαρμοσμένη Στατιστική

Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

- Αναπληρωτής Καθηγητής Σ. Μπερσίμης (Επιβλέπων)
- Καθηγητής Δ. Γεωργακέλλος
- Καθηγητής Δ. Παναγιωτάκος

Η έγκριση της Διπλωματική Εργασίας από το Τμήμα Στατιστικής και Ασφαλιστικής Επιστήμης του Πανεπιστημίου Πειραιώς δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνωμών του συγγραφέα.

UNIVERSITY OF PIRAEUS

DEPARTMENT OF STATISTICS AND INSURANCE SCIENCE

POSTGRADUATE PROGRAM IN APPLIED STATISTICS

ECONOMIC EPIDEMIOLOGY

By

Vasiliki P. Theodoropoulou

MSc Dissertation

submitted to the Department of Statistics and Insurance Science of the University of Piraeus in partial fulfilment of the requirements for the degree of Master of Science in Applied Statistics

Piraeus, Greece
September 2021

Στους γονείς μου,

Παναγιώτη και Θεοδώρα.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Στατιστικής και Ασφαλιστικής Επιστήμης του Πανεπιστημίου Πειραιώς για την συνεργασία, την κινητοποίηση που μου έδωσε και το αμέριστο ενδιαφέρον για την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Γεωργακέλο και τον κ. Παναγιωτάκο που ήταν μέλη της επιτροπής αξιολόγησης της Διπλωματικής μου Εργασίας. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους φίλους μου για την εμπιστοσύνη και την συμπαράσταση που μου δείχνουν.

Περίληψη

Στην διπλωματική εργασία αναλύονται διάφορες πτυχές της οικονομικής επιδημιολογίας. Η οικονομική επιδημιολογία είναι μια επιστήμη που δεν ήταν ευρέως διαδεδομένη έως σήμερα κάτι που διαφοροποιήθηκε τα τελευταία δύο έτη με την εμφάνιση του SARS-CoV-2 (Covid- 19) και πλέον είναι πιο επίκαιρη και αναγκαία από ποτέ.

Στην πρώτη ενότητα αναλύονται οι βασικοί όροι που πρέπει να γνωρίζουμε για να κατανοήσουμε την επιστήμη της οικονομικής επιδημιολογίας. Στη συνέχεια αναλύονται ο σκοπός και τα είδη της επιδημιολογίας. Τέλος αναλύεται ο σκοπός της οικονομικής επιδημιολογίας και πως συνδέονται οι επιστήμες των οικονομικών και της επιδημιολογίας, και πως πρέπει αυτή να χρησιμοποιείται για τη χάραξη πολιτικών.

Στην δεύτερη ενότητα αναλύονται διάφορες πτυχές της οικονομικής επιδημιολογίας. Αρχικά αναλύονται κάποιες βασικές έννοιες για την κατανόηση των ασθενειών. Αυτές οι έννοιες θα βοηθήσουν να κατανοηθούν οι τρόποι που η οικονομική επιδημιολογία μπορεί να βοηθήσει στο σχεδιασμό πολιτικών και την λήψη αποφάσεων. Οι μολυσματικές ασθένειες είναι οι πιο σημαντικές στην οικονομική επιδημιολογία, καθώς λόγω απότομης και γρήγορης διασποράς όταν ξεσπά μια μολυσματική ασθένεια, οι πολίτες και οι κυβερνήσεις καλούνται το συντομότερο να σχεδιάσουν και να πάρουν μέτρα για το περιορισμό της ασθένειας αλλά και να προσπαθήσουν να μειώσουν τις οικονομικές συνέπειες της. Αντίστοιχα, δαπανούνται υπέρογκα ποσά για την καταπολέμηση των παθήσεων οι οποίες και αποτελούν την πλειονότητα σε σχέση με τις μολυσματικές ασθένειες. Παρόλα αυτά τις παθήσεις υπάρχει περισσότερος διαθέσιμος χρόνος για να βρεθεί το κατάλληλο πλάνο για την μείωση των δαπανών και την εύρεση νέων καινοτόμων θεραπειών για τη καταπολέμηση τους.

Στη τρίτη ενότητα αναλύονται οι δαπάνες και οι προϋπολογισμοί για την υγεία. Για τον καλύτερο καταμερισμό των δαπανών είναι βασικό να βρεθούν οι ανάγκες για κάθε στάδιο της υγείας ξεχωριστά. Για να γίνει η σωστή κατανομή των δαπανών, πρέπει αρχικά να προσδιοριστεί ο προϋπολογισμός για την υγεία και να κατανεμηθεί. Πρέπει να βρεθούν οι ανάγκες για δαπάνες και οι τρόποι χρηματοδότησης. Τέλος εξίσου σημαντικό είναι να βρεθούν τρόποι μεγιστοποίησης των εσόδων που διατεθούν στην υγεία.

Στη τέταρτη ενότητα αναλύονται οι τεχνολογίες υγείας και πως γίνεται η αξιολόγηση των τεχνολογιών υγείας (ΑΤΥ). Συγκεκριμένα αναλύονται ο σκοπός, τα βήματα, οι τρόποι αξιολόγησης και οι συνέπειες. Πολύ σημαντικό, στην ΑΤΥ είναι να βρεθούν και να αναλυθούν τα κόστη των τεχνολογιών και το αποτέλεσμα αυτών λαμβάνοντας υπόψη το κόστος αυτών. Δηλαδή, να βρεθεί το πλάνο με τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα από όλες τις πλευρές.

Στη πέμπτη και τελευταία ενότητα της διπλωματικής αυτής γίνεται μια πρακτική εφαρμογή της οικονομικής επιδημιολογίας για το Covid-19 με τη χρήση χρονοσειρών στη γλώσσα προγραμματισμού Python. Συγκεκριμένα αναλύεται το θεωρητικό υπόβαθρο των μεθόδων ανάλυσης χρονοσειρών (ARIMA) που χρησιμοποιήθηκε και δίνονται κάποιες πληροφορίες για το Covid-19 και Ακαθάριστο εγχώριο προϊόν (ΑΕΠ) που χρησιμοποιήθηκε ως οικονομικός δείκτης στη συγκεκριμένη μελέτη. Αρχικά γίνεται μια ανάλυση των κρουσμάτων στην Ελλάδα και την επιλογή κατάλληλου μοντέλου πρόβλεψης των κρουσμάτων. Στη συνέχεια δημιουργείται ένα μοντέλο πρόβλεψης των κρουσμάτων με εξωγενή παράγοντα το ποσοστό εμβολισμένων, για να αξιολογήσουμε μια τεχνολογία της υγείας και να σημειώσουμε τη σημαντικότητα αυτών. Τέλος, αφού χρησιμοποιήσουμε ένα μοντέλο πρόβλεψης για το ΑΕΠ της Ελλάδας, δημιουργείται ένα μοντέλο πρόβλεψης του ΑΕΠ με εξωγενή παράγοντα το Covid-19 ώστε να δούμε την έκταση των συνεπειών της επιδημίας στην οικονομία της χώρας.

Abstract

The dissertation analyzes various aspects of economic epidemiology. Economic epidemiology is a science that was not well known around the world. However, the last 1-2 years with the advent of SARS-CoV-2 (Covid-19), it is more relevant and necessary than ever. Citizens and governments around the world are called upon to take action, responsibilities and make plans to reduce and eliminate the Covid-19 pandemic.

The first section analyzes the basic terms of economic epidemiology. Then, they are analyzed, the purpose and types of epidemiology. Finally, they are analyzed the purpose of economic epidemiology, how the "marriage" of economics and epidemiology is done, and finally how we should use it for policy making.

The second section analyzes various aspects of economic epidemiology. First, it refers to some basic concepts for understanding diseases. These concepts will help to understand the ways in which economic epidemiology could help in policy making and decision making. Infectious diseases are the most important in the economic epidemiology, as due to the sharp and rapid spread of an infectious disease, citizens and governments are called upon to plan and take measures to reduce the disease and try to also reduce the economic costs. Respectively, money is spent on the fight against diseases which constitute the majority in relation to infectious diseases. In diseases, there is more time available to find the right plan to reduce costs and find new innovative treatments to combat them.

The third section analyzes health expenditures and budgets. To share the expenses in best way, it is essential to find the specific amount for each stage of health, separately. The health budget should be first determined and allocated. The needs for expenditures and the ways of financing must be found. Finally, it is equally important to find ways to maximize the revenue that goes to health.

The fourth section analyzes the health technologies and how the health technology assessment (HTA) is done. Specifically, the purpose, steps, ways of assessment and consequences are analyzed. In the health technology assessment is very important to find and analyze the costs of technologies to be, in the appropriate technology and based on the result but also based on the cost of this technology. In other words, health technology assessment helps to find the right plan, with the best possible results for both sides.

In the fifth and final section of this dissertation, a practical application of the economic epidemiology for Covid-19 is made using time series in the Python programming language. Firstly, it is analyzed the theoretical background of the time series analysis methods (ARIMA) that used. After that, we present some information on Covid-19 and Gross Domestic Product (GDP) which is used as an economic indicator in this study. Initially, an analysis of the cases in Greece is made and we select an appropriate model for predicting the cases. Then a model of case prediction is created with the portion of vaccinated people as an exogenous factor, to assess a health technology and to note its importance. Finally, after using a forecasting model for Greece's GDP, a GDP forecasting model was created with Covid-19 as an exogenous factor to extend the effects of the epidemic on the country's economy.

Περιεχόμενα

Κατάλογος Πινάκων

Κατάλογος Σχημάτων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1 Εισαγωγή στην Οικονομική Επιδημιολογία

1.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύονται οι όροι της Επιδημιολογίας και της Οικονομικής Επιδημιολογίας. Επιπρόσθετα αναλύονται οι σκοποί, τα είδη της Επιδημιολογίας και γίνεται μια περιγραφή της συνύπαρξη των πεδίων της Επιδημιολογίας και των Οικονομικών για τη χάραξη πολιτικών υγείας.

1.2 Επιδημιολογία

Για να κατανοήσουμε τον ορισμό της Επιδημιολογίας πρέπει πρώτα να κατανοήσουμε τους όρους της υγείας, της νόσου και της επιδημίας.

Υγεία σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ) είναι η κατάσταση της πλήρους σωματικής, ψυχικής και κοινωνικής ευεξίας και όχι απλώς η απουσία νόσου.

Νόσος είναι οποιαδήποτε κατάσταση εμποδίζει τη φυσιολογική λειτουργικότητα ενώ ως επιδημία μπορούμε να ορίσουμε μία νόσο όταν η συχνότητα εμφάνισης της είναι πολύ μεγαλύτερη από τη συνηθισμένη.

Ως Επιδημιολογία ορίζουμε την επιστήμη που μελετάει την κατανομή και της εξέλιξη διαφόρων νοσημάτων ή χαρακτηριστικών στον ανθρώπινο πληθυσμό και των παραγόντων που τον διαμορφώνουν ή τον επηρεάζουν. Εξετάζει χαρακτηριστικά που συνδέονται τόσο με τον περιβαλλοντικό όσο και με το γενετικό έλεγχο (Ντζούφρας & Περπέρογλου, 2009).

Η Επιδημιολογία βοηθά στον προγραμματισμό των υπηρεσιών υγείας και στην ανάπτυξη, στην εφαρμογή, και στην αξιολόγηση της πολιτικής υγείας. Ο προγραμματισμός υγείας θεωρητικά είναι ένας κύκλος δραστηριοτήτων μέσα στον οποίο αξιολογείται συνέχεια η αποτελεσματικότητα των παρεμβάσεων στον τομέα της υγείας. Η Επιδημιολογική έρευνα συντελεί σημαντικά: στον έλεγχο ασθενειών και τραυματισμών, στην πρόληψη, στη διαμόρφωση παρεμβάσεων στις υπάρχουσες υπηρεσίες υγείας, στον σχεδιασμό νέων υπηρεσιών υγείας και στη διαμόρφωση πολιτικής υγείας. (Κορνάρου, 2016)

1.3 Σκοπός και είδη Επιδημιολογίας

Οι σκοποί της Επιδημιολογίας είναι:

- Ο καθορισμός της νόσου σαν ξεχωριστή οντότητα.
- Η ταξινόμηση των νοσημάτων
- Η μέτρηση και περιγραφή της νοσηρότητας και θνησιμότητας ενός πληθυσμού.
- Ο έλεγχος της χρονικής εξέλιξης μιας νόσου.
- Αξιολόγηση των θεραπευτικών και προληπτικών μέτρων για τον έλεγχο της νόσου.
- Ο προγραμματισμός, οργάνωση και αξιολόγηση των υπηρεσιών υγείας.
- Συμμετοχή στο Σχεδιασμό και Αξιολόγηση προγραμμάτων δημόσιας υγείας

Όπως ήδη αναφέρθηκε η Επιδημιολογία συμβάλει στη διαμόρφωση πολιτικών υγείας, αυτή πραγματοποιείται μέσω ενός κύκλου πολιτικής. Ο κύκλος πολιτικής περιλαμβάνει την αξιολόγηση της υγείας του πληθυσμού, την εκτίμηση των πιθανών παρεμβάσεων, τις επιλογές πολιτικής, την εφαρμογή της πολιτικής και την αξιολόγηση Πολιτικής.

Η Επιδημιολογία χωρίζεται σε δυο βασικά είδη την Περιγραφική και την Αναλυτική Επιδημιολογία Η Περιγραφική Επιδημιολογία εξετάζει την κατανομή μιας νόσου σε έναν πληθυσμό και των παραγόντων της νόσου που επηρεάζουν τον πληθυσμό (χρόνος, τόπος, φύλο κλπ.). Η Αναλυτική Επιδημιολογία εξετάζει τις αιτίες που προκαλούν ασθένειες ή αλλαγές στον ανθρώπινο πληθυσμό, χρησιμοποιώντας έρευνα που συσχετίζει την έκθεση σε ένα παράγοντα με την έκβαση (νόσο).

Οι επιδημιολογικές μελέτες χωρίζονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες τις πειραματικές (ή μελέτες παρέμβασης) και τις παρατηρητικές μελέτες. Στις πειραματικές μελέτες ο ερευνητής παρεμβαίνει ενεργητικά στον καθορισμό των ομάδων, του τρόπου διαβίωσης, της θεραπείας ή άλλων χαρακτηριστικών (π.χ. κλινικές δοκιμές). Αυτές οι μελέτες χωρίζονται σε τέσσερις υποκατηγορίες, α) την εκούσια και σχεδιασμένη εφαρμογή ενός πιθανού αιτιολογικού μοντέλου σε μια ομάδα και παρακολούθηση των αποτελεσμάτων, β) την εκούσια απομάκρυνση ενός παράγοντα στις οποίες η απομάκρυνση πρέπει να γίνεται τυχαία, κάτι που είναι πολύ διαφορετικό από το να αφήσουμε τους συμμετέχοντες να αποφασίσουν σε ποια ομάδα επιθυμούν να συμμετάσχουν γ) στα πειράματα φύσης όπου μελετιούνται διαφορετικές ομάδες που δημιουργήθηκαν από ένα γεγονός δ) στη σχεδιασμένη τροποποίηση παθογενών μηχανισμών σε μια ομάδα ανθρώπων. Οι πειραματικές μελέτες περιλαμβάνουν τις τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες, τις τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες σε ομάδες, τις δοκιμές πεδίου και τις κοινοτικές δοκιμές.

Στις παρατηρητικές μελέτες ο ερευνητής δε συμμετέχει αλλά απλά παρατηρεί και καταγράφει. Χωρίζονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες : τις διατμηματικές-συγχρονικές μελέτες οι οποίες είναι περιγραφικές κυρίως μελέτες και δε λαμβάνουν υπόψιν το παράγοντα χρόνο, τις προοπτικές μελέτες οι οποίες παρακολουθούν την πορεία μιας ομάδας ατόμων (κινούνται μπροστά χρονικά) και τις αναδρομικές μελέτες οι οποίες πάνε πίσω χρονικά και ζητούν από τα άτομα να περιγράψουν συνήθειες τους στο παρελθόν (Ντζούφρας & Περπέρογλου, 2009). Οι παρατηρητικές μελέτες περιλαμβάνουν τις περιγραφικές, τις αναλυτικές, τις οικολογικές, τις συγχρονικές, τις ασθενών-μαρτύρων και τις κοορτικές μελέτες.

1.4 Οικονομική Επιδημιολογία

Η οικονομική επιδημιολογία είναι η επιστήμη που συνδυάζει την επιδημιολογία και την οικονομία. Η επιστήμη αυτή προσπαθεί να ενσωματώσει τα κίνητρα για υγιή συμπεριφορά και τις αντιδράσεις των ανθρώπων, σε ένα επιδημιολογικό πλαίσιο για να κατανοήσει καλύτερα τον τρόπο μετάδοσης των ασθενειών. Θα πρέπει να συμβάλει στη βελτίωση των πολιτικών παρεμβάσεων σε επιδημικές ασθένειες δίνοντας στους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής και τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης σαφή εργαλεία για να σκεφτούν πώς ορισμένες ενέργειες μπορούν να επηρεάσουν την εξάπλωση ή όχι τη μετάδοση ασθενειών (Wikipedia).

Η προσέγγιση της δημόσιας υγείας αφορά τη μείωση των παραγόντων κινδύνου, είτε μέσω ιδιωτικών ή δημόσιων παρεμβάσεων, έτσι ώστε να βελτιωθεί η υγεία. Αντίθετα η οικονομική επιδημιολογία επιχειρεί να εξηγήσει την ανεπιθύμητη εμφάνιση ασθενειών ως αποτέλεσμα της ατομικής συμπεριφοράς παρουσία περιορισμών. Τα επιθυμητά αποτελέσματα για τη μείωση των ασθενειών είναι οι δημόσιες παρεμβάσεις να αξιολογούνται ως προς το πώς βελτιώνουν την ατομική συμπεριφορά, η οποία είναι απαραίτητη για τον έλεγχο της νόσου. Κατά μία έννοια, η προσέγγιση της δημόσιας υγείας στοχεύει στη βελτίωση της υγείας, ενώ η οικονομική προσέγγιση στοχεύει στη βελτίωση της οικονομίας, ακόμα κι αν αυτό δεν προϋποθέτει απαραίτητα τη βελτίωση της υγείας. Για παράδειγμα το κλείσιμο των αυτοκινητόδρομων θα βελτίωνε την υγεία αλλά θα προκαλούσε προβλήματα στην οικονομία. Οι δύο προσεγγίσεις συχνά συγκρούονται όσον αφορά τις επιθυμητές παρεμβάσεις. Η προσέγγιση της δημόσιας υγείας, επομένως, συχνότερα ευνοεί τη δημόσια παρέμβαση, και μερικές φορές απλά υποθέτει ότι η ύπαρξη ενός προβλήματος υγείας είναι επαρκής αιτία για παρέμβαση. Όμως είναι ελλιπής όσο αφορά για το πώς τα ιδιωτικά κίνητρα επηρεάζουν τη κλίμακα των ασθενειών στο χρόνο και στους πληθυσμούς (Philipson T. J., 2008).

Τα οικονομικά σε συνδυασμό με την επιδημιολογία παρέχουν πολύ ποιοτική καθοδήγηση για το σχεδιασμό πολιτικής. Η βέλτιστη πολιτική συνήθως σημαίνει αποδοχή ενδημικής λοίμωξης, αλλά σε επίπεδο που να μειώνεται η λοίμωξη από ένα συντονισμένο πακέτο παρεμβάσεων. Για παράδειγμα η οικονομική επιδημιολογία παρέχει πληροφορίες για το πότε και τον τρόπο επιδότησης των εμβολιασμών σε συνάρτηση με τις βασικές παραμέτρους όπως το κόστος της ασθένειας και του εμβολιασμού, το ποσοστό γεννήσεων των ευπαθών ατόμων και το ποσοστό αποκατάστασης των μολυσμένων ατόμων (Gersovitz & Hammer, 2003). Θα έλεγε κανείς ότι τον τελευταίο ενάμιση χρόνο η Οικονομική Επιδημιολογία είναι η επιστήμη που έχει απασχολήσει περισσότερο ολόκληρο τον πλανήτη και έχει προκαλέσει παγκόσμιους διχασμούς και αντιδράσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2. Βασικές έννοιες και εφαρμογές της Οικονομικής

2.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα εξετάσουμε αρχικά κάποιες έννοιες που σχετίζονται με τις ασθένειες και βοηθούν στην κατανόηση της επιδημιολογίας και των κριτηρίων με τα οποία θα χαραχτούν οι πολιτικές. Στη συνέχεια θα εξετάσουμε διάφορες εφαρμογές της οικονομικής τόσο με τις μολυσματικές ασθένειες αλλά και τη δημόσια υγεία.

2.2 Βασικές έννοιες

2.2.1 Μολυσματικές ασθένειες

Οι μολυσματικές ασθένειες ευθύνονται περίπου το ένα τρίτο των όλων των θανάτων σε όλο τον κόσμο και αποτελούν το πρωταρχικό αίτιο της θνησιμότητας στον κόσμο. Το μερίδιο της παγκόσμιας θνησιμότητας λόγω μολυσματικών ασθενειών ήταν ακόμη μεγαλύτερο, αν και τα ιστορικά δεδομένα τείνουν να είναι λιγότερο αξιόπιστα για τις προηγούμενες περιόδους. Η νοσηρότητα και η θνησιμότητα από λοιμώδη νοσήματα όπως φυματίωση, η ελονοσία και η οξεία λοίμωξη του αναπνευστικού πάντα ήταν στην πρώτη γραμμή της δημόσιας πολιτικής στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπου μολυσματικές ασθένειες αντιπροσωπεύουν σχεδόν το ήμισυ της θνησιμότητας την δεκαετίας του 1990. Η οικονομική επιδημιολογία συνεισφέρει στην πρόβλεψη τόσο της βραχυπρόθεσμης όσο και της μακροπρόθεσμης συμπεριφοράς των μολυσματικών ασθενειών, καθώς επίσης της ανάλυσης των αποτελεσμάτων και της σκοπιμότητας των παρεμβάσεων της δημόσιας υγείας που επιχειρούν να μειώσουν μια τέτοια ασθένεια.

Η οικονομική προσέγγιση παρέχει διαφορετικές προβλέψεις από εκείνες της επιδημιολογίας για τη συμπεριφορά των επιδημιών. Ειδικότερα, οι δύο προσεγγίσεις προβλέπουν μια διαφορετική σχέση μεταξύ του ποσοστού κινδύνου για λοίμωξη και του επιπολασμού της νόσου. Σε επιδημιολογική ανάλυση, αυτό το ποσοστό κινδύνου είναι μια αυξανόμενη συνάρτηση του επιπολασμού, δηλαδή όσο μεγαλύτερο είναι το κλάσμα των μολυσμένων ατόμων στον πληθυσμό, τόσο μεγαλύτερο είναι το κλάσμα των μη μολυσμένων ατόμων που μολύνθηκαν την επόμενη περίοδο. Ένας μεγαλύτερος επιπολασμός αυξάνει την πιθανότητα ότι ένα ευαίσθητο άτομο θα συναντήσει ένα μολυσμένο άτομο. Στην οικονομική ανάλυση το ποσοστό κινδύνου για μόλυνση μπορεί να είναι μια μειωμένη συνάρτηση του επιπολασμού της νόσου, όταν η ιδιωτική ζήτηση για πρόληψη είναι ελαστική. Όταν το πλήθος από μολυσμένα άτομα μεγαλώνει, τα μη μολυσμένα

άτομα αντιμετωπίζουν μεγαλύτερο κίνδυνο μόλυνσης και ως εκ τούτου αυξάνουν το αίτημά τους για πρόληψη. Οι απότομες μειώσεις του κινδύνου για λοίμωξη που συχνά συνοδεύουν τα κρούσματα φαίνεται να παρέχουν εμπειρική υποστήριξη για οικονομική και όχι επιδημιολογική ανάλυση των επιδημιών. Όπως για παράδειγμα τα δυο τελευταία χρόνια που αντιμετωπίζουμε πανδημία κορονοϊού, οι κυβερνήσεις προσπαθούν να ενδυναμώσουν τις οικονομίες του κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού κατά την οποία η θετικότητα μειώνεται.

2.2.2 Είδη μολυσματικών ασθενειών

Τα είδη των μολυσματικών ασθενειών είναι δυο, οι ασθένειες που μεταδίδονται από άτομο σε άτομο και οι ασθένειες που μεταδίδονται από ένα φορέα μετάδοσης.

Για ασθένειες που εξαπλώνονται από άτομο σε άτομο, το απλούστερο μοντέλο της μαθηματικής επιδημιολογίας καθορίζει την αλλαγή στον αριθμό των νέων μολύνσεων ανά περίοδο:

$$\text{Νέες λοιμώξεις} = \alpha \times (\text{συνολικά ευαίσθητα άτομα}) \times (\text{συνολικό ποσοστό μόλυνσης}) \quad (1)$$

Η εξίσωση προϋποθέτει έναν ομοιογενή πληθυσμό στον οποίο οι άνθρωποι επικοινωνούν μεταξύ τους άλλα τυχαία και με ίση πιθανότητα. Η πιθανότητα ανά επαφή ενός ευαίσθητου ατόμου να συναντηθεί με μολυσμένο (και μολυσματικό) άτομο είναι το ποσοστό μολυσμένων ατόμων στον πληθυσμό, δηλαδή το συνολικό ποσοστό μόλυνσης. Σε πιο περίπλοκες καταστάσεις, μπορεί να υπάρχουν πολλές ομάδες ανθρώπων, κάθε μια ομοιογενής μέσα της αλλά με διαφορετική πιθανότητα με την οποία τα μέλη έρχονται σε επαφή με μέλη άλλων ομάδων, δεδομένου ότι όλοι οι άνθρωποι έχουν μία επαφή και κάθε ομάδα έχει τη δική της πιθανότητα ένα μέλος της να είναι μολυσμένο (το ποσοστό μόλυνσης της ομάδας). Στο ομοιογενές μοντέλο της εξίσωσης το προϊόν του συνολικού ποσοστού μόλυνσης και του συνολικού αριθμού των ευπαθών ατόμων δίνει το συνολικό αριθμό των ευπαθών ατόμων που συναντούν ένα μολυσματικό άτομο όταν κάθε ευαίσθητο άτομο έχει μία επαφή. Ο παράγοντας α είναι μια προσαρμογή που ενσωματώνει τόσο τον αριθμό των επαφών ανά άτομο ανά περίοδο όσο και τη εγγενή μολυσματικότητα ενός μολυσμένου ατόμου και την ευαισθησία ενός ευπαθούς ατόμου. Σε ένα μη ομοιογενές μοντέλο, διαφορετικές ομάδες μπορεί να έχουν διαφορετικό αριθμό επαφών ανά μονάδα χρόνου ή εγγενή μολυσματικότητα ή ευαισθησία. Εκτός από τον αριθμό των νέων λοιμώξεων, ένα πλήρως καθορισμένο επιδημιολογικό μοντέλο καθορίζει επίσης την αλλαγή στον συνολικό αριθμό των μολυσμένων ατόμων ως τη διαφορά μεταξύ του αριθμού των νέων λοιμώξεων (εξίσωση 1) και του μειωμένου αριθμού μολυσμένων ατόμων καθώς αναρρώνουν και στη συνέχεια γίνονται ξανά ευαίσθητα (αναρρώνουν και έχουν ανοσία ή πεθαίνουν). Άλλα μοντέλα καθορίζουν την αλλαγή στους αριθμούς των ατόμων σε άλλες καταστάσεις υγείας (ευαίσθητα και ανοσοποιητικά) και την αλλαγή στο συνολικό πληθυσμό (γεννήσεις και θάνατοι), και έτσι καθορίζεται το ποσοστό μόλυνσης (Gersovitz & Hammer, 2003).

Στις περιπτώσεις που μολύνσεις μεταδίδονται από φορείς και όχι άμεσα από άτομο σε άτομο εξαρτάται άμεσα ο κίνδυνος μόλυνσης ενός ατόμου από το ποσοστό μόλυνσης του φορέα που μεταφέρει τον μολυσματικό παράγοντα και έμμεσα μόνο από το ποσοστό των ενεργών ατόμων που έχουν μολυνθεί και που με τη σειρά τους μολύνουν τους φορείς. Κατά συνέπεια, ακόμη και τα απλούστερα μοντέλα τέτοιων ασθενειών έχουν περισσότερες παραμέτρους από τα αντίστοιχα μοντέλα ασθενειών που μεταδίδονται απευθείας από άτομο σε άτομο. Αυτές οι παράμετροι αντιπροσωπεύουν τις επιλογές των ατόμων και των κυβερνήσεων. Σε περιπτώσεις μετάδοσης με φορέα, έχουμε αρκετά διαφορετικούς οικονομικούς τύπους μέτρων πρόληψης. Ένας τύπος πρόληψης είναι αυτός που επηρεάζει άμεσα το φορέα, για παράδειγμα, ψεκασμός κουνουπιών που μεταδίδουν ελονοσία. Ένας δεύτερος τύπος επηρεάζει την πιθανότητα ένα μη μολυσμένο άτομο να μολυνθεί από έναν μολυσμένο φορέα, αλλά δεν αποτρέπει μη μολυσμένους φορείς από το να μολυνθούν από μολυσμένο άτομο. Ένας τρίτος τύπος επηρεάζει την πιθανότητα ένας μη μολυσμένος φορέας να μολυνθεί από μολυσμένο άτομο, αλλά δεν αποτρέπει ένα μη μολυσμένο άτομο από το να μολυνθεί από μολυσμένο φορέα. Μια τέταρτη κατηγορία επηρεάζει τόσο την πιθανότητα μολύνσεως ενός μολυσμένου ατόμου από έναν μη μολυσμένο φορέα όσο και την πιθανότητα ότι ένας μολυσμένος φορέας θα μολύνει ένα μη μολυσμένο άτομο. (Gersovitz & Hammer, 2003)

Εκτός από αυτές τις κατηγορίες πρόληψης, υπάρχουν διάφορες θεραπείες για πολλές μολύνσεις από φορέα. Οι προσομοιώσεις των Gersovitz και Hammer δείχνουν ότι αυτές οι διαφορετικές προληπτικές και θεραπευτικές μέθοδοι ενός βέλτιστου αποτελέσματος ανταποκρίνονται με διαφορετικούς τρόπους στα στάδιο της επιδημίας και στις υποκείμενες παραμέτρους του μοντέλου. Ειδικά οι τιμές για τους διαφορετικούς τύπους και στα κόστη της ασθένειας. Για παράδειγμα, η βέλτιστη χρήση σε σταθερή κατάσταση κάθε τύπου εισόδου της ασθένειας, μειώνεται καθώς αυξάνεται η δική της τιμή, αλλά η απόκριση μιας εισόδου ο τρόπος που επηρεάζει τις τιμές άλλων τύπων ποικίλλει, καθώς διαφορετικοί τύποι εισόδου δεν είναι ομοιόμορφα συμπληρώματα ή υποκατάστατα.

Επιπλέον, οι διαδρομές των τύπων εισόδου είναι ευαίσθητες στην επιλογή της ομάδας στόχευσης (οι μη μολυσμένοι, οι μολυσμένοι ή όλοι). Μαζική στόχευση σε πληθυσμούς που δεν έχει προηγηθεί διάγνωση, έχει νόημα εάν είναι αδύνατο ή πολύ δαπανηρό να διαγνωστεί η ασθένεια και εάν το κόστος της θεραπείας, συμπεριλαμβανομένων των παρενεργειών, είναι χαμηλή. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ορισμένοι αναλυτές πιστεύουν ότι η μαζική θεραπεία χωρίς να έχει προηγηθεί διάγνωση είναι κάτι που θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί, παρόλα αυτά είναι κάτι που μπορεί να προκαλέσει ανησυχίες τόσο στην επιστημονική κοινότητα όσο και στους πολίτες.

2.2.3 Παγκόσμια κοινά χαρακτηριστικά των ασθενειών

Όλο και αυξάνονται, τα επιδημιολογικά μοντέλα που αντιμετωπίζουν την ευρεία διάδοση νόσου σε εθνικό και διεθνές επίπεδο. Δεδομένου ότι κάθε πολιτεία ή χώρα επιλέγει το δικό της επίπεδο προστασίας από τις μολυσματικές ασθένειες, χωρίς κάποια στρατηγική συνεργασία

διασυνοριακά, οι ασθένειες θα συνεχίσουν να εξαπλώνονται. Η παγκοσμιοποίηση, αποτέλεσε με τις συχνές αεροπορικές μετακινήσεις και την αύξηση της κυκλοφορίας αγαθών, στο να αυξηθούν οι κίνδυνοι εξάπλωσης μολυσματικών ασθενειών.

Τα επιδημιολογικά μοντέλα προσπάθησαν να το βρουν λύσεις κατανοώντας τα δίκτυα με τα οποία γίνονται οι μολύνσεις (πχ συνδέσεις μικρής κλίμακας ανά τον κόσμο). Τα προβλήματα αυτά έχουν προκύψει καθώς υπάρχει ανοιχτή πρόσβαση των ανθρώπων σε όλο τον κόσμο, λόγω επίσης της αποτελεσματικότητας ή όχι των αντιβιοτικών και από την εξάλειψη ή όχι διάφορων ασθενειών. Αυτοί οι τύποι «αγαθών» είναι με πολλούς τρόπους μια επέκταση των εξωτερικοτήτων,(externalities) που οι οικονομολόγοι έχουν χαρακτηρίσει παγκόσμια κοινά. Τα παγκόσμια κοινά, εξ ορισμού, είναι πράγματα που δεν μπορούν να περιοριστούν μόνο σε μία χώρα όπως το κλίμα, για παράδειγμα. Ένα παράδειγμα στην περίπτωση μας είναι όταν ένα παθογόνο γίνει ανθεκτικό σε αντιμικροβιακά, λόγω υπερβολικής χρήσης σε μια χώρα, και αυτή η ανθεκτική μορφή είναι πιθανό να εξαπλωθεί παντού ανά το κόσμο. Για παράδειγμα, η χλωροκίνη ήταν το κύριο φάρμακο για τη θεραπεία της ελονοσίας για αρκετές δεκαετίες, αλλά η αποτελεσματικότητά του έχει μειωθεί απότομα τα τελευταία χρόνια, καθώς η αντοχή στη χλωροκίνη αυξάνεται.

Σε μια εξέταση του αντίκτυπου της επιλογής των καταναλωτών σχετικά με την αύξηση της αντίστασης στα φάρμακα κατά της ελονοσίας, τρεις πρόσφατες μελέτες βρίσκουν ισχυρή υποστήριξη για την χρηματοδότηση συνδυασμένων θεραπειών Artemisinin ως μέσο για τη μείωση της εξάπλωσης της αντίστασης. Παρόλα αυτά απαιτούνται τεράστια χρηματικά ποσά για την χρηματοδότηση αυτών των συνδυαστικών θεραπειών.

Το προφανές πλεονέκτημα της εξάλειψης μιας ασθένειας είναι ότι δεν υπάρχουν πλέον λοιμώξεις, αλλά ένα πρόσθετο όφελος που σπάνια συζητείται από τους επιδημιολόγους, είναι η αποφυγή του κόστους όλων των μελλοντικών προσπαθειών ελέγχου. Αυτές οι εξοικονομήσεις είναι γενικά πολλές φορές μεγαλύτερες από το κόστος της εξάλειψης των λοιμώξεων. Για παράδειγμα, οι Ηνωμένες Πολιτείες εξοικονόμησαν περίπου 230 εκατομμύρια δολάρια ετησία από την εξάλειψη της πολιομυελίτιδας (Κογκρέσο των ΗΠΑ, 1998), και εκτιμάται ότι για όλο τον κόσμο η εξοικονόμηση θα μπορούσε να φθάνει τα 1,5 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως. Η εξάλειψη της πολιομυελίτιδας παγκοσμίως θα οδηγούσε , οι πόροι που δαπανούνται επί του παρόντος για εμβολιασμούς να αξιοποιηθούν σε περισσότερο παραγωγικές χρήσεις. Η ιδέα ενός παγκόσμιου κοινού τρόπου αντιμετώπισης των νόσων είναι εξαιρετικά σημαντική. Πράγματι, η παγκόσμια εξάλειψη της ευλογιάς είναι υποψήφια για την μεγαλύτερη εξοικονόμηση που μετρήθηκε ποτέ, με βάση τις ζωές που σώθηκαν από την ευλογιά και από την εξοικονόμηση από το κόστος του εμβολιασμού κατά της ευλογιάς. (Barrett, 2004)

Η θεωρία των οικονομικών παιχνιδιών (Barrett, Global disease eradication, 2003) μας δίνει μια εικόνα. Ας θεωρήσουμε τέσσερις πανομοιότυπες χώρες τότε τέσσερις δυνατότητες εμφανίζονται:

- καμία χώρα δεν εξαλείφει την ασθένεια επειδή είναι πολύ δύσκολη.
- καμία χώρα δεν εξαλείφει την ασθένεια από επιλογή, ανεξάρτητα από το ποιες άλλες χώρες το κάνουν
- κάθε χώρα επιλέγει να εξαλείψει την ασθένεια, ανεξάρτητα από το τι κάνουν οι άλλες και

- κάθε χώρα εξαλείφει την ασθένεια εάν και μόνο αν είναι κάθε άλλη χώρα εξαλείφει επίσης την ασθένεια.

Ο συντονισμός, δηλαδή η τέταρτη περίπτωση, είναι η πιο ενδιαφέρον στο πλαίσιο της παγκόσμιας οικονομίας, γιατί οργανισμοί όπως τα Ηνωμένα Έθνη και ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας μπορούν να συντονίσουν τις προσπάθειες τους σε διάφορες χώρες, ακόμα και αν κανένας οργανισμός δεν έχει τη πραγματική δύναμη επιβολής (Barrett, 2004)

Σε πολλές περιπτώσεις όπου θα ήταν προς το παγκόσμιο συμφέρον να εξαλειφθεί μια ασθένεια, και μεμονωμένες χώρες αντιμετωπίζουν διαφορετικές επιλογές εξάλειψης, μπορεί να είναι το συμφέρον των πλουσιότερων χωρών να πληρώσουν για την εξάλειψη των ασθενειών τις φτωχότερες χώρες προκειμένου να επιτευχθεί η εξάλειψη. Όμως για να συμβεί κάτι τέτοιο, πρέπει τα οφέλη από την εξάλειψη για τις πλουσιότερες χώρες να είναι τόσο μεγάλα ώστε να είναι πρόθυμοι να χρηματοδοτήσουν την εξάλειψη άλλες χώρες. Ωστόσο, παρόλο που αυτό μπορεί να έχει νόημα, οι χώρες συχνά επιλέγουν να μην βοηθήσουν στην εξάλειψη μιας ασθένειας επειδή πιστεύουν ότι οι άλλοι δεν πληρώνουν το μερίδιό τους (το παιχνίδι συνεργασίας) ή τα οφέλη είναι τόσο διάχυτα που είναι δύσκολο να βρουν τρόπους στήριξης. Τα παγκόσμια ιδρύματα μπορούν να παίξουν έναν ρόλο εδώ βοηθώντας τον συντονισμό των προσπαθειών και προωθώντας την κατανόηση των οφελών της εξάλειψης. Υπάρχει ένας ξεκάθαρος σκοπός για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος, με τη χρήση ενός συνδυασμού επιδημιολογικών μοντέλων (για τον χαρακτηρισμό της υποκείμενη χωρικής και χρονικής δυναμικής σε τοπικό και σε παγκόσμιο επίπεδο) και με την οικονομική μοντελοποίηση (για τον εντοπισμό δυναμικού κόστους και οφελών).

Η αντιμετώπιση αυτών των διαφορών είναι σημαντική, διότι, στον πραγματικό κόσμο, όλες οι χώρες δεν είναι ίδιες. Οι περισσότερες ανεπτυγμένες χώρες μπορούν να επιλέξουν να εξαλείψουν μια ασθένεια, υποθέτοντας ότι είναι δυνατόν να το πράξουν, και αναμφισβήτητα θα το πράξουν, εάν τα οφέλη υπερτερούν του κόστους. Για πολλές αναπτυσσόμενες χώρες, ωστόσο, οι απαραίτητες υποδομές δεν υπάρχουν ή δεν λειτουργούν αρκετά καλά για να εξαλείψουν μια ασθένεια, ακόμη και αν τα οφέλη υπερτερούν του κόστους, καθώς μπορεί να μην έχουν αυτή την οικονομική δυνατότητα. Η αλληλεπίδραση μεταξύ των εθνικών υπηρεσιών υγείας και του διεθνούς συστήματος είναι ένα παράδειγμα όπου οι οικονομικές θεωρίες σχετικά με τη στρατηγική συμπεριφορά και τα επιδημιολογικά μοντέλα μπορούν να συνδυαστούν για να προχωρήσουν κατανόηση και ενημέρωση της δημόσιας πολιτικής. Επειδή οι μολυσματικές ασθένειες δεν σέβονται τα σύνορα και τα πολιτικά και οικονομικά κίνητρα, είναι σημαντικό να οριστεί ο ρόλος που οι κυβερνήσεις και τα θεσμικά όργανα μπορούν να παίξουν στο συντονισμό μιας λύσης, στη χρηματοδότηση των προσπαθειών εξάλειψης και στην καταπολέμηση άλλων προβλημάτων. (Klein, Laxminanarayan, Smith, & Gilligan, 2007)

2.2.4 Μοντέλο για τις μολυσματικές ασθένειες

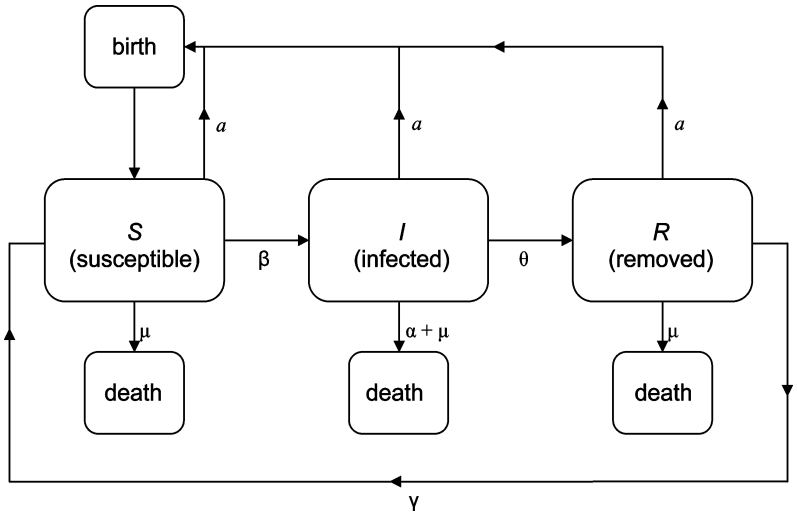
Έστω ένα μοντέλο που αναλύει τα αποτελέσματα μιας μείωσης του αριθμού των επαφών κατά ένα για την ανάπτυξη μιας νόσου. Οι προβλέψεις τέτοιων μοντέλων βασίζονται σε μεγάλο βαθμό

στην ελαστικότητα του επιπολασμού της ζήτησης για πρόληψη κατά της νόσου. Ο επιπολασμός σε συνδυασμό με τη συμπεριφορά, όταν υπάρχει υποψία για μόλυνση. έχει διαφορετικές επιπτώσεις στην μόλυνση από τα κανονικά επιδημιολογικά μοντέλα της εμφάνισης ασθενειών. Η ζήτηση για πρόληψη είναι ευαίσθητη σε όλους τους κινδύνους, τόσο σε περιπτώσεις επιπολασμού όσο και στο κόστος της μόλυνσης Αυτός ο τύπος επιπολασμού-ελαστικής ζήτησης έχει δύο σημαντικές επιπτώσεις α) περιορίζεται η αύξηση της μολυσματικής ασθένειας λόγω της προληπτικής συμπεριφοράς των ατόμων, β) δεδομένου ότι η παρακμή μιας ασθένειας αποθαρρύνει την πρόληψη, οι αρχικά επιτυχημένες προσπάθειες για τη δημόσια υγεία καθιστούν σταδιακά δυσκολότερη την εξάλειψη των μολυσματικών ασθενειών.

Οι (Philipson & Geoffard, 1996) υποστηρίζουν ότι η εξάλειψη δεν είναι ποτέ το βέλτιστο του Pareto όταν λαμβάνεται υπόψη μόνο η τρέχουσα γενιά. Ωστόσο, αυτό που λείπει από την αγορά είναι δυναμικό: οι μελλοντικές γενιές δεν μπορούν να πληρώσουν τους παραγωγούς εμβολίων για το όφελος που προκύπτει από το προϊόν των παραγωγών. Από την οπτική γωνία του σημερινού πληθυσμού, η εξάλειψη δεν είναι ποτέ το Pareto βέλτιστο, επειδή τα οφέλη από τη μείωση μιας εξαφανισμένης ασθένειας αργά ή γρήγορα πέφτουν κάτω από το κόστος του εμβολιασμού περισσότερων ατόμων. Επιπλέον, η επικράτηση της ελαστικότητας της ζήτησης μειώνει την ελαστικότητα των τιμών της ζήτησης, η οποία συνεπάγεται ότι οι επιδοτήσεις τύπου Pigouvian για την τόνωση της πρόληψης μπορεί να έχουν περιορισμένη επιτυχία.

Το χρονοδιάγραμμα της δημόσιας παρέμβασης ένας κρίσιμος παράγοντας για τον καθορισμό της οικονομικής αποδοτικότητας. Εάν η επιδότηση δεν είναι αρκετά γρήγορη, η αύξηση του επιπολασμού θα έχει ήδη προκαλέσει προστασία.

Το μοντέλο SIR περιγράφει τη δυναμική αλληλεπίδραση μεταξύ ενός μικρό-παράσιτου που μεταδίδεται απευθείας και του πληθυσμός του ξενιστή, καθώς οι ξενιστές ρέουν μεταξύ του διαφορετικές καταστάσεις των S (ευαίσθητων), I (μολυσμένων), και R (αυτών που έχουν αφαιρεθεί - νεκροί ή που έχουν αναρρώσει). Οι ξενιστές αναπαράγονται με κατά κεφαλήν ρυθμό α και πεθαίνουν με κατά κεφαλήν ρυθμό μ . Οι μολυσμένοι ξενιστές βιώνουν μια πρόσθετη ασθένεια με ποσοστό θανάτου α, επιπρόσθετα με το προηγούμενο ποσοστό θνησιμότητας. Οι ευπαθείς ξενιστές μολύνονται με ρυθμό β_I, ο ρυθμός μετάδοσης, ο οποίος προκύπτει λόγω επαφής μεταξύ ευπαθών και μολυσμένων ατόμων. Τα μολυσμένα άτομα αναρρώνουν με ρυθμό θ (διάρκεια = 1 / θ) και τα άτομα που έχουν αφαιρεθεί γίνονται ξανά ευαίσθητα με ρυθμό γ (διάρκεια = 1 / γ), σε ασθένειες όπου δεν είναι δυνατή η ανάκαμψη ο ρυθμός θ θα ήταν 0. Πιο σύνθετα μοντέλα μπορεί να προσθέσουν επιπλέον κατηγορίες, αλλά η βασική ιδέα είναι η ίδια. (Klein, Laxminanarayan, Smith, & Gilligan, 2007)

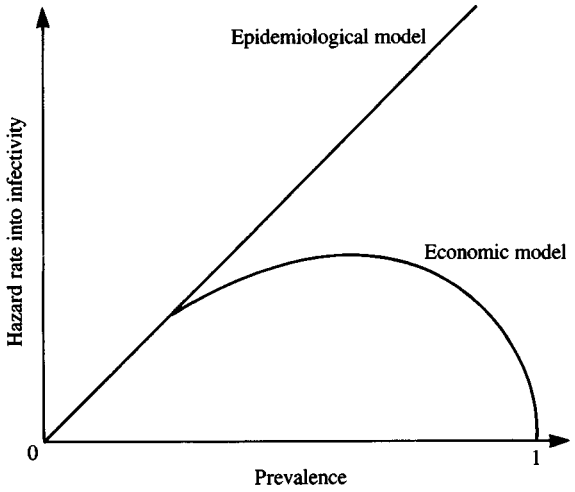


Σχήμα 1 Το μοντέλο SIR (Klein, Laxminanarayan, Smith, & Gilligan, 2007)

2.2.5 Επιπολασμός

Τα μαθηματικά μοντέλα ασθενειών έχουν εξετάσει γενικά τον τρόπο που η δυναμική της μετάδοσης μπορεί να επηρεάσει τον επιπολασμό της νόσου. Η δυναμική μπορεί να βασίζεται σε δομικούς παράγοντες όπως δημογραφικά, κοινωνικά δίκτυα και κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες καθώς και από ισχύοντες νόμους / πολιτικές ή, στη περίπτωση των μεικτών μοντέλων, σε διαφορετικά τμήματα του πληθυσμού. Πιο πρόσφατα, ειδικά στο πλαίσιο του HIV / AIDS, τα μοντέλα περιλάμβαναν δυναμικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ επιπολασμού και ατομικής συμπεριφοράς και πολιτικών / νόμων και το επακόλουθο αντίκτυπο στη δυναμική μετάδοσης και στον επιπολασμό. (Klein, Laxminanarayan, Smith, & Gilligan, 2007)

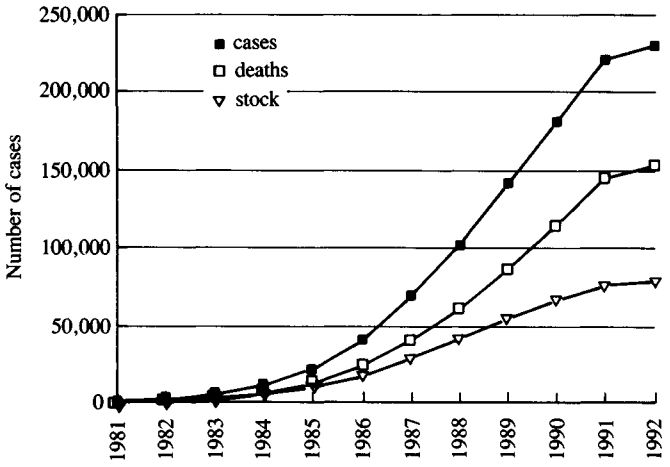
Η οικονομική και βιολογική επιδημιολογία όπως ήδη έχουμε αναφέρει κάνουν διαφορετικές προβλέψεις για την επίδραση που έχει ο επιπολασμός της νόσου στο ποσοστό κινδύνου από τη μολυσματικότητα (η οποία ορίζεται ως το κλάσμα των ευπαθών ατόμων που έχουν μολυνθεί σε δεδομένο χρονική περίοδο). Για παράδειγμα, εάν ένας πληθυσμός αποτελείται από 1.000 άτομα εκ των οποίων πενήντα έχουν μολυνθεί, τότε ο επιπολασμός είναι 5 τοις εκατό. Εάν αυτά τα πενήντα άτομα μολύνουν δέκα νέα άτομα, το ποσοστό κινδύνου στη μολυσματικότητα είναι 10/950. Ο επιπολασμός είναι επομένως ένα μέτρο του μολυσμένου «αποθέματος» και αποτελεί ένα μέτρο της ροής του κινδύνου στο μολυσμένο απόθεμα. Το παρακάτω σχήμα απεικονίζει τις προβλέψεις των διαφορετικών μοντέλων σχετικά με την επίδραση του επιπολασμού στο ποσοστό κινδύνου. Ο οριζόντιος άξονας μετρά την επικράτηση μιας ασθένειας, και ο κατακόρυφος άξονας το κλάσμα των ακόμα ευαίσθητων ατόμων που μολύνονται ως συνάρτηση αυτού του επιπολασμού (η λεγόμενη συνάρτηση κινδύνου).



Σχήμα 2 Η επιρροή του επιπολασμού στο ποσοστό κινδύνου μόλυνσης που προβλέπεται από τα δύο μοντέλα (Philipson T. , Public Health and Economic Epidemilogy, 2010)

Σε ένα βιολογικό μοντέλο με τυχαία αντιστοίχιση, το ποσοστό των ευαίσθητων ατόμων που θα συναντήσουν κάποιο μολυσμένο άτομο είναι ίσο με το ποσοστό των μολυσμένων ατόμων στον πληθυσμό, δηλαδή, το ποσοστό κινδύνου ισούται με τον επιπολασμού. Επομένως, το βιολογικό μοντέλο εκτιμά μια αυξημένη σχέση μεταξύ του ποσοστού κινδύνου μολυσματικότητας και του επιπέδου επιπολασμού. Αυτή η σχέση ισχύει και στο οικονομικό μοντέλο μόνο εάν η ζήτηση για προστασία δεν ανταποκρίνεται στη αύξηση του επιπολασμού - δηλαδή, μόνο στο ειδική περίπτωση ανελαστικής (ή αμετάβλητης) ζήτησης προστασίας ανεξαρτήτως του επιπέδου του επιπολασμού. Εάν ανταποκρίνεται σε μια αλλαγή στον επιπολασμό, δηλαδή εάν η απαίτηση προστασίας είναι ο επιπολασμός είναι ελαστικός τότε η επίδραση του αυξημένου επιπολασμού, στο ποσοστό κινδύνου για μολυσματικότητα δεν είναι συνεχώς αυξανόμενο. Αυτό συμβαίνει επειδή όσο αυξάνεται ο επιπολασμός, το ίδιο συμβαίνει με τη ζήτηση για προστασία από τα ευαίσθητα άτομα, αφού το κόστος από την εκτεθειμένη συμπεριφορά έχει αυξηθεί λόγω του αυξημένου επιπολασμού, η σχετική τιμή για προστασία έχει μειωθεί.

Το παρακάτω σχήμα απεικονίζει το μοτίβο του επιπολασμού στα δεδομένα του AIDS από το Κέντρα Ελέγχου Νόσων (CDC). Δείχνει ότι ο πληθυσμός του AIDS, δηλαδή, ο αθροιστικός αριθμός των περιπτώσεων AIDS μέχρι σήμερα μείον τον αθροιστικό αριθμό θανάτων από AIDS μέχρι σήμερα , σταθεροποιείται. Έχει επίσης τεκμηριωθεί (Philipson & Posner, 1993) ότι το ποσοστό κινδύνου από τη μολυσματικότητα του AIDS μειώνεται με την πάροδο του χρόνου. Δηλαδή, το κλάσμα ατόμων που δεν είχαν μολυνθεί προηγουμένως τα οποία μολύνονται στη συνέχεια μειώνεται καθώς αυξάνεται ο επιπολασμός της νόσου. Η αρνητική επίδραση του επιπολασμού στα ποσοστά κινδύνου της μολυσματικότητας παρουσιάζεται καλύτερα στο οικονομικό μοντέλο σε σχέση με τα τυπικά βιολογικά μοντέλα.



Σχήμα 3 Ο επιπολασμός του AIDS (Philipson T. , Public Health and Economic Epidemilogy, 2010)

2.2.6 Εμβολιασμός

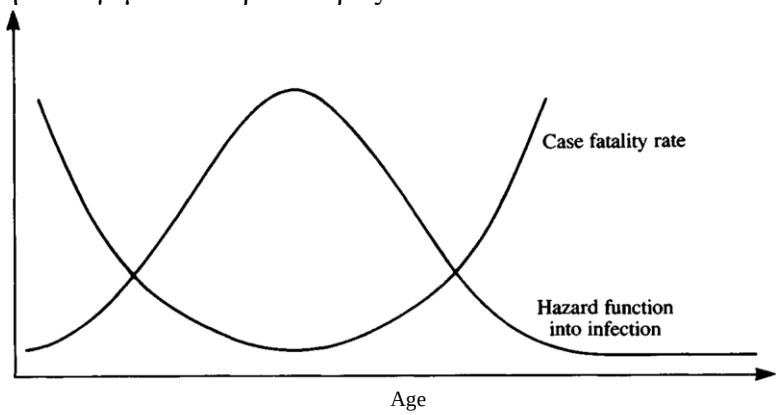
Πώς μπορεί να επηρεάσει η εισαγωγή ενός εμβολίου την εξάπλωση μιας ασθένειας; Καθώς αυξάνεται ο επιπολασμός μιας ασθένειας, οι άνθρωποι θα έχουν την απαίτηση του εμβολιασμού. Καθώς ο επιπολασμός μειώνεται, ωστόσο, το κίνητρο, και έτσι η ζήτηση, θα επιβραδύνει και θα επιτρέψει στον ευαίσθητο πληθυσμό να αυξηθεί έως ότου η ασθένεια μπορεί να επανεμφανιστεί. Εφόσον ένα εμβόλιο δεν είναι δωρεάν, η ζήτηση θα είναι ανεπαρκής καθώς κάποιοι δε θα έχουν να πληρώσουν για το αντίτιμο ,μένοντας έτσι χωρίς εμβολιασμό. Εάν η ασθένεια είναι μεταδοτική, θα μπορούσε στη συνέχεια να αρχίσει να εξαπλώνετε ξανά μεταξύ μη εμβολιασμένων ατόμων. Έτσι, είναι αδύνατη η εξάλειψη μιας ασθένειας που μπορεί να προληφθεί με εμβόλιο μέσω εθελοντικού εμβολιασμού εάν οι άνθρωποι ενεργούν για το δικό τους συμφέρον.

Τα άτομα πιστεύουν ότι η πιθανότητα μόλυνσης στο μέλλον είναι χαμηλότερη λόγω της αναμενόμενης έκδοσης ενός εμβολίου, πιθανότατα θα μειώσουν την επικίνδυνη συμπεριφορά τους πριν από την έκδοση του εμβολίου, επειδή προβλέπουν ότι η ασθένεια θα είναι λιγότερο διαδεδομένη στο μέλλον. Ωστόσο, εάν δεν αναμένεται η έκδοση ενός εμβολίου και τα άτομα υποθέτουν ότι η ασθένεια θα είναι χειρότερη στο μέλλον, δεν θα μειώσουν την επικίνδυνη συμπεριφορά τους τώρα. Εν ολίγοις, όσο πιο απαισιόδοξα είναι τα άτομα για το μέλλον, τόσο πιο επικίνδυνη θα είναι η τρέχουσα συμπεριφορά τους και αυτό μπορεί να αλλάξει μακροπρόθεσμα τον επιπολασμό της νόσου.

Οι επιδοτήσεις στις τιμές από μόνες τους δεν θα επιφέρουν εξάλειψη για τους ίδιους λόγους που δεν θα μειωθούν οι τιμές μέσω του αυξημένου ανταγωνισμού. Οι επιδοτήσεις τιμών και τα υποχρεωτικά προγράμματα εμβολιασμού είναι περιορισμένα στην ικανότητά τους να επιτύχουν εξάλειψη , διότι τα υψηλότερα ποσοστά εμβολιασμού για άτομα που καλύπτονται από οποιοδήποτε δημόσιο πρόγραμμα μειώνουν το κίνητρο όσων βρίσκονται εκτός του προγράμματος να εμβολιαστούν. Ο επιπολασμός-ελαστικότητα της ζήτησης μειώνει την ελαστικότητα τιμής της

ζήτησης στην περίπτωση των επιδοτήσεων και έτσι μειώνει το συνολικό αποτέλεσμα της ζήτησης της αυξημένης υποχρεωτικής κάλυψη. Καθώς αυξάνεται η ζήτηση για όσους επιδοτούνται, η ζήτηση μειώνεται για αυτούς που δεν επιδοτούνται. Στην ακραία περίπτωση, η συνολική ζήτηση είναι ανελαστική έναντι των επιδοτήσεων. Ο επιπολασμός-ελαστικότητα της ζήτησης όχι μόνο επηρεάζει τα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα τέτοιων παρεμβάσεων αλλά και τις βραχυπρόθεσμα αποτελέσματα και, ως εκ τούτου, το βέλτιστο χρονοδιάγραμμα του προγράμματος Pareto για τα δημόσια προγράμματα επιδοτήσεων. Ο επιπολασμός ανταγωνίζεται τις δημόσιες παρεμβάσεις στην δημιουργία μέτρων προστασίας, και αυτό καθιστά το χρονοδιάγραμμα της δημόσιας παρέμβασης έναν κρίσιμο παράγοντα για τον καθορισμό της οικονομικής της αποτελεσματικότητας. Εάν η επιδότηση δεν είναι αρκετά γρήγορη, η αύξηση του επιπολασμού έχει ήδη προκαλέσει προστασία, έτσι ο δημόσιος τομέας καταλήγει έτσι να πληρώνει για συμπεριφορά που θα είχε αναλάβει ο ιδιωτικός τομέας από μόνος του.

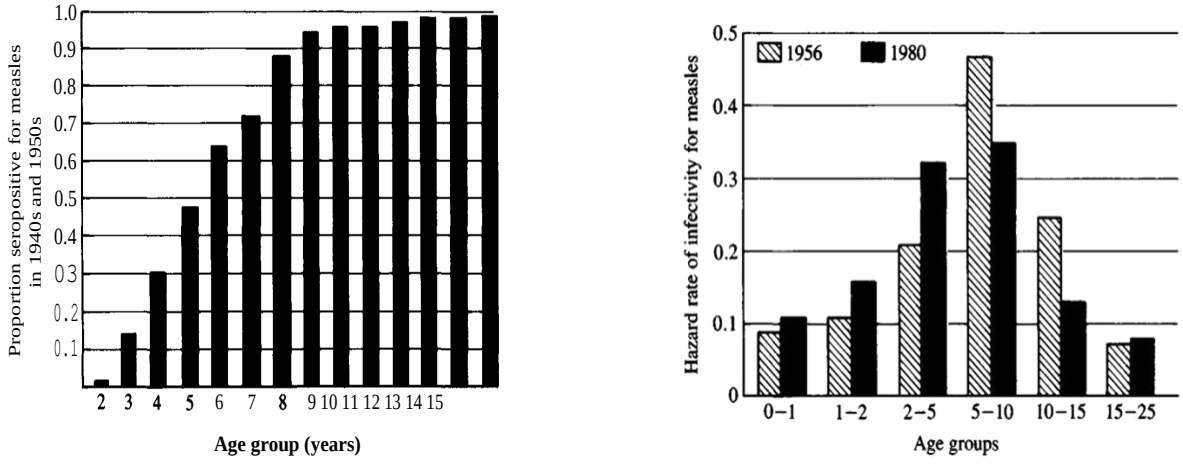
Τι γίνεται όμως για τα εμβόλια στα παιδιά; Για παιδικές ασθένειες χαμηλού ρίσκου, φαίνεται ότι η ζήτηση για τέτοια ανοσία είναι υψηλή για τα μικρά παιδιά, αλλά φτάνει στο μηδέν μετά τα τέλη της εφηβείας. Αυτή η ιδιότητα συμφωνεί με τους ακόλουθους δύο παράγοντες: πρώτον, όπως αναμενόταν με τη διάρκεια ζωής να μειώνεται, μειώνονται τα οφέλη της ασυλίας έτσι τα οφέλη είναι υψηλότερα για τα μικρά παιδιά. Δεύτερον, η τιμή για ασυλία (το κόστος νοσηρότητας της λοίμωξης) αυξάνεται με την ηλικία. Για παράδειγμα, ο κίνδυνος θανάτου από την παιδική ασθένεια αυξάνεται με την ηλικία. Και οι δύο παράγοντες καθιστούν την πρώιμη λοίμωξη προτιμότερη από τη μεταγενέστερη λοίμωξη. Πράγματι, οι καταναλωτές μπορεί να είναι πρόθυμοι να «πληρώσουν» για να μολυνθούν τα παιδιά τους, όταν τα εμβόλια δεν είναι διαθέσιμα. Όπως αποδεικνύεται από την κοινή πρακτική να κοιμούνται τα παιδιά στην ίδια κρεβατοκάμαρα με έναν άρρωστο αδερφό, ή τα λεγόμενα «πάρτυ ιλαράς».



Σχήμα 4 Η ηλικία σε σχέση με τη θνησιμότητα και το κίνδυνο για μόλυνση (Philipson T. , Public Health and Economic Epidemilogy, 2010)

Η στάση των γονέων έναντι των παιδικών ασθενειών αντικατοπτρίζει το όφελος της και το αυξανόμενο κόστος της μόλυνσης με την ηλικία. Πράγματι, ο εμβολιασμός προκαλεί ακριβώς μια ήπια μορφή της νόσου που στοχεύει στην εκκίνηση της φυσικής ανοσίας, η αγορά εμβολιασμού είναι σαν αγορά ανοσίας μέσω ήπιων μορφών παιδικών λοιμώξεων. Στην ουσία, τα κίνητρα που προωθούν τον πρώιμο εμβολιασμό οδηγούν επίσης στην πρόωρη μόλυνση όταν τα εμβόλια δεν είναι διαθέσιμα. Ότι το κλάσμα της κοόρτης αυτών που έχουν μολυνθεί σταματά να αυξάνεται

στα τέλη της εφηβείας εξηγείται επίσης εύκολα μέσω των κινήτρων που σχετίζονται με την αγορά ανοσίας μέσω μόλυνσης. Δεδομένου ότι στα τέλη της εφηβείας λαμβάνει χώρα μια απότομη αύξηση του κόστους μόλυνσης και της ζήτησης προστασίας από άτομα που δεν έχει ακόμη οριμάσει το ανοσοποιητικό τους. Η οικονομική θεωρία της ηλικιακής δομής των ασθενειών που φέρουν ανοσία υπονοεί ότι εάν το ποσοστό θνησιμότητας της περίπτωσης (το ποσοστό των μολυσμένων που πεθαίνουν) είναι μια συνάρτηση σχήματος U σε ηλικία, τότε η ορθολογική έκθεση συνεπάγεται ότι ο κίνδυνος, ο ρυθμός μόλυνσης (το κλάσμα των ευαίσθητων για μόλυνση) είναι λειτουργία ανεστραμμένου σχήματος U όπως φαίνεται στο σχήμα. Έτσι, στα πρώτα χρόνια ένα χαμηλό ποσοστό εκείνων που διατρέχουν κίνδυνο μόλυνσης, μολύνονται λόγω του κινδύνου της νόσου. Σε περίπτωση πτώσης του ποσοστού θνησιμότητας, το ποσοστό κινδύνου αυξάνεται ξανά. Αρκετές μελέτες τεκμηριώνουν τα ποσοστά κινδύνου στη μόλυνση και δείχνουν ότι η τάση να μολυνθεί ένα άτομο εμφανίζει την ανεστραμμένη μορφή σχήματος U που συζητήθηκε παραπάνω. Αυτή η επίπτωση είναι διαφορετική από αυτή που προκύπτει από μια θεωρία γενετικής, και ως εκ τούτου υπάρχουν διαφορές στην ευαισθησία μεταξύ ατόμων. Για παράδειγμα, το σχήμα 13.5 απεικονίζει τα τυπικά μοτίβα των ποσοστών κινδύνου για ιλαρά για μια κοόρτη στην Αγγλία και την Ουαλία κατά τα έτη πριν τον εμβολιασμό.



Σχήμα 5 . Ποσοστό μόλυνσης από ιλαρά ανα ηλικία και κίνδυνος μόλυνσης ανα ηλικιακή ομάδα (Anderson & May, 1991)

Οι επιδημιολόγοι εξηγούν τέτοια πρότυπα στην ηλικιακή δομή της νόσου μέσω σχολικών μοτίβων ανάμειξης - δηλαδή, καθώς τα μολυσμένα παιδιά είναι περισσότερα πιθανό να συναντήσουν ευπαθή παιδιά όταν είναι στο σχολείο, το ποσοστό κινδύνου αυξάνεται στην πρώιμη σχολική ηλικία. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει ηλικία επίδρασης και μπορούν να μολυνθούν σε όλες τις ηλικίες. Αντίθετα, υποστηρίζεται το γεγονός ότι τα πρότυπα ανάμειξης αλλάζουν με την ηλικία. Αν και οι μελλοντικές μελέτες πρέπει να διευθετήσουν εάν υπάρχει τέτοια εξάρτηση από τη διάρκεια, είναι σαφές ότι στο σχολείο ότι η ανάμιξη των μοτίβων δεν μπορεί να είναι ολόκληρη η απάντηση. Αφού τα μοτίβα είναι τα ίδια και για ασθένειες που φέρουν ανοσία και ασθένειες που δεν φέρουν ανοσία, οι οποίες, στην πραγματικότητα, έχουν δραστικά διαφορετικές ηλικιακές δομές. Επίσης, μια τέτοια θεωρία είναι ανίκανη να εξηγήσει γιατί δεν είναι όλες οι ασθένειες

παιδικές ασθένειες. Οι γονείς αφήνουν τα παιδιά τους να πηγαίνουν στο σχολείο, ακόμη και αν για μια ασθένεια το κόστος της μόλυνσης είναι χαμηλό και η αγορά ανοσίας μέσω μόλυνσης είναι επιθυμητή. Οι γονείς αντιδρούν πολύ πιο έντονα όταν δεν υπάρχουν οφέλη από λοίμωξη, όπως για παράδειγμα υπήρξαν αντιπαραθέσεις σχετικά με το εάν θα επιτρέπεται σε παιδιά με AIDS να πηγαίνουν σε δημόσια σχολεία.

Όσον αφορά τις δημόσιες επιδοτήσεις στη τιμή, οι επιχορηγήσεις Pigovian στοχεύουν στη διόρθωση της ανεπαρκούς παροχής. Ωστόσο, διαπιστώνουμε ότι η σταθερή κατάσταση της τιμής ελαστικότητας της ζήτησης για εμβόλια μειώνεται λόγω επιπολασμού-ελαστικής ζήτησης, έτσι ώστε τέτοιες επιδοτήσεις να καταστούν αναποτελεσματικές. Ως εκ τούτου, οι επιχορηγήσεις Pigovian θεωρείται ότι μπορούν να επιλύσουν το πρόβλημα της ανεπαρκούς παροχής εμβολίων βραχυπρόθεσμα, ή εκτός σταθερής κατάστασης. Κάτω από μια επικράτηση που ανταποκρίνεται στη ζήτηση, η σχετικά χαμηλή ελαστικότητα των τιμών μπορεί να περιορίσει την αποτελεσματικότητα των Pigovian επιδοτήσεων και στην ακραία περίπτωση, τέτοιες επιδοτήσεις μπορεί να μην αυξήσουν καθόλου τη συνολική ζήτηση.

Σε σταθερή κατάσταση, το κλάσμα των ατόμων σε καθεμία από τις τρεις καταστάσεις υγείας παραμένει σταθερό με την πάροδο του χρόνου σε επίπεδα (S,I, R), που τώρα υποδηλώνονται χωρίς δείκτες του χρόνου. Δηλώνετε με D (I, p) η απαίτηση για εμβολιασμό σε ένα σταθερό μελλοντικό μονοπάτι επιπολασμού στο επίπεδο I, όπου $D_p \leq 0$ και $D_I \geq 0$. Το θετικό πρόσημο του D_I ορίζεται ως η απόκριση της ζήτησης. Το όφελος του εμβολιασμού αυξάνεται με τον επιπολασμό. Μπορεί επίσης να αποδειχθεί ότι για κάθε σταθερή τιμή, υπάρχει μια μοναδική σταθερή κατάσταση επιπολασμού που υποδηλώνεται με I(p), και η οποία αυξάνεται με την τιμή και είναι τοπικά σταθερή. Επομένως, σε αντίθεση με πολλά άλλα δυναμικά οικονομικά συστήματα, το μοντέλο δεν θα εμφανίζει κύκλους.

Χρησιμοποιώντας τη μοναδική και θετική σχέση μεταξύ επικράτησης και τιμής, η ζήτηση για εμβόλιο μπορεί να γραφτεί μόνο ως συνάρτηση της τιμής, ως $\overline{D}(p) \equiv D(I(p), p)$. Η συνολική επίδραση της αύξησης των τιμών σε αυτή τη ζήτηση αποτελείται όχι μόνο από το τυπικό άμεσο αρνητικό αποτέλεσμα, αλλά και από το έμμεσο και θετικό αποτέλεσμα μέσω του αυξημένου επιπολασμού:

$$\overline{D}_p = D_p + D_I \cdot I_p$$

Η έμμεση θετική επίδραση εξαρτάται από το βαθμό με τον οποίο αυξάνεται ο επιπολασμός σε σχέση με τη τιμή. Αυτό η επίδραση $\overline{D}_p$ πέφτει με την απόκριση του επιπολασμού στη ζήτηση D_I, όπως φαίνεται στην ακόλουθη σχέση σταθερής κατάστασης:

$$I_p = -1 / \left(D_I + \frac{w+m}{b} \right) \cdot D_p$$

Καθώς αυξάνεται η τιμή, η ζήτηση μειώνεται, προκαλώντας αύξηση του επιπολασμού. Η αύξηση του επιπολασμού δημιουργεί μια αύξηση της ζήτησης. Έτσι, περιορίζεται το αντίκτυπο της τιμής στον επιπολασμό. Το αντικρουόμενο αυτό αποτέλεσμα γίνεται μεγαλύτερο καθώς η ζήτηση γίνεται πιο ευαίσθητη στον επιπολασμό. Κατά συνέπεια, η συνολική επίδραση της τιμής στη ζήτηση μειώνεται με την απόκριση του επιπολασμού στη ζήτηση όπως φαίνεται με την αντικατάσταση του I_p, στην έκφραση για το $\overline{D}_p$

$$\overline{D}_p = 1 /(1 + \frac{b}{w+m} D_I) \cdot D_p$$

Όσο μεγαλύτερη είναι η απόκριση του επιπολασμού στη ζήτηση τόσο λιγότερη απόκριση υπάρχει στην τιμή.

Όταν οι δημόσιες επιδοτήσεις ποικίλουν ανάλογα τον επιπολασμό, όπως συμβολίζεται με s(I), τους αποκαλούμε counter- cyclical εάν s'(I) < 0, ή pro-cyclical εάν s'(I) > 0. Χωρίς αμφιβολία, η πλειονότητα των προγραμμάτων επιδότησης δημόσιου τομέα, είτε είναι διεθνή, εθνική ή μερική εθνική, είναι pro-cyclical. Μόλις θεωρήσουμε ότι οι επιδοτήσεις που εξαρτώνται από τον επιπολασμό, τότε η συνολική συνάρτηση ζήτησης σταθερής κατάστασης γίνεται

$$D^s(I, p) \equiv D (I, p - s(I))$$

και η συνολική απόκριση του επιπολασμού στη ζήτηση είναι τότε

$$dD^s / dI = D_I - s_i D_p$$

Η αύξηση του επιπολασμού επηρεάζει την επιδοτούμενη ζήτηση άμεσα και έμμεσα αυξάνοντας το επίπεδο των επιδοτήσεων στο πλαίσιο μιας pro-cyclical πολιτικής ή μειώνοντας το επίπεδο σε μια counter- cyclical πολιτική. Η αύξηση της επιδότησης προκαλεί μείωση στην τιμή και το αντίστροφο. Κάποιος μπορεί επίσης να δείξει ότι όσο μεγαλύτερη είναι η απόκριση της ζήτησης, τόσο χαμηλότερη είναι η σταθερής κατάστασης του επιπολασμού I. επίσημα, το I είναι χαμηλότερο κάθε φορά που το D_I είναι ομοιόμορφα μεγαλύτερο. Αυτό συνεπάγεται ότι μια pro-cyclical πολιτική επιδοτήσεων μειώνει τη σταθερή κατάσταση επιπολασμού περισσότερο από μια counter- cyclical πολιτική. Επιπλέον, δεδομένου ότι η ζήτηση ποικίλλει λιγότερο ανάλογα με την τιμή, όταν η απόκριση του επιπολασμού στη ζήτηση είναι μεγαλύτερη, οι pro-cyclical επιδοτήσεις μετριάζουν τις επιπτώσεις στην ποσότητα μιας λιγότερο ανταγωνιστικής δομής της αγοράς.

Για μια ανταγωνιστική αγορά που έχει σταθερές επιδοτήσεις, η αγορά εξαλείφει την ασθένεια μόνο εάν η επιδότηση καλύπτει το ελάχιστο μέσο κόστος παραγωγής. Από την άλλη πλευρά, ένας μονοπωλιακός παραγωγός εμβολίων αντιμετωπίζει ένα μη συμβατικό κίνητρο για να διατηρηθεί η ασθένεια ζωντανή: εάν η ασθένεια εξαλειφθεί, θα εξαλειφθεί και η ζήτηση για το μονοπωλιακό προϊόν. Σκεφτείτε ένα μονοπωλιακό παραγωγό που αντιμετωπίζει σταθερά οριακό κόστος γ. Είναι σαφές ότι η τιμή του προϊόντος δεν μπορεί ποτέ να πέσει κάτω από το επίπεδο της επιδότησης , δεδομένου ότι η ζήτηση έχει εντελώς ανελαστική τιμή. Εάν η τιμή του μονοπωλιακού προϊόντος ισούται με την επιδότηση, το εμβόλιο είναι δωρεάν για τους καταναλωτές που το απαιτούν καθολικά, όπως στο $\overline{D}(0) = 1$. Η καθολική ζήτηση θεωρείται ότι οδηγεί σε εξάλειψη μετά από μεγάλο χρονικό διάστημα T. Δεδομένου του βαθμού έκπτωσης α , τα κέρδη που αποκτήθηκαν από την εξάλειψη είναι ίσα με:

$$\Pi_E = \int_0^T (s - c)\, \overline{D}(0)\, e^{-at} dt$$

Όταν η τιμή μονοπωλιακού προϊόντος p υπερβαίνει την επιδότηση, δεν έχουμε καθολική ζήτηση. Σε αυτήν την περίπτωση, τα κέρδη δίνονται από:

$$\Pi_N = \int_0^\infty (p - c)\, \overline{D}(p - s)\, e^{-at} dt$$

Εάν υπάρχει μια τιμή p τέτοια ώστε $\Pi_N > \Pi_E$, ο μονοπωλιακός παραγωγός δεν θα εξαλείψει την ασθένεια. Αυτή η συνθήκη είναι ισοδύναμη με (s - c) $\overline{D}(0)(1 - e^{-aT} >$ (p - c) $\overline{D}$(p - s). Αυτή η συνθήκη δείχνει ότι όσο το κρίσιμο σημείο το οποίο η εξάλειψη είναι λιγότερο πιθανό να είναι κερδοφόρα τόσο πιο ελαστική σε θέμα επιπολασμού είναι η ζήτηση. Η υψηλή ελαστικότητα του επιπολασμού συνεπάγεται ότι το $\overline{D}_p$ θα είναι χαμηλό, και έτσι το $\overline{D}$(p - s) δεν θα είναι πολύ χαμηλότερο από το $\overline{D}(0)$. Ένα μονοπώλιο που αντιμετωπίζει ανελαστική ζήτηση δεν θα βρει ποτέ επικερδής την εξάλειψη, γιατί η βραχυπρόθεσμη αύξηση της ποσότητας που προσφέρεται από την εξάλειψη δεν θα είναι αρκετά μεγάλη για να αντισταθμίσει τα μηδενικά μελλοντικά κέρδη που προσφέρει η εξάλειψη.

Ο παραγωγός επιλέγει την εξάλειψη υπό τον όρο ότι τα τρέχοντα κέρδη από τον καθολικό εμβολιασμό υπερβαίνουν την απώλεια μελλοντικών κερδών από την εξάλειψη της ασθένειας. Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειώσουμε ότι η εξάλειψη είναι λιγότερο πιθανό να είναι κερδοφόρα όσο πιο ευαίσθητη είναι η ζήτηση στον επιπολασμό. Αυτό συμβαίνει επειδή η εξάλειψη είναι λιγότερο επικερδής όσο λιγότερη ζήτηση ανταποκρίνεται στην τιμή και, όσο το $\overline{D}_p$ πέφτει και το D_I. Όταν η ζήτηση έχει ανελαστική τιμή, δεν έχει σκοπό ποτέ να εξαλειφθεί η ασθένεια γιατί ο παραγωγός έχει ζημιά τόσο πριν όσο και μετά την εξάλειψη της νόσου: η ζημία μετά την εξάλειψη επειδή το προϊόν του δεν έχει αξία, και μια ζημία πριν από την εξάλειψη επειδή αυξάνοντας την τιμή θα αυξήσει τα τρέχοντα κέρδη. Επιπρόσθετα εάν τα μελλοντικά κέρδη δεν έχουν μεγάλη έκπτωση, έτσι ώστε το α να είναι υψηλό, το κόστος της εξάλειψης είναι υψηλότερο. Εν ολίγοις, εάν η ζήτηση ανταποκρίνεται σε μεγάλο βαθμό στον επιπολασμό ή εάν η έκπτωση είναι μέτρια, η επιδοτούμενη εξάλειψη δεν είναι επικερδής.

Τέλος, όσο αφορά τον υποχρεωτικό εμβολιασμό, σχεδόν όλα τα παρατηρούμενα υποχρεωτικά προγράμματα εμβολιασμού απευθύνονται σε μερική μερίδα του πληθυσμού (δεν καλύπτουν ολόκληρους πληθυσμούς ή ακόμη και ολόκληρες ηλικιακές ομάδες). Ως εκ τούτου, οι ιδιωτικές αποφάσεις για εμβολιασμό εκτός δημόσιων προγραμμάτων παραμένουν σημαντική συνιστώσα της συνολικής ζήτησης για εμβολιασμό. Η συνολική ζήτηση όταν καλύπτει τον εμβολιασμό ένα δημόσιο πρόγραμμα, ένα κλάσμα f του πληθυσμού δίνεται από:

$$D_T(I, p, f) = f + (1 - f)\, D(I, p)$$

Ο πρώτος όρος είναι η υποχρεωτική ζήτηση στο πρόγραμμα, ενώ ο δεύτερος όρος είναι η προσωπική ζήτηση εκτός του προγράμματος. Σε μερικά υποχρεωτικά προγράμματα, ορισμένα άτομα θα εμβολιαζόταν απουσία του προγράμματος, αλλά δεν θα εμβολιαστούν παρουσία του. Η οριακή επίδραση στη ζήτηση για αυξημένη δημόσια κάλυψη είναι:

$$dD_T / df = [1 - D] + (1 - f)\, D_I\, I_f$$

Ο πρώτος όρος είναι το άμεσο θετικό αποτέλεσμα που προκύπτει από το αυξανόμενη δημόσια κάλυψη σε άτομα που διαφορετικά δεν θα εμβολιαζόντουσαν. Ο δεύτερος όρος είναι η έμμεση αρνητική επίδραση στην προσωπική ζήτηση από άτομα που δεν καλύπτονται από το δημόσιο πρόγραμμα. Αντικατοπτρίζει την αρνητική επίδραση στη ζήτηση που ασκείται από τη μείωση του επιπολασμού. Αυτός ο όρος αυξάνεται στην απόκριση του επιπολασμού στη ζήτηση. Επομένως,

όσο υψηλότερη είναι η ελαστικότητα του επιπολασμού, τόσο λιγότερο αποτελεσματικά είναι τα υποχρεωτικά προγράμματα εμβολιασμού για την αύξηση της συνολικής ζήτησης.

2.2.7 Ατομική ευθύνη

Η ελεύθερη επιλογή των ατόμων στον εμβολιασμό δεν εγγυώνται το κοινωνικό βέλτιστο καθώς η απόφαση των ατόμων βασίζεται σε ατελείς πληροφορίες και η απόφαση εμβολιασμού συνεπάγεται θετική εξωτερικότητα. Η πολιτική υποχρεωτικού εμβολιασμού ή επιδοτούμενου εμβολιασμού στοχεύει στην αύξηση του συνολικής ιδιωτικής ζήτησης πιο κοντά στο κοινωνικό βέλτιστο. Τα κίνητρα των ατόμων για εμβολιασμό και κατά συνέπεια, οι συμπεριφορές τους μπορούν να επηρεάσουν σε μεγάλο βαθμό την επιδίωξη της κυβέρνησης για έλεγχο της μετάδοσης ασθενειών και τη υποχρεωτική (ή επιδοτούμενη) πολιτική εμβολιασμού. Αν δεν ληφθούν υπόψιν τέτοιες συμπεριφορές δεν θα είναι σε θέση να επιτύχουν το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Το προσωπικό ενδιαφέρον ενός ατόμου και η επιλογή συχνά οδηγούν σε εμβολιασμό σε ποσοστό μικρότερο από το βέλτιστο κοινωνικό, καθώς τα άτομα δεν λαμβάνουν υπόψιν τους το όφελος για τους άλλους ούτε να λαμβάνεται υπόψιν ο πλήρης κοινωνικός αντίκτυπός των αποφάσεων τους. Καθώς τα οφέλη για την κοινωνία είναι μεγαλύτερα από αυτά του ατόμου, στόχος των μέτρων δημόσιας πολιτικής είναι να αυξήσει τη ζήτηση πιο κοντά στο κοινωνικό βέλτιστο. Άτομα με θρησκευτικούς, ιατρικούς ή κοινωνικούς λόγους συχνά εξαιρούνται. Υπάρχει, ωστόσο, διαμάχη σχετικά με την αποτελεσματικότητα της δημόσιας παρέμβασης σε σύγκριση με το αποτέλεσμα της ελεύθερης επιλογής. Οι κινδύνων και τα οφέλη του εμβολιασμού είναι συχνά ανακριβή. Αλλά ακόμα κι αν τα άτομα είχαν σωστή πληροφόρηση σχετικά με το κόστος και τα οφέλη του εμβολιασμού, το αποτέλεσμα της ελεύθερης επιλογής θα εξακολουθούσε να διαφέρει από το βέλτιστο κοινωνικό αποτέλεσμα λόγω του προβλήματος του «ελεύθερου αναβάτη» (free rider). Οι αλλαγές στον κίνδυνο για μόλυνση τείνουν να προκαλούν αλλαγές στις δραστηριότητες που θέτουν το άτομο σε κίνδυνο, οι οποίες με τη σειρά τους αλλάζουν τη δυναμική της μετάδοσης ασθενειών. Υπάρχει μια ανατροφοδότηση του μηχανισμού μεταξύ του ποσοστού μόλυνσης και της ορθολογικής απόκρισης, αλλά τα κλασικά μοντέλα μολυσματικών ασθενειών δεν έχουν λάβει υπόψιν τους τέτοιες ενδογενείς συμπεριφορές αποκρίσεις στις αναλύσεις τους. Πολλοί ερευνητές στο πεδίο της οικονομικής επιδημιολογίας απομακρύνονται από τις υπάρχουσες επιδημιολογικές μελέτες οι οποίες μοντελοποιούν τη ατομική συμπεριφορά σαν μια λογική απόφαση του ατόμου, με σεβασμό στους εμβολιασμούς η οποία επηρεάζεται τόσο από την οικονομική όσο και από επιδημιολογικά κίνητρα. Το υψηλότερο ποσοστό ασθενειών θα προκαλέσει αυξημένες προληπτικές δράσεις (δηλ. εμβολιασμός) στη περίπτωση που ο επιπολασμός είναι αυξημένος, και αντίστροφα όταν ο επιπολασμός είναι χαμηλός. Επιδότηση στην τιμή του εμβολίου δεν επιτυγχάνει το αναμενόμενο αποτέλεσμα, διότι ο επιπολασμός της νόσου (που σχετίζεται με τον κίνδυνο ασθένειας) επηρεάζει την ευαισθησία της ζήτησης στις τιμές. Οι προσωπικές αποφάσεις για εμβολιασμό εκτός του προγράμματος παραμένει ένα σημαντικό συστατικό της ζήτηση; για εμβολιασμό. Ο υποχρεωτικός εμβολιασμός δε διασφαλίζει το κοινωνικό βέλτιστο. Ορισμένα άτομα θα εμβολιαστούν και με απουσία του προγράμματος, αλλά δεν θα εμβολιαστούν στην παρουσία του (καθώς ο επιπολασμός μειώνεται από λόγω του προγράμματος και επομένως το κίνητρο μειώνεται). Ένα παράδειγμα είναι τα ποσοστά εμβολιασμού στις ΗΠΑ πριν από το σχολείο είναι σχετικά χαμηλό, δεδομένου του υποχρεωτικού εμβολιασμού που απαιτείται σε δημόσια σχολεία. Τα παραπάνω επιχειρήματα έχουν προκαλέσει αμφιβολίες στη δημόσια παρέμβαση για εμβολιασμό λόγω της αδυναμίας του να επιτευχθεί η εξάλειψη. Στην πραγματικότητα, ο σκοπός της κυβέρνησης είναι η βελτίωση της ευημερίας μειώνοντας τον

επιπολασμό παρά να επιτύχουμε την εξάλειψη, καθώς αυτή μπορεί να είναι πολύ ακριβή σε σχέση με τα οφέλη της. Η μετάδοση και ο έλεγχος των μολυσματικών ασθενειών επηρεάζεται έντονα τόσο από το άτομο όσο και από το συλλογικές επιλογές που κάνουν οι άνθρωποι. Καθοδηγείται η επιλογή του εμβολιασμού από τα κίνητρα και τους περιορισμούς σχετικά με τον εμβολιασμό, και οι ελεύθερες ατομικές επιλογές δεν συγκλίνουν στο κοινωνικό βέλτιστο για διάφορους άλλους λόγους, όπως ελλιπείς πληροφορίες και διαφορές στο χρόνο προτίμησης εμβολιασμού ατόμων και κοινωνίας. Εάν είναι ατομική συμπεριφορά δεν ταιριάζει με το κοινωνικό βέλτιστο τότε η κοινωνία αντιμετωπίζει το κόστος νοσηρότητας και θνησιμότητας το οποίο σχετίζεται με την εξάπλωση μολυσματικών ασθενειών. Αλλά ποιες είναι οι εφικτές επιλογές της κοινωνίας για τη διασφάλιση του βέλτιστου κοινωνικού; Από την μία, το αποτέλεσμα της ατομικής ελεύθερης επιλογής δεν εγγυάται το κοινωνικό βέλτιστο και από την άλλη, οι επιδοτήσεις και / ή ο υποχρεωτικός εμβολιασμός δεν επιτυγχάνει τη βέλτιστη κοινωνική επιλογή γιατί το αποτέλεσμα αυτής της πολιτικής αντισταθμίζεται από τη ατομική απόκριση. Η ελεύθερη επιλογή των ατόμων και η δημόσια πολιτική στοχεύουν στη μεγιστοποίηση της συλλογικής ευημερίας. Αλλά το αποτέλεσμα αυτής της πολιτικής θα ήταν μικρότερο από αυτό που είναι επιθυμητό λόγω της αντιστάθμισης των συμπεριφορών. Οι ατομικές αποκρίσεις έχουν μεγάλη επίδραση στην επιδίωξη της δημόσιας πολιτικής για έλεγχο της μετάδοσης ασθενειών και αν οι πολιτικές αυτές δεν ενσωματώσουν τέτοιες ατομικές αποκρίσεις δεν θα παράγουν το καλύτερο κοινωνικό αποτέλεσμα. Δεδομένου αυτού του σκηνικού, η ιδανική λύση θα ήταν ο συντονισμός των δημόσιων πολιτικών με το σχεδιασμό στρατηγικών π.χ. που θ α παρακινήσουν το άτομο σε μια επιλογή προς το βέλτιστο κοινωνικό αποτέλεσμα. Η πολιτική παρέμβαση θα πρέπει επομένως να βασίζεται σε καλύτερη κατανόηση των επιλογών των ανθρώπων και να στοχεύσει στην καλύτερη πληροφόρηση και εκπαίδευση του ενδιαφερόμενου πληθυσμού αντί να προσπαθούμε να ξεπεράσουμε αυτό το κοινωνικό δίλημμα αποκλειστικά μέσω αυταρχικών παρεμβάσεων.

Για την αλληλεπίδραση μεταξύ της ανθρώπινης συμπεριφοράς και οικονομικών κίνητρων και προτείνονται τρεις σημαντικές κατευθύνσεις για το μέλλον που ωφελούν πολλούς ανθρώπους χωρίς να έχουν κόστος για αυτούς:

(i) εκφράζοντας τις παραδοχές της ορθολογικής συμπεριφοράς μεταξύ ατόμων και των δημιουργών των πολιτικών για τη διαχείριση των κινδύνων μόλυνσης,
(ii) λαμβάνοντας υπόψιν τις εξωτερικότητες, και τις ευρύτερες, μερικές φορές απρόβλεπτες συνέπειες των μεμονωμένων ενεργειών και
(iii) λαμβάνοντας υπόψιν τα παγκόσμια κοινά ασθενειών, όπως η εξάλειψη ασθένειας ή ελαχιστοποίηση των κινδύνων αντοχής στα αντιβιοτικά.

2.2.8 Νοσοκομεία και περιορισμός των μολύνσεων

Τα νοσοκομεία συχνά διαθέτουν λίγη χρηματοδότηση σε μονάδες ελέγχου μόλυνσης λόγω αποτυχίας των δημοσιονομικών μηχανισμών, της αποκέντρωσης των προϋπολογισμών και της ευθύνης ή λόγω αβεβαιότητας σχετικά με τα οφέλη του ελέγχου των λοιμώξεων. Το αποτέλεσμα είναι ότι οι λοιμώξεις πρέπει να αντιμετωπίζονται, συχνά με αντιβιοτικά, και μεγάλο μέρος του κόστους μεταφέρεται σε ασφαλιστικές εταιρείες ή ασθενείς και τις οικογένειές τους (το κόστος μπορεί να περιλαμβάνει υπερβολικό πόνο ή θάνατο), με τα υπόλοιπα να απορροφούνται από το νοσοκομείο. Άλλα ιδρύματα, όπως φυλακές και σχολεία, μπορούν επιλέξουν να μην αναλάβουν δράση, διότι το κόστος βαρύνει εξ ολοκλήρου άλλους. Πολλοί παθογόνοι οργανισμοί, συμπεριλαμβανομένου του ανθεκτικού στη μεθικιλλίνη Staphylococcus aureus (MRSA),

ανθεκτικοί στη βανκομυκίνη εντερόκοκκοι (VRE) και άλλα ανθεκτικά και μη ανθεκτικά στελέχη βακτηρίων, συνήθως εξαπλώνονται και μέσα στα νοσοκομεία από νοσοκόμες, ασθενείς και γιατρούς και μεταξύ νοσοκομείων από ασθενείς. Ο έλεγχος της λοίμωξης είναι δαπανηρός, που περιλαμβάνει απομόνωση και εμπόδια στη περιποίηση μολυσμένων ασθενών και συχνές αλλαγές νοσοκομειακών ενδυμάτων. Νοσοκομεία μοιράζονται επίσης ασθενείς. Συχνά, μπορεί να είναι ένα άτομο που έχει αποικιστεί σε μία εγκατάσταση υπεύθυνη για την εισαγωγή ανθεκτικών στα φάρμακα παθογόνων σε άλλη εγκατάσταση. Δεδομένου ότι κανένα νοσοκομείο (ειδικά λόγω βραχυπρόθεσμων οικονομικών πιέσεων) θα δει τα πλήρη οφέλη ενός προγράμματος ελέγχου των λοιμώξεων, κάθε νοσοκομείο μπορεί προτιμήσει να χρησιμοποιήσει δωρεάν τις επενδύσεις ελέγχου λοιμώξεων άλλων νοσοκομείων. Το αποτέλεσμα είναι ένα γενικά υψηλότερο επίπεδο αντοχής στα αντιβιοτικά. Η μοντελοποίηση δείχνει ότι το εγωιστικό «βέλτιστο» επίπεδο νοσοκομειακής μόλυνσης το οποίο κάθε νοσοκομείο θα αναλάβει είναι χαμηλότερο όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των νοσοκομείων που μοιράζονται μια λεκάνη απορροής (Smith et al., 2005). Στην πραγματικότητα, μπορεί να είναι προς το συμφέρον του νοσοκομείου να δαπανήσει λιγότερα ίσως και καθόλου για τις προσπάθειες άλλων νοσοκομείων.

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν ορισμένα χαρακτηριστικά αυτής της συνεργασίας τόσο από τους οικονομολόγους όσο και από τους επιδημιολόγους. Πρώτον, το μη συνεργατικό αποτέλεσμα μεταξύ νοσοκομείων που μοιράζονται ασθενείς δεν αποτελεί έκπληξη για τους οικονομολόγους αλλά προσφέρει μια νέα εξήγηση για το γιατί οι λοιμώξεις μπορεί να είναι πιο διαδεδομένες σε περιοχές με διάφορα ιδρύματα που μοιράζονται ασθενείς. Δεύτερον, η βέλτιστη επένδυση στον έλεγχο λοιμώξεων από κάθε νοσοκομείο είναι απότομα ασυνεχής σε σχέση με το τι κάνουν άλλοι θεσμοί. Ένα νοσοκομείο μπορεί να επιλέξει να πάει από ένα μεγάλο πρόγραμμα ελέγχου μόλυνσης σε ένα πολύ μικρό σε σχέση με τη απόκριση του α σε σταθερή εισροή μολυσμένων ασθενών. Τέτοιες απότομες μη γραμμικότητες είναι ασυνήθιστες σε καθαρά οικονομικά μοντέλα που αγνοούν τη δυναμική των ασθενειών.

2.2.9 Αντιβιοτικά

Τα αντιβιοτικά διαφέρουν μεταξύ τους, με πολλούς τρόπους, συμπεριλαμβανομένης της τοξικότητάς τους, του αριθμού των παθογόνων που μπορούν να θεραπεύσουν (δηλαδή εάν είναι ευρείας ή στενής κλίμακας), και της αποτελεσματικότητας. Οι Laxminarayan και Brown (2001) προτείναν να θεωρούνται τα αντιβιοτικά ως φυσικοί πόροι, παρόμοια με τα δάση ή το πετρέλαιο, και προτείναν τα μοντέλα της εξόρυξης πόρων ως ένα τρόπο κατανόησης, του τρόπου διαχείρισης της αποτελεσματικότητας των αντιβιοτικών. Η οικονομικά βέλτιστη λύση μπορεί να είναι να χρησιμοποιηθούν πρώτα τα αντιβιοτικά με τη μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα. Όμως, η τυπική ιατρική πρακτική της χρήσης του «βέλτιστου» ή του «μοναδικού καλύτερου» για τη θεραπεία μιας μολυσματικής ασθένειας μπορεί να μην είναι η πιο οικονομική λύση από κοινωνική άποψη. Αντ 'αυτού, μπορεί να είναι προτιμότερο να χρησιμοποιηθεί ένα ετερογενές μείγμα φαρμάκων, λαμβάνοντας υπόψη όχι μόνο το άμεσο κόστος, αλλά και την πιθανότητα αντίστασης.

Τα οικονομικά κόστη συχνά αγνοούνται σε μοντέλα μολυσματικών ασθενειών, παρόλο που η επιβολή αυτών των πρόσθετων περιορισμών θα μπορούσε να αλλάξει τα συμπεράσματα. Όμως

μη λαμβάνοντας υπόψιν τις οικονομικές θεωρήσεις, η θεραπεία διαφορετικών ασθενών με μια ποικιλία αντιβιοτικών οι οποίοι έχουν διαφορετικές γενετικές βάσεις για αντίσταση, θεωρείται η βέλτιστη στρατηγική σε σχέση με το να ανακυκλώνουμε αυτά τα αντιβιοτικά (cycling antibiotics). Ωστόσο, συμπεριλαμβανομένου του κόστους διατήρησης περισσότερων από ενός αντιβιοτικού στο ράφι, χάνονται εκπτώσεις από τη μη χρήση ενός μεμονωμένου παρόχου φαρμάκων, συν ότι υπάρχουν κόστη τα οποία σχετίζονται με την επιστροφή ή την απόρριψη φαρμάκων που έχουν λήξει, και τον επιπλέον χρόνο που χρειάζονται οι γιατροί για να μάθουν και να διατηρήσουν τις γνώσεις τους σχετικά με τη χρήση πολλαπλών φαρμάκων, θα μπορούσαν τελικά να κάνουν τα αντιβιοτικά ανακύκλωσης (cycling antibiotics) τη καλύτερη στρατηγική σε σχέση με την ετερογενή χρήση φαρμάκων.

2.2.10 Ανοσία- Ανοσοποίηση -Κατώφλι εμβολιασμού

Η επιδημιολογία και τα οικονομικά κάνουν διαφορετικές προβλέψεις σχετικά με την επίδραση της ανοσίας στη συνολική επικράτηση της ασθένειας. Στα επιδημιολογικά μοντέλα, το μόνο αποτέλεσμα της ανοσίας είναι να μειωθεί ο μέσος χρόνος μόλυνσης, ο οποίος με τη σειρά του έχει αρνητική επίδραση στον επιπολασμό, καθώς οι μολυσμένοι έχουν λιγότερο χρόνο ώστε να διαδώσουν την ασθένεια διαμέσου της υποτιθέμενης εξωγενούς αλληλεπίδρασης. Ωστόσο, στο οικονομικό μοντέλο, το αποτέλεσμα έχει σαφώς θετική επίδραση, δεδομένου ότι η ανοσία εκτιμάται λόγω της έκθεσης η οποία προτιμάται σε σχέση από την συμπεριφορά προστασίας, η οποία διατηρεί την κατάσταση υγείας ενός ατόμου σταθερή. Τέλος, η οικονομική προσέγγιση προτείνει ερωτήματα πέρα από αυτά που τίθενται στην παραδοσιακή επιδημιολογία. Δεδομένου ότι η μόλυνση είναι καλή, μπορεί κανείς να περιμένει καλύτερα μορφωμένα άτομα, να είναι καλύτερο να αγοράσουν την ανοσίας τους νωρίς. Πράγματι, υπάρχουν κάποια ενδεικτικά στοιχεία που δείχνουν αυτήν τη θετική εκπαίδευση επίδραση στη μολυσματικότητα. Σημειώστε ότι εάν η υγεία μετριόταν σε όρους ευαισθησίας , θα ερχόταν σε αντίθεση με μια συχνά συζητούμενη θετική επίδραση της εκπαίδευσης στην υγεία.

Ο (Francis, 1997) υποθέτει ότι δεν υπάρχουν γεννήσεις μη μολυσμένων και μη ανοσοποιημένων ανθρώπων, ότι κανένας δεν αναρρώνει από την ασθένεια και ότι κανείς δεν πεθαίνει από οποιαδήποτε άλλη αιτία. Ο (Gersovitz & Hammer, 2003) δίνει την ακόλουθη εξήγηση για την υπόθεση του Francis. Όταν δεν υπάρχουν γεννήσεις ή θάνατοι και κανείς δεν εμβολιάζεται, η μόλυνση εξαπλώνεται και το ποσοστό των ευπαθών ατόμων μειώνεται και το ποσοστό των μολυσμένων ατόμων αυξάνεται συνεχώς. Όσο το ποσοστό των μολυσμένων ατόμων αυξάνεται, έτσι αυξάνεται και ο κίνδυνος μόλυνσης και τα οφέλη της ανοσίας μέσω εμβολιασμού, για τα υπόλοιπα ευπαθή άτομα. Κάποια στιγμή το ποσοστό του πληθυσμού που έχει μολυνθεί (και συνεπώς η πιθανότητα μόλυνσης) φτάνει ένα όριο στο οποίο η αξία του εμβολιασμού ισούται ακριβώς με το κόστος εμβολιασμού (το οποίο είναι σταθερό). Εάν άξιζε να εμβολιαστεί ο οποιοσδήποτε, τώρα αξίζει ο εμβολιασμός κάθε ευπαθούς ατόμου επειδή το ποσοστό των μολυσμένων ατόμων (και η πιθανότητα μόλυνσης των υπόλοιπων ευπαθών ατόμων) διαφορετικά θα συνεχίσει να ανεβαίνει. Δεν μπορεί να πέσει επειδή δεν γεννιούνται νέα ευαίσθητα άτομα και

κανένα μολυσμένο άτομο δεν πεθαίνει. Ο μόνος τρόπος για να διατηρηθεί η τιμή σταθερής κατάστασης του ρυθμού μόλυνσης είναι ο εμβολιασμός κάθε ευαίσθητου ατόμου μόλις φθάσουμε το κατώφλι. Σε σταθερή κατάσταση, το ποσοστό των ευπαθών ατόμων είναι επομένως μηδέν.

Ο κανόνας για εμβολιασμό είναι επομένως κανόνας κατωφλίου και είναι η ίδια είτε οι κυβερνήσεις είτε οι ιδιώτες αποφασίζουν για τον εμβολιασμό. Επιπλέον, η τιμή του κατωφλίου είναι η ίδια, και υπό αυτήν την έννοια δεν υπάρχει εξωτερικότητα, όχι τουλάχιστον κάποια που να δικαιολογεί παρέμβαση. Μπορεί να είναι δελεαστικό να πούμε ότι η κυβέρνηση θα ήθελε να ορίσει ένα χαμηλότερο όριο που να έχει επιτευχθεί νωρίτερα. Γιατί χωρίς κυβερνητική παρέμβαση, μόλις επιτευχθεί το ιδιωτικό κατώφλι, όλοι εμβολιάζονται ούτως ή άλλως, και εάν όλοι εμβολιάζονται, δεν υπάρχει κανένας που να έχει επωφεληθεί από τον προηγούμενο εμβολιασμό, , οπότε δεν έχει νόημα να παρακινεί η κυβέρνηση νωρίτερα για εμβολιασμό για όλους. Αυτός είναι ο λόγος που και οι τιμές των κατωφλίων είναι οι ίδιες.

Ο (Gersovitz & Hammer, 2003) εξετάζει επίσης την περίπτωση στην οποία υπάρχουν νέες γεννήσεις και οι άνθρωποι πεθαίνουν, αλλά μόνο ως ποσοστό των ανθρώπων που είναι ζωντανοί, έτσι ώστε οποιαδήποτε ομάδα ανθρώπων θα εξαφανιζόταν ασυμπτωτικά. Η υπόθεση γεννήσεων και θανάτων είναι η μόνη αλλαγή από το μοντέλο του Francis τα μολυσμένα άτομα υποτίθεται ότι δεν θα αναρρώσουν ποτέ. Σε αυτή την περίπτωση που υπάρχουν νεογέννητοι άνθρωποι, που θα επωφεληθούν από ένα χαμηλότερο όριο ποσοστό μόλυνσης για εμβολιασμό που επιτυγχάνεται όσο το δυνατόν νωρίτερα, έτσι ώστε όταν γεννιούνται το ποσοστό μόλυνσης να είναι όσο το δυνατόν και αυτό χαμηλότερο. Οι ηλικιωμένοι αποφασίζουν για τον εμβολιασμό βασιζόμενοι μόνο στα δικά τους οφέλη και κόστος, αγνοώντας ακόμη και το όφελος για τα νεογέννητα (ακόμα και τα δικά τους), επειδή λαμβάνουν το συνολικό ποσοστό μόλυνσης ως ανεξάρτητο από τις αποφάσεις τους σχετικά με τον εμβολιασμό. Σε τελική ανάλυση, κάθε μέλος της ομάδας, ανεξαρτήτου ηλικίας, είναι μόνο ένα από τα πολλά που επηρεάζουν το συνολικό ποσοστό μόλυνσης. Η κυβέρνηση, ωστόσο, αναγνωρίζει ότι εάν μειωθεί το ποσοστό, τα νεογνά θα ωφεληθούν και ότι μπορεί επάγουν ένα χαμηλότερο όριο επιδότησης για εμβολιασμό.

Υπάρχει ένας ισχυρισμός ότι είναι βέλτιστο να εμβολιαστεί ο καθένας όταν το κατώφλι επιτευχθεί, υπάρχει όμως μια αντίφαση: Εάν ήταν ένας κανόνας της καθολικής ανοσοποίησης υιοθετηθεί, όλα τα νέα ευαίσθητα άτομα θα εμβολιαστούν, αραιώνοντας έτσι το μολυσμένο ποσοστό αφού το ποσοστό του συνολικού πληθυσμού θα έχει αυξηθεί και μειώνοντας έτσι το ποσοστό μόλυνσης κάτω από το κατώφλι. Το οποίο έρχεται σε αντίθεση με το κατώφλι με το οποίο είχαν εμβολιαστεί όλοι. Ως εκ τούτου, η βέλτιστη κυβερνητική στρατηγική είναι να αρχίσει ο εμβολιασμός ενός ποσοστού ευπαθών ατόμων πριν επιτευχθεί το όριο μόλυνσης και να συνεχίσει να εμβολιάζει τα μέλη ευαίσθητα άτομα συμπεριλαμβανομένων των νεογέννητων με τέτοιο τρόπο ώστε οι αναλογίες των ευπαθών, εμβολιασμένων και μολυσμένων ατόμων να παραμένουν σταθερές.

Χωρίς κρατική επιχορήγηση του εμβολιασμού για την εξισορρόπηση των δύο κατωφλιών, οι ιδιώτες ακολουθούν τον ίδιο ποιοτικό κανόνα ενός κατωφλίου, αλλά το όριο είναι υψηλότερο επειδή δεν ενσωματώνει το αντίκτυπο της συνολικής πιθανότητας να μολυνθούν και άλλοι. Στην πραγματικότητα, οι γεννήσεις εισάγουν ετερογένεια στον πληθυσμό: Δεν είναι όλοι ζωντανοί την ίδια στιγμή και τα νεογέννητα δεν μπορούν να πάρουν αποφάσεις ταυτόχρονα με εκείνους που

γεννήθηκαν πριν από αυτά. Το αποτέλεσμα μιας θετικής επιχορήγησης προκύπτει είτε η αύξηση του πληθυσμού είναι θετική είτε όχι. Το μόνο που χρειάζεται είναι το ποσοστό γεννήσεων να είναι θετικό, και να μην υπερβαίνει το ποσοστό θανάτου.

Ο (Gersovitz & Hammer, 2003) δείχνει επίσης ότι εάν τα μολυσμένα άτομα αναρρώνουν και γίνονται ευαίσθητα και πάλι, η ανάκαμψη μπορεί να παίξει τον ίδιο ρόλο με ένα θετικό ποσοστό γεννήσεων ώστε να παραχθεί μια εξωτερικότητα και ένα κίνητρο για κυβερνητική παρέμβαση. Και για τις γεννήσεις και τις ανακάμψεις υπάρχει ένας απλός τύπος για τη βέλτιστη φόρμουλα επιδότησης του κόστους των εμβολιασμών για την εσωτερίκευση της εξωτερικότητας. Η αξία της επιδότησης εξαρτάται αρνητικά από το κόστος εμβολιασμού, το επιτόκιο και το ποσοστό θανάτων και θετικά από το κόστος της λοίμωξης, το ποσοστό γεννήσεων του πληθυσμού και το ποσοστό ανάκαμψης, αλλά καθόλου από το α (η παράμετρος μετάδοσης από άνθρωπο σε άνθρωπο).

Ο σκοπός της κυβερνητικής παρέμβασης είναι η βελτίωση της ευημερίας μειώνοντας την ενδημική επικράτηση. Μόνο εάν το κόστος της μόλυνσης είναι άπειρο ή το κόστος της ανοσοποίησης είναι μηδέν, ισούται με το βέλτιστο όριο της κυβέρνησης για έναρξη ανοσοποίησης μηδέν τότε η ασθένεια εξαλείφεται (αλλά μόνο ασυμπτωτικά επειδή ο πληθυσμός των μολυσμένων ατόμων εξαφανίζεται μόνο ασυμπτωτικά, αυτό είναι μια υπόθεση της μοντελοποίησης που έγινε για μαθηματική ανίχνευση ότι ένα σταθερό κομμάτι του πληθυσμού πεθαίνει σε κάθε περίοδο). Σε αυτήν την περίπτωση απεριόριστου κόστους της ασθένειας ή μηδενικού κόστους της ανοσοποίησης, το κατώφλι της κυβέρνησης συμπίπτει με το ιδιωτικό κατώφλι, και επειδή και τα δύο κατώτατα όρια είναι μηδενικά, δεν υπάρχει ανάγκη κυβερνητικής προσπάθειας για την εξάλειψη.

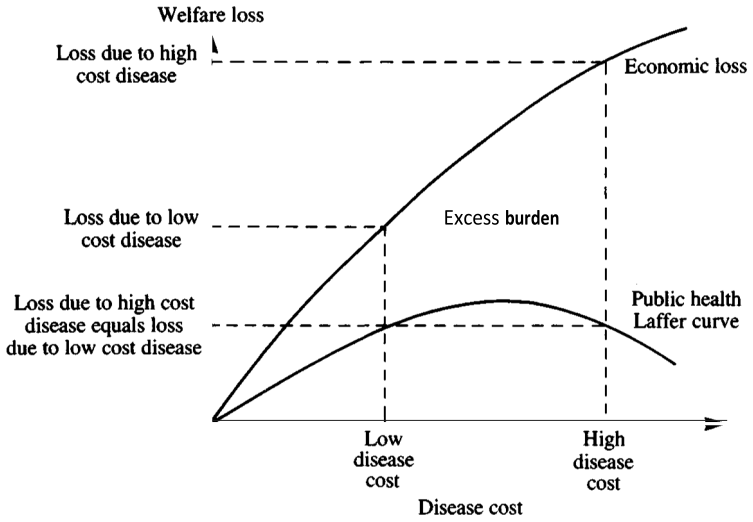
Αντίθετα με αυτά τα αποτελέσματα για την χρηματοδότηση και την εξάλειψη με αυτά των (Philipson & Geoffard, 1996) που πιστεύουν ότι η αδυναμία να επιτευχθεί η εξάλειψη, θέτει σε αμφιβολία κλασικές θεωρήσεις για τις επιχορηγήσεις Pigouvian που στοχεύουν στην επίλυση του υπό-προστασία των εμβολίων λόγω των θετικών εξωτερικών τους αποτελεσμάτων. Η πολιτική της εξάλειψης δεν είναι συνώνυμη με μια πολιτική που αντισταθμίζει τις εξωτερικότητες χρησιμοποιώντας επιδοτήσεις. Αν και η εξάλειψη μπορεί να είναι πολύ ακριβή σε σχέση με τα οφέλη της, υπάρχει ακόμη το σκεπτικό για τη βέλτιστη επιδότηση της ανοσοποίησης. Πράγματι, σύμφωνα με τα τρέχοντα μοντέλα τα οποία υποστηρίζουν την υπόθεση ότι η ασθένεια μπορεί να εξαφανιστεί μόνο ασυμπτωτικά, μια ερευνητική προτεραιότητα είναι η μοντελοποίηση της ανοσοποίησης, όταν η εξάλειψη είναι εφικτή σε πεπερασμένο χρόνο. Ίσως όμως αυτή η λογική που βασίζεται στον εμβολιασμό δεν επεκτείνεται πέραν ενός ανεφάρμοστου παραδείγματος, και είναι ένα κίνητρο για περαιτέρω έρευνα και όχι ένας οδηγός για τις πολιτικές. (Gersovitz & Hammer, 2003)

2.2.11 Η απώλεια ευημερίας από μια ασθένεια και η καμπύλη Lajfer της δημόσιας υγείας.

Η ζήτηση για εμβόλια μπορεί να θεωρηθεί ως κατανάλωση που επηρεάζεται από τον πιο επιθυμητό τύπο συμπεριφοράς - έκθεση χωρίς φόβο μόλυνσης. Η συνολική ζήτηση εμβολίων στην

περίπτωση που μπορεί να αποφευχθεί η ασθένεια μέσω εμβολίου, και ο επιπολασμός μιας ασθένειας, φυσικά, σχετίζεται αρνητικά: Όσο περισσότερη προστασία, τόσο λιγότερη ασθένεια. Ως εκ τούτου, το αποτέλεσμα μιας αύξησης του επιπολασμού στο συνολικό κόστος της λοίμωξης είναι αρνητικό, καθώς όσο πιο «ακριβή» είναι μια ασθένεια, τόσο μεγαλύτερη είναι η ζήτηση για εμβόλιο, και κατά συνέπεια τόσο χαμηλότερος είναι ο επιπολασμός.

Ας υποθέσουμε ότι παίρνουμε μια ομάδα ατόμων, ας πούμε όλα τα άτομα που γεννήθηκαν το 1962, και να δούμε την απώλεια της ευημερίας που τους επιβλήθηκε λόγω της ασθένειας. Η συνολική απώλεια αποτελείται από δύο μέρη: τις λοιμώξεις στις οποίες οδηγεί η ασθένεια και την υπερβολικό φορτίο που προκαλεί η αποφυγή δαπανηρών ασθενειών. Ο πρώτος όρος της οικονομικής απώλειας αντισταθμίζεται από το υπερβολικό φορτίο των ατόμων που, δεδομένης της του φόρου της ασθένειας, δεν ζήτησαν την έκθεση στην ασθένεια. Ο δεύτερος όρος αποτελείται από το άτομα που εξακολουθούν να απαιτούν την έκθεση - δηλαδή, τα άτομα που τελικά κάνουν τη περίπτωση της ασθένειας κερδοφόρα. Η σχέση μεταξύ των δύο μέτρων κοινωνικής πρόνοιας, η οικονομική απώλεια και η απώλεια της δημόσιας υγείας, απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 6 Η καμπύλη Lajfer (Philipson T. , Public Health and Economic Epidemilogy, 2010)

Το σχήμα δείχνει τα δύο μέτρα απώλειας πρόνοιας ως συνάρτηση του συνολικό κόστος ασθένειας. Η άνω καμπύλη είναι η οικονομική απώλεια και η κάτω καμπύλη είναι η καμπύλη Laffer δημόσιας υγείας. Το μέτρο δημόσιας υγείας που δηλώνεται λειτουργεί μέχρι την «καμπύλη Laffer» των μολυσματικών ασθενειών με την έννοια ότι είναι η ποσότητα απαιτήθηκε ως φόρος. Αυτό το μέτρο απώλειας μπορεί επίσης να ερμηνεύεται ως συνολικό μέτρο "κόστους ασθένειας". Απεικονίζονται δύο ασθένειες με χαμηλό και υψηλό συνολικό κόστος ασθένειας, αντίστοιχα. Το σημαντικό σημείο είναι ότι η απώλεια ευημερίας αυξάνεται με το κόστος της ασθένειας, λόγω του υπερβολικού της φορτίου. Αυτή η συνεχής αύξηση δεν ισχύει για την καμπύλη Laffer της δημόσιας υγείας. Το συνολικό κόστος της ασθένειας είναι το ίδιο και για τις δύο ασθένειες αλλά η απώλεια οικονομικής ευημερίας είναι μεγαλύτερη για την ασθένεια υψηλότερου κόστους λόγω της μεγαλύτερης επιβάρυνσης, ίσως επειδή το μετράμε από τις πωλήσεις εμβολίων. Το σχήμα δείχνει επίσης πότε συμπίπτουν τα δύο μέτρα απώλειας πρόνοιας. Αυτό συμβαίνει όταν η ασθένεια

είναι εντελώς ακίνδυνη. Με άλλα λόγια, η διαφορά μεταξύ των δύο απωλειών, (το υπερβολικό φορτίο των μολυσματικών ασθενειών) πλησιάζει το μηδέν μόνο όταν η ασθένεια είναι ακίνδυνη και το συνολικό κόστος της μόλυνσης είναι μηδέν. Το συνολικό κόστος της λοίμωξης μπορεί να πλησιάσει το μηδέν είτε με μια μείωση ανά μονάδα χρόνου είτε μειώνοντας τη διάρκεια της μόλυνσης, και τα δύο μπορεί να είναι το αποτέλεσμα θεραπειών μιας νέας τεχνολογίας υγειονομικής περίθαλψης. Τα δύο μέτρα είναι ίδια όταν οι προσπάθειες της δημόσιας υγείας είναι αδιάφορες (Philipson T. , 2010).

2.3 Εφαρμογές της Οικονομικής

Υπάρχουν ασθένειες που δεν είναι μολυσματικές, αλλά προκαλούνται από έλλειψη προσωπικής φροντίδας (διατροφής, άσκησης), από κληρονομικούς παράγοντες, από παλιούς ή νέους τραυματισμούς και εθισμούς (πχ κάπνισμα). Τέτοιες ασθένειες είναι η παχυσαρκία, η οστεοπόρωση, ο διαβήτης κληρονομικός ή μη, η αναπνευστική ανεπάρκεια λόγω πολύχρονου καπνίσματος κ.α.. Οι ασθένειες αυτές μπορεί να μην είναι μεταδοτικές αλλά επιβαρύνουν τόσο τη δημόσια υγεία ανεβάζοντας τους δείκτες νοσηρότητας και θνησιμότητας όσο και το σύστημα υγείας με ογκώδη πόσα για γιατρούς, εξετάσεις και φάρμακα. Η υγεία είναι δημόσιο αγαθό και πρέπει να παρέχεται δωρεάν σε όλους τους πολίτες, ανεξάρτητα από την οικονομική τους κατάσταση και την κοινωνική τους τάξη. Η επένδυση στην υγεία αποτελεί βασική προτεραιότητα για όλες σχεδόν τις κοινωνίες. Στην Ελλάδα, από το 2009 οι δαπάνες υγείας μειώνονται συνεχώς, ως αποτέλεσμα της οικονομικής κρίσης. Πιο συγκεκριμένα, η Ελλάδα υπέστη μείωση των δαπανών υγείας κατά 12,88%.

2.3.1 Σεξουαλικώς μεταδιδόμενα νοσήματα και επιπολασμός

Στην περίπτωση των σεξουαλικά μεταδιδόμενων ασθενειών (ΣΜΝ) όπως το AIDS, μια μορφή προστατευτικής συμπεριφοράς είναι η επιλογή ασφαλέστερων συντρόφων. Στην ακραία περίπτωση της τέλειας «ανάλογης αντιστοίχισης» στην κατάσταση της λοίμωξης, δηλαδή, όταν όλα τα θετικά τεστ στον ιό HIV ταιριάζουν με άλλα HIV-θετικά και τα HIV-αρνητικά με άλλα HIV-αρνητικά, η ανάπτυξη της νόσου είναι μηδενική. Επομένως, η επιλογή και ο συνδυασμός των συντρόφων καθορίζει την ανάπτυξη μιας σεξουαλικά μεταδιδόμενης επιδημίας. Για παράδειγμα, σε ένα περιβάλλον που είναι γνωστός ο κίνδυνος, καθορίζοντας ποιος θα συμμετάσχει σε σεξουαλική δραστηριότητα με ποιον, και σε τι είδους δραστηριότητα θα ασχοληθεί καθορίζει την ανάπτυξη της νόσου. Συγκεκριμένα, καθορίζει τη ζήτηση για σεξ χωρίς προστασία από ζεύγη ατόμων, καθένα από τα οποία έχει διαφορετική κατάσταση μόλυνσης. Η επαφή μολυσμένων ατόμων με μη μολυσμένα είναι απαραίτητες για να δημιουργηθούν νέες περιπτώσεις της νόσου. Η γενική θεωρία αντιστοίχισης αναφέρει ότι τα άτομα χαμηλού κινδύνου θα ταιριάξουν με άλλα χαμηλού κινδύνου ενώ άτομα υψηλού κινδύνου με άλλα άτομα υψηλού κινδύνου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, η ανάπτυξη της νόσου να είναι πιο αργή από ό, τι στην περίπτωση τυχαίας αντιστοίχισης. Δεδομένου ότι η ασθένεια αυξάνεται λόγω των σεξουαλικών σχέσεων μεταξύ αρνητικών και θετικών στον ιό άτομα, τα οικονομικά κίνητρα επιβραδύνουν την ανάπτυξη της νόσου. Για την περίπτωση του HIV, οι Dow και Philipson (1996) υπολόγισαν την έκταση και των δυο ειδών αντιστοίχισης (ανάλογης ή τυχαίας), καθώς και το βαθμό στον οποίο μειώνεται ο κίνδυνος από την ανάλογη σε σχέση με την τυχαία αντιστοίχιση, χρησιμοποιώντας επιδημιολογική μοντέλα. Εκτιμούν ότι κατά μέσο όρο τα άτομα που είναι θετικοί στον HIV είναι δύο φορές πιο πιθανό να έχουν θετικούς στον ιό HIV εταίρους, και ότι αυτό το ανάλογο ταίριασμα μείωσε τη συχνότητα εμφάνισης HIV κατά περίπου το ένα τρίτο. Το κλάσμα των ταιριασμάτων με μια δεδομένη κατάσταση σε ένα χρονικό σημείο μπορεί να αντιπροσωπεύεται από έναν πίνακα Τ της μορφής 2×2:

$$T \equiv \begin{array}{|c|c|} \hline p_{00} & p_{01} \\ \hline p_{10} & p_{11} \\ \hline \end{array}$$

Το p_{ij} είναι το κλάσμα των ζευγαριών και η κατάσταση της λοίμωξης τους (i, j), όπου i η κατάσταση αυτού που έχει ερωτηθεί, ενώ j η κατάσταση του συντρόφου του. Αν i ή j είναι 0, το άτομο δεν έχει μολυνθεί. Ο επιπολασμός της νόσου μεταξύ των ερωτηθέντων είναι p και των συντρόφων, q, ενώ οι οριακές πιθανότητες του πίνακα είναι $p \equiv p_{10} + p_{11}$ και $q \equiv p_{01} + p_{11}$. Ο βαθμός ο οποίος υπάρχει ανάλογη αντιστοίχιση μετράται από τον βαθμό θετικής εξάρτησης στον πίνακα. Τον υπολογίζουμε από την αναλογία δ των υπό όρους πιθανοτήτων της επαφής με θετικό άτομο για θετικούς ερωτηθέντες έναντι αρνητικών ερωτηθέντων.

$$\delta \equiv p_{11} \cdot (1 - p) / p_{01} \cdot p$$

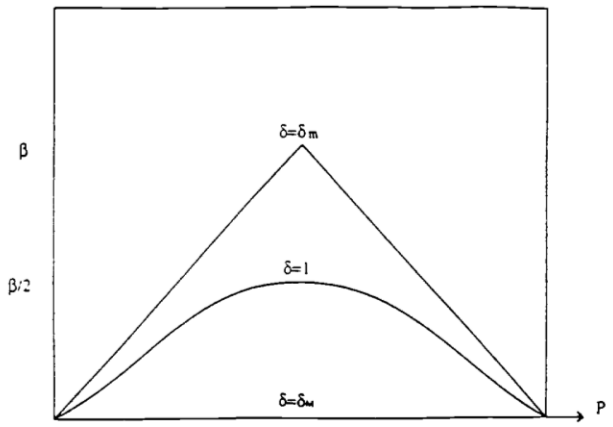
Με άλλα λόγια, η εξάρτηση υπολογίζεται από το κλάσμα από τους θετικούς συντρόφους των θετικών ερωτηθέντων, σε σχέση με το κλάσμα των θετικών συντρόφων από αρνητικούς ερωτηθέντες. Αυτή η αντιστοίχιση είναι σημαντική για τη συχνότητα εμφάνισης λοίμωξης καθώς νέες περιπτώσεις δημιουργούνται μόνο με επαφή μεταξύ ατόμων διαφορετικής λοιμώδους κατάστασης. Πιο συγκεκριμένα, δίνεται η συχνότητα στον πίνακα T που υποδηλώνεται με ζ(T)

$$\zeta(T) \equiv \beta[p_{01} + p_{10}]$$

όπου β είναι η πιθανότητα μετάδοσης και αντιπροσωπεύει την πιθανότητα μιας λοίμωξης που εξαρτάται από την αντιστοιχία μεταξύ μολυσμένου και μη μολυσμένου ατόμου. Όταν δεν υπάρχει ανάλογη αντιστοίχιση δ = 1. Η επίπτωση στη συνέχεια δίνεται από

$$\zeta(p, q, \delta = 1) = \beta\,[p\,(1 - q) + q\,(1 - p)]$$

Η αντίστοιχη υπόθεση ανεξαρτησίας είναι ασυμβίβαστη με την αντιστοίχιση που δημιουργείται από το κίνητρο ενός μη μολυσμένου ατόμου για την αποφυγή μολύνσεων , τα οποία κίνητρα υπονοούν ότι το $\delta \geq 1$. Όσο μεγαλύτερη είναι η νοσηρότητα ή η θνησιμότητα μιας ασθένειας, τόσο ισχυρότερο είναι το κίνητρο των μη μολυσμένων για αναζήτηση και αντιστοίχιση με άλλους μη μολυσμένους. Το παρακάτω σχήμα απεικονίζει τις διαφορές στη συχνότητα εμφάνισης διαφορετικών επιπέδων ανάλογη αντιστοίχισης δ σύμφωνα με ένα δεδομένο επίπεδο επιπολασμού για το απλούστερο πιθανή περίπτωση, στην οποία τα επίπεδα επικράτησης των ερωτηθέντων και των συντρόφων συμπίπτουν p = q.



Σχήμα 7 Διαφορετικές αντιστοιχίες κάτω από τον ίδιο επιπολασμό (Philipson T. , Economic Epidemiology and Infectious Diseases, 1999)

Το άνω τρίγωνο απεικονίζει την επίπτωση της νόσου κάτω από τη ελάχιστη ανάλογη αντιστοίχιση με τον επιπολασμό, η κάτω γραμμή απεικονίζει τη συχνότητα κάτω από τη μέγιστη ανάλογη αντιστοίχιση, και η οβάλ γραμμή απεικονίζει την επίπτωση όταν η αντιστοίχιση είναι ανεξάρτητη από τη μόλυνση. Με άλλα λόγια, το άνω τρίγωνο δείχνει τον μεγαλύτερο αριθμό συσχετίσεων μεταξύ ατόμων διαφορετικής λοιμώδους κατάστασης με ένα δεδομένο επίπεδο επικράτησης. Ο κάτω άξονας x αντιπροσωπεύει το χαμηλότερο αριθμό, (το μηδέν) αφού όλα τα αρνητικά άτομα μιας ομάδας μπορούν να ταιριάξουν με τα αρνητικά της δεύτερης ομάδας όταν και οι δύο ομάδες έχουν τα ίδια επίπεδα επικράτησης. Στην ενδιάμεση περίπτωση, οι συσχετίσεις είναι ανεξάρτητες από τη μόλυνση. (Philipson T. , 1999)

2.3.2 Εμβολιασμός HBV

Οι τύποι της οικονομικής αξιολόγησης είναι:

- Το CEA (ανάλυση κόστους-αποτελεσματικότητας)
- Η CBA (ανάλυση κόστους-οφέλους)
- Η CUA (ανάλυση κόστους-χρησιμότητας)

Ο πληθυσμός και οι χώρες που εξετάστηκαν ήταν διαφορετικές στις μελέτες: 5 αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στην Ευρώπη (Βουλγαρία, Γερμανία, Ιρλανδία και Ηνωμένο Βασίλειο), 8 στην Αμερική (όλες στις ΗΠΑ), 7 σε Ασία (Κίνα, Ιράν, Νότια Κορέα Ταιβάν, Ταϊλάνδη, Βιετνάμ), 1 στην Αφρική (Μοζαμβίκη) και 1 στην Ωκεανία (Αυστραλία). Η πλειονότητα των μελετών αφορούσε την οικονομική ανάλυση γενικού εμβολιασμού (12, 54,5%), κυρίως σε χώρες με χαμηλό ή μεσαίο εισόδημα (7,58,3%). Επιπλέον, είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι στις μελέτες σε χώρες με υψηλό εισόδημα, οι οικονομικές αξιολογήσεις επικεντρώθηκαν σε εμβολιασμούς HBV σε συγκεκριμένες ρυθμίσεις, όπως η διάγνωση του διαβήτη, νεφρικές και άλλες χρόνιες παθήσεις, και μολυσματικές ασθένειες. Επομένως, τα αποτελέσματα αυτής της συστηματικής επισκόπησης είναι ετερογενή. Όσον αφορά τον καθολικό εμβολιασμό, αυτό συνήθως έχει πολύ καλή σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας (80%), που κυμαίνεται από εξοικονόμηση κόστους (

Κίνα) από λίγα ευρώ ανά LY / QALY που αποκτήθηκε (στην Ταϊλάνδη και Βιετνάμ) έως 630,00 $ / QALY στις ΗΠΑ (Ασίας και Ειρηνικού Νησιά). Υπάρχουν σαφείς ενδείξεις ότι όλα τα βρέφη πρέπει να λαμβάνουν τη πρώτη δόση εμβολίου ηπατίτιδας Β το συντομότερο δυνατό μετά τη γέννηση, κατά προτίμηση εντός 24 ωρών.2 Όπως προτείνεται από τον WHO, ο γενικός εμβολιασμός HBV προτείνεται με μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για την εξάλειψη της μετάδοσης που λαμβάνει υπόψη τις λοιμώξεις που έχουν αποκτηθεί από την αρχή και κατά τη διάρκεια πρώιμη παιδική ηλικία, αλλά είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη και άλλες εγγραφές που περιλαμβάνουν διαφορετικό μοτίβο μεταδόσεων και πληθυσμούς (έφηβοι και ενήλικες). Στην πραγματικότητα, ο εμβολιασμός είναι ευνοϊκός και στον τομέα των μολυσματικών ασθενειών όπως και για τις χρόνιες παθήσεις. Ο εμβολιασμός HBV θα μπορούσε να έχει μεγάλο ενδιαφέρον και αντίκτυπο σε ρυθμίσεις που περιλαμβάνουν ενέσιμο φάρμακο χρήστες (IDU) και φυλακές, όπου θα μπορούσαν να υπάρχουν λοιμώξεις από HBV στις οποίες εξαπλώνεται γρήγορα μόνος ή μαζί σε άλλους ιούς (HIV, HCV). Το 2011, η Συμβουλευτική Επιτροπή για τις πρακτικές ανοσοποίησης (ACIP) συνέστησαν ότι όλοι οι μη εμβολιασμένοι ενήλικες ηλικίας μεταξύ 19 και 59 ετών με σακχαρώδη διαβήτη πρέπει να εμβολιαστούν κατά της ηπατίτιδας Β το συντομότερο δυνατό μετά από διάγνωση διαβήτη. Όσον αφορά την οικονομική αξιολογήσεις, ενώ οι Kuan et al βρήκαν ένα αποδεκτό πρόσθετο κόστος C/E (12,613 $ / QALY), αυτό δεν συνέβη για τον Hoerger et al. Όσον αφορά την ποιότητα αυτών των οικονομικών αξιολογήσεων, χρησιμοποιώντας τη σταθμισμένη κλίμακα του Drummond, ήταν πολύ υψηλές βαθμολογίες βρέθηκε (διάμεσος 91,5, εύρος: 53–98) με τη συντριπτική πλειοψηφία των μελετών (90,9%) με βαθμολογία πάνω από 80 (Torre, και συν., 2016).

2.2.3 Καρδιακές παθήσεις

Επηρεάζοντας έναν στους τρεις ενήλικες στις ΗΠΑ, το CVD (cardiovascular disease) είναι η κύρια αιτία θνησιμότητας και δημιουργεί μεγάλη πίεση στις δαπάνες υγειονομικής περίθαλψης, με ιατρική περίθαλψη CVD άνω των 324 δισεκατομμυρίων δολαρίων το 2010 και ένα πρόσθετο κόστος απώλειας παραγωγικότητας 137 δισεκατομμυρίων δολαρίων λόγω θανάτων, εργασιακών απουσιών και αναπηριών. Το βάρος του CVD μπορεί να μειωθεί σημαντικά μέσω διαφόρων πολιτικών, βελτιώσεων του τρόπου ζωής ανά άτομο, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης καπνού, και ελέγχου της υπέρτασης, της παχυσαρκίας και του σακχαρώδη διαβήτη. Για τις παρεμβάσεις πρόληψης της υγείας , απαιτείται πρόσθετη έρευνα για την παρακολούθηση της καρδιαγγειακής υγείας του κοινού, για την οικονομική επιβάρυνση από τα CVD, ενημέρωση για την κατανομή πόρων και για βελτίωση της αξία συγκεκριμένων παρεμβάσεων. Οι αλληλεξαρτώμενοι τομείς προτεραιότητας για μελλοντική έρευνα είναι.

1. Επιτήρηση: Λείανση των συστημάτων παρακολούθησης για να διασφαλιστεί η συλλογή και συνάφεια των απαραίτητων δεδομένων προς ποσοτικοποίησης και συνεχούς παρακολουθησης του βάρους, συμπεριλαμβανομένων των ανισοτήτων και του κόστους, των καρδιακών παθήσεων και εγκεφαλικών. Ένα ολοκληρωμένο εθνικό σύστημα παρακολούθησης CVD θα καθορίσει τη συχνότητα και τον επιπολασμό της CVD και τους κινδύνους μεταξύ φυλετικών / εθνικοτήτων, ηλικίας, φύλου και κοινωνικοοικονομικών ομάδες σε πολιτειακό και τοπικό επίπεδο (π.χ. νομός).

Αυτό το σύστημα θα συντονίσει τις βελτιώσεις στα τρέχον στοιχεία επιτήρησης και θα ενισχύσει τη χρήση δημόσιων και ιδιωτικών δεδομένών. Βραχυπρόθεσμες ευκαιρίες που θα αλλάξουν τα υπάρχοντα σύνολα δεδομένων παρακολούθησης για να διευκολύνουν τη σύνδεση; εξάλειψη περιττών επαναλήψεων- τυποποίηση-στοιχεία δεδομένων επιτήρησης - συμπεριλαμβανομένων λεπτομερών δεδομένα εθνότητας και γλώσσας · και αναθεώρηση των μεθόδων δειγματοληψίας ώστε οι αναλυτές να μπορούν να παράγουν σημαντικές εκτιμήσεις. Το σύστημα θα συνδέει διοικητικά αρχεία, ζωτικής σημασίας στατιστικές και δεδομένα από την υγειονομική περίθαλψη. Οι οργανισμοί δημόσιας υγείας και οι ερευνητές θα μπορούσαν να επιτύχουν δεδομένα για υποομάδες πληθυσμού, όπως ανά φυλή / εθνικότητα και τοποθεσία.

2. Αξιολόγηση (συμπεριλαμβανομένης της συγκριτικής αποτελεσματικότητας της έρευνας): Καθορισμός των επιπτώσεων στην υγεία και την οικονομία συγκεκριμένων παρεμβάσεων για την πρόληψη της CVD. Επειδή πολλοί παράγοντες κινδύνου CVD είναι επίσης παράγοντες κινδύνου για άλλους νόσους (π.χ. κάπνισμα και διαβήτης).Η οικονομική εκτίμηση για τις προσπάθειες πρόληψης της CVD πρέπει να περιλαμβάνουν οφέλη που σχετίζονται με τη μείωση του κινδύνου για άλλες ασθένειες. Τα κύρια εμπόδια είναι η έλλειψη τυποποιημένων μεθόδων και μέτρων για την χρήση του ευρύ φάσματος των πρωτογενών παρεμβάσεων πρόληψης, ειδικά μέτρων που βασίζονται στην κοινότητα που αλλάζουν πολιτικές, περιβάλλοντα και συστήματα. Επιπλέον, πολλές αξιολογήσεις δεν έχουν επαρκή δεδομένα για την εκτίμηση των διαφορετικών επιπτώσεων των παρεμβάσεων στους πληθυσμούς και η διάρκεια της μελέτης ποικίλλει ανάλογα με την αξιολόγηση με πολύ μικρό χρονικό διάστημα για να εκτιμηθεί ο αντίκτυπος και βιωσιμότητα. Ο στόχος πρέπει να είναι η συστηματική σύγκριση διαφορετικών τύπων παρεμβάσεων για αποδοτικότητα κόστους, κόστος-όφελος και απόδοση επένδυσης το τελευταίο στοιχείο απαιτεί τυποποιημένο ROI για την εκτίμηση της αξίας σε δολάρια μη ιατρικών δαπανών και εξοικονόμησης κατά την αξιολόγηση της υγείας και των οικονομικών οφελών των προγραμμάτων. Οι αξιολογητές πρέπει να προσδιορίσουν τη σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας πολιτικές και προγράμματα που βελτιώνουν τη συμμόρφωση με τα φάρμακα για τον έλεγχο του καπνίσματος, του διαβήτη, της υπέρτασης και τη διαχείριση βάρους του ασθενούς.

3. Οικονομικά μοντέλα: Καλύτερες προβλέψεις για την υγεία και για τις οικονομικές επιπτώσεις της πρωτογενούς πρόληψης CVD μέσω προηγμένη επιδημιολογική και οικονομική μοντελοποίηση των συστημάτων. Η προτεραιότητα είναι η ανάπτυξη, δοκιμή και επικύρωση προχωρημένων επιδημιολογικών και οικονομικών μοντέλων που προσομοιώνουν τις επιπτώσεις των εναλλακτικών πρόληψης σε παράγοντες κινδύνου CVD, των αποτελεσμάτων στη υγεία, ανισοτήτων και κόστους Οι κορυφαίες ανάγκες περιλαμβάνουν μοντελοποίηση που εκτιμά επιπτώσεις της πρόληψης σε συγκεκριμένους πληθυσμούς προς αξιολόγηση. Για παράδειγμα το μοντέλο προσομοίωσης επιπτώσεων του CDC (PRISM), , δείχνει ένα μοντέλο δυναμικής συστήματος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την οικονομική μοντελοποίηση. Προσομοιώνει μερικές από τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των κινδύνων CVD, των κοινοτικών συνθηκών, και παρεμβάσεων για πρόληψη ανάλογα την εξέλιξη της νόσου και τα αποτελέσματα υγείας και κόστους. Το PRISM ενσωματώνει δεδομένα από πολλές πηγές για την εκπροσώπηση του πληθυσμού των ΗΠΑ. Παρακολουθεί τροχιές για τους κύριους άμεσους και έμμεσους παράγοντες κινδύνου συνεχώς από το 1990 έως το 2040. Το PRISM περιέχει τώρα 33 επίπεδα συστήματος επιλογές παρέμβασης για προσομοίωση παρέμβασης. Εκτίμηση σχετικών κινδύνων, μεγεθών επίδρασης και αρχικών τιμών που χρησιμοποιήθηκαν ολοκληρωμένες μελέτες, μετά-αναλύσεις

και, σε ορισμένες περιπτώσεις, ad hoc έρευνες βετεράνων επαγγελματιών. Επειδή στα περισσότερα από αυτά οι εκτιμήσεις των παραμέτρων έχουν κάποιο επίπεδο αβεβαιότητας, χαμηλότερα και τα ανώτερα όρια, χρησιμοποιούνται στην ανάλυση ευαισθησίας των κύριων αποτελεσμάτων για τα συμβάντα CVD και τους επακόλουθους θανάτους, καθώς και συνολικό κόστος.

4. Οικονομικά συμπεριφοράς: Ενημέρωση για την πολιτικές και τις παρεμβάσεις βελτιώνοντας την κατανόηση για το πώς και γιατί οι άνθρωποι κάνουν επιλογές που επηρεάζουν τη καρδιαγγειακή τους υγεία και ιατρική περίθαλψη. Η κύρια ανάγκη είναι για εννοιολογικά μοντέλα που συνδέουν τη συμπεριφορά των οικονομικών και την πρόληψη για τα CVD. Καθώς εξελίσσονται αυτά τα μοντέλα, η έρευνα μπορεί να ξεκινήσει με θεμελιώδη στοιχεία που απαιτούνται για τη βελτίωση της κατανόησης συμπεριφορών καρδιαγγειακών ατόμων. (Ferdinand, et al., 2011)

2.2.4 Κάπνισμα και καρδιακές παθήσεις

Το άμεσο ιατρικό κόστος των καρδιαγγειακών και των κυκλοφοριακών ασθενειών ήταν 151 δισεκατομμύρια δολάρια το 1995, περίπου άμεσα το 17% όλων των άμεσων δαπανών ιατρικής περίθαλψης στο Ηνωμένες Πολιτείες. Με βάση τα περιστατικά και τον επιπολασμό οι εκτιμήσεις δείχνουν ότι το κάπνισμα αποτελεί σημαντικό παράγοντα για καρδιαγγειακές παθήσεις. Διάφορα προγράμματα ελέγχου του καπνίσματος σε ολόκληρη τη χώρα και απαγόρευση του καπνίσματος στο χώρο εργασίας και στους κοινόχρηστους χώρους είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του επιπολασμού του καπνίσματος. Οι θεραπείες διακοπής του καπνίσματος είναι πολύ αποδοτικές για την πρόληψη καρδιαγγειακών διαταραχών. Οι εκτιμήσεις βάσει των περιστατικών δείχνουν ότι οι δαπάνες ελέγχου της διακοπής του καπνίσματος στις Ηνωμένες Πολιτείες ήταν μια οικονομικά αποδοτική μέθοδος για τη μείωση του άμεσου ιατρικού κόστους των καρδιακών ασθενειών στο παρελθόν, και μπορεί να εξοικονομεί και κόστος για το μέλλον. Το αναμενόμενο κόστος παραγωγής ενός επιπλέον πρώην καπνιστή εκτιμάται ότι είναι περίπου 1.000 έως 1.500 $. Το περισσότερο ή όλο αυτά το κόστος μπορεί να ανακτηθεί βραχυπρόθεσμα από την εξοικονόμηση μόνο σε αποφευχθείσες καρδιακές προσβολές και εγκεφαλικών από υγιείς. Συγκεκριμένα ο επιπολασμός του καπνίσματος έχει μειωθεί απότομα μεταξύ των ενηλίκων των ΗΠΑ, από πάνω από 41,9% το 1965 έως 23,1% το 2000, αλλά το κόστος υγείας που οφείλεται στο κάπνισμα εξακολουθεί να είναι τεράστιο. Ο μέσος όρος ετήσιων άμεσων ιατρικών δαπανών για τις επιπτώσεις στην υγεία το παλιούς και τωρινούς καπνιστές για το 1995 έως το 1999 έχουν εκτιμηθεί ότι είναι 75 δισεκατομμύρια δολάρια και σε συνδυασμό έχουν υπολογιστεί άμεσα και έμμεσα ιατρικά έξοδα στα 158 δισεκατομμύρια δολάρια (σε δολάρια 1998) . Το κάπνισμα είναι η αιτία για περίπου 440.000 πρόωρους θανάτους ετησίως. Το μέσο ετήσιο άμεσο ιατρικό κόστος που συσχετίζεται με στεφανιαία νόσο (CHD) είναι ιδιαίτερα ακριβό για τους πληγέντες. Ο μέσος όρος του ετήσιου κόστους ήταν 12.361$ για κάθε άτομο για τη ασθένεια. Το άμεσο ιατρικό κόστος του εγκεφαλικού επεισοδίου στις αρχές της δεκαετίας του 1990 ήταν 21 δισεκατομμύρια δολάρια. Το κόστος της χαμένης εργασίας μόνο από το CHD κοστίζει κοινωνικά επιπλέον 4,3

δισεκατομμύρια δολάρια, και έμμεσα το ιατρικό κόστος του εγκεφαλικού είναι περίπου 16 δις $ δισεκατομμύρια. Το έμμεσο κόστος που οφείλεται στο κάπνισμα για αυτές τις συνθήκες είναι ιδιαίτερα μεγάλες επειδή οι καπνιστές τείνουν να τους συμβαίνουν σε νεότερες ηλικίες από ότι στους μη καπνιστές. Μια πρόσφατη μελέτη στη Γερμανία βρήκε επίσης υψηλό SAF (smoking attribute fraction) για συνδυασμένο άμεσο και έμμεσο κόστος καρδιαγγειακής νόσου: CHD 35%, εγκεφαλικό 28% και αθηροσκληρωτική αποφρακτική ασθένεια 28%. Το ποσοστό του άμεσου κόστους για αυτά τα SAF ήταν υψηλό: 54% για CHD, 66% για εγκεφαλοαγγειακή νόσο, και 82% για αποφρακτική αρτηριακή νόσο. Το SAF= P(R-1)/(P [R-1]+1) όπου P το ποσοστό των καπνιστών και το R ο σχετικός κίνδυνος για την ασθένεια. (Lightwood, 2003)

2.2.5 Αγγειακά εγκεφαλικά επεισόδια στην Ελλάδα

Σε μελέτη που έγινε σε πανεπιστημιακό νοσοκομείο της Αθήνας σε σύνολο 784 ασθενών, ο μέσος χρόνος νοσηλείας του ασθενούς στο νοσοκομείο ήταν 9,5 ημέρες και το μέσο κόστος ημερήσιας νοσηλείας για κάθε ασθενή υπολογίστηκε σε 244 ευρώ. Το σχετικό κόστος για μετρίου βαθμού αναπηρίας ήταν 1.573 ευρώ και για σοβαρή αναπηρία 4.136 ευρώ. Το μέσο ενδονοσοκομειακό κόστος ανά ασθενή με ΑΕΕ (αγγειακά εγκεφαλικά επεισόδια) σύμφωνα με άλλη έρευνα που έγινε στην Ελλάδα, ήταν 3.624,9 ευρώ, με το αιμορραγικό εγκεφαλικό να έχει 70% υψηλότερο κόστος. Η διάρκεια νοσηλείας είχε ισχυρή συσχέτιση (P<0,0001) με το συνολικό ενδονοσοκομειακό κόστος και η μέση διάρκεια νοσηλείας ήταν 10,9 ημέρες. Το κόστος προγράμματος θεραπείας αποκατάστασης για ασθενείς που ζούσαν στο σπίτι, σύμφωνα με μελέτη του 2013, ήταν 5.553,3 ευρώ, για μέση διάρκεια 9,4 μηνών, ή 591,5 ευρώ τον μήνα. Το πρόγραμμα περιλάμβανε φυσικοθεραπεία, λογοθεραπεία και ασκήσεις στην πισίνα. Το μέσο κόστος φροντίδας, σε Πανεπιστημιακό Νευρολογικό Τμήμα στη Γερμανία ήταν 3.060 ευρώ με μέσο χρόνο νοσηλείας 11,1 ημέρες. Συγκρίνοντας το κόστος φροντίδας του ΑΕΕ στην ειδική μονάδα νοσηλείας, βρέθηκε περίπου 16% υψηλότερο σε σχέση με τη νοσηλεία στο νευρολογικό τμήμα. Το κόστος των ΑΕΕ στις αναπτυγμένες χώρες υπολογίζεται μεταξύ 1,6% και 6,9% της συνολικής δαπάνης για την υγεία. Στις ΗΠΑ το άμεσο κόστος το 2010 είχε υπολογιστεί σε 28,3 δις δολάρια και η πρόβλεψη για το 2030 είναι ότι θα τριπλασιαστεί (95,6 δις δολάρια), ενώ το έμμεσο κόστος για το ίδιο διάστημα, υπολογίζεται ότι από 25,6 δις θα αυξηθεί σε 44,4 δις δολάρια. Το κόστος για τη φροντίδα των επιβιωσάντων στις ΗΠΑ έχει υπολογιστεί σε 140.048 δολάρια ανά άτομο. Στις χώρες της ΕΕ το συνολικό ετήσιο κόστος έχει υπολογιστεί σε 27 δις ευρώ, (68,5% το άμεσο και 31,5% το έμμεσο κόστος). Επιπλέον, έχει υπολογιστεί ότι ποσό ύψους 11,1 δις ευρώ καλύπτει το κόστος της άτυπης φροντίδας. Στη Φινλανδία δαπανώνται ετησίως 1,6 δις δολάρια για τη φροντίδα των Φινλανδών ασθενών με ΑΕΕ, ποσό που αντιστοιχεί στο 7% των εθνικών δαπανών για την υγειονομική φροντίδα. Στο Ηνωμένο Βασίλειο, το συνολικό κόστος (θεραπεία και παραγωγική απώλεια) υπολογίστηκε σε 8,9 δις λίρες ετησίως. Συγκεκριμένα, το κόστος για τη φροντίδα υγείας και την κοινωνική φροντίδα είναι περίπου 4,38 δις λίρες ετησίως. Το κόστος της ανεπίσημης φροντίδας υπολογίζεται ετησίως σε 2,42 δις λίρες και αποτελεί το 27% του συνολικού κόστους. Στην Αυστραλία, η συνολική δαπάνη για τα εγκεφαλικά επεισόδια για το διάστημα 2008–2009 ήταν 606 εκατ. δολάρια, ποσό που αντιστοιχεί στο 8% της συνολικής δαπάνης για τα καρδιαγγειακά νοσήματα και στο 0,5% της συνολικής δαπάνης για την υγεία. Το μεγαλύτερο ποσοστό (92,4%) δαπανήθηκε για την ενδονοσοκομειακή νοσηλεία, 4,2% για τη συνταγογράφηση

φαρμάκων και 3,4% για τις ιατρικές υπηρεσίες εκτός νοσοκομείου. Το κόστος για κάθε ΑΕΕ είναι 129.199 δολάρια. (Καυγά & Βλάχου, 2015)

2.2.6 Παχυσαρκία

Το οικονομικό κόστος μιας νόσου εκτιμάται με δυο τρόπους: το άμεσο και το έμμεσο κόστος. Στο άμεσο κόστος συμπεριλαμβάνονται οι δαπάνες διάγνωσης και θεραπείας που σχετίζονται με τη νόσο, ενώ στο έμμεσο κόστος περιλαμβάνεται η ελάττωση της παραγωγικότητας, η απώλεια ωρών εργασίας, λόγω ασθένειας και η θνησιμότητα από τη νόσο (μείωση εργατικού δυναμικού, λόγω πρόωρου θανάτου). Η οικονομική επίπτωση της παχυσαρκίας έχει αναλυθεί σε αρκετές μελέτες. Σε μια από αυτές, οι ερευνητές Wolf και Colditz εκτίμησαν το άμεσο και έμμεσο κόστος της παχυσαρκίας, με βάση το Δ.Μ.Σ. πάνω από 29kg/m2, με τα σχετιζόμενα νοσήματα όπως ο σακχαρώδης διαβήτης, η στεφανιαία νόσος, η υπέρταση, η χολολιθίαση, ο καρκίνος του μαστού, του ενδομήτριου και του παχέος εντέρου και η οστεοαρθρίτιδα. Το άμεσο κόστος υγείας, που αποδόθηκε στην παχυσαρκία, εκτιμήθηκε σε 51,6 δισεκατομμύρια δολάρια, σε σταθερές τιμές του 1995, αντανακλώντας το 5,7% του συνόλου των εθνικών δαπανών των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής για την υγεία, το έτος 1995. Οι δαπάνες αυτές, συγκρινόμενες με τις δαπάνες άλλων νοσημάτων, είναι περίπου ίδιες με τις δαπάνες του σακχαρώδη διαβήτη, ενώ είναι 2,7 φορές και 1,25 φορές μεγαλύτερες από εκείνες που απαιτούνται για την υπέρταση και τη στεφανιαία νόσο, αντίστοιχα. Το έμμεσο κόστος, για το έτος 1995, εκτιμήθηκε σε 47,56 δισεκατομμύρια δολάρια, σε σταθερές τιμές του 1995.

Υπάρχουν ενδείξεις ότι η παχυσαρκία συνδέεται με τη φτώχεια. Τα ποσοστά παχυσαρκίας και διαβήτη τύπου 2 στις Ηνωμένες Πολιτείες και άλλες βιομηχανικές χώρες ακολουθούν μια κοινωνικοοικονομική κλίση, με τα υψηλότερα ποσοστά να παρατηρούνται μεταξύ των μειονοτήτων και των φτωχών. Σε ατομικό επίπεδο, τα ποσοστά παχυσαρκίας συνδέονται με χαμηλά εισοδήματα, χαμηλή εκπαίδευση, μειονότητες, και υψηλότερα ποσοστά πιθανότητα φτώχειας. Σε περιβαλλοντικό επίπεδο, τα ποσοστά παχυσαρκίας ήταν υψηλότερα σε γειτονιές χαμηλού εισοδήματος, νομοθετικές περιφέρειες και κράτη χαμηλού εισοδήματος. Αν και τα ποσοστά παχυσαρκίας αυξάνονται σταθερά και στα δύο φύλα, σε όλες τις ηλικίες, και σε όλα τα επίπεδα εκπαίδευσης, τα υψηλότερα ποσοστά συνεχίζονται να παρατηρηθεί μεταξύ των πιο υποβαθμισμένων ομάδων. Η έκθεση Healthy People 2010 αναγνώρισε ότι τα ποσοστά ήταν υψηλότερα μεταξύ των εφήβων από φτωχά νοικοκυριά σε σχέση με τα νοικοκυριά μεσαίου και υψηλού εισοδήματος , μεταξύ των Αφρικανών Αμερικανών γυναικών σε σχέση με λευκές γυναίκες, και μεταξύ των χαμηλών εισοδηματιών σε σχέση με τις πιο εύπορες ομάδες. Ωστόσο, η διατροφική συμπεριφορά των παχύσαρκων ατόμων εξακολουθούν να παρακολουθούνται μέσω του πρίσμα της ιατρικής, της φυσιολογίας και της συμπεριφοράς. Η παρούσα υπόθεση είναι ότι οι παρατηρούμενες σχέσεις μεταξύ της φτώχεια και της παχυσαρκίας αντιμετωπίζονται κυρίως από καθαρά οικονομικές μεταβλητές. Οι εκλεπτυσμένοι κόκκοι, πρόσθετα σάκχαρα και πρόσθετα λίπη έχουν το κοινό ότι έχουν χαμηλό ενεργειακό κόστος. Δίαιτες των νοικοκυριών χαμηλού εισοδήματος, παρέχουν φθηνή, συγκεντρωμένη ενέργεια από λίπος, ζάχαρη, δημητριακά, πατάτες

και προϊόντα κρέατος αλλά προσφέρουν λίγο με τον τρόπο ολικής αλέσεως, λαχανικών και φρούτων. Ομοίως, οι καταναλωτές χαμηλού εισοδήματος είναι πιο πιθανό να είναι συχνές χρήστες γρήγορου φαγητού σε αντίθεση με εστιατόρια πλήρους εξυπηρέτησης και είναι πιο πιθανό να ζουν σε περιοχές με λιγότερη φυσική πρόσβαση σε πιο υγιείς τρόφιμα. Είναι καθιερωμένο ότι η υψηλότερη ποιότητα διατροφής, όπως μετριέται από τον δείκτη υγιεινής διατροφής, σχετίζεται με υψηλότερα εισοδήματα, περισσότερη εκπαίδευση, και με χαμηλότερα ποσοστά παχυσαρκίας. (Κατσίκης, και συν., 2009)

2.2.7 Οστεοπόρωση

Η οστεοπόρωση δημιουργεί σημαντική οικονομική επιβάρυνση στα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης διεθνώς, κυρίως λόγω του κόστους νοσηλείας για τη θεραπεία των οστεοπορωτικά καταγμάτων. Παρά την αυξανόμενη ευαισθητοποίηση και βελτιώσεις στην πρακτική της οστεοπόρωσης, ο αριθμός των οστεοπορωτικών καταγμάτων αναμένεται να αυξηθεί. Το οικονομικό κόστος για όλα τα οστεοπορωτικά κατάγματα στην Ευρώπη αναμένεται να αυξηθεί από 31,7 ευρώ δισεκατομμύρια το 2000 σε εκτιμώμενα 76,7 δισεκατομμύρια ευρώ έως το 2050, λόγω δημογραφικών στοιχείων. Σε μια έρευνα για το PMO (Οστεοπόρωση μετά την εμμηνόπαυση) διαπιστώθηκε το κόστος ανά ασθενή.

	Cost (€)	95% CI (€)
Overall	**1,384.67**	423.27–7,281.16
Previous fracture		
Established PMO	2,027.46	508.09–7,241.90
Non-established PMO	1,139.63	461.86–1324.44
Duration of osteoporosis		
Established PMO < 1 year	2,714.98	820.17–7,284.42
Established PMO > 1 year	1,805.54	508.09–7,241.77
Fracture site		
Hip	4,334.27	1,452.86–10,730.17
Vertebra	2,723.27	1,470.39–7,839.55
Colles	1,731.35	1,131.17-1,942.48

Πίνακας. 1 Κόστος οστεοπόρωσης ανά ασθενή (Athanasakis, et al.)

Παρατηρούμε ότι το κόστος ανά ασθενή είναι αρκετά μεγάλο. Για αυτό το λόγο έγινε μελέτη κόστους αποτελεσματικότητας μιας θεραπείας για την οστεοπόρωση μετά την εμμηνόπαυση, της denosumab. Το denosumab είναι πιο ακριβό αλλά πιο αποτελεσματικό για την μείωση εμφάνισης κατάγματος και της καλύτερης ποιότητας ζωής που αποκτήθηκε από τη θεραπεία. Η ανάλυση έδειξε ότι το denosumab σε σχέση με παρόμοιες θεραπείες ήταν κάτω από το κατώφλι των 30.000 και συγκεκριμένα κυμαινόταν 10.829 € έως 24.927 € ανά QALY. Όπως καταλαβαίνουμε υπάρχει

η ανάγκη για ανάλυση κόστους των θεραπειών και εύρεσης εναλλακτικών που είναι λιγότερο δαπανηρές. (Athanasakis, et al.)

2.2.8 Μη μεταδοτικές ασθένειες στην Ινδία

Οι συνολικές δαπάνες για το NCDI από το Κέντρο και τις πολιτείες / UT για την περίοδο 2015–16 ήταν Rs 39843.1 Crores ή 229,64 εκατομμύρια δολάρια σε PPP. Σε κατά κεφαλήν όρους, αυτό είναι 315,86 Rs ή 18,2 $ σε PPP. Αυτό πρέπει να αξιολογηθεί στο πλαίσιο των χαμηλών κατά κεφαλήν δαπανών υγείας της Ινδίας που ήταν Rs. 1.097 το 2015–16 ή 63 $ σε PPP. Αυτό δείχνει ότι οι δαπάνες NCDI είναι ελαφρώς λιγότερες από το 1/3 των συνολικών δαπανών υγείας στη χώρα (29%). Η αύξηση των δαπανών NCDI έχει συμβεί τα τελευταία 3 χρόνια, με την κυβέρνηση να έχει ωθήσει συνειδητά τις δραστηριότητες NCDI στη χώρα μέσω του προγράμματος για τις μη μεταδοτικές ασθένειες στο πλαίσιο της Εθνικής Αποστολής Υγείας (NHM). Η συνολική δαπάνη της Ινδίας για το NCDI ανέρχεται σε 229,6 εκατομμύρια δολάρια σε PPP. Οι περισσότερες δαπάνες για τα NCDI πραγματοποιείται σε επίπεδο πολιτειών και UT (περίπου 80%), με το κέντρο να δαπανά 20% σε NCDI στη χώρα.

Το μερίδιο του NCDI ως ποσοστό του ΑΕΠ κυμαίνεται μεταξύ 0,057-0,65 τοις εκατό κατά τη διάρκεια των ετών που παραμένουν σχεδόν σταθερό τα τελευταία χρόνια .Όσον αφορά τις κατά κεφαλήν δαπάνες σε PPP $ για τα NCDI από το κέντρο, υπήρξε κάποια μικρή αύξηση από 3,26 σε 3,85 σε PPP $, σε ένα συνολικό χαμηλό επίπεδο δαπανών. Μεταξύ όλων των κεντρικών υπουργείων, το MOHFW ξοδεύει την πλειοψηφία στο NCDI σε περίπου 65 τοις εκατό, με άλλα κεντρικά υπουργεία να ξοδεύουν το υπόλοιπο 35 τοις εκατό. Πρόσφατες τάσεις στις δαπάνες NCDI από το MOHFW δείχνουν ότι το μερίδιο του NCDI από τις συνολικές δαπάνες για την υγεία αυξήθηκαν σταθερά τα τελευταία 4 χρόνια, από 14 σε 20 τοις εκατό μεταξύ 2012–13 και 2016–17. Ωστόσο, το μερίδιό του στο ΑΕΠ ήταν αμελητέο (0,034-0,037) παρά η μικρή αύξηση τα τελευταία τρία χρόνια.

Οι διακυμάνσεις των κρατικών δαπανών στις NCDI αναλύονται με βάση τις κατά κεφαλήν δαπάνες NCDI και οι NCDI δαπάνες ως ποσοστό του GSDP (Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν). Υπάρχει σημαντική διακύμανση στις δαπάνες NCDI με ορισμένα UT να ξοδεύουν πάνω από 20 φορές περισσότερες από τις χαμηλότερες δαπάνες στην ομάδα. Γενικά, οι πολιτείες που έχουν χαμηλότερη κατά κεφαλήν δαπάνη για το NCDI είναι επίσης πολιτείες που ξοδεύουν λιγότερα στο NCDI ως ποσοστό των κρατικών εισοδημάτων τους. Επίσης, η Ομάδα Ενίσχυσης Δράσης, οκτώ κοινωνικοοικονομικές πολιτείες, ξοδεύουν λιγότερα χρήματα στο NCDI σε σχέση με το GSDP τους. (Gupta & Ranjan, 2019)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3. Δαπάνες υγείας και προϋπολογισμοί

3.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα εξετάσουμε τις δαπάνες για την υγεία, τους προϋπολογισμούς και τις επιπτώσεις που έχουν αυτοί στα συστήματα υγείας.

3.2 Δαπάνες Υγείας

Ως δαπάνες υγείας ορίζονται το μέγεθος των χρηματικών ποσών που χρησιμοποιούνται είτε από το κράτος είτε από ιδιώτες στο τομέα της υγείας. Οι δαπάνες υγείας περιλαμβάνουν

- τη χρήση υπηρεσιών υγείας , οι οποίες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, σε αυτές που έχουν σχέση με τη φροντίδα και αυτές που έχουν να κάνουν με την περίθαλψη
- την κατανάλωση φαρμάκων
- τις επενδύσεις στο τομέα της υγείας για τη δημιουργία κατάλληλων υποδομών
- δαπάνες για εξατομικευμένη φροντίδα υγείας
- σε συλλογικό επίπεδο τη δαπάνη που επιβαρύνουν τις πολιτικές κρατών για τη παροχή και την αποζημίωση της υγείας.

Σε πρώτο επίπεδο οι δαπάνες υγείας διακρίνονται σε δημόσιες και ιδιωτικές. Στις ιδιωτικές δαπάνες το ποσό καλύπτεται εξολοκλήρου από τον χρήστη και είναι ανάλογες με το εισόδημα του και των επιλογών του. Οι δημόσιες δαπάνες υγείας καλύπτονται από τους κρατικούς προϋπολογισμούς και τους φορείς κοινωνικής ασφάλισης και είναι ανεξάρτητες από το εισόδημα του καταναλωτή ή του ποσοστού, στο οποίο θα τις χρησιμοποιήσει. (Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών, 2011)

Σε δεύτερο επίπεδο, οι δαπάνες υγείας χωρίζονται στις φαρμακευτικές δαπάνες, τις ιατρικές , τις νοσοκομειακές.

Με βάση το επίπεδο περίθαλψης, η υγεία διακρίνεται σε ανοιχτή εξωνοσοκομειακή και σε κλειστή εξωνοσοκομειακή οι οποίες με την σειρά τους διακρίνονται σε δημόσια και ιδιωτική.

Η ιατρική περίθαλψη διακρίνεται σε

- πρωτοβάθμια, στην οποία ανήκουν τα εξωτερικά ιατρεία που παρέχουν διαγνωστική και θεραπευτική φροντίδα, και τα ιατρεία έκτακτων και επειγόντων περιστατικών των νοσοκομείων
- δευτεροβάθμια, στην οποία διεξάγεται εργαστηριακός έλεγχος και παρέχεται η απαιτούμενη νοσηλεία

- τριτοβάθμια, στην οποία παρέχονται εξατομικευμένες γνώσεις και είναι αποτέλεσμα συνεργασίας ιατρών από διαφορετικές ειδικότητες. Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών

3.2.1 Η σχέση δημοσίων και ιδιωτικών δαπανών υγείας

Ο κρατικός προϋπολογισμός αποτελεί την κύρια πηγή χρηματοδότησης των δημόσιων μονάδων υγείας. Οι πόροι που διατίθενται για την υγεία από τον κρατικό προϋπολογισμό μπορούν να ταξινομηθούν σε δαπάνες

- για την κάλυψη των ετήσιων προϋπολογισμών των νοσοκομείων και των κέντρων υγείας (μισθοί προσωπικού, λειτουργικά έξοδα κλπ.)
- για επενδύσεις (κτίρια, εξοπλισμό κλπ.)
- για εκπαίδευση και έρευνα στην υγεία
- για τη δημόσια υγεία
- για την κεντρική διοίκηση (υπουργείο υγείας κλπ.) και
- για επιχορηγήσεις ελλειμματικών κλάδων υγείας ασφαλιστικών οργανισμών.

Οι οργανισμοί κοινωνικής ασφάλισης αποτελούν την δεύτερη πηγή χρηματοδότησης του ελληνικού συστήματος υγείας. Καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος της εξωνοσοκομειακής περίθαλψης και σημαντικό μέρος της νοσοκομειακής περίθαλψης των ασφαλισμένων τους. Το μεγαλύτερο μέρος των εσόδων των ασφαλιστικών οργανισμών προέρχονται από τις εισφορές των ασφαλισμένων και των εργοδοτών, ποσοστό ασφαλιστικής εισφοράς το οποίο διαφέρει ανάμεσα στους ασφαλιστικούς οργανισμούς.

Η τρίτη κατηγορία που χρηματοδοτείται από τους πόρους των ταμείων περιλαμβάνει τις υπηρεσίες εκείνες που παρέχονται από ιδιωτικών συμφερόντων υποδομές, συμβεβλημένες ή όχι με τα ταμεία και αφορά κυρίως ιατρεία και οδοντιατρεία, νοσοκομεία, κλινικές, φαρμακεία, διαγνωστικά κέντρα και εργαστήρια. Το κόστος έτσι όπως αυτό υπολογίζεται με βάση το κρατικό τιμολόγιο αναλαμβάνει εξ' ολοκλήρου το ασφαλιστικό ταμείο. Τη διαφορά μεταξύ κρατικού τιμολογίου και πραγματικής τιμής καλείται να καλύψει ο ίδιος ο ασφαλισμένος. Οι ιδιωτικές δαπάνες, δηλαδή οι πληρωμές που γίνονται από ασφαλισμένους με χρήματα που προέρχονται από το προσωπικό τους εισόδημα, αποτελούν την τρίτη και μεγαλύτερη πηγή χρηματοδότησης του συστήματος. (Θεοδώρου, Σαρρής, & Σούλης, 2001) Έτσι, για τον υπολογισμό των Δημοσίων και Ιδιωτικών Δαπανών στην Ελλάδα λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω έξοδα ανά κατηγορία:

Οι δημόσιες δαπάνες υγείας (Σούλης, 1999)

- Δαπάνες Φορέων κοινωνικής Ασφάλισης (τρέχουσες μεταβιβάσεις Ο.Κ.Α.).
- Δαπάνες του κράτους για επιχορηγήσεις σε Δημόσια Υγειονομικά Ιδρύματα, Νομαρχίες κ.ά. (Δημόσια Κατανάλωση).
- Δαπάνες του Κράτους για Ιατροφαρμακευτική & Νοσοκομειακή Φροντίδα των πολιτικών και στρατιωτικών υπαλλήλων καθώς και των συνταξιούχων του δημοσίου (Δημόσια Κατανάλωση).

- Δημόσιες Επενδύσεις.

Οι ιδιωτικές δαπάνες υγείας (Σούλης, 1999)

- Δαπάνες των ανασφάλιστων.
- Δαπάνες για υπηρεσίες και αγαθά υγείας που δεν καλύπτουν οι ασφαλιστικοί οργανισμοί όπως οπτικά, οδοντιατρικές εργασίες, ορθοπεδικά υλικά, φυσικοθεραπείες κ.ά.
- Δαπάνες για συμμετοχή των ασφαλισμένων στα έξοδα παροχής φροντίδων υγείας. Για παράδειγμα, η συμμετοχή στα φάρμακα, η συμμετοχή στα έξοδα διαγνωστικών εξετάσεων, η συμμετοχή στα έξοδα επισκέψεων σε μη συμβεβλημένους γιατρούς κ.ά.
- Δαπάνες για κάλυψη των εξόδων από τη διαφορά θέσης νοσηλείας.
- Δαπάνες για άτυπες αμοιβές γιατρών όπως εγχειρήσεις κ.ά.
- Ιδιωτικές Επενδύσεις.

3.2.2 Οικονομικοί πόροι Δημόσιων Ιδρυμάτων Υγείας

Οι οικονομικοί πόροι των δημόσιων ιδρυμάτων υγείας προέρχονται κυρίως από (άρθρο 28 νόμος 397/1983 ΕΣΥ)

- την ετήσια επιχορήγηση από τον Κρατικό προϋπολογισμό και τον Προϋπολογισμό Δημοσίων Επενδύσεων
- τα νοσήλια από τα ταμεία της κοινωνικής ασφάλισης καθώς και τα νοσήλια που βαρύνουν το δημόσιο ή τους ίδιους τους νοσηλευόμενους
- έσοδα από την παροχή μετανοσοκομειακής και ειδικής φροντίδας σε νοσηλευθέντες στο νοσοκομείο και σε εξωτερικούς ασθενείς, όπως επίσης και από την παροχή υπηρεσιών από τις μονάδες αποκατάστασης και αποθεραπείας που λειτουργούν στα νοσοκομεία,
- νοσήλια για υπηρεσίες που παρέχονται σε ασφαλισμένους συμβεβλημένους ασφαλιστικών εταιριών
- έσοδα από τα ασφαλιστικά ταμεία για εξετάσεις ασφαλισμένων τους στα τακτικά εξωτερικά ιατρεία και εργαστήρια των νοσοκομείων, των κέντρων υγείας, των κέντρων ψυχικής υγείας και των μονάδων ψυχικής υγείας
- έσοδα από παροχή υπηρεσιών, όμοιων με την προηγούμενη παράγραφο σε άτομα που δεν είναι ασφαλισμένα ή είναι αλλοδαποί
- έσοδα από εκπαιδευτική και ερευνητική δραστηριότητα
- τόκους από καταθέσεις σε τράπεζες ή άλλους πιστωτικούς οργανισμούς και τέλος έσοδα από εκμετάλλευση χώρων και εγκαταστάσεων για μη ιατρικές υπηρεσίες, από την εκποίηση παλαιών και άχρηστων για το νοσοκομείο κινητών πραγμάτων, από κληρονομιές και δωρεές και από αξιοποίηση της ακίνητης περιουσίας τους.

3.2.3 Δαπάνες υγείας ως επένδυση

Οι διάφοροι τύποι επενδύσεων που οι δαπάνες στην υγεία θεωρούνται επένδυση (Βούλγαρης, 2019)

- Επένδυση στην υγεία του πληθυσμού. Η ποιότητα της υγείας του πληθυσμού έχει επίδραση στο γεγονός κατά πόσο μπορούν οι πολίτες να έχουν τη δυνατότητα και την ευκαιρία να συμμετέχουν στον επαγγελματικό και κοινωνικό βίο, καθώς επίσης και πόσο παραγωγικοί είναι κατά την τέλεση της εργασίας τους. Στοιχεία του ΟΟΣΑ δείχνουν πως η αύξηση του προσδόκιμου ζωής για ένα έτος μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση του ΑΕΠ έως και κατά 4%.
- Επενδύσεις για βιωσιμότητα συστημάτων υγείας. Τα κράτη-μέλη Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι υπεύθυνα για το σχεδιασμό και την οργάνωση των εθνικών υπηρεσιών περίθαλψης και υγείας. Είναι απαραίτητο για την ανάπτυξή τους να ξοδεύουν πιο στοχευμένα και όχι αναγκαστικά περισσότερα χρήματα, για καλύτερη αποτελεσματικότητα των συστημάτων υγείας καθώς και περίθαλψης
- Μείωση ανισοτήτων στον τομέα της υγείας . Οι διαφορές στο προσδόκιμο ζωής, στην ηλικία των 30, μεταξύ πολιτών με ανώτατη εκπαίδευση και εκείνων με δευτεροβάθμια ή και κατώτερου επιπέδου ξεπερνούν τα 10 χρόνια σε αρκετές χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι διαρκείς ανισότητες στην υγεία των πολιτών, εκτός από το σύνηθες ηθικό πρόβλημα που υφίστανται, αποτελούν και ένα αρκετά μεγάλο αίτιο της συρρίκνωσης του ΑΕΠ που μετριοπαθώς κυμαίνεται μεταξύ 1,5% και 9,5% για τα κράτη της ΕΕ.
- Εκπαίδευση, κλιματική αλλαγή. Η επένδυση στον κλάδο της υγείας αντιμετωπίζει κλάδους σαν αυτόν της κλιματικής αλλαγής και της εκπαίδευσης. Η εκπαίδευση και το περιβάλλον είναι βασικοί παράγοντες για τον τομέα της υγείας και η αναβάθμισή τους και η τόνωσή τους συσχετίζεται άμεσα με την υγεία.
- Οικονομική ανάπτυξη. Ο συσχετισμός κοινωνικών και οικονομικών δεδομένων με τον τομέα της υγείας έχει μελετηθεί και διαπιστωθεί από τη διεθνή επιστημονική κοινότητα. Οι δυσκολίες, η φτώχεια, ο κοινωνικός αποκλεισμός και ο ρατσισμός έχουν σαν επίπτωση να θρηνούνται ζωές. Το εργασιακό στρες αυξάνει τον κίνδυνο για μια επερχόμενη νόσο, η ιδέα της επερχόμενης απόλυσης, καθώς και η ανεργία έχουν ως αποτέλεσμα την απώλεια πλήρους υγείας και τον πρόωρο θάνατο. Ο κοινωνικός περίγυρος πολλές φορές οδηγεί στην κατάχρηση αλκοόλ, τσιγάρου και ναρκωτικών με οδυνηρές επιπτώσεις για τα επίπεδα υγείας.
- Χάραξη πολιτικής. Σύμφωνα με τα ερευνητικά ευρήματα, αναδεικνύονται στοιχεία που παρουσιάζουν πως πολλά οικονομικά θετικά αποτελέσματα μπορούν να προκύψουν από επενδύσεις στο χώρο της υγείας. ΟΙ εκάστοτε εξουσίες να αρχίσουν να βλέπουν την υγεία ως επένδυση και όχι ως ένα μεγάλο κόστος για τον προϋπολογισμό.

3.2.4 Φαρμακευτικές δαπάνες

Ο όρος φαρμακευτική δαπάνη χρησιμοποιείται για να προσεγγίσει την δαπάνη των φαρμάκων και των υπόλοιπων φαρμακευτικών ειδών, που χορηγούνται κατά την πρωτοβάθμια περίθαλψη. Η φαρμακευτική δαπάνη εσωκλείει τις δαπάνες για τα πρωτότυπα αλλά και τα γενόσημα για συνταγογραφούμενα και μη φάρμακα. Κυβερνητική δαπάνη λογίζεται ως η δαπάνη των φορέων της κοινωνικής ασφάλισης για συνταγογραφούμενα φάρμακα εκτός νοσοκομειακής χρήσης,

δηλαδή η αποζημίωση ποσοστού του κόστους την οποία είναι υποχρεωμένοι να καταβάλλουν οι ασφαλιστικοί οργανισμοί. (Vogler, 2012) Η ιδιωτική δαπάνη περιλαμβάνει:

- Την αποζημίωση τμήματος της δαπάνης από ιδιωτικές εταιρίες ασφάλισης.
- Τα ποσοστά συμμετοχής των ασφαλισμένων φάρμακα που αποζημιώνονται.
- Τις δαπάνες για φάρμακα που δεν αποζημιώνονται από τους ασφαλιστικούς οργανισμούς.

Η συνολική φαρμακευτική δαπάνη ορίζεται ως το άθροισμα όλων των φαρμακευτικών προϊόντων πολλαπλασιασμένα επί της τιμής τους. Επομένως, η δαπάνη της φαρμακευτικής περίθαλψης επηρεάζεται από την μεταβολή της τιμής, την μεταβολή της ποσότητας των φαρμάκων που καταναλώνονται, την μεταβολή του καλαθιού των φαρμακευτικών προϊόντων των ασθενών – καταναλωτών. Στο ύψος της φαρμακευτικής δαπάνης επιδρούν και η καινοτομία, η ασφάλιση, τα συστήματα παραγωγής και διανομής, η υπερσυνταγογράφηση, η πολυφαρμακία .

Οι δαπάνες για φάρμακα βρίσκονται κατά μέσο όρο στο 1.4% του ΑΕΠ στις χώρες του ΟΟΣΑ με το ποσοστό να κυμαίνεται από το υψηλό της Ελλάδος 2.8% μέχρι το πιο χαμηλό της Δανίας 0.5% του ΑΕΠ. Οι κυβερνητικές δαπάνες προσεγγίζουν το 60 %,δηλαδή περίπου το 1% του ΑΕΠ των χωρών του ΟΟΣΑ. Υψηλό είναι το ποσοστό της Ιαπωνίας(1.5%), αλλά και της Ελλάδος(1.9%). Η ελληνική αγορά φαρμάκου βρίσκεται σε καίρια θέση στον γενικότερο τομέα της υγείας και ως αποτέλεσμα, παρουσιάζει μεγάλη ανάγκη και ενδιαφέρον η εκτενής προσέγγιση και μελέτη της φαρμακευτικής δαπάνης. Η πτωτική τάση της φαρμακευτικής δαπάνης από το έτος 2012 και μετέπειτα, οδήγησε σε μετάκληση της κάλυψης των αναγκών των ασθενών από το κράτος, στον ιδιωτικό πάροχο, δηλαδή, στους ίδιους τους ασθενείς, όπως επίσης και στην φαρμακοβιομηχανία. Η συμμετοχή της φαρμακοβιομηχανίας στην κρατική φαρμακευτική δαπάνη, διογκώνεται με το πέρασμα των ετών, με αποτέλεσμα από 8,6% το έτος 2012, να φτάσει στο 23,6%, το 2015, με το ποσοστό ολοένα και να αυξάνεται και το 2016, βάσει στοιχείων του 1ου εξαμήνου. (OECD)

3.2.5 Προσδιοριστές των Δαπανών Υγείας

Η υγεία αποτελεί ένα κοινωνικό αγαθό το οποίο έχει τεθεί σαν στόχος να είναι όσο πιο προσιτό γίνεται σε όλους τους πολίτες. Λόγω της κρίσης χρειάστηκε οι περισσότερες χώρες να χρησιμοποιήσουν προγράμματα οικονομικής στήριξης και συγκράτησης των κρατικών προϋπολογισμών με έλεγχο των δαπανών τους σε όλους τους τομείς. Ως αποτέλεσμα τα συστήματα υγείας χρειάστηκε να προσαρμοστούν στα νέα δεδομένα και οι πολιτικές ηγεσίες κλήθηκαν να ετοιμάσουν την πλήρη αναπροσαρμογή τους. Η ανάγκη του πληθυσμού για φάρμακα αυξήθηκε λόγω της ανεργίας, της μείωσης των εισοδημάτων και της έλλειψης οικονομικής ρευστότητας του πληθυσμού. Οι πολιτικές ηγεσίες άσκησαν πίεση των τιμών προς τα κάτω, εφάρμοσαν κλειστούς προϋπολογισμούς, αναθεώρησαν τους θετικούς και αρνητικούς καταλόγους τους, καθιέρωσαν την ηλεκτρονική συνταγογράφηση, βοήθησαν στην εισροή γενοσήμων φαρμάκων και επέβαλαν πρακτικές εκπτώσεων και επιστροφών (Κυριόπουλος & Τσιάντου, 2009). Η φαρμακοβιομηχανία αναγκάστηκε να επωμιστεί ένα μεγάλο κομμάτι της φαρμακευτικής δαπάνης μέσω των μηχανισμών επιστροφών και υποχρεωτικών εκπτώσεων και οι πολίτες

αναγκάστηκαν να συνεισφέρουν ως ένα βαθμό με σταθερή ποσοστιαία επιβάρυνση στις υπηρεσίες και στα φάρμακα που καταναλώνουν. Οι παράγοντες που οδήγησαν στην αύξηση των δαπανών υγείας:

- Φυσική Μεταβολή Πληθυσμού

Η φυσική μεταβολή του πληθυσμού ανήκει στους δημογραφικούς παράγοντες αύξησης των δαπανών υγείας και αποτελείται από δύο βασικές κατηγορίες την αύξηση του προσδόκιμου ζωής και ως συνέπεια του, τη γήρανση του πληθυσμού. Η μείωση της γεννητικότητας, αλλά και η μείωση του πληθυσμού εκείνου που είναι σε θέση να καταβάλλει ασφαλιστικές εισφορές. (Καραγιάννη, 2017). Άρα τα συστήματα υγείας καλούνται να αντιμετωπίσουν την ηλικιακή ομάδα που καταναλώνει τους περισσότερους υγειονομικούς πόρους, ούσα οικονομικά ανενεργή, λαμβάνοντας υπόψη την γήρανση του πληθυσμού και την αύξηση του προσδόκιμου.

- Χρόνιες Παθήσεις και Εκφυλιστικά νοσήματα

Στα επιδημιολογικά μοντέλα με τα λοιμώδη νοσήματα παρατηρήθηκε ότι αυτά εξαλείφονται παραδίδοντας την σκυτάλη στις «ασθένειες του πολιτισμού». Οι ασθένειες αυτές περιλαμβάνουν καρδιοαγγειακά νοσήματα, νεοπλάσματα, ατυχήματα και ψυχικές νόσους. Η θεραπεία τους συνήθως είναι μακροχρόνια και απαιτεί αρκετά δαπανηρή φαρμακευτική αγωγή, προκαλώντας αύξηση της τιμής και της ποσότητας των φαρμάκων που καταναλώνονται (Τσακανίκας, Αθανασιάδης, & Παύλου, 2017)

- Εισόδημα & Ανεργία

Η εργασία εκτός ότι παρέχει το εισόδημα, αποτελεί και ένα μέσο κοινωνικής κατάταξης των ατόμων και επιδρά στην ψυχική ανάπτυξη και ωρίμανση τους. Με την οικονομική κρίση και την αλλαγή του εργασιακού περιβάλλοντος γίνονται έντονα εμφανείς οι επιδράσεις του εργασιακού άγχους, και η εμφάνιση της κατάθλιψης. Η ανεργία αποτελεί ένα αυξανόμενο φαινόμενο, το οποίο σχετίζεται με την αυξανόμενη επίπτωση και τη χειρότερη πρόγνωση των ψυχικών διαταραχών. Το άγχος που προκαλείται λόγω της ασταθούς εργασίας και της ανεργίας συνδέεται με απόκτηση βλαβερών συνηθειών όπως το κάπνισμα, η κατανάλωση αλκοόλ και η ανθυγιεινή διατροφή.

- Τεχνολογία

Η εξέλιξη της τεχνολογίας και οι επενδύσεις έχουν οδηγήσει σε φάρμακα νέας γενιάς πιο αποτελεσματικά, αλλά αρκετά πιο δαπανηρά. Η γνώση που αποκτήθηκε μέσω της προόδου της επιστήμης προκάλεσε επανάσταση θεραπεύοντας θανάσιμες ασθένειες ή παρατείνοντας το προσδόκιμο ζωής, αλλά και βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής των ασθενών. Η αύξηση όμως των διαγνωσμένων ασθενών καθώς και η χρήση μακροχρόνιων αγωγών οδήγησε στην αύξηση της φαρμακευτικής δαπάνης και των παρεχόμενων υπηρεσιών υγείας. Τα συστήματα υγείας και οι κρατικοί μηχανισμοί καλούνται να επιλέξουν ανάμεσα σε καινοτόμες και οικονομικά βιώσιμες θεραπείες. (Δαγκαλίδης, 2011)

- Άλλοι Προσδιοριστές

1. Κλινικές Μελέτες

Οι κλινικές μελέτες που διεξάγονται περιλαμβάνουν υψηλό κόστος και αναφέρονται στην αντιμετώπιση των παθήσεων, όπως και οι καινοτόμες φαρμακευτικές αγωγές οι οποίες ανακαλύπτονται και χορηγούνται εκ των υστέρων.

2. Έλλειψη εκπαίδευσης

Η έλλειψη εκπαίδευσης και πληροφόρησης των πολιτών όσον αφορά σε θέματα υγείας οδηγεί σε μη ορθολογικούς χρήστες με αποτέλεσμα να μην εστιάζουν στην πρόληψή τους και να δημιουργούν αύξηση των δαπανών υγείας.

3. Φαρμακοβιομηχανία

Η φαρμακοβιομηχανία, από την πλευρά της, οδηγεί την συνταγογράφηση προς καινοτόμα και ακριβότερα προϊόντα.

4. Συνταγογράφηση

Αυξητική τάση επιπλέον, παρουσιάζουν και τα μη συνταγογραφούμενα φάρμακα, τα οποία ελέγχονται κυρίως από τις πωλήσεις μέσω των φαρμακείων.

Αριθμός φαρμακείων (Μολυβιάτη, 2018)

Πολιτικές Συγκράτησης Δαπανών Υγείας

Η διαρκής αύξηση των δαπανών υγείας και της φαρμακευτικής δαπάνης σε συνδυασμό με τους περιορισμένους υπάρχοντες πόρους οδήγησαν τα κράτη να αναπτύξουν στρατηγικές συγκράτησης τους. Τα μέτρα συγκράτησης ως προς την ζήτηση, ως προς την προσφορά και ως προς το σύνολο της αγοράς της υγείας. (Καραγιάννη, 2017)

- Μέτρα συγκράτησης δαπανών υγείας ως προς την ζήτηση

Τα κυριότερα μέτρα συγκράτησης δαπανών ως προς την μεριά της ζήτησης, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (Π.Ο.Υ) είναι η συμμετοχή των ασθενών στο κόστος και η κατάλληλη εκπαίδευσή τους σε θέματα υγείας. Στόχος τους είναι να ευαισθητοποιήσουν τους πολίτες ως προς το σύνολο των δαπανών υγείας και των επιπτώσεων τους στις οικονομίες των κρατών

1. Συμμετοχή καταναλωτών στην δαπάνη των φαρμάκων.

Μέσω της συμμετοχής των ασφαλισμένων στην δαπάνη των εξετάσεων και των καταναλισκόμενων φαρμάκων ελαφρύνονται τα ασφαλιστικά ταμεία και περιορίζεται η ζήτηση και η χρήση μη απαραίτητων υπηρεσιών. Ωστόσο, σε κάθε κοινωνία υπάρχουν οι οικονομικά ευάλωτες ομάδες για αυτό τέτοια μέτρα απαιτούν πολύ σχολαστικό σχεδιασμό έτσι ώστε να προστατεύονται οι πολίτες των ευαίσθητων ομάδων χωρίς ταυτόχρονα να μειώνεται η συγκράτηση της δαπάνης.

2. Ενημέρωση ασθενών και χρήση εκπαιδευτικών προγραμμάτων για θέματα υγείας.

Στόχος είναι η γνώση και η σωστή εκπαίδευση των πολιτών, ώστε να αποφευχθεί η άσκοπη χρήση φαρμάκων, αλλά και να υιοθετηθεί ένας πιο υγιεινός τρόπος ζωής που θα επιφέρει ευημερία, βελτίωση του επιπέδου ζωής και εντέλει μείωση των δαπανών υγείας. (Carone, Schwierz, & A.Xavier, 2012)

- Μέτρα συγκράτησης δαπανών υγείας ως προς την προσφορά

Αφορούν τους παρόχους υγείας και τον καθορισμό προτύπων συμπεριφοράς τους. Επιδιώκουν τον περιορισμό της ζήτησης και εισάγουν κριτήρια κόστους – αποτελεσματικότητας. Τα κυριότερα μέτρα συγκράτησης δαπανών ως προς την πλευρά της προσφοράς, είναι μέτρα που παρέχουν κίνητρα σε ιατρούς και φαρμακοποιούς, οι κλειστοί προϋπολογισμοί και η εισαγωγή θετικών καταλόγων φαρμάκων.

1. Τρόπος αποζημίωσης ιατρών και φαρμακοποιών και δημιουργία κινήτρων.

Υπάρχουν τρεις διαδεδομένοι τρόποι αποζημίωσης των ιατρών. Αρχικά, η με πάγιο μισθό αποζημίωση, που σημαίνει ότι ο ιατρός αμείβεται για την προσφορά υπηρεσιών σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα αλλά έχει μειωμένη παραγωγική ικανότητα. Η κατά κεφαλήν αποζημίωση, είναι η αμοιβή ανά ασθενή που εγγράφεται στον κατάλογο του ιατρού με προκαθορισμένο ποσό βάσει συμφωνίας.. Τέλος, είναι η αμοιβή κατά πράξη. Ο ιατρός αμείβεται είτε με τιμές καθορισμένες από τους ίδιους και αναλόγως την υπηρεσία που προσφέρουν, είτε με τιμές προκαθορισμένες μέσω τιμοκαταλόγου. Φαινόμενο που παρατηρείται κυρίως με αυτόν τον τρόπο πληρωμής είναι η μεγάλη ζήτηση και η υπερβάλλουσα συνταγογράφηση. Μέτρα ελέγχου των ιατρών και της μείωσης της φαρμακευτικής δαπάνης αποτελούν η ηλεκτρονική συνταγογράφηση και τα θεραπευτικά πρωτόκολλα των ασθενών. Καθοριστικό εργαλείο στον έλεγχο της συμπεριφοράς των ιατρών αποτελεί η συνταγογράφηση ως προς την δραστική ουσία και όχι της εμπορικής ονομασίας του σκευάσματος (Carone, Schwierz, & A.Xavier, 2012) Σε αρκετές Ευρωπαϊκές χώρες, δίνεται η δυνατότητα στον φαρμακοποιό, εφόσον η θεραπεία καταγράφει την δραστική ουσία, να αντικαταστήσει το πρωτότυπο φάρμακο με το οικονομικότερο γενόσημο.

2. Προκαθορισμένοι συνολικοί προϋπολογισμοί για τους ιατρούς.

Λόγω της αλόγιστης συνταγογράφησης χωρίς έλεγχο στο κόστος της θεραπείας, με την εισαγωγή προκαθορισμένων συνολικών προϋπολογισμών για τους ιατρούς επιβάλλονται πρόστιμα σε περίπτωση υπέρβασής τους. Σε συνδυασμό με ενημέρωση και καθοδήγηση τους προς φάρμακα που πληρούν κριτήρια κόστους αποτελεσματικότητας και παρέχοντας οικονομικά κίνητρα επιτυγχάνεται η συγκράτηση της συνταγογράφησης των φαρμάκων και των εξετάσεων.

3. Εφαρμογή κλειστού προϋπολογισμού στις συνολικές φαρμακευτικές δαπάνες.

Το μέτρο αυτό προϋποθέτει την ύπαρξη κλειστού προϋπολογισμού της φαρμακευτικής δαπάνης. Η επιστροφή επιτυγχάνεται μέσω πολιτικών υποχρεωτικών εκπτώσεων (rebate) και επιστροφών (claw back) ανάλογες της υπέρβασης του προϋπολογισμού. Οι όροι αυτοί θα αναλυθούν στην συνέχεια.

4. Εισαγωγή Θετικής και Αρνητικής Λίστας φαρμάκων

Οι λίστες φαρμάκων αποτελούν κοινή πρακτική των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Θετική λίστα ονομάζεται ο κατάλογος που περιλαμβάνει τα φάρμακα ανθρώπινης χρήσης που αποζημιώνονται, ενώ αρνητική λίστα είναι ο κατάλογος με όσα φάρμακα δεν καλύπτονται από τα ασφαλιστικά ταμεία και επιβαρύνουν αποκλειστικά τον χρήστη. Επιπλέον, υπάρχει και η λίστα των μη συνταγογραφούμενων φαρμάκων, τα οποία δεν αποζημιώνονται και διατίθενται απευθείας από τα φαρμακεία χωρίς να χρειάζεται ιατρική συνταγή.

- Μέτρα συγκράτησης δαπανών υγείας ως προς το σύνολο της αγοράς της υγείας

Στοχεύουν στην εξισορρόπηση των ατελειών της φαρμακευτικής αγοράς και την συνεργασία των φαρμακευτικών εταιρειών. Παράλληλα, προσδοκούν στη δημιουργία ενός κοινωνικά ενημερωμένου καταναλωτή, ο οποίος λαμβάνει τις βέλτιστες αποφάσεις με γνώμονα το κοινωνικό συμφέρον.

1. Έλεγχο των τιμών: Καθορισμός, Μείωση ή «Πάγωμα» τιμών

Οι τιμές των φαρμάκων καθορίζονται από την πολιτική που ακολουθεί κάθε κράτος και οι κανόνες ποικίλουν. Σε κάθε περίπτωση οι χώρες ελέγχουν την τιμή πώλησης, είτε με άμεσο τρόπο είτε με έμμεσο. Εξαίρεση αποτελούν η Αγγλία και η Αμερική.

2. Συστήματα τιμών αναφοράς

Τα φάρμακα διαχωρίζονται και ταξινομούνται σε κατηγορίες βάσει της χημικής, φαρμακολογικής και θεραπευτικής τους ισοδυναμίας σε ομάδες, όπου περιλαμβάνονται όμοια σκευάσματα τα οποία μπορούν να αντικατασταθούν μεταξύ τους. Σημαντική είναι η κατηγοριοποίηση του φαρμάκου, καθώς μέσω αυτής ορίζεται η τιμή αναφοράς που αποζημιώνεται από το κράτος. Την διαφορά ανάμεσα στη τιμή αναφοράς και την τελική τιμή του φαρμάκου καταβάλουν οι ασθενείς. Τα συστήματα τιμών αναφοράς και η θετική λίστα φαρμάκων προσφέρουν την δυνατότητα ελέγχου και μείωσης των δαπανών υγείας.

3.2.6 Πολιτικές Συγκράτησης Δαπανών Υγείας στην Ελλάδα

Η οικονομική κρίση που έπληξε την Ελλάδα και ολόκληρη την Ευρώπη, έφερε στην επιφάνεια πληθώρα προβλημάτων σχεδόν τριών δεκαετιών. Με ολική αναδιάρθρωση του τομέα της υγείας καλούνται να καλυφθούν σπατάλες και προχειρότητες του στρατηγικού σχεδιασμού προγενέστερων ετών. Τα σημαντικότερα μέτρα συγκράτησης των δαπανών που εφαρμόστηκαν στην Ελλάδα, στοχεύουν στον περιορισμό της ζήτησης που περιλαμβάνει μέτρα ελέγχου της συμπεριφοράς των ιατρών, των φαρμακοποιών και του Ε.Ο.Π.Υ.Υ ως αγοραστή, και μέτρα που περιορίζουν την προσφορά που περιλαμβάνει μέτρα ελέγχου των φαρμακευτικών εταιρειών και του Ε.Ο.Π.Υ.Υ ως πάροχο υγείας.

- Ηλεκτρονική Συνταγογράφηση.

Σύμφωνα με το νόμο 3892/2010 (ΦΕΚ 189/Α΄/2010) ορίζεται ως υποχρεωτική η διαδικασία καταχώρησης και εκτέλεσης από τους συμβεβλημένους ιατρούς και φαρμακοποιούς αντίστοιχα, ηλεκτρονικής συνταγής στο σύστημα ηλεκτρονικής συνταγογράφησης. Το σύστημα ηλεκτρονικής συνταγογράφησης (Σ.Η.Σ) είναι ένα ολοκληρωμένο πληροφοριακό σύστημα, την διαχείριση του οποίου την έχει αναλάβει η Ηλεκτρονική Διακυβέρνηση Κοινωνικής Ασφάλισης Α.Ε. (Η.ΔΙ.Κ.Α) σε λογαριασμό της Γενικής Γραμματείας Κοινωνικών Ασφαλίσεων (Γ.Γ.Κ.Α). Με αυτό το τρόπο ο Ε.Ο.Π.Υ.Υ είναι πλέον σε θέση να έχει άμεση εικόνα της ορθής ή μη συμπεριφοράς των ιατρών και των φαρμακείων και μπορεί ακόμα και να επιβάλλει ποινές σε τυχόν παραβάσεις της φαρμακευτικής νομοθεσίας. Το σύστημα ηλεκτρονικής συνταγογράφησης αποτέλεσε και αποτελεί άριστη βάση καταγραφής δεδομένων όσον αφορά τη φαρμακευτική κατανάλωση, παρακολούθησε και έλεγξε τη φαρμακευτική δαπάνη και τις δαπάνες υγείας, περιόρισε τη διαφθορά και τη σπατάλη και προσέφερε αξιόπιστα στατιστικά στοιχεία. (Ρεκλείτη, Τανανάκη, & Κυλούδης, 2012)

- Δραστική Ουσία αντί Εμπορικής Ονομασίας.

Η υπουργική απόφαση υπ΄αριθμ. ΔΥΓ3(α)/οικ. ΓΥ/149 (ΦΕΚ 545/Β΄/01.03.2012) αποτέλεσε την αρχή της εφαρμογής της συνταγογράφησης βάσει της δραστικής ουσίας των σκευασμάτων και όχι της εμπορικής ονομασίας, όπως συνέβαινε κατά το παρελθόν. Με τη υπουργική απόφαση υπ΄αριθμ. ΕΜΠ4 (ΦΕΚ 3057/Β΄/18.11.2012), επιβλήθηκε για όλα τα φάρμακα που περιέχονται στον θετικό κατάλογο και αποζημιώνονται από τους Φορείς Κοινωνικής Ασφάλισης η συνταγογράφηση με βάση την δραστική ουσία από όλους τους συμβεβλημένους ιατρούς, ενώ

επιτράπηκε ως εξαίρεση όριο 15% της μηνιαίας συνταγογράφησης ανά ιατρό να γίνεται βάσει της εμπορικής ονομασίας.

- Υποκατάσταση Πρωτοτύπου Φαρμάκου από το αντίστοιχο γενόσημο.

Σε συνδυασμό με την αναγραφή της δραστικής ουσίας στις ηλεκτρονικές συνταγές από τους ιατρούς, οι φαρμακοποιοί υποχρεούνται κατά την εκτέλεση τους, να χορηγούν το γενόσημο σκεύασμα με την μικρότερη αξία που αντιστοιχεί στην δραστική ουσία. Σε κάθε περίπτωση, αν ο ασφαλισμένος διαλέξει να λάβει σκεύασμα της δραστικής που αναγράφει η συνταγή του με μεγαλύτερη αξία, καλείται να πληρώσει τη διαφορά της τιμής μεταξύ αυτού που επέλεξε και του φαρμάκου της εν λόγω δραστικής με την χαμηλότερη τιμή. Η επιβολή της διείσδυσης των γενόσημων φαρμάκων, ως μέτρο περιορισμού της φαρμακευτικής δαπάνης, είναι στραμμένο προς τη σωστή κατεύθυνση ώστε να προωθηθεί η δημιουργία του ανταγωνισμού και να τονωθεί η εγχώρια φαρμακοβιομηχανία.

- Αύξηση συμμετοχής των Ασφαλισμένων στη δαπάνη των φαρμάκων.

Τα θεσμοθετημένα ποσοστά συμμετοχής των ασφαλισμένων στην φαρμακευτική δαπάνη όπως έχουν οριστεί, είναι 0%, 10% ή 25% ανάλογα με την πάθηση. Ως επί των πλείστων, οι ασθενείς σοβαρών και χρόνιων παθήσεων οι οποίοι λαμβάνουν θεραπείες υψηλού κόστους, συμμετέχουν με μηδενική επιβάρυνση είτε με το μειωμένο ποσοστό 10% στην φαρμακευτική δαπάνη.

- Κλειστά Ενοποιημένα Νοσήλια.

Στα πλαίσια της καλύτερης διαχείρισης του κόστους των ιατρικών πράξεων τέθηκαν σε εφαρμογή τα Κλειστά Ενοποιημένα Νοσήλια (ΚΕΝ) με σκοπό να υπάρξει τυποποίηση και ορθολογική διαχείριση του συνόλου των ιατρικών πράξεων. Ορίστηκαν όμως ανώτατα όρια εξετάσεων, πλαφόν σε νοσήλια και αποζημιώσεις περιορίζοντας το φαινόμενο της ζήτησης και ελέγχοντας τις εκροές προς τον ιδιωτικό τομέα της υγείας. Παράλληλα πραγματοποιήθηκαν ενοποιήσεις νοσοκομείων με στόχο την βελτίωση της

διαχείρισης και της οργάνωσης της δευτεροβάθμιας περίθαλψης, όπου κατά το παρελθόν είχαν αναπτυχθεί ως μονάδες στηριζόμενες σε πολιτικά κίνητρα αντί των πραγματικών αναγκών του πληθυσμού. Τα αποτέλεσμα αυτών των μέτρων δεν ήταν τα επιθυμητά εφόσον η υπολειτουργία μερικών μονάδων οδήγησαν σε διασπορά των οικονομικών πόρων. Τέλος, θεσπίστηκε ένα εισιτήριο των 5 ευρώ ανά επίσκεψη του ασθενή στα νοσοκομείο και 1 ευρώ ανά συνταγογράφηση.

- Φαρμακεία Ε.Ο.Π.Υ.Υ και Δεσμευμένα Φάρμακα.

Ο Ε.Ο.Π.Υ.Υ για την διάθεση φαρμάκων υψηλού κόστους και σοβαρών παθήσεων λειτουργεί φαρμακεία που υπάγονται σε αυτόν. Η διάθεση των φαρμάκων αυτών από τα φαρμακεία του Ε.Ο.Π.Υ.Υ γίνεται στη Νοσοκομειακή Τιμή, η οποία υπολογίζεται στην Χονδρική Τιμή μείον 13%. Λόγω της μειωμένης τιμής που

προκύπτει και της ελεγχόμενης διάθεσης των φαρμάκων υψηλού κόστους ο οργανισμός εξοικονομεί κέρδος, ενώ οι ασθενείς δεν επιβαρύνονται με συμμετοχή στο κόστος του σκευάσματος.

- Θετική Λίστα Φαρμάκων - Αρνητική Λίστα - Λίστα μη Συνταγογραφούμενων Φαρμάκων.

Θετική λίστα ονομάζεται ο κατάλογος που περιλαμβάνει τα φάρμακα ανθρώπινης χρήσης που αποζημιώνονται, ενώ αρνητική λίστα είναι ο κατάλογος με όσα φάρμακα δεν καλύπτονται από τα

ασφαλιστικά ταμεία και επιβαρύνουν αποκλειστικά τον χρήστη. Επιπλέον, υπάρχει και η λίστα των μη συνταγογραφούμενων φαρμάκων, τα οποία δεν αποζημιώνονται και διατίθενται απευθείας από τα φαρμακεία χωρίς να χρειάζεται ιατρική συνταγή.

- Υποχρεωτικές Εκπτώσεις προς τον Ε.Ο.Π.Υ.Υ. – Rebate.

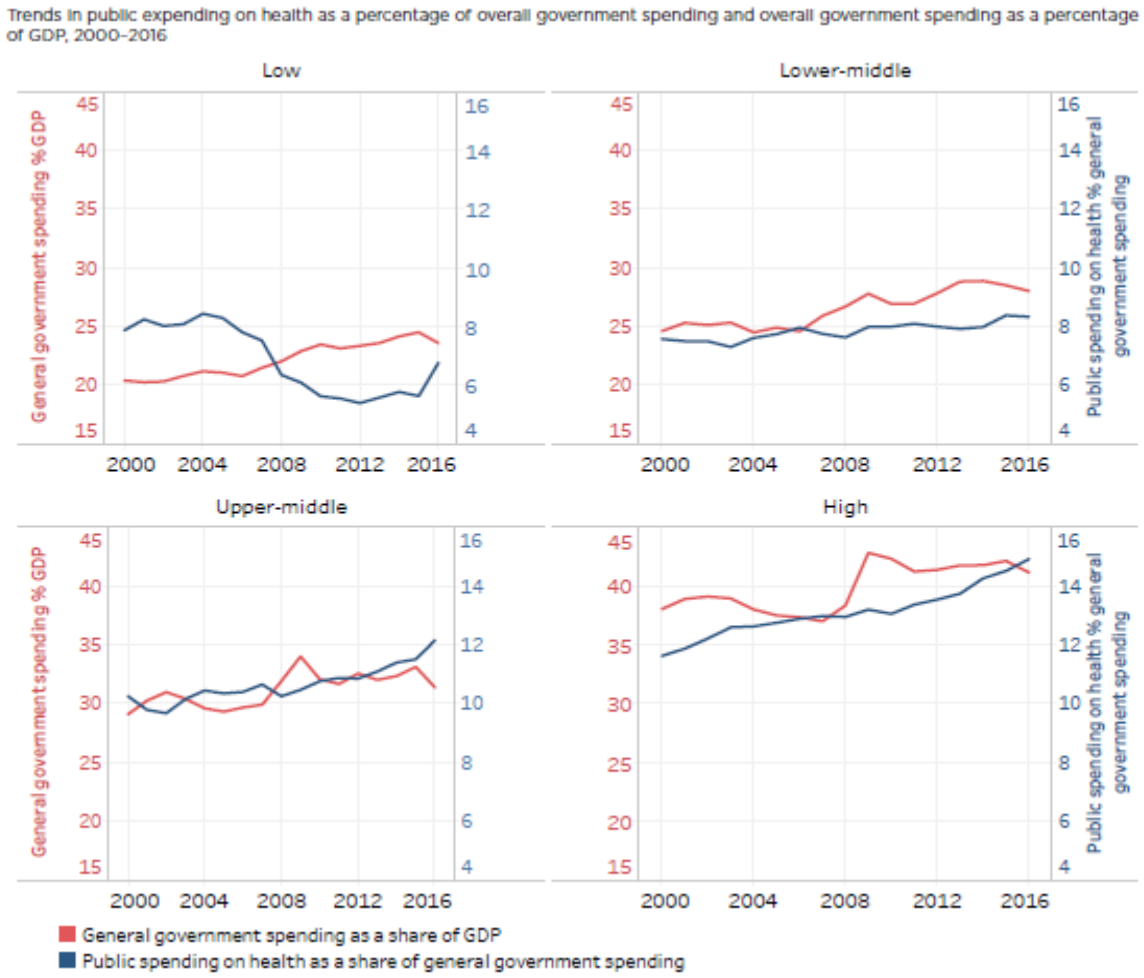
Ως Rebate θεωρείται κάθε θεσμοθετημένη και ακούσια έκπτωση στην οποία προβαίνουν οι ιδιώτες πάροχοι στον Ε.Ο.Π.Υ.Υ, είτε οι φαρμακοποιοί, είτε οι γιατροί, είτε φαρμακευτικές εταιρείες. Ο όρος rebate χρησιμοποιείται καταχρηστικά από τον Ε.Ο.Π.Υ.Υ, διότι στην πραγματικότητα είναι συνδεδεμένος με την επιβράβευση. Στην περίπτωση του Ε.Ο.Π.Υ.Υ όμως, δεν υπάρχει επιβράβευση στους παρόχους, αλλά επιβολή έκπτωσης για μείωση των δαπανών του τομέα της υγείας. Το 2011 , θεσπίστηκε ποσό επιστροφής (rebate) από τα ιδιωτικά φαρμακεία προς τον Ε.Ο.Π.Υ.Υ, το οποίο βαίνει κλιμακούμενο ανάλογα με το αιτούμενο μηνιαίο ποσό κάθε φαρμακείου. Επίσης το 2011 θεσπίστηκε και το ποσό επιστροφής (rebate) ή διαφορετικά υποχρεωτική έκπτωση από τις φαρμακευτικές εταιρείες προς τον Ε.Ο.Π.Υ.Υ. Ο νόμος προέβλεπε δύο μορφές rebate, ενιαίο 9% επί της τιμής παραγωγού και πρόσθετο κλιμακούμενο rebate (2% - 8%) επί της τιμής παραγωγού, με βάση τις τριμηνιαίες πωλήσεις κάθε φαρμακευτικού προϊόντος εφόσον αυτές υπερβαίνουν το ποσό των 400.000€. Το 2017 καθορίστηκε εκ νέου ο τρόπος υπολογισμού του με τον οποίο ενοποιηθήκαν όλα τα rebates μέσω ενός πολυωνύμου, γνωστού ως «πολυώνυμο Μπερσίμη». Όπως διευκρινίστηκε ενοποιήθηκε ο υπολογισμός όλων των βασικών rebates 9% (με το πρόσθετο 2% και 5% νοσοκομειακό, 50-50%) και του rebate τριμηνιαίου όγκου πωλήσεων τόσο των φαρμάκων από ιδιωτικά φαρμακεία όσο και φαρμακεία Ε.Ο.Π.Υ.Υ. Στην αιτιολογική έκθεση αναφέρεται ότι με την εφαρμογή του νέου αλγορίθμου υπολογισμού θα προκύψει συγκράτηση του ύψους της ετήσια υπέρβασης του προϋπολογισμού, μέσω της αύξησης της αποδοτικότητας του ενοποιημένου rebate σε σχέση με τις κλίμακες που ίσχυαν κατά το παρελθόν (εξοικονόμηση 100 εκατομμύρια περίπου ευρώ το έτος). Επίσης εκτιμάται ότι, παρέχεται προστασία στους ασφαλισμένους από την αύξηση στη συμμετοχής τους στην φαρμακευτική περίθαλψη, με την διατήρηση της κάλυψης κατά το ήμισυ για τη διαφορά ανάμεσα στην λιανική τιμή και στην τιμή αποζημίωσης σε φάρμακα που δεν έχουν γενόσημα και ο Ε.Ο.Π.Υ.Υ δεν επιβαρύνεται επιπλέον διατηρώντας το ποσό επιστροφής σε περίπτωση που χορηγούνται Φάρμακα Υψηλού Κόστους (Φ.Υ.Κ) από τα ιδιωτικά φαρμακεία. Τέλος, υπάρχει επιπλέον το επιπρόσθετο έξτρα rebate με ποσοστό 25%, το οποίο επιβάλλεται στα νέα φάρμακα, και συνυπολογίζεται για τα πρώτα 2 έτη της κυκλοφορίας τους. Καθορίστηκε ο μηνιαίος στόχος χορήγησης γενοσήμων φαρμάκων από τα ιδιωτικά φαρμακεία, για τις συνταγές που εκτελούν και αποζημιώνονται από τον Ε.Ο.Π.Υ.Υ ή τους Φορείς Κοινωνικής Ασφάλισης (Φ.Κ.Α.). Το ύψος του ποσοστού χορήγησης γενοσήμων φαρμάκων για το έτος 2017 είχε οριστεί στο 25 % επί του συνόλου των συνταγών που εκτελούνται μηνιαίως από κάθε ιδιωτικό φαρμακείο. Τα φαρμακεία που εκτελούν συνταγές γενοσήμων σε ποσοστό μεγαλύτερο του 25%, λαμβάνουν υποχρεωτική έκπτωση από τις φαρμακευτικές εταιρείες. Προκειμένου να προσδιοριστεί το ποσοστό χορήγησης γενοσήμων φαρμάκων, από τον ΕΟΠΥΥ, χρησιμοποιούνται τα στοιχεία εκτέλεσης συνταγών που τηρεί. Κάθε μήνα και για κάθε φαρμακείο ο Ε.Ο.Π.Υ.Υ προσδιορίζει τη συνολική ποσότητα γενοσήμων φαρμάκων σε σχέση με το σύνολο της ποσότητας των φαρμάκων που έχει αποζημιώσει και στη συνέχεια υπολογίζει το ποσοστό των γενοσήμων που έχουν χορηγηθεί. Η υποχρεωτική αυτή έκπτωση, υπολογίζεται στην τιμή παραγωγού, ως ποσοστό επί της συνολικής αξίας των μηνιαίων ποσοτήτων γενοσήμων φαρμάκων που χορηγούνται από τα ιδιωτικά φαρμακεία σε συνταγές του Ε.Ο.Π.Υ.Υ. Για κάθε δέκα ποσοστιαίες μονάδες άνω του ελάχιστου ορίου του 25 %, αντιστοιχεί σε 3% έκπτωσης και υποδιαιρείται αναλογικά του ποσοστού της έκπτωσης ανά ποσοστιαία μονάδα.

- Αυτόματη Επιστροφή (Claw back) ποσού στον Ε.Ο.Π.Υ.Υ.

Το 2012 εισάχθηκε ο «μηχανισμός αυτόματης επιστροφής ποσού» από τις φαρμακευτικές εταιρείες (claw back), αν η δημόσια δαπάνη υπερβεί τον προϋπολογισμό των Φορέων Κοινωνικής Ασφάλισης, δηλαδή του Ε.Ο.Π.Υ.Υ. Claw back σημαίνει επιστροφή χρηματικού ποσού από τις φαρμακευτικές εταιρείες προς το δημόσιο και συγκεκριμένα προς τον Ε.Ο.Π.Υ.Υ, όπου το χρηματικό ποσό της επιστροφής ισούται με την ετήσια υπέρβαση του προκαταβολικά συμπεφωνημένου ορίου για φάρμακα των ασφαλισμένων του. Το claw back προϋποθέτει κλειστούς προϋπολογισμούς ανά κατηγορία (εξωνοσοκομειακή, νοσοκομειακή φαρμακευτική δαπάνη και δαπάνη από φαρμακεία Ε.Ο.Π.Υ.Υ). Για τον υπολογισμό του είναι απαραίτητο να προσδιοριστούν τα παρακάτω μεγέθη:

- Υπολογισμός Υπέρβασης Φαρμακευτικής Δαπάνης Προϋπολογισμού.
- Υπολογισμός Μεριδίου Αγοράς Κ.Α.Κ - Ποσοστό 90% Claw Back.
- Υπολογισμός Μεριδίου Ανάπτυξης Κ.Α.Κ – Ποσοστό 10% Claw Back.
-

3.2.7 Οι παγκόσμιες δημόσιες δαπάνες στην υγεία



Σχήμα 8 Δημόσιες δαπάνες στην υγεία (WHO)

Στο παραπάνω διάγραμμα βλέπουμε τέσσερα διαγράμματα στα οποία συγκρίνονται τα συνολικά έξοδα των χωρών ως μερίδιο του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος και των κρατικών εξόδων για την υγεία. Οι χώρες έχουν χωριστεί σε τέσσερες κατηγορίες ανάλογα τα έσοδα τους σε low , lower-middle , upper middle και high. Παρατηρούμε ότι υπάρχουν μεγάλες διαφοροποιήσεις σε σχέση με το πως κατανέμονται τα χρήματα των χωρών στην υγεία και στους υπόλοιπους τομείς. Η πιο ενδιαφέρουσα περίπτωση είναι αυτή των χωρών με χαμηλά έσοδα, στο οποίο διάγραμμα τους παρατηρούμε μια μεγάλη αλλαγή στη διαχείριση των εξόδων τους από το 2008 και μετά. Συγκεκριμένα πριν το 2008 τα χρήματα που ξοδεύονταν στην υγεία ήταν αρκετά περισσότερα από τα γενικά έξοδα, ενώ από το2008 και μετά παρατηρούμε εντελώς αντίστροφη τάση. (Ke Xu, 2018)

3.3 Προϋπολογισμοί δαπανών

Ο προϋπολογισμός σχετίζεται με τη διαδικασία καθορισμού την κατανομή των πόρων για την παραγωγή του καλύτερου εκροών δεδομένου του επιπέδου των εσόδων. Ένας προϋπολογισμός για την υγεία συνήθως περιλαμβάνει το γενικό προϋπολογισμό, είναι κάτι περισσότερο από ένα απλό λογιστικό μέσο για την παρουσίαση εσόδων και εξόδων. Είναι ένα κρίσιμο κείμενο προσανατολισμού, δηλώνοντας βασικούς οικονομικούς στόχους της χώρας και της δέσμευσης για την εφαρμογή των πολιτικών και στρατηγικών της για την υγεία. Ο προϋπολογισμός της κυβέρνησης περιλαμβάνει εισόδους από ένα ευρύ σειρά ενδιαφερομένων στον τομέα της υγείας.

3.3.1 Ο κύκλος και οι στρατηγικές του προϋπολογισμού, χρηματοδότηση του συστήματος υγείας

Οι διάφορες διαδικασίες δημόσιας χρηματοδότησης είναι δομημένες γύρω από τον κύκλο του προϋπολογισμού. Αυτός ο ετήσιος κύκλος στοχεύει να διασφαλίσει ότι οι δημόσιες δαπάνες είναι καλά σχεδιασμένες και εκτελεσμένες. Ένας πρότυπος κύκλος προϋπολογισμού περιλαμβάνει τέσσερα διαφορετικά στάδια:

- ορισμός και διατύπωση του προϋπολογισμού
- διαπραγμάτευση και έγκριση προϋπολογισμού
- εκτέλεση προϋπολογισμού
- υποβολή εκθέσεων, έλεγχος και αξιολόγηση του προϋπολογισμού.

Ως μία από τις γενικές επιμέρους λειτουργίες του προϋπολογισμού της υγείας είναι η κατανομή των πόρων στους παρόχους υπηρεσιών υγείας. Η διαδικασία, περιλαμβάνει τρία σύνολα αποφάσεων, συγκεκριμένα:

1. προσδιορισμό των παρεμβάσεων ή των υπηρεσιών προς να αγοραστούν, λαμβάνοντας υπόψιν τις ανάγκες, τις εθνικές προτεραιότητες για την υγεία και την αποδοτικότητα κόστους.

2. επιλογή παρόχων υπηρεσιών βάσει κριτηρίων όπως η ποιότητα των υπηρεσιών, η αποτελεσματικότητα και η ισότητα.

3. καθορισμός του τρόπου αγοράς των υπηρεσιών.

Οι κύριες πηγές χρηματοδότησης του συστήματος υγείας είναι ο ιδιωτικός τομέας, του οποίου η χρηματοδότηση γίνεται από δυο πηγές την εθελοντική ασφάλιση και την απευθείας πληρωμή, ο δημόσιος τομέας που οι βασικές πηγές χρηματοδότησης είναι ο κρατικός προϋπολογισμός, δηλαδή, η γενική και ειδική φορολογία και η υποχρεωτική καθολική ασφάλιση. Τέλος άλλη πηγή χρηματοδότησης είναι η εξωτερική βοήθεια που σε αυτή την περίπτωση πηγές χρηματοδότησης είναι τόσο κυβερνήσεις ανεπτυγμένων χωρών μέσω ειδικών υπηρεσιών βοήθειας που έχουν δημιουργήσει, όσο και διεθνείς οργανισμοί (πχ η Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας, ο Διεθνής Ερυθρός Σταυρός, τα Ηνωμένα Έθνη, η Παγκόσμια Τράπεζα κ.λπ.).

3.3.2 Η χρηματοδότηση των υπηρεσιών υγείας

Τα συστήματα προοπτικής χρηματοδότησης βασίζονται στο παραγόμενο έργο και την ποιότητα της φροντίδας, σε κάθε επίπεδο περίθαλψης, και έχουν εισάγει σημαντικές αλλαγές στους παραδοσιακούς τρόπους αμοιβής και αποζημίωσης των επαγγελματιών υγείας και των ιδρυμάτων παροχής ιατρικής περίθαλψης. Τα συστήματα αυτά έχουν εισάγει επίσης την εκ των προτέρων κοστολόγηση των προσφερόμενων υπηρεσιών υγείας. Αντιπροσωπευτικά παραδείγματα, από τη διεθνή εμπειρία, στην ανοικτή περίθαλψη σχετικά με τη δημιουργία σχημάτων ασφάλισης - χρηματοδότησης και δικτύων παροχής ολοκληρωμένης φροντίδας υγείας αποτελούν οι Οργανισμοί Προστασίας της Υγείας καθώς επίσης και οι Οργανισμοί Επιλεγμένων Προμηθευτών στις Ηνωμένες Πολιτείες και τα Δίκτυα Συντονισμένων Φροντίδων στη Γαλλία. Αξίζει ακόμα να αναφερθούν το βρετανικό πρότυπο, με τη δημιουργία εσωτερικής αγοράς μεταξύ των προμηθευτών τοπικών υγειονομικών αρχών, καθώς και η διαχείριση των προϋπολογισμών από ομάδες γενικών γιατρών και των νοσηλευτικών μονάδων σε όλες τις βαθμίδες περίθαλψης . Σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες, όσον αφορά τη νοσοκομειακή περίθαλψη, η προοπτική χρηματοδότηση εμφανίστηκε με την υιοθέτηση των σφαιρικών / κλειστών προϋπολογισμών. Το σύστημα του σφαιρικού / κλειστού προϋπολογισμού χρησιμοποιείται είτε ως μηχανισμός κατανομής των υγειονομικών πόρων σε περιφερειακό επίπεδο είτε ως μηχανισμός κατανομής των πόρων στα νοσοκομεία και τους εσωτερικούς τμηματικούς και κλινικούς προϋπολογισμούς.

- Συστήματα προοπτικής χρηματοδότησης των υπηρεσιών υγείας

Τα συστήματα προοπτικής χρηματοδότησης τα οποία βασίζονται στην ταξινόμηση των ασθενών με κριτήρια την ομοιογένεια ως προς τις κλινικές και οικονομικές παραμέτρους, συμβάλλουν στον έλεγχο των προϋπολογισμών υγείας και ως εκ τούτου θεωρούνται η βάση των τμηματικών και κλινικών προϋπολογισμών και των σύγχρονων τεχνικών διαχείρισης των πόρων. Κατά συνέπεια, συντείνουν στον εσωτερικό προγραμματισμό των τμημάτων και μονάδων υγείας, καθώς επίσης και στην τεκμηρίωση για την επέκταση, τη συρρίκνωση ή το σχεδιασμό νέων νοσηλευτικών τμημάτων. Σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες έχει επικρατήσει η προοπτική χρηματοδότηση με συνηθέστερη τη μορφή των ετήσιων σφαιρικών / κλειστών προϋπολογισμών, χωρίς όμως να υποεκτιμάτε η χρησιμοποίηση των ομοιογενών διαγνωστικών κατηγοριών.

Αντιθέτως, στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες εμφανίζεται μεγάλο ενδιαφέρον για την υιοθέτηση των ομοιογενών διαγνωστικών κατηγοριών, δεδομένου ότι αποτελούν ένα εύχρηστο και σχετικώς αντικειμενικό δείκτη αξιολόγησης του νοσοκομειακού προϊόντος. Τα συστήματα προοπτικής χρηματοδότησης θέτουν όρια στους προϋπολογισμούς των νοσοκομείων, των μονάδων ή των κέντρων υγείας και επιβάλλουν την εκ των προτέρων κοστολόγηση και προκαθορισμένη αποζημίωση των ιατρικών πράξεων και γενικότερα των προμηθευτών. Είναι γνωστό, ότι τα συστήματα αυτά συνδυάζουν την προέλευση των πόρων με οργανωτικές, διοικητικές και διαχειριστικές τεχνικές, με συνέπεια να επιτυγχάνουν διαχειριστική αυτοτέλεια στους προϋπολογισμούς των μονάδων υγείας σε περιφερειακό, τοπικό επίπεδο αλλά και στο εσωτερικό πεδίο με τη χρησιμοποίηση των κλινικών προϋπολογισμών

- Η πιθανή υιοθέτηση σφαιρικών / κλειστών προϋπολογισμών στην Ελλάδα και η περιφερειακή κατανομή πόρων.

Ο σφαιρικός/κλειστός προϋπολογισμός αποτελεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα χρηματοδότησης των υπηρεσιών υγείας σε μακροεπίπεδο, το οποίο χρησιμοποιεί ως κριτήρια κατανομής των πόρων τους δείκτες υγείας, τις πραγματικές ανάγκες υγείας και άλλες κοινωνικοοικονομικές παραμέτρους μιας περιφέρειας. Με την ετήσια συνολική χρηματοδότηση επιτυγχάνεται ο έλεγχος δαπανών, συγκρατείται η αυξητική τους πορεία, βελτιώνεται η παραγωγικότητα και ενθαρρύνεται η αποδοτική χρήση των πόρων των μονάδων υγείας ή των νοσοκομείων σε τοπικό και εθνικό επίπεδο.

Υπό το πρίσμα της εισαγωγής τεχνικών και μεθόδων προοπτικής χρηματοδότησης με τη μορφή των σφαιρικών / κλειστών προϋπολογισμών και με βάση την εμπειρία κυρίως σε ευρωπαϊκό επίπεδο, διαφαίνεται ότι αυτός ο τρόπος κατανομής πόρων - σε μακροοικονομικό και μικροοικονομικό επίπεδο - αποτελεί το πλέον κατάλληλο σχήμα χρηματοδότησης, το οποίο άμεσα μπορεί να ενσωματωθεί στις υπηρεσίες υγείας της χώρας μας.

Πιο συγκεκριμένα, σε μακροοικονομικό επίπεδο, με την εφαρμογή περιφερειακών σφαιρικών/κλειστών προϋπολογισμών, οι οποίοι προέρχονται από τον κρατικό προϋπολογισμό και την κοινωνική ασφάλιση, οι πόροι κατανέμονται στις περιφέρειες και στη συνέχεια στις νομαρχίες, τα νοσοκομεία και τα κέντρα υγείας ή τις άλλες μονάδες πρωτοβάθμιας περίθαλψης. Με αυτόν τον τρόπο, η περιφέρεια σε συνεργασία με τις αρχές της αυτοδιοίκησης διαχειρίζεται τους πόρους, ελέγχει τις επενδύσεις και το σημαντικότερο κατανέμει τους πόρους με τη συνεκτίμηση των αναγκών και των δεικτών υγείας του πληθυσμού. Ήδη στη χώρα μας καταβάλλεται προσπάθεια ενθάρρυνσης της διοικητικής αποκέντρωσης με την αναβάθμιση του ρόλου της αυτοδιοίκησης.

- Διαμόρφωση και κατάρτιση τμηματικών και κλινικών προϋπολογισμών

Είναι γεγονός, ότι η προοπτική χρηματοδότηση με σφαιρικούς/κλειστούς προϋπολογισμούς εισάγει στις υπηρεσίες υγείας νέα πρότυπα διοίκησης - διαχείρισης. Με τις σχετικές διαδικασίες επιχειρείται ο ποσοτικός και ποιοτικός έλεγχος της ιατρικής δραστηριότητας και επιδιώκεται η μεγαλύτερη αποδοτικότητα με τη χρησιμοποίηση των διαθέσιμων πόρων και των μέσων. Η μεταρρύθμιση αυτή περιλαμβάνει δύο σκέλη: α) τη μεταρρύθμιση στη χρηματοδότηση, και β) τη

μεταρρύθμιση στη διαχείριση. Το πρώτο σκέλος αφορά κυρίως την εφαρμογή της εκ των προτέρων συνολικής χρηματοδότησης στις υπηρεσίες υγείας, ενώ το δεύτερο περιλαμβάνει την κατάτμηση των προϋπολογισμών αντίστοιχα με την οργανωτική δομή των υπηρεσιών και την ουσιαστική συμμετοχή των στελεχών στην κατάρτισή τους. Με σκοπό τη συγκράτηση των δαπανών υγείας, έχει διαπιστωθεί ότι η εφαρμογή συστημάτων σφαιρικής χρηματοδότησης αποτελεί την επιτυχέστερη πολιτική ελέγχου του κόστους. Η προοπτική χρηματοδότηση με τη μορφή των σφαιρικών/κλειστών προϋπολογισμών μπορεί να γίνεται από τις περιφέρειες και τις νομαρχίες σε κάθε νοσοκομείο, μονάδα ή κέντρο υγείας. Η υιοθέτηση του σφαιρικού/κλειστού προϋπολογισμού στα νοσοκομεία ή σε άλλες μονάδες του Εθνικού Συστήματος Υγείας προαπαιτεί την εισαγωγή σύγχρονων διαχείρισης με την παροχή κινήτρων και αντικινήτρων παραγωγικότητας και αποδοτικότητας, τα οποία συνδέονται και με νέες μεθόδους αποζημίωσης των προμηθευτών.

- Πηγές χρηματοδότησης δημόσιων νοσοκομείων και των άλλων υγειονομικών υπηρεσιών

Βασικές πηγές χρηματοδότησης των δημόσιων νοσοκομείων αποτελούν η ετήσια τακτική επιχορήγηση από τον κρατικό προϋπολογισμό, η επιχορήγηση από τον προϋπολογισμό δημοσίων επενδύσεων, και τα έσοδα από νοσήλια των ασφαλισμένων και των ιδιωτών.

1. Η κρατική επιχορήγηση αφορά το μεγάλο μέρος εσόδων νοσοκομείων και καλύπτει κυρίως τις δαπάνες μισθοδοσίας, δηλαδή περίπου το 50-55%. Η κατανομή των δαπανών από τον τακτικό προϋπολογισμό συνδέεται με τη χρηματοδότηση την προερχόμενη από τις περιφέρειες και τις νομαρχίες. Με τον τρόπο αυτόν διευκολύνεται η υποεκτίμηση των νοσηλίων, η οποία προκύπτει από τις υπόλοιπες δαπάνες (αναλώσιμα και λειτουργικά έξοδα). Η σφαιρική / συνολική χρηματοδότηση στην πραγματικότητα ενοποιεί τους πόρους που προέρχονται από διάφορες πηγές και ισούται με το άθροισμα των εσόδων από νοσήλια και κρατικές επιχορηγήσεις.
2. Ο προϋπολογισμός δημοσίων επενδύσεων αφορά κυρίως την ανέγερση ή βελτίωση κτιριακών εγκαταστάσεων και την προμήθεια τεχνολογικού εξοπλισμού και βιοϊατρικής τεχνολογίας. Έχει διαπιστωθεί ότι διαχρονικά οι επενδύσεις στην Ελλάδα πραγματοποιούνται χωρίς ενιαίο προγραμματισμό και χωρίς κριτήρια στη χωροταξική κατανομή και τη σύνθεση. Με ανάλογη συνολική χρηματοδότηση των επενδύσεων μπορεί να υποστηριχθεί μια ορθολογική πολιτική διαχείρισης των νοσοκομειακών επενδύσεων. Προϋποθέσεις μιας τέτοιας πολιτικής είναι η εφαρμογή μεθόδων οικονομικής ανάλυσης και αξιολόγησης των επενδύσεων, οι αναμενόμενες επιπτώσεις στη ζήτηση για υπηρεσίες υγείας, και ακόμα η θεσμοθέτηση νομικού πλαισίου σχετικά με την εισαγωγή κανόνων, διαδικασιών και κριτηρίων ελέγχου της επενδυτικής δραστηριότητας.
3. Στην προσπάθεια ορθολογικοποίησης των εισροών από τα νοσήλια των ασφαλιστικών οργανισμών, είναι αναγκαίο να καταργηθεί η τιμολόγηση με βάση τον υφιστάμενο τύπο νοσηλίου και προτείνεται η εκ των προτέρων κοστολόγηση και ταξινόμηση των ασθενών ανάλογα με τον τύπο νοσηλείας και τον όγκο της προσφερόμενης υπηρεσίας. Τα νοσήλια διαφοροποιούνται γενικότερα ανάλογα με την κατάταξη των ασθενών σε τομείς ή τμήματα και ειδικότερα ανάλογα με τη σοβαρότητα της νόσου. Η χρηματοδότηση των νοσοκομείων από τα νοσήλια των ασφαλιστικών οργανισμών γίνεται είτε άμεσα από τους ασφαλιστικούς οργανισμούς είτε από κοινό χρηματοδοτικό λογαριασμό, ο οποίος αποτελεί έναν δημόσιο φορέα στο Υπουργείο Υγείας

και Πρόνοιας και με καθορισμένη περιοδικότητα αποζημιώνει τα νοσοκομεία με βάση τις πραγματοποιθείσες ημέρες νοσηλείας κατά κατηγορία περιστατικών. Τέλος, στα έσοδα από νοσηλεία εμπεριέχονται οι εισροές, προερχόμενες από την καταβολή ποσών τα οποία καταβάλλονται κατά την εισαγωγή του ασθενούς στα δημόσια νοσοκομεία ή την προσέλευσή του στα εξωτερικά ιατρεία. Ασφαλώς αποτελούν έσοδα που προκύπτουν από τη συμμετοχή του ασθενούς στο κόστος της προσφερόμενης φροντίδας υγείας (co-payments).

- Η συμβολή της περιφερειακής κατανομής των πόρων στην παροχή ολοκληρωμένης φροντίδας υγείας

Τα βασικά προβλήματα εντοπίζονται σε ζητήματα οργανωτικού και διοικητικού χαρακτήρα και σε ζητήματα κατανομής των πόρων, με εστίαση την απουσία προσανατολισμού των ασθενών στα διάφορα επίπεδα περίθαλψης. Ως εκ τούτου, δεν υπάρχει ενιαία κατεύθυνση και πολιτική για τη διαχείριση των ασθενών στο σύστημα υγείας, γεγονός που οφείλεται στον πολυκερματισμό των διαδικασιών και των δομών των οργανισμών ασφάλισης υγείας και των υγειονομικών υπηρεσιών.

Συμπεραίνουμε από τα προαναφερθέντα ότι η εφαρμογή του σφαιρικού/κλειστού προϋπολογισμού αποσκοπεί στην ποιοτική και ποσοτική αναβάθμιση του παραγόμενου προϊόντος των μονάδων υγείας και των νοσοκομείων στα πλαίσια ενός συγκεκριμένου και περιορισμένου προϋπολογισμού. (Καρόκης & Σισσούρας, 1994)

3.3.3 Όρια εθνικών δαπανών για την υγεία και οι επιπτώσεις τους στο σύστημα

Οι κυβερνήσεις καθιερώνουν και εφαρμόζουν όρια δαπανών που καθορίζουν τις συνολικές δαπάνες για την υγεία σε αντίθεση με ένα σύστημα αγοράς, το κάνουν με διοικητικά μέσα. Περιλαμβάνονται μηχανισμοί για τον άμεσο προσδιορισμό των πόρων που πρόκειται να εισέλθουν σε υπηρεσίες υγείας, για το πώς θα παράγεται η υγειονομική περίθαλψη και το πως οι παρόχοι πρέπει να διανέμονται σε περιοχές ή πληθυσμούς. Ο καθορισμός του προτιμώμενου ποσού των υπηρεσιών υγείας της κοινωνίας «από πάνω προς τα κάτω» για τις υπηρεσίες υγείας θα μπορούσε να αποδώσει καλύτερα αποτελέσματα από τις λύσεις «από κάτω προς τα πάνω» της αποκεντρωμένης αγοράς. Η επιτυχία του ορίου εξαρτάται από την ευρεία αποδοχή της συγκράτησης του κόστους και ενός κριτηρίου που καθορίζει και λαμβάνει το κατάλληλο ποσό δαπανών για την υγεία. Οι Γερμανοί διατηρούν ασφάλιστρα για ταμεία ασθενείας κατά μέσο όρο 12 τοις εκατό της μισθοδοσίας, οι Ολλανδοί πιστεύουν ότι οι δαπάνες σε όλα τα κοινωνικά προγράμματα, συμπεριλαμβανομένης της υγείας, έχουν φτάσει το όριο και εάν πρόκειται να υποστηριχθεί περισσότερο η κοινοτική μακροχρόνια περίθαλψη, οι δαπάνες για την υγεία πρέπει να περιοριστούν · σε περιόδους ύφεσης. Ο Καναδάς έχει σαν κανόνα ότι οι δαπάνες για την υγεία δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 30 έως τα 35 του ποσοστού των επαρχιακών εσόδων το οποίο είναι πιο περιοριστικό από ό, τι θα ήταν σε μια περιοχή οικονομικής ανάπτυξης. Οι προϋπολογισμοί αυτορυθμίζονται εντός ενός οικονομικού έτους. Όταν θέτεται ένα ανώτατο όριο σε υπηρεσίες που μπορεί να κοστίσουν και διορθώνοντας τους τομείς των νοσοκομείων, των ιατρών και των φαρμακευτικών προϋπολογισμών τότε η κεντρική αρχή διαβεβαιώνει ότι το συνολικό όριο δαπανών της δεν θα παραβιαστεί. Όταν οι δαπάνες σε ορισμένους υποτομείς υπερβαίνουν τα επιθυμητά ποσά, το ρυθμιστικό σύστημα ανταποκρίνεται με περαιτέρω κανονισμούς στα συγκεκριμένα προβλήματα.

Η αυξημένη χρήση ενός τομέα της υγείας απαιτεί ειδική αυξανόμενη χρηματοδότηση, ενώ, ταυτόχρονα, οι εξοικονομήσεις πραγματοποιούνται σε άλλο τομέα και είναι δύσκολο να αφαιρεθούν από τον προϋπολογισμό του. Είναι πολιτικά δύσκολη η ανακατανομή των πόρων από έναν τομέα σε άλλο, ακόμη και αν μετατοπιστούν οι πόροι θα αυξηθεί η αποτελεσματικότητα του συστήματος και η συνολική παραγωγή υγείας. Οι τομεακές μετοχές καθίστανται σταθερές με την πάροδο του χρόνου, με τα απόλυτα ποσά να ενημερώνονται από το κόστος ζωής και άλλους παράγοντες που είναι σταθεροί για όλους τους παρόχους. Στη Γερμανία, οι ειδικοί των νοσοκομείων πληρώνονται εντός σταθερών προϋπολογισμών και δεν μπορούν εύκολα να μεταβούν σε ρυθμίσεις εξωτερικών ασθενών, παρά τις σαφείς ευκαιρίες αύξησης της αποτελεσματικότητας. Επίσης στη Γερμανία, πολλές από τις αυξανόμενες επισκέψεις περιλαμβάνουν συνταγή και δαπάνες για ναρκωτικά, οι οποίες φτάνουν το 16% των συνολικών δαπανών. Σε όλα αυτά συστήματα, οι γιατροί έχουν ελάχιστο λόγο να χρησιμοποιήσουν άλλους πόρους υγείας, εφόσον οι αμοιβές τους εγγράφονται εντελώς ξεχωριστά από τους προϋπολογισμούς για νοσοκομειακές υπηρεσίες, φαρμακευτικά προϊόντα και άλλες υπηρεσίες υγείας. Στον Καναδά, όταν πρόκειται κάποιο νοσοκομείο να συρρικνωθεί ή κλείσει μέσω κεντρικού σχεδιασμού, είναι πολιτικά σημαντικό οι εκτοπισμένοι εργαζόμενοι να μετακινούνται σε άλλες θέσεις εργασίας, ακόμα κι αν αυτοί είναι περιττοί. Οι Ολλανδοί προσπαθούν να προωθήσουν τον ανταγωνισμό και στα νοσοκομεία και στα ταμεία ασθενείας, αλλά εφόσον οριστούν από τον κανονισμό οι μισθοί, οι εισροές προσωπικού και συνολικοί προϋπολογισμοί υπάρχει μικρό περιθώριο για αύξηση της αποτελεσματικότητας.

3.3.4 Μοντέλα προσφοράς και ζήτησης του κόστους-όριο αποτελεσματικότητας, δημοσιονομική επίπτωση και βιωσιμότητα

Η ανάλυση κόστους-αποτελεσματικότητας (CEA) στοχεύει στην εκτίμηση της αξίας του κέρδους υγείας που αποδίδεται σε μια τεχνολογία προκειμένου να βοηθήσουν τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να κατανέμουν αποτελεσματικά τους λιγοστούς πόρους. Αυτές οι αναλύσεις εκφράζουν το κόστος σε νομισματικές μονάδες και τα κέρδη υγείας σε μονάδες υγείας όπως η ποιότητα σε προσαρμοσμένα έτη ζωής (QALYs) που αποκτήθηκαν ή αποτρεπτικά έτη ζωής προσαρμοσμένα στην αναπηρία (DALY).

Οι σταδιακές αναλογίες κόστους-αποτελεσματικότητας (ICER), οι οποίες αντικατοπτρίζουν τα οφέλη για την υγεία σε σύγκριση με το κόστος πραγματοποιήθηκαν κατά την παροχή της παρέμβασης στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης. Ωστόσο, μόνο τα ICER δεν επαρκούν, απαιτείται και η τιμή αναφοράς για να εξακριβωθεί εάν το ICER για μια συγκεκριμένη τεχνολογία αντιπροσωπεύει καλή ή κακή αξία. Αυτή η τιμή αναφέρεται συχνά ως κατώφλι της σχέσης κόστους-αποτελεσματικότητας. Το κατώφλι συμβολίζει ένα σημείο αποκοπής ή μια κρίσιμη αναλογία , όπως ορίζεται από τους Weinstein και Zeckhauser, για την κατανομή πόρων μεταξύ ανταγωνιστικών χρήσεων σε περιβάλλον περιορισμένου προϋπολογισμού.

Υπάρχουν πολλοί τρόποι για τον καθορισμό της τιμής κατωφλίου, οι Garber και Phelps περιγράφουν το κατώφλι ως ουσιαστικά μια κρίση αξίας που εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένου του ποιος είναι ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων, ποιος είναι ο σκοπός της ανάλυσης, πώς είναι η υγεία, πως τα κέρδη και το κόστος αποτιμώνται (και σταθμίζονται), ποιοι

κίνδυνοι λαμβάνονται υπόψη και, τέλος, ποιοι είναι οι διαθέσιμοι πόροι. Το κατώφλι του καταναλωτή πρέπει να αντικατοπτρίζει τη προθυμία τους για πληρωμή (WTP willingness to pay), ένα κατώφλι ενός ασφαλιστή θα αντικατοπτρίζει τη ζήτηση της αγοράς για παρέμβαση και ένα κατώφλι της κυβέρνησης θα πρέπει να αντικατοπτρίζει τη συναίνεση κοινωνικής αξίας, ίσως μέσω μιας λειτουργίας κοινωνικής πρόνοιας.

Ένα κατώφλι ορίζεται με τρεις πιθανούς τρόπους:

- θα μπορούσε να συναχθεί από προηγούμενες αποφάσεις
- θα μπορούσε να οριστεί από έναν βέλτιστο προϋπολογισμό για την υγειονομική περίθαλψη και
- θα μπορούσε να εξαντλήσει έναν εξωγενώς δεδομένο προϋπολογισμό.

Η πρώτη μέθοδος περιλαμβάνει τη χρήση παρεμβάσεων αναφοράς ή προηγούμενων κανόνων απόφασης για την καθοδήγηση του τρέχοντος αποφάσεις. Η δεύτερη και η τρίτη μέθοδος αναφέρονται ευρέως ως προσεγγίσεις από πλευράς ζήτησης και προσφοράς , αντίστοιχα. Η προσέγγιση από την πλευρά της ζήτησης απαιτεί από το WTP της κοινωνίας για υγειονομική περίθαλψη να καθορίσει το κατώτατο όριο. Το περιθωριακό WTP μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους:

- χρησιμοποιώντας μεθόδους αποκάλυψης / δήλωσης προτίμησης μέσω αντιπροσωπευτικού δείγματος
- ενδεχόμενες μελέτες αποτίμησης με χρήση της αξίας της υγείας / ζωής που χρησιμοποιείται σε άλλους τομείς πόρων κατανομή; και
- αν υποθέσουμε ότι το κατά κεφαλήν ακαθάριστο εγχώριο προϊόν (ΑΕΠ) θα το αντικατοπτρίζει.

Στο μοντέλο της προσφοράς, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι το κατώφλι δεν είναι σταθερό αλλά μάλλον θα αλλαγή σε απάντηση σε διάφορους παράγοντες. Οι συγκριτικές στατικές αναλύσεις δείχνουν πώς οι αλλαγές στους προϋπολογισμούς, η ζήτηση για τεχνολογίες που χρηματοδοτούνται επί του παρόντος, ο ιατρικός πληθωρισμός και ο ρυθμός καινοτομίας θα οδηγήσουν σε αλλαγές στο όριο κόστους-αποτελεσματικότητας από την πλευρά της προσφοράς. Το όριο μπορεί να αυξηθεί (ή να μειωθεί) με την επέκταση του προϋπολογισμού (συστολή), να αυξάνεται (να μειώνεται) η ζήτηση υφιστάμενων τεχνολογιών και η μείωση (αυξανόμενη) αποτελεσματικότητας των υπαρχουσών τεχνολογιών.

Κατά τον καθορισμό ενός κατώτατου ορίου προσφοράς, μια υποψήφια τεχνολογία μπορεί να έχει αντίκτυπο στον προϋπολογισμό που μπορεί να οδηγήσει σε μετατόπιση μιας τεχνολογίας (οριακός αντίκτυπος στον προϋπολογισμό) ή πολλαπλών τεχνολογιών (μεγάλος / μη περιθωριακός αντίκτυπος στον προϋπολογισμό). Αυτό μπορεί να έχει επιπτώσεις στην εμπειρική εκτίμηση του a όριο προσφοράς. Όσο περισσότερες τεχνολογίες εκτοπίζονται, τόσο χαμηλότερο είναι το όριο ICER έτσι ώστε το κατώφλι να αντικατοπτρίζει έναν σταθμισμένο μέσο όρο των εκτοπισμένων τεχνολογιών.

Εν κατακλείδι οι CEA παράγουν ICER και συμβάλλουν στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων κατανομής πόρων. Ωστόσο, ένα ICER δεν μπορεί να ερμηνευθεί χωρίς ένα πρότυπο αναφοράς που διαφοροποιεί τη καλή από τη κακή τιμή. Αυτό το πρότυπο αναφοράς ονομάζεται κατώτατο όριο κόστους-αποτελεσματικότητας και είναι μια εμπειρική παράμετρος κατασκευαστές που

μπορούν να εκτιμηθούν είτε ως WTP για μια πρόσθετη μονάδα οφέλους για την υγεία, όταν ο προϋπολογισμός για την υγειονομική περίθαλψη θεωρείται ότι δεν είναι περιορισμένος ή ως κόστος ευκαιρίας για την υιοθέτηση ενός τεχνολογία στο περιθώριο του προϋπολογισμού για την υγειονομική περίθαλψη, όταν ο προϋπολογισμός θεωρείται περιορισμένος. (Institute of Health Economics, 2018)

3.3.5 Η σχέση μεταξύ ζήτησης και προσφοράς στα κατώτατα όρια κόστους-αποτελεσματικότητας

Το όριο κόστους-αποτελεσματικότητας ή το σημείο αποκοπής που χρησιμοποιείται για τη λήψη κρίσιμων αποφάσεων χρηματοδότησης στο α Το περιορισμένο στον προϋπολογισμό περιβάλλον μπορεί να θεωρηθεί εννοιολογικά μέσω δύο προοπτικών. Η προοπτική από την πλευρά της ζήτησης ενσωματώνει το WTP της κοινωνίας για οφέλη για την υγεία ή αποφεύγοντας απώλειες για την υγεία. Η προοπτική από την πλευρά της προσφοράς, από την άλλη πλευρά, καταγράφει το κόστος ευκαιρίας που προκύπτει από την επένδυση για χρηματοδότηση πιο οικονομικά αποδοτικών τεχνολογιών. Το όριο από πλευράς ζήτησης (v) καθορίζεται από την προθυμία των ατόμων να συμβάλουν στις δαπάνες της ιδιωτική υγείας. Το WTP κάθε ατόμου μπορεί να συγκεντρωθεί για να εξακριβωθεί Αυτή η αξία ή, σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να αξιολογηθεί και το συλλογικό WTP για την υγεία της κοινωνίας. Αυτό Επομένως, η αξία συνδέεται με τα εισοδήματα και το μερίδιο του εισοδήματος που αφιερώνεται στην υγεία από άτομα. Το όριο από την πλευρά της προσφοράς (k) καθορίζεται από το κόστος ευκαιρίας της αποεπένδυσης όταν είναι νέο οι παρεμβάσεις χρειάζονται χρηματοδότηση. Δεδομένου ότι αυτή η αξιολόγηση γίνεται σε περιβάλλον περιορισμένου προϋπολογισμού, το Ο προϋπολογισμός για την υγειονομική περίθαλψη διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην επίδραση αυτού του κατωφλίου. Ο προϋπολογισμός για την υγειονομική περίθαλψη είναι μια απόφαση που λαμβάνεται από την κυβέρνηση στην εξουσία, η οποία θα πρέπει ιδανικά να αντικατοπτρίζει τις προτιμήσεις του άτομα που το εξέλεξαν. Με αυτόν τον τρόπο, το εισόδημα του ατόμου επηρεάζει και πάλι την τιμή κατωφλίου τη συμβολή στα φορολογικά έσοδα, την οποία χρησιμοποιεί η κυβέρνηση για τη χρηματοδότηση διαφόρων τομέων του οικονομία. (Institute of Health Economics, 2018)

1. Σύνδεση των δύο πλευρών εννοιολογικά

Η πλευρά της ζήτησης θεωρεί το κατώτατο όριο ως WTP για βελτίωση της υγείας των ατόμων ή την αξία κατανάλωσης της υγείας. Ο στόχος είναι η μεγιστοποίηση της χρησιμότητας της υγεία και άλλων καταναλωτικά αγαθών δεδομένου του προϋπολογισμού των ατόμων. Αυτή η άσκηση μεγιστοποίησης δημιουργεί ζήτηση για υγεία ως αγαθό κατανάλωσης. Αυτή η «ζήτηση για υγεία» είναι το κατώφλι από το από πλευράς ζήτησης. Παράγοντες που επηρεάζουν το όριο από πλευράς ζήτησης είναι:

• ατομικό εισόδημα
• τιμές των υπηρεσιών υγείας ·
• τιμές υποκατάστατων και συμπληρωματικών προϊόντων για την υγεία · και

• περιβαλλοντικές αλλαγές που επηρεάζουν εξωγενώς τη ζήτηση.

Η πλευρά της προσφοράς λαμβάνει υπόψη το κόστος ευκαιρίας του κρατικού προϋπολογισμού που δαπανάται για την υγεία, δηλαδή, την οριακή παραγωγικότητα του συστήματος υγειονομικής περίθαλψης, το οποίο μπορεί να απεικονιστεί ως είσοδος στην λειτουργία παραγωγής της κυβέρνησης. Το βέλτιστο ποσό υγειονομικής περίθαλψης που δημιουργεί η κυβέρνηση έτσι ώστε να μεγιστοποιηθεί η συνολική ευημερία των ατόμων, αντικατοπτρίζει την οριακή παραγωγικότητα της υγειονομικής περίθαλψης και θα αντιπροσωπεύει τις ανταγωνιστικές χρήσεις του κρατικού προϋπολογισμού. Επομένως, αντικατοπτρίζει το όριο κόστους-αποτελεσματικότητας από την πλευρά της προσφοράς. Οι παράγοντες που επηρεάζουν το όριο της προσφοράς είναι:

• τιμές των τεχνολογιών υγειονομικής περίθαλψης ·

• τιμές / κόστος παροχής άλλων υπηρεσιών από την κυβέρνηση ·

• φορολογικά έσοδα που εισπράττει η κυβέρνηση · και

• τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα της υγείας.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τα όρια της ζήτησης και της προσφοράς, είναι αλληλένδετα ή κοινά. Έτσι, και τα δύο μέτρα μπορούν να αλλάξουν ταυτόχρονα.

2. Σχέση μεταξύ v και k

Συχνά υποστηρίζεται ότι, για τη λήψη αποφάσεων χρηματοδότησης, το όριο προσφοράς (k) είναι αυτό που πρέπει να είναι εξετάζεται επειδή αντικατοπτρίζει το κόστος ευκαιρίας. Εκτίμηση του κατώτατου ορίου ζήτησης (v), που αντικατοπτρίζει την αξία κατανάλωσης της υγείας ή το ποσό που τα άτομα είναι διατεθειμένα να πληρώσουν με στόχο τη μείωση της θνησιμότητας, μπορεί να αντικατοπτρίζει την κοινωνική αξία της υγείας και, συνεπώς, να ενημερώνει τις αποφάσεις σχετικά με την κλίμακα των πόρων που πρέπει να διατεθούν στον προϋπολογισμό υγειονομικής περίθαλψης. Το v μπορεί συνεπώς να αντικατοπτρίζει το μέγεθος του προϋπολογισμού υγειονομικής περίθαλψης. (Institute of Health Economics, 2018)

3. Παράγοντες που επηρεάζουν το κατώφλι

• Τα άτομα έχουν ομοιογενείς προτιμήσεις.

• Το εισόδημα προσδιορίζεται εξωγενώς.

• Η αύξηση των ιδιωτικών ή δημόσιων δαπανών για την υγεία θεωρείται ότι έχει ισοδύναμο αποτέλεσμα τη βελτίωση της υγείας.

Λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω παραδοχές, η αλλαγή κατωφλίου αναλύεται υπό διαφορετικές συνθήκες, κρατώντας οτιδήποτε άλλο στατικό ή σταθερό.

• Αύξηση του φορολογικού συντελεστή. Οι φόροι διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη δημιουργία εσόδων για την κυβέρνηση και ως εκ τούτου στη λήψη αποφάσεων για το διαθέσιμο προϋπολογισμό και για τη χρηματοδότηση παρεμβάσεων στον τομέα της υγείας. Ταυτόχρονα, καθορίζει επίσης το εισόδημα που έχουν στη διάθεση τους τα άτομα ατόμων. Επομένως, επηρεάζει τον προϋπολογισμό τόσο των ατόμων όσο και της κυβέρνησης.

Κάτω από ένα στατικό σενάριο με όλα τα υπόλοιπα να είναι ισότιμα, μια αλλαγή στον φορολογικό συντελεστή μπορεί να αλλάξει και τις δύο αποτιμήσεις του κατωφλίου (k και v). Καθώς ο φορολογικός συντελεστής αυξάνεται, και τα φορολογικά έσοδα για την κυβέρνηση αυξάνονται λοιπόν, όλα όσα είναι ισότιμα, η δημόσια κατανομή στην υγεία αυξάνεται και το όριο της προσφοράς (k) ανεβαίνει. Ταυτόχρονα, με υψηλότερο φορολογικό συντελεστή, και λιγότερο διαθέσιμο εισόδημα για τους ιδιώτες, το WTP για την υγεία μπορεί να μειωθεί εάν το σύστημα παροχής υγείας πιστεύεται ότι είναι αποτελεσματικό, και έτσι το το όριο της ζήτησης (v) θα μειωθεί. (Institute of Health Economics, 2018)

- Αύξηση του μεριδίου των ιδιωτικών δαπανών για την υγεία. Το μερίδιο της συνεισφοράς στις δαπάνες υγείας από άτομα από το διαθέσιμο εισόδημά τους είναι κλειδί για τον προσδιορισμό του WTP τους και για τη δική τους υγεία, αποφασίζοντας έτσι την τιμή του v . Η υψηλότερη συνεισφορά στις δαπάνες υγείας από ιδιώτες, είτε λόγω μεγαλύτερης ιδιωτικής ασφάλισης ή καλύτερης απασχόλησης, θα προκαλούσε την αύξηση της τιμής του v , όλα τα υπόλοιπα είναι ίδια. Αυτό θα ήταν ανεξάρτητο από το φορολογικά έσοδα, και έτσι δεν θα επηρεαστεί η αξία του k . Ένα υψηλότερο v με σταθερή k θα Αναμφίβολα προκαλεί τη βελτίωση της συνολικής υγείας του πληθυσμού, λόγω της αύξησης των συνολικών δαπανών υγείας.

- Αύξηση του μεριδίου των δημόσιων εσόδων που διατίθενται για την υγειονομική περίθαλψη. Η κατανομή του προϋπολογισμού της κυβέρνησης για τις επενδύσεις στο τομέα της υγείας είναι ένας σημαντικός καθοριστικός παράγοντας του k . Όλοι οι άλλοι είναι ίσοι, με μεγαλύτερες δημόσιες δαπάνες για την υγεία, το μεμονωμένο WTP για την υγεία είτε παραμένει ίδιο είτε πέφτει, προκαλώντας έτσι το k να ανεβαίνει με χαμηλότερο ή αμετάβλητο v . ΟΙ συνολικές δαπάνες θα αυξηθούν, οδηγώντας και πάλι σε βελτίωση της συνολικής υγείας του πληθυσμού. (Institute of Health Economics, 2018)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4. Οικονομική Επιδημιολογία και Αξιολόγηση των Τεχνολογιών Υγείας

4.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα εξετάσουμε τις τεχνολογίες στην υγεία και πως γίνεται η αξιολόγηση των τεχνολογιών υγείας. Παρουσιάζονται ο σκοπός , τα βήματα, οι τρόποι αξιολόγησης και οι συνέπειες της. Αναλύονται τα κόστη των τεχνολογιών για να βρεθεί η κατάλληλη με βάση το αποτέλεσμα αλλά και με βάση το κόστος της τεχνολογίας αυτής.

4.2 Εισαγωγή στην Αξιολόγηση Τεχνολογιών

Η τεχνολογία , ύστερα από τη βιομηχανική επανάσταση ξεκίνησε να έχει ένα βασικό ρόλο στην καθημερινότητα των ανθρώπων. Η αξιολόγηση της τεχνολογίας (ΤΑ) άρχισε να χρησιμοποιείται ως ανάγκη για έλεγχο των ακούσιων και επιβλαβών συνέπειών της. Οι παρενέργειες ενός πλήθους χημικών, βιομηχανικών και γεωργικών διεργασιών και υπηρεσιών όπως η μεταφορά, η υγεία και η διαχείριση πόρων συνέβαλαν σε αυτήν την ανάγκη. Η ΤΑ σχεδιάστηκε ως ένας τρόπος για τον εντοπισμό των επιθυμητών και των επιδιωκόμενων επιπτώσεων των τεχνολογιών καθώς και των ανεπιθύμητων κοινωνικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η αξιολόγηση της τεχνολογίας (ΤΑ) ορίζεται ως μια κατηγορία μελετών της πολιτικής, με σκοπό να παρέχει στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων πληροφορίες σχετικά με τις πιθανές επιπτώσεις και συνέπειες μιας νέας τεχνολογίας ή για μια σημαντική αλλαγή μιας παλιάς τεχνολογίας. Αφορά τόσο άμεσες όσο και έμμεσες ή δευτερεύουσες συνέπειες, τόσο τα οφέλη όσο και τα μειονεκτήματα, και με τη χαρτογράφηση των αβεβαιοτήτων που εμπλέκονται σε οποιαδήποτε κυβερνητική ή ιδιωτική χρήση ή μεταφορά μιας τεχνολογίας. Η ΤΑ παρέχει στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων μια σειρά αναλυμένων επιλογών πολιτικής και βοηθά στην κατανόηση των επιπτώσεών τους στην οικονομία, το περιβάλλον και τις κοινωνικές, πολιτικές και νομικές διαδικασίες και θεσμούς της κοινωνίας. (Coates & Jarratt, 1992) Σύμφωνα με έναν άλλο ορισμό, η αξιολόγηση της τεχνολογίας είναι μια μορφή έρευνας πολιτικής που εξετάζει βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες κοινωνικές συνέπειες (για παράδειγμα, κοινωνική, οικονομική, ηθική, νομική) της εφαρμογής της τεχνολογίας. Ο στόχος της αξιολόγησης της τεχνολογίας είναι να παρέχει στους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής πληροφορίες σχετικά με εναλλακτικές λύσεις πολιτικής. (Banta & Luce, 1993)

Η αξιολόγηση της τεχνολογίας χωρίζεται σε τρεις διαστάσεις:

- τη γνωστική διάσταση , η οποία αφορά τη γνώση που σχετίζεται με τη χάραξη πολιτικής.
- τη κανονιστική διάσταση, δηλαδή τη καθιέρωση διαλόγου προκειμένου να υποστηριχθεί η διαμόρφωση γνώμης

- τη ρεαλιστική διάσταση, η οποία καθορίζει τις διαδικασίες που βοηθούν στο να ληφθούν αποφάσεις.

Ενώ έχει τρία αντικείμενα δραστηριοποίησης: το ζήτημα ή την τεχνολογία, τις κοινωνικές πτυχές, τις πτυχές της πολιτικής.

4.3 Αξιολόγηση Τεχνολογιών Υγείας

Η αξιολόγηση τεχνολογίας υγείας (ΑΤΥ) είναι η συστηματική αξιολόγηση ιδιοτήτων, επιδράσεων ή άλλων επιπτώσεων των τεχνολογιών υγείας. Ο κύριος σκοπός του HTA είναι να ενημερώσει αυτούς που χαράζουν τις πολιτικές, για την τεχνολογία στην υγειονομική περίθαλψη, οι πολιτικές περιλαμβάνουν αποφάσεις που λαμβάνονται, π.χ., σε επίπεδο ατόμου ή ασθενούς, σε επίπεδο του φορέα παροχής υπηρεσιών υγείας ή του ιδρύματος ή σε περιφερειακό, εθνικό και διεθνές επίπεδο. Το HTA μπορεί να αντιμετωπίσει τις άμεσες και εκούσιες συνέπειες των τεχνολογιών καθώς και τις έμμεσες και ακούσιες συνέπειές τους. Η Αξιολόγηση Τεχνολογίας Υγείας (ΑΤΥ) είναι μία κοινής αποδοχής επιστημονική προσέγγιση που στοχεύει στο να τροφοδοτήσει την λήψη αποφάσεων για πολιτικές και πρακτικές υγείας με αξιόπιστες, συμπαγείς, διαφανείς και τεκμηριωμένες εισηγήσεις. Ως αποτέλεσμα, συμβάλλει αποφασιστικά στην βελτίωση της αποτελεσματικότητας και της αποδοτικότητας των Συστημάτων Υγείας μέσα από την συγκράτηση του κόστους με ταυτόχρονη ενίσχυση της ποιότητας. Με άλλα λόγια, η ΑΤΥ αποτελεί ένα από τα κύρια εργαλεία της διαδικασίας τιμολόγησης και αποζημίωσης νέων τεχνολογιών συγκρίνοντας τη νέα τεχνολογία με τις υπάρχουσες σε όρους κόστους και αποτελέσματος (Drummond & al., 2008)

Η ΑΤΥ μπορεί να χρησιμοποιηθεί με πολλούς τρόπους για να συμβουλεύει ή να ενημερώνει ώστε να ληφθούν πολιτικές και αποφάσεις που σχετίζονται με την τεχνολογία. Μεταξύ αυτών είναι η παροχή συμβουλών ή ενημέρωσης σε:

- Ρυθμιστικές εταιρείες σχετικά με το εάν θα επιτρέπεται η εμπορική χρήση (π.χ. εμπορία) ενός φαρμάκου, συσκευής ή άλλης ρυθμιζόμενης τεχνολογίας.
- Πληρωτές (αρχές υγειονομικής περίθαλψης, προγράμματα υγείας, συνταγογραφούμενα φάρμακα, εργοδότες, κ.λπ.) σχετικά με την τεχνολογική κάλυψη (εάν πληρώνουν ή όχι), κωδικοποίηση (εκχώρηση κατάλληλων κωδικών για να καταστεί δυνατή η επιστροφή χρημάτων) και επιστροφή χρημάτων (πόσα πληρώνουν).
- Κλινικές και ασθενείς σχετικά με την κατάλληλη χρήση παρεμβάσεων υγειονομικής περίθαλψης για τις κλινικές ανάγκες και περιστάσεις ενός συγκεκριμένου ασθενούς.
- Επαγγελματικούς συλλόγους υγείας σχετικά με το ρόλο μιας τεχνολογίας σε κλινικά πρωτόκολλα ή οδηγίες πρακτικής.
- Νοσοκομεία, δίκτυα υγειονομικής περίθαλψης, οργανώσεις αγορών ομίλου και άλλοι οργανισμοί υγειονομικής περίθαλψης σχετικά με αποφάσεις σχετικά με την απόκτηση και διαχείριση τεχνολογίας.

- Οργανισμούς καθορισμού προτύπων για την τεχνολογία υγείας και την παροχή υγειονομικής περίθαλψης σχετικά με την κατασκευή, την απόδοση, την κατάλληλη χρήση και άλλες πτυχές των τεχνολογιών υγειονομικής περίθαλψης.
- Υπεύθυνους του κυβερνητικού τμήματος υγείας σχετικά με την εκτέλεση προγραμμάτων δημόσιας υγείας (π.χ. προγράμματα εμβολιασμού, διαλογής και προστασίας του περιβάλλοντος).
- Νομοθέτες και άλλοι πολιτικοί ηγέτες σχετικά με πολιτικές σχετικά με την τεχνολογική καινοτομία, την έρευνα και ανάπτυξη, τη ρύθμιση, την πληρωμή και την παροχή υγειονομικής περίθαλψης.
- Εταιρείες τεχνολογίας υγειονομικής περίθαλψης για την ανάπτυξη προϊόντων και αποφάσεις μάρκετινγκ.
- Επενδυτές και εταιρείες που αφορούν χρηματοδότηση επιχειρηματικών κεφαλαίων, εξαγορές και εκποιήσεις και άλλες συναλλαγές που αφορούν εταιρείες προϊόντων και υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης.
- Ερευνητικούς οργανισμούς σχετικά με τα κενά των αποδεικτικών στοιχείων και τις ανεκπλήρωτες ανάγκες υγείας.

4.4 Προσανατολισμός της Αξιολόγησης Τεχνολογιών Υγείας

Οι τρεις βασικοί προσανατολισμοί της ΑΤΥ είναι οι εξής:

α) Οι αξιολογήσεις προσανατολισμένες στην τεχνολογία που αποσκοπούν στον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών ή των επιπτώσεων συγκεκριμένων τεχνολογιών. Για παράδειγμα, μια κυβερνητική υπηρεσία μπορεί να θέλει να προσδιορίσει τις κλινικές, οικονομικές, κοινωνικές, επαγγελματικές ή άλλες επιπτώσεις των κοχλιακών εμφυτευμάτων, του προ συμπτωματικού ελέγχου του καρκίνου του τραχήλου της μήτρας, των σαρωτών PET ή της ευρείας υιοθέτησης ηλεκτρονικών συστημάτων καταγραφής υγείας.

β) Οι αξιολογήσεις με επίκεντρο τα προβλήματα που προκύπτουν όταν εστιαζόμαστε στη διαχείριση μιας συγκεκριμένης ασθένειας, κατάστασης ή άλλου προβλήματος για το οποίο θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικές ή συμπληρωματικές τεχνολογίες. Για παράδειγμα, οι κλινικοί ιατροί και άλλοι πάροχοι που ασχολούνται με το πρόβλημα της διάγνωσης της άνοιας μπορεί να ζητήσουν από το HTA να ενημερώσει την εξέλιξη των οδηγιών κλινικής πρακτικής που περιλαμβάνουν κάποιο συνδυασμό ή ακολουθία κλινικού ιστορικού, νευρολογική εξέταση και διαγνωστική απεικόνιση χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους.

γ)Οι αξιολογήσεις με γνώμονα το έργο επικεντρώνονται σε μια τοποθέτηση ή χρήση μιας τεχνολογίας σε ένα συγκεκριμένο ίδρυμα, πρόγραμμα ή άλλο καθορισμένο έργο. Για παράδειγμα, όταν ένα νοσοκομείο πρέπει να αποφασίσει εάν θα αγοράσει έναν σαρωτή PET ή όχι, λαμβάνοντας υπόψιν τις εγκαταστάσεις, το προσωπικό και άλλους πόρους που απαιτούνται για την εγκατάσταση και τη λειτουργία ενός σαρωτή PET, την οικονομική κατάσταση του

νοσοκομείου, το δυναμικό της τοπικής αγοράς για υπηρεσίες PET, τους ανταγωνιστικοί παράγοντες κλπ.

Αυτοί οι βασικοί προσανατολισμοί αξιολόγησης μπορούν να αλληλεπικαλύπτονται και να αλληλοσυμπληρώνονται. Βεβαίως, και οι τρεις τύποι θα μπορούσαν να αντλήσουν από ένα κοινό σώμα επιστημονικών στοιχείων και άλλων πληροφοριών. Μια αξιολόγηση τεχνολογίας μπορεί να αντιμετωπίσει το εύρος των προβλημάτων για τα οποία χρησιμοποιείται η τεχνολογία αυτή και να κρίνει κατά πόσο κατάλληλη μπορεί να είναι η τεχνολογία για διαφορετικούς τύπους τοπικών ρυθμίσεων. Μια αξιολόγηση προσανατολισμένη στο πρόβλημα μπορεί να συγκρίνει την αποτελεσματικότητα, την ασφάλεια και άλλες επιπτώσεις εναλλακτικών τεχνολογιών για ένα δεδομένο πρόβλημα και μπορεί να βασιστεί σε διαφορετικούς τεχνολογικούς προσανατολισμούς καθώς και σε τυχόν άμεσες («head-to-head») συγκρίσεις αυτών. Μια αξιολόγηση με γνώμονα το έργο θα εξετάσει το εύρος των επιπτώσεων μιας τεχνολογίας ή των εναλλακτικών της σε ένα δεδομένο περιβάλλον, καθώς και τον ρόλο ή τη χρησιμότητα αυτής της τεχνολογίας για διάφορα προβλήματα. Παρόλο που οι πληροφορίες που χρησιμοποιούνται σε μια αξιολόγηση που βασίζεται σε ένα έργο από ένα συγκεκριμένο νοσοκομείο μπορεί να περιλαμβάνουν ευρήματα σχετικών με την τεχνολογία και προβληματικών εκτιμήσεων, ενδέχεται να απαιτούνται τοπικές συλλογές και ανάλυση δεδομένων για να προσδιοριστεί τι είναι κατάλληλο για αυτό το νοσοκομείο. Έτσι, πολλές αξιολογήσεις τεχνολογιών υγείας μπορούν να συνδυάζουν πτυχές και των τριών βασικών προσανατολισμών. (Goodman)

4.5 Ιδιότητες και αποτελέσματα/επιπτώσεις που αξιολογούνται

Η ΑΤΥ μπορεί να περιλαμβάνει τη διερεύνηση μίας ή περισσότερων ιδιοτήτων, επιπτώσεων ή άλλων χαρακτηριστικών τεχνολογιών ή εφαρμογών υγείας. Οι ιδιότητες, οι επιπτώσεις και άλλα χαρακτηριστικά που αξιολογούνται στο HTA αφορούν το εύρος των τύπων τεχνολογίας. Έτσι, για παράδειγμα, όπως φάρμακα, συσκευές και χειρουργικές επεμβάσεις μπορούν να εκτιμηθούν ως προς την ασφάλεια, την αποτελεσματικότητα και τη σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας, έτσι και τα προγράμματα ελέγχου των λοιμώξεων από νοσοκομεία, τα συστήματα αναθεώρησης της χρήσης φαρμάκων μπορούν να αξιολογηθούν με βάση υπολογιστές και τα αγροτικά δίκτυα τηλεϊατρικής. Σε γενικές γραμμές, αυτά περιλαμβάνουν τα ακόλουθα.

- Τεχνικές ιδιότητες

Οι τεχνικές ιδιότητες περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά απόδοσης και συμμόρφωση με τις προδιαγραφές για σχεδιασμό, σύνθεση, κατασκευή, ανοχές, αξιοπιστία, ευκολία χρήσης, συντήρηση κ.λπ.

- Ασφάλεια

Η ασφάλεια είναι μια κρίση για την αποδοχή του κινδύνου (ένα μέτρο της πιθανότητας ανεπιθύμητου αποτελέσματος και της σοβαρότητάς του) που σχετίζεται με τη χρήση μιας

τεχνολογίας σε μια δεδομένη κατάσταση, π.χ., για έναν ασθενή με συγκεκριμένο πρόβλημα υγείας, από έναν κλινικό ιατρό με συγκεκριμένη εκπαίδευση ή σε μια καθορισμένη ρύθμιση θεραπείας.

- Efficacy και/ή effectiveness

Η efficacy and effectiveness αναφέρονται στο πόσο καλά λειτουργεί μια τεχνολογία, δηλαδή, επιτυγχάνει τον επιδιωκόμενο σκοπό της, συνήθως με βάση τις αλλαγές σε ένα ή περισσότερα συγκεκριμένα αποτελέσματα υγείας ή «τελικά σημεία» όπως περιγράφεται παρακάτω. Μια τεχνολογία που λειτουργεί υπό προσεκτικά διαχειριζόμενες συνθήκες δεν λειτουργεί πάντοτε και σε πιο ετερογενείς ή λιγότερο ελεγχόμενες συνθήκες. Στην ΑΤΥ, η efficacy αναφέρεται στο πλεονέκτημα της χρήσης μιας τεχνολογίας για ένα συγκεκριμένο πρόβλημα υπό ιδανικές συνθήκες, π.χ., στο πρωτόκολλο ενός προσεκτικά διαχειριζόμενου RCT, που περιλαμβάνει ασθενείς που πληρούν στενά καθορισμένα κριτήρια ή διεξάγονται σε ένα «κέντρο αριστείας». Η effectiveness αναφέρεται στο όφελος της χρήσης μιας τεχνολογίας για ένα συγκεκριμένο πρόβλημα υπό γενικές ή συνήθεις συνθήκες, π.χ. από ιατρό σε κοινοτικό νοσοκομείο για διάφορους τύπους ασθενών. Ενώ η efficacy απαντά στην ερώτηση, "Μπορεί να λειτουργήσει;" (στις καλύτερες συνθήκες), η effectiveness απαντά στην ερώτηση "Λειτουργεί;" (σε πραγματικές συνθήκες).

- Οικονομικά χαρακτηριστικά ή επιπτώσεις.

Τα οικονομικά χαρακτηριστικά ή οι επιπτώσεις των τεχνολογιών υγείας μπορεί να είναι μικροοικονομικά και μακροοικονομικά. Οι μικροοικονομικές ανησυχίες περιλαμβάνουν κόστος, τιμές, χρεώσεις και επίπεδα πληρωμής που σχετίζονται με μεμονωμένες τεχνολογίες. Άλλες ανησυχίες περιλαμβάνουν συγκρίσεις των απαιτήσεων πόρων και των αποτελεσμάτων (ή των πλεονεκτημάτων) των τεχνολογιών για συγκεκριμένες εφαρμογές, όπως η αποτελεσματικότητα κόστους, η χρησιμότητα κόστους και το όφελος κόστους. Η τεχνολογία υγείας μπορεί να έχει ή να συμβάλει σε ένα ευρύ φάσμα μακροοικονομικών επιπτώσεων. Αυτές περιλαμβάνουν επιπτώσεις σε: το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν ενός έθνους, το εθνικό κόστος υγειονομικής περίθαλψης και την κατανομή πόρων σε υγειονομική περίθαλψη και άλλους βιομηχανικούς τομείς και στο διεθνές εμπόριο. Η τεχνολογία υγείας μπορεί επίσης να είναι ένας παράγοντας σε εθνικά και παγκόσμια πρότυπα επενδύσεων, καινοτομίας, ανταγωνιστικότητας, μεταφοράς τεχνολογίας και απασχόλησης (π.χ. μέγεθος εργατικού δυναμικού και κινητικότητα). Άλλα μακροοικονομικά ζητήματα που σχετίζονται με τις τεχνολογίες υγείας περιλαμβάνουν τις επιπτώσεις των πολιτικών πνευματικής ιδιοκτησίας (π.χ. για την προστασία των διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας), τη ρύθμιση, την πληρωμή από τρίτους και άλλες αλλαγές πολιτικής που επηρεάζουν την τεχνολογική καινοτομία, υιοθέτηση, διάδοση και χρήση.

- Κοινωνικές, νομικές, ηθικές και / ή πολιτικές επιπτώσεις

Ηθικά, νομικά και κοινωνικά ζητήματα προκύπτουν στο ΑΤΥ με τη μορφή κανονιστικών εννοιών (π.χ. αποτίμηση της ανθρώπινης ζωής) ,επιλογές για το πώς και πότε να χρησιμοποιηθούν

τεχνολογίες, έρευνα και πρόοδο της γνώσης ,κατανομή των πόρων, και η ακεραιότητα των διεργασιών ΑΤΥ (Heitman, 1998)

4.6 Βασικά βήματα της Αξιολόγησης Τεχνολογιών Υγείας

Η ΑΤΥ έχει ένα μεγάλο εύρος εφαρμογής, μεγάλη ποικιλία επιλογής μεθόδων και επίπεδα λεπτομέρειας. Ωστόσο, οι περισσότερες δραστηριότητες της ΑΤΥ περιλαμβάνουν κάποια μορφή από τα παρακάτω βασικά βήματα

1. Να ερευνήσει ποια είναι τα θέματα ως προς αξιολόγηση.
2. Να προσδιορίσει το πρόβλημα και τις ερωτήσεις που θα τεθούν για την αξιολόγηση.
3. Να καθορίσει τον τόπο διεξαγωγής ή τον υπεύθυνο για αξιολόγηση.
4. Να αποκτήσει τα διαθέσιμα σχετικά αποδεικτικά στοιχεία.
5. Να δημιουργήσει ή και συλλέξει νέα αποδεικτικά στοιχεία.
6. Να εκτιμήσει και να ερμηνεύσει την ποιότητα των αποδεικτικών στοιχείων.
7. Η ενσωμάτωση / σύνθεση στοιχείων.
8. Διατύπωση των ευρημάτων και δημιουργία συστάσεων.
9. Διάδοση των ευρημάτων και των συστάσεων.
10. Συνεχής έλεγχος του αντίκτυπου.

Όλα αυτά τα βήματα δεν διεξάγονται από όλα τα προγράμματα αξιολόγησης και επίσης δεν διεξάγονται απαραίτητα με γραμμικό τρόπο. Πολλά προγράμματα ΑΤΥ βασίζονται σε μεγάλο βαθμό σε ολοκληρωμένες μεθόδους αναθεώρησης και σύνθεσης δεδομένων, με βάση υπάρχουσες σχετικές πρωτογενείς μελέτες δεδομένων. Ορισμένες προσπάθειες αξιολόγησης περιλαμβάνουν πολλούς κύκλους ανάκτησης / συλλογής, ερμηνείας και ενσωμάτωσης στοιχείων πριν από την ολοκλήρωση μιας αξιολόγησης. Τα βήματα της αξιολόγησης και της ενσωμάτωσης των αποδεικτικών στοιχείων μπορούν να γίνονται κατ' επανάληψη, όπως όταν οι μελέτες πρωτογενών δεδομένων αξιολογούνται ξεχωριστά για την ποιότητα και στη συνέχεια ενσωματώνονται σε ένα σύνολο αποδεικτικών στοιχείων. Ανάλογα με τις συνθήκες που διεξάγεται η αξιολόγηση, η διάδοση των ευρημάτων και των συστάσεων και η παρακολούθηση των επιπτώσεων ενδέχεται να μην αποτελούν μέρος της ίδιας της αξιολόγησης. (Goodman)

4.7 Συνέπειες Τεχνολογιών Υγείας και μέτρηση των αποτελεσμάτων

Η Αξιολόγηση Τεχνολογιών Υγείας διερευνά τις ακούσιες συνέπειες των τεχνολογιών υγείας καθώς και τις σκόπιμες, οι οποίες μπορεί να περιλαμβάνουν ορισμένους ή όλους τους τύπους επιπτώσεων που έχουν αξιολογηθεί. Ορισμένες ακούσιες συνέπειες περιλαμβάνουν ή οδηγούν σε απροσδόκητες χρήσεις τεχνολογιών.

Τεχνολογία	Προβλεπόμενες χρήσεις	Ακούσιες συνέπειες
Αντιβιοτικά (αντιβακτηριακά)	Σκοτώνει ή αναστέλλει την ανάπτυξη βακτηρίων που προκαλούν μολυσματικές ασθένειες	Υπερβολική χρήση και ακατάλληλη χρήση που οδηγεί σε βακτηριακά στελέχη ανθεκτικά σε πολλαπλά φάρμακα
Αντιρετροϊκή θεραπεία (ART)	Θεραπεία του HIV / AIDS	Επιστροφή σε επικίνδυνες σεξουαλικές συμπεριφορές σε ορισμένες ομάδες ασθενών
Ασπιρίνη	Ανακουφίζει τον πόνο, τον πυρετό, τη φλεγμονή	Αντιαιμοπετάλια για την πρόληψη θρόμβων αίματος
Βαριατρική χειρουργική	Απώλεια βάρους σε παχύσαρκους ασθενείς	Θεραπεία ή ύφεση διαβήτη τύπου 2 σε παχύσαρκους ασθενείς
Ιατρική υπερηχογραφία	Οπτικοποίηση δομών και ροής αίματος στο σώμα σε πραγματικό χρόνο	Επιλογή εμβρυϊκού σεξ
Διάγνωση καρκίνου του προστάτη με δοκιμή PSA	Ανίχνευση του καρκίνου του προστάτη αρκετά νωρίς θεραπεία	Επεμβατικές δοκιμές, θεραπείες και ανεπιθύμητες ενέργειες για άνδρες με περιπτώσεις αργής ανάπτυξης / χαμηλού κινδύνου που δεν θα προκαλέσουν ποτέ συμπτώματα
Sildenafil	Καρδιαγγειακές διαταραχές, υπέρταση	Αντιμετώπιση ανδρικής σεξουαλικής δυσλειτουργίας

Πίνακας. 2 Τεχνολογίες χρήσεις και συνέπειες (Goodman)

Οι μεταβλητές έκβασης της υγείας χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της ασφάλειας, της αποτελεσματικότητας και της αποτελεσματικότητας των τεχνολογιών υγειονομικής περίθαλψης. Οι κύριες κατηγορίες αποτελεσμάτων υγείας είναι:

- Θνησιμότητα (ποσοστό θανάτου)
- Νοσηρότητα (ποσοστό νόσου)
- Ανεπιθύμητες ενέργειες στην υγεία (π.χ. επιβλαβείς παρενέργειες)
- Ποιότητα ζωής
- Λειτουργική κατάσταση
- Ικανοποίηση ασθενούς

Για παράδειγμα, για μια θεραπεία καρκίνου, το κύριο αποτέλεσμα ενδιαφέροντος μπορεί να είναι το πενταετές ποσοστό επιβίωσης, για τη θεραπεία της στεφανιαίας νόσου η εμφάνιση θανατηφόρου ή μη θανατηφόρου οξέος εμφράγματος του μυοκαρδίου. Παρόλο που η

θνησιμότητα, η νοσηρότητα και οι ανεπιθύμητες ενέργειες είναι συνήθως τα αποτελέσματα με το μεγαλύτερο ενδιαφέρον, και οι άλλοι τύποι αποτελεσμάτων είναι συχνά σημαντικοί .

Στις κλινικές δοκιμές και άλλες μελέτες που συγκρίνουν εναλλακτικές θεραπείες, η επίδραση στα αποτελέσματα μιας θεραπείας στην υγεία σε σχέση με μια άλλη (π.χ., μια νέα θεραπεία έναντι μιας θεραπείας ελέγχου) μπορεί να εκφραστεί χρησιμοποιώντας διάφορα μέτρα της επίδρασης της θεραπείας. Αυτά τα μέτρα συγκρίνουν την πιθανότητα ενός δεδομένου αποτελέσματος για την υγεία στην ομάδα θεραπείας με την πιθανότητα του ίδιου αποτελέσματος σε μια ομάδα ελέγχου. Παραδείγματα είναι η απόλυτη μείωση κινδύνου (absolute risk reduction), ο λόγος πιθανότητας (odds ratio), ο χρόνος που απαιτείται για τη θεραπεία και το μέγεθος του αποτελέσματος.

Μια μελέτη για την επίδραση του προσυμπτωματικού ελέγχου του καρκίνου του μαστού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αντιπαραβάλει διάφορα μέτρα επίδρασης στη θεραπεία και να δείξει πώς μπορούν να δώσουν διαφορετικές εντυπώσεις σχετικά με την αποτελεσματικότητα μιας παρέμβασης. Τα αποτελέσματα ενός μεγάλου RCT που διεξήχθη για να προσδιορίσει την επίδραση της μαστογραφικής εξέτασης στη θνησιμότητα από καρκίνο του μαστού. Στη δοκιμή συμμετείχαν περισσότερες από 42.000 γυναίκες που ήταν άνω των 45 ετών. Οι μισές από τις γυναίκες κλήθηκαν να κάνουν μαστογραφικό έλεγχο και αντιμετωπίστηκαν ανάλογα με τις ανάγκες. Οι άλλες γυναίκες (ομάδα ελέγχου) δεν προσκλήθηκαν για έλεγχο. Η έκθεση αυτής της δοκιμής αναφέρει ότι "συνολικά, οι γυναίκες στην ομάδα μελέτης ηλικίας> 55 είχαν μείωση 20% στη θνησιμότητα από καρκίνο του μαστού." Παρόλο που αυτή η δήλωση σχετικής μείωσης του κινδύνου είναι αληθινή, βασίζεται στη μείωση από ένα ήδη χαμηλό συμβάν στην ομάδα ελέγχου σε ένα ακόμη χαμηλότερο στην ομάδα μελέτης. Ο υπολογισμός άλλων τύπων μέτρων θεραπείας παρέχει σημαντικές πρόσθετες πληροφορίες. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τον αριθμό των γυναικών ηλικίας 55 ετών και θανάτων από καρκίνο του μαστού στην ομάδα ελέγχου και στην ομάδα μελέτης, αντίστοιχα. Με βάση αυτά τα αποτελέσματα, υπολογίζονται τέσσερα μέτρα επίδρασης θεραπείας. (Goodman)

Ομάδα	Ασθενείς	Θάνατοι από το καρκίνο του μαστού	Πιθανότητα θανάτου από το καρκίνο του μαστού	Relative risk reduction	Absolute reduction	Odds ratio	Αριθμός που πρέπει να ελεγχθεί ώστε να αποφευχθεί ένας θάνατος
Μελέτης (Screened)	13,107	35	Pc= 0.0027	20.6%	0.0007	0.79	1,429
Ελέγχου (Control)	13,113	44	Pc= 0.0034	–	–	–	–

Πίνακας. 3 Μέτρα επίδρασης θεραπείας για δυο ομάδες ελέγχου

Όπου: Relative risk reduction = $\frac{P_c - P_s}{P_c}$

Absolute risk reduction: P_c - P_s

Odds ratio = $\frac{\frac{P_S}{1-P_S}}{\frac{P_C}{1-P_C}}$

Αριθμός που πρέπει να ελεγχθεί ώστε να αποφευχθεί ένας θάνατος = $\frac{1}{P_C - P_S}$

Η απόλυτη μείωση κινδύνου είναι η διαφορά στο ποσοστό των ανεπιθύμητων ενεργειών μεταξύ της ομάδας ελέγχου και της ομάδας μελέτης. Σε αυτήν τη δοκιμή, η απόλυτη μείωση του κινδύνου είναι 0,0007 η οποία σημαίνει ότι το απόλυτο αποτέλεσμα της εξέτασης ήταν η μείωση της συχνότητας θνησιμότητας από καρκίνο του μαστού κατά 7 θανάτους ανά 10.000 γυναίκες που ελέγχθηκαν ή 0,07%.

Τα μέτρα για τη μέτρηση των αποτελεσμάτων υγείας χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει βιοδείκτες (biomarkers), τα ενδιάμεσα τελικά σημεία και τα υποκατάστατα τελικά σημεία. Οι βιοδείκτες είναι ποσοτικές μεταβλητές ή χαρακτηριστικά που χρησιμοποιούνται ως δείκτες μιας φυσιολογικής βιολογικής διαδικασίας, της κατάστασης μιας ασθένειας ή ενός αποτελέσματος μιας θεραπείας. Τα ενδιάμεσα τελικά σημεία είναι ένα μη τελικά σημεία (π.χ. την όχι θνησιμότητα ή νοσηρότητα) που μπορεί να σχετίζεται με την κατάσταση της νόσου ή την πρόοδο προς ένα τελικό σημείο όπως η θνησιμότητα ή η νοσηρότητα. Ένα υποκατάστατο τελικό σημείο είναι ένα μέτρο (συνήθως βιοδείκτης) που χρησιμοποιείται ως υποκατάστατο ενός κλινικού τελικού σημείου ενδιαφέροντος, όπως η νοσηρότητα και η θνησιμότητα. Για παράδειγμα συνήθως χρησιμοποιούνται σε κλινικές δοκιμές όταν δεν είναι πρακτικό να μετρηθεί το κύριο τελικό σημείο κατά τη διάρκεια της δοκιμής, όπως όταν η παρατήρηση του κλινικού τελικού σημείου απαιτεί χρόνια παρακολούθησης. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει τα μέτρα της ποιότητα ζωής (Quality of Life Measures- QoL) παρέχουν μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα των τρόπων με τους οποίους η υγειονομική περίθαλψη επηρεάζει τους ασθενείς . Τα μέτρα QoL καταγράφουν διαστάσεις όπως: τη σωματική, τη κοινωνική, τη γνωστική λειτουργία, το άγχος, το σωματικό πόνο, τον ύπνο, την ενέργεια / κόπωση και τη γενική αντίληψη για την υγεία. Η τελευταία κατηγορία είναι ο χρόνος ζωής προσαρμοσμένος στην υγεία (Health-Adjusted Life Years). Η (HALYs) αναγνωρίζει ότι οι αλλαγές στην κατάσταση υγείας ενός ατόμου ή το εμπόδιο για την υγεία του πληθυσμού, αντικατοπτρίζουν όχι μόνο τη διάσταση του προσδόκιμου ζωής αλλά και τη ποιότητας ζωής του (QoL) ή της λειτουργικής του κατάστασης. Οι κύριοι τύποι των Health-Adjusted Life Years (HALYs) είναι τα έτη ζωής προσαρμοσμένα στη ποιότητα (QALYs),τα έτη ζωής προσαρμοσμένα στην αναπηρία (DALYs) και ισοδύναμα τα υγιή έτη (HYEs). (Goodman)

4.8 Κύριοι τύποι οικονομικής ανάλυσης στην ΑΤΥ

Υπάρχει μια ποικιλία προσεγγίσεων για την οικονομική ανάλυση, η καταλληλόλητα οποιασδήποτε από αυτές εξαρτάται από το σκοπό της αξιολόγησης και τη διαθεσιμότητα δεδομένων και άλλων πόρων. Είναι σπάνια δυνατό ή απαραίτητο να προσδιοριστούν και να ποσοτικοποιηθούν όλα τα κόστη και όλα τα αποτελέσματα και οι μονάδες που χρησιμοποιούνται για τον ποσοτικό προσδιορισμό αυτών ενδέχεται να διαφέρουν. Οι κύριοι τύποι οικονομικής ανάλυσης που χρησιμοποιούνται στην ΑΤΥ περιλαμβάνουν τα ακόλουθα. (Goodman)

- Ανάλυση κόστους-ασθένειας: προσδιορισμός του οικονομικού αντίκτυπου μιας ασθένειας ή κατάστασης (συνήθως σε δεδομένο πληθυσμό, περιοχή ή χώρα), π.χ. καπνίσματος, αρθρίτιδας ή διαβήτη, συμπεριλαμβανομένων των σχετικών δαπανών θεραπείας
- Ανάλυση ελαχιστοποίησης κόστους: προσδιορισμός των λιγότερο δαπανηρών μεταξύ εναλλακτικών παρεμβάσεων που θεωρείται ότι παράγουν ισοδύναμα αποτελέσματα
- Ανάλυση κόστους-αποτελεσματικότητας (CEA): σύγκριση του κόστους σε νομισματικές μονάδες με αποτελέσματα σε ποσοτικές μη νομισματικές μονάδες, π.χ. μειωμένη θνησιμότητα ή νοσηρότητα
- Ανάλυση κόστους-χρησιμότητας (CUA): μια μορφή ανάλυσης κόστους-αποτελεσματικότητας που συγκρίνει το κόστος σε νομισματικές μονάδες με τα αποτελέσματα όσον αφορά τη χρησιμότητά τους, συνήθως με τον ασθενή, που μετράτε, π.χ.
- Ανάλυση κόστους-συνεπειών: μια μορφή ανάλυσης κόστους-αποτελεσματικότητας που παρουσιάζει το κόστος και τα αποτελέσματα σε διακριτές κατηγορίες, χωρίς να τα συγκεντρώνει ή να σταθμίζει
- Ανάλυση κόστους-οφέλους (CBA): συγκρίνει το κόστος και τα οφέλη, και τα δύο ποσοτικοποιούνται σε κοινές νομισματικές μονάδες.
- Ανάλυση αντίκτυπου προϋπολογισμού (BIA): καθορίζει τον αντίκτυπο της εφαρμογής ή της υιοθέτησης μιας συγκεκριμένης τεχνολογίας ή πολιτικής που σχετίζεται με την τεχνολογία σε έναν καθορισμένο προϋπολογισμό, π.χ., ενός συνταγογραφούμενου φαρμάκου ή ενός σχεδίου υγείας.

Η ανάλυση ελαχιστοποίησης κόστους, η CEA και η CUA σχετίζονται αναγκαστικά με συγκρίσεις εναλλακτικών παρεμβάσεων. Μια τεχνολογία δεν μπορεί να είναι απλώς αποδοτική από μόνη της, μπορεί να είναι και οικονομικά αποδοτική σε σύγκριση με κάτι άλλο. Η CBA, επειδή μετρά το κόστος και τα αποτελέσματα σε νομισματικούς όρους, επιτρέπει τη σύγκριση διαφορετικών τεχνολογιών, π.χ., χειρουργική επέμβαση μοσχεύματος παράκαμψης στεφανιαίας αρτηρίας και εξέταση για καρκίνο του μαστού. Ένα μειονέκτημα της CBA είναι η δυσκολία εκχώρησης χρηματικών αξιών σε όλα τα σχετικά αποτελέσματα, συμπεριλαμβανομένων των αλλαγών στη διάρκεια ή την ποιότητα ζωής. Η CEA αποφεύγει αυτόν τον περιορισμό χρησιμοποιώντας περισσότερες άμεσες ή φυσικές μονάδες αποτελεσμάτων όπως ζωές που σώθηκαν ή αποτροπές εγκεφαλικών επεισοδίων. Ως εκ τούτου, το CEA μπορεί να συγκρίνει μόνο τεχνολογίες των οποίων τα αποτελέσματα μετρώνται στις ίδιες μονάδες. Στη CUA, εκτιμήσεις χρησιμότητας αποδίδονται στα αποτελέσματα της υγείας, επιτρέποντας συγκρίσεις διαφορετικών τεχνολογιών.

Δύο βασικές προσεγγίσεις για την CBA είναι η προσέγγιση αναλογίας και η προσέγγιση καθαρού οφέλους. Η προσέγγιση αναλογίας δείχνει το ποσό των ωφελειών (ή των αποτελεσμάτων) που μπορούν να πραγματοποιηθούν ανά μονάδα δαπάνης σε μια τεχνολογία έναντι ενός συγκρινόμενου. Στην προσέγγιση αναλογίας, μια τεχνολογία είναι συμφέρουσα από άποψη κόστους έναντι ενός συγκρινόμενου εάν ο λόγος της μεταβολής του κόστους προς τη μεταβολή των παροχών είναι μικρότερος από έναν. Η προσέγγιση καθαρών παροχών δείχνει το απόλυτο χρηματικό ποσό που εξοικονομήθηκε ή χάθηκε λόγω της χρήσης μιας τεχνολογίας έναντι ενός συγκρινόμενου. Στη διατύπωση καθαρών οφελών, μια τεχνολογία είναι συμφέρουσα από άποψη κόστους έναντι ενός συγκρινόμενου, εάν η καθαρή μεταβολή των παροχών υπερβαίνει την καθαρή μεταβολή του κόστους. Η επιλογή μεταξύ προσέγγισης αναλογίας και προσέγγισης καθαρών οφελών για CBA μπορεί να επηρεάσει τα ευρήματα. Η επιλεγείσα προσέγγιση μπορεί να εξαρτάται από παράγοντες όπως το εάν το κόστος πρέπει να περιορίζεται σε ένα ορισμένο

επίπεδο, εάν η πρόθεση είναι να μεγιστοποιήσει το απόλυτο επίπεδο ωφελημάτων, εάν η πρόθεση είναι να ελαχιστοποιηθεί ο λόγος κόστους / οφέλους ανεξάρτητα από το απόλυτο επίπεδο κόστους. Πράγματι, υπό ορισμένες συνθήκες, αυτές οι δύο βασικές προσεγγίσεις μπορούν να αποδώσουν διαφορετικές προτιμήσεις μεταξύ των εναλλακτικών τεχνολογιών.

Οι βασικοί τύποι για τον προσδιορισμό CEA, CUA και CBA, όπου A: Τεχνολογία A, C: Τεχνολογία C (συγκρινόμενη)

Cost-Effectiveness Ratio:

$$\text{CB Ratio} = \frac{\$Cost_A - \$Cost_C}{Effect_A - Effect_C}$$

Για παράδειγμα: “$45,000 per life-year saved” or “$10,000 per lung cancer case averted”

Cost-Utility Ratio:

$$\text{CU Ratio} = \frac{\$Cost_A - \$Cost_C}{Utile_A - Utile_C}$$

Utiles, units of utility or preference, are often measured in QALYs. Για παράδειγμα: “$150,000 per QALY gained” or “$12,000 per QALY gained”

Cost-Benefit, Ratio Approach:

$$\text{CB Ratio} = \frac{\$Cost_A - \$Cost_C}{\$Benefit_A - \$Benefit_C}$$

Για παράδειγμα: “Cost-benefit ratio of 1.2”

Cost-Benefit, Net Benefit Approach:

$$\text{CB Net} = (\$Cost_A - \$Cost_C) – (\$Benefit_A - \$Benefit_C)$$

Για παράδειγμα: “Net cost of $10,000”

4.9 Σχέση κόστους αποτελεσματικότητας (Cost Effectiveness Plane)

Αν εξεταστεί το κόστος και η αποτελεσματικότητα μιας νέας παρέμβασης σε τέσσερα τεταρτημόρια ενός επιπέδου κόστους-αποτελεσματικότητας. Ξεκινώντας με το άνω γράφημα, το επίπεδο κόστους και το επίπεδο αποτελεσματικότητας για το τρέχον επίπεδο φροντίδας υποδεικνύονται με το "X" στο κέντρο. Μια νέα παρέμβαση μπορεί να έχει υψηλότερο ή χαμηλότερο κόστος και υψηλότερη ή χαμηλότερη αποτελεσματικότητα, έτσι ώστε η περίπτωση μας να εμπίπτει σε ένα από τα τέσσερα τεταρτημόρια (περιπτώσεις) που περιβάλλουν το κόστος και την αποτελεσματικότητα του επιπέδου φροντίδας. Όπως φαίνεται στο μεσαίο γράφημα, εάν η νέα παρέμβασης εμπίπτει σε ένα από τα δύο τεταρτημόρια, δηλαδή, όπου η νέα παρέμβαση έχει υψηλότερο κόστος και χαμηλότερη αποτελεσματικότητα (υποδεικνύοντας ότι «κυριαρχείται» και

πρέπει να απορριφθεί), ή αν έχει χαμηλότερο κόστος και υψηλότερη αποτελεσματικότητα (υποδεικνύοντας ότι είναι «κυρίαρχο» και πρέπει να υιοθετηθεί), τότε δεν απαιτείται περαιτέρω ανάλυση. Εάν όμως η νέας παρέμβαση εμπίπτει σε ένα από τα άλλα δύο τεταρτημόρια, δηλαδή, όπου η νέα παρέμβαση έχει υψηλότερο κόστος και υψηλότερη αποτελεσματικότητα, ή έχει χαμηλότερο κόστος και χαμηλότερη αποτελεσματικότητα, τότε η ανάλυση ζυγίζει το οριακό κόστος και ενδέχεται να απαιτείται η σύγκριση της αποτελεσματικότητας της νέας παρέμβασης σε σχέση με τη υπάρχουσα.

Στη περίπτωση που υπάρχει ανάγκη στάθμισης του κόστους και της αποτελεσματικότητας, ενδέχεται η οριακή αντιστάθμιση του κόστους και των αποτελεσμάτων να είναι τόσο υψηλή ή χαμηλή που η απόφαση να είναι προφανής. Όταν η νέα παρέμβαση αποδίδει μόνο πολύ χαμηλό περιθωριακό κέρδος στην αποτελεσματικότητα με πολύ υψηλό οριακό κόστος τότε η νέα παρέμβαση απορρίπτεται, ενώ όταν αποδίδει πολύ υψηλές οριακές βελτιώσεις στην αποτελεσματικότητα με πολύ χαμηλό περιθωριακό κόστος τότε η νέα παρέμβαση συνιστάται να υιοθετηθεί.

4.10 Βασικά χαρακτηριστικά των αναλύσεων κόστους

Οι προσεγγίσεις για τον υπολογισμό του κόστους και των αποτελεσμάτων στις αναλύσεις κόστους μπορεί να ποικίλλουν από διαφορετικές απόψεις ,όπως η επιλογή του συγκρινόμενου, η προοπτική της οικονομικής ανάλυσης και ο χρονικός ορίζοντας της ανάλυσης. Μια βασική «λίστα ελέγχου» αυτών των χαρακτηριστικών εμφανίζεται εν συντομία παρακάτω. Αυτά τα χαρακτηριστικά πρέπει να εξεταστούν προσεκτικά από τους ερευνητές που σχεδιάζουν και διεξάγουν αναλύσεις κόστους, αξιολογητές που εξετάζουν ή αξιολογούν αναφορές αυτών των αναλύσεων και από υπεύθυνους χάραξης πολιτικής που σκοπεύουν να κάνουν χρήση των ευρημάτων με βάση αυτές τις αναλύσεις. Λαμβάνοντας υπόψη τους διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους μπορεί να προσδιοριστεί το κόστος και τα αποτελέσματα, όλες οι μελέτες πρέπει να καταστήσουν σαφή τη μεθοδολογία τους από αυτή την άποψη. Χαρακτηριστικά που πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν κατά το σχεδιασμό και τον έλεγχο των αναλύσεων κόστους (Goodman)

- Συγκρινόμενη τεχνολογία

Οποιαδήποτε ανάλυση κόστους μιας παρέμβασης έναντι μιας άλλης πρέπει να είναι συγκεκριμένη για την σύγκριση. Αυτό μπορεί να είναι πρότυπο φροντίδας (τρέχουσα βέλτιστη πρακτική), ελάχιστη πρακτική ή χωρίς παρέμβαση. Ορισμένες αναλύσεις που δηλώνουν την ανωτερότητα μιας νέας παρέμβασης μπορεί να έχουν χρησιμοποιήσει μια συγκρινόμενη τεχνολογία που δεν είναι χρησιμοποιείται πλέον στην πράξη ή θεωρείται υπό-τυποποιημένη περίθαλψη ή που δεν είναι κατάλληλη για τον πληθυσμό ασθενών που μας ενδιαφέρει.

- Προοπτική

Η προοπτική μιας ανάλυσης κόστους αναφέρεται στην άποψη στην οποία πραγματοποιούνται το κόστος και τα αποτελέσματα. Για παράδειγμα, η προοπτική μπορεί να είναι αυτή της κοινωνίας συνολικά, ενός τρίτου πληρωτή, ενός γιατρού, ενός νοσοκομείου ή ενός ασθενούς. Σαφώς, το κόστος και τα αποτελέσματα δεν πραγματοποιούνται με τον ίδιο τρόπο από καθεμία από αυτές τις

προοπτικές. Πολλοί αναλυτές προτιμούν τη χρήση της ευρείας κοινωνικής προοπτικής που επιδιώκει να εντοπίσει ανάλογα όλα τα κόστη και όλα τα αποτελέσματα.

- Επιλεγμένα αποτελέσματα / τελικά σημεία
- Efficacy ή effectiveness
- Μέθοδος καταγραφής δεδομένων
- Άμεσες δαπάνες (υγειονομική περίθαλψη και μη υγειονομική περίθαλψη)

Άμεσες δαπάνες. Το άμεσο κόστος αντιπροσωπεύει την αξία όλων των αγαθών, υπηρεσιών και άλλων πόρων που καταναλώνονται για την παροχή υγειονομικής περίθαλψης ή για την αντιμετώπιση παρενεργειών ή άλλων τρεχουσών και μελλοντικών συνεπειών της υγειονομικής περίθαλψης. Δύο τύποι άμεσων δαπανών είναι το άμεσο κόστος υγειονομικής περίθαλψης και το άμεσο κόστος μη υγειονομικής περίθαλψης. Οι άμεσες δαπάνες υγειονομικής περίθαλψης περιλαμβάνουν το κόστος ιατροφαρμακευτικών υπηρεσιών, νοσοκομειακών υπηρεσιών, φαρμάκων κ.λπ. Άμεσα έξοδα υγειονομικής περίθαλψης πραγματοποιούνται σε σχέση με την υγειονομική περίθαλψη, όπως για τη φροντίδα που παρέχεται από μέλη της οικογένειας και μεταφορά από και προς τον τόπο φροντίδας.

- Έμμεσο κόστος (π.χ. απώλεια παραγωγικότητας)

Οι αναλύσεις πρέπει να αντιπροσωπεύουν το έμμεσο κόστος, μερικές φορές γνωστό ως «απώλειες παραγωγικότητας». Σε αυτά περιλαμβάνονται το κόστος της χαμένης εργασίας λόγω απουσίας ή πρόωρης συνταξιοδότησης, μειωμένη παραγωγικότητα στην εργασία και χαμένη ή μειωμένη δραστηριότητα αναψυχής. Το έμμεσο κόστος περιλαμβάνει επίσης το κόστος της πρόωρης θνησιμότητας. Το άυλο κόστος του πόνου, της ταλαιπωρίας και της θλίψης είναι πραγματικό, αλλά είναι πολύ δύσκολο να μετρηθεί και συχνά παραλείπεται από τις αναλύσεις κόστους.

- Πραγματικό κόστος έναντι χρεώσεων / τιμών
- Οριακό κόστος έναντι μέσου κόστους

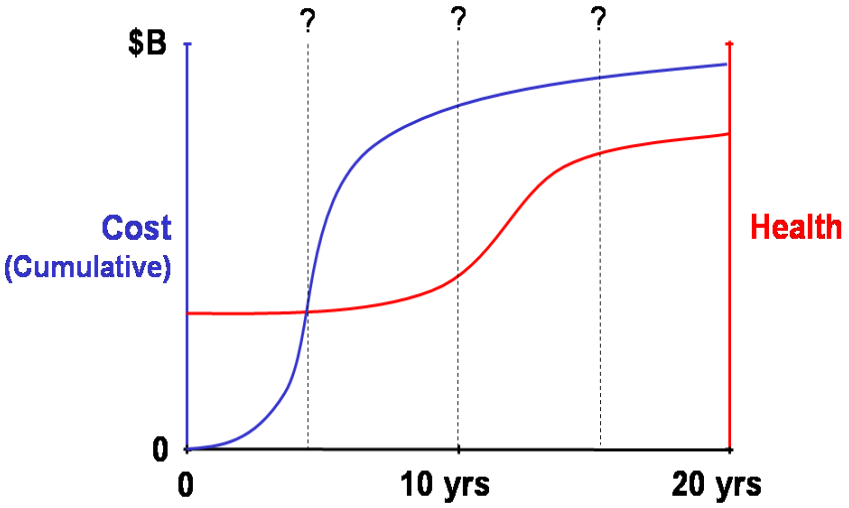
Πριν ξεκινήσει η αξιολόγηση πρέπει να καταστεί σαφές εάν το μέσο κόστος ή το οριακό κόστος θα χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση. Η ανάλυση μέσου κόστους λαμβάνει υπόψιν το συνολικό (ή απόλυτο) κόστος και τα αποτελέσματα μιας παρέμβασης ενώ αντίστοιχα η ανάλυση οριακού κόστους εξετάζει τον τρόπο με τον οποίο τα αποτελέσματα αλλάζουν σύμφωνα με τις αλλαγές στο κόστος, το οποίο μπορεί να παρέχει περισσότερες πληροφορίες σχετικά με το αν χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά οι πόροι. Η ανάλυση οριακού κόστους μπορεί να αποδείξει ότι μετά από ένα ορισμένο επίπεδο δαπανών, τα πρόσθετα οφέλη δεν αξίζουν πλέον το πρόσθετο κόστος. Στο παρακάτω πίνακα φαίνεται πως το μέσο κόστος ανά επιθυμητό αποτέλεσμα από διάφορες επαναληπτικές εξετάσεις διαλογής μπορεί να φαίνεται ικανοποιητικό (π.χ. 2.451 $ ανά περίπτωση καρκίνου του παχέος εντέρου που ανιχνεύεται με συνολικά έξι εξετάσεις ανά άτομο). Όμως ότι η ανάλυση οριακού κόστους δείχνει ότι το πρόσθετο κόστος ανά τεστ ανά άτομο στο οποίο μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι με τη προσθήκη του έκτου τεστ για την ανίχνευση άλλης περίπτωσης καρκίνου θα ήταν τεράστιο. Συγκεκριμένα μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι το κόστος από 4,724,695$ που ήταν στο 5^{ο} τεστ , με το 6^{ο} τεστ γίνεται 47,107,214$.

No.of tests	No.of cancers detected	Additional cancers detected	Total cost of diagnosis ($)	Additional cost of diagnosis ($)	Average cost per cancer detected ($)	Marginal cost per cancer detected ($)
1	65.9469	65.9469	77,511	77,511	1,175	1,175
2	71.4424	5.4956	107,690	30,179	1,507	5,492
3	71.9004	0.4580	130,199	22,509	1,810	49,150
4	71.9385	0.0382	148,116	17,917	2,059	469,534
5	71.9417	0.0032	163,141	15,024	2,268	4,724,695
6	71.9420	0.0003	176,331	13,190	2,451	**47,107,214**

Πίνακας. 4 Κόστος ανίχνευσης του καρκίνου με διαδοχικά τεστ

- Χρονικός ορίζοντας της ανάλυσης

Η ερμηνεία των αναλύσεων κόστους πρέπει να λάβει υπόψη ότι ο χρονικός ορίζοντας (ή το χρονικό πλαίσιο) μιας μελέτης είναι πιθανό να επηρεάσει τα ευρήματα σχετικά με το σχετικό μέγεθος των δαπανών και των αποτελεσμάτων μιας παρέμβασης στην υγειονομική περίθαλψη. Το κόστος και τα αποτελέσματα που σχετίζονται με μια συγκεκριμένη παρέμβαση συνήθως δεν συγκεντρώνονται σε σταθερές ροές με την πάροδο του χρόνου. Οι ουσιαστικοί χρονικοί ορίζοντες για την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας κόστους, π.χ. των επιφανειακών επεμβάσεων έκτακτης ανάγκης, της μείωσης της χοληστερόλης σε ενήλικες υψηλού κινδύνου και της πρόληψης του καπνίσματος σε εφήβους είναι πιθανό να είναι αρκετά διαφορετικοί. Για παράδειγμα, μια ανάλυση που πραγματοποιήθηκε για το πρόγραμμα Medicare στις Η.Π.Α. για τον προσδιορισμό του κόστους και του χρόνου ανταλλαγής αιμοκάθαρσης και μεταμόσχευσης νεφρού έδειξε ότι οι ετήσιες δαπάνες από το Πρόγραμμα Νεφρικής Νόσου Medicare End-Stage για έναν ασθενή με αιμοκάθαρση ήταν 32.000 $. Αν και οι ασθενείς με λειτουργικά μεταμοσχευμένα νεφρά απαιτούσαν δαπάνες πρώτου έτους 56.000 $, κόστισαν το Medicare μόνο κατά μέσο όρο 6.400 $ κατά τα επόμενα έτη. Κατά μέσο όρο, το εκτιμώμενο αθροιστικό κόστος της αιμοκάθαρσης και της μεταμόσχευσης έφτασε σε ένα οριακό σημείο σε περίπου τρία χρόνια, μετά το οποίο η μεταμόσχευση παρείχε καθαρό οικονομικό κέρδος σε σύγκριση με την αιμοκάθαρση, σύμφωνα με την ανάλυση. (Rettig, 1991)



Σχήμα 9 Κόστος και υγεία

Τα περισσότερα από τα οφέλη για την υγεία που προκύπτουν από την επένδυση σε ένα πρόγραμμα υγείας πραγματοποιούνται χρόνια μετά τις περισσότερες δαπάνες, κάθε προσδιορισμός της σχέσης κόστους / αποτελεσματικότητας ενός συγκεκριμένου προγράμματος υγείας μπορεί να ποικίλλει σε μεγάλο βαθμό ανάλογα με τον χρονικό ορίζοντα π.χ. 5, 10, 15 ή 20 χρόνια από την έναρξη του προγράμματος) της ανάλυσης όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα. Οι χρονικοί ορίζοντες θα πρέπει να είναι αρκετά μεγάλοι για να καταγράφουν ρεύματα υγείας και οικονομικών. Αυτά μπορεί να περιλαμβάνουν επεισόδιο ασθένειας, ζωή ασθενούς ή ακόμα και πολλές γενιές ζωής. Μπορεί να απαιτούνται ποσοτικές προσεγγίσεις μοντελοποίησης για την εκτίμηση του κόστους και των αποτελεσμάτων που υπερβαίνουν αυτά των διαθέσιμων δεδομένων. Φυσικά, όσο υψηλότερο είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο που χρησιμοποιείται σε μια ανάλυση, τόσο λιγότερο σημαντικό είναι τα μελλοντικά αποτελέσματα και το κόστος.

- Προεξόφληση

Οι αναλύσεις κόστους θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψιν τους την επίδραση του χρόνου στην αξία του κόστους και των αποτελεσμάτων. Το κόστος και τα αποτελέσματα που εμφανίζονται στο μέλλον συνήθως έχουν λιγότερη παρούσα αξία από το κόστος και τα αποτελέσματα που πραγματοποιούνται σήμερα. Η προεξόφληση δείχνει ότι προτιμώνται οι παροχές να γίνονται νωρίτερα και όχι αργότερα μέσα στο χρόνο, επίσης αντικατοπτρίζει το κόστος ευκαιρίας του κεφαλαίου, δηλαδή, ελέγχει τις αποδόσεις από την επένδυση που θα μπορούσαν να είχαν αποκτηθεί εάν οι πόροι είχαν επενδυθεί αλλού. Έτσι, το κόστος και τα αποτελέσματα πρέπει να προ εξοφλούνται σε σχέση με την παρούσα αξία τους (π.χ., με ρυθμό 3% ή 5% ετησίως). Η προεξόφληση επιτρέπει συγκρίσεις που περιλαμβάνουν κόστος και οφέλη που ρέουν διαφορετικά με την πάροδο του χρόνου. Είναι λιγότερο σχετικό για τα οφέλη "pay-as-you-go", όπως και όταν όλα τα κόστη και τα οφέλη πραγματοποιούνται μαζί εντός του ίδιου έτους. Είναι πιο σχετικό σε περιπτώσεις όπου αυτά δεν συμβαίνουν παράλληλα. Τα προεξοφλητικά επιτόκια που χρησιμοποιούνται στις αναλύσεις κόστους βασίζονται συνήθως στα επιτόκια των κρατικών ομολόγων ή στα επιτόκια της αγοράς για το κόστος κεφαλαίου των οποίων η διάρκεια είναι περίπου η ίδια με τη διάρκεια του πραγματικού χρονικού ορίζοντα της υγειονομικής παρέμβασης που αξιολογείται. Παρακάτω παρουσιάζεται ο βασικός τύπος για τον υπολογισμό των παρόντων τιμών για ένα δεδομένο προεξοφλητικό επιτόκιο, καθώς και πώς η παρούσα αξία ενός κόστους που προ εξοφλείται σε επιλεγμένες τιμές αλλάζει με την πάροδο του χρόνου. (Goodman)

Υπολογισμός προεξοφλητικού επιτοκίου :

$$P = \sum_{n=1}^{n} \frac{F_n}{(1+r)^n}$$

Όπου P = η παρούσα τιμή (present value)
n = το έτος
F = μελλοντικά κόστη ή κέρδη για το έτος n
r = ετήσιος ρυθμός έκπτωσης

Για παράδειγμα σύμφωνα με το παρακάτω πίνακα, η παρούσα αξία ενός κόστους (ή κέρδους) $ 1.000 που προκύπτει στο μέλλον σε 1 έτος με έκπτωση 10%, είναι 910 $ ενώ σε 5 χρόνια με έκπτωση 3%, είναι 860 $.

Year	3%	5%	10%
1	0.97	0.95	0.91
5	0.86	0.78	0.62
25	0.48	0.30	0.09
50	0.23	0.09	0.009

Πίνακας. 5 Ετήσιος ρυθμός έκπτωσης

- Διόρθωση για τον πληθωρισμό
- Χρήση μοντελοποίησης
- Ανάλυση ευαισθησίας

Οποιαδήποτε εκτίμηση κόστους, αποτελεσμάτων και άλλων μεταβλητών που χρησιμοποιούνται σε ανάλυση κόστους υπόκειται σε κάποια αβεβαιότητα. Επομένως, θα πρέπει να πραγματοποιηθεί ανάλυση ευαισθησίας για να προσδιοριστεί εάν οι διακυμάνσεις στις εκτιμήσεις ορισμένων μεταβλητών, στις οποίες υπάρχει σημαντική αβεβαιότητα, επηρεάζουν τα αποτελέσματα της ανάλυσης κόστους. Μια ανάλυση ευαισθησίας μπορεί να αποκαλύψει, για παράδειγμα, ότι το έμμεσο κόστος ή η παραδοχή της χρήσης γενικών φαρμάκων σε αντίθεση με τα επώνυμα φάρμακα ή η χρήση εύλογου υψηλότερου προεξοφλητικού επιτοκίου σε μια ανάλυση αλλάζει τη σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας μιας παρέμβασης σε σύγκριση με μια άλλη.

- Αναφορά αποτελεσμάτων
- Πηγή χρηματοδότησης

4.11 Ανάλυση κόστους-χρησιμότητας χρησιμοποιώντας κόστος ανά QALY

Τα QALY χρησιμοποιούνται συχνά στην ανάλυση κόστους-χρησιμότητας για σκοπούς βελτιστοποίησης της κατανομής των δαπανών για την υγειονομική περίθαλψη για τη μεγιστοποίηση των QALY που κερδίζονται και, κατά συνέπεια, για τη μεγιστοποίηση της κοινωνικής πρόνοιας. Το κόστος ανά QALY που αποκτήθηκε, δηλαδή το οριακό (πρόσθετο ή επαυξητικό) κόστος που απαιτείται για την απόκτηση 1.0 QALY με τη χρήση μια συγκεκριμένης τεχνολογίας, είναι ένας τρόπος για να ποσοτικοποιείται η αξία της χρήσης αυτής της τεχνολογίας για την κοινωνία αντί κάποιων εναλλακτικών. Το QALY εμπεριέχει τη διάρκεια ζωής και την ποιότητα ζωής, αλλά δεν προσδιορίζει μια συγκεκριμένη κατάσταση ή μια κατάσταση ασθένειας, για αυτό επιτρέπει συγκρίσεις κόστους-χρησιμότητας σε ολόκληρο σχεδόν το φάσμα των παρεμβάσεων υγειονομικής περίθαλψης.

Παρακάτω παρουσιάζεται ένα παράδειγμα ανάλυσης κόστους- χρησιμότητας με τη χρήση του κόστους ανά QALY για τη σύγκριση τριών θεραπειών για την καρδιακή ανεπάρκεια.

Θεραπεία	Χρόνια που κερδήθηκαν (ετη)	Μέση χρησιμότητα	QALY που κερδήθηκε (έτη)	Συνολικό Κόστος ($)
Α. Συμβατική ιατρική περίθαλψη	0.50	0.06	0.03	28,500
Β. Μεταμόσχευση καρδιάς	11.30	0.75	8.45	298,200
C. Τεχνητή καρδιά	4.42	0.65	2.88	327,600

Πίνακας. 6 Ανάλυσης κόστους- χρησιμότητας με τη χρήση του κόστους ανά QALY (Hogness & Antwerp, 1991)

Η μέση χρησιμότητα υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τη μέθοδο time-tradeoff (TTO) σε κλίμακα για την οποία το 1 σημαίνει ότι το άτομο είναι υγιές, το 0 είναι ο θάνατος και οι καταστάσεις χειρότερες από το θάνατο εκτιμήθηκαν μεταξύ 0 και -1.

Η μέθοδος time-tradeoff βασίζεται στην επιλογή της κατάλληλης μεθόδου για υπολογισμό της χρησιμότητας μιας κατάστασης υγείας. Η επιλογή αυτή αντικατοπτρίζει τη διάρκεια του υπολειπόμενου προσδόκιμου ζωής που ένα άτομο είναι διατεθειμένο να ανταλλάξει για να αποφύγει να παραμείνει σε μια υποτυπώδη τέλεια κατάσταση υγείας . Η μέθοδος TTO εξετάζει το ενδεχόμενο ένα άτομο να παραμείνει σε μια συγκεκριμένη κατάσταση υγείας («Υγεία Α») για τα επόμενα 10 χρόνια και στη συνέχεια να πεθάνει χωρίς πόνο. Στη συνέχεια το άτομο χρειάζεται να κρίνει πόσα χρόνια θέλει να ζήσει σε πλήρη υγεία (και στη συνέχεια να πεθάνει χωρίς πόνο) ώστε αυτή η επιλογή να είναι τόσο επιθυμητή όσο και η «Υγεία Α». Συνήθως, η απάντηση θα είναι μικρότερη από 10 χρόνια, για παράδειγμα, αν το άτομο κρίνει ότι θα απαιτηθούν 8 χρόνια πλήρους υγείας, τότε συνάγεται το συμπέρασμα ότι η ύπαρξη στην «Υγεία Α» έχει το 80% της χρησιμότητας να είναι σε πλήρη υγεία (δηλαδή έχει τιμή χρησιμότητας 0,8) , αφού και οι δύο επιλογές θα παρέχουν ακριβώς 8 QALY. Ένας περιορισμός αυτής της μεθόδου είναι το γεγονός ότι οι άνθρωποι δεν εκτιμούν πάντα την υγεία για το μέλλον, όπως και τη υγεία στο παρόν. Για να γίνει αυτό, τα ποσοστά έκπτωσης υπολογίζονται ανά QALY στις οικονομικές αξιολογήσεις ώστε να προσαρμόσουν την αξία των μελλοντικών παροχών για την υγεία. Ωστόσο, επειδή είναι αδύνατο να υπολογιστεί το ακριβές ποσοστό με το οποίο κάθε άτομο θα προεξοφλήσει, οι

προσαρμογές δεν μπορούν να θεωρηθούν ακριβείς για να αντικατοπτρίσουν τις πραγματικές αποφάσεις τους.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι συγκρίσεις των τριών θεραπειών σύμφωνα με το κόστος χρησιμότητας τους.

Συγκρινόμενες Θεραπείες	Οριακό QALY (yr)	Οριακό κόστος ($)	Οριακό κόστος ανά QALY ($/έτη)
B – A	8.42	269,700	32,031
C – A	2.85	299,100	104,947
C – B	-5.57	29,400	-

Πίνακας. 7 Θεραπείες και κόστος χρησιμότητας

Σύμφωνα με τη σύγκριση κόστους-χρησιμότητας στους ασθενείς με καρδιακή νόσο τελικού σταδίου, τόσο η μεταμόσχευση καρδιάς όσο και η τεχνητή καρδιά αποδίδουν πιο ποιοτικά χρόνια ζωής (quality-adjusted years) με υψηλότερο κόστος σε σύγκριση με τη συμβατική ιατρική θεραπεία. Ωστόσο, προτιμάται ο λόγος κόστους-χρησιμότητας της μεταμόσχευσης καρδιάς έναντι της συμβατικής ιατρικής θεραπείας από το λόγο κόστους-ωφέλειας της τεχνητής καρδιάς έναντι της συμβατικής ιατρικής θεραπείας (32,031 έναντι του 104,947) . Επίσης, σε σύγκριση με τη μεταμόσχευση καρδιάς, η τεχνητή καρδιά κοστίζει περισσότερο και οδηγεί σε λιγότερα χρόνια ποιότητας ζωής, και επομένως η τεχνητή καρδιά απορρίπτεται σε σχέση με τη μεταμόσχευση καρδιάς. National Academy Press

4.12 Ο ρόλος της ανάλυσης του προϋπολογισμού και των επιπτώσεων του

Η ανάλυση του προϋπολογισμού και των επιπτώσεων του (Budget Impact Analysis), υποδεικνύει τον αντίκτυπο που έχει η εφαρμογή ή υιοθέτηση μιας συγκεκριμένης τεχνολογίας σε έναν συγκεκριμένο προϋπολογισμό. Ο προϋπολογισμός που έχει σχεδιαστεί είναι ευθύνη ενός συγκεκριμένου προγράμματος ή αρχής υγειονομικής περίθαλψης. Παρόλα αυτά δεν αντικατοπτρίζει τον ευρύτερο οικονομικό αντίκτυπο της εφαρμογής της συγκεκριμένης τεχνολογίας. Οι αναλύσεις αυτές μπορούν να πάρουν πολλές διαφορετικές μορφές, για παράδειγμα, μια ανάλυση μπορεί να διεξαχθεί με σκοπό να προσδιοριστεί κατά πόσο μια τεχνολογία θα αυξήσει ή θα μειώσει έναν προϋπολογισμό.

Η ανάλυση BIA έχει τη δυνατότητα να ενσωματώσει μια ανάλυση κόστους-αποτελεσματικότητας (CEA) ώστε να προσδιοριστεί ο πιο οικονομικός συνδυασμός τεχνολογιών που μπορούν να εφαρμοστούν υπό τον περιορισμό του προϋπολογισμού. Ωστόσο η CEA δεν μπορεί να αντικαταστήσει τη BIA, καθώς η CEA να υποδείξει ένα εύρημα ως ακατάλληλο για τη λήψη δημοσιονομικών αποφάσεων . Για παράδειγμα, μια ανάλυση CEA υπάρχει πιθανότητα να δείξει ότι, μια εναλλακτική διαλογή του πληθυσμού στον οποίο θα γίνουν διαγνωστικά τεστ, είναι πιο οικονομική από πλευράς κόστους αλλά αυτή να μην συμβαδίζει με την αποτελεσματική κατανομή των πόρων του προϋπολογισμού. Ο προϋπολογισμός , ο οποίος είναι σταθερός μπορεί να μην φτάνει ώστε να εφαρμοστεί η συγκεκριμένη τεχνολογία σε όλο τον καθορισμένο

πληθυσμό. Ως αποτέλεσμα θα πρέπει να εφαρμοστεί μια διαφορετική τεχνολογία με μικρότερη οικονομική απόδοση για να μπορεί να καλυφθεί όλος ο πληθυσμός και να παραμείνουμε ταυτόχρονα εντός του σταθερού προϋπολογισμού.

Παρακάτω παρουσιάζεται ένα παράδειγμα στο οποίο η καλύτερη τεχνολογία σύμφωνα με το CEA έρχεται σε σύγκρουση με την ανάλυση BIAs δηλαδή του σταθερού προϋπολογισμού. Αυτός ο τύπος προβλήματος ονομάζεται «silo budgeting» στο οποίο κάθε προϋπολογισμός διαχειρίζεται ανεξάρτητα από τους υπόλοιπους προϋπολογισμούς και από το συνολικό σύστημα υγείας. Η αδυναμία μεταφοράς χρημάτων ανάμεσα στους προϋπολογισμούς μπορεί να υπονομεύσει την αποτελεσματικότητα όλου του συστήματος.

Ηλικία Ασθενών (έτη)	**Κόστος για κάθε ζωή που κερδίζεται (£/έτη ζωής)**	**Καθαρό κόστος μιας παρέμβαση πάνω από την ήδη υπάρχουσα (£/patient)**	**Αριθμός των ασθενών ανά έτος**	**Πιθανός αντίκτυπος στον προϋπολογισμό (£/έτος)**
<45	200,000	500	250	125,000
45-60	75,000	500	1,000	500,000
61-75	25,000	500	1,750	875,000
>75	15,000	500	2,000	1,000,000

Πίνακας. 8 Ασθενείς και προυπολογισμός

Στο παράδειγμα αυτό παρουσιάζεται το πως πρέπει να κατανεμηθεί ένας ετήσιος προϋπολογισμός 500.000£. Από πλευράς κόστους αποτελεσματικότητας πιο συμφέρον θα ήταν η παροχή της τεχνολογίας σε άτομα >75 ετών, ωστόσο δεν υπάρχει επαρκής προϋπολογισμός για την παροχή αυτής της τεχνολογίας σε αυτή την ομάδα ασθενών. Αντίθετα ο προϋπολογισμός είναι επαρκής για την παροχή αυτής της τεχνολογίας σε όλα τα άτομα στην ομάδα 45-60, όμως δεν είναι η πιο συμφέρουσα επιλογή από άποψη κόστους.

4.13 Η περίπτωση της Ελλάδος

Λόγω της οικονομικής κρίσης που υπήρξε στην Ελλάδα, η καταγραφή και παρακολούθηση των δαπανών της χώρας σε όλους τους τομείς ήταν ελλιπής και αναξιόπιστη. Κατά αντιστοιχία, το ίδιο συνέβαινε και με τις δαπάνες υγείας όπου οι πρώτες καταγραφές έδειξαν ότι δαπάνες έμοιαζαν ιδιαίτερα υψηλές σε σχέση με αυτές των υπολοίπων Ευρωπαϊκών χωρών. Ιδιαίτερα η φαρμακευτική δαπάνη θεωρήθηκε η υψηλότερη στην Ευρώπη τόσο σε όρους κατά κεφαλήν δαπάνης όσο και σε όρους ποσοστού επί του ΑΕΠ της χώρας.

Έτσι, η ανάγκη βίαιης δημοσιονομικής προσαρμογής οδήγησε στην άμεση θέσπιση μέτρων συγκράτησης των δαπανών στον υγειονομικό τομέα. Τα μέτρα είχαν χαρακτήρα οριζόντιο λόγω

έλλειψης δεδομένων που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε πιο στοχευμένες παρεμβάσεις και προσδοκούσαν άμεσα αποτελέσματα. Ενδεικτικά, θεσπίστηκαν υποχρεωτικές μειώσεις μισθών στον δημόσιο τομέα, άμεσες και έμμεσες τιμολογιακές παρεμβάσεις σε φαρμακευτικά και ιατροτεχνολογικά είδη, αρνητικοί και θετικοί κατάλογοι αποζημίωσης προϊόντων με τιμές αναφοράς, ηλεκτρονική καταγραφή συνταγών και ηλεκτρονική παρακολούθηση δαπανών στην νοσοκομειακή και εξωνοσοκομειακή περίθαλψη και σταδιακά εφαρμόστηκαν κλειστοί προϋπολογισμοί σε όλο το φάσμα των δαπανών περίθαλψης.

Παράλληλα έγινε και μία πολύ σημαντική προσπάθεια εξορθολογισμού στον τομέα της διοίκησης και της λήψης αποφάσεων:

- με την μεταφορά όλων των αρμοδιοτήτων για τα φάρμακα στο Υπουργείο Υγείας και σε φορείς εποπτευόμενους από αυτό, (ΕΟΦ, ΕΟΠΥΥ),
- με την θέσπιση ενιαίου ασφαλιστικού φορέα-πληρωτή για όλους τις δαπάνες υγείας των ασφαλιστικών ταμείων (ΕΟΠΥΥ),
- με την θέσπιση ενιαίου δικτύου πρωτοβάθμιας υγείας (ΠΕΔΥ) και ενιαίου μοναδικού δημόσιου φορέα παροχής περίθαλψης (ΕΣΥ) που περιλαμβάνει τα δημόσια νοσοκομεία και το ΠΕΔΥ.

Στην προσπάθεια τεκμηρίωσης για πιο στοχευμένες παρεμβάσεις δημιουργήθηκαν ομάδες εργασίας , για το νοσοκομειακό φάρμακο, για κλειστά ενοποιημένων νοσήλια (ΚΕΝ), για κατευθυντήριες γραμμές θεραπείας και θεραπευτικά πρωτόκολλα συνταγογράφησης και παράχθηκαν συγκεκριμένες προτάσεις και μοντέλα που εφαρμόστηκαν σε μικρότερο η μεγαλύτερο βαθμό.

Το αποτέλεσμα όλων αυτών των παρεμβάσεων ήταν η κατά 62% μείωση της δημόσιας φαρμακευτικής δαπάνης και της δημόσιας νοσοκομειακής φαρμακευτικής δαπάνης την περίοδο 2009 με 2016 σε όρους κλειστού προϋπολογισμού και η κατά 40% μείωση σε όρους συνολικής φαρμακευτικής δαπάνης και η υποχώρηση της δαπάνης υγείας σε ποσοστό χαμηλότερο του 8,3% του ΑΕΠ και χαμηλότερο από τον μέσο όρο της ΕΕ παρά την δραματική μείωση του ΑΕΠ.

Με την ανάπτυξη καταγραφών και την συλλογή και ανάλυση στοιχείων αναπτύχθηκε και η ανάγκη πιο στοχευμένων παρεμβάσεων με πιο μακροπρόθεσμα αποτελέσματα αλλά και πιο συνδεδεμένα με βελτίωση της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών υγείας.

Ενώ σε επίπεδο νομοθετικό και μνημονίου η δημιουργία διαδικασιών ΑΤΥ για τα φαρμακευτικά προϊόντα συζητείται από το 2012, μόλις τον Μάιο 2017 εισάχθηκε μία νέα διαδικασία για την αποζημίωση των νέων φαρμακευτικών τεχνολογιών που εφαρμόζει εξωτερικά κριτήρια ΑΤΥ δηλαδή απαιτεί να έχει αποζημιωθεί η τεχνολογία τουλάχιστον σε τρεις χώρες που εφαρμόζουν ΑΤΥ και επιπλέον αξιολογεί τα προϊόντα με κριτήρια που δανείζεται από αξιολογήσεις ΑΤΥ.

Η πρώτη αυτή εφαρμογή στα πλαίσια των μνημονιακών υποχρεώσεων της χώρας, ακολουθήθηκε από μία πολύ πρόσφατη πρόταση νόμου 45 που στις 11 Ιανουαρίου 2018 κατατέθηκε προς ψήφιση στην Βουλή και η οποία θεσπίζει την δημιουργία επιτροπής ΑΤΥ για τις φαρμακευτικές τεχνολογίες.

Τα χαρακτηριστικά της επιτροπής είναι ο γνωμοδοτικός χαρακτήρας, μίας όμως συνολικής εκτίμησης, τύπου appraisal, που θα τροφοδοτείται από τις υποβολές φακέλων προς αξιολόγηση

με μελέτες Κλινικής και Οικονομικής αξιολόγησης των ΚΑΚ (Κάτοχος Άδειας Κυκλοφορίας και θα χρησιμοποιεί εξωτερικούς αξιολογητές για την κλινική αξιολόγηση και τις γνωμοδοτήσεις μία άλλης επιτροπής, της επιτροπής διαπραγμάτευσης, για το οικονομικό μέρος. Ο νομοθετικά καθορισμένος στόχος της επιτροπής είναι να αξιολογεί όλες τις νέες φαρμακευτικές τεχνολογίες και να επαναξιολογήσει όλες τις φαρμακευτικές τεχνολογίες που έχουν εισαχθεί στο σύστημα αποζημίωσης την τελευταία τριετία και όλες όσες θα προκύψουν ως εναλλακτικές των αξιολογούμενων τεχνολογιών κατά την πορεία των νέων αξιολογήσεων. (Kanavos & Souliotis)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5. Χρήση χρονοσειρών για τη πρόβλεψη των κρουσμάτων COVID 19 στην Ελλάδα και η σχέση τους με την οικονομία.

5.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλύσουμε το θεωρητικό υπόβαθρο των μεθόδων ARIMA(X) & SARIMA(X) και στη συνέχεια θα τα χρησιμοποιήσουμε ως μοντέλα πρόβλεψης για τα κρούσματα του Covid-19 και για να αναλύσουμε τη συσχέτιση τους με την οικονομία και συγκεκριμένα με το GDP (Gross Domestic Product). Συγκεκριμένα οι προβλέψεις υλοποιούνται με τη χρήση κώδικα στη γλώσσα προγραμματισμού Python.

5.2 Θεωρητικό υπόβαθρο ARIMA(X) & SARIMA(X) μοντέλων

Η ανάλυση χρονοσειρών είναι μια μέθοδος που μελετά τους νόμους των στοχαστικών σειρών μέσω μιας στοχαστικής διαδικασίας (ένα στατιστικό φαινόμενο που εξελίσσεται στο χρόνο σύμφωνα με τους πιθανολογικούς νόμους) και χρησιμοποιεί μια στατιστική μέθοδο για την πρόβλεψη πραγματικών ζητημάτων. Οι χρονοσειρές μιας μεταβλητής είναι ένα σύνολο παρατηρήσεων που δημιουργήθηκαν διαδοχικά σε ίσες χρονικές περιόδους. Εάν το σύνολο είναι συνεχές, η χρονική σειρά λέγεται ότι συνεχής. Εάν το σύνολο είναι διακριτό, η χρονική σειρά λέγεται ότι είναι διακριτή (Box, Jenkins, & Reinsel., 1994). Τα δεδομένα των χρονοσειρών προβλέπουν βραχυπρόθεσμη πρόβλεψη για να υπάρχει μεγάλη ακρίβεια.

Μια αυτό-παλινδρόμηση (autoregression) AR (p) είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της μελλοντικής τιμής μιας χρονοσειράς χρησιμοποιώντας παρατηρήσεις από προηγούμενα p βήματα στο χρόνο ως βάση για να δημιουργήσει μια εξίσωση παλινδρόμησης πολλαπλασιασμένη με τους κατάλληλους συντελεστές (φ) του AR. Επιπλέον, το ποσό επεκτείνεται προσθέτοντας το μέσο όρο (μ) της σειράς και το λευκό θόρυβο (ω) που είναι ένα τυχαίο σφάλμα. (Malki, και συν., 2020) Το μοντέλο AR (p) δίνεται στη μορφή

$$y_t = \mu + \sum_{i=1}^{p} \phi_i y_{t-i} + \omega_t$$

Η πολυωνυμική συνάρτηση του κινούμενου μέσου όρου MA (q) (moving average) είναι μια μέθοδος που δεν περιλαμβάνει καμία μεταβλητή χρονοσειράς. Αποτελείται από τρία μέρη που

περιλαμβάνουν: το πρώτο μέρος είναι ο μέσος όρος της σειράς μ, το δεύτερο μέρος είναι το άθροισμα του πολλαπλασιασμού ενός πεπερασμένου αριθμού συντελεστών MA θ, και τα κατάλοιπα του μοντέλου ω, και το τρίτο μέρος είναι το λευκό θόρυβος ω_t. Το μοντέλο MA (q) δίνεται από την εξίσωση.

$$y_t = \mu + \sum_{i=1}^{p} \theta_i \omega_{t-i} + \omega_t$$

Το ARMA (p,q) μοντέλο συνθέτει τα δύο αυτά κύρια πολυώνυμα και δίνεται από την εξίσωση

$$y_t = \mu + \sum_{i=1}^{p} \phi_i y_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \theta_j \omega_{t-j} + \omega_t$$

- y_t προβλεπόμενη τιμή τη στιγμή t,
- p: είναι η σειρά του πολυώνυμου AR που δείχνει τον αριθμό των βημάτων στο χρόνο (autoregressive lags)
- q: σημαίνει τη σειρά του μοντέλου MA που παρουσιάζει τον αριθμός κινητών μέσων μοντέλου (moving average lags)
- φ_i: τα κατάλοιπα που πρέπει να εκτιμηθούν του AR
- θj: τα κατάλοιπα που πρέπει να εκτιμηθούν του MA
- μ: αντιπροσωπεύει τη μέση τιμή των δεδομένων χρονικών σειρών,
-ω_t: αντιπροσωπεύει τον λευκό θόρυβο της χρονικής σειράς τη χρονική στιγμή t

Τα μοντέλα Auto Regressive Integrated Moving Average (ARIMA) έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως για τον εντοπισμό εστιών λοιμωδών ασθενειών. Το ARIMA (p,d,q) είναι ένα μοντέλο που χρησιμοποιείται σε στατική ανάλυση χρονοσειρών, όπως π.χ. πρόβλεψη. Για την κατασκευή ενός τέτοιου μοντέλου, το κύριο βήμα είναι να διερευνήσει εάν η στατιστική στασιμότητα της χρονοσειράς μπορεί να ικανοποιηθεί ή όχι. Στη συνέχεια, η επόμενη φάση είναι εκτίμηση των αριθμητικών τιμών των παραμέτρων p και q για μοντέλα AR και MA. Έτσι, η ουσιαστική ιδέα του ARIMA βασίζεται στην υπόθεση ότι το πρόβλεψη της μεταβλητής y_t παράγεται από μια γραμμική εξίσωση αρκετών προηγούμενων παρατηρήσεων με τυχαία σφάλματα.

Η διαδικασία της μοντελοποίησης ARIMA περιλαμβάνει τέσσερα βήματα: τη σταθεροποίηση των δεδομένων, την εκτίμηση των παραμέτρων, το διαγνωστικός έλεγχο, επικύρωση και αξιολόγηση. Μεταξύ αυτών, χρησιμοποιούμε το 70% του συνόλου των δεδομένων για τη δημιουργία του μοντέλου και χρησιμοποιούμε το υπόλοιπο 30% των δεδομένων για την αξιολόγηση μοντέλου. Πρώτον, σταθεροποίηση δεδομένων: Η πρωταρχική προϋπόθεση για τη ARIMA μοντελοποίηση είναι ότι η προβλεπόμενη ακολουθία να πληροί την κατάσταση στασιμότητας, που σημαίνει ότι οι μεμονωμένες τιμές πρέπει να κυμαίνονται γύρω από το μέσο όρο της σειράς. Για τις μη στάσιμες χρονοσειρές, η διαδικασία για να γίνουν στάσιμες πρέπει να γίνει ένας μετασχηματισμό τους (πχ να λάβει τον λογαριθμήσουμε την ακολουθία και να κάνουμε μια διαφορά/αλλαγή (differencing)). Εάν εμφανιστεί ετεροσκεδαστικότητα απαιτείται η λογαριθμικός μετασχηματισμός, εάν υπάρχει κάποια ανοδική ή καθοδική τάση, η ακολουθία χρειάζεται διάθεση της διαφοράς. Ο αριθμός των φορών που η ακολουθία αλλάζει μέσω της διαφοράς είναι η τιμή της παραμέτρου d. Στη συνέχεια, για την των εκτίμηση παραμέτρων υπολογίζουμε το ACF και το PACF της αλληλουχίας διαφοράς τάξης d. Η σειρά του ACF που

υπερβαίνει το διάστημα εμπιστοσύνης είναι η τιμή q και η σειρά του PACF που υπερβαίνει το διάστημα εμπιστοσύνης είναι το p. Τρίτον, ο διαγνωστικός έλεγχος στον οποίο παρατηρούμε το ACF και το PACF των καταλοίπων του μοντέλου. Εάν είναι σταθερά, τότε είναι λευκός θόρυβος. Ελέγχουμε την τιμή του R^2 για να καθορίσετε τον βαθμό προσαρμογής του μοντέλου. Τέλος, έχουμε την επικύρωση και αξιολόγηση που για να πραγματοποιηθεί εφαρμόζουμε το μοντέλο στο υπόλοιπο 30% των δεδομένων. (Yang, Wanb, Ma, & Wang, 2020)

Πιο αναλυτικά τα βήματα για την δημιουργία του ARIMA μοντέλου:

1. Έλεγχος αν ικανοποιείται η στασιμότητα της χρονοσειράς με το τεστ Augmented Dicky Fuller (ADF). Το ADF μας δείχνει σε τι βαθμό η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται ή δεν απορρίπτεται προκειμένου να καθοριστεί εάν τα δεδομένα μας είναι στάσιμα ή όχι. Με α=0,05 θα απορρίψουμε ή θα αποδεχτούμε την μηδενική υπόθεση. Όπου

   H_0: δεν είναι στάσιμη η χρονοσειρά ή $\varphi=0$ vs H_1: είναι στάσιμη η χρονοσειρά ή $\varphi<0$

   Επίσης μια ένδειξη αν η χρονοσειρά είναι στάσιμη ή όχι είναι να ελέγξουμε από τα test statistics είναι κοντά στις κρίσιμες τιμές. Αν είναι κοντά τότε η χρονοσειρά δεν είναι στάσιμη. (Satrio, Darmawan, Nadia, & Hanafiah, 2021).
2. Αν τα δεδομένα δε είναι στάσιμα πρέπει να μετασχηματιστούν για να γίνουν στάσιμα. Υπάρχουν πολλές μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μετατροπή των δεδομένων σε στάσιμα .Ένας τρόπος είναι χρησιμοποιώντας το λογάριθμο για τη σταθεροποίηση των σειρών που έχουν μη σταθερή διακύμανση έτσι ώστε η σειρά να έχει πιο φυσιολογική κατανομή. Όμως μετά από αυτή την αλλαγή μπορεί να υπάρχουν δεδομένα που έχουν τιμές του αρνητικού απείρου, το οποίο είναι φυσιολογικό για δεδομένα που ξεκινάνε από το 0. Για αυτό το λόγο, για να μην προκύψουν προβλήματα αυτές οι τιμές αντικαθιστούνται με 0. (Satrio, Darmawan, Nadia, & Hanafiah, 2021)
3. Με τα διαγράμματα Autocorrelation function (ACF) και Partial autocorrelation function (PACF) βρίσκουμε τις παραμέτρους p και q. ACF είναι ένα στατιστικό μέτρο της συσχέτισης που χρησιμοποιείται για να ελέγξει αν οι προηγούμενες τιμές της χρονοσειράς έχουν κάποια συγκεκριμένη σχέση με τις τελευταίες τιμές. Το PACF αντιπροσωπεύει την τιμή του συντελεστή συσχέτισης μεταξύ της μεταβλητής και της χρονικής καθυστέρησης (time lag). (Satrio, Darmawan, Nadia, & Hanafiah, 2021)
4. Μετά τη δοκιμή των μοντέλων, επιλέγεται το καλύτερο μοντέλο με βάση το μέτρο AIC (Akaike). Το βέλτιστο μοντέλο είναι αυτό με το μικρότερο AIC. (Satrio, Darmawan, Nadia, & Hanafiah, 2021)

   $AIC = -2\log(L) + 2k = -2\log(L) + 2(p+q)$ όπου k ο αριθμός των παραμέτρων

5. Εφαρμόζουμε το μοντέλο στο υπόλοιπο 30% των δεδομένων για να γίνει η πρόβλεψη.
6. Ελέγχεται η κανονικότητα , η ομοσκεδαστικότητα και η αυτοσυσχέτιση (για να υπάρχει τυχαιότητα) των καταλοίπων ώστε να ελέγξουμε αν το εκτιμώμενο μοντέλο κατάφερε να συλλέξει επαρκείς πληροφορίες για τα δεδομένα. Η κανονικότητα ελέγχεται με το

κριτήριο Jarque–Bera ενώ το autocorrelation (αυτοσυσχέτιση) με το Ljung–Box (LB). (Katoch & Sidhu, 2021)

7. Τέλος, αξιολογούμε το μοντέλο με βάση το Root Mean Square Error (RMSE). (Katoch & Sidhu, 2021)

Για το SARIMA μοντέλο απαιτείται το μη εποχικό μοντέλο ARIMA (p, d, q) για το καθορισμό του SARIMA(p, d, q)× (P, D, Q). Ο όρος (p, d, q) παρουσιάζει το μη εποχικό μέρος του μοντέλου και (P, D, Q) περιγράφει εποχικό μέρος του μοντέλου. Τα p, d και q εξηγήθηκαν παραπάνω ενώ το P παρουσιάζει τη σειρά του εποχικού μοντέλου AR, το D δείχνει τον αριθμό των εποχικών διαφοροποιήσεων, το Q αναφέρεται στη σειρά του εποχικού μοντέλου MA, και s είναι η περιοδικότητα. Το ω_t και B είναι η τιμή του λευκού θορύβου στην περίοδο t και το backward shift operator αντίστοιχα.

Τέλος το X στα μοντέλα ARIMA(X) και SARIMA(X) δίνει τη δυνατότητα να προσθέσουμε επιπλέον επεξηγηματικές μεταβλητές στο μοντέλο και να ερευνήσουμε αν αυτές είναι στατιστικά σημαντικές για την εκτίμηση της εξαρτημένης μεταβλητής.

5.3 Gross Domestic Product και Covid 19

Η νέα ασθένεια του κορονοϊού (COVID-19) που αναφέρθηκε για πρώτη φορά στο Γουχάν της Κίνας το Δεκέμβριο 2019 εξαπλώνεται γρήγορα σε όλο τον κόσμο. Ο συνολικός αριθμός των κρουσμάτων ανέρχεται στα 219 εκατομμύρια ενώ των θανάτων στα 4,55 εκατομμύρια παγκοσμίως. Από τον Μάρτιο του 2020, ενώ νέα κρούσματα στην Κίνα φαίνεται να έχουν ελαχιστοποιηθεί, ο αριθμός των κρουσμάτων αυξάνεται εκθετικά στον υπόλοιπο κόσμο. Για να αποτραπεί η εξάπλωση του νέου ιού, πολλές κυβερνήσεις έχουν θεσπίσει δρακόντεια μέτρα όπως ο περιορισμός των ταξιδιών, οι καραντίνες, το κλείσιμο σχολείων, μπαρ, εστιατορίων και άλλων επιχειρήσεων. Σε μια εποχή τόσο ακραίας αβεβαιότητας, η λήψη οικονομικών αποφάσεων είναι δύσκολη γιατί οι πανδημίες είναι σπάνιες. Το πιο πρόσφατο συγκρίσιμο επεισόδιο είναι η ισπανική γρίπη του 1918. Παρ 'όλα αυτά, τα άτομα καλούνται να πάρουν καθημερινές αποφάσεις, όπως ο τρόπος διαχείρισης αποθεμάτων βασικών προϊόντων, πόσο καταναλώνουν και εξοικονομούν, πότε αγοράζουν ή πωλούν μετοχές κ.λπ., και αυτές οι αποφάσεις εξαρτώνται από την προσδοκία για τη διάρκεια της επιδημίας. Οι κυβερνήσεις πρέπει λαμβάνουν επίσης αποφάσεις όπως σε ποιο βαθμό θα περιορίσουν μετακινήσεις, αποστάσεις, κλείσιμο σχολείων και επιχειρήσεων κ.λπ., και για πόσο χρονικό διάστημα. Για αυτό μαθηματικά μοντέλα είναι χρήσιμα στην ανάλυση τόσο της τρέχουσας κατάστασης όσο και της πρόβλεψης του εγγύς μέλλοντος. (Toda, 2020)

Το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν (ΑΕΠ) ή αλλιώς Gross Domestic Product (GDP) ,ο οποίος δείκτης είναι ο πιο ευρέως αναγνωρισμένος δείκτης για την οικονομία μιας χώρας, υπολογίζει τα συνολικά αγαθά και υπηρεσίες που παράγονται σε μια χώρα. Οι προβλέψεις για το GDP μπορούν να εξοπλίσουν τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής με εργαλεία για πιο αποτελεσματικό οικονομικό σχεδιασμό για την ανάπτυξη. (Jena, Majhi, Kalli, Managi, & Majhi, 2020) Το GDP υπολογίζεται είτε σαν απόλυτη τιμή, είτε σε GDP ανά πληθυσμό της χώρας όταν θέλουμε να

κάνουμε σύγκριση του GDP μεταξύ χωρών, είτε τέλος σε ποσοστιαία διαφορά από την προηγούμενη περίοδο.

$$GDP = C + I + E + (Ex - Im)$$

Όπου C ισούται με τις συνολικές καταναλωτικές δαπάνες, I ισούται με ακαθάριστη επένδυση, G ισούται με σύνολο των κρατικών δαπανών, Ex ισοδυναμεί με τις καθαρές εξαγωγές και Im ισοδυναμεί με τις καθαρές εισαγωγές. (Dr. Imtinungsang Jamir, 2020)

Το GDP υπολογίζεται είτε ανά έτος είτε ανά τέταρτο του έτους (quarter). (Jena, Majhi, Kalli, Managi, & Majhi, 2020)

$$\text{Quarter GDP Growth: } (Gq) = \frac{GDP_q - GDP_{q-1}}{GDP_{q-1}}$$

$$\text{GDP Annual : } (Ga) = (1 + Gq)^4 - 1$$

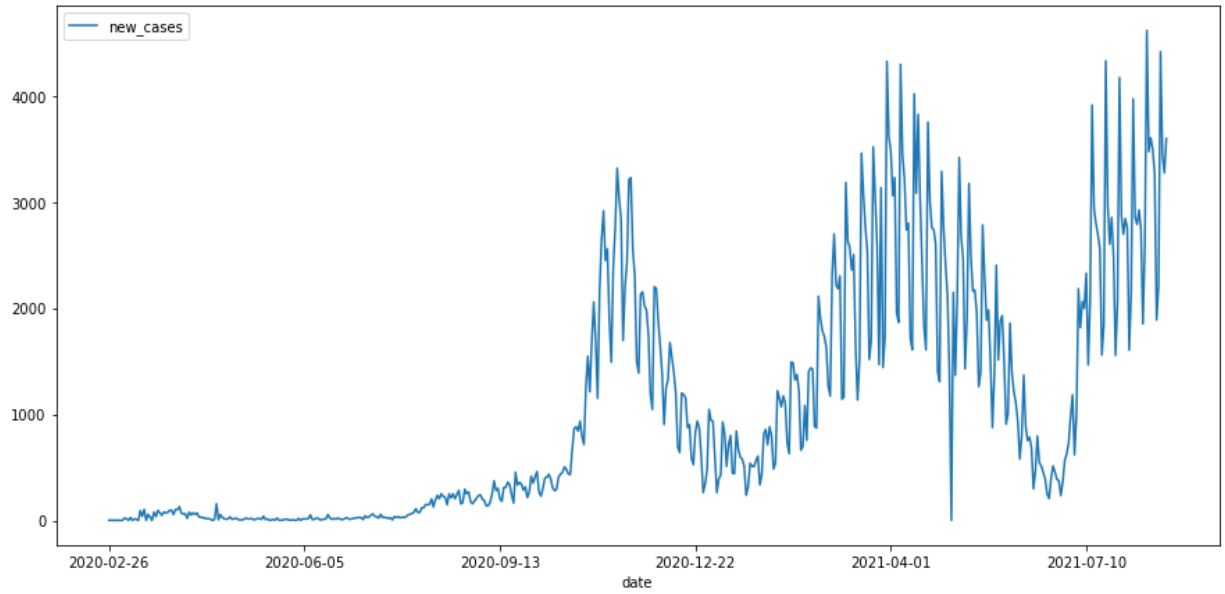
Από τη στιγμή που μια οικονομία που πλήττεται από μια πανδημία αντιμετωπίζει εκτεταμένες και δυσμενείς μακροοικονομικές επιπτώσεις, η ανάπτυξη του GDP της οικονομίας θα επιβραδυνθεί, όπως θα αντικατοπτρίζεται σε ορισμένα τρίμηνα ή ένα χρόνο. Αυτό το αποτέλεσμα θα μπορούσε να είναι μια «μείωση της ανάπτυξης» σε περίπτωση σε μια κανονικά αναπτυσσόμενη οικονομία ή «υπό-ανάπτυξη» σε περίπτωση οικονομίας που βρίσκεται επί του παρόντος σε στασιμότητα. Εάν αυτή η επιβράδυνση της ανάπτυξης συνεχιστεί για πολλά τρίμηνα ή ένα χρόνο, η οικονομία εισέρχεται σε ύφεση (μια κατάσταση όταν το πραγματικό GDP μειώνεται για δύο συνεχόμενα τρίμηνα ή μείωση των οικονομικών δραστηριοτήτων όπως το πραγματικό GDP, το πραγματικό εισόδημα, η απασχόληση, η βιομηχανική παραγωγή και οι πωλήσεις χονδρικής-λιανικής διάρκειας λίγων μηνών. Στο πέμπτο κύμα επιπτώσεων, η οικονομία αντιμετωπίζει μια συνεχή μείωση ή υπό- ανάπτυξη που οδηγεί σε οικονομική ύφεση. Η ανάκαμψη από μια τέτοια ύφεση που προκαλείται από πανδημία μπορεί να είναι δύσκολη και μπορεί να συνεχιστεί για ένα ακόμη μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, ιδίως επειδή υπάρχει έλλειψη εμπειρίας μεταξύ των υπεύθυνων χάραξης πολιτικής, ιδρύματα και ερευνητές σχετικά με τον τρόπο αντιμετώπισης μιας ύφεσης που οδηγείται από πανδημία. Οι κυβερνήσεις και οι πολυμερείς οργανισμοί πρέπει να καταλήξουν σε καινοτόμες και συντονισμένες πολιτικές, με αναγνώριση ότι οι παραδοσιακές δημοσιονομικές και νομισματικές πολιτικές μπορεί να αποδειχθούν αναποτελεσματικές. (Barua, 2020)

5.4 Κρούσματα Covid 19 στην Ελλάδα

Το dataset για τα δεδομένα βρίσκεται στο https://ourworldindata.org/ Από το dataset επιλέχθηκαν συγκεκριμένες μεταβλητές και δημιουργήθηκαν και νέες. Ενώ χρησιμοποιήθηκε η έκδοση Jupyter Notebook 6.4.3 για την Python 3.9. Αρχικά θα αναλύσουμε τα κρούσματα του Covid 19 για να έχουμε μια εικόνα και για να δούμε τις διάφορες μεθόδους και μετασχηματισμούς.

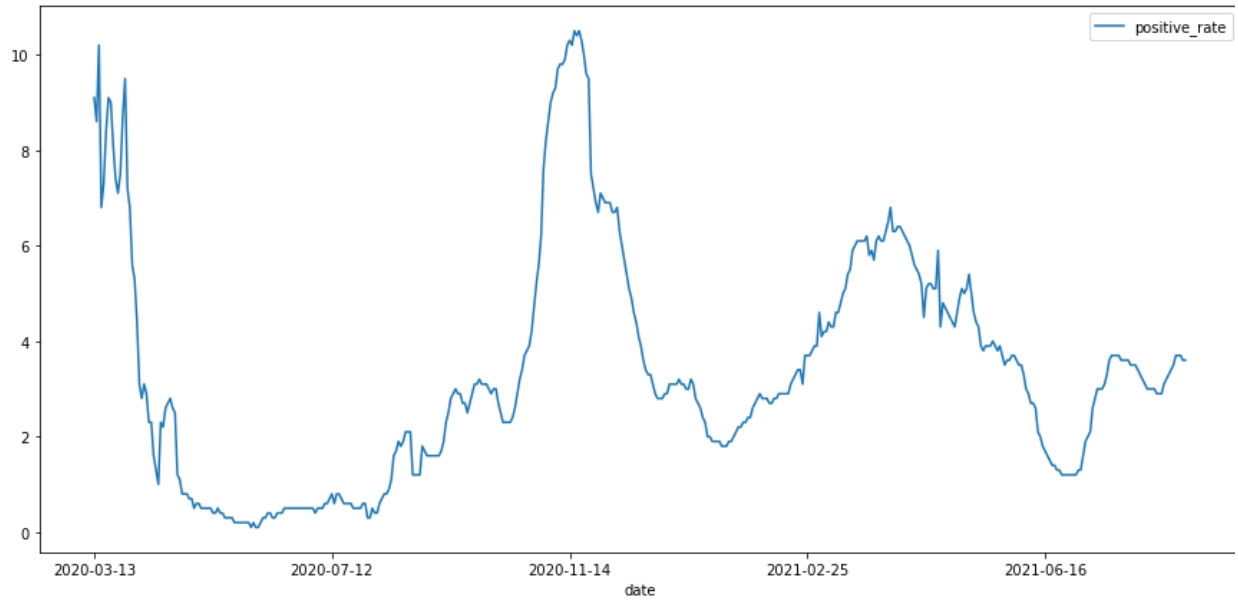
5.4.1 Τα κρούσματα Covid 19 στην Ελλάδα με ARIMA

Τα κρούσματα κορονοϊού στην Ελλάδα στις 26 Φεβρουαρίου 2020 και τα δεδομένα φτάνουν ως στις 20/08/2021.



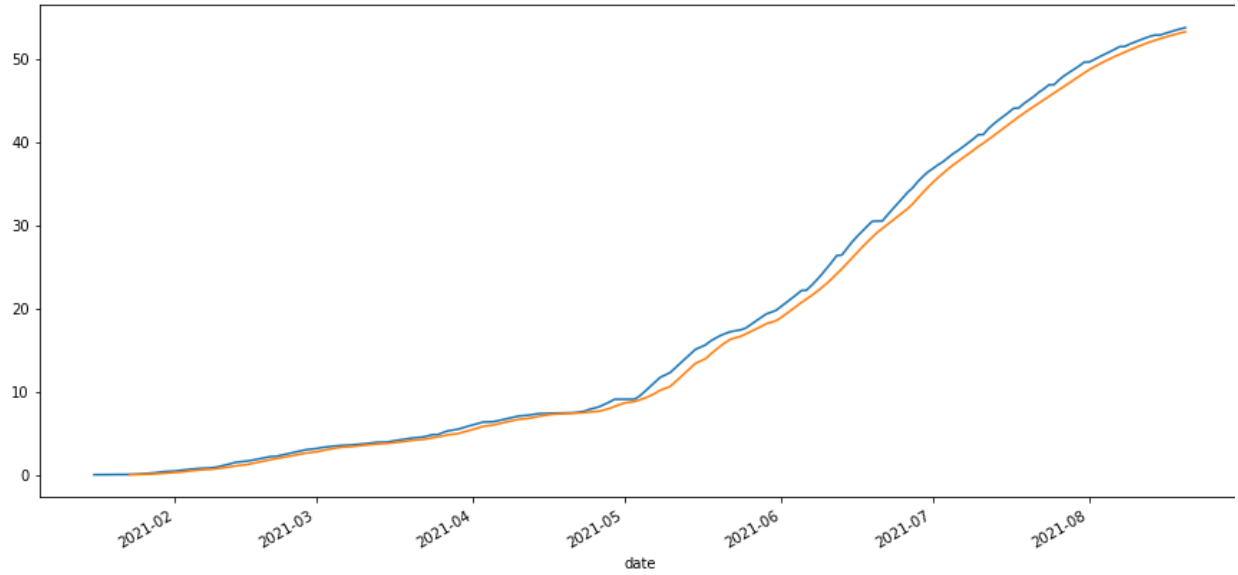
Σχήμα 10 Τα κρούσματα στην Ελλάδα

Παρόλο που τα κρούσματα τον Αύγουστο 2020 δείχνουν να είναι στο μέγιστο σημείο τους, ο δείκτης θετικότητας βρίσκεται κοντά στο 4%. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι ο αριθμός των κρουσμάτων δεν είναι απόλυτα αντιπροσωπευτικός για την έκταση της ασθένειας.



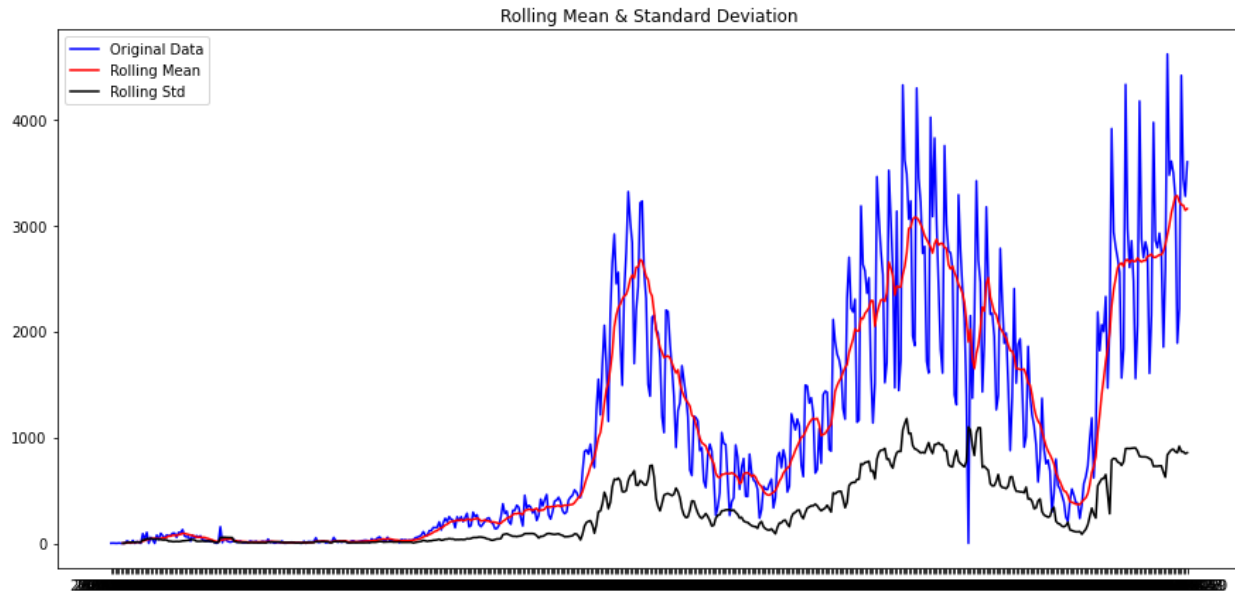
Σχήμα 11 Δείκτης θετικότητας στην Ελλάδα

Στη παραπάνω διάγραμμα βλέπουμε ότι τα δυο lockdown πραγματοποιήθηκαν όταν ο δείκτης θετικότητας ξεπέρναγε το 6% κατά προσέγγιση. Τέλος στο παρακάτω διάγραμμα βλέπουμε τη πορεία του πλήρους εμβολιασμού του ελληνικού πληθυσμού.

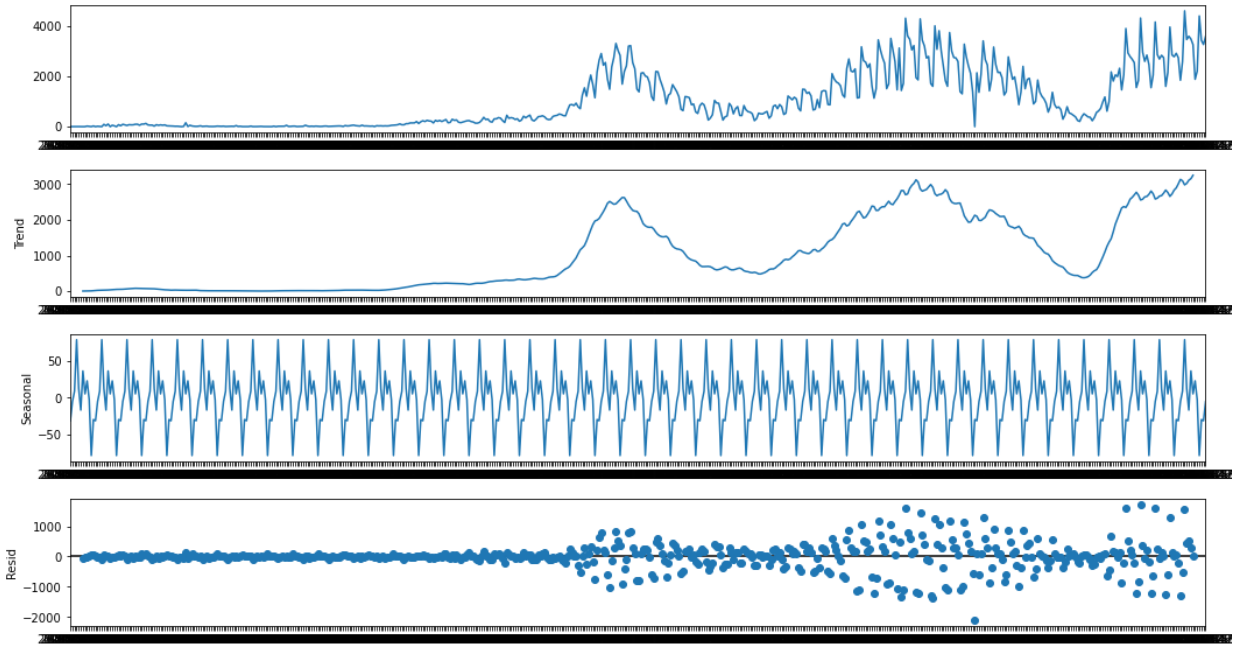


Σχήμα 12 Ποσοστό πλήρους εμβολιασμένων

Ξεκινώντας την ανάλυση για να δημιουργήσουμε ένα ARIMA μοντέλο βρίσκουμε τη μέση τιμή και διασπορά των κρουσμάτων καθώς και τη μορφή των καταλοίπων.



Σχήμα 13 Κρούσματα , μέση τιμή και διασπορά



Σχήμα 14 Κατάλοιπα για κρούσματα

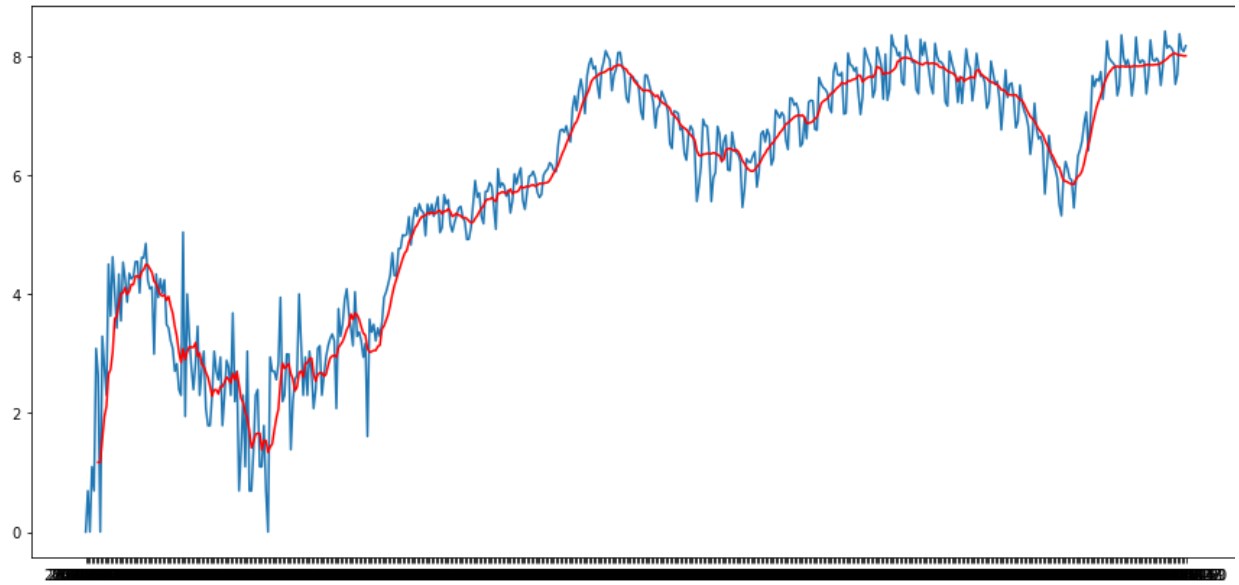
Χρησιμοποιώντας τον έλεγχο ADF, ελέγχουμε αν η χρονοσειρά μας είναι στάσιμη

Results of Dickey Fuller Test:	
Test Statistic	-1.957818
p-value	0.305369
#Lags Used	18.000000
Number of Observations Used	523.000000
Critical Value (1%)	-3.442915
Critical Value (5%)	-2.867082
Critical Value (10%)	-2.569722
dtype: float64	

Πίνακας. 9 ADF test για τα κρούσματα

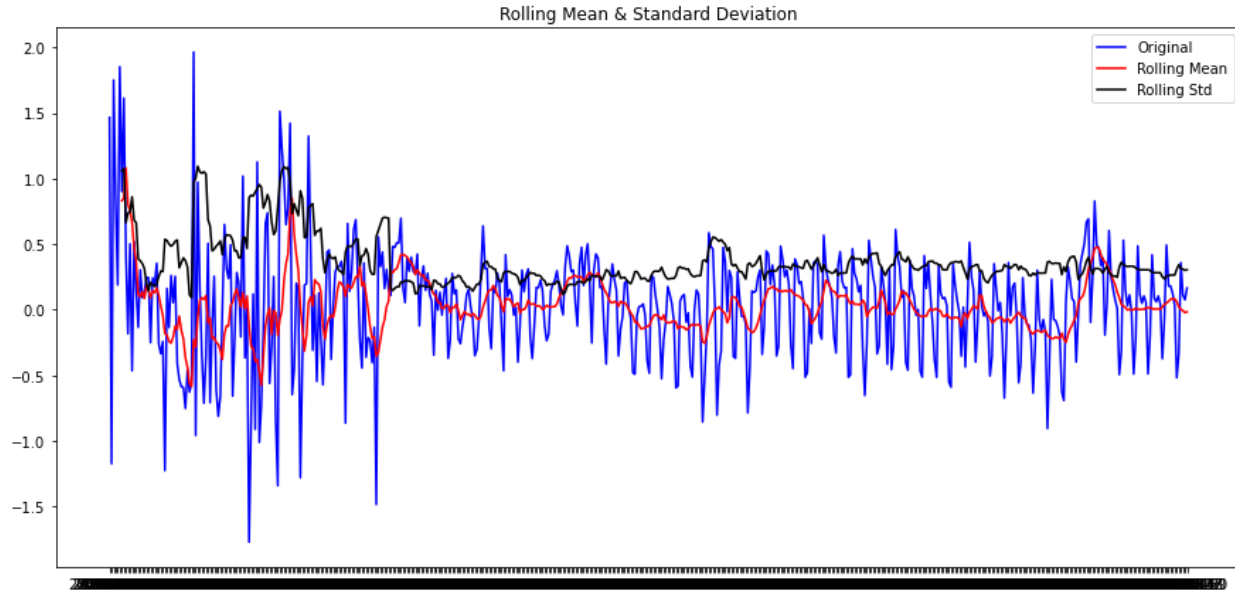
Επειδή η χρονοσειρά δεν είναι στάσιμη, θα προχωρήσουμε σε ένας μετασχηματισμό των δεδομένων χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους και θα επιλέξουμε την καλύτερη.

- Ο πρώτος μετασχηματισμός θα είναι με τον λογάριθμο και αφού αφαιρέσουμε τις τιμές με αρνητικό άπειρο θα αφαιρέσουμε τη μέση τιμή. Τα καινουργια μας δεδομένα είναι τα cases_log_ma όπου $cases\_log\_ma = cases\_log - movingAverage$

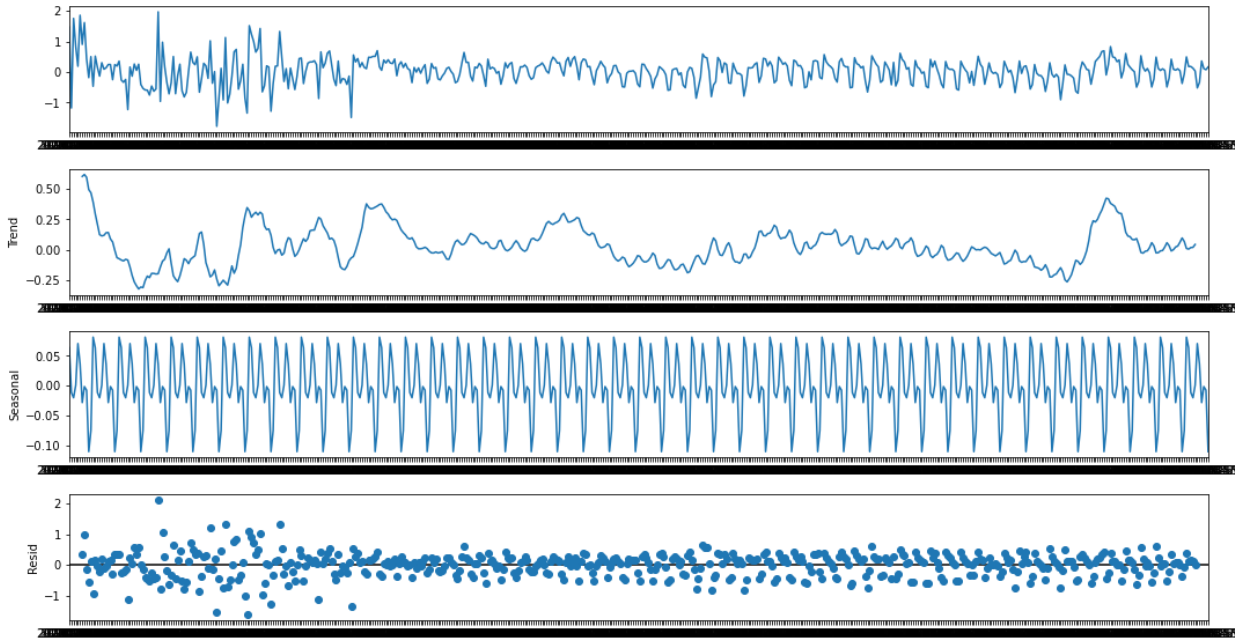


Σχήμα 15 Τα λογαριθμηκά κρούσματα

Τα δεδομένα μας μετά το μετασχηματισμό έχουν την παρακάτω εικόνα και αντίστοιχα η εικόνα των καταλοίπων τους.



Σχήμα 16 Τα cases_log_ma, η μέση τιμή και η διασπορά



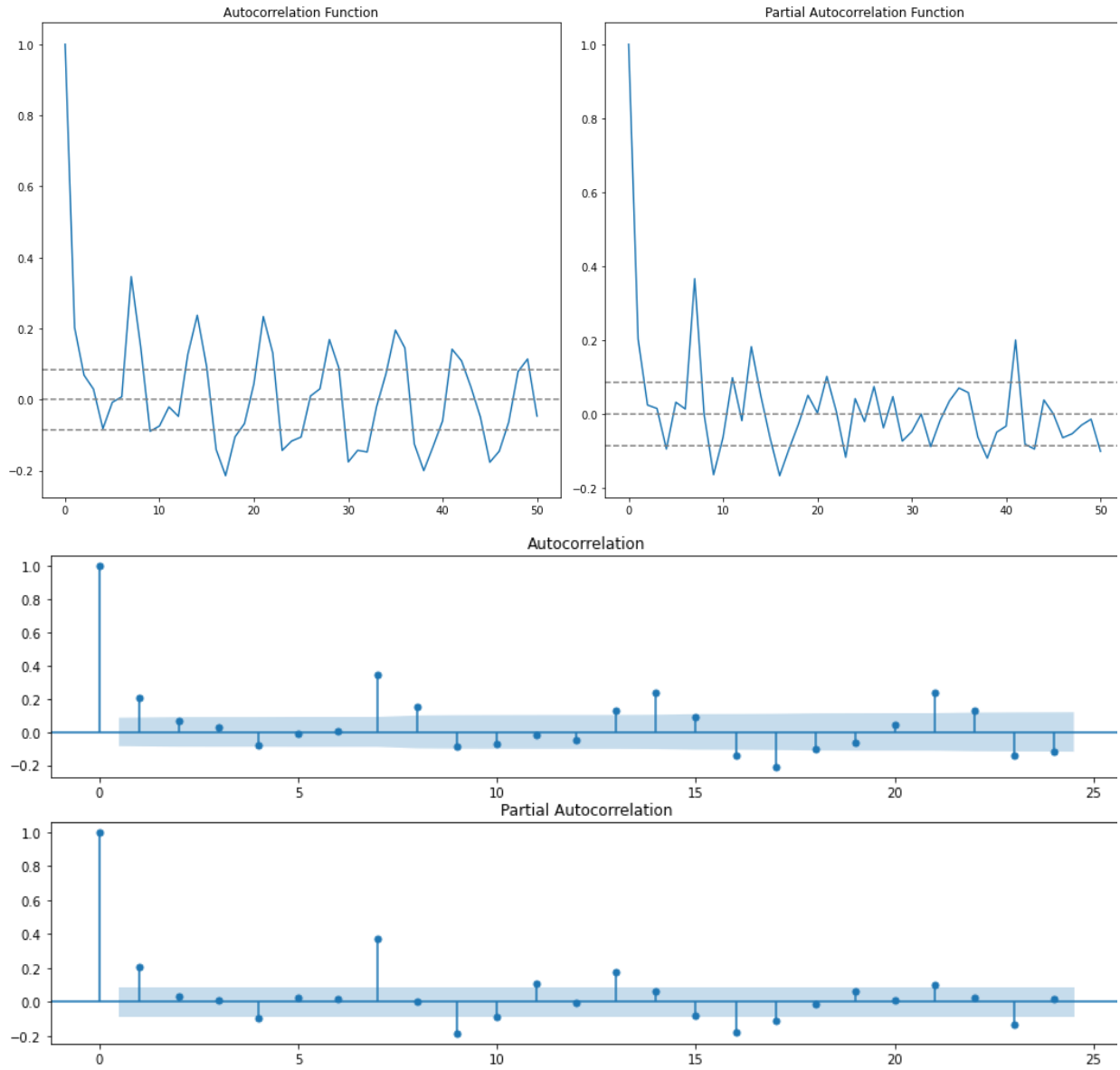
Σχήμα 17 Κατάλοιπα για τα ases_log_ma κρούσματα

Χρησιμοποιώντας τον έλεγχο ADF, ελέγχουμε αν η χρονοσειρά μας είναι στάσιμη

Results of Dickey Fuller Test:	
Test Statistic	-5.746538e+00
p-value	6.102969e-07
#Lags Used	1.600000e+01
Number of Observations Used	5.090000e+02
Critical Value (1%)	-3.443263e+00
Critical Value (5%)	-2.867235e+00
Critical Value (10%)	-2.569803e+00

Πίνακας. 10 ADF test για τα cases_log_ma κρούσματα

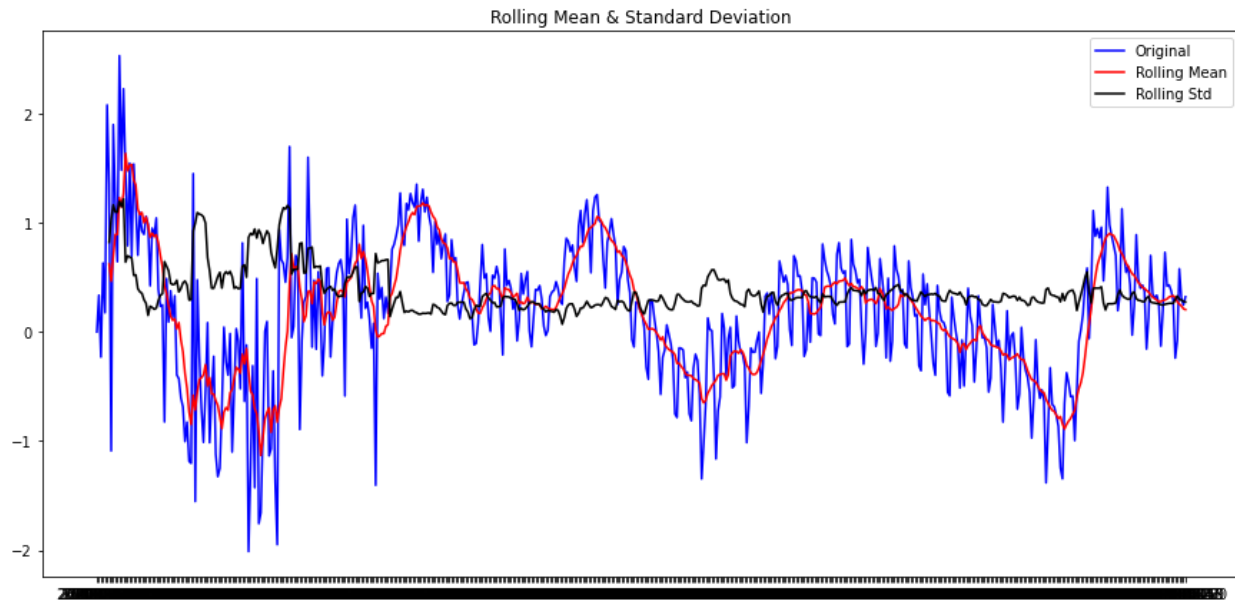
Η χρονοσειρά είναι στάσιμη, οπότε κάνουμε και τα αντίστοιχα ACF, PACF διαγράμματα.



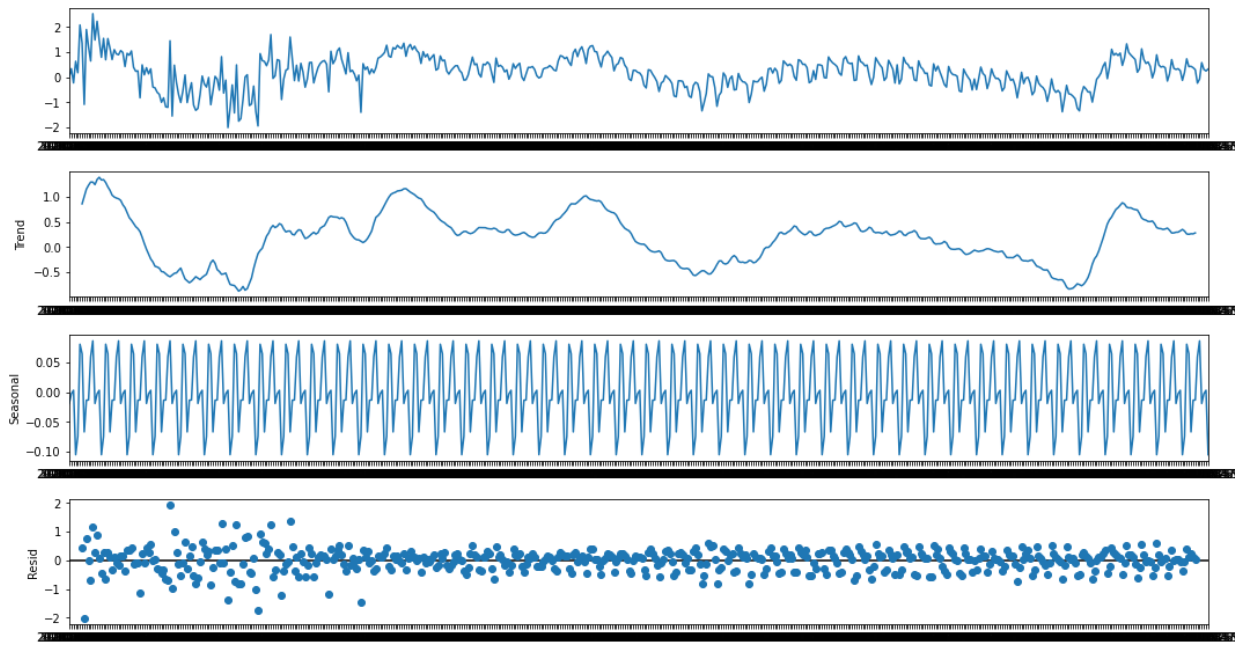
Σχήμα 18 ACF , PACF plots cases_log_ma

- Ο δεύτερος μετασχηματισμός θα είναι με τον λογάριθμο και αφού αφαιρέσουμε τις τιμές με αρνητικό άπειρο, θα αφαιρέσουμε τον εκθετικό σταθμισμένο μέσο (Exponential Decay Weighted Average). Τα καινούργια μας δεδομένα είναι τα cases_log_exp όπου $cases\_log\_exp = cases\_log - exp$.

Τα δεδομένα μας μετά το μετασχηματισμό έχουν την παρακάτω εικόνα και αντίστοιχα η εικόνα των καταλοίπων τους.



Σχήμα 19 Κρούσματα cases_log_exp , μέση τιμή και διασπορά



Σχήμα 20 Κατάλοιπα για τα cases_log_exp

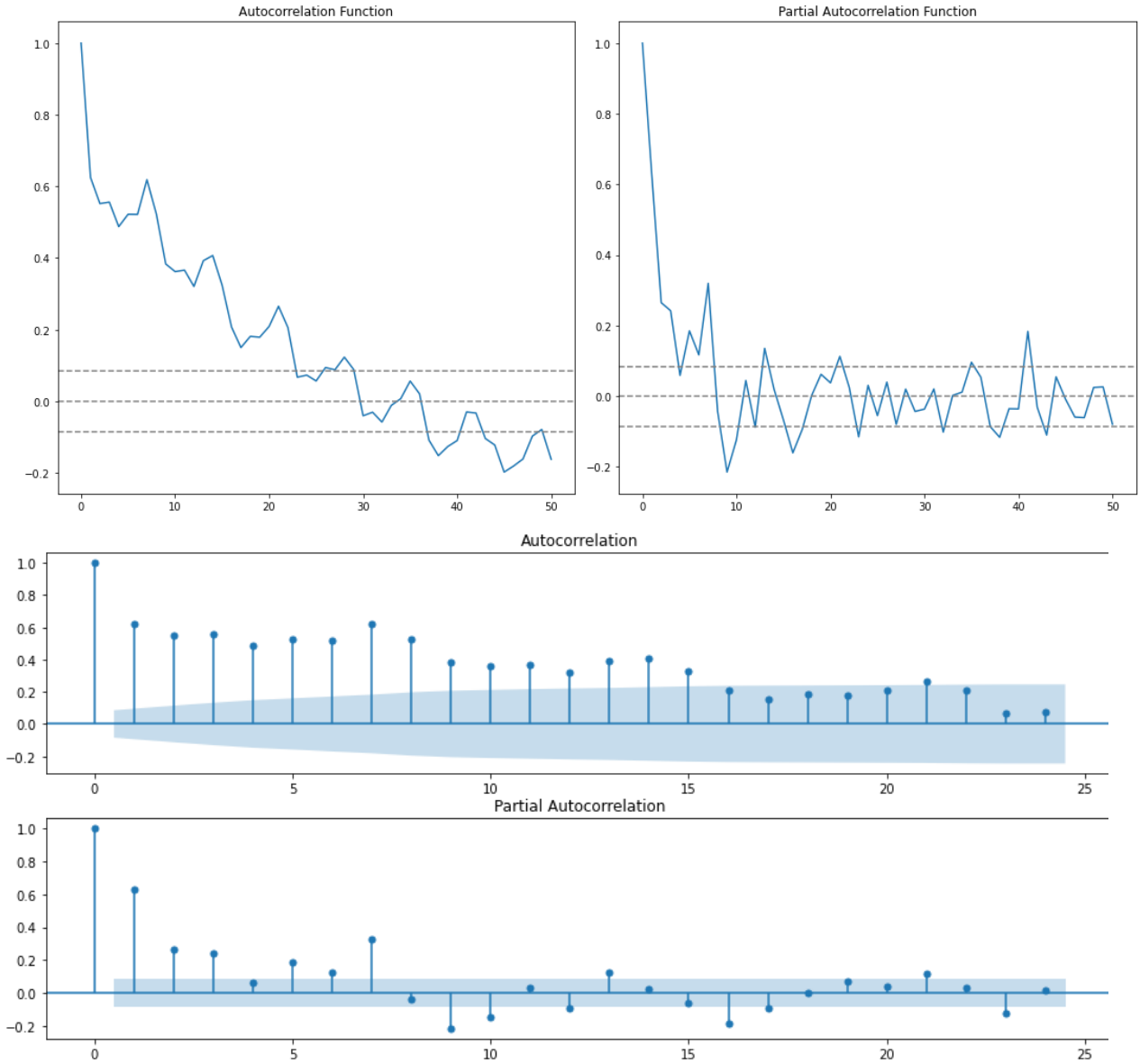
Χρησιμοποιώντας τον έλεγχο ADF, ελέγχουμε αν η χρονοσειρά μας είναι στάσιμη

Results of Dickey Fuller Test:	
Test Statistic	-4.565561
p-value	0.000149
#Lags Used	16.000000
Number of Observations Used	515.000000

Critical Value (1%)	-3.443112
Critical Value (5%)	-2.867168
Critical Value (10%)	-2.569768

Πίνακας. 11 ADF test για τα κρούσματα cases_log_exp

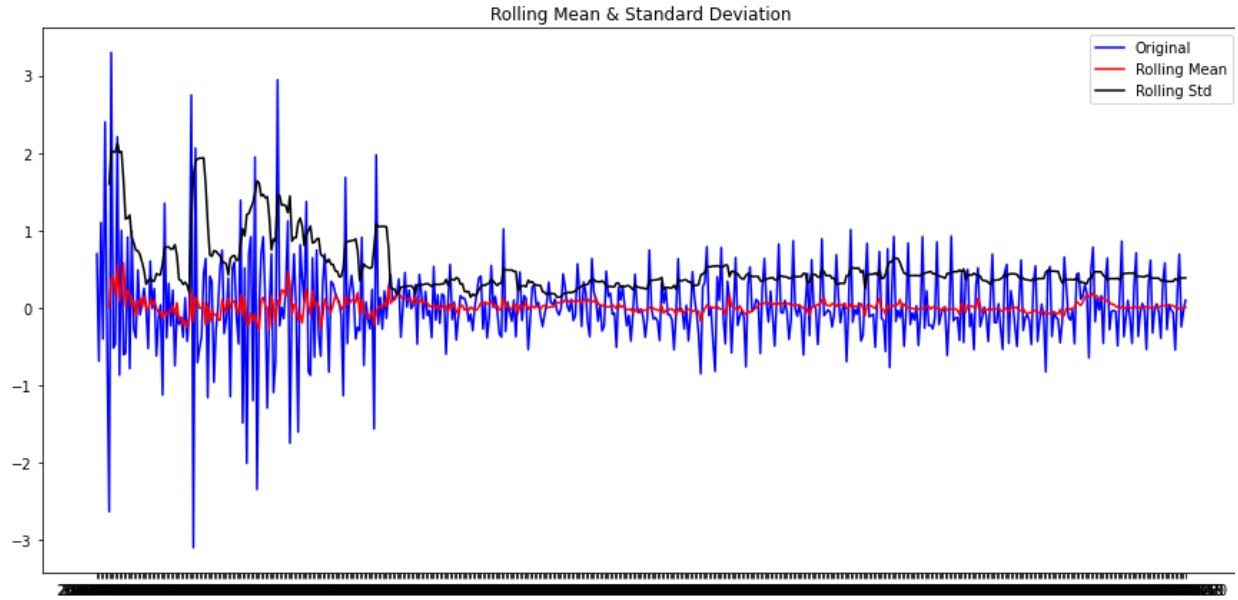
Η χρονοσειρά είναι στάσιμη, οπότε κάνουμε και τα αντίστοιχα ACF, PACF διαγράμματα.



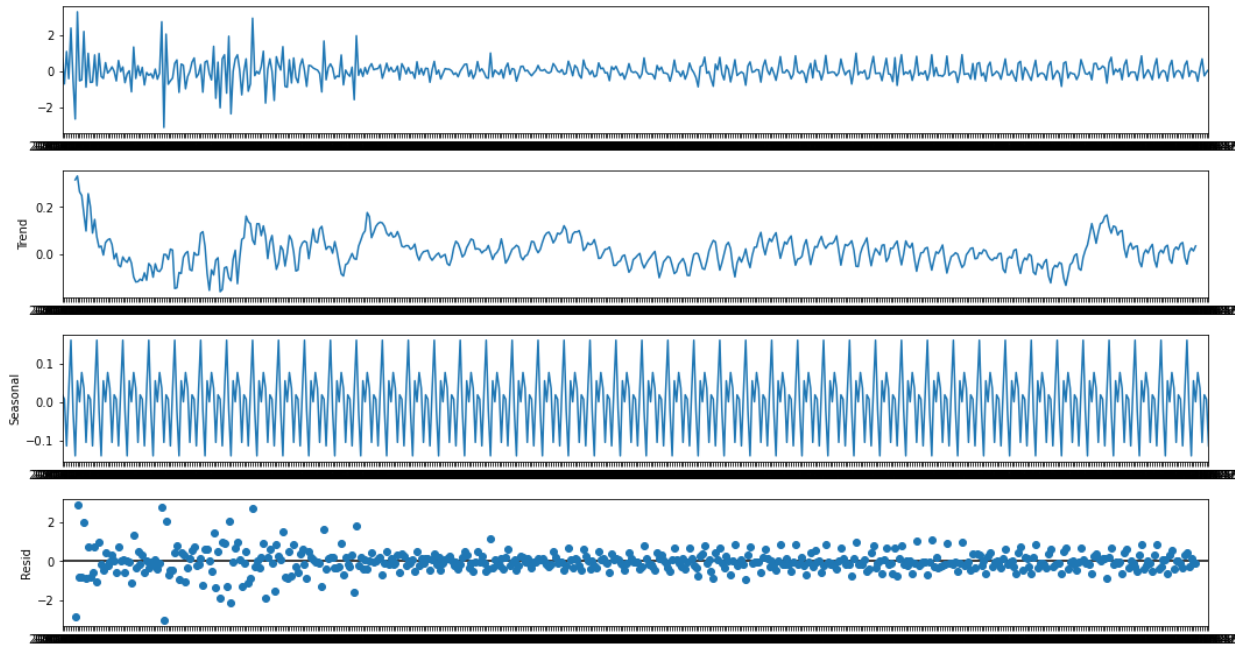
Σχήμα 21 ACF , PACF plots cases_log_exp

- Ο τρίτος μετασχηματισμός θα είναι με τον λογάριθμο και αφού αφαιρέσουμε τις τιμές με αρνητικό άπειρο, θα αφαιρέσουμε τις πρώτες διαφορές. Τα καινούργια μας δεδομένα είναι τα cases_log_shift όπου $cases\_log\_shift = cases\_log - cases\_log.shift(1)$

Τα δεδομένα μας μετά το μετασχηματισμό έχουν την παρακάτω εικόνα και αντίστοιχα η εικόνα των καταλοίπων τους.



Σχήμα 22 Τα cases_log_shift, η μέση τιμή και η διασπορά



Σχήμα 23 ACF , PACF plots cases_log_shift

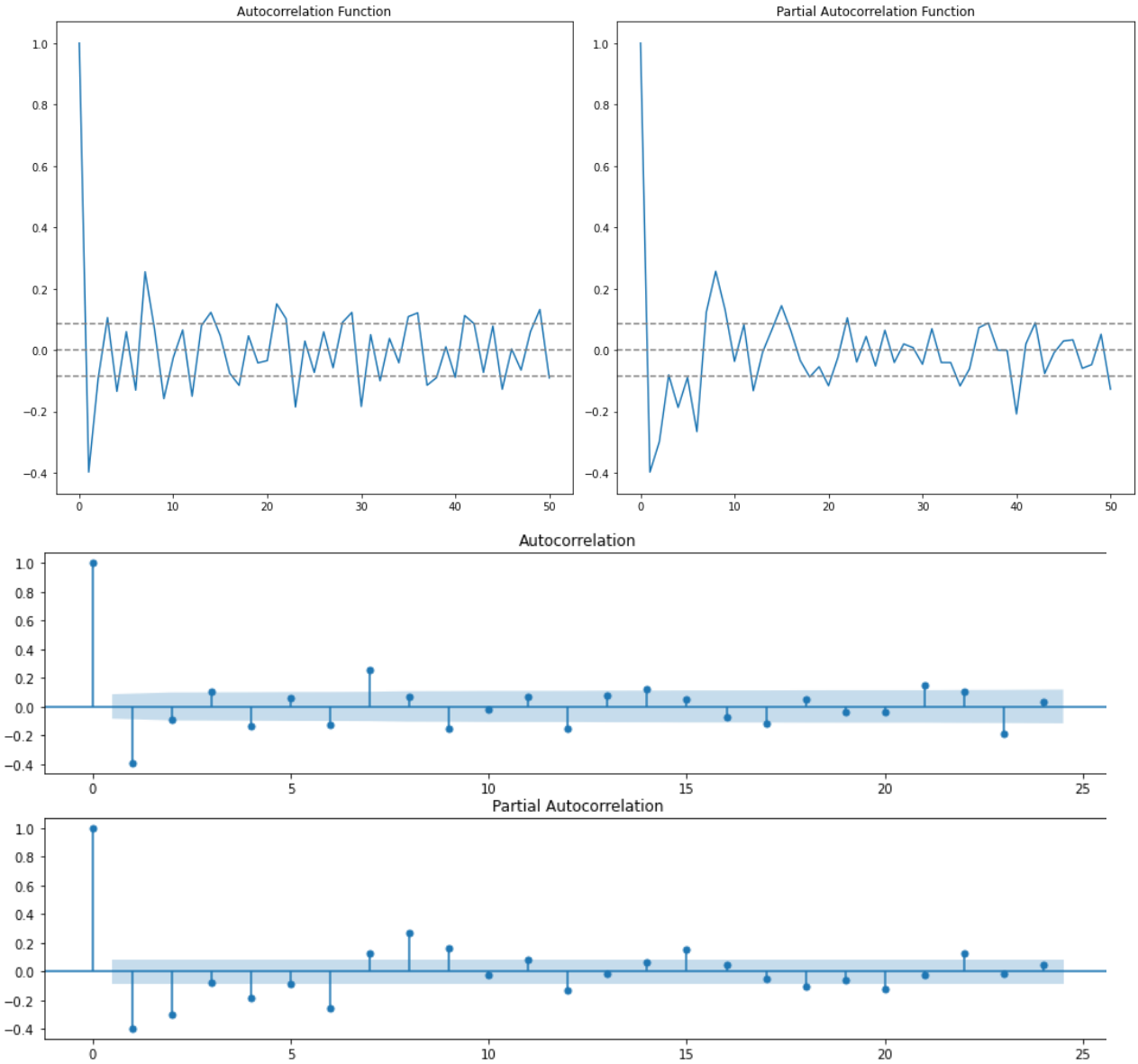
Χρησιμοποιώντας τον έλεγχο ADF, ελέγχουμε αν η χρονοσειρά μας είναι στάσιμη

Results of Dickey Fuller Test:	
Test Statistic	-5.556029
p-value	0.000002
#Lags Used	19.000000
Number of Observations Used	511.000000

Critical Value (1%)	-3.443212
Critical Value (5%)	-2.867213
Critical Value (10%)	-2.569791

Πίνακας. 12 ADF test για τα κρούσματα cases_log_shift

Η χρονοσειρά είναι στάσιμη, οπότε κάνουμε και τα αντίστοιχα ACF, PACF διαγράμματα.



Σχήμα 24. ACF , PACF plots cases_log_shift

Αφού ολοκληρώσαμε τους μετασχηματισμούς και ελέγξαμε την στασιμότητα θα χρησιμοποιήσουμε το auto_arima το οποίο θα επιλέξει το καλύτερο μοντέλο με βάση το AIC και θα μας υποδείξει τις παρεμέτρους (p,d,q).

- Για το πρώτο μετασχηματισμό για τα cases_log_ma δεδομένα το καλύτερο μοντέλο προέκυψε ότι είναι το ARIMA(2,0,3)(0,0,0)[0] το οποίο εφαρμόζοντας το στο 30% των δεδομένών προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα

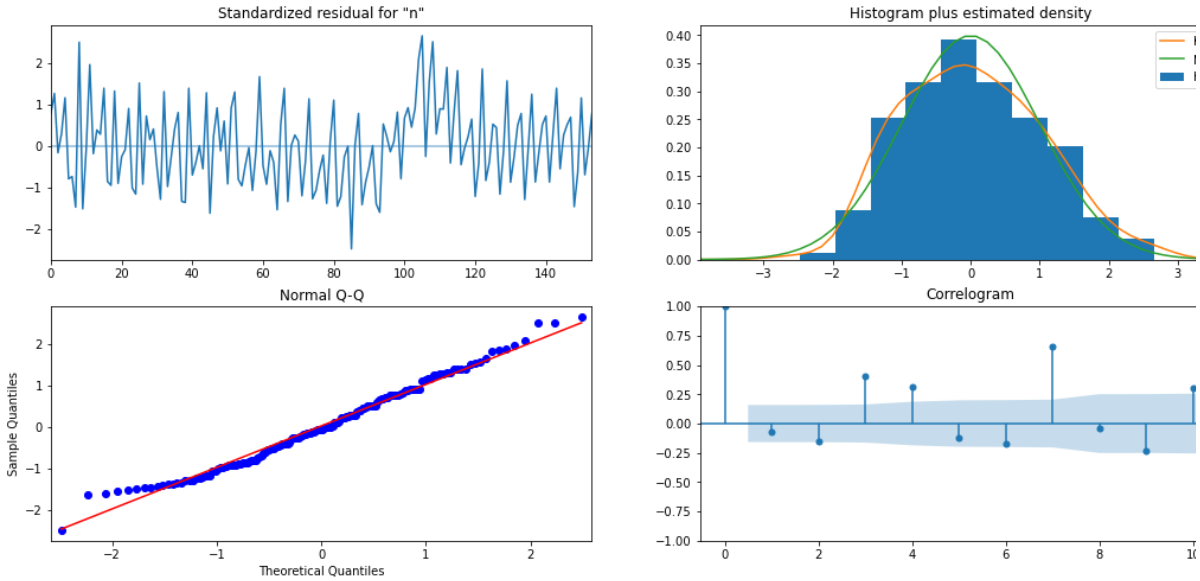
Dep. Variable:	new_cases	**No. Observations:**	158
Model:	SARIMAX(2, 0, 3)	**Log Likelihood**	-12.892
Date:	Mon, 06 Sep 2021	**AIC**	37.783
Time:	15:34:03	**BIC**	56.005
Sample:	0	**HQIC**	45.185
	- 158		
Covariance Type:	opg		

	coef	**std err**	**z**	**P>|z|**	**[0.025**	**0.975]**
ar.L1	1.2272	0.010	124.786	0.000	1.208	1.247
ar.L2	-0.9916	0.009	-104.437	0.000	-1.010	-0.973
ma.L1	-0.9251	1429.753	-0.001	0.999	-2803.190	2801.340
ma.L2	0.6502	1944.538	0.000	1.000	-3810.575	3811.875
ma.L3	0.2883	679.299	0.000	1.000	-1331.113	1331.689
sigma2	0.0655	154.319	0.000	1.000	-302.394	302.525

Ljung-Box (L1) (Q):	0.82	**Jarque-Bera (JB):**	3.03
Prob(Q):	0.36	**Prob(JB):**	0.22
Heteroskedasticity (H):	1.10	**Skew:**	0.27
Prob(H) (two-sided):	0.73	**Kurtosis:**	2.57

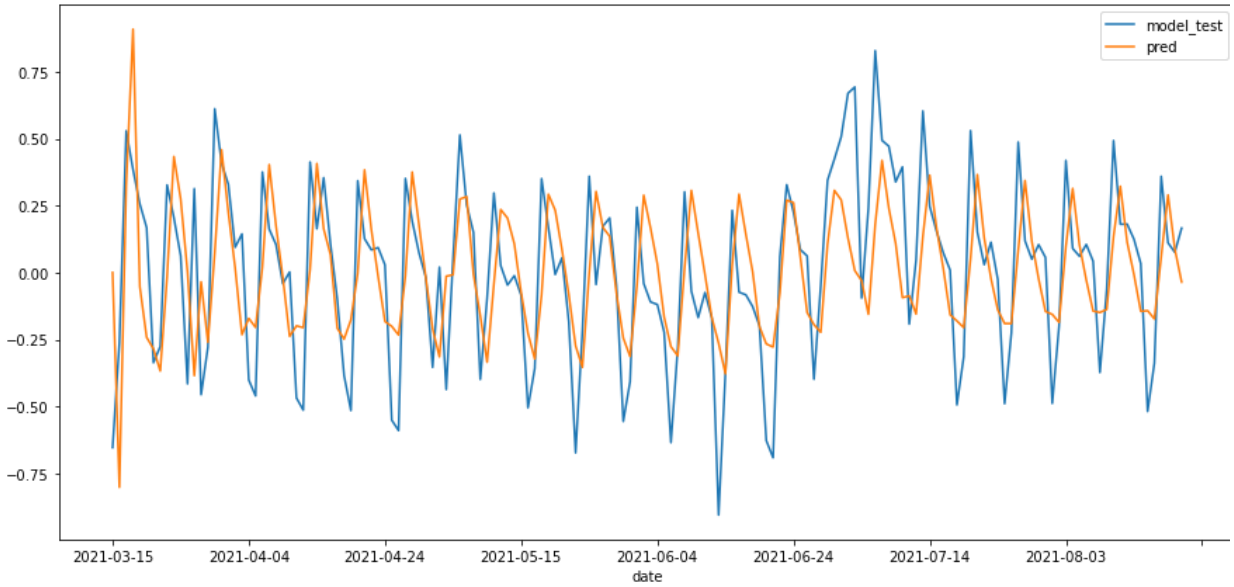
Πίνακας. 13 Μοντέλο για τα cases_log_ma

Παρατηρούμε ότι για τα κατάλοιπα δεν ισχύει η κανονικότητα, ομοσκεδαστικότητα και δεν είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους.



Σχήμα 25. Έλεγχος για τα κατάλοιπα cases_log_ma

Αφού εφαρμόσαμε το μοντέλο προέκυψε το παρακάτω διάγραμμα για τις εκτιμώμενες τιμές σε σχέση με τις πραγματικές, με Root Mean Square Error for ARIMA Model: 0.27271560175461645



Σχήμα 26 Χρονοσειρά για το cases_log_ma

- Για το δεύτερο μετασχηματισμό για τα cases_log_exp δεδομένα το καλύτερο μοντέλο προέκυψε ότι είναι το ARIMA(2,0,2)(0,0,0)[0] το οποίο εφαρμόζοντας το στο 30% των δεδομένών προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα

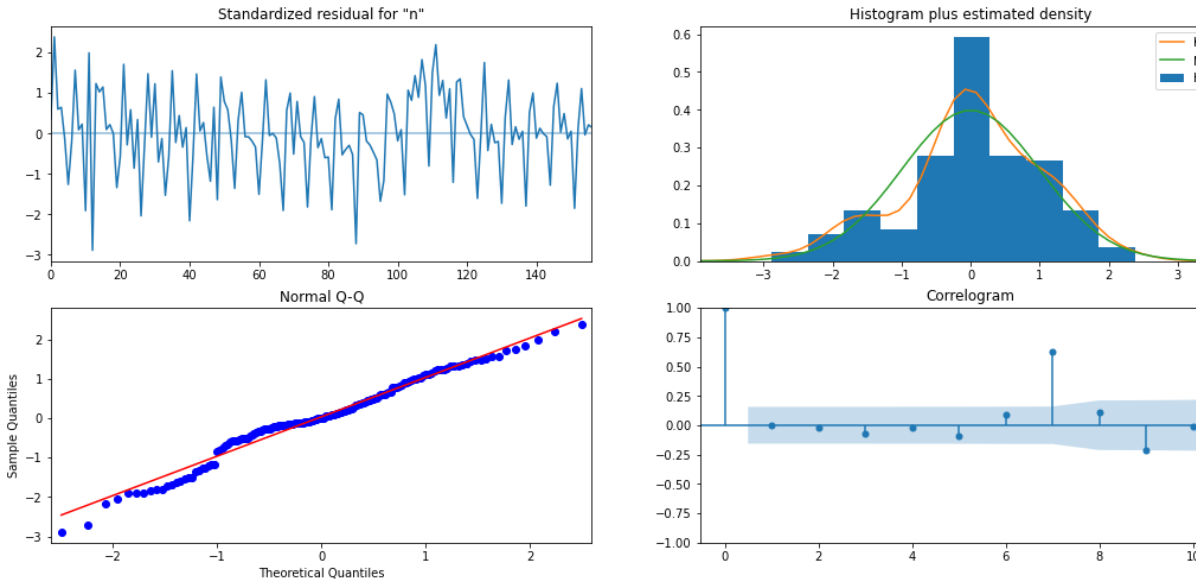
Dep. Variable:	new_cases	**No. Observations:**	160
Model:	SARIMAX(2, 0, 2)	**Log Likelihood**	-41.464
Date:	Mon, 06 Sep 2021	**AIC**	92.929
Time:	15:34:09	**BIC**	108.210
Sample:	0	**HQIC**	99.135
	- 160		
Covariance Type:	opg		

	coef	**std err**	**z**	**P>|z|**	**[0.025**	**0.975]**
ar.L1	0.5606	0.136	4.133	0.000	0.295	0.826
ar.L2	0.3877	0.126	3.082	0.002	0.141	0.634
ma.L1	0.1404	0.121	1.161	0.246	-0.097	0.378
ma.L2	-0.6221	0.067	-9.341	0.000	-0.753	-0.492
sigma2	0.0986	0.011	8.746	0.000	0.076	0.121

Ljung-Box (L1) (Q):	0.00	**Jarque-Bera (JB):**	3.37
Prob(Q):	0.98	**Prob(JB):**	0.19
Heteroskedasticity (H):	0.74	**Skew:**	-0.36
Prob(H) (two-sided):	0.28	**Kurtosis:**	3.09

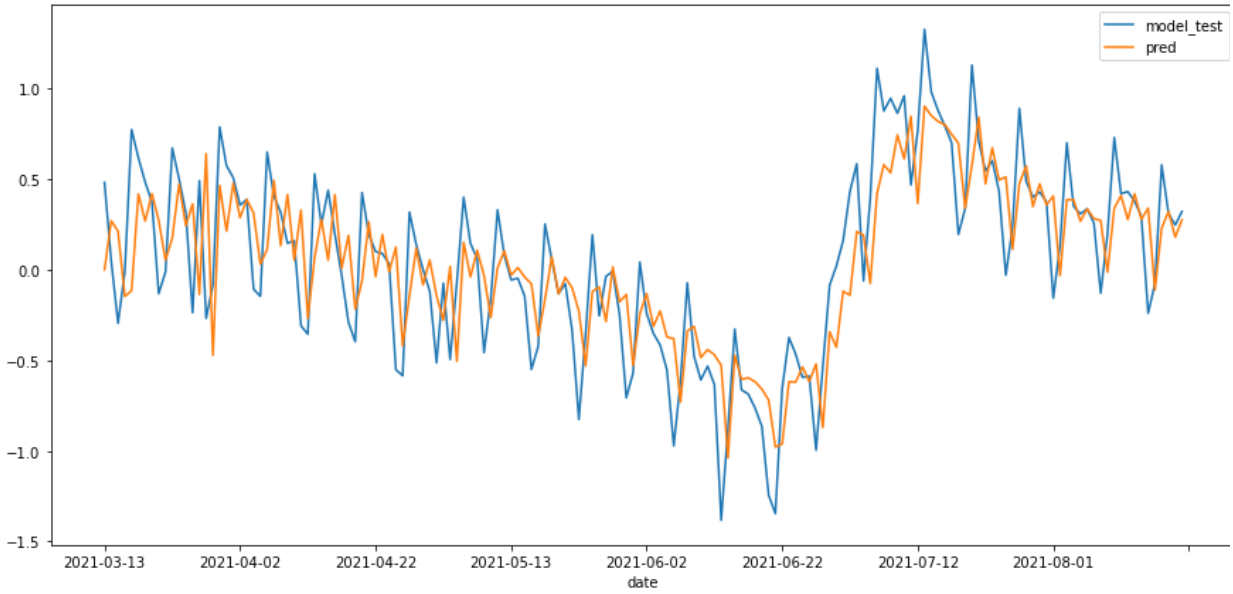
Πίνακας. 14 Μοντέλο για τα cases_log_exp

Παρατηρούμε ότι για τα κατάλοιπα δεν ισχύει η κανονικότητα, ομοσκεδαστικότητα και δεν είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους.



Σχήμα 27.Έλεγχος για τα κατάλοιπα cases_log_exp

Αφού εφαρμόσαμε το μοντέλο προέκυψε το παρακάτω διάγραμμα για τις εκτιμώμενες τιμές σε σχέση με τις πραγματικές, με Root Mean Square Error for ARIMA exp Model: 0.31902640619673406



Σχήμα 28 Χρονοσειρά για το cases_log_exp

- Για το τρίτο μετασχηματισμό για τα cases_log_shift δεδομένα το καλύτερο μοντέλο προέκυψε ότι είναι το ARIMA(2,0,3)(0,0,0)[0] το οποίο εφαρμόζοντας το στο 30% των δεδομένών προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα

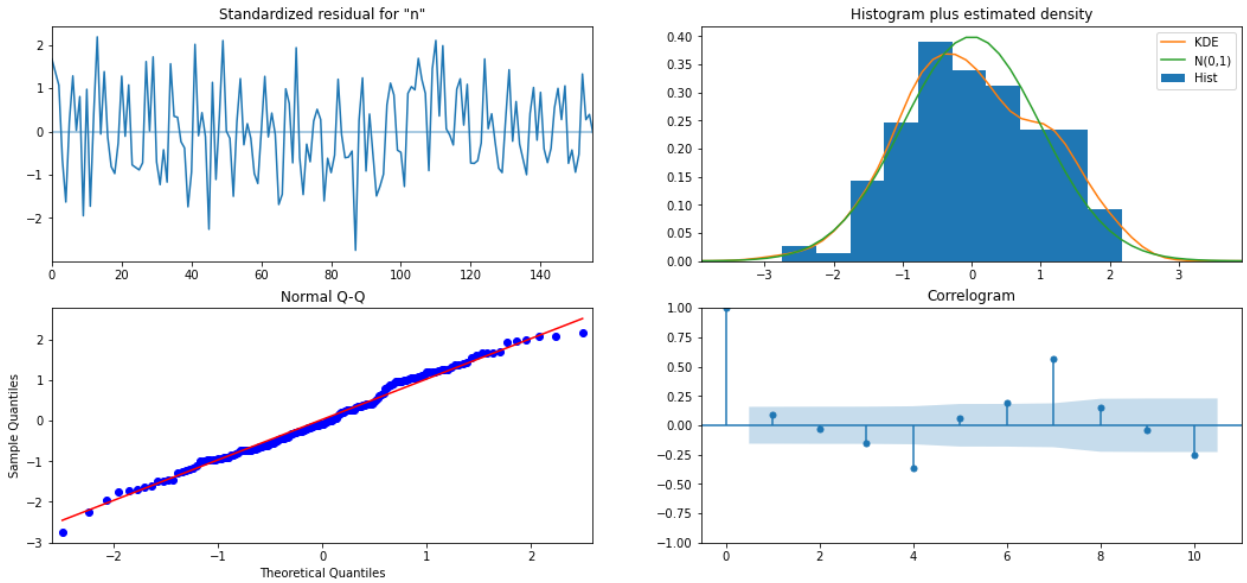
Dep. Variable:	new_cases	**No. Observations:**	160
Model:	SARIMAX(2, 0, 3)	**Log Likelihood**	-37.502
Date:	Mon, 06 Sep 2021	**AIC**	87.003
Time:	15:34:15	**BIC**	105.302
Sample:	0	**HQIC**	94.436
	- 160		
Covariance Type:	opg		

	coef	**std err**	**z**	**P>|z|**	**[0.025**	**0.975]**
ar.L1	-0.5000	0.034	-14.616	0.000	-0.567	-0.433
ar.L2	-0.8987	0.042	-21.241	0.000	-0.982	-0.816
ma.L1	0.2315	133.829	0.002	0.999	-262.069	262.532
ma.L2	0.5670	267.535	0.002	0.998	-523.793	524.927
ma.L3	-0.5524	188.636	-0.003	0.998	-370.271	369.166
sigma2	0.0899	30.681	0.003	0.998	-60.044	60.224

Ljung-Box (L1) (Q):	1.36	**Jarque-Bera (JB):**	1.65
Prob(Q):	0.24	**Prob(JB):**	0.44
Heteroskedasticity (H):	0.62	**Skew:**	0.04
Prob(H) (two-sided):	0.09	**Kurtosis:**	2.50

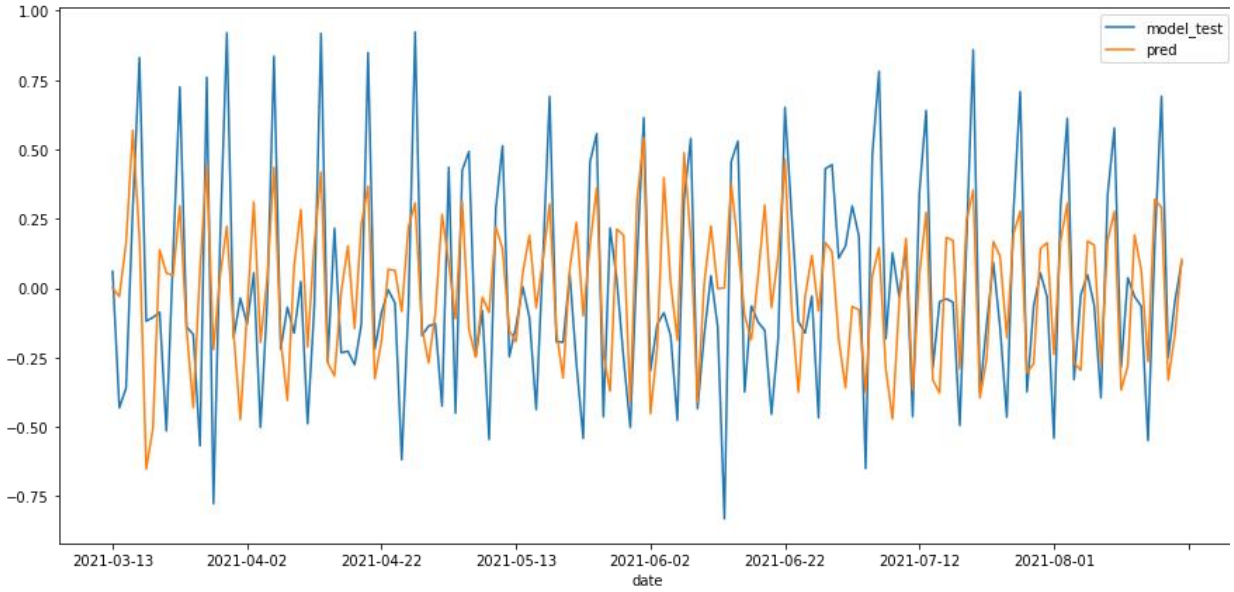
Πίνακας. 15 Μοντέλο για τα cases_log_shift

Παρατηρούμε ότι για τα κατάλοιπα δεν ισχύει η κανονικότητα, ομοσκεδαστικότητα και δεν είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους.



Σχήμα 29 Έλεγχος για τα κατάλοιπα cases_log_shift

Αφού εφαρμόσαμε το μοντέλο προέκυψε το παρακάτω διάγραμμα για τις εκτιμώμενες τιμές σε σχέση με τις πραγματικές, με Root Mean Square Error for ARIMA shift Model: 0.31220196251120524.



Σχήμα 30 Χρονοσειρά για το cases_log_shift

5.4.2 Τα κρούσματα Covid 19 στην Ελλάδα με SARIMA

5.4.3 Για τα μοντέλα χρησιμοποιήσαμε περιοδικότητα m=7

- Για το πρώτο μετασχηματισμό για τα cases_log_ma δεδομένα το καλύτερο μοντέλο προέκυψε ότι είναι το ARIMA(0,0,3)(1,0,1)[7] το οποίο εφαρμόζοντας το στο 30% των δεδομένών προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα

Dep. Variable:	new_cases	**No. Observations:**	158
Model:	SARIMAX(0, 0, 3)x(1, 0, [1], 7)	**Log Likelihood**	42.528
Date:	Mon, 06 Sep 2021	**AIC**	-73.056
Time:	15:36:02	**BIC**	-55.114
Sample:	0	**HQIC**	-65.766
	- 158		
Covariance Type:	opg		

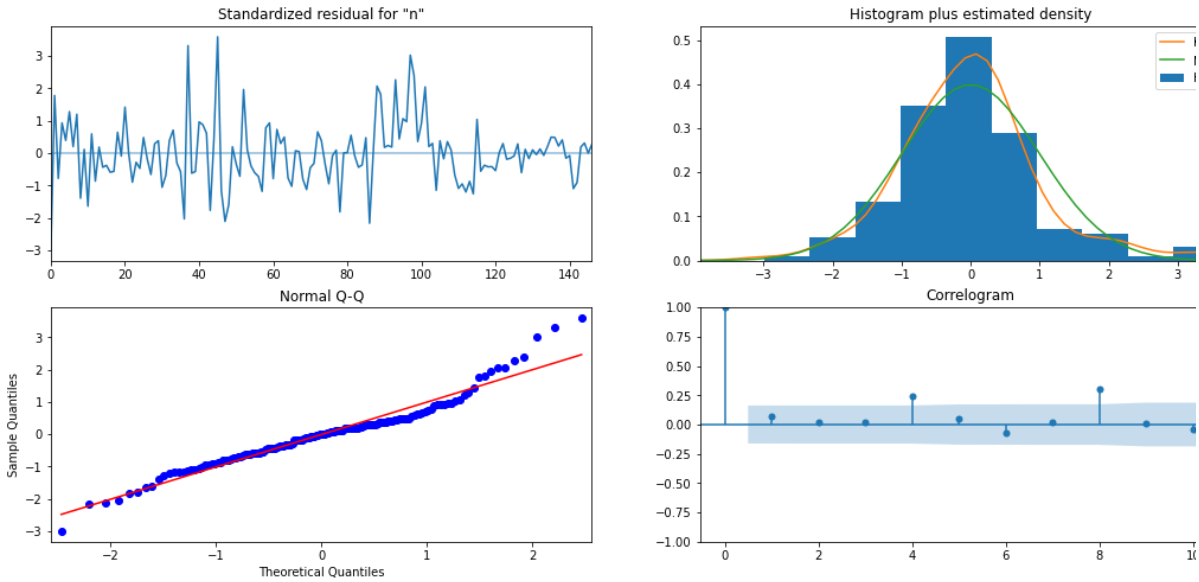
	coef	**std err**	**z**	**P>|z|**	**[0.025**	**0.975]**
ma.L1	0.3511	0.066	5.319	0.000	0.222	0.480
ma.L2	0.0644	0.075	0.854	0.393	-0.083	0.212
ma.L3	0.3918	0.089	4.401	0.000	0.217	0.566
ar.S.L7	0.8931	0.054	16.469	0.000	0.787	0.999
ma.S.L7	-0.3343	0.109	-3.060	0.002	-0.548	-0.120
sigma2	0.0325	0.003	10.179	0.000	0.026	0.039

Ljung-Box (L1) (Q):	0.76	**Jarque-Bera (JB):**	32.73
Prob(Q):	0.38	**Prob(JB):**	0.00
Heteroskedasticity (H):	0.34	**Skew:**	0.62

Prob(H) (two-sided):	0.00	**Kurtosis:**	4.95

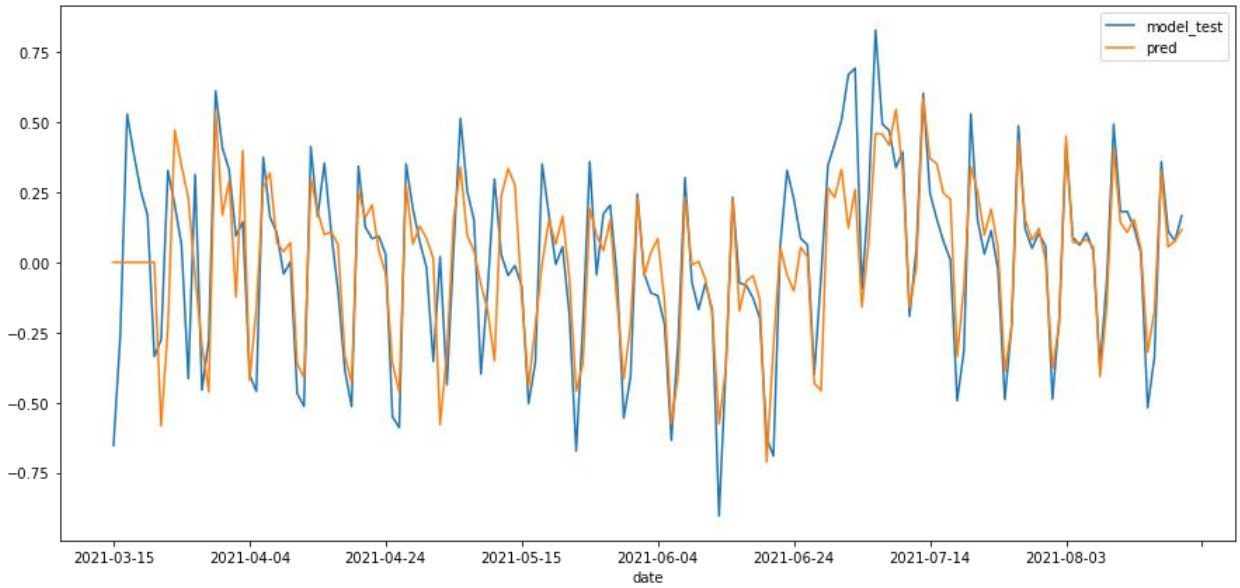
Πίνακας. 16 Μοντέλο SARIMA για τα cases_log_ma

Παρατηρούμε ότι για τα κατάλοιπα ισχύει η κανονικότητα και ομοσκεδαστικότητα αλλά δεν είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους.



Σχήμα 31 Έλεγχος για τα κατάλοιπα cases_log_ma για το SARIMA

Αφού εφαρμόσαμε το μοντέλο προέκυψε το παρακάτω διάγραμμα για τις εκτιμώμενες τιμές σε σχέση με τις πραγματικές, με Root Mean Square Error for SARIMA ma Model: 0.20508289278280945



Σχήμα 32 Χρονοσειρά SARIMA για το cases_log_ma

- Για το δεύτερο μετασχηματισμό για τα cases_log_exp δεδομένα το καλύτερο μοντέλο προέκυψε ότι είναι το ARIMA(1,0,1)(1,0,2)[7] το οποίο εφαρμόζοντας το στο 30% των δεδομένών προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα

Dep. Variable:	new_cases	**No. Observations:**	160
Model:	SARIMAX(1, 0, 1)x(1, 0, [1, 2], 7)	**Log Likelihood**	28.208
Date:	Mon, 06 Sep 2021	**AIC**	-44.417
Time:	15:37:36	**BIC**	-26.598
Sample:	0	**HQIC**	-37.176
	- 160		
Covariance Type:	opg		

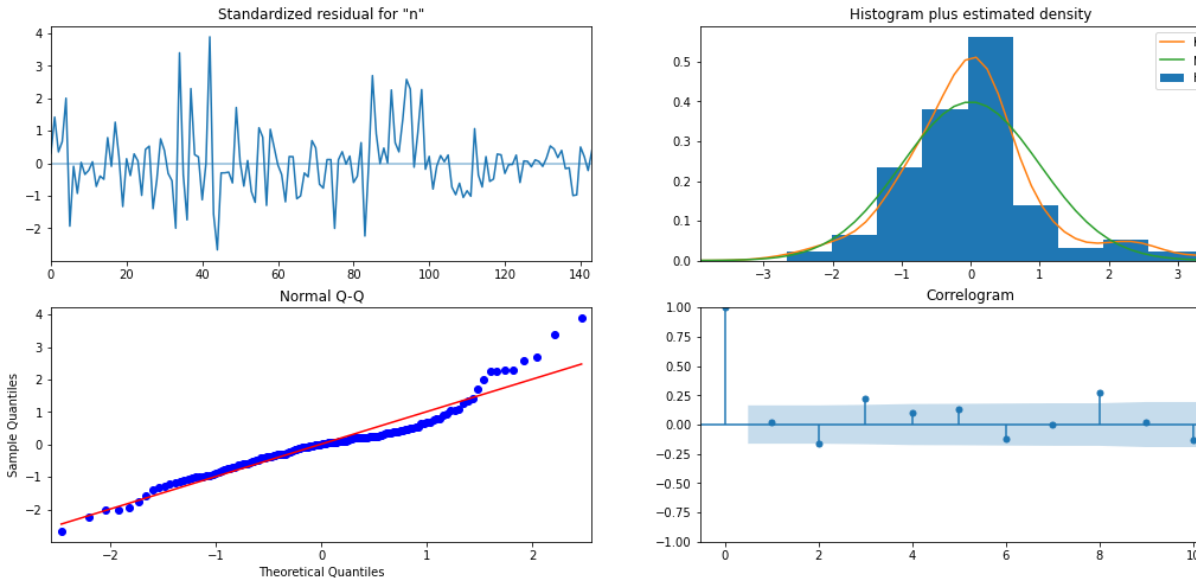
	coef	**std err**	**z**	**P>|z|**	**[0.025**	**0.975]**
ar.L1	0.9323	0.047	20.034	0.000	0.841	1.024
ma.L1	-0.4300	0.103	-4.164	0.000	-0.632	-0.228
ar.S.L7	0.8759	0.057	15.266	0.000	0.763	0.988
ma.S.L7	-0.2299	0.102	-2.255	0.024	-0.430	-0.030
ma.S.L14	-0.0266	0.114	-0.233	0.816	-0.251	0.198
sigma2	0.0394	0.004	10.114	0.000	0.032	0.047

Ljung-Box (L1) (Q):	0.06	**Jarque-Bera (JB):**	48.76
Prob(Q):	0.81	**Prob(JB):**	0.00
Heteroskedasticity (H):	0.25	**Skew:**	0.81

Prob(H) (two-sided):	0.00	**Kurtosis:**	5.35

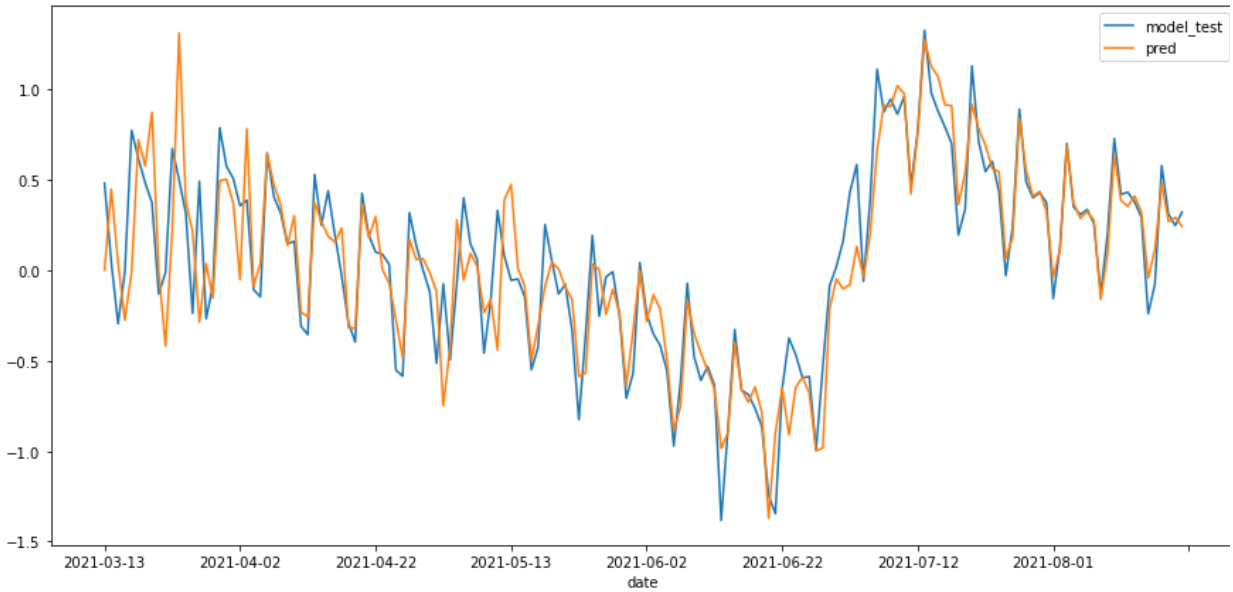
Πίνακας. 17 Μοντέλο SARIMA για τα cases_log_exp

Παρατηρούμε ότι για τα κατάλοιπα ισχύει η κανονικότητα και ομοσκεδαστικότητα αλλά δεν είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους.



Σχήμα 33 Έλεγχος για τα κατάλοιπα cases_log_exp για το SARIMA

Αφού εφαρμόσαμε το μοντέλο προέκυψε το παρακάτω διάγραμμα για τις εκτιμώμενες τιμές σε σχέση με τις πραγματικές, με Root Mean Square Error for SARIMA exp Model: 0.23865206821890828



Σχήμα 34 Χρονοσειρά SARIMA για το cases_log_exp

- Για το τρίτο μετασχηματισμό για τα cases_log_shift δεδομένα το καλύτερο μοντέλο προέκυψε ότι είναι το ARIMA(0,0,2)(2,0,1)[7] το οποίο εφαρμόζοντας το στο 30% των δεδομένών προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα

Dep. Variable:	new_cases	**No. Observations:**	160
Model:	SARIMAX(0, 0, 2)x(2, 0, [1], 7)	**Log Likelihood**	17.156
Date:	Mon, 06 Sep 2021	**AIC**	-22.313
Time:	15:39:24	**BIC**	-4.411
Sample:	0	**HQIC**	-15.039
	- 160		
Covariance Type:	opg		

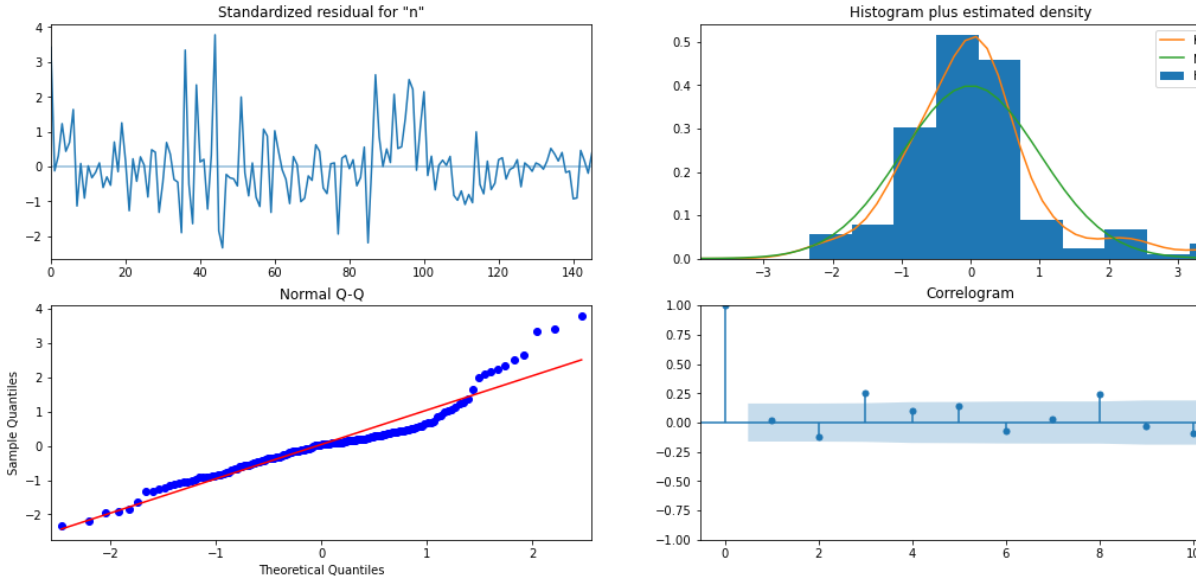
	coef	**std err**	**z**	**P>|z|**	**[0.025**	**0.975]**
ma.L1	-0.4091	0.070	-5.856	0.000	-0.546	-0.272
ma.L2	-0.0388	0.075	-0.515	0.606	-0.186	0.109
ar.S.L7	0.9348	0.180	5.192	0.000	0.582	1.288
ar.S.L14	-0.0378	0.153	-0.246	0.805	-0.339	0.263
ma.S.L7	-0.3607	0.195	-1.850	0.064	-0.743	0.021
sigma2	0.0459	0.004	11.140	0.000	0.038	0.054

Ljung-Box (L1) (Q):	0.04	**Jarque-Bera (JB):**	59.34
Prob(Q):	0.84	**Prob(JB):**	0.00

Heteroskedasticity (H):	0.30	**Skew:**	0.99
Prob(H) (two-sided):	0.00	**Kurtosis:**	5.42

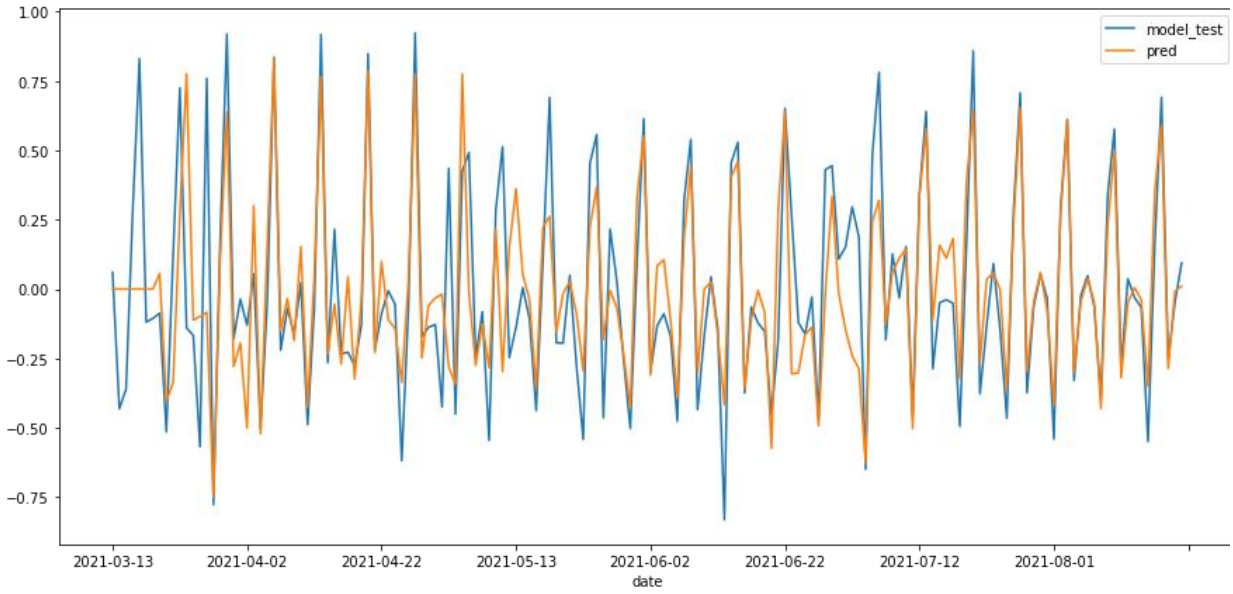
Πίνακας. 18 Μοντέλο SARIMA για τα cases_log_shift

Παρατηρούμε ότι για τα κατάλοιπα ισχύει η κανονικότητα και ομοσκεδαστικότητα αλλά δεν είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους.



Σχήμα 35 Έλεγχος για τα κατάλοιπα cases_log_shift για το SARIMA

Αφού εφαρμόσαμε το μοντέλο προέκυψε το παρακάτω διάγραμμα για τις εκτιμώμενες τιμές σε σχέση με τις πραγματικές, με Root Mean Square Error for SARIMA shift Model: 0.244091740481737



Σχήμα 36 Χρονοσειρά SARIMA για το cases_log_shift

5.5 Κρούσματα με παράγοντα το ποσοστού πλήρων εμβολιασμένων

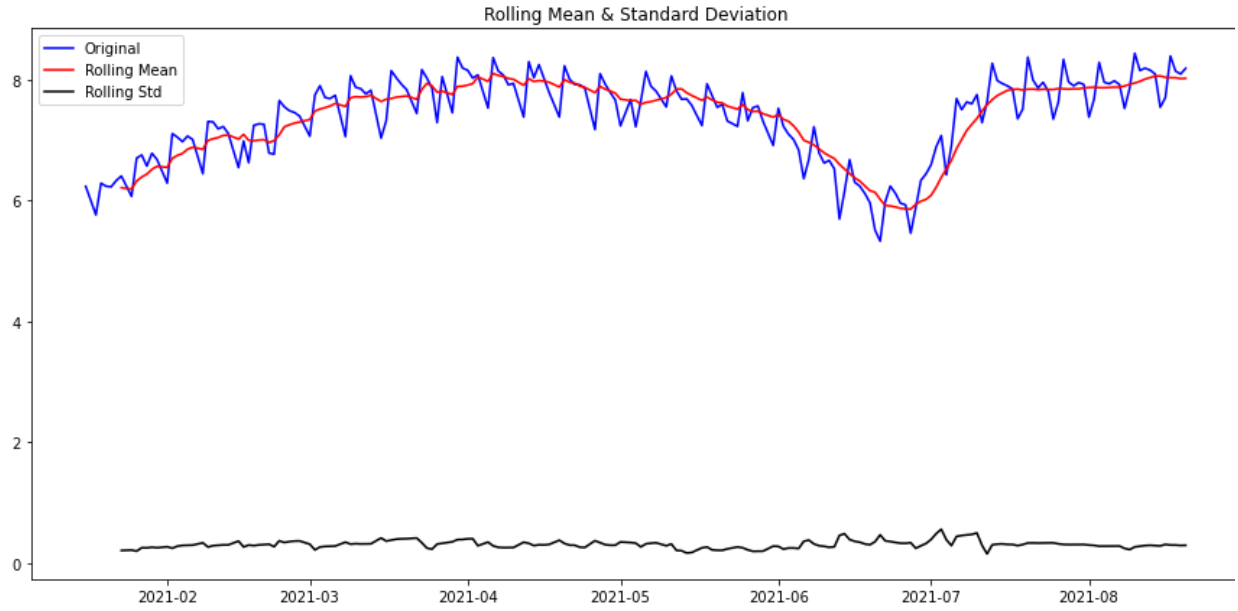
Αφού έχουμε ελέγξει τα κρούσματα θα ελέγξουμε τα κρούσματα με εξωγενή παράγοντα το ποσοστό πλήρων εμβολιασμένων. Οι εμβολιασμοί είναι ένας παράγοντας που εξετάζεται από την οικονομική επιδημιολογία όπως ήδη έχουμε αναφέρει και είναι σημαντικό να γίνει σωστή επιλογή εμβολίου, χρόνου διεξαγωγής και να είναι αποδοτικός. Τα παρακάτω μοντέλα είναι ένας τρόπος αξιολόγησης τεχνολογίας υγείας για να ελέγξουμε την αποτελεσματικότητα του εμβολιασμού.

5.7.1 ARIMAX τα κρούσματα με τον εξωγενή παράγοντα του ποσοστού πλήρων εμβολιασμένων

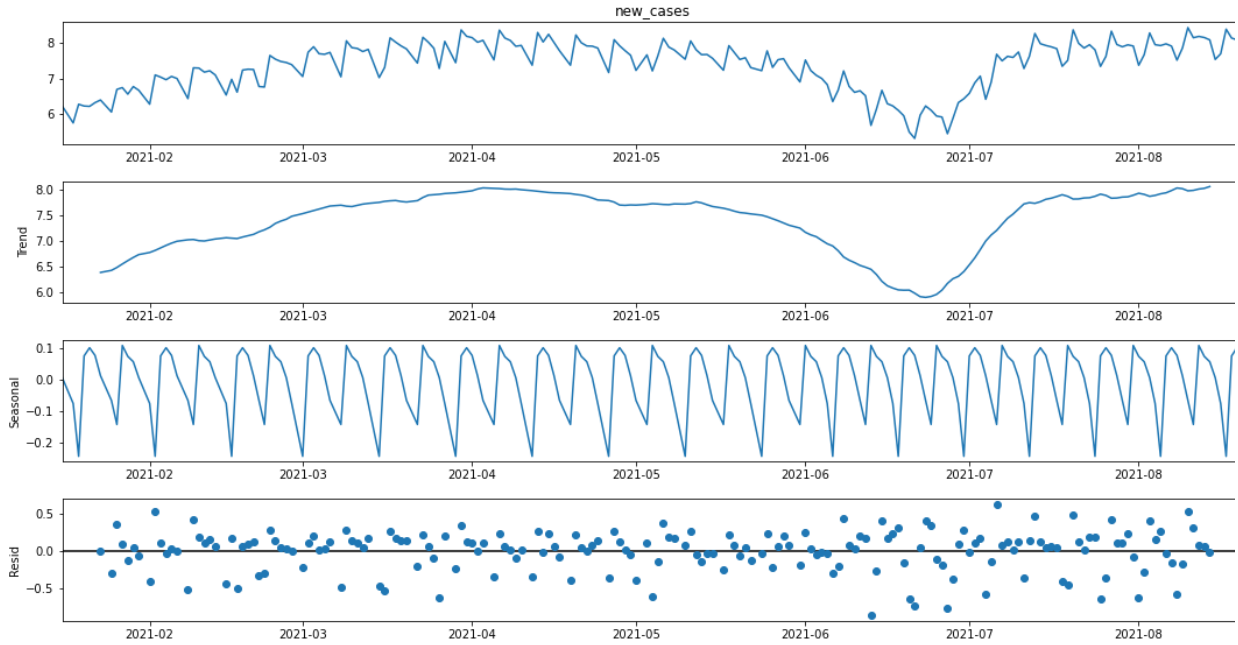
Σε αυτή την περίπτωση πρέπει να ελέγξουμε τη στασιμότητα και στις δυο μεταβλητές, δηλαδή και στα κρούσματα και στο ποσοστό εμβολιασμένων.

- Για τα κρούσματα (πρέπει να ξαναγίνει έλεγχος γιατί το dataset άλλαξε για να υπάρχει κοινή περίοδος)

Ξεκινώντας την ανάλυση για να δημιουργήσουμε ένα ARIMAX μοντέλο βρίσκουμε τη μέση τιμή και διασπορά των κρουσμάτων καθώς και τη μορφή των καταλοίπων.



Σχήμα 37 Τα cases_log_ma, η μέση τιμή και η διασπορά για το ARIMAX



Σχήμα 38 Κατάλοιπα για τα cases_log_ma για το ARIMAX

Χρησιμοποιώντας τον έλεγχο ADF, ελέγχουμε αν η χρονοσειρά μας είναι στάσιμη

Results of Dickey Fuller Test:	
Test Statistic	-2.466411
p-value	0.123862
#Lags Used	13.000000
Number of Observations Used	184.000000

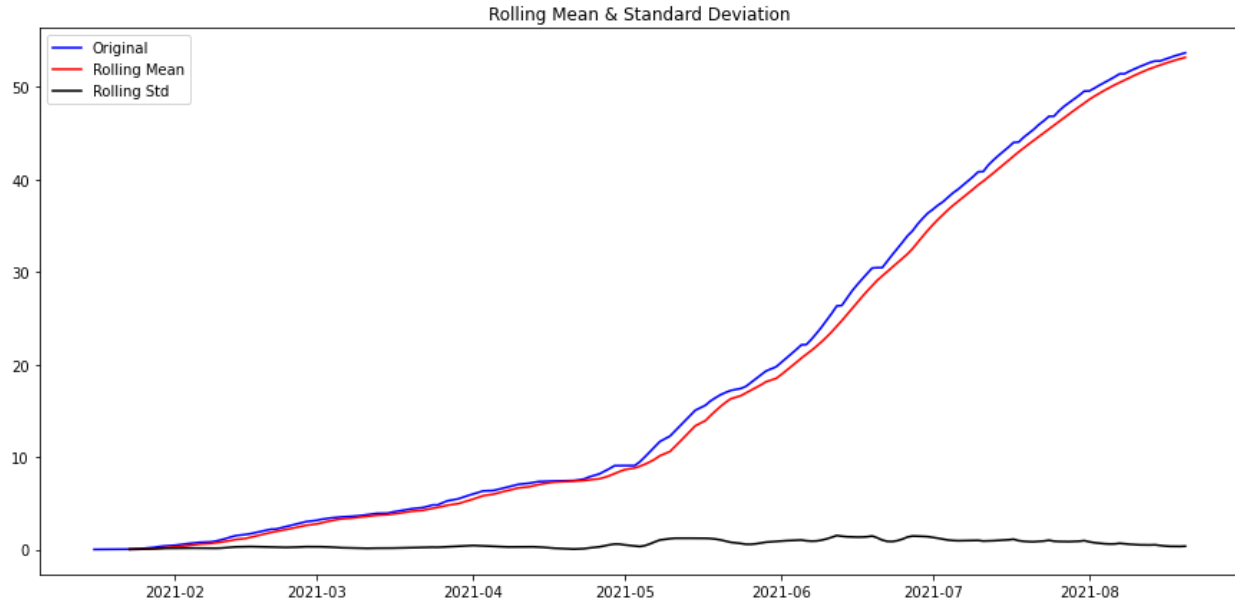
Critical Value (1%)	-3.466398
Critical Value (5%)	-2.877380
Critical Value (10%)	-2.575214
dtype: float64	

Πίνακας. 19 ADF test για τα κρούσματα cases_log_ma για το ARIMAX

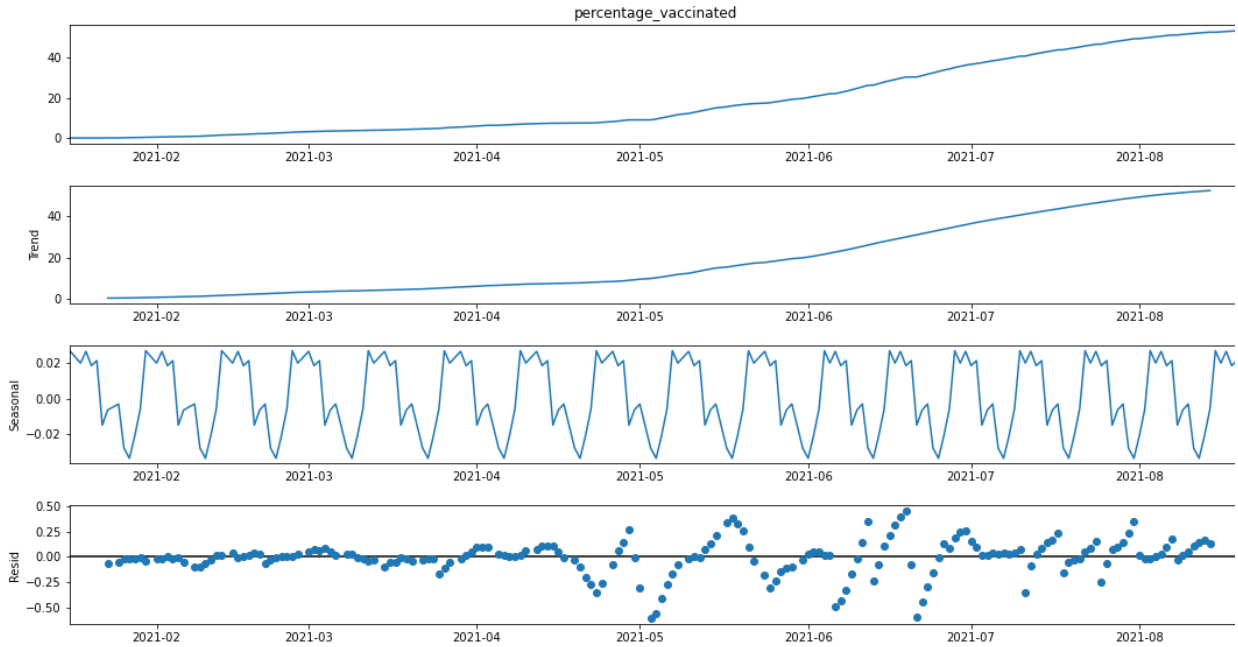
Η χρονοσειρά δεν είναι στάσιμη.

- Για το ποσοστό εμβολιασμένων

Ξεκινώντας την ανάλυση για να δημιουργήσουμε ένα ARIMAX μοντέλο βρίσκουμε τη μέση τιμή και διασπορά των εμβολιασμένων καθώς και τη μορφή των καταλοίπων.



Σχήμα 39 Ποσοστό εμβολιασμένων, μέση τιμή και διασπορά



Σχήμα 40 Κατάλοιπα για τα εμβόλια

Χρησιμοποιώντας τον έλεγχο ADF, ελέγχουμε αν η χρονοσειρά μας είναι στάσιμη

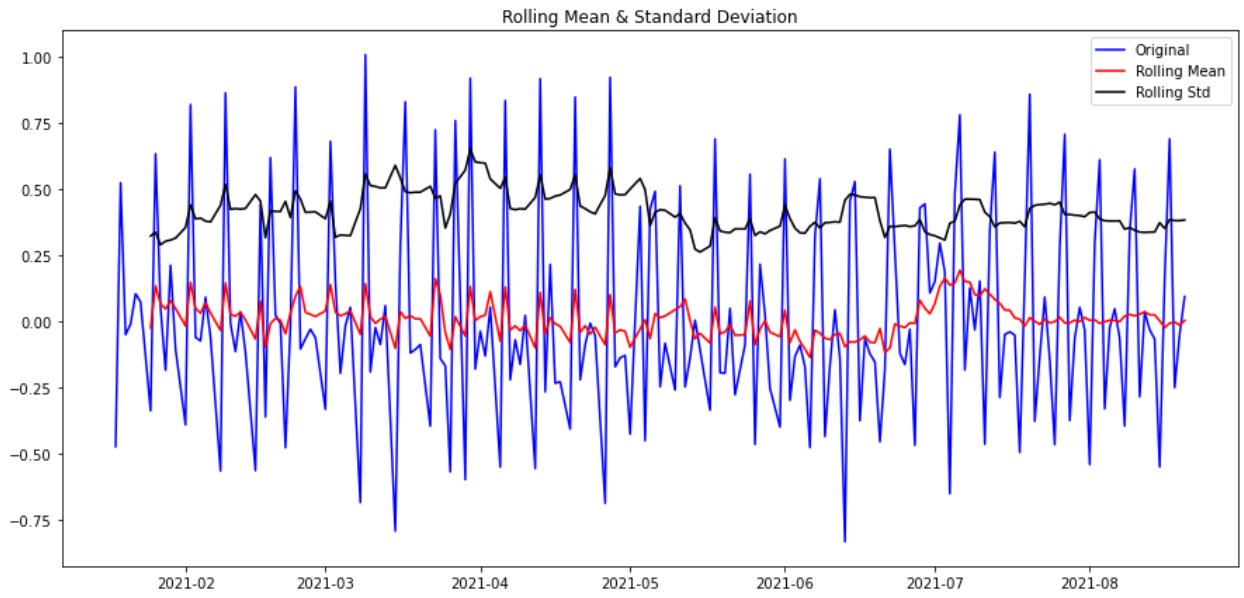
Results of Dickey Fuller Test:	
Test Statistic	-0.399584
p-value	0.910168
#Lags Used	8.000000
Number of Observations Used	189.000000
Critical Value (1%)	-3.465431
Critical Value (5%)	-2.876957
Critical Value (10%)	-2.574988

Πίνακας. 20 ADF test για το ποσοστό εμβολιασμένων

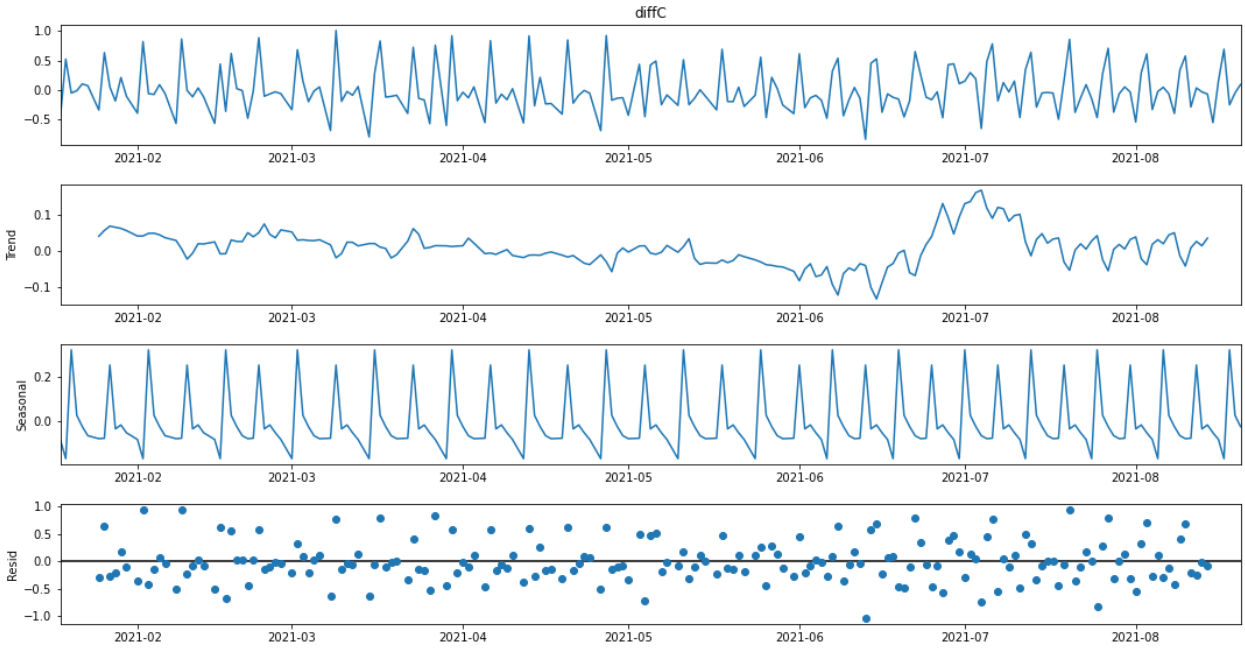
Ούτε αυτή η χρονοσειρά δεν είναι στάσιμη, θα προχωρήσουμε σε μετασχηματισμό των δεδομένων χρησιμοποιώντας πρώτες διάφορες (καθώς εδώ έχουμε ποσοστό).

- Για τις πρώτες διαφορές των κρουσμάτων

Ξεκινώντας την ανάλυση για να δημιουργήσουμε ένα ARIMAX μοντέλο βρίσκουμε τη μέση τιμή και διασπορά των κρουσμάτων καθώς και τη μορφή των καταλοίπων.



Σχήμα 41 Πρώτες διαφορές για τα κρούσματα



Σχήμα 42 Κατάλοιπα για τις πρώτες διαφορές των κρουσμάτων

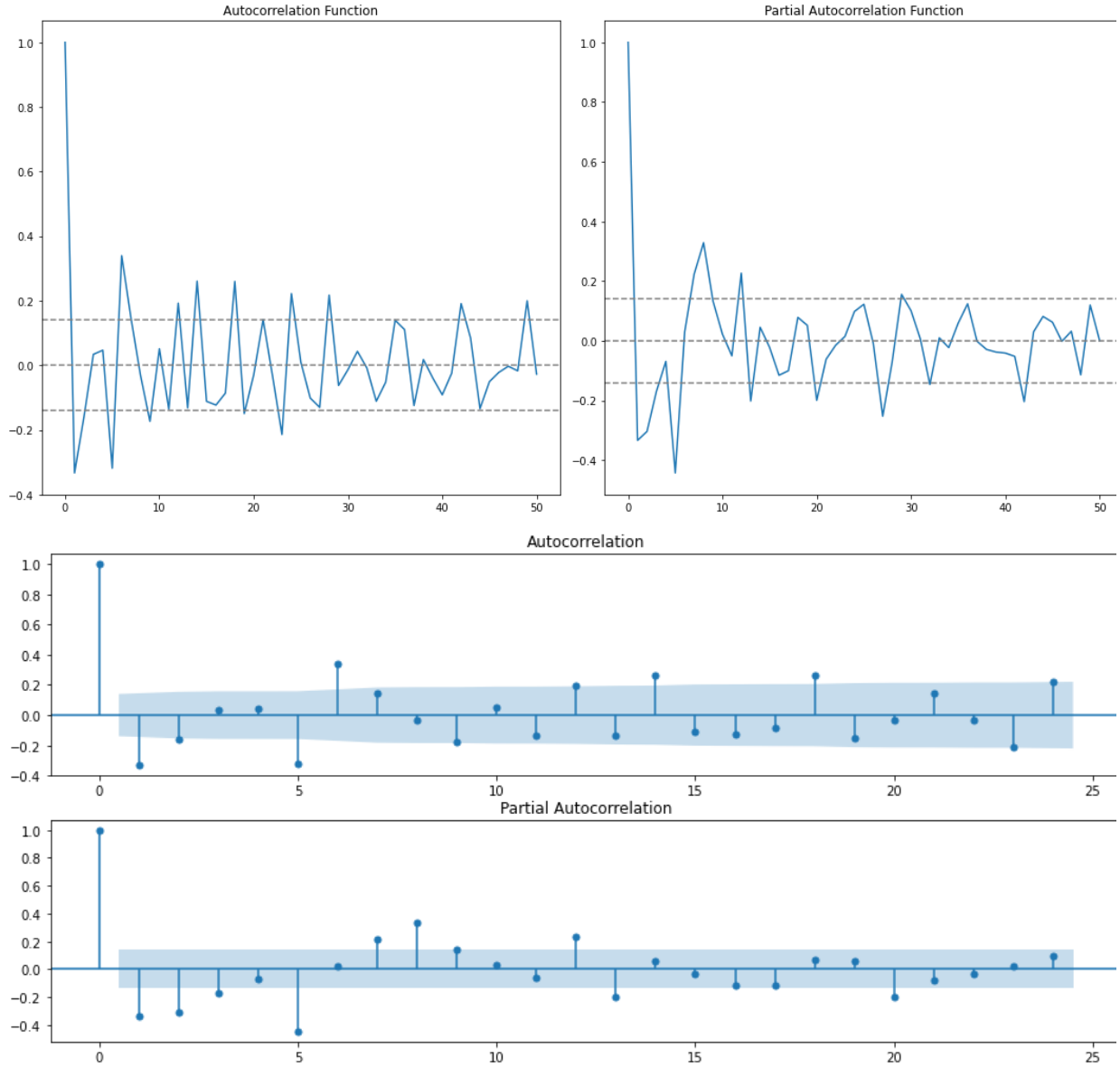
Χρησιμοποιώντας τον έλεγχο ADF, ελέγχουμε αν η χρονοσειρά μας είναι στάσιμη

Results of Dickey Fuller Test:	
Test Statistic	-2.896760
p-value	0.045726
#Lags Used	12.000000
Number of Observations Used	184.000000
Critical Value (1%)	-3.466398

Critical Value (5%)	-2.877380
Critical Value (10%)	-2.575214

Πίνακας. 21 ADF test για τις πρώτες διαφορές των κρουσμάτων

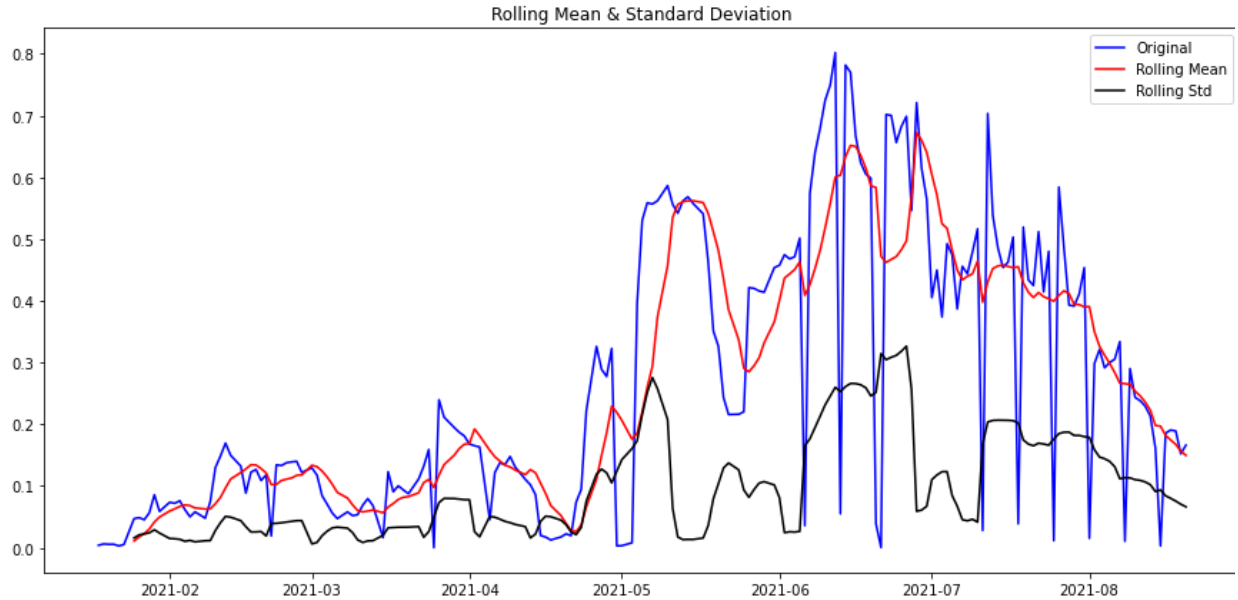
Η χρονοσειρά είναι στάσιμη, οπότε κάνουμε και τα αντίστοιχα ACF, PACF διαγράμματα.



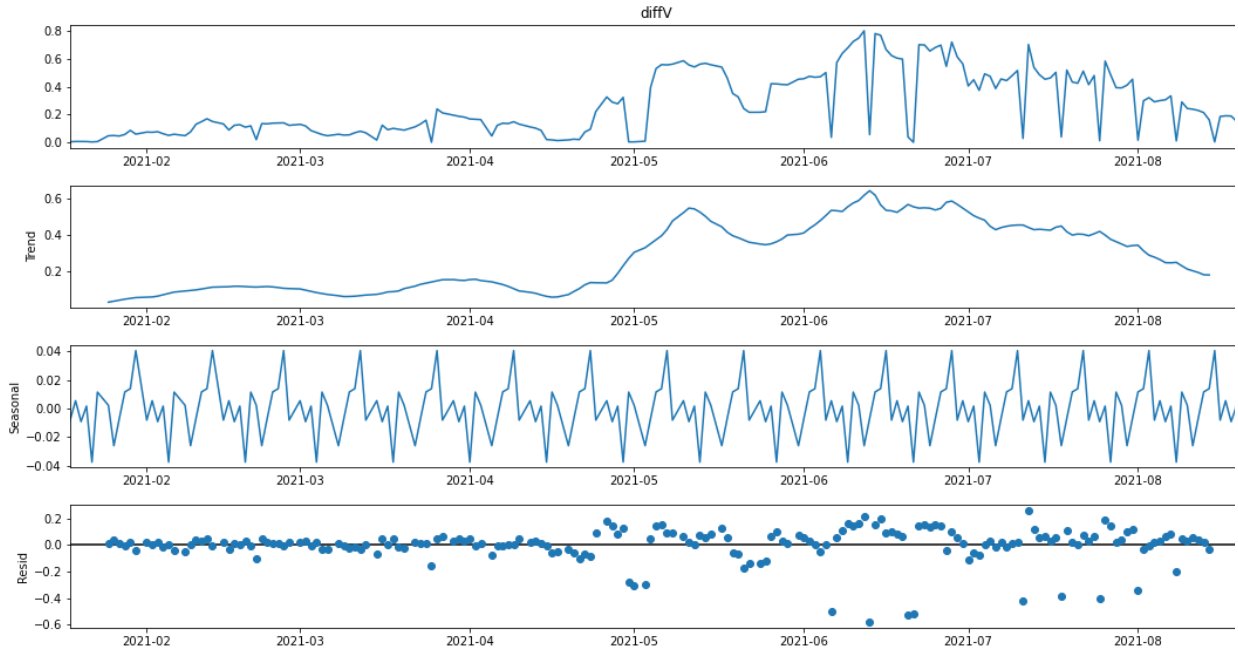
Σχήμα 43 ACF , PACF plots για τις πρώτες διαφορές των κρουσμάτων

- Για τις πρώτες διαφορές του ποσοστού εμβολιασμένων

Ξεκινώντας την ανάλυση για να δημιουργήσουμε ένα ARIMAX μοντέλο βρίσκουμε τη μέση τιμή και διασπορά των εμβολιασμένων καθώς και τη μορφή των καταλοίπων.



Σχήμα 44 Πρώτες διαφορές του ποσοστού εμβολιασμένων



Σχήμα 45 Κατάλοιπα για τις πρώτες διαφορές του ποσοστού εμβολιασμένων

Χρησιμοποιώντας τον έλεγχο ADF, ελέγχουμε αν η χρονοσειρά μας είναι στάσιμη

Results of Dickey Fuller Test:	
Test Statistic	-1.845677
p-value	0.358031
#Lags Used	7.000000
Number of Observations Used	189.000000
Critical Value (1%)	-3.465431
Critical Value (5%)	-2.876957

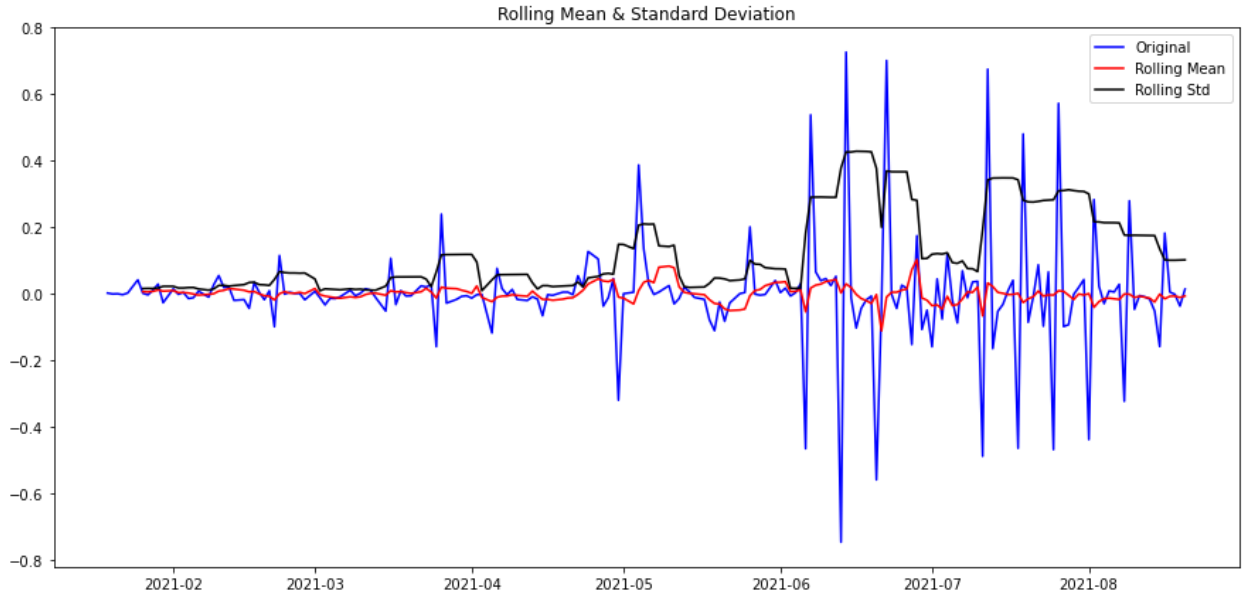
Critical Value (10%)	-2.574988

Πίνακας. 22 ADF test για τις πρώτες διαφορές του ποσοστού εμβολιασμένων

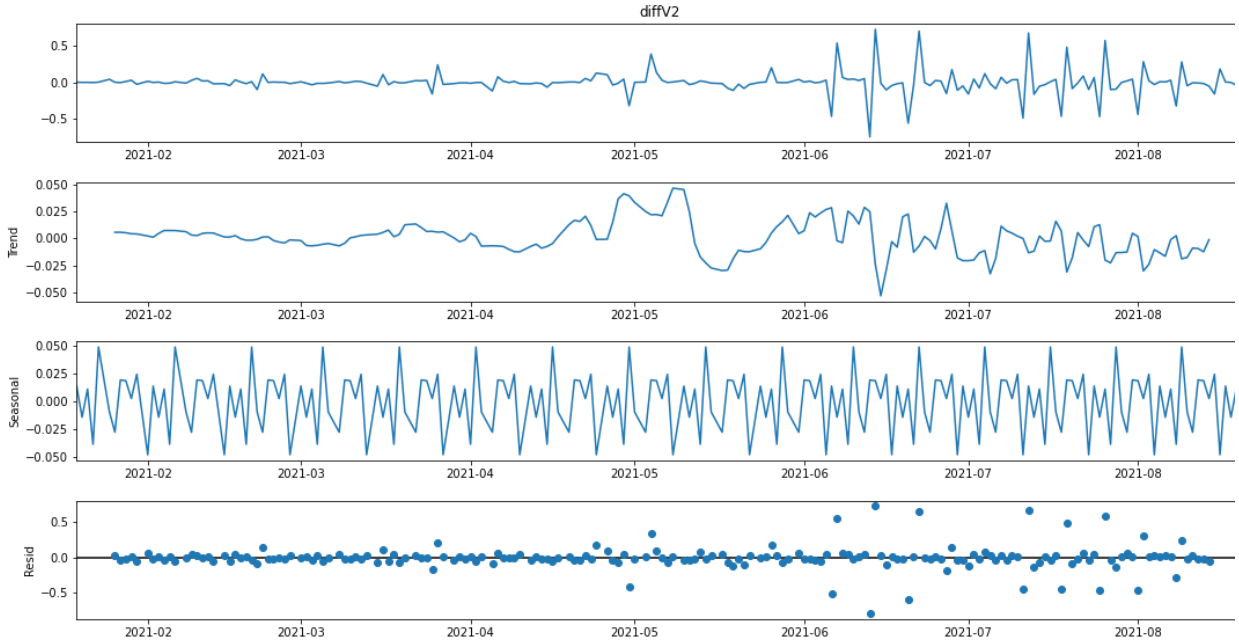
Η χρονοσειρά δεν είναι στάσιμη. Για αυτό το λόγο επειδή έχουμε δυο μεταβλητές α μετασχηματίσουμε και τις δυο.

- Για τις δεύτερες διαφορές των κρουσμάτων

Ξεκινώντας την ανάλυση για να δημιουργήσουμε ένα ARIMAX μοντέλο βρίσκουμε τη μέση τιμή και διασπορά των κρουσμάτων καθώς και τη μορφή των καταλοίπων.



Σχήμα 46 Δεύτερες διαφορές των κρουσμάτων



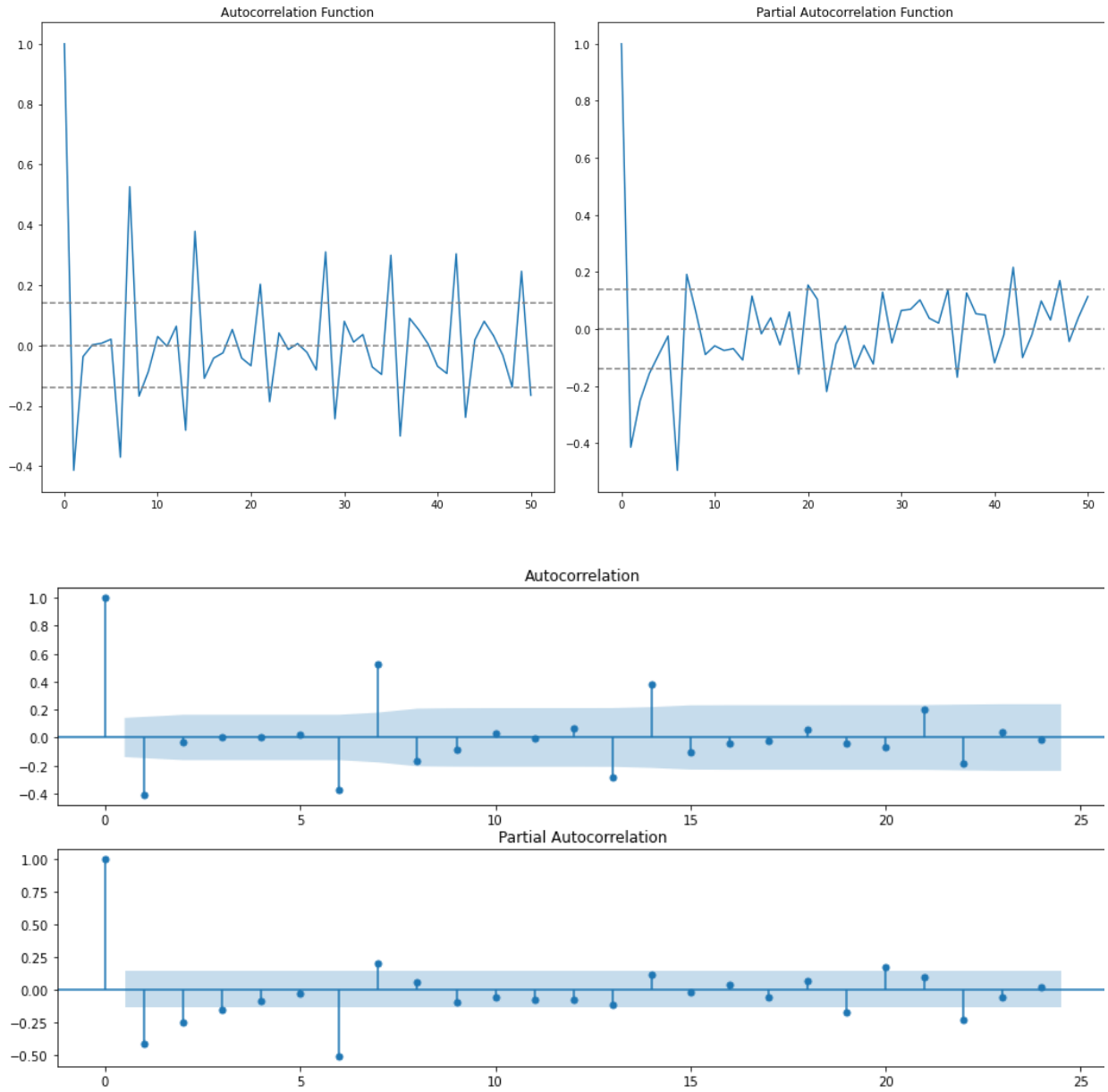
Σχήμα 47 Κατάλοιπα για τις δεύτερες διαφορές των κρουσμάτων

Χρησιμοποιώντας τον έλεγχο ADF, ελέγχουμε αν η χρονοσειρά μας είναι στάσιμη

Results of Dickey Fuller Test:	
Test Statistic	-7.310747e+00
p-value	1.266289e-10
#Lags Used	6.000000e+00
Number of Observations Used	1.890000e+02
Critical Value (1%)	-3.465431e+00
Critical Value (5%)	-2.876957e+00
Critical Value (10%)	-2.574988e+00

Πίνακας. 23 ADF test για τις δευτερες διαφορές των κρουσμάτων

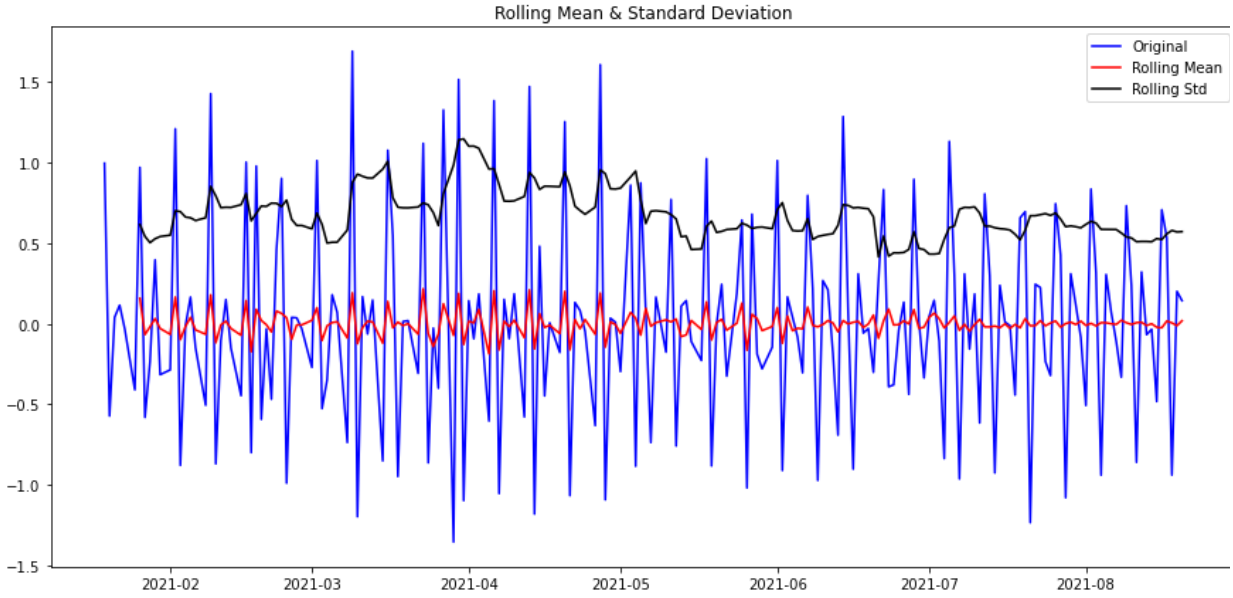
Η χρονοσειρά είναι στάσιμη, οπότε κάνουμε και τα αντίστοιχα ACF, PACF διαγράμματα.



Σχήμα 48 ACF , PACF plots για τις δεύτερες διαφορές των κρουσμάτων

- Για τις δεύτερες διαφορές του ποσοστού εμβολιασμένων

Ξεκινώντας την ανάλυση για να δημιουργήσουμε ένα ARIMAX μοντέλο βρίσκουμε τη μέση τιμή και διασπορά των κρουσμάτων καθώς και τη μορφή των καταλοίπων.



Σχήμα 49 Δεύτερες διαφορές του ποσοστού εμβολιασμένων

Σχήμα 50 Κατάλοιπα για τις δεύτερες διαφορές του ποσοστού εμβολιασμένων

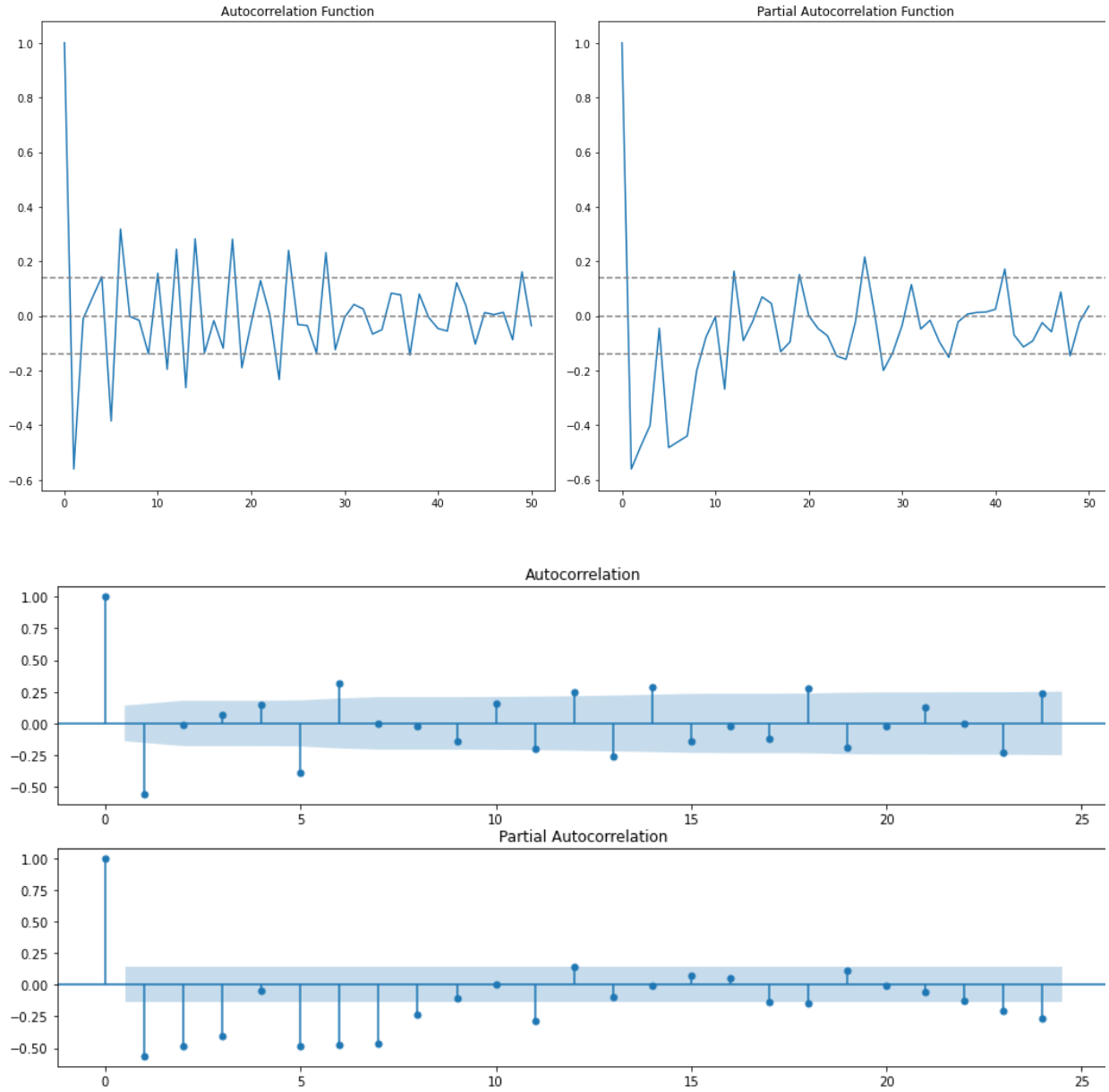
Χρησιμοποιώντας τον έλεγχο ADF, ελέγχουμε αν η χρονοσειρά μας είναι στάσιμη

Results of Dickey Fuller Test:	
Test Statistic	-6.187489e+00
p-value	6.238028e-08
#Lags Used	1.100000e+01
Number of Observations Used	1.840000e+02

Critical Value (1%)	-3.466398e+00
Critical Value (5%)	-2.877380e+00
Critical Value (10%)	-2.575214e+00

Πίνακας. 24 ADF test για τις δεύτερες διαφορές του ποσοστού εμβολιασμένων

Η χρονοσειρά είναι στάσιμη, οπότε κάνουμε και τα αντίστοιχα ACF, PACF διαγράμματα.



Σχήμα 51 ACF , PACF plots για τις δεύτερες διαφορές του ποσοστού εμβολιασμένων

Επειδή έχουμε δυο μεταβλητές άμεσα συνδεόμενες θα κάνουμε το έλεγχο αίτιου-αιτιατού Granger Causality για να δούμε ποια μεταβλητή ευθύνεται για τη μεταβολή της άλλης. Για το αν τα εμβόλια είναι το αίτιο για τη μεταβολή στα κρούσματα η υπόθεση απορρίφθηκε

```
Granger Causality
number of lags (no zero) 1
ssr based F test:         F=0.2161  , p=0.6426  , df_denom=192, df_num=1
ssr based chi2 test:   chi2=0.2195  , p=0.6394  , df=1
likelihood ratio test: chi2=0.2193  , p=0.6395  , df=1
parameter F test:         F=0.2161  , p=0.6426  , df_denom=192, df_num=1
{1: ({'ssr_ftest': (0.2160873931104508, 0.6425641757791029, 192.0, 1), 'ssr_chi2test': (0.21946375862780
157, 0.6394488114612271, 1), 'lrtest': (0.21934035289984877, 0.6395429966237868, 1), 'params_ftest': (0.
21608739311046352, 0.6425641757791029, 192.0, 1.0)}, [<statsmodels.regression.linear_model.Regressio
nResultsWrapper object at 0x000001FF01E7D8E0>, <statsmodels.regression.linear_model.RegressionResu
ltsWrapper object at 0x000001FF0498A250>, array([[0., 1., 0.]])])}
```

Πίνακας. 25 Granger Causality για εμβόλια και κρούσματα

Ενώ τα κρούσματα είναι το αίτιο για τη μεταβολή στα εμβόλια η υπόθεση δεν απορρίφθηκε

```
Granger Causality
number of lags (no zero) 1
ssr based F test:         F=3.8203  , p=0.0521  , df_denom=192, df_num=1
ssr based chi2 test:   chi2=3.8800  , p=0.0489  , df=1
likelihood ratio test: chi2=3.8419  , p=0.0500  , df=1
parameter F test:         F=3.8203  , p=0.0521  , df_denom=192, df_num=1
{1: ({'ssr_ftest': (3.8202941194304314, 0.05208731741753843, 192.0, 1), 'ssr_chi2test': (3.879986215046532, 0.
048864958574531873, 1), 'lrtest': (3.8418899777177558, 0.04998714487632119, 1), 'params_ftest': (3.82029411
94304025, 0.052087317417539546, 192.0, 1.0)}, [<statsmodels.regression.linear_model.RegressionResultsWrap
per object at 0x000001FF01EE3D30>, <statsmodels.regression.linear_model.RegressionResultsWrapper object a
t 0x000001FF01AE5FA0>, array([[0., 1., 0.]])])}
```

Πίνακας. 26 Granger Causality για κρούσματα και εμβόλια

Αφού ελέγξαμε την στασιμότητα και βρήκαμε την εξαρτημένη και την ανεξάρτητη μεταβλητή θα χρησιμοποιήσουμε το auto_arima το οποίο θα επιλέξει το καλύτερο μοντέλο με βάση το AIC και θα μας υποδείξει τις παρεμέτρους (p,d,q). Το καλύτερο μοντέλο προέκυψε ότι είναι το ARIMA(1,0,4)(0,0,0)[0] το οποίο εφαρμόζοντας το στο 30% των δεδομένών προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα

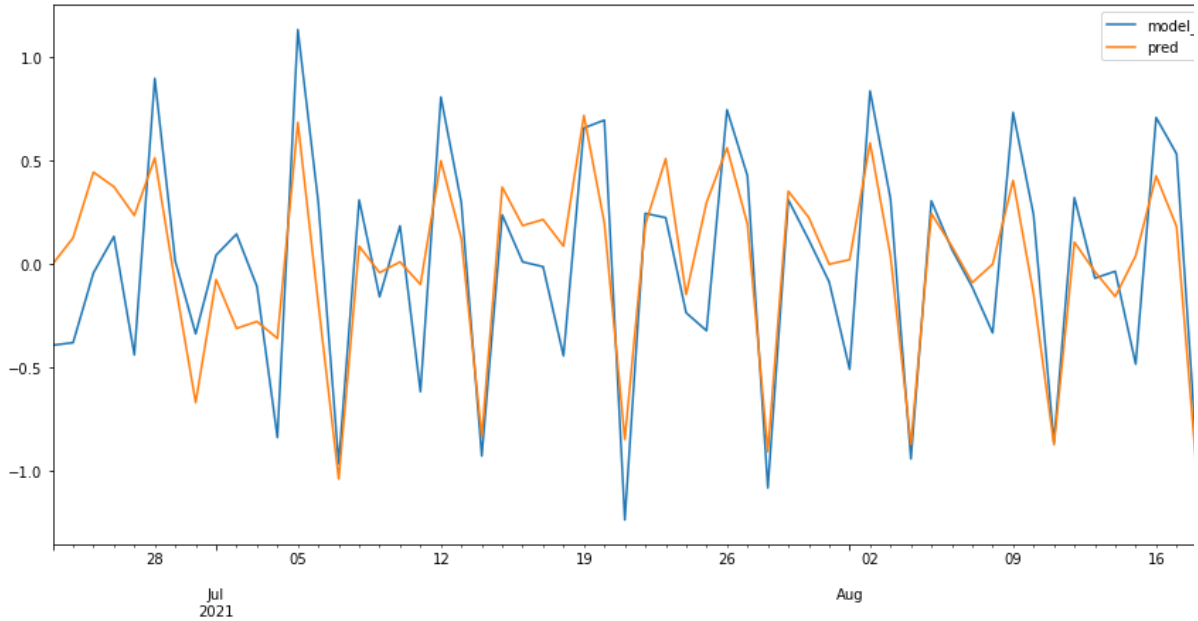
Dep. Variable:	diffC2	**No. Observations:**	59
Model:	SARIMAX(1, 0, 4)	**Log Likelihood**	-13.019
Date:	Mon, 06 Sep 2021	**AIC**	40.037
Time:	15:39:48	**BIC**	54.580
Sample:	06-23-2021	**HQIC**	45.714
	- 08-20-2021		

Covariance Type:			opg			
	coef	**std err**	**z**	**P>|z|**	**[0.025**	**0.975]**
diffV2	0.3328	0.168	1.983	0.047	0.004	0.662
ar.L1	-0.4347	0.618	-0.704	0.482	-1.645	0.776
ma.L1	-0.5838	1161.838	-0.001	1.000	-2277.744	2276.577
ma.L2	-1.1040	467.086	-0.002	0.998	-916.575	914.367
ma.L3	0.5839	773.672	0.001	0.999	-1515.785	1516.953
ma.L4	0.1040	116.378	0.001	0.999	-227.993	228.201
sigma2	0.0780	87.419	0.001	0.999	-171.261	171.417

Ljung-Box (L1) (Q):	0.00	**Jarque-Bera (JB):**	2.54
Prob(Q):	0.97	**Prob(JB):**	0.28
Heteroskedasticity (H):	0.68	**Skew:**	-0.36
Prob(H) (two-sided):	0.39	**Kurtosis:**	2.27

Πίνακας. 27 Μοντέλο για το ARIMAX κρούσματα/εμβόλια

Παρατηρούμε ότι για τα κατάλοιπα δεν ισχύει η κανονικότητα, ομοσκεδαστικότητα και δεν είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους. Παρόλα αυτά παρατηρούμε ότι το ποσοστό εμβολιασμένων είναι στατιστικά σημαντικό, και άρα είναι μια επεξηγηματική μεταβλητή για τα κρούσματα. Με άλλα λόγια μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι εμβολιασμοί βοήθησαν στο περιορισμό των κρουσμάτων και ήταν αποτελεσματικοί.



Σχήμα 52 Χρονοσειρά για το ARIMAX κρούσματα/εμβόλια

Αφού εφαρμόσαμε το μοντέλο προέκυψε το παρακάτω διάγραμμα για τις εκτιμώμενες τιμές σε σχέση με τις πραγματικές, με Root Mean Square Error for ARIMAX Model: 0.3086526872717104.

Για το SARIMAX τα κρούσματα με τον εξωγενή παράγοντα του ποσοστού πλήρων εμβολιασμένων προκύπτουν τα ίδια αποτελέσματα.

5.7.2 SARIMAX τα κρούσματα με τον εξωγενή παράγοντα του ποσοστού πλήρων εμβολιασμένων με τη χρήση του cases_log_exp

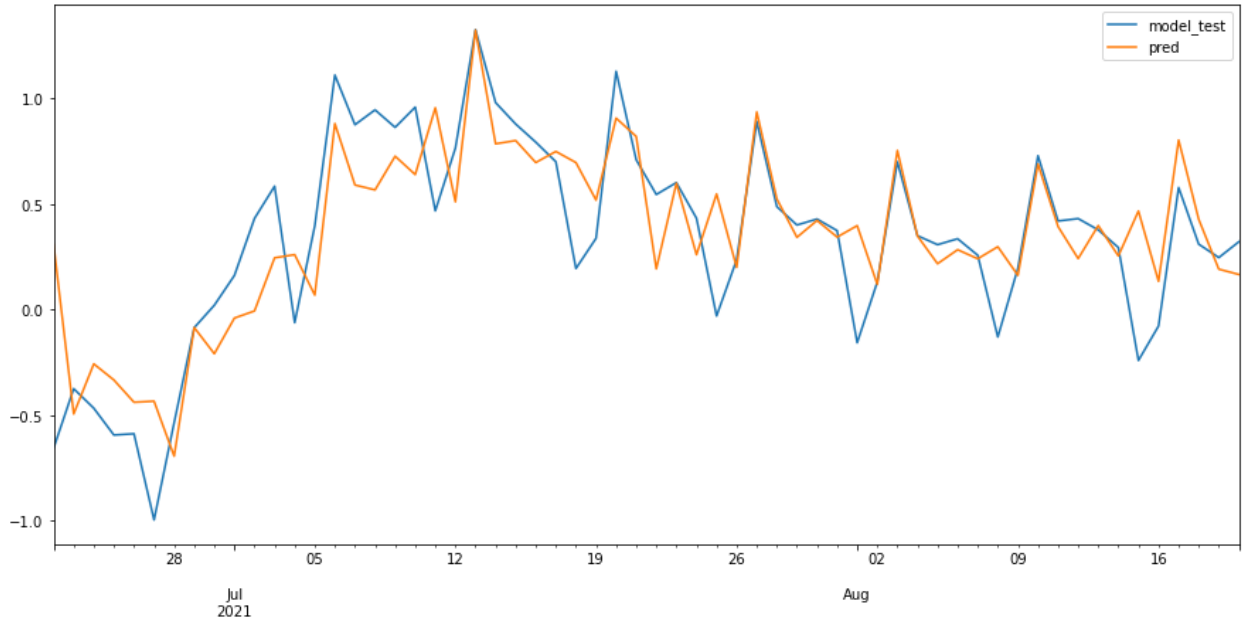
Θα χρησιμοποιήσουμε το auto_arima το οποίο θα επιλέξει το καλύτερο μοντέλο με βάση το AIC και θα μας υποδείξει τις παρεμέτρους (p,d,q) × (P,D,Q). Το καλύτερο μοντέλο προέκυψε ότι είναι το ARIMA(1,0,4)(0,0,0)[7] το οποίο εφαρμόζοντας το στο 30% των δεδομένών προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα

Dep. Variable:	new_cases	**No. Observations:**	60
Model:	SARIMAX(1, 0, 4)	**Log Likelihood**	-3.270
Date:	Mon, 06 Sep 2021	**AIC**	20.539
Time:	15:43:10	**BIC**	34.590
Sample:	06-22-2021	**HQIC**	25.973
	- 08-20-2021		

Covariance Type:	opg					
	coef	**std err**	**z**	**P>|z|**	**[0.025**	**0.975]**
percentage_vaccinated	0.0099	0.005	2.168	0.030	0.001	0.019
ar.L1	0.8390	0.066	12.620	0.000	0.709	0.969
ma.L1	-0.2378	1.966	-0.121	0.904	-4.092	3.616
ma.L2	-1.1345	0.828	-1.371	0.170	-2.757	0.488
ma.L3	0.6810	2.537	0.268	0.788	-4.292	5.654
ma.L4	0.4602	1.230	0.374	0.708	-1.950	2.871
sigma2	0.0518	0.124	0.419	0.676	-0.191	0.294
Ljung-Box (L1) (Q):	0.08	**Jarque-Bera (JB):**		9.83		
Prob(Q):	0.78	**Prob(JB):**		0.01		
Heteroskedasticity (H):	0.69	**Skew:**		-0.98		
Prob(H) (two-sided):	0.45	**Kurtosis:**		3.64		

Πίνακας. 28 Μοντέλο για το SARIMAX κρούσματα/εμβόλια

Παρατηρούμε ότι για τα κατάλοιπα ισχύει η κανονικότητα αλλά δεν ισχύει η ομοσκεδαστικότητα και δεν είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους. Παρόλα αυτά παρατηρούμε ότι το ποσοστό εμβολιασμένων είναι στατιστικά σημαντικό, και άρα είναι μια επεξηγηματική μεταβλητή για τα κρούσματα. Με άλλα λόγια μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι εμβολιασμοί βοήθησαν στο περιορισμό των κρουσμάτων και ήταν αποτελεσματικοί και σε αυτό το μοντέλο.



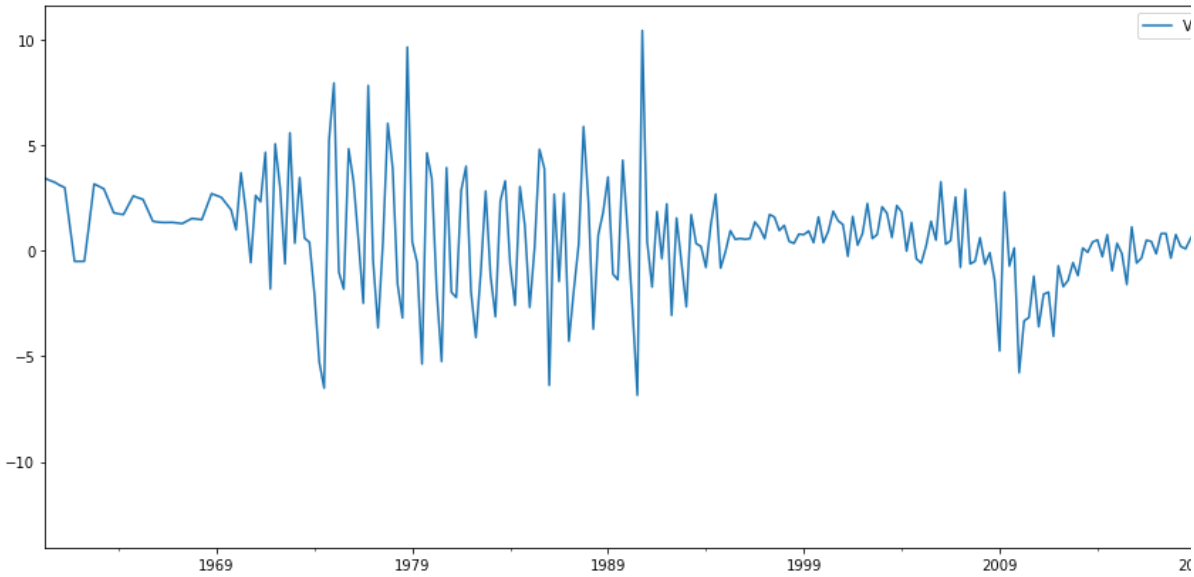
Σχήμα 53 Χρονοσειρά για το SARIMAX κρούσματα/εμβόλια

Αφού εφαρμόσαμε το μοντέλο προέκυψε το παρακάτω διάγραμμα για τις εκτιμώμενες τιμές σε σχέση με τις πραγματικές, με Root Mean Square Error for SARIMAX Model: 0.2833385063980924.

5.3.1 GDP ARIMA

Για αρχή θα ελέγξουμε τη χρονοσειρά του GDP και θα φτιάξουμε ένα ARIMA μοντέλο για τα δεδομένα από 1960 μέχρι σήμερα. Τα δεδομένα αντιπροσωπεύουν τα ποσοστιαία αλλαγή από τη προηγούμενη περίοδο ανά τρίμηνο και βρέθηκαν στο https://data.oecd.org/gdp/quarterly-gdp.htm#indicator-chart

Η χρονοσειρά των δεδομένων είναι η



Σχήμα 54 GDP Quarter 1960-2021

Χρησιμοποιώντας τον έλεγχο ADF, ελέγχουμε αν η χρονοσειρά μας είναι στάσιμη

Results of Dickey Fuller Test:	
Test Statistic	-3.103145
p-value	0.026321
#Lags Used	7.000000
Number of Observations Used	236.000000
Critical Value (1%)	-3.458366
Critical Value (5%)	-2.873866
Critical Value (10%)	-2.573339

Πίνακας. 29 ADF test για το GDP

Η χρονοσειρά είναι στάσιμη,

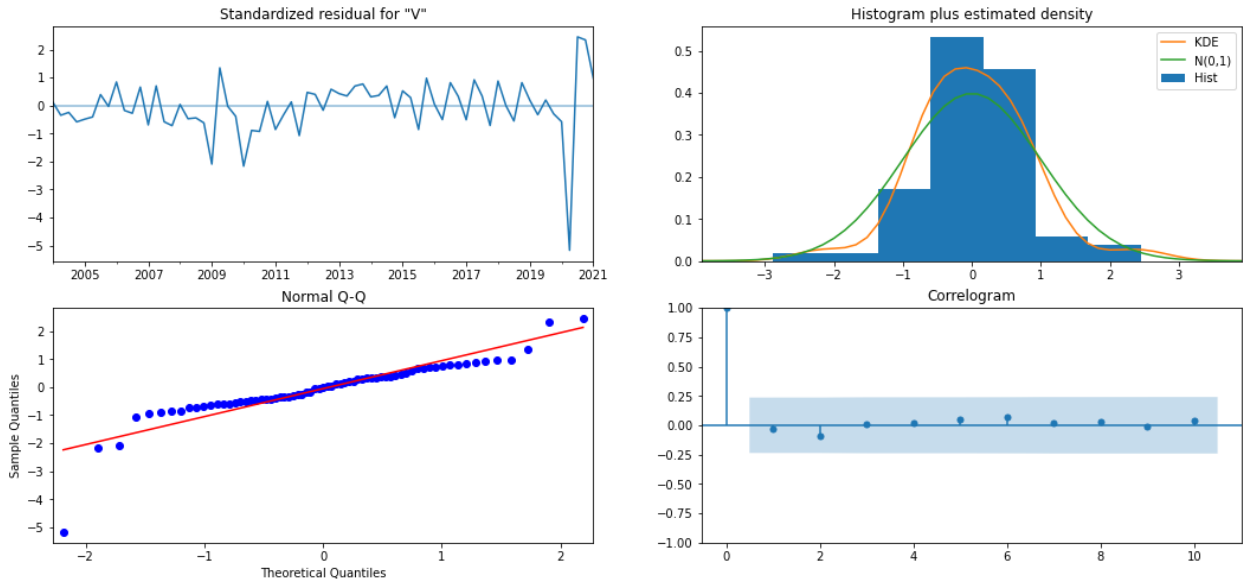
Θα χρησιμοποιήσουμε το auto_arima το οποίο θα επιλέξει το καλύτερο μοντέλο με βάση το AIC και θα μας υποδείξει τις παραμέτρους (p,d,q). Το καλύτερο μοντέλο προέκυψε ότι είναι το ARIMA(2,1,3)(0,0,0)[0]το οποίο εφαρμόζοντας το στο 30% των δεδομένων προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα

Dep. Variable:	Value	**No. Observations:**	74
Model:	SARIMAX(2, 1, 3)	**Log Likelihood**	-156.788
Date:	Mon, 06 Sep 2021	**AIC**	325.576
Time:	15:43:19	**BIC**	338.980
Sample:	12-31-2002	**HQIC**	330.894
	- 03-31-2021		

Covariance Type:			opg			
	coef	**std err**	**z**	**P>|z|**	**[0.025**	**0.975]**
ar.L1	-1.0240	0.107	-9.527	0.000	-1.235	-0.813
ar.L2	-0.7678	0.159	-4.831	0.000	-1.079	-0.456
ma.L1	0.2199	3379.235	6.51e-05	1.000	-6622.959	6623.399
ma.L2	0.0479	3243.092	1.48e-05	1.000	-6356.296	6356.392
ma.L3	-0.8720	5397.310	-0.000	1.000	-1.06e+04	1.06e+04
sigma2	5.0237	3.11e+04	0.000	1.000	-6.09e+04	6.09e+04
Ljung-Box (L1) (Q):		0.07	**Jarque-Bera (JB):**		257.71	
Prob(Q):		0.79	**Prob(JB):**		0.00	
Heteroskedasticity (H):		4.12	**Skew:**		-1.70	
Prob(H) (two-sided):		0.00	**Kurtosis:**		11.84	

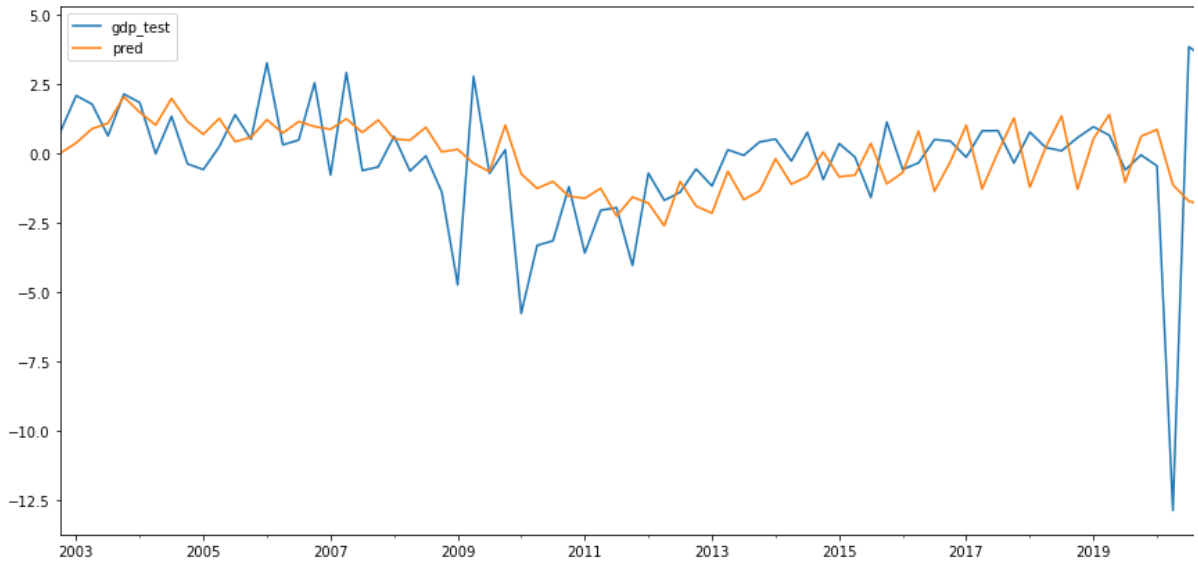
Πίνακας. 30 Μοντέλο για το GDP

Παρατηρούμε ότι για τα κατάλοιπα ισχύει η κανονικότητα και η ομοσκεδαστικότητα αλλά δεν είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους.



Σχήμα 55 Έλεγχος για τα κατάλοιπα GDP

Αφού εφαρμόσαμε το μοντέλο προέκυψε το παρακάτω διάγραμμα για τις εκτιμώμενες τιμές σε σχέση με τις πραγματικές.



Σχήμα 56 Χρονοσειρά για το GDP

Συγκεκριμένα συγκρίναμε τις πραγματικές και τις εκτιμώμενες από το τρίμηνο που ξεκίνησε ο κορονοϊός και προέκυψαν αυτές οι τιμές.

	Value	**predicted_mean**
2020Q1	-0.458866	0.855798
2020Q2	-12.894037	-1.136351
2020Q3	3.844201	-1.730431

2020Q4	3.446475	-1.880396
2021Q1	4.424654	2.238005

Πίνακας. 31 Εκτιμώμενες και πραγματικές τιμές

5.6 Gross Domestic Product της Ελλάδας

Θα χρησιμοποιήσουμε το auto_arima το οποίο θα επιλέξει το καλύτερο μοντέλο με βάση το AIC και θα μας υποδείξει τις παραμέτρους (p,d,q)× (P,D,Q). Το καλύτερο μοντέλο προέκυψε ότι είναι το ARIMA(3,1,0)(0,0,1)[4] το οποίο εφαρμόζοντας το στο 30% των δεδομένών προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα

Dep. Variable:	Value	**No. Observations:**	74
Model:	SARIMAX(3, 1, 0)x(0, 0, [1], 4)	**Log Likelihood**	-156.349
Date:	Mon, 06 Sep 2021	**AIC**	322.697
Time:	15:43:33	**BIC**	333.795
Sample:	12-31-2002	**HQIC**	327.094
	- 03-31-2021		
Covariance Type:	opg		

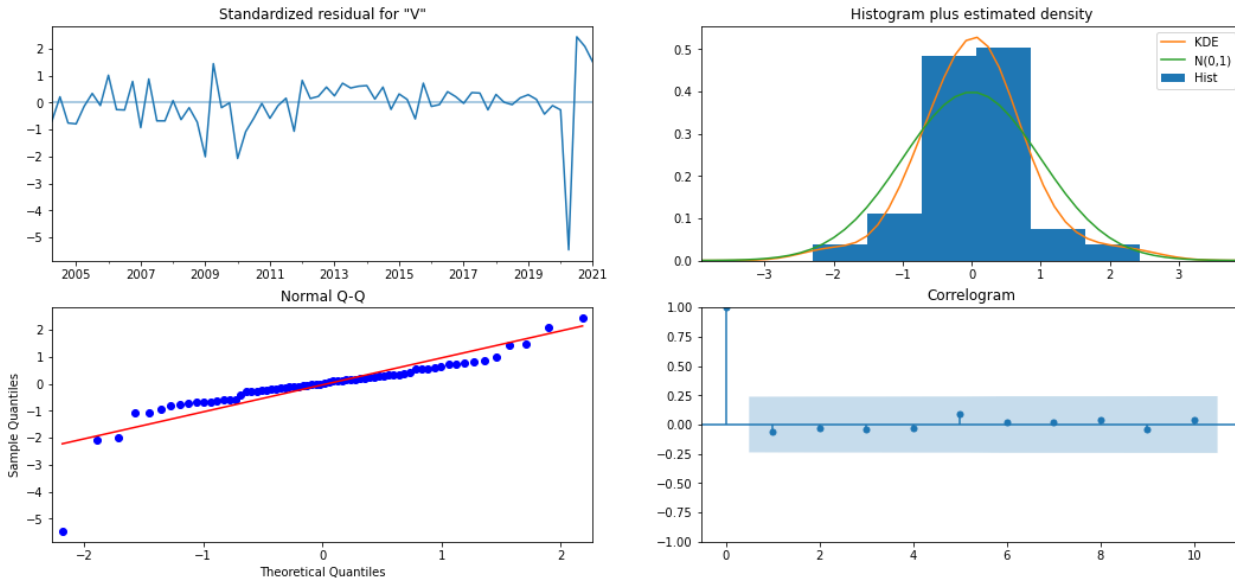
	coef	**std err**	**z**	**P>|z|**	**[0.025**	**0.975]**
ar.L1	-0.8443	0.069	-12.303	0.000	-0.979	-0.710
ar.L2	-0.6729	0.114	-5.900	0.000	-0.896	-0.449
ar.L3	-0.6454	0.162	-3.996	0.000	-0.962	-0.329
ma.S.L4	-0.4741	0.233	-2.034	0.042	-0.931	-0.017
sigma2	5.7466	0.383	14.985	0.000	4.995	6.498

Ljung-Box (L1) (Q):	0.26	**Jarque-Bera (JB):**	411.88
Prob(Q):	0.61	**Prob(JB):**	0.00

Heteroskedasticity (H):	3.32	**Skew:**	-2.11
Prob(H) (two-sided):	0.01	**Kurtosis:**	14.30

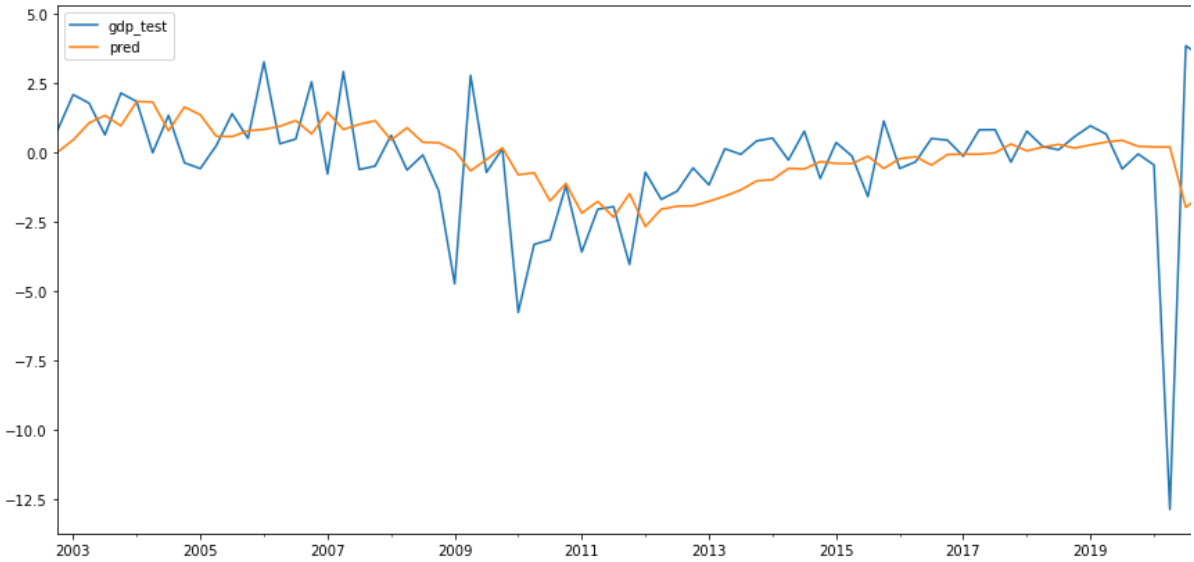
Πίνακας. 32 Μοντέλο για το SARIMA GDP

Παρατηρούμε ότι για τα κατάλοιπα ισχύει η κανονικότητα και η ομοσκεδαστικότητα αλλά δεν είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους.



Σχήμα 57 Κατάλοιπα για το SARIMA GDP

Αφού εφαρμόσαμε το μοντέλο προέκυψε το παρακάτω διάγραμμα για τις εκτιμώμενες τιμές σε σχέση με τις πραγματικές.



Σχήμα 58 Χρονοσειρά για το SARIMA GDP

Συγκεκριμένα συγκρίναμε τις πραγματικές και τις εκτιμώμενες από το τρίμηνο που ξεκίνησε ο κορονοϊός και προέκυψαν αυτές οι τιμές.

	Value	predicted_mean_x	predicted_mean_y
2020Q1	-0.458866	0.855798	0.193488
2020Q2	-12.894037	-1.136351	0.189386
2020Q3	3.844201	-1.730431	-1.986716
2020Q4	3.446475	-1.880396	-1.534692
2021Q1	4.424654	2.238005	0.854423

Πίνακας. 33 Εκτιμώμενες και πραγματικές τιμές για το SARIMA

Φτιάξαμε έναν πίνακα με τις αποκλίσεις των δυο μοντέλων από τις πραγματικές τιμές και βρήκαμε ότι όπως ήταν αναμενόμενο το SARIMA αφού μιλάμε για τρίμηνα είχε καλύτερα αποτελέσματα.

	Value	predicted_mean_x	predicted_mean_y	difference arima	difference sarima
2002Q4	0.771020	0.000000	0.000000	0.771020	0.771020
2003Q1	2.081953	0.376268	0.445518	1.705685	1.636434
2003Q2	1.771174	0.883493	1.058379	0.887681	0.712794
2003Q3	0.627319	1.082840	1.329154	0.455522	0.701835
2003Q4	2.137180	2.037216	0.956158	0.099964	1.181022
...	...	...	...	...	...
2020Q1	-0.458866	0.855798	0.193488	1.314664	0.652355
2020Q2	-12.894037	-1.136351	0.189386	11.757686	13.083423

2020Q3	3.844201	-1.730431	-1.986716	5.574632	5.830917
2020Q4	3.446475	-1.880396	-1.534692	5.326872	4.981167
2021Q1	4.424654	2.238005	0.854423	2.186648	3.570230

Πίνακας. 34 Αποκλίσεις των εκτιμώμενων και πραγματικών τιμών για το ARIMA και για το SARIMA

Ο μέσος όρος της απόκλισης των δυο μοντέλων ήταν

Arima	Sarima
1.511128618711564	1.4285912429755592

Τέλος κάναμε μια πρόβλεψη του GDP για τα επόμενα 7 τρίμηνα και είχαμε τα εξής αποτελέσματα

2021Q2	-0.733282
2021Q3	0.455627
2021Q4	-0.070589
2022Q1	1.209907
2022Q2	-0.284514
2022Q3	0.455284
2022Q4	0.009776

Πίνακας. 35 Πρόβλεψη για τα επόμενα 7 τρίμηνα

5.7 Gross Domestic Product της Ελλάδας με παράγοντα τα κρούσματα

Θα αναλύσουμε τη σχέση του GDP με τα κρούσματα έτσι ώστε να δούμε αν μια επιδημία και συγκεκριμένα ο Covid 19 επηρεάζει την οικονομία μιας χώρας με κριτήριο το δείκτη GDP.

5.7.1 GDP και Covid 19 ARIMAX

Για να κάνουμε αυτή την ανάλυση βρήκαμε τα κρούσματα ανά τρίμηνο και στη συνέχεια βρήκαμε το μέσο τους. Επίσης μετατρέπουμε τα κρούσματα σε ποσοστιαία διαφορά από τη προηγούμενη περίοδο (ώστε να έχει ίδια μορφή με το GDP).

Χρησιμοποιώντας τον έλεγχο ADF, ελέγχουμε αν η χρονοσειρά μας είναι στάσιμη

- Για το GDP

```
Results of Dickey Fuller Test:
Test Statistic                  -3.103145
```

```
p-value                        0.026321
#Lags Used                     7.000000
Number of Observations Used    236.000000
Critical Value (1%)            -3.458366
Critical Value (5%)            -2.873866
Critical Value (10%)           -2.573339
```

Πίνακας. 36 ADF test για το GDP ARIMAX

- Για τα κρούσματα

```
Results of Dickey Fuller Test:
Test Statistic                 -1.558204e+01
p-value                        1.927186e-28
#Lags Used                     0.000000e+00
Number of Observations Used    2.430000e+02
Critical Value (1%)            -3.457551e+00
Critical Value (5%)            -2.873509e+00
Critical Value (10%)           -2.573148e+00
```

Πίνακας. 37 ADF test για τα κρούσματα ARIMAX

Επειδή δεν είναι stationary και οι δυο μεταβλητές κάνουμε μετασχηματισμό.

Ο πρώτος μετασχηματισμός θα είναι ο απλός λογαριθμικός όπου

- Για το GDP

```
Results of Dickey Fuller Test:
Test Statistic                 -3.103145
p-value                        0.026321
#Lags Used                     7.000000
Number of Observations Used    236.000000
Critical Value (1%)            -3.458366
Critical Value (5%)            -2.873866
Critical Value (10%)           -2.573339
```

Πίνακας. 38 ADF test για το GDP log ARIMAX

- Για τα κρούσματα

```
Results of Dickey Fuller Test:
Test Statistic                 -1.255829e+01
p-value                        2.130243e-23
#Lags Used                     3.000000e+00
Number of Observations Used    2.400000e+02
Critical Value (1%)            -3.457894e+00
Critical Value (5%)            -2.873659e+00
Critical Value (10%)           -2.573229e+00
```

Πίνακας. 39 ADF test για τα κρούσματα log ARIMAX

Θα χρησιμοποιήσουμε το auto_arima το οποίο θα επιλέξει το καλύτερο μοντέλο με βάση το AIC και θα μας υποδείξει τις παραμέτρους (p,d,q). Το καλύτερο μοντέλο προέκυψε ότι είναι το ARIMA(2,1,3)(0,0,0)[0] το οποίο εφαρμόζοντας το στο 30% των δεδομένών προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα

Dep. Variable:	Value	**No. Observations:**	244
Model:	SARIMAX(3, 1, 2)	**Log Likelihood**	-563.946
Date:	Mon, 06 Sep 2021	**AIC**	1141.892
Time:	15:43:51	**BIC**	1166.344
Sample:	06-30-1960	**HQIC**	1151.741
	- 03-31-2021		
Covariance Type:	opg		

	coef	**std err**	**z**	**P>|z|**	**[0.025**	**0.975]**
log_cases	-0.4425	0.344	-1.287	0.198	-1.117	0.232
ar.L1	-0.6186	0.195	-3.180	0.001	-1.000	-0.237
ar.L2	-0.4843	0.075	-6.464	0.000	-0.631	-0.337
ar.L3	-0.3783	0.069	-5.471	0.000	-0.514	-0.243
ma.L1	-0.4435	0.200	-2.218	0.027	-0.835	-0.052
ma.L2	-0.2754	0.193	-1.423	0.155	-0.655	0.104
sigma2	6.0115	0.308	19.542	0.000	5.409	6.614

Ljung-Box (L1) (Q):	0.10	**Jarque-Bera (JB):**	237.43
Prob(Q):	0.75	**Prob(JB):**	0.00
Heteroskedasticity (H):	0.70	**Skew:**	-0.91
Prob(H) (two-sided):	0.11	**Kurtosis:**	7.49

Πίνακας. 40 Μοντέλο για GDP log/κρούσματα log ARIMAX

Παρατηρούμε ότι για τα κατάλοιπα ισχύει η κανονικότητα, δεν ισχύει η ομοσκεδαστικότητα και δεν είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους.

Παράλληλα βλέπουμε ότι η μεταβλητή των κρουσμάτων δεν είναι στατιστικά σημαντική. Το ίδιο ισχύει και για τα μοντέλα του εκθετικού σταθμισμένου μέσου και της διαφοροποίησης.

5.7.2 GDP και Covid 19 SARIMAX

Στα μοντέλα SARIMAX του εκθετικού σταθμισμένου μέσου και του λογάριθμου η εξωγενής μεταβλητή των κρουσμάτων δεν προκύπτει στατιστικά σημαντική στο μόνο μοντέλο SARIMAX που προκύπτει στατιστικά σημαντική είναι σε αυτή της λογαριθμικής διαφοροποίησης.

Θα χρησιμοποιήσουμε το auto_arima το οποίο θα επιλέξει το καλύτερο μοντέλο με βάση το AIC και θα μας υποδείξει τις παραμέτρους (p,d,q)× (P,D,Q). Το καλύτερο μοντέλο προέκυψε ότι είναι το ARIMA(3,1,0)(0,0,1)[4] το οποίο εφαρμόζοντας το στο 30% των δεδομένών προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα

Dep. Variable:	Value	**No. Observations:**	243
Model:	SARIMAX(3, 1, 0)x(0, 0, [1], 4)	**Log Likelihood**	-553.068
Date:	Mon, 06 Sep 2021	**AIC**	1118.136
Time:	15:45:50	**BIC**	1139.070
Sample:	09-30-1960	**HQIC**	1126.569
	- 03-31-2021		
Covariance Type:	opg		

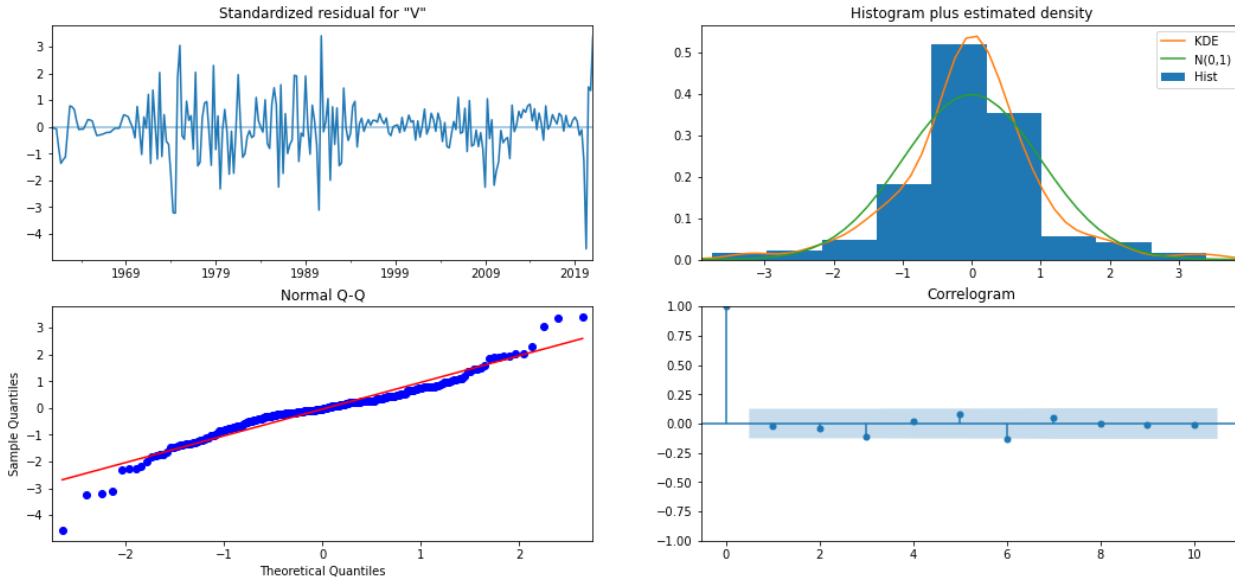
	coef	**std err**	**z**	**P>|z|**	**[0.025**	**0.975]**
log_shift_cases	0.4763	0.088	5.396	0.000	0.303	0.649
ar.L1	-0.9519	0.032	-29.970	0.000	-1.014	-0.890
ar.L2	-0.9668	0.030	-31.863	0.000	-1.026	-0.907
ar.L3	-0.8782	0.044	-19.975	0.000	-0.964	-0.792

ma.S.L4	-0.6164	0.078	-7.895	0.000	-0.769	-0.463
sigma2	5.5922	0.341	16.384	0.000	4.923	6.261

Ljung-Box (L1) (Q):	0.12	**Jarque-Bera (JB):**	102.06
Prob(Q):	0.73	**Prob(JB):**	0.00
Heteroskedasticity (H):	0.80	**Skew:**	-0.34
Prob(H) (two-sided):	0.31	**Kurtosis:**	6.11

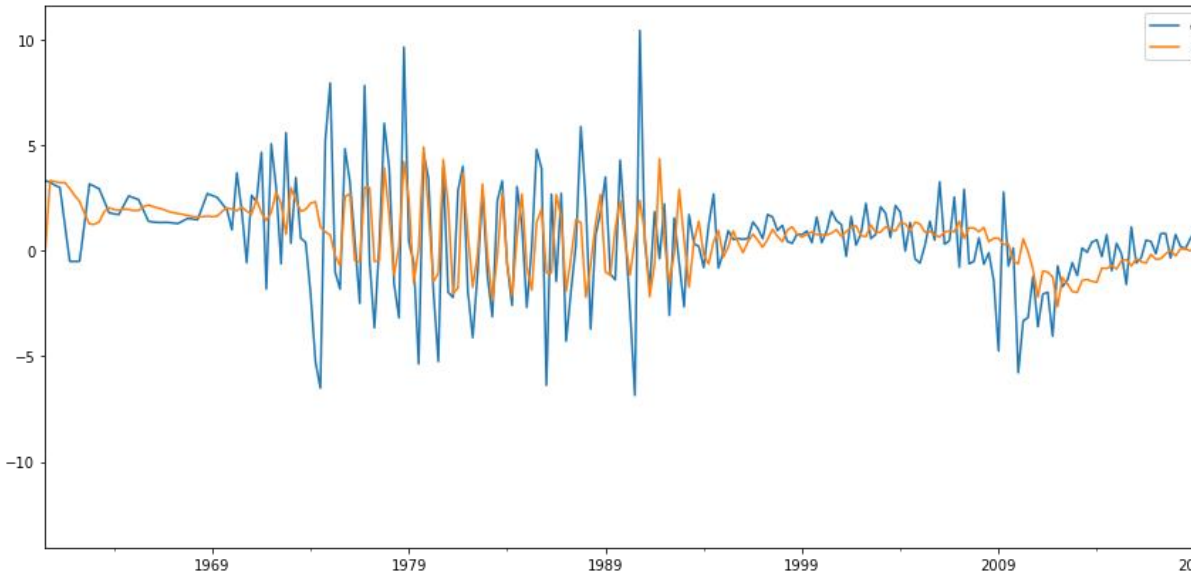
Πίνακας. 41 Μοντέλο για GDP shift/κρούσματα shift SARIMAX

Παρατηρούμε ότι για τα κατάλοιπα ισχύει η κανονικότητα και η ομοσκεδαστικότητα αλλά δεν είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους. Παρατηρούμε επίσης ότι στο συγκεκριμένο μοντέλο τα κρούσματα είναι στατιστικά σημαντικά για τη πρόβλεψη του GDP όμως το πρόσημο του β είναι θετικό, το οποίο έρχεται σε αντίθεση με ότι αναμέναμε.



Σχήμα 59 Έλεγχος καταλοίπων για GDP shift/κρούσματα shift SARIMAX

Αφού εφαρμόσαμε το μοντέλο προέκυψε το παρακάτω διάγραμμα για τις εκτιμώμενες τιμές σε σχέση με τις πραγματικές.



Σχήμα 60 Χρονοσειρά για GDP shift/κρούσματα shift SARIMAX

Τέλος κάναμε μια πρόβλεψη για το GDP για τα επόμενα 7 τρίμηνα και είχαμε τα εξής αποτελέσματα

Value	mean	mean_se	mean_ci_lower	mean_ci_upper
2021Q2	-2.212132	2.364783	-6.847022	2.422757
2021Q3	0.535099	2.367523	-4.105160	5.175358
2021Q4	3.834697	2.367712	-0.805933	8.475328
2022Q1	-1.365849	2.376692	-6.024079	3.292381
2022Q2	-1.017683	2.461237	-5.841618	3.806252
2022Q3	0.576260	2.464411	-4.253896	5.406417
2022Q4	-0.697853	2.464438	-5.528064	4.132357

Πίνακας. 42 Πρόβλεψη για τα επόμενα 7 τρίμηνα για GDP shift/κρούσματα shift SARIMAX

Συμπεράσματα

Η οικονομική επιδημιολογία μπορεί να θεωρηθεί από τις πιο σημαντικές επιστήμες του 21ου αιώνα που οι κίνδυνοι για την υγεία έχουν αυξηθεί πάρα πολύ. Η κακή ποιότητα ζωής σε συνδυασμό με τις συνέπειες που έχουν υποστεί οι άνθρωποι αλλά και ο πλανήτης έχουν προκαλέσει την αύξηση των παραγόντων κινδύνου της ανθρώπινης υγείας. Τα συστήματα υγείας καλούνται να ανταπεξέλθουν σε πολλαπλές ασθένειες, παθήσεις και γενικότερα προβλήματα υγείας και να τα διαχειριστούν με όσο το δυνατό μικρότερο κόστος. Παράλληλα, οι πολίτες καλούνται να ανταπεξέλθουν στα ιδιωτικά κόστη που προκύπτουν αλλά και τις μικροοικονομικές συνέπειες. Ο σωστός σχεδιασμός του προϋπολογισμού για την υγεία , η σωστή διαχείριση των δαπανών υγείας αλλά και η αξιολόγηση των τεχνολογιών υγείας παίζουν πρωτεύοντα ρόλο για την ομαλή λειτουργία του συστήματος τόσο της υγείας όσο και της οικονομίας. Για παράδειγμα ο Covid-19 έχει εξαντλήσει τα συστήματα υγείας και έχει προκαλέσει τεράστιες μικροοικονομικές και μακροοικονομικές συνέπειες. Οι σωστές πολιτικές και οι σωστές τεχνολογίες (πχ εμβολιασμοί, φάρμακα) θα βοηθήσουν την επαναφορά της υγείας και της οικονομίας στα προηγούμενα επίπεδα. Ίσως όμως ο πρωτεύοντας παράγοντας όλων είναι η ατομική ευθύνη και η ατομική ευθύνη που οδηγεί στην κοινωνική ευθύνη.

Παράρτημα

COVID-19 και μοντέλα πρόβλεψης
Έγκατάσταση πακέτων
```python
import pandas as pd
import numpy as np
import statsmodels.api as sm
from statsmodels.tsa.stattools import adfuller
from statsmodels.tsa.stattools import acf, pacf
from statsmodels.tsa.seasonal import seasonal_decompose
from statsmodels.tsa.arima_model import ARIMA
from statsmodels.graphics.tsaplots import plot_acf
from statsmodels.graphics.tsaplots import plot_pacf
from pmdarima.arima import auto_arima
from sklearn.metrics import mean_squared_error,r2_score
import kaleido
import sktime
from sktime.utils.plotting import plot_series
from sktime.forecasting.arima import AutoARIMA
from sklearn.metrics import mean_squared_error
import statsmodels.api as sm
import warnings
warnings.filterwarnings("ignore")
```
```python
import plotly
import plotly.graph_objects as go
import plotly.express as px
import plotly.offline as py
from plotly.subplots import make_subplots
import plotly.io as pio
import matplotlib
import matplotlib.pylab as plt
from matplotlib.pyplot import figure
matplotlib.rc('figure', figsize=(15, 7))
```
Το συνολικό dataset
```python
Greece_data = pd.read_csv('owid-covid-data.csv')
list(Greece_data.columns)
```
dataset για τα νέα κρούσματα
```python
cases =Greece_data[["date",'new_cases']]
cases.index = pd.to_datetime(cases['date'])
cases.set_index('date', inplace=True)
cases= cases.dropna()
cases.head()
```
```python
```

```
cases.plot()
```
dataset για τη θετικότητα των τεστ
```python
tests = Greece_data[["date","new_cases",'new_tests','positive_rate']]
tests = tests.dropna()
tests.index = pd.to_datetime(tests['date'])
tests.set_index('date', inplace=True)
tests['new_tests']= tests['new_tests'].apply(int)
tests = tests[tests["new_cases"]>0]
tests = tests[tests["new_tests"]>0]
tests["positive_rate"]=tests["positive_rate"]*100
tests.tail()
```
```python
tests = tests.drop(columns=["new_cases","new_tests"])
tests.tail()
```
```python
tests.plot()
```
```python
# max_tests = max(tests["new_tests"])
# max_tests
```
```python
# max_rate = max(tests["positive_rate"])
# max_rate
```
```python
# min_tests = min(tests["new_tests"])
# min_tests
```
```python
# min_rate = min(tests["positive_rate"])
# min_rate
```
dataset για το συνολικό ποσοστό εμβολισμών
```python
vaccines = Greece_data[["date",'people_fully_vaccinated','population']]
vaccines['people_fully_vaccinated']=vaccines['people_fully_vaccinated'].fillna(0).apply(int)
vaccines.index = pd.to_datetime(vaccines['date'])
vaccines.set_index('date', inplace=True)
vaccines.fillna(0)
```
```python
vaccines["percentage_vaccinated"]= (vaccines["people_fully_vaccinated"]/vaccines["population"])*100
vaccines= vaccines[vaccines["percentage_vaccinated"] != 0]
vaccines.head()
```
```python
vaccines.index = pd.to_datetime(vaccines.index)
```
```python
```

```
vaccines["percentage_vaccinated"].plot()
vaccines["percentage_vaccinated"].rolling(window=7).mean().plot()
```
Ανάλυση για τα κρούσματα
```python
rolmean = cases.rolling(window=7).mean()
rolstd = cases.rolling(window=7).std()
cases_all = plt.plot(cases, color='blue', label='Original Data')
mean = plt.plot(rolmean, color='red', label='Rolling Mean')
std = plt.plot(rolstd, color='black', label='Rolling Std')
plt.legend(loc='best')
plt.title('Rolling Mean & Standard Deviation')
plt.show(block=False)
```
Έλεγχος για Stationarity
```python
#Perform Augmented Dickey–Fuller test:
print('Results of Dickey Fuller Test:')
dftest = adfuller(cases['new_cases'], autolag='AIC')
dfoutput = pd.Series(dftest[0:4], index=['Test Statistic','p-value','#Lags Used','Number of Observations Used'])
for key,value in dftest[4].items():
    dfoutput['Critical Value (%s)'%key] = value

print(dfoutput)
```
```python
#residuals
res = sm.tsa.seasonal_decompose(cases.dropna(),freq=12)
fig = res.plot()
fig.set_figheight(8)
fig.set_figwidth(15)
plt.show()
```
Επειδή δεν είναι stationary το dataset προχωράμε σε διάφορα transformation και στη συνέχεια θα επιλέξουμε το καλύτερο
Transformation to log
```python
#Estimating trend
cases_log = cases
cases_log["new_cases"] = np.log(cases["new_cases"])
plt.plot(cases_log)
```
Το transformation έχει προκαλέσει την ύπαρξη inf τα οποία πρέπει να αφαιρεθούν
```python
cases_log.isnull().values.any()
cases_log.isnull().sum()
```
```python
cases_log.replace(-np.inf, np.nan, inplace=True)
cases_log = cases_log.dropna()
```
```python
movingAverage = cases_log.rolling(window=7).mean()
movingSTD = cases_log.rolling(window=7).std()
```

```
plt.plot(cases_log)
plt.plot(movingAverage, color='red')
```
```python
cases_log_ma = cases_log - movingAverage
cases_log_ma.head(12)
```
```python
cases_log_ma.isnull().values.any()
cases_log_ma.isnull().sum()
```
```python
cases_log_ma.dropna(inplace=True)
cases_log_ma.head(10)
```
Δημιουργία function για τπ γρηγορότερο έλεγχο του stationarity
```python
def test_stationarity(timeseries):

    #Determine rolling statistics
    movingAverage = timeseries.rolling(window=7).mean()
    movingSTD = timeseries.rolling(window=7).std()

    #Plot rolling statistics
    orig = plt.plot(timeseries, color='blue', label='Original')
    mean = plt.plot(movingAverage, color='red', label='Rolling Mean')
    std = plt.plot(movingSTD, color='black', label='Rolling Std')
    plt.legend(loc='best')
    plt.title('Rolling Mean & Standard Deviation')
    plt.show(block=False)

    #Perform Dickey–Fuller test:
    print('Results of Dickey Fuller Test:')
    dftest = adfuller(timeseries, autolag='AIC')
    dfoutput = pd.Series(dftest[0:4], index=['Test Statistic','p-value','#Lags Used','Number of Observations
Used'])
    for key,value in dftest[4].items():
        dfoutput['Critical Value (%s)'%key] = value
    print(dfoutput)

    #residuals
    res = sm.tsa.seasonal_decompose(timeseries.dropna(),freq=12)
    fig = res.plot()
    fig.set_figheight(8)
    fig.set_figwidth(15)
    plt.show()

    #ACF & PACF plots

    lag_acf = acf(timeseries, nlags=50)
    lag_pacf = pacf(timeseries, nlags=50, method='ols')
    #Plot ACF:
    plt.subplot(121)
    plt.plot(lag_acf)
```

```
    plt.axhline(y=0, linestyle='--', color='gray')
    plt.axhline(y=-1.96/np.sqrt(len(timeseries)), linestyle='--', color='gray')
    plt.axhline(y=1.96/np.sqrt(len(timeseries)), linestyle='--', color='gray')
    plt.title('Autocorrelation Function')
    #Plot PACF
    plt.subplot(122)
    plt.plot(lag_pacf)
    plt.axhline(y=0, linestyle='--', color='gray')
    plt.axhline(y=-1.96/np.sqrt(len(timeseries)), linestyle='--', color='gray')
    plt.axhline(y=1.96/np.sqrt(len(timeseries)), linestyle='--', color='gray')
    plt.title('Partial Autocorrelation Function')

    plt.tight_layout()

    plt.figure()
    plt.subplot(211)
    plot_acf(timeseries, lags=24, ax=plt.gca())
    plt.subplot(212)
    plot_pacf(timeseries, lags=24, ax=plt.gca())
    plt.show()
```
```python
test_stationarity(cases_log_ma)
```
transformation to Exponential Decay Weighted Average
```python
exp = cases_log.ewm(halflife=12, min_periods=0, adjust=True).mean()
plt.plot(cases_log)
plt.plot(exp, color='red')
```
```python
cases_log_exp = cases_log - exp
test_stationarity(cases_log_exp)
```
Transformation to Time Shifting at log
```python
cases_log_shift = cases_log - cases_log.shift(1)
cases_log_shift .dropna(inplace=True)
```
```python
test_stationarity(cases_log_shift)
```
Για τα μοντέλα που είναι stationary χρησιμοποιούμε τα μοντέλα ARIMA
ARIMA log
```python
### 70% του dataset train , 30% του dataset test
(len(cases_log_ma)*70)/100
```
```python
model_train = cases_log_ma["new_cases"].iloc[0:368]
model_test = cases_log_ma["new_cases"].iloc[368:]
```
```python
#Training the ARIMA model
```

```
model_arima_log = auto_arima(model_train, trace = True, error_action='ignore', start_p = 0, start_q = 0,
max_p = 12, max_q = 12,start_d=0,max_d=2,
                suppress_warnings = True, stepwise = False, seasonal = False)
model_arima_log.fit(model_train)
```
```python
arima_log = sm.tsa.statespace.SARIMAX(model_test,order=(2,0,3),seasonal_order=(0,0,0,0),
                          enforce_stationarity=False, enforce_invertibility=False).fit()
arima_log.summary()
```
```python
arima_log.plot_diagnostics(figsize=(18, 8))
plt.show()
```
```python
pred_log = arima_log.predict("2021-03-15",'2021-08-20')
print('ARIMA model MSE:{}'.format(mean_squared_error(model_test,pred_log)))
```
```python
pd.DataFrame({'model_test':model_test,'pred':pred_log}).plot();plt.show()
```
```python
#RMSE for ARIMA
model_scores = []
model_scores.append(np.sqrt(mean_squared_error(model_test, pred_log)))
print("Root Mean Square Error for ARIMA Model: ", np.sqrt(mean_squared_error(model_test, pred_log)))
```
ARIMA exponential
```python
(len(cases_log_exp)*70)/100
```
```python
model_train = cases_log_exp["new_cases"].iloc[0:372]
model_test = cases_log_exp["new_cases"].iloc[372:]
```
```python
#Training the ARIMA model
model_arima_exp = auto_arima(model_train, trace = True, error_action='ignore', start_p = 0, start_q = 0,
max_p = 12, max_q = 12,start_d=0,max_d=2,
                suppress_warnings = True, stepwise = False, seasonal = False)
model_arima_exp.fit(model_train)
```
```python
arima_exp = sm.tsa.statespace.SARIMAX(model_test,order=(2,0,2),seasonal_order=(0,0,0,0),
                          enforce_stationarity=False, enforce_invertibility=False).fit()
arima_exp.summary()
```
```python
arima_exp.plot_diagnostics(figsize=(18, 8))
plt.show()
```
```python
pred_exp = arima_exp.predict("2021-03-13",'2021-08-20')
print('ARIMA model MSE:{}'.format(mean_squared_error(model_test,pred_exp)))
```

```
```python
pd.DataFrame({'model_test':model_test,'pred':pred_exp}).plot();plt.show()
```
```python
#RMSE for ARIMA
model_scores.append(np.sqrt(mean_squared_error(model_test, pred_exp)))
print("Root Mean Square Error for ARIMA exp Model: ", np.sqrt(mean_squared_error(model_test,
pred_exp)))
```
ARIMA shifting
```python
(len(cases_log_shift)*70)/100
```
```python
model_train = cases_log_shift["new_cases"].iloc[0:371]
model_test = cases_log_shift["new_cases"].iloc[371:]
```
```python
#Training the ARIMA model
model_arima_shift = auto_arima(model_train, trace = True, error_action='ignore', start_p = 0, start_q = 0,
max_p = 12, max_q = 12,start_d=0,max_d=2,
                suppress_warnings = True, stepwise = False, seasonal = False)
model_arima_shift.fit(model_train)
```
```python
arima_shift = sm.tsa.statespace.SARIMAX(model_test,order=(2,0,3),seasonal_order=(0,0,0,0),
                            enforce_stationarity=False, enforce_invertibility=False).fit()
arima_shift.summary()
```
```python
arima_shift.plot_diagnostics(figsize=(18, 8))
plt.show()
```
```python
pred_shift = arima_shift.predict("2021-03-13","2021-08-20")
print('ARIMA model MSE:{}'.format(mean_squared_error(model_test,pred_shift)))
```
```python
pd.DataFrame({'model_test':model_test,'pred':pred_shift}).plot();plt.show()
```
```python
#RMSE for ARIMA
model_scores.append(np.sqrt(mean_squared_error(model_test, pred_shift)))
print("Root Mean Square Error for ARIMA shift Model: ", np.sqrt(mean_squared_error(model_test,
pred_shift)))
```
SARIMA log
```python
model_train = cases_log_ma["new_cases"].iloc[0:368]
model_test = cases_log_ma["new_cases"].iloc[368:]
```
```python
#Training the SARIMA log model
```
```

```
model_sarima_log = auto_arima(model_train, trace = True, error_action='ignore', start_p = 0, start_q = 0,
max_p = 12, max_q = 12,start_d=0,max_d=2,m=7,
                suppress_warnings = True, stepwise = False, seasonal = True)
model_sarima_log.fit(model_train)
```
```python
sarima_log = sm.tsa.statespace.SARIMAX(model_test,order=(0,0,3),seasonal_order=(1,0,1,7),
                            enforce_stationarity=False, enforce_invertibility=False).fit()
sarima_log.summary()
```
```python
sarima_log.plot_diagnostics(figsize=(18, 8))
plt.show()
```
```python
pred_slog = sarima_log.predict("2021-03-15",'2021-08-20')
print('ARIMA model MSE:{}'.format(mean_squared_error(model_test,pred_slog)))
```
```python
pd.DataFrame({'model_test':model_test,'pred':pred_slog}).plot();plt.show()
```
```python
#RMSE for SARIMA log
model_scores.append(np.sqrt(mean_squared_error(model_test, pred_slog)))
print("Root Mean Square Error for ARIMA Model: ", np.sqrt(mean_squared_error(model_test, pred_slog)))
```
SARIMA exp
```python
model_train = cases_log_exp["new_cases"].iloc[0:372]
model_test = cases_log_exp["new_cases"].iloc[372:]
```
```python
#Training the SARIMA exp model
model_sarima_exp = auto_arima(model_train, trace = True, error_action='ignore', start_p = 0, start_q = 0,
max_p = 12, max_q = 12,start_d=0,max_d=2,m=7,
                suppress_warnings = True, stepwise = False, seasonal = True)
model_sarima_exp.fit(model_train)
```
```python
sarima_exp = sm.tsa.statespace.SARIMAX(model_test,order=(1,0,1),seasonal_order=(1,0,2,7),
                            enforce_stationarity=False, enforce_invertibility=False).fit()
sarima_exp.summary()
```
```python
sarima_exp.plot_diagnostics(figsize=(18, 8))
plt.show()
```
```python
pred_sexp = sarima_exp.predict("2021-03-13",'2021-08-20')
print('ARIMA model MSE:{}'.format(mean_squared_error(model_test,pred_sexp)))
```
```python
pd.DataFrame({'model_test':model_test,'pred':pred_sexp}).plot();plt.show()
```

```python
#RMSE for SARIMA exp
model_scores.append(np.sqrt(mean_squared_error(model_test, pred_sexp)))
print("Root Mean Square Error for ARIMA Model: ", np.sqrt(mean_squared_error(model_test, pred_sexp)))
```
SARIMA shift
```python
model_train = cases_log_shift["new_cases"].iloc[0:371]
model_test = cases_log_shift["new_cases"].iloc[371:]
```
```python
#Training the SARIMA shift model
model_sarima_shift = auto_arima(model_train, trace = True, error_action='ignore', start_p = 0, start_q = 0,
max_p = 12, max_q = 12,start_d=0,max_d=2,m=7,
                suppress_warnings = True, stepwise = False, seasonal = True)
model_sarima_shift.fit(model_train)
```
```python
sarima_shift = sm.tsa.statespace.SARIMAX(model_test,order=(0,0,2),seasonal_order=(2,0,1,7),
                              enforce_stationarity=False, enforce_invertibility=False).fit()
sarima_shift.summary()
```
```python
sarima_shift.plot_diagnostics(figsize=(18, 8))
plt.show()
```
```python
pred_sshift = sarima_shift.predict("2021-03-13",'2021-08-20')
print('ARIMA model MSE:{}'.format(mean_squared_error(model_test,pred_sshift)))
```
```python
pd.DataFrame({'model_test':model_test,'pred':pred_sshift}).plot();plt.show()
```
```python
#RMSE for SARIMA shift
model_scores.append(np.sqrt(mean_squared_error(model_test, pred_sshift)))
print("Root Mean Square Error for ARIMA shift Model: ", np.sqrt(mean_squared_error(model_test,
pred_sshift)))
```
VACCINES-CASES
ARIMAX τα κρούσματα με τον εξωγενη παράγοντα των εμβολίων
```python
cases.index = pd.to_datetime(cases.index)
```
```python
vaccines_cases = cases.merge(vaccines["percentage_vaccinated"], left_index=True, right_index=True)
vaccines_cases = vaccines_cases.dropna()
vaccines_cases.head()
```
```python
test_stationarity(vaccines_cases["new_cases"])
```
```python
test_stationarity(vaccines_cases["percentage_vaccinated"])
```

```
#### Δεν είναι κάμια από τις μεταβλητές stationary οπότε δοκιμάζουμε πρώτες διαφορές (καθώς εδώ έχουμε ποσοστό)
```python
vaccines_cases['diffC']=vaccines_cases["new_cases"].diff()
vaccines_cases['diffV']=vaccines_cases["percentage_vaccinated"].diff()
vaccines_cases.isnull().values.any()
vaccines_cases.isnull().sum()http://localhost:8888/notebooks/OneDrive/Desktop/diplwmatikh/covid.ipynb#%CE%94%CE%B5%CE%BD-%CE%B5%CE%AF%CE%BD%CE%B1%CE%B9-%CE%BA%CE%AC%CE%BC%CE%B9%CE%B1-%CE%B1%CF%80%CF%8C-%CF%84%CE%B9%CF%82-%CE%BC%CE%B5%CF%84%CE%B1%CE%B2%CE%BB%CE%B7%CF%84%CE%AD%CF%82-stationary-%CE%BF%CF%80%CF%8C%CF%84%CE%B5-%CE%B4%CE%BF%CE%BA%CE%B9%CE%BC%CE%AC%CE%B6%CE%BF%CF%85%CE%BC%CE%B5-%CF%80%CF%81%CF%8E%CF%84%CE%B5%CF%82-%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%86%CE%BF%CF%81%CE%AD%CF%82-(%CE%BA%CE%B1%CE%B8%CF%8E%CF%82-%CE%B5%CE%B4%CF%8E-%CE%AD%CF%87%CE%BF%CF%85%CE%BC%CE%B5-%CF%80%CE%BF%CF%83%CE%BF%CF%83%CF%84%CF%8C)
```
```python
vaccines_cases = vaccines_cases.dropna()
```
```python
test_stationarity(vaccines_cases['diffC'])
```
```python
test_stationarity(vaccines_cases['diffV'])
```
Παρατηρούμε ότι η μια εκ των δυο είναι stationary οπότε κάνουμε δεύτερες διαφορές
```python
vaccines_cases['diffC2']=vaccines_cases["diffC"].diff()
vaccines_cases['diffV2']=vaccines_cases["diffV"].diff()
vaccines_cases.isnull().values.any()
vaccines_cases.isnull().sum()
```
```python
vaccines_cases = vaccines_cases.dropna()
```
```python
test_stationarity(vaccines_cases['diffV2'])
```
```python
test_stationarity(vaccines_cases['diffC2'])
```
Ελεγχος αιτιου-αιτιατού
```python
print(sm.tsa.stattools.grangercausalitytests(vaccines_cases[["diffV2","diffC2"]].dropna(),1))
```
```python
print(sm.tsa.stattools.grangercausalitytests(vaccines_cases[["diffC2","diffV2"]].dropna(),1))
```
```python
(len(vaccines_cases)*70)/100
```
```

```
```python
model_train_v = vaccines_cases.iloc[0:137]
model_test_v = vaccines_cases.iloc[137:]
model_test_v.head()
```
```python
#Training the ARIMAx diff model
model_arimax_v = auto_arima(model_train_v["diffC2"],exogenous=model_train_v[["diffV2"]],trace = True,
error_action='ignore', start_p = 0, start_q = 0, max_p = 12, max_q = 12,start_d=0,max_d=2,
                suppress_warnings = True, stepwise = False, seasonal = False)
model_arimax_v.fit(model_train_v["diffC2"])
```
```python
arimax_v =
sm.tsa.statespace.SARIMAX(model_test_v["diffC2"],exog=model_test_v[["diffV2"]],order=(1,0,4),seasonal_
order=(0,0,0,0),enforce_stationarity=True, enforce_invertibility=False).fit()
arimax_v.summary()
```
```python
pred_v = arimax_v.predict("2021-06-23",'2021-08-20',exog=model_test_v[["diffV2"]])
print('ARIMA model MSE:{}'.format(mean_squared_error(model_test_v[["diffV2"]],pred_v)))
```
```python
pred_v = pd.DataFrame(pred_v)
pred_v.index
vaccines_cases.index
vaccines_cases.index = pd.to_datetime(vaccines_cases.index)
```
```python
pd.DataFrame({'model_test':model_test_v["diffC2"],'pred':pred_v["predicted_mean"]}).plot();plt.show()
```
```python
model_scores.append(np.sqrt(mean_squared_error(model_test_v["diffC2"], pred_v)))
print("Root Mean Square Error for ARIMAX Model: ", np.sqrt(mean_squared_error(model_test_v["diffC2"],
pred_v)))
```
SARIMAX diff
```python
#Training the ARIMAx diff model
model_sarimax_v = auto_arima(model_train_v["diffC2"],exogenous=model_train_v[["diffV2"]],trace = True,
error_action='ignore', start_p = 0, start_q = 0, max_p = 12, max_q = 12,start_d=0,max_d=2,m=7,
                suppress_warnings = True, stepwise = False, seasonal = True)
model_sarimax_v.fit(model_train_v["diffC2"])
```
```python
sarimax_v =
sm.tsa.statespace.SARIMAX(model_test_v["diffC2"],exog=model_test_v[["diffV2"]],order=(1,0,4),seasonal_
order=(0,0,0,7),
                            enforce_stationarity=True, enforce_invertibility=False).fit()
sarimax_v.summary()
```
```python
pred_sv = arimax_v.predict("2021-06-23",'2021-08-20',exog=model_test_v[["diffV2"]])
```
```

```
print('ARIMA model MSE:{}'.format(mean_squared_error(model_test_v[["diffV2"]],pred_sv)))
```
```python
pred_sv = pd.DataFrame(pred_sv)
pred_sv.index
vaccines_cases.index
vaccines_cases.index = pd.to_datetime(vaccines_cases.index)
```
```python
pd.DataFrame({'model_test':model_test_v["diffC2"],'pred':pred_sv["predicted_mean"]}).plot();plt.show()
```
```python
model_scores.append(np.sqrt(mean_squared_error(model_test_v["new_cases"], pred_sv)))
print("Root Mean Square Error for ARIMA Model: ", np.sqrt(mean_squared_error(model_test_v["diffC2"],
pred_sv)))
```
SARIMAX exp
```python
cases_log_exp.index = pd.to_datetime(cases_log_exp.index)
```
```python
vaccines_cases_log_exp = cases_log_exp.merge(vaccines["percentage_vaccinated"] , left_index=True,
right_index=True)
vaccines_cases_log_exp = vaccines_cases_log_exp.dropna()
vaccines_cases_log_exp.head()
```
```python
(len(vaccines_cases_log_exp)*70)/100
```
```python
model_train_vlog_exp = vaccines_cases_log_exp.iloc[0:138]
model_test_vlog_exp = vaccines_cases_log_exp.iloc[138:]
model_test_vlog_exp.tail()
```
```python
#Training the ARIMAX exp model
model_sarimax_vlog_exp =
auto_arima(model_train_vlog_exp["new_cases"],exogenous=model_train_vlog_exp[["percentage_vaccinated"
]],trace = True, error_action='ignore', start_p = 0, start_q = 0, max_p = 12, max_q =
12,start_d=0,max_d=2,m=7,
                suppress_warnings = True, stepwise = False, seasonal = True)
model_sarimax_vlog_exp.fit(model_train_vlog_exp["new_cases"])
```
```python
sarimax_vlog_exp =
sm.tsa.statespace.SARIMAX(model_test_vlog_exp["new_cases"],exog=model_test_vlog_exp[["percentage_v
accinated"]],order=(1,0,4),seasonal_order=(0,0,0,7),
                            enforce_stationarity=False, enforce_invertibility=False).fit()
sarimax_vlog_exp.summary()
```
```python
pred_vlog_exp = sarimax_vlog_exp.predict("2021-06-22",'2021-08-
20',exog=model_test_vlog_exp[["percentage_vaccinated"]])
```

```
print('ARIMA model
MSE:{}'.format(mean_squared_error(model_test_vlog_exp[["percentage_vaccinated"]],pred_vlog_exp)))
```
```python
pred_vlog_exp = pd.DataFrame(pred_vlog_exp)
pred_vlog_exp.index
model_test_vlog_exp.index
model_test_vlog_exp.index = pd.to_datetime(model_test_vlog_exp.index)
```
```python
pd.DataFrame({'model_test':model_test_vlog_exp["new_cases"],'pred':pred_vlog_exp["predicted_mean"]}).pl
ot();plt.show()
```
```python
model_scores.append(np.sqrt(mean_squared_error(model_test_vlog_exp["new_cases"], pred_vlog_exp)))
print("Root Mean Square Error for SARIMAX Model: ",
np.sqrt(mean_squared_error(model_test_vlog_exp["new_cases"], pred_vlog_exp)))
```
GDP
ARIMA
```python
GDP = pd.read_csv('GDP Quarter.csv')
list(GDP.columns)
```
```python
GDP.head()
```
```python
GDP = GDP[["Value"]]
GDP.index = pd.period_range('1960-Q2', '2021-Q1', freq='Q')
# GDP.set_index("TIME",inplace=True)
GDP.dropna()
GDP.head()
```
```python
GDP.plot()
```
```python
#Perform Augmented Dickey–Fuller test:
print('Results of Dickey Fuller Test:')
dftest = adfuller(GDP, autolag='AIC')
dfoutput = pd.Series(dftest[0:4], index=['Test Statistic','p-value','#Lags Used','Number of Observations Used'])
for key,value in dftest[4].items():
    dfoutput['Critical Value (%s)'%key] = value

print(dfoutput)
```
```python
(len(GDP)*70)/100
```
```python
gdp_train = GDP["Value"].iloc[0:170]
gdp_test = GDP["Value"].iloc[170:]
```

```python
#Training the ARIMA model
gdp_arima = auto_arima(gdp_train, trace = True, error_action='ignore', start_p = 0, start_q = 0, max_p = 12,
max_q = 12,start_d=0,max_d=2,
                suppress_warnings = True, stepwise = False, seasonal = False)
gdp_arima.fit(gdp_train)
```
```python
gdparima = sm.tsa.statespace.SARIMAX(gdp_test,order=(2,1,3),seasonal_order=(0,0,0,0),
                            enforce_stationarity=False, enforce_invertibility=False).fit()
gdparima.summary()
```
```python
gdparima.plot_diagnostics(figsize=(18, 8))
plt.show()
```
```python
gdp_pred = gdparima.predict("2002-Q4",'2021-Q1')
print('ARIMA model MSE:{}'.format(mean_squared_error(gdp_test,gdp_pred)))
```
```python
pd.DataFrame({'gdp_test':gdp_test,'pred':gdp_pred}).plot();plt.show()
```
```python
results = pd.DataFrame(gdp_test)
gdp_pred = pd.DataFrame(gdp_pred)
results = results.merge(gdp_pred, left_index= True, right_index=True)
results.tail()
```
SARIMA
```python
#Training the SARIMA model
gdp_sarima = auto_arima(gdp_train, trace = True, error_action='ignore', start_p = 0, start_q = 0, max_p = 12,
max_q = 12,start_d=0,max_d=2,m=4,
                suppress_warnings = True, stepwise = True, seasonal = True)
gdp_sarima.fit(gdp_train)
```
```python
gdpsarima = sm.tsa.statespace.SARIMAX(gdp_test,order=(3,1,0),seasonal_order=(0,0,1,4),
                            enforce_stationarity=False, enforce_invertibility=False).fit()
gdpsarima.summary()
```
```python
gdpsarima.plot_diagnostics(figsize=(18, 8))
plt.show()
```
```python
gdp_pred_s = gdpsarima.predict("2002-Q4",'2021-Q1')
print('ARIMA model MSE:{}'.format(mean_squared_error(gdp_test,gdp_pred_s)))
```
```python
pd.DataFrame({'gdp_test':gdp_test,'pred':gdp_pred_s}).plot();plt.show()
```
```python
```

```
results_s = pd.DataFrame(gdp_test)
gdp_pred_s = pd.DataFrame(gdp_pred_s)
results_s = results.merge(gdp_pred_s, left_index= True, right_index=True)
results_s.tail()
```
Difference between arima and sarima at predictions
```python
results_s["difference arima"]= abs(results_s["Value"] - results_s["predicted_mean_x"])
results_s["difference sarima"]= abs(results_s["Value"] - results_s["predicted_mean_y"])
```
```python
results_s
```
```python
 ar = results_s["difference arima"].mean()
sar = results_s["difference sarima"].mean()
print(ar,sar)
```
Forecast 21-22
```python
gdpsarima.forecast(steps=7)
```
ARIMAX
```python
cases2 =Greece_data[["date",'new_cases']]
cases2["date"]= pd.to_datetime(cases2['date'])
cases2 =cases2.fillna(0)
```
```python
cases2["Year"]= pd.DatetimeIndex(cases2["date"]).year
cases2["Month"]= pd.DatetimeIndex(cases2["date"]).month
```
```python
conditions
=[(cases2["Month"]<=3),((cases2["Month"]<=6)&(cases2["Month"]>3)),((cases2["Month"]<=9)&(cases2["M
onth"]>6)),(cases2["Month"]>9)]
values = ['Q1', 'Q2', 'Q3', 'Q4']
cases2["Quarter"] = np.select(conditions, values)
cases2.head()
```
```python
cases2["YQ"] = cases2["Year"].map(str) + '-' + cases2["Quarter"].map(str)
```
```python
cases2 =cases2.drop(columns=["Quarter","Year","Month"])
cases2.head()
```
Βρίσκουμε τα κρούσματα ανα τρίμηνο και παίρνουμε το μέσο τους
```python
cases2= cases2.groupby(['YQ']).mean()
cases2
```
```python
cases2.index = pd.period_range('2020-Q1', '2021-Q3', freq='Q')
```

```
```python
ex = pd.period_range('1960-Q2', '2019-Q4', freq='Q')
pre_covid= pd.DataFrame({"ex": ex, 'new_cases': [0 for i in range(len(ex))]})
pre_covid.index = pd.period_range('1960-Q2', '2019-Q4', freq='Q')
pre_covid= pre_covid.drop(columns="ex")
```
```python
dfs = [pre_covid,cases2]
new = pd.concat(dfs)
```
```python
new
```
```python
gdp_covid = GDP.merge(new , left_index=True, right_index=True)
gdp_covid
```
Μετατρέπουμε τα κρουσματα σε ποσοστιαία διαφορά από τη προηγούμενη περίοδο (ώστε να έχει ίδια μορφή με το GDP)
```python
gdp_covid["new_cases2"] = (gdp_covid["new_cases"] -
gdp_covid["new_cases"].shift(1))/gdp_covid["new_cases"].shift(1)
```
```python
gdp_covid = gdp_covid.fillna(0)
```
```python
gdp_covid
```
```python
##Βάζουμε σαν 100 το πρώτο τρίμηνο που εμφανίστηκαν κρούσματα γιατι έχει γίνει inf
gdp_covid.replace(np.inf, 100, inplace=True)
```
```python
#Perform Dickey–Fuller test:
print('Results of Dickey Fuller Test:')
dftest = adfuller(gdp_covid["Value"], autolag='AIC')
dfoutput = pd.Series(dftest[0:4], index=['Test Statistic','p-value','#Lags Used','Number of Observations Used'])
for key,value in dftest[4].items():
   dfoutput['Critical Value (%s)'%key] = value
print(dfoutput)
```
```python
#Perform Dickey–Fuller test:
print('Results of Dickey Fuller Test:')
dftest = adfuller(gdp_covid["new_cases2"], autolag='AIC')
dfoutput = pd.Series(dftest[0:4], index=['Test Statistic','p-value','#Lags Used','Number of Observations Used'])
for key,value in dftest[4].items():
   dfoutput['Critical Value (%s)'%key] = value
print(dfoutput)
```
Επειδή δεν είναι stationary και οι δυο μεταβλητές κάνουμε μετασχηματισμό
ARIMAX log
```

```python
gdp_covid["log_cases"] = np.log(gdp_covid["new_cases2"])
gdp_covid.replace(-np.inf, np.nan, inplace=True)
gdp_covid = gdp_covid.fillna(0)
```
```python
movingAverage = gdp_covid["log_cases"].rolling(window=7).mean()
gdp_covid["log_cases_ma"] = gdp_covid["log_cases"] - movingAverage
gdp_covid.tail(12)
```
```python
gdp_covid = gdp_covid.fillna(0)
```
```python
#Perform Dickey–Fuller test:
print('Results of Dickey Fuller Test:')
dftest = adfuller(gdp_covid["Value"], autolag='AIC')
dfoutput = pd.Series(dftest[0:4], index=['Test Statistic','p-value','#Lags Used','Number of Observations Used'])
for key,value in dftest[4].items():
   dfoutput['Critical Value (%s)'%key] = value
print(dfoutput)
```
```python
#Perform Dickey–Fuller test:
print('Results of Dickey Fuller Test:')
dftest = adfuller(gdp_covid["log_cases_ma"], autolag='AIC')
dfoutput = pd.Series(dftest[0:4], index=['Test Statistic','p-value','#Lags Used','Number of Observations Used'])
for key,value in dftest[4].items():
   dfoutput['Critical Value (%s)'%key] = value
print(dfoutput)
```
```python
#Training the ARIMAX log model
model_arimax_glog = auto_arima(gdp_covid["Value"],exogenous=gdp_covid[["log_cases"]],trace = True,
error_action='ignore', start_p = 0, start_q = 0, max_p = 12, max_q = 12,start_d=0,max_d=2,
                suppress_warnings = True, stepwise = False, seasonal = False)
model_arimax_glog.fit(gdp_covid["Value"])
```
```python
arimax_glog =
sm.tsa.statespace.SARIMAX(gdp_covid["Value"],exog=gdp_covid[["log_cases"]],order=(3,1,2),seasonal_ord
er=(0,0,0,0),
                          enforce_stationarity=True, enforce_invertibility=False).fit()
arimax_glog.summary()
```
ARIMAX exp
```python
gdp_covid["exp_cases"] = gdp_covid["log_cases"].ewm(halflife=12, min_periods=0, adjust=True).mean()
gdp_covid["log_exp_cases"] = gdp_covid["log_cases"] - gdp_covid["exp_cases"]
```
```python
#Perform Dickey–Fuller test:
print('Results of Dickey Fuller Test:')
dftest = adfuller(gdp_covid["Value"], autolag='AIC')
```

```
dfoutput = pd.Series(dftest[0:4], index=['Test Statistic','p-value','#Lags Used','Number of Observations Used'])
for key,value in dftest[4].items():
   dfoutput['Critical Value (%s)'%key] = value
print(dfoutput)
```
```python
#Perform Dickey–Fuller test:
print('Results of Dickey Fuller Test:')
dftest = adfuller(gdp_covid["log_exp_cases"], autolag='AIC')
dfoutput = pd.Series(dftest[0:4], index=['Test Statistic','p-value','#Lags Used','Number of Observations Used'])
for key,value in dftest[4].items():
   dfoutput['Critical Value (%s)'%key] = value
print(dfoutput)
```
```python
#Training the SARIMAX exp model
model_arimax_gexp = auto_arima(gdp_covid["Value"],exogenous=gdp_covid[["log_exp_cases"]],trace =
True, error_action='ignore', start_p = 0, start_q = 0, max_p = 12, max_q = 12,start_d=0,max_d=2,
                suppress_warnings = True, stepwise = True, seasonal = False)
model_arimax_gexp.fit(gdp_covid["Value"])
```
```python
arimax_gexp =
sm.tsa.statespace.SARIMAX(gdp_covid["Value"],exog=gdp_covid[["log_exp_cases"]],order=(3,1,3),seasonal
_order=(0,0,0,0),
                          enforce_stationarity=True, enforce_invertibility=False).fit()
arimax_gexp.summary()
```
ARIMAX shift
```python
gdp_covid["log_shift_cases"] = gdp_covid["log_cases"] - gdp_covid["log_cases"].shift(1)
```
```python
gdp_covid = gdp_covid.dropna()
```
```python
#Perform Dickey–Fuller test:
print('Results of Dickey Fuller Test:')
dftest = adfuller(gdp_covid["Value"], autolag='AIC')
dfoutput = pd.Series(dftest[0:4], index=['Test Statistic','p-value','#Lags Used','Number of Observations Used'])
for key,value in dftest[4].items():
   dfoutput['Critical Value (%s)'%key] = value
print(dfoutput)
```
```python
#Perform Dickey–Fuller test:
print('Results of Dickey Fuller Test:')
dftest = adfuller(gdp_covid["log_shift_cases"], autolag='AIC')
dfoutput = pd.Series(dftest[0:4], index=['Test Statistic','p-value','#Lags Used','Number of Observations Used'])
for key,value in dftest[4].items():
   dfoutput['Critical Value (%s)'%key] = value
print(dfoutput)
```
```python
```

```
#Training the ARIMAx_vlog model
model_arimax_g = auto_arima(gdp_covid["Value"],exogenous=gdp_covid[["log_shift_cases"]],trace = True,
error_action='ignore', start_p = 0, start_q = 0, max_p = 12, max_q = 12,start_d=0,max_d=2,
                suppress_warnings = True, stepwise = True, seasonal = False)
model_arimax_g.fit(gdp_covid["Value"])
```
```python
arimax_g =
sm.tsa.statespace.SARIMAX(gdp_covid["Value"],exog=gdp_covid[["log_exp_cases"]],order=(3,1,3),seasonal
_order=(0,0,0,0),
                          enforce_stationarity=False, enforce_invertibility=False).fit()
arimax_g.summary()
```
SARIMAX log
```python
#Training the SARIMAX log model
model_sarimax_g = auto_arima(gdp_covid["Value"],exogenous=gdp_covid[["log_cases"]],trace = True,
error_action='ignore', start_p = 0, start_q = 0, max_p = 12, max_q = 12,start_d=0,max_d=2,m=4,
                suppress_warnings = True, stepwise = True, seasonal = True)
model_sarimax_g.fit(gdp_covid["Value"])
```
```python
arimax_g =
sm.tsa.statespace.SARIMAX(gdp_covid["Value"],exog=gdp_covid[["log_cases"]],order=(3,1,0),seasonal_ord
er=(0,0,1,4),
                          enforce_stationarity=False, enforce_invertibility=False).fit()
arimax_g.summary()
```
SARIMAX exp
```python
#Training the ARIMAx_vlog model
model_sarimax_g = auto_arima(gdp_covid["Value"],exogenous=gdp_covid[["log_exp_cases"]],trace = True,
error_action='ignore', start_p = 0, start_q = 0, max_p = 12, max_q = 12,start_d=0,max_d=2,m=4,
                suppress_warnings = True, stepwise = True, seasonal = True)
model_sarimax_g.fit(gdp_covid["Value"])
```
```python
arimax_g =
sm.tsa.statespace.SARIMAX(gdp_covid["Value"],exog=gdp_covid[["log_exp_cases"]],order=(3,1,0),seasonal
_order=(0,0,1,4),
                          enforce_stationarity=False, enforce_invertibility=False).fit()
arimax_g.summary()
```
SARIMAX shift
```python
#Training the ARIMAx_vlog model
model_sarimax_g = auto_arima(gdp_covid["Value"],exogenous=gdp_covid[["log_shift_cases"]],trace = True,
error_action='ignore', start_p = 0, start_q = 0, max_p = 12, max_q = 12,start_d=0,max_d=2,m=4,
                suppress_warnings = True, stepwise = True, seasonal = True)
model_sarimax_g.fit(gdp_covid["Value"])
```
```python
```

```
sarimax_g =
sm.tsa.statespace.SARIMAX(gdp_covid["Value"],exog=gdp_covid[["log_shift_cases"]],order=(3,1,0),seasona
l_order=(0,0,1,4),
                          enforce_stationarity=True, enforce_invertibility=False).fit()
sarimax_g.summary()
```
```python
sarimax_g.plot_diagnostics(figsize=(18, 8))
plt.show()
```
```python
last = gdp_covid[236:]
```
```python
gdp_pred_c = sarimax_g.predict("1960-Q3",'2021-Q1', exog= gdp_covid[["log_shift_cases"]])
print('ARIMA model MSE:{}'.format(mean_squared_error(gdp_covid["Value"],gdp_pred_c)))
```
```python
pd.DataFrame({'gdp':gdp_covid["Value"],'pred':gdp_pred_c}).plot();plt.show()
```
```python
forecasting = sarimax_g.get_forecast(steps="2022-Q4",exog = last[["log_shift_cases"]])
print(forecasting.summary_frame())
```
```python
```

Βιβλιογραφία

Βούλγαρης, Π. (2019). Επιμερισμός δαπανών υγείας και παράγοντες επίδρασης των δαπανών. *Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Πειραιώς*.

Δαγκαλίδης. (2011). Παραγωγή και εμπορία φαρμάκων. *Τράπεζα Πειραιώς.*

Θεοδώρου, Μ., Σαρρής, Μ., & Σούλης, Σ. (2001). Συστήματα Υγείας. *Παπαζήση*.

Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών. (2011). Δαπάνες Υγείας και Πολιτικές Υγείας στην Ελλάδα την περίοδο του Μνημονίου.

Καραγιάννη, Ρ. (2017). Ανάλυση δαπανών υγείας στην Ελλάδα κατά την περίοδο 2009-2015. *Κέντρο Προγραμματισμού και Οικονομικών Ερευνών –ΚΕΠΕ. Τεύχος 34,*.

Καρόκης, & Σισσούρας. (1994). Οργάνωση και Χρηματοδότηση.

Κατσίκης, Η., Φλωράκη, Δ., Καρκανάκη, Α., Πιούκα, Α., Χατζηδημητρίου, Δ., & Πανίδης, Δ. (2009). Παχυσαρκία ΙΙ: Επιδημιολογία, οικονομικό κόστος, κλινική αξιολόγηση του παχύσαρκου ασθενή. *Ελληνική Μαιευτική & Γυναικολογία*.

Καυγά, Ά., & Βλάχου, Ε. (2015). Επιδημιολογικά δεδομένα και οικονομικό κόστος αγγειακών εγκεφαλικών επεισοδίων. *Research gate*.

Κορνάρου, Ε. (2016). *Επιδημιολογία και Πολιτική Υγείας.* Εθνική Σχολή Δημόσιας Υγείας.

Κυριόπουλος, Γ., & Τσιάντου, Β. (2009). Η οικονομική κρίση και οι επιπτώσεις της στην υγεία και την ιατρική περίθαλψη. 834-840.

Μολυβιάτη, Ζ. (2018). Η επίδραση της τιμολόγησης των φαρμάκων στη συγκράτηση των δαπανών υγείας στην Ευρώπη, με ειδική μνεία στην Ελλάδα. *Διπλωματική Εργασία Πανεπιστημίου Πειραιώς*.

Ντζούφρας, Ι., & Περπέρογλου, Ά. (2009). *Εισαγωγή στη Βιοστατιστική και την Επιδημιολογία.* Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Στατιστικής.

Ρεκλείτη, Τανανάκη, & Κυλούδης. (2012). Οι δαπάνες υγείας στο Ελληνικό Υγειονομικό Σύστημα σε σχέση με τη διεθνή εμπειρία Περιεγχειρητική Νοσηλευτική,.

Σούλης, Σ. (1999). Οικονομική της υγείας. *Παπαζήσης*.

Τσακανίκας, Α., Αθανασιάδης, Θ., & Παύλου, Γ. (2017). Η Φαρμακευτική αγορά στην Ελλάδα: Γεγονότα και Στοιχεία. *Παρατηρητήριο Οικονομικών της Υγείας, ΙΟΒΕ.*

Τσέκουρα, Κ. (2012). Συγκριτική ανάλυση των συστημάτων υγείας και μελέτη των δημόσιων και ιδιωτικών δαπανών. *Πανεπιστήμιο Πειραιώς*.

Anderson, R., & May, R. (1991). Infectios Disease of Humans; Dynamis and Control. *Oxford University Press*.

Athanasakis, Karampli, Ollandezos, Papagiannopoulou, Badamgarav, Intorcia, & Kyriopoulos. (n.d.). A COST-EFFECTIVENESS ANALYSIS OF DENOSUMAB FOR THE TREATMENT OF POSTMENOPAUSAL OSTEOPOROSIS IN GREECE.

Banta, & Luce. (1993). Health Care Technology and Its Assessment: An International Perspective. *Oxford University Press*.

Barrett, S. (2003). Global disease eradication. *Jornal of European Economic Association*, 591-600.

Barrett, S. (2004). Eradication versus control: the economic of global infectious disease policies. *Bulletin of the World Health Organization*, 683-688.

Barua, S. (2020). Understanding Coronanomics: The economic implications of the coronavirus (COVID-19) pandemic. *Department of International Business, University of Dhaka*.

Boni, M., Galvani, A., Wickelgren, A., & Malani, A. (2013). Economic Epidemiology of avian influenza on smallholder poultry farms. *Theoretical Population Biology*, 135-144.

Box, G. E., Jenkins, G. M., & Reinsel., G. C. (1994). Time sereies analysis: Forecasting and control. *New Jersey: Prentice-Hall, Inc*.

Carone, G., Schwierz, C., & A.Xavier. (2012). Cost-containment policies in public pharmaceutical spending in the EU. *European Commission Directorate-General for Economic and Financial Affairs*.

Coates, & Jarratt. (1992). Inc. Course Workbook: Technology Assessment. Anticipating the Consequences of Technological Choices.

Dr. Imtinungsang Jamir. (2020). Forecasting Potential Impact of COVID-19 Outbreak on India's GDP using ARIMA Model. *Department of Management Studies, The ICFAI University,*.

Drummond, M., & al., M. S. (2008). Key principles for the improved conduct of health technology assessments for resource allocation decisions. *International Journal of Technology Assessment in Health Care*.

Ferdinand, K. C., D. O., Hong, Y., Journigan, J. G., Trogdon, J., & Bowman, J. (2011). Health economics of cardiovascular disease: Defining the research agenda.

Francis. (1997). Dynamic Epidemiology and the Market of Vaccinations. *Journal of Public Economics*, 2489-2493.

Gersovitz, M., & Hammer, J. S. (2003). infectious Diseases, Public Policy, and ths Marriage of Economics and Epidemiology. *The World Bank Research Observer*, 129-157.

Goodman, C. S. (n.d.). HTA 101: Introduction to Health Technology Assessment. *National Information Center on Health Services Research and Health Care Technology (NICHSR)*.

Gupta, I., & Ranjan, A. (2019). Public expenditure on Non-Communicable Diseases & Injuries in India: A budget-based analysis. *PLoS*.

Heitman. (1998). Ethical issues in technology assessment. Conceptual categories and procedural considerations. *Int J Technol Assess Health Care*.

Hogness, & Antwerp, V. (1991). The Artificial Heart: Prototypes, Policies, and Patients. *National Academy Press*.

Institute of Health Economics. (2018). Theoretical models of the cost-effectiveness Theoretical models of the cost-effectiveness system sustainability.

Jena, P. R., Majhi, R., Kalli, R., Managi, S., & Majhi, B. (2020). Impact of COVID-19 on GDP of major economies: Application of the artificial neural network forecaster. *Economic Analysis and Policy*.

Kanavos, P., & Souliotis, K. (n.d.). AM Fontrier Pharmaceutical Pricing and Reimbursement in Greece: Recommendations for Pricing and the Role of Health Technology Assessment. *Risk Sharing and Generic Policies 2017*.

Katoch, R., & Sidhu, A. (2021). An Application of ARIMA Model to Forecast the Dynamics of COVID-19 Epidemic in India. *Global Business Review*.

Ke Xu, A. S. (2018). Public Spending on Health: A Closer Look at Global Trends. *World Health Organization*.

Klein, E., Laxminanarayan, R., Smith, D. L., & Gilligan, C. A. (2007). Economic incentives and mathematical models of disease. *Environment and Development Economics*, 707-732.

Lightwood, J. (2003). The Economics of Smoking and Cardiovascular Disease. *Elsevier*.

Malki, Z., Atlam, E.-S., Ewis, A., Dagnew, G., Alzighaibi, A. R., ELmarhomy, G., . . . Gad, I. (2020). ARIMA models for predicting the end of COVID-19 pandemic and the risk of second rebound. *Springer-Verlag London Ltd., part of Springer Nature* .

OECD. (n.d.). Pharmaceutical spending. *https://data.oecd.org/healthres/pharmaceutical-spending.htm#indicator-chart*.

Philipson, T. (1999). Economic Epidemiology and Infectious Diseases. *National Bureau of economic research*.

Philipson, T. (2010). *Public Health and Economic Epidemilogy.* Cambridge University.

Philipson, T. J. (2008). *Economic Epidemiology.* Palgrave Macmillan.

Philipson, T., & Geoffard, P. (1996). Rational Epidemics and their public control. *International Rconomic Review*, 603-624.

Philipson, T., & Posner, R. (1993). Private Choices and Public Health: An Economic Interpretation of the AIDS Epidemic. *Harvard University Press*.

Rettig, L. (1991). Kidney Failure and the Federal Government. *National Academy Press*.

Satrio, C. B., Darmawan, W., Nadia, B. U., & Hanafiah, N. (2021). Time series analysis and forecasting of coronavirus disease in Indonesia using ARIMA model and PROPHET. *Procedia Computer Science*.

Toda, A. A. (2020). Susceptible-Infected-Recovered (SIR) Dynamics of COVID-19 and Economic Impact. *Department of Economics, University of California San Diego.*

Torre, G. L., Mannocci, A., Saulle, R., Colamesta, V., Meggiolaro, A., Mipatrini, D., & Sinopoli, A. (2016). Economic evaluation of HBV vaccination: A systematic review of recent publications (2010-2013). *Human Vaccines & Immunotherapeutics*.

Vogler, S. (2012). The impact ofPharmaceutial Pricing and reimbursement policies on generic update: Implementation of policy options on generic in 29 European countries An overview. *Generics and Biosimilars Initiative Journal*.

WHO, W. H. (n.d.).

Wikipedia. (n.d.). Economic Epidemiology.

Yang, Q., Wanb, J., Ma, H., & Wang, X. (2020). Research on COVID-19 based on ARIMA model-Taking Hubei, China as an example to see the epidemic in Italy. *Journal of Infection and Public Health*.