



**Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Σχολή Θετικών Επιστημών
Τμήμα Πληροφορικής με Εφαρμογές στη Βιοϊατρική**

Στατιστική μελέτη των Νοσοκομειακών Δεικτών ως εργαλεία για τη σύνταξη των ετήσιων οικονομικών προϋπολογισμών τους

Διδακτορική διατριβή

**Παρασκευή Ζαζά
Λαμία Δεκέμβριος 2022**

Στα αδέρφια μου

Everything is possible...

ΕΠΤΑΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ



Παντελής Μπάγκος

Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Πληροφορικής με Εφαρμογές στη Βιοϊατρική



Βασίλειος Πλαγιανάκος

Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Πληροφορικής με Εφαρμογές στη Βιοϊατρική



Χαράλαμπος Καρανίκας

Επίκουρος Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Πληροφορικής με Εφαρμογές στη Βιοϊατρική



Παναγιώτα Κοντού

Επίκουρη Καθηγήτρια, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μαθηματικών



Σωτήριος Μπερσίμης

Αναπληρωτής Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Πειραιά Τμήμα Οργάνωσης Και Διοίκησης Επιχειρήσεων



Γεώργιος Νικολόπουλος

Αναπληρωτής Καθηγητής, Ιατρική Σχολή Πανεπιστημίου Κύπρου



Αναστάσιος Σεπετής

Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Διοίκησης Επιχειρήσεων του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής

Ευχαριστίες

Η παρούσα διδακτορική διατριβή πραγματοποιήθηκε από το Δεκέμβριο του 2019 έως τον Δεκέμβριο του 2022.

Πρώτα απ' όλα θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον πρώην Διοικητή του Γενικού Νοσοκομείου Λαμίας κ. Χατζημαργαρίτη Ευάγγελο που όχι μόνο διασφάλισε την εκπαιδευτική μου άδεια για τη διατριβή αυτή αλλά με έφερε και σε επαφή με τον τελικά επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Μπάγκο Παντελή.

Ένα τεράστιο ευχαριστώ στον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Μπάγκο που ήταν πάντα εκεί για να βοηθήσει, να καθοδηγήσει, να διορθώσει, να κουβεντιάσει και πολλές φορές να τονώσει το ηθικό όταν το χρειαζόμουν. Μέσα από τα δικά του μάτια και την δική του ακαδημαϊκή εμπειρία, μου ανοίχτηκε μια νέα επαγγελματική προοπτική που ποτέ δεν πίστευα ότι θα μπορούσα να διεκδικήσω.

Ευχαριστώ τον φίλο μου Επίκουρο Καθηγητή του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής κ. Σεπετή Αναστάσιο για την πολύτιμη βοήθειά του αλλά και τις συμβουλές του.

Ευχαριστώ την κ. Παναγιώτα Κοντού Επίκουρη καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στην οποία είδα τον εαυτό μου, είκοσι χρόνια πριν, στο ξεκίνημα της καριέρας μου, για τη στήριξη και βοήθειά της για την επιμέλεια της διατριβής αυτής.

Μεγάλο ευχαριστώ το σύζυγό μου που σε όλη αυτή τη διαδικασία ανέχτηκε τη γκρίνια μου και ήταν εκεί για να μοιραστεί μαζί μου τις δυσκολίες αλλά και τις επιτυχίες.

Ευχαριστώ τα αδέρφια μου που αν και μικρότερα, κατάφεραν πριν από μένα να ολοκληρώσουν τη δική τους διδακτορική διατριβή γεγονός που μου έδινε κουράγιο σε όλη τη διάρκεια της προσπάθειάς μου. Και τέλος, ευχαριστώ τους γονείς μου, που πάντα πίστευαν σε μένα και στα αδέρφια μου και πάντα μας έσπρωχναν για το καλύτερο.

Παρασκευή Ζαζά

Λαμία, Δεκέμβριος 2022

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η χρηματοδότηση των δημόσιων νοσοκομείων είναι ένα ζήτημα που έχει απασχολήσει έντονα τα συστήματα υγείας τις τελευταίες δεκαετίες. Τα δημόσια νοσοκομεία ανήκουν στους μη κερδοσκοπικούς οργανισμούς και ως τέτοιοι, χρηματοδοτούνται πλήρως από τις κυβερνήσεις, παρέχοντας στις περισσότερες χώρες δωρεάν ιατρική περίθαλψη στους ασθενείς, καλύπτοντας τα έξοδα και τους μισθούς από την κρατική αποζημίωση. Αρκετές μελέτες σε διάφορες χώρες έχουν επιχειρήσει να διερευνήσουν τον πιθανό ρόλο και τη συμβολή των νοσοκομειακών και κλινικών δεδομένων στις συνολικές οικονομικές απαιτήσεις τους προκειμένου να διασφαλίζονται πιο δίκαιες κατανομές των οικονομικών πόρων που είναι προορισμένοι για την υγεία. Τα τελευταία χρόνια έχουν υιοθετηθεί διάφορα μοντέλα χρηματοδότησης ανά τον κόσμο. Τα πιο χρησιμοποιούμενα από αυτά είναι τα ημερήσια νοσήλια, οι σφαιρικοί προϋπολογισμοί και η χρηματοδότηση βάσει δραστηριότητας. Οι τρόποι υιοθέτησης κάθε ενός από αυτά τα μοντέλα ξεχωριστά ή σε συνδυασμό ποικίλει από χώρα σε χώρα ενώ πολλές είναι οι προκλήσεις που αντιμετωπίζονται στη πορεία, εντοπίζοντας αδυναμίες και πλεονεκτήματα. Αυτό που επιχειρήθηκε στην παρούσα μελέτη είναι να βρεθεί ένας εναλλακτικός τρόπος εκτίμησης των αναγκαίων χρηματοδοτήσεων για τα δημόσια νοσοκομεία, στο πλαίσιο των σφαιρικών προϋπολογισμών, ανεξάρτητα από το μείγμα περιστατικών που διαχειρίζεται το καθένα από αυτά, με βάση τα χαρακτηριστικά τους (μέγεθος, ειδικότητα, τοποθεσία, μονάδες εντατικής θεραπείας, αριθμός εργαζομένων κ.λπ.) και την ετήσια παραγωγή τους (ασθενείς, ημέρες νοσηλείας, αριθμός χειρουργικών επεμβάσεων, εργαστηριακές εξετάσεις κ.λπ.) Χρησιμοποιήθηκαν οικονομικά και λειτουργικά δεδομένα από 121 δημόσια νοσοκομεία της Ελλάδας για μια περίοδο 2 ετών (2018-2019) και αξιολογήθηκε με ανάλυση παλινδρόμησης η συμβολή των περιγραφικών και λειτουργικών δεδομένων στο συνολικό λειτουργικό κόστος. Δεδομένου ότι υπήρχαν διαθέσιμες επαναλαμβανόμενες μετρήσεις από τα ίδια νοσοκομεία κατά τη διάρκεια των ετών, χρησιμοποιήθηκαν μέθοδοι κατάλληλες για διαχρονική ανάλυση δεδομένων και αναπτύχθηκαν τρία μοντέλα πρόβλεψης. Ένα μοντέλο για τον υπολογισμό του ετήσιου λειτουργικού κόστους των κύριων νοσοκομειακών δαπανών, ένα μοντέλο για την πρόβλεψη των ενεργειακών δαπανών και ένα για την πρόβλεψη του κόστους διαχείρισης και των παραγόμενων ποσοτήτων μολυσματικών αποβλήτων των νοσοκομείων. Και τα τρία μοντέλα είχαν συντελεστές προσδιορισμού $R^2 \approx 0,95, 0,87$ και $0,85$ αντίστοιχα.

Τα συγκεκριμένα έτη επιλέχθηκαν επειδή ήταν έτη με κανονικές συνθήκες λειτουργίας, σε αντίθεση με εκείνα του 2020 και 2021 κατά τα οποία η λειτουργία των

νοσοκομείων σε όλο τον κόσμο επηρεάστηκε σημαντικά λόγω της πανδημίας του COVID-19. Στο πλαίσιο αυτής επιχειρήθηκε η αναζήτηση τυχόν συσχετίσεων πληθυσμιακών δεδομένων, οικονομικών δεδομένων και υγειονομικών - νοσοκομειακών δεδομένων με τα επίπεδα θνησιμότητας σε 37 χώρες μέλη του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης, τα αποτελέσματα της οποίας παρουσιάζονται στο παράρτημα αυτής της διατριβής.

ABSTRACT

The financing of public hospitals is an issue that has been a major concern for health systems in recent decades. Public hospitals are non-profit organizations and, as such, are fully funded by governments, providing free medical care to patients in most countries, with costs and salaries covered by government reimbursement. Several studies in different countries have attempted to investigate the potential role and contribution of hospital and clinical data to their overall financial claims in order to ensure more equitable allocations of financial resources earmarked for health. In recent years, various financing models have been adopted around the world. The most widely used of these are per diems, global budgets, and activity-based funding. The ways of adopting each of these models separately or in combination varies from country to country and many challenges are encountered along the way, identifying weaknesses and strengths. What was attempted in this study is to find an alternative way of estimating the necessary funding for public hospitals in the context of global budgets, regardless of the case mix managed by each of them, based on their characteristics (size, specialty, location, intensive care units, number of employees, etc.) and their annual output (patients, days of hospitalization, number of surgeries, laboratory tests, etc.). Financial and operational data from 121 public hospitals in Greece for a 2-year period (2018-2019) were used and regression analysis was used to evaluate the contribution of descriptive and operational data to total operating costs. Since repeated measurements were available from the same hospitals over the years, methods suitable for longitudinal data analysis were used and three prediction models were developed. One model for calculating the annual operating costs of the main hospital expenditure, one for predicting energy costs and one for predicting the management costs and the quantities of infectious waste generated by hospitals. All three models had coefficients of determination $R^2 \approx 0.95$, 0.87 and 0.85 respectively.

These years were chosen because they were years with normal operating conditions, unlike those of 2020 and 2021 when the operation of hospitals around the world was significantly affected by the COVID-19 pandemic. As part of this, an attempt was made to search for any correlations of population and demographic data, financial data and health-hospital data with mortality levels in 37 member countries of the Organization for Economic Co-operation and Development due to Covid-19, the results of which are presented in the appendix of this thesis.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή.....	3
1.1 Η χρηματοδότηση των δημόσιων νοσοκομείων.....	3
1.1.1 Το ημερήσιο νοσήλιο (Per diem)	3
1.1.2 Ο σφαιρικός προϋπολογισμός (Global Budget)	5
1.1.3 Η χρηματοδότηση με βάση τη δραστηριότητα (Activity Based Funding)	7
1.2 Το διακύβευμα	9
1.3 Η Ελληνική πραγματικότητα	10
Κεφάλαιο 2 Δεδομένα και μέθοδοι.....	15
2.1 Δεδομένα νοσοκομείων	15
2.2 Στατιστικές μέθοδοι	19
2.2.1 Στατιστικές μέθοδοι για την ανάλυση των νοσοκομειακών δεδομένων.....	19
2.2.1 ^α Απλή γραμμική παλινδρόμηση	20
2.2.1 ^β Πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση	24
Κεφάλαιο 3 Αποτελέσματα.....	31
3.1 Πρόβλεψη των κύριων λειτουργικών δαπανών των νοσοκομείων	31
3.1.1 Εισαγωγή.....	31
3.1.2 Αποτελέσματα ανάλυσης & μοντέλο πρόβλεψης.....	32
3.2 Πρόβλεψη των ενεργειακών δαπανών των νοσοκομείων	45
3.2.1 Εισαγωγή.....	45
3.2.2 Αποτελέσματα ανάλυσης & μοντέλο πρόβλεψης.....	49
3.3 Πρόβλεψη των δαπανών διαχείρισης μολυσματικών αποβλήτων	62
3.3.1 Εισαγωγή.....	62
3.3.2 Αποτελέσματα ανάλυσης & μοντέλο πρόβλεψης.....	63
Κεφάλαιο 4 Συζήτηση & Συμπεράσματα.....	75
4.1 Συμπεράσματα για χρηματοδότηση βασικών λειτουργικών δαπανών των δημόσιων νοσοκομείων.....	75
4.2 Συμπεράσματα για τις ενεργειακές δαπάνες των δημόσιων νοσοκομείων	79
4.3 Συμπεράσματα για τα μολυσματικά απόβλητα των δημόσιων νοσοκομείων .	81
Παράρτημα.....	85
Μεθοδολογία και αποτελέσματα ανάλυσης της έρευνας Covid-19	85
Βιβλιογραφία.....	97
Δημοσιεύσεις σε επιστημονικά περιοδικά	101
Ανακοινώσεις σε Συνέδρια	101

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

1.1 Η χρηματοδότηση των δημόσιων νοσοκομείων

Γενικά οι διεθνείς πρακτικές έχουν να υποδείξουν ότι οι πόροι για τη χρηματοδότηση των δημόσιων νοσοκομείων προέρχονται από τις εξής πηγές:

1. Την κοινωνική ασφάλιση (μέσω εισφορών).
2. Την κρατική επιχορήγηση (μέσω φορολογίας).
3. Ιδιωτικές δαπάνες.
4. Άλλες πηγές (πρόσοδοι, δωρεές κ.α.)

Τα διάφορα μοντέλα που έχουν εφαρμοστεί [1], το κάθε ένα ξεχωριστά ή και σε συνδυασμό, για την εκτίμηση των απαραίτητων χρηματοδοτήσεων - αποζημιώσεων των δημόσιων νοσοκομείων παρουσιάζονται παρακάτω.

1.1.1 Το ημερήσιο νοσήλιο (Per diem)

Ένας από τους παλιότερους τρόπους υπολογισμού της χρηματοδότησης του νοσοκομειακού τομέα είναι το ημερήσιο νοσήλιο (per diem). Το ημερήσιο νοσήλιο είναι το αντίτιμο που πληρώνει ο τελικός χρήστης των υπηρεσιών υγείας του νοσοκομείου ή ο ασφαλιστικός του φορέας για κάθε ημέρα νοσηλείας. Υπολογίζεται από το κλάσμα, που έχει αριθμητή το σύνολο των δαπανών του νοσοκομείου και παρονομαστή το συνολικό αριθμό των ημερών νοσηλείας. Από τις αρχές της δεκαετίας του '80 αυτός ο τρόπος υπολογισμού της απαραίτητης χρηματοδότησης εγκαταλείπεται καθώς δεν ανταποκρίνεται στο πραγματικό προϊόν του νοσοκομείου αλλά και λόγω των πληθωριστικών του τάσεων. Διεθνώς έχει αρχίσει η αντικατάσταση του από σύγχρονες μεθόδους και τεχνικές χρηματοδότησης. Ο τύπος από τον οποίο προκύπτουν τα έσοδα των νοσοκομείων είναι ο εξής :

$$\text{Έσοδα Νοσοκομείου} = \text{Ημερίσιο Νοσήλιο} * \text{Αριθμός Ασθενών} * \text{Μέση Διάρκεια Νοσηλείας}$$

Από τον παραπάνω τύπο συνεπάγεται ότι το κόστος της νοσοκομειακής περίθαλψης επηρεάζεται από τον αριθμό των νοσηλευμένων, τη μέση διάρκεια νοσηλείας και το ημερήσιο κόστος νοσηλείας. Ανάλογα με τον τρόπο που διαμορφώνεται η τιμή του νοσηλίου συναντάται με τρεις μορφές:

1. Το κλειστό νοσήλιο
2. Το ευλύγιστο ή σπαστό νοσήλιο
3. Το ανοικτό νοσήλιο

Το κλειστό νοσήλιο διαμορφώνεται μετά από συμφωνία μεταξύ των νοσηλευτικών ιδρυμάτων και των ασφαλιστικών οργανισμών κρατικών και μη. Αφορά ένα πάγιο ποσό που καταβάλλεται για κάθε ημέρα νοσηλείας, ανεξάρτητα από την ποσότητα και το είδος των υπηρεσιών που θα παρασχεθούν από τη νοσηλευτική μονάδα στον ασθενή μέσα στην ημέρα αυτή. Ένα από τα μεγαλύτερα μειονεκτήματά του αφορούν τις πληθωριστικές πιέσεις που προκαλεί, λόγω του ότι το νοσοκομείο προκειμένου να αυξήσει τα έσοδα του θα παρατείνει τη διάρκεια της νοσηλείας των ασθενών.

Το ευλύγιστο νοσήλιο αποτελεί παραλλαγή του κλειστού νοσηλίου. Ένα μέρος αυτού είναι δεδομένο και σταθερό, ενώ το κόστος μεταβάλλεται ανάλογα με τη σοβαρότητα των περιπτώσεων, την ιατρική ειδικότητα και διαγνωστική ομάδα και στηρίζεται στη λογική ότι άλλη κατανάλωση υπηρεσιών υγείας έχουν οι διάφορες διαγνωστικές κατηγορίες.

Το ανοικτό νοσήλιο διαμορφώνεται από μια πάγια ημερήσια αμοιβή της νοσηλευτικής μονάδας η οποία αποτελεί το σταθερό κόστος για όλους τους νοσηλευόμενους και αφορά τις ξενοδοχειακές και διοικητικές δαπάνες για το κτίριο, τον εξοπλισμό, τις σχετικές αποσβέσεις και τόκους, και τα έξοδα του μισθωτού προσωπικού τα οποία γενικά δεν αυξομειώνονται ανάλογα με τον αριθμό των ασθενών που περιθάλπονται και ένα μεταβλητό κόστος που αφορά το είδος της ιατρικής υπηρεσίας που παρέχεται στον κάθε νοσηλευόμενο, ανάλογα με τις ανάγκες του και συνήθως καταβάλλεται με τον τρόπο πληρωμής κατά πράξη και περίπτωση (**fee for service**).

Ο μηχανισμός χρηματοδότησης με βάση το ημερήσιο νοσήλιο σε όποια του μορφή, χρησιμοποιείται ολοένα και λιγότερο καθώς έχει εκτενώς διερευνηθεί παρουσιάζοντας τα πιο κάτω μειονεκτήματα:

1. Δεν αφήνει περιθώριο για τον έλεγχο των δαπανών του νοσοκομείου έχοντας σαν επακόλουθο τη διαρκή αναζήτηση συμπληρωματικών προϋπολογισμών.
2. Θεωρείται ανεπαρκής γιατί ταυτίζεται περισσότερο με τις ημέρες νοσηλείας, με αποτέλεσμα να παρατηρείται συχνά “φιλοξενία” (παραμονή) των ασθενών ασχέτως με την καθ’ αυτήν παροχή ιατρικών φροντίδων [2].
3. Η τιμή ημέρας έχει αποδειχθεί πληθωριστική με την έννοια ότι τα νοσοκομεία απορροφούν πλασματικά έσοδα αυξάνοντας τις ημέρες νοσηλείας [3].
4. Τα ελλείμματα ισοσκελίζονται με κρατική επιχορήγηση και η κάλυψη αυτή έχει επίσης πληθωριστικό χαρακτήρα.

1.1.2 Ο σφαιρικός προϋπολογισμός (Global Budget)

Στο πλαίσιο των σφαιρικών προϋπολογισμών των νοσοκομείων (όπως έχει επικρατήσει να ονομάζεται στην Ελλάδα), τα νοσοκομεία δεν πληρώνονται με βάση την αμοιβή για υπηρεσία. Αντίθετα, τα νοσοκομεία πληρώνονται με ένα μελλοντικά καθορισμένο ποσό για όλες τις νοσοκομειακές υπηρεσίες που παρέχονται σε έναν πληθυσμό ασθενών σε ένα δεδομένο έτος [4]. Το ποσό αυτό υπολογίζεται συνήθως στη βάση του αντίστοιχου προϋπολογισμού της προηγούμενης χρονιάς αναπροσαρμοσμένο προς τα πάνω ή προς τα κάτω, με βάση τον πληθωρισμό ή τις διαθέσιμες δαπάνες για την υγεία. Γενικά οι σφαιρικοί προϋπολογισμοί των νοσοκομείων καθορίζονται μέσω μιας από τις τρεις προσεγγίσεις - ιστορική, κεφαλαιοποιητική και κανονιστική-ή κάποιος συνδυασμός των τριών:

- Στην ιστορική προσέγγιση, η οποία είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη, ο προϋπολογισμός του πρώτου έτους γίνεται η βάση και οι προϋπολογισμοί των επόμενων ετών διαμορφώνονται με βάση αυτή την εμπειρία. Το ιστορικό κόστος είναι η πιο εύκολη λειτουργικά και η πιο κοινή προσέγγιση.
- Η κεφαλαιοποίηση αποσκοπεί στη διανομή των πόρων με βάση τις σχετικές ανάγκες των πληθυσμών που εξυπηρετούν. Ωστόσο, η κεφαλαιοποίηση απαιτεί εξελιγμένα δεδομένα για την εκτέλεση προσαρμογών του κινδύνου κατάστασης υγείας του πληθυσμού και προηγμένες δυνατότητες μοντελοποίησης και δεν χρησιμοποιείται ευρέως για τον καθορισμό των σφαιρικών προϋπολογισμών.
- Υπάρχουν πολλές παραλλαγές της κανονιστικής προσέγγισης για τον καθορισμό των προϋπολογισμών. Στην ουσία, χρησιμοποιούν μια εξωτερική προσέγγιση καθορισμού τιμών για τον καθορισμό μιας τιμής μονάδας για τις υπηρεσίες, η οποία στη συνέχεια πολλαπλασιάζεται με τον αναμενόμενο ή επιθυμητό όγκο υπηρεσιών. Η προσέγγιση αυτή δεν λαμβάνει απαραίτητα υπόψη ιστορικά επίπεδα δραστηριότητας, πρόσβασης ή κόστους των παρόχων.

Γενικά, τα μοντέλα πληρωμών με σφαιρικό προϋπολογισμό νοσοκομείων, όπως αυτά στην Ευρώπη [5] και τον Καναδά [6,7], διαχειρίζονται από έναν κυβερνητικό φορέα και είναι δομημένα έτσι ώστε να παρέχουν ένα σταθερό ποσό χρηματοδότησης για μια καθορισμένη περίοδο, συνήθως ένα έτος. Ένα μειονέκτημα αυτής της προσέγγισης του σταθερού προϋπολογισμού είναι ότι δεν ανταποκρίνεται στις μετατοπίσεις του όγκου των ασθενών από το ένα νοσοκομείο στο άλλο. Στο πλαίσιο ενός σταθερού

προϋπολογισμού, το νοσοκομείο που δέχεται αυτούς τους νέους όγκους δεν λαμβάνει πρόσθετα έσοδα για τη θεραπεία αυτών των νέων ασθενών. Οι σταθεροί προϋπολογισμοί των νοσοκομείων παρέχουν επίσης δυσανάλογα ισχυρά κίνητρα για τα νοσοκομεία να μειώσουν ή, σε ορισμένες περιπτώσεις, να περιορίσουν τη φροντίδα που παρέχουν, οδηγώντας σε μεγάλους χρόνους αναμονής για υπηρεσίες επιλογής και επειγόντων περιστατικών.

Για το λόγο αυτό, τα πλαίσια του συνολικού προϋπολογισμού πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να διασφαλίζεται ότι τα νοσοκομεία διατηρούν τον κατάλληλο όγκο και πληρούν τα πρότυπα ποιότητας. Χωρίς τέτοιους μηχανισμούς, ο συνολικός προϋπολογισμός μπορεί να μετατραπεί, στην πραγματικότητα, σε μια συνολική επιχορήγηση που δαπανάται κατά τη διακριτική ευχέρεια του νοσοκομείου, χωρίς καμία εγγύηση ότι οι ασθενείς θα λάβουν τις αναγκαίες υπηρεσίες.

Μια εναλλακτική λύση στον σταθερό προϋπολογισμό (fixed budget) είναι ένας μεταβλητός προϋπολογισμός (variable budget) , όπως το σύστημα προσαρμογής του όγκου που χρησιμοποιήθηκε σε μια πρώιμη έκδοση του συστήματος καθορισμού των τιμών των νοσοκομείων του Maryland από το 1976 έως το 1990 [6] . Η προσέγγιση αυτή είχε το πλεονέκτημα ότι δημιουργούσε τα κατάλληλα κίνητρα για τα νοσοκομεία όσον αφορά την παροχή υπηρεσιών, ενώ ήταν αρκετά ευέλικτη ώστε να προσαρμόζεται στις μεταβολές του όγκου των ασθενών με βάση τη μεταβαλλόμενη συχνότητα εμφάνισης ασθενειών ή τις προτιμήσεις των καταναλωτών και των πληρωτών.

Γενικά οι σφαιρικοί προϋπολογισμοί:

- Εγγυώνται μια προβλέψιμη ροή εσόδων για το νοσοκομείο και ευελιξία για την αποτελεσματική κατανομή των πόρων υπό τον περιορισμό του προϋπολογισμού.
- Είναι κατάλληλοι για αγροτικά ή σχετικά απομονωμένα νοσοκομεία που εξυπηρετούν σαφώς καθορισμένους πληθυσμούς ασθενών [6].
- Μπορούν να εφαρμοστούν σε μια ομάδα νοσοκομείων που κυριαρχούν σε μια περιοχή [8].
- Μπορούν να βοηθήσουν στον έλεγχο των ετήσιων νοσοκομειακών δαπανών μέσω της ρύθμισης των επιτρεπόμενων ετήσιων επικαιροποιήσεων του προϋπολογισμού [4].
- Μπορούν να προσαρμοστούν ώστε να αντικατοπτρίζουν τις δημογραφικές αλλαγές στη ζήτηση νοσοκομειακών υπηρεσιών.

- Υποστηρίζουν άλλες προσπάθειες μείωσης του κόστους και βελτίωσης της υγείας με βάση τον προϋπολογισμό .
- Εξουδετερώνουν τα χαρακτηριστικά που προκαλούν όγκο στα συστήματα αναλυτικής πληρωμής με τη διεύρυνση της δέσμης υπηρεσιών [9].

1.1.3 Η χρηματοδότηση με βάση τη δραστηριότητα (Activity Based Funding)

Η Χρηματοδότηση με βάση τη δραστηριότητα (ABF) έχει γίνει η διεθνής νόρμα για τη χρηματοδότηση της νοσοκομειακής περίθαλψης και αναφέρεται με πολλούς όρους, όπως χρηματοδότηση με επίκεντρο τον ασθενή (patient-focused funding), χρηματοδότηση με βάση τις υπηρεσίες (service-based funding), χρηματοδότηση με βάση το μείγμα των περιπτώσεων (case-mix funding) ή πληρωμή με βάση τα αποτελέσματα (payment by results) [10]. Η ABF ποσοτικοποιεί τις εκροές των νοσοκομείων με τη χρήση συστημάτων ταξινόμησης - μία από τις αρχικές μεθόδους είναι οι ομάδες που σχετίζονται με τη διάγνωση (Διαγνωστικά Συσχετιζόμενες Ομάδες) (**Diagnosis Related Groups - DRGs**) [11]. Κάθε DRG αντιπροσωπεύει κλινικά συγκρίσιμες νοσηλείες με παρόμοιο αναμενόμενο κόστος, και η ABF πληρώνει τα νοσοκομεία με βάση την αξία που σχετίζεται με την αποδιδόμενη DRG [10]. Η ABF έχει επίσης χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση συγκεκριμένων στόχων πολιτικής, όπως η μείωση των λιστών αναμονής, η αύξηση της ποιότητας των νοσοκομείων, η ενθάρρυνση του ανταγωνισμού μεταξύ των νοσοκομείων και η ενίσχυση της παρακολούθησης της νοσοκομειακής δραστηριότητας.

Τα μειονεκτήματα της ABF περιλαμβάνουν [12]:

- αύξηση των συνολικών δαπανών των νοσοκομείων λόγω της αύξησης του όγκου
- δημιουργία κινήτρων για την παροχή περιττής περίθαλψης
- απαίτηση για εντατικά δεδομένα και πληροφορίες αναφοράς, οι οποίες ενδέχεται να μην είναι άμεσα διαθέσιμες και η εφαρμογή τους είναι δαπανηρή
- δυσκολίες στον καθορισμό του κατάλληλου ποσού χρηματοδότησης για τη νοσοκομειακή περίθαλψη

Η ABF έχει υιοθετηθεί από τις περισσότερες ανεπτυγμένες χώρες τα τελευταία 30 χρόνια. Ωστόσο, υπάρχει αυξανόμενη απογοήτευση από την εφαρμογή τους και ιδίως στις απρόβλεπτες συνέπειές τους [13]. Πρώτον, είναι αβέβαιο εάν αυτού του είδους η

χρηματοδότηση όντως βελτιώνει τη δραστηριότητα και την αποτελεσματικότητα των νοσοκομειακών υπηρεσιών. Δεύτερον, η χρηματοδότηση με βάση τη δραστηριότητα μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ισότητα των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης, καθώς η χρηματοδότηση που παρέχεται από μια συγκεκριμένη τιμή DRG είναι σταθερή. Υπάρχει δυνητικό κίνητρο για τα νοσοκομεία να προτιμούν ασθενείς χωρίς ιδιαίτερες ανάγκες ή πολύπλοκη πορεία ασθένειας. Τρίτον, καθώς τα νοσοκομεία ανταμείβονται για τη δραστηριότητά τους, αποτελεί κοινή ανησυχία ότι η χρηματοδότηση με βάση τη δραστηριότητα μπορεί να παρακινήσει τα νοσοκομεία να επικεντρωθούν στη μεγιστοποίηση των κερδών αντί να προσφέρουν ολοκληρωμένη φροντίδα και την υψηλότερη ποιότητα θεραπείας [14]. Τα δημόσια νοσοκομεία είναι μη κερδοσκοπικοί οργανισμοί (ΜΚΟ) και δεν θα πρέπει να επιδιώκουν το κέρδος, αλλά αντίθετα θα πρέπει να επιδιώκουν να συνεισφέρουν στην κοινωνία στο σύνολό της. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια, έχει παρατηρηθεί επιλογή κωδικού DRG κατά το δοκούν (upcoding) από τα νοσοκομεία που χρηματοδοτούνται με αυτή την μέθοδο, επιβαρύνοντας έτσι με ένα σημαντικό χρηματικό ποσό πολλές ανεπτυγμένες χώρες [15–17]. Για το λόγο αυτό, γίνονται προσπάθειες για την ανάπτυξη εργαλείων και τεχνικών για την ανίχνευση του upcoding [15–18]. Στοιχεία επίσης υποδηλώνουν σημαντική αύξηση των εισαγωγών σε μετα-οξεία περίθαλψη μετά τη νοσηλεία, με επιπτώσεις στην ικανότητα του συστήματος και στην ισότιμη πρόσβαση στη φροντίδα [19]. Μετα-ανάλυση 18 μελετών αποκαλύπτει ότι η πληρωμή με βάση τα DRGs μπορεί να έχει επιπτώσεις στην εξοικονόμηση κόστους μέσω μείωσης της διάρκειας παραμονής Length of Stay(LOS), ενώ δύσκολα μειώνονται τα ποσοστά επανεισαγωγής. Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής που εξετάζουν το ενδεχόμενο υιοθέτησης πληρωμών με βάση τα DRGs θα πρέπει να δώσουν μεγαλύτερη προσοχή στα ποσοστά επανεισαγωγών του νοσοκομείου σε σύγκριση με την πληρωμή βάσει κόστους [20]. Για την εφαρμογή των βασισμένων στη δραστηριότητα χρηματοδοτήσεων, οι ηγέτες της υγειονομικής περίθαλψης έχουν τονίσει την πολυπλοκότητα της διαδικασίας [21], η οποία απαιτεί:

- οργανωτική δέσμευση,
- κατάλληλη υποδομή,
- την εμπλοκή μεγάλου όγκου ανθρώπινου δυναμικού όλων των ειδικοτήτων, τόσο από τα νοσοκομεία όσο και από τους ασφαλιστικούς φορείς
- οικονομικούς και πληροφοριακούς πόρους

- προσωπική δέσμευση για την ποιότητα της περίθαλψης και την συνεχόμενη αναπροσαρμογή των τιμών της αγοράς

1.2 Το διακύβευμα

Σε όλα τα προαναφερθέντα συστήματα χρηματοδότησης των δημόσιων νοσοκομείων το ζητούμενο είναι η σωστή αποζημίωση αυτών των τόσο πολυδιάστατων οργανισμών που είναι τα νοσοκομεία, χωρίς να επηρεάζεται η ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών τους αλλά και η δυνατότητα στην πρόσβαση σε σωστές υπηρεσίες υγείας για όλο τον πληθυσμό κάθε χώρας. Όμως η ενεργειακή και οικονομική κρίση σε παγκόσμιο επίπεδο, έχουν οδηγήσει σε συρρίκνωση των οικονομικών διαθέσιμων των νοσοκομείων, τα οποία συνεχίζουν να βρίσκουν ολοένα και λιγότερα. Η εύρεση του τρόπου ή της διαδικασίας εκείνης που θα διασφαλίζει τη δίκαιη και σωστή κατανομή των πόρων που θα μεγιστοποιεί το έργο προς όφελος του πολίτη, επιβάλλεται. Η διαδικασία αυτή είναι σε κάθε περίπτωση πολύ δύσκολη στην οποία απαιτείται να λαμβάνονται υπόψη πολλά δεδομένα, οικονομικά, λειτουργικά, πολιτικά, κοινωνικά και διαχειριστικά προκειμένου να αποφεύγονται εσφαλμένες εκτιμήσεις και κατ' επέκταση η υιοθέτηση λανθασμένων τεχνικών που αναπόφευκτα θα οδηγήσουν σε οδυνηρές συνέπειες τόσο για τα νοσοκομεία και τη βιωσιμότητά τους όσο και για τον ίδιο τον εξυπηρετούμενο πληθυσμό.

Οι προσπάθειες των επαγγελματιών στην υγεία έχουν οδηγήσει στα παραπάνω μοντέλα αλλά και σε συνδυασμούς αυτών κατά περίπτωση. Ο στόχος είναι η εύρεση εκείνων των εργαλείων που θα κάνουν καλύτερες εκτιμήσεις στα οικονομικά μεγέθη αυτών των οργανισμών χωρίς να διακυβεύονται ή να μπαίνουν στην εξίσωση στοιχεία και διαδικασίες που αφορούν την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών και την προσβασιμότητα των ασθενών. Επιπρόσθετα θα πρέπει να μπορούν να επιδέχονται διορθωτικών κινήσεων προκειμένου να εξυπηρετούνται και να διοικούνται σωστότερα τα νοσοκομεία στο σύνολό τους χωρίς να προκαλείται ασφυξία στον συνολικό κρατικό προϋπολογισμό.

Κατ' επέκταση των ανωτέρω, διατυπώνεται το εξής επιστημονικό ερώτημα: **ποιοι είναι εκείνοι οι παράγοντες που επηρεάζουν στατιστικά σημαντικά το λειτουργικό κόστος των νοσοκομείων και σε τί βαθμό συμβάλουν στη διαμόρφωσή του;** Το πλήθος των δεδομένων που διασφαλίστηκαν για τη συγκεκριμένη έρευνα επέτρεψε τη χρήση στατιστικών εργαλείων, όπως είναι η

ανάλυση παλινδρόμησης, για τον εντοπισμό εκείνων των στοιχείων που επηρεάζουν το συνολικό νοσοκομειακό κόστος και τον υπολογισμό της ακριβούς συμβολής κάθε ενός από αυτά στη διαμόρφωσή του, αναπτύσσοντας ταυτόχρονα μοντέλα πρόβλεψης των αντίστοιχων ετήσιων χρηματοδοτήσεων των νοσοκομείων.

1.3 Η Ελληνική πραγματικότητα

Από τον Ιανουάριο του 2012, η Ελλάδα υιοθέτησε για πρώτη φορά ένα σύστημα χρηματοδότησης με βάση τη δραστηριότητα βασιζόμενο σε DRG [22], δημιουργώντας το λεγόμενο Κλειστό Ενοποιημένο Νοσήλιο (ΚΕΝ). Αυτό προέκυψε από την ανάλυση και το συνδυασμό συστημάτων κωδικοποίησης ιατρικών πρακτικών από άλλες χώρες [23]. Η διαδικασία ήταν αρκετά δύσκολη και απαιτητική όσον αφορά τις αλλαγές που έπρεπε να γίνουν στα πληροφοριακά συστήματα των νοσοκομείων και στους εμπλεκόμενους υπαλλήλους (υγειονομικοί και διοικητικό προσωπικό), οι οποίοι χρειάστηκαν εκπαίδευση τόσο από τα νοσοκομεία όσο και από τον κύριο ασφαλιστικό πάροχο, τον Εθνικό Οργανισμό Παροχής Υπηρεσιών Υγείας (ΕΟΠΥΥ) που πρέπει να ελέγχει τα τιμολόγια των νοσοκομείων με τις απαιτήσεις τους. Πολύ συχνά, μετά τον έλεγχο των τιμολογίων που υπέβαλαν τα νοσοκομεία στον ΕΟΠΥΥ, τα οποία στις περισσότερες περιπτώσεις δεν είχαν τα απαραίτητα δικαιολογητικά, υπήρχε σημαντική διαφορά μεταξύ των απαιτήσεων των νοσοκομείων και των τελικών ποσών που εγκρίνονταν από τον ΕΟΠΥΥ για εξόφληση. Αυτό προκαλούσε πολύ μεγάλες καθυστερήσεις στην εκκαθάριση και αποζημίωση των νοσοκομείων, γεγονός που με τη σειρά του τους προκαλούσε οικονομικό στραγγαλισμό. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, το Υπουργείο Υγείας για αρκετά χρόνια χρηματοδοτούσε απευθείας τα νοσοκομεία κάθε χρόνο από τον κρατικό προϋπολογισμό με το 50% των ετήσιων δαπανών τους και ταυτόχρονα διέγραφε από τον ΕΟΠΥΥ απαιτήσεις ίσες με τις επιχορηγήσεις που είχαν λάβει [24,25]. Ο ΕΟΠΥΥ από την άλλη πλευρά, κάθε χρόνο επέστρεφε στα νοσοκομεία μόνο ένα μέρος των απαιτήσεών τους, λόγω των όσων αναφέρθηκαν παραπάνω αποζημιώνοντας τα νοσοκομεία με έναντι καταβολές και όχι σε τακτική βάση. Όλα αυτά, σταδιακά, είχαν ως αποτέλεσμα τον προσδιορισμό των ετήσιων προϋπολογισμών των νοσοκομείων χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι απαιτήσεις τους με βάση το ελληνικό σύστημα DRGs, αλλά τις δαπάνες των προηγούμενων ετών προσαρμοσμένες κάθε φορά με τα διαθέσιμα ποσά του ετήσιου

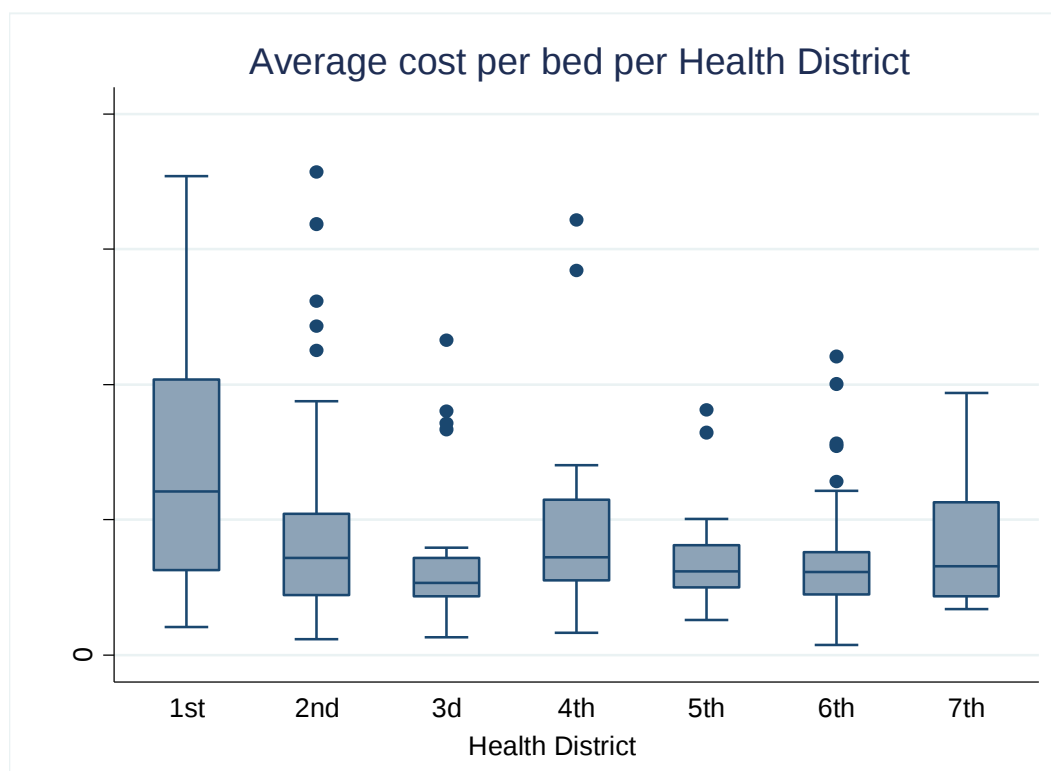
κρατικού προϋπολογισμού που είχαν καθοριστεί για την κάλυψη των δαπανών υγείας. Αντί λοιπόν να γίνεται χρήση των ΚΕΝ για τις αποζημιώσεις των Ελληνικών δημόσιων νοσοκομείων, αυτό που στην πραγματικότητα συμβαίνει ακόμη και σήμερα είναι η χρήση σφαιρικών προϋπολογισμών οι οποίοι κάθε χρονιά υπολογίζονται στηριζόμενοι στην ιστορικότητα και μόνο, ασχέτως αν είναι σωστή ή όχι η πρότερη κατανομή των δημόσιων δαπανών για την υγεία. Για το λόγο αυτό, έχουν προκύψει μεγάλες διαφορές στο μέσο κόστος ανά ασθενή, ανά κλίνη και ανά ημέρα νοσηλείας μεταξύ διαφορετικών υγειονομικών περιφερειών ή ακόμη και μεταξύ νοσοκομείων της ίδιας κατηγορίας, οι οποίες διαπιστώθηκαν και επιβεβαιώθηκαν και μέσα από την ανάλυση των δεδομένων της παρούσας μελέτης όπως φαίνεται στον πίνακα 1 και στην Εικόνα 1 & 2. Εκτός από όλα τα αυτά, η οικονομική κρίση που αντιμετωπίζει η Ελλάδα τα τελευταία χρόνια έχει προκαλέσει δημοσιονομικά ελλείμματα, τα οποία με τη σειρά τους έχουν οδηγήσει σε ελλείψεις υλικών ή σε αδυναμία πληρωμής για υπηρεσίες που είναι απαραίτητες για την ασφαλή λειτουργία των νοσοκομείων. Αυτό με τη σειρά του μετακυλίνεται στους ασθενείς οι οποίοι λαμβάνουν μη ποιοτικές ή μη ασφαλείς υπηρεσίες ή ακόμη πολλές φορές στερούνται έγκαιρης πρόσβασης στα δημόσια νοσοκομεία.

Πίνακας 1. Ανάλυση μέσου κόστους ανά κλίνη, ανά ασθενή και ανά ημέρα νοσηλείας στους πέντε διαφορετικούς τύπους νοσοκομείων στην Ελλάδα από τα έτη 2018 & 2019.

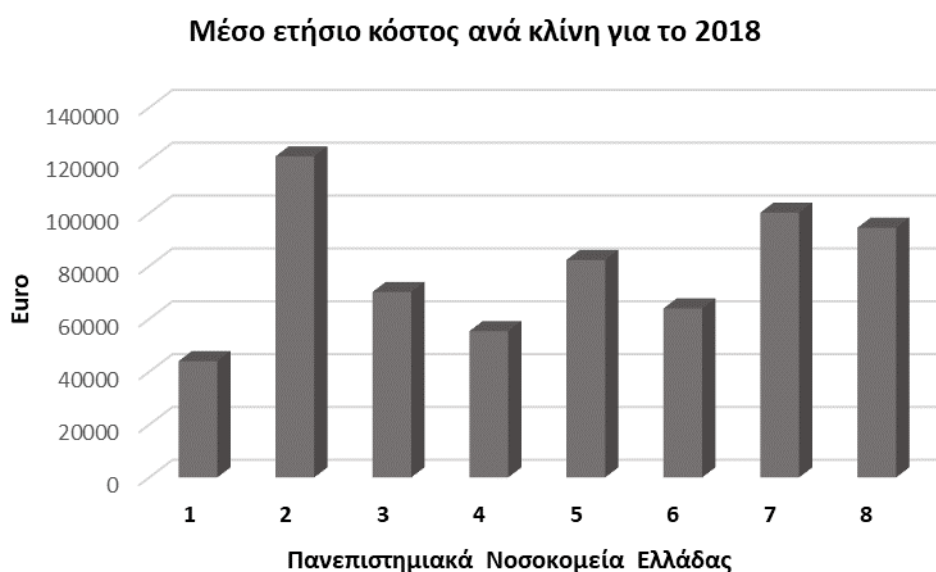
Είδος Νοσοκομείου	Ετήσιο Μέσο κόστος ανά κλίνη €	Τυπική απόκλιση	95% Διάστημα Εμπιστοσύνης	
Μικρά Νοσοκομεία	23221.1	1702.4	19867.7	26574.5
Γενικά Νοσοκομεία	41739.1	2003.5	37792.4	45685.8
Πανεπιστημιακά Νοσοκομεία	80416.5	6853.3	66916.5	93916.5
Ειδικά Νοσοκομεία Τύπου Ι	36426.2	10123.4	16484.6	56367.7
Ειδικά Νοσοκομεία Τύπου ΙΙ	124444.2	9962.1	104820.2	144068.2
Είδος Νοσοκομείου	Ετήσιο Μέσο κόστος ανά ασθενή €	Τυπική απόκλιση	95% Διάστημα Εμπιστοσύνης	
Μικρά Νοσοκομεία	609.6	49.7	511.8	707.5
Γενικά Νοσοκομεία	625.6	50.2	526.7	724.6
Πανεπιστημιακά Νοσοκομεία	841.5	36.9	768.8	914.2
Ειδικά Νοσοκομεία Τύπου Ι	623.8	77.9	470.2	777.3
Ειδικά Νοσοκομεία Τύπου ΙΙ	1270.7	141.0	993.0	1548.4

Είδος Νοσοκομείου	Ετήσιο Μέσο κόστος ανά ημέρα νοσηλείας €	Τυπική απόκλιση	95% Διάστημα Εμπιστοσύνης	
Μικρά Νοσοκομεία	218.8	29.2	161.2	276.4
Γενικά Νοσοκομεία	191.7	11.8	168.5	214.9
Πανεπιστημιακά Νοσοκομεία	294.6	10.3	274.3	314.9
Ειδικά Νοσοκομεία Τύπου I	162.1	28.8	105.3	218.9
Ειδικά Νοσοκομεία Τύπου II	506.2	44.6	418.3	594.1

Στην παρούσα μελέτη, τα στατιστικά μοντέλα προέκυψαν με βάση τις νοσοκομειακές δαπάνες που εφαρμόστηκαν από τα νοσοκομεία της χώρας με βάση την αντίστοιχη κρατική τους χρηματοδότηση το 2018 και το 2019, γεγονός που ενέχει ένα μικρό κίνδυνο μεροληψίας. Ωστόσο, ανεξάρτητα από το αν οι χρηματοδοτήσεις αυτών των δύο ετών ήταν σωστές και απόλυτα επαρκείς ή όχι για κάθε νοσοκομείο, αυτό που ενδιαφέρει είναι η τάση για την ασφαλή λειτουργία κάθε νοσοκομείου. Αυτό σημαίνει διάθεση ενός ορισμένου ελάχιστου ποσού δαπανών για φάρμακα και υλικά και ενός συγκεκριμένου ποσού λειτουργικών δαπανών για συντήρηση και υπηρεσίες που εξαρτώνται από το μέγεθος του νοσοκομείου, το προσωπικό του, την ειδικότητά του ή την τοποθεσία του και, φυσικά, είναι σε συνάρτηση με το ‘παραγόμενο έργο’ του (ασθενείς, ημέρες νοσηλείας, εργαστηριακές εξετάσεις). Επιπλέον, η οποιαδήποτε μεροληψία που προκαλείται από τη χρήση παλαιότερων οικονομικών στοιχείων από έτη με όχι τόσο σωστούς προϋπολογισμούς μπορεί να μειωθεί με τη χρήση στοιχείων από περισσότερες χρονιές.



Εικόνα 1. Μέσο ετήσιο κόστος ανά κλίνη στις 7 Υγειονομικές Περιφέρειες της Ελλάδας.



Εικόνα 2. Μέσο ετήσιο κόστος ανά κλίνη το 2018 για τα πανεπιστημιακά νοσοκομεία της Ελλάδας.

Σε κάθε περίπτωση, είτε είχαμε να κάνουμε με νοσοκομεία που ελάμβαναν πιο υποστηρικτικές χρηματοδοτήσεις είτε με εκείνα που ήταν πιο υποβαθμισμένα, ένα πράγμα ήταν και είναι κοινό σε όλα, η προσπάθεια να λειτουργούν με ασφάλεια για όλους τους ασθενείς ανεξάρτητα από τους ασθένειες που αντιμετωπίζονται ή τις ημέρες

νοσηλείας που απαιτούνται για θεραπεία. Ως εκ τούτου, η τάση είναι σίγουρα εμφανής και πρέπει να διερευνηθεί.

Στο πλαίσιο αυτό και με τη βοήθεια των διαθέσιμων επιχειρησιακών και οικονομικών στοιχείων από του Υπουργείου Υγείας από αρκετά χρόνια, αναλύσαμε το λειτουργικό κόστος όλων των δημόσιων νοσοκομείων στην Ελλάδα, μιας περιόδου 2 ετών (2018-2019) για να εντοπίσουμε τους παράγοντες εκείνους που έχουν μια στατιστικά σημαντική επίδραση στο ατομικό ή στο συνολικό λειτουργικό κόστος των νοσοκομείων. Τα συγκεκριμένα έτη επιλέχθηκαν, όπως προαναφέραμε επειδή ήταν έτη με κανονικές συνθήκες λειτουργίας, σε αντίθεση με εκείνα του 2020 και 2021 κατά τα οποία η λειτουργία των νοσοκομείων σε όλο τον κόσμο μεταβλήθηκε σημαντικά λόγω της πανδημίας του COVID-19. Επιπλέον, ήταν τα έτη με τα πιο αξιόπιστα δεδομένα σχετικά με την πλατφόρμα από την οποία αντλήσαμε τις πληροφορίες που χρειαζόμασταν, καθώς η ενιαία κωδικοποίηση των νοσοκομειακών δαπανών είχε πρόσφατα ολοκληρωθεί και υιοθετηθεί από όλα τα νοσοκομεία της χώρας. Ο στόχος ήταν να βρεθεί ένα απλό στατιστικό μοντέλο για την εκτίμηση των ετήσιων λειτουργικών δαπανών, και κατ' επέκταση της αναγκαίας χρηματοδότησης κάθε νοσοκομείου με βάση την παραγωγή του (ασθενείς, χειρουργικές επεμβάσεις, ημέρες νοσηλείας, εργαστηριακές εξετάσεις κ.λπ.) ή τα χαρακτηριστικά του (μέγεθος, τοποθεσία, κατηγορία, ειδικότητα, κ.λπ.)

Κεφάλαιο 2 Δεδομένα και μέθοδοι

2.1 Δεδομένα νοσοκομείων

Η Ελλάδα χωρίζεται σε επτά Υγειονομικές Περιφέρειες (ΥΠΕ) που διοικούν, σε συνεργασία και υπό την καθοδήγηση του Υπουργείου Υγείας, 125 δημόσια νοσοκομεία διαφόρων μεγεθών και ειδικοτήτων διάσπαρτα σε όλη την ηπειρωτική και νησιωτική χώρα [1η ΥΠΕ (Αττικής), 2η ΥΠΕ (Πειραιώς και Αιγαίου), 3η ΥΠΕ (Μακεδονίας), 4η ΥΠΕ (Μακεδονίας και Θράκης), 5η ΥΠΕ (Θεσσαλίας & Στερεάς Ελλάδας), 6η ΥΠΕ (Πελοποννήσου, Ιονίων Νήσων, Ηπείρου και Δυτικής Ελλάδας) και 7η ΥΠΕ (Κρήτης)]. Ορισμένα από τα νοσοκομεία έχουν κοινή διοίκηση και κοινή καταγραφή των οικονομικών τους δεδομένων, γι' αυτό και στην έρευνά μας θεωρήθηκαν ως ένα. Κατηγοριοποιήσαμε τα δημόσια νοσοκομεία της Ελλάδας σε πέντε κατηγορίες (μικρά νοσοκομεία, γενικά νοσοκομεία, πανεπιστημιακά νοσοκομεία και εξειδικευμένα νοσοκομεία δυο διαφορετικών κατηγοριών). Από τα 125 νοσοκομεία που υπάρχουν στη χώρα (ηπειρωτική χώρα και τα νησιά), τα 121 συμπεριλήφθηκαν στο δείγμα μας. Δύο πολύ μικρά νοσοκομεία αποκλείστηκαν εντελώς λόγω των ανεπαρκών στοιχείων, ενώ άλλα δύο καταγράφηκαν ως ένα με τα διασυνδεδεμένα νοσοκομεία τους. Η κατανομή των νοσοκομείων σύμφωνα με τον τύπο τους, την περιοχή στην οποία βρίσκονται και τον αριθμό των κλινών τους παρουσιάζονται στον πίνακα 2.

Πίνακας 2. Κατανομή των Ελληνικών δημόσιων νοσοκομείων ανά κατηγορία και Υγειονομική Περιφέρεια

Υγειονομική περιφέρεια	Μικρά Νοσοκομεία	Γενικά Νοσοκομεία	Πανεπιστημιακά Νοσοκομεία	Ειδικά Νοσοκομεία Τύπου Ι	Ειδικά Νοσοκομεία Τύπου ΙΙ
1 ^η	1	11	0	7	3
2 ^η	6	9	2	2	2
3 ^η	0	14	0	1	0
4 ^η	1	10	2	0	1
5 ^η	2	10	1	0	0
6 ^η	6	19	2	1	0
7 ^η	3	4	1	0	0

Τα μικρά νοσοκομεία έχουν συνήθως περιορισμένο αριθμό κλινών, παρέχουν βασικές ιατρικές υπηρεσίες και εκτελούν απλές χειρουργικές επεμβάσεις και στις περισσότερες περιπτώσεις βρίσκονται σε απομονωμένα μέρη, δηλαδή, νησιά ή σε απομακρυσμένες ορεινές περιοχές. Τα γενικά νοσοκομεία έχουν την πλειονότητα των ιατρικών ειδικοτήτων παρέχοντας αντίστοιχες υπηρεσίες. Πανεπιστημιακά νοσοκομεία είναι εκείνα που συνδέονται με μια ιατρική σχολή και συνήθως παρέχουν πιο εξειδικευμένες υπηρεσίες, αντιμετωπίζοντας πιο δύσκολες περιπτώσεις. Στην κατηγορία των εξειδικευμένων νοσοκομείων τύπου Ι έχουμε συμπεριλάβει τα ψυχιατρικά νοσοκομεία, τα γυναικολογικά, οφθαλμολογικά, παιδιατρικά και ορισμένα νοσοκομεία αποκατάστασης. Τέλος, τα εξειδικευμένα νοσοκομεία τύπου ΙΙ νοσοκομεία είναι τα αντικαρκινικά νοσοκομεία.

Η κύρια πηγή δεδομένων μας ήταν το "BI-Health", μια ηλεκτρονική πλατφόρμα στην οποία τα δημόσια νοσοκομεία της χώρας εισάγουν υποχρεωτικά, λειτουργικά και οικονομικά δεδομένα κάθε μήνα [26]. Η πρόσβαση στα συγκεκριμένα στοιχεία έγινε, έπειτα από αίτημά μας στο Υπουργείο Υγείας, το οποίο και μας διέθεσε τα εν λόγω δεδομένα μέσω της Διεύθυνσης Πληροφορικής (Τμήμα Διαχείρισης Δεδομένων Υγείας). Το "Business Intelligence System" (BI-Health), είναι ένα πληροφοριακό σύστημα που ενισχύει τις δράσεις των διοικητικών πληροφοριών του Υπουργείου Υγείας ενώ διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στον οργανωτικό, λειτουργικό και οικονομικό εκσυγχρονισμό του Εθνικού Συστήματος Υγείας της Ελλάδας μέσω της απλοποίησης των διαδικασιών διοικητικής πληροφόρησης, της αποτελεσματικής διαχείριση των πόρων και τον λεπτομερή έλεγχο των λειτουργικών και οικονομικών στοιχείων. Εξασφαλίζει τη συλλογή και επεξεργασία αναλυτικών και συγκεντρωτικών στοιχείων του δημόσιων μονάδων υγείας του κράτους σε κεντρικό επιχειρησιακό επίπεδο και επιτρέπει τη διάχυση των πληροφοριών στους διοικητικούς μηχανισμούς με απώτερο στόχο τη βελτίωση της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών υγείας.

Σε πολλές περιπτώσεις, χρειάστηκε να διασταυρωθούν τα δεδομένα που περιέχονταν στο BI και για το λόγο αυτό, χρησιμοποιήθηκαν πληροφορίες από τους επίσημους δικτυακούς τόπους των νοσοκομείων. Επιπλέον, εξαιτίας του ότι η υιοθέτηση της κοινής κωδικοποίησης των δαπανών στα ελληνικά νοσοκομεία ανά κατηγορία υλικού ή υπηρεσίας ολοκληρώθηκε μέχρι το τέλος του 2018, πολλές καταχωρήσεις διαφορετικού κόστους παρατηρήθηκαν στα ίδια κελιά του BI-Health, γεγονός που καθιστούσε δύσκολο τον ξεχωριστό εντοπισμό κάθε κατηγορίας. Για το

λόγο αυτό, αναζητήσαμε τις σχετικές αναρτήσεις κάθε νοσοκομείου στο Πρόγραμμα της Διαύγειας [27]. Αρχής γενομένης 1ης Οκτωβρίου 2010, όλα τα κυβερνητικά ιδρύματα υποχρεώθηκαν να αναρτούν τις πράξεις τους και τις αποφάσεις τους στο διαδίκτυο, με ιδιαίτερη προσοχή σε θέματα εθνικής ασφάλειας και ευαίσθητα προσωπικά δεδομένα. Κάθε έγγραφο υπογράφεται ψηφιακά και του αποδίδεται ένας μοναδικός διαδικτυακός αριθμός ανάρτησης που πιστοποιεί ότι η απόφαση έχει αναρτηθεί στο "Διαύγεια". Έτσι, καταφέραμε να διαχωρίσουμε κόστη που είχαν καταχωρηθεί μαζί σε κοινά πεδία της πλατφόρμας ΒΙ προκειμένου να μην οδηγηθούμε σε εσφαλμένα συμπεράσματα.

Συγκεκριμένα χαρακτηριστικά από κάθε νοσοκομείο που ήταν διαθέσιμα για τα δυο έτη 2018 και 2019 ελέγχθηκαν για τη συμβολή τους στα υπό εξέταση νοσοκομειακά κόστη και τη συμπερίληψή τους στα μοντέλα μας. Αυτά ήταν τα εξής:

- Ο τύπος ενός νοσοκομείου είναι το πρώτο χαρακτηριστικό που αντικατοπτρίζει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με το μέγεθος, τον αριθμό και την πολυπλοκότητα των ιατρικών μονάδων που λειτουργούν σε αυτό. Όπως προαναφέρθηκε για την παρούσα έρευνα τα 121 νοσοκομεία που συμπεριλήφθηκαν στο δείγμα μας κατηγοριοποιήθηκαν σε πέντε κατηγορίες (μικρά νοσοκομεία/κέντρα υγείας, γενικά νοσοκομεία, πανεπιστημιακά νοσοκομεία και εξειδικευμένα νοσοκομεία).
- Ο αριθμός των κλινών συμπεριλήφθηκε επίσης στο υπόδειγμά μας, καθώς υποδηλώνει, σε μεγάλο βαθμό, το μέγεθος κάθε νοσοκομειακού κτιρίου και το είδος των παρεχόμενων υπηρεσιών.
- Ένα πρόσθετο στοιχείο που επηρεάζει σημαντικά το λειτουργικό κόστος είναι η περιοχή - τοποθεσία στην οποία βρίσκεται κάθε νοσοκομείο. Η μεταβλητή αυτή για την παρούσα έρευνα αφορά την τοποθεσία του κάθε νοσοκομείου στην ηπειρωτική ή τη νησιωτική Ελλάδα. Αυτό με τη σειρά του υποδηλώνει μικρές ή μεγάλες αποστάσεις από μονάδες παραγωγής πρώτων και βοηθητικών υλών και υψηλά ή χαμηλά κόστη μεταφοράς υλικών και ανθρώπινου δυναμικού.
- Η ύπαρξη ή μη, ειδικών μονάδων, όπως η εντατική θεραπεία, η μονάδα αυξημένης φροντίδας και η μονάδα τεχνητού νεφρού αποτυπώθηκαν λόγω της διασύνδεσής τους με αυξημένες απαιτήσεις σε ενέργεια, σε προσωπικό αλλά και υλικά και υπηρεσίες για τη λειτουργία τους και άρα αυξημένα κόστη.

- Καταγράφηκε επίσης η ύπαρξη παροχής φυσικού αερίου για τη θέρμανση των κτιριακών εγκαταστάσεων και του νερού σε κάθε νοσοκομείο καθώς είναι σαφώς πιο οικονομική και πιο οικολογική από τη χρήση βενζίνης.
- Ο αριθμός των εργαζομένων, δηλαδή του μόνιμου και του επικουρικού προσωπικού, συμπεριλήφθηκαν επίσης στις μεταβλητές που μελετήθηκαν.

Οι συνολικές ετήσιες δραστηριότητες υγειονομικής περίθαλψης που εκτελούνται σε κάθε νοσοκομείο επηρεάζουν αναλόγως οπωσδήποτε το λειτουργικό κόστος, γι' αυτό καταγράφηκαν τα ακόλουθα δεδομένα και αξιολογήθηκαν για πιθανές συσχετίσεις με τα υπό εξέταση κόστη:

- Ο συνολικός αριθμός των ασθενών, τόσο των εσωτερικών όσο και των εξωτερικών. Οι εσωτερικοί ασθενείς διαχωρίστηκαν επίσης σε αυτούς που νοσηλεύτηκαν σε ειδικές μονάδες του νοσοκομείου και στις λοιπές μονάδες.
- Οι συνολικές μέρες νοσηλείας, χωρισμένες σε αυτές που αφορούσαν νοσηλείες σε ειδικές μονάδες και λοιπές μονάδες.
- Ο συνολικός αριθμός των εργαστηριακών εξετάσεων. Δηλαδή το σύνολο των ετήσιων βιοπαθολογικών εξετάσεων, των ενδοσκοπικών εξετάσεων, των επεμβατικών διαγνωστικών εξετάσεων ελέγχθηκαν συνολικά αλλά και ξεχωριστά για τη συμβολή τους στις διακυμάνσεις των νοσοκομειακών δαπανών.
- Επίσης το σύνολο των εξετάσεων ιατρικής απεικόνισης συμπεριλήφθηκε στις ανεξάρτητες μεταβλητές μας.
- Ο συνολικός αριθμός των αιμοκαθάρσεων που πραγματοποιήθηκαν στη μονάδα τεχνητού νεφρού (όπου υπήρχε).
- Ο συνολικός αριθμός των χειρουργικών επεμβάσεων, προγραμματισμένων ή επείγουσών, ξεχωριστά αλλά και συνολικά.

Η καταγραφή όλων των παραπάνω στοιχείων ήταν αρκετά λεπτομερής σε μηνιαία βάση και ανά τομέα, τμήμα και κλινική του κάθε νοσοκομείου. Για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας χρειάστηκε να γίνουν οι απαραίτητες τροποποιήσεις και υπολογισμοί προκειμένου τα δεδομένα να παρουσιάζονται συνολικά και σε ετήσια κλίμακα.

Επίσης διαθέσιμα ήταν τα οικονομικά δεδομένα κάθε νοσοκομείου, καταγεγραμμένα σε μηνιαία βάση. Αυτά αφορούσαν:

- Την εκτέλεση του προϋπολογισμού τους (συνολικές διαθέσιμες πιστώσεις ανά κατηγορία δαπάνης, δεσμευμένες πιστώσεις, τιμολογημένες αγορές και σύνολα αυτών που έχουν εξοφληθεί). Η αποτύπωση αυτών των μεγεθών ήταν επίσης εξαιρετικά λεπτομερής καθώς ακολουθούσε την αποτύπωση των οικονομικών καταστάσεων με τις οποίες συντάσσονται οι ετήσιοι οικονομικοί προϋπολογισμοί των νοσοκομείων. Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης έγιναν οι απαραίτητες τροποποιήσεις και υπολογισμοί.
- Τιμολογημένες απαιτήσεις του κάθε νοσοκομείου από τον ΕΟΠΥΥ και λοιπά ασφαλιστικά ταμεία καθώς και το σύνολο αυτών που έχουν ήδη εισπραχθεί μέσα στη οικονομική χρήση.

2.2 Στατιστικές μέθοδοι

Στην ενότητα αυτή θα παραθέσουμε αναλυτικά τις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία των μοντέλων πρόβλεψης των νοσοκομειακών δαπανών και κατ' επέκταση των απαραίτητων χρηματοδοτήσεων για τα δημόσια νοσοκομεία.

2.2.1 Στατιστικές μέθοδοι για την ανάλυση των νοσοκομειακών δεδομένων

Για την παρούσα ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν διάφορα μοντέλα πολλαπλής παλινδρόμησης. Γενικά η μέθοδος της ανάλυσης παλινδρόμησης έχει χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη του κόστους υγειονομικής περίθαλψης με βάση δημογραφικά και περιγραφικά δεδομένα ασθενών, σε συνδυασμό με το αντίστοιχο κόστος υγειονομικής περίθαλψης από προηγούμενα έτη, το οποίο έχει ληφθεί από ασφαλιστικούς φορείς [28–31], σε διάφορες χώρες. Στην μελέτη αυτή, τα διαθέσιμα δεδομένα μας επέτρεψαν να πραγματοποιήσουμε ανάλυση παλινδρόμησης για το λειτουργικό κόστος των νοσοκομείων σε σχέση με τα χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν παραπάνω. Καθώς οι λειτουργικές δαπάνες που αποτέλεσαν τις εξαρτημένες μεταβλητές μας αποκλίνουν από την κανονική κατανομή, μετασχηματίστηκαν στους αντίστοιχους λογαρίθμους τους οι οποίοι και χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση εφαρμόζοντας, στη συνέχεια, μοντέλα πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης. Δεδομένου ότι είχαμε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις από τα ίδια νοσοκομεία για δύο έτη, αναλύσαμε πρώτα

ξεχωριστά τα δεδομένα για κάθε έτος και στη συνέχεια χρησιμοποιήσαμε μεθόδους κατάλληλες για διαχρονική ανάλυση δεδομένων [32]. Εφαρμόσαμε και συγκρίναμε διάφορα μοντέλα. Πρώτον, χρησιμοποιήσαμε τα συνήθη μοντέλα ελαχίστων τετραγώνων Ordinary Least Squares (OLS) με τον εκτιμητή διακύμανσης Huber/White (Sandwich) [33–35]. Προκειμένου να αυξήσουμε την αποτελεσματικότητα της εκτίμησης, εφαρμόσαμε τα μοντέλα της φαινομενικά ασύνδετης παλινδρόμησης Seemingly Unrelated Regression (SUR) [36], για τα επιμέρους νοσοκομειακά κόστη, τα οποία υπολογίζουν ταυτόχρονα αλλά ξεχωριστά μοντέλα παλινδρόμησης για καθένα από αυτά, υποθέτοντας ότι τα (σύγχρονα) σφάλματα που συνδέονται με τις εξαρτημένες μεταβλητές μπορεί να συσχετίζονται. Πραγματοποιήσαμε επίσης μια πολυμεταβλητή ανάλυση παλινδρόμησης, καθώς υπήρχαν ενδείξεις για μεγάλες συσχετίσεις μεταξύ των εξαρτημένων μεταβλητών, οι οποίες ήταν οι επιμέρους νοσοκομειακές δαπάνες. Για την ανάλυση του συνολικού κόστους και από τα δύο έτη, χρησιμοποιήσαμε το μοντέλο παλινδρόμησης OLS με ομαδοποίηση των δεδομένων μας ανά νοσοκομείο και ανάλυση παλινδρόμησης τυχαίων επιδράσεων διαμορφώνοντας τα δεδομένα μας κατάλληλα για την ανάλυση αυτή, δηλώνοντας το "Νοσοκομείο" ως την panel μεταβλητή και το "Έτος" ως τη χρονική μεταβλητή. Για τον έλεγχο της καταλληλότητας του μοντέλου τυχαίων επιδράσεων χρησιμοποιήθηκε το τεστ πολλαπλασιαστή των Breusch and Pagan Lagrangian για τυχαίες επιδράσεις [37–39]. Το κριτήριο πληροφοριών του Akaike (AIC) και το κριτήριο πληροφοριών του Bayes (BIC) χρησιμοποιήθηκαν για τη σύγκριση των ανταγωνιστικών μοντέλων. Όλες οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με το Stata έκδοση 13 [40] χρησιμοποιώντας τις εντολές: `reg`, `sureg`, `mvreg` και `xtreg`. Σε όλες τις περιπτώσεις, σημαντικά αποτελέσματα θεωρήθηκαν εκείνα με $p\text{-value} < 0,05$.

2.2.1^a Απλή γραμμική παλινδρόμηση

Με την ανάλυση παλινδρόμησης (regression analysis) εξετάζουμε τη σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών με σκοπό την πρόβλεψη των τιμών της μιας, μέσω των τιμών της άλλης (ή των άλλων). Σε κάθε ανάλυση παλινδρόμησης διακρίνουμε δύο είδη μεταβλητών: τις ανεξάρτητες ή ερμηνευτικές μεταβλητές και τις εξαρτημένες. Χρησιμοποιούμε την απλή παλινδρόμηση για να εκτιμήσουμε την άγνωστη επίδραση της αλλαγής μιας μεταβλητής σε σχέση με μια άλλη, κάνοντας δύο υποθέσεις, 1) υπάρχει μια γραμμική σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών (όπως X και Y) και

2) η σχέση αυτή είναι προσθετική (δηλ. $Y = X_1 + X_2 + \dots + X_N$). Τεχνικά, η γραμμική παλινδρόμηση εκτιμά πόσο μεταβάλλεται το Y όταν μεταβάλλεται το X κατά μία μονάδα. Το βασικό υπόδειγμα της απλής γραμμικής παλινδρόμησης με μια ανεξάρτητη μεταβλητή είναι της μορφής:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

Όπου Y_i : η τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής της i παρατήρησης.

X_i : η τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής X στην i -παρατήρηση $i = 1, 2, \dots, n$.

Οι παράμετροι β_0 & β_1 : προσδιορίζουν το μοντέλο παλινδρόμησης ε_i : όροι σφάλματος

Η β_0 : είναι η μέση τιμή του Y όταν $X_i = 0$, $i = 1, 2, \dots, n$, δηλαδή το σημείο τομής της ευθείας παλινδρόμησης με τον άξονα Y .

β_1 : είναι η κλίση της ευθείας παλινδρόμησης

Η συνάρτηση παλινδρόμησης εκφράζει τη σχέση μεταξύ της μέσης τιμής $E(Y)$ της μεταβλητής Y και της μεταβλητής X . Για το γραμμικό υπόδειγμα (1) η συνάρτηση παλινδρόμησης είναι της μορφής :

$$E(Y) = \beta_0 + \beta_1 X \quad (2)$$

Η συνάρτηση παλινδρόμησης (2) εκτιμάται από την εξίσωση:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x \quad (3)$$

η οποία καλείται δειγματική εξίσωση παλινδρόμησης.

Η τιμή $\hat{y}_i$ είναι η εκτίμηση για την τιμή y_i του Y όταν $x = x_i$ αλλά και η εκτίμηση της μέσης τιμής $E(Y|x = x_i)$. Η διαφορά $e_i = y_i - \hat{y}_i$ είναι το υπόλοιπο της εκτίμησης, δηλαδή το υπόλοιπο ποσό της Y που δεν ερμηνεύεται από το υπόδειγμα που εκτιμήθηκε, καλείται υπόλοιπο (residual) ή σφάλμα για την i παρατήρηση.

Ο σκοπός είναι, με βάση τα δεδομένα του κάθε δείγματος, να βρεθεί εκείνη η εξίσωση, η οποία έχει τη βέλτιστη προσαρμογή στα δεδομένα, έτσι ώστε η ευθεία της να διέρχεται κατά το δυνατόν πλησιέστερα από τα σημεία (x_i, y_i) στο διάγραμμα διασποράς. Ισοδύναμα, σκοπός είναι να προσδιοριστούν οι τιμές των b_0 και b_1 για τις οποίες ελαχιστοποιούνται οι αποκλίσεις e_i . Επειδή όμως το άθροισμα των υπολοίπων είναι 0, δηλαδή ισχύει $\sum e_i = 0$, θα πρέπει να ελαχιστοποιηθεί το άθροισμα των τετραγώνων των υπολοίπων $\sum e_i^2$ για τα n ζεύγη παρατηρήσεων (x_i, y_i) . Για το λόγο

αυτό η μέθοδος αυτή εκτίμησης του γραμμικού υποδείγματος λέγεται **Μέθοδος των Ελαχίστων Τετραγώνων**.

Η διασπορά της μεταβλητής Y εκφράζεται με τις αποκλίσεις $y_i - \bar{y}$ των διαφόρων τιμών από τη μέση τιμή τους. Η ολική μεταβλητότητα (διασπορά) των παρατηρήσεων εκφράζεται σαν το άθροισμα των τετραγώνων των αποκλίσεων $(y_i - \bar{y})$ και συμβολίζεται με :

$$SST = \sum (y_i - \bar{y})^2 \quad (4)$$

Ολικό άθροισμα τετραγώνων (Total Sum of Squares)

Ένα μέτρο της μεταβλητότητας των y_i γύρω από την ευθεία παλινδρόμησης, είναι το άθροισμα τετραγώνων των σφαλμάτων $\sum e_i^2$ και συμβολίζεται με :

$$SSE = \sum (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (5)$$

Άθροισμα τετραγώνων των σφαλμάτων (Error Sum of Squares)

Η διαφορά των SST και SSE εκφράζει την επίδραση της σχέσης παλινδρόμησης των δύο μεταβλητών στη μείωση της μεταβλητότητας των παρατηρήσεων y_i και συμβολίζεται με:

$$SSR = SST - SSE \quad (6)$$

$$SSR = \sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2 \quad (7)$$

Άθροισμα τετραγώνων Παλινδρόμησης (Regression Sum of Squares)

Γενικά αποδεικνύεται ότι ισχύει η σχέση: $SST = SSR + SSE$ (8)

Δηλαδή η συνολική μεταβλητότητα των τιμών εκφράζεται σαν άθροισμα δύο όρων: της μεταβλητότητας που ερμηνεύεται από την παλινδρόμηση (SSR) και της μεταβλητότητας που παραμένει ανερμηνεύτη από την μεταβλητή X σαν υπόλοιπο ή σφάλμα (SSE).

Το μέτρο που χρησιμοποιείται στην ανάλυση παλινδρόμησης για την εκτίμηση της μεταβλητότητας των παρατηρήσεων y_i που ερμηνεύεται από την μεταβλητή X , ή ισοδύναμα από τη σχέση παλινδρόμησης μεταξύ των δύο μεταβλητών, είναι ο συντελεστής προσδιορισμού, που ισούται με :

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} \quad (9)$$

Ο συντελεστής R^2 είναι ένα μέτρο της καλής προσαρμογής του υποδείγματος παλινδρόμησης στα δεδομένα του δείγματος.

Με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων, προσδιορίζεται η εξίσωση παλινδρόμησης η οποία έχει τη βέλτιστη προσαρμογή στα δεδομένα, έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται οι αποκλίσεις e_i μεταξύ των παρατηρούμενων τιμών y_i και των εκτιμήσεών τους $\hat{y}_i$. Όσο πιο μικρές είναι αυτές οι αποκλίσεις τόσο καλύτερη η ερμηνευτική ικανότητα του υποδείγματος όσο και η αξιοπιστία του για την πρόβλεψη των τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής. Ένα ακόμη μέτρο της καλής προσαρμογής του υποδείγματος στα δεδομένα είναι το τυπικό σφάλμα της εκτίμησης, το οποίο ισούται με:

$$S_{xy} = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-2}} = \sqrt{\frac{SSE}{n-2}} = \sqrt{MSE} \quad (10)$$

Και τα δύο αυτά μέτρα της καλής προσαρμογής και της καταλληλότητας του υποδείγματος παλινδρόμησης ελήφθησαν υπόψη και την παρούσα ανάλυση για την αξιολόγηση των μοντέλων παλινδρόμησης που προέκυψαν.

Για να ελέγξουμε αν και κατά πόσον υπάρχει στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ X και Y , ελέγχουμε κατά πόσον η παράμετρος παλινδρόμησης β_1 , δηλαδή η πραγματική κλίση της ευθείας παλινδρόμησης είναι ίση με το μηδέν. Αν απορριφθεί αυτή η υπόθεση τότε υπάρχουν ενδείξεις για γραμμική σχέση μεταξύ των μεταβλητών. Οι υποθέσεις του ελέγχου είναι: $H_0: \beta_1 = 0$

$$H_1: \beta_1 \neq 0$$

$$\text{Το κριτήριο του ελέγχου είναι το: } t = \frac{b_1 - \beta_1}{s_{b1}} = \frac{b_1}{s_{b1}} \quad (11)$$

2.2.1^β Πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση

Για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας επειδή οι ανεξάρτητες μεταβλητές ήταν παραπάνω από μια εφαρμόστηκαν τεχνικές πολλαπλής παλινδρόμησης. Στην ανάλυση πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης υπάρχει μια εξαρτημένη μεταβλητή, την οποία θέλουμε να εκτιμήσουμε και πολλές ανεξάρτητες.

Η γραμμική παλινδρόμηση επιχειρεί να μοντελοποιήσει τη σχέση μεταξύ αυτών των μεταβλητών με την προσαρμογή μιας γραμμικής εξίσωσης στα παρατηρούμενα δεδομένα. Το βασικό υπόδειγμα πολλαπλής παλινδρόμησης με k ανεξάρτητες μεταβλητές είναι της μορφής [41]:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i \quad (12)$$
$$i=1, 2, \dots, n.$$

Όπου Y_i : η τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής της i παρατήρησης.

X_{ji} : η τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής X_j για την i -παρατήρηση $j = 1, 2, \dots, k$.

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$: οι συντελεστές παλινδρόμησης των k ανεξάρτητων μεταβλητών

ε_i : όροι σφάλματος

Η παράμετρος β_0 είναι η μέση τιμή του Y όταν $X_j=0$, $j=1, 2, \dots, k$.

Η παράμετρος β_j εκφράζει τη μεταβολή στη μέση τιμή $E(Y)$ της μεταβλητής Y , όταν η ανεξάρτητη μεταβλητή X_j αυξηθεί κατά μια μονάδα, ενώ οι τιμές των υπολοίπων ερμηνευτικών μεταβλητών παραμένουν σταθερές.

Στην ανάλυση της παρούσας διατριβής όπου Y ήταν τα επιμέρους κόστη ή το ολικό λειτουργικό νοσοκομειακό κόστος και όπου X_i οι διάφορες μεταβλητές που είτε περιγράφουν τα χαρακτηριστικά του κάθε νοσοκομείου είτε αντιπροσωπεύουν το παραγόμενο ετήσιο έργο του.

Για να σχηματίσουμε τα τελικά μοντέλα παλινδρόμησης στηριχτήκαμε στην αρχή της φειδωλότητας, σύμφωνα με την οποία, η επιδίωξη είναι να σχηματιστεί ένα υπόδειγμα που να ερμηνεύει ικανοποιητικά την μεταβλητή Y και το οποίο να περιέχει τον ελάχιστο δυνατό αριθμό ερμηνευτικών μεταβλητών. Δοκιμάστηκαν τρεις διαφορετικές μέθοδοι επιλογής των ερμηνευτικών μεταβλητών για το σχηματισμό των υποδειγμάτων παλινδρόμησης [42]:

1. Η μέθοδος της διαδοχικής προσθήκης μεταβλητών (Forward procedure)

κατά την οποία, σε κάθε βήμα εισάγεται μια μεταβλητή X με το μεγαλύτερο

συντελεστή συσχέτισης με την Y , φτάνοντας προοδευτικά στο σημείο όπου η τελευταία επιλογή δεν είναι στατιστικά σημαντική.

2. **Η μέθοδος του διαδοχικού αποκλεισμού μεταβλητών (Backward elimination procedure)**, όπου ακολουθείται η αντίστροφη πορεία της διαδοχικής προσθήκης. Αρχικά περιλαμβάνονται όλες οι ερμηνευτικές μεταβλητές X στο υπόδειγμα και σε κάθε βήμα αποκλείεται η μεταβλητή με το μεγαλύτερο παρατηρούμενο επίπεδο σημαντικότητας (p -value).
3. **Η μέθοδος της βηματικής παλινδρόμησης (Stepwise regression)**, η οποία είναι ανάλογη με τη διαδοχική προσθήκη μεταβλητών, με τη διαφορά όμως ότι, με τη μέθοδο αυτή, μια ερμηνευτική μεταβλητή που έχει συμπεριληφθεί στο μοντέλο σε κάποιο στάδιο, μπορεί σε επόμενο βήμα να απομακρυνθεί από αυτό μετά την εισαγωγή άλλων ερμηνευτικών μεταβλητών.

Επειδή είχαμε στοιχεία για τα ίδια νοσοκομεία για κάθε έτος, 2018 και 2019 χρησιμοποιήσαμε το μοντέλο παλινδρόμησης OLS με ομαδοποίηση των δεδομένων μας ανά νοσοκομείο. Επειδή όμως τα **διαστρωματικά δεδομένα** δεν έχουν καμία αναφορά στις διαφορές που οφείλονται στο χρόνο, δοκιμάστηκε η **ανάλυση παλινδρόμησης τυχαίων επιδράσεων** [43] διαμορφώνοντας τα δεδομένα μας κατάλληλα για την ανάλυση αυτή, δηλώνοντας το "Νοσοκομείο" ως την panel μεταβλητή και το "Έτος" ως τη χρονική μεταβλητή. Η ανάλυση αυτή έχει το πλεονέκτημα ότι εκτός από τη διαστρωμάτωση λαμβάνει υπόψη και εμπεριέχει τη χρονική μεταβολή μεταξύ των δεδομένων. Το πάνελ δεδομένων μας ήταν ισορροπημένο καθώς είχαμε για κάθε νοσοκομείο στοιχεία από τον ίδιο αριθμό ετών. Στην ανάλυση δεδομένων panel το βασικό υπόδειγμα διατυπώνεται ως εξής:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{it,1} + \beta_2 X_{it,2} + \dots + \gamma_i + \varepsilon_{it} \quad (13)$$

Όπου:

Y_{it} : η t παρατήρηση της i μονάδας της εξαρτημένης μεταβλητής Y για $i=1,2,\dots,N$ και $t=1,2,\dots,T$

ε_{it} : ο διαταρακτικός όρος ή τυχαίο σφάλμα, ο οποίος μεταβάλλεται τόσο διαχρονικά, όσο και από τη μία μονάδα στην άλλη, για τον οποίο ισχύει $E(U_{it}) = 0$

γ_i : η μη παρατηρούμενη μεταβλητή η οποία δε μεταβάλλεται διαχρονικά για $i=1,2,\dots,N$

Η μεταβλητή γ_i ονομάζεται μη παρατηρούμενη, διότι αποτελεί το ανεξάρτητο του χρόνου ατομικό αποτέλεσμα με το οποίο μοντελοποιείται η μη παρατηρήσιμη ετερογένεια. Αποδίδει το αποτέλεσμα όλων των παραγόντων που αφορούν τη μονάδα i , αλλά που είναι σταθεροί στο χρόνο, ενώ ο συντελεστής της αυθαίρετα ορίζεται ίσος με τη μονάδα.

Η καταλληλότητα του μοντέλου τυχαίων επιδράσεων επιβεβαιώθηκε με τον έλεγχο Breusch and Pagan Lagrangian test για τις τυχαίες επιδράσεις, με μηδενική υπόθεση ότι όλα τα σφάλματα των τυχαίων επιδράσεων είναι μηδέν. Η υπόθεση αυτή απορρίφθηκε με αποτέλεσμα να υποδηλώνεται η μη καταλληλότητα του OLS μοντέλου.

Εφαρμόστηκαν τα **μοντέλα της φαινομενικά ασύνδετης παλινδρόμησης Seemingly Unrelated Regression (SUREG)** [44], για τα επιμέρους νοσοκομειακά κόστη, τα οποία υπολογίζουν ταυτόχρονα αλλά ξεχωριστά μοντέλα παλινδρόμησης για καθένα από αυτά, υποθέτοντας ότι τα (σύγχρονα) σφάλματα που συνδέονται με τις εξαρτημένες μεταβλητές μπορεί να συσχετίζονται. Εάν το σύνολο των ερμηνευτικών μεταβλητών είναι πανομοιότυπο για τις επιμέρους εξαρτημένες μεταβλητές, τα αποτελέσματα από την SUREG θα είναι πανομοιότυπα με εκείνα από την OLS. Σε άλλες περιπτώσεις (δηλ. μη ταυτόσημες εξισώσεις πρόβλεψης), η SUREG παράγει πιο αποτελεσματικές εκτιμήσεις από την OLS. Αυτό το επιτυγχάνει σταθμίζοντας τις εκτιμήσεις με τη συνδιακύμανση των καταλοίπων από τις επιμέρους παλινδρομήσεις. Το βασικό υπόδειγμα παλινδρόμησης των φαινομενικά ασύνδετων δεδομένων n εξαρτημένων μεταβλητών, με εν δυνάμει, k ανεξάρτητες μεταβλητές είναι της μορφής:

$$\begin{aligned} Y_1 &= \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon_1 \\ Y_2 &= \gamma_0 + \gamma_1 X_1 + \gamma_2 X_2 + \dots + \gamma_m X_m + \varepsilon_2 \\ &\cdot \\ &\cdot \\ &\cdot \\ Y_n &= \delta_0 + \delta_1 X_1 + \delta_2 X_2 + \dots + \delta_j X_j + \varepsilon_n \end{aligned} \tag{14}$$

Όπου k, m, j είναι ο αριθμός των ερμηνευτικών μεταβλητών για κάθε μοντέλο οι οποίες μπορεί να είναι οι ίδιες ή όχι, με $m \leq k$ και $j \leq k$.

Για την αύξηση της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων εφαρμόστηκε επίσης η **πολυμεταβλητή παλινδρόμηση Multivariate regression (MVREG)** [45], η οποία προσαρμόζει ένα πολυμεταβλητό μοντέλο παλινδρόμησης για διάφορες εξαρτημένες μεταβλητές με τις ίδιες ανεξάρτητες μεταβλητές. Η πολυμεταβλητή παλινδρόμηση διαφέρει από την πολλαπλή παλινδρόμηση στο ότι πολλές εξαρτημένες μεταβλητές υποβάλλονται σε ανάλυση από κοινού με τις ίδιες ανεξάρτητες μεταβλητές. Η πολυμεταβλητή παλινδρόμηση σχετίζεται με τη φαινομενικά ασύνδετη παλινδρόμηση, αλλά επειδή το ίδιο σύνολο ανεξάρτητων μεταβλητών χρησιμοποιείται για κάθε εξαρτημένη μεταβλητή, η σύνταξη είναι απλούστερη και οι υπολογισμοί είναι ταχύτεροι. Οι επιμέρους συντελεστές και τα τυπικά σφάλματα που παράγονται από την MVREG είναι πανομοιότυπα με αυτά που θα παράγονταν με την εκτίμηση κάθε εξίσωσης ξεχωριστά από την απλή παλινδρόμηση. Η διαφορά είναι ότι η MVREG, όντας ένας κοινός εκτιμητής, εκτιμά επίσης τις συνδιακυμάνσεις μεταξύ των εξισώσεων, έτσι ώστε να μπορούν να ελεγχθούν οι συντελεστές σε όλες τις εξισώσεις και, στην πραγματικότητα, η σύνταξη των δοκιμών καθιστά τέτοιους ελέγχους πιο βολικούς. Το υπόδειγμα της πολυμεταβλητής παλινδρόμησης ν εξαρτημένων μεταβλητών, με k ανεξάρτητες μεταβλητές είναι της μορφής:

$$\begin{aligned} Y_1 &= \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon_1 \\ Y_2 &= \gamma_0 + \gamma_1 X_1 + \gamma_2 X_2 + \dots + \gamma_k X_k + \varepsilon_2 \\ &\cdot \\ &\cdot \\ &\cdot \\ Y_\nu &= \delta_0 + \delta_1 X_1 + \delta_2 X_2 + \dots + \delta_k X_k + \varepsilon_\nu \end{aligned} \tag{15}$$

Όπου για κάθε μοντέλο υπάρχει ο ίδιος αριθμός ερμηνευτικών μεταβλητών (k).

Για την επιλογή των επικρατέστερων μοντέλων χρησιμοποιήθηκαν τα μοντέλα των κριτηρίων πληροφοριών AIC και BIC, τα οποία εφαρμόζονται σε προβλήματα γραμμικών μοντέλων παλινδρόμησης και χρονοσειρών, στην Ανάλυση Επιβίωσης και γενικώς σε όλες τις περιπτώσεις σύγκρισης παραμετρικών μοντέλων [46]. Σε γενικές γραμμές, "το μικρότερο είναι καλύτερο": δεδομένων δύο μοντέλων, εκείνο με το μικρότερο AIC ταιριάζει καλύτερα στα δεδομένα από εκείνο με το μεγαλύτερο AIC. Όπως και με την AIC, ένα μικρότερο BIC υποδηλώνει ένα μοντέλο που ταιριάζει καλύτερα.

Επίσης, επειδή στην πολλαπλή παλινδρόμηση, εμφανίζεται συχνά το πρόβλημα της πολυσυγγραμμικότητας, όταν υπάρχει υψηλός βαθμός συσχέτισης μεταξύ των ερμηνευτικών μεταβλητών συνεισφέροντας πληθωριστικά στη συνολική διακύμανση των μοντέλων παλινδρόμησης, ελέγξαμε αρχικά την ύπαρξη των απαραίτητων προϋποθέσεων για την διεξαγωγή ανάλυσης κύριων συνιστωσών (Principal Component Analysis, PCA). Η PCA έχει σχεδιαστεί για να μετασχηματίζει τις αρχικές μεταβλητές σε νέες, ασυσχέτιστες μεταβλητές (άξονες), που ονομάζονται κύριες συνιστώσες, οι οποίες είναι γραμμικοί συνδυασμοί των αρχικών μεταβλητών. Κύριες συνιστώσες, επομένως, σημαίνει οι πιο σημαντικές μεταβλητές στο σύνολο δεδομένων που μπορούν να εξηγήσουν τις σημαντικές διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα στο μέσο. Οι βασικές προϋποθέσεις για την ανάλυση αυτή είναι οι εξής:

1. Να υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών των δεδομένων, πράγμα που συνέβαινε στα δεδομένα αυτής την έρευνας
2. Οι μεταβλητές να είναι συνεχείς. Στη συγκεκριμένη ανάλυση το 65% των μεταβλητών που ήταν διαθέσιμες προς ανάλυση ήταν συνεχείς και 'μετρούσαν' το παραγόμενο έργο του νοσοκομείου ενώ το υπόλοιπο 35% ήταν διακριτές.
3. Τα δεδομένα να μην έχουν ακραίες τιμές.
4. Οι μεταβλητές που συμμετέχουν στην PCA ανάλυση να είναι στην ίδια κλίμακα.

Στην περίπτωση μας παρόλο που το 100% των συνεχών μεταβλητών είχε ακραίες τιμές οι οποίες καθιστούν τους μέσους όρους, ακατάλληλους για την περιγραφή τέτοιων δεδομένων, επιχειρήθηκε η ανάλυση των συνεχών δεδομένων σε κύριες συνιστώσες, ούτως ώστε να προκύψει μια ένδειξη για το βαθμό των βασικών μεταβλητών που εμπεριέχουν την απαραίτητη πληροφορία που επηρεάζει το κόστος. Η ανάλυση ανέδειξε μόνο μια κύρια συνιστώσα με Eigen value > 1 και η οποία διατηρούσε το 75% των μεταβλητών των συνεχών δεδομένων. Αυτές οι μεταβλητές με τα πιο μεγάλα σκορ που εμπεριέχονταν στην κύρια συνιστώσα, επιβεβαιώθηκαν ως και οι πιο σημαντικές και στη συνέχεια της ανάλυσης μέσω της μεθόδου ελαχίστων τετραγώνων και των υπολοίπων που χρησιμοποιήθηκαν στη έρευνα αυτή.

Καθώς ο αριθμός των ερμηνευτικών μεταβλητών δεν ήταν πολύ μεγάλος και έχοντας επίσης εντοπιστεί ισχυρές αλληλεπιδράσεις μεταξύ συγκεκριμένων συνεχών μεταβλητών με κάποιες από τις διακριτές μεταβλητές των δεδομένων μας,

αποφασίστηκε η εισαγωγή όλων των διαθέσιμων μεταβλητών στην ανάλυση παλινδρόμησης. Επίσης, η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την παλινδρόμηση ήταν η Stepwise procedure, η οποία αντιμετωπίζει την πολυσυγγραμμικότητα, εξαιρώντας από τα τελικά μοντέλα τις συγκλίνουσες - συσχετιζόμενες μεταβλητές, ενώ υπολογίστηκε και ο δείκτης VIF (Variance Inflation Factor), για όλες τις ερμηνευτικές μεταβλητές που τελικά εμπεριέχονταν στα μοντέλα, ο οποίος ισούται με:

$$VIF = \frac{1}{1 - R_j^2} \quad (16)$$

Όπου R_j^2 είναι ο συντελεστής πολλαπλού προσδιορισμού από την παλινδρόμηση μεταξύ της X_i και των υπολοίπων ανεξάρτητων μεταβλητών. Κατά κανόνα, μια μεταβλητή της οποίας οι τιμές VIF είναι μεγαλύτερες από 10 μπορεί να αξίζει περαιτέρω διερεύνησης, ενώ στην εν λόγω ανάλυση μεταβλητές με μεγάλες τιμές του δείκτη, εξαιρούνταν από τα τελικά μοντέλα.

Κεφάλαιο 3 Αποτελέσματα

3.1 Πρόβλεψη των κύριων λειτουργικών δαπανών των νοσοκομείων

3.1.1 Εισαγωγή

Το συνολικό λειτουργικό κόστος των ελληνικών δημόσιων νοσοκομείων χωρίζεται σε επιμέρους κόστη διαφόρων κατηγοριών. Στην πλατφόρμα ΒΙ καταγράφονται ξεχωριστά οι δαπάνες για την αγορά:

- φαρμάκων,
- υγειονομικών υλικών,
- αντιδραστηρίων και άλλων χημικών υλικών,
- προσθετικών οργάνων,
- ορθοπεδικών υλικών,
- προϊόντων αιμοδοσίας,
- ακτινολογικού υλικού,
- λοιπού μη ιατρικού εξοπλισμού,
- υπηρεσιών και
- των μισθών του επικουρικού προσωπικού. Οι μισθοί του μόνιμου νοσοκομειακού προσωπικού στην Ελλάδα καλύπτονται από τον τακτικό κρατικό προϋπολογισμό.

Η κατηγορία των υπηρεσιών στην πλατφόρμα ΒΙ περιλαμβάνει εκτός άλλων και το ενεργειακό κόστος των νοσοκομείων, δηλαδή το κόστος για ηλεκτρικό ρεύμα και το κόστος για τη θέρμανση/ψύξη των εγκαταστάσεων. Οι δαπάνες αυτές εξαιρέθηκαν από την παρούσα ανάλυση, διότι πρόκειται για στοιχεία που εξετάστηκαν ξεχωριστά, καθώς επηρεάζονται περισσότερο από τα χαρακτηριστικά των νοσοκομείων παρά από τον συνολικό αριθμό των ασθενών που διαχειρίζονται. Αυτό ερευνήθηκε και αποδείχθηκε σε ξεχωριστή ανάλυση που παρατίθεται παρακάτω.

Το μισθολογικό κόστος του βοηθητικού προσωπικού των νοσοκομείων, αν και περιλαμβάνεται στον ετήσιο προϋπολογισμό των Νοσοκομείων και διαχειρίζεται από τα νοσοκομεία κάθε χρόνο, εξαιρέθηκε επίσης από την παρούσα ανάλυση, καθώς είναι απόλυτα μετρήσιμο με βάση τον αριθμό των ατόμων που πρέπει να προσληφθούν ως βοηθητικό προσωπικό και του συνολικού αριθμού του προσωπικού που συμμετέχει στο πρόγραμμα εφημεριών του νοσοκομείου.

Οι προαναφερθείσες κατηγορίες δαπανών αναλύθηκαν χωριστά και σε συνδυασμό, αντιπροσωπεύοντας σχεδόν το 87% του συνολικού λειτουργικού κόστους των νοσοκομείων.

3.1.2 Αποτελέσματα ανάλυσης & μοντέλο πρόβλεψης

Αρχικά, και προκειμένου να επιβεβαιωθεί η προαναφερθείσα διαφορά μεταξύ των πραγματικών δαπανών και των αντίστοιχων αποζημιώσεων που αιτήθηκαν τα νοσοκομεία από τον ΕΟΠΥΥ, πραγματοποιήσαμε ένα τεστ Wilcoxon signed-rank για να ελέγξουμε την ισότητα μεταξύ των δύο αυτών στοιχείων και για τα δύο έτη. Ο έλεγχος επιβεβαίωσε την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των πραγματικών δαπανών και των αντίστοιχων αποζημιώσεων των νοσοκομείων με βάση τα ελληνικά DRGs ($z = -7.689$, $\text{Prob} > |z| = 0.000$) ακόμη και πριν από τον τελικό έλεγχο των τελευταίων από τον ΕΟΠΥΥ. Συγκεκριμένα, έδειξε ότι τα νοσοκομεία τείνουν να αναφέρουν υπηρεσίες που τιμολογούνται ακριβότερα από ό,τι πραγματικά τους κοστίζουν.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η έρευνά μας επικεντρώθηκε στο πραγματικό κόστος και στους παράγοντες που το επηρεάζουν. Έτσι, αρχικά πραγματοποιήσαμε μια ανάλυση παλινδρόμησης για κάθε κόστος ξεχωριστά. Οι δευτερεύουσες μεταβλητές μας ήταν το ετήσιο κόστος για:

- φάρμακα,
- υγειονομικά υλικά,
- χημικά αντιδραστήρια,
- προσθετικά όργανα,
- ορθοπεδικά υλικά,
- ακτινολογικά υλικά,
- λοιπό μη ιατρικό εξοπλισμό και
- υπηρεσίες.

Οι ανεξάρτητες μεταβλητές μας ήταν όλες εκείνες που περιείχαν το συνολικό έργο που παρήγαγαν τα νοσοκομεία ανά έτος και εκείνες με πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά των νοσοκομείων. Οι ανεξάρτητες μεταβλητές είχαν υψηλές συσχετίσεις κατά ζεύγη μεταξύ τους (Πίνακας 3). Όπως έχουμε περιγράψει στην ενότητα "Υλικά και μέθοδοι", πραγματοποιήσαμε ανάλυση παλινδρόμησης για κάθε ένα από τα διαφορετικά κόστη

χρησιμοποιώντας τρεις διαφορετικές μεθόδους (OLS με τον εκτιμητή διακύμανσης Sandwich, πολυμεταβλητή ανάλυση παλινδρόμησης και SUR). Όλες οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν για τα δεδομένα κάθε έτους χωριστά και από τα δύο έτη, κατηγοριοποιώντας τα ανά νοσοκομείο. Η ονομασία των μεταβλητών όπως εμφανίζεται στους παρακάτω πίνακες και εικόνες είναι η εξής:

- Beds: Αριθμός κλινών νοσοκομείου
- HospType: Τύπος νοσοκομείου
- Intensive Care Unit (ICU): Μονάδα Εντατικής Θεραπείας
- Artificial Kidney Unit: Μονάδα Τεχνητού Νεφρού
- Location: Τοποθεσία νοσοκομείου (ηπειρωτική ή νησιωτική Ελλάδα)
- Inpatients: Εσωτερικοί ασθενείς
- Days of stay: Ημέρες νοσηλείας
- Inpatients2: Εσωτερικοί ασθενείς σε ειδικές μονάδες
- Days of stay2: Ημέρες νοσηλείας σε ειδικές μονάδες
- Outpatients: Εξωτερικοί ασθενείς
- Hemodialysis: Αριθμός αιμοκαθάρσεων
- Surgeries: Αριθμός χειρουργείων
- Scheduled Surgeries: Αριθμός προγραμματισμένων χειρουργείων
- Urgent Surgeries: Αριθμός έκτακτων-επειγουσών χειρουργείων
- Laboratory Tests: Αριθμός εργαστηριακών εξετάσεων
- Medical Imaging Tests: Αριθμός εξετάσεων ιατρικής απεικόνισης
- Employees: Αριθμός εργαζομένων

Για τη μεταβλητή HospType (Τύπος νοσοκομείου) υπάρχουν αντίστοιχα οι παρακάτω ονομασίες για κάθε τύπο νοσοκομείου:

- Small Hospital: Μικρό Νοσοκομείο
- General Hospital: Γενικό Νοσοκομείο
- University Hospital: Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο
- Specialized Hospital I: Ειδικό Νοσοκομείο Τύπου I
- Specialized Hospital II: Ειδικό Νοσοκομείο Τύπου II (αντικαρκινικά)

Πίνακας 3. Κατά ζεύγη συσχετίσεις για τις ανεξάρτητες μεταβλητές.

	Beds	Inpatients	Days of Stay	Outpatients	Hemodialysis	Surgeries	Laboratory Tests	Employees	Medical Imaging Tests	Inpatients 2	Days of Stay2	Scheduled Surgeries	Urgent Surgeries
Beds	1.00												
Inpatients	0.80	1.00											
Days of stay	0.91	0.90	1.00										
Outpatients	0.76	0.85	0.78	1.00									
Hemodialysis	0.31	0.39	0.31	0.50	1.00								
Surgeries	0.70	0.81	0.74	0.86	0.41	1.00							
Laboratory Tests	0.79	0.88	0.88	0.83	0.36	0.77	1.00						
Employees	0.92	0.88	0.92	0.85	0.35	0.80	0.92	1.00					
Medical Imaging Tests	0.63	0.71	0.68	0.79	0.39	0.78	0.72	0.74	1.00				
Inpatients 2 *	0.49	0.62	0.61	0.50	0.17	0.44	0.59	0.57	0.38	1.00			
Days of stay2	0.58	0.66	0.69	0.55	0.19	0.45	0.65	0.65	0.45	0.74	1.00		
Scheduled Surgeries	0.65	0.76	0.69	0.80	0.37	0.97	0.73	0.75	0.72	0.39	0.40	1.00	
Urgent Surgeries	0.61	0.60	0.59	0.69	0.39	0.78	0.61	0.67	0.72	0.29	0.38	0.68	1.00

Χρησιμοποιώντας αυτές τις μεθόδους καταλήξαμε σε μοντέλα με R^2 (Συντελεστή προσδιορισμού) που κυμαίνονταν από 33% έως 90% ανάλογα με την κατηγορία υλικού για την οποία εξετάζεται το κόστος. Τα μοντέλα για την πρόβλεψη του κόστους για υλικά ή κατηγορίες προϊόντων ή υπηρεσιών, που υπήρχαν σε όλα τα νοσοκομεία είχαν καλύτερη προσαρμογή στα δεδομένα μας με R^2 άνω του 85%. Όσα αφορούσαν υλικά που χρησιμοποιούνταν από λίγα νοσοκομεία είτε λόγω εξειδίκευσης είτε λόγω εκσυγχρονισμού των διαδικασιών (όπως τα ακτινολογικά υλικά-φίλμ) είχαν μοντέλα με χαμηλότερο R^2 , Πίνακες 4, 5 και 6. Το βασικό κοινό στοιχείο των μοντέλων που προέκυψαν και με τις τρεις μεθόδους παλινδρόμησης ήταν οι σχεδόν πανομοιότυπες ανεξάρτητες μεταβλητές που είχαν στατιστικά σημαντικές επιδράσεις στις επιμέρους δαπάνες των νοσοκομείων που αποτελούσαν τις εξαρτημένες μεταβλητές μας. Επιπλέον, και δεδομένου ότι είναι ανεδαφικό και μη χρηστικό να χρησιμοποιούμε διαφορετικά μοντέλα για την εκτίμηση του κόστους κάθε κατηγορίας ξεχωριστά και στη συνέχεια να υπολογίζουμε το συνολικό λειτουργικό κόστος, προχωρήσαμε σε ανάλυση παλινδρόμησης για το συνολικό λειτουργικό κόστος των νοσοκομείων ως εξαρτημένη μεταβλητή μας. Ομοίως, η ανάλυση αυτή πραγματοποιήθηκε για κάθε έτος (2018 και 2019) και συνολικά.

Πίνακας 4. Αποτελέσματα ανάλυσης παλινδρόμησης για κάθε κατηγορία δαπάνης από τα δεδομένα του 2018. Συντελεστής προσδιορισμού και στατιστικά σημαντικές (p -value < 0.05) ανεξάρτητες μεταβλητές για κάθε μοντέλο πρόβλεψης.

ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	ΕΤΟΣ 2018					
	Παλινδρόμηση για φαινομενικά ασύνδετα δεδομένα		Πολυμεταβλητή παλινδρόμηση		Παλινδρόμηση ελαχίστων τετραγώνων	
	Αριθμός παρατηρήσεων = 121		Αριθμός παρατηρήσεων = 121		Αριθμός παρατηρήσεων = 121	
	R^2	Ανεξάρτητες μεταβλητές	R^2	Ανεξάρτητες μεταβλητές	R^2	Ανεξάρτητες μεταβλητές
ΚΟΣΤΟΣ ΦΑΡΜΑΚΩΝ	0.876	BEDS, HOSPITYPE, INPATIENTS, LABTESTS, EMPLOYEES, INPATIENTS2	0.889	BEDS, HOSPITYPE, INPATIENTS, LABTESTS, EMPLOYEES, INPATIENTS2	0.877	BEDS, HOSPITYPE, INPATIENTS, LABTESTS, EMPLOYEES, INPATIENTS2

ΚΟΣΤΟΣ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ	0.82	BEDS, ICU, INCCU, DAYS , SURGERIES, LABTESTS, EMPLOYEES, SSURGERIES	0.852	BEDS, ICU, SURGERIES, LABTESTS, EMPLOYEES, SSURGERIES, USERGERIES	0.819	BEDS, ICU, DAYS , SURGERIES, LABTESTS, EMPLOYEES, SSURGERIES
ΚΟΣΤΟΣ ΓΙΑ ΟΡΘΟΠΕΔΙΚΟ ΥΛΙΚΟ	0.689	HOSPTYPE, INPATIENTS, SURGERIES, LABTESTS, IMAGES, SSURGERIES	0.706	HOSPTYPE, INPATIENTS, SURGERIES, LABTESTS, IMAGES, SSURGERIES	0.69	HOSPTYPE, INPATIENTS, SURGERIES, LABTESTS, IMAGES, SSURGERIES
ΚΟΣΤΟΣ ΓΙΑ ΑΝΤΙΑΡΑΣΤΗΡΙΑ	0.903	HOSPTYPE, ICY, LABTESTS, INPATIENTS2 DAYS2	0.914	HOSPTYPE, ICY, LABTESTS, INPATIENTS2	0.905	HOSPTYPE, ICY, LABTESTS, INPATIENTS2 DAYS2
ΚΟΣΤΟΣ ΓΙΑ ΠΡΟΣΘΕΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ	0.487	HOSPTYPE, ICU, INPATIENTS, H/DIALYSIS, LABTESTS, IMAGES, SSURGERIES, USERGERIES	0.549	HOSPTYPE, ICU, INPATIENTS, H/DIALYSIS, LABTESTS, IMAGES, SSURGERIES	0.514	HOSPTYPE, ICU, INPATIENTS, H/DIALYSIS, LABTESTS, IMAGES, INPATIENTS2 SSURGERIES, USERGERIES
ΚΟΣΤΟΣ ΓΙΑ ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΚΟ ΥΛΙΚΟ	0.33	INPATIENTS, H/DIALYSIS	0.481	INPATIENTS, IMAGES, INPATIENTS2	0.39	INPATIENTS, H/DIALYSIS, SURGERIES, IMAGES, INPATIENTS2
ΚΟΣΤΟΣ ΓΙΑ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ	0.898	BEDS, HOSPTYPE, IMAGES, INPATIENTS2 SSURGERIES	0.912	BEDS, IMAGES, INPATIENTS2	0.898	BEDS,ICU, EMPLOYEES, IMAGES, INPATIENTS2
ΛΟΙΠΑ ΕΞΟΔΑ	0.818	BEDS, LABTESTS, EMPLOYEES, INPATIENTS2 SSURGERIES	0.845	BEDS, LABTESTS, EMPLOYEES, INPATIENTS2	0.826	BEDS, LABTESTS, EMPLOYEES, INPATIENTS2 SSURGERIES

Πίνακας 5. Αποτελέσματα ανάλυσης παλινδρόμησης για κάθε κατηγορία δαπάνης από τα δεδομένα του 2019. Συντελεστής προσδιορισμού και στατιστικά σημαντικές (p -value < 0.05) ανεξάρτητες μεταβλητές για κάθε μοντέλο πρόβλεψης.

ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	ΕΤΟΣ 2019					
	Παλινδρόμηση για φαινομενικά ασύνδετα δεδομένα		Πολυμεταβλητή παλινδρόμηση		Παλινδρόμηση ελαχίστων τετραγώνων	
	Αριθμός παρατηρήσεων = 121		Αριθμός παρατηρήσεων = 121		Αριθμός παρατηρήσεων = 121	
	R ²	Ανεξάρτητες μεταβλητές	R ²	Ανεξάρτητες μεταβλητές	R ²	Ανεξάρτητες μεταβλητές
ΚΟΣΤΟΣ ΦΑΡΜΑΚΩΝ	0.859	BEDS, HOSPTYPE, INPATIENTS, DAYS, LABTESTS, EMPLOYEES, INPATIENTS2	0.877	BEDS, HOSPTYPE, INPATIENTS, DAYS, LABTESTS, EMPLOYEES, IMAGES, INPATIENTS2	0.861	BEDS, HOSPTYPE, INPATIENTS, DAYS, LABTESTS, EMPLOYEES, INPATIENTS2
ΚΟΣΤΟΣ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ	0.82	BEDS, HOSPTYPE, ICU, INPATIENTS, DAYS, SURGERIES, LABTESTS, EMPLOYEES, SSURGERIES, USERGERIES	0.84	BEDS, HOSPTYPE, ICU, INPATIENTS, DAYS, SURGERIES, LABTESTS, SSURGERIES, USERGERIES	0.805	BEDS, HOSPTYPE, ICU, INPATIENTS, DAYS, SURGERIES, LABTESTS, SSURGERIES, USERGERIES
ΚΟΣΤΟΣ ΓΙΑ ΟΡΘΟΠΕΔΙΚΟ ΥΛΙΚΟ	0.575	LABTESTS, IMAGES, USERGERIES	0.64	LABTESTS, IMAGES	0.575	LABTESTS, IMAGES, USERGERIES
ΚΟΣΤΟΣ ΓΙΑ ΑΝΤΙΑΔΡΑΣΤΗΡΙΑ	0.92	HOSPTYPE, ICU, SURGERIES, LABTESTS, IMAGES, INPATIENTS2, SSURGERIES, USERGERIES	0.927	HOSPTYPE, ICU, SURGERIES, LABTESTS, IMAGES, INPATIENTS2, SSURGERIES, USERGERIES	0.916	HOSPTYPE, ICU, LABTESTS, IMAGES, INPATIENTS2
ΚΟΣΤΟΣ ΓΙΑ ΠΡΟΣΘΕΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ	0.342	HOSPTYPE, ICU, INPATIENTS, H/DIALYSIS, LABTESTS, IMAGES	0.412	HOSPTYPE, ICU, INPATIENTS, H/DIALYSIS, LABTESTS, IMAGES	0.346	HOSPTYPE, ICU, INPATIENTS, H/DIALYSIS, LABTESTS, IMAGES

ΚΟΣΤΟΣ ΓΙΑ ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΚΟ ΥΛΙΚΟ	0.252	INPATIENTS	0.41	INPATIENTS, IMAGES	0.252	INPATIENTS
ΚΟΣΤΟΣ ΓΙΑ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ	0.917	BEDS, HOSPTYPE, ICU, INPATIENTS, OUTPATIENTS, LABTESTS, EMPLOYEES, INPATIENTS2	0.923	BEDS, HOSPTYPE, ICU, LABTESTS, EMPLOYEES	0.913	BEDS, HOSPTYPE, ICU, LABTESTS, EMPLOYEES, INPATIENTS2
ΛΟΙΠΑ ΕΞΟΔΑ	0.786	BEDS, AREA, LABTESTS, EMPLOYEES, INPATIENTS2, SSURGERIES	0.818	AREA, SURGERIES, LABTESTS, EMPLOYEES, INPATIENTS2, SSURGERIES, USERGERIES	0.779	AREA, SURGERIES, LABTESTS, EMPLOYEES, INPATIENTS2

Πίνακας 6. Αποτελέσματα ανάλυσης παλινδρόμησης για κάθε κατηγορία δαπάνης από τα δεδομένα και των δυο ετών 2018 & 2019. Συντελεστής προσδιορισμού και στατιστικά σημαντικές ($p\text{-value} < 0.05$) ανεξάρτητες μεταβλητές για κάθε μοντέλο πρόβλεψης.

ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	2018 & 2019					
	Παλινδρόμηση για φαινομενικά ασύνδετα δεδομένα		Πολυμεταβλητή παλινδρόμηση		Παλινδρόμηση ελαχίστων τετραγώνων	
	Αριθμός παρατηρήσεων = 121		Αριθμός παρατηρήσεων = 121		Αριθμός παρατηρήσεων = 121	
	R ²	Ανεξάρτητες μεταβλητές	R ²	Ανεξάρτητες μεταβλητές	R ²	Ανεξάρτητες μεταβλητές
ΚΟΣΤΟΣ ΦΑΡΜΑΚΩΝ	0.867	BEDS, HOSPTYPE, ICU, INPATIENTS, DAYS, H/DIALYSIS, LABTESTS, EMPLOYEES, IMAGES, INPATIENTS2	0.872	BEDS, HOSPTYPE, ICU, INPATIENTS, DAYS, H/DIALYSIS, LABTESTS, EMPLOYEES, IMAGES, INPATIENTS2	0.85	BEDS, HOSPTYPE, INPATIENTS, LABTESTS, EMPLOYEES, INPATIENTS2
ΚΟΣΤΟΣ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ	0.752	BEDS, HOSPTYPE, ICU, INCCU, DAYS, SURGERIES, LABTESTS, EMPLOYEES	0.778	BEDS, ICU, INCCU, DAYS, SURGERIES, LABTESTS, EMPLOYEES	0.737	BEDS, ICU, DAYS, SURGERIES, LABTESTS

ΚΟΣΤΟΣ ΓΙΑ ΟΡΘΟΠΕΔΙΚΟ ΥΛΙΚΟ	0.606	INPATIENTS, DAYS, SURGERIES, LABTESTS, IMAGES, SSURGERIES	0.655	INPATIENTS, DAYS, SURGERIES, LABTESTS, IMAGES, SSURGERIES, USERGERIES	0.566	LABTESTS, IMAGES
ΚΟΣΤΟΣ ΓΙΑ ΑΝΤΙΑΡΑΣΤΗΡΙΑ	0.908	HOSPTYPE, ICU, LABTESTS, IMAGES, INPATIENTS2 DAYS2	0.914	HOSPTYPE, ICU, LABTESTS, IMAGES, INPATIENTS2 DAYS2, USERGERIES	0.907	HOSPTYPE, ICU, LABTESTS, IMAGES, INPATIENTS2
ΚΟΣΤΟΣ ΓΙΑ ΠΡΟΣΘΕΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ	0.393	HOSPTYPE, ICU, INPATIENTS, H/DIALYSIS, LABTESTS, IMAGES, SSURGERIES, USERGERIES	0.435	HOSPTYPE, ICU, INPATIENTS, H/DIALYSIS, LABTESTS, IMAGES, INPATIENTS2 SSURGERIES, USERGERIES	0.375	HOSPTYPE, ICU, INPATIENTS, H/DIALYSIS, LABTESTS, IMAGES, SSURGERIES
ΚΟΣΤΟΣ ΓΙΑ ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΚΟ ΥΛΙΚΟ	0.395	HOSPTYPE, INPATIENTS, SURGERIES, IMAGES, INPATIENTS2	0.426	HOSPTYPE, INPATIENTS, H/DIALYSIS, SURGERIES, IMAGES, INPATIENTS2	0.321	HOSPTYPE, INPATIENTS
ΚΟΣΤΟΣ ΓΙΑ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ	0.891	BEDS, ICU, LABTESTS, EMPLOYEES, IMAGES, INPATIENTS2	0.904	BEDS, ICU, LABTESTS, EMPLOYEES, IMAGES, INPATIENTS2	0.886	BEDS, ICU, LABTESTS, INPATIENTS2
ΛΟΙΠΑ ΕΞΟΔΑ	0.805	BEDS, AREA, INCCU, LABTESTS , EMPLOYEES, INPATIENTS2 SSURGERIES	0.821	BEDS, ICU, LABTESTS , EMPLOYEES, IMAGES, INPATIENTS2	0.821	AREA, LABTESTS , EMPLOYEES, INPATIENTS2

Στη συνέχεια υπολογίζοντας το συνολικό ετήσιο λειτουργικό κόστος ως το άθροισμα των επιμέρους δαπανών, πραγματοποιήθηκε ανάλυση παλινδρόμησης επίσης για κάθε έτος ξεχωριστά και συνολικά και για τα δυο χρόνια, ομαδοποιώντας τα δεδομένα ως προς κάθε νοσοκομείο για την ανάλυση παλινδρόμησης ελαχίστων τετραγώνων και στη συνέχεια αφού διαμορφώθηκαν τα δεδομένα μας ως πάνελ δεδομένα πραγματοποιήθηκε ανάλυση παλινδρόμησης τυχαίων επιδράσεων. Έτσι προέκυψαν μοντέλα με συντελεστή προσδιορισμού $R^2 \approx 95\%$, Πίνακας 7.

Πίνακας 7. Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων για τα συνολικά λειτουργικά νοσοκομειακά κόστη στη λογαριθμική τους μορφή (LogAllCosts) με τις δυο μεθόδους παλινδρόμησης .

Παλινδρόμηση ελαχίστων τετραγώνων		R ² = 0.9519	Μοντέλο παλινδρόμησης τυχαίων επιδράσεων		R ² = 0.9508
		Αρ. Παρατηρήσεων = 242			Αρ. Παρατηρήσεων = 242
		Συντελεστής (Τυπ. Σφάλμα)			Συντελεστής (Τυπ. Σφάλμα)
Constant	β ₀	12.024 (0.2135)	Constant	β ₀	12.182 (0.3094)
Number of Beds	β ₁	0.00172 (0.0073)	Number of Beds	β ₁	0.0273 (0.0047)
Hospital Type			Hospital Type		
General Hospital	β ₂	2.2382 (0.2176)	General Hospital	β ₂	1.9234 (0.3202)
University Hospital		3.8704 (0.4453)	University Hospital		1.8466 (0.6688)
Specialized Hospital I		2.3389 (0.3078)	Specialized Hospital I		1.9363 (0.4114)
Specialized Hospital II		4.0937 (0.3372)	Specialized Hospital II		3.96650 (0.3412)
Hospital Type # Beds			Hospital Type # Beds		
General Hospital	β ₃	0.00007 (0.00735)	General Hospital	β ₃	-0.02462 (0.0046)
University Hospital		-0.00439 (0.0073)	University Hospital		-0.02476 (0.0047)
Specialized Hospital I		-0.00105 (0.0073)	Specialized Hospital I		-0.02485 (0.0047)
Specialized Hospital II		-0.00499 (0.0087)	Specialized Hospital II		-0.02832 (0.0047)
Beds # Days	β ₄	-1.45x10 ⁻⁸ (2.x10 ⁻⁹)	Beds # Days	β ₄	-1.45x10 ⁻⁸ (2.30x10 ⁻⁹)
Intensive Care Unit	β ₅	0.33931 (0.0883)	Intensive Care Unit	β ₅	0.20655 (0.0708)
Internal Patients	β ₆	0.0000241 (4.10x10 ⁻⁶)	Internal Patients	β ₆	0.0000184 (2.86x10 ⁻⁶)
Days of Stay	β ₇	0.0001878 (0.00005)	Days of Stay	β ₇	2.69x10 ⁻⁶ (1.62x10 ⁻⁶)
Employees	β ₈	0.001168 (0.0002)	Employees	β ₈	0.00065 (0.0002)
Location Island	β ₉	0.203897 (0.0819)	Laboratory Tests	β ₉	2.27x10 ⁻⁷ (6.60x10 ⁻⁸)
Hospital Type # Days					
General Hospital	β ₁₀	-0.00019 (0.00005)			
University Hospital		-0.00018 (0.00005)			
Specialized Hospital I		-0.000191 (0.00005)			
Specialized Hospital II		-0.0001858 (0.00005)			

*Το σύμβολο (#) αντιπροσωπεύει την αλληλεπίδραση δυο μεταβλητών & p-values < 0.05.

Τα μαθηματικά μοντέλα που προέκυψαν από την ανάλυση αυτή είναι τα εξής:

- Το μοντέλο της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης ελαχίστων τετραγώνων:

$$\text{Log(AllCosts)} = 12.02422 + 0.0172 \cdot \text{Beds} + \beta_2 \cdot \text{HospitalType} + \beta_3 \cdot \text{HospitalType} \cdot \text{Beds} + \beta_4 \cdot \text{Beds} \cdot \text{Days} + \beta_5 \cdot \text{ICU} + 0.0000241 \cdot \text{InPatients} + 0.0001878 \cdot \text{Days} + 0.001168 \cdot \text{Employees} + \beta_9 \cdot \text{Location} + \beta_{10} \cdot \text{HospitalType} \cdot \text{Days}$$

- Το μοντέλο της ανάλυσης παλινδρόμησης των τυχαίων επιδράσεων:

$$\text{Log(AllCosts)} = 12.1828 + 0.0273 \cdot \text{Beds} + \beta_2 \cdot \text{HospitalType} + \beta_3 \cdot \text{HospitalType} \cdot \text{Beds} + \beta_4 \cdot \text{Beds} \cdot \text{Days} + \beta_5 \cdot \text{ICU} + 0.0000184 \cdot \text{InPatients} + 0.000003 \cdot \text{Days} + 0.0000002 \cdot \text{LabTests} + 0.0006503 \cdot \text{Employees}$$

* Οι τιμές των συντελεστών $\beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_9$ & β_{10} για τις μεταβλητές δείκτες στα παραπάνω υποδείγματα δίνονται στον πίνακα 7 για κάθε περίπτωση ξεχωριστά.

Παρά το γεγονός ότι οι διαφορές μεταξύ των δύο μοντέλων είναι πολύ μικρές όσον αφορά τους συντελεστές των κοινών ανεξάρτητων μεταβλητών τους, υπολογίζοντας τις τιμές του κριτηρίου πληροφόρησης του Akaike & Bayesian information criterion για τα δύο μοντέλα, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το καταλληλότερο μοντέλο για τα δεδομένα μας είναι το μοντέλο τυχαίων επιδράσεων.

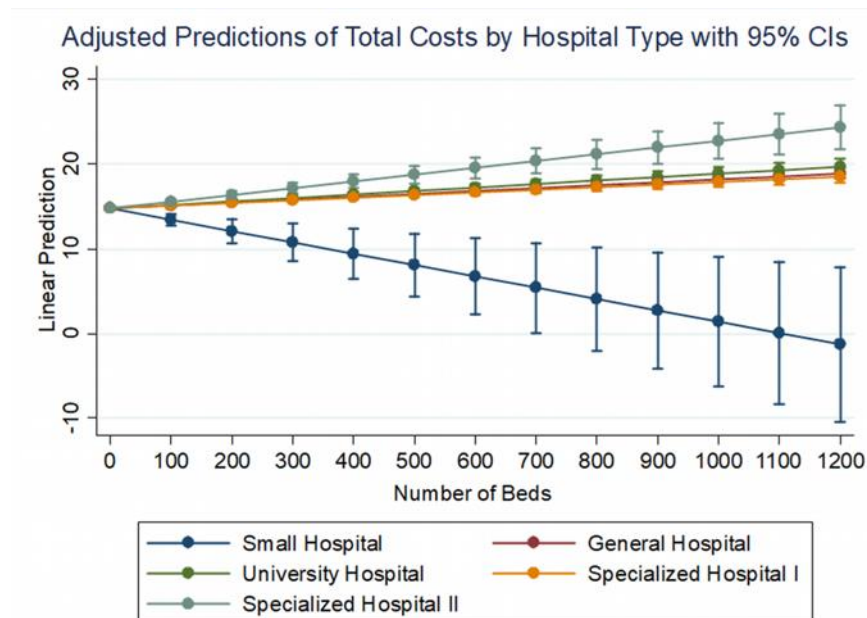
Πίνακας 8. Κριτήρια πληροφοριών Akaike (AIC) και Bayesian (BIC)

Model	Obs	ll (mul)	ll (model)	df	AIC	BIC
OLS Linear's Regression model	121	-430.41	-63.2658	19	164.531	217.651
Random Effect Model	121	-	49.33912	18	-62.678	-12.354

Με βάση λοιπόν το μοντέλο τυχαίων επιδράσεων, οι μεταβλητές που φαίνεται να έχουν στατιστικά σημαντική επίδραση στο συνολικό κόστος των νοσοκομείων είναι ο αριθμός των κλινών, ο τύπος του νοσοκομείου, η ύπαρξη μονάδας εντατικής θεραπείας, ο αριθμός των εργαζομένων (μεταβλητές που αφορούν τα χαρακτηριστικά του νοσοκομείου) και από τις μεταβλητές που υποδηλώνουν την παραγωγή εργασίας είναι, το σύνολο των ετήσιων νοσηλευόμενων, οι ημέρες νοσηλείας, αλλά με διαφορετική βαρύτητα για διαφορετικό αριθμό κλινών, οι συνολικές εργαστηριακές εξετάσεις που πραγματοποιούνται και ο συνολικός αριθμός των εργαστηριακών εξετάσεων.

Ειδικότερα, ο αριθμός των κλινών έχει θετική επίδραση στο συνολικό κόστος με διαφορετική βαρύτητα για κάθε τύπο νοσοκομείου (Εικόνα 3). Είναι προφανές ότι μόνο στα μικρά νοσοκομεία η αύξηση των κλινών οδηγεί σε μείωση του κόστους,

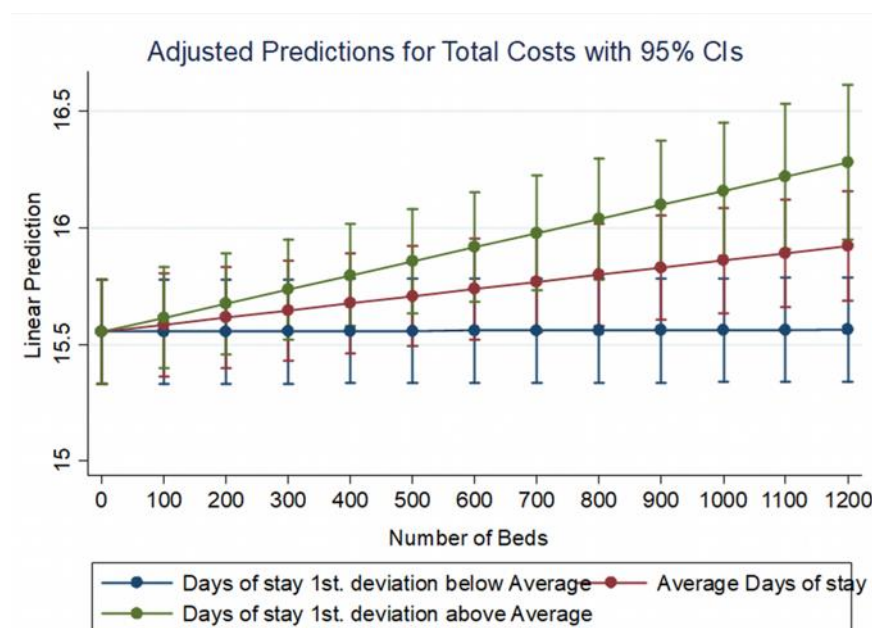
επιτυγχάνοντας οικονομίες κλίμακας, γεγονός απόλυτα λογικό και αναμενόμενο, καθώς ο αριθμός των κλινών και των ασθενών που διαχειρίζονται τα νοσοκομεία αυτά είναι αρκετά μικρός, ενώ η πλειονότητα των μικρών νοσοκομείων βρίσκεται σε απομακρυσμένες περιοχές, γεγονός που τα καθιστά πιο δαπανηρά.



Εικόνα 3. Ο αντίκτυπος των επιπλέον κλινών στο συνολικό νοσοκομειακό κόστος για κάθε τύπο νοσοκομείου.

Οι ημέρες νοσηλείας έχουν επίσης θετική επίδραση στο συνολικό κόστος με διαφορετική ένταση ανάλογα με τον αριθμό των κλινών σε ένα νοσοκομείο (Εικόνα 4). Εάν οι ημέρες νοσηλείας παραμένουν χαμηλές, δηλαδή κάτω από τον μέσο αριθμό ημερών νοσηλείας, τότε η επίδραση της αύξησης των κλινών στο συνολικό λειτουργικό κόστος είναι πολύ μικρή ή μηδενική. Σε άλλες περιπτώσεις όπου οι ημέρες νοσηλείας είναι κοντά ή πάνω από τον μέσο όρο, η επίδραση της αύξησης των κλινών στο συνολικό κόστος είναι αναλόγως προοδευτικά μεγαλύτερη. Και τα δύο μοντέλα δείχνουν μια θετική επίδραση των νοσηλευόμενων ασθενών και του αριθμού των εργαστηριακών εξετάσεων που πραγματοποιούνται σε κάθε νοσοκομείο στο κόστος. Η ύπαρξη μονάδας εντατικής θεραπείας προσθέτει επίσης ένα επιπλέον ποσό στο λειτουργικό κόστος για κάθε νοσοκομείο. Το ίδιο παρατηρείται και με την τοποθεσία στην οποία βρίσκεται κάθε δομή, η οποία, όπως φαίνεται από το απλό μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης, όταν πρόκειται για νησί, υποδηλώνει υψηλότερο κόστος. Αυτό είναι απολύτως αναμενόμενο, αφού η νησιωτική χώρα, λόγω των αποστάσεων και των τρόπων μεταφοράς από και προς την ηπειρωτική Ελλάδα, απαιτεί ακριβότερα

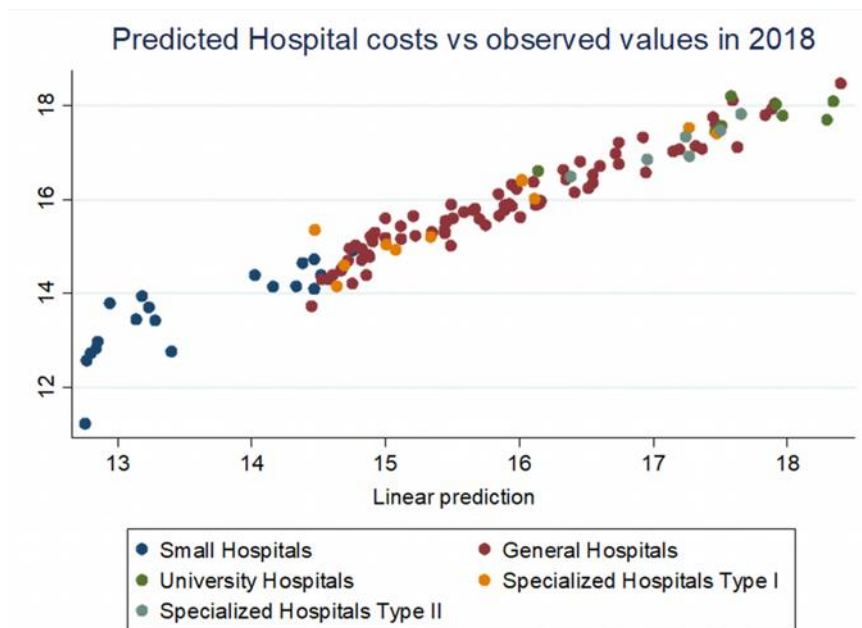
έξοδα αποστολής για προϊόντα ή υπηρεσίες που είναι απαραίτητα για τη λειτουργία των νοσοκομείων.



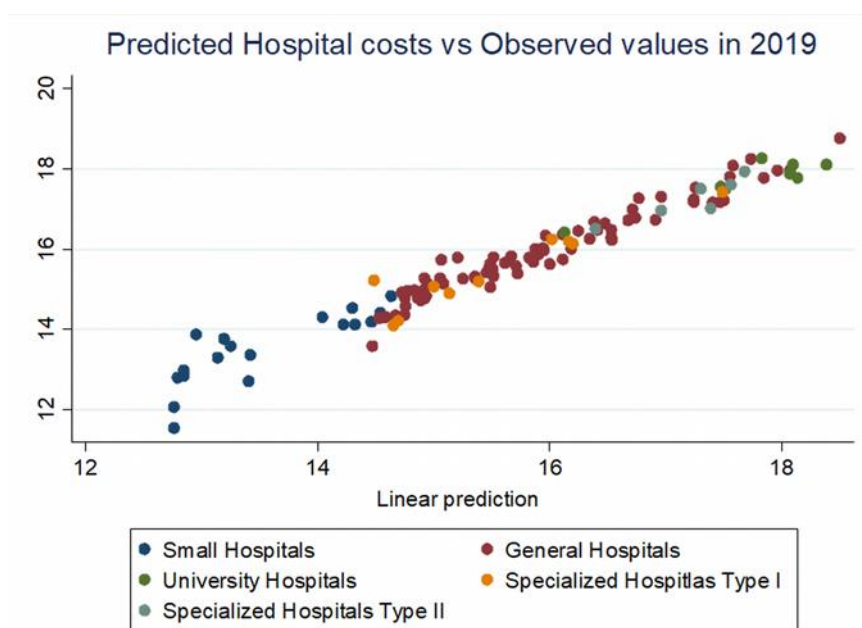
Εικόνα 4. Προσαρμοσμένες προβλέψεις του κόστους για διαφορετικό αριθμό ημερών νοσηλείας και διαφορετικό αριθμό κλινών.

Ο αριθμός των εργαζομένων κάθε νοσοκομείου έχει αυξητική επίδραση στο λειτουργικό κόστος, καθώς αποτελεί ένδειξη τόσο του μεγέθους του όσο και του αριθμού των ασθενών που μπορεί να εξυπηρετήσει.

Κάνοντας τις προβλέψεις των συνολικών δαπανών με βάση το μοντέλο πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης, χρησιμοποιώντας τα δεδομένα των δύο ετών, διαπιστώνουμε ότι πρέπει να γίνουν προσαρμογές στις λειτουργικές δαπάνες και συνεπώς στη χρηματοδότηση των νοσοκομείων, είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω (Εικόνες 5 και 6). Λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά του νοσοκομείου και το εύρος των υπηρεσιών που παρείχε, ανεξάρτητα από το είδος ή την πολυπλοκότητά του, είναι δυνατόν να αξιολογηθεί η λειτουργία του από άποψη κόστους και να προσδιοριστούν οι αναγκαίες παρεμβάσεις για την παροχή ασφαλέστερων και ποιοτικότερων υπηρεσιών στους ασθενείς. Ανεξάρτητα από το αν το μοντέλο παλινδρόμησης προέκυψε από επαρκείς ή ανεπαρκείς προϋπολογισμούς των ετών αυτών, η τάση είναι ευδιάκριτη και μετρήσιμη. Ανάλογα με τους διαθέσιμους πόρους του κρατικού προϋπολογισμού κάθε έτους για τη λειτουργία των νοσοκομείων, το Υπουργείο Υγείας μπορεί να παρέμβει στη χρηματοδότηση με δίκαιο τρόπο και εντός ασφαλών ορίων.



Εικόνα 5. Προβλεπόμενα νοσοκομειακά κόστη με βάση το μοντέλο τυχαίων επιδράσεων vs πραγματικά κόστη του 2018.



Εικόνα 6. Προβλεπόμενα νοσοκομειακά κόστη με βάση το μοντέλο τυχαίων επιδράσεων vs πραγματικά κόστη του 2019.

Η συγκριμένη ανάλυση δημοσιεύτηκε στο περιοδικό Healthcare [47] τον Αύγουστο του 2022 με τον τίτλο «**Predicting the Annual Funding for Public Hospitals with Regression Analysis on Hospital’s Operating Costs: Evidence from the Greek Public Sector.**»

3.2 Πρόβλεψη των ενεργειακών δαπανών των νοσοκομείων

3.2.1 Εισαγωγή

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) και το σύστημα υγειονομικής περίθαλψης της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) έχουν ταχθεί υπέρ των Στόχων Βιώσιμης Ανάπτυξης και της εφαρμογής δημόσιων πολιτικών περιβαλλοντικής, κοινωνικής και εταιρικής διακυβέρνησης Environmental, Social and corporate Governance (ESG) στα νοσοκομεία, το οποίο είναι ένα νέο ερευνητικό πεδίο. Ο μετασχηματισμός της ευρωπαϊκής οικονομίας σε ένα πιο πράσινο, κοινωνικό και πιο ανθεκτικό και κυκλικό σύστημα αποτελεί μία από τις δεσμεύσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης συγκαταλέγονται μεταξύ των μεγαλύτερων βιομηχανιών παγκοσμίως, καθώς και μεταξύ των πιο δαπανηρών. Οι δημόσιες δαπάνες για την υγειονομική περίθαλψη και τη μακροχρόνια φροντίδα στις χώρες που ανήκουν στον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ) πρόκειται να φθάσουν το 2030 το 9% του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος (ΑΕΠ) και το 2060 το 14%. Ο τομέας της υγειονομικής περίθαλψης στην Ευρώπη αντιπροσωπεύει το 10% του ΑΕΠ, το 15% των δημόσιων δαπανών και το 8% του εργατικού δυναμικού της ΕΕ [48]. Ο ΠΟΥ προτείνει ότι η ατζέντα 2030 για τους στόχους βιώσιμης ανάπτυξης αποτελεί ευκαιρία για τις κυβερνήσεις και τη διεθνή κοινότητα για μακροπρόθεσμη δέσμευση προκειμένου να βελτιωθεί η υγεία ως κεντρικό στοιχείο της ανάπτυξης. Οι 17 συνοδευτικοί στόχοι βιώσιμης ανάπτυξης (ΣΒΑ) καθορίζουν τους τομείς προτεραιότητας της δράσης. Ο στόχος 3 (εξασφάλιση υγιούς ζωής και προώθηση της ευημερίας για όλους σε όλες τις ηλικίες), με τον στόχο 3.8 για την καθολική υγειονομική κάλυψη (UHC), υπογραμμίζουν τη σημασία της εξασφάλισης ότι όλοι οι άνθρωποι και οι κοινότητες πρέπει να έχουν πρόσβαση σε ποιοτικές υπηρεσίες υγείας χωρίς να διακινδυνεύουν να αντιμετωπίσουν οικονομικές δυσκολίες [49,50].

Τα οφέλη των στόχων βιώσιμης ανάπτυξης και της βιώσιμης χρηματοδότησης στο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης είναι πιο σημαντικά από ποτέ. Για τα Υπουργεία Υγείας καθώς και για τις διοικήσεις των νοσοκομείων, η βιώσιμη χρηματοδότηση με την ενσωμάτωση περιβαλλοντικών, κοινωνικών και διακυβερνητικών παραγόντων (ESG) στη λήψη επενδυτικών αποφάσεων θα πρέπει να βρίσκεται στην κορυφή των προτεραιοτήτων τους. Στο πλαίσιο των προαναφερθέντων σημείων αυτή η κατηγορία νοσοκομειακών δαπανών, δηλαδή το κόστος των ενεργειακών πόρων, εξετάστηκε ξεχωριστά από τις άλλες κατηγορίες νοσοκομειακών

δαπανών, λόγω των διαφορετικών επιπτώσεών τους στο περιβάλλον, στην υγεία και στην οικονομία, αλλά και λόγω των διαφορετικών τύπων παρεμβάσεων που απαιτούνται για την παρακολούθησή τους, τον έλεγχο, την πρόβλεψη και τη βελτιστοποίηση.

Τα νοσοκομεία είναι πολύπλοκα κτίρια με τεράστιες ενεργειακές απαιτήσεις σε σύγκριση με άλλους τύπους κτιρίων της ίδιας κλίμακας, όπως σχολεία, πανεπιστήμια, κτίρια γραφείων ή τράπεζες [51]. Σε αντίθεση με άλλα κτίρια, τα νοσοκομεία λειτουργούν σε συνεχή βάση και κατοικούνται από χιλιάδες ανθρώπους, πολλοί από τους οποίους είναι ευάλωτοι στις περιβαλλοντικές συνθήκες, οι οποίες απαιτούν συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασίας και παραμέτρους εσωτερικού αέρα, ιδίως στις αίθουσες χειρουργείων και θεραπείας. Σε πολλές μελέτες έχει τεκμηριωθεί ότι οι θερμικές απαιτήσεις των νοσοκομείων είναι πολύ υψηλότερες από εκείνες άλλων εμπορικών κτιρίων [52,53]. Το θερμικό κόστος περιλαμβάνει τη θέρμανση και την ψύξη και η ισορροπία μεταξύ αυτών των δύο μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες [52,54], αλλά παρ' όλα αυτά το κόστος αυτό μπορεί να φτάσει ακόμη και το 50% των συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων ενός νοσοκομείου [54]. Η υψηλή ενεργειακή ένταση στις εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης, ιδίως στα νοσοκομεία, μαζί με το ενεργειακό κόστος και τις συναφείς περιβαλλοντικές ανησυχίες καθιστούν την ενεργειακή ανάλυση ζωτικής σημασίας για αυτού του είδους τις εγκαταστάσεις.

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας των νοσοκομείων υπερβαίνει επίσης εκείνη πολλών άλλων τύπων κτιρίων λόγω της πρόσθετης χρήσης εξειδικευμένου ιατρικού εξοπλισμού, εργαστηρίων, αποστείρωσης κ.λπ., εκτός από τα πλυντήρια, τα εστιατόρια και τις εγκαταστάσεις προετοιμασίας τροφίμων που απαιτούνται. Ανάλογα με το μέγεθος του νοσοκομείου και τις κλινικές ανάγκες του πληθυσμού-στόχου, οι παρεχόμενες υπηρεσίες μπορεί να διαφέρουν σημαντικά ακόμη και μεταξύ νοσοκομείων που ονομαστικά κατατάσσονται στα γενικά (δηλαδή μη εξειδικευμένα) νοσοκομεία. Ακόμη και εντός των νοσοκομείων, τα διάφορα τμήματα διαφέρουν ως προς την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανάλογα με τα αναγκαία φορτία του διαθέσιμου εξοπλισμού που χρησιμοποιείται. Για παράδειγμα, οι θάλαμοι, οι κλινικές ημέρας και ορισμένα άλλα τμήματα έχουν χαμηλότερη ένταση κατανάλωσης σε σύγκριση με τα χειρουργεία, τα εργαστήρια και τμήματα όπως η απεικόνιση και η ακτινοθεραπεία [55]. Η πρόβλεψη των φορτίων των ηλεκτρικών συσκευών αποτελεί επίσης σημαντικό μέρος της μοντελοποίησης των ενεργειακών ροών στα κτίρια. Στα

νοσοκομεία τα φορτία αυτά έχουν πρόσθετο και σημαντικό αντίκτυπο στις συνολικές ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη που αναφέρθηκαν προηγουμένως, ιδίως για τους χώρους που χρησιμοποιούνται για διάγνωση και ιατρική περίθαλψη [56]. Σε γενικές γραμμές, η ψύξη αντιπροσωπεύει περισσότερο από το ήμισυ της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ η επιρροή των χρηστών φαίνεται περιορισμένη, δεδομένου ότι περίπου το 80% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας από τα ηλεκτρικά φορτία μπορεί να αποδοθεί στο φορτίο βάσης [57].

Έχουν προταθεί μαθηματικά μοντέλα για την ανάπτυξη δεικτών αποδοτικότητας που επιτρέπουν στη διοίκηση να συγκρίνει την κατανάλωση ενέργειας για κτίρια με παρόμοιες λειτουργίες και να εντοπίζει ποια έχουν λιγότερο αποδοτική ενεργειακή συμπεριφορά, δίνοντας έτσι μια αναφορά για τον προγραμματισμό επενδύσεων για τη βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας [58]. Επιπλέον, έχουν προταθεί αποτελεσματικά μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας, όπως η προσθήκη θερμομόνωσης σε εκτεθειμένους εξωτερικούς τοίχους, η χρήση ενεργειακά αποδοτικών λαμπτήρων, η χρήση ηλιακών συλλεκτών για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, η αντικατάσταση παλαιών μη αποδοτικών λεβήτων και η τακτική συντήρηση των λεβήτων κεντρικής θέρμανσης [59]. Επιπλέον, η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η ηλιακή θερμική ενέργεια, η ηλιακή φωτοβολταϊκή ενέργεια και η στερεά βιομάζα και οι αντλίες θερμότητας από το έδαφος για την παραγωγή θερμότητας, ψύξης και ηλεκτρικής ενέργειας, έχει συζητηθεί στη βιβλιογραφία [60]. Αρκετές μελέτες σε διάφορες χώρες έχουν διερευνήσει τον πιθανό ρόλο και τη συνεισφορά των μακροσκοπικών δεικτών των νοσοκομείων στις συνολικές ενεργειακές απαιτήσεις. Στις χώρες αυτές περιλαμβάνονται, μεταξύ άλλων, η Ισπανία [61,62] η Γερμανία [63], η Κίνα [54] και οι ΗΠΑ [52]. Σε γενικές γραμμές, οι συνολικές ενεργειακές απαιτήσεις εξαρτώνται, όπως είναι αναμενόμενο, από το μέγεθος του κτιρίου, τον αριθμό των κλινών, τον αριθμό των εργαζομένων, το κλίμα και τη γεωγραφική θέση, τον αριθμό των εσωτερικών και εξωτερικών ασθενών, τον αριθμό των ΜΕΘ, τον αριθμό των χειρουργικών επεμβάσεων και των εξετάσεων που πραγματοποιούνται κ.ο.κ.

Απώτερος στόχος της παρούσας μελέτης, εκτός από τον προσδιορισμό της συμβολής των παραπάνω χαρακτηριστικών στις συνολικές ενεργειακές απαιτήσεις των νοσοκομείων, είναι η δημιουργία ενός κατάλληλου μοντέλου το οποίο, με βάση τις τιμές των λειτουργικών και περιγραφικών χαρακτηριστικών, θα είναι σε θέση να

εκτιμήσει το ύψος του ειδικού κόστους σε ετήσια βάση. Με τον τρόπο αυτό, το Υπουργείο Υγείας και η διοίκηση του Νοσοκομείου θα είναι σε θέση να:

- Να έχουν μια πλήρη εικόνα του κόστους των ενεργειακών πόρων, συνολικά και ανά μονάδα υγείας
- Γνωρίζουν τους παράγοντες που συμβάλλουν στο ενεργειακό κόστος, ώστε να είναι σε θέση να σχεδιάζουν στοχευμένες παρεμβάσεις
- Να συγκρίνουν τους δείκτες του κάθε νοσοκομείου με αυτούς που έχουν τις καλύτερες επιδόσεις και πρακτικές, εντοπίζοντας ποια έχουν λιγότερο αποδοτική ενεργειακή συμπεριφορά προωθώντας τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
- Να είναι καλά προετοιμασμένοι όταν πρόκειται για τον προϋπολογισμό, ώστε να μπορούν να διασφαλίσουν τη βιωσιμότητα των οικονομικών τους μέσω της βιώσιμης ανάπτυξης
- Έχουν θετικά αποτελέσματα, όπως μείωση του κόστους και βελτίωση της βιωσιμότητας ή ακόμη και της κερδοφορίας λόγω της καλύτερης ενεργειακής απόδοσης
- Να μετρούν, να παρακολουθούν και να βελτιώνουν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του Νοσοκομείου, βελτιώνοντας έτσι τις περιβαλλοντικές συνθήκες της περιοχής του και ενδεχομένως την υγεία των κατοίκων της περιοχής στην οποία βρίσκεται

Για την συγκεκριμένη ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν τα αναλυτικά οικονομικά δεδομένα των δύο ετών που αφορούσαν δαπάνες για πετρέλαιο, ηλεκτρικό και φυσικό αέριο (όπου υπήρχε παροχή φυσικού αερίου). Όπου Gas Yes/No η ονομασία της νέας μεταβλητής που προστέθηκε στη μελέτη αναφορικά με το αν υπάρχει παροχή φυσικού αερίου στο κάθε νοσοκομείο.

Προκειμένου να δημιουργήσουμε ένα ακριβέστερο μοντέλο, αφού από πολλές μελέτες έχει αποδειχθεί ότι οι περιβαλλοντικές συνθήκες μεταβάλλουν την κατανάλωση ενέργειας, καταγράψαμε τις μέσες ελάχιστες χειμερινές θερμοκρασίες και τις μέσες μέγιστες θερινές θερμοκρασίες στις περιοχές όπου βρίσκεται κάθε νοσοκομείο μέσω της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας που παρέχει δεδομένα στην πλατφόρμα Weather-atlas (<https://www.weather-atlas.com/en/greece>) ή άλλων δικτυακών τόπων που παρακολουθούν μηνιαία το κλίμα της Ελλάδας (<https://www.meteo.gr/climatic.cfm>, <https://www.helppost.gr/kairos>). Οι τιμές των δυο

αυτών μεγεθών αποτέλεσαν δυο επιπλέον ανεξάρτητες μεταβλητές στα υπό εξέταση μοντέλα (την Average Low Temperature in Winter °C και την Average High Temperature in Summer °C αντίστοιχα).

Επίσης, για τη συγκεκριμένη ανάλυση η κατηγοριοποίηση των νοσοκομείων περιείχε τις 4 βασικές κατηγορίες νοσοκομειακών μονάδων, χωρίς να γίνεται επιπλέον διαχωρισμός των εξειδικευμένων νοσοκομείων σε τύπου I και τύπου II καθώς δεν υπήρχε ουσιαστική διαφοροποίηση ενεργειακή άποψη. Οπότε οι κατηγορίες των νοσοκομείων ήταν: τα μικρά νοσοκομεία, τα γενικά νοσοκομεία, τα πανεπιστημιακά και τα ειδικά.

3.2.2 Αποτελέσματα ανάλυσης & μοντέλο πρόβλεψης

Όπως προαναφέρθηκε, τα δεδομένα που αναλύθηκαν αφορούσαν το κόστος των ενεργειακών πόρων, δηλαδή το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας, το κόστος της κατανάλωσης φυσικού αερίου, όπου υπάρχει, και το κόστος του πετρελαίου θέρμανσης. Λόγω της ανομοιογένειας στον τρόπο καταγραφής των παραπάνω δαπανών στο πληροφοριακό σύστημα BI από το οποίο ελήφθησαν τα δεδομένα, οι δαπάνες αυτές αντιμετωπίστηκαν ως μία χωρίς να διαχωρίζονται σε όλες τις μονάδες υγείας. Έτσι, το σύνολο των δαπανών αυτών για τα έτη 2018 και 2019 ανήλθε σε 93.350.927€ και 101.331.823€ αντίστοιχα, ποσά που προσεγγίζουν, κατά μέσο όρο, το 4,5% του συνολικού λειτουργικού κόστους των νοσοκομείων κάθε έτος. Φυσικά, τα ποσά αυτά διαφέρουν από υγειονομική περιφέρεια σε υγειονομική περιφέρεια αλλά και από νοσοκομείο σε νοσοκομείο, ακόμη και της ίδιας κατηγορίας ή μεγέθους. Οι διαφορές αυτές παρατηρήθηκαν σαφώς στο σύνολο των δεδομένων μας Πίνακας 9, οι οποίες υποδηλώνουν, εκτός από ετερογένεια των δομών (κτηριακών εγκαταστάσεων), διαφοροποιήσεις στο είδος και την ποσότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών και την υιοθέτηση διαφορετικών πρακτικών ελέγχου και διαχείρισης. Ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις με χαμηλό ενεργειακό κόστος, η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας εντοπίστηκε από πρόσφατες επενδυτικές δράσεις των νοσοκομείων αυτών.

Πίνακας 9. Μέσο ετήσιο κόστος (€) των ενεργειακών πόρων ανά κλίνη και ανά τύπο νοσοκομείου. Δεδομένα από τα έτη 2018 & 2019.

Τύπος Νοσοκομείου	Μέσο κόστος	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή
Μικρά Νοσοκομεία	2705.11	1778.74	712.20	8728.43
Γενικά Νοσοκομεία	3073.69	1440.71	789.07	10435.82
Πανεπιστημιακά Νοσοκομεία	4049.81	1185.23	1779.09	6165.49
Ειδικά Νοσοκομεία	2467.77	1379.45	956.87	7057.02

Όλοι οι παράγοντες εξετάστηκαν με ανάλυση παλινδρόμησης για κάθε έτος και στη συνέχεια συλλογικά και για τα δύο έτη, ταξινομώντας τα δεδομένα ανά νοσοκομείο. Οι μονοδιάστατες συσχετίσεις στο συνολικό ενεργειακό κόστος παρουσιάζονται στον πίνακα 10.

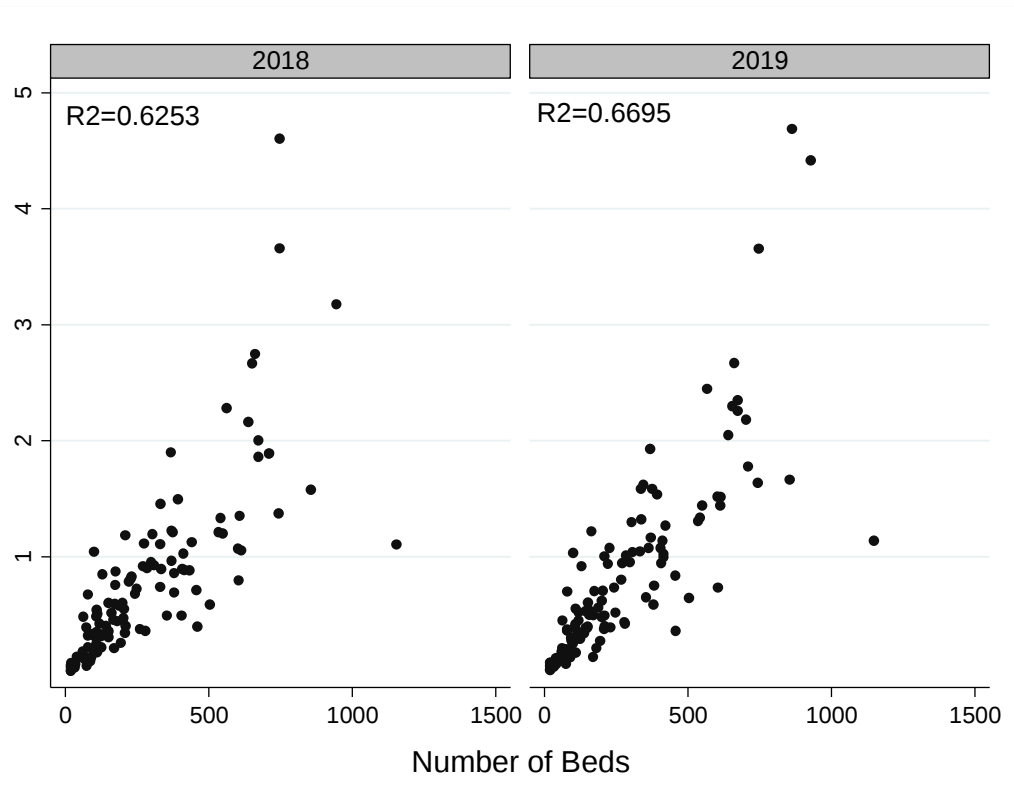
Πίνακας 10. Αποτελέσματα ανάλυσης παλινδρόμησης για το συνολικό ενεργειακό κόστος ξεχωριστά για κάθε μια ανεξάρτητη μεταβλητή. Συντελεστές παλινδρόμησης (coef.) και τυπικά σφάλματα εκτιμήσεων (Std. Err.)

Μονοδιάστατες συσχετίσεις των ανεξάρτητων μεταβλητών στο κόστος των ενεργειακών δαπανών.	Γραμμική Παλινδρόμηση για το ενεργειακό κόστος Έτος 2018		Γραμμική Παλινδρόμηση για το ενεργειακό κόστος Έτος 2019		Γραμμική Παλινδρόμηση για το ενεργειακό κόστος Έτη 2018 & 2019 Ομαδοποιημένα ανά Νοσοκομείο		Παλινδρόμηση Τυχαίων Επιδράσεων για το ενεργειακό κόστος	
	Αρ. Παρατηρήσεων = 121		Αρ. Παρατηρήσεων = 121		Αρ. Παρατηρήσεων = 242 Αριθμός Ομάδων =121		Αρ. Παρατηρήσεων = 242 Αριθμός Ομάδων =121	
	Συντελεστής (Τυπ. Σφάλμα)		Συντελεστής (Τυπ. Σφάλμα)		Συντελεστής (Τυπ. Σφάλμα)		Συντελεστής (Τυπ. Σφάλμα)	
Number of Beds	2583.323	(183.3146)	2885.454	185.8608	2735.491	(404.5028)	2735.491	(130.6286)
Hospital Type								
Small Hospital	-		-		-		-	
General Hospital	618148.7	(138856.2)	698553.4	(160696.5)	658642	(75678.37)	658642	(105513.8)
University Hospital	2473521	(228460.8)	2494973	(264730.9)	2484247	(358166.6)	2484247	(173713.4)
Specialized Hospital	622670.6	(180968)	635208.7	(213128.6)	628601.6	(119088.8)	628601.6	(138697.5)
Location - Island	-186407.6	(170239.4)	-257482.8	(184100.5)	-221945.2	(187034.7)	-221945.2	(124977.8)
Internal Patients	29.77748	(1.995884)	29.24453	(2.318873)	29.5028	(3.672652)	29.5028	(1.53056)
Days of Stay	9.627841	(0.6174054)	9.806502	(0.706705)	9.71513	(1.003908)	9.71513	(0.4693699)
Outpatients	7.707917	(0.5921816)	8.544256	(0.6152159)	8.121719	(1.044999)	8.121719	(0.427375)
Surgeries	111.7947	(12.60767)	130.2421	(13.89072)	120.507	(21.77539)	120.507	(9.361653)
Laboratory Tests	.4572315	(0.0269609)	.4933744	(0.0286535)	.4756304	(0.0481975)	.4756304	(0.0196695)
Medical Imaging Tests	5.869697	(0.6399809)	6.709507	(0.6620062)	6.289428	(1.200686)	6.289428	(0.4600281)

Average Days of Stay	-11523.83	(20782.18)	-5940.653	(23832.93)	-9048.96	(11783.63)	-9048.96	(15697.78)
Average Bed Coverage	719374	(236046.4)	644088.4	(243526)	677010.9	(523825.4)	677010.9	(169197.2)
Patient Income Rate	421863.9	(178211.9)	314378.6	(184733.5)	365219.9	(296320.8)	365219.9	(128091.2)
Emmployees	1212.711	(66.04963)	1325.883	(62.22339)	1271.508	(111.8295)	1271.508	(45.33585)
Intensive Care Unit	850144.1	(115520.8)	879509.4	(127579.9)	864251.8	(109305.8)	864251.8	(85831.18)
Artificial Kidney Unit	453859.2	(141255.3)	537861.2	(153044.8)	496155.2	(116690.6)	496155.2	(103787.5)
Hemodialysis	57.45735	(12.96495)	65.3004	(14.15578)	61.34309	(11.70055)	61.34309	(9.565021)
Gas Yes / No	335470.1	(137725.1)	456603.5	(147253.1)	396036.8	(136887.2)	396036.8	(100556.3)
Average Low Temperature in Winter °C	301.2561	(20963.22)	3182.975	(22739.5)	1742.116	(30626.47)	1742.116	(15412.65)
Average High Temperature in Summer °C	94859.44	(38050.85)	109922.1	(41126.1)	102390.8	(35712.58)	102390.8	(27926.4)

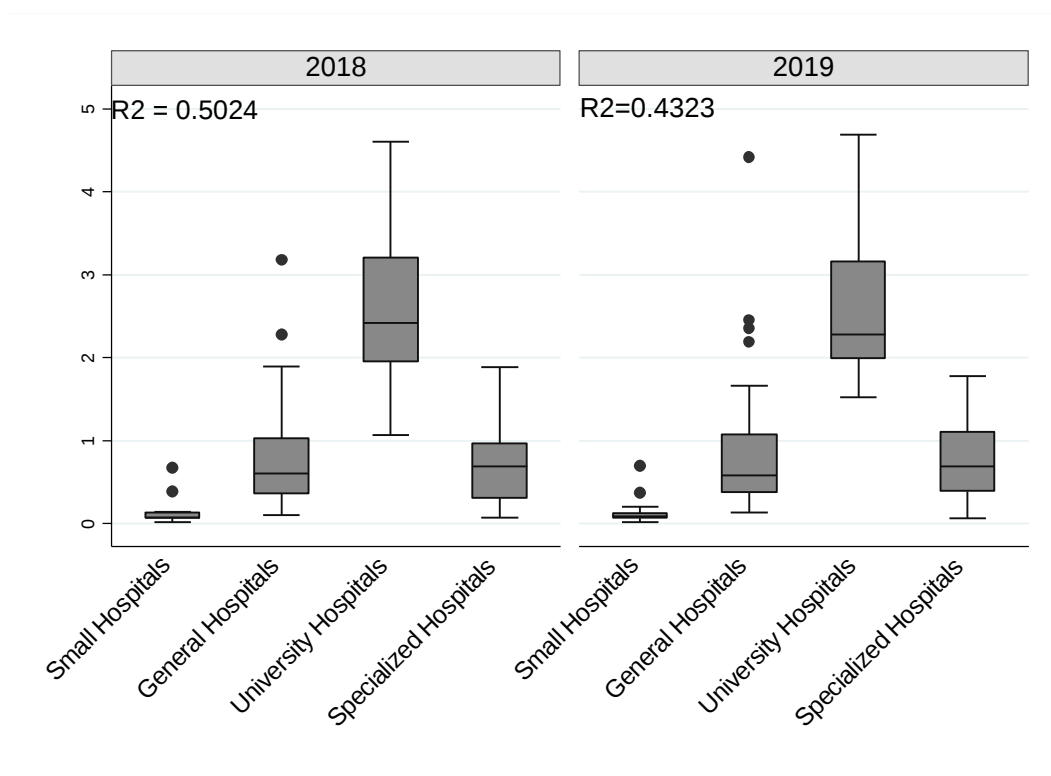
**Average Days of Stay, Average Bed Coverage & Patient Income Rate: Οι τιμές των Μέσων ημερών νοσηλείας, της μέσης πληρότητας των κλινών και της Μέσης εισροής των ασθενών υπολογισμένες από τα δεδομένα του κάθε νοσοκομείου , οι οποίες συμπεριλήφθηκαν στην ανάλυση για πιθανή συσχέτιση με το ενεργειακό κόστος.*

Ο αριθμός των κλινών σε κάθε νοσοκομείο φαίνεται να έχει μία από τις μεγαλύτερες επιπτώσεις στην κατανάλωση ενέργειας, όσον αφορά το κόστος (Εικόνα 7), καθώς υποδηλώνει το μέγεθος και τον τύπο του νοσοκομείου, επιβεβαιώνοντας τα ευρήματα άλλων μελετών που πραγματοποιήθηκαν σε άλλες χώρες (Γερμανία, Ισπανία, Κίνα και Αγγλία) όσον αφορά τις κιλοβατώρες.



Εικόνα 7. Αποτύπωση των ενεργειακών δαπανών των νοσοκομείων ανάλογα με τον αριθμό των κλινών.

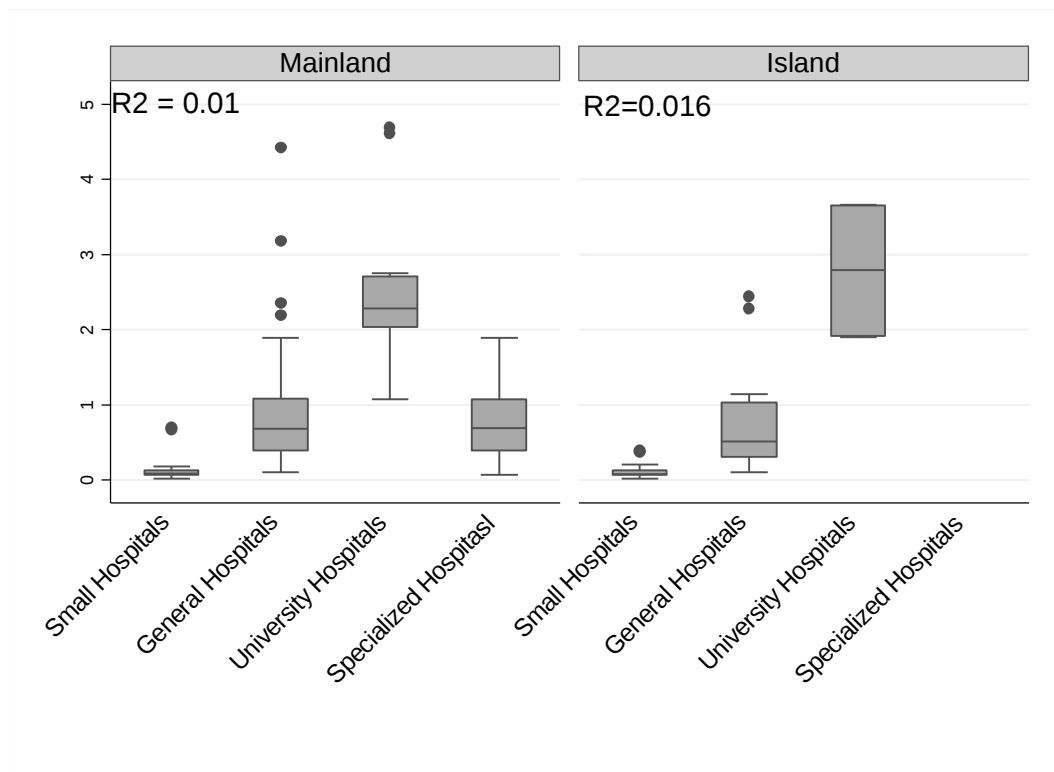
Μια πρόσφατη μελέτη [13], η οποία πραγματοποίησε δειγματοληψία σε 23 γερμανικά δημόσια νοσοκομεία, έδειξε υψηλή συσχέτιση μεταξύ της δομημένης επιφάνειας και του αριθμού των νοσοκομειακών κλινών ($R^2=0,8616$), γεγονός που υποδηλώνει ότι τα νοσοκομεία είναι παρόμοια από μορφολογική άποψη. Ο τύπος του νοσοκομείου φαίνεται να έχει σημαντική επίδραση στο συνολικό κόστος των ενεργειακών πόρων όταν μετράται χωριστά από τους άλλους παράγοντες (Εικόνα 8).



Εικόνα 8. Ενεργειακές δαπάνες νοσοκομείων για κάθε χρονιά ξεχωριστά και ανά τύπο νοσοκομείου.

Η γεωγραφική περιοχή στην οποία βρίσκεται το κάθε νοσοκομείο, αν και αναμενόταν να επηρεάσει το κόστος, δεν φαίνεται να αποδίδει στατιστικά σημαντική επίδραση σε αυτές τις δαπάνες που εξετάζουμε, ενδεχομένως επειδή η κατηγοριοποίηση δεν γίνεται με βάση το υψόμετρο αλλά με βάση το αν τα νοσοκομεία βρίσκονται στην ηπειρωτική Ελλάδα ή στα νησιά (Εικόνα 9).

Οι εξωτερικοί κλιματικοί παράγοντες (όπως η μέση μέγιστη θερμοκρασία του καλοκαιριού και η μέση ελάχιστη θερμοκρασία του χειμώνα) δεν φαίνεται να παίζουν σημαντικό ρόλο στις διακυμάνσεις των ενεργειακών δαπανών, γεγονός που μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι η Ελλάδα είναι μια χώρα με ήπιες κλιματικές συνθήκες. Αυτό συμπίπτει με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από παρόμοια μελέτη σε νοσοκομεία της Γερμανίας.



Εικόνα 8. Ενεργειακές δαπάνες νοσοκομείων σε σχέση με την γεωγραφική περιοχή που βρίσκονται (ηπειρωτική ή νησιωτική χώρα) και ανά τύπο νοσοκομείου.

Δεδομένου ότι όλοι οι προαναφερθέντες παράγοντες επηρεάζουν τη συνολική κατανάλωση και, επομένως, το συνολικό κόστος μεμονωμένα και σε συνδυασμό, προχωρήσαμε σε ανάλυση παλινδρόμησης ξεκινώντας με όλες τις ανεξάρτητες μεταβλητές και αποκλείοντας σταδιακά εκείνες που δεν είχαν στατιστικά σημαντική πρόσθετη επίδραση. Αρχικά, πραγματοποιήσαμε μια ανάλυση παλινδρόμησης ανά έτος για τα έτη 2018 και 2019 και στη συνέχεια πραγματοποιήσαμε ανάλυση παλινδρόμησης και για τα δύο έτη ομαδοποιώντας τα δεδομένα ανά νοσοκομείο και τέλος πραγματοποιήσαμε μια ανάλυση παλινδρόμησης τυχαίων επιδράσεων με εκτιμητή GLS (Πίνακας 11).

Πίνακας 11. Αναλυτικά αποτελέσματα για τα μοντέλα εκτίμησης των ενεργειακών δαπανών των νοσοκομείων από την ανάλυση παλινδρόμησης για κάθε έτος ξεχωριστά και συνολικά με δυο διαφορετικούς τύπους ανάλυσης παλινδρόμησης.

Μεταβλητές	Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση Έτος 2018		Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση Έτος 2019		Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση και για τα δυο έτη με ομαδοποίηση των δεδομένων ανά νοσοκομείο		Παλινδρόμηση τυχαίων επιδράσεων και για τα δυο έτη με ομαδοποίηση των δεδομένων ανά νοσοκομείο	
	Αρ. Παρατηρήσεων = 121 R ² = 0.8737		Αρ. Παρατηρήσεων = 121 R ² =0.8823		Αρ. Παρατηρήσεων = 242 Αρ. Ομάδων = 121 R ² =0.8706		Αρ. Παρατηρήσεων = 242 Αρ. Ομάδων = 121 Wald chi ² = 771.39	
	Συντελεστής (Τυπ.Σφάλμα)		Συντελεστής (Τυπ.Σφάλμα)		Συντελεστής (Τυπ.Σφάλμα)		Συντελεστής (Τυπ.Σφάλμα)	
Number of Beds	b₁	1737.639 (379.5269)		1141.638 (407.442)		1457.61 (427.0586)		1457.61 (280.5435)
Total Internal Patients	b₂	-7.148189 (4.642647)		-20.38138 (4.466779)		-14.39322 (4.973882)		-14.39322 (3.244414)
Total Surgeries	b₃	-41.46583 (11.992)		-39.14559 (13.2354)		-40.00607 (11.5357)		-40.00607 (8.982373)
Medical Imaging Tests	b₄	.6098211 (0.5168566)		1.371569 (0.549363)		1.008296 (0.452521)		1.008296 (0.3811336)
Total Number of Emmployees	b₅	748.5674 (175.9849)		1162.502 (187.1926)		977.9197 (159.9215)		977.9197 (129.222)
Gas Yes / No	b₆	318254.9 (107887.6)		318874 (110294.2)		316048.8 (100715.5)		316048.8 (77994.67)
Beds # Internal Patients	b₇	.0304837 (0 .0064912)		0.0354459 (0.0065366)		.0325848 (0.0064755)		.0325848 (0 .0046534)
Gass # Beds Gass=Yes	b₈	-2099.597 (289.5574)		-1669.537 (289.5997)		-1880.896 (409.1054)		-1880.896 (206.8234)
Constant	b₀	-5651.184 (57453.19)		-8279.186 (59706.13)		-11034.03 (40728.71)		-11034.03 (41903.62)

*Το σύμβολο (#) αντιπροσωπεύει την αλληλεπίδραση δυο μεταβλητών.

* *p-values* < 0.05.

Οι μεταβλητές που φαίνεται να έχουν στατιστικά σημαντική επίδραση στο ενεργειακό κόστος των δημόσιων νοσοκομείων είναι: ο αριθμός των κλινών, ο τύπος του νοσοκομείου, ο αριθμός του προσωπικού, η ύπαρξη ή μη παροχής φυσικού αερίου, ο αριθμός των νοσηλευόμενων ασθενών, ο αριθμός των χειρουργικών επεμβάσεων, ο αριθμός των ιατρικών απεικονιστικών εξετάσεων και ορισμένες μεταβλητές που προκύπτουν από τις αλληλεπιδράσεις των ανωτέρω. Όπως είναι σαφές, οι μεταβλητές αυτές αντιστοιχούν σε δύο διαφορετικές κατηγορίες, αυτές που περιγράφουν το μέγεθος και τον τύπο του νοσοκομείου, τις οποίες ονομάσαμε δομικές μεταβλητές και αυτές που περιγράφουν το υγειονομικό έργο που παράγει κάθε μονάδα υγείας, κάθε χρόνο, τις οποίες ονομάσαμε λειτουργικές μεταβλητές. Το μέγεθος της ικανότητας πρόβλεψης που συνεισφέρει κάθε μία από αυτές τις δύο κατηγορίες μεταβλητών στο συνολικό μοντέλο που περιγράφει το κόστος των ενεργειακών πόρων και τις μεταβολές τους, είναι σημαντικά διαφορετικό. Πραγματοποιώντας ανάλυση παλινδρόμησης χρησιμοποιώντας μόνο τις δομικές μεταβλητές, προέκυψαν μοντέλα με R^2 μεγαλύτερο από 0,84, ενώ προσθέτοντας στο μοντέλο τις λειτουργικές μεταβλητές το R^2 φτάνει το 0,87, γεγονός που υποδηλώνει ότι η πρόσθετη συνεισφορά των δεδομένων παραγωγής υγειονομικών πόρων του νοσοκομείου είναι της τάξης του 3%.

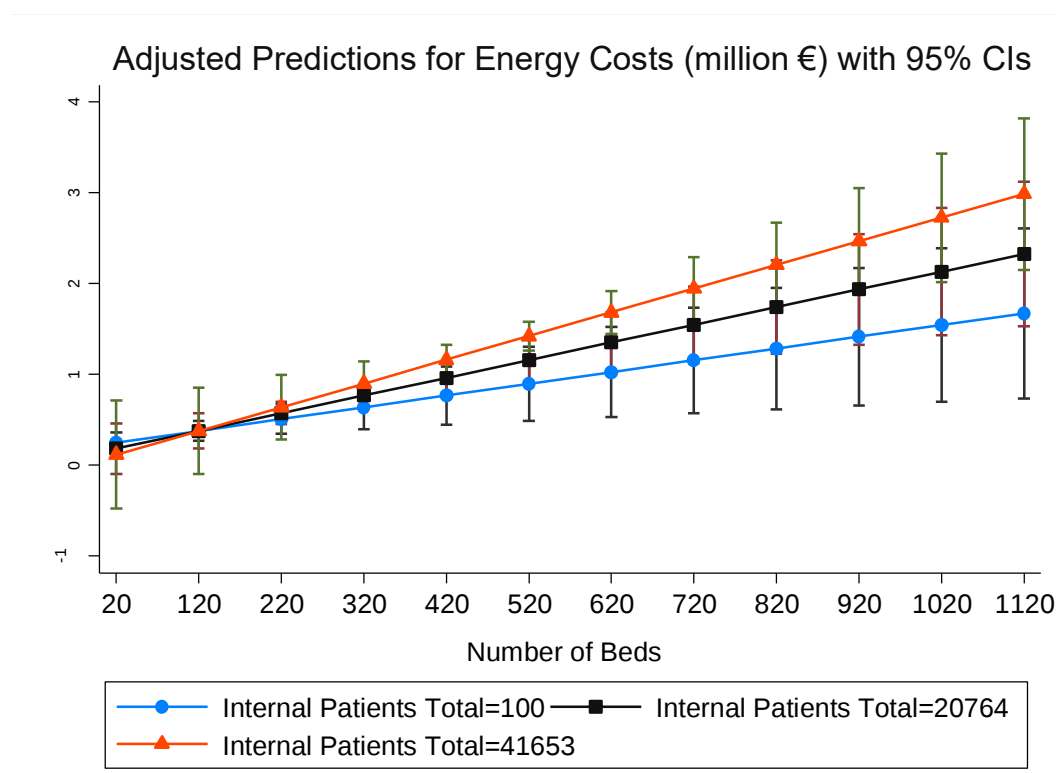
Καταλήξαμε σε δύο μοντέλα παλινδρόμησης, ένα που περιλαμβάνει τόσο λειτουργικές όσο και διαρθρωτικές μεταβλητές (Μοντέλο 1) και ένα που περιλαμβάνει μόνο δομικές μεταβλητές (Μοντέλο 2). Εξετάζοντας το Μοντέλο 1 βλέπουμε ότι το συνολικό ενεργειακό κόστος (Y) για ένα συγκεκριμένο νοσοκομείο προκύπτει από την εξίσωση παλινδρόμησης:

Μοντέλο Νο1:

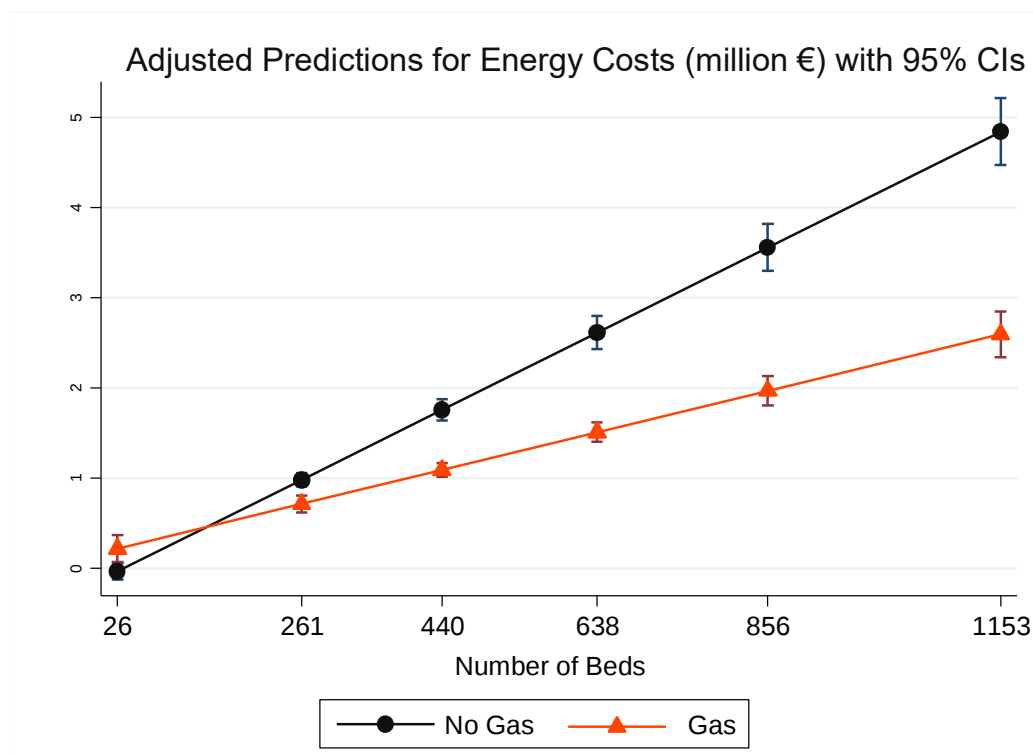
$$Y = -11034.03 + 1457.61 * (\text{Number of Beds}) - 14.39 * (\text{Internal Patients}) - 40.00 * (\text{Total Surgeries}) + 1.00 * (\text{Medical Imaging Tests}) + 979.91 * (\text{Number of Employees}) + 316048.8 * (\text{Gas}) + 0.032 * (\text{Beds} * \text{Internal Patients}) - 1880.89 * (\text{Gas} * \text{Beds})$$

Οι μεταβλητές που επηρεάζουν κυρίως το συνολικό κόστος είναι ο αριθμός των κλινών, ο συνολικός αριθμός του προσωπικού και η διαθεσιμότητα παροχής φυσικού αερίου (δομικές μεταβλητές) και ο αριθμός των ασθενών, ο αριθμός των χειρουργικών επεμβάσεων και ο αριθμός των ιατρικών απεικονιστικών εξετάσεων που πραγματοποιούνται κάθε χρόνο (λειτουργικές μεταβλητές). Η αλληλεπίδραση του

αριθμού των κλινών με τον αριθμό των νοσηλευόμενων ασθενών στο συνολικό ενεργειακό κόστος είναι στατιστικά σημαντική, υποδεικνύοντας ότι όσο αυξάνεται ο αριθμός των νοσηλευόμενων ασθενών αυξάνεται και η επίδραση του αριθμού των κλινών στο κόστος των ενεργειακών πόρων (Εικόνα 9). Ομοίως, η αλληλεπίδραση του αριθμού των κλινών με την ύπαρξη παροχής φυσικού αερίου μειώνει σημαντικά το συνολικό ενεργειακό κόστος. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των κλινών, τόσο μεγαλύτερη είναι η μείωση του ενεργειακού κόστους του νοσοκομείου κατά τη χρήση φυσικού αερίου (Εικόνα 10).



Εικόνα 9. Προβλέψεις ενεργειακού κόστους για νοσοκομεία με διαφορετικό αριθμό κλινών και με διαφορετικά επίπεδα συνολικού αριθμού νοσηλευόμενων ασθενών.



Εικόνα 10. Προβλέψεις ενεργειακού κόστους για νοσοκομεία με διαφορετικό αριθμό κλινών που έχουν ή δεν έχουν παροχή φυσικού αερίου.

Αν παρατηρήσουμε τη συμβολή των λειτουργικών μεταβλητών (όπως ο αριθμός των χειρουργείων) στο μοντέλο, μπορούμε να δούμε τη μικρή αλλά αρνητική επιρροή τους στο συνολικό ενεργειακό κόστος, σε αντίθεση με αυτή που είχαν στο αντίστοιχο κόστος όταν υπολογίστηκαν στη μονο-μεταβλητή ανάλυση (Πίνακας 10). Πρακτικά αυτό συμβαίνει επειδή, οι μεταβλητές που περιγράφουν τα λειτουργικά δεδομένα συσχετίζονται σε μεγάλο βαθμό μεταξύ τους (Πίνακας 12) δίνοντας τη θέση τους στη μεταβλητή "Τύπος νοσοκομείου" στο συνολικό μοντέλο παλινδρόμησης του ενεργειακού κόστους που προκύπτει μόνο από τις περιγραφικές μεταβλητές του μοντέλου 2, το οποίο εκφράζεται από την ακόλουθη εξίσωση:

Μοντέλο Νο2:

$$Y = -96730.41 + 1215.221 * (\text{Number of Beds}) + 456407.7 * (\text{Hospital Type}) + 1038.766 * (\text{Number of Employees}) + 49760.6 * \text{Gas} - 1142.712 * (\text{Gas} * \text{Beds})$$

Πίνακας 12. Κατά ζεύγη συσχετίσεις των ανεξάρτητων μεταβλητών.

	Beds	Internal patients	Days of stay	Total of Outpatients	N. of sessions in AKU	Total surgeries	Laboratory Tests	Medical Imaging Tests	Total number of employees	Av. Days of Stay	Average Bed Coverage	Patient Income Rate
Beds	1.0000											
Internal patients	0.7996	1.0000										
Days of stay	0.9074	0.8986	1.0000									
Total of Outpatients	0.7556	0.8532	0.7802	1.0000								
Number sessions in AKU	0.3070	0.3887	0.3118	0.4960	1.0000							
Total surgeries	0.7021	0.8045	0.7407	0.8612	0.4108	1.0000						
Laboratory Tests	0.7932	0.8772	0.8762	0.8316	0.3575	0.7731	1.0000					
Medical Imaging Tests	0.6295	0.7119	0.6807	0.7893	0.3832	0.7760	0.7221	1.0000				
Total number of employees	0.9236	0.8793	0.9214	0.8524	0.3511	0.8012	0.9166	0.7398	1.0000			
Average Days of Stay	0.1921	-0.181	0.1579	-0.2137	-0.2041	-0.2142	-0.1472	-0.1768	-0.0105	1.0000		
Average Bed Coverage	0.2314	0.3616	0.4627	0.2637	0.1373	0.2779	0.2963	0.2395	0.3239	0.3480	1.0000	
Patient Income Rate	0.1118	0.4477	0.2426	0.3506	0.1751	0.4274	0.2735	0.2434	0.2290	-0.4012	0.3699	1.0000

Για τα επικρατέστερα μοντέλα (No 1 και No 2), εκτιμήθηκαν το κριτήριο πληροφοριών Akaike (AIC) και το Bayesian information criterion (BIC) (Πίνακας 13), τα οποία είναι κατάλληλα για μοντέλα μέγιστης πιθανοφάνειας. Τόσο το AIC όσο και το BIC έδειξαν ότι το προτιμώμενο μοντέλο είναι εκείνο με τον μεγαλύτερο αριθμό μεταβλητών, που περιλαμβάνει τόσο λειτουργικές όσο και διαρθρωτικές πληροφορίες σχετικά με τα νοσοκομεία.

***Πίνακας 13.** Κριτήρια πληροφοριών Akaike & Bayesian για την επιλογή του καταλληλότερου μοντέλου πρόβλεψης.*

Model	Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC
Model 1	242	-3629.395	-3381.432	11	6784.863	6823.242
Model 2	242	-3629.396	-3402.71	8	6821.421	6849.332

Παρόλο που τα ανωτέρω κριτήρια υποδεικνύουν το μοντέλο No1 καθώς έχει τις μικρότερες τιμές AIC & BIC, δεδομένης όμως της μικρής διαφοράς αυτών των τιμών και της μικρής συνολικής αύξησης του R^2 , επιλέξαμε να αναφέρουμε επίσης το μοντέλο με τις λιγότερες μεταβλητές (δομικές μεταβλητές), καθώς αυτές είναι πολύ πιο εύκολο να εντοπιστούν και να καταγραφούν, και επιπλέον οι τιμές τους είναι σχετικά "σταθερές", καθώς δεν αλλάζουν πολύ, ή και καθόλου, από έτος σε έτος.

Η συγκεκριμένη έρευνα δημοσιεύτηκε στο περιοδικό *Energies*, τον Ιανουάριο του 2022 [64] με τίτλο «**Prediction and Optimization of the Cost of Energy Resources in Greek Public Hospitals**».

3.3 Πρόβλεψη των δαπανών διαχείρισης μολυσματικών αποβλήτων

3.3.1 Εισαγωγή

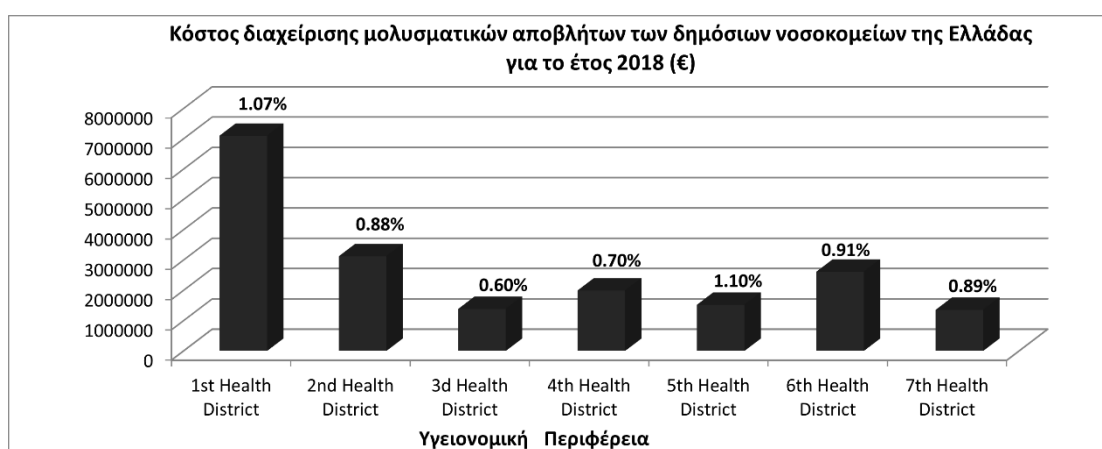
Με τις δυο προηγούμενες αναλύσεις ουσιαστικά καλύφθηκε το σύνολο των λειτουργικών δαπανών των νοσοκομείων, πλην αυτών που αφορούν τη μισθοδοσία του επικουρικού προσωπικού και τις εφημερίες του προσωπικού που συμμετέχουν στο εφημεριακό πρόγραμμα του νοσοκομείου. Επειδή όμως υπήρχαν διαθέσιμα από πρότερη αναζήτηση στοιχεία που αφορούσαν τις ποσότητες των μολυσματικών αποβλήτων των νοσοκομείων αλλά και τα κόστη για τη διαχείρισή τους από το σύνολο των νοσοκομείων της Ελλάδας για το έτος 2018, συνδυάστηκαν με αυτά από την πλατφόρμα του ΒΙ και αναλύθηκαν ομοίως με τη μέθοδο της παλινδρόμησης για την διερεύνηση των μεταβλητών εκείνων που επηρεάζουν τόσο τα κόστη όσο και τις παραγόμενες ποσότητες των αποβλήτων.

Αυτά τα κόστη, παρόλο που εμπεριέχονται στα βασικά λειτουργικά κόστη, στην κατηγορία των δαπανών για υπηρεσίες, που εκτιμήθηκαν με την πρώτη ανάλυση αυτής της διατριβής, διερευνήθηκαν χωριστά καθώς αφορούν ένα σημαντικό μέρος των συνολικών δαπανών που επηρεάζει τόσο τα οικονομικά των συστημάτων υγείας όσο και τη βιωσιμότητα του περιβάλλοντος.

Ο τομέας της υγειονομικής περίθαλψης είναι ένας διαρκώς αναπτυσσόμενος κλάδος που παράγει τεράστια ποσότητα αποβλήτων κάθε χρόνο και είναι ζωτικής σημασίας για τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης να διαθέτουν ένα αποτελεσματικό και βιώσιμο σύστημα διαχείρισης ιατρικών αποβλήτων, προκειμένου να προστατεύεται η δημόσια υγεία. Τα ελληνικά δημόσια νοσοκομεία το 2018 παρήγαγαν 9.500 τόνους επικίνδυνων υγειονομικών αποβλήτων, οι οποίοι αναμένεται να φτάσουν τους 18.200 τόνους το 2025 και να ξεπεράσουν τους 18.800 τόνους το 2030. Στην παρούσα ανάλυση, διερευνήθηκαν οι παράγοντες που επηρεάζουν τα απόβλητα των νοσοκομείων, τόσο από πλευράς κόστους όσο και από πλευράς ποσοτήτων. Οι εξαρτημένες μεταβλητές ήταν το κόστος διαχείρισης των αποβλήτων και οι ποσότητες αποβλήτων σε κιλά. Ανεξάρτητες μεταβλητές ήταν το σύνολο των μεταβλητών (περιγραφικών και λειτουργικών) που έχουν αναφερθεί στο σκέλος των Υλικών και Μεθόδων αυτής της διατριβής.

3.3.2 Αποτελέσματα ανάλυσης & μοντέλο πρόβλεψης

Η ανάλυση αποκάλυψε πολλές διαφορές στο κόστος διαχείρισης και στις ποσότητες μολυσματικών αποβλήτων που παράγονται ανά υγειονομική περιφέρεια ή/και ανά τύπο νοσοκομείου (Εικόνα 11 και Πίνακας 14). Πιο συγκεκριμένα, η 1η Υγειονομική Περιφέρεια, με συνολικά 22 νοσοκομεία υγείας, δαπάνησε το 2018, περισσότερο από το 1% του συνολικού ετήσιου λειτουργικού κόστους για τη διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων και η 3η Περιφέρεια, που αποτελείται από 15 νοσοκομεία, δαπάνησε το μικρότερο ποσό με 0,60%.



Εικόνα 11. Το κόστος διαχείρισης των μολυσματικών αποβλήτων των νοσοκομείων της Ελλάδας για το έτος 2018 ανά Υγειονομική Περιφέρεια εκφρασμένο και ως ποσοστό στο σύνολο των λειτουργικών τους δαπανών.

Πίνακας 14. Μέσο ετήσιο κόστος διαχείρισης επικίνδυνων αποβλήτων το 2018 για τα δημόσια νοσοκομεία της Ελλάδας (ανά κλίνη) και ανά Υγειονομική Περιφέρεια.

Υγειονομική περιφέρεια	Ετήσιο μέσο κόστος μολυσματικών αποβλήτων ανά κλίνη (€)	Ολικό μέσο κόστος μολυσματικών αποβλήτων ανά κλίνη (€)
1 ^η	718	571.3
2 ^η	630	
3 ^η	355	
4 ^η	395	
5 ^η	467	
6 ^η	449	
7 ^η	601	

Σημαντικές διαφορές παρατηρούνται επίσης στο μέσο κόστος ανά ασθενή και ανά ημέρα νοσηλείας, μεταξύ των Ελληνικών Υγειονομικών Περιφερειών αλλά και στις μέσες ποσότητες αποβλήτων που παράγονται στους διάφορους τύπους νοσοκομείων,

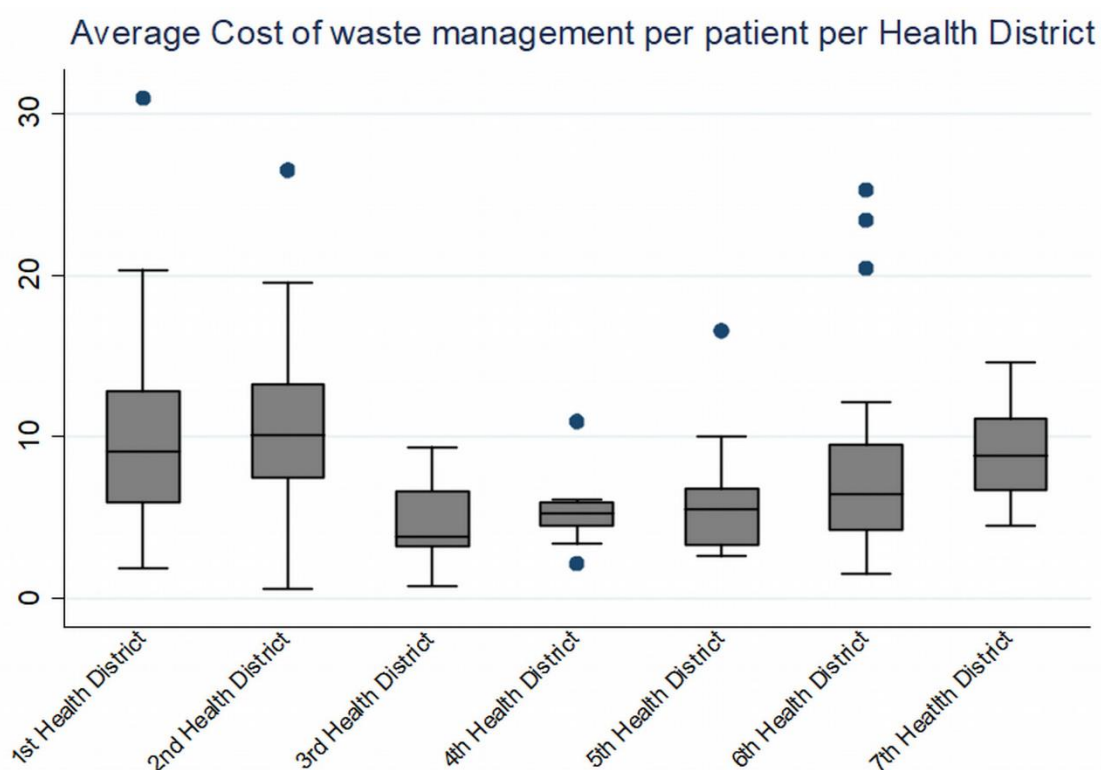
όπως παρουσιάζονται στους Πίνακες 15, 16 & στο Εικόνα 12. Για άλλη μια φορά, στην 1η Υγειονομική Περιφέρεια, το κόστος των επικίνδυνων αποβλήτων ανά κλίνη είναι πολύ υψηλότερο από το μέσο όρο, γεγονός που υποδηλώνει, μεταξύ άλλων, διαφορές στον τρόπο διαχείρισης των μολυσματικών αποβλήτων σε κάθε υγειονομική μονάδα αλλά και γενικότερα στις Ελληνικές Υγειονομικές Περιφέρειες, με ή χωρίς κανονισμούς διαχείρισης μολυσματικών αποβλήτων, στο επίπεδο του εκπαιδευμένου προσωπικού και άλλους παράγοντες.

Πίνακας 15. Μέσο ετήσιο κόστος διαχείρισης μολυσματικών αποβλήτων των νοσοκομείων της Ελλάδας για το 2018 ανά ασθενή και ανά Υγειονομική Περιφέρεια.

Υγειονομική περιφέρεια	Ετήσιο μέσο κόστος μολυσματικών αποβλήτων ανά ασθενή (€)	Ολικό μέσο κόστος μολυσματικών αποβλήτων ανά ασθενή (€)
1 ^η	10.6	7.6
2 ^η	10.7	
3 ^η	4.4	
4 ^η	5.3	
5 ^η	6.1	
6 ^η	8.2	
7 ^η	9.0	

Πίνακας 16. Μέσες παραγόμενες ποσότητες μολυσματικών αποβλήτων (σε κιλά) των νοσοκομείων της Ελλάδας για το 2018 ανά κλίνη και ανά ημέρα νοσηλείας.

Τύπος Νοσοκομείου	Μέσος όρος κιλών μολυσματικών αποβλήτων ανά κλίνη & ανά ημέρα νοσηλείας	Ολικός μέσος όρος κιλών μολυσματικών αποβλήτων ανά κλίνη & ανά ημέρα νοσηλείας
Small Hospital	0.33	0.84
General Hospital	0.75	
University Hospital	0.99	
Specialized Hospital I	0.34	
Specialized Hospital II	1.00	



Εικόνα 12. Απεικόνιση μέσου ετήσιου κόστους διαχείρισης μολυσματικών αποβλήτων των νοσοκομείων της Ελλάδας για το 2018 ανά ασθενή και ανά Υγειονομική Περιφέρεια.

Με βάση την ανάλυση οι μεταβλητές που φαίνεται να έχουν στατιστικά σημαντική επίδραση στο κόστος διαχείρισης αποβλήτων και στις ποσότητες επικίνδυνων αποβλήτων που παράγονται στα ελληνικά δημόσια νοσοκομεία είναι, ο αριθμός των κλινών, ο τύπος του νοσοκομείου, η ύπαρξη Μονάδας Εντατικής Θεραπείας, ο αριθμός των εσωτερικών ασθενών, οι ημέρες παραμονής τους και τέλος ο αριθμός των εργαζομένων του νοσοκομείου. Διαπιστώθηκε ισχυρή θετική συσχέτιση μεταξύ όλων των μεταβλητών με τιμή $p < 0,05$. (Πίνακας 17), η οποία υπέδειξε και το καταλληλότερο μοντέλο παλινδρόμησης που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση, δηλαδή το μοντέλο πολλαπλής παλινδρόμησης φαινομενικά ασύνδετων δεδομένων. Μετά από επανειλημμένες δοκιμές τριών μεθόδων ανάλυσης παλινδρόμησης (πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση, πολυμεταβλητή παλινδρόμηση και πολλαπλή παλινδρόμηση φαινομενικά ασύνδετων δεδομένων) και αποκλείοντας κάθε φορά τις ανεξάρτητες μεταβλητές που δεν είχαν στατιστικά σημαντικές επιδράσεις (τιμές $p > 0,05$) στις υπό μελέτη μεταβλητές, τα αντίστοιχα μοντέλα παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα 18.

Πίνακας 17. Συσχετίσεις κατά ζεύγη των στατιστικά σημαντικών ανεξάρτητων μεταβλητών.

	LogWaste Cost	LogWaste Kilos	Beds	Hospital Type	ICU	Inpatients	Days of stay	Employees
LogWaste Cost	1.0000							
LogWaste Kilos	0.9492	1.0000						
Beds	0.6084	0.6790	1.0000					
Hospital Type	0.2557	0.3017	0.3784	1.0000				
ICU	0.7271	0.7326	0.5579	0.1627	1.0000			
Inpatients	0.7544	0.7712	0.8005	0.3044	0.6509	1.0000		
Days of stay	0.6586	0.6961	0.9078	0.3149	0.5753	0.8990	1.0000	
Employees	0.7759	0.7990	0.9240	0.3154	0.6436	0.8798	0.9217	1.0000

Πίνακας 18. Αποτελέσματα της ανάλυσης παλινδρόμησης. Συντελεστής προσδιορισμού R^2 και στατιστικά σημαντικές μεταβλητές από κάθε μέθοδο παλινδρόμησης για την εκτίμηση του κόστους διαχείρισης και της ποσότητας των μολυσματικών αποβλήτων που παράγονται στα ελληνικά δημόσια νοσοκομεία

	Παλινδρόμηση φαινομενικά ασύνδετων δεδομένων		Πολυμεταβλητή Παλινδρόμηση		Γραμμική πολλαπλή παλινδρόμηση	
	Αριθμός Παρατηρήσεων = 121		Αριθμός Παρατηρήσεων = 121		Αριθμός Παρατηρήσεων = 121	
	R^2	Ανεξάρτητες Μεταβλητές	R^2	Ανεξάρτητες Μεταβλητές	R^2	Ανεξάρτητες Μεταβλητές
Κόστος μολυσματικών αποβλήτων	0.8522	Beds, Hosptype, Beds#Hosptype Icu, Inpatients, Days, Employees	0.8603	Beds, Hosptype, Beds#Hosptype Icu, Inpatients, Days, Employees	0.8522	Beds, Hosptype, Beds#Hosptype Icu, Inpatients, Days, Employees
Κιλά μολυσματικών αποβλήτων	0.8594	Beds, Hosptype, Beds#Hosptype Icu, Inpatients, Days, Employees, S.Surgeries	0.8642	Beds, Hosptype, Beds#Hosptype Icu, Inpatients, Days, Employees	0.8471	Beds, Hosptype, Beds#Hosptype Inpatients, Days, Employees

Τα λεπτομερή αποτελέσματα της ανάλυσης της παλινδρόμησης των φαινομενικά ασύνδετων δεδομένων που είναι η καταλληλότερη για τα δεδομένα μας παρουσιάζονται στους πίνακες 19 και 20. Τιμές $P < 0,05$.

Πίνακας 19. Στατιστικά σημαντικές μεταβλητές [συντελεστές(coef.) και τα τυπικά σφάλματά τους(Std.Err.)] για την πρόβλεψη του κόστους διαχείρισης μολυσματικών αποβλήτων που παράγονται στα ελληνικά δημόσια νοσοκομεία.

Παλινδρόμηση Φαινομενικά ασύνδετων δεδομένων για το κόστος διαχείρισης μολυσματικών αποβλήτων		R² = 0.8522	
		Αριθμός παρατηρήσεων = 121	
		Συντελεστής (Τυπ. Σφάλμα)	
Constant	b0	8.013451	(0.2663484)
Number of Beds	b1	0.0246254	(0.0053255)
Hospital Type			
General Hospital	b2	2.118334	(0.2903447)
University Hospital		5.640858	(1.147168)
Specialized Hospital Type I		1.613669	(0.3829162)
Specialized Hospital Type II		1.867596	(0.6772875)
Hospital Type # Beds			
General Hospital	b3	-0.0287761	(0.0052831)
University Hospital		-0.0352248	(0.0055343)
Specialized Hospital Type I		-0.0278102	(0.005303)
Specialized Hospital Type II		-0.0276302	(0.0057483)
Intensive Care Unit	b4	0.4388912	(0.1553799)
Total Internal Patients	b5	0.0000265	(6.85e-06)
Days of Stay	b6	-0.00000633	(2.83e-06)
Total Number of Employees	b7	0.0030473	(0.0003703)

Πίνακας 20. Στατιστικά σημαντικές μεταβλητές [συντελεστές(coef.) και τα τυπικά σφάλματά τους(Std.Err.)] για την πρόβλεψη των ποσοτήτων επικίνδυνων αποβλήτων που παράγονται στα ελληνικά δημόσια νοσοκομεία.

Παλινδρόμηση Φαινομενικά ασύνδετων δεδομένων για τα κιλά μολυσματικών αποβλήτων		$R^2 = 0.8594$	
		Αριθμός παρατηρήσεων = 121	
		Συντελεστής (Τυπ. Σφάλμα)	
Constant	b0	6.711418	(0.293857)
Number of Beds	b1	0.0268199	(0.0058768)
Hospital Type			
General Hospital	b2	2.482767	(0.3203334)
University Hospital		5.751815	(1.26892)
Specialized Hospital Type I		1.803676	(0.4244299)
Specialized Hospital Type II		2.805956	(0.7482615)

Hospital Type # Beds			
General Hospital	b3	-0.027856	(0.0058301)
University Hospital		-0.0341217	(0.0061111)
Specialized Hospital Type I		-0.027567	(0.0058515)
Specialized Hospital Type II		-0.0285752	(0.006342)
Intensive Care Unit	b4	0.3689101	(0.1717678)
Total Internal Patients	b5	0.0000337	(7.68e-06)
Days of Stay	b6	-0.0000106	(3.19e-06)
Total Number of Employees	b7	0.0024858	(0.0004086)
Scheduled Surgeries	b8	-0.0000331	(0.293857)

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα, παρουσιάζονται τα αντίστοιχα μοντέλα πρόβλεψης για το κόστος διαχείρισης και τις ποσότητες μολυσματικών αποβλήτων για τα δημόσια νοσοκομεία της Ελλάδας:

A Μοντέλο:

$$\text{LogWasteCost} = 8.013 + 0.024 * \text{Beds} + b2 * \text{HospitalType} + b3 * \text{HospitalType} * \text{Beds} + b4 * \text{ICU} + 0.0000265 * \text{Inpatients} - 0.000006 * \text{Days} + 0.0030473 * \text{Employees}$$

***Πίνακας 21.** Τιμές των συντελεστών b2 & b3 για το μοντέλο A για την πρόβλεψη του κόστους των μολυσματικών αποβλήτων για κάθε τύπο νοσοκομείου.*

HOSPITAL TYPE	b2	b3
Small Hospital	0	0
General Hospital	2.118334	-.0287761
University Hospital	5.640858	-.0352248
Specialized Hospital I	1.613669	-.0278102
Specialized Hospital II	1.867596	-.0276302

Η τιμή του συντελεστή b4 παίρνει την τιμή 0 όταν δεν υπάρχει Μονάδα Εντατικής Θεραπείας στο νοσοκομείο και 0.368 όταν υπάρχει αντίστοιχα.

B Μοντέλο:

$$\text{LogWasteKilos} = 6.711 + 0.0268 * \text{Beds} + b2 * (\text{Hospital Type}) + b3 * (\text{Hospital Type} * \text{Beds}) + b4 * (\text{ICU}) + 0.0000337 * (\text{Inpatients}) - 0.0000106 * (\text{Days}) + 0.0024858 * (\text{Employees}) - 0.0000331 * (\text{Scheduled Surgeries})$$

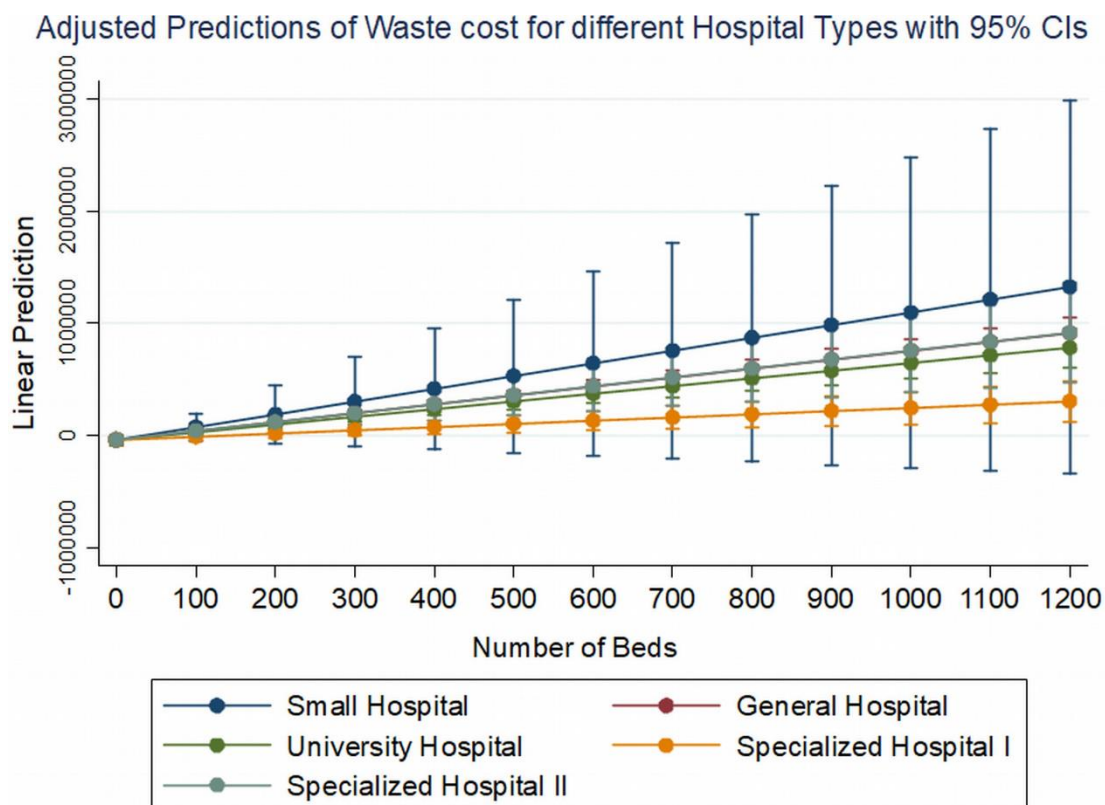
Πίνακας 22. Τιμές των συντελεστών b_2 & b_3 για το μοντέλο B για την πρόβλεψη των παραγόμενων ποσοτήτων μολυσματικών αποβλήτων για κάθε τύπο νοσοκομείου.

HOSPITAL TYPE	b_2	b_3
Small Hospital/ Health Center	0	0
General Hospital	2.482767	-.027856
University Hospital	5.751815	-.0341217
Specialized Hospital I	1.803676	-.027567
Specialized Hospital II	2.805956	-.0285752

Και εδώ η τιμή του συντελεστή b_4 παίρνει την τιμή 0 όταν δεν υπάρχει Μονάδα Εντατικής Θεραπείας στο νοσοκομείο και 1 όταν υπάρχει αντίστοιχα.

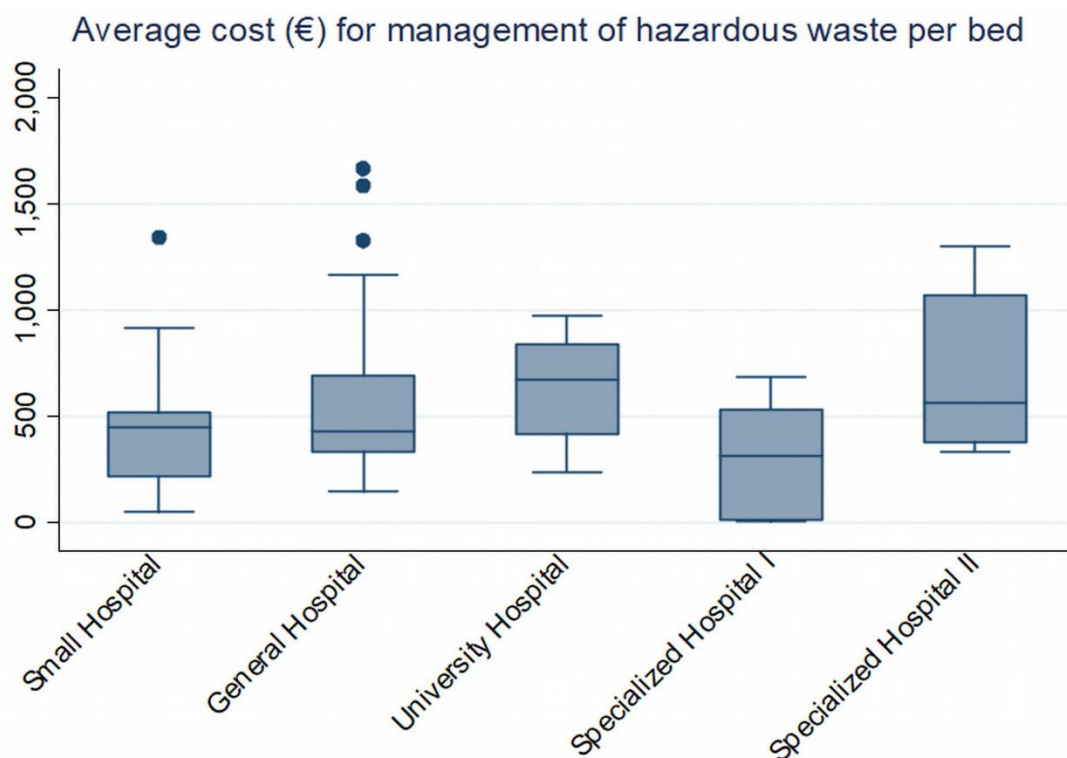
Και τα δύο μοντέλα έχουν συντελεστή προσδιορισμού R^2 ελαφρώς μεγαλύτερο από 85%, γεγονός που υποδηλώνει ότι το μεγαλύτερο μέρος της μεταβλητότητας (85%) τόσο στο κόστος διαχείρισης όσο και στην ποσότητα των παραγόμενων επικίνδυνων αποβλήτων εξηγείται από τις μεταβλητές που εμπεριέχονται σε αυτά.

Λαμβάνοντας υπόψη τους συντελεστές των μοντέλων για κάθε μία από τις ανεξάρτητες μεταβλητές, αποδεικνύεται θετική συσχέτιση μεταξύ του αριθμού των κλινών και του συνολικού κόστους διαχείρισης των αποβλήτων καθώς και των ποσοτήτων αποβλήτων, με διαφορετική βαρύτητα ανάλογα με τον τύπο του κάθε νοσοκομείου. Οι δύο αυτές μεταβλητές αλληλοεπιδρούν στις υπό εξέταση εξαρτημένες μεταβλητές μας με τρόπο που απεικονίζεται στο Εικόνα 13.



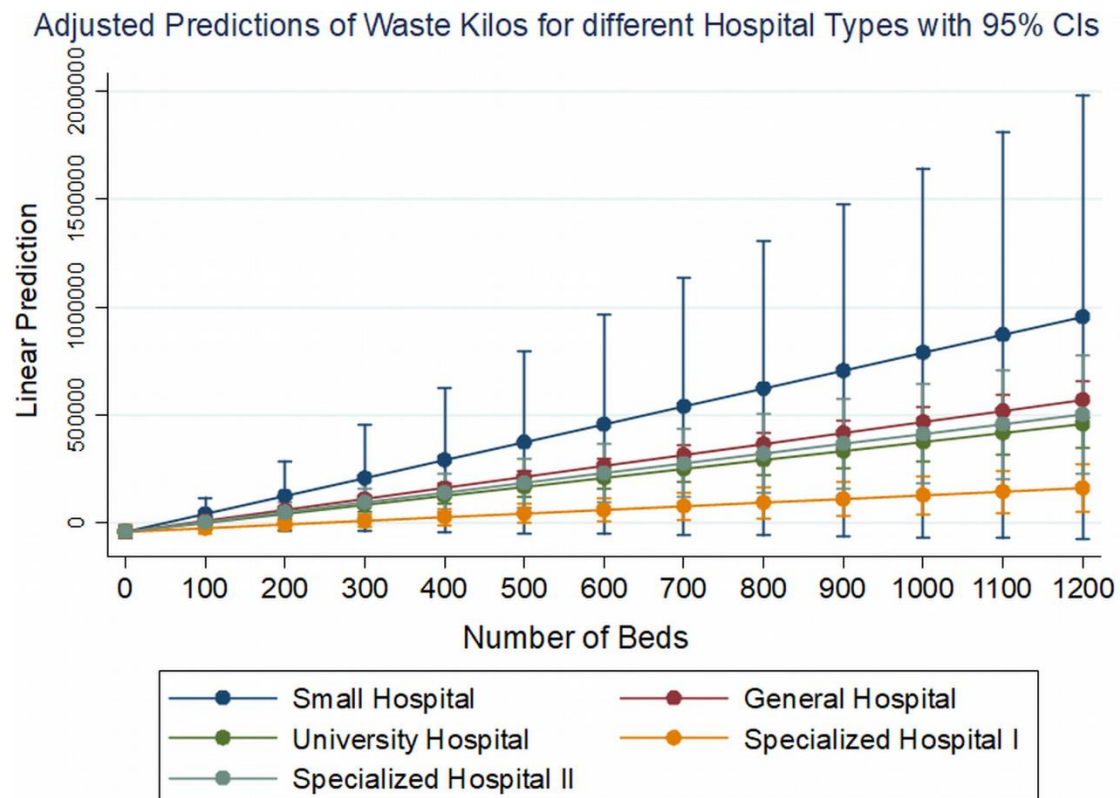
Εικόνα 13. Προσαρμοσμένες προβλέψεις του κόστους διαχείρισης αποβλήτων για διαφορετικούς τύπους νοσοκομείων και για διαφορετικό αριθμό κλινών, με βάση το μοντέλο A, εάν όλες οι άλλες μεταβλητές παραμένουν σταθερές. (Η γραμμή απεικόνισης των προβλέψεων των Γενικών Νοσοκομείων συμπίπτει με τη γραμμή των προβλέψεων των Εξειδικευμένων Νοσοκομείων τύπου II).

Από τα δεδομένα είναι σαφές ότι ο τύπος του νοσοκομείου προσδίδει διαφορετική αρχική σταθερά για το κόστος ή την ποσότητα των αποβλήτων (υψηλότερη για τα γενικά νοσοκομεία, τα πανεπιστημιακά νοσοκομεία και τα εξειδικευμένα νοσοκομεία "τύπου II" (αντικαρκινικά νοσοκομεία) και χαμηλότερη για τα μικρά νοσοκομεία και τα εξειδικευμένα νοσοκομεία "τύπου I" (οφθαλμολογικά, γυναικολογικά, παιδιατρικά κ.λπ.) Εικόνα 14. Ωστόσο, συμβάλλει αντιστρόφως ανάλογα με τις μεταβλητές αυτές σε συνδυασμό με τον αριθμό των κλινών των νοσοκομείων. Στα μικρά νοσοκομεία, η διαχείριση των αποβλήτων, κοστίζει περισσότερο όσο αυξάνεται ο αριθμός των κλινών, αλλά σε άλλα νοσοκομεία ο ρυθμός αύξησης είναι πολύ μικρότερος. Με άλλα λόγια, το οριακό κόστος, δηλαδή το επιπλέον κόστος της προσθήκης μιας επιπλέον κλίνης, είναι υψηλότερο για τα μικρά νοσοκομεία και χαμηλότερο για τα γενικά, τα πανεπιστημιακά και τα αντικαρκινικά νοσοκομεία.



Εικόνα 14. Μέσο ετήσιο κόστος διαχείρισης μολυσματικών αποβλήτων για το 2018 των νοσοκομείων της Ελλάδας ανά τύπο νοσοκομείου.

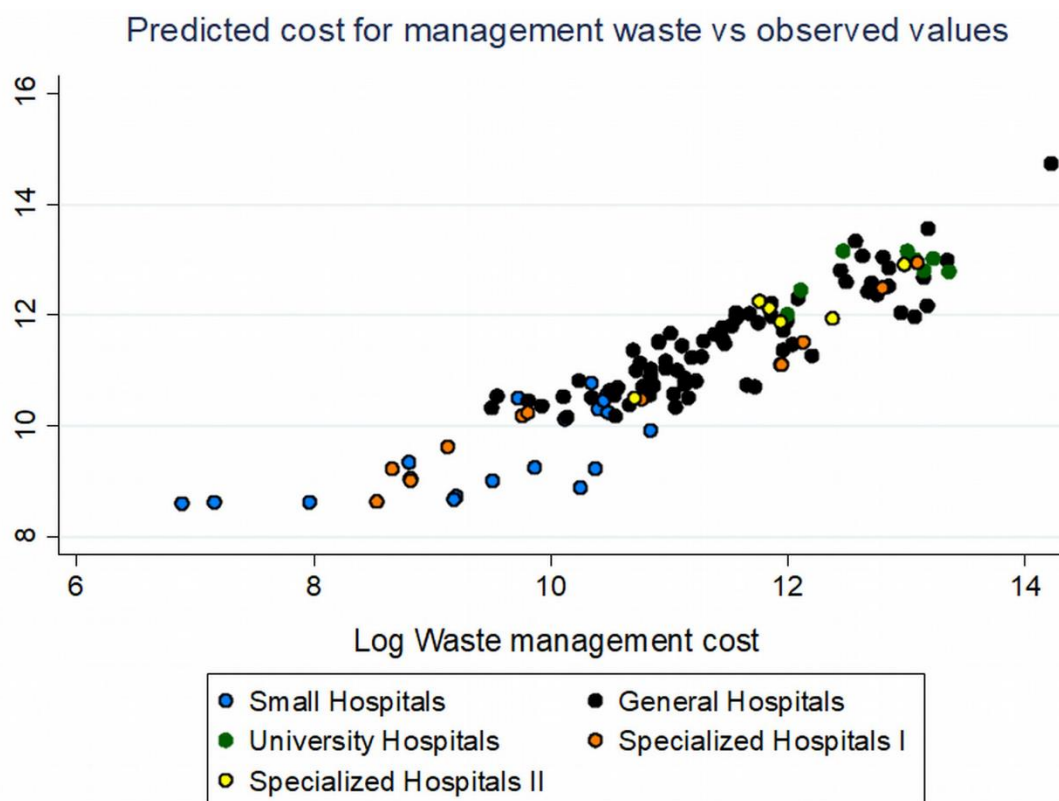
Την ίδια τάση φαίνεται να ακολουθούν και οι ποσότητες αποβλήτων που παράγονται σε χιλιόγραμμα σε σχέση με τις πρόσθετες κλίνες για κάθε τύπο νοσοκομείου Εικόνα 15. Μια θετική συμβολή στο κόστος διαχείρισης των αποβλήτων και στις παραγόμενες ποσότητες αποβλήτων μπορεί να παρατηρηθεί από τον αριθμό των νοσηλευόμενων ασθενών. Αντίθετα, οι ημέρες νοσηλείας έχουν πολύ μικρή αλλά αρνητική επίδραση στις υπό μελέτη μεταβλητές, η οποία μπορεί να είναι δικαιολογημένη καθώς η παραγωγή μολυσματικών αποβλήτων για κάθε ασθενή μειώνεται όσο πλησιάζουν οι τελευταίες ημέρες νοσηλείας. Ο αριθμός των προγραμματισμένων χειρουργείων παρατηρείται ότι έχει ελαφρώς αρνητική επίδραση στις παραγόμενες ποσότητες αποβλήτων, γεγονός που μπορεί να εξηγηθεί από την ετοιμότητα του προσωπικού σε αυτά τα χειρουργεία σε αντίθεση με την κατάσταση ή/και το επίπεδο οργάνωσης κατά τη διάρκεια των επειγόντων χειρουργείων.



Εικόνα 15. Προσαρμοσμένες προβλέψεις των παραγόμενων ποσοτήτων μολυσματικών αποβλήτων (σε κιλά) για κάθε τύπο νοσοκομείου και για διαφορετικό αριθμό κλινών, με βάση το μοντέλο B, εάν όλες οι άλλες μεταβλητές παραμένουν σταθερές.

Τέλος, αυτό που φαίνεται να έχει στατιστικά σημαντική θετική επίδραση στις υπό μελέτη μεταβλητές είναι ο αριθμός του προσωπικού που εργάζεται στα νοσοκομεία, κάτι που είναι αρκετά λογικό αφού οι εργαζόμενοι και συγκεκριμένα οι γιατροί και οι νοσηλευτές είναι αυτοί που διαχειρίζονται τα μολυσματικά απόβλητα των ασθενών.

Υπολογίζοντας τις προβλέψεις του κόστους διαχείρισης αποβλήτων με βάση το μοντέλο A και τις τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών μας για το 2018, διαπιστώνεται καλύτερη προσαρμογή στις τέσσερις κατηγορίες νοσοκομείων (γενικά, πανεπιστημιακά και εξειδικευμένα τύπου I και II) που διαχειρίζονται στην πραγματικότητα πολύ μεγαλύτερες ποσότητες αποβλήτων. Αντίθετα, στις προβλέψεις για τα μικρά νοσοκομεία παρατηρούνται μεγαλύτερα κατάλοιπα (εκτιμημένα σφάλματα).



Εικόνα 16. Προβλεπόμενο κόστος (σε λογαριθμική κλίμακα) της διαχείρισης αποβλήτων με βάση το μοντέλο A (άξονας y) σε σχέση με τις πραγματικές παρατηρούμενες τιμές (λογάριθμοι) του κόστους για το 2018.

Οι μεγαλύτερες αποκλίσεις των προβλεπόμενων τιμών από τις παρατηρούμενες τιμές στα μικρά νοσοκομεία που βρέθηκαν, όπως φαίνεται στο Εικόνα 16, μπορεί να σχετίζονται με την απομακρυσμένη τοποθεσία όπου συνήθως βρίσκονται αυτά, στοιχείο που δεν λαμβάνεται υπόψη από τα μοντέλα μας, καθώς η μόνη γεωγραφική κατηγοριοποίηση που έγινε αφορούσε μόνο ηπειρωτικές ή νησιωτικές περιοχές. Ένα μεγάλο ποσοστό των μικρών νοσοκομείων της χώρας βρίσκεται σε νησιά, αλλά τα υπόλοιπα αυτής της κατηγορίας βρίσκονται στην ηπειρωτική Ελλάδα αλλά σε απομονωμένες περιοχές, γεγονός που με τη σειρά του οδηγεί σε ακριβότερη μεταφορά των αποβλήτων, κόστος που προστίθεται στο συνολικό συμβατικό κόστος της διαχείρισης των νοσοκομειακών αποβλήτων. Ωστόσο, τα μοντέλα έχουν πολύ καλή προσαρμογή στην πλειονότητα των δημόσιων νοσοκομείων και με τις κατάλληλες προσθήκες πληροφοριών μπορούν να βελτιωθούν ακόμη περισσότερο.

Η συγκεκριμένη έρευνα δημοσιεύτηκε στο περιοδικό International journal of Environmental Research and Public Health, τον Αύγουστο του 2022 [65], με τίτλο **«Identifying and Predicting Healthcare Waste Management costs for an optimal Sustainable Management System: Evidence from the Greek public sector»**.

Κεφάλαιο 4 Συζήτηση & Συμπεράσματα

Μέσω της μεθοδολογίας της ανάλυσης παλινδρόμησης, που περιεγράφηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, εξετάστηκε ίσως για πρώτη φορά, ένας τόσο μεγάλος όγκος νοσοκομειακών δεδομένων, περιγραφικών και λειτουργικών, για τον εντοπισμό των παραγόντων εκείνων που επηρεάζουν στατιστικά σημαντικά το συνολικό λειτουργικό κόστος του δημόσιου νοσοκομείου και δημιουργήθηκαν τρία μοντέλα πρόβλεψης για το νοσοκομειακό κόστος τριών βασικών κατηγοριών δαπανών και κατ' επέκταση του απαραίτητου ετήσιου ποσού χρηματοδότησης για τη λειτουργία του. Τα μοντέλα που προέκυψαν είχαν πολύ καλή έως άριστη προσαρμογή στα δεδομένα με συντελεστές προσδιορισμού $R^2 \approx 85\%$, 87% και 95% , γεγονός που υποδηλώνει το μεγάλο βαθμό συσχέτισης των μεταβλητών που συμπεριλαμβάνονται σ' αυτά και του υπό εξέταση κόστους λειτουργίας του δημόσιου νοσοκομείου. Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται συμπεράσματα και προτάσεις αναφορικά με τις παραπάνω αναλύσεις αυτών των δεδομένων για τα μοντέλα πρόβλεψης των: α) βασικών λειτουργικών δαπανών, β) των ενεργειακών δαπανών και γ) των δαπανών διαχείρισης μολυσματικών αποβλήτων.

4.1 Συμπεράσματα για χρηματοδότηση βασικών λειτουργικών δαπανών των δημόσιων νοσοκομείων

Η ανάγκη για συνεχή βελτίωση των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης είναι αδιαμφισβήτητη. Ως εκ τούτου η αναζήτηση των βέλτιστων πρακτικών για την εύρυθμη λειτουργία των νοσοκομείων των εθνικών συστημάτων υγείας είναι συνεχής και μέγιστης σημασίας. Ο τρόπος χρηματοδότησης των δημόσιων νοσοκομείων παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην αποτελεσματική και ασφαλή λειτουργία τους και, κατ' επέκταση, στις υπηρεσίες που λαμβάνουν οι ασθενείς. Επαρκής και έγκαιρη χρηματοδότηση για τα δημόσια νοσοκομεία σημαίνει ασφάλεια για τους ασθενείς, προσβασιμότητα για όλο τον πληθυσμό που έχει ανάγκη τις υπηρεσίες υγείας, διαχειριστική επάρκεια για τα νοσοκομεία, ευελιξία στις απαραίτητες και απρόσμενες μεταβολές στις απαιτήσεις του πληθυσμού, βιωσιμότητα και δυνατότητα ανάπτυξης των μονάδων υγείας και ομαλή διοικητική λειτουργία.

Η χρηματοδότηση βάσει δραστηριοτήτων στο πλαίσιο του συστήματος DRG έχει συνδεθεί με διάφορες επιπτώσεις τόσο στην ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών [9,10,32] όσο και στα οικονομικά των ασφαλιστικών φορέων, κρατικών και μη, που αποζημιώνουν τα νοσοκομεία για τις υπηρεσίες υγείας [5,8,32,33]. Επιπλέον,

η εφαρμογή μεταρρυθμίσεων αποζημίωσης βάσει δραστηριοτήτων για τα δημόσια νοσοκομεία μιας χώρας είναι μια απίστευτα πολύπλοκη διαδικασία που απαιτεί τα εξής: οργανωτική δέσμευση, κατάλληλη υποδομή, ανθρώπινους, οικονομικούς και πληροφοριακούς πόρους, πρωταθλητές της αλλαγής και προσωπική δέσμευση για ποιοτική περίθαλψη [11]. Παρότι πολλές από τις ανεπτυγμένες χώρες τα τελευταία χρόνια επιχειρούν να υιοθετήσουν πρακτικές που βασίζονται στη χρηματοδότηση με βάση τη δραστηριότητα, εντοπίζεται έντονος προβληματισμός καθώς η διαδικασία είναι αρκετά δύσκολη και απαιτητική, ενώ παράλληλα έχει συνδεθεί και με ανεπιθύμητες επιπτώσεις για την ποιότητα και την ποσότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών. Εντοπίζονται δε και περιπτώσεις χωρών που υιοθετούν σφαιρικούς προϋπολογισμούς εγκαταλείποντας άλλα συστήματα χρηματοδότησης διεκδικώντας καλύτερη διαχείριση και ποιοτικότερες υπηρεσίες υγείας για τον πληθυσμό τους [7,66,67].

Στη χώρα μας παρότι κάνουμε προσπάθειες να εφαρμόσουμε ένα σύστημα χρηματοδότησης με βάση τη δραστηριότητα, το οποίο στηρίζεται στην κοστολόγηση των υγειονομικών υπηρεσιών που παρέχουν τα νοσοκομεία, λόγω των δυσκολιών και των υπέρμετρων απαιτήσεων της διαδικασίας για την υλοποίησή του, συνεχίζουμε να λειτουργούμε χρηματοδοτώντας τα δημόσια νοσοκομεία σχεδόν εξολοκλήρου από τον κρατικό μηχανισμό, με προκαθορισμένα ποσά κάθε έτος, στηριζόμενοι σε μια ιστορικότητα και μόνο.

Το μοντέλο χρηματοδότησης που παρουσιάζεται στην παρούσα μελέτη είναι μια βελτιωμένη έκδοση των σφαιρικών προϋπολογισμών που όμως δεν βασίζεται σε μια ιστορικότητα που απλώς επαναλαμβάνεται αναλόγως των πληθωριστικών τάσεων ή των διαθέσιμων οικονομικών πόρων για την υγεία, αλλά η κατανομή των διαθέσιμων για την υγεία πόρων γίνεται λαμβάνοντας υπόψη και άλλα δεδομένα που χαρακτηρίζουν τα νοσοκομεία, τόσο περιγραφικά και δομικά όσο και λειτουργικά. Είναι σχετικά απλό αλλά αρκετά ισχυρό εργαλείο ώστε να μπορέσει να αποτελέσει τη βάση για ένα εθνικό σύστημα οικονομικής αξιολόγησης των δημόσιων νοσοκομείων και κατανομής των εθνικών πόρων δημόσιας υγείας. Τα μοντέλα που προέκυψαν από την ανάλυση παλινδρόμησης ενός τεράστιου όγκου στοιχείων των Ελληνικών δημόσιων νοσοκομείων των ετών 2018 και 2019 μπορούν να τροφοδοτούνται με νέα δεδομένα και να βελτιστοποιούνται συνεχώς.

Στην πράξη, βασιζόμενοι στα στοιχεία του πρώτου τριμήνου όσον αφορά την κίνηση των νοσοκομειακών μονάδων, οι επαγγελματίες υγείας, μπορούν να

προβλέψουν τα ετήσια μεγέθη τα οποία εν συνεχεία να χρησιμοποιήσουν για την εκτίμηση των συνολικών λειτουργικών δαπανών με τη βοήθεια του προτεινόμενου μοντέλου. Ο έλεγχος των αρχείων και η συνεχής ανατροφοδότηση με νέα δεδομένα μπορούν να βελτιστοποιούν συνεχώς το μοντέλο, επιτυγχάνοντας έτσι τον εντοπισμό των παραμέτρων εκείνων που επηρεάζουν το κόστος. Η λεπτομερής κατάτμηση του συνολικού κόστους σε επιμέρους δαπάνες, για τα νοσοκομεία όπου προκύπτουν μεγάλες αποκλίσεις των εκτιμήσεων από το πραγματικό κόστος, μπορεί να αναδείξει τη σπατάλη ή ακόμη και τις καλές πρακτικές.

Οι κύριες δυσκολίες αυτής της πρακτικής, για κάθε σύστημα υγείας που επιθυμεί να την υιοθετήσει, σχετίζονται με τη συλλογή μεγάλου όγκου λειτουργικών και περιγραφικών δεδομένων από νοσοκομεία όλων των μεγεθών και ειδικοτήτων με παράλληλη παρακολούθηση του κόστους τους, προκειμένου να προκύψουν μέσω της ανάλυσης παλινδρόμησης οι μεταβλητές εκείνες που έχουν στατιστικά σημαντική επίδραση στο λειτουργικό κόστος. Στην παρούσα μελέτη, τα στατιστικά μοντέλα προέκυψαν με βάση τις νοσοκομειακές δαπάνες που υλοποιήθηκαν από τα νοσοκομεία της χώρας με βάση την αντίστοιχη κρατική τους χρηματοδότηση το 2018 και το 2019, γεγονός που ενέχει κίνδυνο μεροληψίας. Ωστόσο, ανεξάρτητα από το αν οι χρηματοδοτήσεις αυτών των δύο ετών ήταν σωστές και επαρκείς για κάθε νοσοκομείο, αυτό που ενδιαφέρει είναι η τάση για την ασφαλή λειτουργία κάθε νοσοκομείου. Αυτή μεταφράζεται σε ένα ορισμένο ποσό δαπανών για φάρμακα και υλικά και ένα ορισμένο ποσό λειτουργικών εξόδων για συντήρηση και υπηρεσίες ανάλογα με το μέγεθος του νοσοκομείου, το προσωπικό του, την ειδικότητά του ή την τοποθεσία του και, φυσικά, σε συνδυασμό με την παραγωγή του (ασθενείς, ημέρες νοσηλείας, εργαστηριακές εξετάσεις). Επιπλέον, το σφάλμα μεροληψίας από τη χρήση οικονομικών στοιχείων από παλαιότερα έτη υπάρχει σε όλα τα μοντέλα χρηματοδότησης που χρησιμοποιούνται ανά τον κόσμο, ενώ, η ενσωμάτωση στοιχείων από περισσότερα έτη μπορεί να μειώσει το εν λόγω σφάλμα.

Η περίοδος που διανύουμε, με οικονομική και περιβαλλοντική κρίση καθιστούν ολοένα και πιο επιτακτική την εξεύρεση της μεθόδου εκείνης που θα επιτρέψει στα κράτη να συγκρατήσουν το κόστος των υγειονομικών δαπανών, περικόπτοντας όμως μόνο τη σπατάλη χωρίς να υπονομευτεί η ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών υγείας, που μεταφράζεται με όλα τα παραπάνω. Η επίτευξη εξοικονόμησης για τη μείωση του κατά κεφαλήν κόστους δεν χρειάζεται και δεν πρέπει να επιτυγχάνεται με μειώσεις στην ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών και στις ημέρες νοσηλείας των

ασθενών, οι οποίες τελικά κοστίζουν περισσότερο στα νοσοκομεία λόγω αύξησης των επιπλοκών ή των επανεισαγωγών. Αντίθετα, σε ένα δημόσιο νοσοκομείο μπορούν να υιοθετηθούν οι ακόλουθες πρακτικές για τη μείωση του κόστους:

- Κεντριοποίηση της προμήθειας κοινώς χρησιμοποιούμενων φαρμάκων και υλικών.
- Εφαρμογή πρωτοκόλλων διαχείρισης ασθενειών και υλικών.
- Συνεχή παρακολούθηση των αναλωσίμων και των αποθεμάτων.
- Χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- Συντήρηση και αναβάθμιση παλαιού και κοστοβόρου ιατρικού και μηχανολογικού εξοπλισμού κ.λπ.

Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται οποιαδήποτε διασύνδεση της αποζημίωσης με την ιατρική πράξη αυτή καθαυτή (ασθένεια και προκαθορισμένες ημέρες νοσηλείας), γεγονός που ‘αφήνει’ τους επαγγελματίες υγείας να κάνουν τη δουλειά τους χωρίς να τους εμπλέκει στη διαδικασία της τιμολόγησης της ιατρικής πράξης, προκειμένου να λάβει το νοσοκομείο την απαραίτητη αποζημίωση για τις υπηρεσίες του. Απαλλάσσονται οι υπηρεσίες από τον τεράστιο όγκο εργασιών και όχι μόνο, που απαιτούνται για την υιοθέτηση και εφαρμογή στην πράξη των μεθόδων των αναλυτικών αποζημιώσεων και παράλληλα δίνεται η δυνατότητα στους δημόσιους φορείς υγείας για αυτοδιαχείριση, λαμβάνοντας υπόψη καλύτερα από κάθε άλλο διαχειριστή τις ιδιαιτερότητες που μπορεί να αντιμετωπίζει από πολλές απόψεις, περιβαλλοντικές, γεωγραφικές, κοινωνικές, σύστασης του πληθυσμού που εξυπηρετεί και άλλες.

Αυτό που είναι απαραίτητο σε κάθε περίπτωση είναι η συνεχή καταγραφή των πληροφοριών που μπορεί να ‘δείξουν’ την ανάγκη, το ‘κακώς ή το καλώς κείμενο’, σε όσο το δυνατόν λεπτομερέστερη βάση, με τη βοήθεια των πληροφοριακών συστημάτων που λειτουργούν στα νοσοκομεία. Επίσης η δοκιμή (σε πιλοτικό επίπεδο) μιας πρακτικής παράλληλα με οποιαδήποτε άλλη χρησιμοποιείται είναι ίσως αναπόφευκτη προκειμένου να εντοπιστεί το ιδανικό, που πολλές φορές μπορεί να βρίσκεται κάπου στη μέση ή στο συνδυασμό δυο ή και περισσότερων πρακτικών μαζί.

4.2 Συμπεράσματα για τις ενεργειακές δαπάνες των δημόσιων νοσοκομείων

Για να γίνουν οι απαραίτητες προσαρμογές σε κάθε τομέα, πρέπει πρώτα να υπάρχει μια σαφής εικόνα της κατάστασης. Αυτό επιχειρήθηκε για πρώτη φορά μέσω της παρούσας έρευνας σχετικά με τα Ελληνικά Δημόσια Νοσοκομεία και τις ενεργειακές τους απαιτήσεις. Χαρτογραφήθηκε η ενεργειακή συμπεριφορά από πλευράς κόστους, όλων των νοσοκομείων της χώρας, εντοπίζοντας τόσο τις βέλτιστες όσο και τις χειρότερες περιπτώσεις, υποδεικνύοντας στους ειδικούς το πεδίο δράσης για τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης και την εξοικονόμηση κόστους. Ένα από τα σημαντικά ευρήματα της παρούσας ανάλυσης είναι η ύπαρξη σημαντικών διαφοροποιήσεων στις ενεργειακές δαπάνες των ελληνικών δημόσιων νοσοκομείων, οι οποίες δεν σχετίζονται μόνο με το μέγεθος, τον τύπο του νοσοκομείου ή ακόμη και τον αριθμό των ασθενών. Για παράδειγμα, το μέσο ετήσιο ενεργειακό κόστος ανά κλίνη κυμαίνεται από 2.200€ έως 3.900€ σε νοσοκομεία της ίδιας κατηγορίας, αντιπροσωπεύοντας ένα μεταβλητό ποσοστό του συνολικού ετήσιου λειτουργικού κόστους, δηλαδή από 2,1% έως 10%. Αυτό δείχνει την υιοθέτηση διαφορετικών πρακτικών ελέγχου και διαχείρισης από κάθε ίδρυμα, στοιχεία που θα πρέπει επίσης να παρατηρηθούν, αναδεικνύοντας τις βέλτιστες πρακτικές που σταδιακά θα πρέπει να εφαρμοστούν από όλες τις δομές.

Η ανάγκη υιοθέτησης φθηνότερων και βιώσιμων λύσεων είναι αδιαμφισβήτητη, ιδίως σε περιόδους που βιώνουμε μια ραγδαία αύξηση της τιμής των ενεργειακών πόρων. Ωστόσο, η προσαρμογή δεν μπορεί να εφαρμοστεί ομοιόμορφα, αλλά είναι απαραίτητο να εντοπιστούν οι παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση σε κάθε δεδομένη στιγμή, ώστε να ληφθούν ορθολογικές και δίκαιες αποφάσεις. Οι βασικές μεταβλητές που επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας στο ελληνικό δημόσιο νοσοκομείο, όχι μόνο από την άποψη των μονάδων μέτρησης της κατανάλωσης που έχει ερευνηθεί σε προηγούμενες μελέτες [58,60], αλλά και από οικονομική άποψη, είναι το μέγεθος των εγκαταστάσεων που υποδεικνύεται έμμεσα από τον αριθμό των κλινών και τον αριθμό των εργαζομένων, ο τύπος του νοσοκομείου, ο οποίος υποδεικνύει και την πολυπλοκότητα του ιατρικού εξοπλισμού και η χρήση εναλλακτικών μορφών ενεργειακών πόρων, όπως το φυσικό αέριο, όσον αφορά την Ελλάδα [68]. Οι μεταβλητές αυτές ανακτώνται πολύ εύκολα και μπορούν εύκολα να

χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη του προϋπολογισμού από έτος σε έτος με σχετική ακρίβεια. Ωστόσο, όταν υπάρχουν αξιόπιστες πληροφορίες σχετικά με τα λειτουργικά δεδομένα κάθε νοσοκομείου, δηλαδή τον αριθμό των νοσηλευόμενων ασθενών, τον αριθμό των χειρουργικών επεμβάσεων, τον συνολικό αριθμό των εξετάσεων ιατρικής απεικόνισης, μπορούμε να καταλήξουμε σε μοντέλα με ελαφρώς υψηλότερη προβλεπτική ικανότητα. Πραγματοποιώντας ανάλυση παλινδρόμησης χρησιμοποιώντας μόνο τις διαρθρωτικές μεταβλητές, προέκυψαν μοντέλα με R^2 μεγαλύτερο από 0,84, ενώ προσθέτοντας στο μοντέλο τις λειτουργικές μεταβλητές το R^2 φτάνει το 0,87, γεγονός που υποδηλώνει ότι η πρόσθετη συμβολή των δεδομένων παραγωγής υγειονομικής περίθαλψης του νοσοκομείου είναι της τάξης του 3%. Το βασικό συμπέρασμα από τα αποτελέσματα αυτά είναι ότι οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά νοσοκομεία είναι αυτοί που σχετίζονται με το μέγεθος και την πολυπλοκότητα των κτιρίων, γεγονός αναμενόμενο αφού ένα νοσοκομείο για να λειτουργεί, χρησιμοποιεί ενεργειακούς πόρους για θέρμανση, ψύξη, ηλεκτρική ενέργεια καθώς και για να χρησιμοποιεί συνεχώς τον ιατρικό εξοπλισμό του, είτε έχει 90% πληρότητα ασθενών είτε 50%. Τα μαθηματικά μοντέλα θα υποδείξουν τα περιθώρια μείωσης για κάθε νοσοκομείο, με βάση αυτούς τους παράγοντες, χωρίς να διακυβεύεται η ασφαλής λειτουργία του. Εάν τα αρχεία γίνουν πιο λεπτομερή και αξιόπιστα, τα μοντέλα μπορούν να επικαιροποιούνται για να κάνουν κάθε φορά πιο αξιόπιστες εκτιμήσεις.

Οι παραπάνω πληροφορίες μπορούν κάλλιστα να αποτελέσουν τη βάση ενός Εθνικού Στρατηγικού Σχεδίου για την ενεργειακή πολιτική των Ελληνικών Δημόσιων Νοσοκομείων και Κέντρων Υγείας. Με τον τρόπο αυτό, το Υπουργείο Υγείας, χρησιμοποιώντας τα μοντέλα για τον υπολογισμό του ενεργειακού κόστους θα υποδεικνύει κάθε φορά τις αναγκαίες παρεμβάσεις - προσαρμογές σε κάθε δομή λαμβάνοντας πρωτίστως υπόψη:

- την παλαιότητα των κτιρίων και των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων
- την πρόσβαση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας
- τις εκπαιδευτικές ανάγκες του προσωπικού των νοσοκομείων για βιώσιμη συμπεριφορά και βιώσιμη διαχείριση

Προοδευτικά, οι καταγραφές των λειτουργικών και οικονομικών δεδομένων θα πρέπει να γίνουν πιο λεπτομερείς, ομοιογενείς και να αντλούνται απευθείας από τα πληροφοριακά συστήματα των νοσοκομείων, αυξάνοντας με αυτόν τον τρόπο την

αξιοπιστία τους, συμπεριλαμβανομένων νέων δεδομένων σχετικά με στοχευμένες παρεμβάσεις που έχουν ολοκληρωθεί από συγκεκριμένα νοσοκομεία [69].

Η βιώσιμη ανάπτυξη εξυπηρετεί την ιδέα ότι οι ανθρώπινες κοινωνίες πρέπει να ζουν και να ικανοποιούν τις ανάγκες τους χωρίς να θέτουν σε κίνδυνο την βιωσιμότητα των μελλοντικών γενεών. Αυτό απαιτεί τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μέσω επενδύσεων που είναι, αν μη τι άλλο, αποδοτικές και οικονομικά συμφέρουσες. Με δεδομένο ότι στην Ελλάδα και συγκεκριμένα στις δομές υγείας της χώρας, που είναι σημαντικά δαπανηρές, βρισκόμαστε ακόμα σε νηπιακό στάδιο όσον αφορά την υιοθέτηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οι οποίες μειώνουν δραματικά το ενεργειακό κόστος, οι πληροφορίες που προκύπτουν από την παραπάνω χαρτογράφηση και παρακολούθηση μπορούν να αποτελέσουν τη ραχοκοκαλιά αυτής της αναγκαίας αλλαγής με συντονισμένο τρόπο.

4.3 Συμπεράσματα για τα μολυσματικά απόβλητα των δημόσιων νοσοκομείων

Είναι κοινή πεποίθηση ότι η ποιότητα του περιβάλλοντός μας επηρεάζει τη δημόσια υγεία και, επομένως, ο τομέας της υγείας θα πρέπει να προβεί σε αντίστοιχες ενέργειες για τη διατήρησή του [70]. Ο τομέας της υγειονομικής περίθαλψης παραμένει ένας από τους μεγαλύτερους κλάδους παγκοσμίως, λόγω του γεγονότος ότι οι δαπάνες για την υγεία υπολογίζονται περίπου στο 10% του παγκόσμιου οικονομικού προϊόντος [71] και διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην καταστροφή και υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος λόγω της 24ωρης λειτουργίας του, της συνεχούς κατανάλωσης ενέργειας [72] και των τεράστιων ποσοτήτων υγειονομικών/ιατρικών αποβλήτων που παράγει [73].

Η παρούσα μελέτη είναι η πρώτη ολοκληρωμένη και τεκμηριωμένη προσπάθεια που πραγματοποιείται για την Ελλάδα και παρουσιάζει την κατάσταση των μολυσματικών αποβλήτων στον δημόσιο τομέα της υγείας και τη συσχέτισή της με τις οικονομικές επιπτώσεις. Η έρευνα έδειξε ότι οι παραγόμενες ποσότητες μολυσματικών αποβλήτων και τα κόστη διαχείρισής τους στον ελληνικό δημόσιο τομέα της υγείας επηρεάζονται από μια σειρά νοσοκομειακών χαρακτηριστικών - δεικτών, όπως ο αριθμός των κλινών, ο τύπος του νοσοκομείου, οι παρεχόμενες υπηρεσίες, ο αριθμός

των ετήσιων νοσηλευόμενων, οι ημέρες παραμονής, ο αριθμός των προγραμματισμένων χειρουργικών επεμβάσεων, η ύπαρξη ειδικών μονάδων, όπως η Μονάδα Εντατικής Θεραπείας, και ο συνολικός αριθμός των εργαζομένων. Κάποιοι από αυτούς τους παράγοντες, όπως ο τύπος του νοσοκομείου, ο αριθμός των νοσηλευόμενων-ασθενών κ.λπ. αναφέρονται και επιβεβαιώνονται και σε διάφορες μελέτες από διάφορες χώρες όπως η Ταϊβάν, η Ιορδανία, το Κουβέιτ, η Ινδία, η Νιγηρία αλλά και από την Ελλάδα, [74–78]. Είναι πολύ πιθανό ότι πρόσθετοι παράγοντες μπορεί να επηρεάσουν σημαντικά την παραγωγή των μολυσματικών αποβλήτων, ιδίως κατά τη διάρκεια της πανδημίας του Covid-19, όπου οι ρυθμοί και οι ποσότητες αυξήθηκαν δραματικά.

Η διευκρίνιση αυτών των παραγόντων που επηρεάζουν τα μολυσματικά απόβλητα τόσο σε επίπεδο ποσοτήτων όσο και σε οικονομικό επίπεδο μπορούν να βοηθήσουν τις διοικήσεις των νοσοκομείων και/ή ακόμη και σε κυβερνητικό επίπεδο, το ελληνικό Υπουργείο Υγείας να κατανοήσουν τι πρέπει να αλλάξει και να εφαρμοστεί προκειμένου να προστατευθεί το περιβάλλον, να μειωθεί το λειτουργικό κόστος των νοσοκομείων και να εφαρμοστούν οι απαραίτητες πολιτικές και το σχέδιο δράσης. Θα είναι εφικτό έτσι να εντοπίζονται αποκλίσεις στο κόστος και στις ποσότητες μολυσματικών αποβλήτων, επιτρέποντας την προετοιμασία των αρμοδίων όσον αφορά τον προϋπολογισμό, την αξιολόγηση και τη βελτίωση στους τομείς που απαιτούνται κάθε φορά για την καλύτερη διαχείριση από άποψη βιωσιμότητας, οικονομικής και περιβαλλοντικής. Επιπλέον, τα δύο προτεινόμενα μοντέλα πρόβλεψης μπορούν να χρησιμοποιηθούν από κυβερνητικούς φορείς και υπηρεσίες προκειμένου να αλλάξουν την τρέχουσα κατάσταση και να βελτιώσουν τις αδυναμίες, τα τρωτά σημεία και τις πιθανές δυσλειτουργίες του ελληνικού δημόσιου τομέα υγείας. Έτσι, σε συνδυασμό με τις ακόλουθες προτεινόμενες δράσεις που πρέπει να ληφθούν υπόψη για εφαρμογή στον ελληνικό δημόσιο τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, να μπορέσει να μετατραπεί σε πράσινο και βιώσιμο. Προτείνονται λοιπόν τα εξής:

- Να υπάρχει και να λειτουργεί κατάλληλο και προσαρμοσμένο σύστημα βιώσιμης διαχείρισης αποβλήτων.
- Να διασφαλίζεται η κατάλληλη εκπαίδευση σχετικά με τη διαχείριση των αποβλήτων και την επαγγελματική ασφάλεια των επαγγελματιών υγείας.
- Να εφαρμόζεται πολιτική - κανονισμός διαχείρισης αποβλήτων.
- Να επανεξεταστεί η ισχύουσα νομοθεσία και η σχετική χάραξη πολιτικής

- Να εφαρμοστούν νέες τεχνολογίες επεξεργασίας ιατρικών αποβλήτων
- Να προωθείται η ανακύκλωση υλικών
- Να υιοθετηθούν τυποποιημένες και αμοιβαία αποδεκτές κατευθυντήριων γραμμών σε εθνικό επίπεδο για τα υγειονομικά απόβλητα
- Να αναζητηθούν τρόποι για ελαχιστοποίηση του κόστους και των συναφών κινδύνων από τα μολυσματικά απόβλητα.

Εν κατακλείδι, από τα οικονομικά, λειτουργικά και περιγραφικά δεδομένα όλων των δημόσιων Νοσοκομείων της Ελλάδας για τα έτη 2018 και 2019 προκύψανε, μέσω της ανάλυσης παλινδρόμησης, μοντέλα για την πρόβλεψη τριών βασικών κατηγοριών δαπανών των δημόσιων νοσοκομείων της χώρας. Οι ερμηνευτικές μεταβλητές που επαναλαμβάνονται σ' αυτά είναι από τις περιγραφικές: ο τύπος του νοσοκομείου, ο αριθμός των κλινών, ο αριθμός των εργαζομένων και η ύπαρξη ή μη Μονάδας Εντατικής Θεραπείας γεγονός που υποδηλώνει ότι αυτές 'κουβαλάνε' όλη την πληροφορία αναφορικά με το μέγεθος του νοσοκομείου και την πολυπλοκότητα ή μη των εξυπηρετούμενων περιστατικών ενώ όσον αφορά τις μεταβλητές του παραγόμενου έργου είδαμε να επαναλαμβάνονται στα μοντέλα: ο αριθμός των εσωτερικών ασθενών με τις ημέρες νοσηλείας και ο αριθμός των εργαστηριακών εξετάσεων, που και αυτές σε συνδυασμό με τις παραπάνω αποτυπώνουν τη δυναμική του κάθε νοσοκομείου και για νοσηλείες αλλά και για εξυπηρέτηση εξωτερικών ασθενών. Έτσι, μέσω αυτών των τριών μοντέλων, μπορεί να δοθεί η δυνατότητα:

- Να αποτελέσουν τη βάση ενός εθνικού σχεδιασμού για την αξιολόγηση των νοσοκομείων όσο αφορά το κόστος και τη διαχείριση
- Να βοηθούν στον εντοπισμό των καλών ή κακών πρακτικών
- Να υποδεικνύουν τις απαραίτητες παρεμβάσεις για βελτίωση
- Να επιτυγχάνονται σωστές και δίκαιες κατανομές του ετήσιου κρατικού προϋπολογισμού εγκαταλείποντας πια την ιστορικότητα, αφήνοντας έξω από την εξίσωση την ιατρική πράξη και τα επακόλουθα όταν αυτή εμπλέκεται με τις διαδικασίες αποζημίωσης
- Να απαλλάξει από τεράστιο όγκο δουλείας ένα μεγάλο αριθμό προσωπικού των νοσοκομείων και των ασφαλιστικών φορέων (όλων των ειδικοτήτων) που είναι αναγκαίος στα συστήματα αποζημίωσης μέσω αναλυτικών κοστολογήσεων και

- Με την κατάλληλη ανατροφοδότηση, σε ετήσια βάση να εμπλουτίζονται, βελτιώνοντας την αξιοπιστία τους.

Παράρτημα

Μεθοδολογία και αποτελέσματα ανάλυσης της έρευνας Covid-19

Εδώ παραθέτουμε την ανάλυση και τα αποτελέσματα της έρευνας για τον Covid-19 αναφορικά με τον εντοπισμό συσχετίσεων στον αριθμό κρουσμάτων και θανάτων από τον ιό σε 37 χώρες του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης με τα αντίστοιχα πληθυσμιακά δεδομένα, οικονομικά δεδομένα και υγειονομικά - νοσοκομειακά δεδομένα κάθε χώρας.

Δεδομένα

Η συγκεκριμένη ανάλυση έγινε στο πλαίσιο μια μεγαλύτερης έρευνας που κύριο στόχο είχε να εκτιμήσει τη επίδραση της έγκαιρης εφαρμογής παρεμβάσεων κοινωνικής αποστασιοποίησης στη σωρευτική θνησιμότητα του Covid-19 κατά τη διάρκεια του πρώτου κύματος της πανδημίας. Οι χώρες που συμπεριλήφθηκαν στην έρευνα αυτή ήταν οι: Αυστραλία, Αυστρία, Βέλγιο, Καναδάς, Χιλή, Κολομβία, Τσεχική Δημοκρατία, Δανία, Εσθονία, Φινλανδία, Γαλλία, Γερμανία, Ελλάδα, Ουγγαρία, Ισλανδία, Ιρλανδία, Ισραήλ, Ιταλία, Ιαπωνία, Νότια Κορέα, Λετονία, Λιθουανία, Λουξεμβούργο, Μεξικό, Ολλανδία, Νέα Ζηλανδία, Νορβηγία, Πολωνία, Πορτογαλία, Σλοβακία, Σλοβενία, Ισπανία, Σουηδία, Ελβετία, Τουρκία, Ηνωμένο Βασίλειο και Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής.

Αυτά που ελέγχθηκαν σε συνδυασμό με τα συνολικά κρούσματα και τους θανάτους από Covid-19 ήταν τα εξής:

- Από πληθυσμιακά - δημογραφικά δεδομένα:
 1. Το γεωγραφικό ύψος
 2. Το γεωγραφικό πλάτος
 3. Η πληθυσμιακή πυκνότητα ανά Km²
 4. Το ποσοστό του πληθυσμού που είναι γερασμένο
 5. Το ποσοστό του πληθυσμού που είναι νέο
 6. Το ποσοστό του πληθυσμού που βρίσκεται σε ηλικία ικανή για εργασία
 7. Το ποσοστό του πληθυσμού που κατοικεί σε μητροπολιτικές περιοχές
 8. Το ποσοστό του πληθυσμού που κατοικεί σε μη μητροπολιτικές περιοχές
 9. Αφίξεις διεθνούς τουρισμού

- Από οικονομικά δεδομένα ελέγχθηκαν για τη συμβολή τους στον αριθμό των συνολικών κρουσμάτων και συνολικών θανάτων από τον Covid-19, τα εξής δεδομένα καταχωρημένα σε δολάριο Ηνωμένων Πολιτειών:
 1. ακαθάριστο εγχώριο προϊόν ανά κάτοικο σε δολάριο Ην. Πολιτειών.
 2. καθαρό εθνικό εισόδημα ανά κάτοικο
 3. ακαθάριστο εθνικό εισόδημα ανά κάτοικο
 4. αριθμός μεγάλων επιχειρήσεων
 5. αριθμός μεσαίων επιχειρήσεων
 6. αριθμός μικρών επιχειρήσεων
 7. δημόσιες δαπάνες ανά κεφαλή
 8. δαπάνες για την υγεία ανά κεφαλή
 9. ρυθμός φτώχειας
- Από υγειονομικά δεδομένα, ελέγχθηκαν τα εξής:
 1. Ο αριθμός των ανεπτυγμένων νοσοκομειακών κλινών ανά 1000 κατοίκους
 2. Ο αριθμός των ανεπτυγμένων κλινών Μονάδων Εντατικής Θεραπείας ανά 100.000 κατοίκους
 3. Ο αριθμός των ενεργών ιατρών ανά 100.000 κατοίκους
 4. Ο αριθμός των ενεργών νοσοκόμων ανά 100.000 κατοίκους
 5. Το ποσοστό των γενικών γιατρών

Στατιστικές μέθοδοι για την ανάλυση των δεδομένων Covid-19

Δεδομένου ότι στην ανάλυση των δεδομένων της έρευνας για τον Covid-19, είχαμε να κάνουμε με αριθμό γεγονότων σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα χρησιμοποιήσαμε την Poisson ανάλυση παλινδρόμησης [79] με εξαρτημένες μεταβλητές τον αριθμό των θανάτων και τον αριθμό των κρουσμάτων αντίστοιχα για κάθε χώρα και ανεξάρτητες όλες τις προαναφερθείσες μεταβλητές, κάθε κατηγορίας ξεχωριστά και συνδυαστικά όλες μαζί.

Η Poisson παλινδρόμηση χρησιμοποιείται για να περιγράψει διακριτά δεδομένα που αφορούν ‘γεγονότα’ σε συγκεκριμένο χρονικό ή χωρικό διάστημα, η χρήση της οποίας όμως για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων απαιτεί τις παρακάτω προϋποθέσεις [80]:

- Η μεταβλητή απόκρισης είναι μια καταμέτρηση ανά μονάδα χρόνου ή χώρου, που περιγράφεται από μια κατανομή Poisson.
- Οι παρατηρήσεις πρέπει να είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους
- Εξ ορισμού, η μέση τιμή μιας τυχαίας μεταβλητής Poisson πρέπει να είναι ίση με τη διακύμανσή της.
- Ο λογάριθμος του μέσου ποσοστού γεγονότων στη μονάδα του χρόνου, $\log(\lambda)$, πρέπει να είναι γραμμική συνάρτηση του x .

Το υπόδειγμα της παλινδρόμησης Poisson είναι της μορφής:

$$\log(\lambda) = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_i x_i \quad (1)$$

Και η εκτιμηθείσα τιμή για το λ προκύπτει από τη μαθηματική πράξη:

$$\lambda = \exp(\alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_i x_i) \quad (2)$$

Αντίστοιχα και σ' αυτή την ανάλυση επειδή είχαμε πολλές ερμηνευτικές μεταβλητές, με μεγάλο βαθμό συσχέτισης μεταξύ τους υπολογίστηκε ο δείκτης VIF για κάθε μια από αυτές και συνολικά, αποκλείοντας από τα μοντέλα αυτές τις μεταβλητές με μεγάλες τιμές του δείκτη.

Αποτελέσματα ανάλυσης Covid-19

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας για το κατά πόσον οικονομικά, δημογραφικά και υγειονομικά δεδομένα επηρέασαν τον αριθμό των συνολικών κρουσμάτων και των συνολικών θανάτων από τον Covid-19 κατά τους 4 πρώτους μήνες της πανδημίας σε 37 χώρες του ΟΟΣΑ.

Ο έλεγχος έδειξε πως η πλειοψηφία των μεταβλητών είναι στατιστικά σημαντικές όσον αφορά τον τελικό αριθμό των κρουσμάτων με covid-19 και τον αριθμό των θανάτων αντίστοιχα. Επειδή όμως αρκετές από αυτές παρέχουν παρόμοιες πληροφορίες ελέγχθηκε για κάθε μια από αυτές ο συντελεστής πληθωρισμού διακύμανσης Variance Inflation Factor (VIF). Αυτός παρέχει την πληροφορία για το κατά πόσο αυξάνεται η διακύμανση ενός εκτιμώμενου συντελεστή παλινδρόμησης λόγω της αλληλοσυσχέτισης της μεταβλητής που προστίθεται στο μοντέλο και των υπολοίπων μεταβλητών που υπάρχουν ήδη σε αυτό. Τα αποτελέσματα με τα μοντέλα που είχαν ικανοποιητικές τιμές των VIFs για τις μεταβλητές των μοντέλων ανά κατηγορία δεδομένων, είναι τα εξής:

Ανάλυση πληθυσμιακών - δημογραφικών δεδομένων

Πίνακας 23. Αποτελέσματα παλινδρόμησης των συνολικών κρουσμάτων με Covid-19 σε 37 χώρες του ΟΟΣΑ κατά το 1^ο 4μηνο της πανδημίας σε σχέση με τα πληθυσμιακά & δημογραφικά δεδομένα. (*P-values < 0.05)

Poisson Ανάλυση Παλινδρόμησης			
Αριθμός παρατηρήσεων = 37 (χώρες)			
Ανεξάρτητη μεταβλητή	Pseudo R ²	Εξαρτημένες μεταβλητές - Εκτιμήτριες	Συντελεστής παλινδρόμησης
Συνολικός αριθμός κρουσμάτων με Covid-19 σε 37 χώρες του ΟΟΣΑ κατά το 1 ^ο 4μηνο της πανδημίας	0.646	Γεωγραφικό πλάτος	-0.014
		Γεωγραφικό μήκος	-0.118
		Πληθυσμιακή πυκνότητα ανά Km ²	0.000896
		% του πληθυσμού που είναι γερασμένο	8.417
		% πληθυσμού που κατοικεί σε μη μητροπολιτικές περιοχές	2.473
		% του πληθυσμού που κατοικεί σε μητροπολιτικές περιοχές	2.79
		Αφίξεις διεθνούς τουρισμού	8.80E-09
		Συνολικός πληθυσμός	-1.20E-09
		Constant	-9.944

Πίνακας 24. Αποτελέσματα παλινδρόμησης των συνολικών θανάτων από Covid-19 σε 37 χώρες του ΟΟΣΑ κατά το 1^ο 4μηνο της πανδημίας σε σχέση με τα πληθυσμιακά & δημογραφικά δεδομένα.

Poisson Ανάλυση Παλινδρόμησης			
Αριθμός παρατηρήσεων = 37 (χώρες)			
Ανεξάρτητη μεταβλητή	Pseudo R ²	Εξαρτημένες μεταβλητές - Εκτιμήτριες	Συντελεστής παλινδρόμησης
Συνολικός αριθμός θανάτων από Covid-19 σε 37 χώρες του ΟΟΣΑ κατά το 1 ^ο 4μηνο της πανδημίας	0.6914	Γεωγραφικό πλάτος	0.004
		Γεωγραφικό μήκος	-0.0174
		Πληθυσμιακή πυκνότητα ανά Km ²	0.00432
		% του πληθυσμού που είναι γερασμένο	6.7517
		% πληθυσμού που κατοικεί σε μη μητροπολιτικές περιοχές	0.643
		Αφίξεις διεθνούς τουρισμού	2.26E-08
		Συνολικός πληθυσμός	-4.45E-09
		Constant	-11.584

Τα βασικά ευρήματα εδώ αναδεικνύουν την μικρή αλλά αρνητική συσχέτιση μεταξύ των κρουσμάτων αλλά και των θανάτων από Covid-19 με το γεωγραφικό μήκος και πλάτος και τον συνολικό πληθυσμό κάθε χώρας. Ενώ εντοπίζονται θετικές

συσχετίσεις μεταξύ των κρουσμάτων και των θανάτων από Covid-19, με την πληθυσμιακή πυκνότητα, το ποσοστό του γερασμένου πληθυσμού, το ποσοστό του πληθυσμού που κατοικεί σε μητροπολιτικές περιοχές αλλά και τον αριθμό των τουριστικών αφίξεων κατά την περίοδο εκείνη. Παρόλα αυτά οι παρατηρούμενες διακυμάνσεις στα παραπάνω μεγέθη αναφορικά με τον Covid-19 εξηγούνται μέχρι το 65 έως και 69% από τις μεταβλητές των πληθυσμιακών και δημογραφικών δεδομένων.

Ανάλυση οικονομικών δεδομένων

Πίνακας 25. Αποτελέσματα παλινδρόμησης των συνολικών κρουσμάτων με Covid-19 σε 37 χώρες του ΟΟΣΑ κατά το 1^ο 4μηνο της πανδημίας σε σχέση με τα οικονομικά δεδομένα των χωρών.

Poisson Ανάλυση Παλινδρόμησης			
Αριθμός παρατηρήσεων = 37 (χώρες)			
Ανεξάρτητη μεταβλητή	Pseudo R ²	Εξαρτημένες μεταβλητές - Εκτιμήτριες	Συντελεστής παλινδρόμησης
Συνολικός αριθμός κρουσμάτων με Covid-19 κατά το 1 ^ο 4μηνο της πανδημίας	0.5932	Ακαθάριστο εγχώριο προϊόν ανά κάτοικο	0.000021
		Ρυθμός φτώχειας	-1.0944
		Αριθμός μικρών επιχειρήσεων	8.28E-08
		Αριθμός μεσαίων επιχειρήσεων	-5.00E-06
		Αριθμός μεγάλων επιχειρήσεων	0.0001632
		Constant	-7.0687

Πίνακας 26. Αποτελέσματα παλινδρόμησης των συνολικών θανάτων από Covid-19 σε 37 χώρες του ΟΟΣΑ κατά το 1^ο 4μηνο της πανδημίας σε σχέση με τα οικονομικά δεδομένα των 37 χωρών.

Poisson Ανάλυση Παλινδρόμησης			
Αριθμός παρατηρήσεων = 37 (χώρες)			
Ανεξάρτητη μεταβλητή	Pseudo R ²	Εξαρτημένες μεταβλητές - Εκτιμήτριες	Συντελεστής παλινδρόμησης
Συνολικός αριθμός θανάτων από Covid-19 κατά το 1 ^ο 4μηνο της πανδημίας	0.1938	Καθαρό εθνικό εισόδημα ανά κάτοικο	0.000036
		Ρυθμός φτώχειας	-2.6131
		Αριθμός μικρών επιχειρήσεων	1.86E-07
		Αριθμός μεσαίων επιχειρήσεων	-1.88E-07
		Αριθμός μεγάλων επιχειρήσεων	-0.0000143
		Constant	-9.61E+00

Αντίστοιχα εδώ, παρατηρείται πως μεταβλητές που αντιπροσωπεύουν την οικονομική ευημερία μιας χώρας να επηρεάζουν ελάχιστα αλλά θετικά τον αριθμό των κρουσμάτων και των θανάτων από Covid-19 ενώ αντίθετα εκεί όπου ο ρυθμός φτώχειας είναι μεγαλύτερος να παρατηρούνται χαμηλότερα επίπεδα από τα εξεταζόμενα μεγέθη. Αυτό μπορεί να αποτυπώνεται εδώ ίσως και εξαιτίας της ελλιπέστερης πληροφόρησης και αποτύπωσης των περιστατικών στις λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες. Επίσης, η ύπαρξη μεγάλου αριθμού μικρών επιχειρήσεων φαίνεται να συμβάλει θετικά στον αριθμό των κρουσμάτων και των θανάτων από Covid-19, αντίθετα με τους αριθμούς των μεσαίων και μεγάλων επιχειρήσεων οι οποίοι φαίνεται να συνδέονται, με χαμηλότερα επίπεδα κρουσμάτων και θανάτων από τον ιό κατά το πρώτο τετράμηνο της πανδημίας.

Ανάλυση υγειονομικών δεδομένων

Πίνακας 27. Αποτελέσματα παλινδρόμησης των συνολικών κρουσμάτων με Covid-19 σε 37 χώρες του ΟΟΣΑ κατά το 1^ο 4μηνο της πανδημίας σε σχέση με τα υγειονομικά δεδομένα των χωρών.

Poisson Ανάλυση Παλινδρόμησης			
Αριθμός παρατηρήσεων = 37 (χώρες)			
Ανεξάρτητη μεταβλητή	Pseudo R ²	Εξαρτημένες μεταβλητές - Εκτιμήτριες	Συντελεστής παλινδρόμησης
Συνολικός αριθμός κρουσμάτων με Covid-19 κατά το 1 ^ο 4μηνο της πανδημίας	0.7107	Αριθμός νοσοκομειακών κλινών ανά 1000 κατοίκους	-0.2705
		Αριθμός κλινών Μονάδων Εντατικής θεραπείας ανά 100.000 κατοίκους	0.0415
		Αριθμός ενεργών ιατρών ανά 100.000 κατοίκους	0.02467
		Αριθμός ενεργών νοσοκόμων ανά 100.000 κατοίκους	-0.00157
		Ποσοστό των γενικών γιατρών	0.00429
		Constant	-5.656

Πίνακας 28. Αποτελέσματα παλινδρόμησης των συνολικών θανάτων από Covid-19 σε 37 χώρες του ΟΟΣΑ κατά το 1^ο 4μηνο της πανδημίας σε σχέση με τα υγειονομικά δεδομένα των 37 χωρών.

Poisson Ανάλυση Παλινδρόμησης			
Αριθμός παρατηρήσεων = 37 (χώρες)			
Ανεξάρτητη μεταβλητή	Pseudo R ²	Εξαρτημένες μεταβλητές - Εκτιμήτριες	Συντελεστής παλινδρόμησης
Συνολικός αριθμός θανάτων από Covid-19 κατά το 1 ^ο 4μηνο της πανδημίας	0.472	Αριθμός νοσοκομειακών κλινών ανά 1000 κατοίκους	-0.26012
		Αριθμός κλινών Μονάδων Εντατικής θεραπείας ανά 100.000 κατοίκους	0.071635
		Αριθμός ενεργών ιατρών ανά 100.000 κατοίκους	0.302441
		Αριθμός ενεργών νοσοκόμων ανά 100.000 κατοίκους	0.44831
		Ποσοστό των γενικών γιατρών	-0.005518
		Constant	-8.56288

Τέλος, από την ανάλυση των υγειονομικών δεδομένων των 37 χωρών του ΟΟΣΑ παρατηρείται πως ο αριθμός των νοσοκομειακών κλινών συμβάλει σε χαμηλότερα επίπεδα αριθμών

κρουσμάτων και θανάτων από Covid-19, κάτι που δεν συμβαίνει με τον αριθμό των κλινών μονάδων εντατικής θεραπείας ανά 100.000 κατοίκους, γεγονός που χρήζει περαιτέρω έρευνας για τις αιτίες που οδήγησαν εκεί και τις τυχόν βελτιώσεις στα πρωτόκολλα που χρησιμοποιήθηκαν. Αντίστοιχα, τα ποσοστά των ενεργών ιατρών και των ενεργών νοσοκόμων δεν φαίνεται να συνδέονται με χαμηλότερα επίπεδα κρουσμάτων και θανάτων από Covid-19.

Ανάλυση συνολικών δεδομένων

Πίνακας 29. Αποτελέσματα παλινδρόμησης των συνολικών κρουσμάτων με Covid-19 σε 37 χώρες του ΟΟΣΑ κατά το 1^ο 4μηνο της πανδημίας σε σχέση με το σύνολο των δεδομένων (δημογραφικά, πληθυσμιακά, οικονομικά και υγειονομικά) των χωρών.

Poisson Ανάλυση Παλινδρόμησης			
Αριθμός παρατηρήσεων = 37 (χώρες)			
Ανεξάρτητη μεταβλητή	Pseudo R ²	Εξαρτημένες μεταβλητές - Εκτιμήτριες	Συντελεστής παλινδρόμησης
Συνολικός αριθμός κρουσμάτων με Covid-19 κατά το 1 ^ο 4μηνο της πανδημίας	0.8872	Γεωγραφικό πλάτος	0.056206
		Γεωγραφικό μήκος	1.49E-08
		Πληθυσμιακή πυκνότητα ανά Km ²	0.0147
		% του πληθυσμού που είναι γερασμένο	1.6143
		% πληθυσμού που κατοικεί σε μη μητροπολιτικές περιοχές	1.1543
		Ρυθμός φτώχειας	-11.79307
		Αριθμός μικρών επιχειρήσεων	-3.07E-07
		Αριθμός μεγάλων επιχειρήσεων	9.52E-05
		Αριθμός νοσοκομειακών κλινών ανά 1000 κατοίκους	-0.38291
		Αριθμός κλινών Μονάδων Εντατικής θεραπείας ανά 100.000 κατοίκους	0.05836
		Αριθμός ενεργών νοσοκόμων ανά 100.000 κατοίκους	-0.015134
		Αριθμός ενεργών ιατρών ανά 100.000 κατοίκους	0.00079
		Ποσοστό των γενικών γιατρών	0.02875
		Constant	-4.675

Πίνακας 30. Αποτελέσματα παλινδρόμησης των συνολικών θανάτων από Covid-19 σε 37 χώρες του ΟΟΣΑ κατά το 1^ο 4μηνο της πανδημίας σε σχέση με το σύνολο των δεδομένων (δημογραφικά, πληθυσμιακά, οικονομικά και υγειονομικά) των χωρών.

Poisson Ανάλυση Παλινδρόμησης			
Αριθμός παρατηρήσεων = 37 (χώρες)			
Ανεξάρτητη μεταβλητή	Pseudo R ²	Εξαρτημένες μεταβλητές - Εκτιμήτριες	Συντελεστής παλινδρόμησης
Συνολικός αριθμός θανάτων από Covid-19 κατά το 1 ^ο 4μηνο της πανδημίας	0.8741	Γεωγραφικό μήκος	-0.001836
		Αφίξεις διεθνούς τουρισμού	2.56E-08
		Πληθυσμιακή πυκνότητα ανά Km ²	0.0034053
		% του πληθυσμού που είναι γερασμένο	5.4067
		% πληθυσμού που κατοικεί σε μη μητροπολιτικές περιοχές	1.1334
		Ρυθμός φτώχειας	-9.7844
		Αριθμός μικρών επιχειρήσεων	-1.91E-07
		Αριθμός μεγάλων επιχειρήσεων	1.12E-05
		Αριθμός νοσοκομειακών κλινών ανά 1000 κατοίκους	-0.42355
		Αριθμός κλινών Μονάδων Εντατικής θεραπείας ανά 100.000 κατοίκους	0.0389
		Αριθμός ενεργών νοσοκόμων ανά 100.000 κατοίκους	-0.05465
		Αριθμός ενεργών ιατρών ανά 100.000 κατοίκους	-0.03809
		Ποσοστό των γενικών γιατρών	0.023997
		Constant	-8.818

Τα βασικά ευρήματα εδώ αναφορικά με τη θνησιμότητα από Covid-19 στις 37 χώρες του ΟΟΣΑ αφορούν την μικρή αλλά θετική επίπτωση των τουριστικών αφίξεων και της πληθυσμιακής πυκνότητας στον συνολικό αριθμό των θανάτων. Παρατηρούνται επίσης περισσότεροι θάνατοι σε χώρες με μεγαλύτερα ποσοστά γερασμένου πληθυσμού, ενώ μικρή αρνητική επίδραση στον αριθμό των θανάτων έχουν οι μεγαλύτεροι αριθμοί των ενεργών γιατρών και νοσοκόμων.

Η συγκεκριμένη έρευνα με τα επίσημα αποτελέσματα αναφορικά με την επίδραση της έγκαιρης εφαρμογής παρεμβάσεων κοινωνικής αποστασιοποίησης στη σωρευτική θνησιμότητα του Covid-19 κατά το πρώτο τετράμηνο της πανδημίας, δημοσιεύτηκε στο περιοδικό Journal of Infection τον Νοέμβριο του 2020 με τίτλο **«Effect of early application of social distancing interventions on COVID-19**

mortality over the first pandemic wave: An analysis of longitudinal data from 37 countries»

Τα βασικά ευρήματα της εν λόγω μελέτης, αναφορικά με τη βασική της διερεύνηση είναι τα εξής:

Κατά τη διάρκεια του πρώτου κύματος πανδημίας (1η Ιανουαρίου έως 30 Ιουνίου 2020), η αθροιστική θνησιμότητα κατά Covid-19 διέφερε σε μεγάλο βαθμό μεταξύ των 37 χωρών του ΟΟΣΑ, κυμαινόμενη από 4,16 ανά εκατομμύριο πληθυσμού στην Αυστραλία έως 855 ανά εκατομμύριο πληθυσμού στο Βέλγιο. Ο πρώτος θάνατος από το Covid-19, σε κάθε χώρα, σημειώθηκε μεταξύ 13 Φεβρουαρίου και 7 Απριλίου 2020. Η μέγιστη επίπτωση επιτεύχθηκε μετά από διάμεση διάρκεια 32 ημερών από την ημέρα που καταγράφηκε ο πρώτος θάνατος από το Covid-19 σε κάθε χώρα (t_0) με ετερογενή σχήματα των επιδημικών καμπυλών.

Η αθροιστική επίπτωση των επιβεβαιωμένων κρουσμάτων στο t_0 κυμαινόταν από <1 έως 1164 κρούσματα ανά εκατομμύριο πληθυσμού, αντανakλώντας τις δραστικά διαφορετικές δυνατότητες ελέγχου και διάγνωσης και το μέγεθος της επιδημίας στην αρχική φάση. Υπήρχε πολύ μεγάλη διακύμανση στην πυκνότητα του πληθυσμού και στους ετήσιους αεροπορικούς επιβάτες που μεταφέρονται σε κάθε χώρα. Υπήρχε μικρότερη μεταβλητότητα στο ποσοστό του πληθυσμού που ζούσε σε αστικές περιοχές και στο ποσοστό του πληθυσμού ηλικίας 15 έως 64 ετών. Η διάρκεια της ανοδικής φάσης, εκφρασμένη ως αριθμός ημερών από το t_0 έως την αιχμή της ημερήσιας θνησιμότητας, διέφερε μεταξύ των χωρών (διάμεσος, 32; IQR, 25-42,5) και ήταν κατά μέσο όρο 13 ημέρες μεγαλύτερη μεταξύ των χωρών που εμφάνιζαν υψηλή αθροιστική θνησιμότητα Covid-19 ($p = 0,005$).

Οι παρεμβάσεις ενδιαφέροντος ήταν: απαγόρευση μαζικών συγκεντρώσεων και κλείσιμο σχολείων στα εθνικά επίκεντρα της επιδημίας. Οι χώρες εφάρμοσαν την απαγόρευση μαζικών συγκεντρώσεων κατά μέσο όρο τρεις ημέρες πριν από το t_0 (διάμεσος, -3; IQR, -9 έως +3) και το πρώτο κλείσιμο σχολείων κατά μέσο όρο δύο ημέρες πριν από το t_0 (διάμεσος, -2; IQR, -7 έως +4,5).

Οι μη προσαρμοσμένες αναλύσεις έδειξαν ότι οι χώρες με υψηλή αθροιστική θνησιμότητα Covid-19 κατά το πρώτο κύμα επέβαλαν την απαγόρευση μαζικών συγκεντρώσεων κατά διάμεσο όρο 9 ημέρες αργότερα και άρχισαν να κλείνουν τα

πρώτα σχολεία κατά διάμεσο όρο 7,5 ημέρες αργότερα από ό,τι οι χώρες με χαμηλότερη αθροιστική θνησιμότητα ($p = 0,003$ και $p = 0,001$, αντίστοιχα). Οι χώρες με μακρά ανοδική φάση (με βάση τη διάμεσο) θέσπισαν την απαγόρευση μαζικών συγκεντρώσεων κατά μέσο όρο 9 ημέρες αργότερα και θέσπισαν τα πρώτα κλεισίματα σχολείων κατά μέσο όρο 6,5 ημέρες αργότερα από τις χώρες με σύντομη ανοδική φάση ($p < 0,001$ και $p = 0,007$, αντίστοιχα).

Σύμφωνα με το μοντέλο που προέκυψε, κάθε μονοήμερη αύξηση του χρόνου απαγόρευσης των μαζικών συγκεντρώσεων σχετιζόταν, κατά μέσο όρο, με προσαρμοσμένη προβλεπόμενη σχετική μεταβολή (PRC) +6,97% (95% CI, +3,45 έως +10,5) στην αθροιστική θνησιμότητα Covid-19 κατά την περίοδο μελέτης. Αντίθετα, κάθε αύξηση κατά μία ημέρα στο χρόνο κλεισίματος των σχολείων συσχετίστηκε, κατά μέσο όρο, με PRC +4,37% (95% CI, +1,58 έως +7,17).

Σε μια ανάλυση εναλλακτικού σεναρίου που προέκυψε από το μοντέλο, εκτιμήσαμε ότι εάν κάθε χώρα είχε θέσει σε εφαρμογή και τις δύο αυτές παρεμβάσεις μία εβδομάδα νωρίτερα, η προβλεπόμενη αθροιστική θνησιμότητα Covid-19 του πρώτου κύματος πανδημίας θα είχε μειωθεί κατά μέσο όρο κατά 44,1% (95% CI, 20,2 έως 67,9). Ομοίως, η καθυστέρηση μιας εβδομάδας στην επιβολή θα είχε ως αποτέλεσμα την εκτιμώμενη προβλεπόμενη αύξηση της αθροιστικής θνησιμότητας Covid-19 κατά μέσο όρο 56,7% (95% CI, 20,4 έως 93,1). Η σχετική μεταβολή της αθροιστικής θνησιμότητας Covid-19 λόγω κάθε μέτρου κοινωνικής απομάκρυνσης τροποποιήθηκε σημαντικά από το χρόνο της άλλης παρέμβασης (δηλαδή αρνητικός όρος αλληλεπίδρασης, τα δεδομένα δεν παρουσιάζονται). Η επίδραση του χρόνου απαγόρευσης των μαζικών συγκεντρώσεων αυξήθηκε σημαντικά από την πυκνότητα του πληθυσμού. Η προσαρμοσμένη προβλεπόμενη αθροιστική θνησιμότητα Covid-19 ήταν υψηλότερη σε χώρες με έντονη αστικοποίηση, σε χώρες με υψηλό αριθμό επιβατών αεροδρομίων και υψηλή αθροιστική επίπτωση Covid-19 των κρουσμάτων στο t_0 , ενώ ήταν χαμηλότερη σε νησιωτικές χώρες και σε χώρες με υψηλό αριθμό νοσοκομειακών κλινών ανά 1000 κατοίκους (υποδηλωτική απόδειξη). Η επίδραση της χρονικής στιγμής των παρεμβάσεων κοινωνικής αποστασιοποίησης στη θνησιμότητα Covid-19 ήταν συνεχώς σημαντική σε χώρες με διαφορετική χρονική εφαρμογή και των δύο παρεμβάσεων, διαφορετική αθροιστική επίπτωση Covid-19 στο t_0 , αριθμό νοσοκομειακών κλινών, επίπεδο αστικοποίησης και αριθμό ετήσιων αεροπορικών επιβατών.

Συμπεράσματα ανάλυσης

Στη μελέτη αυτή, η έγκαιρη εφαρμογή της απαγόρευσης μαζικών συγκεντρώσεων και του κλεισίματος των σχολείων στα εθνικά επίκεντρα της επιδημίας συνδέθηκε με σημαντική μείωση της θνησιμότητας του Covid-19 κατά το πρώτο κύμα πανδημίας. Τα αποτελέσματα ήταν αξιόπιστα σε αναλύσεις ευαισθησίας λαμβάνοντας υπόψη διαφορετικούς χρόνους καθυστέρησης και σε χώρες με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Το μοντέλο που προέκυψε υπολόγισε ότι η κατά μία εβδομάδα νωρίτερη εφαρμογή και των δύο αυτών παρεμβάσεων σε κάθε χώρα θα μπορούσε να έχει αποφέρει μείωση της συνολικής θνησιμότητας Covid-19 κατά περισσότερο από 40%. Η ανάλυση εναλλακτικών σεναρίων με την παραδοχή διαφορετικών χρόνων εφαρμογής κάθε παρέμβασης υποδηλώνει τη σημασία της έγκαιρης επιβολής και των δύο μέτρων δημόσιας υγείας. Αν και η ταυτόχρονη εφαρμογή της απαγόρευσης μαζικών συγκεντρώσεων και του κλεισίματος των σχολείων μείωσε σημαντικά τη θνησιμότητα σε οποιοδήποτε στάδιο της εθνικής επιδημίας, η σχετική μείωση έτεινε να είναι μεγαλύτερη όταν και οι δύο παρεμβάσεις εφαρμόστηκαν πολύ νωρίς. Οι χώρες που εμφάνιζαν μακρά φάση ανόδου είχαν εφαρμόσει και τις δύο παρεμβάσεις κοινωνικής απομάκρυνσης αργότερα και ήταν πιθανότερο να φτάσουν σε υψηλά επίπεδα αθροιστικής θνησιμότητας Covid-19 από ό,τι οι χώρες με μικρότερες φάσεις ανόδου και προγενέστερες δράσεις. Τα ευρήματα αυτά υποστηρίζουν την υπόθεση ότι οι χώρες που εφαρμόζουν παρεμβάσεις κοινωνικής απομάκρυνσης σε πρώιμο στάδιο των εθνικών επιδημιών είναι πιθανότερο να διατηρήσουν την εξάπλωση του ιού κάτω από ένα ορισμένο όριο ανάπτυξης. Η μελέτη αυτή υποδηλώνει ότι ένας αποτελεσματικότερος περιορισμός της επιδημίας στο αρχικό στάδιο μπορεί να συμβάλει στη μείωση της αθροιστικής θνησιμότητας του Covid-19 για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα.

Βιβλιογραφία

1. McKee Martin; Healy Judith. *Hospitals in a Changing Europe*; 2002.
2. Berenson, R. A.; Upadhyay, D. K.; Delbanco, S. F.; Murray, R. RESEA RC H RE PORT Payment Methods and Benefit Designs: How They Work and How They Work Together to Improve Health Care Per Diem Payments to Hospitals for Inpatient Stays. **2016**.
3. Ikegami, N. Fee-for-Service Payment – an Evil Practice That Must Be Stamped Out? *Int. J. Heal. Policy Manag.* **2015**, 4 (2), 57. <https://doi.org/10.15171/IJHPM.2015.26>.
4. *Hospital Global Budgets: A Promising State Tool for Controlling Health Care Spending | Commonwealth Fund*. <https://www.commonwealthfund.org/publications/issue-briefs/2022/mar/hospital-global-budgets-state-tool-controlling-spending> (accessed 2022-09-18).
5. Benstetter, F.; Wambach, A. The Treadmill Effect in a Fixed Budget System. *J. Health Econ.* **2006**, 25 (1), 146–169. <https://doi.org/10.1016/J.JHEALECO.2005.04.004>.
6. Pines, J. M.; Vats, S.; Zocchi, M. S.; Black, B. Maryland's Experiment With Capitated Payments For Rural Hospitals: Large Reductions In Hospital-Based Care. *Health Aff.* **2019**, 38 (4), 594–603. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2018.05366>.
7. Sharfstein, J. M.; Stuart, E. A.; Antos, J. Global Budgets in Maryland Assessing Results to Date. *JAMA - Journal of the American Medical Association*. American Medical Association June 26, 2018, pp 2475–2476. <https://doi.org/10.1001/jama.2018.5871>.
8. Zhou, W.; Jian, W.; Wang, Z.; Pan, J.; Hu, M.; Yip, W. Impact of Global Budget Combined with Pay-for-Performance on the Quality of Care in County Hospitals: A Difference-in-Differences Study Design with a Propensity-Score-Matched Control Group Using Data from Guizhou Province, China. *BMC Health Serv. Res.* **2021**, 21 (1), 1296. <https://doi.org/10.1186/s12913-021-07338-8>.
9. Gaspar, K.; Portrait, F.; van der Hijden, E.; Koolman, X. Global Budget versus Cost Ceiling: A Natural Experiment in Hospital Payment Reform in the Netherlands. *Eur. J. Heal. Econ.* **2020**, 21 (1), 105–114. <https://doi.org/10.1007/S10198-019-01114-6/TABLES/4>.
10. Sutherland, J.; Crump, R. T.; Repin, N.; Hellsten, E. Paying for Hospital Services: A Hard Look at the Options. *SSRN Electron. J.* **2013**. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2303809>.
11. Moreno-Serra, R.; economics, A. W.-J. of health; 2010, undefined. System-Wide Impacts of Hospital Payment Reforms: Evidence from Central and Eastern Europe and Central Asia. *Elsevier*.
12. Cohen, M. A.; McGregor, M.; Ivanova, I.; Kinkaid, C. Activity Based Funding Versus Integrated Health Care Reform. *undefined* **2012**.
13. Sørensen, M. L. K.; Burau, V. Why We Need to Move beyond Diagnosis-Related Groups and How We Might Do So. *J. Heal. Serv. Res. Policy* **2016**, 21 (1), 64–66. <https://doi.org/10.1177/1355819615586444>.
14. Burau, V.; Dahl, H. M.; Jensen, L. G.; Lou, S. Beyond Activity Based Funding. An Experiment in Denmark. *Health Policy (New. York)*. **2018**, 122 (7), 714–721. <https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2018.04.007>.
15. Bauder, R.; Khoshgoftaar, T. M.; Seliya, N. A Survey on the State of Healthcare Upcoding Fraud Analysis and Detection. *Heal. Serv. Outcomes Res. Methodol.* **2017**, 17 (1), 31–55. <https://doi.org/10.1007/s10742-016-0154-8>.
16. Cook, A.; Averett, S. Do Hospitals Respond to Changing Incentive Structures? Evidence from Medicare's 2007 DRG Restructuring. *J. Health Econ.* **2020**, 73. <https://doi.org/10.1016/j.jhealeco.2020.102319>.
17. Bowlblis, J. R.; Brunt, C. S. Medicare Skilled Nursing Facility Reimbursement and Upcoding. *Heal. Econ. (United Kingdom)* **2014**, 23 (7), 821–840. <https://doi.org/10.1002/hec.2959>.
18. Luo, W.; Gallagher, M. Unsupervised DRG Upcoding Detection in Healthcare Databases. In *Proceedings - IEEE International Conference on Data Mining, ICDM*; 2010; pp 600–605. <https://doi.org/10.1109/ICDMW.2010.108>.
19. Karen S. Palmer; Thomas Agoritsas; Danielle Martin; Taryn Scott; Sohail M Mulla; Ashley P Miller; Arnav Agarwal; Andrew Bresnahan; Afeez Abiola Hazzan; Rebecca A Jeffery; Arnaud Merglen; Ahmed Negm; Reed A Siemieniuk; Neera Bhatnagar; Irfan A Dhalla; John N Lavis; John J You; Stephen J Duckett; Gordon H Guyatt. *Activity-Based Funding of Hospitals and Its Impact on Mortality, Readmission, Discharge Destination, Severity of Illness, and Volume of Care: A Systematic Review and Meta-Analysis*. Plos One. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4210200/> (accessed 2022-01-18).
20. Meng, Z.; Hui, W.; Cai, Y.; Liu, J.; Wu, H. The Effects of DRGs-Based Payment Compared with Cost-Based Payment on Inpatient Healthcare Utilization: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Health Policy (New. York)*. **2020**, 124 (4), 359–367. <https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2020.01.007>.
21. Baxter, P. E.; Hewko, S. J.; Pfaff, K. A.; Cleghorn, L.; Cunningham, B. J.; Elston, D.; Cummings, G. G. Leaders' Experiences and Perceptions Implementing Activity-Based Funding and Pay-for-Performance Hospital Funding Models: A Systematic Review. *Health Policy (New. York)*. **2015**, 119 (8), 1096–1110. <https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2015.05.003>.
22. *Ministerial Decisions - Circulars DG YYKA - KEN-Internal - Ministry of Health*. <https://www.moh.gov.gr/articles/health/domes-kai-drasis-gia-thn-ygeia/articles/ken-eswteriko/710-ypoyrgikes-apofaseis-egkyklloi-g-gaseis-egkyklloi-g-g> (accessed 2022-05-24).
23. Polyzos, N.; Karanikas, H.; Thireos, E.; Kastanioti, C.; Kontodimopoulos, N. Reforming Reimbursement of Public Hospitals in Greece during the Economic Crisis: Implementation of a DRG System. *Health*

- Policy (New York)*. **2013**, 109 (1), 14–22. <https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2012.09.011>.
24. Ministerial Decision N.47295 on the deletion of the claims of the Greek Public Hospitals from EOPYY.
 25. Ministerial Decision N.88565 on the deletion of the claims of the Greek Public Hospitals from EOPYY. www.et.gr/idos-nph/search/pdfViewerForm.html?args=5C7QrtC22wFqnM3eAbJzrXdtvSoClrL8w494E2bUMgTuFUDqaZhcNeJInJ48_97uHrMts-zFzeyCiBSQOpYnTy36MacmUFCx2ppFvBej56Pu3hxZzkOTz5qZnsIAdk8Lv_e6czmhEmbNmZCMxLMtSiQzIR8m2gkHpVwJVQF-E5p2qtPiPneiJG0G_bfpTxH.
 26. *BI Health*. <https://www.moh.gov.gr/articles/bihealth/311-bi-health-eisagwgh-stoixeiwn-monadwn-ygeias> (accessed 2022-05-16).
 27. *Diavgeia*. <https://diavgeia.gov.gr/> (accessed 2022-05-16).
 28. Taloba, A. I.; Abd El-Aziz, R. M.; Alshanbari, H. M.; El-Bagoury, A. A. H. Estimation and Prediction of Hospitalization and Medical Care Costs Using Regression in Machine Learning. *J. Healthc. Eng.* **2022**, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/7969220>.
 29. Gregori, D.; Petrinco, M.; Bo, S.; Desideri, A.; Merletti, F.; Pagano, E. Regression Models for Analyzing Costs and Their Determinants in Health Care: An Introductory Review. *Int. J. Qual. Heal. Care* **2011**, 23 (3), 331–341. <https://doi.org/10.1093/intqhc/mzr010>.
 30. Jödicke, A. M.; Zellweger, U.; Tomka, I. T.; Neuer, T.; Curkovic, I.; Roos, M.; Kullak-Ublick, G. A.; Sargsyan, H.; Egbring, M. Prediction of Health Care Expenditure Increase: How Does Pharmacotherapy Contribute? *BMC Health Serv. Res.* **2019**, 19 (1), 953. <https://doi.org/10.1186/s12913-019-4616-x>.
 31. Ravishankar Rao, A.; Garai, S.; Dey, S.; Peng, H. Building Predictive Models of Healthcare Costs with Open Healthcare Data. In *2020 IEEE International Conference on Healthcare Informatics, ICHI 2020*; Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2020. <https://doi.org/10.1109/ICHI48887.2020.9374348>.
 32. PALMGREN, J. ANALYSIS OF LONGITUDINAL DATA. *Stat. Med.* **1996**, 15 (11), 1231–1232. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1097-0258\(19960615\)15:11<1231::aid-sim282>3.0.co;2-z](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-0258(19960615)15:11<1231::aid-sim282>3.0.co;2-z).
 33. Huber, P. J.; Huber 1967, P. J. *The Behavior of Maximum Likelihood Estimates under Non-Standard Conditions*; 1967.
 34. Hamburger, W. A Heteroskedasticity-Consistent Covariance Matrix Estimator and a Direct Test for Heteroskedasticity. *Econometrica* **2016**, 23 (1), 1–17.
 35. White, H. Maximum Likelihood Estimation of Misspecified Models. *Econometrica* **1983**, 51 (2), 513. <https://doi.org/10.2307/1912004>.
 36. Zellner, A. An Efficient Method of Estimating Seemingly Unrelated Regressions and Tests for Aggregation Bias. *J. Am. Stat. Assoc.* **1962**, 57 (298), 348. <https://doi.org/10.2307/2281644>.
 37. Liang, Kung-Yee (Department of Biostatistics, J. H. U.; Zeger, Scott L. (Department of Biostatistics, J. H. U. Longitudinal Data Analysis Using Generalized Linear Models. *Biometrika* **1986**, 73 (1), 13–22.
 38. Skrondal, A.; Rabe-Hesketh, S. *Generalized Latent Variable Modeling: Multilevel, Longitudinal, and Structural Equation Models*; CRC Press, 2004. <https://doi.org/10.1198/tech.2005.s263>.
 39. Laird, N. M.; Ware, J. H. Random-Effects Models for Longitudinal Data. *Biometrics* **1982**, 38 (4), 963. <https://doi.org/10.2307/2529876>.
 40. Support, S. T. Stata Statistical Software:Release 13. College Station; TX: StataCorp LP 2013.
 41. Chaplain, M. A. J.; Toland, J. F. Regression: Linear Models in Statistics (Springer Undergraduate Mathematics Series).
 42. Hocking, R. R. A Biometrics Invited Paper. The Analysis and Selection of Variables in Linear Regression. *Biometrics* **1976**, 32 (1), 1. <https://doi.org/10.2307/2529336>.
 43. Fox, J. Applied Regression Analysis & Generalized Linear Models. *Sage* **2016**, 5–816.
 44. Srivastava, V. K.; Giles, D. E. A. *Seemingly Unrelated Regression Equations Models : Estimation and Inference*.
 45. Izenman, A. J. Modern Multivariate Statistical Techniques. **2008**. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-78189-1>.
 46. Sakamoto, Y. (Yosiyuki); Ishiguro, M. (Makio); Kitagawa, G. (Genshiro); 坂元慶行; 石黒真木夫. *Akaike Information Criterion Statistics*; KTK Scientific Publishers, 1986.
 47. Zaza, P. N.; Bagos, P. G. Predicting the Annual Funding for Public Hospitals with Regression Analysis on Hospital's Operating Costs: Evidence from the Greek Public Sector. *Healthcare* **2022**, 10 (9), 1634. <https://doi.org/10.3390/healthcare10091634>.
 48. *Healthcare costs unsustainable in advanced economies without reform - OECD*. <https://www.oecd.org/health/healthcarecostsunsustainableinadvancedeconomieswithoutreform.htm> (accessed 2022-09-20).
 49. United Nations. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/health/> (accessed 2022-05-03).
 50. WHO. *New Perspectives on Global Health Spending for Universal Health Coverage*; 2018.
 51. A. Ziebig, K. H. Energy Systems of Complex Buildings. **2013**.
 52. Bawaneh, K.; Ghazi Nezami, F.; Rasheduzzaman, M.; Deken, B. Energy Consumption Analysis and Characterization of Healthcare Facilities in the United States. *Energies* **2019**, 12 (19), 3775. <https://doi.org/10.3390/en12193775>.
 53. Ma, H.; Du, N.; Yu, S.; Lu, W.; Zhang, Z.; Deng, N.; Li, C. Analysis of Typical Public Building Energy Consumption in Northern China. *Energy Build.* **2017**, 136 (136), 139–150. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.11.037>.

54. Jiang, C.; Xing, J.; Ling, J.; Qin, X. Energy Consumption and Carbon Emissions of Hospitals in Tianjin. *Front. Energy* **2012**, *6* (4), 427–435. <https://doi.org/10.1007/s11708-012-0199-5>.
55. Morgenstern, P.; Li, M.; Raslan, R.; Ruyssevelt, P.; Wright, A. Benchmarking Acute Hospitals: Composite Electricity Targets Based on Departmental Consumption Intensities? *Energy Build.* **2016**, *118*, 277–290. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.02.052>.
56. Christiansen, N.; Kaltschmitt, M.; Dzikowski, F. Electrical Energy Consumption and Utilization Time Analysis of Hospital Departments and Large Scale Medical Equipment. *Energy Build.* **2016**, *131* (131), 172–183. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.09.023>.
57. Christiansen, N.; Kaltschmitt, M.; Dzikowski, F.; Isensee, F. Electricity Consumption of Medical Plug Loads in Hospital Laboratories: Identification, Evaluation, Prediction and Verification. *Energy Build.* **2015**, *107*, 392–406. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.08.022>.
58. Zorita, A. L.; Fernández-Temprano, M. A.; García-Escudero, L. A.; Duque-Perez, O. A Statistical Modeling Approach to Detect Anomalies in Energetic Efficiency of Buildings. *Energy Build.* **2016**, *110* (110), 377–386. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.11.005>.
59. Gaglia, A. G.; Balaras, C. A.; Mirasgedis, S.; Georgopoulou, E.; Sarafidis, Y.; Lalas, D. P. Empirical Assessment of the Hellenic Non-Residential Building Stock, Energy Consumption, Emissions and Potential Energy Savings. *Energy Convers. Manag.* **2007**, *48* (4), 1160–1175. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2006.10.008>.
60. Vourdoubas, J. Energy Consumption and Carbon Emissions in an Academic Institution in Greece: Can It Become Carbon Neutral? *Stud. Eng. Technol.* **2019**, *6* (1), 16–23.
61. González González, A.; García-Sanz-Calcedo, J.; Salgado, D. R. A Quantitative Analysis of Final Energy Consumption in Hospitals in Spain. *Sustain. Cities Soc.* **2018**, *36*, 169–175. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.10.029>.
62. García-Sanz-Calcedo, J.; Gómez-Chaparro, M.; Sanchez-Barroso, G. Electrical and Thermal Energy in Private Hospitals: Consumption Indicators Focused on Healthcare Activity. *Sustain. Cities Soc.* **2019**, *47*. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101482>.
63. González González, A.; García-Sanz-Calcedo, J.; Rodríguez Salgado, D. Evaluation of Energy Consumption in German Hospitals: Benchmarking in the Public Sector. *Energies* **2018**, *11* (9), 2279. <https://doi.org/10.3390/en11092279>.
64. Zaza, P. N.; Sepetis, A.; Bagos, P. G. Prediction and Optimization of the Cost of Energy Resources in Greek Public Hospitals. *Energies* **2022**, 1–14.
65. Sepetis, A.; Zaza, P. N.; Rizos, F.; Bagos, P. G. Identifying and Predicting Healthcare Waste Management Costs for an Optimal Sustainable Management System: Evidence from the Greek Public Sector. **2022**. <https://doi.org/10.3390/ijerph19169821>.
66. *Pennsylvania Rural Health Model | CMS Innovation Center*. <https://innovation.cms.gov/innovation-models/pa-rural-health-model> (accessed 2022-09-22).
67. Bailit, M.; Burns, M.; Walker, K. O. Balancing Health Care's Checkbook: New Strategies For Providers And States. *Heal. Aff. Forefr.* <https://doi.org/10.1377/FOREFRONT.20180717.572276>.
68. Sepetis, A. Sustainable Health Care Management in the Greek Health Care Sector. *Open J. Soc. Sci.* **2019**, *07* (12), 386–402. <https://doi.org/10.4236/jss.2019.712030>.
69. Sepetis, A. Sustainable Finance in Sustainable Health Care System. *Open J. Bus. Manag.* **2020**, *08* (01), 262–281. <https://doi.org/10.4236/ojbm.2020.81016>.
70. Mehra, R.; Sharma, M. K. Measures of Sustainability in Healthcare. *Sustain. Anal. Model.* **2021**, *1*, 100001. <https://doi.org/10.1016/J.SAMOD.2021.100001>.
71. *Global spending on health: Weathering the storm*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240017788> (accessed 2022-11-01).
72. Khairunnisa, R. A.; Ulfa, M.; Azizi, M. R.; Setyonugroho, W. A FUTURE GREEN AND HEALTHY HOSPITAL : A REVIEW ARTICLE. *Proc. Int. Healthc. Facil.* **2021**, *1* (1), 82–94.
73. Zhu, Q.; Johnson, S.; Sarkis, J. Lean Six Sigma and Environmental Sustainability: A Hospital Perspective. <https://doi.org/10.1080/16258312.2018.1426339> **2018**, *19* (1), 25–41. <https://doi.org/10.1080/16258312.2018.1426339>.
74. Komilis, D.; Katsafaros, N.; Vassilopoulos, P. Hazardous Medical Waste Generation in Greece: Case Studies from Medical Facilities in Attica and from a Small Insular Hospital. *Waste Manag. Res.* **2011**, *29* (8), 807–814. <https://doi.org/10.1177/0734242X10388684>.
75. Bdour, A.; Altrabsheh, B.; Hadadin, N.; Al-Sharif, M. Assessment of Medical Wastes Management Practice: A Case Study of the Northern Part of Jordan. *Waste Manag.* **2007**, *27* (6), 746–759. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2006.03.004>.
76. Idowu, I.; Alo, B.; Atherton, W.; Al Khaddar, R. Profile of Medical Waste Management in Two Healthcare Facilities in Lagos, Nigeria: A Case Study. *Waste Manag. Res.* **2013**, *31* (5), 494–501. <https://doi.org/10.1177/0734242X13479429>.
77. Alhumoud, J. M.; Alhumoud, H. M. An Analysis of Trends Related to Hospital Solid Wastes Management in Kuwait. *Manag. Environ. Qual. An Int. J.* **2007**, *18* (5), 502–513. <https://doi.org/10.1108/14777830710778274>.
78. Katoch, S. S.; Kumar, V. Modelling Seasonal Variation in Biomedical Waste Generation at Healthcare Facilities. *Waste Manag. Res.* **2008**, *26* (3), 241–246. <https://doi.org/10.1177/0734242X08093433>.
79. Poisson Regression. *Econom. Anal. Count Data* **2008**, 63–126. https://doi.org/10.1007/978-3-540-78389-3_3.

80. Long, J. S. Count Outcomes: Regression Models for Counts. *Regres. Model. Categ. Ltd. Depend. Var.* **1997**, 217–251.

Δημοσιεύσεις σε επιστημονικά περιοδικά

1. Effect of early application of social distancing interventions on COVID-19 mortality over the first pandemic wave: An analysis of longitudinal data from 37 countries. *Journal of Infection*. 30 November 2020

[Daniele Piovani](#)¹, [Maria Nefeli Christodoulou](#)², [Andreas Hadjidemetriou](#)², [Katerina Pantavou](#)³, [Paraskevi Zaza](#)⁴, [Pantelis G Bagos](#)⁴, [Stefanos Bonovas](#)⁵, [Georgios K Nikolopoulos](#)³

2. Prediction and Optimization of the Cost of Energy Resources in Greek Public Hospitals. *Energies*. 5 January 2022

[Paraskevi N. Zaza](#)¹, [Anastasios Sepetis](#)² and [Pantelis G. Bagos](#)^{1,*}

3. Identifying and Predicting Healthcare Waste Management costs for an optimal Sustainable Management System: Evidence from the Greek public sector. *International journal of Environmental Research and Public Health*. 9 August 2022

[Anastasios Sepetis](#)^{1,*}, [Paraskevi N. Zaza](#)², [Fotios Rizos](#)³ and [Pantelis G. Bagos](#)²

4. Predicting the Annual Funding for Public Hospitals with Regression Analysis on Hospital's Operating Costs: Evidence from the Greek Public Sector. *Healthcare*. 27 August 2022

[Paraskevi N. Zaza](#) and [Pantelis G. Bagos](#)^{*}

Ανακοινώσεις σε Συνέδρια

Στατιστική ανάλυση των Νοσοκομειακών δαπανών στα δημόσια Νοσοκομεία.
Πανελλήνιο Συνέδριο 2022 για τα οικονομικά και τις πολιτικές της υγείας. 13
Δεκεμβρίου 2022

[Παρασκευή Ζαζά](#), [Παντελής Μπάγκος](#)
