



**Business Analytics  
and Data Science**

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στην

**ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΤΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

Τμήμα Οργάνωσης και Διοίκησης Επιχειρήσεων

**Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών  
στην Αναλυτική των Επιχειρήσεων και Επιστήμη των Δεδομένων**

**Τμήμα Οργάνωσης και Διοίκησης Επιχειρήσεων**

**Διπλωματική Εργασία**

**Πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων με τη χρήση της Python.**

**Μελέτη περίπτωσης με δεδομένα από τη Eurostat**

**Του**

**Τζιαντόπουλου Κωνσταντίνου**

**Υποβλήθηκε ως απαιτούμενο για την απόκτηση του μεταπτυχιακού  
διπλώματος στην Αναλυτική των Επιχειρήσεων και Επιστήμη των Δεδομένων**

**Αύγουστος 2023**



## Περίληψη

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή είχε ως στόχο να κατατάξει τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης των ευρωπαϊκών χωρών μέσω μιας ποσοτικής ανάλυσης. Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο PROMETHEE, η μελέτη ανέλυσε δεδομένα από τη Eurostat για να αξιολογήσει και να συγκρίνει τα συστήματα υγείας σε ολόκληρη την Ευρώπη.

Η επιλεγείσα μεθοδολογία, η PROMETHEE, είναι γνωστή για την ακρίβειά της στη λήψη αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια, γεγονός που την καθιστά κατάλληλη για την αξιολόγηση των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης. Η προσέγγιση αυτή επέτρεψε μια σαφή σύγκριση, αναδεικνύοντας τις επιδόσεις και τους πιθανούς τομείς βελτίωσης για κάθε χώρα.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ορισμένα έθνη είχαν σταθερά καλές επιδόσεις, υποδηλώνοντας αποτελεσματικές στρατηγικές υγειονομικής περίθαλψης, ενώ άλλα έδειξαν τομείς για βελτίωση στις υποδομές τους, στις κοινωνικοοικονομικές πολιτικές τους ή σε συγκεκριμένους τομείς της υγειονομικής περίθαλψης, όπως η προληπτική υγεία και η παιδική θνησιμότητα. Ορισμένες χώρες, συμπεριλαμβανομένης της Ελλάδας, είχαν ποικίλες επιδόσεις σε διάφορα σενάρια, παρέχοντας πληροφορίες για τα ιδιαίτερα δυνατά και αδύνατα σημεία των συστημάτων υγείας τους.

Τα ευρήματα αυτά προστίθενται στη συνεχιζόμενη συζήτηση σχετικά με την αποτελεσματικότητα της υγειονομικής περίθαλψης στην Ευρώπη, προσφέροντας χρήσιμες πληροφορίες για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, τους ερευνητές και τους επαγγελματίες. Ωστόσο, η μελέτη έχει τους περιορισμούς της, κυρίως την εστίασή της σε ποσοτικά δεδομένα, από τα οποία ενδέχεται να λείπουν ορισμένες ποιοτικές πτυχές. Επιπλέον, οι αλλαγές στις πολιτικές υγειονομικής περίθαλψης και οι εξωτερικοί παράγοντες θα μπορούσαν να μεταβάλουν τις κατατάξεις με την πάροδο του χρόνου.

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες για τους ενδιαφερόμενους φορείς της ευρωπαϊκής υγειονομικής περίθαλψης, υποδεικνύοντας τομείς για βελτίωση και περαιτέρω μελέτη. Η μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να ενσωματώσει ποιοτικά δεδομένα, δεδομένα και τάσεις από περισσότερα έτη ή να διερευνήσει τον αντίκτυπο των εξωτερικών επιδράσεων στην αποτελεσματικότητα της υγειονομικής περίθαλψης, με στόχο μια πιο ολοκληρωμένη αξιολόγηση των ευρωπαϊκών συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης.



## Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη .....	i
1. Εισαγωγή .....	1
2. Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας .....	3
2.1 Μέθοδοι πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων.....	3
2.1.1 Analytical Hierarchy Process (AHP) .....	3
2.1.2 Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS).....	5
2.1.3 ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la REalité).....	7
2.1.4 Multi-Attribute Utility Theory (MAUT) .....	8
2.1.5 PROMETHEE (Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluation).....	10
2.1.6 Σύνοψη.....	15
2.2 Python και MCDA .....	16
3. Μεθοδολογία.....	19
3.1 Συλλογή Δεδομένων.....	19
3.2 Data Preprocessing .....	20
3.3 Κανονικοποίηση Δεδομένων (Normalization).....	23
3.4 Καθορισμός βαρών κριτηρίων .....	26
3.5 Συναρτήσεις Προτίμησης.....	29
3.6 Καθορισμός παραμέτρων $q$ .....	32
3.7 Καθορισμός παραμέτρων $p$ .....	33
3.8 Αξιολόγηση Εναλλακτικών Σεναρίων .....	33
4. Μελέτη Περίπτωσης .....	37
4.1 Εισαγωγή.....	37
4.2 Μελέτη Περίπτωσης και Στόχοι.....	37

4.3	Δεδομένα και Δείκτες.....	40
5.	Ανάλυση Δεδομένων και Ερμηνεία των Ευρημάτων .....	43
5.1	Περιγραφή δεδομένων και προεπεξεργασία .....	43
5.2	Επιλογή κριτηρίων και στάθμιση.....	44
5.2.1	Βασικό Σενάριο - Ισορροπημένη εστίαση .....	44
5.2.2	Εναλλακτικά Σενάρια .....	45
5.3	Αποτελέσματα ανάλυσης PROMETHEE .....	55
6.	Συμπεράσματα και Προτάσεις.....	63
6.1	Ερμηνεία Αποτελέσματα.....	63
6.2	Συνεισφορά and Περιορισμοί.....	66
6.3	Μελλοντικές κατευθύνσεις για έρευνα .....	67
	Βιβλιογραφία .....	71
	Παράρτημα.....	77
	Κώδικας Python .....	77
	Κύριος Κώδικας.....	77
	Εξαγωγή Δεδομένων από την Eurostat .....	80
	Promethee .....	82
	Δημιουργίας Γραφημάτων .....	84

## 1. Εισαγωγή

Ο τομέας της υγειονομικής περίθαλψης, με τον άμεσο αντίκτυπό του στη ζωή και την ευημερία των πολιτών, παραμένει ένας κρίσιμος τομέας για κάθε έθνος. Για την παροχή υπηρεσιών υγείας, κάθε έθνος υιοθετεί μια μοναδική προσέγγιση στην παροχή υγειονομικής περίθαλψης, η οποία οφείλεται σε έναν συνδυασμό ιστορικών, κοινωνικοοικονομικών και πολιτισμικών παραγόντων. Οι διαφορετικές αυτές προσεγγίσεις, ενώ συχνά εξυμνούνται σε πολιτιστικά πλαίσια, θέτουν ενδιαφέροντα ερωτήματα όταν τοποθετούνται υπό το πρίσμα της αποτελεσματικότητας και της αποδοτικότητας της υγειονομικής περίθαλψης. Στην Ευρώπη, όπου ποικίλα μοντέλα υγειονομικής περίθαλψης συνυπάρχουν σε όλες τις χώρες μέλη, η μέτρηση της αποτελεσματικότητας, η κατανόηση και η αξιολόγηση αυτών των συστημάτων και ο εντοπισμός των βέλτιστων πρακτικών αποτελούν συνεχείς προσπάθειες για τους ερευνητές, τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής και τους επαγγελματίες της υγειονομικής περίθαλψης.

Στο ευρωπαϊκό πλαίσιο, η υγειονομική περίθαλψη είναι ένας καθρέφτης που αντανακλά τις προτεραιότητες, τις δυνατότητες και τις προσδοκίες ενός έθνους. Έτσι, η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή προσπαθεί να αναδείξει τις ιδιαιτερότητες κάθε συστήματος υγειονομικής περίθαλψης και να κατατάξει τα συστήματα των ευρωπαϊκών χωρών χρησιμοποιώντας μία δομημένη ποσοτική ανάλυση. Ενώ το τελικό αποτέλεσμα είναι μια κατάταξη, στόχος είναι η κατανόηση των χαρακτηριστικών που κάνουν ένα σύστημα υγειονομικής περίθαλψης να υπερέχει ή να υπολείπεται. Μία τέτοια ανάλυση δεν παρουσιάζει μόνο ακαδημαϊκό ενδιαφέρον, αλλά προσφέρει επίσης πολύτιμες πληροφορίες στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων για τα δυνατά σημεία των συστημάτων καθώς και τις ελλείψεις τους.

Για την επίτευξη της παραπάνω ανάλυσης, χρησιμοποιήθηκε η πολυκριτήρια μέθοδος αποφάσεων PROMETHEE (Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations). Η PROMETHEE επιλέχθηκε για τις δυνατότητες που έχει στην λήψη αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια και την ανάλυση πολύπλοκων μεταβλητών που συναντώνται στο τομέα της υγείας. Ακόμη, αξιοποιώντας δεδομένα από τη Eurostat, μια αξιόπιστη πηγή ευρωπαϊκών στατιστικών πληροφοριών, ενισχύεται η ακρίβεια των δεδομένων εισόδου της παρούσας ανάλυσης και η ευθυγράμμισή της με την σύγχρονη πραγματικότητα.

Στην παρούσα ανάλυση εξετάζονται διάφορα σενάρια, καθένα από τα οποία εστιάζει σε διαφορετικές πτυχές της υγειονομικής περίθαλψης, από κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες έως συγκεκριμένους

τομείς όπως η προληπτική υγεία, η βρεφική θνησιμότητα και ο προσυμπτωματικός έλεγχος του καρκίνου. Τα σενάρια αυτά χρησιμεύουν ώστε να αποτυπωθούν οι τομείς όπου υπερτερεί ή υστερεί ένα σύστημα έναντι των υπολοίπων. Για παράδειγμα, μια χώρα μπορεί να κατατάσσεται υψηλά σε ένα σενάριο λόγω των συστηματικών προληπτικών μέτρων υγείας, αλλά μπορεί να μην τα πάει τόσο καλά σε ένα άλλο σενάριο που δίνει έμφαση στις υποδομές.

Ωστόσο, η κατάταξη των συστημάτων υγείας δεν αποτελεί τον τελικό στόχο αυτής της ανάλυσης. Ο κύριος στόχος της μεταπτυχιακής διατριβής είναι να προσφέρει γνώσεις, να ξεκινήσει συζητήσεις και να βοηθήσει στη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων. Καθώς η Ευρωπαϊκή Ένωση συνεχίζει την πορεία της προς πιο ολοκληρωμένες και συνεκτικές πολιτικές, η κατανόηση των ιδιαιτεροτήτων της υγειονομικής περίθαλψης των χωρών μελών της καθίσταται υψίστης σημασίας. Μέσω αυτής της έρευνας, ελπίζουμε να συμβάλουμε στην κατανόηση αυτή και να οδηγήσουμε σε λεπτομερέστερες και πιο στοχευμένες μελέτες στο μέλλον.



## 2. Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

### 2.1 Μέθοδοι πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων

Οι μέθοδοι πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων (MCDA), γνωστές και ως μέθοδοι λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια (MCDM), είναι μια κατηγορία τεχνικών επιχειρησιακής έρευνας και ανάλυσης αποφάσεων που επιτρέπουν στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να αξιολογούν πολλαπλές εναλλακτικές λύσεις με βάση διάφορα, συχνά αντικρουόμενα, κριτήρια. Σε αντίθεση με τις μεθόδους λήψης αποφάσεων με ένα μόνο κριτήριο, η MCDA αναγνωρίζει την πολυπλοκότητα των προβλημάτων λήψης αποφάσεων του πραγματικού κόσμου και διευκολύνει τη συστηματική και μεθοδική εξέταση πολλαπλών παραγόντων στη διαδικασία λήψης αποφάσεων (Belton and Stewart 2002; Figueira, Greco, and Ehrgott 2016).

Οι μέθοδοι MCDA έχουν αναπτυχθεί και εφαρμοστεί σε διάφορους τομείς, όπως η μηχανική, η διοίκηση, η οικονομία, η υγειονομική περίθαλψη και η δημόσια πολιτική, γεγονός που αντανακλά την ευελιξία και την πρακτικότητά τους στον χειρισμό πολύπλοκων προβλημάτων λήψης αποφάσεων (Ishizaka and Nemery 2013). Η χρήση των μεθόδων MCDA στην ανάλυση της δημόσιας πολιτικής, για παράδειγμα, επιτρέπει στους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής να εξετάζουν πολλαπλές διαστάσεις των ζητημάτων πολιτικής, να εξισορροπούν τα συμφέροντα διαφορετικών ενδιαφερομένων και να λαμβάνουν τεκμηριωμένες και ορθολογικές αποφάσεις για την επίτευξη των στόχων της πολιτικής (Belton and Stewart 2002).

Αυτό το κεφάλαιο παρέχει μια επισκόπηση διάφορων καθιερωμένων μεθόδων MCDA, συμπεριλαμβανομένων της Analytical Hierarchy Process (AHP), της Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), της ELECTRE, της Multi-Attribute Utility Theory (MAUT) και της PROMETHEE. Αναλύονται τα βασικά χαρακτηριστικά τους, τα δυνατά και αδύνατα σημεία τους και οι εφαρμογές τους σε διάφορους τομείς.

#### 2.1.1 Analytical Hierarchy Process (AHP)

Η Analytical Hierarchy Process (AHP), που εισήχθη από τον Thomas L. Saaty τη δεκαετία του 1980, είναι μια δομημένη τεχνική για την οργάνωση και την ανάλυση πολύπλοκων αποφάσεων. Περιλαμβάνει την αποσύνθεση του προβλήματος απόφασης σε μια ιεραρχία πιο εύκολα κατανοητών υποπροβλημάτων, καθένα από τα οποία μπορεί να αναλυθεί ανεξάρτητα. Τα στοιχεία της ιεραρχίας μπορούν να αφορούν οποιαδήποτε πτυχή του προβλήματος απόφασης, υλική ή άυλη, προσεκτικά μετρούμενη ή πρόχειρα εκτιμώμενη, καλά ή κακώς κατανοητή (R. W. Saaty 1987).

Στην ΑHP τα κριτήρια, τα υποκριτήρια και οι εναλλακτικές ενός προβλήματος τοποθετούνται σε ιεραρχική δομή. Εντός της κάθε ομάδας της ιεραρχικής δομής πραγματοποιούνται συγκρίσεις ανά ζεύγη. Η θεμελιώδης κλίμακα της ΑHP είναι ο κύριος τρόπος διενέργειας συγκρίσεων ανά ζεύγη (T. L. Saaty 2008). Ακόμη, εξαιτίας της ιεραρχικής δομής, η λήψη απόφασης στα κατώτερα επίπεδα επηρεάζεται από τα ανώτερα επίπεδα. Για την δημιουργία της ιεραρχίας ορίζεται στο πρώτο επίπεδο ο απώτερος-τελικός στόχος, στο δεύτερο επίπεδο οι επιμέρους στόχοι και στο τρίτο επίπεδο οι περιορισμοί των διαφόρων παραγόντων.

Η διαδικασία ΑHP αποτελείται από τα ακόλουθα βήματα (T. L. Saaty 2008):

1. **Μοντελοποίηση του προβλήματος:** Το πρόβλημα απόφασης αναλύεται σε μια ιεραρχία στοιχείων απόφασης, τα οποία συνήθως περιλαμβάνουν το στόχο, τα κριτήρια, τα υποκριτήρια (εάν υπάρχουν) και τις εναλλακτικές λύσεις.
2. **Καθορισμός προτεραιοτήτων:** Δημιουργούνται πίνακες συγκρίσεων ανά ζεύγη για κάθε σύνολο στοιχείων στο ίδιο επίπεδο, ξεκινώντας από την κορυφή της ιεραρχίας. Ζητείται από τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να κρίνουν τη σημασία ή την προτίμηση ενός στοιχείου έναντι ενός άλλου χρησιμοποιώντας μια κλίμακα 9 σημείων, όπου το 1 αντιπροσωπεύει ίση σημασία ή προτίμηση και το 9 αντιπροσωπεύει εξαιρετική σημασία ή προτίμηση. Η κλίμακα αυτή ονομάζεται θεμελιώδης κλίμακα.
3. **Κατασκευή ενός συνόλου πινάκων σύγκρισης ανά ζεύγη:** Κάθε στοιχείο σε ένα ανώτερο επίπεδο χρησιμοποιείται για να συγκρίνει τα στοιχεία του αμέσως κατώτερου επιπέδου σε σχέση με αυτό.
4. **Έλεγχος της συνέπειας:** Ο έλεγχος της συνέπειας των κρίσεων των φορέων λήψης αποφάσεων γίνεται με τη χρήση του λόγου συνέπειας, ο οποίος είναι ο λόγος του δείκτη συνέπειας προς τον τυχαίο δείκτη. Εάν ο λόγος συνέπειας είναι μικρότερος από 0,10, οι κρίσεις θεωρούνται λογικά συνεπείς.

Η ΑHP επικροτείται για την απλότητα, την ευελιξία και την εύκολη κατανόησή της. Μπορεί να χειριστεί τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά κριτήρια και επιτρέπει τη ρητή συνεκτίμηση των υποκειμενικών κρίσεων και προτιμήσεων του λήπτη αποφάσεων. Επιπλέον, παρέχει μια συστηματική διαδικασία για τον έλεγχο της συνέπειας των κρίσεων του λήπτη αποφάσεων, η οποία απουσιάζει από τις περισσότερες άλλες μεθόδους MCDA (Forman and Selly 2001).

Ωστόσο, η AHP έχει επικριθεί για την παραδοχή της περί αμοιβαίων συγκρίσεων και ανεξαρτησίας των κριτηρίων και για την ευαισθησία της στην κλίμακα κρίσης και στον αριθμό των στοιχείων της ιεραρχίας (Forman and Selly 2001). Για την αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων έχουν προταθεί διάφορες τροποποιήσεις και επεκτάσεις της AHP, όπως η διαδικασία αναλυτικού δικτύου (ANP) για την αντιμετώπιση των αλληλεξαρτώμενων κριτηρίων (T. L. Saaty 1996) και η χρήση ασαφών συνόλων για τον χειρισμό της αβεβαιότητας και της ασάφειας στις κρίσεις του λήπτη αποφάσεων.

#### 2.1.2 Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

Η Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) αναπτύχθηκε από τους Hwang και Yoon το 1981 ως μέθοδος πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων και αναπτύχθηκε περαιτέρω από τον Yoon το 1987. Η ιδανική λύση είναι μια υποθετική εναλλακτική λύση που μεγιστοποιεί τα κριτήρια οφέλους και ελαχιστοποιεί τα κριτήρια κόστους (PIS), ενώ η αρνητική-ιδανική λύση κάνει το αντίθετο (NIS). Η βασική παραδοχή της TOPSIS είναι ότι η επιλεγμένη εναλλακτική λύση πρέπει να έχει τη μικρότερη γεωμετρική απόσταση από τη θετική ιδανική λύση και τη μεγαλύτερη απόσταση από την αρνητική ιδανική λύση (Hwang and Yoon 1981; Yoon 1987).

Η TOPSIS είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για προβλήματα όπου τα κριτήρια πρέπει είτε να μεγιστοποιηθούν είτε να ελαχιστοποιηθούν, όπως το κόστος ή το όφελος. Έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως σε τομείς όπως η διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας και logistics, η μηχανική, το μάρκετινγκ και η περιβαλλοντική διαχείριση (Ploskas and Papathanasiou 2019).

Τα βήματα που περιλαμβάνει η μέθοδος TOPSIS είναι τα εξής (Hwang and Yoon 1981; Ploskas and Papathanasiou 2019):

1. **Κανονικοποίηση του πίνακα αποφάσεων:** Αυτό το βήμα περιλαμβάνει τη μετατροπή των διαφόρων διαστάσεων των χαρακτηριστικών σε μη διαστατικά χαρακτηριστικά, γεγονός που επιτρέπει συγκρίσεις μεταξύ των διαφόρων κριτηρίων.
2. **Στάθμιση του κανονικοποιημένου πίνακα αποφάσεων:** Σε αυτό το βήμα, τα βάρη που αποδίδονται σε κάθε κριτήριο πολλαπλασιάζονται με τον κανονικοποιημένο πίνακα αποφάσεων. Τα βάρη μπορεί να είναι ομοιόμορφα ή να προσδιοριστούν με τη χρήση τεχνικών όπως η AHP ή η κρίση εμπειρογνομώνων.
3. **Προσδιορισμός της PIS και της NIS:** Η PIS (που αναφέρεται επίσης ως η καλύτερη λύση) προσδιορίζεται με την επιλογή της καλύτερης τιμής για κάθε κριτήριο σε όλες τις

εναλλακτικές λύσεις, ενώ η NIS (ή η χειρότερη λύση) προσδιορίζεται με την επιλογή της χειρότερης τιμής για κάθε κριτήριο σε όλες τις εναλλακτικές λύσεις.

4. **Υπολογισμός μέτρων διαχωρισμού:** Για κάθε εναλλακτική λύση, υπολογίζεται ο διαχωρισμός από την PIS (που αποκαλείται θετικός διαχωρισμός) και ο διαχωρισμός από την NIS (που αποκαλείται αρνητικός διαχωρισμός), συνήθως χρησιμοποιώντας την ευκλείδεια απόσταση.
5. **Υπολογισμός της σχετικής εγγύτητας με το PIS:** Για κάθε εναλλακτική λύση, η σχετική εγγύτητα με το PIS υπολογίζεται διαιρώντας τον αρνητικό διαχωρισμό με το άθροισμα των θετικών και αρνητικών διαχωρισμών.
6. **Κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων:** Τέλος, οι εναλλακτικές λύσεις κατατάσσονται ανάλογα με τη σχετική τους εγγύτητα προς το PIS. Η εναλλακτική λύση με τη μεγαλύτερη σχετική εγγύτητα θεωρείται η καλύτερη.

Η TOPSIS έχει το πλεονέκτημα ότι είναι εύκολα κατανοητή, καθώς επιλέγει την εναλλακτική λύση που βρίσκεται πιο κοντά στο ιδανικό και πιο μακριά από το ναδίρ. Η μέθοδος είναι επίσης υπολογιστικά απλή και δεν απαιτεί ισχυρές παραδοχές, όπως γραμμικές συναρτήσεις χρησιμότητας ή ανεξάρτητα κριτήρια (Sanny et al. 2018). Ωστόσο, η TOPSIS έχει επικριθεί για την ευαισθησία της στην ανάθεση βαρών, την έλλειψη ελέγχου εγκυρότητας για τις τιμές εισόδου του λήπτη αποφάσεων και την δυνατότητα εναλλακτικής λύσης κοντά στο ιδανικό σημείο και στο ναδίρ ταυτόχρονα (Xu et al. 2015).

Για την αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων έχουν προταθεί διάφορες επεκτάσεις της TOPSIS, όπως η fuzzy TOPSIS για την αντιμετώπιση αβέβαιων ή ασαφών πληροφοριών (Chen 2000), η grey TOPSIS για το χειρισμό γκριζών ή ελλιπών πληροφοριών (Jadidi et al. 2008) και η multi-objective TOPSIS για την αντιμετώπιση πολλαπλών φορέων λήψης αποφάσεων με αντικρουόμενους στόχους (Abo-Sinna and Amer 2005).

Η fuzzy TOPSIS, για παράδειγμα, επεκτείνει τη συμβατική μέθοδο TOPSIS χρησιμοποιώντας ασαφείς αριθμούς για την αναπαράσταση του πίνακα αποφάσεων και των βαρών των κριτηρίων, επιτρέποντας έτσι στους λήπτες αποφάσεων να εκφράζουν τις κρίσεις τους με πιο ευέλικτο και ρεαλιστικό τρόπο (Chen 2000). Η προσέγγιση αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη όταν οι πληροφορίες αξιολόγησης είναι αβέβαιες ή υποκειμενικές.

Από την άλλη πλευρά, η grey TOPSIS χρησιμοποιεί γκριζούς αριθμούς για να αντιμετωπίσει τις ελλειπείς ή ανεπαρκείς πληροφορίες κατά τη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Αυτή η παραλλαγή της TOPSIS εφαρμόζεται σε περιπτώσεις όπου τα διαθέσιμα δεδομένα είναι διφορούμενα ή ανακριβή, όπως στα αρχικά στάδια ενός έργου ή όταν η συλλογή δεδομένων είναι δύσκολη ή δαπανηρή (Jadidi et al. 2008; Yadav, Joseph, and Jigeesh 2018).

Η multi-objective TOPSIS λαμβάνει υπόψη τις προτιμήσεις πολλαπλών φορέων λήψης αποφάσεων, οι οποίοι μπορεί να έχουν διαφορετικούς και ενδεχομένως αντικρουόμενους στόχους. Συνδυάζει τις ατομικές προτιμήσεις των φορέων λήψης αποφάσεων σε μια συλλογική προτίμηση και καθορίζει την καλύτερη εναλλακτική λύση με βάση αυτή τη συλλογική προτίμηση. Η προσέγγιση αυτή είναι κατάλληλη για σενάρια ομαδικής λήψης αποφάσεων, όπως η επιλογή έργων, η επιλογή προμηθευτών ή ο στρατηγικός σχεδιασμός, όπου διαφορετικά ενδιαφερόμενα μέρη έχουν λόγο στο αποτέλεσμα της απόφασης (Abo-Sinna and Amer 2005; Yadav, Joseph, and Jigeesh 2018).

Συνολικά, παρά τους περιορισμούς της, η TOPSIS παραμένει ένα ισχυρό και ευέλικτο εργαλείο για τη λήψη αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια. Η ευκολία χρήσης της, σε συνδυασμό με την ικανότητά της να προσαρμόζεται και να επεκτείνεται, την καθιστά πολύτιμη μέθοδο για μια μεγάλη ποικιλία προβλημάτων λήψης αποφάσεων σε διάφορους τομείς.

### 2.1.3 ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la REalité)

Η ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la REalité) είναι μια άλλη εξέχουσα μέθοδος στον τομέα των MCDA, η οποία αναπτύχθηκε από τον Bernard Roy στα τέλη της δεκαετίας του 1960 (B. Roy 1968). Η μέθοδος είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για προβλήματα με πολλαπλά αντικρουόμενα και ασυμβίβαστα κριτήρια. Οι σχέσεις υπεροχής δημιουργούνται μέσω συγκρίσεων των εναλλακτικών λύσεων ανά ζεύγη, με στόχο τον προσδιορισμό του κατά πόσον μια εναλλακτική λύση υπερέχει ή είναι τουλάχιστον εξίσου καλή με μια άλλη, λαμβάνοντας υπόψη όλα τα κριτήρια.

Η ELECTRE περιλαμβάνει μια οικογένεια μεθόδων. Οι μέθοδοι ELECTRE περιλαμβάνουν την κατασκευή ενός γραφήματος κατάταξης για την αναπαράσταση της δομής προτίμησης μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων και την εφαρμογή διαφόρων αλγορίθμων για την εξαγωγή των πιο επιθυμητών εναλλακτικών λύσεων ή για την κατάταξη όλων των εναλλακτικών λύσεων. Κάθε παραλλαγή της ELECTRE (π.χ. ELECTRE I, ELECTRE II, ELECTRE III, ELECTRE IV, ELECTRE TRI, κ.λπ.) βασίζεται στις ίδιες θεμελιώδεις έννοιες, αλλά χρησιμοποιεί διαφορετικούς αλγορίθμους και κανόνες για την κατασκευή του γραφήματος κατάταξης και την εξαγωγή των αποτελεσμάτων, καθιστώντας

κάθε παραλλαγή κατάλληλη για διαφορετικούς τύπους προβλημάτων απόφασης (Bernard Roy 1991). Συγκεκριμένα, η ELECTRE I έχει σχεδιαστεί για προβλήματα επιλογής, η ELECTRE TRI για προβλήματα ανάθεσης και οι ELECTRE II, III και IV για προβλήματα κατάταξης. Η ELECTRE III υπερτερεί έναντι άλλων μεθόδους λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια για την ικανότητά της να αντιμετωπίζει ανακριβή, ασαφή, αβέβαια δεδομένα. Ακόμη, κάθε έκδοση διαφέρει ως προς την προσέγγισή της για την κατασκευή μιας σχέσης υπεροχής, η οποία χρησιμοποιείται για τη σύγκριση ζευγών εναλλακτικών επιλογών (Marzouk 2011).

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά των μεθόδων ELECTRE είναι ότι επιτρέπουν την εξέταση ορίων βέτο, τα οποία δίνουν την δυνατότητα στον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων να αποκλείσει ορισμένες εναλλακτικές λύσεις από την υπεροχή άλλων, εάν η διαφορά απόδοσης υπερβαίνει ένα συγκεκριμένο όριο (Govindan and Jepsen 2016).

Οι μέθοδοι ELECTRE εκτιμώνται για την ικανότητά τους να χειρίζονται ασυμβίβαστα και αντικρουόμενα κριτήρια, να αντιμετωπίζουν ποιοτικά και ποσοτικά κριτήρια και να παρέχουν ισχυρά και ρεαλιστικά αποτελέσματα, ιδίως κατά την παρουσία αβεβαιότητας και ανακρίβειας.

Ωστόσο, οι μέθοδοι ELECTRE έχουν επικριθεί για την πολυπλοκότητά τους, τη δυσκολία επιλογής των κατάλληλων παραμέτρων και για την πιθανότητα αντιφατικών αποτελεσμάτων. Για παράδειγμα, η συμπερίληψη μιας νέας εναλλακτικής λύσης μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγή της κατάταξης των υφιστάμενων εναλλακτικών λύσεων, φαινόμενο γνωστό ως αντιστροφή της κατάταξης (Liu and Ma 2021).

#### 2.1.4 Multi-Attribute Utility Theory (MAUT)

Η Multi-Attribute Utility Theory (MAUT) είναι μια ακόμη μέθοδος που χρησιμοποιείται ευρέως στον τομέα της λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια (MCDM). Η προσέγγιση αυτή αναπτύχθηκε για να βοηθήσει σε σενάρια λήψης αποφάσεων όπου υπάρχουν πολλαπλά αντικρουόμενα κριτήρια (Keeney and Raiffa 1976).

Η MAUT βασίζεται στη θεωρία της **χρησιμότητας**, έναν ακρογωνιαίο λίθο στα οικονομικά και τη θεωρία αποφάσεων. Υποστηρίζει ότι κάθε άτομο έχει μια συνάρτηση χρησιμότητας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει τις προτιμήσεις του. Η MAUT επεκτείνει αυτή την έννοια σε προβλήματα αποφάσεων πολλαπλών χαρακτηριστικών, επιτρέποντας την αξιολόγηση επιλογών με βάση πολλαπλά κριτήρια ή χαρακτηριστικά.

Στη MAUT, η απόδοση κάθε εναλλακτικής λύσης σε ένα κριτήριο μετατρέπεται σε μια τιμή χρησιμότητας χρησιμοποιώντας μια **συνάρτηση χρησιμότητας**, η οποία αντικατοπτρίζει τις προτιμήσεις και τη στάση του λήπτη αποφάσεων ως προς τον κίνδυνο. Στη συνέχεια, οι τιμές χρησιμότητας σε όλα τα κριτήρια αθροίζονται σε μια συνολική τιμή χρησιμότητας για κάθε εναλλακτική λύση, λαμβάνοντας υπόψη τις προτιμήσεις του αποφασίζοντος για συμβιβασμούς μεταξύ των κριτηρίων, οι οποίες αντιπροσωπεύονται από τα βάρη. Οι εναλλακτικές λύσεις κατατάσσονται με βάση τις συνολικές τιμές χρησιμότητας και η εναλλακτική λύση με την υψηλότερη συνολική χρησιμότητα θεωρείται η πλέον επιθυμητή (Jansen 2011; Torrance, Boyle, and Horwood 1982).

Η εφαρμογή του MAUT είναι ιδιαίτερα κατάλληλη όταν το πρόβλημα απόφασης περιλαμβάνει κίνδυνο ή αβεβαιότητα και πρέπει να ληφθεί υπόψη η στάση του λήπτη αποφάσεων ως προς τον κίνδυνο.

Τα γενικά βήματα που περιλαμβάνει μια ανάλυση MAUT είναι τα εξής (Jansen 2011):

1. **Προσδιορισμός των εναλλακτικών λύσεων και των κριτηρίων απόφασης:** Το πρώτο βήμα στη MAUT είναι ο προσδιορισμός του συνόλου των εναλλακτικών λύσεων και των κριτηρίων αξιολόγησής τους.
2. **Ανάπτυξη συναρτήσεων χρησιμότητας για μεμονωμένα κριτήρια:** Αναπτύσσεται μια συνάρτηση χρησιμότητας για κάθε κριτήριο, η οποία αντιπροσωπεύει τις προτιμήσεις του λήπτη αποφάσεων για διαφορετικά επίπεδα απόδοσης στο συγκεκριμένο κριτήριο.
3. **Ανάθεση βαρών στα κριτήρια:** Τα βάρη αποδίδονται σε κάθε κριτήριο, αντικατοπτρίζοντας τη σχετική τους σημασία στην απόφαση.
4. **Υπολογισμός της συνολικής χρησιμότητας για κάθε εναλλακτική λύση:** Η συνολική χρησιμότητα για κάθε εναλλακτική λύση υπολογίζεται ως το σταθμισμένο άθροισμα των χρησιμότητων για όλα τα κριτήρια.
5. **Κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων:** Η υψηλότερη χρησιμότητα αντιπροσωπεύει την πλέον προτιμώμενη εναλλακτική λύση.

Η MAUT παρέχει έναν αυστηρό και συστηματικό τρόπο αξιολόγησης και κατάταξης εναλλακτικών λύσεων απόφασης με βάση πολλαπλά κριτήρια. Επιτρέπει στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να

εκφράζουν ρητά τις προτιμήσεις τους και τους συμβιβασμούς, διευκολύνοντας έτσι τη διαφάνεια και την επικοινωνία στη διαδικασία λήψης αποφάσεων (Torrance, Boyle, and Horwood 1982).

Ωστόσο, η MAUT έχει επίσης τους περιορισμούς της. Η ανάπτυξη συναρτήσεων χρησιμότητας και η απόδοση βαρών μπορεί να είναι δύσκολη, ιδίως όταν τα κριτήρια είναι ποιοτικά ή υποκειμενικά. Επιπλέον, η MAUT υποθέτει ότι οι προτιμήσεις του λήπτη αποφάσεων είναι συνεπείς κι όχι παροδικές, κάτι που μπορεί να μην ισχύει πάντα σε πραγματικές περιπτώσεις λήψης αποφάσεων. Τέλος, η εφαρμογή της MAUT μπορεί να αποτελέσει πρόκληση λόγω της δυσκολίας εκτίμησης ακριβών συναρτήσεων χρησιμότητας και βαρών, ιδίως όταν ο αριθμός των κριτηρίων και των εναλλακτικών λύσεων είναι μεγάλος ή όταν οι προτιμήσεις του ατόμου που αποφασίζει δεν είναι σαφώς καθορισμένες ή σταθερές.

**2.1.5 PROMETHEE (Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluation)**  
Η μέθοδος PROMETHEE (Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluation) είναι μια πολυκριτήρια μέθοδος αποφάσεων που αναπτύχθηκε από τους Jean-Pierre Brans και Bertrand Mareschal τη δεκαετία του 1980 και, παρόμοια με την ELECTRE, επικεντρώνεται επίσης σε συγκρίσεις εναλλακτικών επιλογών ανά ζεύγη (Bertrand Mareschal, Brans, and Vincke 1984). Ωστόσο, σε αντίθεση με την ELECTRE, η PROMETHEE χρησιμοποιεί μια διαφορετική προσέγγιση για τη μοντελοποίηση των προτιμήσεων του λήπτη αποφάσεων και την κατασκευή της κατάταξης των εναλλακτικών λύσεων.

Η PROMETHEE περιλαμβάνει τον υπολογισμό δεικτών προτίμησης ανά ζεύγη με βάση συναρτήσεις προτίμησης, οι οποίες αντικατοπτρίζουν τις προτιμήσεις του λήπτη αποφάσεων όσον αφορά τις διαφορές στις επιδόσεις των εναλλακτικών λύσεων σε κάθε κριτήριο. Αυτοί οι δείκτες προτίμησης αθροίζονται στη συνέχεια σε θετικές και αρνητικές ροές υπεροχής για κάθε εναλλακτική λύση, οι οποίες αντιπροσωπεύουν τη δύναμη και την αδυναμία της εναλλακτικής λύσης στην υπεροχή έναντι των άλλων εναλλακτικών λύσεων, αντίστοιχα. Η κατάταξη των εναλλακτικών κατασκευάζεται με βάση την καθαρή ροή υπεροχής, η οποία είναι η διαφορά μεταξύ των θετικών και αρνητικών ροών υπεροχής (Brans and Vincke 1985).

Η PROMETHEE έχει σχεδιαστεί για να χειρίζεται προβλήματα λήψης αποφάσεων με πολλαπλά αντικρουόμενα κριτήρια και έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως σε διάφορους τομείς, όπως η περιβαλλοντική διαχείριση, η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας και ο σχεδιασμός μεταφορών (Behzadian et al. 2010).



Η μέθοδος PROMETHEE περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα (Papathanasiou and Ploskas 2018):

1. **Καθορισμός του προβλήματος απόφασης:** Περιλαμβάνει τον προσδιορισμό των εναλλακτικών λύσεων απόφασης και των κριτηρίων με βάση τα οποία θα αξιολογηθούν.
2. **Κατασκευή του πίνακα αποφάσεων:** Κάθε γραμμή του πίνακα αποφάσεων αντιπροσωπεύει μια εναλλακτική λύση και κάθε στήλη αντιπροσωπεύει ένα κριτήριο. Το κελί στο σημείο τομής μιας γραμμής και μιας στήλης περιέχει την αξιολόγηση της αντίστοιχης εναλλακτικής λύσης σε σχέση με το αντίστοιχο κριτήριο.
3. **Ανάθεση βαρών στα κριτήρια:** Αυτό περιλαμβάνει τον καθορισμό της σχετικής σημασίας των κριτηρίων σύμφωνα με τις προτιμήσεις του λήπτη αποφάσεων.
4. **Προσδιορισμός των συναρτήσεων προτίμησης:** Οι συναρτήσεις προτίμησης παίζουν καθοριστικό ρόλο στη μέθοδο PROMETHEE. Αντιπροσωπεύουν τις προτιμήσεις του λήπτη αποφάσεων και επιτρέπουν την ενσωμάτωση αυτών των προτιμήσεων στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Υπάρχουν έξι τύποι συναρτήσεων προτίμησης στην PROMETHEE, οι οποίες μπορούν να φιλοξενήσουν διάφορες δομές προτίμησης:
  - i. **Συνήθης συνάρτηση:** όπου μια εναλλακτική προτιμάται εάν και μόνο εάν έχει καλύτερες επιδόσεις ως προς το κριτήριο.
  - ii. **Συνάρτηση σχήματος U:** Η συνάρτηση αυτή επιτρέπει ένα κατώφλι αδιαφορίας, κάτω από το οποίο οι εναλλακτικές λύσεις θεωρούνται ισοδύναμες και πάνω από το οποίο η μία εναλλακτική λύση προτιμάται αυστηρά έναντι της άλλης.
  - iii. **Συνάρτηση σχήματος V:** Η συνάρτηση αυτή επιτρέπει ένα κατώφλι αδιαφορίας, κάτω από το οποίο οι εναλλακτικές λύσεις θεωρούνται ισοδύναμες και πάνω από το οποίο θεωρείται αυστηρή προτίμηση.
  - iv. **Συνάρτηση επιπέδου:** Η συνάρτηση αυτή επιτρέπει τόσο ένα κατώφλι αδιαφορίας όσο και ένα κατώφλι προτίμησης, μεταξύ των οποίων υποτίθεται ότι υπάρχει γραμμική προτίμηση.
  - v. **Γραμμική συνάρτηση:** όπου ο βαθμός προτίμησης αυξάνεται αναλογικά με τη διαφορά απόδοσης.

- vi. **Gaussian συνάρτηση:** όπου ο βαθμός προτίμησης αυξάνεται σταδιακά με τη διαφορά απόδοσης.
5. **Υπολογισμός των ροών κατά ζεύγη:** Για κάθε ζεύγος εναλλακτικών λύσεων, ο δείκτης προτίμησης υπολογίζεται ως το σταθμισμένο άθροισμα των τιμών της συνάρτησης προτίμησης για όλα τα κριτήρια. Η θετική ροή υπεροχής ( $\Phi^+$ ) αντιπροσωπεύει τη δύναμη των στοιχείων που αποδεικνύουν ότι μια εναλλακτική προτιμάται έναντι των άλλων, ενώ η αρνητική ροή υπεροχής ( $\Phi^-$ ) αντιπροσωπεύει τη δύναμη των στοιχείων που αντιτίθενται σε αυτή την προτίμηση.
6. **Κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων:** Οι εναλλακτικές κατατάσσονται με βάση την καθαρή ροή υπεροχής ( $\Phi$ ), η οποία είναι η διαφορά μεταξύ των θετικών και αρνητικών ροών υπεροχής. Η εναλλακτική λύση με την υψηλότερη καθαρή ροή υπεροχής θεωρείται η καλύτερη.

Η μέθοδος PROMETHEE εκτιμάται για την απλότητα, τη διαφάνεια και την ευελιξία της. Κύρια πλεονεκτήματά της είναι η ικανότητά της να χειρίζεται τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά κριτήρια, καθώς και η ενσωμάτωση των προτιμήσεων του λήπτη αποφάσεων. Ακόμη, παρέχει μια σαφή ερμηνεία του προβλήματος λήψης αποφάσεων και επιτρέπει στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να εκφράζουν τις προτιμήσεις τους με ευέλικτο και διαφοροποιημένο τρόπο (Behzadian et al. 2010). Ακόμη, περιλαμβάνει ένα γραφικό εργαλείο για την ανάλυση ευαισθησίας, γνωστό ως επίπεδο GAIA (Geometrical Analysis for Interactive Aid), το οποίο βοηθά στην απεικόνιση των συγκρούσεων μεταξύ των κριτηρίων και των επιδόσεων των εναλλακτικών λύσεων σε ένα διδιάστατο γράφημα (Watrianthos et al. 2021).

#### 2.1.5.A Επίπεδο GAIA στη PROMETHEE

Το επίπεδο GAIA (Geometrical Analysis for Interactive Assistance) είναι μια οπτική αναπαράσταση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων στη PROMETHEE. Παρέχει μια γεωμετρική ερμηνεία των κριτηρίων και των εναλλακτικών λύσεων, η οποία μπορεί να διευκολύνει την ερμηνεία και την επικοινωνία των αποτελεσμάτων (Watrianthos et al. 2021).

Στο επίπεδο GAIA, κάθε κριτήριο αναπαρίσταται ως διάνυσμα και κάθε εναλλακτική λύση αναπαρίσταται ως σημείο. Το μήκος ενός διανύσματος αντικατοπτρίζει τη βαρύτητα του κριτηρίου, και η κατεύθυνση ενός διανύσματος δείχνει την απόδοση των εναλλακτικών λύσεων στο κριτήριο.

Όσο πιο κοντά βρίσκεται ένα σημείο σε ένα διάγραμμα, τόσο καλύτερη είναι η απόδοση της αντίστοιχης εναλλακτικής στο κριτήριο. Ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων μπορεί να εξερευνήσει διαδραστικά το επίπεδο GAIA για να κατανοήσει τις αντισταθμίσεις μεταξύ των κριτηρίων και των επιδόσεων των εναλλακτικών λύσεων (B. Mareschal and De Smet 2009).

Το επίπεδο GAIA παρέχει επίσης ένα μέτρο σύγκρουσης μεταξύ των κριτηρίων, το οποίο μπορεί να είναι χρήσιμο για την κατανόηση της πολυπλοκότητας του προβλήματος απόφασης. Εάν δύο διανύσματα κριτηρίων είναι κοντά το ένα στο άλλο, σημαίνει ότι βρίσκονται σε συμφωνία, δηλαδή, μια βελτίωση σε ένα κριτήριο είναι πιθανό να οδηγήσει σε βελτίωση του άλλου κριτηρίου. Εάν δύο διανύσματα κριτηρίων απέχουν πολύ το ένα από το άλλο ή έχουν αντίθετες κατευθύνσεις, σημαίνει ότι βρίσκονται σε σύγκρουση, δηλαδή ότι η βελτίωση του ενός κριτηρίου είναι πιθανό να οδηγήσει σε επιδείνωση του άλλου κριτηρίου (Nemery, Mareschal, and Ishizaka 2010).

#### *2.1.5.B Περιορισμοί του PROMETHEE*

Ωστόσο, όπως και άλλες μέθοδοι MCDA, η PROMETHEE έχει τους περιορισμούς της που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την εφαρμογή της. Η PROMETHEE δεν παρέχει τη δυνατότητα ανάλυσης ενός προβλήματος απόφασης στα συστατικά του μέρη και δημιουργίας ιεραρχίας κριτηρίων, όπως η μέθοδος AHP. Έτσι, στην περίπτωση πολλών κριτηρίων (περισσότερα από επτά), μπορεί να καταστεί πολύ δύσκολο για τον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων να αποκτήσει σαφή εικόνα του προβλήματος και να αξιολογήσει τα αποτελέσματα (Macharis et al. 2004). Ακόμη, η PROMETHEE, όπως και πολλές άλλες μέθοδοι MCDA, είναι επιρρεπής στην αντιστροφή της κατάταξης, όπου η συμπερίληψη ή ο αποκλεισμός μιας εναλλακτικής λύσης μπορεί να αλλάξει την κατάταξη των άλλων εναλλακτικών λύσεων. Αυτό μπορεί να αποτελέσει πρόβλημα σε δυναμικά προβλήματα λήψης αποφάσεων, όπου μπορεί να εισαχθούν νέες εναλλακτικές λύσεις με την πάροδο του χρόνου (Behzadian et al. 2010; Macharis et al. 2004). Τέλος, η απόδοση βαρών στα κριτήρια και η επιλογή των συναρτήσεων προτίμησης στη PROMETHEE είναι υποκειμενική και εξαρτάται από τις προτιμήσεις του λήπτη αποφάσεων. Εάν αυτές οι παράμετροι δεν ρυθμιστούν σωστά, τα αποτελέσματα της μεθόδου PROMETHEE ενδέχεται να μην αντικατοπτρίζουν με ακρίβεια τις προτιμήσεις του λήπτη αποφάσεων (Hyde, Maier, and Colby 2003).

#### *2.1.5.Γ Παραλλαγές PROMETHEE*

Για να ξεπεραστούν οι παραπάνω περιορισμοί έχουν προταθεί διάφορες επεκτάσεις της PROMETHEE, όπως η fuzzy PROMETHEE για το χειρισμό αβέβαιων ή ανακριβών πληροφοριών,

η stochastic PROMETHEE για την αντιμετώπιση πιθανοτικών δεδομένων και η grouped PROMETHEE για την αντιμετώπιση πολλαπλών φορέων λήψης αποφάσεων με δυνητικά διαφορετικές προτιμήσεις (Behzadian et al. 2010).

Ειδικότερα, η fuzzy PROMETHEE ενσωματώνει τη μέθοδο PROMETHEE με τη θεωρία ασαφών συνόλων για να επιτρέψει στους λήπτες αποφάσεων να εκφράσουν τις κρίσεις τους με γλωσσικούς όρους, όπως "πολύ σημαντικό" ή "ελαφρώς προτιμώμενο", οι οποίοι στη συνέχεια μετατρέπονται σε ασαφείς αριθμούς για περαιτέρω ανάλυση. Η προσέγγιση αυτή παρέχει μια πιο διαισθητική και ρεαλιστική αναπαράσταση των προτιμήσεων των φορέων λήψης αποφάσεων και μπορεί να συμβάλει στον μετριασμό των επιπτώσεων της αβεβαιότητας ή της υποκειμενικότητας στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Η fuzzy PROMETHEE έχει χρησιμοποιηθεί στις χρηματιστηριακές συναλλαγές για την αξιολόγηση της ελκυστικότητας διαφορετικών μετοχών με βάση πολλαπλά κριτήρια, όπως η απόδοση ιδίων κεφαλαίων, ο λόγος τιμής-κερδών και η κεφαλαιοποίηση της αγοράς. Η χρήση ασαφών αριθμών επιτρέπει μια πιο ρεαλιστική αναπαράσταση της αβέβαιης και υποκειμενικής φύσης αυτών των κριτηρίων, οδηγώντας σε πιο αξιόπιστες και ισχυρές αποφάσεις διαπραγμάτευσης (Albadvi, Chaharsooghi, and Esfahanipour 2007).

Η stochastic PROMETHEE, από την άλλη πλευρά, χρησιμοποιεί κατανομές πιθανοτήτων για να μοντελοποιήσει την αβεβαιότητα στον πίνακα αποφάσεων και τα βάρη των κριτηρίων. Αυτή η παραλλαγή της PROMETHEE επιτρέπει τη διερεύνηση διαφορετικών σεναρίων και την αξιολόγηση του κινδύνου που συνδέεται με κάθε εναλλακτική λύση, παρέχοντας έτσι μια πιο ισχυρή βάση για τη λήψη αποφάσεων υπό συνθήκες αβεβαιότητας (Bertrand Mareschal 1986). Η stochastic PROMETHEE έχει εφαρμοστεί στη διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού για την αξιολόγηση της απόδοσής της υπό συνθήκες αβεβαιότητας. Λαμβάνοντας υπόψη την στοχαστικότητα των επιδόσεων των προμηθευτών και τα βάρη των κριτηρίων, η προσέγγιση αυτή επιτρέπει στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να αξιολογούν τον κίνδυνο και την ευρωστία των αποφάσεών τους, συμβάλλοντας έτσι στην αποτελεσματικότερη και ανθεκτικότερη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Η grouped PROMETHEE έχει εφαρμογή και σε group υπευθύνων λήψης αποφάσεων, όπου σε ένα ομαδικό πλαίσιο λήψης αποφάσεων, πολλοί υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων μπορεί να έχουν διαφορετικές απόψεις και προτιμήσεις. Συγκεντρώνει τις διαφορετικές προτιμήσεις των φορέων λήψης αποφάσεων σε μια συλλογική προτίμηση χρησιμοποιώντας διάφορες διαδικασίες συνάθροισης, όπως το σταθμισμένο άθροισμα και ο γεωμετρικός μέσος όρος. Η προσέγγιση αυτή

διασφαλίζει ότι λαμβάνονται υπόψη οι απόψεις όλων των φορέων λήψης αποφάσεων και ότι το αποτέλεσμα της απόφασης είναι αποδεκτό από όλους (Macharis et al. 2004). Η grouped PROMETHEE έχει χρησιμοποιηθεί στο σχεδιασμό των μεταφορών για την υποστήριξη της διαδικασίας λήψης αποφάσεων με τη συμμετοχή πολλών ενδιαφερομένων με διαφορετικά συμφέροντα και προτιμήσεις. Συγκεντρώνοντας τις ατομικές προτιμήσεις των ενδιαφερομένων σε μια συλλογική προτίμηση, η προσέγγιση αυτή διασφαλίζει ότι οι απόψεις όλων των ενδιαφερομένων λαμβάνονται υπόψη και ότι το αποτέλεσμα της απόφασης είναι αποδεκτό από όλους. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε πιο βιώσιμες και δίκαιες αποφάσεις σχεδιασμού μεταφορών (Oubahman and Duleba 2021).

Παρά την πολυπλοκότητά της, η PROMETHEE παραμένει μια δημοφιλής μέθοδος MCDA λόγω της απλότητας και της ευελιξίας της. Οι διάφορες επεκτάσεις της ενισχύουν περαιτέρω την εφαρμοσιμότητα και την ευρωστία της, καθιστώντας την ένα πολύτιμο εργαλείο για την αντιμετώπιση σύνθετων και αβέβαιων προβλημάτων λήψης αποφάσεων σε ένα ευρύ φάσμα τομέων. Υπογραμμίζουν επίσης τη σημασία της χρήσης κατάλληλων μεθόδων και εργαλείων MCDA για την υποστήριξη της λήψης αποφάσεων σε διαφορετικά πλαίσια και τομείς.

#### 2.1.6 Σύνοψη

Όπως αποδεικνύεται από τις πολυάριθμες μεθόδους MCDA και τις εφαρμογές τους σε διάφορους τομείς, δεν υπάρχει μια ενιαία προσέγγιση για την αντιμετώπιση πολύπλοκων προβλημάτων λήψης αποφάσεων. Κάθε μέθοδος έχει τα μοναδικά δυνατά και αδύνατα σημεία της, και είναι σημαντικό για τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων και τους αναλυτές να εξετάζουν προσεκτικά την καταλληλότητα κάθε μεθόδου στο πλαίσιο του συγκεκριμένου προβλήματος απόφασης. Επιπλέον, ένας συνδυασμός των μεθόδων MCDA μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή των επιθυμητών συμπερασμάτων.

Εκτός από τις μεθόδους MCDA που εξετάζονται στο παρόν υποκεφάλαιο, οι πρόσφατες εξελίξεις στην τεχνητή νοημοσύνη, τη μηχανική μάθηση και την ανάλυση δεδομένων έχουν οδηγήσει στην ανάπτυξη νέων εργαλείων και τεχνικών υποστήριξης αποφάσεων που μπορούν να συμπληρώσουν ή να βελτιώσουν τις παραδοσιακές μεθόδους MCDA. Για παράδειγμα, οι τεχνικές εξόρυξης δεδομένων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποκάλυψη κρυφών μοτίβων, σχέσεων και τάσεων σε μεγάλα σύνολα δεδομένων, ενώ οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μοντελοποίηση πολύπλοκων δομών προτίμησης και την πρόβλεψη της απόδοσης εναλλακτικών

λύσεων με βάση ιστορικά δεδομένα και γνώσεις εμπειρογνομόνων (Siskos and Spyridakos 1999; Yu 2011).

Η αυξανόμενη διαθεσιμότητα δεδομένων και υπολογιστικών πόρων, σε συνδυασμό με την αυξανόμενη πολυπλοκότητα και αβεβαιότητα των προβλημάτων λήψης αποφάσεων, απαιτούν τη συνεχή ανάπτυξη και βελτίωση των μεθόδων MCDA και την ενσωμάτωση των μεθόδων αυτών με άλλα εργαλεία και τεχνικές υποστήριξης αποφάσεων. Με τον τρόπο αυτό, οι ερευνητές και οι επαγγελματίες μπορούν να διασφαλίσουν ότι η MCDA θα παραμείνει μια σχετική και πολύτιμη προσέγγιση για την αντιμετώπιση των ποικίλων και απαιτητικών προβλημάτων λήψης αποφάσεων που αντιμετωπίζουν τα άτομα, οι οργανισμοί και οι κοινωνίες τον 21ο αιώνα.

Όλες οι παραπάνω μέθοδοι MCDA έχουν ερευνηθεί εκτενώς και εφαρμόζονται ευρέως στην πράξη. Η επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου εξαρτάται από τη φύση του προβλήματος απόφασης, τα χαρακτηριστικά των κριτηρίων και των εναλλακτικών λύσεων, τις προτιμήσεις του υπευθύνου λήψης αποφάσεων και τη διαθεσιμότητα δεδομένων και πόρων.

## 2.2 Python και MCDA

Η Python έχει αναδειχθεί ως ένα ισχυρό εργαλείο για την εφαρμογή μεθόδων MCDA λόγω της ευελιξίας, της ευκολίας χρήσης και της διαθεσιμότητας πολυάριθμων πακέτων για αριθμητικούς υπολογισμούς, ανάλυση δεδομένων και οπτικοποίηση. Η υποστήριξη της Python για αντικειμενοστραφή προγραμματισμό και η διαλειτουργικότητά της με άλλες γλώσσες προγραμματισμού και λογισμικά την καθιστούν εξαιρετική επιλογή για την ανάπτυξη σύνθετων συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων και την ενσωμάτωση μεθόδων MCDA με άλλα εργαλεία και τεχνικές, όπως βάσεις δεδομένων, γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS) και υπηρεσίες ιστού (Vavatsikos, Smaragdas, and Giannopoulou 2017).

Διάφορα πακέτα Python είναι διαθέσιμα για τις MCDA και παρέχουν ένα ευρύ φάσμα λειτουργιών για τον χειρισμό πινάκων αποφάσεων, τον υπολογισμό δεικτών προτίμησης και ροών υπεροχής, την εκτέλεση ανάλυσης ευαισθησίας και την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων. Επιπλέον, έχουν σχεδιαστεί με αρθρωτή και επεκτάσιμη αρχιτεκτονική, επιτρέποντας στους χρήστες να προσαρμόζουν τις μεθόδους και να προσθέτουν νέες λειτουργίες ανάλογα με τις ανάγκες (Cabral, Luczywo, and Zanazzi 2016; Chacon-Hurtado and Scholten 2021; Więckowski, Kizielewicz, and Sałabun 2022; Wątróbski, Bączkiewicz, and Sałabun 2022; Więckowski, Kizielewicz, and Sałabun 2023; Kizielewicz, Shekhovtsov, and Sałabun 2023). Ακόμη, υπάρχει εκτενείς βιβλιογραφία με την

υλοποίηση διαφόρων αλγορίθμων και μεθόδων ποσοτικής ανάλυσης σε συναρτήσεις python. Η υλοποίηση της μελέτης περίπτωσης βασίστηκε στην προσαρμογή και επέκταση της υλοποίησης της μεθόδου PROMETHEE σε συναρτήσεις python από τους Parathanasiou and Ploskas (2018).

Παρά τις προόδους αυτές, η εφαρμογή της Python στις MCDA εξακολουθεί να είναι ένας αναδυόμενος τομέας με πολλές ευκαιρίες για έρευνα και ανάπτυξη. Για παράδειγμα, η ανάπτυξη φιλικών προς το χρήστη διεπαφών και διαδραστικών εργαλείων οπτικοποίησης μπορεί να βοηθήσει να γίνουν οι μέθοδοι MCDA πιο προσιτές και κατανοητές σε μη ειδικούς χρήστες. Η ενσωμάτωση της Python με πλατφόρμες και υπηρεσίες που βασίζονται στο νέφος μπορεί να επιτρέψει τη συνεργατική και κατανεμημένη εφαρμογή των μεθόδων MCDA σε προβλήματα αποφάσεων μεγάλης κλίμακας και πραγματικού χρόνου. Η ενσωμάτωση αλγορίθμων μηχανικής μάθησης και τεχνικών ανάλυσης μεγάλων δεδομένων μπορεί να διευκολύνει τον χειρισμό μεγάλων και πολύπλοκων συνόλων δεδομένων και τη μοντελοποίηση περίπλοκων δομών προτίμησης.

Οι δυνατότητες της Python στις MCDA καταδεικνύονται στην παρούσα μελέτη μέσω της εφαρμογής της μεθόδου PROMETHEE για την ανάλυση δεδομένων της Eurostat και την αξιολόγηση των συστημάτων υγειονομικής περιθαλψης χωρών της Ευρώπης.





## 3. Μεθοδολογία

### 3.1 Συλλογή Δεδομένων

Η Python είναι μια γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται ευρέως για την ανάλυση δεδομένων. Το οικοσύστημα της Python προσφέρει πολυάριθμες βιβλιοθήκες για τη φόρτωση και τον χειρισμό δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων των pandas, numpy, eurostat και άλλων. Εδώ θα επικεντρωθούμε στον τρόπο φόρτωσης δεδομένων με τη χρήση της Eurostat, σε συνδυασμό με την pandas, μιας από τις πιο δημοφιλείς βιβλιοθήκες χειρισμού δεδομένων.

Η βιβλιοθήκη παρέχει μια φιλική προς το χρήστη διεπαφή για τη λήψη δεδομένων από τη Eurostat, τη στατιστική υπηρεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η Pandas είναι μια βιβλιοθήκη λογισμικού ανοικτού κώδικα γραμμένη για την Python και παρέχει δομές δεδομένων και συναρτήσεις που απαιτούνται για τον χειρισμό και την ανάλυση δομημένων δεδομένων. Οι κύριες δομές δεδομένων της Pandas είναι το DataFrame κι η Series. Το DataFrame είναι μια δισδιάστατη δομή δεδομένων με ετικέτες, παρόμοια με έναν πίνακα σε μια σχεσιακή βάση δεδομένων ή ένα φύλλο εργασίας του Excel. Μπορεί να περιέχει δεδομένα διαφορετικών τύπων (π.χ. ακέραιος αριθμός, συμβολοσειρά, float, datetime) και είναι ουσιαστικά μια συλλογή αντικειμένων Series (κάθε Series αντιπροσωπεύει μια στήλη).

Η βιβλιοθήκη eurostat παρέχει διάφορες λειτουργίες για την αλληλεπίδραση με τη βάση δεδομένων της Eurostat. Οι συναρτήσεις που είναι χρήσιμες για την μελέτη περίπτωσης είναι οι παρακάτω:

- **eurostat.get\_toc\_df():** Η συνάρτηση `get_toc_df()` αντλεί τον πίνακα περιεχομένων της βάσης δεδομένων της Eurostat και να τον φορτώνει σε ένα pandas DataFrame. Ο πίνακας περιεχομένων περιέχει πληροφορίες για όλα τα διαθέσιμα σύνολα δεδομένων στη βάση δεδομένων της Eurostat, συμπεριλαμβανομένου του τίτλου, του κωδικού, του χρόνου τελευταίας ενημέρωσης και άλλων μεταδεδομένων. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εξερευνησετε και να εντοπίσετε τα σύνολα δεδομένων που σας ενδιαφέρουν.
- **eurostat.subset\_toc\_df(toc\_df, keyword):** Η συνάρτηση `subset_toc_df()` χρησιμοποιείται για το φιλτράρισμα του πίνακα περιεχομένων με βάση μια παρεχόμενη λέξη-κλειδί. Αυτή η συνάρτηση μπορεί να είναι αρκετά χρήσιμη όταν χρειάζονται συγκεκριμένα σύνολα δεδομένων από τη βάση δεδομένων της Eurostat. Αυτή η λειτουργία είναι χρήσιμη για τον περιορισμό του τεράστιου όγκου δεδομένων που παρέχει η Eurostat, επιτρέποντας στους χρήστες να εντοπίζουν γρήγορα τα σύνολα δεδομένων που τους ενδιαφέρουν.

- **eurostat.get\_pars(code):** Η συνάρτηση `get_pars()` χρησιμοποιείται για να ληφθούν οι παράμετροι ενός συνόλου δεδομένων. Τα σύνολα δεδομένων της Eurostat, συχνά, συνοδεύονται από μια ποικιλία παραμέτρων (όπως γεωγραφική περιοχή, χρονική περίοδος, μονάδα μέτρησης κ.λπ.) και αυτές οι παράμετροι μπορεί να έχουν πολλές πιθανές τιμές. Η συνάρτηση `get_pars()` αντλεί τον κατάλογο των παραμέτρων και των πιθανών τιμών τους για ένα καθορισμένο σύνολο δεδομένων. Αυτή η συνάρτηση είναι χρήσιμη για την κατανόηση της δομής ενός συνόλου δεδομένων και τον προσδιορισμό των παραμέτρων που πρέπει να καθοριστούν κατά την άντληση δεδομένων.
- **eurostat.get\_par\_values(code, par):** Η συνάρτηση `get_par_values()` χρησιμοποιείται για την ανάκτηση του καταλόγου των πιθανών τιμών μιας συγκεκριμένης παραμέτρου ενός συγκεκριμένου συνόλου δεδομένων. Αυτή η συνάρτηση είναι χρήσιμη για την κατανόηση της δομής ενός συνόλου δεδομένων και των τιμών που μπορεί να πάρει μια συγκεκριμένη παράμετρος.
- **eurostat.get\_data\_df(code, [flags=False], [filter\_pars=dict()], [verbose=False], [reverse\_time=False]):** Η συνάρτηση `get_data_df()` χρησιμοποιείται για την άντληση δεδομένων από τη βάση δεδομένων της Eurostat. Η συνάρτηση επιστρέφει τα δεδομένα ως ένα pandas DataFrame.

Η βιβλιοθήκη `eurostat` προσφέρει ένα ευέλικτο και εύχρηστο σύνολο εργαλείων για την κατανόηση και τη λήψη των δεδομένων της Eurostat. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αναζήτηση συνόλων δεδομένων, την κατανόηση της σημασίας διαφόρων κωδικών ή την άντληση δεδομένων από έναν συγκεκριμένο πίνακα.

### 3.2 Data Preprocessing

Η προεπεξεργασία δεδομένων είναι ένα βασικό βήμα πριν από την εκτέλεση οποιασδήποτε ανάλυσης, καθώς διασφαλίζει ότι τα δεδομένα είναι καθαρά, πλήρη και έτοιμα για ανάλυση. Τα συγκεκριμένα βήματα προεπεξεργασίας που απαιτούνται εξαρτώνται από τη φύση του συνόλου δεδομένων και του προβλήματος λήψης αποφάσεων. Τα βήματα που ακολουθούνται κατά κύριο λόγο για την επεξεργασία δεδομένων από την Eurostat είναι τα ακόλουθα:

1. **Χειρισμός ελλιπών τιμών (*Handling missing values*):** Ανάλογα με τη φύση των ελλιπών δεδομένων, μπορεί να γίνει αφαίρεση των γραμμών ή των στηλών με ελλιπείς τιμές, να συμπληρωθούν οι ελλιπείς τιμές με μια προεπιλεγμένη τιμή (π.χ. τη μέση τιμή (mean), τη διάμεσο (median) ή την επικρατούσα τιμή (mode)) ή να χρησιμοποιηθούν πιο προηγμένες

τεχνικές υπολογισμού, όπως k-Nearest Neighbors (k-NN) ή υπολογισμός παλινδρόμησης. Οι k-Nearest Neighbors μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό των ελλিপών τιμών με την εύρεση των K-κοντινότερων γειτόνων της παρατήρησης με τα ελλιπή δεδομένα και στη συνέχεια τον υπολογισμό της με βάση τις μη ελλειπείς τιμές στους γείτονες. Ο υπολογισμός παλινδρόμησης λειτουργεί με την προσαρμογή ενός μοντέλου παλινδρόμησης όπου η μεταβλητή με τα δεδομένα που λείπουν είναι η μεταβλητή εξόδου και οι άλλες μεταβλητές είναι οι μεταβλητές εισόδου. Μόλις προσαρμοστεί το μοντέλο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη των τιμών που λείπουν.

```
from sklearn.impute import KNNImputer
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.impute import SimpleImputer
import numpy as np

# Fill missing values with a specific number
data.fillna(0)

# Fill missing values with the mean value of the column
data.fillna(data.mean(), inplace=True)

# Fill missing values with the median value of the column
data.fillna(data.median(), inplace=True)

# Fill missing values with the k-Nearest Neighbors method
imputer = KNNImputer(n_neighbors=2)

# Use the fit_transform method to fill the missing values
filled_data = imputer.fit_transform(data)

# Fill missing values with the Regression Imputation method
# Use mean imputation to provide a temporary solution for missing values
mean_imputer = SimpleImputer(strategy='mean')
data_imputed = mean_imputer.fit_transform(data)

# Create a LinearRegression model
model = LinearRegression()

# Use the first two columns as input and the last one as output
X = data_imputed[:, :2]
y = data_imputed[:, 2]

model.fit(X, y)

# Predict the missing values
predicted = model.predict(data_imputed[:, :2])
data_imputed[:, 2] = predicted
```

2. **Μετατροπή τύπου δεδομένων (*Data type conversion*):** Οι τύποι δεδομένων κάθε στήλης πρέπει να είναι κατάλληλοι για τον τύπο της ανάλυσης που θα εκτελεσθεί. Οι συμβολοσειρές, οι ημερομηνίες ή τα κατηγορικά δεδομένα θα πρέπει να μετατραπούν σε κατάλληλες αριθμητικές τιμές, εάν είναι απαραίτητο.

```
import pandas as pd

# Convert a column to numeric data type
data['column_name'] = pd.to_numeric(data['column_name'])

# Convert a column to datetime data type
data['column_name'] = pd.to_datetime(data['column_name'])
```

3. **Αφαίρεση διπλότυπων τιμών (*Removing duplicates*):** Θα πρέπει να γίνει έλεγχος κι αφαίρεση των διπλότυπων τιμών στο σύνολο των δεδομένων για την αποφυγή της στρέβλωσης των αποτελεσμάτων.

```
import pandas as pd

# Drop duplicates
df_no_duplicates = df.drop_duplicates()
```

4. **Φιλτράρισμα δεδομένων (*Filtering data*):** Ανάλογα με την ανάλυση, ενδέχεται να χρειαστεί να φιλτραριστούν τα δεδομένα με βάση συγκεκριμένες συνθήκες ή κατώτατα όρια. Για παράδειγμα, μπορεί να είναι απαραίτητα μόνο δεδομένα από ένα συγκεκριμένο έτος ή για ένα υποσύνολο χωρών.

```
# Filter rows based on a specific condition
data = data[data['column_name'] > threshold_value]

# Filter rows based on multiple conditions
data = data[(data['column_name_1'] > threshold_value_1) & (data['column_name_2'] < threshold_value_2)]
```

5. **Επιλογή χαρακτηριστικών (*Feature selection*):** Προσδιορισμός κι επιλογή των πιο σημαντικών χαρακτηριστικών (κριτηρίων) για το πρόβλημα λήψης αποφάσεων που εξετάζεται. Μπορεί να χρειαστεί η χρήση τεχνικών μείωσης των διαστάσεων, όπως η Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (Principal Component Analysis (PCA)), για την μείωση του αριθμού των χαρακτηριστικών, εάν αυτά είναι σε μεγάλο βαθμό συσχετισμένα ή πλεονάζοντα.

```
# Select a subset of columns for analysis
selected_columns = ['column_name_1', 'column_name_2', 'column_name_3']
data = data[selected_columns]
```

6. **Κωδικοποίηση χαρακτηριστικών (*Feature encoding*):** Μετατροπή των κατηγορικών δεδομένων σε αριθμητικά χρησιμοποιώντας τεχνικές όπως οι one-hot encoding, label encoding, ή binary encoding.

```
import pandas as pd

# One-hot encoding for a categorical column
data = pd.get_dummies(data, columns=['categ_column_name'], prefix='encoded')

# Label encoding for a categorical column
from sklearn.preprocessing import LabelEncoder
le = LabelEncoder()
data['categ_column_name'] = le.fit_transform(data['categ_column_name'])

# Binary encoding for a categorical column
import category_encoders as ce
# Create an object of the BinaryEncoder
binary_encoder = ce.BinaryEncoder(cols=['categ_column_name'])
data = binary_encoder.fit_transform(data)
```

7. **Αλλαγή κλίμακας των χαρακτηριστικών (*Feature scaling*):** Εφαρμογή τεχνικών κανονικοποίησης ή τυποποίησης για την αλλαγή της κλίμακας των δεδομένων σε ένα συγκεκριμένο και συγκρίσιμο εύρος. Περισσότερες λεπτομέρειες για την κανονικοποίηση των δεδομένων παρατίθενται στην επόμενη ενότητα.

### 3.3 Κανονικοποίηση Δεδομένων (Normalization)

Κανονικοποίηση είναι η διαδικασία μετατροπής των ακατέργαστων δεδομένων ώστε να εξαλειφθεί η επίδραση των διαφορετικών κλιμάκων, μονάδων κι ευρών των κριτηρίων, διευκολύνοντας τη σύγκριση και την ανάλυση των δεδομένων. Στο πλαίσιο της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων, η κανονικοποίηση είναι απαραίτητη για να εξασφαλιστεί ότι τα κριτήρια με διαφορετικές μονάδες και κλίμακες μπορούν να συνδυαστούν και να συγκριθούν αποτελεσματικά.

Ακολουθούν οι κοινές τεχνικές κανονικοποίησης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ανάλυσή των δεδομένων:

1. **Κανονικοποίηση ελαχίστου-μεγίστου (*Min-max normalization*):** Η κανονικοποίηση ελαχίστου- μεγίστου αλλάζει την κλίμακα των δεδομένων ώστε να προσαρμοστούν σε

ένα συγκεκριμένο εύρος, συνήθως [0, 1]. Ο τύπος για την κανονικοποίηση ελαχίστου-μεγίστου είναι ο ακόλουθος:

$$\text{κανονικοποιημένη\_τιμή} = \frac{\text{αρχική\_τιμή} - \min}{\max - \min} (\text{new}_{\max} - \text{new}_{\min}) + \text{new}_{\min}$$

όπου  $\min$  και  $\max$  είναι η ελάχιστη και η μέγιστη τιμή του κριτηρίου, αντίστοιχα. για διάστημα [0,1] η συνάρτηση απλοποιείται σε:

$$\text{κανονικοποιημένη\_τιμή} = \frac{\text{αρχική\_τιμή} - \min}{\max - \min}$$

Αυτή η μέθοδος είναι κατάλληλη όταν τα δεδομένα έχουν μια γνωστή ελάχιστη και μέγιστη τιμή και χρειάζεται να διατηρηθεί η αρχική κατανομή των δεδομένων. Ωστόσο, η κανονικοποίηση ελαχίστου- μέγιστου είναι ευαίσθητη στις ακραίες τιμές, οι οποίες μπορούν να παραμορφώσουν τις κανονικοποιημένες τιμές.

```
def min_max_normalization(data, min_value_new, max_value_new):
    for column in data.columns:
        min_value = data[column].min()
        max_value = data[column].max()
        data[column] = ((data[column] - min_value) / (max_value -
min_value)) * (max_value_new - min_value_new) + min_value_new
    return data
```

2. **Κανονικοποίηση Z-score (Z-score normalization):** Η κανονικοποίηση Z-score, επίσης γνωστή ως standard score normalization, μετασχηματίζει τα δεδομένα ώστε να έχουν μέση τιμή 0 και τυπική απόκλιση 1. Ο τύπος για την κανονικοποίηση z-score είναι:

$$\text{κανονικοποιημένη\_τιμή} = \frac{\text{αρχική\_τιμή} - \text{μέσος\_όρος}}{\text{τυπική\_απόκλιση}}$$

Η κανονικοποίηση Z-score επιλέγεται όταν χρειάζεται να συγκριθούν δεδομένα με διαφορετικούς μέσους όρους και τυπικές αποκλίσεις. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμη εάν τα δεδομένα είναι κανονικά κατανομημένα ή εάν χρησιμοποιούνται στατιστικές τεχνικές που προϋποθέτουν κανονικότητα. Ωστόσο, η κανονικοποίηση z-score δεν περιορίζει τα δεδομένα σε ένα συγκεκριμένο εύρος, γεγονός που μπορεί να αποτελεί πρόβλημα για ορισμένα προβλήματα λήψης αποφάσεων.

```
def z_score_normalization(data):
```

```

for column in data.columns:
    mean_value = data[column].mean()
    std_deviation = data[column].std()
    data[column] = (data[column] - mean_value) / std_deviation
return data

```

3. **Κανονικοποίηση δεκαδικής κλίμακας (*Decimal scaling*):** Η κανονικοποίηση δεκαδικής κλίμακας είναι μια απλή τεχνική κανονικοποίησης που διαιρεί κάθε τιμή δεδομένων με την υψηλότερη δύναμη του 10 που είναι μικρότερη ή ίση με τη μέγιστη απόλυτη τιμή του κριτηρίου. Ο τύπος για τη κανονικοποίηση δεκαδικής κλίμακας είναι ο εξής:

$$\text{κανονικοποιημένη\_τιμή} = \frac{\text{αρχική\_τιμή}}{10^n}$$

όπου  $n$  είναι ο μικρότερος ακέραιος αριθμός έτσι ώστε η μέγιστη απόλυτη τιμή του κριτηρίου διαιρεμένη με το  $10^n$  να είναι μικρότερη από 1.

Η κανονικοποίηση δεκαδικής κλίμακας είναι μια απλή μέθοδος κατάλληλη για όταν τα δεδομένα δεν έχουν ακραίες τιμές. Είναι εύκολη στην εφαρμογή και την ερμηνεία, αλλά δεν εγγυάται ότι τα κανονικοποιημένα δεδομένα θα εμπίπτουν σε ένα συγκεκριμένο εύρος.

```

def decimal_scaling(data):
    for column in data.columns:
        max_abs_value = data[column].abs().max()
        n = int(np.floor(np.log10(max_abs_value)))
        data[column] = data[column] / (10 ** n)
    return data

```

4. **Κανονικοποίηση λογαριθμικής κλίμακας (*Logarithmic scaling*):** Η κανονικοποίηση λογαριθμικής κλίμακας είναι μια άλλη τεχνική κανονικοποίησης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν τα δεδομένα εκτείνονται σε πολλές τάξεις μεγέθους (όταν τα δεδομένα προέρχονται από πηγές που διαφέρουν με λογαριθμικό παράγοντα). Ο τύπος για τη κανονικοποίηση λογαριθμικής κλίμακας είναι ο εξής:

$$\text{κανονικοποιημένη\_τιμή} = \log(\text{αρχική\_τιμή} + 1)$$

όπου  $\log$  είναι ο φυσικός λογάριθμος ή ο λογάριθμος με βάση το 10.

Η κανονικοποίηση λογαριθμικής κλίμακας είναι κατάλληλη για δεδομένα που εκτείνονται σε πολλές τάξεις μεγέθους ή έχουν λοξή κατανομή. Συμπιέζοντας τις μεγαλύτερες τιμές, μπορεί να μειώσει την επίδραση ακραίων τιμών. Ωστόσο, η κανονικοποίηση λογαριθμικής κλίμακας μπορεί να μην είναι κατάλληλη για δεδομένα με αρνητικές τιμές ή εάν η διατήρηση της αρχικής κατανομής είναι σημαντική.

```
def logarithmic_scaling(data, base):
    for column in data.columns:
        if base == 10:
            data[column] = np.log10(data[column] + 1)
        elif base == 'natural':
            data[column] = np.log(data[column] + 1)
        else:
            raise ValueError('Invalid base for logarithmic scaling. Use 10 or
"natural".')
    return data
```

Συνοψίζοντας, οι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή μιας τεχνικής κανονικοποίησης είναι:

- Η φύση των δεδομένων κι η κατανομή τους
- Η παρουσία ακραίων τιμών
- Οι υποθέσεις και οι απαιτήσεις του προβλήματος λήψης αποφάσεων
- Η ανάγκη περιορισμού των κανονικοποιημένων δεδομένων εντός ενός συγκεκριμένου εύρους

Ακόμη, μπορεί να γίνει ανάλυση ευαισθησίας δοκιμάζοντας πολλαπλές τεχνικές κανονικοποίησης και συγκρίνοντας τον αντίκτυπό τους στα αποτελέσματα της ανάλυσης PROMETHEE. Αυτό θα βοηθήσει στον προσδιορισμό της μεθόδου που είναι η καταλληλότερη για το συγκεκριμένο πρόβλημα και τα δεδομένα.

### 3.4 Καθορισμός βαρών κριτηρίων

Ο καθορισμός των βαρών των κριτηρίων είναι ένα σημαντικό βήμα στις μεθόδους πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων, όπως η PROMETHEE. Τα βάρη των κριτηρίων αντιπροσωπεύουν τη σημασία ή τη σπουδαιότητα κάθε κριτηρίου στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Τα βάρη ορίζονται συνήθως με βάση τη γνώμη εμπειρογνομόνων, τις προτιμήσεις των ενδιαφερομένων ή ποσοτικές μεθόδους.

Ακολουθούν οι πιο συνήθεις μέθοδοι για τον καθορισμό των βαρών των κριτηρίων:

1. **Κρίση εμπειρογνομόνων:** Μια ομάδα εμπειρογνομόνων που είναι εξοικειωμένοι με το πρόβλημα απόφασης αποδίδουν την σχετική σημασία σε κάθε κριτήριο. Μπορούν να



χρησιμοποιηθούν διάφορες μέθοδοι όπως η σύγκριση κατά ζεύγη για την λήψη της απόφασής τους.

2. **Προτιμήσεις των υπευθύνων λήψης αποφάσεων:** Οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων μπορούν να καθορίσουν οι ίδιοι τη στάθμιση των κριτηρίων. Αυτό μπορεί να γίνει και μέσω συνεντεύξεων, ερευνών ή εργαστηρίων. Οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων μπορούν να παράσχουν τις υποκειμενικές εκτιμήσεις τους για τη σημασία κάθε κριτηρίου και οι απόψεις τους μπορούν να συνδυαστούν ή να συγκεντρωθούν για να προκύψουν τα βάρη.

```
def weights_expertjudgment_decisionmakerspreferences ():
    # Defining criteria weights using expert judgment or decision makers'
    preferences
    criteria = ['Criterion 1', 'Criterion 2', 'Criterion 3']
    weights = [] # Empty list to store the weights

    # Gather expert judgments for each criterion
    for criterion in criteria:
        weight = float(input(f"Enter weight for {criterion}: "))
        weights.append(weight)

    # Normalize the weights to sum up to 1
    total_weight = sum(weights)
    normalized_weights = [weight / total_weight for weight in weights]
    return normalized_weights
```

3. **Ίσα βάρη:** Σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να είναι σκόπιμο να δοθεί ίση βαρύτητα σε όλα τα κριτήρια, υποθέτοντας ότι έχουν την ίδια σημασία. Η προσέγγιση αυτή είναι απλούστερη, αλλά ενδέχεται να μην αντικατοπτρίζει τις πραγματικές προτιμήσεις των φορέων λήψης αποφάσεων ή των ενδιαφερόμενων μερών.

```
def weights_equal ():
    # Defining equal weights for criteria
    criteria = ['Criterion 1', 'Criterion 2', 'Criterion 3']
    num_criteria = len(criteria)
    equal_weight = 1 / num_criteria
    weights = [equal_weight] * num_criteria
    return weights
```

4. **Διάταξη κατάταξης:** Κατάταξη των κριτηρίων με βάση τη σπουδαιότητά τους και, στη συνέχεια, ανάθεση βαρών ανάλογα με την κατάταξη. Μια προσέγγιση είναι η ανάθεση βαρών κατά φθίνουσα σειρά, με το πιο σημαντικό κριτήριο να λαμβάνει το μεγαλύτερο βάρος.

```

def weights_ranking ():
    # Defining equal weights for criteria
    criteria = ['Criterion 1', 'Criterion 2', 'Criterion 3']
    # Rank ordering of criteria
    criteria_rank = [1, 3, 2] # Rank from most important (1) to least
    important (3)
    total_ranks = sum(criteria_rank)
    weights = [1 - rank/total_ranks for rank in criteria_rank]
    return weights

```

5. **Προσεγγίσεις με βάση τα δεδομένα:** Μπορούν να χρησιμοποιηθούν στατιστικές τεχνικές ή αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης για τον προσδιορισμό των βαρών. Αυτές οι μέθοδοι μπορούν να αναλύσουν τη σχέση μεταξύ των κριτηρίων και των αποτελεσμάτων της απόφασης για να καθορίσουν τη σχετική τους σημασία.

```

def weights_data_driven ():
    # Defining criteria weights using data-driven approaches
    import pandas as pd
    from sklearn.feature_selection import SelectKBest
    from sklearn.feature_selection import f_regression

    data = pd.read_csv('your_dataset.csv')
    X = data.iloc[:, :-1] # Features (criteria)
    y = data.iloc[:, -1] # Decision outcome

    # Apply feature selection to determine relative importance
    selector = SelectKBest(score_func=f_regression, k='all')
    selector.fit(X, y)

    # Get the scores from the feature selection
    scores = selector.scores_

    # Normalize the scores to sum up to 1
    total_score = sum(scores)
    normalized_weights = [score / total_score for score in scores]
    criteria = list(X.columns)
    return normalized_weights

```

6. **Analytic Hierarchy Process (AHP):** Η AHP είναι μια δημοφιλής μέθοδος για την εξαγωγή των βαρών των κριτηρίων. Περιλαμβάνει τη δημιουργία ενός πίνακα συγκρίσεων ανά ζεύγη για τη σύγκριση της σχετικής σημασίας κάθε κριτηρίου, τον υπολογισμό των ιδιοδιανυσμάτων και των ιδιοτιμών και, στη συνέχεια, την κανονικοποίηση των ιδιοδιανυσμάτων για να προκύψουν τα βάρη.
7. **Συνδυασμός μεθόδων:** Συνδυασμός πολλαπλών μεθόδων που αναφέρονται παραπάνω για τον προσδιορισμό πιο ισχυρών και αξιόπιστων βαρών κριτηρίων. Για παράδειγμα,

μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι κρίσεις των εμπειρογνομόνων ως σημείο εκκίνησης και στη συνέχεια να βελτιωθούν με βάση τις προτιμήσεις των φορέων λήψης αποφάσεων ή την ανάλυση δεδομένων.

### 3.5 Συναρτήσεις Προτίμησης

Στην PROMETHEE, οι συναρτήσεις προτίμησης είναι μαθηματικές συναρτήσεις που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της προτίμησης ή της σχετικής σημασίας μεταξύ δύο εναλλακτικών λύσεων σε ένα συγκεκριμένο κριτήριο. Οι συναρτήσεις αυτές βοηθούν στην ποσοτικοποίηση του βαθμού προτίμησης ή της έντασης προτίμησης για την ανάλυση αποφάσεων. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαφορετικές συναρτήσεις προτίμησης με βάση τα χαρακτηριστικά και τις προτιμήσεις των φορέων λήψης αποφάσεων. Ακολουθούν ορισμένες ευρέως χρησιμοποιούμενες συναρτήσεις προτίμησης στο PROMETHEE:

1. **Usual Preference Function:** Η Usual Preference Function είναι η απλούστερη συνάρτηση προτίμησης. Εάν η εναλλακτική  $\alpha$  είναι καλύτερη από την εναλλακτική  $\beta$ , τότε προτιμάται- διαφορετικά, δεν εκφράζεται καμία προτίμηση. Αυτό σημαίνει ότι ακόμη και το μικρότερο πλεονέκτημα του  $\alpha$  έναντι του  $\beta$  οδηγεί σε αυστηρή προτίμηση. Αυτή η συνάρτηση προτίμησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν όλες οι διαφορές στις αξιολογήσεις των εναλλακτικών λύσεων θεωρούνται σημαντικές.

```
def usual_preference_function (a, b):  
    difference = b - a  
    if difference > 0:  
        return 1  
    else:  
        return 0
```

2. **Linear Preference Function:** Η Linear Preference Function ορίζεται από δύο παραμέτρους:  $p$  και  $q$ . Η  $p$ -παραμέτρος αντιπροσωπεύει το κατώφλι προτίμησης και η  $q$ -παραμέτρος αντιπροσωπεύει το κατώφλι αδιαφορίας. Όταν η διαφορά απόδοσης μεταξύ δύο εναλλακτικών λύσεων είναι μικρότερη ή ίση με την  $q$ -παραμέτρο, θεωρούνται αδιάφορες. Εάν η διαφορά είναι μεταξύ της  $q$ -παραμέτρου και της  $p$ -παραμέτρου, ο βαθμός προτίμησης αυξάνεται γραμμικά. Όταν η διαφορά είναι μεγαλύτερη ή ίση με την  $p$ -παραμέτρο, ο βαθμός προτίμησης είναι μέγιστος (1). Αυτή η συνάρτηση προτίμησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν οι μικρές διαφορές στις αξιολογήσεις θεωρούνται

ασήμαντες, οι μεγαλύτερες διαφορές επηρεάζουν την προτίμηση και ο βαθμός προτίμησης αυξάνεται αναλογικά με τη διαφορά.

```
def linear_preference_function(a, b, p, q):  
    difference = b - a  
    if difference > p:  
        return 1  
    elif difference <= q:  
        return 0  
    else:  
        return (difference - q) / (p - q)
```

- U-Shape Preference Function:** Η U-Shape Preference Function αποδίδει μια τιμή προτίμησης με βάση το αν η διαφορά μεταξύ δύο εναλλακτικών λύσεων σε ένα δεδομένο κριτήριο είναι εντός ενός καθορισμένου ορίου. Η U-Shape Preference Function ορίζεται από μία μόνο παράμετρο  $q$  ( $q$ -παράμετρος). Η  $q$ -παράμετρος αντιπροσωπεύει το όριο αδιαφορίας, το οποίο είναι η μέγιστη διαφορά μεταξύ των επιδόσεων δύο εναλλακτικών λύσεων σε ένα συγκεκριμένο κριτήριο που ο λήπτης αποφάσεων θεωρεί ασήμαντη. Έτσι, εάν η διαφορά μεταξύ των επιδόσεων δύο εναλλακτικών λύσεων είναι μικρότερη ή ίση με την  $q$ -παράμετρο, θεωρούνται αδιάφορες ως προς το συγκεκριμένο κριτήριο. Καμία προτίμηση (βαθμός 0) δεν αποδίδεται εάν η διαφορά μεταξύ των επιδόσεων των εναλλακτικών επιλογών είναι μικρότερη ή ίση με την παράμετρο  $q$  (κατώφλι αδιαφορίας). Διαφορετικά, η προτίμηση είναι μέγιστη (βαθμός 1).

```
def u_shape_preference_function(a, b, q):  
    difference = b - a  
    if difference > q:  
        return 1  
    else:  
        return 0
```

- V-Shape Preference Function:** Η V-Shape Preference Function αποδίδει μεγαλύτερη προτίμηση στις εναλλακτικές λύσεις που απέχουν περισσότερο από μια ιδανική τιμή σε ένα δεδομένο κριτήριο. Μπορεί να αποτυπώσει την προτίμηση για ακραίες τιμές και να τιμωρήσει τις μέτριες τιμές. Η συνάρτηση αυτή έχει μία μόνο παράμετρο,  $p$  (κατώφλι προτίμησης). Εάν η διαφορά μεταξύ των επιδόσεων των εναλλακτικών λύσεων είναι μικρότερη ή ίση με 0, δεν αποδίδεται καμία προτίμηση. Εάν η διαφορά είναι μεταξύ 0 και  $p$ , ο βαθμός προτίμησης αυξάνεται γραμμικά. Για διαφορές μεγαλύτερες ή ίσες με την

παράμετρο  $p$ , ο βαθμός προτίμησης είναι μέγιστος (1). Αυτή η συνάρτηση προτίμησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν οι μικρές διαφορές στις αξιολογήσεις θεωρούνται ασήμαντες και μόνο οι μεγαλύτερες διαφορές επηρεάζουν την προτίμηση.

```
def v_shape_preference_function(a, b, p):  
    difference = b - a  
    if difference > p:  
        return 1  
    elif difference <= 0:  
        return 0  
    else:  
        return difference / p
```

- Level Preference Function:** Η Level Preference Function αποδίδει μεγαλύτερη προτίμηση στις εναλλακτικές λύσεις που βρίσκονται πιο κοντά σε μια ιδανική τιμή σε ένα δεδομένο κριτήριο. Μπορεί να αποτυπώσει την προτίμηση για μέτριες τιμές και να τιμωρήσει τις ακραίες τιμές. Η συνάρτηση αυτή λαμβάνει υπόψη δύο παραμέτρους:  $p$  (κατώφλι προτίμησης) και  $q$  (κατώφλι αδιαφορίας). Εάν η διαφορά μεταξύ των επιδόσεων των εναλλακτικών λύσεων είναι μικρότερη ή ίση με την παράμετρο  $q$ , δεν αποδίδεται προτίμηση. Εάν η διαφορά είναι μεταξύ  $q$  και  $p$ , αποδίδεται ένας σταθερός βαθμός προτίμησης (π.χ. 0,5). Για διαφορές μεγαλύτερες ή ίσες με την παράμετρο  $p$ , ο βαθμός προτίμησης είναι μέγιστος (1). Η συνάρτηση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν οι μικρές διαφορές είναι ασήμαντες, οι μεγαλύτερες διαφορές οδηγούν σε αυστηρή προτίμηση και οι ενδιάμεσες διαφορές οδηγούν σε ενδιάμεση προτίμηση.

```
def level_preference_function(a, b, p, q):  
    difference = b - a  
    if difference > p:  
        return 1  
    elif difference <= q:  
        return 0  
    else:  
        return 0.5
```

- Gaussian Preference Function:** Η Gaussian Preference Function χρησιμοποιεί μια καμπύλη σε σχήμα καμπάνας για να αποδώσει τιμές προτίμησης με βάση την απόσταση μεταξύ δύο εναλλακτικών λύσεων σε ένα δεδομένο κριτήριο. Η συνάρτηση αυτή έχει μία μόνο παράμετρο,  $p$  (τυπική απόκλιση). Ο βαθμός προτίμησης υπολογίζεται χρησιμοποιώντας μια Gaussian συνάρτηση, η οποία αυξάνεται σταδιακά από το 0 στο 1

καθώς αυξάνεται η διαφορά μεταξύ των επιδόσεων των εναλλακτικών λύσεων. Η συνάρτηση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν υπάρχει μια συγκεκριμένη διαφορά που οδηγεί στη μέγιστη προτίμηση, ενώ μικρότερες και μεγαλύτερες διαφορές οδηγούν σε μικρότερη προτίμηση.

```
def gaussian_preference_function(a, b, p):  
    difference = b - a  
    if difference > 0:  
        return 1 - math.exp(-(math.pow(difference, 2) / (2 * p ** 2)))  
    else:  
        return 0
```

### 3.6 Καθορισμός παραμέτρων $q$

Στη μέθοδο PROMETHEE, οι συναρτήσεις προτίμησης χρησιμοποιούνται για τη μοντελοποίηση των προτιμήσεων του λήπτη αποφάσεων μεταξύ εναλλακτικών λύσεων με βάση συγκεκριμένα κριτήρια. Οι  $q$ -παραμέτροι είναι τα όρια αδιαφορίας στις συναρτήσεις προτίμησης και αντιπροσωπεύουν κατώφλια αδιαφορίας, πέρα από τα οποία οι εναλλακτικές λύσεις δεν θεωρούνται πλέον αδιάφορες. Εάν η απόλυτη διαφορά μεταξύ δύο εναλλακτικών λύσεων, όσον αφορά ένα συγκεκριμένο κριτήριο, είναι μικρότερη ή ίση με το κατώφλι αδιαφορίας ( $q$ ), τότε ο λήπτης αποφάσεων θα είναι αδιάφορος μεταξύ αυτών των δύο εναλλακτικών λύσεων για το συγκεκριμένο κριτήριο.

Ο προσδιορισμός των  $q$ -παραμέτρων για κάθε κριτήριο μπορεί να γίνει ως εξής:

1. **Εισαγωγή εμπειρογνομόνων:** Οι εμπειρογνώμονες ή οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων μπορούν να καθορίσουν τις κατάλληλες τιμές  $q$ -παραμέτρων με βάση την εμπειρία τους και την κατανόηση του προβλήματος λήψης αποφάσεων.
2. **Προσέγγιση με βάση τα δεδομένα:** Με την χρήση περιγραφική στατιστικής (Descriptive statistics) και ανάλυσης των δεδομένων είναι δυνατή η εκτίμηση των  $q$ -παραμέτρων εξετάζοντας τη μεταβλητότητα, την κατανομή ή άλλες στατιστικές ιδιότητες των δεδομένων. Για παράδειγμα, η επιλογή του πρώτου τεταρτημόριου (25<sup>ο</sup> εκατοστημόριο) αυτών των διαφορών ως όριο αδιαφορίας είναι ένας τρόπος υπολογισμού τους. Αυτό σημαίνει ότι για το 25% των ζευγών εναλλακτικών λύσεων, ο λήπτης αποφάσεων θα ήταν αδιάφορος μεταξύ των ζευγών εναλλακτικών λύσεων, όσον αφορά το συγκεκριμένο κριτήριο. Ο υπολογισμός αυτός με την χρήση της Python γίνεται ως εξής:

```
import numpy as np
```

```
# Definition of q-parameter as the 25th percentile of these differences.  
q_parameter = np.percentile(differences, 25)
```

Οι παράμετροι θα πρέπει να αντικατοπτρίζουν τις προτιμήσεις του λήπτη αποφάσεων, επομένως είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη και η συμβολή και η κρίση του. Ο συνδυασμός μιας προσέγγισης με βάση τα δεδομένα και την κρίση των εμπειρογνομόνων οδηγεί συχνά στα καλύτερα αποτελέσματα.

### 3.7 Καθορισμός παραμέτρων $p$

Στη μέθοδο PROMETHEE, εκτός της  $q$ -παραμέτρου που αντιπροσωπεύει το κατώφλι αδιαφορίας, συναντάται κι η  $p$ -παράμετρος που αντιπροσωπεύει το κατώφλι προτίμησης. Ορισμένες συναρτήσεις προτίμησης χρησιμοποιούν την  $p$ -παραμέτρο ως κατώφλι για τη ποσοτικοποίηση της προτίμησης του λήπτη αποφάσεων μεταξύ δύο εναλλακτικών λύσεων. Συγκεκριμένα, η  $p$ -παραμέτρος αντιπροσωπεύει τη μικρότερη διαφορά μεταξύ των αξιολογήσεων δύο εναλλακτικών λύσεων για τις οποίες ο λήπτης αποφάσεων έχει αυστηρή προτίμηση για τη μία εναλλακτική λύση έναντι της άλλης. Για τον ορθό προσδιορισμό των  $p$ -παραμέτρων θα πρέπει ο λήπτης αποφάσεων να έχει πλήρη κατανόηση του προβλήματος, των κριτηρίων και των εναλλακτικών λύσεων.

Η συζήτηση και η διαπραγμάτευση με τον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων είναι η συμβατική μέθοδος για τον προσδιορισμό των  $p$ -παραμέτρων. Ο τρόπος αυτός περιέχει την υποκειμενική αξιολόγηση και μπορεί να μην οδηγεί απαραίτητα σε παραμέτρους που αντιπροσωπεύουν με ακρίβεια τις πραγματικές προτιμήσεις του λήπτη της απόφασης, τη φύση του προβλήματος ή των εναλλακτικών λύσεων. Ως εκ τούτου, οι  $p$ -παραμέτροι μπορούν να υπολογισθούν με την βοήθεια ποσοτικών μεθόδων εξετάζοντας τη μεταβλητότητα, την κατανομή ή άλλες στατιστικές ιδιότητες των δεδομένων. Αξίζει να σημειωθεί ότι, ενώ μια προσέγγιση με βάση τα δεδομένα μπορεί να είναι πιο αντικειμενική και να αντικατοπτρίζει καλύτερα τη φύση του προβλήματος και των εναλλακτικών λύσεων, έχει επίσης τις προκλήσεις της. Για παράδειγμα, εάν τα διαθέσιμα δεδομένα δεν είναι αντιπροσωπευτικά του προβλήματος ή των εναλλακτικών λύσεων, οι καθορισμένες παράμετροι ενδέχεται να μην είναι ακριβείς. Έτσι, η προσέγγιση αυτή απαιτεί επαρκή και υψηλής ποιότητας δεδομένα.

### 3.8 Αξιολόγηση Εναλλακτικών Σεναρίων

Τα εναλλακτικά σενάρια χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της επίδρασης που έχει στο αποτέλεσμα της μεθόδου PROMETHEE, η εστίαση σε έναν διαφορετικό τομέα κάθε φορά. Έτσι, τα

εναλλακτικά σενάρια είναι ένα εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο για την αξιολόγηση του τελικού αποτελέσματος, καθώς οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων καλούνται να διαχειριστούν προβλήματα σε δυναμικό περιβάλλον, με πληθώρα εναλλακτικών λύσεων στη βελτίωση των συστημάτων.

Έτσι, τα βήματα που θα ακολουθηθούν θα είναι:

1. **Καθορισμός του εύρους τιμών:** Καθορισμός του εύρους τιμών για τις παραμέτρους που θα αναλυθούν, όπως τα βάρη των κριτηρίων ή οι παράμετροι της συνάρτησης προτίμησης (π.χ.  $p$  και  $q$ ). Δύναται να χρησιμοποιηθεί ένα ομοιόμορφο εύρος ή συγκεκριμένες τιμές με βάση την κρίση εμπειρογνομόνων ή τις γνώσεις που βασίζονται στην ανάλυση των δεδομένων.
2. **Δημιουργία ενός συνόλου σεναρίων:** Δημιουργία ενός συνόλου σεναρίων για την εστίαση σε διαφορετικούς τομείς, μεταβάλλοντας τις τιμές των παραμέτρων μέσα στα καθορισμένα εύρη. Οι τεχνικές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι: αναζήτηση πλέγματος (grid search), καθορισμός τιμών από εμπειρογνώμονες, τυχαία δειγματοληψία (random sampling) ή άλλες τεχνικές δειγματοληψίας για τη δημιουργία των σεναρίων.
3. **Ανάλυση για κάθε σενάριο:** Εκτέλεση της ανάλυσης PROMETHEE για κάθε σενάριο, χρησιμοποιώντας τις αντίστοιχες τιμές παραμέτρων κι αποθήκευση των κατατάξεων των εναλλακτικών λύσεων για κάθε σενάριο.
4. **Ανάλυση των αποτελεσμάτων:** Αξιολόγηση του αντίκτυπου των αλλαγών στις τιμές των παραμέτρων στην κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων, συγκρίνοντας τις κατατάξεις στα διάφορα σενάρια. Τα αποτελέσματα μπορούν να απεικονιστούν σε διαγράμματα για την καλύτερη αποτύπωση των διαφορών ή να υπολογισθούν συνοπτικά στατιστικά στοιχεία για τη μέτρηση της μεταβλητότητας των κατατάξεων.

Τα παραπάνω βήματα θα εφαρμοστούν στην ανάλυση της μελέτης περίπτωσης με τη χρήση της παρακάτω συνάρτησης.

```
import numpy as np
import pandas as pd

# Loop over the scenarios and process them
for scenario_name, scenario_params in scenarios.items():
    final_results = process_scenario(scenario_name, scenario_params, np_data,
                                    np_countries, final_results, df_countries)
```



```
def process_scenario(scenario_name, scenario_params, x, np_countries,
                    final_results, df_countries):
    print(f"Running scenario {scenario_name}")

    # Calculate results
    final_net_flows = promethee(x, scenario_params["p"], c,
                                scenario_params["d"], scenario_params["w"])
    print("Global preference flows = ", final_net_flows)
```



## 4. Μελέτη Περίπτωσης

Μελέτη Περίπτωσης: Αξιολόγηση της Αποτελεσματικότητας και Ταξινόμηση των Ευρωπαϊκών Δημόσιων Συστημάτων Υγείας

### 4.1 Εισαγωγή

Σε αυτή τη μελέτη περίπτωσης, πρωταρχικός στόχος είναι η αξιολόγηση και σύγκριση της αποτελεσματικότητας των συστημάτων δημόσιας υγειονομικής περίθαλψης σε όλες τις ευρωπαϊκές περιφέρειες χρησιμοποιώντας την πολυκριτήρια μέθοδο αποφάσεων PROMETHEE και δεδομένα της Eurostat. Η ανάλυση θα γίνει με σκοπό την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των ευρωπαϊκών συστημάτων δημόσιας υγειονομικής περίθαλψης συγκρίνοντας πολλαπλούς δείκτες υγειονομικής περίθαλψης. Τα ευρήματα αυτής της μελέτης μπορούν να συμβάλουν στην ενίσχυση των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης σε όλη την Ευρώπη, οδηγώντας τελικά σε βελτίωση της υγείας και της ευημερίας για όλους τους πολίτες.

### 4.2 Μελέτη Περίπτωσης και Στόχοι

Τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης σε όλο τον κόσμο διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο στη διατήρηση και τη βελτίωση της υγείας και της ευημερίας των πολιτών. Ακόμη, χρησιμεύουν ως βασικά συστατικά της εθνικής ανάπτυξης, επηρεάζοντας την οικονομία, την κοινωνική ισότητα και τη συνολική ποιότητα ζωής. Στην Ευρώπη, τα δημόσια συστήματα υγειονομικής περίθαλψης κάθε περιφέρειας είναι διαφορετικά, αντανακλώντας τα μοναδικά ιστορικά, πολιτιστικά και πολιτικά πλαίσια. Ως αποτέλεσμα, η αποτελεσματικότητα αυτών των συστημάτων ποικίλλει σημαντικά σε ολόκληρη την ήπειρο.

Δεδομένης της αυξανόμενης ζήτησης για υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης λόγω παραγόντων όπως η γήρανση του πληθυσμού, η αυξανόμενη επικράτηση χρόνιων ασθενειών και οι τεχνολογικές εξελίξεις, είναι ζωτικής σημασίας να αξιολογηθεί και να συγκριθεί η αποτελεσματικότητα των δημοσίων συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης για τον εντοπισμό βέλτιστων πρακτικών και την υποστήριξη της λήψης αποφάσεων από τους φορείς χάραξης πολιτικής.

Η κατανόηση του πλαισίου μέσα στο οποίο λειτουργούν αυτά τα συστήματα είναι απαραίτητη για μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση. Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) έχει αναλάβει αρκετές πρωτοβουλίες για να υποστηρίξει τις ευρωπαϊκές περιφέρειες στην ανάπτυξη αποτελεσματικών, δίκαιων και βιώσιμων συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης. Ορισμένες από αυτές τις πρωτοβουλίες περιλαμβάνουν τη δημιουργία του Ευρωπαϊκού Δικτύου Έρευνας (RN), της Ευρωπαϊκής Πύλης Πληροφοριών για την Υγεία (EHIP), των Ευρωπαϊκών Βασικών Δεικτών Υγείας (ECHI) και διάφορες διασυνοριακές

συνεργασίες στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης. Παρά τις προσπάθειες αυτές, οι διαφορές στην πρόσβαση και στα αποτελέσματα στην υγειονομική περίθαλψη εξακολουθούν να υφίστανται μεταξύ διαφορετικών χωρών και κοινωνικοοικονομικών ομάδων.

Η αποτελεσματικότητα των συστημάτων δημόσιας υγειονομικής περίθαλψης επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως:

1. **Χρηματοδότηση της υγειονομικής περίθαλψης:** Η βιωσιμότητα των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα επαρκών οικονομικών πόρων για την υποστήριξη της παροχής ποιοτικής περίθαλψης. Το επίπεδο της χρηματοδότησης των επενδύσεων, του εξοπλισμού και των αναλωσίμων επηρεάζει σημαντικά την ικανότητα του συστήματος να παρέχει ποιοτική φροντίδα και να διασφαλίζει θετικά αποτελέσματα για την υγεία.
2. **Επιστημονικό προσωπικό στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης:** Η εξασφάλιση επαρκούς και καλά εκπαιδευμένου υγειονομικού προσωπικού είναι ζωτικής σημασίας για την αποτελεσματικότητα των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης. Παράγοντες όπως οι ελλείψεις προσωπικού και δεξιοτήτων, καθώς κι η άνιση κατανομή των επαγγελματιών υγείας σε χώρες και περιφέρειες μπορούν να επηρεάσουν την ποιότητα και την προσβασιμότητα των πολιτών στις υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης.
3. **Δημογραφικές αλλαγές:** Η γήρανση του πληθυσμού έχει αυξήσει τη ζήτηση για υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης, ιδιαίτερα για τη διαχείριση χρόνιων ασθενειών και τη μακροχρόνια περίθαλψη. Αυτή η δημογραφική αλλαγή ασκεί πίεση στα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης, απαιτώντας από αυτά να προσαρμοστούν στις μεταβαλλόμενες ανάγκες του πληθυσμού.
4. **Επιδημιολογική μεταβολή:** Η αυξανόμενη επικράτηση χρόνιων ασθενειών, όπως οι καρδιαγγειακές παθήσεις, ο καρκίνος και ο διαβήτης, έχει αλλάξει το τοπίο της υγειονομικής περίθαλψης στην Ευρώπη. Τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης πρέπει τώρα να επικεντρωθούν στη διαχείριση αυτών των μακροπρόθεσμων συνθηκών, δίνοντας έμφαση στην πρόληψη, την έγκαιρη διάγνωση και την αποτελεσματική θεραπεία για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας των θεραπειών και την απαίτηση λιγότερων πόρων υγειονομικής περίθαλψης.
5. **Τεχνολογικές εξελίξεις:** Η ιατρική τεχνολογία έχει φέρει επανάσταση στην υγειονομική περίθαλψη, επιτρέποντας την ανάπτυξη νέων διαγνωστικών εξετάσεων και θεραπειών που

βελτιώνουν τα αποτελέσματα και την ποιότητα ζωής των ασθενών. Ωστόσο, αυτές οι εξελίξεις θέτουν επίσης προκλήσεις για τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης, καθώς συχνά συνεπάγονται υψηλό κόστος και μπορούν να επιδεινώσουν τις ανισότητες στην πρόσβαση στην περίθαλψη.

6. **Προσβασιμότητα:** Η γεωγραφική κατανομή και η διαθεσιμότητα εγκαταστάσεων, υπηρεσιών και επαγγελματιών υγειονομικής περίθαλψης διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη διασφάλιση ότι όλα τα άτομα έχουν δίκαιη πρόσβαση στην περίθαλψη.
7. **Ανισότητες στην υγεία:** Κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες, όπως το εισόδημα, η εκπαίδευση και η απασχόληση, μπορούν να οδηγήσουν σε ανισότητες στην πρόσβαση στην περίθαλψη μεταξύ διαφορετικών ομάδων πληθυσμού. Η αντιμετώπιση αυτών των ανισοτήτων είναι απαραίτητη για να διασφαλιστεί ότι όλα τα άτομα έχουν ισότιμη πρόσβαση στις υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης και να προωθηθεί η κοινωνική δικαιοσύνη και συνοχή.

Αξιολογώντας την αποτελεσματικότητα των ευρωπαϊκών συστημάτων δημόσιας υγειονομικής περίθαλψης με την χρήση της πολυκριτήριας μεθόδου αποφάσεων PROMETHEE και δεδομένα της Eurostat, αυτή η μελέτη περίπτωσης στοχεύει στο να παρέχει πολύτιμες γνώσεις σχετικά με τους παράγοντες που συμβάλλουν σε καλύτερες υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης και δίκαιη πρόσβαση. Τα ευρήματα μπορούν να χρησιμεύσουν ως βάση για την ανάπτυξη πολιτικών και στρατηγικών βασισμένων σε στοιχεία που προωθούν αποτελεσματικά, δίκαια και βιώσιμα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης σε όλη την Ευρώπη. Αναλυτικότερα, μέσω της μελέτης περίπτωσης θα γίνει προσπάθεια επίτευξης των παρακάτω στόχων:

1. **Κατάταξη Ευρωπαϊκών Περιφερειών:** Ταξινόμηση των ευρωπαϊκών περιφερειών με βάση πολλαπλούς δείκτες υγειονομικής περίθαλψης. Αυτή η κατάταξη μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό των πιο αποδοτικών και αποτελεσματικών συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης στην Ευρώπη, αναδεικνύοντας τις βέλτιστες πρακτικές και παρέχοντας πολύτιμες πληροφορίες για άλλες περιοχές.
2. **Προσδιορισμός βασικών δεικτών απόδοσης:** Προσδιορισμός των πιο κρίσιμων δεικτών υγειονομικής περίθαλψης που συμβάλλουν στη συνολική αποτελεσματικότητα των δημόσιων συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης. Αυτοί οι δείκτες μπορούν να χρησιμεύσουν ως σημεία αναφοράς για τις περιφέρειες για τη μέτρηση της απόδοσής τους και την καθοδήγηση των βελτιώσεων στα συστήματα υγειονομικής περίθαλψής τους.

3. **Αξιολόγηση των ανισοτήτων στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης:** Εκτίμηση της έκτασης των ανισοτήτων στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης σε κάθε περιφέρεια. Η κατανόηση της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών υγείας σε περιφέρειες με διαφορετικά χαρακτηριστικά μπορεί να βοηθήσει στην ανάπτυξη πολιτικών και παρεμβάσεων που στοχεύουν στη μείωση των ανισοτήτων και στην προώθηση της δίκαιης πρόσβασης στην περίθαλψη.
4. **Υποστήριξη των υπευθύνων λήψης αποφάσεων:** Με βάση τα ευρήματα, οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής, οι διαχειριστές δομών υγειονομικής περίθαλψης και άλλοι ενδιαφερόμενοι φορείς θα υποστηριχθούν στην βελτίωση της συνολικής αποτελεσματικότητας των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης στην Ευρώπη. Μέσω της μεταφοράς των βέλτιστων πρακτικών, οι ευρωπαϊκές περιφέρειες μπορούν να εργαστούν για τη δημιουργία πιο αποτελεσματικών, δίκαιων και βιώσιμων συστημάτων δημόσιας υγειονομικής περίθαλψης.

Συνοπτικά, ο στόχος αυτής της μελέτης περίπτωσης είναι να αξιολογήσει την αποτελεσματικότητα των ευρωπαϊκών συστημάτων δημόσιας υγειονομικής περίθαλψης συγκρίνοντας πολλαπλούς δείκτες υγειονομικής περίθαλψης. Τα ευρήματα αυτής της μελέτης μπορούν να συμβάλουν στην ενίσχυση των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης σε όλη την Ευρώπη, οδηγώντας τελικά σε βελτίωση της υγείας και της ευημερίας για όλους τους πολίτες.

#### 4.3 Δεδομένα και Δείκτες

Για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των ευρωπαϊκών συστημάτων δημόσιας υγειονομικής περίθαλψης, συλλέγονται αρκετοί βασικοί δείκτες από τη βάση δεδομένων της Eurostat:

##### 1. Δαπάνες υγειονομικής περίθαλψης:

- *Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ) (nama\_10\_gdp):* Αυτό το σύνολο δεδομένων παρέχει το ΑΕΠ για τις ευρωπαϊκές περιφέρειες, επιτρέποντάς τον υπολογισμό των δαπανών υγειονομικής περίθαλψης ως ποσοστό του ΑΕΠ. Η σύγκριση των δαπανών υγειονομικής περίθαλψης μεταξύ των περιφερειών βοηθά στην κατανόηση των οικονομικών πόρων που διατίθενται για την υγειονομική περίθαλψη και υποδεικνύει το επίπεδο των επενδύσεων σε υποδομές, προσωπικό και υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης.
- *Δαπάνες για τον χώρο της υγείας (hlth\_sha11\_hc):* Αυτό το σύνολο δεδομένων παρέχει λεπτομερείς πληροφορίες για τις δαπάνες υγειονομικής περίθαλψης, όπως νοσοκομειακή περίθαλψη, περίθαλψη εξωτερικών ιατρείων και προληπτική φροντίδα. Η ανάλυση αυτών

των δεδομένων θα βοηθήσει στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο διανέμονται τα κεφάλαια σε διάφορες υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης και μπορεί να αποκαλύψει το επίκεντρο των πολιτικών υγειονομικής περίθαλψης κάθε περιοχής.

## 2. Προσβασιμότητα:

- *Εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης (Διαθέσιμα κρεβάτια) (hlth\_rs\_bdsrg)*: Αυτό το σύνολο δεδομένων παρέχει πληροφορίες για τον αριθμό των νοσοκομειακών κλινών, που συντηρούνται τακτικά, στελεχώνονται και είναι άμεσα διαθέσιμες για τη φροντίδα των ασθενών.
- *Υγειονομικό προσωπικό (hlth\_rs\_prsrg)*: Αυτό το σύνολο δεδομένων περιλαμβάνει δεδομένα για τον αριθμό των επαγγελματιών υγείας, όπως γιατροί, νοσηλευτές και ειδικοί, σε ευρωπαϊκές περιφέρειες. Η σύγκριση του αριθμού των κατά κεφαλήν επαγγελματιών υγείας μεταξύ των περιφερειών μπορεί να παρέχει πληροφορίες για τους διαθέσιμους ανθρώπινους πόρους και τον πιθανό αντίκτυπό τους στις προσφερόμενες υπηρεσίες.

## 3. Αποτελέσματα ασθενών:

- *Προσδόκιμο ζωής (demo\_r\_mlifexp)*: Αυτό το σύνολο δεδομένων παρέχει δεδομένα για το προσδόκιμο ζωής του πληθυσμού κάτω του 1 έτους για τις ευρωπαϊκές περιοχές. Η σύγκριση των στοιχείων του προσδόκιμου ζωής μπορεί να βοηθήσει στην αξιολόγηση της συνολικής αποτελεσματικότητας των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης, καθώς το υψηλότερο προσδόκιμο ζωής είναι γενικά ενδεικτικό για καλύτερα σύστημα υγείας.
- *Ποσοστά βρεφικής θνησιμότητας (demo\_r\_minfind)*: Αυτό το σύνολο δεδομένων περιλαμβάνει ποσοστά βρεφικής θνησιμότητας για κάθε ευρωπαϊκή περιφέρεια. Η ανάλυση και η σύγκριση αυτών των ποσοστών μπορεί να βοηθήσει στον προσδιορισμό της αποτελεσματικότητας των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης.

## 4. Προληπτική Φροντίδα:

- *Θεραπεύσιμη και αποτρέψιμη θνησιμότητα (hlth\_cd\_apr)*: Αυτό το σύνολο δεδομένων παρέχει δεδομένα σχετικά με τη θνησιμότητα που μπορεί να αποφευχθεί και καλύπτει τόσο τις προλαμβανόμενες όσο και τις θεραπεύσιμες αιτίες θνησιμότητας. Η προληπτική θνησιμότητα αναφέρεται στη θνησιμότητα που μπορεί κυρίως να αποφευχθεί μέσω της πρωτογενούς πρόληψης (δηλαδή πριν από την εμφάνιση ασθενειών/συμπτωμάτων). Η θεραπεύσιμη θνησιμότητα μπορεί κυρίως να αποφευχθεί μέσω της δευτερογενούς

πρόληψης και θεραπείας (μετά την εμφάνιση ασθενειών). Η σύγκριση των ποσοστών θεραπεύσιμης και αποτρέψιμης θνησιμότητας μπορεί να βοηθήσει στην κατανόηση της αποτελεσματικότητας των μέτρων προληπτικής φροντίδας.

- *Προγράμματα προσυμπτωματικού ελέγχου καρκίνου (hlth\_ps\_prev)*: Αυτό το σύνολο δεδομένων περιέχει δεδομένα σχετικά με τα ποσοστά συμμετοχής σε προγράμματα προσυμπτωματικού ελέγχου καρκίνου, όπως η μαστογραφία και ο προσυμπτωματικός έλεγχος για τον καρκίνο του τραχήλου της μήτρας. Η σύγκριση των ποσοστών συμμετοχής σε αυτά τα προγράμματα μπορεί να βοηθήσει στην κατανόηση της επιτυχίας των εκστρατειών δημόσιας υγείας και του πιθανού αντίκτυπου της έγκαιρης ανίχνευσης στα αποτελέσματα του καρκίνου.

#### 5. **Ανισότητες στον τομέα της υγείας:**

- *Ανισότητες στην πρόσβαση στην υγειονομική περίθαλψη (hlth\_silc\_08)*: Αυτό το σύνολο δεδομένων παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις μη ληφθείσες ιατρικές υπηρεσίες ανά εισοδηματική κλίμακα. Η ανάλυση αυτών των δεδομένων μπορεί να βοηθήσει στην κατανόηση του βαθμού στον οποίο η πρόσβαση στην υγειονομική περίθαλψη είναι δίκαιη μεταξύ των διαφορετικών εισοδηματικών ομάδων και μπορεί να αποκαλύψει πιθανούς φραγμούς στην πρόσβαση στην περίθαλψη μεταξύ των πιο ευάλωτων πληθυσμών.



## 5. Ανάλυση Δεδομένων και Ερμηνεία των Ευρημάτων

### 5.1 Περιγραφή δεδομένων και προεπεξεργασία

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την μελέτη περίπτωσης παρουσιάζονται παρακάτω. Τα δεδομένα εξήχθησαν από την βάση δεδομένων της Eurostat με την χρήση του package eurostat της python και είναι για το έτος 2019 (Raw Data). Μετά την εξαγωγή των δεδομένων, έγινε η αντικατάσταση των missing values με τιμές από άλλες χρονιές. Ακόμη, τα δεδομένα των στηλών gdp\_df, hc\_df, bdsrg\_df και prsrg\_df διαιρέθηκαν με τον πληθυσμό της κάθε χώρας (pop\_df), ώστε να είναι πιο αντιπροσωπευτικά (Data per million capita). Ο κώδικας για την εξαγωγή κι επεξεργασία των δεδομένων παρουσιάζεται στο Παράρτημα.

#### Raw Data

	geo	pop_df	gdp_df	hc_df	bdsrg_df	prsrg_df	mlifexp_df	minfind_df	apr_df	prev_df	silc_df
1	AT	8.879.920	397.170	4.690,5	139,1	188,0	82,0	2,9	225,1	40,9	0,3
2	BE	11.488.980	478.676	4.497,5	179,6	316,1	82,1	3,6	207,4	59,7	1,8
3	BG	6.975.761	61.559	625,6	129,2	236,1	75,1	5,6	419,7	20,6	1,4
4	CH	8.575.280	644.443	8.604,6	217,7	229,9	84,0	3,3	153,4		0,7
5	CY	881.952	23.177	1.856,9	321,1	234,1	82,3	2,6	176,9	31,4	1,0
6	CZ	10.671.870	225.614	1.607,4	152,0	245,9	79,3	2,6	308,6	60,4	0,5
7	DE	83.092.962	3.474.110	4.889,1	126,4	227,6	81,3	3,2	231,3	49,9	0,3
8	DK	5.814.422	309.526	5.404,6	385,7	235,3	81,5	3,0	217,4	83,5	1,8
9	EL	10.721.582	183.351	1.402,0	239,2	162,3	81,7	3,7	231,1		8,1
10	ES	47.134.837	1.245.513	2.412,9	339,4	227,1	84,0	2,6	172,5		0,2
11	FI	5.521.606	239.858	3.984,1	302,7	287,3	82,1	2,1	222,8	81,6	4,6
12	FR	67.388.001	2.437.635	4.014,6	171,3	297,3	83,0	3,8	185,8	49,4	1,2
13	HR	4.067.206	55.644	930,6	176,5	284,2	78,6	4,0	360,9	60,0	1,4
14	HU	9.771.141	146.555	942,2	144,8	286,2	76,5	3,6	488,5	39,1	1,0
15	IE	4.934.340	356.357	4.821,8	347,2	301,5	82,8	2,8	197,9	71,6	2,0
16	IS	360.563	22.028	5.241,4	357,4	256,8	83,2	1,1	162,1	61,0	3,4
17	IT	59.729.081	1.796.649	2.603,8	316,2	246,9	83,6	2,4	164,9	60,7	1,8
18	LI	38.563	5.750	8.625,7	688,6	267,8	84,3	5,7	158,1	10,4	
19	LT	2.794.137	48.916	1.223,8	157,6	218,8	76,5	3,3	466,0	52,9	1,4
20	LU	620.001	62.374	5.503,0	234,5	335,0	82,7	4,7	177,8	53,7	0,2
21	LV	1.913.822	30.679	1.060,2	184,4	306,1	75,7	3,4	485,1	39,1	4,3
22	NL	17.344.874	813.055	4.753,4	331,0	266,4	82,2	3,6	184,8	76,4	0,2
23	NO	5.347.896	365.131	7.126,7	288,2	201,3	83,0	2,1	172,2	71,6	1,0
24	PL	37.965.475	532.505	906,1	162,0	420,6	78,0	3,8	352,2	37,2	4,2
25	PT	10.286.263	214.375	1.982,8	285,0	187,9	81,9	2,8	214,5		1,7
26	RO	19.371.648	224.179	661,3	141,7	313,8	75,6	5,8	504,6		4,9
27	SE	10.278.887	476.870	5.025,4	483,0	233,4	83,2	2,1	170,2	82,0	1,4
28	SI	2.088.385	48.533	1.975,2	225,6	306,6	81,6	2,1	245,3	76,8	2,9
29	SK	5.454.147	94.428	1.198,0	173,6	280,4	77,8	5,1	394,6	31,0	2,7
30	TR	82.579.440	678.180		347,7	513,5	79,1	9,1	285,0	36,0	3,0

## Data per million capita

	geo	gdp_df	hc_df	bdsrg_df	prsrgr_df	mlifexp_df	minfind_df	apr_df	prev_df	silc_df
1	AT	44.726,70	528,21	15,66	21,18	82,00	2,90	225,10	40,90	0,30
2	BE	41.663,93	391,46	15,63	27,52	82,10	3,60	207,37	59,70	1,80
3	BG	8.824,63	89,68	18,52	33,84	75,10	5,60	419,74	20,55	1,40
4	CH	75.151,27	1.003,41	25,39	26,81	84,00	3,30	153,42		0,70
5	CY	26.278,64	2.105,44	364,03	265,39	82,30	2,60	176,90	31,35	1,00
6	CZ	21.140,95	150,62	14,24	23,04	79,30	2,60	308,60	60,40	0,50
7	DE	41.809,92	58,84	1,52	2,74	81,30	3,20	231,32	49,90	0,30
8	DK	53.234,25	929,51	66,33	40,46	81,50	3,00	217,37	83,45	1,80
9	EL	17.101,13	130,76	22,31	15,14	81,70	3,70	231,11		8,10
10	ES	26.424,47	51,19	7,20	4,82	84,00	2,60	172,50		0,20
11	FI	43.439,90	721,54	54,82	52,04	82,10	2,10	222,82	81,60	4,60
12	FR	36.173,13	59,57	2,54	4,41	83,00	3,80	185,79	49,40	1,20
13	HR	13.681,23	228,81	43,40	69,87	78,60	4,00	360,89	60,00	1,40
14	HU	14.998,71	96,42	14,82	29,29	76,50	3,60	488,54	39,07	1,00
15	IE	72.219,87	977,19	70,36	61,10	82,80	2,80	197,91	71,60	2,00
16	IS	61.091,96	14.536,71	991,09	712,25	83,20	1,10	162,10	61,00	3,40
17	IT	30.079,96	43,59	5,29	4,13	83,60	2,40	164,86	60,70	1,80
18	LI	149.109,2	223.678,40		17.857,01	6.944,48	84,30	5,70	158,10	10,40
19	LT	17.506,80	438,00	56,39	78,32	76,50	3,30	465,99	52,90	1,40
20	LU	100.602,4	8.875,78	378,21	540,35	82,70	4,70	177,78	53,70	0,20
21	LV	16.030,02	553,99	96,35	159,92	75,70	3,40	485,06	39,10	4,30
22	NL	46.875,81	274,05	19,08	15,36	82,20	3,60	184,80	76,40	0,20
23	NO	68.275,54	1.332,61	53,89	37,63	83,00	2,10	172,18	71,60	1,00
24	PL	14.026,02	23,87	4,27	11,08	78,00	3,80	352,19	37,20	4,20
25	PT	20.840,86	192,76	27,71	18,27	81,90	2,80	214,50		1,70
26	RO	11.572,51	34,14	7,31	16,20	75,60	5,80	504,58		4,90
27	SE	46.393,11	488,91	46,99	22,70	83,20	2,10	170,18	82,00	1,40
28	SI	23.239,54	945,79	108,04	146,80	81,60	2,10	245,31	76,80	2,90
29	SK	17.313,12	219,65	31,83	51,40	77,80	5,10	394,63	30,97	2,70
30	TR	8.212,46		4,21	6,22	79,10	9,10	284,99	35,98	3,00

## 5.2 Επιλογή κριτηρίων και στάθμιση

### 5.2.1 Βασικό Σενάριο - Ισορροπημένη εστίαση Ίσα βάρη, γραμμική προτίμηση

Σε αυτό το σενάριο, όλα τα κριτήρια αξιολόγησης είναι εξίσου σημαντικά. Αυτό σημαίνει ότι δεν δίνεται προτεραιότητα σε κάποια συγκεκριμένη πτυχή (όπως το ΑΕΠ, το προσδόκιμο ζωής, η παιδική θνησιμότητα κ.λπ.) ενός συστήματος υγειονομικής περίθαλψης έναντι των άλλων. Ως εκ τούτου, τα

βάρη όλων των κριτηρίων τίθενται ίσα, διασφαλίζοντας ότι κάθε κριτήριο συμβάλλει εξίσου στην τελική κατάταξη των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης.

Η συνάρτηση προτίμησης που χρησιμοποιείται σε αυτό το σενάριο είναι η "linear" ("li") για όλα τα κριτήρια. Μια γραμμική συνάρτηση προτίμησης χαρακτηρίζεται από δύο παραμέτρους: το κατώφλι αδιαφορίας ( $q$ ) και το κατώφλι προτίμησης ( $p$ ). Σε αυτό το σενάριο, η παράμετρος  $p$  τίθεται στο 0 για όλα τα κριτήρια και η παράμετρος  $q$  στο 1. Αυτό σημαίνει ότι ακόμη και η παραμικρή διαφορά στην απόδοση (πάνω από το 0) δύο εναλλακτικών επιλογών θεωρείται σημαντική και αρχίζει να συμβάλλει στην προτίμηση της εναλλακτικής με την καλύτερη απόδοση. Η εναλλακτική λύση με την καλύτερη επίδοση προτιμάται έντονα μόλις η διαφορά απόδοσης φτάσει ή ξεπεράσει το 1.

Η επιλογή αυτών των τιμών για τις συναρτήσεις προτίμησης, τις παραμέτρους  $p$  και  $q$  και τα βάρη βασίζεται στην παραδοχή ότι όλα τα κριτήρια αξιολόγησης πρέπει να αντιμετωπίζονται ισότιμα και ότι η προτίμηση για καλύτερες επιδόσεις αυξάνεται γραμμικά όσο αυξάνεται η διαφορά επιδόσεων.

Αυτό το είδος σεναρίου μπορεί να είναι κατάλληλο σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει σαφής συναίνεση ή γνώμη εμπειρογνομόνων που θα μπορούσε να καθοδηγήσει την ιεράρχηση ενός κριτηρίου αξιολόγησης έναντι των άλλων. Επιτρέπει την εξέταση όλων των παραγόντων χωρίς προκατάληψη και μπορεί να χρησιμεύσει ως χρήσιμο σημείο εκκίνησης για μια πιο διαφοροποιημένη ανάλυση ή κατά τη σύγκρισή του με άλλα σενάρια με διαφορετικές ρυθμίσεις. Ωστόσο, προϋποθέτει επίσης ότι όλα τα κριτήρια είναι εξίσου σημαντικά, γεγονός που μπορεί να μην αντικατοπτρίζει την πραγματικότητα των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης, όπου ορισμένες πτυχές μπορεί να είναι πιο κρίσιμες από άλλες.

### 5.2.2 Εναλλακτικά Σενάρια

#### *Σενάριο 1 - Οικονομική εστίαση*

Έμφαση στο ΑΕΠ και στις δαπάνες υγείας

Σε αυτό το σενάριο, γίνεται εστίαση στην οικονομική ισχύ (μετρούμενη με βάση το ΑΕΠ) και στις δαπάνες υγείας ως βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης. Έτσι, έχουν αυξηθεί οι συντελεστές στάθμισης για το ΑΕΠ και τις δαπάνες υγείας σε σύγκριση με άλλα κριτήρια. Αυτή η αύξηση των βαρών αντικατοπτρίζει την υπόθεση ότι η οικονομική ισχύς μιας χώρας και το ποσό των χρημάτων που δαπανά για την υγεία μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την απόδοση και την ποιότητα του συστήματος υγειονομικής περίθαλψης.

Η συνάρτηση προτίμησης που χρησιμοποιείται είναι η "level" ("le") για όλα τα κριτήρια, η οποία χαρακτηρίζεται από ένα κατώφλι προτίμησης ( $p$ ) και ένα κατώφλι αδιαφορίας ( $q$ ). Για το ΑΕΠ και τις δαπάνες υγείας χρησιμοποιούνται διαφορετικές τιμές  $p$ . Η τιμή  $p$  υποδεικνύει την ελάχιστη σημαντική διαφορά μεταξύ των επιδόσεων δύο εναλλακτικών λύσεων. Μια υψηλότερη τιμή  $p$  για το ΑΕΠ και τις Δαπάνες Υγείας σημαίνει ότι απαιτείται σημαντική διαφορά στα κριτήρια αυτά για να επηρεαστεί η κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων, καθώς εδώ θεωρείται πως μικρές διαφορές στο ΑΕΠ ή στις Δαπάνες Υγείας μπορεί να μην οδηγούν σε σημαντικές αλλαγές στην ποιότητα της υγειονομικής περίθαλψης, ενώ μεγάλες διαφορές μπορεί να συνεπάγονται δραστικά διαφορετικές υποδομές και υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης.

Η παράμετρος  $q$ , από την άλλη πλευρά, διατηρείται στο 0 για λόγους απλότητας και για να εξασφαλιστεί ότι οποιαδήποτε μη μηδενική διαφορά μεταξύ των αξιολογήσεων δύο εναλλακτικών λύσεων στο ΑΕΠ και στις δαπάνες υγείας θεωρείται σημαντική.

Η απόφαση να επιλεγθούν αυτές οι τιμές για τις συναρτήσεις προτίμησης, τις παραμέτρους  $p$  και  $q$  και τα βάρη έγινε για να δοθεί έμφαση στην οικονομική πτυχή της υγειονομικής περίθαλψης. Θεωρήθηκε ότι οι χώρες με υψηλότερο ΑΕΠ και υψηλότερες δαπάνες υγείας θα είναι γενικά σε θέση να παρέχουν καλύτερες υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης, επομένως θα πρέπει να κατατάσσονται υψηλότερα.

#### *Σενάριο 2 - Εστίαση στις υποδομές υγειονομικής περίθαλψης*

Έμφαση στις εγκαταστάσεις και το προσωπικό υγειονομικής περίθαλψης

Αυτό το σενάριο έχει σχεδιαστεί για να τονίσει τη σημασία των υποδομών υγειονομικής περίθαλψης, εστιάζοντας συγκεκριμένα στον αριθμό των διαθέσιμων εγκαταστάσεων υγειονομικής περίθαλψης (κρεβάτια) και του υγειονομικού προσωπικού. Η βασική υπόθεση εδώ είναι ότι η ύπαρξη μεγάλου αριθμού εγκαταστάσεων και προσωπικού υγείας μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την ποιότητα και την προσβασιμότητα των υπηρεσιών υγείας σε μια χώρα. Αυτό μπορεί να είναι ιδιαίτερα σημαντικό κατά τη διάρκεια κρίσεων υγειονομικής περίθαλψης, όπου η επαρκής υποδομή μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στη διαχείριση του φόρτου των ασθενών και στην παροχή ποιοτικής περίθαλψης.

Για να αντικατοπτρίζεται αυτή η εστίαση, οι συντελεστές βαρύτητας που αποδίδονται στα κριτήρια των εγκαταστάσεων υγειονομικής περίθαλψης και του προσωπικού υγείας αυξάνονται. Αυτό

σημαίνει ότι οποιαδήποτε διαφορά στις επιδόσεις σε αυτούς τους δύο τομείς θα έχει μεγαλύτερο αντίκτυπο στη συνολική κατάταξη των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης.

Η συνάρτηση προτίμησης που χρησιμοποιείται σε αυτό το σενάριο είναι η "level" για όλα τα κριτήρια. Για τα κριτήρια των εγκαταστάσεων υγειονομικής περίθαλψης και του υγειονομικού προσωπικού, οι τιμές  $p$  ορίζονται υψηλότερες από ό,τι για τα άλλα κριτήρια. Αυτό σημαίνει ότι επιτρέπεται μεγαλύτερο χάσμα επιδόσεων προτού αναπτυχθεί ισχυρή προτίμηση, γεγονός που αντανακλά ότι απαιτείται σημαντική διαφορά σε αυτά τα κριτήρια για να επηρεαστεί σημαντικά η απόφαση. Για παράδειγμα, μικρές διαφορές στον αριθμό των διαθέσιμων κλινών ή του υγειονομικού προσωπικού μπορεί να μην οδηγήσουν σε αξιοσημείωτες βελτιώσεις στην ποιότητα της υγειονομικής περίθαλψης.

Οι τιμές  $q$  τίθενται στο 0 για όλα τα κριτήρια, πράγμα που σημαίνει ότι ο λήπτης αποφάσεων θα αρχίσει να δείχνει προτίμηση στην εναλλακτική λύση με τις καλύτερες επιδόσεις μόλις υπάρξει διαφορά στις επιδόσεις τους.

Η επιλογή αυτών των τιμών για τις συναρτήσεις προτίμησης, τις παραμέτρους  $p$  και  $q$  και τα βάρη παρέχει έναν μηχανισμό για την ιεράρχηση των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης που διαθέτουν σημαντικά καλύτερες υποδομές. Πρόκειται για ένα κατάλληλο σενάριο που πρέπει να εξετάζεται όταν η χωρητικότητα του συστήματος υγειονομικής περίθαλψης αποτελεί σημαντικό παράγοντα στη διαδικασία λήψης αποφάσεων.

### *Σενάριο 3 - Εστίαση στην προληπτική υγεία*

Έμφαση στα προγράμματα προσυμπτωματικού ελέγχου για τον καρκίνο

Σε αυτό το σενάριο, η προσοχή στρέφεται σε μεγάλο βαθμό στη σημασία των προγραμμάτων προσυμπτωματικού ελέγχου του καρκίνου καθώς και στην θεραπεύσιμη και προληπτική θνησιμότητα για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του συστήματος υγειονομικής περίθαλψης μιας χώρας. Η βασική υπόθεση εδώ είναι ότι η έγκαιρη ανίχνευση και θεραπεία του καρκίνου μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τα αποτελέσματα των ασθενών και μπορεί να θεωρηθεί ως βασικός δείκτης της αποτελεσματικότητας και της δέσμευσης ενός συστήματος υγειονομικής περίθαλψης προς την προληπτική υγειονομική περίθαλψη, ενώ ο δείκτης θεραπεύσιμης και προληπτικής θνησιμότητας παρουσιάζει τα αποτελέσματα μίας αποδοτικής προληπτικής περίθαλψης.

Η βαρύτητα που αποδίδεται στα κριτήρια "Προγράμματα προσυμπτωματικού ελέγχου για τον καρκίνο" και "θεραπεύσιμη και προληπτική θνησιμότητα" αυξάνονται για να τονιστεί η σημασία τους στη συνολική κατάταξη των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης. Με την απόδοση μεγαλύτερου βάρους σε αυτά τα κριτήρια, οποιαδήποτε διαφοροποίηση στην αποτελεσματικότητα αυτών των προγραμμάτων θα έχει μεγαλύτερο αντίκτυπο στην τελική κατάταξη των χωρών. Αυτό αντικατοπτρίζει την πεποίθηση ότι η ενεργός πρόληψη και η έγκαιρη ανίχνευση του καρκίνου αποτελούν κρίσιμη συνιστώσα κάθε ισχυρού συστήματος υγειονομικής περίθαλψης.

Σε αυτό το σενάριο, η συνάρτηση προτίμησης για όλα τα κριτήρια είναι η "linear". Μια γραμμική συνάρτηση προτίμησης σημαίνει ότι η προτίμηση για μια εναλλακτική λύση αυξάνεται αναλογικά με την αύξηση της απόδοσής της. Ωστόσο, για τα κριτήρια των προγραμμάτων προσυμπτωματικού ελέγχου για τον καρκίνο και της και θεραπεύσιμης και προληπτικής θνησιμότητας, επιλέγεται μικρότερη τιμή  $\rho$  (κατώφλι αυστηρής προτίμησης). Αυτό σημαίνει ότι ο λήπτης αποφάσεων είναι πιο ευαίσθητος ακόμη και σε μικρές διαφορές στις επιδόσεις στον τομέα αυτό. Ο λήπτης αποφάσεων αρχίζει να προτιμά μια εναλλακτική λύση έναντι μιας άλλης μόλις υπάρχει μια μικρή διαφορά στα προγράμματα προσυμπτωματικού ελέγχου για τον καρκίνο, γεγονός που αντικατοπτρίζει τη σημασία που αποδίδεται σε αυτό το κριτήριο σε αυτό το σενάριο.

Οι τιμές  $q$  ορίζονται σε 0 για όλα τα κριτήρια, πράγμα που σημαίνει ότι ο λήπτης αποφάσεων αρχίζει να δείχνει προτίμηση στην εναλλακτική λύση με τις καλύτερες επιδόσεις μόλις υπάρχει διαφορά στις επιδόσεις τους.

Η επιλογή αυτών των συγκεκριμένων τιμών για τις συναρτήσεις προτίμησης, τις παραμέτρους  $\rho$  και  $q$  και τα βάρη επιτρέπει την ιεράρχηση των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης που διαθέτουν πιο αποτελεσματικά προγράμματα προληπτικής υγειονομικής περίθαλψης. Το σενάριο αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό όταν η διαδικασία λήψης αποφάσεων στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης επηρεάζεται σημαντικά από την αποτελεσματικότητα των στρατηγικών προληπτικού υγειονομικού ελέγχου του πληθυσμού.

#### *Σενάριο 4 - Εστίαση προσανατολισμένη στην υγεία*

Έμφαση στο προσδόκιμο ζωής και στις δαπάνες υγείας

Σε αυτό το σενάριο, δίνεται σαφής έμφαση σε δύο βασικούς δείκτες ενός επιτυχημένου συστήματος υγειονομικής περίθαλψης: το προσδόκιμο ζωής και τις δαπάνες υγείας. Το προσδόκιμο ζωής

χρησιμοποιείται συχνά ως γενικό μέτρο της υγείας ενός πληθυσμού, ενώ οι δαπάνες υγείας μπορούν να θεωρηθούν ως αντανάκλαση των επενδύσεων μιας χώρας στην υγειονομική περίθαλψη, οι οποίες συχνά συσχετίζονται με την ποιότητα της παρεχόμενης υγειονομικής περίθαλψης.

Για να αναπαρασταθεί αυτή η έμφαση, αυτά τα δύο κριτήρια (προσδόκιμο ζωής και δαπάνες υγείας) έχουν μεγαλύτερη βαρύτητα. Αυτό σημαίνει ότι οποιαδήποτε διακύμανση στο προσδόκιμο ζωής ή στις δαπάνες υγείας θα έχει σημαντικό αντίκτυπο στην τελική κατάταξη των χωρών.

Η συνάρτηση προτίμησης που χρησιμοποιείται για τα δύο αυτά κριτήρια είναι η "linear". Έτσι μια μικρή αύξηση του προσδόκιμου ζωής ή των δαπανών υγείας θα ήταν προτιμότερη, αντιπροσωπεύοντας την ιδέα ότι κάθε σταδιακή βελτίωση στους τομείς αυτούς έχει σημασία. Για τα υπόλοιπα κριτήρια, η συνάρτηση προτίμησης που χρησιμοποιείται είναι η "usual" ("us"). Η συνάρτηση αυτή ανέχεται ένα ορισμένο επίπεδο μειονεκτήματος (που ορίζεται από την παράμετρο  $p$ ) πριν αρχίσει να αυξάνεται η προτίμηση. Σε αυτό το σενάριο, οι τιμές  $p$  (αυστηρά κατώτατα όρια προτίμησης) έχουν οριστεί σχετικά χαμηλά, γεγονός που σημαίνει ότι ένα σχετικά μικρό μειονέκτημα είναι ανεκτό πριν προκύψει μια σαφής προτίμηση.

Οι τιμές  $q$  για όλα τα κριτήρια ορίζονται σε 0 σε αυτό το σενάριο. Αυτό σημαίνει ότι ο λήπτης αποφάσεων αρχίζει να δείχνει προτίμηση στην εναλλακτική λύση με τις καλύτερες επιδόσεις μόλις υπάρχει διαφορά στις επιδόσεις τους, ακόμη και πριν επιτευχθεί το αυστηρό όριο προτίμησης ( $p$ ).

Αυτές οι τιμές για τις συναρτήσεις προτίμησης, τις παραμέτρους  $p$  και  $q$  και τα βάρη επιλέχθηκαν προκειμένου να αναδειχθεί η σημασία του προσδόκιμου ζωής και των δαπανών υγείας στην αξιολόγηση των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης, ενώ εξακολουθούν να λαμβάνουν υπόψη την επίδραση άλλων παραγόντων, αλλά σε μικρότερο βαθμό. Το σενάριο αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε πλαίσια όπου το προσδόκιμο ζωής και οι δαπάνες υγείας θεωρούνται ως οι κύριοι δείκτες ενός επιτυχημένου συστήματος υγειονομικής περίθαλψης.

#### *Σενάριο 5 – Εστίαση στην βρεφική θνησιμότητα*

Έμφαση στα ποσοστά βρεφικής θνησιμότητας

Σε αυτό το σενάριο, δίνεται σημαντική έμφαση στη μείωση των ποσοστών βρεφικής θνησιμότητας, η οποία είναι ένας κρίσιμος δείκτης υγείας που χρησιμοποιείται παγκοσμίως. Αντιπροσωπεύει τη συνολική κατάσταση της υγείας ενός έθνους, καθώς συνδέεται με διάφορους παράγοντες, όπως η

υγεία της μητέρας, η ποιότητα της υγειονομικής περίθαλψης, οι κοινωνικοοικονομικές συνθήκες και οι πρακτικές δημόσιας υγείας.

Για να τονιστεί η σημασία της, χρησιμοποιείται η συνάρτηση προτίμησης V-shape ("vs") για το ποσοστό βρεφικής θνησιμότητας. Η συνάρτηση αυτή αποδίδει μηδενική προτίμηση στις εναλλακτικές λύσεις έως ότου επιτευχθεί ένα ορισμένο όριο ( $p$ ), πέραν του οποίου οποιαδήποτε διαφορά στην απόδοση θεωρείται σημαντική. Επομένως, χώρες με παρόμοια ποσοστά βρεφικής θνησιμότητας θα θεωρούνταν εξίσου προτιμητέες μέχρι να ξεπεραστεί το κατώφλι. Για χώρες με ποσοστά βρεφικής θνησιμότητας που υπερβαίνουν τη διαφορά του κατωφλίου, η προτίμηση θα αυξανόταν γραμμικά. Σε αυτό το σενάριο, η παράμετρος  $p$  (το κατώφλι αδιαφορίας) για το ποσοστό βρεφικής θνησιμότητας τίθεται σχετικά χαμηλά, τονίζοντας ότι ακόμη και μικρές διαφορές στα ποσοστά βρεφικής θνησιμότητας θεωρούνται σημαντικές μόλις ξεπεραστεί το κατώφλι. Για τα άλλα κριτήρια χρησιμοποιείται η συνάρτηση προτίμησης "linear".

Οι συντελεστές στάθμισης που επιλέχθηκαν σε αυτό το σενάριο αντικατοπτρίζουν τη σημασία του ποσοστού βρεφικής θνησιμότητας, στο οποίο δίνεται μεγάλη βαρύτητα για να καταδειχθεί η σημασία του στην αξιολόγηση των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης. Τα άλλα κριτήρια έχουν μικρότερη βαρύτητα, γεγονός που αντανακλά ότι, ενώ εξακολουθούν να είναι σημαντικά, δεν είναι τόσο κρίσιμα όσο το ποσοστό βρεφικής θνησιμότητας σε αυτό το σενάριο.

Η επιλογή αυτών των συναρτήσεων προτίμησης, των παραμέτρων  $p$  και  $q$  και των βαρών αντικατοπτρίζει μια συγκεκριμένη προοπτική λήψης αποφάσεων όπου η μείωση των ποσοστών βρεφικής θνησιμότητας είναι υψίστης σημασίας και όπου οι άλλοι δείκτες υγείας είναι επίσης σημαντικοί, αλλά δευτερεύοντες σε σχέση με το ποσοστό βρεφικής θνησιμότητας.

#### *Σενάριο 6 - Εστίαση στην προληπτική υγεία*

Έμφαση στη θεραπεύσιμη και προληπτική θνησιμότητα

Σε αυτό το σενάριο, η κύρια εστίαση είναι η μείωση της θεραπεύσιμης και προληπτικής θνησιμότητας. Πρόκειται για βασικό δείκτη υγείας, καθώς αντικατοπτρίζει την αποτελεσματικότητα του συστήματος υγειονομικής περίθαλψης μιας χώρας όσον αφορά τη θεραπεία και την πρόληψη ασθενειών που δεν θα έπρεπε συνήθως να οδηγούν σε θνησιμότητα με την κατάλληλη ιατρική φροντίδα.



Για να δοθεί έμφαση σε αυτό το κριτήριο, χρησιμοποιείται η συνάρτηση προτίμησης "level" για τη θεραπεύσιμη και την προληπτική θνησιμότητα. Η συνάρτηση αυτή υποδεικνύει ότι υπάρχει ένα όριο πέρα από το οποίο οι διαφορές δεν θεωρούνται πλέον σημαντικές. Η παράμετρος  $p$  τίθεται ως αυτό το όριο, υπονοώντας ότι μόλις το ποσοστό της θεραπεύσιμης και της προληπτικής θνησιμότητας είναι κάτω από αυτό το επίπεδο, περαιτέρω μειώσεις δεν θεωρούνται σημαντικά επωφελείς. Αυτό ευθυγραμμίζεται με την πραγματικότητα ότι ενώ η μείωση αυτών των ποσοστών θνησιμότητας είναι κρίσιμη, μετά από ένα ορισμένο σημείο οι προσπάθειες του συστήματος μπορεί να είναι καλύτερα καταναεμημένες σε άλλους τομείς της υγειονομικής περίθαλψης.

Για τα υπόλοιπα κριτήρια χρησιμοποιείται η συνάρτηση προτίμησης "linear". Η παράμετρος  $q$  είναι μεγαλύτερη από το  $p$ , υποδηλώνοντας φθίνοντα ρυθμό απόδοσης. Αυτό σημαίνει ότι όλες οι βελτιώσεις σε αυτά τα κριτήρια είναι επωφελείς, αλλά το οριακό όφελος μειώνεται μετά από ένα ορισμένο σημείο.

Τα βάρη σε αυτό το σενάριο κατανέμονται με μεγαλύτερη βαρύτητα στη θεραπεύσιμη και προληπτική θνησιμότητα, ώστε να τονιστεί η σημασία της στην αξιολόγηση των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης. Στα άλλα κριτήρια δίνεται μικρότερη βαρύτητα, γεγονός που σημαίνει ότι, αν και είναι σημαντικά, θεωρούνται δευτερεύοντα σε σχέση με τη θεραπεύσιμη και προλήψιμη θνησιμότητα σε αυτό το σενάριο.

Αυτές οι συναρτήσεις προτίμησης, οι παράμετροι  $p$  και  $q$  και τα βάρη επιλέγονται για να αντικατοπτρίζουν μια προοπτική λήψης αποφάσεων όπου η μείωση της θεραπεύσιμης και προλήψιμης θνησιμότητας θεωρείται ως η πιο κρίσιμη πτυχή της βελτίωσης ενός συστήματος υγειονομικής περίθαλψης, ενώ άλλα κριτήρια είναι σημαντικά αλλά δευτερεύοντα.

#### *Σενάριο 7 - Εστίαση σε χαμηλό κίνδυνο για την υγεία*

Ίση σημασία για όλα τα ποσοστά θνησιμότητας

Σε αυτό το σενάριο, όλα τα ποσοστά θνησιμότητας, συμπεριλαμβανομένης της γενικής, της βρεφικής και της θεραπεύσιμης και προληπτικής θνησιμότητας, θεωρούνται εξίσου σημαντικά. Αυτά τα τρία κριτήρια έχουν τη μεγαλύτερη βαρύτητα, καθώς θεωρούνται οι πρωταρχικοί δείκτες της αποτελεσματικότητας ενός συστήματος υγειονομικής περίθαλψης.

Για τα κριτήρια αυτά επιλέγεται η συνάρτηση προτίμησης Gaussian ("ga"). Αυτή η συνάρτηση χρησιμοποιείται συνήθως όταν υπάρχει ένα βέλτιστο επίπεδο απόδοσης ( $p$ ) και οι αποκλίσεις από

αυτό το επίπεδο, είτε πάνω είτε κάτω από αυτό, μειώνουν την προτίμηση. Η παράμετρος  $q$  καθορίζει την ανοχή για την απόκλιση. Στο πλαίσιο των ποσοστών θνησιμότητας, αυτό σημαίνει ότι προτιμάται ένα βέλτιστο (δηλαδή χαμηλό) ποσοστό θνησιμότητας, αλλά οποιαδήποτε αύξηση πάνω από αυτό το ποσοστό οδηγεί σε μείωση της προτίμησης. Ο λήπτης αποφάσεων, σε αυτή την περίπτωση, θέλει να διατηρήσει χαμηλά ποσοστά θνησιμότητας και οποιαδήποτε απόκλιση αντιμετωπίζεται δυσμενώς.

Για τα άλλα κριτήρια χρησιμοποιείται η συνάρτηση V-shape, η οποία είναι κατάλληλη όταν προτιμώνται μικρότερες τιμές. Η συνάρτηση αυτή σημαίνει ότι η προτίμηση για μια δράση αυξάνεται όσο μειώνεται η απόδοσή της, χωρίς ανοχή για χειρότερη απόδοση ( $p=0$ ). Η παράμετρος  $q$  σηματοδοτεί το επίπεδο απόδοσης όπου ο λήπτης αποφάσεων γίνεται απόλυτα μεροληπτικός σε μια δράση έναντι μιας άλλης. Αυτό θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε κριτήρια όπως οι δαπάνες για την υγεία ή το ΑΕΠ, όπου οι χαμηλότερες τιμές μπορεί να θεωρηθούν ως πιο επωφελείς.

Οι επιλεγμένες συναρτήσεις προτίμησης, οι παράμετροι  $p$  και  $q$  και τα βάρη αντικατοπτρίζουν μια προοπτική όπου τα ποσοστά θνησιμότητας αποτελούν το βασικό σημείο εστίασης. Επιδιώκεται μια ισορροπία μεταξύ αυτών των ποσοστών και ο στόχος είναι να διατηρηθούν όσο το δυνατόν χαμηλότερα. Τα άλλα κριτήρια είναι σημαντικά αλλά δευτερεύοντα και γενικά προτιμώνται χαμηλότερες τιμές για αυτά.

#### *Σενάριο 8 - Κοινωνικοοικονομική εστίαση*

Έμφαση στην ανισότητα πρόσβασης στην υγειονομική περίθαλψη

Σε αυτό το σενάριο, η ανισότητα στην πρόσβαση στην υγειονομική περίθαλψη αποκτά ύψιστη σημασία. Βασίζεται στην ιδέα ότι ένα καλό σύστημα υγειονομικής περίθαλψης θα πρέπει να παρέχει ίση πρόσβαση σε όλους, ανεξάρτητα από την κοινωνικοοικονομική τους κατάσταση. Η ανισότητα στην πρόσβαση στην υγειονομική περίθαλψη αντιμετωπίζεται έτσι ως βασικό κριτήριο για την αξιολόγηση της απόδοσης των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης.

Η συνάρτηση προτίμησης που επιλέχθηκε για αυτό το κριτήριο είναι η "linear", που σημαίνει ότι όλες οι βελτιώσεις είναι επωφελείς, αλλά ο ρυθμός αύξησης της προτίμησης μειώνεται όσο βελτιώνεται η απόδοση. Οι παράμετροι  $p$  και  $q$  ορίζονται στο 0, υποδεικνύοντας ότι κάθε μείωση της ανισότητας στην πρόσβαση στην υγειονομική περίθαλψη αντιμετωπίζεται ευνοϊκά, αλλά η προτίμηση του λήπτη αποφάσεων για περαιτέρω μειώσεις μειώνεται όσο μειώνεται η ανισότητα. Αυτό είναι σύμφωνο με την αρχή της φθίνουσας οριακής χρησιμότητας, η οποία δηλώνει ότι ενώ οι

βελτιώσεις είναι πάντα καλές, το πρόσθετο όφελος που προκύπτει από τις βελτιώσεις μειώνεται καθώς οι επιδόσεις βελτιώνονται.

Τα υπόλοιπα κριτήρια χρησιμοποιούν τη συνάρτηση προτίμησης V-shape. Η συνάρτηση αυτή είναι κατάλληλη όταν προτιμώνται μικρότερες τιμές. Για αυτά τα κριτήρια, δεν υπάρχει ανοχή για χειρότερες επιδόσεις ( $p=0$ ) και η προτίμηση για μια ενέργεια αυξάνεται γραμμικά καθώς μειώνεται η απόδοσή της. Η συνάρτηση αυτή μπορεί να εφαρμοστεί σε κριτήρια όπως τα ποσοστά θνησιμότητας και το ΑΕΠ, όπου οι χαμηλότερες τιμές θεωρούνται γενικά ως επωφελείς.

Οι συντελεστές στάθμισης για την ανισότητα στην πρόσβαση στην υγειονομική περίθαλψη είναι υψηλότεροι, αντανακλώντας τη μεγάλη σημασία που αποδίδεται στο κριτήριο αυτό στο σενάριο αυτό. Τα άλλα κριτήρια έχουν χαμηλότερους συντελεστές στάθμισης, γεγονός που υποδηλώνει ότι, αν και είναι σημαντικά, θεωρούνται δευτερεύοντα σε σχέση με την ανισότητα πρόσβασης στην υγειονομική περίθαλψη σε αυτό το σενάριο.

Συνοπτικά, αυτό το σενάριο αντανακλά μια προοπτική όπου η κύρια εστίαση είναι η μείωση της ανισότητας στην πρόσβαση στην υγειονομική περίθαλψη, ενώ παράλληλα επιδιώκεται η επίτευξη χαμηλότερων τιμών στα άλλα κριτήρια.

#### *Σενάριο 9 - Εστίαση στις υποδομές υγειονομικής περίθαλψης*

Έμφαση στις εγκαταστάσεις και το προσωπικό υγειονομικής περίθαλψης

Αυτό το σενάριο επικεντρώνεται στη σημασία της ύπαρξης επαρκούς αριθμού εγκαταστάσεων και προσωπικού υγειονομικής περίθαλψης ως βασικών δεικτών ενός καλά λειτουργικού συστήματος υγειονομικής περίθαλψης. Η υπόθεση που διέπει αυτό το σενάριο είναι ότι ένας μεγαλύτερος αριθμός εγκαταστάσεων υγειονομικής περίθαλψης και προσωπικού οδηγεί σε καλύτερα αποτελέσματα για τους ασθενείς, αυξημένη προσβασιμότητα και γενικά καλύτερη υγειονομική περίθαλψη.

Στην περίπτωση αυτή, η συνάρτηση προτίμησης που επιλέγεται για τα κριτήρια αυτά είναι η "linear". Η συνάρτηση αυτή σημαίνει ότι οποιαδήποτε αύξηση του αριθμού των εγκαταστάσεων και του προσωπικού υγειονομικής περίθαλψης θεωρείται επωφελής, αλλά το όφελος (ή η προτίμηση) που αποκτάται μειώνεται όσο αυξάνεται ο αριθμός. Αυτό αντιστοιχεί στην αρχή της φθίνουσας απόδοσης, δηλαδή, μετά από ένα ορισμένο σημείο, η προσθήκη περισσότερων εγκαταστάσεων υγειονομικής περίθαλψης ή προσωπικού μπορεί να μην βελτιώσει σημαντικά τα αποτελέσματα του συστήματος υγειονομικής περίθαλψης. Για αυτή τη συνάρτηση προτίμησης, οι παράμετροι  $p$  και  $q$

τίθενται στο μηδέν, υποδεικνύοντας ότι κάθε βελτίωση είναι επωφελής, αλλά ο ρυθμός αύξησης της προτίμησης μειώνεται.

Τα υπόλοιπα κριτήρια χρησιμοποιούν τη συνάρτηση προτίμησης "level". Η συνάρτηση αυτή χρησιμοποιείται όταν επιδιώκεται ένα ορισμένο επίπεδο απόδοσης, πέραν του οποίου κάθε πρόσθετη βελτίωση δεν αυξάνει την προτίμηση. Η συνάρτηση αυτή εφαρμόζεται στα υπόλοιπα κριτήρια, καθώς υποδηλώνει ότι υπάρχουν επίπεδα-στόχοι για τα κριτήρια αυτά για τα οποία τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης θα πρέπει να επιδιώκουν.

Οι συντελεστές βαρύτητας για τις εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης και το προσωπικό είναι υψηλότεροι, γεγονός που υποδηλώνει την έμφαση του σεναρίου σε αυτές τις πτυχές. Τα άλλα κριτήρια έχουν μικρότερη βαρύτητα, γεγονός που υποδηλώνει ότι, αν και είναι σημαντικά, δεν έχουν τόση βαρύτητα σε αυτό το σενάριο όσο οι εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης και το προσωπικό.

Συνοπτικά, αυτό το σενάριο αντιπροσωπεύει μια άποψη όπου η πρωταρχική εστίαση είναι η αύξηση των εγκαταστάσεων και του προσωπικού υγειονομικής περίθαλψης, με συγκεκριμένα στοχευμένα επίπεδα επιδόσεων για άλλα κριτήρια.

#### *Σενάριο 10 – Εστίαση στα προγράμματα προσυμπτωματικού ελέγχου του καρκίνου*

Σε αυτό το σενάριο, η έμφαση δίνεται στα προγράμματα προσυμπτωματικού ελέγχου του καρκίνου. Η υψηλή βαρύτητα που αποδίδεται σε αυτό το κριτήριο αντανακλά την πεποίθηση του λήπτη αποφάσεων ότι τα αποτελεσματικά και εκτεταμένα προγράμματα προσυμπτωματικού ελέγχου του καρκίνου είναι ζωτικής σημασίας για ένα καλά λειτουργικό σύστημα υγειονομικής περίθαλψης. Τέτοια προγράμματα μπορούν να οδηγήσουν στην έγκαιρη ανίχνευση του καρκίνου, γεγονός που μπορεί να αυξήσει σημαντικά τις πιθανότητες επιτυχούς θεραπείας και επιβίωσης.

Η συνάρτηση προτίμησης που χρησιμοποιείται για αυτό το κριτήριο είναι η "linear". Η συνάρτηση αυτή σημαίνει ότι οποιαδήποτε βελτίωση στη διαθεσιμότητα ή την αποτελεσματικότητα των προγραμμάτων προσυμπτωματικού ελέγχου του καρκίνου θεωρείται ευεργετική. Η γραμμική συνάρτηση προτίμησης επιλέγεται επειδή συνεπάγεται ότι κάθε μοναδιαία αύξηση της έκτασης ή της αποτελεσματικότητας των προγραμμάτων προσυμπτωματικού ελέγχου του καρκίνου, όσο μικρή και αν είναι, θεωρείται βελτίωση. Οι παράμετροι  $p$  και  $q$  για τη συνάρτηση αυτή τίθενται στο μηδέν,

γεγονός που σημαίνει ότι κάθε βελτίωση των προγραμμάτων προσυμπτωματικού ελέγχου είναι επωφελής.

Για τα υπόλοιπα κριτήρια, χρησιμοποιείται η συνάρτηση προτίμησης V-shape. Η συνάρτηση αυτή χρησιμοποιείται όταν προτιμώνται χαμηλότερες τιμές, υποδεικνύοντας ότι ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων επιθυμεί να ελαχιστοποιήσει αυτά τα κριτήρια. Αυτό θα μπορούσε να εφαρμοστεί για κριτήρια όπως τα ποσοστά θνησιμότητας ή ο επιπολασμός ασθενειών, όπου οι χαμηλότερες τιμές αντιπροσωπεύουν καλύτερα αποτελέσματα.

Τα βάρη για τα υπόλοιπα κριτήρια ορίζονται χαμηλότερα από τα βάρη για τα προγράμματα προσυμπτωματικού ελέγχου του καρκίνου. Αυτό αντικατοπτρίζει την πεποίθηση του υπεύθυνου λήψης αποφάσεων ότι, ενώ τα κριτήρια αυτά είναι σημαντικά, δεν είναι τόσο κρίσιμα όσο η διαθεσιμότητα και η αποτελεσματικότητα των προγραμμάτων προσυμπτωματικού ελέγχου του καρκίνου στο συγκεκριμένο σενάριο.

Συνοπτικά, το σενάριο αυτό αντιπροσωπεύει μια προοπτική όπου τα προγράμματα προσυμπτωματικού ελέγχου του καρκίνου θεωρούνται πιο κρίσιμα για την αξιολόγηση της ποιότητας των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης, ενώ όλα τα άλλα κριτήρια επιδιώκεται να ελαχιστοποιηθούν για καλύτερα αποτελέσματα στην υγεία.

### 5.3 Αποτελέσματα ανάλυσης PROMETHEE

Στην ενότητα αυτήν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εφαρμογής της μεθόδου PROMETHEE στα δεδομένα της Eurostat για καθένα από τα σενάρια της ενότητας 5.2. Η μέθοδος PROMETHEE εφαρμόστηκε με τον αλγόριθμο της rgython που παρουσιάζεται στο Παράρτημα, ενώ ο σχολιασμός των αποτελεσμάτων γίνεται στην επόμενη ενότητα. Συγκεκριμένα, στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, όπως προκύπτουν από την εφαρμογή της PROMETHEE, ενώ στον Πίνακα 2 γίνεται η ταξινόμηση των χωρών ανά σενάριο.

	geo	BS – Balanced Focus	S1 – Economic Focus	S2 – Healthcare Infrastructure Focus	S3 – Preventive Health Focus	S4 – Health- Oriented Focus	S5 – Infant Mortality Focus	S6 – Preventive Focus	S7 – Mortality Focus	S8 – Socio- economic Focus	S9 – Healthcare Infrastructure Focus	S10 – Cancer Screening Focus
0	AT	0,0842	0,0852	-0,0162	-0,0518	0,0696	0,0812	0,1018	0,1438	0,1857	-0,0177	-0,0007
1	BE	-0,0153	0,0000	-0,0455	0,1522	0,0136	0,0512	0,1161	0,1125	0,0605	-0,0118	0,1352
2	BG	-0,5129	-0,4128	-0,2845	-0,3426	-0,4114	-0,2919	-0,3165	-0,4664	-0,1845	-0,0772	-0,3250
3	CH	0,3253	0,3055	0,1669	-0,2957	0,2063	0,0845	0,1627	0,2231	0,1718	-0,0224	-0,2378
4	CY	0,3942	0,2655	0,3566	-0,1348	0,2311	0,0797	0,1148	0,1710	0,1202	0,0110	-0,0802
5	CZ	-0,0651	-0,1048	-0,1069	0,1335	-0,0687	0,0253	-0,0768	-0,0609	0,1049	-0,0230	0,1054
6	DE	-0,2373	-0,1831	-0,3155	0,0523	-0,0816	0,0638	0,0897	0,1066	0,1781	-0,0146	0,0625
7	DK	0,2794	0,2262	0,2117	0,3742	0,1886	0,1153	0,1502	0,1405	0,1049	-0,0021	0,3096
8	EL	-0,4555	-0,3186	-0,2896	-0,3888	-0,2501	-0,1513	-0,1090	-0,0993	-0,4674	-0,0561	-0,3815
9	ES	-0,0230	-0,0910	-0,1428	-0,2931	0,0728	0,0702	0,1108	0,2146	0,1721	-0,0242	-0,2579
10	FI	0,2641	0,1945	0,2111	0,3402	0,1772	0,1052	0,1124	0,1194	-0,1552	-0,0103	0,2799
11	FR	-0,1876	-0,1572	-0,2648	0,0491	-0,0556	0,0495	0,1203	0,1466	0,1136	-0,0130	0,0652
12	HR	-0,1684	-0,1859	-0,0327	0,0879	-0,1713	-0,1012	-0,1644	-0,2225	-0,0466	-0,0341	0,0592
13	HU	-0,3674	-0,3097	-0,2372	-0,2107	-0,3154	-0,1486	-0,3467	-0,3282	-0,0750	-0,0753	-0,1521
14	IE	0,4096	0,3328	0,3121	0,2882	0,2624	0,1529	0,1950	0,2056	0,1198	-0,0042	0,2580
15	IS	0,6507	0,6303	0,5207	0,1839	0,4194	0,2361	0,2226	0,3023	0,0334	0,0874	0,2012
16	IT	0,0038	-0,0786	-0,1490	0,1730	0,0912	0,1357	0,1672	0,2340	0,1055	-0,0101	0,1700
17	LI	0,6009	0,6514	0,5014	0,0716	0,5752	0,2524	0,4043	0,3525	0,4704	0,6688	0,0696
18	LT	-0,0689	-0,0742	0,0541	-0,0528	-0,1544	-0,1114	-0,3017	-0,3004	-0,0799	-0,0609	-0,0290
19	LU	0,5244	0,4293	0,4283	0,1523	0,3352	0,1091	0,2137	0,1779	0,2802	0,0679	0,1465
20	LV	-0,1876	-0,1269	0,0324	-0,2234	-0,2542	-0,1984	-0,3966	-0,4086	-0,3959	-0,0656	-0,1850
21	NL	0,1952	0,1228	0,0276	0,3410	0,1568	0,1183	0,1890	0,1908	0,2531	-0,0065	0,2845
22	NO	0,5512	0,4079	0,3314	0,2934	0,3475	0,2145	0,2385	0,2831	0,2386	-0,0047	0,2793
23	PL	-0,6354	-0,4924	-0,4635	-0,1683	-0,4399	-0,1845	-0,2501	-0,3169	-0,3611	-0,0531	-0,1594
24	PT	-0,1608	-0,1372	-0,1083	-0,3189	-0,0589	-0,0142	0,0200	0,0686	-0,0232	-0,0322	-0,3040
25	RO	-0,8229	-0,5924	-0,5200	-0,4845	-0,5928	-0,3924	-0,5436	-0,5963	-0,5494	-0,0977	-0,4863
26	SE	0,4287	0,2672	0,2217	0,3761	0,3012	0,1991	0,2225	0,2729	0,1911	-0,0010	0,3349
27	SI	0,2603	0,1586	0,2621	0,3264	0,1692	0,0960	0,0494	0,1042	-0,0324	0,0011	0,2466
28	SK	-0,3560	-0,2490	-0,1455	-0,2355	-0,3084	-0,2431	-0,2681	-0,3928	-0,2565	-0,0580	-0,2193
29	TR	-0,7081	-0,5634	-0,5159	-0,1949	-0,4546	-0,4027	-0,2273	-0,3773	-0,2771	-0,0601	-0,1894

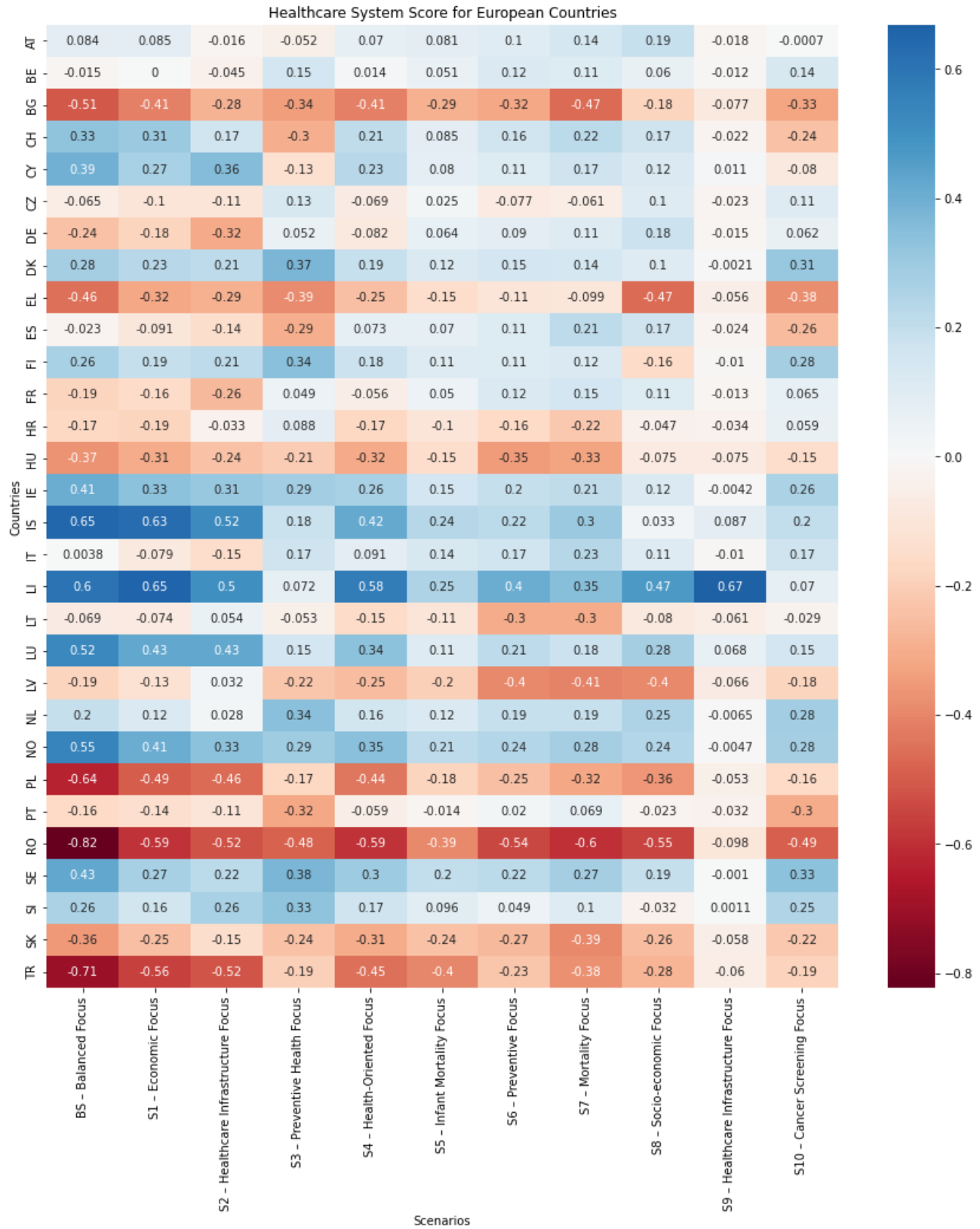
Πίνακας 1 Αποτελέσματα μεθόδου PROMETHEE

	geo	BS – Balanced Focus	S1 – Economic Focus	S2 – Healthcare Infrastructure Focus	S3 – Preventive Health Focus	S4 – Health- Oriented Focus	S5 – Infant Mortality Focus	S6 – Preventive Focus	S7 – Mortality Focus	S8 – Socio- economic Focus	S9 – Healthcare Infrastructure Focus	S10 – Cancer Screening Focus
0	AT	13	13	15	17	15	13	16	13	6	16	17
1	BE	15	14	17	11	16	17	12	16	16	13	11
2	BG	27	27	25	28	27	28	27	29	24	29	28
3	CH	8	6	11	26	8	12	9	6	9	17	25
4	CY	7	8	4	19	7	14	13	11	10	4	19
5	CZ	17	18	18	12	19	19	20	20	14	18	12
6	DE	23	22	27	15	20	16	17	17	7	15	15
7	DK	9	9	9	2	9	8	10	14	14	7	2
8	EL	26	26	26	29	23	24	21	21	29	23	29
9	ES	16	17	20	25	14	15	15	7	8	19	26
10	FI	10	10	10	4	10	10	14	15	23	12	4
11	FR	21	21	24	16	17	18	11	12	12	14	14
12	HR	20	23	16	13	22	21	22	22	20	21	16
13	HU	25	25	23	22	26	23	28	25	21	28	20
14	IE	6	5	6	7	6	5	6	8	11	8	6
15	IS	1	2	1	8	2	2	3	2	17	2	8
16	IT	14	16	22	9	13	6	8	5	13	11	9
17	LI	2	1	2	14	1	1	1	1	1	1	13
18	LT	18	15	12	18	21	22	26	23	22	26	18
19	LU	4	3	3	10	4	9	5	10	2	3	10
20	LV	21	19	13	23	24	26	29	28	28	27	22
21	NL	12	12	14	3	12	7	7	9	3	10	3
22	NO	3	4	5	6	3	3	2	3	4	9	5
23	PL	28	28	28	20	28	25	24	24	27	22	21
24	PT	19	20	19	27	18	20	19	19	18	20	27
25	RO	30	30	30	30	30	29	30	30	30	30	30
26	SE	5	7	8	1	5	4	4	4	5	6	1
27	SI	11	11	7	5	11	11	18	18	19	5	7
28	SK	24	24	21	24	25	27	25	27	25	24	24
29	TR	29	29	29	21	29	30	23	26	26	25	23

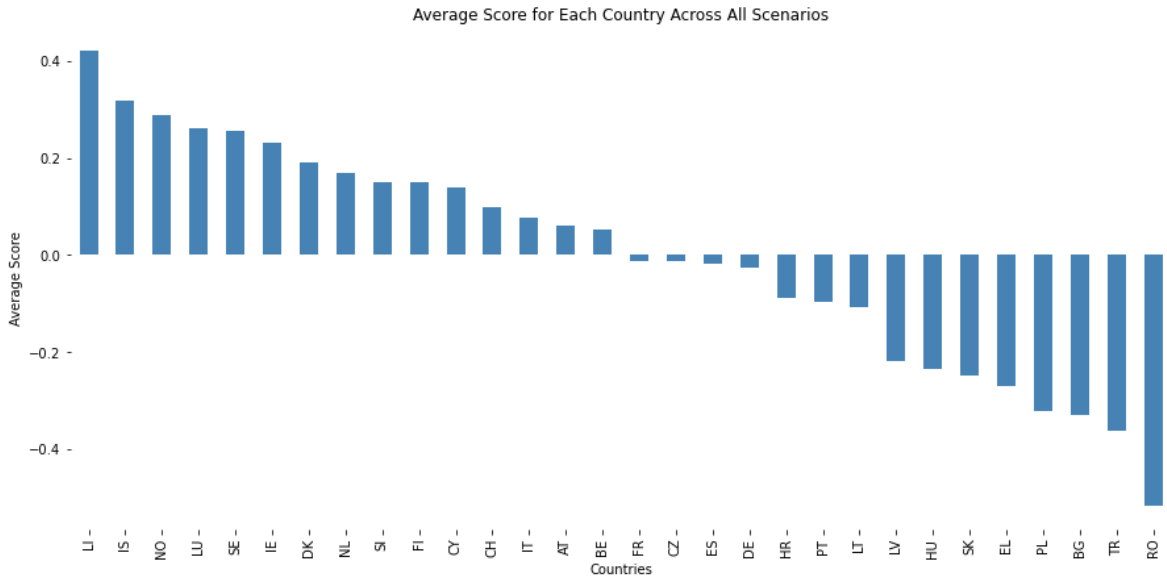
Πίνακας 2 Θέση κάθε χώρας για κάθε σενάριο

Στη συνέχεια έγινε η οπτικοποίηση των παραπάνω αποτελεσμάτων για την εξαγωγή χρήσιμων πληροφοριών. Στα γραφήματα Heatmap Γράφημα 1 και Γράφημα 4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μελέτης περίπτωσης κι οι θέσεις των χωρών για κάθε σενάριο αντίστοιχα. Έτσι, μπορούμε να εντοπίσουμε εύκολα τις χώρες που είχαν καλή ή κακή επίδοση σε κάθε σενάριο. Στα γραφήματα Γράφημα 2 και Γράφημα 5 γίνεται μία συνολική ταξινόμηση των χωρών, βάσει των επιδόσεών τους σε όλα τα σενάρια. Τέλος, στα γραφήματα Γράφημα 3 και Γράφημα 6 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα κι οι θέσεις για κάθε χώρα σε όλα τα σενάρια. Τα γραφήματα προκύπτουν με την βοήθεια του κώδικα python που συμπεριλαμβάνεται στο Παράρτημα. Στο επόμενο κεφάλαιο θα γίνει ο σχολιασμός των αποτελεσμάτων.

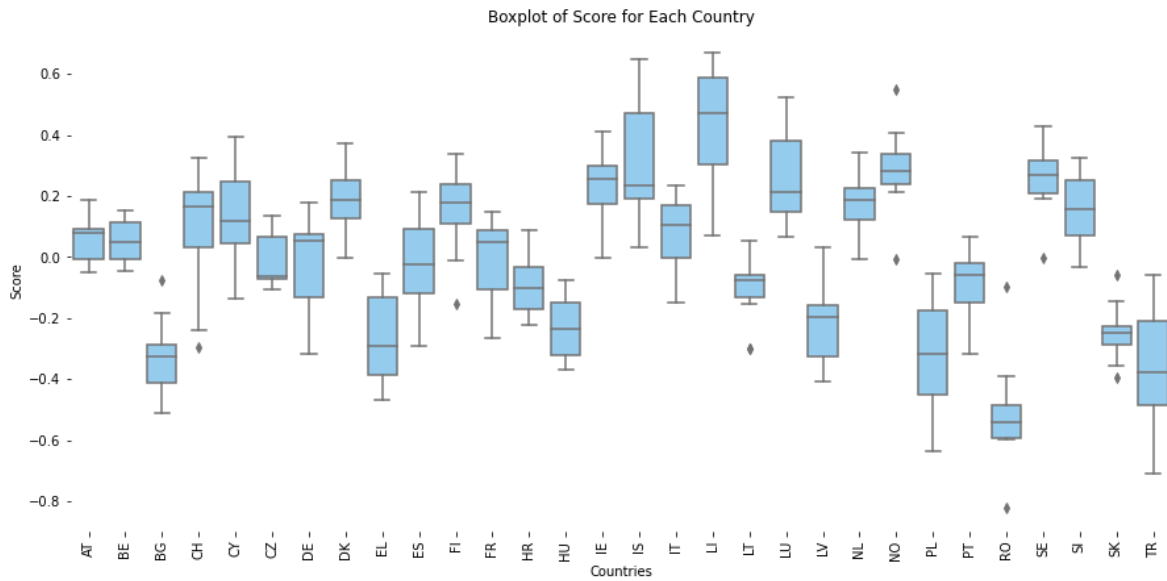




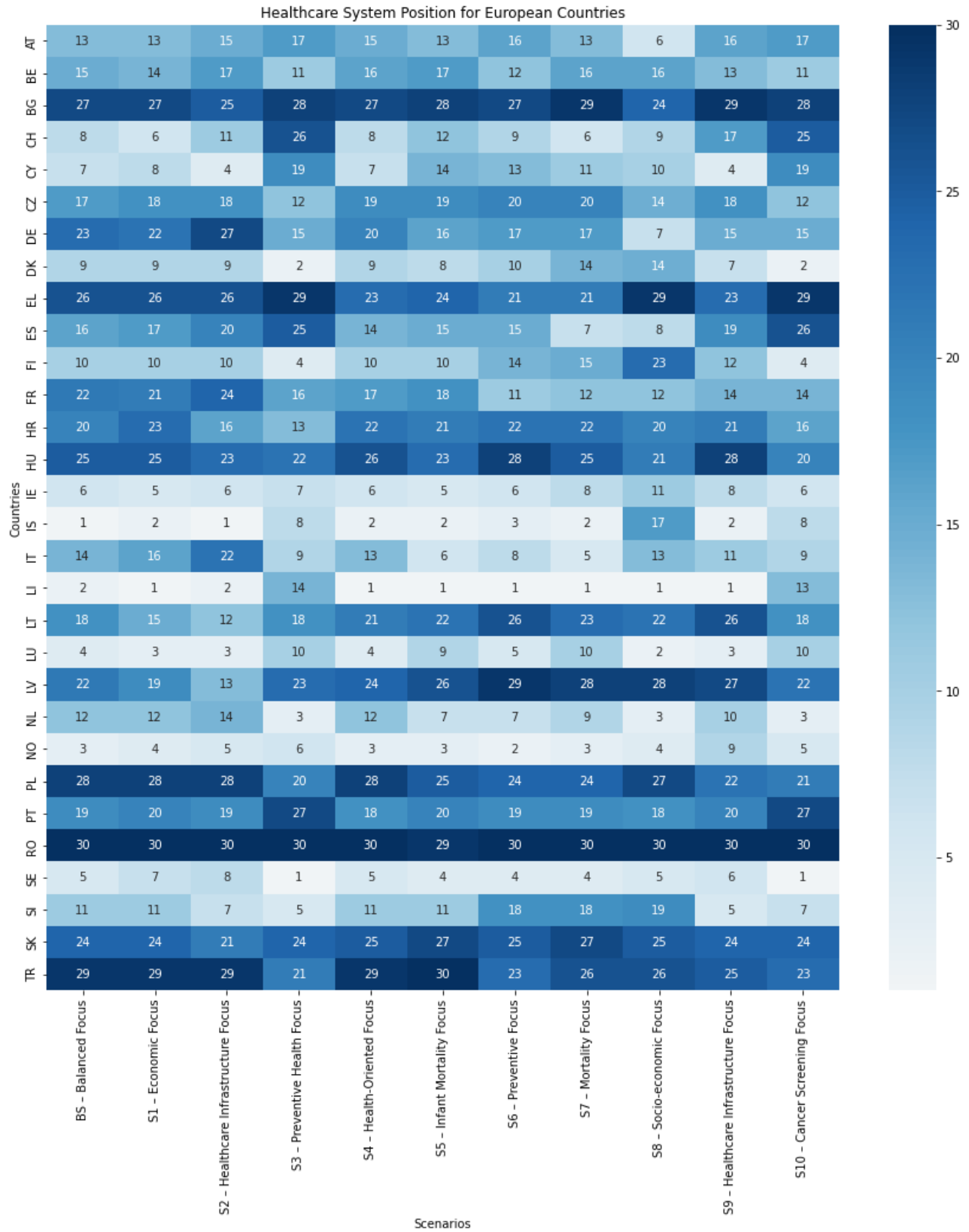
Γράφημα 1 Heatmap αποτελεσμάτων ανά χώρα και σενάριο



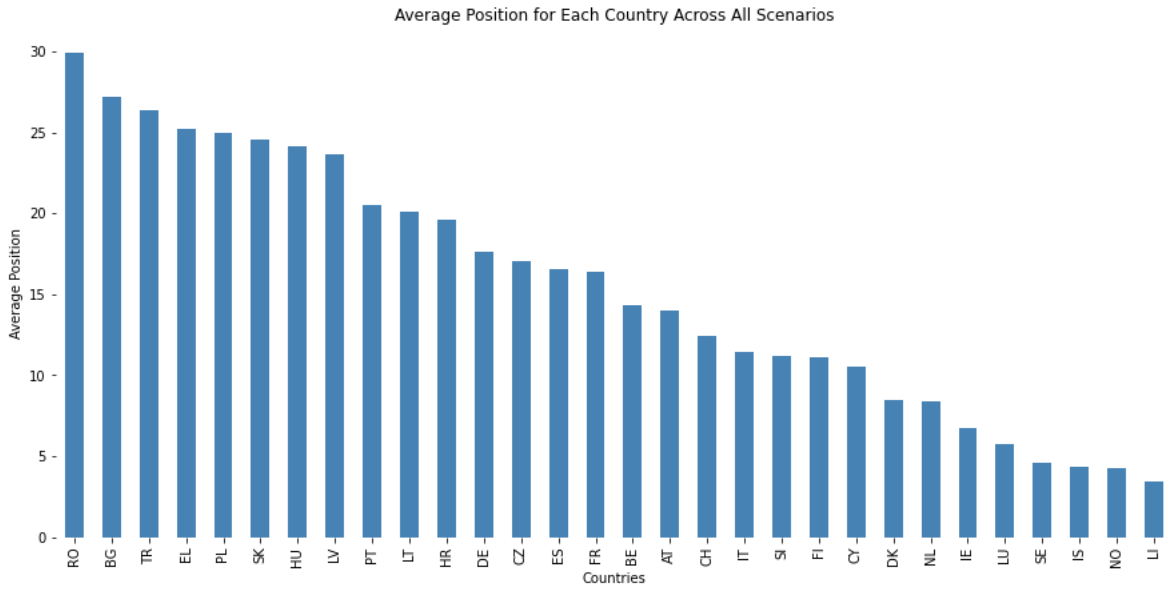
Γράφημα 2 Ταξινόμηση χωρών ανά μέση βαθμολογία μεταξύ των σεναρίων



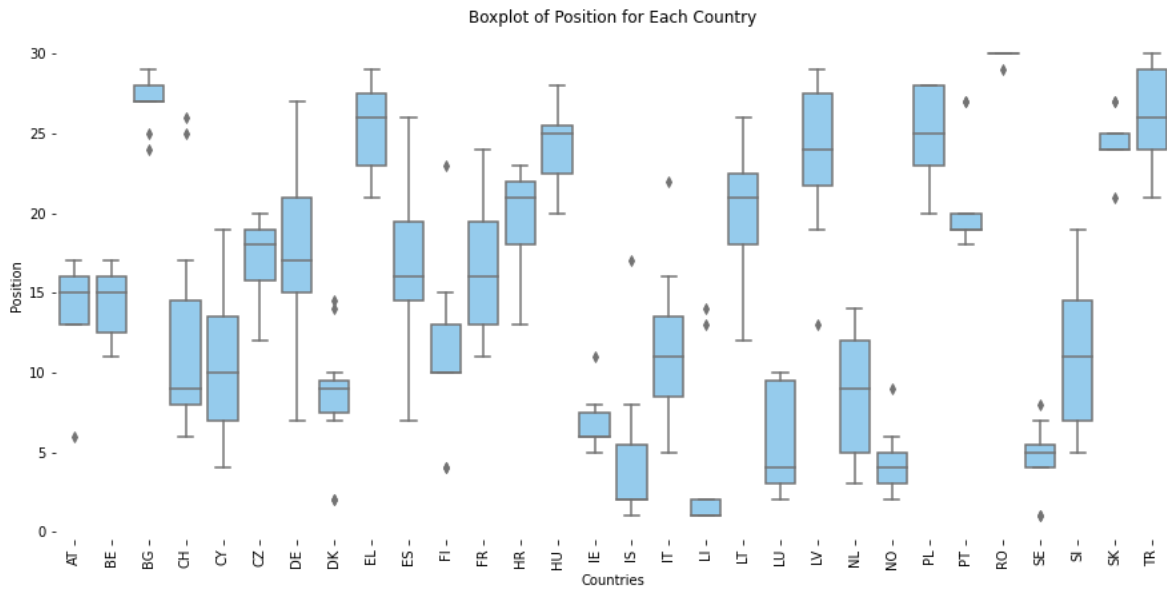
Γράφημα 3 Συγκεντρωτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων για κάθε χώρα μεταξύ των σεναρίων



Γράφημα 4 Heatmap θέσεων κάθε χώρας ανά σενάριο



Γράφημα 5 Ταξινόμηση χωρών ανά μέση θέση μεταξύ των σεναρίων



Γράφημα 6 Συγκεντρωτική παρουσίαση των θέσεων για κάθε χώρα μεταξύ των σεναρίων

## 6. Συμπεράσματα και Προτάσεις

### 6.1 Ερμηνεία Αποτελέσματα

Με την χρήση της μεθόδου πολυκριτήριας μεθόδου αποφάσεων Promethee, μελετήθηκαν οι επιδόσεις διαφόρων συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης σε ολόκληρη την Ευρώπη υπό διαφορετικά σενάρια. Κάθε σενάριο δίνει έμφαση σε μια διαφορετική στρατηγική ή τομέα εστίασης των συστημάτων, όπως η ισορροπημένη εστίαση, η εστίαση στις υποδομές υγειονομικής περίθαλψης κι η εστίαση στην πρόληψη. Η ανάλυση των δεδομένων παρείχε σημαντικές πληροφορίες σχετικά με τα δυνατά και αδύνατα σημεία των διαφόρων συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης και βοήθησε στην κατανόηση για το πώς η μετατόπιση της εστίασης σε διαφορετικούς τομείς της υγειονομικής περίθαλψης μπορεί να επηρεάσει την κατάταξη της κάθε χώρας.

Εξετάζοντας πρώτα το βασικό σενάριο (BS - Balanced Focus), το οποίο παρέχει μια συνολική εικόνα των επιδόσεων της υγειονομικής περίθαλψης σε πολλαπλές παραμέτρους, παρατηρείται ότι χώρες όπως η Ισλανδία (IS), το Λιχτενστάιν (LI) και η Νορβηγία (NO) έχουν εξαιρετικά καλές επιδόσεις. Αυτό υποδηλώνει ισχυρά και ευέλικτα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης, ενδεικτικό ολοκληρωμένων πολιτικών και στρατηγικών που δίνουν ίση προσοχή σε όλα τα στοιχεία της παροχής υγειονομικής περίθαλψης - από την πρόληψη και την έγκαιρη ανίχνευση έως τη θεραπεία, την αποκατάσταση και τις υποδομές της υγείας. Αντίθετα, η Ρουμανία (RO), η Πολωνία (PL) και η Τουρκία (TR) έχουν αρνητική βαθμολογία σε αυτό το σενάριο, υποδεικνύοντας πως οι τομείς που χρήζουν βελτίωσης είναι πολλαπλοί.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον όταν μετατοπίζεται η εστίαση σε συγκεκριμένους τομείς της υγειονομικής περίθαλψης. Στο σενάριο της οικονομικής εστίασης (S1), οικονομικά εύρωστες χώρες όπως το Λιχτενστάιν (LI), η Ισλανδία (IS) και το Λουξεμβούργο (LU) επιδεικνύουν ισχυρές επιδόσεις στην κατά κεφαλή χρηματοδότηση της υγείας με σημαντικές επενδύσεις, που οδηγούν σε καλύτερες υποδομές, τεχνολογία αιχμής και καλά αμειβόμενους επαγγελματίες υγείας, βελτιώνοντας έτσι τα συνολικά αποτελέσματα της υγείας. Αντίθετα, χώρες όπως η Ρουμανία (RO) και η Βουλγαρία (BG) υστερούν στις κατά κεφαλή δαπάνες στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης.

Στα σενάρια εστίασης στις υποδομές υγειονομικής περίθαλψης (S2 & S9) αξιολογείται η σημασία μιας καλά αναπτυγμένης υποδομής υγειονομικής περίθαλψης. Ένα ισχυρό σύστημα περίθαλψης βασίζεται σε επαρκείς υποδομές, ένα καλά εκπαιδευμένο υγειονομικό προσωπικό και έναν εξορθολογισμένο μηχανισμό παροχής υγειονομικής περίθαλψης. Χώρες όπως το Λιχτενστάιν (LI), η Κύπρος (CY) και η Δανία (DK) υπερέχουν σε αυτό το σενάριο, επιδεικνύοντας ισχυρές υποδομές υγειονομικής περίθαλψης. Αντίθετα, χώρες όπως η Πολωνία (PL), η Ρουμανία (RO) και η Βουλγαρία (BG) χρειάζονται την βελτίωση των υποδομών του συστήματος υγειονομικής περίθαλψης.

Τα σενάρια εστίασης στην προληπτική υγεία (S3) και στα προγράμματα προσυμπτωματικού ελέγχου του καρκίνου (S10) υπογραμμίζουν τη σημασία των προληπτικών μέτρων στην υγειονομική περίθαλψη για την πρόληψη των ασθενειών και τη διατήρηση της υγείας του πληθυσμού της κάθε χώρας. Τα μέτρα αυτά μπορεί να περιλαμβάνουν εστίαση σε προγράμματα εμβολιασμού, έγκαιρη ανίχνευση και αντιμετώπιση ασθενειών, πρωτοβουλίες εκπαίδευσης σε θέματα υγείας και προώθηση υγιεινών τρόπων ζωής. Αυτές οι προσπάθειες μπορούν να μειώσουν δραστικά το φορτίο των ασθενειών και να βελτιώσουν την υγεία του πληθυσμού με την πάροδο του χρόνου. Η Σουηδία (SE) και το Βέλγιο (BE) ηγούνται στο S10, υποδηλώνοντας ιδιαίτερα αποτελεσματικά πρόγραμμα προσυμπτωματικού ελέγχου του καρκίνου, ενώ χώρες όπως η Δανία (DK), η Σουηδία (SE) και η Φινλανδία (FI) είναι οι πρωτοπόροι στην προληπτική υγειονομική περίθαλψη, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι χώρες αυτές διαθέτουν ισχυρά μέτρα για την πρόληψη των ασθενειών και τη διατήρηση της υγείας του πληθυσμού τους. Στον αντίποδα, η Ελλάδα (EL), η Βουλγαρία (BG) και η Ρουμανία (RO) εμφανίζουν αρνητικές βαθμολογίες, υπογραμμίζοντας την ανάγκη για πιο ισχυρή εστίαση στα προληπτικά μέτρα.

Στο σενάριο 4 (S4 - Εστίαση προσανατολισμένη στην υγεία) δίνεται μεγαλύτερη βαρύτητα στο προσδόκιμο ζωής και στις κατά κεφαλή δαπάνες στην υγεία μίας χώρας. Σε αυτό το σενάριο, το Λιχτενστάιν (LI), η Ισλανδία (IS) και η Νορβηγία (NO) έχουν τις καλύτερες βαθμολογίες, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι χώρες αυτές έχουν υψηλό προσδόκιμο ζωής και δαπανούν σημαντικό ποσό στην υγεία. Από την άλλη μεριά, η Τουρκία (TR), η Ρουμανία (RO) και η Πολωνία (PL) κατατάσσονται στις τελευταίες θέσεις σε αυτό το σενάριο.

Το σενάριο 5 (S5 - Εστίαση στη βρεφική θνησιμότητα) ταξινομεί κάθε χώρα σύμφωνα με την επιτυχία της στον έλεγχο των ποσοστών βρεφικής θνησιμότητας, έναν κρίσιμο δείκτη της κατάστασης της υγείας μιας χώρας. Εδώ, και πάλι το Λιχτενστάιν (LI), η Ισλανδία (IS) και η Νορβηγία (NO) έχουν τις καλύτερες βαθμολογίες, υποδεικνύοντας αποτελεσματικά μέτρα για τη διατήρηση των ποσοστών βρεφικής θνησιμότητας σε χαμηλά επίπεδα, ενώ στις χαμηλές θέσεις εμφανίζονται η Τουρκία (TR) και η Ρουμανία (RO).

Στο σενάριο 6 (S6 - Εστίαση στην προληπτική υγεία) η Ουγγαρία, η Λετονία (LV) και η Ρουμανία (RO) είναι στις τελευταίες θέσεις της κατάταξης, υποδεικνύοντας πιθανά προβλήματα στην πρόληψη ασθενειών, την παροχή ολοκληρωμένων και έγκυρων διαγνώσεων και την ποιότητα της περίθαλψης.

Το σενάριο 8 (S8 - Κοινωνικοοικονομική εστίαση) δίνει έμφαση στη δυνατότητα που παρέχεται σε κάθε πολίτη της χώρας να έχει πρόσβαση σε υπηρεσίες υγείας. Η Αυστρία (AT) και η Γερμανία (DE) εμφανίζονται σε υψηλές θέσεις σε σχέση με τα υπόλοιπα σενάρια. Τα συστήματα υγείας αυτών των χωρών επιδεικνύουν ικανότητα να ανταποκρίνονται εξίσου στις ανάγκες υγείας των πληθυσμών τους σε όλες τις ηλικίες, τα φύλα και τις κοινωνικοοικονομικές ομάδες. Αυτό υποδηλώνει την ύπαρξη πολιτικών και πρακτικών υγείας χωρίς αποκλεισμούς που λειτουργούν προς την κατεύθυνση της άμβλυνσης των υγειονομικών ανισοτήτων και της προώθησης της ισότητας στην υγεία.

Εξετάζοντας την Ελλάδα (EL), παρατηρούμε πως σε όλα σχεδόν τα σενάρια εμφανίζεται στις χαμηλές θέσεις της κατάταξης. Από τις θέσεις που έχει καταλάβει, οι καλύτερες είναι όταν γίνεται εστίαση στην πρόληψη και την θνησιμότητα, ενώ οι χειρότερες είναι όταν εξετάζουμε κυρίως την προσβασιμότητα σε υπηρεσίες υγείας. Αυτό σημαίνει πως για να βελτιώσει η Ελλάδα το σύστημα υγειονομικής περίθαλψής της, πρέπει να βρει μια ισορροπημένη προσέγγιση, βελτιώνοντας τις υποδομές, τις παρεχόμενες υπηρεσίες υγείας και την πρόσβαση των πολιτών σε υπηρεσίες υγείας.

Γενικότερα, η ανάλυση σεναρίων καταδεικνύει ότι οι επιδόσεις της υγειονομικής περίθαλψης μπορούν να γίνουν αντιληπτές με διαφορετικό τρόπο ανάλογα με τον τομέα εστίασης. Οι χώρες που υπερέχουν σε έναν τομέα μπορεί να μην έχουν απαραίτητα καλές επιδόσεις σε άλλους τομείς. Για παράδειγμα, ενώ η Ισλανδία (IS) βρίσκεται στην κορυφή του καταλόγου στο βασικό σενάριο, υπολείπεται στο σενάριο για την πρόσβαση στην

υγειονομική περίθαλψη (S8), γεγονός που καταδεικνύει ότι ακόμη και τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης με καλές επιδόσεις έχουν περιθώρια βελτίωσης.

Επιπλέον, τα αποτελέσματα αυτά υπογραμμίζουν τη σημασία μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης στην υγειονομική περίθαλψη, η οποία εξισορροπεί τις οικονομικές δαπάνες με κρίσιμα αποτελέσματα για την υγεία, όπως η προληπτική φροντίδα και η παιδική θνησιμότητα και το γεγονός ότι οι μονοδιάστατες στρατηγικές δεν επαρκούν για να εγγυηθούν τα βέλτιστα αποτελέσματα υγείας για τους πολίτες κάθε χώρας.

Συμπερασματικά, η παρούσα ανάλυση σεναρίων χρησιμεύει ως ένα εργαλείο για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, παρέχοντάς τους μια ευρεία εικόνα των επιδόσεων του συστήματος υγειονομικής περίθαλψης σε διάφορους τομείς. Έτσι, μπορεί να τους καθοδηγήσει στον εντοπισμό των δυνατών σημείων που πρέπει να αξιοποιήσουν και των αδυναμιών που πρέπει να αντιμετωπίσουν, επιτρέποντάς τους έτσι να σχεδιάσουν πιο αποτελεσματικές και ισορροπημένες στρατηγικές υγειονομικής περίθαλψης.

## 6.2 Συνεισφορά and Περιορισμοί

Στην παραπάνω μελέτη περίπτωσης γίνεται μια συγκριτική αξιολόγηση και ταξινόμηση των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης χωρών της Ευρώπης κάτω από διαφορετικά σενάρια. Σε κάθε σενάριο γίνεται η αξιολόγηση κάτω από διαφορετική σκοπιά εστιάζοντας σε διαφορετικούς τομείς, όπως οι οικονομικές δαπάνες, οι υποδομές υγείας και η ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών. Αυτό βοηθάει στην καλύτερη κατανόηση των προκλήσεων που αντιμετωπίζουν τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης, βοηθώντας έτσι στο σχεδιασμό αποτελεσματικότερων λύσεων. Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτική μπορούν να διαμορφώσουν πιο τεκμηριωμένες και αποτελεσματικές στρατηγικές, λαμβάνοντας υπόψη τα πλεονεκτήματα και τις αδυναμίες κάθε συστήματος στους διάφορους τομείς. Τέλος, η συγκριτική ανάλυση ανάμεσα στις χώρες της Ευρώπης οδηγεί στον εντοπισμό βέλτιστων πρακτικών που εφαρμόζονται σε κάθε σύστημα περίθαλψης και την μεταφορά διακρατικής τεχνογνωσίας.

Παρά τη συμβολή της, η μελέτη έχει ορισμένους περιορισμούς. Η αξιολόγηση των συστημάτων περίθαλψης γίνεται βάσει ποσοτικών δεδομένων, τα οποία δεν αποτυπώνουν τις ποιοτικές πτυχές των συστημάτων. Αυτές θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν παράγοντες όπως η ικανοποίηση των ασθενών, η ποιότητα των αλληλεπιδράσεων μεταξύ ιατρών και



ασθενών ή η κατάσταση των υποδομών παροχής υγειονομικής περίθαλψης, τα οποία είναι εξίσου σημαντικά για τη συνολική αξιολόγηση των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης. Ακόμη, δεν λαμβάνονται υπόψη ειδικοί για κάθε χώρα παράγοντες, όπως η δημογραφική δομή, η έκταση κάθε χώρας και η πυκνότητα του πληθυσμού, οι οποίοι θα μπορούσαν να επηρεάσουν την ακρίβεια και τη συνάφεια των συγκρίσεων. Τέλος, τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση αντιπροσωπεύουν μια μοναδική χρονική στιγμή. Δεν λαμβάνουν υπόψη τις διαχρονικές αλλαγές ή τάσεις, οι οποίες είναι ζωτικής σημασίας για την ολιστική κατανόηση των επιδόσεων και της εξέλιξης ενός συστήματος υγειονομικής περίθαλψης.

Εν κατακλείδι, αν και η παρούσα εργασία συμβάλλει σημαντικά στην κατανόηση της απόδοσης των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης υπό διάφορα στρατηγικά σενάρια, οι περιορισμοί αυτοί επιβάλλουν προσεκτική ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Τα ευρήματα της μελέτης μπορούν να αποτελέσουν τη βάση για μελλοντικές ερευνητικές προσπάθειες, ενσωματώνοντας αυτούς τους περιορισμούς και διευρύνοντας την κατανόηση των ευρωπαϊκών συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης.

### 6.3 Μελλοντικές κατευθύνσεις για έρευνα

Η συνεχής ανάλυση και σύγκριση των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης είναι απαραίτητη για τον εντοπισμό επιτυχημένων πρακτικών και στρατηγικών που διασφαλίζουν την υγεία και την ευημερία των πολιτών. Η παρούσα μελέτη συμβάλλει προς αυτήν την κατεύθυνση, διερευνώντας την κατάταξη των ευρωπαϊκών συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης όταν γίνεται εστίαση σε διαφορετικούς τομείς. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα έρευνα, καθώς και οι περιορισμοί που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα, οδηγούν προς διάφορες κατευθύνσεις για μελλοντική διερεύνηση.

Πρώτον, η ανάλυση της μελέτης περίπτωσης βασίζεται σε ποσοτικά δεδομένα κι έτσι δημιουργείται η ανάγκη για πρόσθετη ποιοτική έρευνα. Μια βαθύτερη διερεύνηση των εμπειριών των ασθενών, των προοπτικών των επαγγελματιών υγείας και των μελετών παρατήρησης των χώρων υγειονομικής περίθαλψης θα παρείχε μια ευρύτερη εικόνα της λειτουργικότητας του συστήματος. Για παράδειγμα, η εξέταση των βιωματικών εμπειριών των ασθενών θα μπορούσε να ρίξει φως σε πτυχές όπως η ποιότητα της περίθαλψης, οι χρόνοι αναμονής, η επικοινωνία με το προσωπικό και η συνολική ικανοποίηση. Ομοίως, οι

επαγγελματίες του τομέα της υγειονομικής περίθαλψης θα μπορούσαν να παράσχουν πληροφορίες σχετικά με τη λειτουργία του συστήματος, τις προκλήσεις και τους πιθανούς τομείς για βελτίωση. Τέτοια ποιοτικά δεδομένα θα μπορούσαν να εμπλουτίσουν σημαντικά τη διαφοροποιημένη κατανόηση των συστημάτων και των στρατηγικών υγειονομικής περίθαλψης.

Δεύτερον, δεν θα πρέπει να παραβλέπεται η επίδραση των ειδικών ανά χώρα παραγόντων. Αυτή η έρευνα θα μπορούσε να επεκταθεί ώστε να ενσωματώσει μεταβλητές όπως οι πολιτισμικές επιδράσεις στην υγεία, οι δημογραφικές τάσεις, η διαθεσιμότητα των πόρων και η ιστορική πορεία της ανάπτυξης της υγειονομικής περίθαλψης. Για παράδειγμα, η γήρανση του πληθυσμού σε ορισμένες χώρες μπορεί να απαιτεί διαφορετικές στρατηγικές υγειονομικής περίθαλψης σε σύγκριση με έθνη με νεότερα δημογραφικά στοιχεία. Ομοίως, η κατανόηση της ιστορικής εξέλιξης του συστήματος υγειονομικής περίθαλψης κάθε χώρας θα μπορούσε να παράσχει ένα πιο ολοκληρωμένο πλαίσιο και να ενισχύσει περαιτέρω την ερμηνεία των δεδομένων.

Τρίτον, η μελλοντική έρευνα θα πρέπει να εξετάσει τις δυνατότητες των διαχρονικών μελετών. Παρακολουθώντας τις αλλαγές στις επιδόσεις του συστήματος υγειονομικής περίθαλψης με την πάροδο του χρόνου, οι ερευνητές θα μπορούσαν να συλλάβουν τάσεις και αποτελέσματα στρατηγικών που τα στατικά δεδομένα θα μπορούσαν να χάσουν. Μια τέτοια έρευνα θα μπορούσε να φωτίσει τις μακροπρόθεσμες επιπτώσεις συγκεκριμένων στρατηγικών σεναρίων, παρέχοντας πιο ισχυρά στοιχεία για τη χάραξη πολιτικής.

Ακόμη, πληρέστερες πληροφορίες σχετικά με τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης, συμπεριλαμβανομένων λεπτομερών περιγραφών των κυβερνητικών πολιτικών, των κοινωνικών στάσεων και των δαπανών υγείας, θα βελτίωναν την κατανόηση του τρόπου λειτουργίας αυτών των συστημάτων. Για παράδειγμα, ο ρόλος της ιδιωτικής έναντι της δημόσιας παροχής υγειονομικής περίθαλψης, η κοινωνική στάση απέναντι στην υγεία και την ευεξία και η δομή του ίδιου του συστήματος υγείας θα μπορούσαν να επηρεάσουν σημαντικά την απόδοση του.

Πέρα από την έρευνα παρατήρησης, οι μελλοντικές μελέτες θα μπορούσαν να ακολουθήσουν μια παρεμβατική προσέγγιση. Η εφαρμογή συγκεκριμένων στρατηγικών που έχουν αναγνωριστεί ως βέλτιστες πρακτικές σε ένα σύστημα υγειονομικής περίθαλψης και

η αυστηρή αξιολόγηση των αποτελεσμάτων θα παρήγαγε πολύτιμα στοιχεία. Μια τέτοια έρευνα θα μπορούσε να επηρεάσει άμεσα τη χάραξη πολιτικής και να οδηγήσει σε βελτιώσεις στην παροχή υγειονομικής περίθαλψης.

Η υιοθέτηση μιας διεπιστημονικής προοπτικής θα μπορούσε επίσης να είναι επωφελής. Οι γνώσεις από την κοινωνιολογία, τα οικονομικά και τις πολιτικές επιστήμες θα μπορούσαν να δώσουν πληροφορίες για την κατανόηση του ευρύτερου κοινωνικού, οικονομικού και πολιτικού πλαισίου στο οποίο λειτουργούν τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης. Μια τέτοια προσέγγιση θα αναγνώριζε ότι τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης δεν υφίστανται στο κενό και επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες πέραν των καθαρά ιατρικών.

Τέλος, η μελλοντική έρευνα θα πρέπει επίσης να εξετάσει τις επιπτώσεις των αναδυόμενων τεχνολογιών. Η τηλεϊατρική, οι ψηφιακές πλατφόρμες υγείας και η τεχνητή νοημοσύνη φέρνουν επανάσταση στην παροχή υγειονομικής περίθαλψης, και ο πιθανός αντίκτυπος τους στην απόδοση του συστήματος υπό διαφορετικά στρατηγικά σενάρια είναι ένας κρίσιμος τομέας προς διερεύνηση.



## Βιβλιογραφία

- Abo-Sinna, Mahmoud A., and Azza H. Amer. 2005. "Extensions of TOPSIS for Multi-Objective Large-Scale Nonlinear Programming Problems." *Applied Mathematics and Computation* 162 (1): 243–56. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2003.12.087>.
- Albadvi, Amir, S. Kamal Chaharsooghi, and Akbar Esfahanipour. 2007. "Decision Making in Stock Trading: An Application of PROMETHEE." *European Journal of Operational Research* 177 (2): 673–83. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.11.022>.
- Behzadian, Majid, R.B. Kazemzadeh, A. Albadvi, and M. Aghdasi. 2010. "PROMETHEE: A Comprehensive Literature Review on Methodologies and Applications." *European Journal of Operational Research* 200 (1): 198–215. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.01.021>.
- Belton, Valerie, and Theodor J. Stewart. 2002. *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*. Boston, MA: Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1495-4>.
- Brans, J. P., and Ph. Vincke. 1985. "Note—A Preference Ranking Organisation Method." *Management Science* 31 (6): 647–56. <https://doi.org/10.1287/mnsc.31.6.647>.
- Cabral, Juan Bautista, Nadia Ayelén Luczywo, and José Luis Zanazzi. 2016. "Scikit-Criteria: colección de métodos de análisis multi-criterio integrado al stack científico de Python." In *XLV Jornadas Argentinas de Informática E Investigación Operativa (45JAIIO)*, 59–66. Buenos Aires. <http://45jaiio.sadio.org.ar/sites/default/files/Sio-23.pdf>.
- Chacon-Hurtado, J.C., and L. Scholten. 2021. "Decisi-o-Rama: An Open-Source Python Library for Multi-Attribute Value/Utility Decision Analysis." *Environmental Modelling & Software* 135 (January): 104890. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2020.104890>.
- Chen, Chen-Tung. 2000. "Extensions of the TOPSIS for Group Decision-Making under Fuzzy Environment." *Fuzzy Sets and Systems* 114 (1): 1–9. [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(97\)00377-1](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(97)00377-1).

- Figueira, J., S. Greco, and M. Ehrgott. 2016. "Multicriteria Decision Analysis: State of the Art Surveys." *Economic Horizons* 20 (2): 189–91. <https://doi.org/10.5937/ekonhor1802189K>.
- Forman, Ernest H, and Mary Ann Selly. 2001. *Decision by Objectives*. WORLD SCIENTIFIC. <https://doi.org/10.1142/4281>.
- Govindan, Kannan, and Martin Brandt Jepsen. 2016. "ELECTRE: A Comprehensive Literature Review on Methodologies and Applications." *European Journal of Operational Research* 250 (1): 1–29. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.07.019>.
- Hwang, Ching-Lai, and Kwangsun Yoon. 1981. *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications - A State-of-the-Art Survey*. Vol. 186. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9>.
- Hyde, Kylie, Holger R. Maier, and Christopher Colby. 2003. "Incorporating Uncertainty in the PROMETHEE MCDA Method." *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis* 12 (4–5): 245–59. <https://doi.org/10.1002/mcda.361>.
- Ishizaka, Alessio, and Philippe Nemery. 2013. *Multi-Criteria Decision Analysis: Methods and Software*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118644898>.
- Jadidi, Omid, Rosnah Yusuff, Fatemeh Firouzi, and Sai Hong Tang. 2008. "Improvement of a Grey Based Method for Supplier Selection Problem." *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 31(2) (August).
- Jansen, Sylvia J. T. 2011. "The Multi-Attribute Utility Method." In *The Measurement and Analysis of Housing Preference and Choice*, 101–25. Dordrecht: Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-90-481-8894-9\\_5](https://doi.org/10.1007/978-90-481-8894-9_5).
- Keeney, Ralph, and Howard Raiffa. 1976. *Decisions with Multiple Objectives*. New York: Wiley.
- Kizielewicz, Bartłomiej, Andrii Shekhovtsov, and Wojciech Sałabun. 2023. "Pymcdm—The Universal Library for Solving Multi-Criteria Decision-Making Problems." *SoftwareX* 22 (May): 101368. <https://doi.org/10.1016/j.softx.2023.101368>.

- Liu, Xianliang, and Yonghao Ma. 2021. "A Method to Analyze the Rank Reversal Problem in the ELECTRE II Method." *Omega* 102 (July): 102317. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2020.102317>.
- Macharis, Cathy, Johan Springael, Klaas De Brucker, and Alain Verbeke. 2004. "PROMETHEE and AHP: The Design of Operational Synergies in Multicriteria Analysis." *European Journal of Operational Research* 153 (2): 307–17. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00153-X](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00153-X).
- Mareschal, B., and Y. De Smet. 2009. "Visual PROMETHEE: Developments of the PROMETHEE & GAIA Multicriteria Decision Aid Methods." In *2009 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 1646–49. IEEE. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2009.5373124>.
- Mareschal, Bertrand. 1986. "Stochastic Multicriteria Decision Making and Uncertainty." *European Journal of Operational Research* 26 (1): 58–64. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(86\)90159-1](https://doi.org/10.1016/0377-2217(86)90159-1).
- Mareschal, Bertrand, Jean Pierre Brans, and Philippe Vincke. 1984. "Prométhée: A New Family of Outranking Methods in Multicriteria Analysis." <https://EconPapers.repec.org/RePEc:ulb:ulbeco:2013/9305>.
- Marzouk, M.M. 2011. "ELECTRE III Model for Value Engineering Applications." *Automation in Construction* 20 (5): 596–600. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.11.026>.
- Nemery, Philippe, Bertrand Mareschal, and Alessio Ishizaka. 2010. "Unification of Problem Formulation with PROMETHEE: Keynote Paper." In *Paper Presented at 52nd Operational Research Society Conference*.
- Oubahman, Laila, and Szabolcs Duleba. 2021. "Review of PROMETHEE Method in Transportation." *Production Engineering Archives* 27 (1): 69–74. <https://doi.org/10.30657/pea.2021.27.9>.
- Papathanasiou, Jason, and Nikolaos Ploskas. 2018. "PROMETHEE." In , 57–89. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-91648-4\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-91648-4_3).

- Ploskas, Nikolaos, and Jason Papathanasiou. 2019. "A Decision Support System for Multiple Criteria Alternative Ranking Using TOPSIS and VIKOR in Fuzzy and Nonfuzzy Environments." *Fuzzy Sets and Systems* 377 (December): 1–30. <https://doi.org/10.1016/j.fss.2019.01.012>.
- Roy, B. 1968. "Classement et Choix En Présence de Points de Vue Multiples." *Revue Française d'informatique et de Recherche Opérationnelle* 2 (8): 57–75. <https://doi.org/10.1051/ro/196802V100571>.
- Roy, Bernard. 1991. "The Outranking Approach and the Foundations of Electre Methods." *Theory and Decision* 31 (1): 49–73. <https://doi.org/10.1007/BF00134132>.
- Saaty, R.W. 1987. "The Analytic Hierarchy Process—What It Is and How It Is Used." *Mathematical Modelling* 9 (3–5): 161–76. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8).
- Saaty, Thomas L. 1996. "Decision Making with Dependence and Feedback : The Analytic Network Process : The Organization and Prioritization of Complexity." In .
- Saaty, Thomas L. 2008. "Decision Making with the Analytic Hierarchy Process." *International Journal of Services Sciences* 1 (1): 83. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>.
- Sanny, L, B H Simamora, J R Polla, and J L Atipa. 2018. "Business Strategy Selection Using SWOT Analysis with ANP and Fuzzy TOPSIS for Improving Competitive Advantage." *Pertanika Journal of Social Sciences and Humanities* 26 (August): 1143–58.
- Siskos, Y., and A. Spyridakos. 1999. "Intelligent Multicriteria Decision Support: Overview and Perspectives." *European Journal of Operational Research* 113 (2): 236–46. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(98\)00213-6](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(98)00213-6).
- Torrance, George W., Michael H. Boyle, and Sargent P. Horwood. 1982. "Application of Multi-Attribute Utility Theory to Measure Social Preferences for Health States." *Operations Research* 30 (6): 1043–69. <https://doi.org/10.1287/opre.30.6.1043>.
- Vavatsikos, Athanasios, Athanasios Smaragdass, and Maria Giannopoulou. 2017. "A Combined Use of GIS, PROMETHEE and Monte Carlo Simulation Methods for Major



- Transportation Infrastructure Impacts Evaluation.” In *OR in the Digital Era - ICT Challenges*. Thessaloniki: University of Macedonia.
- Watrianthos, Ronal, Wahyu Azhar Ritonga, Aysyah Rengganis, Anjar Wanto, and M. Isa Indrawan. 2021. “Implementation of PROMETHEE-GAIA Method for Lecturer Performance Evaluation.” *Journal of Physics: Conference Series* 1933 (1): 012067. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1933/1/012067>.
- Wątróbski, Jarosław, Aleksandra Bączkiewicz, and Wojciech Sałabun. 2022. “Pyrepo-Mcda — Reference Objects Based MCDA Software Package.” *SoftwareX* 19 (July): 101107. <https://doi.org/10.1016/j.softx.2022.101107>.
- Więckowski, Jakub, Bartłomiej Kizielewicz, and Wojciech Sałabun. 2022. “PyFDM: A Python Library for Uncertainty Decision Analysis Methods.” *SoftwareX* 20 (December): 101271. <https://doi.org/10.1016/j.softx.2022.101271>.
- Wieckowski, Jakub, Bartłomiej Kizielewicz, and Wojciech Sałabun. 2023. “Handling Decision-Making in Intuitionistic Fuzzy Environment: PyIFDM Package.” *SoftwareX* 22 (May): 101344. <https://doi.org/10.1016/j.softx.2023.101344>.
- Xu, Qiang, Yuan Biao Zhang, Jing Zhang, and Xin Guang Lv. 2015. “Improved TOPSIS Model and Its Application in the Evaluation of NCAA Basketball Coaches.” *Modern Applied Science* 9 (2). <https://doi.org/10.5539/mas.v9n2p259>.
- Yadav, Santosh Kumar, Dennis Joseph, and Nasina Jigeesh. 2018. “A Review on Industrial Applications of TOPSIS Approach.” *International Journal of Services and Operations Management* 30 (1): 23. <https://doi.org/10.1504/IJSOM.2018.091438>.
- Yoon, Kwangsun. 1987. “A Reconciliation Among Discrete Compromise Solutions.” *Journal of the Operational Research Society* 38 (3): 277–86. <https://doi.org/10.1057/jors.1987.44>.
- Yu, Min-Chun. 2011. “Multi-Criteria ABC Analysis Using Artificial-Intelligence-Based Classification Techniques.” *Expert Systems with Applications* 38 (4): 3416–21. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.08.127>.



# Παράρτημα

## Κώδικας Python

### Κύριος Κώδικας

```
import pandas as pd
from numpy import array
from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler

from PROMETHEE_II import promethee
from Eurostat_DownloadData import download_eurostat_data
from PROMETHEE_Plots import promethee_plots

scenarios = {
    "BS - Balanced Focus": {
        "p": array([[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0],[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]]),
        "d": ['li', 'li', 'li', 'li', 'li', 'li', 'li', 'li', 'li'],
        "w": array([0.111, 0.111, 0.111, 0.111, 0.111, 0.111, 0.111, 0.111, 0.111, 0.111]),
    },
    "S1 - Economic Focus": {
        "p": array([[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0],[20, 0.05, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]]),
        "d": ['le', 'le', 'le', 'le', 'le', 'le', 'le', 'le', 'le'],
        "w": array([0.3, 0.3, 0.06, 0.06, 0.06, 0.06, 0.06, 0.05, 0.05, 0.05]),
    },
    "S2 - Healthcare Infrastructure Focus": {
        "p": array([[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0],[0, 0, 200, 100, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]]),
        "d": ['le', 'le', 'le', 'le', 'le', 'le', 'le', 'le', 'le'],
        "w": array([0.06, 0.06, 0.3, 0.3, 0.06, 0.06, 0.06, 0.05, 0.05]),
    },
    "S3 - Preventive Health Focus": {
        "p": array([[1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1],[0.5, 0.5, 0.5, 0.5, 0.5, 0.5, 0.5, 0.2, 0.5]]),
        "d": ['li', 'li', 'li', 'li', 'li', 'li', 'li', 'li', 'li'],
        "w": array([0.075, 0.075, 0.075, 0.075, 0.075, 0.075, 0.075, 0.4, 0.075]),
    },
    "S4 - Health-Oriented Focus": {
        "p": array([[0.5, 0, 0.5, 0.5, 0, 0.5, 0.5, 0.5, 0.5],[1, 0.5, 1, 1, 0.5, 1, 1, 1]]),
        "d": ['u', 'li', 'u', 'u', 'li', 'u', 'u', 'u', 'u'],
        "w": array([0.075, 0.2, 0.075, 0.075, 0.2, 0.075, 0.075, 0.075, 0.075]),
    },
}
```

```

    "S5 - Infant Mortality Focus": {
        "p": array([[0, 0, 0, 0, 0, 0.5, 0, 0, 0],[0.5, 0.5, 0.5, 0.5,
0.5, 1, 0.5, 0.5, 0.5]]),
        "d": ['li', 'li', 'li', 'li', 'li', 'vs', 'li', 'li', 'li'],
        "w": array([0.075, 0.075, 0.075, 0.075, 0.075, 0.4, 0.075, 0.075,
0.075]),
    },
    "S6 - Preventive Focus": {
        "p": array([[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0.2, 0, 0],[0.5, 0.5, 0.5, 0.5,
0.5, 0.5, 0.8, 0.5, 0.5]]),
        "d": ['li', 'li', 'li', 'li', 'li', 'li', 'le', 'li', 'li'],
        "w": array([0.075, 0.075, 0.075, 0.075, 0.075, 0.075, 0.4, 0.075,
0.075]),
    },
    "S7 - Mortality Focus": {
        "p": array([[0, 0, 0, 0, 0.1, 0.1, 0.1, 0, 0],[0.5, 0.5, 0.5,
0.5, 0.2, 0.2, 0.2, 0.5, 0.5]]),
        "d": ['vs', 'vs', 'vs', 'vs', 'g', 'g', 'g', 'vs', 'vs'],
        "w": array([0.05, 0.1, 0.05, 0.05, 0.2, 0.2, 0.2, 0.05, 0.1]),
    },
    "S8 - Socio-economic Focus": {
        "p": array([[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0],[0.5, 0.5, 0.5, 0.5, 0.5,
0.5, 0.5, 0.5, 0.5]]),
        "d": ['vs', 'vs', 'vs', 'vs', 'vs', 'vs', 'vs', 'vs', 'li'],
        "w": array([0.075, 0.075, 0.075, 0.075, 0.075, 0.075, 0.075, 0.075,
0.075, 0.4]),
    },
    "S9 - Healthcare Infrastructure Focus": {
        "p": array([[0.5, 0.5, 0, 0, 0.5, 0.5, 0.5, 0.5, 0.5],[1, 1, 0.5,
0.5, 1, 1, 1, 1]),
        "d": ['le', 'le', 'li', 'li', 'le', 'le', 'le', 'le', 'le'],
        "w": array([0.06, 0.06, 0.3, 0.3, 0.06, 0.06, 0.06, 0.05, 0.05])
    },
    "S10 - Cancer Screening Focus": {
        "p": array([[1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1],[1, 1, 1, 1, 1, 1, 1,
0.5, 1]),
        "d": ['vs', 'vs', 'vs', 'vs', 'vs', 'vs', 'vs', 'li', 'vs'],
        "w": array([0.075, 0.075, 0.075, 0.075, 0.075, 0.075, 0.075, 0.4,
0.075]),
    }
}

```

```

# List of all column names to be normalized

```

```

cols_to_normalize = ['gdp_df', 'hc_df', 'bdsrg_df', 'prsrgr_df',
'mlifexp_df', 'minfind_df', 'apr_df', 'prev_df', 'silc_df']

```

```

# Criteria min (0) or max (1) optimization array

```

```

c = ([1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 0])

```

```

def process_scenario(scenario_name, scenario_params, x, np_countries,
final_results, df_countries):

```

```

    print(f"Running scenario {scenario_name}")

```

```

    # Calculate results
    final_net_flows = promethee(x, scenario_params["p"], c,
scenario_params["d"], scenario_params["w"])
    print("Global preference flows = ", final_net_flows)

    # Convert numpy arrays to pandas dataframes
    df1 = pd.DataFrame(final_net_flows, columns=[scenario_name])

    # Merge dataframes by index
    final_results = final_results.merge(df1, left_index=True,
right_index=True)

    return final_results

def main():
    # Download and print the data
    filtered_data = download_eurostat_data()

    # Fill NA values with 0
    CaseData = filtered_data.fillna(0)

    # Split CaseData dataframe into data and countries dataframes, and
reset indices
    df_data = CaseData.drop('geo', axis=1).reset_index(drop=True)
    df_countries = CaseData[['geo']].reset_index(drop=True)

    # Normalize data
    scaler = MinMaxScaler()
    df_data[cols_to_normalize] =
scaler.fit_transform(df_data[cols_to_normalize])

    # Convert dataframes to numpy arrays
    np_data = df_data.to_numpy()
    np_countries = df_countries.to_numpy()

    # Loop over the scenarios and process them
    final_results = df_countries
    for scenario_name, scenario_params in scenarios.items():
        final_results = process_scenario(scenario_name, scenario_params,
np_data, np_countries, final_results, df_countries)

    # Plot the results
    promethee_plots(final_results)

    return final_results

if __name__ == "__main__":
    fin_res = main()

```

## Εξαγωγή Δεδομένων από την Eurostat

```
import pandas as pd
import eurostat

def fetch_data(dataset_code, year, filters, columns, new_column_names):
    # Retrieve the data
    data_initial = eurostat.get_data_df(dataset_code)
    data_initial = data_initial.rename(columns={'geo\\TIME_PERIOD':
'geo'})

    # Filter the data based on provided conditions
    for key, value in filters.items():
        data_initial = data_initial[data_initial[key] == value]

    # Keep specific columns and rename them
    data_df = data_initial[columns]
    data_df.columns = new_column_names

    return data_df

def fetch_eurostat_data_values(dataset_code, filters, years):
    # Retrieve the data
    data_initial = eurostat.get_data_df(dataset_code)

    # Filter the data based on provided conditions
    for key, value in filters.items():
        data_initial = data_initial[data_initial[key] == value]

    # Convert years to a list if it's not already
    if not isinstance(years, list):
        years = [years]

    # Filter the data for the specified years
    data = data_initial[years]

    data=data.mean(skipna=True).mean()
    return data

def handle_missing_values(df, missing_values):
    for item in missing_values:
        df.loc[df['geo'] == item['geo'], item['column']] =
fetch_eurostat_data_values(item['dataset_code'], item['filters'],
item['year'])

def download_eurostat_data(year='2019'):
    include_values = ['AT', 'BE', 'BG', 'CH', 'CY', 'CZ', 'DE', 'DK',
'EL', 'ES', 'FI', 'FR', 'HR', 'HU', 'IE', 'IS', 'IT', 'LI', 'LT', 'LU',
'LV', 'NL', 'NO', 'PL', 'PT', 'RO', 'SE', 'SI', 'SK', 'TR']
```

```

datasets_info = [
    {'dataset_code': 'demo_gind', 'filters': {'indic_de': 'AVG'},
     'new_columns': ['geo', 'pop_df']},
    {'dataset_code': 'nama_10_gdp', 'filters': {'unit': 'CP_MEUR',
     'na_item': 'B1GQ'}, 'new_columns': ['geo', 'gdp_df']},
    {'dataset_code': 'hlth_shall_hc', 'filters': {'unit': 'EUR_HAB',
     'ichall_hc': 'TOT_HC'}, 'new_columns': ['geo', 'hc_df']},
    {'dataset_code': 'hlth_rs_bdsrg', 'filters': {'unit': 'HAB_P',
     'facility': 'HBEDT'}, 'new_columns': ['geo', 'bdsrg_df']},
    {'dataset_code': 'hlth_rs_prsrg', 'filters': {'unit': 'HAB_P',
     'isco08': 'OC221'}, 'new_columns': ['geo', 'prsrg_df']},
    {'dataset_code': 'demo_r_mlifexp', 'filters': {'unit': 'YR',
     'sex': 'T', 'age': 'Y_LT1'}, 'new_columns': ['geo', 'mlifexp_df']},
    {'dataset_code': 'demo_r_minfind', 'filters': {}, 'new_columns':
    ['geo', 'minfind_df']},
    {'dataset_code': 'hlth_cd_apr', 'filters': {'unit': 'RT', 'sex':
     'T', 'mortalit': 'TOTAL', 'icd10': 'TOTAL'}, 'new_columns': ['geo',
     'apr_df']},
    {'dataset_code': 'hlth_ps_prev', 'filters': {'unit': 'PC', 'sex':
     'F', 'icd10': 'C50'}, 'new_columns': ['geo', 'prev_df']},
    {'dataset_code': 'hlth_silc_08', 'filters': {'unit': 'PC', 'age':
     'Y_GE16', 'quantile': 'TOTAL', 'sex': 'T', 'reason': 'TOOEFW'},
     'new_columns': ['geo', 'silc_df']}
]

merged_df = pd.DataFrame()

for info in datasets_info:
    df = fetch_data(info['dataset_code'], year, info['filters'],
    ['geo', year], info['new_columns'])
    if merged_df.empty:
        merged_df = df
    else:
        merged_df = pd.merge(merged_df, df, on='geo', how='left')

# Filter the DataFrame to include only the desired values
filtered_data = merged_df[merged_df['geo'].isin(include_values)]

# Handle missing values
missing_values_info = [
    {'geo': 'PL', 'column': 'prsrg_df', 'dataset_code':
    'hlth_rs_prsrg', 'filters': {'unit': 'HAB_P', 'isco08': 'OC221',
    'geo\\TIME_PERIOD': 'PL'}, 'year': '2017'},
    {'geo': 'FI', 'column': 'prsrg_df', 'dataset_code':
    'hlth_rs_prsrg', 'filters': {'unit': 'HAB_P', 'isco08': 'OC221',
    'geo\\TIME_PERIOD': 'FI'}, 'year': '2018'},
    {'geo': 'LU', 'column': 'prsrg_df', 'dataset_code':
    'hlth_rs_prsrg', 'filters': {'unit': 'HAB_P', 'isco08': 'OC221',
    'geo\\TIME_PERIOD': 'LU'}, 'year': '2017'},
    {'geo': 'LI', 'column': 'minfind_df', 'dataset_code':
    'demo_r_minfind', 'filters': {'geo\\TIME_PERIOD': 'LI'}, 'year': '2020'},

```

```

        {'geo': 'BG', 'column': 'prev_df', 'dataset_code': 'hlth_ps_prev',
'filters': {'unit': 'PC', 'sex': 'F', 'icd10': 'C50', 'geo\\TIME_PERIOD':
'BG'}}, 'year': '2017'}},
        {'geo': 'DK', 'column': 'prev_df', 'dataset_code': 'hlth_ps_prev',
'filters': {'unit': 'PC', 'sex': 'F', 'icd10': 'C50', 'geo\\TIME_PERIOD':
'DK'}}, 'year': ['2018', '2020']},
        {'geo': 'IS', 'column': 'silc_df', 'dataset_code': 'hlth_silc_08',
'filters': {'unit': 'PC', 'age': 'Y_GE16', 'quantile': 'TOTAL', 'sex':
'T', 'reason': 'TOOEFW', 'geo\\TIME_PERIOD': 'IS'}}, 'year': '2018'}
    ]

    print(filtered_data)

    handle_missing_values(filtered_data, missing_values_info)

    # Devide values per population
    for column in ['gdp_df', 'hc_df', 'bdsrg_df', 'prsrsg_df']:
        # filtered_data[column] = filtered_data[column] /
(filtered_data['pop_df'] / 1000000)
        filtered_data.loc[:, column] = filtered_data[column] /
(filtered_data['pop_df'] / 1000000)

    # Drop pop_df
    filtered_data = filtered_data.drop('pop_df', axis=1)

    print(filtered_data)

    return filtered_data

```

## Promethee

```

from numpy import *
import math

# Calculate the unicriterion preference degrees
def uni_cal(x, p, c, f):
    """ x is the action performances array, p is the
    array with the preference parameters of all
    criteria, c is the criteria min (0) or max (1)
    optimization array, and f is the preference
    function array for a specific criterion ('u'
    for usual, 'us' for u-shape, 'vs' for v-shape,
    'le' for level, 'li' for linear, and 'g' for
    Gaussian)
    """
    uni = zeros((x.shape[0], x.shape[0]))
    for i in range(size(uni, 0)):
        for j in range(size(uni, 1)):
            if i == j:

```



```

        uni[i, j] = 0
    elif f == 'u': # Usual preference function
        if x[j] - x[i] > 0:
            uni[i, j] = 1
        else:
            uni[i, j] = 0
    elif f == 'us': # U-shape preference function
        if x[j] - x[i] > p[0]:
            uni[i, j] = 1
        elif x[j] - x[i] <= p[0]:
            uni[i, j] = 0
    elif f == 'vs': # V-shape preference function
        if x[j] - x[i] > p[1]:
            uni[i, j] = 1
        elif x[j] - x[i] <= 0:
            uni[i, j] = 0
        else:
            uni[i, j] = (x[j] - x[i]) / p[1]
    elif f == 'le': # Level preference function
        if x[j] - x[i] > p[1]:
            uni[i, j] = 1
        elif x[j] - x[i] <= p[0]:
            uni[i, j] = 0
        else:
            uni[i, j] = 0.5
    elif f == 'li': # Linear preference function
        if x[j] - x[i] > p[1]:
            uni[i, j] = 1
        elif x[j] - x[i] <= p[0]:
            uni[i, j] = 0
        else:
            uni[i, j] = ((x[j] - x[i]) - p[0]) / (p[1] - p[0])
    elif f == 'g': # Gaussian preference function
        if x[j] - x[i] > 0:
            uni[i, j] = 1 - math.exp(-(math.pow(x[j] - x[i], 2) /
(2 * p[1] ** 2)))
        else:
            uni[i, j] = 0

    if c == 0:
        uni = uni
    elif c == 1:
        uni = uni.T

    # Positive, negative and net flows
    pos_flows = sum(uni, 1) / (uni.shape[0] - 1)
    neg_flows = sum(uni, 0) / (uni.shape[0] - 1)
    net_flows = pos_flows - neg_flows
    return net_flows

# PROMETHEE method: it calls the other functions
def promethee(x, p, c, d, w):
    """ x is the action performances array, b is the
    array with the preference parameters of all
    criteria, c is the criteria min (0) or max (1)

```

```

optimization array, d is the preference
function array ('u' for usual, 'us' for
u-shape, 'vs' for v-shape, 'le' for level,
'li' for linear, and 'g' for Gaussian), and w
is the weights array
"""
weighted_uni_net_flows = []
total_net_flows = []
for i in range(x.shape[1]):
    weighted_uni_net_flows.append(w[i] * uni_cal(x[:, i:i + 1],
p[:, i:i + 1], c[i], d[i]))

# Print the weighted unicriterion preference net flows
for i in range(size(weighted_uni_net_flows, 1)):
    k = 0
    for j in range(size(weighted_uni_net_flows, 0)):
        k = k + round(weighted_uni_net_flows[j][i], 5)
    total_net_flows.append(k)
return around(total_net_flows, decimals = 4)

```

## Δημιουργίας Γραφημάτων

```

import seaborn as sns
import matplotlib.pyplot as plt

def plot_heatmap(df, label_type):
    """Plot a heatmap for the given DataFrame."""
    # Create the heatmap
    plt.figure(figsize=(15, 15))
    sns.heatmap(df, cmap='RdBu', center=0, annot=True)
    # Set labels and title
    plt.title('Healthcare System ' + label_type + ' for European
Countries')
    plt.xlabel('Scenarios')
    plt.ylabel('Countries')
    plt.show()

def plot_avg_scores_bar(df, label_type):
    """Plot a bar chart for average values of each country."""
    avg_scores = df.mean(axis=1)
    # Create the bar plot
    ax = avg_scores.sort_values(ascending=False).plot(kind='bar',
figsize=(15, 7), color='steelblue')
    # Remove the frame
    for spine in ax.spines.values():
        spine.set_visible(False)
    # Remove gridlines
    ax.grid(False)
    # Set labels and title

```

```

plt.title('Average ' + label_type + ' for Each Country Across All
Scenarios')
plt.xlabel('Countries')
plt.ylabel('Average ' + label_type)

# Display the plot
plt.show()

def plot_boxplot(df, label_type):
    """Plot a boxplot for values of each country."""
    plt.figure(figsize=(15, 7))
    ax = sns.boxplot(data=df.transpose(), color='lightskyblue')
    # Remove the frame
    for spine in ax.spines.values():
        spine.set_visible(False)
    # Remove gridlines
    ax.grid(False)
    # Set labels, title, and display the plot
    plt.title('Boxplot of ' + label_type + ' for Each Country')
    plt.xlabel('Countries')
    plt.ylabel(label_type)
    plt.xticks(rotation=90)
    plt.show()

def promethee_plots(df):
    # Set geo as index for the dataframe
    df.set_index('geo', inplace=True)
    #Rank values in each column
    df_ranked = df.rank(ascending=False, axis=0)

    for dataframe, label in [(df, 'Score'), (df_ranked, 'Position')]:
        plot_heatmap(dataframe, label)
        plot_avg_scores_bar(dataframe, label)
        plot_boxplot(dataframe, label)

```