



ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ Τ.Ε.Ι. ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**<<Εφαρμογή μεθοδολογιών πολυκριτήριας ανάλυσης
αποφάσεων για τη μελέτη και σύγκριση της χρήσης
τηλεπικοινωνιών και κινητής τηλεφωνίας στις χώρες της
Ευρωπαϊκής Ένωσης>>**



Του φοιτητή

Δημήτρη Παναγιώτου

Αρ. Μητρώου: 103609

Επιβλέπων καθηγητής

Κώστογλου Βασίλειος

Θεσσαλονίκη 2019

1.Εισαγωγή

Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων. Πιο συγκεκριμένα θα γίνει εφαρμογή δυο μεθόδων πολυκριτήριας ανάλυσης, PROMETHEE και TOPSIS, για την ανάλυση των τηλεπικοινωνιών και της κινητής τηλεφωνίας στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η λήψη αποφάσεων αποτελεί κομμάτι της καθημερινότητας όλων των ανθρώπων. Κάθε μέρα ο καθένας μας καλείται να πάρει αποφάσεις για τον εαυτό του, ή συμμετέχει στην λήψη μιας απόφασης ως μέλος μιας ομάδας ατόμων. Πρόκειται για μια σύνθετη και απαιτητική διαδικασία καθώς συνδυάζει μεγάλο όγκο πληροφοριών, γνώσεων και τεχνικών ενώ ταυτόχρονα δημιουργεί κινδύνους συγκρούσεων και διαταραχής ισορροπιών όταν πρόκειται για ομάδες. Κάποιες αποφάσεις μπορεί να περιέχουν ρίσκο ή να επηρεάζουν πτυχές τη ζωή μας, ενώ άλλες είναι ελάσσονος σημασίας. Κάθε φορά που πρέπει να πάρουμε μία απόφαση προσπαθούμε να βρούμε λόγους για να την υποστηρίξουμε.

Οι αποφάσεις χωρίζονται σε 3 κατηγορίες: τις δομημένες, τις αδόμητες και τις ημι-δομημένες. Στις δομημένες αποφάσεις το αντικείμενο της απόφασης είναι καθορισμένο, τα δεδομένα εισόδου και εξόδου είναι συγκεκριμένα και η διαδικασία που ακολουθείται είναι πάντα ίδια. Στις μη δομημένες η διαδικασία είναι κάθε φορά διαφορετική και τα δεδομένα εισόδου και εξόδου δεν είναι καθορισμένα. Τέλος στις ημι-δομημένες άλλες εργασίες είναι καθορισμένες και άλλες όχι. Σε πολλές περιπτώσεις ο λήπτης έχει μπροστά του ένα σύνολο εναλλακτικών αποφάσεων και καλείται να διαλέξει την βέλτιστη από αυτές. Το ποια είναι η βέλτιστη εξαρτάται από τα κριτήρια που θέτει ο λήπτης. Στην περίπτωση που το κριτήριο είναι μόνο ένα η επιλογή της εναλλακτικής έγκειται στην βελτιστοποίηση του κριτηρίου (μέγιστο/ ελάχιστο). Αν για παράδειγμα το κριτήριο είναι η τιμή, η βέλτιστη εναλλακτική είναι αυτή με την χαμηλότερη τιμή. Τις περισσότερες φορές ωστόσο, στην πραγματική ζωή, τα κριτήρια είναι περισσότερα από ένα και η απόφαση δεν είναι τόσο εύκολη. Στην πραγματικότητα είναι σχεδόν ανέφικτο να ληφθεί μια απόφαση η οποία να ικανοποιεί σε μέγιστο βαθμό όλα τα κριτήρια καθώς σχεδόν πάντα θα υπάρχουν αντικρουόμενα κριτήρια. Αυτή η ανάγκη έδωσε πρόσφορο έδαφος για τη δημιουργία ενός νέου ρεύματος στον χώρο της λήψης αποφάσεων: την πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων η αλλιώς MCDA (Multi-criteria Decision Aid).

Το κύριο αντικείμενο της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων είναι η αντιμετώπιση ενός προβλήματος το οποίο δημιουργείται κατά την διαδικασία της εξέτασης των παραμέτρων ενός προβλήματος και των κριτηρίων που επηρεάζουν τη λήψη της απόφασης. Το πρόβλημα αυτό σχετίζεται με τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να πραγματοποιηθεί η σύνθεση των παραμέτρων ώστε να επιτευχθεί η

λήψη ορθολογικών αποφάσεων. Η διαφορά της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων είναι ότι σε αντίθεση με μια απλή σύνθεση των παραμέτρων, όπως γίνεται σε άλλες προσεγγίσεις, η σύνθεση γίνεται υπό την επιρροή της πολιτικής λήψης αποφάσεων και του συστήματος προτιμήσεων και αξιών το οποίο χρησιμοποιεί ο λήπτης. Αυτό είναι πολύ σημαντικό καθώς το αποτέλεσμα της οποιασδήποτε ανάλυσης έχει τελικό αποδέκτη τον ίδιο τον αποφασίζοντα. Επομένως είναι προτιμότερο να έχει περισσότερο ενεργητικό ρόλο στην όλη διαδικασία και να λαμβάνονται υπ' όψιν οι προτιμήσεις του, παρά να περιορίζεται ο ρόλος του στην παρακολούθηση μαθηματικών υποδειγμάτων.

1.1 Δομή Εργασίας

Στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας θα γίνει μια γενική εισαγωγή στην λήψη αποφάσεων και μετέπειτα στην πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων. Στο δεύτερο κεφάλαιο θα αναλυθεί περισσότερο η πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων. Μετά από μια ιστορική αναδρομή θα αναλυθεί το γενικό μοντέλο που ακολουθούν οι μέθοδοι της και στη συνέχεια περιγράφονται οι βασικές έννοιες που διέπουν την πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων και πρέπει να κατανοήσει ο αναγνώστης με σκοπό να διευκολυνθεί το έργο του. Έπειτα γίνεται αναφορά στα θεωρητικά ρεύματα που δημιουργήθηκαν και διαμόρφωσαν την πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων όπως την ξέρουμε σήμερα και τέλος θα γίνει παρουσίαση κάποιων μεθόδων. Στο τρίτο κεφάλαιο θα γίνει μια σύντομη περιγραφή του προβλήματος που καταπιάνεται η εργασία και παρουσίαση των κριτηρίων που επιλέχθηκαν. Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση της πρώτης μεθόδου που θα εφαρμοσθεί, PROMETHEE. Αρχικά γίνεται μια περιγραφή της μεθόδου και στην συνέχεια η εφαρμογή της με τη βοήθεια του Visual PROMETHEE. Στο επόμενο κεφάλαιο είναι η σειρά της δεύτερης μεθόδου που θα εφαρμόσουμε, TOPSIS για την υλοποίηση της οποίας θα χρησιμοποιήσουμε το EXCEL. Τέλος στο τελευταίο κεφάλαιο θα γίνει σύγκριση και σχολιασμός των αποτελεσμάτων που παρήχθησαν και εξαγωγή συμπερασμάτων.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.Εισαγωγή.....	2
1.1 Δομή Εργασίας.....	3
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	4
Ευρετήριο Πινάκων.....	5
Ευρετήριο Εικόνων-Διαγραμμάτων.....	5
2.Πολυκριτήρια Ανάλυση Αποφάσεων.....	6
2.1 Βασικές Έννοιες.....	8
2.2 Θεωρητικά Ρεύματα.....	9
2.3 Μέθοδοι πολυκριτήριας ανάλυσης.....	11
2.3.1 AHP.....	11
2.3.2 ELECTRE.....	12
2.3.3 Goal Programming.....	12
2.3.4 Macbeth.....	13
2.3.5 MAVT.....	13
2.3.6 TOPSIS.....	14
2.3.7 PROMETHEE.....	14
2.3.8 Vikor.....	14
3.Περιγραφή προβλήματος.....	15
4.Η μέθοδος PROMETHEE.....	17
4.1 Ανάλυση - περιγραφή.....	17
4.2 Υλοποίηση.....	21
5. TOPSIS.....	30
5.1 Ανάλυση-Περιγραφή.....	30
5.2 Υλοποίηση.....	31
6.Σύγκριση αποτελεσμάτων.....	36
7.Συμπεράσματα.....	37
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	38
ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	38

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1: Τιμές κριτηρίων για κάθε χώρα.....	15
Πίνακας 2: Τελική κατάταξη PROMETHEE.....	29
Πίνακας 3: Πίνακας κανονικοποιημένων τιμών όλων των κριτηρίων.....	31
Πίνακας 4: Σταθμισμένες τιμές κριτηρίων.....	32
Πίνακας 5: Απόσταση των εναλλακτικών από την καλύτερη λύση.....	33
Πίνακας 6: Απόσταση των εναλλακτικών από την χειρότερη λύση.....	34
Πίνακας 7: Τελική απόσταση των εναλλακτικών από την ιδεατή λύση.....	35

Ευρετήριο Εικόνων-Διαγραμμάτων

Εικόνα 1: Παράδειγμα εισαγωγής δεδομένων στην PROMETHEE.....	18
Εικόνα 2: Παράδειγμα σύγκρισης και βαθμού προτίμησης ενός προβλήματος.....	19
Εικόνα 3: Σύγκριση και βαθμός υπεροχής ανάμεσα στις εναλλακτικές.....	19
Εικόνα 4: Θετική ροή προτίμησης Φ^+	20
Εικόνα 5: Αρνητική ροή προτίμησης Φ^-	20
Εικόνα 6: Ολική ροή Φ και κατάταξη.....	21
Διάγραμμα 1: Συνδρομές κινητής τηλεφωνίας ανά χώρα.....	22
Διάγραμμα 2: Τηλεφωνικές γραμμές ανά χώρα.....	23
Διάγραμμα 3: Χρέωση τοπικών εγχώριων κλήσεων ανά χώρα /10λεπτά.....	24
Διάγραμμα 4: Χρέωση υπεραστικών εγχώριων κλήσεων ανά χώρα /10λεπτά.....	25
Διάγραμμα 5: Ετήσια απεσταλμένα μηνύματα ανά χώρα.....	26
Διάγραμμα 6: Ετήσια έσοδα κινητής τηλεφωνίας ανά χρήστη.....	27
Διάγραμμα 7: Ετήσια έσοδα του τομέα τηλεπικοινωνιών ανά χώρα.....	28
Διάγραμμα 8: Σύγκριση Μεθόδων.....	36
Διάγραμμα 9: Σύγκριση Μεθόδων.....	36

2. Πολυκριτήρια Ανάλυση Αποφάσεων

Η πρώτη αναφορά εισαγωγής πολλαπλών κριτηρίων στη διαδικασία λήψης μιας απόφασης μπορεί να θεωρηθεί μια μέθοδος που χρησιμοποιούσε ο Benjamin Franklin τον 18^ο αιώνα για να πάρει αποφάσεις και η οποία περιλάμβανε ένα απλό φύλλο χαρτί. Στη μία πλευρά του χαρτιού έγραφε τα θετικά επιχειρήματα και στην άλλη τα αρνητικά και εν συνεχεία διέγραφε και από τις δύο πλευρές τα επιχειρήματα που θεωρούνταν ισάξια σημασίας. Έτσι η πλευρά που έμενε στο τέλος με επιχειρήματα ήταν αυτή που έπρεπε να υποστηρίξει. Οι Von Neumann και Morgenstern ανέπτυξαν το 1944 την θεωρία χρησιμότητας η οποία όπως θα δούμε και στη συνέχεια αποτελεί τη βάση για ένα από τα κύρια θεωρητικά ρεύματα της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων. Λίγα χρόνια αργότερα το 1951 ο Koopmans εισήγαγε την έννοια του αποτελεσματικού συνόλου, του συνόλου δηλαδή των εναλλακτικών οι οποίες δεν κυριαρχούνται από καμία άλλη. Τη δεκαετία του 1960 οι έρευνες γύρω από το αντικείμενο της πολυκριτήριας ανάλυσης εντάθηκαν σε παγκόσμιο επίπεδο. Αρχικά ήταν οι Charnes και Cooper το 1961 και στη συνέχεια ο Fishburn το 1965 οι οποίοι προσπάθησαν να συνδέσουν τον γραμμικό προγραμματισμό και την θεωρία χρησιμότητας αντίστοιχα σε προβλήματα λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια. Προς τα τέλη της δεκαετίας το κύμα ερευνών έφτασε και στην Ευρώπη. Ο Bernard Roy ανέπτυξε το 1968 την θεωρία των σχέσεων υπεροχής και την οικογένεια μεθόδων ELECTRE και θεωρείται ο ιδρυτής της Ευρωπαϊκής σχολής της πολυκριτήριας ανάλυσης.

Τις επόμενες δεκαετίες και με την ραγδαία ανάπτυξη που συντελέστηκε στον τομέα της τεχνολογίας και της επιστήμης των υπολογιστών η πολυκριτήρια ανάλυση εξελίχθηκε σε σημαντικό βαθμό τόσο σε θεωρητικό επίπεδο όσο και σε πρακτικό και πλέον, με τη βοήθεια ειδικών λογισμικών λήψης αποφάσεων, βρίσκει εφαρμογή σε ένα ευρύ φάσμα πεδίων όπως πολιτικά ζητήματα, χρηματοοικονομικά, περιβαλλοντολογικά, ιατρικά κλπ. Ο τελικός στόχος της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων είναι η επιλογή μιας εναλλακτικής μέσα από ένα σύνολο επιλογών. Τα περισσότερα κριτήρια κάνουν την διαδικασία επίλυσης του προβλήματος πιο ρεαλιστική καθώς με αυτό τον τρόπο εξετάζονται περισσότερες πτυχές του. Τα προβλήματα πολυκριτήριας ανάλυσης αποτελούν προβλήματα με χαμηλό βαθμό δόμησης λόγω της ύπαρξης πολλαπλών και αντικρουόμενων κριτηρίων. Ο Dyer το 1973 έθεσε ένα πλαίσιο μοντελοποίησης το οποίο περιέχει 4 στάδια:

- Αντικείμενο απόφασης
- Συνεπής οικογένεια κριτηρίων
- Μοντέλο ολικής προτίμησης
- Υποστήριξη της απόφασης

Στο πρώτο στάδιο ορίζεται το πρόβλημα και οι εναλλακτικές. Στη συνέχεια ορίζεται η προβληματική της ανάλυσης. Υπάρχουν 4 τύποι προβληματικών:

Η προβληματική α αναφέρεται στο πρόβλημα της επιλογής μιας ή περισσότερων εναλλακτικών.

Η προβληματική β αναφέρεται στο πρόβλημα κατάταξης των εναλλακτικών.

Η προβληματική γ αναφέρεται στο πρόβλημα ταξινόμησης των εναλλακτικών σε παρόμοιες κατηγορίες.

Η προβληματική δ αναφέρεται στην περιγραφή των εναλλακτικών.

Στο δεύτερο στάδιο διαμορφώνεται η οικογένεια κριτηρίων. Είναι σημαντικό να υπάρχει συνέπεια σε αυτό το στάδιο λόγω του πλήθους των κριτηρίων.

Στη συνέχεια γίνεται η κατασκευή του μοντέλου ολικής προτίμησης με σκοπό την ολοκλήρωση του στόχου ανάλογα με την προβληματική που έχει τεθεί. Το μοντέλο χρησιμοποιείται για ανάλυση και αξιολόγηση των εναλλακτικών. Η ανάπτυξη του μοντέλου γίνεται από τον αποφασίζοντα σε συνεργασία με ειδικό αναλυτή, ή αναλύοντας τις αποφάσεις του αποφασίζοντα. Το τελευταίο στάδιο είναι συμπληρωματικό του προηγούμενου και η ύπαρξή του οφείλεται στην ανάγκη απάντησης σε ερωτήματα που προκύπτουν από τον λήπτη ή ακόμα και το ίδιο το πρόβλημα.

2.1 Βασικές Έννοιες

Οι κυρίαρχες έννοιες που παρουσιάζονται στην πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων είναι οι εξής:

Αποφασίζων-λήπτης

Ο αποφασίζων είναι αυτός στον οποίο απευθύνεται όλη η διαδικασία της ανάλυσης και παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στη διαδικασία της απόφασης. Είναι αυτός που θέτει τα κριτήρια, τις προτιμήσεις και τους στόχους του και μπορεί να είναι είτε ένα μεμονωμένο άτομο, είτε ένα σύνολο ατόμων με κοινό σκοπό.

Εναλλακτικές

Οι εναλλακτικές στην πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων, είναι οι οντότητες εκείνες που θα εξεταστούν και θα αξιολογηθούν κατά τη διαδικασία της ανάλυσης. Σε ένα πρόβλημα απόφασης οι εναλλακτικές λέγονται επίσης και λύσεις του προβλήματος και είναι οι δράσεις ή οι ενέργειες που εξετάζει ο αποφασίζων με σκοπό να καταλήξει στην ιδανικότερη γι' αυτόν. Το σύνολο των εναλλακτικών πρέπει να είναι ομοιογενές. Να αποτελείται δηλαδή από εναλλακτικές οι οποίες δεν παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές στα επιμέρους κριτήρια. Για παράδειγμα αν το πρόβλημα είναι επιλογή αυτοκινήτου θα ήταν αδύνατο να βρίσκονται στο ίδιο σύνολο όλα τα αυτοκίνητα της αγοράς, αλλά μόνο κάποια συγκεκριμένα που μας ενδιαφέρουν. Επίσης το σύνολο θεωρείται αμετάβλητο στο πέρασμα του χρόνου και στις περιβαλλοντικές αλλαγές. Έτσι επιτυγχάνεται η απλούστευση του η οποία οδηγεί στην ευκολότερη ανάλυση και τελικά λύση του προβλήματος.

Κριτήρια

Τα κριτήρια είναι μεταβλητές που δηλώνουν τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα. Ουσιαστικά αποτελούν τα χαρακτηριστικά των εναλλακτικών. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι με τους οποίους μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε τα κριτήρια. Ανάλογα το βήμα αύξησης τιμής τους και την περιοχή τιμών χωρίζονται σε κριτήρια **αύξουσας κλίμακας και φθίνουσας κλίμακας**. Στα κριτήρια αύξουσας κλίμακας η σχέση κριτηρίου-προτίμησης είναι ανάλογη, δηλαδή όσο αυξάνει η τιμή αυξάνει και η προτίμηση μας και αντίστοιχα μειώνεται όσο μειώνεται και η τιμή. Στα κριτήρια φθίνουσας κλίμακας η σχέση τιμής-προτίμησης είναι αντιστρόφως ανάλογη, δηλαδή όσο αυξάνεται η τιμή του κριτηρίου μειώνεται η προτίμηση μας και αντίστοιχα όσο μειώνεται η τιμή αυξάνεται η προτίμηση μας. Είναι σημαντικό να αναφέρεται και η μονάδα μέτρησης του κριτηρίου για να καταλάβουμε σε ποια κλίμακα ανήκει.

Ονομαστικά κριτήρια είναι αυτά που χρησιμοποιούνται ως κριτήρια αποκοπής. Δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά τη διαδικασία της αξιολόγησης γι' αυτό καλό είναι να χρησιμοποιούνται πριν από αυτήν με σκοπό την μείωση του

πλήθους των εναλλακτικών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου κριτηρίου είναι το χρώμα.

Τα κριτήρια **κατάταξης** είναι αυτά που χρησιμοποιούνται για την κατάταξη/αξιολόγηση των εναλλακτικών. Σε αυτά τα κριτήρια λειτουργεί η διαδικασία παραχωρήσεων σύμφωνα με την οποία ότι 'χάνουμε' από ένα κριτήριο, το κερδίζουμε από ένα άλλο. Τα περισσότερα κριτήρια είναι κριτήρια κατάταξης(τιμή, ασφάλεια, αξιοπιστία κλπ).

Ποσοτικά είναι τα κριτήρια των οποίων η τιμή εκφράζεται από έναν αριθμό και μια μονάδα μέτρησης όπως η τιμή, το κόστος κ.α. Η πλειονότητα των κριτηρίων είναι ποσοτικά. Τα **ποιοτικά** κριτήρια δεν είναι άμεσα μετρήσιμα και μετριοούνται με τη βοήθεια κλίμακας τις περισσότερες φορές τριών ή πέντε βαθμών. Τέτοια κριτήρια είναι η ικανοποίηση, η ασφάλεια, η αξιοπιστία κ.α.

Δομές Προτίμησης

Ως προτίμηση μπορεί να ορισθεί η απόδοση μεγαλύτερης αξίας ή σημασίας σε κάποιον. Όπως λοιπόν γίνεται εύκολα αντιληπτό ο ανθρώπινος παράγοντας παίζει καθοριστικό ρόλο στην προτίμηση. Έτσι ενώ ο χαρακτήρας των μετρήσεων είναι αντικειμενικός, αυτός της προτίμησης είναι καθαρά υποκειμενικός.

Οι βασικές δομές προτίμησης ανάμεσα σε δύο μεταβλητές A και B είναι:

1. **Ισχυρή προτίμηση:** Έχουμε όταν η A προτιμάται ισχυρά της B.
2. **Ασθενής προτίμηση:** Έχουμε όταν η A είναι ασθενώς προτιμότερη της B.
3. **Αδιαφορία:** Έχουμε όταν οι δύο μεταβλητές θεωρούνται ισοδύναμες ή αδιάφορες
4. **Μη συγκρίσιμες:** Η περίπτωση όπου οι δύο μεταβλητές είναι αδύνατο να συγκριθούν.

2.2 Θεωρητικά Ρεύματα

Πολυστοχικός Μαθηματικός Προγραμματισμός (Multiobjective Mathematical Programming)

Ο πολυστοχικός ή πολυκριτήριος μαθηματικός προγραμματισμός είναι μια επέκταση του κλασσικού μαθηματικού προγραμματισμού στην περίπτωση που υπάρχουν πολλαπλές αντικειμενικές συναρτήσεις προς βελτιστοποίηση. Σε αντίθεση με τον κλασσικό προγραμματισμό δεν υφίσταται η έννοια της ιδανικής λύσης. Αυτό γίνεται διότι υπάρχουν περισσότερες από μία συναρτήσεις προς βελτιστοποίηση και θεωρείται ανέφικτο να υπάρχει λύση που να είναι η βέλτιστη σε όλες καθώς υφίσταται η έννοια του ανταγωνισμού ανάμεσα τους. Έτσι η επίλυση του προβλήματος επιτυγχάνεται όταν βρεθεί μια ικανοποιητική-συμβιβαστική λύση για τον αποφασίζοντα.

Πολυκριτήρια Θεωρία Χρησιμότητας

Η πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας (Multiattribute Utility Theory) αναπτύχθηκε την δεκαετία του 1960 και αποτελεί γενίκευση της κλασσικής θεωρίας χρησιμότητας, η οποία παρέχει έναν τρόπο σύγκρισης της ικανοποίησης που λαμβάνει ένα άτομο. Είναι αναπόσπαστο κομμάτι της ανάπτυξης των αρχών πολυκριτήριας ανάλυσης επηρεάζοντας, άλλοτε άμεσα και άλλοτε έμμεσα, όλα τα θεωρητικά ρεύματα. Σκοπός της πολυκριτήριας θεωρίας χρησιμότητας είναι η μοντελοποίηση του συστήματος αξιών που χρησιμοποιεί ο αποφασίζοντας, με τη βοήθεια μιας συνάρτησης χρησιμότητας. Η συνάρτηση αυτή δημιουργείται συνήθως από τον αποφασίζοντα σε συνεργασία με κάποιον ειδικό αναλυτή.

Θεωρία Σχέσεων Υπεροχής

Σκοπός της θεωρίας σχέσεων υπεροχής είναι η μοντελοποίηση των προτιμήσεων του αποφασίζοντα. Αυτό επιτυγχάνεται από τον ίδιο τον αποφασίζοντα σε συνεργασία με έναν ειδικό αναλυτή αποφάσεων. Σε αντίθεση με την πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας, στη θεωρία σχέσεων υπεροχής το μοντέλο αυτό δεν έχει την μορφή συνάρτησης αλλά εκφράζεται μέσω των σχέσεων προτίμησης ανάμεσα στις εναλλακτικές. Οι σχέσεις υπεροχής είναι διμερείς σχέσεις που επιτρέπουν την εκτίμηση της ισχύς της υπεροχής μιας εναλλακτικής απέναντι σε μια άλλη. Η σχέση υπεροχής δεν είναι μεταβατική, πράγμα που σημαίνει πως αν για τρεις εναλλακτικές A, B, Γ η A υπερισχύει της B και η B υπερισχύει της Γ, δεν ισχύει ότι και η A θα υπερισχύει της Γ. Επίσης οι σχέσεις υπεροχής δεν είναι πλήρεις. Η σχέση της ασυγκριτότητας καθιστά δυνατή την μοντελοποίηση και την αντιμετώπιση περιπτώσεων όπου οι εναλλακτικές παρουσιάζουν διαφορές στα κριτήρια και η σύγκριση μεταξύ τους δυσκολεύει. Η μεθοδολογία των σχέσεων υπεροχής υλοποιείται σε τρία στάδια:

1. Διαμόρφωση του προβλήματος και προσδιορισμός των προτιμήσεων του αποφασίζοντα.
2. Κατασκευή σχέσεων υπεροχής μεταξύ των εναλλακτικών.
3. Εξέταση των αποτελεσμάτων των συγκρίσεων.

Αναλυτική-Συνθετική προσέγγιση

Όπως προαναφέρθηκε στις προηγούμενες ενότητες, η πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας και η θεωρία των σχέσεων υπεροχής εστιάζουν στην μοντελοποίηση του συστήματος αξιών και προτιμήσεων του αποφασίζοντα μέσω μιας προκαθορισμένης μαθηματικής μορφής (συνάρτηση χρησιμότητας ή σχέση υπεροχής). Σε αντίθεση με αυτά τα δύο ρεύματα, η αναλυτική-προσθετική προσέγγιση επικεντρώνεται στην ανάπτυξη ενός γενικού μεθοδολογικού πλαισίου

το οποίο χρησιμοποιείται για την ανάλυση των αποφάσεων του αποφασίζοντα με σκοπό τον καθορισμό ενός κατάλληλου υποδείγματος σύνθεσης των κριτηρίων το οποίο ανταποκρίνεται στο σύστημα αξιών και προτιμήσεων του αποφασίζοντα.

Η διαδικασία που χρησιμοποιούν η πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας και η θεωρία σχέσεων υπεροχής θεωρείται εμπρόσθια (forward) και βασίζεται στην επικοινωνία με τον αποφασίζοντα. Αντίθετα, η αναλυτική-προσθετική προσέγγιση ακολουθεί μια ανάστροφη διαδικασία (backward). Θεωρεί ότι ο αποφασίζοντας ακολουθεί (ακόμα και ασυνείδητα) ένα σύστημα αξιών και προτιμήσεων το οποίο τον οδηγεί στις αποφάσεις που λαμβάνει και προσπαθεί να εντοπίσει τον τρόπο με τον οποίο λαμβάνονται οι αποφάσεις μέσω της ανάλυσης σχέσης μεταξύ των αποφάσεων και των επιδόσεων των εναλλακτικών στα κριτήρια αξιολόγησης.

Η διαδικασία αυτή που χρησιμοποιείται στην αναλυτική-προσθετική προσέγγιση είναι παρόμοια με την διαδικασία της στατιστικής παλινδρόμησης. Συγκεκριμένα η ανάλυση των προτιμήσεων του αποφασίζοντα γίνεται σε ένα περιορισμένο σύνολο εναλλακτικών, το σύνολο αναφοράς. Έπειτα χρησιμοποιούνται τεχνικές παλινδρόμησης που βασίζονται στον μαθηματικό προγραμματισμό και προκύπτει η συνάρτηση χρησιμότητας η οποία αναπαράγει τις αποφάσεις του αποφασίζοντα, όπως αυτές εκφράστηκαν στο σύνολο αναφοράς. Έτσι κάθε εναλλακτική αποκτά ένα μέτρο αξίας τέτοιο ώστε όσο μεγαλύτερο είναι το μέτρο αυτό, τόσο καλύτερη είναι η εναλλακτική.

2.3 Μέθοδοι πολυκριτήριας ανάλυσης

2.3.1 AHP

Το μοντέλο αναλυτικής ιεράρχησης AHP (Analytic Hierarchy Process) αναπτύχθηκε την δεκαετία του 1970 από τον Thomas L. Saaty και πλέον θεωρείται μια από τις σημαντικότερες και περισσότερο διαδομένες μεθόδους πολυκριτήριας ανάλυσης. Στην AHP ο χρήστης διασπά το πρόβλημα σε μια ιεραρχία από υπό-προβλήματα τα οποία είναι ευκολότερα στην κατανόηση και μπορούν να εξεταστούν ανεξάρτητα. Η μέθοδος στη συνέχεια μετατρέπει τις αξιολογήσεις που προκύπτουν σε αριθμητικές τιμές τις οποίες χρησιμοποιεί για να κάνει συγκρίσεις και να παράγει την τελική κατάταξη των εναλλακτικών. Το συνολικό πρόβλημα τοποθετείται στην κορυφή και αποτελεί το ανώτατο επίπεδο της ιεραρχίας. Στις περισσότερες περιπτώσεις το δεύτερο επίπεδο αποτελείται από τους στόχους οι οποίοι πρέπει να υλοποιηθούν ώστε να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα. Στο τρίτο τοποθετούνται οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την επίτευξη των στόχων και στη συνέχεια μπορούν να υπάρχουν αρκετά επίπεδα. Τα τελευταία από αυτά περιλαμβάνουν είτε τις εναλλακτικές από τις οποίες θα επιλεγεί κάποια ως λύση του προβλήματος, είτε τους προς κατανομή πόρους. Στη συνέχεια δημιουργείται ένας πίνακας όπου τα στοιχεία του δευτέρου επιπέδου συγκρίνονται κατά ζεύγη

σχετικά με τον στόχο του πρώτου επιπέδου. Αντίστοιχα τα στοιχεία του τρίτου επιπέδου συγκρίνονται αναφορικά με τα στοιχεία του δεύτερου κλπ. Το επόμενο βήμα είναι ο υπολογισμός των τοπικών βαρών με τα αποτελέσματα των συγκρίσεων του προηγούμενου βήματος και στη συνέχεια προκύπτουν τα συνολικά βάρη. Τα συνολικά βάρη περιγράφουν τη σπουδαιότητα του κριτηρίου σε σχέση με τον γενικό στόχο. Το άθροισμα των συνολικών βαρών για κάθε εναλλακτική είναι αυτό που καθορίζει και την τελική κατάταξη της εναλλακτικής.

2.3.2 ELECTRE

Η μέθοδος ELECTRE ((Elimination Et Choix Traduisant la REalité) (Elimination and Choice Expressing Reality)) ξεκίνησε στα μέσα της δεκαετίας του 1960 από τον Bernard Roy και συνεργάτες του στην εταιρεία τεχνολογίας πληροφοριών SEMA και ακολουθεί την θεωρία των σχέσεων υπεροχής. Οι σχέσεις υπεροχής για δύο εναλλακτικές A και B στη μέθοδο ELECTRE απαιτούν δύο είδη συγκρίσεων: μια σύγκριση ανάμεσα στα κριτήρια που η εναλλακτική A υπερέχει της B και μια όπου δεν υπερέχει. Οι συγκρίσεις αυτές γίνονται με βάση τους ελέγχους συμφωνίας και ασυμφωνίας. Πχ αν έχουμε να κάνουμε με κριτήριο ελαχιστοποίησης μια σχέση της μορφής $A > B$ δεν περνάει τον έλεγχο συμφωνίας ενώ μια της μορφής $A < B$ περνάει. Το αντίθετο ισχύει στον έλεγχο ασυμφωνίας. Ο έλεγχος αυτός πραγματοποιείται στα κριτήρια που η A είναι χειρότερη από την B. Σε περίπτωση που μια εναλλακτική τα πηγαίνει πολύ καλά σε κάποια κριτήρια και ταυτόχρονα πολύ άσχημα σε άλλα υπάρχει πιθανότητα να περάσει τον έλεγχο συμφωνίας, όμως όχι τον έλεγχο ασυμφωνίας. Για να ισχύει μια σχέση υπεροχής πρέπει να ισχύουν και οι δύο έλεγχοι. Η οικογένεια ELECTRE αποτελείται από αρκετές μεθόδους οι οποίες έχουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά η κάθε μία και χρησιμοποιούνται στα ανάλογα προβλήματα. Για παράδειγμα, η ELECTRE 1 χρησιμοποιείται σε προβλήματα επιλογής, οι 2,3,4 και 5 σε προβλήματα κατάταξης και η ELECTRE TRI σε ταξινόμησης.

2.3.3 Goal Programming

Το Goal Programming είναι ένα παρακλάδι του προγραμματισμού πολλαπλών αντικειμένων ή απλώς μια επέκταση του γραμμικού προγραμματισμού η οποία είναι ικανή να χειριστεί πολλές και αντικρουόμενες μετρήσεις. Χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1955 από τους Cooper, Charnes και Ferguson και εφαρμόζεται σε 3 κατηγορίες ανάλυσης:

1. Καθορισμό του βαθμού επίτευξης των στόχων με τους διαθέσιμους πόρους.
2. Καθορισμό των απαραίτητων πόρων για την επίτευξη των επιθυμητών στόχων.
3. Παροχή της πιο ικανοποιητικής λύσης με ποικίλο πλήθος πόρων και προτεραιοτήτων των στόχων.

Και οι δύο τεχνικές αποτελούν γραμμικά μαθηματικά μοντέλα που προσπαθούν να επιτύχουν βέλτιστες λύσεις, ωστόσο παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές. Ο

γραμμικός προγραμματισμός ασχολείται κυρίως με προβλήματα μεγιστοποίησης και ελαχιστοποίησης αντικειμενικών συναρτήσεων ενώ ο προγραμματισμός στόχων αντιμετωπίζει προβλήματα επίτευξης προκαθορισμένων στόχων ή σκοπών. Δηλαδή ενώ ο γραμμικός προγραμματισμός στοχεύει στην βελτιστοποίηση μιας συνάρτησης, ο προγραμματισμός στόχων ψάχνει λύσεις κατά τις οποίες το ποσό των σταθμισμένων αποκλίσεων από τους επιμέρους στόχους να είναι ελάχιστο.

2.3.4 Macbeth

Η μέθοδος Macbeth (Measuring Attractiveness through a Categorical-Based Evaluation Technique) σχεδιάστηκε από τον Carlos Antonio Bana e Costa του πανεπιστημίου της Λισσαβόνας σε συνεργασία με τους Βέλγους J.C Vansnik και J.M Corte και αποτελεί σύμφωνα με τους ιδίους εξέλιξη και βελτίωση της AHP. Η κύρια διαφορά της Macbeth σε σχέση με άλλες μεθόδους πολυκριτήριας ανάλυσης είναι ότι χρειάζεται μόνο ποιοτικούς χαρακτηρισμούς σχετικά με τη διαφορά ελκυστικότητας ανάμεσα σε δύο εναλλακτικές για να μπορέσει να παράγει αριθμητικές βαθμολογίες για κάθε κριτήριο και να υπολογίσει τα βάρη των κριτηρίων. Οι 7 κατηγορίες ποιοτικών χαρακτηρισμών που χρησιμοποιεί είναι οι: καθόλου, πολύ αδύναμη, αδύναμη, μέτρια, δυνατή, πολύ δυνατή, ακραία διαφορά ελκυστικότητας. Πρόκειται επομένως για μια αλληλεπιδραστική μέθοδο η οποία μέσω μιας διαδικασίας υποβολής ερωτημάτων στον λήπτη δημιουργεί διμερείς σχέσεις ανάμεσα στις εναλλακτικές και βοηθά τον λήπτη να εκτιμήσει τη συνολική ελκυστικότητα τους στα κριτήρια που έχει επιλέξει.

2.3.5 MAVT

Η μέθοδος MAVT (Multi-attribute Value Theory) ανακαλύφθηκε στα μέσα της δεκαετίας του 1970 και αποτελεί την πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνική για την επίλυση πολυκριτηριακών προβλημάτων κατάταξης. Η ιδιαιτερότητα της είναι πως μετατρέπει τις επιδόσεις των εναλλακτικών σε κάθε κριτήριο σε επιδόσεις προτίμησης για τον αποφασίζοντα, ο οποίος καθορίζει για κάθε κριτήριο μια συνάρτηση αξίας. Οι συναρτήσεις αυτές έχουν συνήθως κυρτή, κοίλη, ή γραμμική μορφή. Η μέθοδος υλοποιείται στα παρακάτω βήματα:

- Καθορισμός των κριτηρίων και των εναλλακτικών.
- Αξιολόγηση κάθε εναλλακτικής ξεχωριστά για κάθε κριτήριο.
- Ορισμός βαρών των κριτηρίων ανάλογα με τη σημαντικότητα τους.
- Προσδιορισμός του συνολικού μέτρου αξίας κάθε εναλλακτικής αθροίζοντας τα γινόμενα των αξιολογήσεων των εναλλακτικών ως προς κάθε κριτήριο, με το βάρος του αντίστοιχου κριτηρίου.
- Κατάταξη κάθε εναλλακτικής σύμφωνα με την τιμή της συνάρτησης αξίας.

2.3.6 TOPSIS

Η μέθοδος TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) ξεκίνησε ως μια εναλλακτική για την μέθοδο ELECTRE από τους Hwang και Yoon το 1981. Η κεντρική ιδέα της μεθόδου είναι πως η εναλλακτική που θα επιλέξει τελικά ο αποφασίζων πρέπει να έχει την ελάχιστη γεωμετρική απόσταση από την ιδανική λύση και την μεγαλύτερη γεωμετρική απόσταση από την χειρότερη. Η μέθοδος υλοποιείται στα παρακάτω βήματα: Πρώτα γίνεται κανονικοποίηση του πίνακα τιμών για να γίνουν διαχειρίσιμες όλες οι τιμές. Έπειτα οι τιμές αυτές πολλαπλασιάζονται με τα βάρη των κριτηρίων. Στη συνέχεια υπολογίζεται η καλύτερη και η χειρότερη εναλλακτική για κάθε κριτήριο και κατόπιν η γεωμετρική απόσταση κάθε εναλλακτικής από την καλύτερη και την χειρότερη λύση. Τέλος υπολογίζεται η απόσταση κάθε εναλλακτικής από την φανταστική ιδανική λύση.

2.3.7 PROMETHEE

Η μέθοδος Promethee (Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations) ακολουθεί τη θεωρία των σχέσεων υπεροχής και κάνει διμερείς συγκρίσεις ανάμεσα στις εναλλακτικές. Οι πρώτες αναφορές της μεθόδου προσδίδονται στον Barns και χρονολογούνται στις αρχές της δεκαετίας του 1980 ενώ η εξέλιξη της προτάθηκε το 1994 από τους Brans και Marescal. Πρόκειται για μια απλή τεχνική στην κατανόηση και την εφαρμογή η οποία γι' αυτό τον λόγο βρίσκει εφαρμογή σε πολλούς τομείς (περιβάλλον, οικονομικά κ.α). Η μέθοδος εφαρμόζεται σε 4 βασικά στάδια: Στην αρχή υπολογίζεται για κάθε ζεύγος εναλλακτικών ο βαθμός προτίμησης, έπειτα υπολογίζεται ο βαθμός υπεροχής ανάμεσα στις εναλλακτικές, στη συνέχεια η θετική ($\Phi+$) και η αρνητική ροή ($\Phi-$) και τέλος η συνολική ροή Φ , από την οποία και προκύπτει το τελικό αποτέλεσμα.

2.3.8 Vikor

Η μέθοδος VIKOR ((Vise Kriterijumska Optimizacijal Kompromisno Resenje) (Multicriteria Optimization and Compromise Solution) αναπτύχθηκε από τον Σέρβο Serafim Opricovic για την επίλυση προβλημάτων με αντικρουόμενα και αντισταθμιστικά κριτήρια. Η εύρεση λύσης που να βελτιστοποιεί ταυτόχρονα όλα τα κριτήρια είναι ανέφικτη. Έτσι στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται η βελτιστοποίηση κατά Παρέτο που έχει σαν γνώρισμα της ότι η βελτίωση ενός κριτηρίου έχει ως αποτέλεσμα την χειροτέρευση του άλλου. Η συμβιβαστική λύση που προκύπτει παρέχει μια μέγιστη ωφέλεια του συνόλου της πλειοψηφίας και μια ελάχιστη ατομική διαφορά του αντιπάλου. Γι' αυτό το λόγο σε αυτή τη μέθοδο γίνεται αποδεκτός ο συμβιβασμός με σκοπό την αποφυγή συγκρούσεων. Έτσι ο λήπτης δέχεται σαν καλύτερη συμβιβαστική λύση, την εναλλακτική η οποία βρίσκεται πιο κοντά στην ιδεατή λύση.

3.Περιγραφή προβλήματος

Το πρόβλημα με το οποίο καταπιάνεται η εργασία έχει να κάνει με τις τηλεπικοινωνίες και την κινητή τηλεφωνία στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Για να γίνει η εφαρμογή σε μεθόδους πολυκριτήριας ανάλυσης έγινε εκτεταμένη έρευνα σε ιστότοπους στατιστικών στοιχείων όπως Eurostat, OECD, ITU, UN κ.α, για την συλλογή κριτηρίων τα οποία θα χρησιμοποιηθούν στις μεθόδους. Τελικώς επιλέχθηκαν τα παρακάτω:

1. Συνδρομές κινητής τηλεφωνίας ανά χώρα
2. Τηλεφωνικές γραμμές ανά χώρα
3. Χρέωση τοπικών εγχώριων κλήσεων
4. Χρέωση εθνικών εγχώριων κλήσεων
5. Απεσταλμένα μηνύματα ανά χώρα
6. Ετήσια έσοδα κινητής τηλεφωνίας ανά χρήστη
7. Ετήσια έσοδα του τομέα των τηλεπικοινωνιών ανά χώρα

Οι τιμές των κριτηρίων για κάθε χώρα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 1: Τιμές κριτηρίων για κάθε χώρα

Χώρα	Συνδρομητές κινητής τηλεφωνίας	Τηλεφωνικές γραμμές	Χρέωση τοπικών κλήσεων/10 λεπτά	Χρέωση εθνικών κλήσεων/10 λεπτά	Απεσταλμένα μηνύματα	Ετήσια έσοδα κινητής τηλεφωνίας ανά χρήστη	Ετήσια έσοδα του τομέα τηλεπικοινωνιών ανά χώρα(mil. €)
Austria	13211655	3349000	0,54	0,54	5740000000	178,01	4390
Belgium	13161637	4587689	0,63	0,63	14772600000	235,78	8558
Bulgaria	11867450	1942424	0,16	0,5	661979000	63,62	1421
Croatia	5150767	1576895	0,28	0,42	3490051000	127,4	1703
Cyprus	1113629	349108	0,18	0,18	1580785000	242,17	570

Πτυχιακή εργασία του φοιτητή Δημήτρη Παναγιώτου

Czech Republic	13296596	1997000	0,65	0,65	7637250000	163,31	4620
Denmark	8407302	2104199	0,13	0,13	13300473000	247,61	5004
Estonia	2013282	426490	0,25	0,25	217832000	99,43	731
Finland	9310000	752200	0,34	1,01	3800000000	163,42	4900
France	72570848	39079000	0,36	0,77	62906000000	259,75	50336
Germany	104118975	48700000	0,29	0,29	34400000000	190	58020
Greece	13642852	5332521	0,32	0,76	7626040000	168,12	6051
Hungary	11262201	2978018	0,46	1,12	1887422000	128,22	2768
Ireland	5614744	2034473	0,58	0,92	11912851000	270,65	4098
Italy	99096999	20926498	0,22	1,15	28759324000	152,81	40980
Latvia	4682946	480000	0,36	1,04	7938261000	42,39	348
Lithuania	4988027	624770	0,39	0,79	9235479000	55,04	658
Luxemburg	797900	267600	0,31	0,64	438500000	279,67	575
Malta	554703	231331	0,25	0,31	496601000	171,43	236
Netherlands	20153000	7125486	0,6	0,6	8162412000	237,12	12207
Poland	51946565	5299000	0,51	1,02	46696757000	95,22	9935
Portugal	16734162	4529794	0,37	0,38	25472917000	133,45	5357
Romania	22600176	4740000	0,24	0,24	7442000000	53,19	3646

Slovakia	6550634	967106	0,75	1,15	1361337000	164,4	2179
Slovenia	2252129	791981	0,29	0,29	997847000	216	1255
Spain	55349108	19105275	0,3	0,97	8242524000	214	32886
Sweden	14057100	3886900	0,29	0,29	16277000000	227,29	8270
United Kingdom	82907945	33383853	0,77	0,77	31278300000	240,71	53628

4.Η μέθοδος PROMETHEE

4.1 Ανάλυση - περιγραφή

Η Preference Ranking Organization METHod for Enrichment of Evaluations, ή απλά η μέθοδος PROMETHEE αναπτύχθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1980 από τον Jean-Pierre Brans και στη συνέχεια εξελίχθηκε και υλοποιήθηκε από τον ίδιο μαζί με τον Bertrand Mareschal. Το πρώτο επιστημονικό άρθρο σχετικά με την μέθοδο δημοσιεύτηκε το 1982 από τον Brans και μέχρι σήμερα περισσότερα από 1350 άρθρα έχουν δημοσιευτεί παγκοσμίως, μεταξύ των οποίων και 81 στη χώρα μας μέχρι το 2016. Τα κυρίως πεδία εφαρμογής της PROMETHEE είναι το περιβάλλον, οι βιομηχανίες, ο τομέας των υπηρεσιών, η ενέργεια και ο τομέας των οικονομικών. Η μέθοδος PROMETHEE ανήκει στη θεωρία των σχέσεων υπεροχής. Η τελική κατάταξη των εναλλακτικών προκύπτει από τις ανά ζεύγος συγκρίσεις μεταξύ τους ως προς τα κριτήρια που έχουν τεθεί. Είναι μια εύκολα κατανοητή και εφαρμόσιμη μέθοδος, η οποία προσαρμόζεται κατάλληλα σε προβλήματα λήψης αποφάσεων.

Η είσοδος στην PROMETHEE είναι ένας πίνακας με την λίστα από τις εναλλακτικές, τα κριτήρια του λήπτη, τα βάρη W που αυτός έχει θέσει, το κατώφλι προτίμησης P και το κατώφλι αδιαφορίας Q .

Τα βάρη χρησιμοποιούνται για να εκφράσουν πόσο πολύ επηρεάζει το κάθε κριτήριο τον χρήστη στην απόφαση του. Σε περίπτωση που δεν είναι ισοδύναμα, τότε το άθροισμά τους πρέπει να είναι ακριβώς 1.

Το κατώφλι αδιαφορίας είναι ένα όριο μέχρι το οποίο δύο εναλλακτικές θεωρούνται ισοδύναμες.

Το κατώφλι προτίμησης είναι ένα όριο το οποίο όταν το ξεπερνά η διαφορά δύο εναλλακτικών τότε υπάρχει σαφής προτίμηση προς κάποια από τις δύο, ανάλογα με το αν το εξεταζόμενο κριτήριο είναι προς μεγιστοποίηση ή ελαχιστοποίηση.

Ο παρακάτω πίνακας είναι παράδειγμα εισαγωγής στο Visual PROMETHEE. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα ο λήπτης θέλει να αγοράσει ένα αυτοκίνητο και έχει να αποφασίσει ανάμεσα σε 6 εναλλακτικές: Luxury 1, Luxury 2, Tourism1, Tourism2, Sport και Economic. Τα κριτήρια που έχει επιλέξει ο λήπτης για να τον βοηθήσουν στην απόφαση του είναι 5: Price, Power, Consumption, Habitability, Comfort.

	Price	Power	Consumption	Habitability	Comfort
Bertrand					
Unit	k€	kW	L/100km	5-point	5-point
Cluster/Group	●	◆	●	■	■
Preferences					
Min/Max	min	max	min	max	max
Weight	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Preference Fn.	V-shape	Linear	V-shape	Level	Level
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	n/a	5	n/a	1,0	0,5
- P: Preference	€ 15,000	30	2,0	2,5	2,5
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics					
Minimum	€ 15,000	50	7,0	1,0	1,0
Maximum	€ 38,000	110	9,0	5,0	5,0
Average	€ 28,083	83	8,2	3,2	3,0
Standard Dev.	€ 7,407	18	0,7	1,3	1,3
Evaluations					
<input checked="" type="checkbox"/> Tourism B	€ 25,500	85	7,0	good	average
<input checked="" type="checkbox"/> Luxury 1	€ 38,000	90	8,5	good	very good
<input checked="" type="checkbox"/> Tourism A	€ 26,000	75	8,0	average	average
<input checked="" type="checkbox"/> Luxury 2	€ 35,000	85	9,0	very good	good
<input checked="" type="checkbox"/> Economic	€ 15,000	50	7,5	bad	very bad
<input checked="" type="checkbox"/> Sport	€ 29,000	110	9,0	very bad	bad

Εικόνα 1: Παράδειγμα εισαγωγής δεδομένων στην PROMETHEE

Για να συγκρίνουμε δύο εναλλακτικές αφαιρούμε τις τιμές τους ως προς το ίδιο κριτήριο. Ο βαθμός προτίμησης που προκύπτει είναι μεταξύ 0 και 1. Αν η απόλυτη τιμή της διαφοράς τους είναι μικρότερη από το κατώφλι αδιαφορίας τότε θεωρείται αμελητέα και ο βαθμός προτίμησης είναι 0. Αν είναι μεγαλύτερη από το κατώφλι προτίμησης τότε θεωρείται σημαντική και ο βαθμός προτίμησης είναι 1 που σημαίνει ότι κάποια από τις δύο εναλλακτικές προτιμάται. Αν το κριτήριο είναι προς μεγιστοποίηση προτιμάται αυτή με την μεγαλύτερη τιμή, αλλιώς προτιμάται η μικρότερη. Τέλος αν η τιμή της διαφορά τους βρίσκεται ανάμεσα στα δύο κατώφλια, τότε υπολογίζεται μια ενδιάμεση τιμή για τον βαθμό προτίμησης χρησιμοποιώντας μια γραμμική παρεμβολή. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για όλα τα πιθανά ζεύγη εναλλακτικών σε κάθε κριτήριο.

C2	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	0,00	1,00	1,00	0,33	0,60	0,00
A2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A3	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00
A4	0,00	0,73	0,67	0,00	0,27	0,00
A5	0,00	0,47	0,40	0,00	0,00	0,00
A6	0,20	1,00	1,00	0,53	0,80	0,00

Εικόνα

Εικόνα 2: Παράδειγμα σύγκρισης και βαθμού προτίμησης ενός προβλήματος

Στη συνέχεια υπολογίζεται ο βαθμός υπεροχής για την συνολική σύγκριση κάθε ζεύγους εναλλακτικών. Αυτό γίνεται προσθέτοντας τους βαθμούς προτίμησης κάθε κριτηρίου, επί το βάρος, δια το σύνολο των κριτηρίων.

π(α,β)	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	0,000	1,774	1,500	1,611	0,600	1,111
A2	2,778	0,000	2,333	2,000	1,778	3,000
A3	1,410	1,080	0,000	2,000	0,333	2,575
A4	2,393	3,035	1,831	0,000	1,344	1,274
A5	2,665	3,091	2,920	2,278	0,000	2,688
A6	1,720	2,393	1,500	2,589	0,800	0,000

Εικόνα 3: Σύγκριση και βαθμός υπεροχής ανάμεσα στις εναλλακτικές

Έπειτα υπολογίζεται η ολική ροή προτίμησης Φ αφού πρώτα υπολογιστούν η θετική και η αρνητική. Η θετική ροή προτίμησης προκύπτει από το άθροισμα των βαθμών υπεροχής, που υπολογίστηκαν στο προηγούμενο στάδιο, διά το σύνολο των κριτηρίων και αυτό που μας δείχνει στην ουσία είναι το πώς μια εναλλακτική προτιμάται συνολικά από τις υπόλοιπες.

$\pi(\alpha,\beta)$	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	0,000	1,774	1,500	1,611	0,600	1,111
A2	2,778	0,000	2,333	2,000	1,778	3,000
A3	1,410	1,080	0,000	2,000	0,333	2,575
A4	2,393	3,035	1,831	0,000	1,344	1,274
A5	2,665	3,091	2,920	2,278	0,000	2,688
A6	1,720	2,393	1,500	2,589	0,800	0,000

	A1	A2	A3	A4	A5	A6
$\Phi+$	1,319	2,378	1,480	1,976	2,728	1,800
$\Phi-$	2,193	2,275	2,017	2,096	0,971	2,130

Εικόνα 4: Θετική ροή προτίμησης $\Phi+$

Η αρνητική ροή κάθε εναλλακτικής υπολογίζεται αντίστοιχα και δείχνει πως οι υπόλοιπες εναλλακτικές προτιμώνται από την ίδια.

$\pi(\alpha,\beta)$	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	0,000	1,774	1,500	1,611	0,600	1,111
A2	2,778	0,000	2,333	2,000	1,778	3,000
A3	1,410	1,080	0,000	2,000	0,333	2,575
A4	2,393	3,035	1,831	0,000	1,344	1,274
A5	2,665	3,091	2,920	2,278	0,000	2,688
A6	1,720	2,393	1,500	2,589	0,800	0,000

	A1	A2	A3	A4	A5	A6
$\Phi+$	1,319	2,378	1,480	1,976	2,728	1,800
$\Phi-$	2,193	2,275	2,017	2,096	0,971	2,130

Εικόνα 5: Αρνητική ροή προτίμησης $\Phi-$

Τέλος υπολογίζεται η συνολική ροή των εναλλακτικών αφαιρώντας την αρνητική ροή από την θετική και έτσι προκύπτει και η τελική κατάταξη των εναλλακτικών.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Φ+	1,319	2,378	1,480	1,976	2,728	1,800
Φ-	2,193	2,275	2,017	2,096	0,971	2,130
Φnet	-0,874	0,103	-0,537	-0,120	1,757	-0,329
Rank	6	2	5	3	1	4

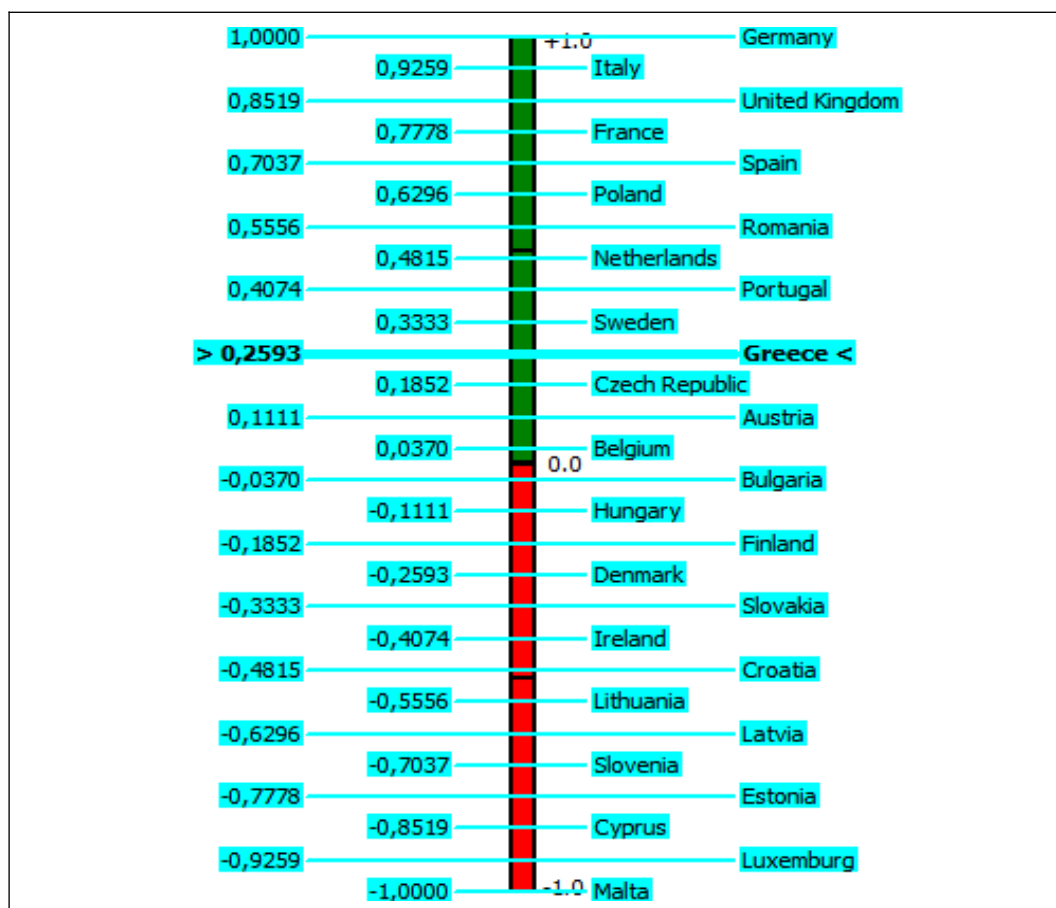
Εικόνα 6:Ολική ροή Φ και κατάταξη

4.2 Υλοποίηση

Η υλοποίηση της PROMETHEE έγινε στο λογισμικό Visual PROMETHEE. Τα κριτήρια και οι τιμές τους εισήχθησαν χειροκίνητα στο αρχικό πλαίσιο του λογισμικού όπως και όλες οι λεπτομέρειες (εναλλακτικές, βάρη, κατώφλια κλπ). Στη συνέχεια μελετήθηκαν διαγράμματα για κάθε κριτήριο με σκοπό την σύγκριση των εναλλακτικών.

Κριτήριο 1-Συνδρομές κινητής τηλεφωνίας

Το πρώτο κριτήριο που εξετάζουμε είναι οι συνδρομές κινητής τηλεφωνίας που έχει κάθε χώρα.



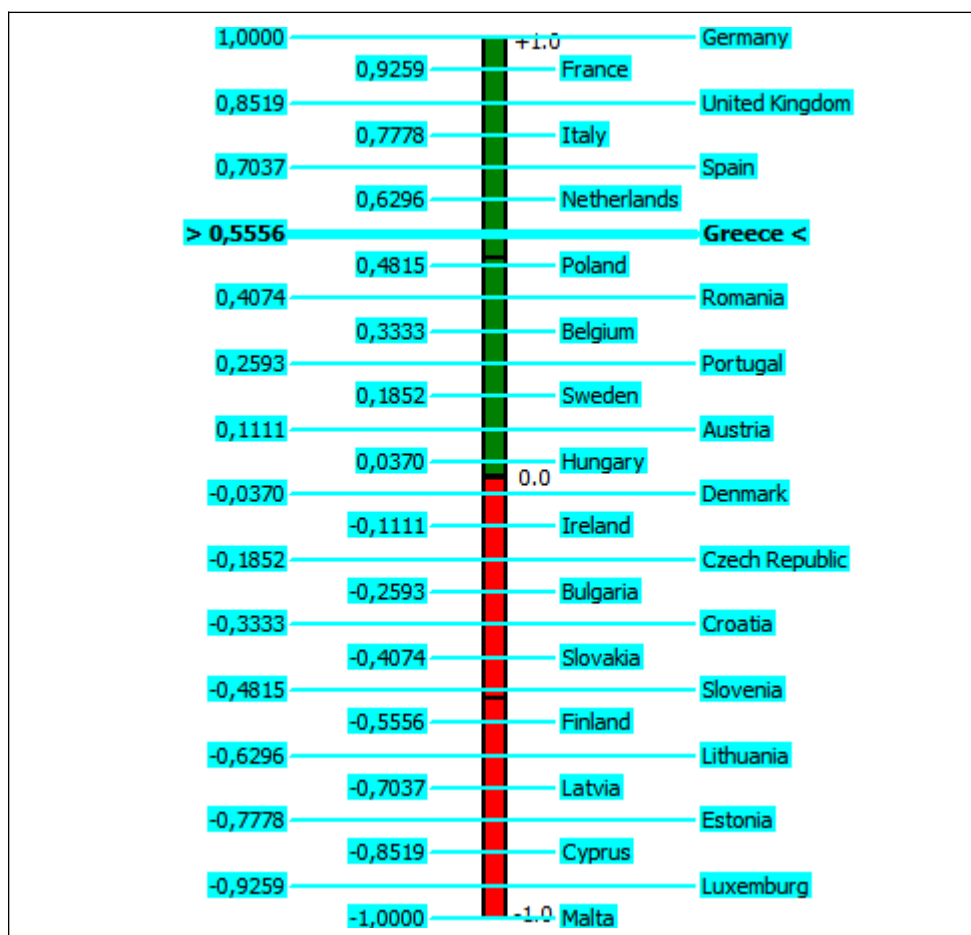
Διάγραμμα 1: Συνδρομές κινητής τηλεφωνίας ανά χώρα

Όπως βλέπουμε στο διάγραμμα 1, η χώρα με τις περισσότερες συνδρομές κινητών τηλεφώνων στην Ευρώπη είναι η Γερμανία, πράγμα φυσιολογικό από την στιγμή που είναι η χώρα με τον μεγαλύτερο πληθυσμό, ακολουθούμενη από την Ιταλία και το Ην.Βασίλειο. Αυτή με τις λιγότερες είναι η Μάλτα, ενώ Κύπρος και Λουξεμβούργο συμπληρώνουν την τελευταία τριάδα.

Η θέση της Ελλάδας είναι η 11^η ανάμεσα σε 28 χώρες με θετικό $\Phi=0.2593$.

Κριτήριο 2-Τηλεφωνικές γραμμές ανά χώρα

Το δεύτερο κριτήριο είναι το πλήθος των τηλεφωνικών γραμμών κάθε χώρας.



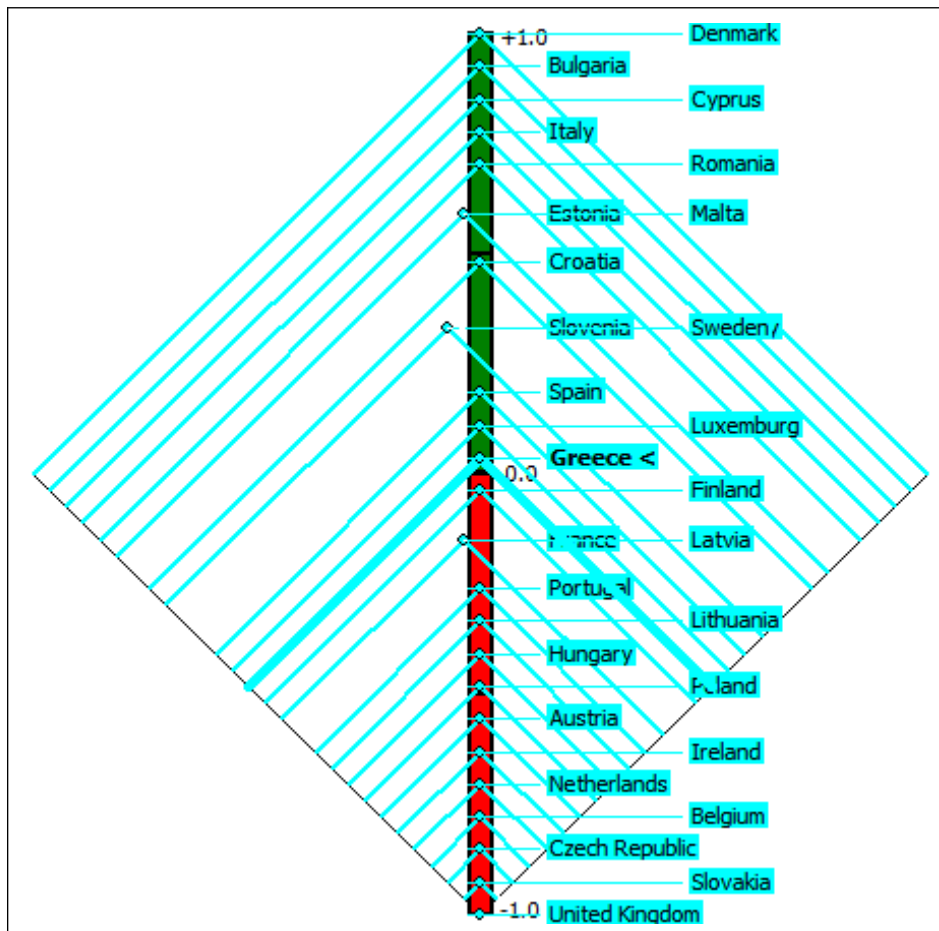
Διάγραμμα 2: Τηλεφωνικές γραμμές ανά χώρα

Σύμφωνα με το διάγραμμα 2, ο πληθυσμός της Γερμανίας είναι και πάλι ικανός να της δώσει την πρώτη θέση όσον αφορά αυτή τη φορά το πλήθος των τηλεφωνικών γραμμών. Παρατηρούμε επίσης ότι χώρες όπως η Ιταλία, η Γαλλία και το Ην.Βασίλειο παραμένουν στις πρώτες θέσεις, ενώ Μάλτα Λουξεμβούργο και Κύπρος είναι πάλι οι τρεις τελευταίες.

Εντύπωση προκαλεί η θέση της χώρας μας στο συγκεκριμένο διάγραμμα καθώς η Ελλάδα βρίσκεται στην 8^η θέση(!) ανάμεσα σε 28 χώρες με $\Phi = 0,5556$, ψηλότερα από χώρες που έχουν πολλαπλάσιο πληθυσμό όπως η Πολωνία και η Ρουμανία.

Κριτήριο 3-Χρέωση τοπικών εγχώριων κλήσεων ανά χώρα/10 λεπτά

Στο τρίτο κριτήριο βλέπουμε τις χρεώσεις των τοπικών εγχώριων κλήσεων κάθε χώρας ανά διάρκεια δέκα λεπτών.



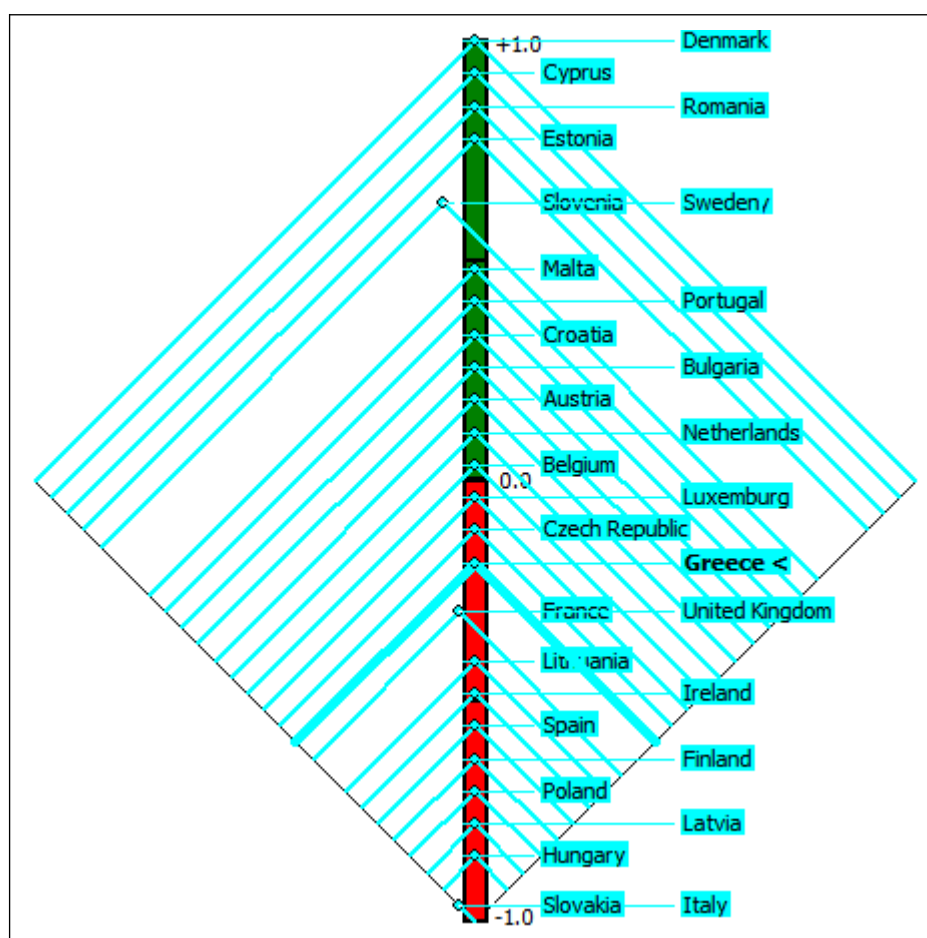
Διάγραμμα 3: Χρέωση τοπικών εγχώριων κλήσεων ανά χώρα /10 λεπτά

Όσον αφορά τη χρέωση των τοπικών εγχώριων κλήσεων βλέπουμε ότι η δομή του διαγράμματος είναι αρκετά διαφορετική σε σχέση με τα προηγούμενα δύο. Στην πρώτη θέση με την χαμηλότερη χρέωση βρίσκεται η Δανία και την ακολουθούν Βουλγαρία και Κύπρος. Το Ην.Βασίλειο είναι στην τελευταία θέση κάτω από Σλοβακία και Τσεχία, ενώ η Γερμανία που έχει τους περισσότερους χρήστες όπως είδαμε στα παραπάνω διαγράμματα βρίσκεται στην 8^η θέση μαζί με Σλοβενία και Σουηδία.

Η Ελλάδα βρίσκεται και πάλι κάπου στην μέση καταλαμβάνοντας την 11^η θέση με οριακά θετικό Φ αυτή τη φορά (0,1481).

Κριτήριο 4-Χρέωση υπεραστικών εγχώριων κλήσεων ανά χώρα/10 λεπτά

Στο κριτήριο αυτό αντίστοιχα βλέπουμε τη χρέωση των υπεραστικών εγχώριων κλήσεων κάθε χώρας.



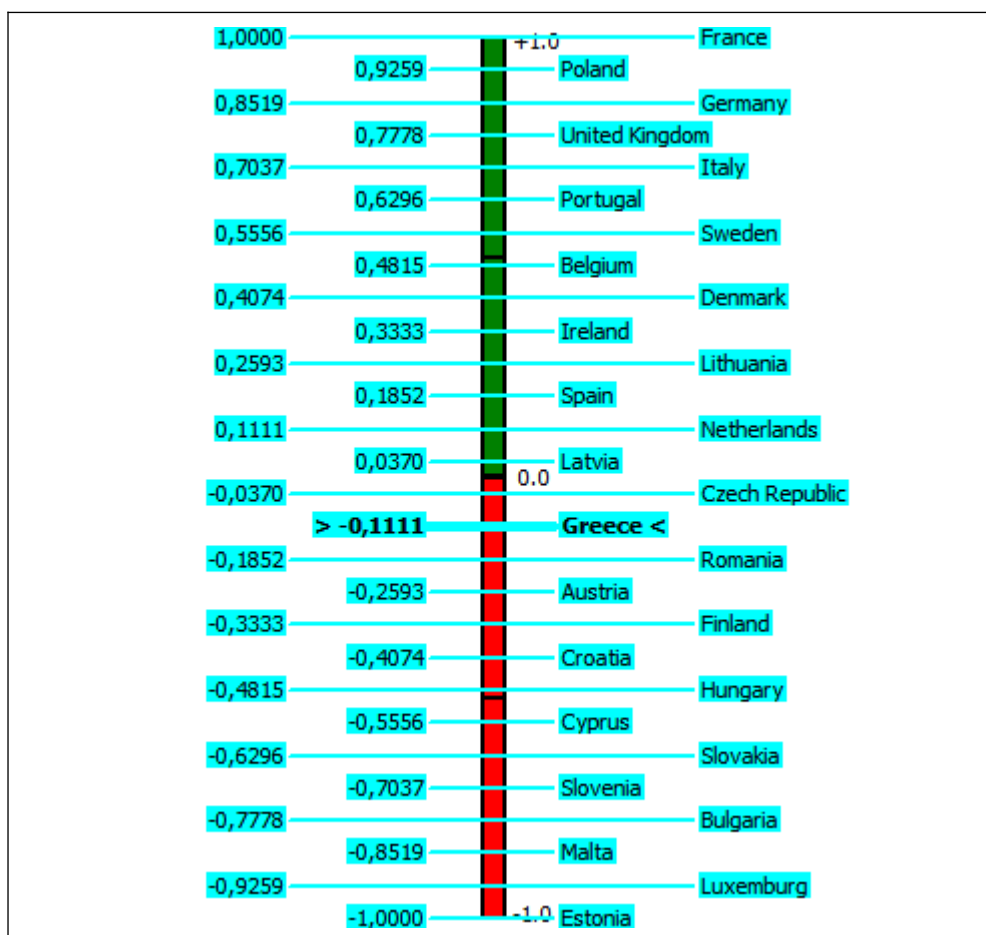
Διάγραμμα 4: Χρέωση υπεραστικών εγχώριων κλήσεων ανά χώρα /10 λεπτά

Η Δανία διατηρεί την πρωτιά στις χαμηλές χρεώσεις και στις υπεραστικές κλήσεις με την Κύπρο αυτή την φορά να βρίσκεται στην 2^η θέση και τη Ρουμανία να ακολουθεί. Η Γερμανία βρίσκεται στην 5^η θέση. Όσον αφορά τις ακριβότερες χώρες στην συγκεκριμένη κατηγορία έχουμε ισοβαθμία Ιταλίας-Σλοβακίας λίγο πιο κάτω από Ουγγαρία και Λετονία ενώ το Ην.Βασίλειο το οποίο έχει τις πιο ακριβές τοπικές κλήσεις είναι στην 16^η θέση.

Μία θέση ψηλότερα καταλαμβάνει η Ελλάδα με την χώρα μας να είναι προς την ακριβή μεριά σε αυτή την κατηγορία με αρνητικό $\Phi = -0,1852$.

Κριτήριο 5-Ετήσια απεσταλμένα μηνύματα ανά χώρα

Το πέμπτο από τα κριτήρια που θα δούμε είναι το σύνολο των μηνυμάτων που έστειλαν, μέσω κινητών τηλεφώνων, κατά τη διάρκεια ενός έτους οι κάτοικοι κάθε χώρας.



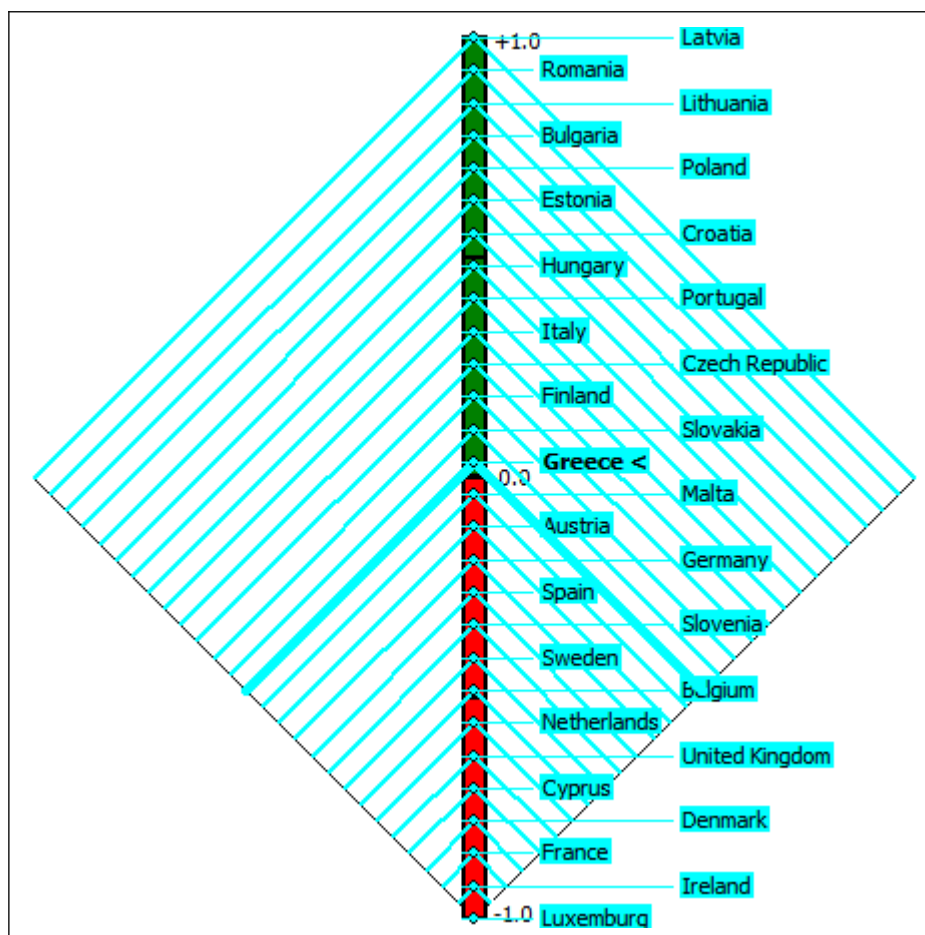
Διάγραμμα 5: Ετήσια απεσταλμένα μηνύματα ανά χώρα

Όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα οι Γάλλοι είναι αυτοί που επικοινωνούν περισσότερο μέσω μηνυμάτων με τους Πολωνούς να ακολουθούν και τους Γερμανούς να βρίσκονται στην 3^η θέση. Η Μάλτα το Λουξεμβούργο και η Λετονία έχουν την λιγότερη επικοινωνία μέσω μηνυμάτων.

Η Ελλάδα αυτή τη φορά βρίσκεται στην 16^η θέση με αρνητικό $\Phi = -0,1111$. Με τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης να είναι σε έξαρση πάντως όπως και με την πολύ εύκολη πλέον πρόσβαση στο διαδίκτυο για τους περισσότερους, η επικοινωνία μέσω SMS ολοένα και λιγοστεύει.

Κριτήριο 6-Ετήσια έσοδα κινητής τηλεφωνίας ανά χρήστη

Στο έκτο κριτήριο παρουσιάζονται τα ετήσια έσοδα κάθε χώρας ανά χρήστη κινητής τηλεφωνίας.



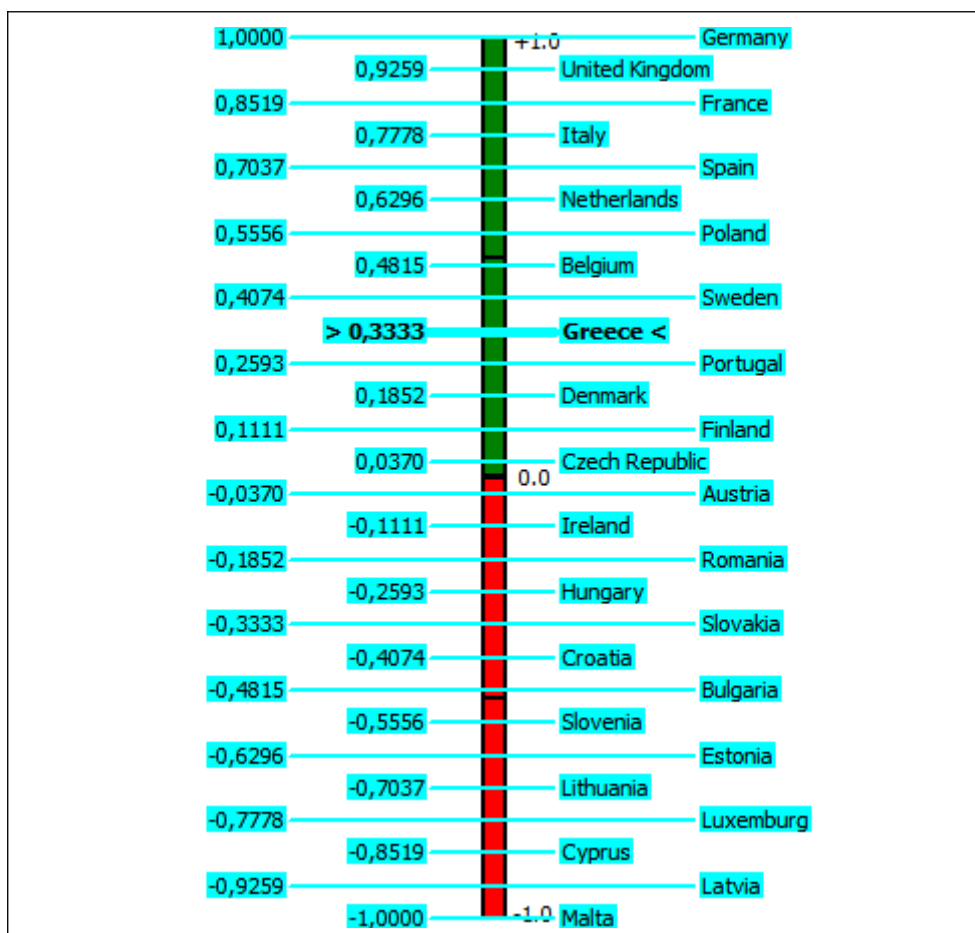
Διάγραμμα 6: Ετήσια έσοδα κινητής τηλεφωνίας ανά χρήστη

Η Λετονία αποδεικνύεται η φθηνότερη χώρα για τους χρήστες κινητής τηλεφωνίας. Άξιο αναφοράς είναι επίσης ότι οι 8 πρώτες χώρες είναι είτε χώρες των Βαλκανίων είτε ανήκουν στην περιοχή της Βαλτικής, ενώ οι πιο ακριβές χώρες είναι το Λουξεμβούργο, η Ιρλανδία και η Γαλλία.

Σε ότι αφορά την χώρα μας, η Ελλάδα είναι σε ακόμη μια κατηγορία στη μέση της κατάταξης βρισκόμενη στην 14^η θέση όντας η τελευταία με θετικό $\Phi=0,0370$.

Κριτήριο 7-Ετήσια έσοδα του τομέα τηλεπικοινωνιών ανά χώρα

Το τελευταίο κριτήριο της ανάλυσής μας είναι τα ετήσια έσοδα του τομέα των τηλεπικοινωνιών για κάθε χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης.



Διάγραμμα 7: Ετήσια έσοδα του τομέα τηλεπικοινωνιών ανά χώρα

Ο πληθυσμός είναι και πάλι αυτός που κάνει την διαφορά στα έσοδα των χωρών από τις τηλεπικοινωνίες με την Γερμανία να είναι στην κορυφή. Ακολουθούν το Ην.βασίλειο, η Γαλλία και η Ιταλία, επίσης πολυπληθείς χώρες, ενώ στις τελευταίες θέσεις με τα λιγότερα έσοδα βρίσκονται η Κύπρος, η Λετονία και η Μάλτα.

Η Ελλάδα καταλαμβάνει την 10^η θέση με $\Phi=0,3333$, ψηλότερα από τον μέσο όρο και επίσης ψηλότερα από την αντίστοιχη θέση που είχε στο προηγούμενο διάγραμμα που αφορούσε αποκλειστικά την κινητή τηλεφωνία.

Τελικός πίνακας κατάταξης

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω διαγράμματα και συσσωρεύοντας όλες αυτές τις πληροφορίες η τελική κατάταξη των 28 χωρών που εξετάστηκαν, σύμφωνα με τη μέθοδο PROMETHEE είναι η εξής:

Πίνακας 2: Τελική κατάταξη PROMETHEE				
Rank	Action	Phi	Phi+	Phi-
1	Germany	0.6614	0.8201	0.1587
2	Italy	0.4762	0.7354	0.2593
3	Romania	0.4392	0.7196	0.2804
4	France	0.3228	0.6561	0.3333
5	Poland	0.3016	0.6508	0.3492
6	Portugal	0.3016	0.6508	0.3492
7	Sweden	0.2910	0.6349	0.3439
8	Spain	0.2381	0.6190	0.3810
9	Denmark	0.2169	0.6085	0.3915
10	United Kingdom	0.2116	0.6032	0.3915
11	Greece	0.1323	0.5661	0.4339
12	Netherlands	0.1005	0.5503	0.4497
13	Bulgaria	0.0582	0.5291	0.4709
14	Belgium	0.0159	0.5079	0.4921
15	Croatia	-0.0370	0.4815	0.5185
16	Austria	-0.0794	0.4603	0.5397
17	Czech Republic	-0.1005	0.4497	0.5503
18	Estonia	-0.1693	0.4127	0.5820
19	Finland	-0.2063	0.3968	0.6032
20	Lithuania	-0.2169	0.3915	0.6085
21	Hungary	-0.2275	0.3862	0.6138
22	Slovenia	-0.2593	0.3598	0.6190
23	Cyprus	-0.2910	0.3545	0.6455
24	Latvia	-0.3069	0.3439	0.6508
25	Ireland	-0.3333	0.3333	0.6667
26	Malta	-0.4021	0.2963	0.6984
27	Slovakia	-0.4974	0.2487	0.7460
28	Luxembourg	-0.6402	0.1799	0.8201

Η Γερμανία καταλαμβάνει την πρώτη θέση και θεωρείται η «ισχυρότερη» από τις 28 χώρες, ενώ το Λουξεμβούργο θεωρείται η πιο «αδύναμη» και βρίσκεται στην τελευταία θέση. Η Ελλάδα βρίσκεται στην 11η θέση έχοντας θετικό $\Phi = 0.1323$

5. TOPSIS

5.1 Ανάλυση-Περιγραφή

Η μέθοδος TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) ξεκίνησε την πορεία της το 1981 απ' τους Hwang και Yoon. Η βασική ιδέα της μεθόδου είναι ότι η εναλλακτική που θα επιλέξει τελικά ο αποφασίζων πρέπει να έχει την ελάχιστη γεωμετρική απόσταση από την ιδανική λύση και την μεγαλύτερη γεωμετρική απόσταση από την χειρόστη. Η TOPSIS όπως και οι περισσότερες μέθοδοι πολυκριτήριας ανάλυσης εξαρτώνται σημαντικά από την εγκυρότητα και την ακρίβεια των δεδομένων εισόδου. Επειδή όμως όπως προαναφέραμε σε αυτές τις μεθόδους υπάρχει το στοιχείο της υποκειμενικότητας, αρκετές φορές παρουσιάζεται ανακρίβεια στα δεδομένα εισόδου ή τα κριτήρια και τα αντίστοιχα βάρη τους δεν καθορίζονται με μεγάλη σαφήνεια. Γι' αυτό και το 1996 οι Hwang και Lai επέκτειναν την TOPSIS εισάγοντας την έννοια της ασαφούς λογικής (fuzzy) κατά την οποία κάθε δεδομένο περιγράφεται από μια βεβαιότητα η οποία παίρνει τιμές από 0 έως 1. Όπως και στην αρχική προσέγγιση της TOPSIS η τελική κατάταξη γίνεται με βάση τον συντελεστή εγγύτητας.

Η μέθοδος υλοποιείται στα εξής βήματα:

1.Γίνεται κανονικοποίηση του πίνακα που περιέχει τις τιμές των κριτηρίων για κάθε μεταβλητή. Αυτό γίνεται γιατί πολλές φορές οι τιμές σε κάποια κριτήρια έχουν ασυνήθιστες διαστάσεις.

2.Οι τιμές του κανονικοποιημένου πίνακα πολλαπλασιάζονται με τα βάρη των κριτηρίων και προκύπτει ένας σταθμισμένος πίνακας τιμών.

3.Υπολογίζεται η καλύτερη και η χειρότερη εναλλακτική για κάθε κριτήριο. Για τα προς μεγιστοποίηση κριτήρια καλύτερη εναλλακτική θεωρείται αυτή με τη μεγαλύτερη τιμή και αντίστοιχα στα προς ελαχιστοποίηση αυτή με τη μικρότερη.

4.Υπολογίζεται για κάθε εναλλακτική η γεωμετρική απόσταση από την καλύτερη και την χειρότερη λύση. Η Ευκλείδεια απόσταση δίνεται από τον τύπο:

$$S^{(+)}(S_i) := \sqrt{\sum_j (v_{ij} - v_j^{(+)})^2}$$

5.Υπολογίζεται η απόσταση κάθε εναλλακτικής από την φανταστική ιδανική λύση.

Η απόσταση αυτή δίνεται από τον τύπο: $C^*(S_i) := \frac{s - s_i}{s^* + s - s_i}$

Για την υλοποίηση της μεθόδου χρησιμοποιήθηκε το Microsoft Excel. Αρχικά περάσαμε τις χώρες και τις τιμές των κριτηρίων και στη συνέχεια πραγματοποιήσαμε τα παραπάνω βήματα.

5.2 Υλοποίηση

Κανονικοποίηση

Πίνακας 3: Πίνακας κανονικοποιημένων τιμών όλων των κριτηρίων

							Normalized Data						
1,7323E+14	2,1047E+13	0,3969	0,3969	2,1823E+20	55592,2	73239364	0,0648	0,0590	0,2811	0,1673	0,1402	0,2403	0,0777
1,4084E+14	3,773E+12	0,0256	0,25	4,3822E+17	4047,5	2019241	0,0584	0,0250	0,0714	0,1328	0,0063	0,0648	0,0129
1,768E+14	3,988E+12	0,4225	0,4225	5,8328E+19	26670,2	21344400	0,0655	0,0257	0,2900	0,1726	0,0725	0,1664	0,0419
7,0683E+13	4,4277E+12	0,0169	0,0169	1,769E+20	61310,7	25040016	0,0414	0,0271	0,0580	0,0345	0,1262	0,2523	0,0454
1,0841E+16	2,3717E+15	0,0841	0,0841	1,1834E+21	36100	3,366E+09	0,5126	0,6264	0,1294	0,0770	0,3265	0,1936	0,5268
4,0533E+12	1,8189E+11	0,0625	0,0625	4,7451E+16	9886,32	534361	0,0099	0,0055	0,1115	0,0664	0,0021	0,1013	0,0066
3,1525E+13	4,1391E+12	0,3364	0,8464	1,4192E+20	73251,4	16793604	0,0276	0,0262	0,2588	0,2443	0,1131	0,2758	0,0372
1,8613E+14	2,8436E+13	0,1024	0,5776	5,8156E+19	28264,3	36614601	0,0672	0,0686	0,1428	0,2018	0,0724	0,1713	0,0549
3,0635E+15	3,6501E+14	0,09	0,9409	6,7939E+19	45796	1,081E+09	0,2725	0,2457	0,1339	0,2575	0,0782	0,2181	0,2986
5,2665E+15	1,5272E+15	0,1296	0,5929	3,9572E+21	67470,1	2,534E+09	0,3573	0,5026	0,1606	0,2044	0,5970	0,2647	0,4570
9,8202E+15	4,3792E+14	0,0484	1,3225	8,271E+20	23350,9	1,679E+09	0,4879	0,2692	0,0982	0,3053	0,2730	0,1557	0,3721
1,2402E+12	1,2188E+11	0,0324	0,0324	2,4989E+18	58646,3	324900	0,0055	0,0045	0,0803	0,0478	0,0150	0,2468	0,0052
2,193E+13	2,304E+11	0,1296	1,0816	6,3016E+19	1796,91	121104	0,0231	0,0062	0,1606	0,2761	0,0753	0,0432	0,0032
2,488E+13	3,9034E+11	0,1521	0,6241	8,5294E+19	3029,4	432964	0,0246	0,0080	0,1740	0,2098	0,0877	0,0561	0,0060
6,3664E+11	7,161E+10	0,0961	0,4096	1,9228E+17	78215,3	330625	0,0039	0,0034	0,1383	0,1699	0,0042	0,2850	0,0052
1,2684E+14	8,8686E+12	0,2116	1,2544	3,5624E+18	16440,4	7661824	0,0554	0,0383	0,2052	0,2974	0,0179	0,1307	0,0251
3,077E+11	5,3514E+10	0,0625	0,0961	2,4661E+17	29388,2	55696	0,0027	0,0030	0,1115	0,0823	0,0047	0,1747	0,0021
4,0614E+14	5,0773E+13	0,36	0,36	6,6625E+19	56225,9	149010849	0,0992	0,0916	0,2677	0,1593	0,0775	0,2416	0,1108
1,7455E+14	1,1216E+13	0,2916	0,2916	3,2948E+19	31687,6	19272100	0,0650	0,0431	0,2409	0,1434	0,0545	0,1814	0,0399
2,6984E+15	2,8079E+13	0,2601	1,0404	2,1806E+21	9066,85	98704225	0,2558	0,0682	0,2275	0,2708	0,4432	0,0970	0,0902
2,8003E+14	2,0519E+13	0,1369	0,1444	6,4887E+20	17808,9	28697449	0,0824	0,0583	0,1651	0,1009	0,2418	0,1360	0,0486
5,1077E+14	2,2468E+13	0,0576	0,0576	5,5383E+19	2829,18	13293316	0,1113	0,0610	0,1071	0,0637	0,0706	0,0542	0,0331
5,0721E+12	6,2723E+11	0,0841	0,0841	9,957E+17	46656	1575025	0,0111	0,0102	0,1294	0,0770	0,0095	0,2201	0,0114
4,2911E+13	9,3529E+11	0,5625	1,3225	1,8532E+18	27027,4	4748041	0,0323	0,0124	0,3346	0,3053	0,0129	0,1675	0,0198
8,6676E+13	5,658E+11	0,1156	1,0201	1,444E+19	26706,1	24010000	0,0458	0,0097	0,1517	0,2682	0,0361	0,1665	0,0445
1,976E+14	1,5108E+13	0,0841	0,0841	2,6494E+20	51660,7	68392900	0,0692	0,0500	0,1294	0,0770	0,1545	0,2316	0,0751
6,8737E+15	1,1145E+15	0,5929	0,5929	9,7833E+20	57941,3	2,876E+09	0,4082	0,4294	0,3436	0,2044	0,2969	0,2453	0,4869
2,653E+13	2,4866E+12	0,0784	0,1764	1,218E+19	16230,8	2900209	0,0254	0,0203	0,1249	0,1115	0,0331	0,1298	0,0155

Η κανονικοποίηση είναι απαραίτητη στην δική μας περίπτωση καθώς οι τιμές με τις οποίες ασχολούμαστε ξεπερνούν σε πολλές περιπτώσεις τα 7 ψηφία. Ο τύπος που χρησιμοποιούμε διαιρεί την κάθε τιμή με την τετραγωνική ρίζα του αθροίσματος όλων των υπόλοιπων τιμών στο ίδιο κριτήριο. Στον πίνακα 5.1 βλέπουμε τις αρχικές τιμές των κριτηρίων και τις κανονικοποιημένες. Σε αντίθεση με τις αρχικές, οι τιμές που προκύπτουν μετά την κανονικοποίηση είναι εύκολα διαχειρίσιμες καθώς είναι μικρότερες της μονάδος με ακρίβεια 4 δεκαδικών ψηφίων.

Πίνακας 4: Σταθμισμένες τιμές κριτηρίων

Weighted Normalized Matrix						
0,0093	0,0084	0,0402	0,0239	0,0200	0,0344	0,0111
0,0084	0,0036	0,0102	0,0190	0,0009	0,0093	0,0018
0,0094	0,0037	0,0415	0,0247	0,0104	0,0238	0,0060
0,0059	0,0039	0,0083	0,0049	0,0181	0,0361	0,0065
0,0733	0,0896	0,0185	0,0110	0,0467	0,0277	0,0753
0,0014	0,0008	0,0160	0,0095	0,0003	0,0145	0,0009
0,0040	0,0037	0,0370	0,0349	0,0162	0,0394	0,0053
0,0096	0,0098	0,0204	0,0289	0,0104	0,0245	0,0079
0,0390	0,0351	0,0191	0,0368	0,0112	0,0312	0,0427
0,0511	0,0719	0,0230	0,0292	0,0854	0,0378	0,0654
0,0698	0,0385	0,0140	0,0437	0,0390	0,0223	0,0532
0,0008	0,0006	0,0115	0,0068	0,0021	0,0353	0,0007
0,0033	0,0009	0,0230	0,0395	0,0108	0,0062	0,0005
0,0035	0,0011	0,0249	0,0300	0,0125	0,0080	0,0009
0,0006	0,0005	0,0198	0,0243	0,0006	0,0408	0,0007
0,0079	0,0055	0,0293	0,0425	0,0026	0,0187	0,0036
0,0004	0,0004	0,0160	0,0118	0,0007	0,0250	0,0003
0,0142	0,0131	0,0383	0,0228	0,0111	0,0346	0,0158
0,0093	0,0062	0,0345	0,0205	0,0078	0,0259	0,0057
0,0366	0,0097	0,0325	0,0387	0,0634	0,0139	0,0129
0,0118	0,0083	0,0236	0,0144	0,0346	0,0194	0,0070
0,0159	0,0087	0,0153	0,0091	0,0101	0,0078	0,0047
0,0016	0,0015	0,0185	0,0110	0,0014	0,0315	0,0016
0,0046	0,0018	0,0479	0,0437	0,0018	0,0240	0,0028
0,0066	0,0014	0,0217	0,0383	0,0052	0,0238	0,0064
0,0099	0,0071	0,0185	0,0110	0,0221	0,0331	0,0107
0,0584	0,0614	0,0491	0,0292	0,0425	0,0351	0,0696
0,0036	0,0029	0,0179	0,0159	0,0047	0,0186	0,0022

Στο παράδειγμα μας όλα τα κριτήρια θεωρούνται ισοβαρή. Αυτό σημαίνει ότι όλες οι τιμές του πίνακα 5.1 πρέπει να πολλαπλασιαστούν με το $1/7=0.142$ για να προκύψουν οι σταθμισμένες τιμές των κριτηρίων. Οι τιμές αυτές παρουσιάζονται στον πίνακα 5.2.

Πίνακας 5: Απόσταση των εναλλακτικών από την καλύτερη λύση

Positive Matrix							Si Plus
0,0733	0,0896	0,0083	0,0049	0,0854	0,0408	0,0753	0,1432
0,0733	0,0896	0,0083	0,0049	0,0854	0,0408	0,0753	0,1592
0,0733	0,0896	0,0083	0,0049	0,0854	0,0408	0,0753	0,1539
0,0733	0,0896	0,0083	0,0049	0,0854	0,0408	0,0753	0,1455
0,0733	0,0896	0,0083	0,0049	0,0854	0,0408	0,0753	0,0425
0,0733	0,0896	0,0083	0,0049	0,0854	0,0408	0,0753	0,1631
0,0733	0,0896	0,0083	0,0049	0,0854	0,0408	0,0753	0,1536
0,0733	0,0896	0,0083	0,0049	0,0854	0,0408	0,0753	0,1469
0,0733	0,0896	0,0083	0,0049	0,0854	0,0408	0,0753	0,1093
0,0733	0,0896	0,0083	0,0049	0,0854	0,0408	0,0753	0,0415
0,0733	0,0896	0,0083	0,0049	0,0854	0,0408	0,0753	0,0845
0,0733	0,0896	0,0083	0,0049	0,0854	0,0408	0,0753	0,1603
0,0733	0,0896	0,0083	0,0049	0,0854	0,0408	0,0753	0,1629
0,0733	0,0896	0,0083	0,0049	0,0854	0,0408	0,0753	0,1597
0,0733	0,0896	0,0083	0,0049	0,0854	0,0408	0,0753	0,1627
0,0733	0,0896	0,0083	0,0049	0,0854	0,0408	0,0753	0,1603
0,0733	0,0896	0,0083	0,0049	0,0854	0,0408	0,0753	0,1625
0,0733	0,0896	0,0083	0,0049	0,0854	0,0408	0,0753	0,1402
0,0733	0,0896	0,0083	0,0049	0,0854	0,0408	0,0753	0,1519
0,0733	0,0896	0,0083	0,0049	0,0854	0,0408	0,0753	0,1206
0,0733	0,0896	0,0083	0,0049	0,0854	0,0408	0,0753	0,1357
0,0733	0,0896	0,0083	0,0049	0,0854	0,0408	0,0753	0,1471
0,0733	0,0896	0,0083	0,0049	0,0854	0,0408	0,0753	0,1601
0,0733	0,0896	0,0083	0,0049	0,0854	0,0408	0,0753	0,1674
0,0733	0,0896	0,0083	0,0049	0,0854	0,0408	0,0753	0,1581
0,0733	0,0896	0,0083	0,0049	0,0854	0,0408	0,0753	0,1385
0,0733	0,0896	0,0083	0,0049	0,0854	0,0408	0,0753	0,0720
0,0733	0,0896	0,0083	0,0049	0,0854	0,0408	0,0753	0,1579

Στον πίνακα 5.3 το Positive Matrix περιέχει τις τιμές από την καλύτερη εναλλακτική για κάθε κριτήριο. Θεωρούμε στη συνέχεια ότι η καλύτερη λύση θα είχε αυτές τις τιμές σε κάθε κριτήριο και το Si plus είναι η γεωμετρική απόσταση της κάθε εναλλακτικής από την καλύτερη λύση.

Πίνακας 6: Απόσταση των εναλλακτικών από την χειρότερη λύση

Negative Matrix							Si Minus
0,0004	0,0004	0,0491	0,0437	0,0003	0,0062	0,0003	0,0437
0,0004	0,0004	0,0491	0,0437	0,0003	0,0062	0,0003	0,0470
0,0004	0,0004	0,0491	0,0437	0,0003	0,0062	0,0003	0,0309
0,0004	0,0004	0,0491	0,0437	0,0003	0,0062	0,0003	0,0668
0,0004	0,0004	0,0491	0,0437	0,0003	0,0062	0,0003	0,1533
0,0004	0,0004	0,0491	0,0437	0,0003	0,0062	0,0003	0,0484
0,0004	0,0004	0,0491	0,0437	0,0003	0,0062	0,0003	0,0404
0,0004	0,0004	0,0491	0,0437	0,0003	0,0062	0,0003	0,0414
0,0004	0,0004	0,0491	0,0437	0,0003	0,0062	0,0003	0,0786
0,0004	0,0004	0,0491	0,0437	0,0003	0,0062	0,0003	0,1451
0,0004	0,0004	0,0491	0,0437	0,0003	0,0062	0,0003	0,1098
0,0004	0,0004	0,0491	0,0437	0,0003	0,0062	0,0003	0,0602
0,0004	0,0004	0,0491	0,0437	0,0003	0,0062	0,0003	0,0286
0,0004	0,0004	0,0491	0,0437	0,0003	0,0062	0,0003	0,0306
0,0004	0,0004	0,0491	0,0437	0,0003	0,0062	0,0003	0,0493
0,0004	0,0004	0,0491	0,0437	0,0003	0,0062	0,0003	0,0254
0,0004	0,0004	0,0491	0,0437	0,0003	0,0062	0,0003	0,0497
0,0004	0,0004	0,0491	0,0437	0,0003	0,0062	0,0003	0,0455
0,0004	0,0004	0,0491	0,0437	0,0003	0,0062	0,0003	0,0366
0,0004	0,0004	0,0491	0,0437	0,0003	0,0062	0,0003	0,0768
0,0004	0,0004	0,0491	0,0437	0,0003	0,0062	0,0003	0,0556
0,0004	0,0004	0,0491	0,0437	0,0003	0,0062	0,0003	0,0526
0,0004	0,0004	0,0491	0,0437	0,0003	0,0062	0,0003	0,0515
0,0004	0,0004	0,0491	0,0437	0,0003	0,0062	0,0003	0,0186
0,0004	0,0004	0,0491	0,0437	0,0003	0,0062	0,0003	0,0345
0,0004	0,0004	0,0491	0,0437	0,0003	0,0062	0,0003	0,0587
0,0004	0,0004	0,0491	0,0437	0,0003	0,0062	0,0003	0,1213
0,0004	0,0004	0,0491	0,0437	0,0003	0,0062	0,0003	0,0440

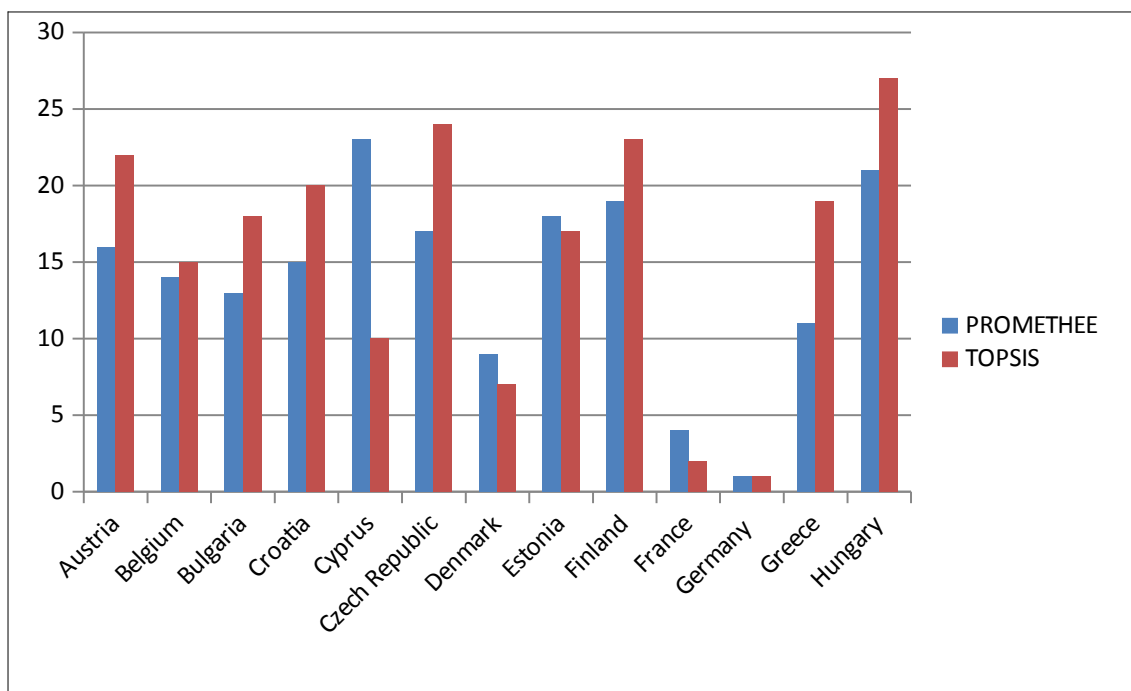
Στον πίνακα 5.4 το negative matrix περιέχει τις τιμές από τις χειρότερες εναλλακτικές. Αντίστοιχα με πριν θεωρούμε πως η χείριστη λύση θα αποτελούταν από αυτές τις τιμές στα κριτήριά της και το Si minus είναι η γεωμετρική απόσταση από την χείριστη λύση.

Πίνακας 7: Τελική απόσταση των εναλλακτικών από την ιδεατή λύση

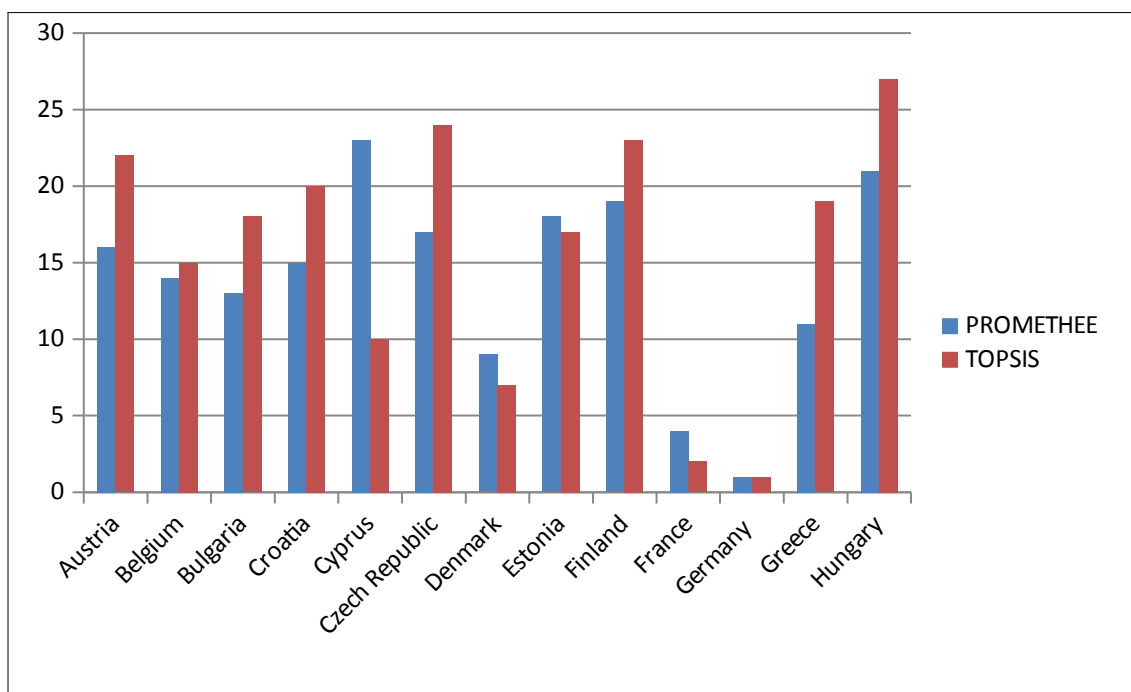
Si Plus	Si Minus	Ci	Final Rankings
0,1432	0,0437	0,2341	Germany
0,1592	0,0470	0,2280	France
0,1539	0,0309	0,1672	United Kingdom
0,1455	0,0668	0,3145	Italy
0,0425	0,1533	0,7829	Spain
0,1631	0,0484	0,2287	Poland
0,1536	0,0404	0,2082	Denkmark
0,1469	0,0414	0,2197	Sweedeen
0,1093	0,0786	0,4184	Portugal
0,0415	0,1451	0,7776	Cyprus
0,0845	0,1098	0,5652	Romania
0,1603	0,0602	0,2730	Netherlands
0,1629	0,0286	0,1495	Slovenia
0,1597	0,0306	0,1609	Malta
0,1627	0,0493	0,2326	Belgium
0,1603	0,0254	0,1370	Luxemburg
0,1625	0,0497	0,2342	Estonia
0,1402	0,0455	0,2449	Bulgaria
0,1519	0,0366	0,1942	Greece
0,1206	0,0768	0,3889	Croatia
0,1357	0,0556	0,2907	Ireland
0,1471	0,0526	0,2633	Austria
0,1601	0,0515	0,2433	Finland
0,1674	0,0186	0,1000	Czech Republic
0,1581	0,0345	0,1792	Lithuania
0,1385	0,0587	0,2977	Latvia
0,0720	0,1213	0,6275	Hungary
0,1579	0,0440	0,2181	Slovakia

Στον πίνακα 5.5 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι αποστάσεις από την καλύτερη και την χειρότερη λύση. Το Ci είναι η απόσταση από την φανταστική ιδανική λύση και από δίπλα παρουσιάζεται η τελική κατάταξη των χωρών σύμφωνα με τη μέθοδο TOPSIS. Η Ελλάδα βρίσκεται στην 19^η θέση, αρκετά χαμηλά σε σύγκριση με την PROMETHEE.

6. Σύγκριση αποτελεσμάτων



Διάγραμμα 8: Σύγκριση μεθόδων



Διάγραμμα 9: Σύγκριση μεθόδων

Όπως φαίνεται από τα διαγράμματα 8 και 9 οι δύο μέθοδοι που εξετάσαμε παρουσιάζουν αρκετές διαφορές, όσο και ομοιότητες. Στην Promethee οι 3 πρώτες χώρες είναι η Γερμανία, η Ιταλία και η Ρουμανία. Αντίστοιχα στην Topsis την πρώτη θέση έχει η Γερμανία με την Γαλλία και το Ην.Βασίλειο να ακολουθούν. Όσον αφορά τις τελευταίες θέσεις, αυτές καταλαμβάνονται από την Σλοβακία, Ουγγαρία, Λιθουανία στην Topsis και Μάλτα, Σλοβακία και Λουξεμβούργο στην Promethee.

- **Η θέση της Ελλάδας στην Promethee είναι η 11η ενώ σύμφωνα με την Topsis η χώρα μας έρχεται 19η. Η υψηλότερη θέση της Ελλάδας σε μεμονωμένο κριτήριο σύμφωνα με την Promethee είναι η 8η στο Κριτήριο 3-τηλεφωνικές γραμμές ανά χώρα, ενώ η χαμηλότερη είναι η 16η στο κριτήριο 5-απεσταλμένα μηνύματα ανά χώρα.**
- Οι μόνες χώρες που ταξινομήθηκαν στην ίδια θέση και στις δύο μεθόδους είναι η Γερμανία στη 1η και η Ολλανδία στη 12η θέση. Επιπλέον 9 χώρες έχουν διαφορά 1 ή 2 θέσεις ενώ η μέση διαφορά στην κατάταξη των χωρών είναι 4.4 θέσεις.
- Παρατηρούμε ωστόσο πως παρότι υπάρχουν αυτές οι αυξομειώσεις στην κατάταξη, οι πολυπληθείς χώρες κυριαρχούν και καταλαμβάνουν τις πρώτες θέσεις και στις δύο μεθόδους με εξαίρεση ίσως το Ην.Βασίλειο (10ο στην Promethee). Κάτι που είναι λογικό λόγω της φύσης των κριτηρίων που εξετάστηκαν στην συγκεκριμένη εργασία.

7. Συμπεράσματα

Αναλύσαμε και συγκρίναμε τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης στον τομέα των τηλεπικοινωνιών και της κινητής τηλεφωνίας. Για να πετύχουμε τον σκοπό μας εφαρμόσαμε δύο μεθόδους πάνω στα ίδια κριτήρια.

Οι δύο μέθοδοι που αναλύσαμε λειτουργούν διαφορετικά. Η μία πραγματοποιεί διμερείς συγκρίσεις ανάμεσα στις εναλλακτικές ενώ η άλλη βρίσκει την απόσταση κάθε εναλλακτικής από μία ιδεατή λύση. Είναι επομένως λογικό τα αποτελέσματα τους να παρουσιάζουν και αυτά διαφορές. Η γενική ιδέα που προκύπτει είναι πως οι χώρες με μεγάλο πληθυσμό υπερισχύουν των υπολοίπων όμως αυτό οφείλεται έως έναν βαθμό και στα κριτήρια που χρησιμοποιούν οι μέθοδοι. Είναι λογικό χώρες όπως η Γερμανία, η Ιταλία και η Γαλλία να είναι στην πρώτη πεντάδα και στις δύο μεθόδους από την στιγμή που υπάρχουν κριτήρια που εξετάζουν το πλήθος συνδρομών-συνδρομητών κλπ. Επίσης μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα πως θα ήταν αδύνατο να γίνει αυτή η σύγκριση χωρίς την χρήση μεθόδων πολυκριτήριας ανάλυσης. Στον απλό χρήστη η χρήση της Promethee ενδείκνυται περισσότερο καθώς είναι πιο αναλυτική και πιο περιγραφική αναφορικά με το πως προκύπτει η τελική κατάταξη. Δίνει δηλαδή στον χρήστη την δυνατότητα να παρακολουθεί κάθε κριτήριο ξεχωριστά χωρίς να χρησιμοποιεί μαθηματικούς τύπους.

Παρότι καταφέραμε να απαντήσουμε σε κάποια ερωτήματα σχετικά με το ζήτημα που καταπίεστηκε η εργασία, η έρευνα στο χώρο αυτό έχει σημαντικές προοπτικές για το μέλλον όπως:

- **Χρήση περαιτέρω μεθόδων:** Όπως είδαμε εν συντομία σε προηγούμενο κεφάλαιο υπάρχει πληθώρα επιλογών όσον αφορά τις μεθόδους πολυκριτήριας ανάλυσης. Συνεπώς η χρήση διαφορετικών μεθόδων θα βοηθούσε στην εξέταση του προβλήματος από μία άλλη οπτική.
- **Σύγκριση με άλλες τεχνικές από τον χώρο της στατιστικής:** Οι στατιστικές μέθοδοι όπως οι συσχετικές, οι μέθοδοι δείγματος και οι μέθοδοι

περιγραφικής στατιστικής χρησιμοποιούνται για επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων.

- **Χρήση διαφορετικών κριτηρίων:** Η επιλογή των κριτηρίων επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την εκάστοτε ανάλυση.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Νικολαΐδου Χ. (2016), 'Επιλογή μετοχικού χαρτοφυλακίου με τη χρήση της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων: Μια εμπειρική εφαρμογή στηριζόμενη στις μεθόδους AHP και Promethee.' Διπλωματική εργασία στο Πανεπιστήμιο Μακεδονίας.

Ρούσης Μ. (2009), 'Θεωρητική Μελέτη Πολυκριτηριακών Μεθόδων Λήψης Αποφάσεων.' Διπλωματική εργασία στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Σπανός Σ. (2004), 'Αναλυτική μελέτη πολυκριτηριακών μεθόδων λήψης αποφάσεων.' Διπλωματική εργασία στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Bana e Costa, C. A., De Corte, J. M. and Vansnick, J. C (2011) 'MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique', Encyclopedia of Operations Research and Management Science.

Belton, V. and Stewart, T. J. (2002) 'Multi criteria decision analysis - An integrated approach'. Kluwer Academic Publishers, Boston.

Brans, J.P and Vincke, Ph (1985), 'A Preference Ranking Organization Method'.

Roy, B. (1991), "The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods"

Saaty, T. L., 2008 'Decision making with the analytic hierarchy process', Int J Services Sciences.

Siskos, Y. and Matsatsinis N. (2003) 'Decision analysis and support', Intelligent Support Systems for Marketing Decisions.