

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας



Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων
Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ
ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ: ΠΑΡΟΥΣΪΑΣΗ – ΣΎΓΚΡΙΣΗ –
ΕΦΑΡΜΟΓΉ



ΔΙΕΘΝΕΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΕΛΛΑΔΟΣ

Κορνηλία Δεληγιάννη

**Επιβλέπων καθηγητής: Βασίλης
Κώστογλου**

ΑΜ: 134037

Θεσσαλονίκη 2019

Π Ρ Ο Λ Ο Γ Ο Σ

Στην καθημερινή μας ζωή αντιμετωπίζουμε προβλήματα, βρίσκουμε λύσεις υπολογίζοντας τα πιθανά σενάρια και δεχόμαστε τις συνέπειες τους βασιζόμενοι κυρίως στο ένστικτό μας. Κάτι τέτοιο είναι όμως πολύ πιο δύσκολο να συμβεί σε περιπτώσεις όπου το ρίσκο και η σπουδαιότητα της απόφασής μας είναι μεγάλη ή το σύνολο των επιπτώσεων επηρεάζει πολλούς τομείς. Η σπουδαιότητα και η πολυχρηστική της ικανότητα σε ποικίλους τομείς την καθιστούν ένα ενδιαφέρον θέμα προς συζήτηση και ανάλυση, εφόσον οι μέθοδοι αυτές μπορούν να αξιοποιηθούν από ένα μεγάλο εύρος ανθρώπων.

Η πολυκριτηριακή λήψη αποφάσεων μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλούς επιστημονικούς τομείς για την διεκπεραίωση διαφόρων προβλημάτων εξαιτίας της ουδετερότητας της. Μπορεί να επιβληθεί σε προβλήματα οικονομικά, περιβαλλοντικά, λογιστικά, αρχιτεκτονικά κτλ. Παράλληλα, μου φάνηκε εξαιρετικά ενδιαφέρον το γεγονός ότι η ραγδαία αύξηση τους ξεκίνησε την εποχή της δημιουργίας και της κατάκτησης της αγοράς από τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Αυτό συνδέει άμεσα την επιστήμη της πληροφορικής και συνεπώς τον τομέα ενασχόλησής μου με τις συγκεκριμένες μεθόδους. Τέλος, αποφάσισα να μελετήσω εκτενώς το θέμα αυτό από την πλευρά της πληροφορικής ώστε να μπορέσω να δώσω την δυνατότητα στους αναγνώστες να κατανοήσουν καλύτερα τις μεθόδους πολυκριτήριας λήψης αποφάσεων μέσα από την εκτέλεσή τους ακολουθώντας τα ίδια απλά βήματα με εμένα, ενώ παράλληλα εξηγούνται διεξοδικά με τελικό στόχο την σύγκρισή τους ως προς την εφαρμογή και τον αποτέλεσμα.

Η διαμόρφωση μιας πολιτικής για την διαχείριση ενός προβλήματος, και ειδικότερα η επιλογή του καταλληλότερου συστήματος για την διαχείρισή του αποτελεί μια αρκετά πολύπλοκη διαδικασία. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι ο αριθμός των διαθέσιμων εναλλακτικών τεχνικών διαχείρισης έχει αυξηθεί ραγδαία τα τελευταία χρόνια. Παράλληλα, η κάθε μέθοδος παρουσιάζει πληθώρα πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων ώστε να απαιτείται να γίνεται μια συγκριτική αξιολόγηση με μια αξιόπιστη και επιστημονικά τεκμηριωμένη προσέγγιση. Τέλος η καταλληλότητα κάθε συστήματος διαχείρισης εξαρτάται από τις τοπικές ιδιαιτερότητες και τα χαρακτηριστικά κάθε περιοχής, οι οποίες θέτουν ένα σύνολο φυσικών και τεχνικών περιορισμών.

Ο συνδυασμός των παραπάνω οδηγεί στη δημιουργία ενός περίπλοκου προβλήματος, το οποίο για την αντιμετώπισή του χρειάζεται το συσχετισμό μιας σειράς από δεδομένα, γνώμες ειδικών, εμπειρική γνώση και εμπειρικούς κανόνες.

Επομένως η τελική επιλογή του ιδανικότερου συστήματος απαιτεί την εξέταση πολλών αντικρουόμενων παραμέτρων αποτελώντας έτσι μια αρκετά χρονοβόρα διαδικασία.

Είτε πρόκειται για πρόβλημα αξιολόγησης είτε για πρόβλημα σχεδίασης, απαιτούνται πληροφορίες προτιμήσεων του αποφασίζων για να γίνει διάκριση μεταξύ λύσεων. Οι μέθοδοι λύσης για προβλήματα MCDM ταξινομούνται συνήθως βάσει του χρονισμού των πληροφοριών προτίμησης που λαμβάνονται από το χρήστη που παίρνει τις αποφάσεις. Προκειμένου να γίνει η αξιολόγηση των διάφορων προτεινόμενων αποφάσεων είναι αναγκαία η ανάλυση και η βαθμολόγηση μιας σειράς κριτηρίων. Τα κριτήρια αυτά είναι κοινά για όλα τα εξεταζόμενα σενάρια και η σπουδαιότητά τους για την επίλυση του συγκεκριμένου κάθε φορά προβλήματος χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένο συντελεστή βαρύτητας. Οι τελικές αποφάσεις χαρακτηρίζονται ως πολυδιάστατες ή πολυκριτήριες ή πολυκριτηριακές αποφάσεις εξαιτίας των διαδικασιών που ακολουθούνται για την διεκπεραίωσή τους.

Σύμφωνα με την International Society on Multiple Criteria Making πολυκριτηριακή λήψη αποφάσεων (MCDM) ορίζεται ως η μελέτη των μεθόδων και των διαδικασιών αυτών με τις οποίες το ενδιαφέρον για πολλαπλά αλληλοσυγκρουόμενα κριτήρια μπορεί επισήμως να ενσωματωθεί στη διαδικασία προγραμματισμού.

Με το πέρασ των χρόνων έχουν δημιουργηθεί ποικίλες μέθοδοι που βασίζονται στην πολυκριτηριακή λήψη αποφάσεων κάθε μια από τις οποίες εξυπηρετεί έναν διαφορετικό σκοπό, χρησιμοποιώντας διαφορετική μεθοδολογία.

Τα τελευταία χρόνια με την κατάκλιση της καθημερινής μας ζωής από την τεχνολογία έχει παρατηρηθεί ότι ο άνθρωπος δίνει μεγάλη βάση στην αγορά καθημερινών ηλεκτρονικών υπολογιστικών συσκευών που διευκολύνουν την ζωή του. Αυτοί οι τύποι συσκευών ποικίλουν διότι μπορεί να ανήκουν είτε στην κατηγορία των φορητών υπολογιστών, είτε στα κινητά τηλέφωνα ή tablets, είτε ακόμα και στα smartwatch. Παρόλα αυτά έχει διαπιστωθεί ότι ο άνθρωπος δίνει περισσότερη σημασία στη αγορά ενός κινητού τηλεφώνου από τις άλλες συσκευές. Αυτό μπορεί να δικαιολογηθεί εν μέρει λαμβάνοντας υπόψιν το τεράστιο εύρος λειτουργιών που μπορούν να προσφέρουν ενσωματωμένα σε ένα τόσο μικρό μέγεθος όσο η παλάμη του χεριού μας. Από την κλήση ενός αριθμού και την αποστολή ενός μηνύματος έως την δημιουργία ενός εγγράφου αλλά και την διαχείριση οικιακών συσκευών μέσω κατάλληλων εφαρμογών τα κινητά τηλέφωνα είναι πλέον αναπόσπαστο κομμάτι της ζωής .

Μέσα και από την δική μου εμπειρία μπορώ να κατανοήσω το πόσο χρονοβόρο

Πτυχειακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορηλίας

και δύσκολο μου είναι να επιλέξω όταν έρθει η στιγμή ποια κινητή συσκευή είναι καταλληλότερη για μένα. Σκεπτόμενη πάντα τις ανάγκες μου από την ίδια την συσκευή αλλά υπολογίζοντας και το κόστος ανάλογα με το ποσό που έχω διαθέσιμο η τελική επιλογή δεν καταλήγει να είναι πάντα ιδανική. Αυτό με ώθησε και στη δημιουργία του κεντρικού παραδείγματος της εργασίας αυτής μέσα από το οποίο χρησιμοποιώντας κάθε φορά μια διαφορετική πολυκριτήρια μέθοδο θα βλέπουμε ποια είναι η καταλληλότερη κινητή συσκευή για αγορά. Υπολογίζοντας ποικίλα χαρακτηριστικά από την χωρητικότητα της μνήμης ram και την ταχύτητα του επεξεργαστή έως την ανάλυση της κάμερας και το μέγεθος της οθόνης θα συμπεριλάβουμε όλα εκείνα που κάνω ένα κινητό τηλέφωνο ελκυστικό προς τον καταναλωτή ώστε να δούμε τελικά ποια είναι η ιδανική λύση.

Έτσι συνδυάζοντας τις μεθόδους της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων μας δίνεται η δυνατότητα να μελετήσουμε νέες τεχνολογίες ενώ παράλληλα λύνουμε και ένα καθημερινό πρόβλημα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πολυκριτηριακή ανάλυση αποτελεί μια εφαρμογή της Επιχειρησιακής Έρευνας που επιχειρεί να βοηθήσει στη λήψη αποφάσεων που πραγματοποιούνται από την διοίκηση ενός οργανισμού τόσο δημοσίου όσο και ιδιωτικού.

Σημαντικές αποφάσεις που λαμβάνονται σε έναν οργανισμό δεν στηρίζονται σε σαφώς καθορισμένες μεθόδους και δεν μπορούν να περιγραφούν με ακριβή ποσοτικά μοντέλα που τεκμηριώνουν πλήρως το τρόπο με τον οποίο επιλέχθηκε μια συγκεκριμένη δράση. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ύπαρξη μιας σύγχυσης και δυσκολίας ειδικά όταν αναφερόμαστε σε προβλήματα μεγαλύτερου βεληγεκούς.

Βασιζόμενη σε αυτές τις δυσκολίες ο τομέας της πολυκριτηριακής ανάλυσης αναπτύχθηκε ευρέως τα τελευταία χρόνια και προσφέρει μεθόδους μέσα από τις οποίες ο αποφασίζον μπορεί εύκολα να λύσει προβλήματα χρονοβόρα και κοστοβόρα. Στις παρακάτω ενότητες παρουσιάζονται αναλυτικότερα οι βασικότερες μέθοδοι για κάθε πιθανή κατηγορία προβλήματος παρουσιάζοντας τόσο τη μεθοδολογία τους όσο και την εκτέλεση τους σε παράδειγμα πραγματικών τιμών. Πιο συγκεκριμένα ερευνούμε για την AHP, την PROMETHEE, την TOPSIS κι την VIKOR. Σε κάθε μια από αυτές παρουσιάζουμε τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες που έχουν παρουσιάζοντας την ίδια στιγμή την μεθοδολογία τους τόσο σε θεωρητικό, όσο και σε πρακτικό επίπεδο.

Τέλος, αφού εκτελέσουμε τις μεθόδους με τι τιμές του παραδείγματος μας για την εύρεση και αγορά κινητού τηλεφώνου συγκρίνουμε κάθε μέθοδο και κάθε τελικό αποτέλεσμα αναλύουμε και καταλήγουμε σε ορισμένα συμπεράσματα για την κάθε μια ξεχωριστά.

ABSTRACT

Any human problem has a multicriteria nature. In most of cases at least technological, economic, environmental and social criteria should always be taken into account. Multicriteria problems are therefore extremely important and request an appropriate treatment. Decision analysis is a valuable tool for resolving the problem, as it is characterized by multiple factors, criteria and objectives. MCDM problems generally include the following components: goal, decision maker preferences, alternatives, criteria and results respectively.

In this paper we are going to examine some of the main multicriteria decision making methods thoroughly both from a theoretical and a practical aspect. A part of this paper is not only to present the methods, but to emphasize the greatness and the usefulness of them. I aim to present AHP, prometee, Topsis and Vikor by describing their characteristics including the procedure they use. Furthermore, I am going to compare all the methods to examine if the final result is the same but also if the method itself is friendly to the user and provides an accurate solution to the decision maker.

For making this happen I created my own problem in which the decision maker has to choose a new smartphone to buy. I searched online and found ten brand new mobile devices and I set them as my options. After that, I picked seven criteria in which my problem is going to use, according to the most popular characteristics a user wants in his cellphone. In the end, I put together all of the information above. The same information are going to be used to every experiment I make in any method to find out which smartphone is better for a user.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Ω Ν

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ABSTRACT	6
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	7
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	11
1.1. ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ	11
1.1.1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	12
1.1.2. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ	13
1.2. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	14
1.3. ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ	15
1.4. ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑ ΘΕΩΡΙΑ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ	16
1.4. ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΣΧΕΣΕΩΝ ΥΠΕΡΟΧΗΣ	17
1.4. ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΣΥΝΘΕΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	18
1.5. ΕΠΙΛΟΓΟΣ	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	20
2.1. ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΙΕΡΑΡΧΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ	20
2.1.1. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΑΗΡ	21
2.1.2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΙΕΡΑΡΧΙΚΗ ΔΟΜΗ	22
2.1.3. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΙΔΙΟ ΤΟΝ ΑΠΟΦΑΣΙΖΟΝΤΑ ΚΑΙ ΣΥΛΛΟΓΗΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	23
2.1.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΩΝ ΒΑΡΩΝ	25
2.1.5. ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΒΑΡΩΝ ΚΑΙ ΕΞΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΓΕΝΙΚΩΝ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΩΝ ΤΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	29
3.1. ΜΕΘΟΔΟΣ PROMETHEE	29
3.1.1. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ PROMETHEE	30
3.1.2. ΕΞΕΛΙΞΗ ΡΟΩΝ ΤΩΝ PROMETHEE 1 ΚΑΙ 2	36
3.2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ	38
3.3. ΕΠΙΛΟΓΟΣ	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	57
4.1. ΜΕΘΟΔΟΣ TOPSIS	57

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορηλίας

4.1.1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	57
4.1.2.ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ TOPSIS.....	58
4.1.2.1 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΑΠΟΦΑΣΗΣ.....	59
4.1.2.2.ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟΥ ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ.....	60
4.1.2.3.ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΡΝΗΤΙΚΗΣ ΙΔΑΝΙΚΗΣ ΛΥΣΗΣ.....	60
4.1.2.4ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΚΑΘΕ ΙΔΑΝΙΚΗ ΚΑΙ ΜΗ-ΙΔΑΝΙΚΗ ΛΥΣΗ.....	61
4.1.2.5.ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗΛΥΣΗ ΣΤΙΣ ΙΔΑΝΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ.....	62
4.1.2.6 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΛΥΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ ΑΞΙΑ C.....	62
4.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ.....	62
4.3. ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	70
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	72
5.1. ΜΕΘΟΔΟΣ ΒΙΚΟΡ.....	72
5.1.1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	72
5.1.2.ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΒΙΚΟΡ.....	73
5.1.2.1. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΑΛΥΤΕΡΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΧΕΙΡΟΤΕΡΗΣ ΤΙΜΗΣ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΤΙΜΕΣ ΠΟΥ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟΥΝ ΣΤΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ $x_j, j=1,2,\dots,n$	74
5.1.2.2.ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΤΙΜΩΝ S_j ΚΑΙ R_j	75
5.1.2.3.ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΤΙΜΗΣ Q_j	75
5.1.2.4.ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ.....	75
5.1.2.5.ΠΡΟΤΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΒΙΒΑΣΤΙΚΗΣ ΛΥΣΗΣ.....	75
5.2.ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΒΙΚΟΡ.....	76
5.3. ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	82
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	84
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	86
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ.....	90

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πολυκριτηριακή ανάλυση αποφάσεων αποτελεί ένα εξελιγμένο πεδίο της επιχειρησιακής έρευνας, ο οποίος τις τελευταίες τρεις δεκαετίες έχει γνωρίσει ιδιαίτερη άνθηση τόσο σε θεωρητικό όσο και σε πρακτικό επίπεδο. Βασικό ρόλο στην ανάπτυξη και διάδοση της πολυκριτηριακής ανάλυσης αποτέλεσε η απλή διαπίστωση ότι η επίλυση πολύπλοκων και ιδιαίτερα σημαντικών προβλημάτων λήψης αποφάσεων δεν είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί μέσω μιας μονόπλευρης και μονοδιάστατης ανάλυσης.

Κατά την προσπάθεια, όμως, εξέτασης όλων των παραμέτρων ενός προβλήματος και των κριτηρίων/παραγόντων που επηρεάζουν τη λήψη της κατάλληλης απόφασης, γεννάται ένα ιδιαίτερα σημαντικό πρόβλημα. Το πρόβλημα αυτό αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο μπορεί να πραγματοποιηθεί η σύνθεση όλων των παραμέτρων ώστε να επιτευχθεί η λήψη ορθολογικών αποφάσεων. Η αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού αποτελεί το βασικό αντικείμενο της πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων. Η κύρια όμως ειδοποιός διαφορά της πολυκριτηριακής ανάλυσης από άλλες εναλλακτικές προσεγγίσεις, δεν είναι η απλή σύνθεση όλων των παραμέτρων ενός προβλήματος. Το βασικό χαρακτηριστικό γνώρισμα της πολυκριτηριακής ανάλυσης είναι η πραγματοποίηση της αναγκαίας σύνθεσης υπό το πρίσμα της πολιτικής λήψης των αποφάσεων και του συστήματος προτιμήσεων και αξιών, το οποίο συνειδητά ή ασυνείδητα χρησιμοποιεί ο αποφασίζων.

Λαμβάνοντας υπόψιν τα παραπάνω, η πολυκριτηριακή ανάλυση έχει δώσει ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην έρευνα θεμάτων που σχετίζονται με την ανάλυση, μαθηματική μοντελοποίηση και αναπαράσταση των προτιμήσεων που διέπουν την πολιτική λήψης αποφάσεων από τη πλευρά του εκάστοτε αποφασίζοντα. Απώτερος στόχος είναι η παροχή των απαραίτητων πληροφοριών για την υποστήριξη της διαδικασίας λήψης των αποφάσεων, συμβάλλοντας στον εντοπισμό των βασικών χαρακτηριστικών του εξεταζόμενου προβλήματος καθώς και των ιδιαιτεροτήτων των διαθέσιμων εναλλακτικών λύσεων.

Καθώς συνεχίζουμε παρακάτω θα μελετήσουμε την πολυκριτήρια ανάλυση παραθέτοντας το ιστορικό της από την έναρξη της έως τα τελευταία χρόνια. Θα έχουμε την δυνατότητα να παρατηρήσουμε τις πλευρές της παραθέτοντας τα χαρακτηριστικά της είτε θετικά είτε αρνητικά ώστε να καταλήξουμε στους λόγους για τους οποίους είναι τόσο εύχρηστη. Η πολυκριτήρια ανάλυση μπορεί να διαχωριστεί σε τέσσερις βασικές κατηγορίες μεθόδων ανάλογα με τη μορφή

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορηλίας

μοντέλου αλλά και το τρόπο ανάπτυξης που χρησιμοποιούν. Πιο αναλυτικά θα περιγράψουμε μια πληθώρα μεθόδων από κάθε κατηγορία εκ βάθους τόσο σε θεωρητικό επίπεδο όσο και σε πρακτικό μέσα από εκτενή παραδείγματα. Όπου θα ακολουθήσουμε βήμα βήμα από την δημιουργία ενός προβλήματος μέχρι τη λύση του. Αυτό θα μας δώσει τη δυνατότητα να συγκρίνουμε τις τεχνικές και να παρουσιάσουμε απ όλες τις πλευρές αναλυτικότερα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1. ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

«Η λήψη αποφάσεων είναι η πράξη επιλογής μεταξύ δύο ή περισσότερων ενεργειών». Στα σύγχρονα χρόνια έχει υπάρξει η ανάγκη να πρέπει να ληφθούν αποφάσεις και αυτό πρέπει να γίνει σε μια διαρθρωμένο, διαφανή και αξιόπιστο τρόπο. Τα MCDM ή MCDA είναι γνωστά ακρωνύμια για την λήψη αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων και την ανάλυση αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων. Το MCDA αποτελείται από μια ομάδα προσεγγίσεων οι οποίες επιτρέπουν τη ρητή καταγραφή πολλαπλών κριτηρίων, προκειμένου να υποστηριχθούν άτομα ή ομάδες να ταξινομήσουν, να επιλέγουν και / ή να συγκρίνουν διαφορετικές εναλλακτικές.

Για την επίτευξη της λύσης το βασικότερο βήμα που πρέπει να γίνει είναι ο προσδιορισμός του στόχου του φορέα λήψης απόφασης, εφόσον αυτοί είναι που η επίτευξή τους θα οδηγήσει στην προστιθέμενη αξία της ανάλυσης. Μια λάθος τοποθέτηση των στόχων μπορεί πολύ εύκολα να έχει ως αποτέλεσμα την λάθος τελική απόφαση. Είναι σημαντικό να θυμόμαστε ότι ο κύριος στόχος μπορεί να χωριστεί σε επιμέρους μικρότερους στόχους και πολλοί από αυτούς να αλληλοεξαρτώνται. Είναι βέβαια δυνατόν οι αρχικοί στόχοι να μεταβληθούν κατά τη διάρκεια της διεξαγωγής της ανάλυσης παρόλα αυτά είναι σημαντικό να καθοριστούν για την εκκίνηση της διαδικασίας και την ασφαλή ολοκλήρωση της μελέτης. Ο ορισμός των στόχων είναι το πρωταρχικό βήμα της πολυκριτήριας ανάλυσης για την λήψη της σωστής απόφασης.

Ωστόσο, πρέπει πάντα να θυμόμαστε ότι ενδέχεται να μην υπάρχει πάντοτε μια «σωστή» απόφαση μεταξύ των διαθέσιμων επιλογών. Μπορεί να υπήρξε μια καλύτερη επιλογή που δεν είχαν ληφθεί υπόψη ή οι σωστές πληροφορίες ενδέχεται να μην ήταν διαθέσιμες εκείνη τη στιγμή. Τα προβλήματα αξιολόγησης πολλαπλών κριτηρίων αποτελούνται από ένα πεπερασμένο αριθμό εναλλακτικών λύσεων, που είναι σαφώς γνωστά στην αρχή της διαδικασίας λύσης. Στα προβλήματα σχεδιασμού Multiple Criteria (πολλαπλά αντικειμενικά προβλήματα μαθηματικού προγραμματισμού) οι εναλλακτικές λύσεις δεν είναι σαφώς γνωστές. Για παράδειγμα, μια εναλλακτική (λύση) μπορεί να βρεθεί λύνοντας ένα μαθηματικό μοντέλο. Αυτή είναι μια από τις πολλαπλές λύσεις που είναι διαθέσιμες.

1.1.1.ΙΣΤΟΡΙΚΗΑΝΑΔΡΟΜΗ

Για να μπορέσουμε να κατανοήσουμε καλύτερα τη έννοια της πολυκριτήριας απόφασης είναι ευκολότερο να μελετήσουμε την έννοια από την αρχή της δημιουργίας της και να προχωρήσουμε τα χρόνια έως τη σημερινή εποχή και τις μεθόδους που υπάρχουν.

Η πρώτη τεκμηριωμένη προσπάθεια επιστημονικής αντιμετώπισης του προβλήματος της σύνθεσης πολλαπλών κριτηρίων ήταν το 1896 από τον Pareto ο οποίος έθεσε τις απαραίτητες αξιωματικές βάσεις, εισάγοντας, παράλληλα, μια εκ των πλέον βασικών εννοιών της σύγχρονης πολυκριτήριας ανάλυσης, την έννοια της αποδοτικότητας (efficiency). Συνεχίζοντας, ο Koopmans το 1951, επέκτεινε την έννοια της αποδοτικότητας του Pareto εισάγοντας την έννοια του αποδοτικού συνόλου, δηλαδή του συνόλου των εναλλακτικών δραστηριοτήτων οι οποίες δεν κυριαρχούνται από καμία άλλη εναλλακτική δραστηριότητα.

Την επόμενη δεκαετία οι Charnes και Cooper (1961) συνέδεσαν τη θεωρία του γραμμικού προγραμματισμού και της πολυκριτήριας ανάλυσης (goal programming) και ο Fishburn (1965) επέκτεινε τη θεωρία της χρησιμότητας σε προβλήματα λήψης αποφάσεων υπό καθεστώς πολλαπλών κριτηρίων. Στα τέλη της ίδιας δεκαετίας η πολυκριτήρια ανάλυση άρχισε να απασχολεί και τους Ευρωπαίους επιχειρησιακούς ερευνητές. Πρωτοπόρος ο Roy (1968) ο οποίος ανέπτυξε τη θεωρία των σχέσεων υπεροχής (outranking relations) και θεωρείται ο ιδρυτής της «Ευρωπαϊκής σχολής» της πολυκριτήριας ανάλυσης.

Τις επόμενες δύο δεκαετίες (1970–1990), η πολυκριτηριακή ανάλυση αναπτύχθηκε ραγδαία σε θεωρητικό επίπεδο αλλά και σε θέματα πρακτικών εφαρμογών για την αντιμετώπιση διαφόρων πολύπλοκων πραγματικών προβλημάτων λήψης αποφάσεων. Προς την κατεύθυνση αυτή σημαντική υπήρξε η συμβολή της πληροφορικής και της επιστήμης των υπολογιστών. Η ταχύτατη τεχνολογική πρόοδος που συντελέστηκε στους χώρους αυτούς, κυρίως κατά τις τελευταίες δύο δεκαετίες, έδωσε τα απαραίτητα μέσα για την υλοποίηση των μεθοδολογικών εξελίξεων της πολυκριτηριακής ανάλυσης σε ολοκληρωμένα πληροφορικά συστήματα (πολυκριτηριακή συστήματα υποστήριξης αποφάσεων), τα οποία παράλληλα συνέβαλλαν και στην προώθηση των πρακτικών εφαρμογών της πολυκριτηριακής ανάλυσης.

1.1.2. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ

Σαν κάθε σύστημα έτσι και αυτό αποτελείται από πτυχές οι οποίες εξυπηρετούν τον χρήστη αλλά και από αυτές που τον κάνουν να αποθαρρύνεται ως προς τη χρήση του.

Ξεκινώντας πάντα με την θετική πλευρά, η πολυκριτήρια απόφαση διευκολύνει την αναπαράσταση πολυδιάστατων προβλημάτων διότι είναι ιδιαίτερα ευέλικτη και επιτρέπει τη διαφορετική επίδραση των παραγόντων στο τελικό αποτέλεσμα. Παράλληλα απλοποιεί τη διαδικασία όταν είναι απαραίτητη η αξιολόγηση μην μετρήσιμων μεγεθών, όπως για παράδειγμα οι περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις. Συνεχίζοντας, είναι μια χρήσιμη λειτουργία επειδή αντιμετωπίζει καταστάσεις κατά τις οποίες έχουμε σύγκρουση στόχων-κριτηρίων (επίλυση διαφωνιών όταν στην απόφαση εμπλέκονται πολλοί αποφασίζοντες ο καθένας με διαφορετικό σύστημα προτιμήσεων) ή υπάρχει σημαντική αβεβαιότητα στη μέτρηση των επιδόσεων των εναλλακτικών λύσεων ή υπάρχει πρόβλημα δικαιολόγησης κατά τη διατύπωση των προτιμήσεων του λήπτη αποφάσεων.

Από την άλλη πλευρά, όπως είναι κατανοητό, η εφαρμογή της πολυκριτήριας ανάλυσης μπορεί να μην οδηγεί σε βέλτιστες λύσεις, αλλά διευκολύνει να ληφθούν ικανοποιητικές αποφάσεις, οι οποίες ανταποκρίνονται στη γενικότερη πολιτική που ακολουθεί ο υπεύθυνος για τη λήψη απόφασης. Γι αυτό το λόγο η ικανοποίηση των στόχων αυτών δεν μπορεί να είναι πλήρης. Οι διαθέσιμες επιλογές σε ένα τέτοιο πρόβλημα παρουσιάζουν άριστη επίδοση μόνο ως προς έναν ή περισσότερους – αλλά ποτέ ως προς όλους – τους στόχους, γιατί τότε δε θα υπήρχε πρόβλημα απόφασης: η επιλογή που θα ικανοποιούσε μια τέτοια συνθήκη θα ήταν η άριστη. Είναι αναγκαίος λοιπόν ένας συμβιβασμός μεταξύ των αλληλοσυγκρουόμενων στόχων. Πρέπει δηλαδή ο υπεύθυνος για τη λήψη της απόφασης να επιλέξει τον ή τους στόχους, τους οποίους επιθυμεί να μεγιστοποιήσει, καθώς και τις αντισταθμιστικές απώλειες που είναι διατεθειμένος να αποδεχθεί ως προς τους υπόλοιπους στόχους. Επιπλέον οι συντελεστές βαρύτητας συχνά αποφασίζονται από ένα άτομο ή ένα ενδιαφερόμενο φορέα με αποτέλεσμα συχνά η βαθμολόγηση των παραμέτρων και των συντελεστών βαρύτητας καθίσταται πολύπλοκη ή ακόμα και υποκειμενική ως ένα βαθμό. Τέλος, αδυνατίζει την επίδραση του παράγοντα «χρόνου».

Παρόλα αυτά μετά από σύγκριση των δυο πλευρών, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι μας είναι απαραίτητη η χρήση των μεθόδων πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων. Το πλήθος των διαθέσιμων συντελεστών είναι μεγάλο και ο

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας

χρήστης κουράζεται χωρίς τη χρήση των μεθόδων με αποτέλεσμα η δοθείσα λύση να είναι σε μικρο ποσοστό η άριστη καταναλώνοντας όμως ταυτόχρονα πολύ παραπάνω χρόνο από ότι θα χρειαζόταν.

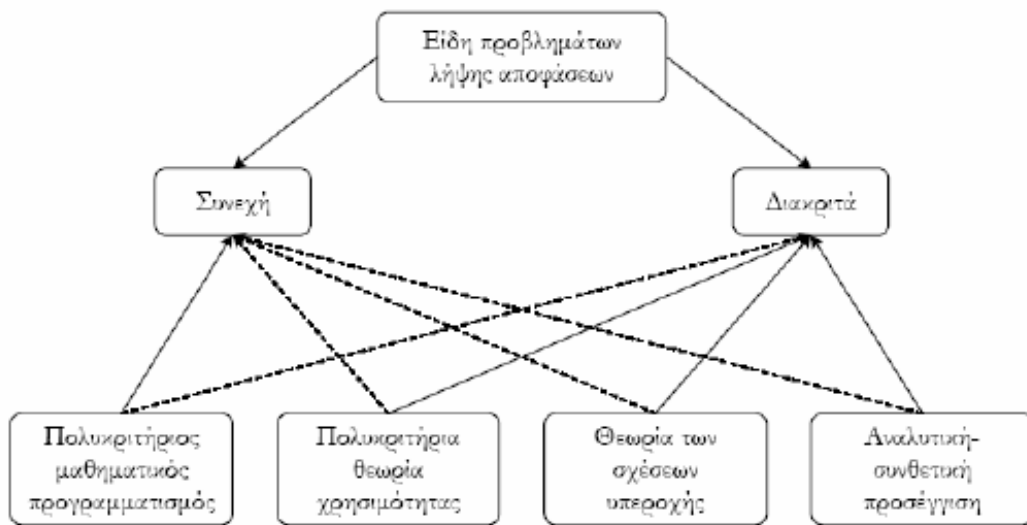
1.2. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Όπως αναφέραμε και παραπάνω η πολυκριτήρια ανάλυση έχει ένα εκτενές θεωρητικό υπόβαθρο στο οποίο βασίζεται η λογική για την λύση των προβλημάτων. Με βάση αυτού αναπτύχθηκε ένα πλήθος τεχνικών κατάλληλων για την αντιμετώπιση όλων των προβλημάτων που προκύπτουν στην πράξη. Παρόλο που δεν υπάρχει αυστηρή ταξινόμηση θα μπορούσαμε να ξεχωρίσουμε τέσσερις κατηγορίες.

Η πρώτη κατηγορία είναι αυτή που περιλαμβάνει τις μεθόδους του πολυκριτήριου μαθηματικού προγραμματισμού (Multi-objective Mathematical Programming) η οποία ασχολείται με μαθηματικά προβλήματα βελτιστοποίησης που περιλαμβάνουν περισσότερες από μία αντικειμενικές λειτουργίες που πρέπει να βελτιστοποιηθούν ταυτόχρονα. Στην επόμενη κατηγορία ανήκουν οι μέθοδοι πολυκριτήριας θεωρίας χρησιμότητας (Multiattribute Utility Theory). Η συγκεκριμένη μέθοδος αποτελεί μια επέκταση του Μαθηματικού Προγραμματισμού που στοχεύει στην επίλυση προβλημάτων όπου δεν υπάρχουν διακριτές εναλλακτικές επιλογές και οι στόχοι είναι περισσότεροι του ενός.

Ακολουθως είναι οι μέθοδοι τεχνικών σχέσεων υπεροχής (Outranking Relations) που στοχεύει στην αντιμετώπιση του προβλήματος της μη-συγκρισιμότητας μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων. Τέλος, υπάρχουν οι μέθοδοι αναλυτικής –συνθετικής προσέγγισης (Aggregation Disaggregation Approach). Κύριος στόχος της είναι η ανάλυση της συμπεριφοράς του λήπτη αποφάσεων και τον τρόπο αντίληψής του. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση επαναληπτικών διαδικασιών, οι οποίες αναλύονται και στη συνέχεια συντίθενται σε ένα σύστημα αξιών όλες οι παράμετροι του προβλήματος όπως και η μέθοδος κρίσης του λήπτη αποφάσεων.

Η εικόνα παρακάτω μας βοηθάει να αντιληφθούμε καλύτερα, να συγκρίνουμε και να διαχωρίσουμε περαιτέρω αυτές τις τέσσερις κατηγορίες. Όπως μπορούμε να συμπεράνουμε οι τρεις τελευταίες κατηγορίες τείνουν να προσανατολίζονται προς την λύση διακριτών προβλημάτων, σε αντίθεση με τις μεθόδους του πολυκριτήριου μαθηματικού προγραμματισμού που εξειδικεύονται σε συνεχή προβλήματα πολυκριτήριας λήψης αποφάσεων.



Εικόνα 1: Μεθοδολογικές προσεγγίσεις πολυκριτήριας ανάλυσης

Ο τελικός τους στόχος είναι η σύνθεση όλων των κριτηρίων για την αξιολόγηση ενός πεπερασμένου συνόλου εναλλακτικών δραστηριοτήτων σύμφωνα με τις προβληματικές της επιλογής, της ταξινόμησης και της κατάταξης. Ο πολυκριτήριος μαθηματικός προγραμματισμός ασχολείται με περιπτώσεις όπου πρέπει να βελτιστοποιηθούν πολλαπλές αντικειμενικές συναρτήσεις.

Επιπρόσθετα όμως μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι οι τρεις κατηγορίες μεθόδων δεν περιορίζονται μόνο στη ενός είδους προβλημάτων πολυκριτήριας ανάλυσης. Η πολυκριτηριακή θεωρία χρησιμότητας, η θεωρία των σχέσεων υπεροχής και η αναλυτική συνθετική προσέγγιση έχουν τη δυνατότητα να επιλύσουν και συνεχή προβλήματα, όπως το ίδιο ισχύει και για τις μεθόδους του πολυκριτηρίου μαθηματικού προγραμματισμού που μπορεί να συμβάλει στη λύση διακριτών προβλημάτων.

1.3.ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα μιλήσουμε πιο λεπτομερώς για τις μεθόδους που ανήκουν στη κατηγορία του πολυκριτηρίου μαθηματικού προγραμματισμού. Αυτή η κατηγορία αντιμετωπίζει το πρόβλημα της κατανομής των βαρών σε ένα σύνολο από δραστηριότητες με βάση τον βαθμό σημαντικότητας του. Για να υλοποιηθεί κάτι τέτοιο οι μέθοδοι πραγματοποιούν δυαδικές συγκρίσεις με αποτέλεσμα να δημιουργείται μια κλίμακα προτίμησης των δραστηριοτήτων με βάση τις

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας

προτιμήσεις του αποφασίζων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός πίνακα βαρών και ενός εκτιμήσεων για κάθε ένα από τα υπάρχοντα κριτήρια.

Η κύρια ιδιότητα του είναι ότι το κύριο πρόβλημα διαιρείται σε πολλά μικρότερα τμήματα ή μεταβλητές οι οποίες ταξινομούνται ιεραρχικά αφού δίνουν αριθμητικές τιμές στις εκτιμήσεις της σχετικής σημαντικότητας. Στη συνέχεια γίνεται η σύνθεση όλων αυτών των εκτιμήσεων προκειμένου να προσδιοριστεί ποια μεταβλητή είναι αυτή με την μεγαλύτερη επιρροή στο τελικό αποτέλεσμα.

Ο πολυκριτήριος μαθηματικός προγραμματισμός χρησιμοποιείται κυρίως διότι μπορεί να αναπαριστά τους ποιοτικούς παράγοντες, ώστε μέσα από αυτούς να μπορούμε να αποτυπώσουμε την λογική του ίδιου του αποφασίζοντα. Τέλος, μας δίνεται η δυνατότητα της επαναχρησιμοποίησης του μοντέλου απόφασης και σε άλλες περιπτώσεις.

Από την άλλη πλευρά, είναι αρκετά δύσχρηστο διότι το μοντέλο απόφασης είναι δύσκολο στη κατανόηση. Επίσης, υπάρχουν παραχωρήσεις μεταξύ των κριτηρίων και ως εκ τούτου πολλά σημαντικότερα κριτήρια έχουν χαμηλότερη θέση στην ιεραρχική ταξινόμηση. Όλη αυτή η διαδικασία, εν τέλει, μπορεί να οδηγήσει σε μια αβεβαιότητα των εκτιμήσεων που απέχει από την άριστη λύση.

1.4.ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑ ΘΕΩΡΙΑ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ

Στο παρακάτω κεφάλαιο θα αναλύσουμε περαιτέρω τις μεθόδους που ανήκουν στην πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας. Η συγκεκριμένη κατηγορία στοχεύει στην αναπαράσταση του συστήματος αξιών που ακολουθεί ο λαμβάνων της απόφασης. Η αναπαράσταση αυτού γίνεται με την χρήση μιας κατάλληλης συνολικής συνάρτησης χρησιμότητας $U(x)$.

Η παρακάτω συνάρτηση εκφράζεται βάσει ενός συνόλου n κριτηρίων αξιολόγησης τα οποία επηρεάζουν και το αποτέλεσμα της:

$$U(x) = U(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1.1)$$

Οι συναρτήσεις χρησιμότητας συνήθως είναι μη γραμμικές αύξουσες συναρτήσεις με πεδίο ορισμού το πεδίο τιμών των αντίστοιχων κριτηρίων αξιολόγησης. Δυο από τις βασικές ιδιότητες των συναρτήσεων χρησιμότητας παραθέτονται παρακάτω:

$$U(x') > U(x'') \iff x' P x'' \text{ (η εναλλακτική προτιμάται της } x'') \quad (1.2)$$

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας

$$U(x') = U(x'') \square x' \mid x'' \text{ (η εναλλακτική προτιμάται της } x'') \quad (1.3)$$

Το ζητούμενο είναι ο προσδιορισμός της συνάρτησης χρησιμότητας τόσο της συνολικής όσο και των επιμέρους που προκύπτουν. Το πεδίο εφαρμογής του είναι κυρίως τα προβλήματα διακριτές εναλλακτικές λύσεις και τα προβλήματα επιλογής. Όπως όμως αναφέραμε και παραπάνω οι μέθοδοι αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πιο σπάνιες περιπτώσεις και σε προβλήματα κατάταξης ή ταξινόμησης των εναλλακτικών σε διάφορες κατηγορίες.

Όπως και στην προηγούμενη κατηγορία, έτσι και σε αυτή υπάρχει αποτύπωση της λογικής του αποφασίζοντα. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα της επαναχρησιμοποίησης των αποφάσεων. Τέλος, γίνεται ταξινόμηση των εναλλακτικών σε σαφώς ορισμένες κατηγορίες.

Το αρνητικό σε αυτές τις μεθόδους είναι όμως ότι χρειάζεται ο ίδιος ο χρήστης να κάνει την εισαγωγή των δεδομένων με αποτέλεσμα να είναι λίγο χρονοβόρο. Παράλληλα χρειάζεται να γίνει κατανόηση του μοντέλου απόφασης πριν τη χρήση του, ενώ πολλές φορές το αποτέλεσμα βασίζεται σε υποκειμενικές κρίσεις.

Η πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας υλοποιείται σε 4 στάδια. Στο αρχικό στάδιο γίνεται ο καθορισμός των εναλλακτικών και των κριτηρίων αξιολόγησης. Στη συνέχεια γίνεται η εκτίμηση των εναλλακτικών στα κριτήρια. Ακολουθώντας, γίνεται η ανάπτυξη των χρησιμότητων και των βαρών για τα κριτήρια. Τέλος κάνουμε αξιολόγηση των εναλλακτικών που προσθέσαμε και ανάλυση της ευαισθησίας.

1.4.ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΣΧΕΣΕΩΝ ΥΠΕΡΟΧΗΣ

Οι Σχέσεις Υπεροχής χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση των εναλλακτικών λύσεων σε προκαθορισμένες κατηγορίες προβαίνοντας σε σχετικές συγκρίσεις με προκαθορισμένα πρότυπα, όταν πληρούνται μια σειρά από προϋποθέσεις. Η κύρια απαίτηση Μεθόδων Πολυκριτήριας Ανάλυσης είναι η ύπαρξη ενός μέτρου σύγκρισης με βάση το οποίο θα συγκρίνονται όλες οι εναλλακτικές. Σε περίπτωση όπου δεν υπάρχει αυτό το μέτρο σύγκρισης, τότε απλά οι εναλλακτικές είναι μη συγκρίσιμες.

Οι σχέσεις υπεροχής υπερτερούν από τις άλλες διότι προσφέρουν εναλλακτικές και δημιουργούν διαφορετικά προφίλ κάθε φορά. Επιπρόσθετα δημιουργείται μια κλίμακα κριτηρίων με σειρά σημαντικότητας. Τέλος παρέχει συνασπισμούς συμφωνίας και διαφωνίας.

Αντίθετα, πρέπει πάντα να γίνεται μοντελοποίηση του προβλήματος ώστε να είναι σε θέση να λυθεί. Ακόμα οι μέθοδοι αυτές χρειάζονται να έχουν πάντα ονομαστική ταξινόμηση γεγονός που απαιτεί αρκετό χρόνο. Τέλος οι μέθοδοι κάνουν πάντα πρώτα μια αισιόδοξη και μια απαισιόδοξη πρόβλεψη. Ένα από τα κύρια παραδείγματα μεθόδων που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία είναι η μέθοδος promethee, την οποία θα συζητήσουμε εκτενώς στα επόμενα κεφάλαια.

1.4.ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΣΥΝΘΕΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Η συγκεκριμένη κατηγορία χρησιμοποιεί συναρτήσεις χρησιμότητας για την μοντελοποίηση και αναπαράσταση των αποφάσεων του αποφασίζων ώστε να γίνει η επιλογή, η κατάταξη ή η ταξινόμηση των διαθέσιμων εναλλακτικών λύσεων. Η διαφορά με την πολυκριτήρια θεωρία της χρησιμότητας βρίσκεται στη διαδικασία της ανάπτυξης της συνάρτησης. Σε αυτή την περίπτωση η ανάλυση των προτιμήσεων του αποφασίζων γίνεται μέσα στο σύνολο αναφοράς.

Ο λήπτης των αποφάσεων εκφράζει την γνώμη του για τις εναλλακτικές ενέργειες του συνόλου αναφοράς ανάλογα με το επιθυμητό αποτέλεσμα της αξιολόγησης ή καθορίζοντας μια ταξινόμηση σε προκαθορισμένες ομάδες. Στη συνέχεια χρησιμοποιούνται τεχνικές παλινδρόμησης που βασίζονται στον Μαθηματικό Προγραμματισμό, από όπου προκύπτει η συνάρτηση χρησιμότητας η οποία “αναπαράγει” τις αποφάσεις του αποφασίζοντα όπως αυτές εκφράστηκαν στο σύνολο αναφοράς. Χαρακτηριστικό παράδειγμα μεθόδου αυτής της κατηγορίας είναι η μέθοδος UTA.

1.5.ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Ολοκληρωμένη αξιολόγηση είναι όλες οι προσεγγίσεις που προσπαθούν να χειριστούν τις πληροφορίες από τους μεμονωμένους δείκτες με ολοκληρωμένο τρόπο, εξετάζοντας τις αλληλεπιδράσεις και τις αλληλεπικαλύψεις μεταξύ τους, αναγνωρίζοντας τη διαφορετική σημασία που μπορούν να έχουν και υιοθετώντας διαφορετικούς βαθμούς συγκέντρωσης. Το MCDA είναι ένα από αυτά και έχει επισημανθεί ως το κατάλληλο σύνολο εργαλείων για την εκτίμηση εξετάζοντας διαφορετικές σφαίρες βιωσιμότητας, προοπτικές, παράγοντες, αξίες και αβεβαιότητες για την λύση προβλημάτων.

Το πρώτο βήμα για την δημιουργία της ιδέας της MCDA έγινε το 1896 από τον Pareto, οποίος έθεσε στιβαρά θεμέλια ενώ ταυτόχρονα εισήγαγε και την έννοια της

αποδοτικότητας. Τα τελευταία χρόνια υλοποιήθηκαν μεθοδολογικές εξελίξεις στην λύση των προβλημάτων πολυκριτήριας ανάλυσης εξαιτίας της ιλιγγιώδους εξέλιξης της επιστήμης των υπολογιστών.

Οι μέθοδοι πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων μας προσφέρουν την δυνατότητα της ευελιξίας και της ευχρηστίας αφού απλοποιεί τις διαδικασίες σε πολλά σημεία, ενώ ταυτόχρονα διαχειρίζεται τις καταστάσεις όπου υπάρχει σύγκρουση των στόχων. Αυτό όμως δεν αντικρούει το γεγονός ότι παρόλο που διευκολύνει να ληφθούν ικανοποιητικές αποφάσεις, η λύση δεν είναι άριστη αλλά ικανοποιητική σε ένα μεγάλο βαθμό.

Ακόμα, όπως αναφέραμε και παραπάνω για την καλύτερη οργάνωση των μεθόδων έχουμε χωρίσει την πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων σε τέσσερις κατηγορίες ως προς τον τρόπο λύσης των προβλημάτων. Αυτές είναι οι μέθοδοι του πολυκριτήριου μαθηματικού προγραμματισμού, της πολυκριτήριας θεωρίας χρησιμότητας, των τεχνικών σχέσεων υπεροχής και της αναλυτικής –συνθετικής προσέγγισης. Για κάθε μια από τις παραπάνω λειτουργίες θα μιλήσουμε αναλυτικότερα στα παρακάτω κεφάλαια περιγράφοντας με παραδείγματα ώστε να δούμε και το πρακτικό υπόβαθρο εκτός από το θεωρητικό κάποιες από τις πιο γνωστές μεθόδους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1. ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΙΕΡΑΡΧΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα μελετήσουμε την αναλυτική ιεραρχική μέθοδο αρχικά σε θεωρητικό επίπεδο αναφέροντας τα κύρια σημεία της τον τρόπο δημιουργίας της και την μεθοδολογία που ακολουθεί για την επίλυση των προβλημάτων της. Η μέθοδος αυτή αποτελεί μια από τις συνηθέστερες επιλογές των χρηστών, καθώς είναι μια από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων.

Μπορούμε εύκολα να πούμε πως η ΑHP είναι η πιο εφαρμοσμένη τεχνική ανάλυσης αποφάσεων χάρη στην απλότητα και την σαφήνεια της. Η αναλυτική ιεραρχική μέθοδος, γνωστή και ως ΑHP, δημιουργήθηκε από τον Saaty το 1977. Στα ελληνικά χρησιμοποιείται ο όρος Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία ή διαφορετικά Ιεραρχική Ανάλυση Αποφάσεων, στη παρούσα εργασία θα αναφέρεται με την αγγλική συντομογραφία ΑHP. Χρησιμοποιείται κυρίως στις περιπτώσεις όπου ο λήπτης αποφάσεων αδυνατεί να δημιουργήσει μια λειτουργία χρησιμότητας.

Μερικοί από τους τομείς στους οποίους χρησιμοποιείται και εφαρμόζεται η ΑHP είναι η υγεία, ο σχεδιασμός προγραμμάτων, το μάρκετινγκ, των κοινωνικών επιστημών. Βέβαια, η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται επίσης στην ανάλυση συγκρούσεων, τον σχεδιασμό και το μάνατζμεντ γεγονός που την καταστεί σε μια από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους στο χώρο της πολυκριτήριας λήψης αποφάσεων.

Ένας από τους κύριους λόγους που η ΑHP είναι τόσο διαδεδομένη είναι ότι οι χρήστες βρίσκουν εύκολη την σύγκριση κατά ζεύγη. Επίσης, πολλές εφαρμογές της μεθόδους έχουν χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με άλλες τεχνικές με πολύ καλά αποτελέσματα. Από την άλλη πλευρά μπορούν να υπάρξουν κάποιες δυσκολίες οφειλόμενες στο φαινόμενο της αντιστροφής της κατάταξης, δηλαδή στην περίπτωση που απλά προσθέτοντας μια άλλη επιλογή στη λίστα των προς εκτίμηση επιλογών, η κατάταξη δυο άλλων επιλογών που δεν σχετίζονται με την καινούρια μπορεί να αντιστραφεί.

Για να είναι ικανή να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος είναι αναγκαίο να ολοκληρωθούν τέσσερα στάδια ιεράρχησης των εναλλακτικών. Όπως συμβαίνει και με όλες τις μεθόδους που ανήκουν στην πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων, έτσι και αυτή πρέπει να έχει μια δομή. Η μέθοδος αντιμετωπίζει το πρόβλημα της κατανομής των βαρών σε ένα σύνολο από δραστηριότητες, σύμφωνα με το βαθμό σημαντικότητας της γι αυτό και γίνονται οι ζεύξεις μεταξύ των ζευγών με

αποτέλεσμα τη δημιουργία της κλίμακας προτίμησης με βάσει τις εκτιμήσεις του αποφασίζοντα. Τα επόμενα βήματα είναι ο έλεγχος συνέπειας και η ανάλυση ευαισθησίας. Παρόλο που και τα δύο βήματα είναι προαιρετικά συνίστανται στους χρήστες ώστε να μπορεί να εξακριβωθεί η ευρωστία των αποτελεσμάτων.

Η AHP βοηθά στην αφομοίωση τόσο των υποκειμενικών όσο και των αντικειμενικών κριτηρίων αξιολόγησης, παρέχοντας έναν άκρως αποτελεσματικό έλεγχο της συνέπειας, των μέτρων αξιολόγησης και των διαφόρων εναλλακτικών που προκύπτουν, μειώνοντας έτσι τη δυσκολία και την σύγχυση που προκύπτει λόγω αυτής για την λήψη αποφάσεων (Saaty, 1994).

2.1.1.ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ AHP

Σύμφωνα με τον Saaty η μέθοδος αυτή διέπεται από τρεις βασικές ιδέες. Πρώτον, η AHP χαρακτηρίζεται ως αναλυτική. Αυτό σημαίνει πως χρησιμοποιείται έντονα η μαθηματική και λογική αιτιολόγηση για την λήψη των αποφάσεων οδηγώντας έτσι στην ανάλυση του προβλήματος σε μια λογική βάση μέσω της μετατροπής των προτιμήσεων του χρήστη σε νούμερα. Συνεχίζοντας, έχει την δυνατότητα, όπως αναφέραμε και παραπάνω, να δομεί το πρόβλημα σε μια ιεραρχία ελαχιστοποιώντας έτσι την δυσκολία και την πολυπλοκότητα του. Τέλος, η μέθοδος ορίζει μια συγκεκριμένη διαδικασία για την λήψη των αποφάσεων διαμέσου της οποίας οι πληροφορίες που συγκεντρώνονται από τον χρήστη ενσωματώνονται στη διαδικασία και εισάγονται σε μια επιστημονική βάση οδηγώντας στην ευκολότερη λήψη αποφάσεων.

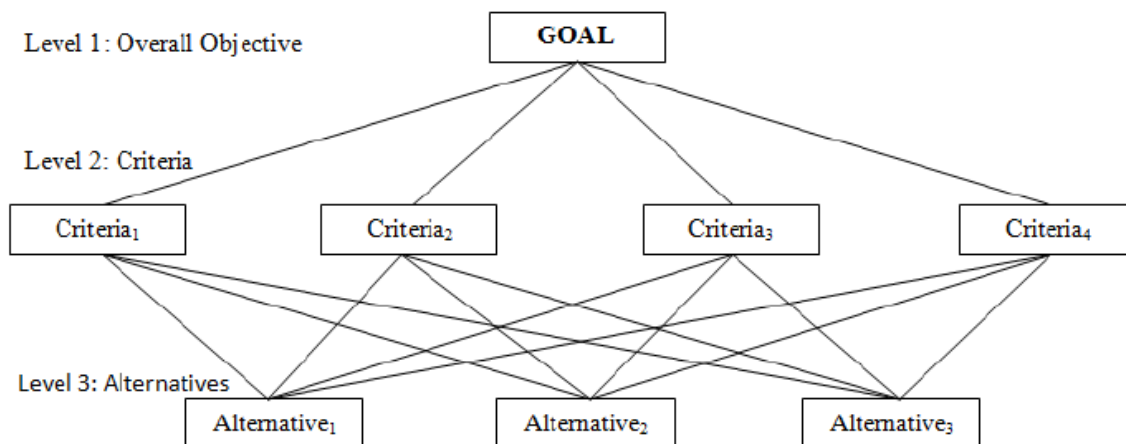
Η μεθοδολογία της AHP αποτελείται από τέσσερα κύρια βήματα:

1. Ανάλυση του κεντρικού προβλήματος σε ιεραρχική δομή
2. Σύγκριση των στοιχείων της απόφασης από τον ίδιο τον αποφασίζοντα και συλλογή των αποτελεσμάτων
3. Υπολογισμός των προτεραιοτήτων και των σχετικών βαρών κάθε στοιχείου της απόφασης
4. Σύνθεση των επιμέρους βαρών και εξαγωγή των γενικών προτεραιοτήτων των εναλλακτικών

Καθώς προχωράμε θα δούμε αναλυτικότερα τα βήματα ένα προς ένα καθώς και πως εκτελούνται μέσα από τους μαθηματικούς τύπους που χρησιμοποιούν.

2.1.2.ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΙΕΡΑΡΧΙΚΗ ΔΟΜΗ

Στο συγκεκριμένο βήμα ουσιαστικά γίνεται ο προσδιορισμός του προβλήματος μας. Είναι ίσως και το κυριότερο βήμα της διαδικασίας διότι δίχως τη σωστή ανάλυση ενός προβλήματος η εξαγωγή των αποτελεσμάτων μπορεί να είναι λανθασμένη. Πριν ξεκινήσει η διαδικασία θα πρέπει να καθοριστεί ο αρχικός στόχος και γενικά οι στόχοι που θέλουμε να επιτύχουμε μέσω της διαδικασίας. Στη συνέχεια το πρόβλημα αναλύεται σε μια ιεραρχική δομή με την μορφή δένδρου. Στην κορυφή του δένδρου τοποθετείται συνήθως ο απώτερος στόχος που είναι και το κύριο ζητούμενο στο πρόβλημα λήψης απόφασης. Εξαιτίας της γενικότητας του απώτερου στόχου η σύγκριση με τις εναλλακτικές λύσης είναι δύσκολη κυρίως διότι ο ίδιος είναι πιο σύνθετος και επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να χρειάζεται να αναλύσουμε τον κύριο στόχο σε υπό-στόχος ή υπό-κριτήρια, τα οποία αναλύονται και αυτά περαιτέρω δομώντας έτσι το δένδρο καταλήγοντας στις προς εξέταση εναλλακτικές επιλογές.



Εικόνα 2: ιεραρχική ανάλυση απόφασης

Όπως αναφέραμε και παραπάνω σκοπός της μεθόδου είναι να “σπάμε” το αρχικό πρόβλημα σε άλλα μικρότερα πιο εύκολα διαχειρίσιμα. Παρατηρώντας και την εικόνα βλέπουμε ότι ο αρχικός στόχος (Goal) έχει διαιρεθεί σε 4 μικρότερους (Criteria₁, Criteria₂, Criteria₃) οι οποίοι αποτελούν τα κύρια στοιχεία της απόφασης. Το κάθε κριτήριο ακολούθως διαιρείται σε μικρότερα και ούτω καθεξής δημιουργώντας έτσι το δένδρο. Στο κατώτερο επίπεδο του δένδρου βρίσκονται οι

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας

εναλλακτικές προς αξιολόγηση λύσεις, όπου είναι κοινές για όλα τα κριτήρια (Alternative1, Alternative2, Alternative3). Αν και η AHP ενθαρρύνει την εις βάθος ανάλυση ο αριθμός των επιπέδων δεν θα πρέπει να είναι πολύ μεγάλος εφόσον για η κριτήρια και m εναλλακτικές ο αποφασίζοντας θα πρέπει να κάνει υπολογισμούς ίσος με :

$$n(n-1)/2 + nm(m-1)/2 \quad (2.1)$$

Που σημαίνει ότι είναι απαραίτητο να οριστεί ένα επίπεδο ανάλυσης ώστε να μην καταλήξει ο λήπτης αποφάσεων σε μια διαδικασία υπερανάλυσης του προβλήματος η οποία μπορεί να φέρει τα αντίθετα αποτελέσματα από αυτά που θέλαμε δηλαδή ένα χρονοβόρο και παράλληλα ασύμφορο ως προς το κόστος πρόβλημα.

2.1.3.Σ ΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕ Ι ΩΝ ΤΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ ΑΠΟ ΤΟΝ Ι ΔΙΟ ΤΟΝ ΑΠΟΦΑΣ Ι ΖΟΝΤΑ ΚΑΙ ΣΥΛΛΟΓ ΗΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜ Α ΤΩΝ

Στο δεύτερο βήμα της μεθόδου τα στοιχεία κάθε επιπέδου της ιεραρχικής δομής που δημιουργήσαμε παραπάνω συγκρίνονται κατά ζεύγη, ως προς το βαθμό προτίμησης σε σχέση με το κριτήριο του γονικού τους επιπέδου. Αυτό επαναλαμβάνεται έως ότου δημιουργηθούν ζεύγη για όλα τα στοιχεία απόφασης για όλα τα επίπεδα. Τα αποτελέσματα των συγκρίσεων αυτών τοποθετούνται σε πίνακες που εκφράζουν τις σχετικές τιμές μιας ομάδας ιδιοτήτων το πλήθος των οποίων είναι ίσο με τους κόμβους του δένδρου της ιεραρχίας χωρίς των εναλλακτικών λύσεων.

Για την έκφραση των προτιμήσεων του αποφασίζοντα ο Saaty (1977) πρότεινε να χρησιμοποιείται μια αριθμητική κλίμακα διακριτών αξιών από το 1 έως το 9 που θα εκφράζει την προτίμηση. Παρακάτω βρίσκεται και αναλυτικά ο πίνακας με τις τιμές που υποδηλώνει κάθε αριθμός της κλίμακας.

The Fundamental Scale for Pairwise Comparisons		
Intensity of Importance	Definition	Explanation
1	Equal importance	Two elements contribute equally to the objective
3	Moderate importance	Experience and judgment slightly favor one element over another
5	Strong importance	Experience and judgment strongly favor one element over another
7	Very strong importance	One element is favored very strongly over another; its dominance is demonstrated in practice
9	Extreme importance	The evidence favoring one element over another is of the highest possible order of affirmation
Intensities of 2, 4, 6, and 8 can be used to express intermediate values. Intensities 1.1, 1.2, 1.3, etc. can be used for elements that are very close in importance.		

Εικόνα 3: Κλίμακα αξιών

Αν παρατηρήσουμε μπορούμε εύκολα να διακρίνουμε πως οι ζυγοί αριθμοί λείπουν. Αυτό χρησιμεύει στο γεγονός ότι οι αριθμοί 2,4,6,8 εκφράζουν ενδιάμεσες καταστάσεις οπότε είναι καλύτερο να παραλείπονται. Η κλίμακα επιλέχθηκε να είναι ως το 9 διότι σύμφωνα με διάφορες έρευνες ψυχολόγων η κλίμακα 1-5 δεν θα έδινε ξεκάθαρο αποτέλεσμα ενώ μια μεγαλύτερη για παράδειγμα ως το 100 θα μπερδεύε τον αποφασίζων στο να καταλάβει τη διαφορά μεταξύ 71 και 72.

Για κάθε πίνακα συγκρίσεων πρέπει να γίνουν απαραίτητα :

$$(n^2 - n)/2 \quad (2.2)$$

όπου n^2 είναι ο συνολικός αριθμός συγκρίσεων που μπορούν να γίνουν σε έναν πίνακα και n οι συγκρίσεις των εναλλακτικών μεταξύ τους . Σύμφωνα με τον Saaty ο πίνακας που θα περιέχει τις συγκρίσεις κάθε επιπέδου θα πρέπει να έχει την ακόλουθη μορφή:

a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}
a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}
...

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας

α_{n1}	α_{n2}	...	α_{nn}
---------------	---------------	-----	---------------

Όπου α_{ij} είναι η σύγκριση κάθε ζεύγους στοιχείων i και j ενός επιπέδου της ιεραρχίας. Για κάθε α_{ij} ισχύει:

1. $\alpha_{ij} > 1$ όταν το i προτιμάται του j
2. $\alpha_{ij} < 1$ όταν το j προτιμάται του i
3. $\alpha_{ij} = 1$ όταν το i είναι ισοδύναμο του j
4. $\alpha_{ij} = 1$ όταν αναφέρονται σε συγκρίσεις ενός στοιχείου με τον εαυτό του

2.1.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΩΝ ΒΑΡΩΝ

Στο τρίτο βήμα της AHP γίνεται η εκτίμηση των προτεραιοτήτων για τα στοιχεία απόφασης. Πιο συγκεκριμένα, αφού ήδη γνωρίζουμε τις προτιμήσεις του χρήστη μέσα απ τον πίνακα που δημιουργήθηκε στο προηγούμενο βήμα η μέθοδος υπολογίζει τα σχετικά βάρη w των στοιχείων απόφασης ως προς το ανώτερο επίπεδο. Πρόκειται για ένα καθαρά υπολογιστικό βήμα το οποίο έχει μεγάλη σημασία για την εξέλιξη της μεθόδου κι το τελικό αποτέλεσμα. Σε περίπτωση που ένα χαρακτηριστικό είναι ποιοτικό, δηλαδή μη μετρήσιμο τότε το σχετικό βάρος προκύπτει από τη χρήση των πινάκων που κατασκευάστηκαν στο προηγούμενο βήμα. Σε αντίθετη περίπτωση, το σχετικό βάρος προκύπτει απευθείας από τις τιμές των εναλλακτικών λύσεων στο χαρακτηριστικό αυτό. Είναι συνετό να τονίσουμε ότι τα σχετικά βάρη w_{ij} εκφράζουν το σχετικό βάρος με το οποίο συμμετέχει το στοιχείο απόφασης i στην εκπλήρωση του ανωτέρου επιπέδου στοιχείου. Υπάρχουν δύο μέθοδοι για τον υπολογισμό των βαρών που είναι πιο διαδεδομένες από τις άλλες και που θα αναλύσουμε περισσότερο παρακάτω.

Η πρώτη μέθοδος είναι αυτή του γεωμετρικού μέσου. Αυτή η μέθοδος ενδείκνυται περισσότερο για υπολογισμούς στο χέρι και τα ποσοστά σωστού αποτελέσματος είναι αρκετά υψηλά. Κατά τη μέθοδο αυτή, αρχικά πολλαπλασιάζονται τα n στοιχεία κάθε γραμμής του πίνακα συγκρίσεων ακολούθως υπολογίζεται η n -οστή ρίζα και τα αποτελέσματα εισάγονται σε μια νέα στήλη του πίνακα η οποία κανονικοποιείται διαιρώντας κάθε στοιχείο με το άθροισμα των στοιχείων της στήλης. Με παρόμοιο τρόπο υπολογίζονται και τα βάρη των υπαρχόντων εναλλακτικών.

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας

Η επόμενη διαδομένη μέθοδος είναι αυτή του ιδιοδιανύσματος. Στην αρχή αθροίζονται κατά γραμμή τ στοιχεία του πίνακα κατά ζεύγη συγκρίσεων. Στη συνέχεια, γίνεται προσέγγιση για κάθε γραμμή του πίνακα του βάρους του αντίστοιχου στοιχείου με το πηλίκο του αθροίσματος που δημιουργήθηκε πριν δια το άθροισμα όλου του πίνακα. Έτσι λαμβάνουμε το βάρος .

$$W_{i=Si}/\sum_i \sum_{ij} \quad (2.3)$$

Στο τελευταίο βήμα ο νέος πίνακας υψώνεται στο τετράγωνο και η διαδικασία επαναλαμβάνεται από την αρχή. Η διαδικασία αυτή ολοκληρώνεται όταν οι δύο διαδοχικές προσεγγίσεις δεν διαφέρουν σημαντικά σύμφωνα με μια ορισθέντα ακρίβεια.

Στο τρίτο βήμα της AHP, εκτός από τα βάρη υπολογίζεται και η συνέπεια. Σύμφωνα με τον Saaty, για να κρατηθεί το επίπεδο της ασυνέπειας σε χαμηλά επίπεδα θα πρέπει ο αριθμός των συγκρινόμενων στοιχείων να είναι μικρότερος ή ίσος με το 9. Υπάρχουν πολλοί λόγοι ύπαρξης της ασυνέπειας, κυρίως όμως οφείλεται στη έλλειψη πληροφοριών οι οποίες συνήθως δεν είναι πλήρεις, ενώ μπορεί να υπάρχει επίσης ανεπάρκεια και στον ίδιο τον σχεδιασμό της δομής του προβλήματος. Μέσα από αυτά είναι ευδιάκριτο ότι ένας χαμηλός δείκτης συνέπειας είναι αρκετά σημαντικός για τη λήψη της σωστής απόφασης.

Τα βάρη έχουν άμεση σχέση με την συνέπεια γι' αυτό και ένας πίνακας θεωρείται συνεπής αν για κάθε ένα από τα στοιχεία του ισχύει ο κανόνας ότι:

$$a_{ij} \times a_{jk} = a_{ik} \text{ για κάθε } (i, j, k) \quad (2.4)$$

Η παραπάνω ιδιότητα ισχύει για τον πίνακα από τα σχετικά βάρη είναι εκ των προτέρων γνωστά βασιζόμενοι στο θεώρημα του Saaty. Στην πραγματικότητα όμως ο αποφασίζων δεν είναι πάντα σε θέση να ξέρει με ακρίβεια τα στοιχεία του πίνακα A. Αυτό οδηγεί στην ύπαρξη ενός πίνακα συγκρίσεων που περιέχει κάποιες ανακολουθίες. Ο πίνακας αυτός ονομάζεται ασυνεπής. Σε αυτή την περίπτωση ο υπολογισμός των βαρών γίνεται από την σχέση:

$$\hat{A}\hat{w} = \lambda_{\max}\hat{w} \quad (2.5)$$

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας

όπου A , λ_{\max} , \hat{w} είναι αντιστοίχως ο πίνακας κατά ζεύγη συγκρούσεων, η μέγιστη ιδιοτιμή του πίνακα και το ιδιοδιάνυσμα. Το διάνυσμα w αποτελεί την προσέγγιση, μέσω των εκτιμήσεων του λήπτη απόφασης, του διανύσματος των πραγματικών σχετικών βαρών w . Η ιδιοτιμή λ_{\max} αποτελεί μια εκτίμηση του n , δηλαδή του πλήθους των συγκρινόμενων στοιχείων. Οι δύο αυτές μεταβλητές συνδέονται με την σχέση:

$$\lambda_{\max} \geq n \quad (2.6)$$

Παρατηρήθηκε ότι όσο πιο μεγάλη είναι η διαφορά $\lambda_{\max} - n$ τόσο περισσότερες είναι και οι ασυνέπειες μεταξύ των τιμών του πίνακα. Πάνω σε αυτή την ιδιότητα βασίζεται και ο δείκτης συνέπειας

$$CI = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1) \quad (2.7)$$

όπως και ο λόγος συνέπειας

$$CR = (CI/RI) \cdot 100 \quad (2.8)$$

Η τιμή RI συμβολίζει την μέση τιμή των δεικτών συνέπειας τυχαία δημιουργημένους πίνακες διαφόρων διαστάσεων που ακολουθούν την ιεραρχική κλίμακα. Παρακάτω φαίνονται και οι τιμές που παίρνει το RI για κάθε διάσταση του πίνακα.

Size of matrix	1	2	3	4	5	6	7	8
Random consistency	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41

Size of matrix	9	10	11	12	13	14	15
Random consistency	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

Εικόνα 4: Τιμές RI για διάφορες διαστάσεις του πίνακα

Σύμφωνα με έναν πρακτικό κανόνα για να είναι η τιμή του CR αποδεκτή θα πρέπει να είναι μικρότερη του 10%. Σε αντίθετη περίπτωση ο λήπτης αποφάσεων θα πρέπει να προτρέπει να επανεξετάζει τον πίνακα και να ελαττώνει τις ακολουθίες μέχρι το επιθυμητό επίπεδο. Ο Saaty βέβαια υποστηρίζει ότι όταν η τιμή είναι ίση με το μηδέν ο πίνακας συγκρίσεων είναι πλήρως συνεπής ενώ για περιπτώσεις όπου ισχύει $CR > 0.1$ υπάρχει ασυνέπεια στις προτιμήσεις του

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας

αποφασίζοντα. Τέλος, αν $CR=0.9$ οι προτιμήσεις θεωρούνται τυχαίες και εντελώς αναξιόπιστες.

Οι πηγές προέλευσης των ανακολουθιών είναι δύο, ο ίδιος ο αποφασίζων και η επιλεγμένη κλίμακα έκφρασης των προτιμήσεων. Οι ανακολουθίες ελέγχονται βάσει του βαθμού στον οποίο παραβιάζονται οι εξής ιδιότητες:

1. Αν $\alpha_{ij} > 1$ και $\alpha_{jk} > 1$ τότε και $\alpha_{ik} > 1$
2. $\alpha_{ij} \times \alpha_{jk} = \alpha_{ik}$ για κάθε (i, j, k)

Η πρώτη ιδιότητα εκφράζει την μεταβατικότητα των προτιμήσεων, ενώ η παραβίαση την εσφαλμένη εκτίμηση του αποφασίζοντα. Η δεύτερη ιδιότητα έχει να κάνει με την κλίμακα. Όταν αυτή η ιδιότητα επαληθεύεται εκφράζεται η απόλυτη συνέπεια των απαντήσεων του λήπτη απόφασης. Η δεύτερη ιδιότητα δεν επαληθεύεται πολλές φορές λόγω της φραγμένης κλίμακας των διαβαθμίσεων στις προτιμήσεις. Αυτό δεν οφείλεται στην επιλογή της συγκεκριμένης κλίμακας αλλά θα μπορούσε να συμβεί σε οποιαδήποτε πεπερασμένη κλίμακα.

2.1.5. ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΒΑΡΩΝ ΚΑΙ ΕΞΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΓΕΝΙΚΩΝ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΩΝ ΤΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ

Το τέταρτο και τελευταίο βήμα όπως έχουμε ήδη αναφέρει είναι καθαρά υπολογιστικό. Σε αυτό το βήμα γίνεται η τελική σύνθεση των βαρών των επιμέρους στοιχείων, όπως προέκυψαν από τα ζεύγη των συγκρούσεων σε γενικές προτεραιότητες των εναλλακτικών λύσεων ως προς τον απώτερο στόχο. Για την σύνθεση των βαρών ουσιαστικά γίνονται πράξεις πολλαπλασιασμού μεταξύ των πινάκων βαρών από κάτω προς τα πάνω. Ο υπολογισμός της τελικής βαθμολογίας αξιολόγησης των διαφόρων εναλλακτικών προκύπτει ως εξής:

$$\Sigma_j(W_j R_{ij}) \quad (2.9)$$

όπου W_j ο πίνακας των ειδικών βαρυτήτων των κριτηρίων και R_{ij} ο πίνακας των εναλλακτικών λύσεων.

Τα διανύσματα βαρών των στοιχείων ενός επιπέδου συνθέτουν τον πίνακα βαρών αυτού. Στη συνέχεια ο πίνακας αυτός πολλαπλασιάζεται με το διάνυσμα βαρών του ανωτέρου για κάθε κλάδο της ιεραρχικής δομής. Ακολουθώντας αυτή τη διαδικασία από επίπεδο σε επίπεδο πετυχαίνουμε τελικά να εκφράσουμε τις προτεραιότητες των εναλλακτικών λύσεων ως προς τον απώτερο στόχο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1.ΜΕΘΟΔΟΣ PROMETHEE

Σε αυτό το κεφάλαιο θα μιλήσουμε για την μέθοδο promethee που ανήκει στις μεθόδους πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων. Πιο αναλυτικά θα παρουσιάσουμε κάποια βασικά στοιχεία της για να μπορέσουμε να την κατανοήσουμε εις βάθος ώστε να συνεχίσουμε στη παρουσίαση της μεθοδολογίας της. Τέλος, θα εκτελέσουμε την ίδια την μέθοδο χρησιμοποιώντας τα στοιχεία του κεντρικού μας παραδείγματος ώστε να λάβουμε ένα τελικό αποτέλεσμα που θα χρησιμοποιήσουμε στη συνέχεια.

Η promethee I και II αναπτύχθηκε και παρουσιάστηκε από τον J.P. Brans στα μέσα της δεκαετίας του 1980 στο πανεπιστήμιο του Université Laval στο Québec του Καναδά. Το ακρωνύμιο της promethee σύμπτυξη της φράσης Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations. Η συγκεκριμένη μέθοδος κατατάσσεται στις μεθόδους σχέσεων υπεροχής, που σημαίνει ότι η κατάταξη των εναλλακτικών σεναρίων γίνεται μέσω των συγκρίσεων ανά ζεύγος που πραγματοποιούνται ανάμεσα στις επιδόσεις των εναλλακτικών σεναρίων ως προς τα κριτήρια της ανάλυσης.

Κάποια χρόνια αργότερα δημιουργήθηκε η promethee III η οποία επιτρέπει την προσέγγιση προβλημάτων σε στοχαστική απόφαση. Ακολούθησε η promethee IV από τους J.P. Brans και B. Mareschal για την αντιμετώπιση προβλημάτων αξιολόγησης μεγάλου όγκου εναλλακτικών σεναρίων. Το 1992 και το 1994 οι ίδιοι πήγαν ένα βήμα παρακάτω ορίζοντας την promethee V, στην οποία παρέχεται το πλαίσιο για την αντιμετώπιση προβλημάτων κατανομής πόρων. Τέλος, η promethee VI βοήθησε στη διενέργεια αναλύσεων ευαισθησίας καθώς και την γραφική απεικόνιση του προβλήματος απόφασης.

Η μέθοδος promethee βασίζεται σε τρία απλά βήματα. Αρχικά γίνεται ο υπολογισμός των βαθμών προτίμησης για κάθε ταξινομημένο ζευγάρι ενεργειών σε κάθε κριτήριο. Ακολούθως, υπάρχει ο υπολογισμός των μονό κριτηριακών ροών, ενώ ολοκληρώνεται με τον υπολογισμό των global ροών.

Αν ερευνήσουμε καλύτερα τον κομμάτι της πολυκριτήριας ανάλυσης μπορούμε να διαπιστώσουμε πως ένας μεγάλος αριθμός επιτυχημένων εφαρμογών έγινε με την χρήση της promethee. Πιο συγκεκριμένα έχουμε παραδείγματα στον χώρο των Τραπεζών, Βιομηχανικών θέσεων, Σχεδιασμού ανθρώπινου δυναμικού, Υδατικών πόρων Επενδύσεις, Ιατρική, Χημεία, Υγεία, Τουρισμός, Ηθική σε ΗΑ, Δυναμική διαχείριση τα οποία οφείλονται στο γεγονός ότι χρησιμοποιούνται μαθηματικές

ιδιότητες ενώ παράλληλα είναι φιλική προς τους χρήστες.

Για την υπολογιστική υλοποίηση της μεθόδου χρησιμοποιήθηκε αρχικά το λογισμικό PROMCALC [Brans & Mareschal 1994], το οποίο σταδιακά αντικαταστάθηκε από το Decision Lab [Gelderman & Zhang 2001, www.visualdecision.com]. Τα δύο αυτά λογισμικά βοήθησαν αρκετά στην εξάπλωση της μεθόδου σε πολλά επιστημονικά περιβάλλοντα όπως αναφέραμε και παραπάνω. Σε αυτή την εργασία ωστόσο χρησιμοποιείται το εργαλείο της visualPROMETHEEacademic, ένα δωρεάν εργαλείο για ακαδημαϊκούς σκοπούς το οποίο διανέμεται στο διαδίκτυο.

3.1.1.ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΤΗΣ PROMETHEE

Σε αυτή την ενότητα θα μελετήσουμε αναλυτικότερα την μεθοδολογία της Promethee και τα βήματα που ακολουθεί για την λήψη μιας απόφασης. Η μέθοδος αυτή απαιτεί αρκετά ξεκάθαρες επιπρόσθετες πληροφορίες οι οποίες θα είναι εύκολα διαθέσιμες αλλά και κατανοητές στο χρήστη και στους αναλυτές. Όπως και σε όλες τις πολυκριτήριες μεθόδους ο σκοπός της είναι να εμπλουτίσει τον **γράφο** κυριαρχίας ενώ παράλληλα μειώνει τις ασυμβατότητες.

Στη μέθοδο Promethee η βασική δομή της περιγραφής του πολυκριτηρίου προβλήματος είναι ο πίνακας απόφασης .

a	f₁	f₂	...	f_x	...	f_j
a ₁	F ₁ (a ₁)	F ₂ (a ₁)	...	F _x (a ₁)	...	F _j (a ₁)
a ₂	F ₁ (a ₂)	F ₂ (a ₂)	...	F _x (a ₂)	...	F _j (a ₂)
...
a _n	F ₁ (a _n)	F ₂ (a _n)	...	F _x (a _n)	...	F _j (a _n)

Όπου $A=\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ το σύνολο των εναλλακτικών δράσεων και $F=\{f_1, f_2, \dots, f_k\}$.

Αν a και b οι δύο εναλλακτικές που εξετάζονται υπό το πρίσμα των κριτηρίων είναι

απαραίτητο να οριστεί η συνάρτηση προτίμησης $P(a,b)$. οι δύο αυτές εναλλακτικές αξιολογούνται με βάση των συναρτήσεων των κριτηρίων. Η σύγκριση δίνεται από την σχέση $f(a) > f(b)$ για να δηλώσουμε ότι το a είναι καλύτερη εναλλακτική. Σε κάθε περίπτωση αλλάζει ο τελεστής της συνάρτησης και οι τιμές που μπορούν να πάρουν κυμαίνονται μεταξύ 0 έως 1 και όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί μπορούν να παρουσιαστούν με τις παρακάτω σχέσεις:

- $P(a, b) = 0$ καμιά προτίμηση, διαφορά
- $P(a, b) \approx 0$ ασθενής προτίμηση $k(a) > k(b)$,
- $P(a, b) \approx 1$ δυνατή προτίμηση $k(a) \gg k(b)$,
- $P(a, b) = 1$ αυστηρή προτίμηση $k(a) \gg \gg k(b)$.

Οι παραπάνω σχέσεις περιορίζονται από τους ακόλουθους περιορισμούς:

$$0 < P(a,b) < 1, \quad (3.1)$$

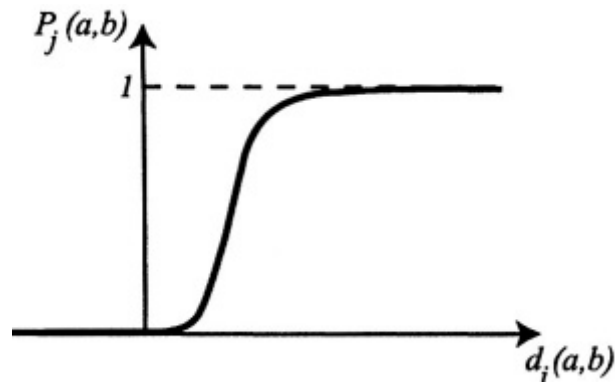
$$P(a,b) \neq P(b, a) . \quad (3.2)$$

Οι εναλλακτικές λύσεις που δεν κυριαρχούνται από άλλες, ονομάζονται αποτελεσματικές λύσεις. Δεδομένου ενός πίνακα αξιολόγησης για ένα συγκεκριμένο πολυκριτήριο πρόβλημα, οι περισσότερες από τις εναλλακτικές λύσεις (συχνά όλες αυτές) είναι συνήθως αποτελεσματικές. Έχει παρατηρηθεί ότι όταν μια εναλλακτική είναι καλύτερη σε ένα κριτήριο η άλλη είναι καλύτερη σε ένα διαφορετικό. Συνεπώς, δεν υπάρχει κάποια σύγκλιση για τις περισσότερες συγκρίσεις ανά ζεύγη, με αποτέλεσμα να είναι αδύνατο να αποφασιστεί χωρίς πρόσθετες πληροφορίες. Στη κατηγορία αυτή των πρόσθετων πληροφοριών μπορούμε να κατατάξουμε τις συναλλαγές μεταξύ των κριτηρίων, βάρη που δίνουν τη σχετική σημασία των κριτηρίων. Επίσης, προτιμήσεις που σχετίζονται με κάθε σύγκριση ανά ζεύγη σε κάθε κριτήριο, κατώτατα όρια που καθορίζουν τα όρια προτίμησης όπως και πολλά άλλα.

Σε περίπτωση που το κριτήριο είναι αύξον και η επίδοση του a είναι μεγαλύτερη από αυτή του b τότε η προτίμηση P_j υπολογίζεται από την σχέση :

$$P_j(a, b) \geq 0 \Rightarrow P_j(a, b) = 0 \quad (3.3)$$

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορηλίας



Εικόνα 5: Συνάρτηση προτίμησης

Αντίθετα σε κριτήρια τα οποία φθίνουν πρέπει να λαμβάνεται το αντίθετο της διαφοράς των επιδόσεων και η σχέση μετατρέπεται σε:

$$P_j(a, b) = F_j(-d_j(a, b)) = F_j(f_j(b) - f_j(a)) \quad (3.4)$$

Παρακάτω παραθέτουμε τις διαφορετικές περιπτώσεις οι οποίες καλύπτουν ένα μεγάλο ποσοστό περιπτώσεων των πρακτικών εφαρμογών. Θα πρέπει να τονιστεί ότι για κάθε κριτήριο μόνο λίγες παράμετροι πρέπει να ταυτοποιηθούν από τον χρήστη. Ορίζουμε ως q και p τα κατώφλια αδιαφορίας και προτίμησης, όπου q_j (indifference threshold) η μεγαλύτερη τιμή της διαφοράς d για την οποία οι εναλλακτικές λύσεις είναι μεταξύ τους αδιάφορες για το κριτήριο j και p_j (preference threshold) η μικρότερη τιμή της της διαφοράς d στο κριτήριο j πάνω από την οποία υπάρχει σαφής προτίμηση. Για να μπορέσουμε δείξουμε ξεκάθαρα τους τομείς της διαφοροποίησης στο $f(b)$ ορίζουμε:

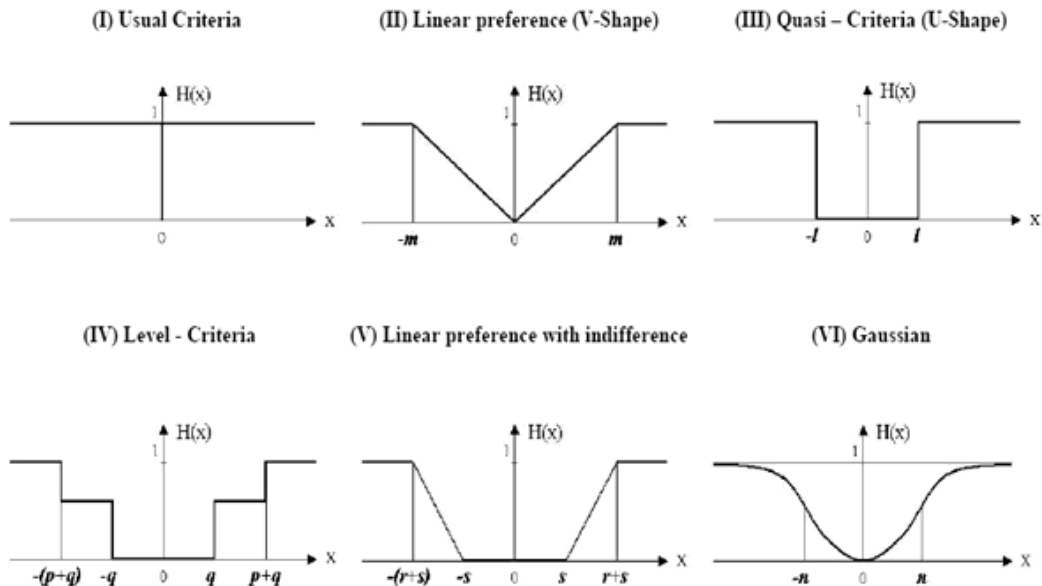
$$x = f(a) - f(b), \quad (3.5)$$

και παρουσιάζουμε σε γράφο την συνάρτηση $H(x)$ έτσι ώστε:

$$H(x) = P(a, b), \quad x \geq 0 \quad (3.6)$$

$$H(x) = P(b, a), \quad x \leq 0 \quad (3.7)$$

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας



Εικόνα 6: Γενικευμένες συναρτήσεις

Στην παραπάνω εικόνα παρατηρούμε την αναπαράσταση της συνάρτησης για κάθε τύπο. Στην πρώτη περίπτωση (UsualCriteria) ισχύει:

$$\rho(x)=0 \text{ για } x \leq 0 \quad (3.8)$$

$$\rho(x)=1 \text{ για } x > 0 \quad (3.9)$$

Μπορούμε να συμπεράνουμε ότι υπάρχει ομοιότητα μόνο στην περίπτωση όπου $f(a)=f(b)$. Όσο αυτές οι δύο τιμές είναι διαφορετικές ο αποφασίζων έχει μια αυστηρή προτίμηση για την δράση με την μεγαλύτερη τιμή. Εάν το κριτήριο αναγνωριστεί ως τύπου 1 δεν χρειάζεται να οριστεί καμία επιπρόσθετη παράμετρος.

Στον τύπο linear preference (V-shape) ισχύει για το $\rho(x)$:

$$\rho(x)=x/m \text{ για } x \leq m \quad (3.10)$$

$$\rho(x)=1 \text{ για } x > m \quad (3.11)$$

Αυτή η επέκταση του κριτηρίου επιτρέπει τον λήπτη απόφασης να προτιμά προοδευτικό a έως b για προοδευτικά μεγαλύτερες αποκλίσεις μεταξύ $f(a)$ και $f(b)$. Η ένταση της προτίμησης αυξάνεται γραμμικά έως ότου αυτή η απόκλιση ισούται με m , μετά από αυτήν την τιμή η προτίμηση είναι αυστηρή. Σε περίπτωση που ταυτοποιηθεί το κριτήριο ως τύπου 2 χρειάζεται μόνο να καθορισθεί την τιμή m από

την οποία λαμβάνεται υπόψη η αυστηρή προτίμηση.

Συνεχίζοντας στον τύπο 3 που ονομάζεται Quasi-Criterion τα a και b είναι όμοια όσο η διαφορά $f(a)$ και $f(b)$ δεν υπερβαίνει το l , σε διαφορετική περίπτωση η προτίμηση γίνεται αυστηρή. Είναι όμως σημαντικό να υπενθυμίσουμε ότι μόλις το κριτήριο καταταχθεί στην κατηγορία τύπου 2 θα πρέπει να οριστεί το l . Σε αυτό το κριτήριο το $\rho(x)$ ορίζεται ως:

$$\rho(x)=0 \text{ για } x \leq l \quad (3.12)$$

$$\rho(x)=1 \text{ για } x > l \quad (3.13)$$

Στο επόμενο σχήμα της εικόνας συναντάμε τον τύπο 4 Level-Criterion όπου το $\rho(x)$ παίρνει τις ανάλογες τιμές :

$$\rho(x)=0 \text{ για } x \leq q \quad (3.14)$$

$$\rho(x)=1/2 \text{ για } q < x \leq q+p \quad (3.15)$$

$$\rho(x)=1 \text{ για } x > q+p \quad (3.16)$$

Εδώ το a και το b θεωρούνται όμοια όταν η απόκλιση μεταξύ των $f(a)$ και $f(b)$ δεν υπερβαίνει το q , ανάμεσα στις τιμές q και $q+p$ η προτίμηση θεωρείται ασθενής, ενώ μετά από αυτή την τιμή γίνεται αυστηρή. Και σε αυτή την περίπτωση ο αποφασίζων μπορεί πολύ εύκολα να ορίσει τις τιμές q και p . Κριτήρια με περισσότερα από δύο τα επίπεδα μπορούν επίσης να εξεταστούν, για παράδειγμα, όταν αρκετές δεδομένες προδιαγραφές φαίνονται σχετικές.

Στη συνέχεια είναι η στιγμή να αναλύσουμε τον 5ο τύπο που ονομάζεται Criterion with Linear Preference and Indifference Area . Σε αυτό το κριτήριο θεωρούμε ότι το $\rho(x)$ παίρνει τιμές ανάμεσα σε:

$$\rho(x)=0 \text{ για } x \leq s \quad (3.17)$$

$$\rho(x)=(x-s)/r \text{ για } s < x \leq s+r \quad (3.18)$$

$$\rho(x)=1 \text{ για } x > s+r \quad (3.19)$$

Ακολούθως a και b είναι όμοια όσο η διαφορά $f(a)$ και $f(b)$ δεν υπερβαίνει το s . Πάνω από αυτή την τιμή η προτίμηση αυξάνεται προοδευτικά έως ότου αυτή η απόκλιση ισούται με $s + r$. Όπως μπορούμε να καταλάβουμε στον παραπάνω τύπο θα πρέπει να οριστούν 2 μεταβλητές.

Καθώς προχωράμε στην επεξήγηση της εικόνας (Εικόνα 6) συναντάμε τον έκτο

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας

και τελευταίο τύπο κριτηρίων (Gaussian Criteria). Αντίθετα με άλλες περιπτώσεις στη συγκεκριμένη κατηγορία η προτίμηση του αποφασίζων συνεχίζει να μεγαλώνει με την απόκλιση του x . Η τιμή του σ ορίζεται σύμφωνα με την Κανονική κατανομή των στατιστικών στοιχείων και συμβολίζει την απόσταση του αρχικού και του σημείου της κλίσης της καμπύλης. Οι τιμές στις οποίες κυμαίνεται η $\rho(x)$ είναι :

$$\rho(x)=0 \text{ για } x \leq 0 \quad (3.20)$$

$$\rho(x)= 1- e^{-x^2/2\sigma^2} \text{ για } x > 0 \quad (3.21)$$

Πρέπει να σημειωθεί ότι για κάθε ένα από τους παραπάνω τύπους θεωρούμε ότι τα κατώτατα όρια l , m , p , q , r , s και σ είναι συνεχή. Κάθε συνάρτηση που παρουσιάζεται στην εικόνα είναι συμμετρική σε σχέση με το 0, αλλά δεν θα υπήρχε καμία δυσκολία στην εξέταση μεταβλητών κατωφλιών. Όταν ένα συγκεκριμένο πολυκριτήριο πρόβλημα πρέπει να αντιμετωπιστεί, ο αποφασίζων πρέπει να αποφασίσει ποιος από τους διαφορετικούς τύπους κριτηρίων θα πρέπει να χρησιμοποιήσει και την αξία των πιθανών αντίστοιχων ορίων. Πιστεύουμε ότι η φύση των κριτηρίων και η αξία των κατωφλιών μπορούν να καθοριστούν σύμφωνα με την οικονομική σημασία που αποδίδεται σε κάθε συγκεκριμένη περίπτωση.

Αφού καθορίσαμε κάθε τύπο θα πρέπει να αναφέρουμε πως για κάθε ζεύγος ενεργειών a , b που ανήκουν στο K , καθορίζουμε πρώτα ένα δείκτη προτιμήσεων για το a σε σχέση με το b πάνω από όλα τα κριτήρια. Ας υποθέσουμε ότι κάθε κριτήριο έχει αναγνωρισθεί ότι είναι ενός από τους έξι τύπους που θεωρούνται έτσι ώστε οι λειτουργίες προτιμήσεων $P_j(a, b)$ έχουν οριστεί για κάθε $j = 1, 2, \dots, k$. Δηλώνουμε ως π τον δείκτη προτιμήσεων. Είναι φανερό ότι αυτός ο δείκτης μετράει την προτίμηση του a από το b για όλα τα κριτήρια, κάτι που σημαίνει ότι όσο πιο κοντά είναι το αποτέλεσμα στο 1 τόσο ισχυρότερη είναι η προτίμηση. Η παραπάνω τιμή δίνεται από την σχέση :

$$\pi(a, b)=\sum_{j=1}^k 1/k P_j(a, b) \quad (3.22)$$

και αντίστοιχα για την προτίμηση του b έναντι του a :

$$\pi(b, a)=\sum_{j=1}^k 1/k P_j(b, a) \quad (3.23)$$

Το γράφημα, οι κόμβοι των οποίων είναι οι ενέργειες του K , έτσι ώστε για όλα τα a , b που ανήκουν στο K , το τόξο (ab) έχει την τιμή $\pi(a, b)$, θα ονομάζεται αποτιμημένο γράφημα εκτροπής. Το αρχικό γράφημα κυριαρχίας έχει εμπλουτιστεί σημαντικά, αλλά αυτός ο εμπλουτισμός δεν είναι τόσο υπερβολικός όσο με τις λειτουργίες χρησιμότητας, που αντιστοιχούν απλώς στο γεγονός ότι αποτιμώνται

τα τόξα. Από την άλλη πλευρά, εάν το a κυριαρχεί στο b , $\pi(b, a) = 0$, αλλά το $\pi(a, b)$ δεν είναι απαραίτητα ίσο με το 1 επειδή το a μπορεί να είναι καλύτερο από το b για κάθε κριτήριο χωρίς να είναι αυστηρή η προτίμηση.

Αφού προσδιοριστεί η προτίμηση $IP(a, b)$, είναι τελικά δυνατόν να υπολογιστεί ο εναλλακτικός δείκτης ελαπτώματος $T(a)$, η αξία του οποίου αντιπροσωπεύει τη σημασία της εναλλακτικής λύσης. Σύμφωνα με αυτόν τον δείκτη, γίνεται η τελική απόφαση σχετικά με την επάρκεια μιας εναλλακτικής λύσης από το σύνολο των εναλλακτικών λύσεων. η επιλογή των κριτηρίων που πρέπει να χρησιμοποιούνται στη διαδικασία λήψης αποφάσεων πρέπει να γίνει προσεκτικά έτσι ώστε η πλειοψηφία των επιλεγέντων κριτηρίων να προσδιορίζει επαρκώς το πρόβλημα και σύμφωνα με τις αιτήσεις λήψης αποφάσεων. Με τον τρόπο αυτό, η επιρροή της εμπειρίας και η υποκειμενική αξιολόγηση του υπεύθυνου λήψης αποφάσεων κατά την επιλογή των γενικευμένων κριτηρίων μειώνεται στο μέγιστο.

Στη μέθοδο promethee ένα πρόβλημα μπορεί να θεωρηθεί πρόβλημα ταξινόμησης στην περίπτωση όπου ο αποφασίζον επιθυμεί να ταξινομήσει τις πράξεις του K από την καλύτερη στην πιο αδύναμη και αποτελείται από την χρήση γραφημάτων υπερεκφράσεων για τη δημιουργία μιας συνολικής προπαραγγελίας για το K ή, ενδεχομένως, μια μερική προπαραγγελία, εάν ένα σύνολο φαίνεται υπερβολικό. Από την άλλη πλευρά αν ο αποφασίζον έχει ως στόχο την επιλογή της καλύτερης πράξης τότε το πρόβλημα ανήκει στην κατηγορία των προβλημάτων επιλογών. Για την λύση των προβλημάτων αυτών έχουν προταθεί αρκετές τεχνικές, οι οποίες θα παρατεθούν αναλυτικότερα παρακάτω.

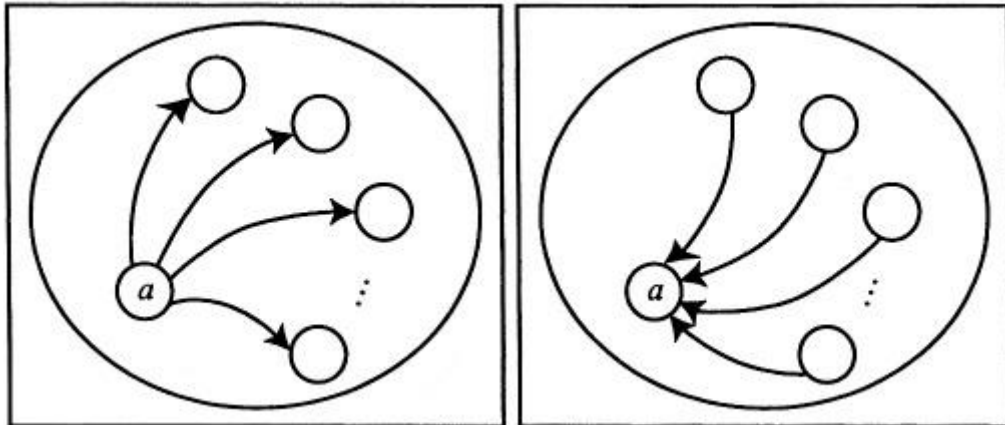
3.1.2. ΕΞΕΛΙΞΗ ΡΟΩΝ ΤΩΝ PROMETHEE 1 ΚΑΙ 2

Στην εξέλιξη ροών κάθε εναλλακτική τίθεται αντιμέτωπη με $n-1$ εναλλακτικά στοιχεία. Το μέτρο της υπεροχής του εναλλακτικού σεναρίου a_i έναντι των υπολοίπων στην ανάλυση υπολογίζεται από την θετική ροή κατάταξης Φ^+ η οποία δίνεται από τη σχέση:

$$\Phi^+(a) = 1/(n-1) \sum_{m=1}^n \pi(a_i, a_m) \quad (3.24)$$

και αντίστοιχα της αρνητικής ροής Φ^- από την σχέση :

$$\Phi^-(a) = 1/(n-1) \sum_{m=1}^n \pi(a_m, a_i) \quad (3.25)$$



Εικόνα 7: Η $\Phi+$ και $\Phi-$ εξέλιξη ροών

Στην promethee 1 γίνεται μερική κατάταξη που σημαίνει ότι όσο μεγαλύτερο το $\Phi^+(a)$ τόσο περισσότερο κυριαρχεί το a από τις υπόλοιπες εναλλακτικές. Η promethee 1 είναι συνετή που σημαίνει ότι ο ίδιος ο αποφασίζων επιλέγει και παίρνει την ευθύνη για το ποια πράξη είναι καλύτερη. Παράλληλα προσφέρει ένα γράφο στον οποίο κάποιες πράξεις είναι συγκρίσιμες ενώ κάποιες άλλες όχι. Ο υπολογισμός των ροών επιτρέπει την κατάταξη των εναλλακτικών σεναρίων με την χρήση των τριών δομών προτίμησης P, I και R , όπου αντίστοιχα σημαίνουν προτίμηση, αδιαφορία και ασυμβατότητα σύμφωνα με τις παρακάτω σχέσεις:

aPb όταν:

- $\Phi^+(a) > \Phi^+(b)$ και $\Phi^-(a) > \Phi^-(b)$
(3.26)

- $\Phi^+(a) = \Phi^+(b)$ και $\Phi^-(a) > \Phi^-(b)$
(3.27)

- $\Phi^+(a) > \Phi^+(b)$ και $\Phi^-(a) = \Phi^-(b)$
(3.28)

aIb όταν:

- $\Phi^+(a) = \Phi^+(b)$ και $\Phi^-(a) = \Phi^-(b)$ (3.29)

aRb όταν:

- $\Phi^+(a) > \Phi^+(b)$ και $\Phi^-(a) > \Phi^-(b)$
(3.30)

- $\Phi+(a) < \Phi+(b)$ και $\Phi-(a) < \Phi-(b)$ (3.31)

Όταν aPb , μια υψηλότερη ισχύς a συνδέεται με μια χαμηλότερη αδυναμία σε σχέση με το b . Η πληροφορία και των δύο ροών εξάπλωσης είναι συνεπής και συνεπώς μπορεί να θεωρηθεί ως σίγουρη. Όταν aIb , οι θετικές και οι αρνητικές ροές είναι ίσες. Όταν aRb , μια υψηλότερη ισχύς μιας εναλλακτικής λύσης συνδέεται με μια χαμηλότερη αδυναμία του άλλου. Αυτό συμβαίνει συχνά όταν το a είναι καλό σε μια σειρά κριτηρίων που το b είναι αδύναμο και αντίστροφα το b είναι καλό σε κάποια άλλα κριτήρια όπου το a είναι αδύναμο. Σε τέτοιες περιπτώσεις, οι πληροφορίες που παρέχονται και από τις δύο πλευρές δεν είναι συνεπείς. Φαίνεται τότε συνετό να θεωρούνται και οι δύο εναλλακτικές ως ασύγκριτες.

Στην *promethee 2* η κατάσταση είναι λίγο διαφορετική. Εδώ, η μέθοδος αποτελεί επέκταση της μεθόδου στον προσδιορισμό της πλήρους κατάταξης των εναλλακτικών σεναρίων της αξιολόγησης και διαμορφώνεται με την χρήση των δομών προτίμησης P και I . Σε μια υποτιθέμενη συνολική προσφορά με πλήρη κατάταξη χωρίς ασυμβατότητες μπορούμε να εξετάσουμε για κάθε ενέργεια a που ανήκει στο K την καθαρή ροή:

$$\Phi(a) = \Phi+(a) - \Phi-(a) \quad (3.32)$$

Θεωρούμε ότι το a υπερέχει το b όταν $\Phi(a) > \Phi(b)$ και είναι όμοιο όταν $\Phi(a) = \Phi(b)$. Τώρα όλες οι πράξεις του K έχουν καταταχθεί πλήρως αλλά αυτή η σχέση είναι ελλιπής σε πληροφορίες και αρκετά μη ρεαλιστική εξαιτίας των εξισορροπητικών επιδράσεων μεταξύ εξερχόμενων και εισερχόμενων ροών.

3.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Σε αυτή την ενότητα θα δούμε πιο αναλυτικά τα βήματα που παρουσιάσαμε παραπάνω και θα τα ενσωματώσουμε στο κεντρικό μας παράδειγμα που παρουσιάστηκε στο παράρτημα. Σκοπός της ενότητας αυτής είναι να δούμε πως λειτουργεί η μέθοδος στην πράξη αναλύοντας πραγματικά δεδομένα και πραγματικές καταστάσεις. Θα χρησιμοποιήσουμε την εφαρμογή *Visual PROMETHEE Academic* θα χτίσουμε τον πίνακα του παραδείγματος μας ώστε να μπορέσουμε να εκμεταλλευτούμε όλες τις δυνατότητες που μας προσφέρει.

Έχουν επιλεγεί επτά κριτήρια για να συγκριθούν τα δέκα τηλέφωνα:

- Η χωρητικότητα του κινητού τηλεφώνου η οποία μετριέται σε gigabyte και θα πρέπει να επιλέγεται το μέγιστο.

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας

- Το μέγεθος της μνήμης ram που μετρείται επίσης σε gigabyte και επιλέγεται πάλι το μέγιστο.
- Η ανάλυση της selfie κάμερα μετρούμενη σε megapixel.
- Η ανάλυση της βασικής κάμερας μετρούμενη σε megapixel. Επιλέγεται το μέγιστο για την καλύτερη απόδοση των φωτογραφιών.
- Η ανάλυση της οθόνης συνδυάζει παράγοντες όπως το μέγεθος μιας μέσης παλάμης χεριού με το μέγεθος του τηλεφώνου. Εκφράζεται με μια σκάλα μεγέθους 7 βαθμών ανάλογα με το πόσο ιδανική είναι σε αναλογία με το χέρι. Μια πολύ μεγάλη οθόνη δεν έχει καλή αναλογία όπως και κάποια πολύ μικρή.
- Το geekbench είναι μια εφαρμογή που μετράει την ταχύτητα της συσκευής υπολογίζοντας όχι μόνο τον επεξεργαστή αλλά και τους πυρήνες. Φυσικά διαλέγουμε το κινητό με το μεγαλύτερο σκορ.
- Η τιμή μετράται σε ευρώ και θέλουμε σαν επιλογή να έχει την ελάχιστο.

Αφού συμπληρώσουμε την τιμή σε κάθε κριτήριο κάθε συσκευής χρωματίζονται αυτόματα η καλύτερη τιμή με πράσινο και η χειρότερη με κόκκινο. Ταυτόχρονα συμπληρώνονται τα πεδία min, max, μέσος όρος και η σταθερή απόκλιση.

Στα κριτήρια capacity, ram, selfie camera, main camera και geekbench score έχουμε επιλέξει πως η καλύτερη επιλογή είναι η μέγιστη σε αντίθεση με την τιμή και την οθόνη που προτιμούμε πάντα την ελάχιστη.

Στην τιμή έχουμε δηλώσει ότι το Q indifference θα είναι 100 ενώ το P preference 400 που σημαίνει ότι έως 100 ευρώ που σημαίνει ότι η διαφορά των δύο λύσεων είναι αμελητέα και ο χρήστης δεν ενδιαφέρεται αν θα πληρώσει 100 παραπάνω, αντίθετα το 400 υποδηλώνει ότι η διαφορά τιμής είναι σημαντική.

Όσο αφορά την οθόνη επιλέχθηκε μια κλίμακα 7 βαθμών η οποία εκφράζεται με μια σκάλα μεγέθους 7 βαθμών ανάλογα με το πόσο ιδανική είναι σε αναλογία με το χέρι. Γι αυτό το λόγο επιλέγουμε και το level στο Preference Fn. Μια πολύ μεγάλη οθόνη δεν έχει καλή αναλογία όπως και κάποια πολύ μικρή. Η σύνδεση με τις τιμές κάθε οθόνη φαίνονται στον παρακάτω πίνακα. Σαν τιμή στο Q indifference έχουμε δηλώσει 1 που σημαίνει ότι ακόμα και αν είναι σε ένα σκαλοπάτι κατώτερο ή ανώτερο η λύσεις είναι ισοδύναμες, ενώ αν έχουν διαφορά πάνω από τρία είναι αντίθετες.

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορηλίας

Level	Label	Value
1	VB	6,4
2	VB-B	6,3
3	B	6,21
4	B-A	5,5
5	A	6,1
6	A-G	6
7	G	5,8

Εικόνα 8: 7 βαθμών κλίμακα για την βαθμολόγηση της αναλογίας χεριού οθόνης

Για την καλύτερη κατανόηση της μεθόδου θα χρησιμοποιήσουμε το ίδιο παράδειγμα σε δύο διαφορετικές εκδοχές. Στην πρώτη που εμφανίζεται και παρακάτω όπως βλέπουμε έχουμε δώσει την τιμή 1 και θέτουμε σε όλα τα κριτήρια το preference ως Linear. Το αποτέλεσμα που παίρνουμε φαίνεται στην εικόνα. Αφού ρυθμίσαμε όλες τις παραμέτρους

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας

Visual PROMETHEE Academic - linear.vpg (saved)

File Edit Model Control PROMETHEE-GAIA GDSS GIS Custom Assistants Snapshots Options Help

	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Smartphones	capacity	ram	selfie camera	main camera	screen	geekbench s...	price	
Unit	gb	gb	mp	mp	7-point	points	euro	
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Preferences								
Min/Max	max	max	max	max	min	max	min	
Weight	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Preference Fn.	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	1	1	1	1	1,00	1000	€ 100,00	
- P: Preference	2	2	2	2	3,00	2	€ 400,00	
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics								
Minimum	64	3	7	12	5,80	3629	€ 279,00	
Maximum	128	6	24	40	6,40	10189	€ 999,00	
Average	102	5	15	18	6,09	7296	€ 655,80	
Standard Dev.	31	1	8	9	0,19	2573	€ 213,74	
Evaluations								
<input checked="" type="checkbox"/> Samsung A7 2018	64	4	24	24	A-G	4011	€ 279,00	
<input checked="" type="checkbox"/> Huawei P20	128	4	24	20	B	3629	€ 398,00	
<input checked="" type="checkbox"/> Xiaomi Mi8	128	6	20	12	B	8292	€ 549,00	
<input checked="" type="checkbox"/> Apple Iphone 7p...	128	3	7	12	A	5794	€ 619,00	
<input checked="" type="checkbox"/> Samsung A9 2018	128	6	24	24	VB-B	3795	€ 598,00	
<input checked="" type="checkbox"/> Huawei P20 pro	128	6	24	40	A-G	9777	€ 649,00	
<input checked="" type="checkbox"/> Samsung S9	64	4	8	12	G	8522	€ 699,00	
<input checked="" type="checkbox"/> Apple Iphone 8p...	64	3	7	12	A	10189	€ 819,00	
<input checked="" type="checkbox"/> Samsung Note 9	128	6	8	12	VB	8798	€ 949,00	
<input checked="" type="checkbox"/> Apple Iphone X	64	3	7	12	G	10151	€ 999,00	

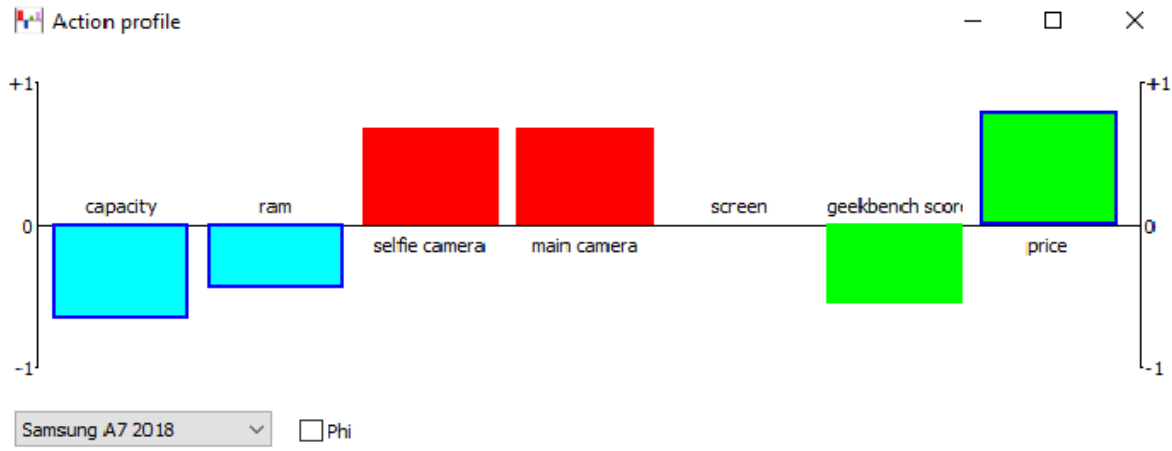
All Smartphones

Actions: 10 (10 active) Criteria: 7 (7 active) Scenarios: 1 (1 active) Locale: Belgium [€/€] Saved

Εικόνα9 Αρχικό παράδειγμα με Linear Preference

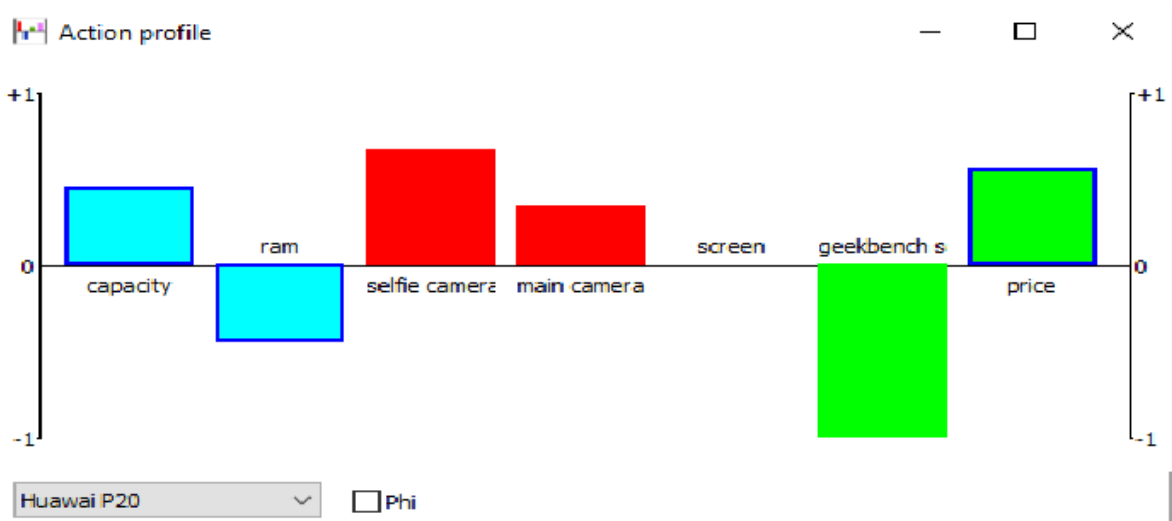
- Το Samsung A7 2018 είναι μια νέα συσκευή η οποία όπως παρατηρούμε έχει την χαμηλότερη τιμή για αυτό και είναι πολύ κοντά στο +1. Επίσης έχει πολύ καλή ευκρίνεια στην κάμερα τόσο στη βασική όσο και στη selfie. Από την άλλη πλευρά μειονεκτεί στην μνήμη ram του αλλά και στη συνολική χωρητικότητα.

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας



Εικόνα 10: Επιδόσεις Samsung A7 2018

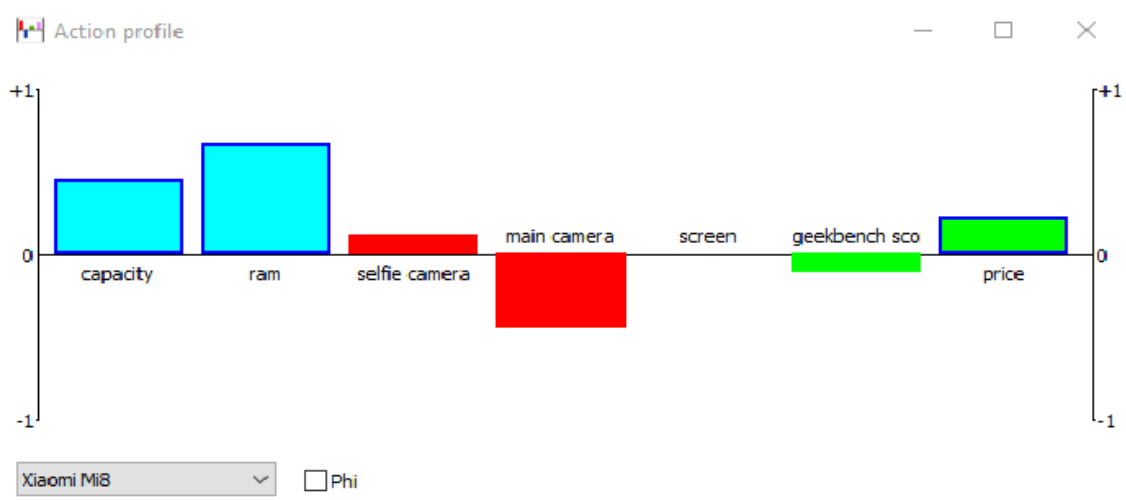
- Το Huawei P20 έχει πολύ ικανοποιητικά στατιστικά όσο αφορά τα χαρακτηριστικά του σε αντίθεση με το geekbench score του που είναι το χαμηλότερο όλου του παραδείγματός μας.



Εικόνα 11: Επιδόσεις Huawei P20

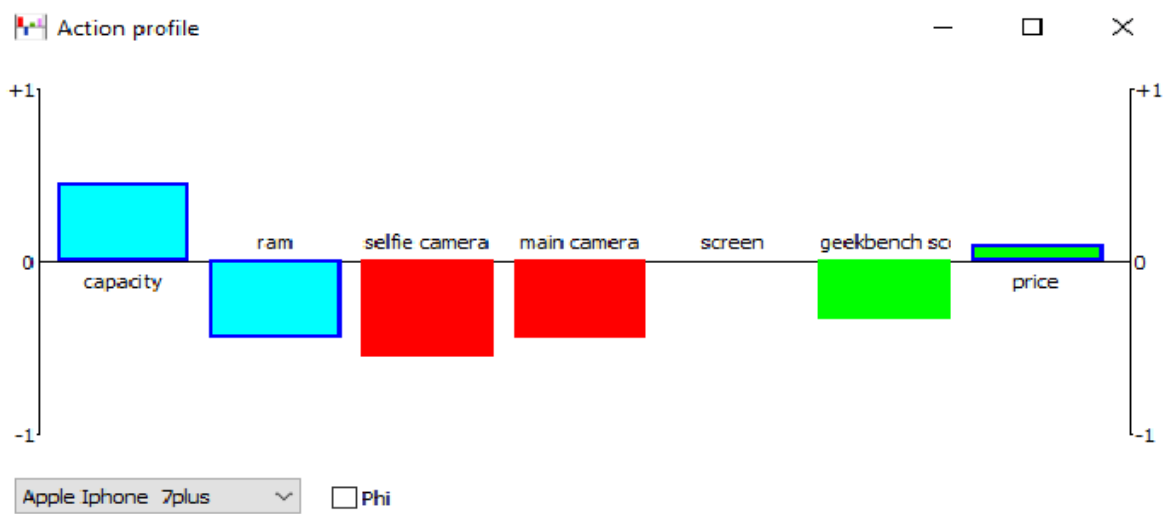
- Το Xiaomi Mi8 βρίσκεται σχετικά στη μέση για όλα τα κριτήρια με διαφορά την μνήμη ram που είναι εμφανές πιο κοντά στο +1 όπως και η ανάλυση της βασικής κάμερας που βρίσκεται σχετικά κοντά στο -1.

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας



Εικόνα 12: Επιδόσεις Xiaomi Mi8

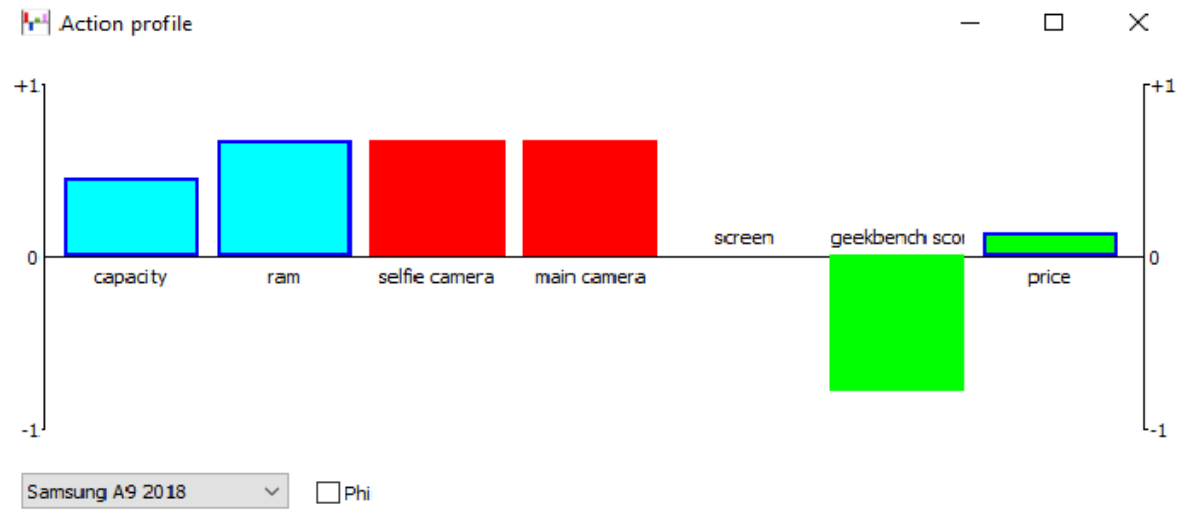
- Το Apple Iphone 7plus αποτελεί μια συσκευή αρκετά ικανή της εταιρίας με μόνες αδυναμίες την ανάλυση της κάμερας της βασικής και της μπροστινής. Στις υπόλοιπες κατηγορίες βρίσκεται στη μέση με διαφορά την χωρητικότητα που προσφέρει η οποία είναι και η ανώτερη.



Εικόνα 13: Επιδόσεις Apple Iphone 7plus

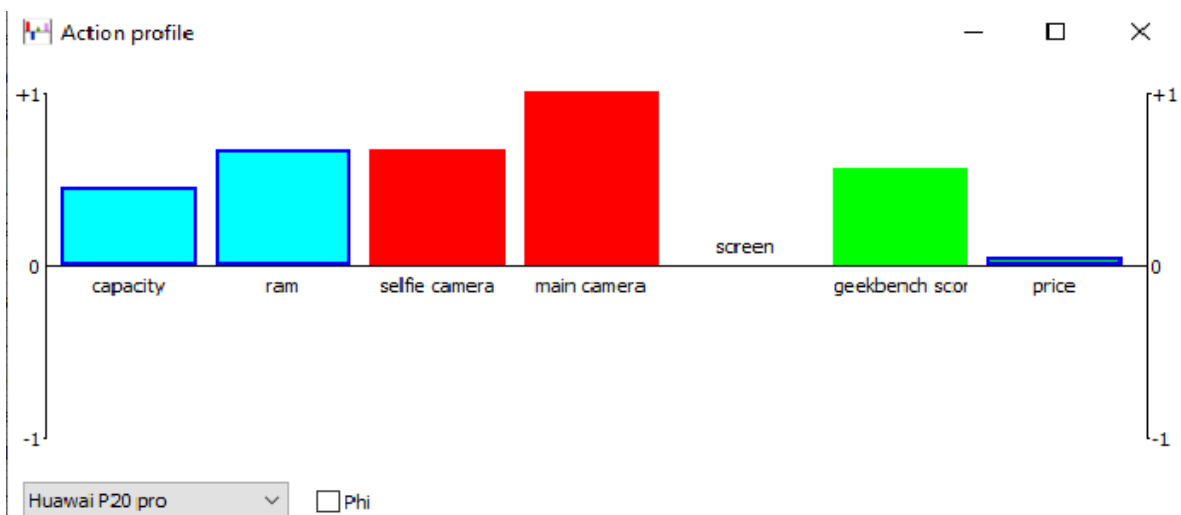
- Το Samsung A9 2018 αποτελεί το τελευταίο μοντέλο της σειράς A της συγκεκριμένης εταιρίας. Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι βρίσκεται ανάμεσα στις κορυφαίες τιμές σε όλες τις κατηγορίες αποτελώντας φαινομενικά μια ιδανική λύση. Παράλληλα όμως έχει σχεδόν την μικρότερη τιμή στη κατηγορία του geekbench score αφού είναι ιδιαίτερα κοντά στο -1.

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας



Εικόνα 14: Επιδόσεις Samsung A9 2018

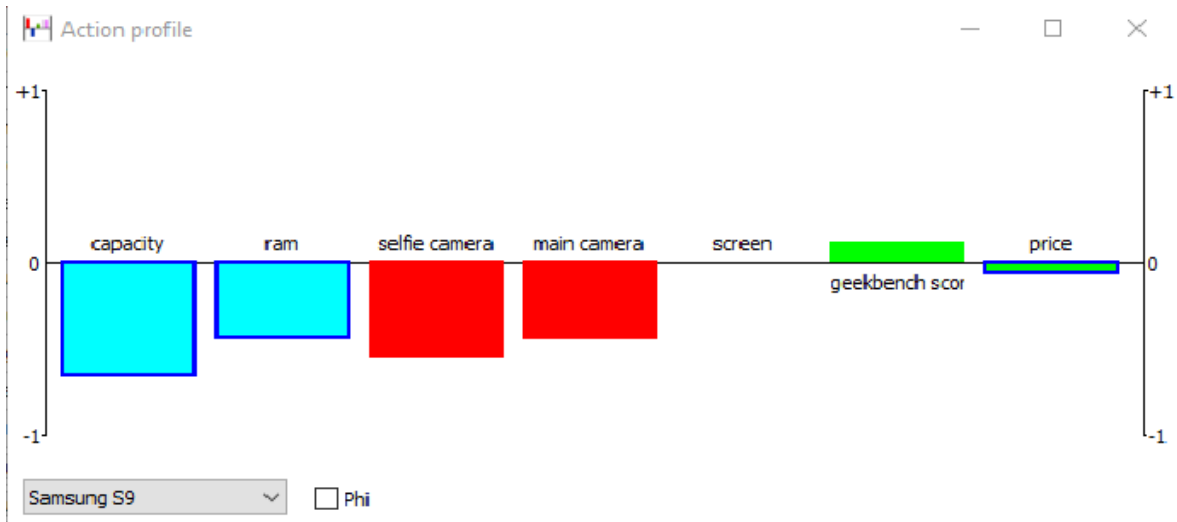
- Το Huawei P20 Pro είναι το τελευταίο μοντέλο της εταιρίας και αποτελεί τη ναυαρχίδα της καθώς σε αυτό ενσωμάτωσαν όλα τα τελευταία χαρακτηριστικά της τεχνολογίας γι' αυτό βέβαια και η τιμή του είναι υψηλότερη από τα υπόλοιπα μοντέλα.



Εικόνα 15: Επιδόσεις Huawei P20 Pro

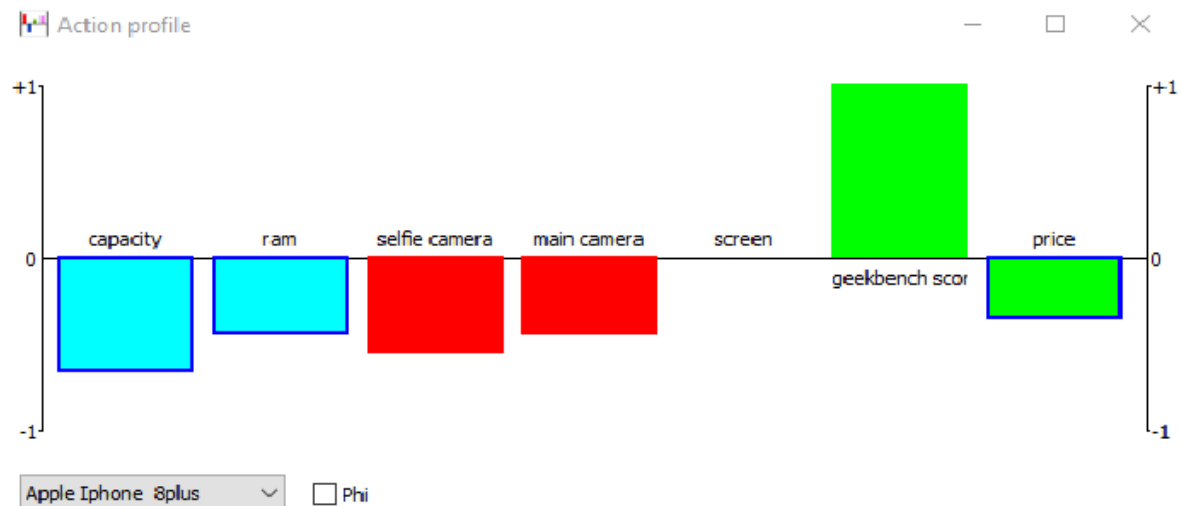
- Το Samsung S9 είναι ένα από τα δημοφιλέστερα κινητά της φετινής χρονιάς αφού ο εκλεπτυσμένος σχεδιασμός του προσελκύει κάθε καταναλωτή με την κυρτή του οθόνη.

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορηλίας



Εικόνα 16: Επιδόσεις Samsung S9

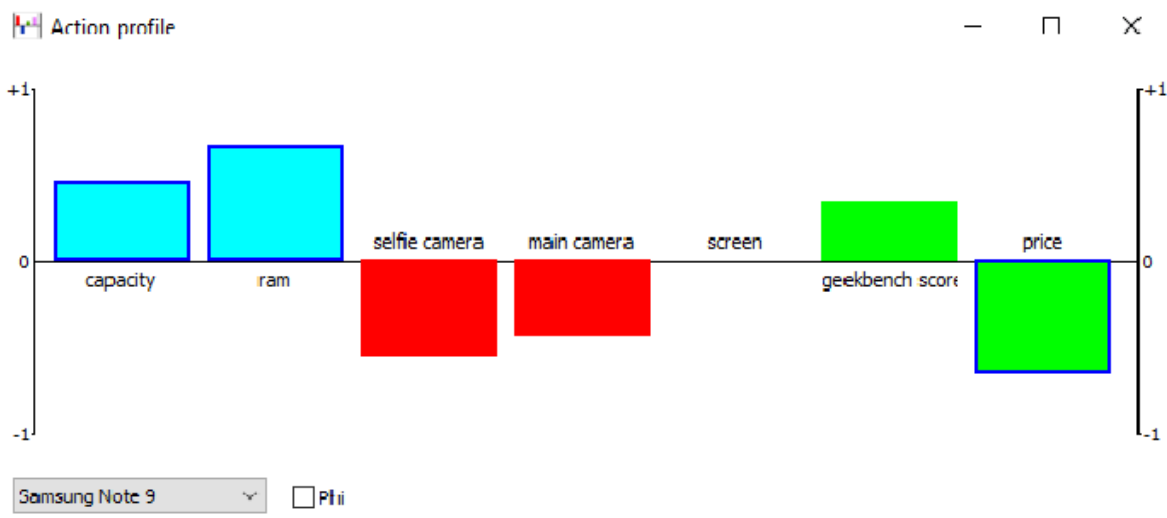
- Το Apple Iphone 8 plus είναι το τελευταίο μοντέλο με αυτό τον σχεδιασμό της εταιρίας, δηλαδή έχει ακόμα το κουμπί αφής στην οθόνη. Χαρακτηρίστηκε από τα καλύτερα και πιο γρήγορα κινητά της χρονιάς.



Εικόνα 17: Επιδόσεις Apple Iphone 8plus

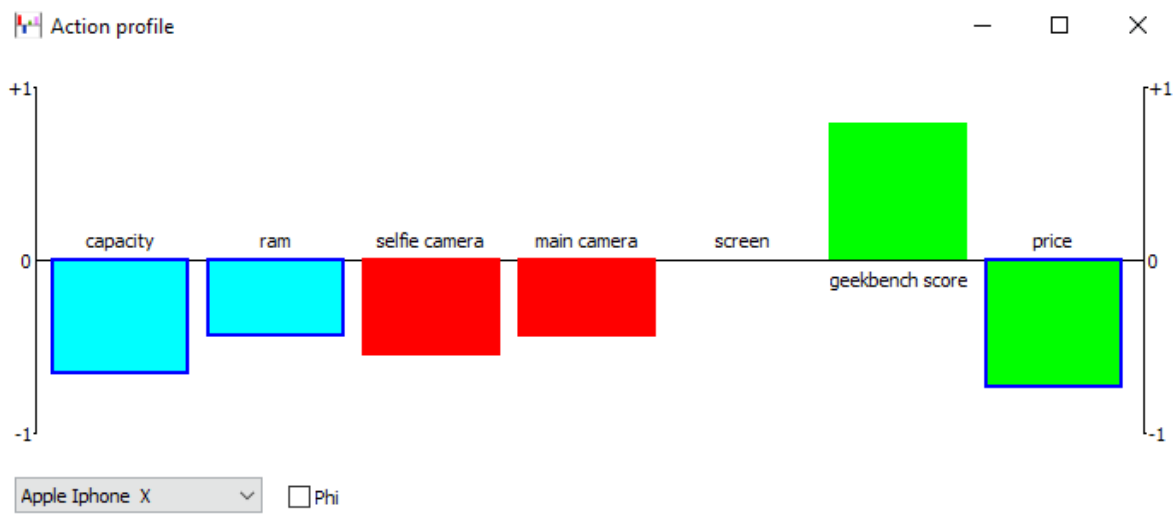
- Το Samsung Note 9 είναι το πιο πρόσφατο κινητό της σειράς note που αποτελούν μια επιλογή σχεδιασμένη για επαγγελματική χρήση δικαιολογώντας και την ύπαρξη της γραφίδας σε κάθε συσκευή.

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορηλίας



Εικόνα 18: Επιδόσεις Samsung Note 9

- Το Apple Iphone X αποτελεί το επετειακό μοντέλο της εταιρείας από την έκδοση της πρώτης συσκευής δικαιολογώντας και τον διαφορετικό σχεδιασμό της συγκριτικά με τις προηγούμενες .

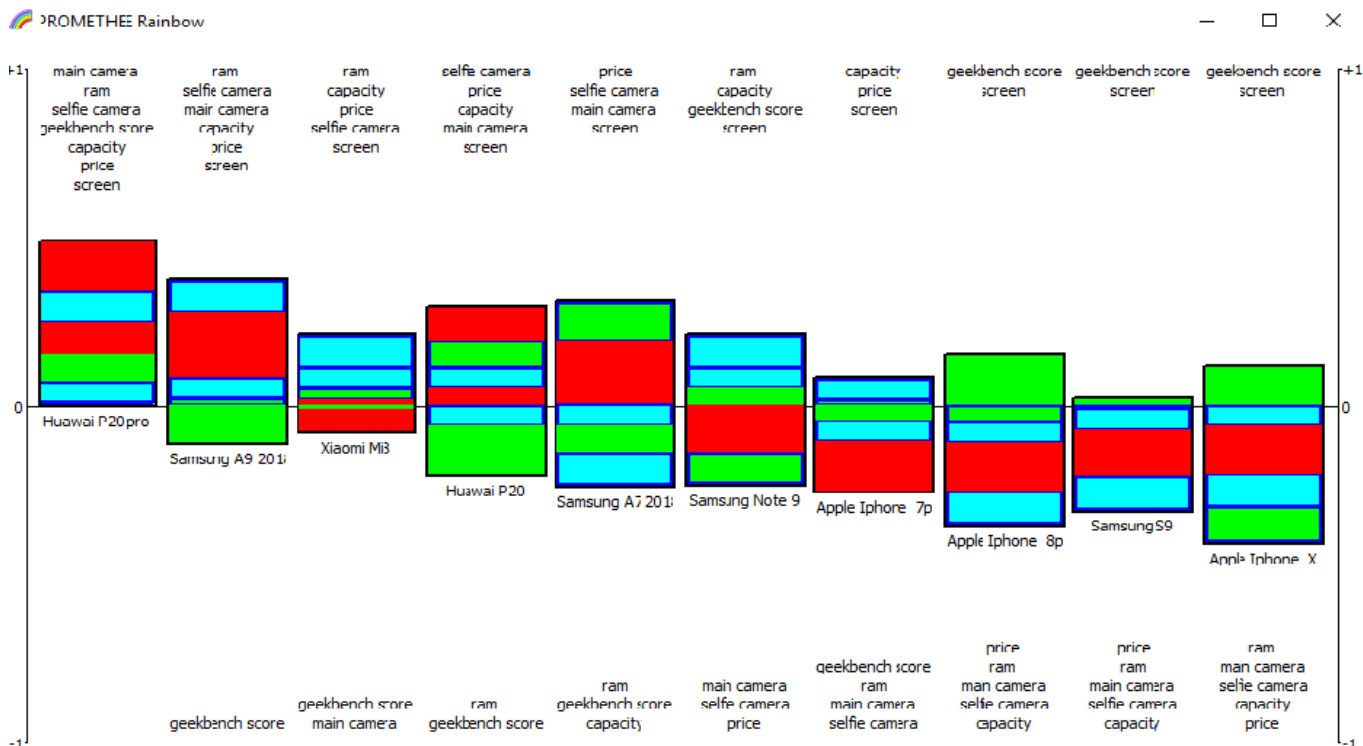


Εικόνα 19: Επιδόσεις Apple Iphone X

Αφού παρακολουθήσαμε κάθε συσκευή ξεχωριστά είναι χρήσιμο να τις δούμε όλες μαζί συγκεντρωτικά ώστε να μπορέσουμε να εξάγουμε κάποια συμπεράσματα σχετικά με το ποια συσκευή είναι καλύτερη και αποτελεί την ιδανική λύση ανάμεσα στις υπόλοιπες. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούμε την λειτουργία rainbow της εφαρμογής όπου φαίνονται μαζί όλα κινητά σε ένα γράφο όπου κάθε κριτήριο

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας

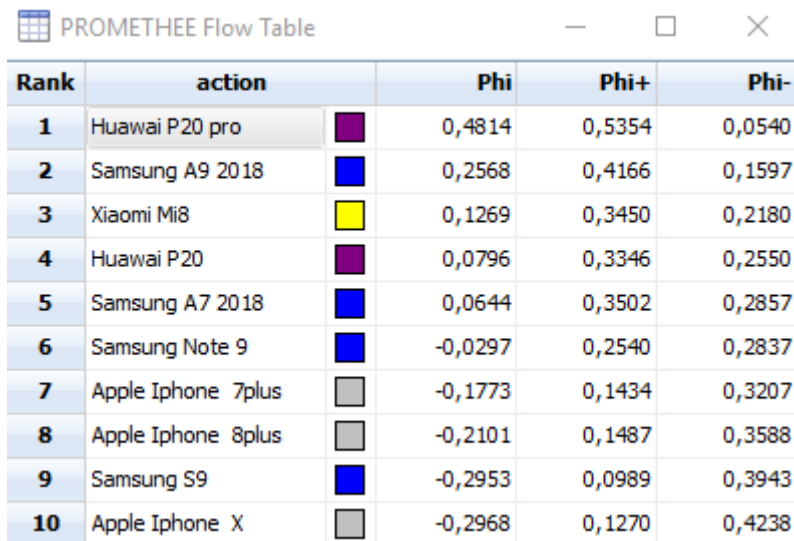
εμφανίζεται με διαφορετικό χρώμα και πλησιάζει στο +1 ή στο -1 ανάλογα με την τιμή του ρhi. Το τελικό αποτέλεσμα εμφανίζεται κάπως έτσι:



Όπως παρατηρούμε στο συγκεκριμένο παράδειγμα η ιδανικότερη λύση για εμάς είναι το Huawei P20 Pro. Το συμπέρασμα αυτό βγαίνει από το γεγονός ότι κανένα κριτήριο δεν βρίσκεται κάτω από το 0 που σημαίνει ότι οι τιμές του βρίσκονται ανάμεσα στις καλύτερες για κάθε κριτήριο. Στην αντίθετη πλευρά βρίσκονται το Samsung S9 και το Apple Iphone X και 8 plus όπου έχουν τα περισσότερα κριτήρια πιο κοντά στο -1. Για να έχουμε όμως τη δυνατότητα να ξεχωρίσουμε ποιο από τα τρία αποτελεί την μη ιδανική λύση θα πρέπει να κοιτάσουμε προσεκτικότερα και να διακρίνουμε ποια έχει την μικρότερη τιμή ρhi. Σε αυτή την διαδικασία μας βοηθάει ιδιαίτερα η ίδια η μέθοδος με την Promethee Flow table όπου μας παραθέτει τις τιμές του Phi, -Phi και +Phi.

Σύμφωνα με την παρακάτω εικόνα βλέπουμε ότι στην τελευταία θέση βρίσκεται το Apple Iphone X με τιμή του ρhi -0,2968. Παράλληλα μπορούμε να παρατηρήσουμε τη μεγάλη διαφορά μεταξύ της άριστης επιλογής με την δεύτερη καλύτερη η οποία οφείλεται στο γεγονός ότι το κριτήριο του geekbench score βρίσκεται κάτω από το 0 στο Samsung A9 2018. Ενώ στα υπόλοιπα μπορούμε να διακρίνουμε μια μικρή διαφορά στην πτώση, βρίσκουμε μεγάλο κενό από το Samsung A7 με ρhi 0,0644 και στο αμέσως επόμενο Samsung Note 9 με ρhi -0,0297.

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας



Rank	action	Phi	Phi+	Phi-
1	Huawei P20 pro	0,4814	0,5354	0,0540
2	Samsung A9 2018	0,2568	0,4166	0,1597
3	Xiaomi Mi8	0,1269	0,3450	0,2180
4	Huawei P20	0,0796	0,3346	0,2550
5	Samsung A7 2018	0,0644	0,3502	0,2857
6	Samsung Note 9	-0,0297	0,2540	0,2837
7	Apple Iphone 7plus	-0,1773	0,1434	0,3207
8	Apple Iphone 8plus	-0,2101	0,1487	0,3588
9	Samsung S9	-0,2953	0,0989	0,3943
10	Apple Iphone X	-0,2968	0,1270	0,4238

Εικόνα 20: Δείκτες phi συσκευών

Συνεχίζοντας στο δεύτερο σενάριο για την εξέταση της promethee θέτουμε το preference ως usual σε όλα τα κριτήρια του κεντρικού μας παραδείγματος για να μπορέσουμε να εξάγουμε και από εκεί συμπεράσματα και να τα συγκρίνουμε με τα παραπάνω. Η τελική εικόνα του παραδείγματος είναι κάπως έτσι:

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας

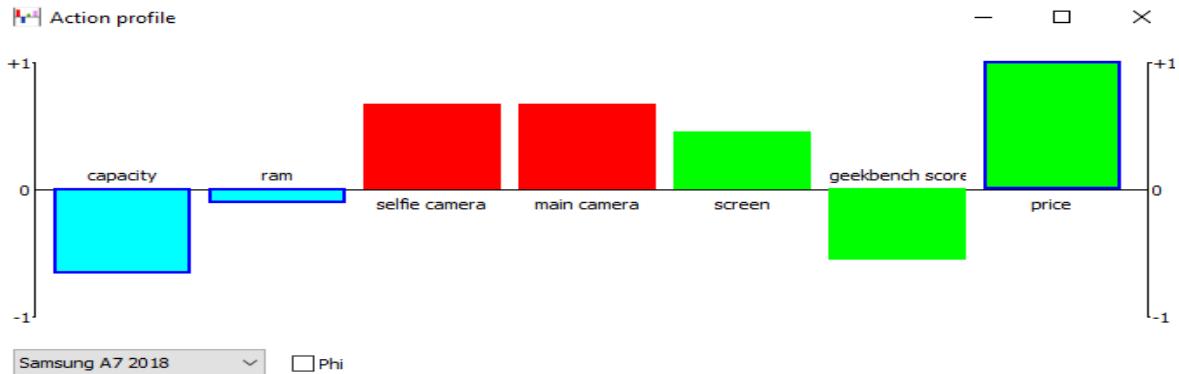
File Edit Model Control PROMETHEE-GAIA GDSS GIS Custom Assistants Snapshots Options Help								
Smartphones	capacity	ram	selfie camera	main camera	screen	geekbench s...	price	
Unit	gb	gb	mp	mp	7-point	points	euro	
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Preferences								
Min/Max	max	max	max	max	min	max	min	
Weight	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Preference Fn.	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- P: Preference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics								
Minimum	64	3	7	12	6	3629	€ 279,00	
Maximum	128	6	24	40	6	10189	€ 999,00	
Average	102	5	15	18	6	7296	€ 655,80	
Standard Dev.	31	1	8	9	0	2573	€ 213,74	
Evaluations								
<input checked="" type="checkbox"/> Samsung A7 2018	64	4	24	24	A-G	4011	€ 279,00	
<input checked="" type="checkbox"/> Huawei P20	128	4	24	20	B	3629	€ 398,00	
<input checked="" type="checkbox"/> Xiaomi Mi8	128	6	20	12	B	8292	€ 549,00	
<input checked="" type="checkbox"/> Apple Iphone 7p...	128	3	7	12	A	5794	€ 619,00	
<input checked="" type="checkbox"/> Samsung A9 2018	128	6	24	24	VB-B	3795	€ 598,00	
<input checked="" type="checkbox"/> Huawei P20 pro	128	6	24	40	A-G	9777	€ 649,00	
<input checked="" type="checkbox"/> Samsung S9	64	4	8	12	G	8522	€ 699,00	
<input checked="" type="checkbox"/> Apple Iphone 8p...	64	3	7	12	A	10189	€ 819,00	
<input checked="" type="checkbox"/> Samsung Note 9	128	6	8	12	VB	8798	€ 949,00	
<input checked="" type="checkbox"/> Apple Iphone X	64	3	7	12	G	10151	€ 999,00	

Εικόνα 21: Κεντρικό παράδειγμα με Usual Preference

Και σε αυτή την περίπτωση ισχύουν οι ίδιοι κανόνες με το παραπάνω και βλέπουμε αναλυτικά το κάθε κινητό ξεχωριστά ώστε να δούμε το ρηί κάθε κριτηρίου για να εντοπίσουμε τα δυνατά αλλά και τα αδύναμα σημεία καθενός.

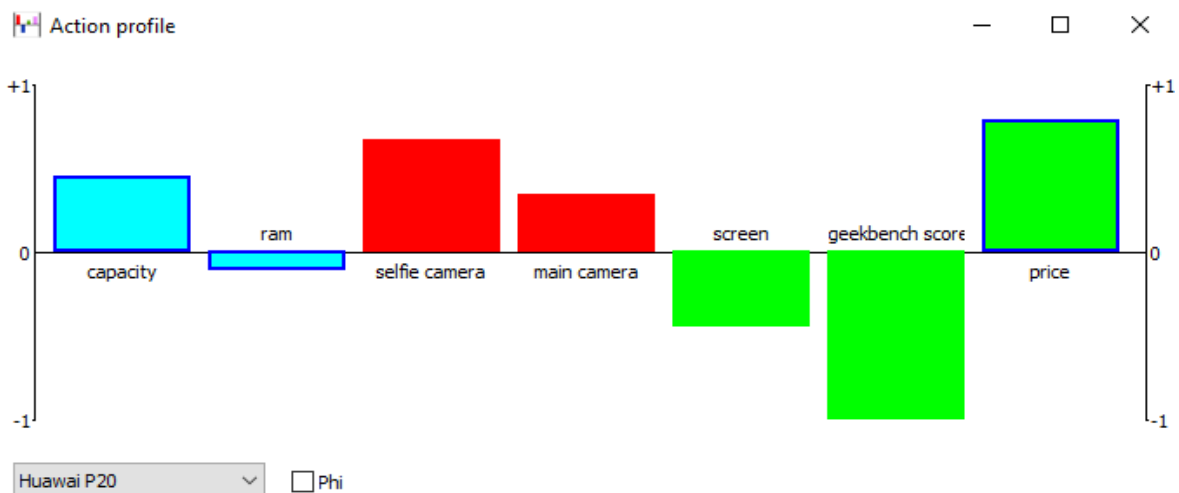
- Το Samsung A7 όπως διακρίνουμε είναι το φθηνότερο κινητό διότι η τιμή του φτάνει στο +1. Άλλα δυνατά του σημεία είναι η ανάλυση της κάμερας αλλά και η οθόνη. Αντίθετα έχει μικρή χωρητικότητα μνήμης και χαμηλό geekbench score.

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορηλίας



Εικόνα 22: Επιδόσεις Samsung A7

- Το Huawei P20 είναι σε όλα τα κριτήρια σχετικά στη μέση χωρίς να περιλαμβάνει κάποια μεγάλη απόκλιση πέραν του geekbench score. Δυνατά του σημεία θεωρούνται η ανάλυση της μπροστινής κάμερας και φυσικά η τιμή του.



Εικόνα 23: Επιδόσεις Huawei P20

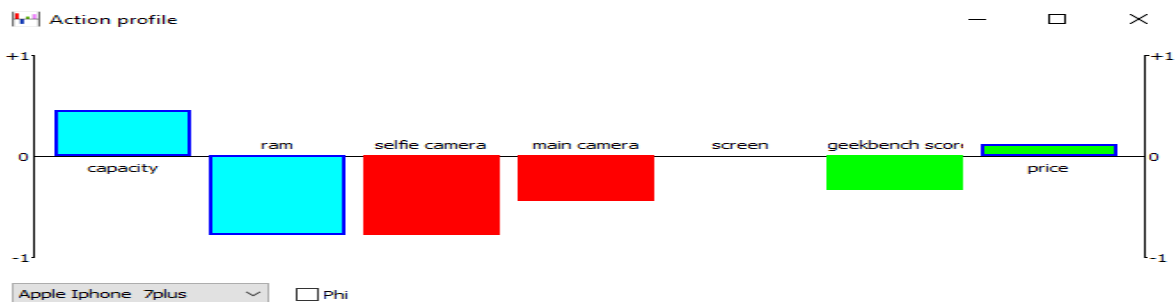
- Το Xiaomi Mi8 εντυπωσιάζει με την χωρητικότητα του τόσο στην εσωτερική μνήμη όσο και στη μνήμη ram. Ελκυστικό χαρακτηριστικό αποτελεί επίσης η τιμή του. Από την άλλη πλευρά τα υπόλοιπα κριτήρια βρίσκονται κάτω του μετρίου εκτός από την τιμή της selfie camera που βρίσκεται πολύ κοντά στο μηδέν.

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας



Εικόνα 24: Επιδόσεις Xiaomi Mi8

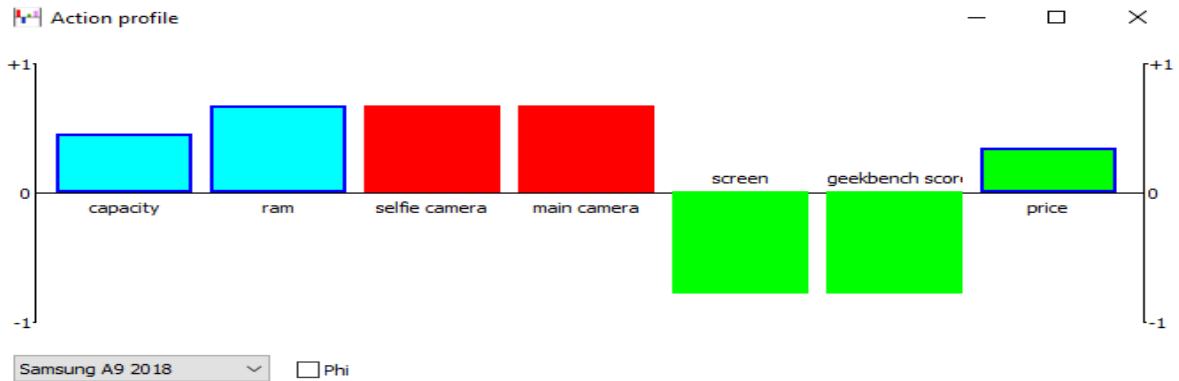
- Το iPhone 7 plus από ότι φαίνεται στο διάγραμμα έχει χαμηλές τιμές στο phi σχεδόν σε όλα τα κριτήρια εκτός από την οθόνη που βρίσκεται ακριβώς στο μηδέν αφού η τιμή που περιέχει είναι average.



Εικόνα 25: Επιδόσεις iPhone 7 plus

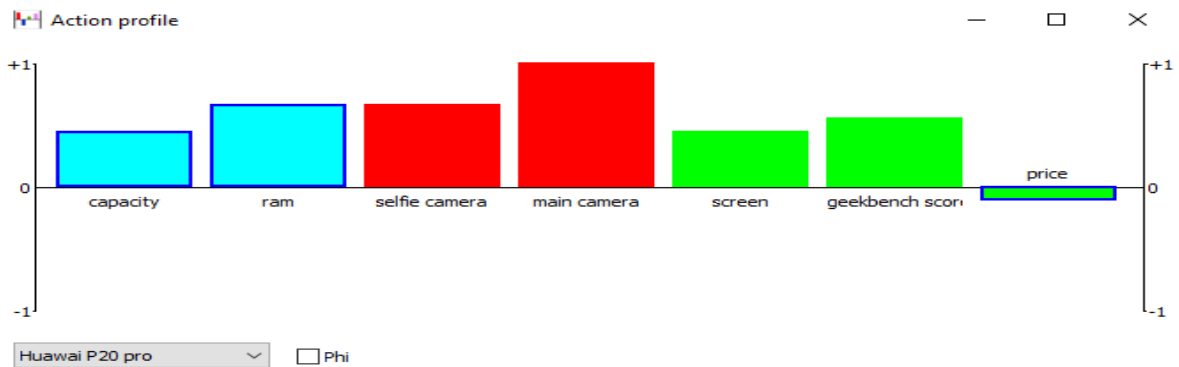
- Το Samsung A9 2018 έχει έντονες αυξομειώσεις στις τιμές των κριτηρίων του καθώς παρατηρούμε ότι αρκετές βρίσκονται σε υψηλά επίπεδα ενώ άλλες βρίσκονται πολύ χαμηλά πλησιάζοντας το -1.

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορηλίας



Εικόνα 26: Επιδόσεις samsung A9 2018

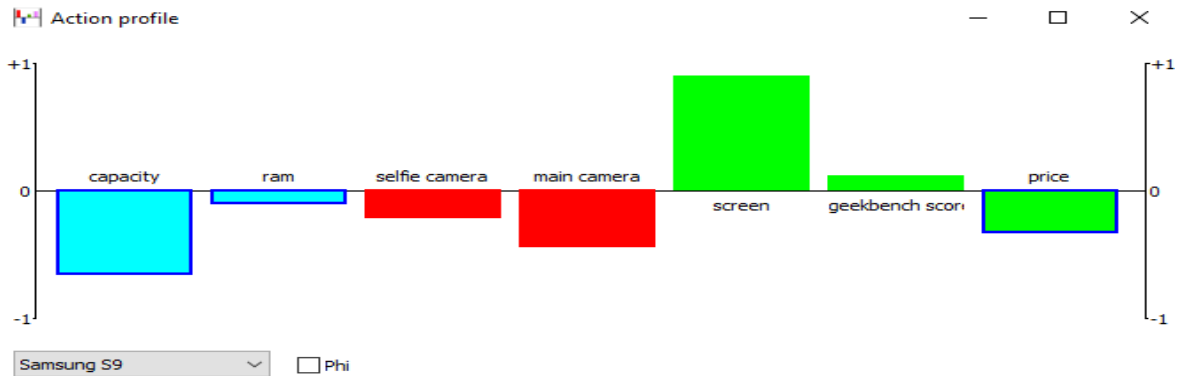
- Το Huawei P20 Pro όπως μπορούμε να διακρίνουμε έχει τιμές άνω του μηδενός σε όλες τις κατηγορίες εκτός από την τιμή. Αυτό σημαίνει ότι είναι από τις δυνατότερες συσκευές καθώς σχεδόν όλα τα κριτήρια πλησιάζουν το +1.



Εικόνα 27: Επιδόσεις Huawei P20 Pro

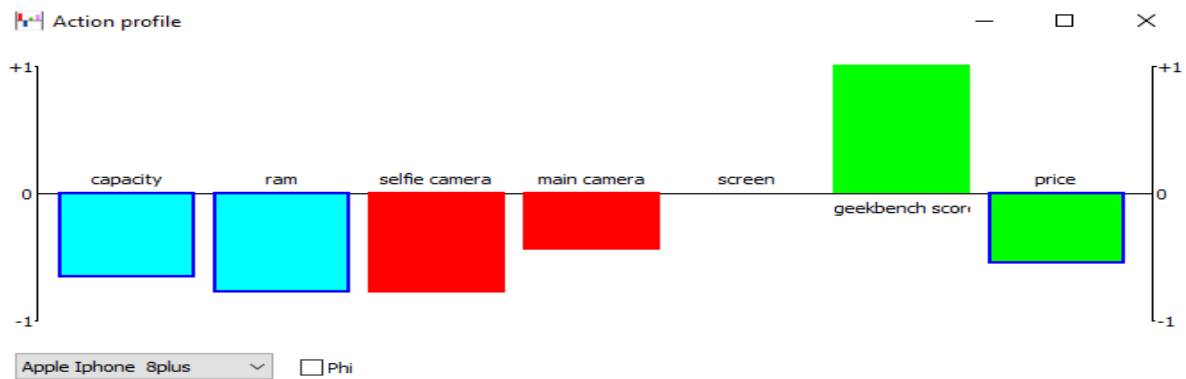
- Το Samsung S9 περιέχει κυρίως τιμές που είναι γύρω στο 0 είτε θετικές είτε αρνητικές. Οι μόνες που απέχουν πολύ είναι η χωρητικότητα η οποία πλησιάζει περισσότερο το -1 και η οθόνη η οποία είναι στο +1.

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορηλίας



Εικόνα 28: Επιδόσεις Samsung S9

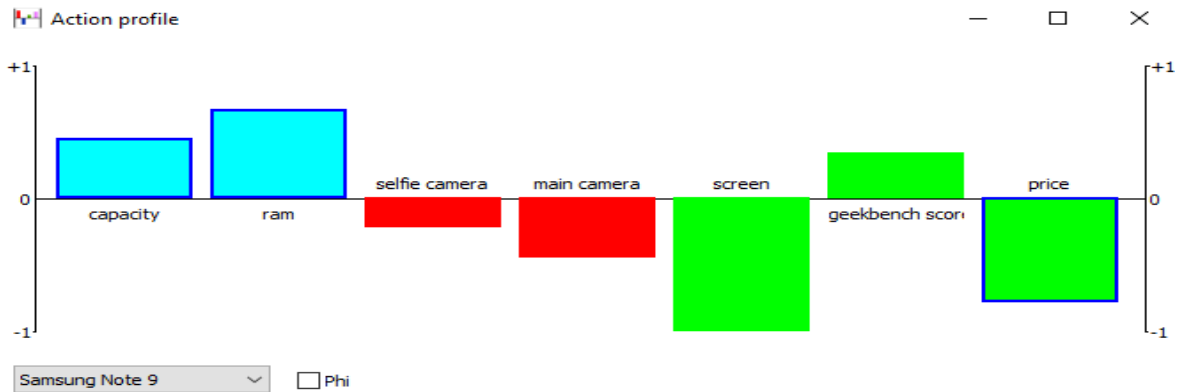
- Το Apple Iphone 8plus έχει την υψηλότερη τιμή στο geekbench score αφού φτάνει στο +1 και η αμέσως επόμενη είναι η οθόνη που έχει τιμή ακριβώς 0. παράλληλα όλες οι υπόλοιπες τιμές βρίσκονται πολύ κάτω του 0.



Εικόνα 29: Επιδόσεις Apple Iphone 8 plus

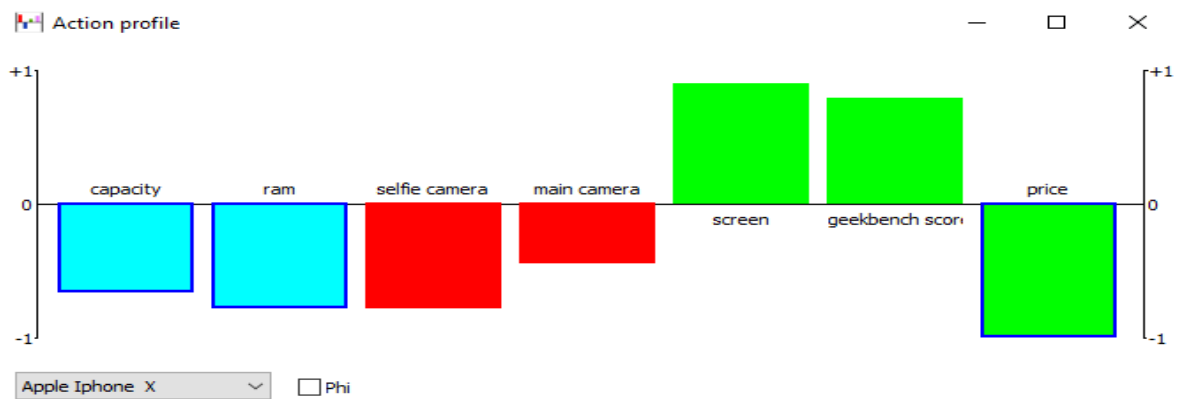
- Το Samsung Note 9 ανήκει στην πιο επαγγελματική σειρά της εταιρείας γι' αυτό και τα χαρακτηριστικά που ξεπερνούν το 0 είναι η χωρητικότητα, η μνήμη ram και το geekbench score. Αντίθετα όλα τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά βρίσκονται στην αρνητική πλευρά.

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορηλιάς



Εικόνα 30: Επιδόσεις Samsung Note 9

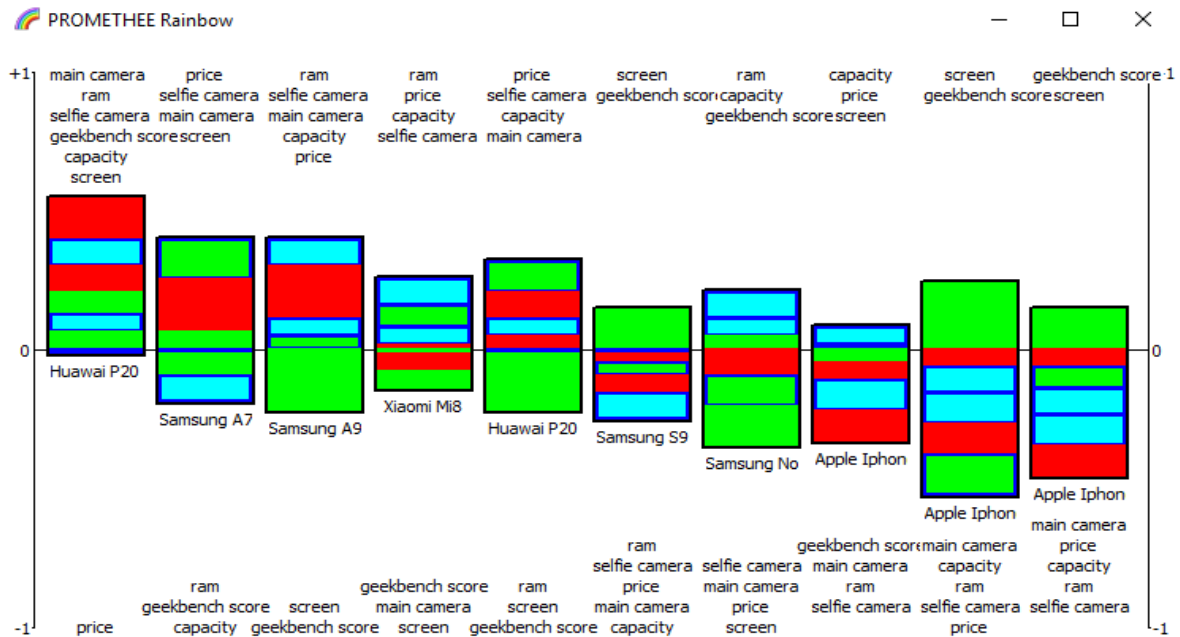
- Το Apple Iphone X έχει θετικές τιμές που πλησιάζουν το +1 αρκετά την οθόνη και το geekbench score. Ταυτόχρονα όμως όλες οι άλλες τιμές των κριτηρίων είναι υπό του μηδενός και πολύ κοντά στο -1.



Εικόνα 31: Επιδόσεις Apple Iphone X

Αφού εξετάσαμε προσεκτικά κάθε μία συσκευή μόνη της είναι σειρά της συγκρίνουμε όλες μαζί παρατηρώντας τις δίπλα δίπλα ώστε να βγάλουμε τα ανάλογα συμπεράσματα και να βρούμε την ιδανική λύση. Αυτό επιτυγχάνεται με την ενέργεια rainbow, όπου μας παραθέτει τις συσκευές δείχνοντας τις τιμές που είναι άνω και κάτω του μηδενός για κάθε κριτήριο. Το τελικό αποτέλεσμα είναι το εξής :

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας



Εικόνα32: Διάγραμμα Rainbow με usual preference

Όπως παρατηρούμε και από το παραπάνω γράφημα μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι η ιδανική λύση είναι το Huawei P20 pro. Όλα τα κριτήρια που έχουμε επιλέξει βρίσκονται άνω του μηδενός εξαιρουμένης της τιμής. Στην επόμενη θέση βρίσκεται το Samsung A7 2018 παρόλο που έχει 1 κριτήριο χαμηλότερα του μηδενός σε σύγκριση με το Samsung A9 διότι οι τιμές του δεν είναι τόσο ακραίες όσο το τελευταίο.

Στις τελευταίες θέσεις συμπεραίνουμε ότι βρίσκονται δυο συσκευές της ίδιας εταιρίας το Iphone 8 plus και το Iphone X της Apple. Και τα δύο έχουν πληθώρα κριτηρίων με τιμή κάτω του μηδενός, ενώ βλέπουμε ότι έχουν τα ίδια κριτήρια με τιμές άνω του μηδέν. Παρόλα αυτά στη τελευταία θέση ανήκει το Iphone 8 plus διότι το Iphone X περιέχει και τιμές οι οποίες φτάνουν στο +1.

Την ίδια ώρα μπορούμε να αναφέρουμε πως ενώ οι συσκευές που ανήκουν είτε στις πρώτες είτε στις τελευταίες θέσεις έχουν μεγάλες διαφορές μεταξύ τους οι υπόλοιπες συσκευές έχουν αμελητέα διαφορά η μία από την άλλη χωρίς να περιέχουν καμία ακραία τιμή είτε στο +1 είτε στο -1.

3.3 ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Αφού αναλύσαμε προσεκτικά τα αποτελέσματα της δεύτερης περίπτωσης του πειράματος μας για να μπορέσουμε να εξάγουμε ολοκληρωμένα συμπεράσματα πρέπει να συγκρίνουμε και τις δύο περιπτώσεις μεταξύ τους. Αυτό θα μας βοηθήσει να κατανοήσουμε καλύτερα τη μέθοδο και να δούμε αν οι αλλαγές που

επιλέξαμε να κάνουμε στην τιμή του preference άλλαξε τα τελικά αποτελέσματα δίνοντας μια άλλη ιδανική λύση.

Αυτό που μπορούμε να διακρίνουμε με την πρώτη ματιά συγκρίνοντας τις Εικόνα 20 και Εικόνα 35 είναι ότι η ιδανική λύση παραμένει το Huawei P20 Pro. Η συσκευή αυτή παρά τις αλλαγές παραμένει στην κορυφή αφού η πληθώρα των τιμών των κριτηρίων που τέθηκαν βρίσκονταν άνω του μηδενός και πολλές φορές άγγιζαν το +1. Αν παρατηρήσουμε όμως προσεκτικότερα θα δούμε πως αν και η κορυφαία λύση παραμένει η ίδια στο δεύτερο σενάριο μας προηγείται με μεγαλύτερη διαφορά από το αμέσως επόμενο σε σύγκριση με την πρώτη μας περίπτωση. Αναλύοντας τους δείκτες ρ_i , μας δίνεται η ευκαιρία να βγάλουμε αυτό το συμπέρασμα αφού ο δείκτης στο αρχικό μας παράδειγμα είναι 0,4814 ενώ στο δεύτερο 0,5238.

Συνεχίζοντας, βλέπουμε ότι υπάρχουν διαφορές στη σειρά των αποτελεσμάτων ξεκινώντας κιάλας από την επόμενη θέση κάνοντας εμφανή την ανάγκη για την δημιουργία των δύο παραδειγμάτων με διαφορετική τιμή του preference. Έχοντας θέσει ως linear το preference ως επόμενη εναλλακτική ιδανική λύση βρίσκεται το Samsung A9 του 2018, ενώ στην άλλη περίπτωση τη θέση αυτή καταλαμβάνει μια συσκευή της ίδιας πάλι εταιρίας το Samsung A7 του 2018. Στην επόμενη θέση στο πρώτο μας παράδειγμα βρίσκεται το Xiaomi Mi8 σε αντίθεση με το usual preference που ανήκει το Samsung A9 του 2018. Προχωρώντας στις κατώτερες θέσεις βρίσκουμε στην περίπτωση του linear preference τα Huawei P20, Samsung A7 2018, Samsung Note 9, Apple Iphone 7plus, Apple Iphone 8plus και Samsung S9. Στις αντίστοιχες θέσεις του usual preference υπάρχουν τα Xiaomi Mi8, Huawei P20, Samsung S9, Samsung Note 9, Apple Iphone 7plus, Apple Iphone X. όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις έτσι και εδώ αν συγκρίνουμε τα αποτελέσματα θα βρούμε αλλαγές σε σχεδόν όλες τις θέσεις.

Τέλος, υπάρχει εμφανής διαφορετική συσκευή η οποία κατέχει την τελευταία θέση σε κάθε παράδειγμα αν και ανήκουν στην ίδια εταιρεία αυτές είναι το Apple Iphone X και Apple Iphone 8plus για το linear preference και το usual preference αντίστοιχα. Και οι δύο συσκευές βρίσκονται τελευταίες με διαφορετική τιμή ρ_i τονίζοντας πάλι την διαφορά μεταξύ linear και usual preference.

Συνοψίζοντας, μελετώντας εκ βάθους το κεντρικό μας παράδειγμα χρησιμοποιώντας την μέθοδο promethee χρησιμοποιώντας δυο εναλλακτικές για την εύρεση του αποτελέσματος, η ιδανική λύση που θα προτείναμε σε έναν πιθανό αγοραστή κινητής συσκευής είναι αδιαμφισβήτητα το Huawei P20 Pro. Αν και άλλαξαν τιμές ένας πολύ βασικός παράγοντας της μεθόδου το αποτέλεσμα είναι ίδιο που σημαίνει ότι οι τιμές του στα κριτήρια που θέσαμε ανήκουν στις κορυφαίες, όπως και αποδείχτηκε.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1. ΜΕΘΟΔΟΣ TOPSIS

4.1.1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution ή όπως και θα αναφέρεται σε όλη τη διάρκεια της εργασίας Topsis αναπτύχθηκε από τους Hwang και Yoon το 1981. Είναι μια τεχνική για την αξιολόγηση της απόδοσης των εναλλακτικών λύσεων μέσω της ομοιότητας με την ιδανική λύση. Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο η καλύτερη εναλλακτική λύση είναι αυτή που είναι πιο κοντά στη θετική ιδανική λύση και πιο μακριά από την αρνητική ιδανική λύση. Ως θετική ιδανική λύση μπορούμε να ορίσουμε τη λύση που μεγιστοποιεί τα οφέλη ενώ παράλληλα ελαχιστοποιεί τα κριτήρια κόστους. Από την άλλη πλευρά η αρνητική ιδανική λύση είναι αυτή που μεγιστοποιεί τα κριτήρια κόστους και ελαχιστοποιεί τα κριτήρια των παροχών. Πιο περιεκτικά η θετική ιδανική λύση αποτελείται από όλες τις καλύτερες τιμές που μπορούν να επιτευχθούν με κριτήρια και η αρνητική ιδανική λύση αποτελείται από όλες τις χειρότερες τιμές που μπορούν να επιτευχθούν με κριτήρια.

Η μέθοδος TOPSIS απαιτεί μόνο έναν ελάχιστο αριθμό εισόδων από το χρήστη και η παραγωγή του είναι εύκολη στην κατανόηση. Οι μόνο υποκειμενικές παράμετροι είναι τα βάρη που σχετίζονται με τα κριτήρια. Το TOPSIS αξιοποιεί πλήρως τις πληροφορίες των χαρακτηριστικών, παρέχει μια κατάταξη των εναλλακτικών επιλογών και δεν απαιτεί την ανεξαρτησία των προτιμήσεων των χαρακτηριστικών. Για να εφαρμόσει αυτή την τεχνική, οι τιμές χαρακτηριστικών πρέπει να είναι αριθμητικές, να αυξάνουν ή να μειώνονται μονοτονικά και να έχουν συναφείς μονάδες.

Η μέθοδος αυτή συναντάται αρκετά συχνά εξαιτίας των πολλαπλών προτερημάτων που παρέχει στους χρήστες. Αρχικά αποτελεί μια απλά ορθολογική και κατανοητή από το ευρύ κοινό έννοια αφού έχει μια διαισθητική και σαφή λογική που αντιπροσωπεύει το σκεπτικό της ανθρώπινης επιλογής. Επίσης, παρέχει μια ευκολία υπολογισμού και μια καλή υπολογιστική απόδοση κάνοντας την έτσι ακόμα πιο ελκυστική στον κοινό. Επιπρόσθετα, ένα χαρακτηριστικό της μεθόδου Topsis είναι ότι περιέχει μια κλιμακωτή τιμή που αποδίδει τόσο την καλύτερη όσο και την χειρότερη εναλλακτική δίνοντας τη δυνατότητα να μετρά την σχετική απόδοση για κάθε εναλλακτική λύση σε μια απλή μαθηματική μορφή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μεγαλύτερη ευχρηστία της από μια πληθώρα ανθρώπων. Τέλος, ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα είναι ότι προσφέρεται στους χρήστες η δυνατότητα

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας

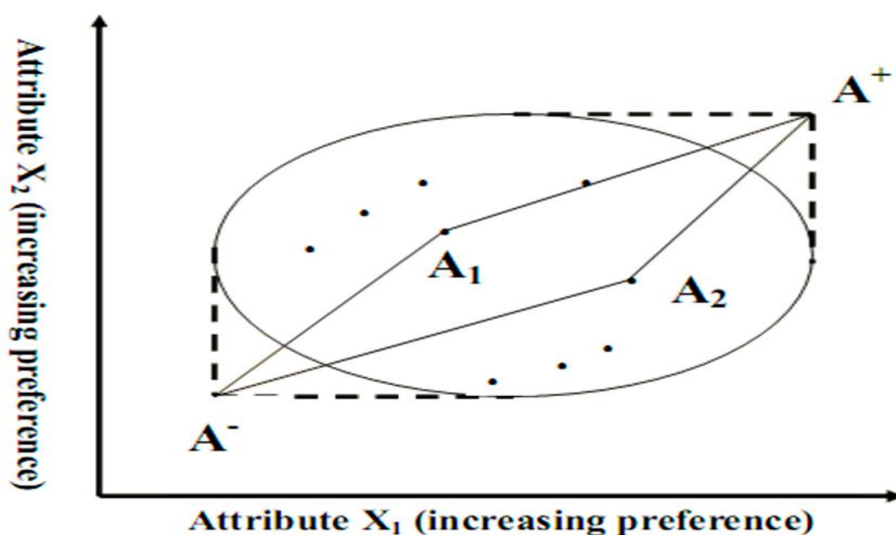
απεικόνισης.

Εξαιτίας της μεγάλης ποικιλίας της εφαρμογής του TOPSIS στον πραγματικό κόσμο χρειάζεται να διαιρέσουμε και να χωρίσουμε τους τόπους χρήσης του σε μικρότερες κατηγορίες. Κάποιες από αυτές είναι η Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας και Logistics, ο Σχεδιασμός, η Μηχανική και τα Βιομηχανικά Συστήματα, η Διαχείριση Υγείας, Ασφάλειας και Περιβάλλοντος, η Διαχείριση Ανθρώπινου Δυναμικού, η Διαχείριση Ενέργειας, η Χημική Μηχανική, η Διαχείριση Υδατικών Πόρων.

Παρακάτω θα δούμε αναλυτικότερα την μέθοδο αυτή μέσα από παραδείγματα και θα δούμε βήμα βήμα την εκτέλεση της. Αρχικά θα παρουσιάσουμε το πρόβλημα και στη συνέχεια χρησιμοποιώντας το κατάλληλο λογισμικό θα εφαρμόσουμε την μέθοδο. Τέλος μέσα από τα αποτελέσματα θα βγάλουμε τα κατάλληλα συμπεράσματα για τη χρήση της.

4.1.2.ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ TOPSIS

Όπως αναφέραμε και προηγουμένως η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη για την λύση ομαδικής απόφασης σε ένα fuzzy περιβάλλον. Σε αυτή την περίπτωση η σημαντικότητα των βαρών των διαφόρων κριτηρίων δίνονται ως γλωσσικές μεταβλητές των οποίων οι τιμές δίνονται ως ασαφείς αριθμοί. Οι αξιολογήσεις των κριτηρίων δίδονται ως γλωσσικές μεταβλητές των οποίων οι τιμές δίδονται ως ασαφείς αριθμοί. Οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων χρησιμοποιούν τις γλωσσικές μεταβλητές και τις δεδομένες τιμές τους για να αξιολογήσουν τη σημασία των κριτηρίων. Βασική ιδέα του είναι ότι η εναλλακτική λύση πρέπει να έχει τη μικρότερη απόσταση από την ιδανική λύση και το πιο απομακρυσμένο από την αρνητική ιδανική λύση.



Εικόνα 33: Βασική ιδέα TOPSIS (A+ιδανικό σημείο, A- αρνητικό ιδανικό σημείο)

Παρακάτω αναφέρονται ονομαστικά τα υπολογιστικά βήματα για την εκτέλεση της μεθόδου ώστε να αναλυθούν περαιτέρω στις επόμενες υποενότητες.

1. Ομαλοποίηση της μήτρας απόφασης.
 2. Υπολογισμός της σταθμισμένης ομαλοποιημένης μήτρας απόφασης.
 3. Αναγνώριση της θετικής ιδανικής λύσης A και την αρνητικής ιδανικής λύσης A^- .
 4. Υπολογισμός της απόστασης για κάθε εναλλακτική λύση στη θετική ιδανική λύση και την αρνητική ιδανική λύση, αντίστοιχα.
 5. Υπολογισμός της σχετικής απόστασης για κάθε εναλλακτική λύση στις ιδανικές λύσεις.
 6. Ταξινόμηση των εναλλακτικών λύσεων σύμφωνα με την αξία C .
- Είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι σε περίπτωση που θέλουμε να ότι αν θέλουμε να συμπεριλάβουμε τις πολλαπλές προτιμήσεις περισσότερων του ενός λήπτη αποφάσεων, θα θεωρήσουμε τα μέτρα διαχωρισμού με την λήψη του γεωμετρικού μέσου όρου ή του αριθμητικού μέσου όρου των ατόμων που συμμετέχουν στη μέθοδο. Αυτό μας οδηγεί στην προσθήκη δύο επιπλέον βημάτων μετά το τέλος των αρχικών.
7. Υπολογισμός της απόστασης για κάθε εναλλακτική λύση στη θετική ιδανική λύση και την αρνητική ιδανική λύση, S_i^+ και S_i^- , αντίστοιχα, για την ομάδα.
 8. Ταξινόμηση των εναλλακτικών λύσεων σύμφωνα με την αξία C_i , για την ομάδα.

4.1.2.1 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΑΠΟΦΑΣΗΣ

Στο ασαφές περιβάλλον για την αποφυγή περίπλοκων κανονικοποιήσεων της κλασσικής TOPSIS έχουν χρησιμοποιηθεί απλούστερες φόρμουλες ώστε να μετατρέπουν τις διάφορες κριτηριακές κλίμακες σε μία συγκρίσιμη. Για αυτή τη διαδικασία έχουν εφευρεθεί αρκετές μέθοδοι.

Στη πρώτη περίπτωση η κανονικοποίηση διανομής απαιτεί την κατανομή των

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας

επιδόσεων από την τετραγωνική ρίζα του αθροίσματος κάθε τετράγωνου στοιχείου σε μια στήλη δηλαδή:

$$r_{ia} = x_{ia} / \sqrt{\sum_{a=1}^n x_{ia}^2} \text{ για } a=1 \dots n \text{ και } i= 1 \dots m \quad (4.1)$$

Στην άλλη περίπτωση, η ιδανική ομαλοποίηση απαιτεί τη διαίρεση κάθε απόδοσης με την υψηλότερη τιμή σε κάθε στήλη, εάν το κριτήριο πρέπει να μεγιστοποιηθεί. Εάν το κριτήριο πρέπει να ελαχιστοποιηθεί, κάθε απόδοση διαιρείται με το χαμηλότερο σκορ σε κάθε στήλη.

$$r_{ia} = x_{ia} / u^+_{a_i} \text{ για } a=1 \dots n \text{ και } i= 1 \dots m \quad (4.2)$$

όπου το $u^+_{a_i}$ ισούται με το $\max(x_{ia})$ για $a=1 \dots n$ και

$$r_{ia} = x_{ia} / u^-_{a_i} \text{ για } a=1 \dots n \text{ και } i= 1 \dots m$$

όπου το $u^-_{a_i}$ ισούται με το $\min(x_{ia})$ για $a=1 \dots n$ (4.3)

4.1.2.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟΥ ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ.

Στο επόμενο βήμα αφού έχουμε ολοκληρώσει την δημιουργία του πίνακα απόφασης υπολογίζουμε την σταθμισμένη κανονικοποιημένη τιμή v_{ij} η οποία χρησιμοποιείται για την δημιουργία του αντίστοιχου πίνακα. Η τιμή δομείται από τον πολλαπλασιασμό του κανονικοποιημένου r_{ia} με το αντίστοιχο βάρος w_i .

$$v_i = r_{ia} * w_i. \text{ για } a=1 \dots n \text{ και } i= 1 \dots m \quad (4.4)$$

4.1.2.3. ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΡΝΗΤΙΚΗΣ ΙΔΑΝΙΚΗΣ ΛΥΣΗΣ

Σε αυτό το βήμα οι αποδόσεις χρησιμοποιούνται στη σύγκριση κάθε δράσης με την ιδανική και την αντίθετα ιδανική εικονική δράση. Η θετική ιδανική εναλλακτική λύση προσφέρει εξαιρετική απόδοση σε κάθε κριτήριο ενώ αντίθετα η αρνητική ιδανική εναλλακτική λύση αντίστροφη ακραία απόδοση. Ουσιαστικά η ιδανική θετική λύση είναι αυτή που μεγιστοποιεί τα κριτήρια παροχών και ελαχιστοποιεί τα κριτήρια κόστους, ενώ η αρνητική πραγματοποιεί το ακριβώς αντίθετο. Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τρόποι για τον ορισμό αυτών.

Η πρώτη εξ αυτών είναι με την συλλογή των καλύτερων και των χειρότερων επιδόσεων από κάθε κριτήριο του κανονικοποιημένου πίνακα αποφάσεων.

Για την ιδανική λύση έχουμε:

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας

$$A^+ = (v_1^+, \dots, v_m^+) \quad (4.5)$$

και αντίστοιχα για την αρνητική:

$$A^- = (v_1^-, \dots, v_m^-) \quad (4.6)$$

όπου το v_i^+ ισούται με το $\max(v_{ai})$ για περιπτώσεις όπου το κριτήριο πρέπει να μεγιστοποιηθεί και v_i^- ισούται με το $\min(v_{ai})$ όταν πρέπει να ελαχιστοποιηθεί.

Συνεχίζοντας μπορούμε να ορίσουμε τις τιμές υποθέτοντας ένα απόλυτο ιδανικό και μη-ιδανικό σημείο, τα οποία ορίζονται χωρίς την χρήση των δράσεων του προβλήματος απόφασης δηλαδή $A^+ = (1, \dots, 1)$ και $A^- = (0, \dots, 0)$.

Στον τελευταίο τρόπο τα ιδανικά και μη-ιδανικά σημεία ορίζονται από τον ίδιο τον αποφασίζων. Αυτά τα σημεία πρέπει να εντάσσονται ανάμεσα στα ιδανικά και μη-ιδανικά σημεία που υπολογίστηκαν από τις δύο παραπάνω μεθόδους. Αυτός ο τρόπος είναι ο λιγότερος χρησιμοποιήσιμος γιατί προϋποθέτει την εισαγωγή στοιχείων από τον χρήστη, κάτι αρκετά δύσκολο να υλοποιηθεί.

4.1.2.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΚΑΘΕ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΙΔΑΝΙΚΗ ΚΑΙ ΜΗ-ΙΔΑΝΙΚΗ ΛΥΣΗ

Στην TOPSIS μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολυάριθμες μετρικές απόστασης. Η απόσταση κάθε εναλλακτικής από την θετική ιδανική λύση δίνεται από τον τύπο όπου v_j το θετικό και το αρνητικό αντίστοιχα:

$$d_i^+ = (\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j)^p)^{1/p} \text{ όπου } i=1,2,\dots,m \quad (4.7)$$

και η αρνητική από τον τύπο :

$$d_i^- = (\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j)^p)^{1/p} \text{ όπου } i=1,2,\dots,m \quad (4.8)$$

Όταν το p ισούται με 2 χρησιμοποιούμε την πιο ευρέως διαδεδομένη n διαστάσεων ευκλείδεια μετρική :

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j)^2}, \quad i=1,2,\dots,m \quad (4.9)$$

και αντίστοιχα :

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j)^2}, \quad i=1,2,\dots,m \quad (4.10)$$

4.1.2.5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΛΥΣΗ ΣΤΙΣ ΙΔΑΝΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ.

Για τον υπολογισμό της απόστασης χρησιμοποιούμε την μεταβλητή C_a της οποίας οι τιμές κυμαίνονται μεταξύ 0 και 1, όπου 1 είναι η προτιμητέα δράση. Αυτό σημαίνει ότι αν η μεταβλητή πλησιάζει την τιμή 1 είναι πλησιέστερα της ιδανικής λύσης, ενώ αν είναι πιο κοντά στο 0 στην μη-ιδανική.

$$C_a = \frac{d_a^-}{d_a^+ + d_a^-} \quad (4.11)$$

4.1.2.6 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΛΥΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ ΑΞΙΑ C .

Στο έκτο και τελευταίο βήμα της μεθόδου εκμεταλλευόμαστε την C_a που δημιουργήσαμε παραπάνω και σύμφωνα με αυτή ταξινομούμε όλες τις εναλλακτικές του προβλήματος μας.

4.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Η μέθοδος αυτή εκτελείται μέσω του Microsoft excel όπου εντάσσουμε όλες τις πληροφορίες του προβλήματος μας, στην προκειμένη περίπτωση του κεντρικού μας παραδείγματος για την εύρεση της ιδανικότερης smartphone συσκευής για αγορά. Αφού το κάνουμε αυτό και έχουμε δημιουργήσει ένα πίνακα εκτελούμε τις κατάλληλες πράξεις ώστε να βρούμε την ιδανική λύση. Για να μπορέσουμε να εξερευνήσουμε την μέθοδο από πολλές πλευρές θα δημιουργήσουμε δυο εναλλακτικά σενάρια για το κεντρικό μας παράδειγμα. Στην πρώτη περίπτωση θα δώσουμε διαφορετική τιμή στα βάρη κάθε κριτηρίου η οποία προκύπτει από σχετική έρευνα στο διαδίκτυο. Στη δεύτερη περίπτωση θα δώσουμε την ίδια τιμή βάρους σε όλα τα κριτήρια και θα παρατηρήσουμε τις διαφορές.

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Χωρητικότητα	Ram	Κάμερα μπροστά	Κάμερα Βασική	Μέγεθος Οθόνης	Geekbench Score	Τιμή
2	Weight	0,05	0,05	0,15	0,2	0,1	0,2	0,25
3								
4	Samsung A7 2018	64	4	24	24	6	4011	279
5	Huawei p20	128	4	24	20	3	3629	398
6	Xiaomi Mi8	128	6	20	12	3	8292	549
7	Apple Iphone 7plus	128	3	7	12	4	5794	619
8	Samsung A9 2018	128	6	24	24	2	3795	598
9	Huawei p20 pro	128	6	24	40	5	9777	649
10	Samsung s9	64	4	8	12	7	8522	699
11	Apple Iphone 8plus	64	3	7	12	4	10189	819
12	Samsung Note 9	128	6	8	12	1	8798	949
13	Apple Iphone X	64	3	7	12	7	10151	999
14	max/min	128	6	24	40	7	10189	279

Εικόνα 34: Το κεντρικό παράδειγμα στο excel

Όπως βλέπουμε και παραπάνω, ξεκινώντας με την πρώτη περίπτωση, έχουμε απλά προσθέσει τις τιμές από τα δεδομένα που θέλουμε να επεξεργαστούμε. Η μόνη αλλαγή που προστέθηκε ήταν η μεταφορά της αναλογίας μέσης παλάμης χεριού με την οθόνη του κινητού σε μία κλίμακα 7 σκαλιών, όπως είχε γίνει και προηγουμένως στην μέθοδο promethee, όπου την μέγιστη τιμή καταλαμβάνει η τιμή 5,8 και ανάλογα από την απόσταση της οθόνης από αυτή παίρνει η κάθε συσκευή τιμή.. Παράλληλα προσθέσαμε και την συνάρτηση min/ max η οποία δείχνει την μεγαλύτερη ή την μικρότερη τιμή για κάθε κριτήριο, ανάλογα του τι ζητάμε. Για παράδειγμα αναζητάμε το smartphone με την μεγαλύτερη χωρητικότητα αλλά και την μικρότερη τιμή.

Επιπρόσθετα, στην εικόνα μπορούμε να διακρίνουμε και μια ακόμα μεταβλητή την Weight, η οποία συμβολίζει το πόσο σημαντικό είναι κάθε κριτήριο για την επιλογή της συσκευής. Δόθηκε περισσότερη σημασία στην τιμή μιας συσκευής ώστε να αποφευχθούν τα περιττά έξοδα. Επιπλέον, δόθηκε αρκετή έμφαση στο geekbenchscore, αφού μέσω αυτού μετράται η συνολική απόδοση της συσκευής. Ένα ακόμα κριτήριο σημαντικό για τους αγοραστές είναι η ανάλυση της βασικής κάμερας αλλά και της μπροστινής γι αυτό βλέπουμε ότι έχουν από τους υψηλότερους δείκτες. Από τους πιο μικρούς δείκτες έχουν η χωρητικότητα και η μνήμη ram οι οποίες όλο ένα και αυξάνονται.

Στο πρώτο βήμα της μεθόδου γίνεται η κανονικοποίηση της μήτρας. Σε αυτό το στάδιο επειδή έχουμε περίπτωση ομαλής κανονικοποίησης στο κεντρικό μας παράδειγμα θα δημιουργήσουμε ένα νέο πίνακα που θα περιλαμβάνει την τιμή του αντίστοιχου παλαιού διαιρεμένη με την μέγιστη ή την ελάχιστη τιμή κάθε κριτηρίου. Αυτό εξαρτάται από το αν ζητείται το ελάχιστο ή το μέγιστο για την εύρεση της άριστης λύσης. Παρακάτω φαίνονται τα αποτελέσματα των πράξεων αυτών.

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας

A) Κανονικοποίηση του πίνακα								
Samsung A7 2018	0,50	0,67	1,00	0,60	0,86	0,39	1,00	
Huawei p20	1,00	0,67	1,00	0,50	0,43	0,36	1,43	
Xiaomi Mi8	1,00	1,00	0,83	0,30	0,43	0,81	1,97	
Apple Iphone 7plus	1,00	0,50	0,29	0,30	0,57	0,57	2,22	
Samsung A9 2018	1,00	1,00	1,00	0,60	0,29	0,37	2,14	
Huawei p20 pro	1,00	1,00	1,00	1,00	0,71	0,96	2,33	
Samsung s9	0,50	0,67	0,33	0,30	1,00	0,84	2,51	
Apple Iphone 8plus	0,50	0,50	0,29	0,30	0,57	1,00	2,94	
Samsung Note 9	1,00	1,00	0,33	0,30	0,14	0,86	3,40	
Apple Iphone X	0,50	0,50	0,29	0,30	1,00	1,00	3,58	

Εικόνα 35: Κανονικοποίηση πίνακα

Στη συνέχεια, αφού βρήκαμε τα αποτελέσματα από την κανονικοποίηση του πίνακα είναι σειρά να προχωρήσουμε στο επόμενο βήμα. Εδώ, πολλαπλασιάζουμε την τιμή κάθε συσκευής με το βάρος που έχουμε δώσει στην ανάλογη κατηγορία. Σκοπός της πράξης αυτής είναι να βρούμε τον σταθμισμένο κανονικοποιημένο πίνακα. Καταλήγουμε έτσι στην επόμενη μορφή.

B) Σταθμισμένη κανονικοποίηση πίνακα								
29								
30								
31	Samsung A7 2018	0,03	0,03	0,15	0,12	0,09	0,08	0,25
32	Huawei p20	0,05	0,03	0,15	0,10	0,04	0,07	0,36
33	Xiaomi Mi8	0,05	0,05	0,13	0,06	0,04	0,16	0,49
34	Apple Iphone 7plus	0,05	0,03	0,04	0,06	0,06	0,11	0,55
35	Samsung A9 2018	0,05	0,05	0,15	0,12	0,03	0,07	0,54
36	Huawei p20 pro	0,05	0,05	0,15	0,20	0,07	0,19	0,58
37	Samsung s9	0,03	0,03	0,05	0,06	0,10	0,17	0,63
38	Apple Iphone 8plus	0,03	0,03	0,04	0,06	0,06	0,20	0,73
39	Samsung Note 9	0,05	0,05	0,05	0,06	0,01	0,17	0,85
40	Apple Iphone X	0,03	0,03	0,04	0,06	0,1	0,20	0,90

Εικόνα 36: Σταθμισμένη κανονικοποίηση πίνακα

Αφού ολοκληρωθούν οι παραπάνω πράξεις συνεχίζουμε ψάχνοντας την θετική ιδανική λύση και την αρνητική ιδανική λύση. Αυτό γίνεται επιλέγοντας την μεγαλύτερη και την μικρότερη τιμή για κάθε κριτήριο αντίστοιχα.

Γ) Βρίσκουμε την θετική και αρνητική ιδανική								
42								
43								
44	Θετική ιδανική λύση A_j^+	0,05	0,05	0,15	0,20	0,10	0,20	0,90
45	Αρνητική ιδανική λύση A_j^-	0,03	0,03	0,04	0,06	0,01	0,07	0,25

Εικόνα 37: Θετική και αρνητική ιδανική λύση

Η εύρεση των ακραίων ιδανικών λύσεων είναι η προϋπόθεση για το επόμενο βήμα που είναι η εύρεση της ευκλείδειας απόστασης της κάθε λύσης από αυτές. Αρχικά υπολογίζουμε την απόσταση από την θετική ιδανική λύση η οποία φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας

Δ) υπολογισμός της απόστασης από την θετική

Samsung A7 2018	0,00063	0,00028	0,00000	0,00640	0,00020	0,01471	0,41623
Huawai p20	0,00000	0,00028	0,00000	0,01000	0,00327	0,01658	0,29002
Xiaomi Mi8	0,00000	0,00000	0,00063	0,01960	0,00327	0,00139	0,16259
Apple Iphone 7plus	0,00000	0,00063	0,01129	0,01960	0,00184	0,00744	0,11594
Samsung A9 2018	0,00000	0,00000	0,00000	0,00640	0,00510	0,01575	0,12911
Huawai p20 pro	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00082	0,00007	0,09836
Samsung s9	0,00063	0,00028	0,01000	0,01960	0,00000	0,00107	0,07226
Apple Iphone 8plus	0,00063	0,00063	0,01129	0,01960	0,00184	0,00000	0,02601
Samsung Note 9	0,00000	0,00000	0,01000	0,01960	0,00735	0,00075	0,00201
Apple Iphone X	0,00063	0,00063	0,01129	0,01960	0,00000	0,00000	0,00000

Εικόνα 38: 1ο βήμα υπολογισμού d_i^+

$(\sum A_j^+ - A_{ij})^2$	$d_i^+ = [(\sum A_j^+ - A_{ij})^2]^{1/2}$
0,43754	0,66147
0,31986	0,56556
0,18747	0,43298
0,15611	0,39511
0,15636	0,39543
0,09924	0,31502
0,10293	0,32083
0,05874	0,24236
0,03970	0,19925
0,03089	0,17575

Εικόνα 39: 2ο βήμα υπολογισμού d_i^+

Ακολούθως βρίσκουμε και την απόσταση από την αρνητική ιδανική λύση για κάθε συσκευή, εκτελώντας τα ίδια βήματα χρησιμοποιώντας απλά όπου την τιμή της θετικής ιδανικής λύσης αυτή της αρνητικής.

Δ) υπολογισμός της απόστασης από την αρνητική ιδανική λύση

Samsung A7 2018	0,00000	0,00007	0,01129	0,00360	0,00510	0,00006	0,00000
Huawai p20	0,00063	0,00007	0,01129	0,00160	0,00082	0,00000	0,01137
Xiaomi Mi8	0,00063	0,00063	0,00660	0,00000	0,00082	0,00838	0,05853
Apple Iphone 7plus	0,00063	0,00000	0,00000	0,00000	0,00184	0,00181	0,09282
Samsung A9 2018	0,00063	0,00063	0,01129	0,00360	0,00020	0,00001	0,08171
Huawai p20 pro	0,00063	0,00063	0,01129	0,01960	0,00327	0,01456	0,10992
Samsung s9	0,00000	0,00007	0,00004	0,00000	0,00735	0,00922	0,14163
Apple Iphone 8plus	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00184	0,01658	0,23413
Samsung Note 9	0,00063	0,00063	0,00004	0,00000	0,00000	0,01029	0,36043
Apple Iphone X	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00735	0,01639	0,41623

Εικόνα 40: 1ο βήμα υπολογισμού d_i^-

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας

$(\sum A_j - A_{ij})^2$	$d_i = [(\sum A_j - A_{ij})^2]^{1/2}$
0,02012	0,14183
0,02577	0,16053
0,07558	0,27492
0,09709	0,31158
0,09806	0,31314
0,15989	0,39986
0,15831	0,39789
0,25255	0,50254
0,37201	0,60993
0,43997	0,66330

Εικόνα 41: 2ο βήμα υπολογισμού d_i -

Τέλος βρίσκουμε την συσκευή που βρίσκεται πιο κοντά στην ιδανική λύση, η οποία είναι αυτή που έχει τιμή πιο κοντά στο 1.

Ε) Υπολογισμός της σχετικής απόστασης από την ιδανική λύση $C^* = d_i / (d_i + d_j) \rightarrow$

Samsung A7 2018	0,17656		
Huawei p20	0,22109		
Xiaomi Mi8	0,38836		
Apple Iphone 7plus	0,44091		
Samsung A9 2018	0,44194		
Huawei p20 pro	0,55934		
Samsung s9	0,55361		
Apple Iphone 8plus	0,67464		
Samsung Note 9	0,75376		
Apple Iphone X	0,79053		

Εικόνα 42: Αποτελέσματα μεθόδου

Όπως μπορούμε να διακρίνουμε η συσκευή που βρίσκεται πιο κοντά στην ιδανική λύση και προτείνεται ως η πιο καλή αγορά για τον καταναλωτή είναι το AppleIphoneX. Έχει ικανοποιητική διαφορά με τις άλλες συσκευές παρόλο που δεν έχει την κορυφαία τιμή σε κανένα κριτήριο η γενική του εικόνα το έβγαλε πρώτο στη λίστα. Επόμενη στη σειρά είναι μια συσκευή άλλης εταιρείας το SamsungNote 9. Τελευταίο στη σειρά βρίσκουμε το SamsungA7 2018, αν και έχει τη μικρότερη τιμή που είναι το κριτήριο με την μεγαλύτερη βαρύτητα δεν κατάφερε να πάρει υψηλότερη θέση.

Στη δεύτερη περίπτωση κρατάμε όλα τα στοιχεία των συσκευών ίδια και αλλάζουμε την τιμή του βάρους κάθε κριτηρίου. Θέτουμε σε όλα την ίδια τιμή όπου αντιστοιχεί σε 0,143 (1/7) ώστε να δούμε κατά πόσο αλλάζει το τελικό αποτέλεσμα. Έτσι ο αρχικός μας πίνακας διαμορφώνεται ως εξής:

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας

	Χωρητικότητα	Ram	Κάμερα μπροστά	Κάμερα Βασική	Μέγεθος Οθόνης	Geekbench Score	Τιμή
Weight	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143
Samsung A7 2018	64	4	24	24	6	4011	279
Huawai p20	128	4	24	20	3	3629	398
Xiaomi Mi8	128	6	20	12	3	8292	549
Apple Iphone 7plus	128	3	7	12	4	5794	619
Samsung A9 2018	128	6	24	24	2	3795	598
Huawai p20 pro	128	6	24	40	5	9777	649
Samsung s9	64	4	8	12	7	8522	699
Apple Iphone 8plus	64	3	7	12	4	10189	819
Samsung Note 9	128	6	8	12	1	8798	949
Apple Iphone X	64	3	7	12	7	10151	999
max/min	128	6	24	40	7	10189	279

Εικόνα 43: Αρχικό παράδειγμα

Στη συνέχεια , εκτελούμε την κανονικοποίηση της μήτρας πολλαπλασιάζοντας τη μέγιστη ή την ελάχιστη τιμή με την τιμή του κάθε τηλεφώνου.

A) Κανονικοποίηση του πίνακα

Samsung A7 2018	0,50	0,67	1,00	0,60	0,86	0,39	1,00
Huawai p20	1,00	0,67	1,00	0,50	0,43	0,36	1,43
Xiaomi Mi8	1,00	1,00	0,83	0,30	0,43	0,81	1,97
Apple Iphone 7plus	1,00	0,50	0,29	0,30	0,57	0,57	2,22
Samsung A9 2018	1,00	1,00	1,00	0,60	0,29	0,37	2,14
Huawai p20 pro	1,00	1,00	1,00	1,00	0,71	0,96	2,33
Samsung s9	0,50	0,67	0,33	0,30	1,00	0,84	2,51
Apple Iphone 8plus	0,50	0,50	0,29	0,30	0,57	1,00	2,94
Samsung Note 9	1,00	1,00	0,33	0,30	0,14	0,86	3,40
Apple Iphone X	0,50	0,50	0,29	0,30	1,00	1,00	3,58

Εικόνα 44: Κανονικοποίηση του πίνακα

Τώρα χρησιμοποιώντας τις νέες τιμές του κανονικοποιημένου πίνακα είναι ώρα να γίνει η σταθμισμένη κανονικοποίηση του πίνακα. Σε αυτό το βήμα γίνεται ορατή και η αλλαγή που κάναμε στην τιμή του βάρους, διότι είναι η πρώτη φορά που θα χρησιμοποιηθεί αυτή η μεταβλητή.

B) Σταθμισμένη κανονικοποίηση πίνακα

Samsung A7 2018	0,07	0,10	0,14	0,0858	0,12	0,06	0,14
Huawai p20	0,14	0,10	0,14	0,07	0,06	0,05	0,20
Xiaomi Mi8	0,14	0,143	0,12	0,0429	0,06	0,12	0,28
Apple Iphone 7plus	0,14	0,07	0,04	0,0429	0,08	0,08	0,32
Samsung A9 2018	0,14	0,143	0,14	0,0858	0,04	0,05	0,31
Huawai p20 pro	0,14	0,143	0,14	0,14	0,10	0,14	0,33
Samsung s9	0,07	0,10	0,05	0,0429	0,14	0,12	0,36
Apple Iphone 8plus	0,07	0,07	0,04	0,0429	0,08	0,14	0,42
Samsung Note 9	0,14	0,143	0,05	0,0429	0,02	0,12	0,49
Apple Iphone X	0,07	0,07	0,04	0,0429	0,143	0,14	0,51

Εικόνα 45: Σταθμισμένη κανονικοποίηση πίνακα

Εκτελώντας σχολαστικά τα βήματα της μεθόδου πρέπει να βρούμε την θετική και

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας

την αρνητική ιδανική λύση ανάμεσα στα τηλέφωνα που έχουμε επιλέξει για το κεντρικό μας παράδειγμα.

Γ) Βρίσκουμε την θετική και αρνητική ιδανική

Θετική ιδανική λύση A_j^+	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,51
Αρνητική ιδανική λύση A_j^-	0,07	0,07	0,04	0,04	0,02	0,05	0,14

Εικόνα 46: Θετική και αρνητική ιδανική λύση

Ακολουθως, υπολογίζουμε την απόσταση από την θετική και την αρνητική ιδανική λύση. Αυτό, συμβαίνει μέσα από δυο μικρά στάδια για κάθε περίπτωση.

Δ) Υπολογισμός της απόστασης από την θετική

Samsung A7 2018	0,00511	0,00227	0,00000	0,00327	0,00042	0,00752	0,13618
Huawei p20	0,00000	0,00227	0,00000	0,00511	0,00668	0,00848	0,09489
Xiaomi Mi8	0,00000	0,00000	0,00057	0,01002	0,00668	0,00071	0,05320
Apple Iphone 7plus	0,00000	0,00511	0,01026	0,01002	0,00376	0,00380	0,03793
Samsung A9 2018	0,00000	0,00000	0,00000	0,00327	0,01043	0,00805	0,04224
Huawei p20 pro	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00167	0,00003	0,03218
Samsung s9	0,00511	0,00227	0,00909	0,01002	0,00000	0,00055	0,02364
Apple Iphone 8plus	0,00511	0,00511	0,01026	0,01002	0,00376	0,00000	0,00851
Samsung Note 9	0,00000	0,00000	0,00909	0,01002	0,01502	0,00038	0,00066
Apple Iphone X	0,00511	0,00511	0,01026	0,01002	0,00000	0,00000	0,00000

Εικόνα 47: 1ο βήμα υπολογισμού απόστασης d_i^+

$(\sum A_j^+ - A_j)^2$	$d_i^+ = [(\sum A_j^+ - A_j)^2]^{1/2}$
0,14739	0,38392
0,11515	0,33934
0,07117	0,26678
0,06577	0,25647
0,06400	0,25298
0,03388	0,18408
0,04330	0,20808
0,03255	0,18041
0,03517	0,18754
0,02028	0,14241

Εικόνα 48: 2ο βήμα υπολογισμού d_i^+

Αντίστοιχα παρουσιάζονται και τα αποτελέσματα της εύρεσης την απόστασης από την αρνητική ιδανική λύση.

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας

Δ) Υπολογισμός της απόστασης από την αρνητική ιδανική λύση

Samsung A7 2018	0,00000	0,00057	0,01026	0,00184	0,01043	0,00003	0,00000
Huawei p20	0,00511	0,00057	0,01026	0,00082	0,00167	0,00000	0,00372
Xiaomi Mi8	0,00511	0,00511	0,00600	0,00000	0,00167	0,00428	0,01915
Apple Iphone 7plus	0,00511	0,00000	0,00000	0,00000	0,00376	0,00092	0,03037
Samsung A9 2018	0,00511	0,00511	0,01026	0,00184	0,00042	0,00001	0,02673
Huawei p20 pro	0,00511	0,00511	0,01026	0,01002	0,00668	0,00745	0,03596
Samsung s9	0,00000	0,00057	0,00004	0,00000	0,01502	0,00472	0,04634
Apple Iphone 8plus	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00376	0,00848	0,07660
Samsung Note 9	0,00511	0,00511	0,00004	0,00000	0,00000	0,00526	0,11793
Apple Iphone X	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,01502	0,00838	0,13618

Εικόνα 49: 1ο βήμα υπολογισμού di-

$(\sum A_j - A_j)^2$	$d_i = [(\sum A_j - A_j)^2]^{1/2}$
0,02313	0,15209
0,02215	0,14882
0,04133	0,20329
0,04016	0,20040
0,04948	0,22244
0,08059	0,28389
0,06668	0,25823
0,08884	0,29805
0,13345	0,36531
0,15959	0,39948

Εικόνα 50: 2ο βήμα υπολογισμού di-

Έχοντας ολοκληρώσει και αυτό το βήμα μας μένει το τελευταίο στάδιο όπου είναι ο υπολογισμός της σχετικής απόστασης από την ιδανική λύση όπου βρίσκουμε και την ιδανική λύση στο πρόβλημα μας.

E) Υπολογισμός της σχετικής απόστασης από την ιδανική λύση $C^* = d_i / (d_i + d_j)$

Samsung A7 2018	0,28374
Huawei p20	0,30486
Xiaomi Mi8	0,43247
Apple Iphone 7plus	0,43864
Samsung A9 2018	0,46788
Huawei p20 pro	0,60664
Samsung s9	0,55377
Apple Iphone 8plus	0,62294
Samsung Note 9	0,66078
Apple Iphone X	0,73720

Εικόνα 51: Υπολογισμός απόστασης από την ιδανική λύση

Έχοντας πλέον και τον υπολογισμό της απόστασης από την ιδανική λύση μπορούμε να εξάγουμε τα τελικά συμπεράσματα για το δεύτερο σενάριο της μεθόδου μας. Βλέπουμε λοιπόν ότι η πιο ιδανική λύση είναι το Apple iPhone X. Σε αυτή την περίπτωση συμπεραίνουμε ότι το κινητό τηλέφωνο αυτό βρίσκεται πολύ πιο κοντά στην ιδανική λύση από όλα τα υπόλοιπα και μάλιστα με μια μεγάλη διαφορά από το αμέσως επόμενο. Η τόσο ξεκάθαρη διαφορά κάνει φανερό πως η ιδανική επιλογή για τον μέσο καταναλωτή είναι αυτό το smartphone.

4.3. ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Εν κατακλείδι, εφόσον έχουμε βρει την ιδανική λύση στα δύο σενάρια που δημιουργήσαμε για να μελετήσουμε την μέθοδο topsis θα πρέπει να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα. Αυτό θα μας βοηθήσει να κατανοήσουμε καλύτερα την μέθοδο και κατά πόσο βασίζεται στην μεταβλητή του βάρους.

Αυτό που μπορούμε να διακρίνουμε με την πρώτη ματιά είναι ότι οι δύο λίστες με εξαίρεση με την απόσταση από την ιδανική λύση δεν διαφέρουν πολύ ως προς την ταξινόμηση από το καλύτερο προς το χειρότερο. Η ιδανική λύση και στα δύο σενάρια παραμένει η ίδια το Apple iPhone X. Αν και στο πρώτο σενάριο η λύση βρίσκεται πιο κοντά στην ιδανική από ότι στη δεύτερη, η διαφορά τους είναι ελάχιστη. Αυτό μας δίνει μια ξεκάθαρη απάντηση στο βασικό μας ερώτημα για την εύρεση της ιδανικότερης συσκευής χωρίς να μας δυσκολεύει.

Συνεχίζοντας, βρίσκουμε πολλές ομοιότητες ανάμεσα στους πίνακες υπολογισμού απόστασης και στις παρακάτω επιλογές, διότι και η επόμενη λύση είναι κοινή. Πρόκειται για το Samsung Note 9 τη συσκευή από την επαγγελματική σειρά της

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας

εταιρείας. Η συσκευή αυτή κατείχε την κορυφαία θέση στα κριτήρια της χωρητικότητας και της μνήμης ram γεγονός που την οδήγησε σε μια τόσο υψηλή θέση. Προχωρώντας, βρίσκουμε ακόμα μια ομοιότητα μεταξύ των δύο αποτελεσμάτων της μεθόδου μας. Πρόκειται για το smartphone της Apple το iPhone 8 plus, το οποίο κατατάχθηκε στην τρίτη θέση με σκορ 0,67464 και 0,62294 αντίστοιχα.

Στην τέταρτη θέση υπάρχει το Huawei P20 πρωτο οποίο είναι το πρώτο smartphone που συναντάται μέχρι στιγμής από την Huawei. Παρακάτω βρίσκονται δυο συσκευές της ίδιας εταιρείας τα Samsung S9 και A9 του 2018. Στην συνέχεια, υπάρχει το iPhone 7 plus ένα κινητό που βγήκε στη αγορά λίγο πιο πριν από τα άλλα της λίστας μας. Ακολούθως, είναι και στα δύο μας σενάρια το Xiaomi Mi8 μια από τις πιο οικονομικές προτάσεις που είχαμε στο παράδειγμα μας. Στην προτελευταία θέση κατατάσσεται το Huawei P20 το οποίο αποτελεί μια πιο απλή έκδοση της συσκευής που συναντήσαμε στην τέταρτη θέση. Τέλος, έγκειται η πιο οικονομική επιλογή που προστέθηκε στο κεντρικό μας παράδειγμα το Samsung A7 του 2018.

Αν πάρουμε μία μία τις κινητές συσκευές που έχουμε στο παράδειγμα μας και τις ταξινομήσουμε μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι η σειρά που κατατάσσονται είναι ακριβώς η ίδια και στα δύο μας παραδείγματα. Είτε λοιπόν θέσουμε διαφορετικές τιμές για κάθε βάρος για τα κριτήρια μας είτε τις ίδιες το τελικό μας αποτέλεσμα στην συγκεκριμένη περίπτωση παραμένει ίδιο. Η μόνη διαφορά που διακρίνουμε είναι ότι αν και στην περίπτωση όπου το βάρος είναι διαφορετικό η τιμή που έχει είναι υψηλότερη όπως και η συσκευή που βρίσκεται στον πάτο της λίστας έχει χαμηλότερη τιμή. Αυτό σημαίνει ότι το διάστημα μεταξύ άριστης και χειρίστης λύσης είναι μεγαλύτερο από την περίπτωση όπου το βάρος είναι ίδιο σε όλα τα κριτήρια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1. ΜΕΘΟΔΟΣ VIKOR

5.1.1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μέθοδος VIKOR (ViseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje στα σέρβικα) ή αλλιώς Πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση και λύση συμβιβασμού είναι μια αρκετά διαδεδομένη και αποδοτική μέθοδος η οποία αναπτύχθηκε για την πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση σύνθετων συστημάτων. Ο πρώτος που εισήγαγε τη μέθοδο αυτή ήταν ο Opricovic με σκοπό να τονίσει την επιλογή και την κατάταξη εναλλακτικών ομάδων συγκρουόμενων κριτηρίων. Ο ίδιος ανέφερε ότι η επιλογή και ο συνδυασμός των απόψεων μπορούν να βελτιώσουν τις νέες προσεγγίσεις για την ανάπτυξη της επίλυσης συγκρούσεων.

Ο Opricovic, χρησιμοποίησε τη μέθοδο VIKOR και τη θεωρία των παιχνιδιών για την επίλυση των συγκρούσεων. Αργότερα ο Huang et Al., ανέπτυξε ένα μοντέλο VIKOR για το MCDM το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της κατάταξης των προτιμήσεων από ένα σύνολο εναλλακτικών λύσεων παρουσία συγκρουόμενων κριτηρίων. Με την πάροδο των χρόνων η τεχνική αυτή εξελίχθηκε κι άλλο καταλήγοντας έτσι στο σημείο που βρίσκεται τώρα.

Σε αυτή τη μέθοδο εισάγεται για πρώτη φορά η έννοια της κατάταξης των πολυκριτηρίων πινάκων που βασίζονται με βάση το ιδιαίτερο μέτρο της «εγγύτητας» με την «ιδανική» λύση. Καθορίζεται ο συμβιβαστικός κατάλογος κατάταξης, η συμβιβαστική λύση και τα διαστήματα σταθερότητας βάρους για τη σταθερότητα προτίμησης της συμβιβαστικής λύσης που επιτυγχάνεται με τα αρχικά (δεδομένο) βάρη. Η μέθοδος αυτή επικεντρώνεται στην κατάταξη και την επιλογή από μια σειρά εναλλακτικών λύσεων παρουσία συγκρουόμενων κριτηρίων.

Ο υπολογισμός του βέλτιστου σημείου στο VIKOR βασίζεται στο συγκεκριμένο μέτρο της "εγγύτητας" με τη δυνατή ιδανική λύση. Ως εκ τούτου, είναι κατάλληλο για καταστάσεις στις οποίες ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων θέλει μέγιστο κέρδος και ο κίνδυνος της απόφασης είναι λιγότερο σημαντικός. Υποθέτοντας ότι κάθε εναλλακτική (A_1, A_2, \dots, A_n) αξιολογείται σύμφωνα με τις διάφορες λειτουργίες κριτηρίων (C_1, C_2, \dots, C_j), η κατάταξη μπορεί να γίνει συγκρίνοντας την πλησιέστερη εναλλακτική λύση προς την ιδανική λύση. Έτσι χρησιμοποιούνται συνήθως μια συμβατή κατάταξη κατάταξης, συμβατές λύσεις και διαστήματα σταθερότητας βάρους για σταθεροποίηση προτεραιότητας καθορίζονται σε συμβιβαστικές λύσεις. Αυτή η μέθοδος επικεντρώνεται στην κατάταξη και την επιλογή από τις διαθέσιμες επιλογές. Στις κλασσικές μεθόδους MCDA, η κατάταξη

των κριτηρίων είναι γνωστή με ακρίβεια, ενώ στον πραγματικό κόσμο, π.χ. σε αβέβαια περιβάλλοντα, δεν είναι ρεαλιστικό να υποθέσουμε ότι η γνώση και η εκπροσώπηση ενός υπεύθυνου λήψης αποφάσεων ή ενός εμπειρογνώμονα είναι πολύ ακριβής. Σε τέτοιες περιπτώσεις, ο προσδιορισμός των ακριβών τιμών χαρακτηριστικών είναι δύσκολος ή και αδύνατος. Επομένως, για να περιγράψουμε και να αντιμετωπίσουμε τα ασαφή και αβέβαια στοιχεία που υπάρχουν σε ένα πρόβλημα απόφασης, συχνά χρησιμοποιούνται ασαφείς και στοχαστικές προσεγγίσεις.

Συνεχίζοντας στις επόμενες ενότητες θα μελετήσουμε παραπάνω την μέθοδο μέσω ενός πραγματικού παραδείγματος αναλύοντας τα βήματα και τα αποτελέσματα τους.

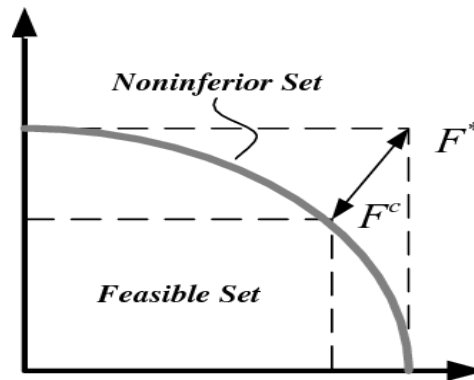
5.1.2.ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ VIKOR

Σε αυτή την ενότητα θα παρακολουθήσουμε βήμα προς βήμα την μεθοδολογία της νίκωρ παραθέτοντας τους μαθηματικούς της τύπους και τους συμβολισμούς που αναθέτει. Αυτό θα μας δώσει την δυνατότητα να θέσουμε γερά θεμέλια ώστε να μπορέσουμε να εφαρμόσουμε πάνω σε αυτούς το παράδειγμά μας για την εμφάνιση της ιδανικής λύσης.

Η μέθοδος νίκωρ δημιουργήθηκε για πολυκριτήρια βελτιστοποίηση πολύπλοκων συστημάτων. Ορίζει τον συμβιβαστικό κατάλογο κατάταξης, την συμβιβαστική λύση και τα διαστήματα σταθερότητας βάρους για τη σταθερότητα προτίμησης της συμβιβαστικής λύσης που επιτυγχάνεται με τα αρχικά (δεδομένου) βάρη. Η μέθοδος αυτή επικεντρώνεται στην κατάταξη και την επιλογή από μια σειρά εναλλακτικών λύσεων, παρουσία συγκρουόμενων κριτηρίων. Η ανάπτυξη της προήλθε με την ακόλουθη φόρμα L_p μετρικής:

$$L_{p-j} = \left\{ \sum_{i=1}^n [w_i (f_i - f_{ij})]^p \right\}^{1/p}, 1 \leq p \leq \infty \text{ για } j=1,2,\dots,j \quad (5.1)$$

Μέσα στη μέθοδο VIKOR $L_{1,j} = S_j$ και, $L_{\infty,j} = R_j$ χρησιμοποιούνται για τη διαμόρφωση μέτρησης κατάταξης. Το διάλυμα που λαμβάνεται από το $\min_j S_j$ έχει μέγιστη χρησιμότητα ομάδας ("πλειοψηφία") και το διάλυμα που λαμβάνεται από το $\min_j R_j$ είναι με ελάχιστη ατομική λύση του "αντιπάλου". Η συμβιβαστική λύση F^c είναι μια εφικτή λύση που είναι η «πλησιέστερη» προς την ιδανική F^* , και συμβιβασμός σημαίνει μια συμφωνία που δημιουργείται από αμοιβαίες παραχωρήσεις, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 52: ιδανική και συμβιβαστική λύση

Η εικόνα παρουσιάζει τις συναρτήσεις $\Delta f_1 = f_1 - f_1^c$ και $\Delta f_2 = f_2 - f_2^c$. Ο συμβιβαστικός αλγόριθμος ταξινόμησης της νίκος ακολουθεί τα εξής βήματα:

1. Προσδιορίζεται η καλύτερη και η χειρότερη τιμή για όλες τις τιμές που αντιστοιχούν στα κριτήρια x_j , $j=1,2,\dots,n$.
2. Υπολογίζονται οι τιμές S_j και R_j για $j=1,2,\dots,J$.
3. Υπολογίζεται η τιμή του Q_j .
4. Ταξινομούνται οι εναλλακτικές.
5. Προτείνεται η συμβιβαστική λύση.

Στις επόμενες υποενότητες θα εστιάσουμε σε κάθε ένα ξεχωριστά βήμα ώστε να παρουσιάσουμε την λειτουργία και την χρησιμότητα του.

5.1.2.1. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΑΛΥΤΕΡΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΧΕΙΡΟΤΕΡΗΣ ΤΙΜΗΣ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΤΙΜΕΣ ΠΟΥ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟΥΝ ΣΤΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ x_j , $j=1,2,\dots,n$.

Στο πρώτο βήμα θέλουμε να ορίσουμε τις καλύτερες και τις χειρότερες τιμές για όλα τα κριτήρια υπολογίζοντας ότι σε περίπτωση που η συνάρτηση χρησιμοποιείται σε περίπτωση οφέλους ορίζεται από τους τύπους:

$$\begin{cases} f_i = \max_i f_{ij} \\ f_i = \min_i f_{ij} \end{cases} \quad (5.2)$$

αντίθετα σε περίπτωση που εκπροσωπείται κόστος η φορά της κλίμακας αντιστρέφονται και οι τύποι ορίζονται ως εξής:

$$\begin{cases} f_i = \min_i f_{ij} \\ f_i = \max_i f_{ij} \end{cases} \quad (5.3)$$

5.1.2.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΤΙΜΩΝ S_j ΚΑΙ R_j

Σε αυτό το βήμα υπολογίζεται για κάθε εναλλακτική η τιμή του S_j με L_1 που συμβολίζει την απόσταση manhattan και L_∞ που αντιστοιχεί στην απόσταση chebyshev.

$$S_i(L_1) = \sum_{j=1}^n w_j \frac{f_j - f_{ij}}{f_j - f_j^-} \quad (5.4)$$

$$R_j(L_\infty) = \max\left(\frac{f_j - f_{ij}}{f_j - f_j^-}\right) \quad (5.5)$$

όπου w_j είναι τα βάρη των κριτηρίων που εκφράζουν τις προτιμήσεις του αποφασίζων.

5.1.2.3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΤΙΜΗΣ Q_j

Το Q_j υπολογίζεται από την σχέση :

$$Q_j = v \frac{S_j - S^-}{S^+ - S^- + (1-v) \frac{R_i - R^-}{R^+ - R^-}} \quad (5.6)$$

όπου $S^+ = \max S_i$, $S^- = \min S_i$, $R^+ = \max R_i$, $R^- = \min R_i$ και v που αποτελεί ένα βάρος της στρατηγικής της μέγιστης ωφέλειας του συνόλου, ενώ το $v-1$ είναι το βάρος της ελάχιστης ατομικής διαφοράς.

5.1.2.4. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ

Αφού υπολογίσαμε στα παραπάνω βήματα τις μεταβλητές S , R , και Q θα πρέπει τώρα να ταξινομήσουμε τις εναλλακτικές δραστηριότητες κατά φθίνουσα σειρά. Το αποτέλεσμα που θα προκύψει από το τέταρτο βήμα είναι τρεις στήλες κατάταξης.

5.1.2.5. ΠΡΟΤΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΒΙΒΑΣΤΙΚΗΣ ΛΥΣΗΣ

Στο τελευταίο βήμα της μεθοδολογίας προτείνεται ως μια συμβιβαστική λύση η εναλλακτική δραστηριότητα $F^{(1)}$ η οποία θεωρείται ως η καλύτερη κατατασσόμενη ως προς το Q , το ελάχιστο δηλαδή εφόσον ικανοποιούνται οι δύο παρακάτω συνθήκες.

Η πρώτη συνθήκη είναι το αποδεκτό όφελος δηλαδή όπου $F^{(2)}$ είναι η εναλλακτική με δεύτερη κατάταξη στη στήλη της Q και $DQ = 1/(m-1)$. Θα πρέπει να σημειώσουμε ότι σε περίπτωση που το m έχει τιμή μικρότερη ή ίση με 4 ισχύει ότι $DQ = 0,25$.

Στη δεύτερη συνθήκη θα πρέπει να υπάρχει αποδεκτή ευστάθεια στη λήψη απόφασης. Με λίγα λόγια, η εναλλακτική $F^{(1)}$ θα πρέπει να είναι καλύτερα καταταγμένη ως προς το S και το R. Αυτή η συμβιβαστική λύση είναι ευσταθής στη διαδικασία της λήψης απόφασης που έχει ως στρατηγική τη μέγιστη ωφέλεια του συνόλου ή την συναίνεση ή την άρνηση. Το v αποτελεί το βάρος της στρατηγικής της λήψης απόφασης της μέγιστης ωφέλειας του συνόλου.

Σε περίπτωση που δεν ικανοποιείται μια από τις δυο προαναφερθείσες συνθήκες προτείνεται ένα σύνολο συμβιβαστικών λύσεων όπως ακολουθεί:

Αρχικά προτείνονται κατά σειρά προτίμησης οι εναλλακτικές δραστηριότητες $F^{(1)}$ και $F^{(2)}$ σε περίπτωση που δεν ικανοποιείται μόνο η δεύτερη συνθήκη. Αντίθετα σε περίπτωση που ικανοποιείται μόνο η πρώτη συνθήκη προτείνονται κατά σειρά προτίμησης οι εναλλακτικές $F^{(1)}, F^{(2)}, \dots, F^{(M)}$. Η εναλλακτική $F^{(M)}$ προσδιορίζεται από την σχέση $Q(F^{(M)}) - Q(F^{(1)}) < DQ$ για την μέγιστη τιμή M.

5.2.ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ VIKOR

Σε αυτή την ενότητα θα αξιοποιήσουμε τις συναρτήσεις που αναφέραμε προηγουμένως εφαρμόζοντας τις στο κεντρικό μας παράδειγμα. Σκοπός αυτού είναι η εκ βάθους μελέτη και κατανόηση της μεθόδου μέσα από τα τελικά αποτελέσματα. Για να το πετύχουμε αυτό θα χρησιμοποιήσουμε ένα υπολογιστικό φύλλο excel στο οποίο θα τοποθετήσουμε αρχικά τα στοιχεία του παραδείγματος μας και μέσω αυτού θα κάνουμε τις απαραίτητες πράξεις. Τοποθετούμε το κάθε κριτήριο στον κάθετο και τις διαθέσιμες συσκευές στον οριζόντιο άξονα. Παράλληλα προσθέτουμε τις επιπρόσθετες πληροφορίες για τα κριτήρια που απαιτούνται από την μονάδα μέτρησης, τη μέγιστη ή ελάχιστη τιμή ανάλογα το ζητούμενο και την τιμή του βάρους.

Όνομα	Κριτήρια		
	Μονάδα	Extr	Βάρος
Χωρητικότητα	Gb	max	0,05
Ram	Gb	max	0,05
Κάμερα μπροστά	Megapixels	max	0,15
Κάμερα Βασική	Megapixels	max	0,20
Μέγεθος Οθόνης	inches	max	0,10
Geekbench Score		max	0,20
Τιμή	euro	min	0,25

Εικόνα 53: Πληροφορίες κριτηρίων

Έχοντας εφαρμόσει τα παραπάνω και θέτοντας στο πρώτο μας σενάριο, όπως και στις προηγούμενες ενότητες, το βάρος με ξεχωριστές τιμές καταλήγουμε στο

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας

παρακάτω υπόδειγμα.

Εναλλακτικές										
Samsung A7	Huawei p20	Xiaomi Mi8	Iphone 7plus	Samsung A9	Huawei p20 pro	Samsung s9	Iphone 8plus	Samsung Note 9	Iphone X	
64	128	128	128	128	128	64	64	128	64	
4	4	6	3	6	6	4	3	3	6	
24	24	20	7	24	24	8	7	8	7	
24	20	12	12	24	40	12	12	12	12	
6	3	2	4	2	5	7	4	1	7	
4011	3629	8292	5794	3795	9777	8522	10189	8798	10151	
279	398	549	619	598	649	699	819	949	999	

Εικόνα 54: Απόδοση τιμών στις εναλλακτικές

Όπως φαίνεται και παραπάνω στην Εικόνα 53 στην άριστη λύση αναζητούμε όλα τα κριτήρια να περιλαμβάνουν την μέγιστη τιμή με εξαίρεση το κόστος του τηλεφώνου όπου ψάχνουμε το πιο οικονομικό. Στην επόμενη στήλη τοποθετήσαμε την μεταβλητή του βάρους. Θέσαμε μεγαλύτερη τιμή στο κριτήριο του κόστους και αμέσως μετά στοgeekbenchscore και στην ποιότητα της βασικής κάμερας. Έχουμε βάλει λίγο πιο κάτω το κριτήριο της μπροστινής κάμερας, ενώ την χαμηλότερη τιμή έχουν η χωρητικότητα της συσκευής και η μνήμη ram. Σχετικά με το κριτήριό του μεγέθους οθόνης επιλέξαμε μια κλίμακα που βαθμολογεί το πόσο καλή είναι η αναγωγή οθόνης με μέσο μέγεθος παλάμης χεριού.

Ακολούθως, προσθέσαμε όλες τις τιμές για κάθε συσκευή που έχουμε ώστε να δημιουργηθεί ο πίνακας στην εικόνα 54. Τα στοιχεία αυτά προήλθαν από το κεντρικό μας παράδειγμα.

Αφού ολοκληρώσαμε την δημιουργία του σεναρίου μας το πρώτο βήμα είναι η εύρεση της καλύτερης και της χειρότερης τιμής για κάθε κριτήριο. Αυτό γίνεται υπολογίζοντας την μέγιστη και την ελάχιστη τιμή για κάθε κριτήριο ανάλογα την περίπτωση οφέλους. Στη συγκεκριμένη περίπτωση καταλήξαμε στα εξής αποτελέσματα.

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας

f_i^*	f_i^-	$(f_i^* - f_i^-)$
128	64	64
6	3	3
24	7	17
40	12	28
7	1	6
10189	3629	6560
279	999	-720

Εικόνα 55: Άριστη και χειρίστη περίπτωση κριτηρίων

Όπως φαίνεται και παραπάνω, όλες οι τιμές στην διαφορά της καλύτερης με την χειρότερη τιμή είναι θετικές διότι αναζητούμε την μέγιστη τιμή. Μόνη εξαίρεση αποτελεί το κριτήριο του κόστους που θέλουμε το ελάχιστο οπότε η διαφορά είναι αρνητική.

Καθώς προχωράμε, για την διευκόλυνση μας στα επόμενα βήματα βρίσκουμε την διαφορά μεταξύ της καλύτερης λύσης και της λύσης κάθε συσκευής για κάθε κριτήριο.

$(f_i^* - f_{ij})$	64	0	0	0	0	0	0	64	64	0	64
	2	2	0	3	0	0	0	2	3	3	0
	0	0	4	17	0	0	0	16	17	16	17
	16	20	28	28	16	0	28	28	28	28	28
	1	4	5	3	5	2	0	3	3	6	0
	6178	6560	1897	4395	6394	412	1667	0	1391	38	38
	0	-119	-270	-340	-319	-370	-420	-540	-670	-720	

Εικόνα 56: Διαφορά μεταξύ άριστης και λύσης κάθε κριτηρίου για κάθε συσκευή

Στη συνέχεια υπολογίζουμε την S_j για κάθε μία από τις συσκευές του κεντρικού μας παραδείγματος. Το βήμα υλοποιείται υπολογίζοντας πρώτα την συνάρτηση $w_i^*(f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-)$ και ύστερα βρίσκοντας το σύνολο για όλα τα κριτήρια. Ταυτόχρονα βρίσκουμε και την τιμή R_j η οποία αποτελεί την μέγιστη τιμή της παραπάνω συνάρτησης. Τα αποτελέσματα είναι εμφανή στην εικόνα 57.

$w_i^*(f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-)$	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,00	0,05
	0,03	0,03	0,00	0,05	0,00	0,00	0,03	0,05	0,05	0,00
	0,00	0,00	0,04	0,15	0,00	0,00	0,14	0,15	0,14	0,15
	0,11	0,14	0,20	0,20	0,11	0,00	0,20	0,20	0,20	0,20
	0,02	0,07	0,08	0,05	0,08	0,03	0,00	0,05	0,10	0,00
	0,19	0,20	0,06	0,13	0,19	0,01	0,05	0,00	0,04	0,00
	0,00	0,04	0,09	0,12	0,11	0,13	0,15	0,19	0,23	0,25
Max	0,19	0,20	0,20	0,20	0,19	0,13	0,20	0,20	0,23	0,25
$\sum w_i^*(f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-)$	0,40	0,48	0,47	0,70	0,50	0,17	0,62	0,69	0,77	0,65

Εικόνα 57: Υπολογισμός μεταβλητής S_j

Για την εκτέλεση του επόμενου βήματος της μεθόδου θα πρέπει πρώτα να υπολογίσουμε μια άλλη μεταβλητή που χρησιμοποιείται στην συνάρτηση της Q_j .

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας

Αυτή ονομάζεται υκαι ουσιαστικά είναι ένα βάρος της στρατηγικής της μέγιστης ωφέλειας του συνόλου. Όπου n ο αριθμός των κριτηρίων.

$u = n+1/2n$	0,625
$DQ = 1/J-1$	0,2

Σχήμα 1: Υπολογισμός της u

Αφού λοιπόν ολοκληρώσαμε την πράξη αυτή προχωράμε στο επόμενο βήμα της εύρεσης Q_j σύμφωνα με την συνάρτηση 5.6 που παρατέθηκε στην παραπάνω ενότητα.

										S^+	S^-	
S_j - "group utility"	0,40	0,48	0,47	0,70	0,50	0,17	0,62	0,69	0,77	0,65	0,17	0,77
R_j - "individual regret"	0,19	0,20	0,20	0,20	0,19	0,13	0,20	0,20	0,23	0,25	0,13	0,25
Q_j - aggregating index	0,43	0,55	0,54	0,76	0,53	0,00	0,68	0,75	0,93	0,89		

Σχήμα 2: Υπολογισμός της Q_j

Έχοντας ολοκληρώσει και τη συνάρτηση της Q_j μπορούμε να συνεχίσουμε και να ταξινομήσουμε τις εναλλακτικές μας με αύξουσα σειρά με βάση την μεταβλητή αυτή. Αυτό αποτελεί και το επόμενο βήμα της μεθόδου. Τέλος, χρησιμοποιώντας λοιπόν την τιμή της Q_j για κάθε συσκευή, παίρνουμε την κατώτερη τιμή με την αμέσως επόμενη και συγκρίνουμε το υπόλοιπο τους με την DQ που υπολογίσαμε παραπάνω. Αυτό αποτελεί τη $C1$ συνθήκη να έχει δηλαδή αποδεκτό πλεονέκτημα. Επιπρόσθετα, ελέγχουμε την συνθήκη $C2$, να έχει αποδεκτή σταθερότητα στην λήψη απόφασης, όπου ελέγχουμε το υπόλοιπο μεταξύ των δύο τιμών της S_j .

	C1 - "acceptable advantage"		C2 - "acceptable stability"	
		$\geq DQ$	S	R
E2-J2	0,67	YES	0,43	0,17
I2-J2	0,68	YES		

Εικόνα 58: Τελικό αποτέλεσμα

Στο δικό μας παράδειγμα οι δύο συνθήκες ικανοποιούνται από την πρώτη κιόλας στιγμή χωρίς να χρειάζεται να κοιτάξουμε στις παρακάτω συσκευές. Παρόλα αυτά ελέγξαμε και την τρίτη συσκευή και ικανοποιούσε και αυτή τις συνθήκες, οπότε θα ήταν πολύ εύκολο να βρίσκαμε την καλύτερη λύση.

Στο πρώτο μας σενάριο καταλήγουμε πως η καλύτερη λύση για αγορά από έναν

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας

καταναλωτή είναι το Huawei P20 pro. Το κινητό αυτό έφερε την μικρότερη τιμή της Qjaλλά και της Sjkai αποτέλεσε έτσι την ιδανική λύση χωρίς να χρειαστεί να προβούμε σε περαιτέρω ερεύνα της αμέσως επόμενης συσκευής.

Στο δεύτερο μας σενάριο δοκιμάζουμε να βάλουμε την ίδια τιμή στο βάρος κάθε κριτηρίου και εκτελούμε ακριβώς τα ίδια βήματα με παραπάνω. Σκοπός μας είναι να δούμε αν και σε αυτή την περίπτωση η ιδανική λύση παραμένει η ίδια ή επηρεάζεται από το βάρος. Τώρα η τιμή του βάρους ισούται με 0,14 ώστε το άθροισμα των κριτηρίων να ισούται με την μονάδα. Σκεπτόμενοι αυτό το κεντρικό μας παράδειγμα μετατρέπεται στο ακόλουθο.

Όνομα	Κριτήρια		
	Μονάδα	Επι	Βάρος
Χωρητικότητα	Gb	max	0,14
Ram	Gb	max	0,14
Κάμερα μπροστά	Megapixels	max	0,14
Κάμερα Βασική	Megapixels	max	0,14
Μέγεθος Οθόνης	inches	max	0,14
Geekbench Score		max	0,14
Τιμή	euro	min	0,14

Σχήμα 3: Κριτήρια με ίδιο βάρος

Οι τιμές παραμένουν οι ίδιες για κάθε συσκευή και κάθε κριτήριο οπότε ο πίνακας που γίνεται η ανάθεση παραμένει όπως έχει.

Εναλλακτικές										
Samsung A7	Huawei p20	Xiaomi Mi8	Iphone 7plus	Samsung A9	Huawei p20 pro	Samsung s9	Iphone 8plus	Samsung Note 9	Iphone X	
64	128	128	128	128	128	64	64	128	64	64
4	4	6	3	6	6	4	3	3	3	6
24	24	20	7	24	24	8	7	8	7	7
24	20	12	12	24	40	12	12	12	12	12
6	3	2	4	2	5	7	4	1	7	7
4011	3629	8292	5794	3795	9777	8522	10189	8798	10151	10151
279	398	549	619	598	649	699	819	949	999	999

Σχήμα 4: Εναλλακτικές κινητών συσκευών

Αναλλοίωτες μένουν και οι τιμές f_i^* , f_i^- και $(f_i^* - f_i^-)$ εφόσον δεν επηρεάζονται από την μεταβλητή του βάρους.

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας

f_i^*	f_i^-	$(f_i^* - f_i^-)$
128	64	64
6	3	3
24	7	17
40	12	28
7	1	6
10189	3629	6560
279	999	-720

Σχήμα 5: Αριστη και χειρίστη περίπτωση κριτηρίων

Επόμενο μας βήμα είναι ο υπολογισμός την συνάρτησης $(f_i^* - f_{ij})$ για την διευκόλυνση μας σε μελλοντικές πράξεις τα αποτελέσματα αυτής φαίνονται αναλυτικά παρακάτω.

$(f_i^* - f_{ij})$	64	0	0	0	0	0	0	64	64	0	64
	2	2	0	3	0	0	0	2	3	3	0
	0	0	4	17	0	0	0	16	17	16	17
	16	20	28	28	16	0	0	28	28	28	28
	1	4	5	3	5	2	0	0	3	6	0
	6178	6560	1897	4395	6394	412	1667	0	1391	38	38
	0	-119	-270	-340	-319	-370	-420	-540	-670	-720	-720

Σχήμα 6: Διαφορά μεταξύ μέγιστης και ελάχιστης τιμής για κάθε κριτήριο

Χρησιμοποιώντας λοιπόν τις τιμές που υπολογίσαμε παραπάνω μας είναι εύκολο να βρούμε την τιμή της μεταβλητής S_j και μέσω αυτής των συναρτήσεων R_j και Q_j . Οι πράξεις ολοκληρωμένες φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.

											S^*	S^-
S_j - "group utility" :	0,47	0,45	0,38	0,65	0,40	0,13	0,62	0,74	0,71	0,56	0,13	0,74
R_j - "individual regret" :	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,07	0,14	0,14	0,14	0,14	0,07	0,14
Q_j - aggregating index :	0,75	0,73	0,67	0,92	0,68	0,00	0,89	1,00	0,98	0,84		

Εικόνα 59: Εύρεση τιμών S_j , R_j και Q_j

Για να βρεθούν αυτές οι τιμές προηγήθηκαν κάποιες αναλυτικές πράξεις οι οποίες φαίνονται ακολούθως.

$w_i \cdot (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-)$	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,14	0,00	0,14
	0,09	0,09	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,09	0,14	0,14	0,00
	0,00	0,00	0,03	0,14	0,00	0,00	0,00	0,13	0,14	0,13	0,14
	0,08	0,10	0,14	0,14	0,08	0,00	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
	0,02	0,09	0,12	0,07	0,12	0,05	0,00	0,07	0,07	0,14	0,00
	0,13	0,14	0,04	0,09	0,14	0,01	0,04	0,00	0,00	0,03	0,00
	0,00	0,02	0,05	0,07	0,06	0,07	0,08	0,11	0,13	0,13	0,14
Max	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,07	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
$\sum w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-)$	0,47	0,45	0,38	0,65	0,40	0,13	0,62	0,74	0,71	0,56	0,74

Εικόνα 60: υπολογισμός συναρτήσεων για την ευρεση της S_j

Αφού ολοκληρώσαμε και το παραπάνω βήμα είναι η στιγμή για το τελικό στάδιο της μεθόδου μας. Έχοντας υπόψιν ότι οι τιμές u και DQ παραμένουν ίδιες με τον προηγούμενο σενάριο μας, βρίσκουμε τις δύο κατώτερες τιμές Q_j και

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας

προσπαθούμε να δούμε αν ικανοποιούνται οι δύο συνθήκες μας. Όπως παρατηρούμε και στην παρακάτω εικόνα ήδη από το πρώτο ζεύγος έχουμε καταλήξει στην ιδανική λύση. Παρόλα αυτά συγκρίνουμε και την αμέσως επόμενη τιμή για να έχουμε μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα της Viko και καταλήγουμε πως και αυτή θα μπορούσε να είναι η ιδανική λύση σε περίπτωση που κάποια από τις παραπάνω δεν ικανοποιούσε κάποια από τις συνθήκες.

	C1 - "acceptable advantage"		C2 - "acceptable stability"	
		>=DQ	S	R
G2-J2	0,67	YES	0,13	0,07
I2-J2	0,68	YES		

Εικόνα 61: Τελικά αποτελέσματα μεθόδου

5.3. ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Αφού ολοκληρώθηκαν και τα δύο σενάρια για την υλοποίηση της μεθόδου και την εύρεση της ιδανικής κινητής συσκευής είναι στιγμή να συζητήσουμε για τα δύο αποτελέσματα ώστε να μπορέσουμε να κατανοήσουμε καλύτερα την Viko. Μέσα από την σύγκριση των δύο αποτελεσμάτων θα έχουμε την δυνατότητα να δούμε με περισσότερες λεπτομέρειες την μέθοδο μας και το πως εκτελείται, παράλληλα με το πόσο σημαντικό παράγοντα παίζει η τιμή του βάρους στην λειτουργία της.

Και στις δύο περιπτώσεις η ιδανική λύση ήταν η πρώτη συσκευή με την μικρότερη τιμή Qj. Με μια πρώτη ματιά αυτό που μπορούμε να διακρίνουμε είναι πως η συσκευή του κελιού J2 είναι αυτή που έχει ταυτοποιηθεί ως η ιδανική λύση. Αν κοιτάξουμε παραπάνω το κελί αυτό ανήκει στην συσκευή Huawei P20 pro. Το κινητό αυτό κατάφερε να έχει τον μικρότερο συντελεστή Q και να ικανοποιεί παράλληλα και τις δύο βασικές αρχές της μεθόδου μας αποτελώντας έτσι την ιδανική αγορά από τον καταναλωτή.

Το κινητό είχε από τις κορυφαίες τιμές σε πολλά κριτήρια και έτσι έφτασε στην κορυφή της λίστας. Αν και η πρόταση μας στον πιθανό αγοραστή για κινητή συσκευή παραμένει η ίδια η αμέσως επόμενη λύση με την οποία συγκρίνεται για να διαπιστωθεί αν ικανοποιούνται οι αρχές είναι διαφορετική σε κάθε μας σενάριο. Στην πρώτη μας περίπτωση όπου το βάρος είναι διαφορετικό για κάθε κριτήριο την δεύτερη θέση καταλαμβάνει το Samsung A7 που αποτελούσε την πιο οικονομική

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας

μας πρόταση. Το γεγονός αυτό μας παραπέμπει στο συμπέρασμα ότι η τιμή του βάρους παίζει έναν καθοριστικό παράγοντα στο τελικό αποτέλεσμα, αφού το κριτήριο στο οποίο υπερτερούσε η συσκευή μας ήταν αυτό με τον μεγαλύτερο συντελεστή βαρύτητας.

Στο δεύτερο σενάριο ωστόσο το smartphone στη δεύτερη θέση είναι το Xiaomi Mi8 το οποίο κοιτώντας πρόχειρα το υπολογιστικό μας φύλλο με τις αρχικές τιμές του κεντρικού παραδείγματος, περιλαμβάνει αρκετές από τις υψηλότερες τιμές στα κριτήρια.

Τέλος, τα δύο σενάρια τυχαίνει να συμπίπτουν ως προς την επόμενη επιλογή η οποία είναι το Samsung A9. Η συσκευή αυτή είχε την ίδια τιμή στην αξία C1 και στα δύο σενάρια που ολοκληρώσαμε παραπάνω και θα αποτελούσε και αυτή μια πιθανή άριστη λύση σε περίπτωση που δεν υπήρχαν οι δύο προηγούμενες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ικανοποιούνται και οι δύο θεμελιώδεις αξίες της μεθόδου μας.

Δεν έχουμε στη διάθεση μας ολόκληρη την λίστα με τις κινητές συσκευές κατανεμημένη από την καλύτερη λύση έως την χειρότερη. Το γεγονός αυτό δεν αποτελεί σημαντικό πρόβλημα στην εξαγωγή συμπερασμάτων, καθώς μπορούμε να εξαγάγουμε πολύ ικανοποιητικά συμπεράσματα. Το βάρος έχει σημαντική επίδραση στην επιλογή της άριστης λύσης όταν πολλά κριτήρια βρίσκονται κοντά στο εύρος τιμών τους. Σε αντίθετη περίπτωση δεν επηρεάζει την τελική κατάταξη των επιλογών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην τελευταία ενότητα της εργασίας αυτής παρουσιάζονται, συγκρίνονται και σχολιάζονται τα αποτελέσματα της κάθε μεθόδου που αναφέρθηκε παραπάνω. Από την άριστη λύση έως την χειρίστη μελετάται η κατάταξη των συσκευών για την εξαγωγή ενός κεντρικού συμπεράσματος, ώστε να μπορέσουμε να προτείνουμε στον καταναλωτή το ιδανικό smartphone για αγορά. Παράλληλα θα συγκρίνονται και οι ίδιες οι μέθοδοι μεταξύ τους ως προς την διαδικασία τον χρόνο περαίωσης τους αλλά και την ευκολία που προσφέρουν στον χρήστη.

Αξίζει να σημειωθεί πως σε αυτή την ενότητα δεν θα συμπεριλάβουμε την μέθοδο ΑΗΡδιότι κρίθηκε πολύ χρονοβόρα για να εκτελεστεί. Αυτό σημαίνει πως αν και μια από τις δημοφιλέστερες μεθόδους πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων δεν αποτελεί ιδανική επιλογή για ένα πρόβλημα με πολλές πιθανές άριστες λύσεις.

Συνεχίζοντας, η επόμενη μέθοδος με την οποία ασχοληθήκαμε ήταν η PROMETHEE. Σε αυτή την περίπτωση η μέθοδος υλοποιούνταν μέσα από το δικό της λογισμικό με αποτέλεσμα να είναι σχετικά πιο εύκολη αφού εκτελούσε η ίδια τις αριθμητικές πράξεις εσωτερικά. Η δυσκολία που απαιτούνταν ήταν η κατηγοριοποίηση των κριτηρίων αλλά και των επιλογών. Επιπρόσθετα αντιμετωπίστηκαν αρκετά προβλήματα στην απεικόνιση ορισμένων κριτηρίων όσο αφορά το preference. Σε γενικές γραμμές ήταν μια πολύ εύχρηστη μέθοδος και πολύ γρήγορη. Στα δύο σενάρια που υλοποιήθηκαν όπως είδαμε και παραπάνω ως άριστη λύση βγήκε η ίδια συσκευή με ελάχιστη διαφορά στην τιμή. Το κινητό τηλέφωνο αυτό είναι το Huawei P20 pro και αποτελούσε την καλύτερη επιλογή με αρκετή διαφορά από την επόμενη συσκευή.

Στο επόμενο κεφάλαιο αναλύσαμε την TOPSIS. Η συγκεκριμένη μέθοδος δεν διέθετε κάποιο ειδικό λογισμικό ώστε να εκτελεστεί με αποτέλεσμα να χρησιμοποιηθεί ένα υπολογιστικό φύλλο για την υλοποίηση του παραδείγματος. Αυτό αυτόματα σημαίνει ότι όλες οι πράξεις υπολογίστηκαν μια προς μία ξεχωριστά καθιστώντας την έτσι πιο χρονοβόρα από την προηγούμενη. Τα βήματα ήταν αρκετά απλά και κατανοητά με αποτέλεσμα να μην έχει πολύ μεγαλύτερο βαθμό δυσκολίας από την προηγούμενη μέθοδο. Όπως και σε όλες τις μεθόδους υλοποιήθηκαν δυο διαφορετικά σενάρια το τελικό αποτέλεσμα και στα δύο ήταν η ίδια άριστη λύση. Το iPhone X κυριάρχησε και στα δύο σενάρια όπου έχει τεθεί ίδιο και διαφορετικό βάρος σε κάθε κριτήριο.

Η τελευταία μέθοδος που υλοποιήθηκε ήταν η Vikor. Εκτελέσαμε αυτή την μέθοδο

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας

χρησιμοποιώντας ένα υπολογιστικό φύλλο στο οποίο προσθέσαμε τις τιμές και υπολογίσαμε τα αποτελέσματα των πράξεων ένα ένα. Σε αυτή την περίπτωση τα βήματα ήταν πολύ περισσότερα οδηγώντας έτσι σε μια πολύ χρονοβόρα διαδικασία η οποία δεν ήταν φιλική προς τον χρήστη. Η εύρεση της άριστης λύσης χρειαζόταν αρκετές συναρτήσεις οι οποίες αποτελούνταν από πολλές μεταβλητές. Τα δύο διαφορετικά σενάρια βασίστηκαν στην όμοια και στη διαφορετική κατανομή του βάρους. Τα σενάρια εξέδωσαν το ίδιο αποτέλεσμα έχοντας ως άριστη λύση το HuaweiP20 Pro.

Προχωρώντας, έχοντας αναλύσει τις μεθόδους ως προς τη χρήση τους και την διεπαφή τους με το χρήστη, βλέπουμε τα αποτελέσματα που έβγαλε κάθε μέθοδος ορίζοντας μια ιδανική άριστη λύση. Στις δύο περιπτώσεις μπορούμε να παρατηρήσουμε πως η άριστη λύση είναι η ίδια. Τόσο στην VIKOR όσο και στην PROMETHEE το HuaweiP20 Pro είναι αυτό που κατακτά την πρώτη θέση. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα πως αυτή είναι και η ιδανική συσκευή που θα προτείναμε σε έναν πιθανό αγοραστή. Οι δύο μέθοδοι έχουν πολλά κοινά όσο αφορά την κατάταξη συσκευών οι δύο λίστες είναι παρόμοιες. Αυτό που έχει μεγαλύτερο ενδιαφέρον είναι ότι αν και το iPhone φαίνεται σαν την άριστη λύση που θα διαλέξει ο αποφασίζων στην TOPSIS η ίδια ακριβώς συσκευή εμφανίζεται ως η χειρότερη στην PROMETHEE. Εξαιτίας αυτού μας δίνεται η δυνατότητα να κατανοήσουμε πόσο διαφορετικά λειτουργεί κάθε μέθοδος.

Η TOPSIS παίρνει εισροή ως οποιοδήποτε αριθμό κριτηρίων και γνωρίσματα. Επίσης έχει αρκετά διαισθητικό φυσικό νόημα με βάση λαμβάνοντας υπόψη τις αποστάσεις από τις ιδανικές λύσεις. Από την άλλη πλευρά, πολλές φορές μπορεί να δώσει ανακριβή αποτελέσματα λόγω της αβεβαιότητας της. Αντίθετα η PROMETHEE χειρίζεται ποσοτικά και ποιοτικά προβλήματα αλλά δεν μπορεί να δεχτεί και να βγάλει σωστά αποτελέσματα αν ο αριθμός των εισροών είναι μεγάλος. Τέλος, στη VIKOR η καλύτερη εναλλακτική λύση προτιμάται με τη μεγιστοποίηση ομάδα χρησιμότητας και την ελαχιστοποίηση της ομάδας κατανομής. Εν κατακλείδι, για να επιλέξουμε ποια μέθοδο εξυπηρετεί καλύτερα τον σκοπό μας για την λύση του προβλήματος μας, αρκεί να βρούμε τι τύπος προβλήματος είναι αλλά και πόσες εισροές θα θελήσουμε να έχουμε. Έτσι θα μπορούσαμε να επιλύσουμε με τον καλύτερο δυνατό τρόπο το πρόβλημα μας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alonso J.A Lamata T. (2006), Consistency in the Analytic Hierarchy Process: A new approach, *International Journal of Uncertainty*, Vol 14, No 4, 445-459
- Balioti, V.; Tzimopoulos, C.; Evangelides, C.(2018), Multi-Criteria Decision Making Using TOPSIS Method Under Fuzzy Environment. Application in Spillway Selection. *Proceedings*, 2, 637.
- Bana e Costa C.A., *Readings in multiple criteria decision aid*, SpringerVerlag, Berlin, 1990.
- Behzadian, M., Otaghsara, K., Yazdani, M., and Ignatius, J. (2012). A state-of the-art survey of TOPSIS applications. *Expert Systems with Applications*, 39(17), 13051–13069.
- Belton V. and Stewart T. J. (2002), *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA.
- Brans J.P., Mareschal B. (1990) The Promethee Methods for MCDM; The Promcalc, Gaia And Bankadviser Software. In: Bana e Costa C.A. (eds) *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*. Springer, Berlin, Heidelberg
- Cheng-Tung Chen, (2000), "Extensions of the TOPSIS for group -decision making under fuzzy environment". *Fuzzy Sets and Systems* 114,
- Edmundas Kazimieras Zavadskas and Zenonas Turskis (2011), Multiple criteria decision making (mcdm) methods in economics: an overview , Διαθέσιμο σε: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3846/20294913.2011.593291>, ελέγχθηκε την 31/8/2019
- Hwang, C.-L., and Yoon, K. (1981). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. New York: Springer-Verlag.
- Feng-Yi Wu and Chung-Chu Chuang (March 2013.), "The Optimal Relationship between Buyer and Seller Obtained Using TOPSIS Method," *Journal of Advanced Management Science*, Vol. 1, No. 1, pp. 133-135
- Ishizaka A. and Nemery P. (2013), *Multi-criteria Decision Analysis: Methods and Software* , First edition John Wiley & Sons
- J. R. San Cristóbal Mateo, *Multi-Criteria Analysis in the Renewable Energy Industry*, 49

Green Energy and Technology, DOI: 10.1007/978-1-4471-2346-0_8,
© Springer-Verlag London Limited 2012

J. P. Brans and Ph Vincke (1985), Note—A Preference Ranking Organisation Method (The PROMETHEE Method for Multiple Criteria Decision-Making), pp 647-656

Jarosław Watróbski, Jarosław Jankowski, Paweł Ziemia, Artur Karczmarczyk, Magdalena Ziolo (2018), Generalised framework for multi-criteria method selection

KamranRezaie, SalmanNazari-Shirkouhia, AliBadizadeh (2014), Evaluating performance of Iranian cement firms using an integrated fuzzy AHP–VIKOR method, Applied Mathematical Modelling, V. 38, I. 21–22, P. 5033-5046

Majumber M, Impact of Urbanization on Water Shortage in Face of Climatic Aberrations, 2015, IX, 98 p, ISBN 978-981-4560-72-6

Mardani A. Zavadskas E. K. Govindan K, Senin A.A. and Jusoh A. (2016), VIKOR Technique: A Systematic Review of the State of the Art Literature on Methodologies and Applications

Mehdi El Amine , Jime Pailhes και Nicolas Perry (2004), Comparison of different Multiple-criteria decision analysis methods in the context of conceptual design: application to the development of a solar collector structure, Advanced Manufacturing, Toulouse, France,, Jun 2014, France. pp.1-6, 2014. <hal-00987264>

Morteza Yazdani and Felipe R. Graeml (2014), VIKOR and its Applications: A State-of-the-Art Survey, International Journal of Strategic Decision Sciences, 5(2), 56-83

Papathanasiou J. Kostoglou V. and Petkos D. (2015), A comparative analysis of cloud computing services using multicriteria decision analysis methodologies, Int. J. Information and Decision Sciences, Vol. 7, No. 1

PeymanBabashamsi, AminGolzadfar, Nur Izzi Md Yusoff ,HalilCeylan, Nor Ghani MdNor (2016), Integrated fuzzy analytic hierarchy process and VIKOR method in the prioritization of pavement maintenance activities, International Journal of Pavement Research and Technology, V. 9, I. 2, P. 112-120

Pulkit Purohit, M. Ramachandran (2015), Selection of Flywheel Material using Multicriteria Decision Making Fuzzy Topsis, International Journal of Bulletin of Pure and Applied Sciences, Vol.26E (No.2) 2007, pp.205-216

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας

R. Venkat Rao (2011), "Decision Making in Manufacturing Environment Using Graph Theory and Fuzzy Multi Attribute Decision Making Methods," Springer, London.

Renato A. Krohlin and André G. C. Pacheco (2015), A-TOPSIS –An approach Based on TOPSIS for Ranking Evolutionary Algorithms, Procedia Computer Science, v. 55, p. 308-317

Rohan K. Gavade (2007), Multi-Criteria Decision Making: An overview of different selection problems and methods ,ISSN 0975-9646

Roszkowska E. (2009): Application the TOPSIS Methods for Ordering Offers in Buyer- -Seller Transaction. Optimum – Studia Ekonomiczne, Vol. 3(43), pp. 117-133.

Roszkowska E. MULTI-CRITERIA DECISION MAKING MODELS BY APPLYING THE TOPSIS METHOD TO CRISP AND INTERVAL DATA

Saaty T.L. (1980): The Analytic Hierarchy Process. McGraw Hill, New York.

Sun zhaoxu and Han min (2010), Multi-criteria Decision Making Based on PROMETHEE Method, 2010 International Conference on Computing, Control and Industrial Engineering

Vlachokostas C. G., Multicriteria methodological approach to manage urban air pollution, Aristotle University Thessaloniki

Tzimopoulos C., Zormpa D. AND Evangelides C. (2013), Multiple criteria decision making using vikor method. Application in irrigation networks in the thessaloniki plain, Proceedings of the 13th International Conference on Environmental Science and Technology

Vojislav Tomić, Zoran Marinković*and Dragoslav Janošević (2018), PROMETHEE method implementation with multi-criteria decisions , Facta Universitatis Series: Mechanical Engineering Vol. 9, No 2, 2011, pp. 193 - 202

Βαβάτσικος Α.Π., Συστήματα Στήριξης Αποφάσεων

Ευτυχία Γ. Ναθαναήλ (2016-2017), Διαδικασία πολυκριτήριας ανάλυσης Αναλυτική ιεραρχική μέθοδος, p 15-16

Παναγιώτης Κ. Παναγιωτόπουλος (2007), εφαρμογή Πολυκριτήριας Μεθοδολογίας AHP για την επιλογή ERP, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορηλίας

Ροζάκης Σ. (2010), Η παραγωγή βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς ως εναλλακτική χρήση της Ελληνικής γης: οικονομικές και κοινωνικές διαστάσεις

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Κεντρικό παράδειγμα εφαρμογής των μεθόδων

Σε αυτή την εργασία είναι πολύ σημαντική η χρήση του παραρτήματος για την παρουσίαση και περιγραφή του κεντρικού παραδείγματος που θα χρησιμοποιηθεί σε όλα τα κεφάλαια για την εφαρμογή των μεθόδων πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων. Εδώ, θα μπορέσουμε να παρουσιάσουμε αναλυτικά το παράδειγμα αναφέροντας τις διαθέσιμες επιλογές αλλά και τα κριτήρια τα οποία θα εξετάσουμε για την λήψη της ιδανικής λύσης.

Όπως, αναφέραμε σύντομα και στις εισαγωγικές ενότητες το κεντρικό μας παράδειγμα θα περιστρέφεται γύρω από την κατάλληλη επιλογή ενός κινητού τηλεφώνου smartphone. Το θέμα αυτό επιλέχθηκε μετά από μεγάλη έρευνα ώστε να μπορέσουμε να βρούμε ένα πρόβλημα το οποίο απασχολεί ένα ευρύ κομμάτι της κοινωνία περιλαμβάνοντας όλα τα κοινωνικά στρώματα αλλά και ένα μεγάλο εύρος ηλικιών. Είτε για επαγγελματική χρήση είτε για την εκτέλεση απλών καθημερινών λειτουργιών τα κινητά τηλέφωνα έχουν καταστεί απαραίτητα μέσα στη ζωή μας. Αυτό κάνει και τόσο σημαντική την επιλογή ενός, εφόσον είναι σωστό να σκεφτούμε ότι το συγκεκριμένο καινούριο απόκτημα μας θα μας “συνοδεύει” για ένα εύλογο χρονικό διάστημα παντού έως ότου αντικατασταθεί από το επόμενο μας.

Σκεπτόμενοι όμως τις δυσμενείς οικονομικές καταστάσεις και την απαιτητή τεχνολογικά κοινωνία είναι συνετό να επιλέξουμε μια κινητή συσκευή που θα μπορεί να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις μας αλλά και να αντέξει το χρονικό διάστημα έως την επόμενη αγορά. Έτσι ερεύνησα αρκετά ηλεκτρονικά καταστήματα βρίσκοντας τα κορυφαία 10 κινητά τηλέφωνα τα οποία θα μπορούσε να επιλέξει ο χρήστης. Στη συνέχεια, κατέγραψα τα χαρακτηριστικά τα οποία απαρτίζουν τις συσκευές με σκοπό να τα υποβάλω στην διαδικασία κάθε μεθόδου ξεχωριστά για να καταλήξω στο ιδανικότερο αποτέλεσμα.

Για το σκοπό αυτό επιλέχθηκαν συσκευές τελευταίας τεχνολογίας με διακυμάνσεις στις τιμές μεταξύ τους καθώς και διαφορετικές τιμές στα κριτήρια που επιλέξαμε

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας για την εφαρμογή των μεθόδων. Έτσι θα έχουμε την ευκαιρία να συγκρίνουμε μια μεγάλη γκάμα τηλεφώνων και να βγάλουμε τα ανάλογα συμπεράσματα. Παρακάτω παρουσιάζεται κάθε συσκευή καθώς και οι τιμές στα κριτήρια που επιλέχθηκαν .

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται όλες οι συσκευές που θα χρησιμοποιηθούν για την εφαρμογή των μεθόδων μας.

	Samsung A7 2018	Huawai P20	Xiaomi Mi8	Apple Iphone 7plus	Samsung A9 2018	Huawai P20 pro	Samsung S9	Apple Iphone 8plus	Samsung Note 9	Apple Iphone X
Χωρητικότητα	64	128	128	128	128	128	64	64	128	64
Ram	4	4	6	3	6	6	4	3	6	3
Κάμερα μπροστά	24	24	20	7	24	24	8	7	8	7
Κάμερα βασική	24	20	12	12	24	40	12	12	12	12
Μέγεθος οθόνης	6	6,21	6,21	5,5	6,3	6,1	5,8	5,5	6,4	5,8
Geekbench score	4011	3629	8292	5794	3795	9777	8522	10189	8798	10151

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορνηλίας

Τ ι μ ή	279	398	549	619	598	649	699	819	949	999
---------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Πτυχειακή εργασία της φοιτήτριας Δεληγιάννη Κορηλίας

Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε στον πίνακα τα τηλέφωνα έχουν μεταξύ τους διαφορές σε όλα τα πεδία τα οποία έχουμε προσθέσει κάνοντας έτσι πιο δύσκολη την απόφαση του χρήστη. Παράλληλα όμως έχουμε επιλέξει χαρακτηριστικά τα οποία είναι και ίδια εφόσον αυτό προστάζουν οι απαιτήσεις της εποχής. Αυτό βέβαια μας δίνει την δυνατότητα να εξετάσουμε καλύτερα τις μεθόδους πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων και να δούμε πως εν τέλει προκύπτει η άριστη λύση.

Επιλέξαμε σαν κριτήρια την χωρητικότητα του κινητού τηλεφώνου που μετριέται σε gigabyte και είναι ο διαθέσιμος χώρος για φωτογραφίες βίντεο και εφαρμογές. Την μνήμη ram που μετριέται επίσης σε gigabyte. Ακόμα επιλέξαμε να προσθέσουμε τις τιμές από την κάμερα selfie αλλά και την βασική. Θέσαμε επίσης σαν κριτήριο το μέγεθος της οθόνης της συσκευής. Παράλληλα καταμετρήσαμε το σκορ που πέτυχε κάθε συσκευή στο geekbench ενώ δεν θα μπορούσαμε να ξεχάσουμε την τιμή.

Όλες οι τιμές και τα στοιχεία συλλέχθηκαν από την ιστοσελίδα του public ώστε να έχουν κοινό πωλητή στο καταναλωτικό κοινό και να μην υπάρχει διαφορά από κινητό σε κινητό εξαιτίας της διαφορετικής τους προέλευσης.