



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΑΛΟΒΙΤΣ ΙΩΣΗΦ

ΚΟΚΚΟΤΗΣ ΑΝΔΡΕΑΣ

Επιβλέπων : Ιωάννης Ψαρράς

Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Δεκέμβριος 2013



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΑΛΟΒΙΤΣ ΙΩΣΗΦ

ΚΟΚΚΟΤΗΣ ΑΝΔΡΕΑΣ

Επιβλέπων : Ιωάννης Ψαρράς

Καθηγητής Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την

.....

Αθήνα, Δεκέμβριος 2013

.....

Μάλοβιτς Ιωσήφ

Κοκκότης Ανδρέας

Διπλωματούχοι Ηλεκτρολόγοι Μηχανικοί και Μηχανικοί Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Μάλοβιτς Ιωσήφ, Κοκκότης Ανδρέας 2013

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η συγκριτική μελέτη μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων και η κατάλληλη εφαρμογή τους ως εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων στην ανάλυση επιλεγμένων μελετών περίπτωσης. Αρχικά, εισάγεται η έννοια της πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων και αναφέρονται τα βασικά χαρακτηριστικά της, ώστε να γίνει κατανοητή η χρησιμότητα της στην σύγχρονη επιχειρησιακή πραγματικότητα. Στην συνέχεια, παρουσιάζονται κλασσικές και σύγχρονες μέθοδοι πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων, δίνοντας έμφαση στο θεωρητικό υπόβαθρο καθεμίας ξεχωριστά. Όπως γίνεται κατανοητό, δεν υπάρχει μία μοναδική μέθοδος η οποία είναι καλύτερη από τις υπόλοιπες σε όλο το φάσμα των εφαρμογών. Έπειτα γίνεται μια προσπάθεια σύγκρισης των μεθόδων, αποτέλεσμα της οποίας είναι η κατασκευή ενός συγκριτικού πίνακα των μεθόδων. Στόχος αυτού του πίνακα είναι να βοηθήσει των αποφασίζοντα να επιλέξει την μέθοδο που ανταποκρίνεται καλύτερα στα χαρακτηριστικά του εκάστοτε προβλήματος απόφασης. Επιπρόσθετα παρουσιάζεται μια συνοπτική περιγραφή των system dynamics, τα οποία είναι μια προσέγγιση για την κατανόηση της συμπεριφοράς περίπλοκων συστημάτων ανά τον χρόνο. Τέλος, αναλύονται επιλεγμένες μελέτες περίπτωσης από τους κλάδους της διοίκησης, των logistics, της διοίκησης ανθρωπίνων πόρων, της διαχείρισης έργων και του marketing. Η εφαρμογή των μεθόδων πραγματοποιείται με τη βοήθεια λογισμικών υποστήριξης αποφάσεων.

Λέξεις κλειδιά

Πολυκριτηριακή ανάλυση αποφάσεων, Επιχειρησιακή Έρευνα, Μελέτη περίπτωσης, Πολλαπλά κριτήρια, Υποστήριξη αποφάσεων

Abstract

The aim of this thesis is a comparative study of multi-criteria decision analysis methods and their appropriate application as a decision support tool in the analysis of selected case studies. Initially, the concept of multi-criteria decision analysis is introduced and its main features are mentioned, in order to illustrate its usefulness in modern operational reality. Then, classic and contemporary multi-criteria decision analysis methods are presented emphasizing in the theoretical background of each one separately. As understood, there is no single method that is better than the rest across the range of applications. Afterwards an attempt is made to compare the methods and as a result a comparative table is constructed. The goal of this table is to help the decision maker choose the method that best suits to the characteristics of the respective decision problem. Additionally a brief description of system dynamics is presented, which is an approach to understand the behavior of complex systems over time. Finally, case studies are analyzed from the disciplines of administration, logistics, human resources management, project management and marketing. The methods are implemented using decision support software.

Key words

Multi-criteria decision analysis, MCDA, Operations Research, Case study, System dynamics, multiple criteria, Decision support, Weighted Sum Model (WSM), Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), Grey Relational Analysis (GRA), Potentially All Pairwise Rankings of all possible Alternatives (PAPRIKA), Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations and Geometrical Analysis for Interactive Aid (PROMETHEE & GAIA), Analytic Hierarchy Process (AHP)

Περιεχόμενα

Περίληψη	5
Abstract	6
Περιεχόμενα	7
Ευρετήριο εικόνων.....	10
Ευρετήριο πινάκων	12
Ευρεία περίληψη	14
Κεφάλαιο 1 ^ο : Πολυκριτηριακή Ανάλυση Αποφάσεων (Multi-Criteria Decision Analysis)	16
1.1 Εισαγωγή.....	16
1.2 Προβληματικές αναφορές.....	17
1.3 Τα στάδια της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης Αποφάσεων.....	18
1.4 Κατηγοριοποίηση των μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης.....	22
1.5 Η MCDA ως βοηθητικό εργαλείο στην λήψη δύσκολων αποφάσεων	23
Κεφάλαιο 2 ^ο : Κλασσικές μέθοδοι λήψης πολυκριτηριακών αποφάσεων.....	24
2.1 Analytic Hierarchy Process (AHP).....	24
2.2 Goal Programming (GP).....	26
2.3 ELimination Et Choix Traduisant la REalité (ELECTRE)	29
2.4 Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations and Geometrical Analysis for Interactive Aid (PROMETHEE & GAIA).....	34
2.5 Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS).....	41
2.6 Weighted Sum Model (WSM)	43
2.7 Weighted Product Model (WPM)	46
2.8 Grey Relational Analysis (GRA).....	48
2.9 Visekriterijumska optimizacija i KOMPromisno Resenje (VIKOR)	50
2.10 Novel Approach to Imprecise Assessment and Decision Environments (NAIADE)	52
2.11 Multi-Attribute Utility Theory (MAUT).....	54
2.12 Multiple-Attribute Value Theory (MAVT)	55
2.13 Λεξικογραφική μέθοδος	60
Κεφάλαιο 3 ^ο : Σύγχρονες μέθοδοι λήψης πολυκριτηριακών αποφάσεων.....	62
3.1 Analytic Network Process (ANP)	62

3.2 Potentially All Pairwise Rankings of all possible Alternatives (PAPRIKA)	65
3.3 Superiority and Inferiority Ranking (SIR).....	69
3.4 Dominance-based Rough Set Approach (DRSA)	72
3.5 Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis (SMAA)	78
3.6 Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis (MOORA)	83
3.7 MultiAttribute Object Measurement (MAROM).....	87
Κεφάλαιο 4 ^ο : Επιλογή κατάλληλης μεθόδου πολυκριτηριακής ανάλυσης	90
4.1 Εισαγωγή	90
4.2 Γενικές κατευθυντήριες γραμμές	91
4.3 Κριτήρια επιλογής κατάλληλης μεθόδου	92
4.4 Συγκριτικός πίνακας των μεθόδων	94
Κεφάλαιο 5 ^ο : System Dynamics	95
5.1 Εισαγωγή	95
5.2 Παράδειγμα.....	96
5.3 Προσεγγίζοντας ένα πρόβλημα απόφασης με χρήση των system dynamics	98
Κεφάλαιο 6 ^ο : Case Study 1 - Επιλογή αναδόχου έργου	99
6.1 Συνοπτική παρουσίαση του έργου	99
6.2 Αξιολόγηση προσφορών	101
6.3 Τα κριτήρια αξιολόγησης	101
6.4 Επεξήγηση κριτηρίων αξιολόγησης	103
6.5 Οι εναλλακτικές επιλογές	106
6.6 Επιλογή της μεθόδου	110
6.7 Πολυκριτηριακή ανάλυση με χρήση του λογισμικού MakeltRational	111
6.8 Τελική βαθμολογία και κατάταξη εναλλακτικών – επιλογή πιο συμφέρουσας εναλλακτικής.....	116
Κεφάλαιο 7 ^ο : Case Study 2 - Επιλογή τοποθεσίας αποθηκευτικού χώρου	118
7.1 Επιλογή των μεθόδων	118
7.2 Περιγραφή του προβλήματος.....	119
7.3 Διαδικασία στάθμισης κριτηρίων αξιολόγησης	121
7.4 Εφαρμογή της μεθόδου TOPSIS.....	123
7.5 Εφαρμογή της μεθόδου GRA	125
7.6 Συμπεράσματα	128

Κεφάλαιο 8 ^ο : Case Study 3 - Κατάταξη υποψηφίων για φοίτηση σε μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών	129
8.1 Το πρόβλημα απόφασης.....	129
8.2 Η διαδικασία επιλογής.....	129
8.3 Τα κριτήρια επιλογής	130
8.4 Οι εναλλακτικές επιλογές	131
8.5 Επιλογή της μεθόδου	135
8.6 Το λογισμικό 1000minds.....	138
8.7 Αποτελέσματα – Τελική Απόφαση.....	139
Κεφάλαιο 9 ^ο : Case Study 4 - Ιεράρχηση έργων	148
9.1 Επιλογή της μεθόδου	148
9.2 Περιγραφή του προβλήματος.....	149
9.3 Τα κριτήρια επιλογής	149
9.4 Οι εναλλακτικές επιλογές	150
9.5 Το λογισμικό D-Sight – Αποτελέσματα	151
Κεφάλαιο 10 ^ο : Case Study 5 – Κατάταξη προϊόντων	160
10.1 Το πρόβλημα απόφασης.....	160
10.2 Οι εναλλακτικές επιλογές	160
10.3 Τα κριτήρια επιλογής ενός νέου κινητού τηλεφώνου.....	161
10.4 Το ερωτηματολόγιο	162
10.5 Αποτελέσματα ερωτηματολογίου – Προσδιορισμός της σχετικής σημασίας των κριτηρίων	165
10.6 Επιλογή της μεθόδου	171
10.7 Χρήση του λογισμικού MakeltRational.....	172
Σύνοψη - Συμπεράσματα.....	174
Βιβλιογραφία	176
Παράρτημα Α : Παραγωγή τυχαίων αριθμών με τη χρήση του Microsoft Excel.....	180
Παράρτημα Β : Αρκτικόλεξα	183

Ευρετήριο εικόνων

Εικόνα 1 : παράδειγμα AHP ιεραρχίας	24
Εικόνα 2 : γράφημα υπεροχής ELECTRE I	32
Εικόνα 3 : συνήθης συνάρτηση προτίμησης	38
Εικόνα 4 : U-σχήμα συνάρτηση προτίμησης	39
Εικόνα 5 : V-σχήμα συνάρτηση προτίμησης	39
Εικόνα 6 : συνάρτηση προτίμησης με επίπεδα.....	39
Εικόνα 7 : γραμμική συνάρτηση προτίμησης.....	40
Εικόνα 8 : Gaussian συνάρτηση προτίμησης.....	40
Εικόνα 9 : causal loop diagram	96
Εικόνα 10 : ονομασία και περιγραφή του project	112
Εικόνα 11 : εισαγωγή εναλλακτικών επιλογών	113
Εικόνα 12 : εισαγωγή κριτηρίων αξιολόγησης.....	113
Εικόνα 13 : ιεραρχία κριτηρίων του 1 ^{ου} case study.....	114
Εικόνα 14 : βαθμολόγηση κριτηρίων αξιολόγησης.....	114
Εικόνα 15 : βαθμολόγηση επιμέρους κριτηρίων αξιολόγησης.....	115
Εικόνα 16 : βαθμολόγηση εναλλακτικών επιλογών σε κάθε κριτήριο	115
Εικόνα 17 : αποτελέσματα λογισμικού MakeltRational για το 1 ^ο case study.....	116
Εικόνα 18 : ιεραρχία κριτηρίων του 2 ^{ου} case study.....	119
Εικόνα 19 : παράδειγμα βαθμολόγησης κριτηρίων με ανά ζεύγη συγκρίσεις.....	136
Εικόνα 20 : παράδειγμα ερώτησης του λογισμικού 1000minds.....	138
Εικόνα 21 : bar graphs βαθμολογίας κριτηρίων 1 ^{ης} φάσης	139
Εικόνα 22 : σχετική σημασία κριτηρίων 1 ^{ης} φάσης.....	140
Εικόνα 23 : bar graphs βαθμολογίας κριτηρίων 2 ^{ης} φάσης	145
Εικόνα 24 : σχετική σημασία κριτηρίων 2 ^{ης} φάσης.....	146
Εικόνα 25 : αναφορές PROMETHEE & GAIA στην βιβλιογραφία σχετικά με την ιεράρχηση έργων	148
Εικόνα 26 : εισαγωγή εναλλακτικών επιλογών	151
Εικόνα 27 : κατάταξη εναλλακτικών σε groups.....	152
Εικόνα 28 : εισαγωγή κριτηρίων αξιολόγησης.....	153
Εικόνα 29 : στάθμιση κριτηρίων.....	154
Εικόνα 30 : βαθμολόγηση των εναλλακτικών σε κάθε κριτήριο	155
Εικόνα 31 : επιλογή παραμέτρων μεθόδου	156
Εικόνα 32 : γεωμετρική παρουσίαση αποτελεσμάτων	157
Εικόνα 33 : αριθμητική παρουσίαση αποτελεσμάτων	158
Εικόνα 34 : ανάλυση ευαισθησίας	159
Εικόνα 35 : φύλο ερωτηθέντων	165
Εικόνα 36 : ηλικία ερωτηθέντων	165

Εικόνα 37 : κόστους αγοράς ενός νέου κινητού	166
Εικόνα 38 : αυτονομίας μπαταρίας	166
Εικόνα 39 : design κινητού	167
Εικόνα 40 : ευχρηστία κινητού	167
Εικόνα 41 : λειτουργίες κινητού	167
Εικόνα 42 : δυνατότητα πρόσβασης στο internet.....	168
Εικόνα 43 : ψηφιακή κάμερα κινητού	168
Εικόνα 44 : εγγύηση προϊόντος	168
Εικόνα 45 : ανθεκτικότητα κινητού	169
Εικόνα 46 : κατασκευαστικά χαρακτηριστικά κινητού	169
Εικόνα 47 : κατάταξη εναλλακτικών.....	173

Ευρετήριο πινάκων

Πίνακας 1 : θεμελιώδης κλίμακα AHP.....	25
Πίνακας 2 : πίνακας υπεροχής ELECTRE I.....	32
Πίνακας 3 : βασικά δεδομένα PROMETHEE & GAIA σε μητρική μορφή.....	36
Πίνακας 4 : δεδομένα παραδείγματος WSM.....	45
Πίνακας 5 : δεδομένα παραδείγματος WPM.....	47
Πίνακας 6 : σχέσεις προτίμησης και οι αντίστοιχες συναρτήσεις.....	53
Πίνακας 7 : δεδομένα παραδείγματος λεξικογραφικής μεθόδου.....	61
Πίνακας 8 : εντοπισμός κρίσιμων ζευγών.....	67
Πίνακας 9 : δεδομένα παραδείγματος DRSA.....	75
Πίνακας 10 : υπολογισμοί παραδείγματος DRSA.....	76
Πίνακας 11 : συντελεστές βαρύτητας κριτηρίων αξιολόγησης.....	102
Πίνακας 12 : βαθμολογία κριτηρίων για την εταιρεία Α.....	107
Πίνακας 13 : βαθμολογία κριτηρίων για την εταιρεία Β.....	108
Πίνακας 14 : βαθμολογία κριτηρίων για την εταιρεία Γ.....	109
Πίνακας 15 : βαθμολογία κριτηρίων για την ένωση εταιριών Δ και Ε.....	110
Πίνακας 16 : υπολογισμός συνολικής βαθμολογίας προσφορών – αποτελέσματα 1 ^{ου} case study.....	117
Πίνακας 17 : χαρακτηριστικά μεθόδων TOPSIS και GRA.....	118
Πίνακας 18 : επεξήγηση κλίμακας βαθμολόγησης.....	120
Πίνακας 19 : δεδομένα 2 ^{ου} case study.....	121
Πίνακας 20 : μέθοδος στάθμισης κριτηρίων Simos.....	122
Πίνακας 21 : αριθμητικοί υπολογισμοί μεθόδου TOPSIS.....	123
Πίνακας 22 : αριθμητικοί υπολογισμοί μεθόδου GRA.....	126
Πίνακας 23 : υπολογισμός διαφορών μεταξύ των ενδεχομένων.....	126
Πίνακας 24 : υπολογισμοί συντελεστών και βαθμών GRA.....	127
Πίνακας 25 : τελική κατάταξη εναλλακτικών επιλογών 2 ^{ου} case study.....	128
Πίνακας 26 : στοιχεία υποψηφίων.....	131
Πίνακας 27 : οριακοί συντελεστές υποκατάστασης των κριτηρίων 1 ^{ης} φάσης.....	140
Πίνακας 28 : κατάταξη υποψηφίων μετά το πέρας της 1 ^{ης} φάσης επιλογής.....	141
Πίνακας 29 : αποτελέσματα γραπτής εξέτασης και συνέντευξης υποψηφίων 2 ^{ης} φάσης...144	144
Πίνακας 30 : οριακοί συντελεστές υποκατάστασης κριτηρίων 2 ^{ης} φάσης.....	146
Πίνακας 31 : τελική κατάταξη υποψηφίων.....	147
Πίνακας 32 : επεξήγηση κλίμακας βαθμολόγησης.....	149
Πίνακας 33 : βαθμολογία εναλλακτικών.....	150
Πίνακας 34 : επεξήγηση κλίμακας βαθμολόγησης ερωτηματολογίου.....	161
Πίνακας 35 : υπολογισμός σχετικής σημασίας κριτηρίων.....	170
Πίνακας 36 : κατανομή τιμών για το κριτήριο βαθμός πτυχίου.....	181

Πίνακας 37 : παραδείγματα παραγωγής τυχαίων αριθμών	182
Πίνακας 38 : κατανομή τιμών για το κριτήριο συστατικές επιστολές	182
Πίνακας 39 : κατανομή τιμών για το κριτήριο ηλικία	182
Πίνακας 40 : κατανομή τιμών για το κριτήριο επαρκής γνώση αγγλικών	182
Πίνακας 41 : κατανομή τιμών για το κριτήριο δημοσιεύσεις	182
Πίνακας 42 : κατανομή τιμών για το κριτήριο ενδιαφέρον υποψηφίου	182

Ευρεία περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η συγκριτική μελέτη πολυκριτηριακών συστημάτων αποφάσεων για τη λήψη αποφάσεων σε πραγματικές περιπτώσεις. Η θεωρητική προσέγγιση του πρώτου μέρους της διπλωματικής εργασίας συμπληρώνεται από την ανάλυση επιλεγμένων μελετών περίπτωσης (case studies), παρουσιάζοντας με αυτόν τον τρόπο στον αναγνώστη μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης Αποφάσεων (Multi-Criteria Decision Analysis).

Στο 1^ο κεφάλαιο εισάγεται η έννοια της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης Αποφάσεων, η οποία αποτελεί έναν κλάδο της επιχειρησιακής έρευνας που εξετάζει προβλήματα απόφασης με πολλαπλά κριτήρια. Επεξηγούνται αναλυτικά τα στάδια με τα οποία μοντελοποιείται εν γένει η MCDA, ενώ παράλληλα ορίζονται έννοιες όπως το πλαίσιο, οι εναλλακτικές επιλογές και τα κριτήρια αξιολόγησης ενός προβλήματος απόφασης. Στόχος του κεφαλαίου είναι να αναδειχθεί η χρησιμότητα της MCDA ως εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων στην σύγχρονη επιχειρησιακή πραγματικότητα, καθώς και να γίνει κατανοητό σε ποιες περιπτώσεις αποφάσεων ενδείκνυται η εφαρμογή της.

Στα κεφάλαια 2 και 3 παρουσιάζονται αντίστοιχα κλασσικές και σύγχρονες μέθοδοι πολυκριτηριακής ανάλυσης. Συνολικά περιγράφονται 20 διαφορετικές MCDA μέθοδοι. Αναλύεται το θεωρητικό και μαθηματικό υπόβαθρο κάθε μεθόδου ξεχωριστά, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση σε εκείνες που θα χρησιμοποιηθούν στα case studies. Όπου κρίνεται απαραίτητο, η θεωρητική προσέγγιση των μεθόδων συνοδεύεται από σύντομα παραδείγματα εφαρμογής αυτών.

Όπως γίνεται κατανοητό από τα προηγούμενα κεφάλαια, ο λόγος ύπαρξης τόσο πολλών και διαφορετικών μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης είναι ότι δεν υπάρχει μια μοναδική μέθοδος η οποία να είναι καλύτερη από τις υπόλοιπες σε όλο το φάσμα των εφαρμογών. Έτσι δημιουργείται η ανάγκη συγκριτικής μελέτης των μεθόδων. Το 4^ο κεφάλαιο αποτελεί μια τέτοια προσπάθεια σύγκρισης των μεθόδων, αποτέλεσμα της οποίας είναι η κατασκευή ενός συγκριτικού αυτών. Στόχος αυτού του πίνακα είναι να βοηθήσει τον αποφασίζοντα να επιλέξει την μέθοδο που ανταποκρίνεται καλύτερα στα χαρακτηριστικά του εκάστοτε προβλήματος απόφασης.

Στο 5^ο κεφάλαιο παρουσιάζεται μια συνοπτική περιγραφή των system dynamics, τα οποία είναι μια προσέγγιση για την κατανόηση της συμπεριφοράς περίπλοκων συστημάτων ανά τον χρόνο. Εξετάζεται ο τρόπος με τον οποίο είναι δυνατόν να προσεγγιστεί ένα πρόβλημα πολυκριτηριακής φύσης κάνοντας χρήση των system dynamics.

Τα εναπομείναντα κεφάλαια αποτελούν μελέτες περίπτωσης, μέσω των οποίων παρουσιάζεται η εφαρμογή επιλεγμένων μεθόδων ως εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων σε προβλήματα απόφασης με πολλαπλά κριτήρια.

Πολλές φορές στην πράξη παρατηρείται ότι οι αποφασίζοντες επικεντρώνονται αποκλειστικά στην κατάλληλη επιλογή και εφαρμογή κάποιας μεθόδου, αποτυγχάνοντας έτσι να δώσουν την απαραίτητη προσοχή στα πρώτα στάδια κάθε πολυκριτηριακής ανάλυσης (καθορισμός του πλαισίου της απόφασης, αναγνώριση εναλλακτικών επιλογών και κριτηρίων αξιολόγησης), με συνέπεια αναξιόπιστα αποτελέσματα. Το 6^ο κεφάλαιο αποτελεί μια μελέτη περίπτωσης για την επιλογή αναδόχου ενός έργου, στόχος της οποίας είναι να δοθεί έμφαση στα στάδια αυτά και όχι στην εφαρμογή κάποιας συγκεκριμένης μεθόδου. Με βάση τα προηγούμενα επιλέχθηκε, με βασικό κριτήριο την ευκολία εφαρμογής, να χρησιμοποιηθεί η WSM.

Στο 7^ο κεφάλαιο παρουσιάζεται ένα χαρακτηριστικό πρόβλημα από τον χώρο των logistics, αυτό της επιλογής τοποθεσίας αποθηκευτικού χώρου. Στο παρόν case study εφαρμόζονται δύο διαφορετικές MCDA μέθοδοι και πιο συγκεκριμένα η TOPSIS και η GRA, οι οποίες χρησιμοποιούνται συχνά και στην πράξη σε τέτοιου είδους προβλήματα.

Το 8^ο κεφάλαιο αποτελεί μια μελέτη περίπτωσης η οποία εξετάζει ένα πρόβλημα κατάταξης υποψηφίων, ένα χαρακτηριστικό είδος προβλήματος που εμφανίζεται στην διοίκηση ανθρωπίνων πόρων. Πιο συγκεκριμένα αφορά την κατάταξη υποψηφίων για φοίτηση σε μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών. Στα πλαίσια του παρόντος case study χρησιμοποιείται η σύγχρονη μέθοδος πολυκριτηριακής ανάλυσης PAPRIKA, η εφαρμογή της οποίας γίνεται εφικτή μέσω του λογισμικού υποστήριξης αποφάσεων 1000minds.

Στο 9^ο κεφάλαιο χρησιμοποιείται η μέθοδος PROMETHEE & GAIA για την ανάλυση ενός χαρακτηριστικού προβλήματος της πολυκριτηριακής ανάλυσης, αυτού της ιεράρχησης έργων. Για την εφαρμογή της μεθόδου χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό D-Sight, το οποίο παρέχει και την δυνατότητα διεξαγωγής ανάλυσης ευαισθησίας των αποτελεσμάτων.

Η τελευταία μελέτη περίπτωσης, η οποία παρουσιάζεται στο 10^ο κεφάλαιο προέρχεται από τον χώρο του marketing και αφορά την κατάταξη προϊόντων μιας εταιρείας κατασκευής κινητών τηλεφώνων. Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης περίπτωσης δημιουργήθηκε ένα ερωτηματολόγιο με σκοπό τον προσδιορισμό της σχετικής σημασίας των κριτηρίων αγοράς ενός νέου κινητού τηλεφώνου από τους καταναλωτές. Ακόμη χρησιμοποιήθηκε το software MakeltRational για την εφαρμογή της μεθόδου AHP.

Τέλος παρουσιάζονται συγκεντρωμένα τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την συγγραφή της παρούσας διπλωματικής εργασίας καθώς και της έρευνας που πραγματοποιήθηκε για αυτό το σκοπό.

Κεφάλαιο 1^ο : Πολυκριτηριακή Ανάλυση Αποφάσεων (Multi-Criteria Decision Analysis)

1.1 Εισαγωγή

Η πολυκριτηριακή ανάλυση αποφάσεων (Multi-Criteria Decision Analysis) είναι ένας κλάδος της επιχειρησιακής έρευνας που εξετάζει προβλήματα απόφασης με πολλαπλά κριτήρια σε περιβάλλοντα λήψης αποφάσεων.

Υπάρχουν προβλήματα στα οποία η λήψη απόφασης είναι μια σχετικά απλή διαδικασία και πραγματοποιείται μέσω των γνώσεων, της εμπειρίας και της διαίσθησης του αποφασίζοντα. Όσο αυξάνεται όμως η πολυπλοκότητα του προβλήματος και οι συνέπειες της αντίστοιχης απόφασης τόσο πιο σημαντικό είναι η λήψη αποφάσεων να γίνεται πιο εμπεριστατωμένα και αντικειμενικά.

Στην σύγχρονη επιχειρησιακή πραγματικότητα είναι σύνηθες να προκύπτουν τέτοιου είδους προβλήματα απόφασης, στα οποία οι εκάστοτε αποφασίζοντες καλούνται να προτείνουν λύση μέσα από ένα πλήθος πιθανών εναλλακτικών. Προφανώς όταν πρόκειται για προβλήματα με μεγάλο όγκο δεδομένων, προς επίτευξη στόχων, κριτηρίων απόφασης και εναλλακτικών λύσεων η παραπάνω διαδικασία γίνεται περίπλοκη με αποτέλεσμα να μη είναι εφικτή η διαχείριση της από τους αποφασίζοντες με συνέπεια και λογική.

Η MCDA προσφέρει στους αποφασίζοντες μια προσέγγιση, μέσω ενός συνόλου μεθόδων και τεχνικών, με στόχο την κατάταξη των διάφορων εναλλακτικών από την καλύτερη προς την χειρότερη. Στην πραγματικότητα διαιρεί το αρχικό πρόβλημα απόφασης σε περισσότερα απλούστερα, τα οποία εξετάζονται χωριστά, και στη συνέχεια συνθέτει τα επιμέρους κομμάτια και παρουσιάζει στους αποφασίζοντες μια συνολική εικόνα και την πρόταση κάποιας λύσης.

1.2 Προβληματικές αναφορές

Ο όρος προβληματική περιγράφει τον τύπο της απόφασης, δηλαδή τον στόχο της πολυκριτηριακής ανάλυσης.

Υπάρχουν τέσσερις προβληματικές αναφορές (Roy B. , 1996) :

- προβληματική α : επιλογή μιας και μόνης εναλλακτικής
- προβληματική β : ταξινόμηση των εναλλακτικών σε ομογενείς προκαθορισμένες κατηγορίες, οι οποίες είναι διατεταγμένες ως προς τις προτιμήσεις του αποφασίζοντος
- προβληματική γ : κατάταξη των εναλλακτικών σε φθίνουσα σειρά, από την καλύτερη έως την χειρότερη
- προβληματική δ : περιγραφή των εναλλακτικών και των συνεπειών τους με συστηματικό τρόπο στην γλώσσα των εμπλεκόμενων στην διαδικασία της απόφασης

Παραδείγματα προβληματικών

- προβληματική α : επιλογή του καταλληλότερου υποψηφίου για την πλήρωση μιας κενής θέσης εργασίας
- προβληματική β : ταξινόμηση προτάσεων ερευνητικών έργων σε τρεις κατηγορίες, σε εκείνες που εγκριθούν, σε εκείνες που θα απορριφθούν και σε εκείνες που θα παρθεί απόφαση μετά την αναζήτηση περαιτέρω στοιχείων
- προβληματική γ : κατάταξη υποψηφίων στις πανελλήνιες εξετάσεις
- προβληματική δ : συχνά αποτελεί το πρώτο στάδιο της πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων, όπως αυτό περιγράφεται στην επόμενη ενότητα

1.3 Τα στάδια της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης Αποφάσεων

Η πολυκριτηριακή ανάλυση αποφάσεων (Multi-Criteria Decision Analysis) μπορεί εν γένει να μοντελοποιηθεί από τα παρακάτω στάδια : (Department for Communities & Local Government, 2009)

- καθορισμός του πλαισίου της απόφασης
- αναγνώριση των εναλλακτικών επιλογών
- αναγνώριση των κριτηρίων αξιολόγησης
- βαθμολόγηση των εναλλακτικών σε κάθε κριτήριο
- στάθμιση των κριτηρίων
- υπολογισμός των συνολικών σταθμισμένων βαθμολογιών
- ανάλυση των αποτελεσμάτων και διατύπωση προτάσεων
- διεξαγωγή ανάλυσης ευαισθησίας

Στη συνέχεια ακολουθεί μια σύντομη ανάλυση του κάθε βήματος με σκοπό την καλύτερη κατανόηση τους (Παναγιώτου, 2010).

Στάδιο 1^ο : καθορισμός του πλαισίου της απόφασης

Το πρώτο στάδιο είναι πάντα η καθιέρωση μιας κοινής αντίληψης για το πλαίσιο της απόφασης. Το πλαίσιο της απόφασης αποτελείται από το σύνολο των διοικητικών, πολιτικών και κοινωνικών δομών που περιβάλλουν την λήψη της απόφασης.

Η σε βάθος κατανόηση και ο καθορισμός των στόχων του φορέα λήψης της απόφασης είναι το πιο σημαντικό στοιχείο του πλαισίου αυτού, αφού γίνεται εύκολα κατανοητό ότι ο τυχόν καθορισμός εσφαλμένων στόχων καθιστά όλη την ανάλυση άχρηστη. Οι στόχοι αυτοί είναι δυνατόν να μεταβληθούν στην πορεία της ανάλυσης, ωστόσο ο αρχικός καθορισμός τους είναι απαραίτητος ώστε να οδηγήσει την ανάλυση προς την σωστή κατεύθυνση. Ένας βασικός στόχος είναι δυνατόν να αποσυντίθεται σε επιμέρους, ενώ δεν είναι απίθανο κάποιοι από αυτούς να έρχονται σε σύγκρουση μεταξύ τους.

Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο του πλαισίου της απόφασης είναι ο προσδιορισμός του συνόλου των εμπλεκόμενων μερών, το οποίο αποτελείται από τους αποφασίζοντες και τους λοιπούς ενδιαφερόμενους, οι οποίοι μπορούν να επηρεάσουν την απόφαση ή να επηρεαστούν από αυτήν. Σε ορισμένες περιπτώσεις στη διαδικασία λήψης της απόφασης συμμετέχουν και τρίτα μέρη τα οποία δεν έχουν άμεσο συμφέρον αλλά η συμμετοχή τους είναι απαραίτητη λόγω της εξειδικευμένης γνώσης τους.

Το στάδιο αυτό καταλήγει στην επίσημη διατύπωση του στόχου της πολυκριτηριακής ανάλυσης με συνοπτικό, πλήρη και σαφή τρόπο και ο οποίος είναι καθολικά αποδεκτός από όλα τα εμπλεκόμενα μέρη.

Στάδιο 2^ο : αναγνώριση των εναλλακτικών επιλογών

Οι εναλλακτικές επιλογές αποτελούν το σύνολο των πιθανών λύσεων για την ικανοποίηση των στόχων και των απαιτήσεων του προβλήματος. Εν γένει οι εναλλακτικές αυτές δεν είναι δεδομένες και είναι απαραίτητη η συστηματική εργασία για την αναγνώρισή τους. Ακόμα και στις περιπτώσεις εκείνες που οι εναλλακτικές είναι δεδομένες αξίζει να πραγματοποιείται περεταίρω διερεύνηση διότι είναι αρκετά πιθανό να προκύψουν νέες εναλλακτικές, οι οποίες δεν είναι σε πρώτη φάση τόσο εύκολα ή άμεσα αναγνωρίσιμες, ή τυχόν έχουν παραμεληθεί.

Το σύνολο των εναλλακτικών λύσεων που διερευνώνται κατά τη διαδικασία λήψης μιας απόφασης ορίζεται (Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων, 2001):

- με απαρίθμηση των στοιχείων του, όταν είναι πεπερασμένο και αρκετά περιορισμένο (διακριτό σύνολο εναλλακτικών λύσεων)
- με δήλωση των ιδιοτήτων που χαρακτηρίζουν τα στοιχεία του, όταν είναι μη πεπερασμένο ή πολύ μεγάλο (συνήθως συνεχής χώρος εναλλακτικών λύσεων)

και μπορεί να είναι :

- σταθερό
- εξελισσόμενο
- αποκλειστικό
- συνδυασμένο

Ακόμη είναι πολύ συχνό φαινόμενο στην πράξη η επανάληψη της παραπάνω διαδικασίας σε επόμενα στάδια της ανάλυσης. Σε αυτό το στάδιο καινοτόμες ιδέες και δημιουργική σκέψη διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο.

Στάδιο 3^ο : αναγνώριση των κριτηρίων αξιολόγησης

Τα κριτήρια αξιολόγησης εκφράζουν τον τρόπο με τον οποίο οι εναλλακτικές επιλογές μπορούν να προσφέρουν αξία. Συχνά είναι χρήσιμο να γίνεται κατηγοριοποίηση των κριτηρίων σε ομοειδής κατηγορίες.

Τα κριτήρια αυτά πρέπει να ικανοποιούν τις παρακάτω προϋποθέσεις (Baker, και συν., 2002):

- ικανά να εισάγουν διακρίσεις μεταξύ των εναλλακτικών και να υποστηρίζουν τη σύγκριση της απόδοσής τους
- πλήρη ώστε να περιλαμβάνουν όλους τους στόχους
- λειτουργικά και με νόημα
- μη περιττά
- λίγα σε αριθμό

Στάδιο 4^ο : βαθμολόγηση των εναλλακτικών σε κάθε κριτήριο

Την αναγνώριση των εναλλακτικών επιλογών και των κριτηρίων αξιολόγησης (στάδια 3^ο και 4^ο αντίστοιχα) ακολουθεί η διαδικασία της βαθμολόγησης των εναλλακτικών σε κάθε κριτήριο, η οποία συμπεριλαμβάνει :

- την κατασκευή κλίμακας που να αντιπροσωπεύει τις εναλλακτικές σε σχέση με τις συνέπειες
- την στάθμιση των κλιμάκων με βάση την σχετική σημαντικότητα τους
- τον υπολογισμό των σταθμισμένων μέσων όρων με βάση τις καθορισμένες κλίμακες

Μια τακτική που χρησιμοποιείται πολύ συχνά στη πράξη είναι η χρησιμοποίηση 100βάθμιας κλίμακας, όπου σε κάθε εναλλακτική αντιστοιχίζεται μια τιμή από το 0 έως το 100 ανάλογα με το βαθμό προτίμησης της. Μεγαλύτερες τιμές δηλώνουν μια εναλλακτική με μεγαλύτερο βαθμό προτίμησης και αντίστροφα. Ο πιο σημαντικός λόγος που οδήγησε στην πιο διαδεδομένη χρήση σχετικών έναντι απόλυτων βαθμολογιών είναι ότι στην πράξη διευκολύνουν την διαδικασία βαθμολόγησης.

Βέβαια η παραπάνω προσέγγιση δεν είναι πάντοτε ενδεδειγμένη. Σε ορισμένες περιπτώσεις (όπως π.χ. περιπτώσεις που υφίσταται πρότυπα) ενδείκνυται η βαθμολόγηση με χρήση σταθερής κλίμακας. Πιο αναλυτικά, η τιμή 100 ορίζεται με βάση την μέγιστη εφικτή τιμή, η τιμή 0 είναι η ελάχιστη αποδεκτή τιμή, ενώ τιμές κάτω του μηδενός απορρίπτουν την εναλλακτική ανεξαρτήτως της βαθμολογίας της στα άλλα κριτήρια.

Παράλληλα με την διαδικασία της βαθμολόγησης είναι απαραίτητο να πραγματοποιείται και έλεγχος της συνέπειας των βαθμολογιών, ο οποίος εξασφαλίζει την εγκυρότητα της διαδικασίας. Ασυνέπεια είναι δυνατόν να εμφανίζεται είτε μεταξύ διαφορετικών κριτηρίων είτε μεταξύ των βαθμολογιών ενός συγκεκριμένου κριτηρίου. Πολλές φορές απαιτείται επανάληψη της διαδικασίας βαθμολόγησης μέχρις ότου να εξασφαλιστεί ο απαραίτητος βαθμός συνέπειας.

Στάδιο 5^ο : στάθμιση των κριτηρίων

Στο στάδιο αυτό πραγματοποιείται στάθμιση των κριτηρίων δηλαδή αντιστοιχίζεται σε κάθε κριτήριο μια τιμή ή αλλιώς βαρύτητα του κριτηρίου η οποία εκφράζει το πόσο σημαντικό είναι το κριτήριο συγκριτικά με τα υπόλοιπα. Η βαρύτητα ενός κριτηρίου σταθμίζει την επιμέρους βαθμολογία κάθε εναλλακτικής στο εν λόγω κριτήριο και επομένως καθορίζει την επίδραση της στην τελική βαθμολογία, η οποία και θα οδηγήσει στην πρόταση μιας εναλλακτικής ή μιας ομάδας εναλλακτικών. Η ανάθεση των βαρυτήτων πραγματοποιείται, όπως είναι λογικό, ανά ιεραρχικό επίπεδο κριτηρίων.

Στάδιο 6^ο : υπολογισμός των συνολικών σταθμισμένων βαθμολογιών

Ο υπολογισμός των συνολικών σταθμισμένων βαθμολογιών έχει ως βασική προϋπόθεση την αμοιβαία ανεξαρτησία προτίμησης των κριτηρίων, δηλαδή ότι οι βαθμολογίες των εναλλακτικών σε ένα κριτήριο δεν επηρεάζονται από τις βαθμολογίες των εναλλακτικών άλλων κριτηρίων. Η ύπαρξη τέτοιου είδους εξάρτησης μεταξύ των κριτηρίων είναι δυνατόν να εντοπιστεί είτε κατά την διαμόρφωση των κριτηρίων (στάδιο 3^ο) είτε κατά την διαδικασία της βαθμολόγησης των εναλλακτικών και των κριτηρίων (στάδια 4^ο και 5^ο αντίστοιχα). Δύο ή περισσότερα εξαρτώμενα κριτήρια είναι πιθανό, υπό προϋποθέσεις, να μπορούν να συνδυαστούν σε ένα.

Στάδιο 7^ο : ανάλυση των αποτελεσμάτων και διατύπωση προτάσεων

Ως αποτέλεσμα των προηγούμενων σταδίων και με τη χρήση του κατάλληλου λογισμικού προκύπτει μια φθίνουσα κατάταξη των εναλλακτικών επιλογών, η οποία εκφράζει την σειρά προτίμησης τους. Σε κάθε εναλλακτική αντιστοιχεί και η συνολική βαθμολογία της, οπότε εκτός από την σειρά προτίμησης προκύπτει και ο σχετικός βαθμός προτίμησης της κάθε εναλλακτικής έναντι των υπολοίπων. Πολλές φορές η απεικόνιση των ανωτέρω αποτελεσμάτων σε δύο διαστάσεις επιτρέπει την συνολικότερη επισκόπηση τους. Σε κάθε περίπτωση, τα αποτελέσματα αυτά θα πρέπει να εξετάζονται διεξοδικά ώστε να εξασφαλίζεται όσο το δυνατόν και η εγκυρότητα της ανάλυσης. Η ανάλυση καταλήγει με την πρόταση μίας η παραπάνω εναλλακτικών επιλογών.

Στάδιο 8^ο : διεξαγωγή ανάλυσης ευαισθησίας

Η ανάλυση ευαισθησίας χρησιμοποιείται για να εξεταστεί η σταθερότητα του τελικού αποτελέσματος, δηλαδή το κατά πόσο επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις των επιμέρους στοιχείων. Η ανάλυση ευαισθησίας μπορεί να πραγματοποιηθεί με προσαρμογή των βαρυτήτων των κριτηρίων και των εναλλακτικών. Ως αποτέλεσμα αναγνωρίζεται ξεκάθαρα το σύνολο των εναλλακτικών με το μεγαλύτερο βαθμό προτίμησης, ενώ είναι πιθανό να εντοπιστούν τρόποι βελτίωσης των εν λόγω εναλλακτικών.

1.4 Κατηγοριοποίηση των μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης

Σύμφωνα με τους Belton και Stewart (Belton & Stewart, 2002) μια κατηγοριοποίηση των διάφορων μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης είναι :

- μοντέλα μέτρησης αξίας
- μοντέλα στόχων, φιλοδοξίας και επιπέδου αναφοράς
- μοντέλα υπεροχής

Στην συνέχεια αναλύεται συνοπτικά καθεμία από τις παραπάνω κατηγορίες μεθόδων (Løken, 2005).

Κατηγορία 1^η : μοντέλα μέτρησης αξίας

Ένα κοινό χαρακτηριστικό των μεθόδων που ανήκουν στην κατηγορία αυτή, είναι το γεγονός ότι σε κάθε εναλλακτική αποδίδεται μια αριθμητική τιμή V . Αυτές οι αριθμητικές τιμές παράγουν μια σειρά προτεραιότητας των εναλλακτικών, τέτοια ώστε η εναλλακτική α προτιμάται της εναλλακτικής β , και συμβολίζουμε $\alpha > \beta$, αν και μόνο αν $V(\alpha) > V(\beta)$. Ακόμη σε καθένα από τα κριτήρια αξιολόγησης αποδίδεται μια τιμή-βάρος w , το οποίο εκφράζει την συνεισφορά του κάθε κριτηρίου στην τελική βαθμολογία ανάλογα με το πόσο σημαντικό είναι το κριτήριο αυτό, σύμφωνα με τον αποφασίζων. Ένα παράδειγμα τέτοιας μεθόδου είναι η MAUT (Multi-Attribute Utility Theory).

Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν και οι μέθοδοι που βασίζονται στις ανά ζεύγη συγκρίσεις των εναλλακτικών για τη δημιουργία μιας σειράς προτίμησης των εναλλακτικών και τη στάθμιση των κριτηρίων αξιολόγησης, όπως για παράδειγμα η AHP (Analytic Hierarchy Process).

Κατηγορία 2^η : μοντέλα στόχων, φιλοδοξίας και επιπέδου αναφοράς

Η πιο χαρακτηριστική μέθοδος πολυκριτηριακής ανάλυσης που ανήκει στην κατηγορία αυτή είναι ο προγραμματισμός στόχων (Goal Programming). Ο προγραμματισμός στόχων προσπαθεί να προσδιορίσει τις εναλλακτικές εκείνες με τις οποίες βρισκόμαστε πιο κοντά στην πραγματοποίηση ενός προκαθορισμένου στόχου ή φιλοδοξίας. Σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιείται στα πρώτα στάδια οποιασδήποτε πολυκριτηριακής ανάλυσης με σκοπό να φιλτράρει τις εναλλακτικές, απορρίπτοντας τις πλέον ακατάλληλες.

Άλλες μέθοδοι που ανήκουν στην κατηγορία αυτή είναι η WSM (Weighted Sum Model), η WPM (Weighted Product Model) και η TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution).

Κατηγορία 3^η : μοντέλα υπεροχής

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν μέθοδοι που βασίζονται στην δημιουργία σχέσεων υπεροχής ανάμεσα στις εναλλακτικές. Οι εναλλακτικές συγκρίνονται ανά ζεύγη ανάλογα με το ποια προτιμάται αναφορικά με το κάθε κριτήριο. Με άθροιση της πληροφορίας προτίμησης για όλα τα κριτήρια, προσδιορίζεται ο βαθμός υπεροχής μεταξύ των εναλλακτικών. Μια εναλλακτική α υπερέρχει μιας άλλης β , αν υπάρχει αρκετή πληροφορία που υποδεικνύει ότι η α είναι τουλάχιστον όσο καλή είναι η β όταν λάβουμε υπόψη όλα τα κριτήρια. Πολλές φορές η κατηγορία αυτή αναφέρεται ως η Γαλλική σχολή της πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων και περιλαμβάνει μεθόδους όπως η ELECTRE (γαλλικά : ELimination Et Choix Traduisant la REalité) και η PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations).

1.5 Η MCDA ως βοηθητικό εργαλείο στην λήψη δύσκολων αποφάσεων

Οι λόγοι για τους οποίους κάποιες αποφάσεις είναι τόσο δύσκολες είναι :

- αυξημένη πολυπλοκότητα
- παρουσία πολλαπλών και συχνά αντικρουόμενων στόχων
- αβεβαιότητα στην εκτίμηση του μέλλοντος αλλά και του βαθμού επιρροής των διάφορων παραγόντων
- έλλειμμα γνώσεων - πληροφοριών
- διαφορετικές οπτικές ανάμεσα στους αποφασίζοντες (σε ομαδικές αποφάσεις)

Η πολυκριτηριακή ανάλυση αποφάσεων χρησιμοποιείται ως βοηθητικό εργαλείο στην λήψη αποφάσεων διότι παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά :

- μπορεί να διαχειριστεί εκτός από ποσοτικά δεδομένα και ποιοτικά.
- ανάλυση όλων των πλευρών - οπτικών ενός προβλήματος
- κατανόηση του τρόπου λήψης αποφάσεων άλλων ατόμων - ομάδων
- επίλυση διαφωνιών και επίτευξη συναίνεσης
- διαχείριση της αβεβαιότητας
- επίλυση ζητημάτων που προκύπτουν από αντικρουόμενους στόχους
- εκτίμηση της ευαισθησίας μίας απόφασης υπό διαφορετικές συνθήκες - σενάρια (ανάλυση ευαισθησίας)

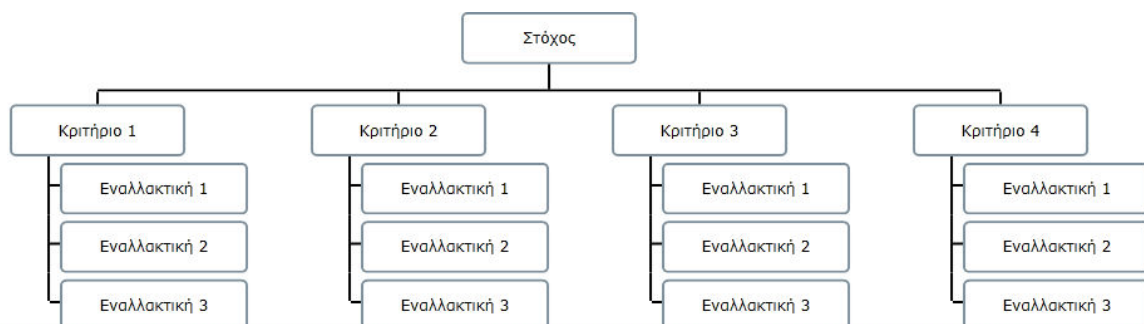
Κεφάλαιο 2^ο : Κλασσικές μέθοδοι λήψης πολυκριτηριακών αποφάσεων

2.1 Analytic Hierarchy Process (AHP)

Η AHP είναι μια δομημένη τεχνική που χρησιμοποιείται για την οργάνωση και την ανάλυση πολυκριτηριακών αποφάσεων. Αναπτύχθηκε την δεκαετία του 1970 από τον Thomas Saaty, και από τότε έχει μελετηθεί και έχει βελτιωθεί εκτενώς. Συνδυάζει στοιχεία από τις επιστήμες των μαθηματικών και της ψυχολογίας.

Σύμφωνα με την AHP το αρχικό πρόβλημα απόφασης αποσυντίθεται σε μια ιεραρχία πιο απλών υποπροβλημάτων, καθένα από τα οποία μπορεί να αναλυθεί ανεξάρτητα. Πιο αναλυτικά, το αρχικό πρόβλημα απόφασης αποσυντίθεται σε μια ιεραρχία που περιέχει τον προς επίτευξη στόχο, τα κριτήρια αξιολόγησης και τις εναλλακτικές επίτευξης του.

Ένα παράδειγμα μιας τέτοιας ιεραρχίας για ένα πρόβλημα απόφασης με τέσσερα κριτήρια αξιολόγησης και τρεις εναλλακτικές επιλογές παρουσιάζεται στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 1 : παράδειγμα AHP ιεραρχίας

Ο σχεδιασμός της ιεραρχίας της μεθόδου εξαρτάται όχι μόνο από τη φύση του εξεταζόμενου προβλήματος αλλά και από τις γνώσεις, τις κρίσεις, τις απόψεις και τις ανάγκες των συμμετεχόντων στην διαδικασία λήψης της απόφασης. Η κατασκευή μιας τέτοιας ιεραρχίας αποτελεί το προϊόν εκτεταμένων συζητήσεων και έρευνας από τους συμμετέχοντες στην διαδικασία λήψης της απόφασης. Ακόμα και αφού ολοκληρωθεί η αρχική κατασκευή της ιεραρχίας, είναι δυνατόν να υπάρξουν τροποποιήσεις στα στοιχεία της ιεραρχίας (κριτήρια αξιολόγησης και εναλλακτικές επιλογές), όπως προσθήκη νέου στοιχείου, διαγραφή ή μετατροπή υπάρχοντος στοιχείου. (Saaty T. , 2008)

Αφού ολοκληρωθεί η παραπάνω ιεραρχία, οι αποφασίζοντες αξιολογούν συστηματικά τα διάφορα στοιχεία της, πραγματοποιώντας συγκρίσεις σε ζευγάρια σε σχέση με την βαρύτητα του καθενός στα ανωτέρα στοιχεία της ιεραρχίας.

Για την αξιολόγηση των στοιχείων χρησιμοποιείται η θεμελιώδης κλίμακα που φαίνεται στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 1 : Θεμελιώδης κλίμακα AHP

Ένταση	Ορισμός
1	Ίση σημασία
3	Μέτρια προτίμηση
5	Ισχυρή προτίμηση
7	Πολύ ισχυρή προτίμηση
9	Απόλυτη προτίμηση

Οι εντάσεις 2,4,6,8 χρησιμοποιούνται για να εκφράσουν ενδιάμεσες τιμές. Για δύο στοιχεία που είναι πολύ κοντά σε σημασία αλλά έχουμε μια ελαφριά προτίμηση του ενός έναντι του άλλου χρησιμοποιούνται εντάσεις με τιμές 1.1,1.2,1.3,... .

Κατά την διαδικασία της αξιολόγησης οι αποφασίζοντες χρησιμοποιούν βέβαια δεδομένα για τα προς εξέταση στοιχεία αλλά κυρίως χρησιμοποιούν την κριτική τους ικανότητα για να προσεγγίσουν την σχετική τους σημασία. Η ουσία της AHP είναι ότι κατά τη διαδικασία της αξιολόγησης, και κατά συνέπεια στην λήψη της τελικής απόφασης, πρωταρχικό ρόλο έχει η ανθρώπινη κρίση (Saaty T. L., 2008).

Η AHP μετατρέπει τις παραπάνω εκτιμήσεις σε αριθμητικές τιμές, με αποτέλεσμα να γίνεται δυνατή η σύγκριση διαφορετικών και συχνά ασύμβατων στοιχείων με έναν ορθολογικό και συστηματικό τρόπο. Η δυνατότητα αυτή διακρίνει την AHP από άλλες τεχνικές λήψης πολυκριτηριακών αποφάσεων. Οι παραπάνω αριθμητικές τιμές αντιπροσωπεύουν την σχετική ικανότητα του κάθε στοιχείου να εκπληρώσει τον αρχικό στόχο.

Η AHP βρίσκει εφαρμογή σε περιπτώσεις απόφασης όπως (Forman & Gass, 2001) :

- η επιλογή μιας εναλλακτικής από ένα σύνολο εναλλακτικών, όπου συνήθως εμπλέκονται πολλαπλά κριτήρια απόφασης
- η κατάταξη εναλλακτικών από την καλύτερη προς την χειρότερη
- καθορισμός της σχετικής αξίας και ιεράρχηση των εναλλακτικών
- κατανομή πόρων
- benchmarking : η σύγκριση της επιχείρησης με τις καλύτερες επιχειρήσεις στον τομέα
- διαχείριση ποιότητας
- επίλυση συγκρούσεων μεταξύ ομάδων με προφανώς ασυμβίβαστους στόχους ή θέσεις

2.2 Goal Programming (GP)

Η GP αποτελεί μια ισχυρή και αποτελεσματική μεθοδολογία για την μοντελοποίηση και ανάλυση προβλημάτων με πολλαπλούς και συχνά αντικρουόμενους στόχους. Αναπτύχθηκε και χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά από τους Abraham Charnes και William Cooper το 1955 (Charnes, Cooper, & Ferguson, 1955) και στην συνέχεια εξελίχθηκε από τους Lee, Romero, Ignizio και Cavalier. Ένας πιο σαφής ορισμός της μεθόδου δίνεται από τους Charnes και Cooper έξι χρόνια αργότερα, όπου και χρησιμοποιείται για πρώτη φορά ο όρος Goal Programming. (Charnes & Cooper, 1961)

Η GP μπορεί να θεωρηθεί ως μια επέκταση ή γενίκευση του γραμμικού προγραμματισμού, τέτοια ώστε να διαχειρίζεται πολλαπλά και συχνά αντικρουόμενα αντικείμενα. Σε καθένα από αυτά τα αντικείμενα δίνεται μια τιμή-στόχος προς επίτευξη. Στη συνέχεια οι ανεπιθύμητες αποκλίσεις από το σύνολο των στόχων ελαχιστοποιούνται μέσω μιας κατάλληλης συνάρτησης.

Έχει συχνά χαρακτηριστεί ως κινητήριος δύναμη (workhorse) της πολυκριτηριακής βελτιστοποίησης λόγω του μεγάλου αριθμού των εφαρμογών που βρίσκει στην πράξη (Ignizio & Romero, 2003).

Χρησιμοποιείται στα παρακάτω είδη αναλύσεων :

- Καθορισμός των απαιτούμενων πόρων για την επίτευξη ενός συνόλου στόχων
- Καθορισμός του βαθμού επίτευξης των στόχων με δεδομένους διαθέσιμους πόρους
- Υπόδειξη της βέλτιστης δυνατής λύσης σε ένα πρόβλημα απόφασης λαμβάνοντας υπόψη τους διαθέσιμους πόρους και την προτεραιότητα του κάθε στόχου

Ένα από τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι η απλότητα και η ευκολία χρήσης της, όπως φαίνεται από τον μεγάλο αριθμό και την ποικιλία των εφαρμογών που βρίσκει στην πράξη. Μια αδυναμία της μεθόδου GP είναι η ικανότητα της να παράγει λύσεις οι οποίες δεν είναι αποτελεσματικές κατά Pareto (Romero, 1991). Ως αποτέλεσμα παραβιάζεται μια θεμελιώδης αρχή της θεωρίας αποφάσεων, δηλαδή ότι κανένας λογικός αποφασίζων δεν θα επέλεγε συνειδητά μια λύση η οποία δεν είναι αποτελεσματική κατά Pareto.

Τα δύο κυριότερα μοντέλα GP, τα οποία αναλύονται στην συνέχεια, είναι τα εξής (Tamiz, Jones, & Romero, 1998):

- Σταθμισμένος προγραμματισμός στόχων (Weighted Goal Programming ή WGP)
- Λεξικογραφικός προγραμματισμός στόχων (Lexicographic Goal Programming ή LGP)

1. Σταθμισμένος προγραμματισμός στόχων (Weighted Goal Programming ή WGP)

Ο αποφασίζων αναθέτει βάρη στις ανεπιθύμητες αποκλίσεις σύμφωνα με την σχετική σπουδαιότητα τους. Η αλγεβρική διατύπωση του WGP είναι η εξής :

$$\begin{aligned} \min \quad Z &= \sum_{i=1}^k (u_i * n_i + v_i * p_i) \\ \text{s. t.} \quad f_i(\mathbf{x}) + n_i - p_i &= b_i, \mathbf{x} \in C_s \end{aligned}$$

όπου

Z : η αντικειμενική συνάρτηση προς ελαχιστοποίηση

$f_i(\mathbf{x})$: γραμμική αντικειμενική συνάρτηση του \mathbf{x}

b_i : η τιμή-στόχος για τον σκοπό i

n_i : η θετική απόκλιση από την τιμή-στόχο b_i

p_i : η αρνητική απόκλιση από την τιμή-στόχο b_i

u_i : το βάρος της θετικής απόκλισης n_i

v_i : το βάρος της αρνητικής απόκλισης p_i

C_s : σύνολο περιορισμών όπως και στον γραμμικό προγραμματισμό

2. Λεξικογραφικός προγραμματισμός στόχων (Lexicographic Goal Programming ή LGP)

Οι αποκλίσεις αναθέτονται σε έναν αριθμό επιπέδων προτεραιότητας και ελαχιστοποιούνται λεξικογραφικά. Η λεξικογραφική ελαχιστοποίηση ορίζεται ως μια διαδοχική ελαχιστοποίηση κάθε προτεραιότητας παράλληλα με την διατήρηση των επιτευχθέντων ελάχιστων τιμών για όλες τις ελαχιστοποιήσεις υψηλότερης προτεραιότητας.

Η αλγεβρική διατύπωση του LGP είναι η εξής :

$$\begin{aligned} \text{Lex min} \quad \mathbf{a} &= (g_1(\mathbf{n}, \mathbf{p}), g_2(\mathbf{n}, \mathbf{p}), \dots, g_L(\mathbf{n}, \mathbf{p})) \\ \text{s. t.} \quad f_i(\mathbf{x}) + n_i - p_i &= b_i, i = 1, \dots, Q \end{aligned}$$

όπου

L : ο αριθμός των επιπέδων προτεραιότητας

Q : ο αριθμός των στόχων

\mathbf{a} : ένα ταξινομημένο διάνυσμα των επιπέδων προτεραιότητας

n_i : η θετική απόκλιση από τον στόχο i

p_i : η αρνητική απόκλιση από τον στόχο i

x : το ζητούμενο σύνολο των μεταβλητών απόφασης

g : συνάρτηση της μορφής $g_i(\mathbf{n}, \mathbf{p}) = u_{i_1}n_1 + \dots + u_{i_q}n_q + v_{i_1}p_1 + \dots + v_{i_Q} * p_Q$

όπου τα u και v εκφράζουν τα εσωτερικά βάρη των επιπέδων προτεραιότητας, όπως και στον WGP.

Τα παραπάνω μοντέλα χρησιμοποιούνται στην συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων, ενώ αναφορικά άλλα μοντέλα αποτελούν ο Min-Max GP και ο Fuzzy GP.

2.3 ELimination Et Choix Traduisant la REalité (ELECTRE)

Η ELECTRE είναι μια οικογένεια μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης που πρωτοεμφανίζονται στην Ευρώπη στα μέσα της δεκαετίας του 1960. Η μέθοδος έγινε ευρέως γνωστή από μια δημοσίευση του Bernard Roy σε γαλλικό περιοδικό επιχειρησιακής έρευνα (Roy B. , 1968). Αργότερα εξελίχθηκε σε μια οικογένεια μεθόδων μερικές από τις οποίες είναι οι ELECTRE I , ELECTRE II , ELECTRE III , ELECTRE IV , ELECTRE IS και ELECTRE TRI (Figueira & Salvatore Greco, 2005).

Η ELECTRE ανήκει στην κατηγορία των μεθόδων υπεροχής. Η βασική ιδέα της μεθόδου είναι η χρήση σχέσεων υπεροχής μέσω συγκρίσεων κατά ζεύγη μεταξύ των εναλλακτικών για καθένα από τα κριτήρια ξεχωριστά. Τα κριτήρια χαρακτηρίζονται από δύο διαφορετικές παραμέτρους : τους συντελεστές σημαντικότητας και τα κατώφλια βέτο.

Η μέθοδος αποτελείται από δύο βασικά μέρη :

- Την κατασκευή των σχέσεων υπεροχής των εναλλακτικών, που έχει ως στόχο την σύγκριση με περιεκτικό τρόπο καθενός από τα ζεύγη
- Μια διαδικασία που αξιοποιεί την αποκτηθείσα πληροφορία των εκτιμήσεων που πραγματοποιήθηκαν στο προηγούμενο μέρος

Η ELECTRE αποτελεί μια από πιο κατάλληλες μεθόδους για προβλήματα απόφασης με λίγα κριτήρια και μεγάλο αριθμό εναλλακτικών.

Η ιστορία των μεθόδων ELECTRE ξεκινά στα 1965, από την εταιρεία SEMA. Εκείνη την εποχή μια ερευνητική ομάδα της εταιρείας εργαζόταν πάνω σε ένα πρόβλημα πολλών κριτηρίων του πραγματικού κόσμου, το οποίο αφορούσε αποφάσεις για την ανάπτυξη των νέων δραστηριοτήτων στις επιχειρήσεις.

Για αυτό το σκοπό, χτίστηκε από την ομάδα μια γενική μέθοδος πολλαπλών κριτηρίων η MARSAN (γαλλικά : Méthode d'Analyse, de Recherche, et de Sélection d'Activités Nouvelles). Παρατηρήθηκε όμως από την ομάδα ότι η μέθοδος αυτή εμφάνιζε αρκετά προβλήματα στην εφαρμογή της κατά την επίλυση προβλήματος.

Ως αποτέλεσμα οι μηχανικοί της ομάδας να αρχίσουν να αναζητούν μια καινούργια μέθοδο, η οποία θα ξεπερνούσε τα προβλήματα της MARSAN. Τελικά αυτό έγινε από το B.Roy ο οποίος και δημιούργησε την μέθοδο ELECTRE.

Η μέθοδος ELECTRE χρησιμοποιήθηκε για την επιλογή της βέλτιστης λύσης (ή λύσεων) από μια ομάδα λύσεων. Αργότερα ονομάστηκε ELECTRE I. Τον Ιούλιο του 1965 η ELECTRE παρουσιάστηκε για πρώτη φορά στο συνέδριο les journées d'études sur les méthodes de calcul dans les sciences de l'homme στην Ρώμη. Ωστόσο, οι ιδέες της ELECTRE δημοσιεύονται για πρώτη φορά το 1966 ως έκθεση τη έρευνας Note de Travail 49 de la SEMA. Μετά από αυτό η ELECTRE εφαρμόστηκε σε ένα ευρύ φάσμα τομέων και κρίθηκε επιτυχής.

Παρόλα αυτά η μέθοδος δεν έγινε γνωστή μέχρι το 1968 όταν δόθηκε στην δημοσιότητα στο RIRO (la Revue d'Informatique et de Recherche Opérationnelle). Το άρθρο αυτό παρουσίαζε μια περιεκτική περιγραφή της ELECTRE. Αργότερα η μέθοδος εξελίχθηκε στην ανεπίσημη έκδοση ELECTRE IV, η οποία εκλάμβανε υπόψη την έννοια του βέτο. Επίσης είχαμε την εμφάνιση μιας ακόμα εκδοχής, η οποία χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση καταστάσεων στις οποίες τα στοιχεία είναι ελλιπή, την ELECTRE IS.

Στα τέλη τη δεκαετίας του 60, προέκυψε ένα διαφορετικό πρόβλημα λήψης αποφάσεων του πραγματικού κόσμου. Το πρόβλημα αυτό είχε σαν σκοπό την καθιέρωση ενός συστήματος για την κατάταξη των περιοδικών, εφημερίδων κτλ.

Η ELECTRE II είναι μια μέθοδος για την επίλυση του προβλήματος της κατάταξης από την καλύτερη επιλογή στην χειρότερη. Λίγα χρόνια αργότερα έκανε την εμφάνιση της η ELECTRE III. Οι κύριες προσθήκες της ELECTRE III σε σχέση με τις προηγούμενες μεθόδους της οικογένειας ELECTRE, ήταν ότι αυτή κάνει χρήση ψευδοκριτηρίων και ασαφών σχέσεων υπεροχής. Η ELECTRE III εξελίχθηκε στην ELECTRE IV, η οποία δημιουργήθηκε για αντιμετωπίσει ένα πρόβλημα που αφορούσε το δίκτυο του μετρό στο Παρίσι. Τέλος έχουμε την ELECTRE TRI, την πιο πρόσφατη μέθοδο ταξινόμησης. Η νέα μέθοδος αυτή είναι η απλούστερη αλλά και γενικότερη από όλες οι προηγούμενες. Ενώ η οικογένεια ELECTRE ακόμα είναι ακόμα υπό εξέλιξη.

Τα χαρακτηριστικά της ELECTRE I (Ποταμιανού , 2012)

- **Σύνολο εναλλακτικών λύσεων A** : Κάθε αξιολόγηση ELECTRE προϋποθέτει την ύπαρξη ενός πεπερασμένου συνόλου εναλλακτικών λύσεων A από τις οποίες θα γίνει η τελική επιλογή.
- **Κριτήρια** : Η επιλογή της μεθόδου ELECTRE αλλά και κάθε πολυκριτηριακής μεθόδου δεν είναι μονοσήμαντη. Αντίθετα κάθε εναλλακτική επιλογή αξιολογείται βάσει της επίδοσης της σε διάφορα κριτήρια.
- **Βάρος** : Κάθε κριτήριο είναι δυνατόν να μην έχει την ίδια βαρύτητα για τον χρήστη. Αν ο χρήστης θέλει να ληφθεί κάποιο κριτήριο περισσότερο υπόψη από κάποιο άλλο, τότε μπορεί να ορίσει μεγαλύτερο βάρος στο κριτήριο αυτό. Το βάρος είναι θετικός αριθμός p_j με $p_1 + p_2 + \dots + p_n = 1$
- **Veto** : Σε κάθε κριτήριο αντιστοιχίζεται ένα κατώφλι veto
- **Κατώφλι συμφωνίας** : Σε όλη την αξιολόγηση ορίζεται ένα κατώφλι συμφωνίας $s \in (0.5, 1)$
- **Επιδόσεις** : Κάθε λύση για κάθε κριτήριο πρέπει να έχει ένα βαθμό (θετικός αριθμός)

Όλα τα παραπάνω συνθέτουν των πολυκριτηριακό πίνακα. Με βάση τον πολυκριτηριακό πίνακα η ELECTRE υπολογίζει τις σχέσεις υπεροχής. Σαν αποτέλεσμα αυτού υπολογίζεται ένα υποσύνολο K του A το οποίο αποτελεί τον πυρήνα. Τέλος από το πυρήνα λαμβάνουμε την τελική λύση της αξιολόγησης.

Η Λειτουργία της μεθόδου ELECTRE I

Η πρώτη φάση στην λειτουργία της ELECTRE I είναι η εύρεση των σχέσεων υπεροχής ανάμεσα στις εναλλακτικές λύσεις. Πιο συγκεκριμένα:

- Σχέση υπεροχής : η σχέση υπεροχής S στην ELECTRE ορίζεται, για κάθε διατεταγμένο ζεύγος εναλλακτικών λύσεων (a, b) ως εξής:

$a S b \Leftrightarrow$ το ζεύγος (a, b) ικανοποιεί τις συνθήκες συμφωνίας και ασυμφωνίας.

Για να υπάρξει μια σχέση υπεροχής ανάμεσα σε ένα ζεύγος πρέπει να ικανοποιούνται οι συνθήκες συμφωνίας και ασυμφωνίας δηλαδή:

- Συνθήκη συμφωνίας : Για κάθε διατεταγμένο ζεύγος $(a, b) \in A \times A$ υπολογίζεται ένας δείκτης συμφωνίας $c(a, b)$ ως εξής:

$$c(a, b) = \sum_{j: g_j(a) \geq g_j(b)} p_j$$

Έλεγχος συμφωνίας: Το ζεύγος (a, b) ικανοποιεί τη συνθήκη συμφωνίας όταν ισχύει $c(a, b) \geq s$, όπου s το κατώφλι συμφωνίας.

- Συνθήκη ασυμφωνίας : Για κάθε ζεύγος (a, b) ικανοποιείται η συνθήκη ασυμφωνίας όταν:

$$\forall j^* \in \{j : g_j(a) < g_j(b)\} \text{ είναι } g_{j^*}(b) - g_{j^*}(a) < u_j$$

Ο δείκτης j ανήκει στο σύνολο των κριτηρίων για τα οποία η λύση b υπερτερεί της a , ενώ u_j είναι το κατώφλι βέτο του κριτηρίου g_{j^*} .

Σε περίπτωση που για ένα κριτήριο, μια διαφορά τιμών υπέρ της δραστηριότητας b υπερβαίνει το κατώφλι βέτο του κριτηρίου, το κριτήριο αυτό θέτει βέτο στην υπεροχή της a έναντι της b . Τηρώντας τις παραπάνω δύο συνθήκες πραγματώνεται η σχέση υπεροχής:

$$aSb \Leftrightarrow \begin{cases} c(a, b) \geq s \\ \forall j^* \in \{j : g_j(a) < g_j(b)\} \text{ είναι } g_{j^*}(b) - g_{j^*}(a) < u_j \end{cases}$$

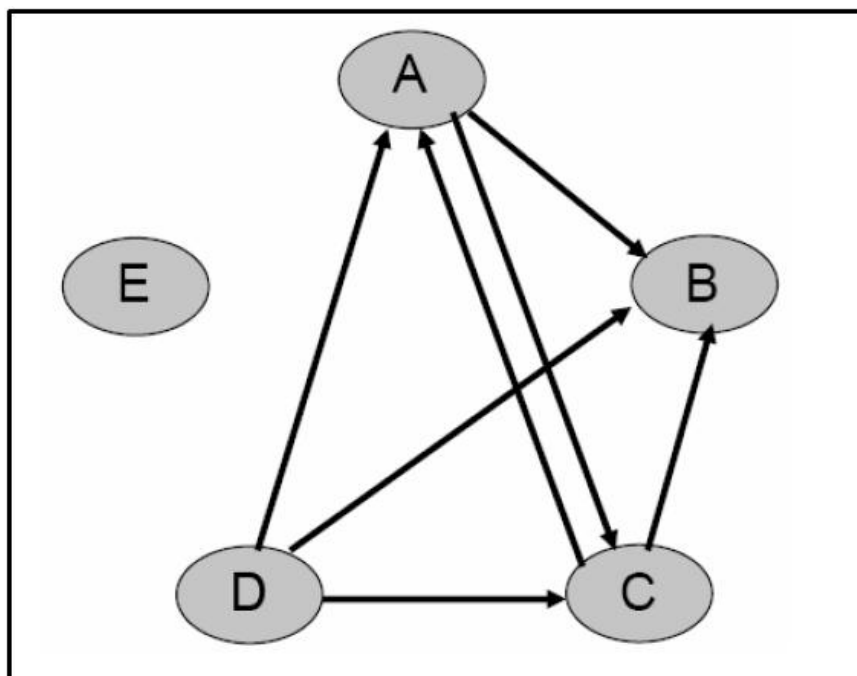
Για κάθε $a, b \in A$ μπορεί να ισχύει ένα από τα ακόλουθα:

- aSb και b/Sa
- a/Sb και bSa
- aSb και bSa
- a/Sb και b/Sa

Αφού δημιουργηθούν οι σχέσεις υπεροχής ανάμεσα σε κάθε διατεταγμένο ζεύγος, μπορούμε να εκφραστούν μέσω ενός πίνακα υπεροχής ή ενός προσανατολισμένου γραφήματος (γράφημα υπεροχής) με κορυφές τα στοιχεία του A και τόξα που υποδηλώνουν την υπεροχή μεταξύ των στοιχείων του A . Ακολουθεί παράδειγμα ενός πίνακα υπεροχής.

Πίνακας 2 : πίνακας υπεροχής ELECTRE I

	A	B	C	D	E
A	0	1	1	0	0
B	0	0	0	0	0
C	1	1	0	0	0
D	1	1	1	0	0
E	0	0	0	0	0



Εικόνα 2 : γράφημα υπεροχής ELECTRE I

Το επόμενο βήμα είναι να ορίσουμε τον πυρήνα του γραφήματος από όπου και θα προκύψει η τελική λύση, ορίζουμε δηλαδή το ελάχιστο υποσύνολο K του A για το οποίο ισχύουν:

1. $\forall b \in A - K, \exists a \in K: a S b$
2. $\forall a, a' \in K, a /S a' \cap a' /S a$

Το πρόβλημα έγκειται στην πιθανότητα να έχουμε γράφημα υπεροχής με ένα ή περισσότερους κύκλους. Σε αυτή την περίπτωση το γράφημα ενδέχεται να έχει κανένα ή παραπάνω από ένα πυρήνες, πράγμα που δεν οδηγεί σε σωστό αποτέλεσμα. Έτσι πρέπει να γίνει διαχείριση του γραφήματος έτσι ώστε να απαλειφτούν οι κύκλοι.

Όταν ένα γράφημα υπεροχής περιέχει κυκλώματα, κάθε μέγιστο κύκλωμα αντικαθίσταται από μία πλασματική κορυφή, η οποία συνδέεται με τις υπόλοιπες κορυφές του γραφήματος αρκεί να υπάρχει σύνδεση των κορυφών αυτών προς και από μία κορυφή του κυκλώματος.

Καταγράφονται επιπλέον στοιχεία όπως:

- Εναλλακτικές που αποτελούν το κύκλωμα
- Δείκτης συνάφειας του κυκλώματος: λόγος αριθμού τόξων που συνδέουν κορυφές προς το μέγιστο αριθμό τόξων που απαιτούνται για να θεωρηθούν όλες ως αδιάφορες.
- Δείκτης σύνδεσης κυκλώματος με κάθε άλλη εναλλακτική εκτός κυκλώματος: λόγος αριθμού τόξων που συνδέουν την εξωτερική εναλλακτική με το κύκλωμα προς τον αριθμό των εναλλακτικών του κυκλώματος.

2.4 Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations and Geometrical Analysis for Interactive Aid (PROMETHEE & GAIA)

Εισαγωγή

Η μέθοδος κατάταξης κατά προτίμηση για εμπλουτισμό των εκτιμήσεων και η περιγραφική γεωμετρική ανάλυση για διαδραστική βοήθεια είναι ευρέως γνωστά ως PROMETHEE&GAIA.

Η μέθοδος, βασισμένη στα μαθηματικά και την κοινωνιολογία, αναπτύχθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1980 και έχει μελετηθεί και επαναπροσδιοριστεί εκτενώς από τότε.

Έχει ειδικές εφαρμογές στη λήψη αποφάσεων και χρησιμοποιείται διεθνώς σε μια ευρεία ποικιλία σεναρίων απόφασης, όπως στις επιχειρήσεις, σε κυβερνητικά ιδρύματα, στις μεταφορές, στον τομέα της υγείας αλλά και στον εκπαιδευτικό τομέα.

Αντί να δείχνει την “σωστή” απόφαση, η PROMETHEE & GAIA μέθοδος βοηθάει τον αποφασίζοντα να βρει την εναλλακτική που ταιριάζει περισσότερο στον στόχο του αλλά και να κατανοήσει το πρόβλημα. Προσφέρει ένα περιεκτικό και ορθολογικό πλαίσιο για την κατασκευή του προβλήματος λήψης απόφασης, για την ταυτοποίηση και ποσοτικοποίηση των συγκρούσεων, των συνεργειών και των ομάδων δράσεων και τονίζει τις κύριες εναλλακτικές επιλογές και ένα δομημένο οικοδόμημα αιτιολόγησής τους. (Figueira & Salvatore Greco, 2005)

Τα πρώτα στοιχεία της PROMETHEE μεθόδου εισήχθησαν από τον καθηγητή Jean-Pierre Brans το 1982. Αργότερα αναπτύχθηκε περαιτέρω από τον ίδιο καθηγητή και τον καθηγητή Bertrand Mareschal, περιλαμβάνοντας επεκτάσεις όπως η GAIA. (Brans , L'ingénierie de la décision: élaboration d'instruments d'aide à la décision. La méthode PROMETHEE., 1982)

Η περιγραφική προσέγγιση, GAIA, επιτρέπει στον αποφασίζοντα να οπτικοποιήσει τα κύρια χαρακτηριστικά του προβλήματος λήψης απόφασης. Λόγω αυτής , ο αποφασίζων μπορεί να αναγνωρίσει εύκολα τις συγκρούσεις και τις συνέργειες των κριτηρίων, τις ομάδες δράσης και να ξεχωρίσει εξαιρετικές παραστάσεις. (Mareschal & Brans , 1988)

Η περιεκτική προσέγγιση, PROMETHEE, προσφέρει στον αποφασίζοντα και ολοκληρωμένη αλλά και μερική ταξινόμηση των ενεργειών. (Brans & Vincke , 1985)

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά αποτελούν τους λόγους που η PROMETHEE χρησιμοποιείται διεθνώς σε πολλά και διαφορετικά προβλήματα λήψης απόφασης.

Χρήσεις και εφαρμογές

Ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον καθένα για απλές αποφάσεις, η PROMETHEE & GAIA μέθοδος είναι πολύ χρήσιμη όταν ομάδες ανθρώπων εργάζονται πάνω σε περίπλοκα προβλήματα με πολλά κριτήρια και πολλές διαφορετικές προσεγγίσεις και κρίσεις, των οποίων η απόφαση θα έχει μακροπρόθεσμες συνέπειες. Έχει μοναδικά πλεονεκτήματα όταν σημαντικά στοιχεία είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν ή να συγκριθούν ή όταν η συνεργασία μεταξύ τμημάτων ή μελών μιας ομάδας είναι περιοριστική εξαιτίας των διαφορετικών εξειδικεύσεών τους ή προσεγγίσεων.

Οι καταστάσεις αποφάσεων που μπορεί να εφαρμοστεί η PROMETHEE & GAIA μέθοδος περιλαμβάνει:

- **Επιλογή** - Επιλογή ενός ενδεχομένου από ένα σύνολο ενδεχόμενων, συνήθως όταν εμπλέκονται πολλά κριτήρια
- **Ιεράρχηση** - Καθορισμός της σχετικής αξίας των μελών που αποτελούν το σύνολο των εναλλακτικών και όχι επιλογή ενός ενδεχομένου και απλής κατάταξής τους
- **Κατανομή των πόρων** - Κατανομή των πόρων ανάμεσα στα ενδεχόμενα
- **Κατάταξη** - Κατατάσσει τα ενδεχόμενα σε σειρά από το περισσότερο στο λιγότερο προτεινόμενο
- **Επίλυση των συγκρούσεων** - Διευθέτηση των διαφορών μεταξύ ομάδων με φαινομενικά ασυμβίβαστους στόχους

Οι εφαρμογές της PROMETHEE & GAIA μεθόδου σε περίπλοκα πολυκριτηριακά προβλήματα είναι χιλιάδες με παραγωγή εξαιρετικών αποτελεσμάτων σε υποθέσεις που περιλαμβάνουν σχεδιασμό, κατανομή πόρων, θέσπιση προτεραιοτήτων και επιλογή ανάμεσα σε ενδεχόμενα. Άλλοι τομείς είναι η πρόβλεψη, η επιλογή ταλέντων και η ανάλυση ευαισθησίας.

Το μαθηματικό μοντέλο

Υποθέσεις

Έχουμε ένα σύνολο $A = (a_1, \dots, a_n)$ n δράσεων και ένα σύνολο $F = (f_1, \dots, f_q)$ q κριτηρίων. Χωρίς απώλεια της γενικότητας, υποθέτουμε ότι αυτά τα κριτήρια πρέπει να μεγιστοποιηθούν.

Τα βασικά δεδομένα που σχετίζονται με ένα τέτοιο πρόβλημα μπορούν να γραφτούν σε έναν πίνακα $n \times q$. Κάθε γραμμή αντιστοιχεί σε μια δράση και κάθε στήλη σε ένα κριτήριο.

Πίνακας 3 : βασικά δεδομένα PROMETHEE & GAIA σε μητρική μορφή

	$f_1(\cdot)$	$f_2(\cdot)$	...	$f_j(\cdot)$	...	$f_q(\cdot)$
α_1	$f_1(\alpha_1)$	$f_2(\alpha_1)$	...	$f_j(\alpha_1)$	...	$f_q(\alpha_1)$
α_2	$f_1(\alpha_2)$	$f_2(\alpha_2)$	...	$f_j(\alpha_2)$	...	$f_q(\alpha_2)$
\vdots	\vdots	\vdots	...	\vdots	...	\vdots
α_i	$f_1(\alpha_i)$	$f_2(\alpha_i)$	...	$f_j(\alpha_i)$	...	$f_q(\alpha_i)$
\vdots	\vdots	\vdots	...	\vdots	...	\vdots
α_n	$f_1(\alpha_n)$	$f_2(\alpha_n)$	...	$f_j(\alpha_n)$	...	$f_q(\alpha_n)$

Σύγκριση ανά ζεύγη

Αρχικά, συγκρίσεις ανά ζεύγη θα πραγματοποιηθούν ανάμεσα σε όλες τις δράσεις για κάθε κριτήριο:

$$d_k(a_i, a_j) = f_k(a_i) - f_k(a_j)$$

όπου $d_k(a_i, a_j)$ είναι η διαφορά μεταξύ των αξιολογήσεων δύο δράσεων για το κριτήριο f_k . Φυσικά, αυτές οι διαφορές εξαρτώνται από τις κλίμακες μέτρησης που χρησιμοποιούνται και δεν είναι πάντα εύκολο να συγκριθούν από τον αποφασίζοντα.

Βαθμός προτίμησης

Ως συνέπεια αυτών, η έννοια της συνάρτησης προτίμησης εισάγεται για να μεταφράσει τη διαφορά σε έναν μονοκριτηριακό βαθμό προτίμησης ως εξής:

$$\pi_k(a_i, a_j) = P_k(d_k(a_i, a_j))$$

όπου $P_k : \mathbb{R} \rightarrow [0, 1]$ είναι μια θετική μη φθίνουσα συνάρτηση προτίμησης τέτοια ώστε $P_k(0) = 0$. Έξι διαφορετικοί τύποι συναρτήσεων προτίμησης προτείνονται στην αρχική PROMETHEE μέθοδο. Μεταξύ αυτών, η γραμμική μονοκριτηριακή συνάρτηση προτίμησης χρησιμοποιείται συχνά στην πράξη για ποσοτικά κριτήρια.

$$P_k(x) = \begin{cases} 0, & \text{αν } x \leq q \\ \frac{x-q}{p-q}, & \text{αν } q < x \leq p \\ 1, & \text{αν } x > p \end{cases}$$

Όπου q_i και p_i είναι αντίστοιχα το όριο αδιαφορίας και προτίμησης. Η έννοια αυτών των παραμέτρων είναι η ακόλουθη: όταν η διαφορά είναι μικρότερη από το όριο αδιαφορίας θεωρείται αμελητέα από τον αποφασίζοντα.

Επομένως, ο αντίστοιχος βαθμός μονοκριτηριακής προτίμησης ισούται με το μηδέν. Αν η διαφορά υπερβαίνει το όριο προτίμησης θεωρείται σημαντική.

Επομένως, ο βαθμός μονοκριτηριακής προτίμησης ισούται με μονάδα (μέγιστη τιμή). Όταν η διαφορά είναι μεταξύ των δύο ορίων, μια ενδιάμεση τιμή υπολογίζεται για το βαθμό προτίμησης με τη χρήση γραμμικής παρεμβολής.

Πολυκριτηριακός βαθμός προτίμησης

Όταν μια συνάρτηση προτίμησης έχει συσχετιστεί με κάθε κριτήριο από τον αποφασίζοντα, όλες οι συγκρίσεις μεταξύ όλων των ζευγαριών των δράσεων μπορεί να πραγματοποιηθεί για όλα τα κριτήρια. Τότε ένας πολυκριτηριακός βαθμός προτίμησης υπολογίζεται για να συγκρίνει καθολικά κάθε ζευγάρι δράσεων:

$$\pi(a, b) = \sum_{k=1}^q P_k(a, b) * w_k$$

όπου w_k αντιπροσωπεύει το βάρος των κριτηρίων f_k . Υποθέτουμε ότι :

$$w_k \geq 0 \text{ και } \sum_{k=1}^q w_k = 1$$

Σαν συνέπεια, έχουμε:

$$\begin{aligned} \pi(a_i, a_j) &\geq 0 \\ \pi(a_i, a_j) + \pi(a_j, a_i) &\leq 1 \end{aligned}$$

Πολυκριτηριακές ροές προτίμησης

Με σκοπό την τοποθέτηση κάθε δράσης σε αρμονία με όλες τις άλλες δράσεις, υπολογίζονται δύο σκορ:

$$\begin{aligned} \varphi^+(a) &= \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(a, x) \\ \varphi^-(a) &= \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(x, a) \end{aligned}$$

Η θετική ροή προτίμησης $\varphi^+(a_i)$ ποσοτικοποιεί πως μια δοσμένη δράση a_i καθολικά προτιμάται συγκριτικά με όλες τις άλλες δράσεις ενώ η αρνητική ροή προτίμησης $\varphi^-(a_i)$ ποσοτικοποιεί πως μια δοσμένη δράση a_i είναι καθολικά προτιμότερη από όλες τις άλλες δράσεις. Μια ιδανική δράση θα είχε θετική ροή προτίμησης που ισούται με μονάδα και αρνητική ροή προτίμησης που ισούται με το μηδέν. Η πρώτη λαμβάνεται με την κατάταξη των δράσεων σύμφωνα με τις φθίνουσες τιμές των σκορ των θετικών ροών. Η δεύτερη λαμβάνεται με την κατάταξη των δράσεων σύμφωνα με τις αύξουσες τιμές των σκορ των αρνητικών ροών. Η PROMETHEE I partial ranking καθορίζεται ως η τομή των δύο αυτών κατατάξεων. Σαν συνέπεια, μια δράση a_i θα είναι όσο καλή είναι και μια δράση a_j αν

$$\varphi^-(a_i) \geq \varphi^-(a_j) \text{ και } \varphi^+(a_i) \leq \varphi^+(a_j)$$

Η θετική και αρνητική ροή προτίμησης συγκεντρώνονται στην καθαρή ροή προτίμησης:

$$\varphi(a) = \varphi^+(a) - \varphi^-(a)$$

Συνέπειες του προηγούμενου τύπου είναι:

$$\varphi(a_i) \in [-1,1]$$
$$\sum_{\alpha \in A} \varphi(\alpha) = 0$$

Η PROMETHEE II complete ranking λαμβάνεται ταξινομώντας τις δράσεις σύμφωνα με τις φθίνουσες τιμές των σκορ της καθαρής ροής.

Μονοκριτηριακή καθαρή ροή

Σύμφωνα με τον ορισμό του πολυκριτηριακού βαθμού προτίμησης, η πολυκριτηριακή καθαρή ροή μπορεί να αναλυθεί ως εξής:

$$\varphi(a_i) = \sum_{k=1}^q \varphi_k(a_i) * w_k$$

όπου:

$$\varphi_k(a_i) = \frac{1}{n-1} \sum_{a_j \in A} \{P_k(a_i, a_j) - P_k(a_j, a_i)\}$$

Η μονοκριτηριακή καθαρή ροή, που συμβολίζεται $\varphi_k(a_i) \in [-1,1]$ έχει την ίδια ερμηνεία με την πολυκριτηριακή καθαρή ροή $\varphi(a_i)$ αλλά περιορίζεται σε ένα μόνο κριτήριο. Κάθε δράση a_i μπορεί να χαρακτηριστεί από ένα διάνυσμα

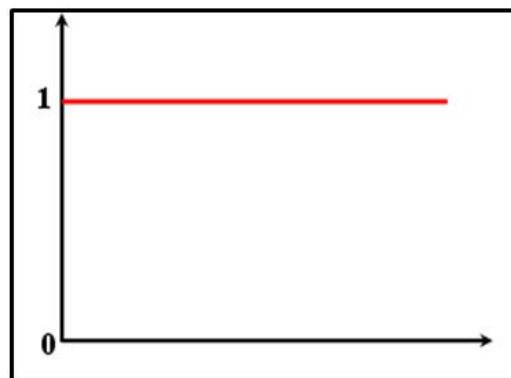
$$\vec{\varphi}(a_i) = [\varphi_1(a_i), \dots, \varphi_k(a_i), \varphi_q(a_i)]$$

σε έναν χώρο με q διαστάσεις. Το GAIA επίπεδο είναι το βασικό επίπεδο που λαμβάνεται με την εφαρμογή ανάλυσης των κυρίων συνιστωσών των ομάδων των δράσεων στο συγκεκριμένο διάστημα.

PROMETHEE συναρτήσεις προτίμησης

Συνήθης : δεν περιλαμβάνει κατώφλια και υποθέτει απότομη μετάβαση από την κατάσταση αδιαφορίας στην κατάσταση προτίμησης

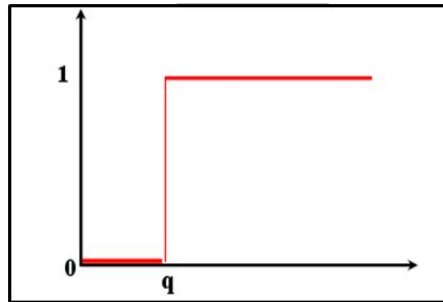
$$P_j(d_j) = \begin{cases} 0 & \text{αν } d_j \leq 0 \\ 1 & \text{αν } d_j > 0 \end{cases}$$



Εικόνα 3 : συνήθης συνάρτηση προτίμησης

U-σχήμα : περιλαμβάνει μόνο κατώφλι αδιαφορίας q

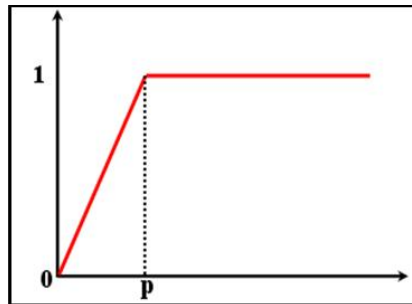
$$P_j(d_j) = \begin{cases} 0 & \text{αν } |d_j| \leq q_j \\ 1 & \text{αν } |d_j| > q_j \end{cases}$$



Εικόνα 4 : U-σχήμα συνάρτηση προτίμησης

V-σχήμα : περιλαμβάνει μόνο κατώφλι προτίμησης p

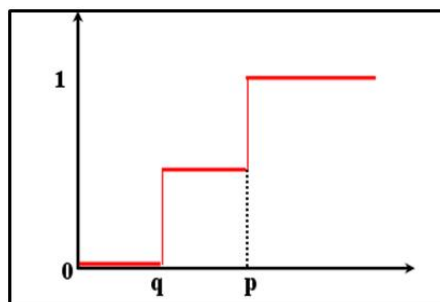
$$P_j(d_j) = \begin{cases} \frac{|d_j|}{p_j} & \text{αν } |d_j| \leq p_j \\ 1 & \text{αν } |d_j| > p_j \end{cases}$$



Εικόνα 5 : V-σχήμα συνάρτηση προτίμησης

Με επίπεδα : περιλαμβάνει κατώφλι αδιαφορίας q , και κατώφλι προτίμησης p , που ορίζει ένα μόνο επίπεδο ενδιάμεσης προτίμησης μεταξύ αδιαφορίας και σαφούς προτίμησης.

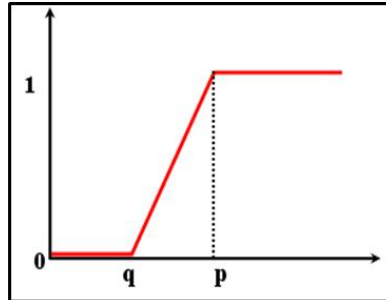
$$P_j(d_j) = \begin{cases} 0 & \text{αν } |d_j| \leq q_j \\ \frac{1}{2} & \text{αν } q_j < |d_j| \leq p_j \\ 1 & \text{αν } |d_j| > p_j \end{cases}$$



Εικόνα 6 : συνάρτηση προτίμησης με επίπεδα

Γραμμική : περιλαμβάνει κατώφλι αδιαφορίας q , και γραμμική μετάβαση στην κατανόηση σαφούς που ορίζεται από το κατώφλι προτίμησης p

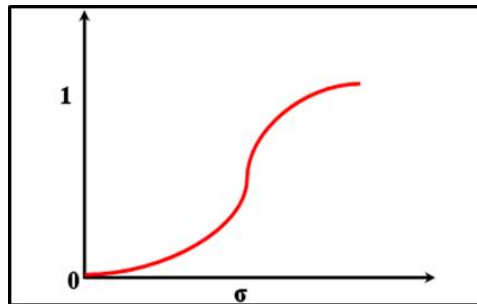
$$P_j(d_j) = \begin{cases} 0 & \text{αν } |d_j| \leq q_j \\ \frac{|d_j| - q_j}{p_j - d_j} & \text{αν } q_j < |d_j| \leq p_j \\ 1 & \text{αν } |d_j| > p_j \end{cases}$$



Εικόνα 7 : γραμμική συνάρτηση προτίμησης

Gaussian : υποθέτει σταδιακή μετάβαση από την κατάσταση αδιαφορίας προς την κατάσταση σαφούς προτίμησης (που θεωρητικά προσεγγίζεται στο άπειρο) ακολουθώντας τη συνάρτηση μιας κατανομής Gauss και προσδιορίζεται από την τυπική απόκλιση της κατανομής σ .

$$P_j(d_j) = 1 - e^{-\frac{d_j^2}{2\sigma_j^2}}$$



Εικόνα 8 : Gaussian συνάρτηση προτίμησης

Πηγή εικόνων ενότητας: (LIFE Third Countries Project Number LIFE03 TCY/CY/000018, 2005)

PROMETHEE ταξινομήσεις

PROMETHEE I

Η PROMETHEE I είναι μια μερική ταξινόμηση των δράσεων. Βασίζεται στις θετικές και αρνητικές ροές. Περιλαμβάνει προτιμήσεις, αδιαφορίες και ασυγκριτικότητες.

PROMETHEE II

Η PROMETHEE II είναι μια πλήρης ταξινόμηση των δράσεων. Βασίζεται στην πολυκριτηριακή καθαρή ροή. Περιλαμβάνει προτιμήσεις και αδιαφορίες.

2.5 Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

Η TOPSIS είναι μια μέθοδος πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων, η οποία αναπτύχθηκε αρχικά από τους Hwang και Yoon το 1981 (Hwang & Yoon, 1981). Στη συνέχεια αναπτύχθηκε περαιτέρω από τον Yoon το 1987 (Yoon, 1987) και από τους Hwang, Lai και Liu το 1993 (Hwang, Lai, & Liu, 1993).

Η μέθοδος βασίζεται στην ιδέα ότι η επιλεχθείσα εναλλακτική πρέπει να έχει τη μικρότερη και τη μεγαλύτερη γεωμετρική απόσταση από τη θετική-ιδανική λύση και την αρνητική-ιδανική λύση αντίστοιχα. Μια βασική υπόθεση της μεθόδου είναι ότι η χρησιμότητα κάθε κριτήριο έχει την τάση να αυξάνεται ή να μειώνεται μονότονα.

Η μέθοδος TOPSIS αποτελείται από τα παρακάτω βήματα :

- Βήμα 1^ο

Κατασκευάζουμε την μήτρα απόφασης που αποτελείται από m εναλλακτικές και n κριτήρια οπότε έχουμε :

$$X = [x_{ij}]_{m \times n} \text{ όπου } i = 1, 2, \dots, m \text{ και } j = 1, 2, \dots, n$$

Αντιστοιχίζουμε σε κάθε κριτήριο ένα βάρος w_j όπου $j = 1, 2, \dots, n$. Προφανώς για τα βάρη θα πρέπει να ισχύει $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ και $w_j \geq 0 \forall j$.

- Βήμα 2^ο

Από την μήτρα του προηγούμενου βήματος βρίσκουμε την κανονικοποιημένη μήτρα απόφασης $R = [r_{ij}]_{m \times n}$ ως εξής :

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}$$

- Βήμα 3^ο

Από την μήτρα του προηγούμενου βήματος βρίσκουμε την σταθμισμένη κανονικοποιημένη μήτρα απόφασης $V = [v_{ij}]_{m \times n}$ ως εξής : $v_{ij} = w_j * r_{ij}$

- Βήμα 4^ο

Προσδιορίζουμε τις ιδανικές A^+ και τις αρνητικές-ιδανικές λύσεις A^-

$$A^+ = \{(\max_i v_{ij} \mid j \in J_+), (\min_i v_{ij} \mid j \in J_-) \mid i = 1, 2, \dots, m\} = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\}$$

$$A^- = \{(\min_i v_{ij} \mid j \in J_+), (\max_i v_{ij} \mid j \in J_-) \mid i = 1, 2, \dots, m\} = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$$

όπου

$$J_+ = \{j = 1, 2, \dots, n \mid j \text{ συσχετίζεται με κριτήριο κέρδους}\}$$

$$J_- = \{j = 1, 2, \dots, n \mid j \text{ συσχετίζεται με κριτήριο κόστους}\}$$

- Βήμα 5^ο

Υπολογίζουμε την απόσταση από την ιδανική και αρνητική-ιδανική λύση αντίστοιχα για $i = 1, 2, \dots, m$:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2}$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}$$

- Βήμα 6^ο

Υπολογίζουμε το μέγεθος c_i^* για $i = 1, 2, \dots, m$, που εκφράζει την σχετική εγγύτητα στην ιδανική λύση.

$$c_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}$$

Όπου προφανώς ισχύει $0 \leq c_i^* \leq 1$ για $i = 1, 2, \dots, m$.

- Βήμα 7^ο

Ταξινομούμε τις εναλλακτικές από την καλύτερη προς τη χειρότερη κατά φθίνουσα σειρά του c_i^* . Δηλαδή βέλτιστη εναλλακτική είναι εκείνη για την οποία ισχύει $\max c_i^*$ για $i = 1, 2, \dots, m$.

2.6 Weighted Sum Model (WSM)

Η WSM αποτελεί την πιο γνωστή και την πιο απλή μέθοδος πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων. Η βασική υπόθεση στην οποία βασίζεται αυτή η μέθοδος είναι αυτή της προσθετικής χρησιμότητας. Σε μονοδιάστατα προβλήματα η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί χωρίς δυσκολία. Αντίθετα όταν εξετάζουμε πολυδιάστατα προβλήματα και άρα δεδομένα εκφρασμένα σε διαφορετική μονάδα μέτρησης, η υπόθεση της προσθετικής χρησιμότητας παραβιάζεται και το αποτέλεσμα δεν έχει νόημα. Επομένως η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί μόνο στην περίπτωση όπου όλα τα δεδομένα είναι εκφρασμένα στην ίδια μονάδα μέτρησης. (Triantaphyllou & Mann, 1989)

Έστω πρόβλημα απόφασης με m εναλλακτικές και n κριτήρια απόφασης. Ακόμη υποθέτουμε ότι όλα τα κριτήρια είναι κριτήρια κέρδους. Αντιστοιχίζουμε σε κάθε κριτήριο ένα βάρος w_j όπου $j = 1, 2, \dots, n$ όπου προφανώς για τα βάρη θα πρέπει να ισχύει $\sum_{j=1}^n w_j = 1$. Συμβολίζουμε με a_{ij} την τιμή απόδοσης της εναλλακτικής A_i όταν έχει αξιολογηθεί σε σχέση με το κριτήριο C_j . Επομένως η συνολική σπουδαιότητα (δηλαδή συνυπολογίζοντας όλα τα κριτήρια) της εναλλακτικής A_i $i = 1, 2, \dots, m$ είναι :

$$A_i^{WSM-score} = \sum_{j=1}^n w_j * a_{ij}$$

Η καλύτερη εναλλακτική είναι εκείνη με την μεγαλύτερη τιμή του $A_i^{WSM-score}$. (Fishburn, 1967)

Μετασηματισμοί των τιμών απόδοσης a_{ij} (Podvezko, 2011)

Η WSM μπορεί να χρησιμοποιηθεί αν όλα τα κριτήρια μεγιστοποιούνται. Η μεγιστοποίηση κριτηρίων μπορεί εύκολα να μετατραπεί σε ελαχιστοποίηση κριτηρίων μέσω του τύπου :

$$\bar{a}_{ij} = \frac{\min_j a_{ij}}{a_{ij}}$$

Επομένως, η μικρότερη τιμή κριτηρίου αποκτά τη μεγαλύτερη τιμή που ισούται με τη μονάδα.

Ένας άλλος περιορισμός της μεθόδου είναι η προϋπόθεση ότι όλες οι τιμές κριτηρίων a_{ij} πρέπει να είναι θετικές. Στην αντίθετη περίπτωση, αρνητικές τιμές μετασχηματίζονται σε θετικές, χρησιμοποιώντας για παράδειγμα, τον τύπο:

$$\overline{a_{ij}} = a_{ij} + \left| \min_j a_{ij} \right| + 1$$

Εξαιτίας αυτού του μετασχηματισμού, η μικρότερη αρνητική τιμή μετατρέπεται σε μονάδα.

Πλεονεκτήματα και προϋποθέσεις εφαρμογής της μεθόδου

Πλεονεκτήματα της μεθόδου :

1. Αποτελεί την παλαιότερη, περισσότερο γνωστή και πρακτικά χρησιμοποιημένη μέθοδο
2. Ο αλγόριθμος υπολογισμού της μεθόδου είναι απλός και υλοποιείται είτε χωρίς την βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή είτε με εφαρμογή πολύ απλών προγραμμάτων.

Προϋποθέσεις εφαρμογής της μεθόδου

1. Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί μόνο στην περίπτωση όπου όλα τα δεδομένα είναι εκφρασμένα στην ίδια μονάδα μέτρησης
2. Όλα τα κριτήρια πρέπει να είναι προς μεγιστοποίηση κριτήρια ή να μετατρέπονται κατάλληλα
3. Όλες οι τιμές απόδοσης a_{ij} πρέπει να είναι θετικές. Μπορεί να γίνει κατάλληλη μετατροπή, η οποία όμως επηρεάζει τα τελικά αποτελέσματα

❖ Παράδειγμα (Triantaphyllou, Shu, Nieto Sanchez, & Ray, 1998)

Έστω ένα πρόβλημα απόφασης με $n = 4$ κριτήρια C_1, C_2, C_3, C_4 και $m = 3$ εναλλακτικές A_1, A_2, A_3 .

Δίνονται τα σχετικά βάρη των τεσσάρων κριτηρίων:

$$w_1 = 0.2, w_2 = 0.15, w_3 = 0.40, w_4 = 0.25$$

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι βαθμολογίες των εναλλακτικών σε κάθε κριτήριο.

Πίνακας 4 : δεδομένα παραδείγματος WSM

	C_1	C_2	C_3	C_4
A_1	25	20	15	30
A_2	10	30	20	30
A_3	20	10	30	10

$$A_1^{WSM-score} = \sum_{j=1}^4 w_j * a_{1j} = 0.2 * 25 + 0.15 * 20 + 0.40 * 15 + 0.25 * 30 = 21,5$$

$$A_2^{WSM-score} = \sum_{j=1}^4 w_j * a_{2j} = 0.2 * 10 + 0.15 * 30 + 0.40 * 20 + 0.25 * 30 = 22$$

$$A_3^{WSM-score} = \sum_{j=1}^4 w_j * a_{3j} = 0.2 * 20 + 0.15 * 10 + 0.40 * 30 + 0.25 * 10 = 20$$

Επομένως η σειρά των εναλλακτικών από την καλύτερη προς την χειρότερη είναι A_2, A_1, A_3 .

2.7 Weighted Product Model (WPM)

Η WPM είναι μια από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων. Κάθε εναλλακτική συγκρίνεται με τις υπόλοιπες με πολλαπλασιασμό μια σειράς αναλογιών όπου κάθε μία αντιστοιχεί σε ένα κριτήριο. Η WPM είναι παρόμοια με την WSM με βασική διαφορά τη χρήση γινομένου αντί για άθροισμα.

Έστω πρόβλημα απόφασης με m εναλλακτικές και n κριτήρια απόφασης. Ακόμη υποθέτουμε ότι όλα τα κριτήρια είναι κριτήρια κέρδους. Αντιστοιχίζουμε σε κάθε κριτήριο ένα βάρος w_j όπου $j = 1, 2, \dots, n$ και προφανώς για τα βάρη θα πρέπει να ισχύει $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ και $w_j \geq 0 \forall i$. Συμβολίζουμε με a_{ij} την τιμή απόδοσης της εναλλακτικής A_i όταν έχει αξιολογηθεί σε σχέση με το κριτήριο C_j . Οπότε για να συγκρίνουμε δύο εναλλακτικές A_K και A_L για $K, L = 1, 2, \dots, m$ πρέπει να υπολογίσουμε το εξής γινόμενο :

$$R\left(\frac{A_K}{A_L}\right) = \prod_{j=1}^n \left(\frac{\alpha_{Kj}}{\alpha_{Lj}}\right)^{w_j}$$

Αν το παραπάνω γινόμενο είναι μεγαλύτερο ή ίσο με 1 τότε η εναλλακτική A_K είναι καλύτερη από την εναλλακτική A_L . Για τον καθορισμό της βέλτιστης εναλλακτικής εξετάζουμε ποιά είναι καλύτερη ή ίση από όλες τις άλλες.

Η WPM αναφέρεται συχνά και ως αδιάστατη ανάλυση καθώς η μαθηματικής της δομή εξαλείφει κάθε μονάδα μέτρησης. Επομένως η WPM μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο στην περίπτωση μονοδιάστατων όσο και στην περίπτωση πολυδιάστατων προβλημάτων. Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι αντί για τις πραγματικές τιμές χρησιμοποιεί τις αντίστοιχες σχετικές (Triantaphyllou & Mann, 1989) :

$$\frac{\alpha_{Kj}}{\alpha_{Lj}} = \frac{\frac{\alpha_{Kj}}{\sum_{i=1}^n \alpha_{Ki}}}{\frac{\alpha_{Lj}}{\sum_{i=1}^n \alpha_{Li}}} = \frac{\alpha'_{Kj}}{\alpha'_{Lj}}$$

❖ Παράδειγμα (Triantaphyllou, Shu, Nieto Sanchez, & Ray, 1998)

Έστω ένα πρόβλημα απόφασης με $n = 4$ κριτήρια C_1, C_2, C_3, C_4 και $m = 3$ εναλλακτικές A_1, A_2, A_3 .

Δίνονται τα σχετικά βάρη των τεσσάρων κριτηρίων:

$$w_1 = 0.2, w_2 = 0.15, w_3 = 0.40, w_4 = 0.25$$

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι βαθμολογίες των εναλλακτικών σε κάθε κριτήριο.

Πίνακας 5 : δεδομένα παραδείγματος WPM

	C_1	C_2	C_3	C_4
A_1	25	20	15	30
A_2	10	30	20	30
A_3	20	10	30	10

$$R\left(\frac{A_1}{A_2}\right) = \prod_{j=1}^4 \left(\frac{\alpha_{1j}}{\alpha_{2j}}\right)^{w_j} = \left(\frac{25}{10}\right)^{0.2} * \left(\frac{20}{30}\right)^{0.15} * \left(\frac{15}{20}\right)^{0.4} * \left(\frac{30}{30}\right)^{0.25} = 1,007$$

$$R\left(\frac{A_1}{A_3}\right) = \prod_{j=1}^4 \left(\frac{\alpha_{1j}}{\alpha_{3j}}\right)^{w_j} = \left(\frac{25}{20}\right)^{0.2} * \left(\frac{20}{10}\right)^{0.15} * \left(\frac{15}{30}\right)^{0.4} * \left(\frac{30}{10}\right)^{0.25} = 1,157$$

$$R\left(\frac{A_2}{A_3}\right) = \prod_{j=1}^4 \left(\frac{\alpha_{2j}}{\alpha_{3j}}\right)^{w_j} = \left(\frac{10}{20}\right)^{0.2} * \left(\frac{30}{10}\right)^{0.15} * \left(\frac{20}{30}\right)^{0.4} * \left(\frac{30}{10}\right)^{0.25} = 1,149$$

Επομένως η σειρά των εναλλακτικών από την καλύτερη προς την χειρότερη είναι A_1, A_2, A_3 .

2.8 Grey Relational Analysis (GRA)

Έστω ότι έχουμε ένα πολυκριτηριακό πρόβλημα απόφασης με m εναλλακτικές και n κριτήρια. Η GRA περιγράφεται από τα παρακάτω βήματα (Yiyo, Taho, & Guan-Wei, 2008):

- Βήμα 1^ο : Grey Relational Generating

Όταν η απόδοση των κριτηρίων μετριέται σε διαφορετική μονάδα μέτρησης τότε η επιρροή ορισμένων κριτηρίων μπορεί να αμεληθεί. Αυτό συμβαίνει και σε περιπτώσεις κριτηρίων με μεγάλο εύρος τιμών. Επιπρόσθετα, αν οι στόχοι και οι κατευθύνσεις των κριτηρίων είναι διαφορετικές τότε η μέθοδος GRA θα οδηγήσει σε λανθασμένα αποτελέσματα. Επομένως η επεξεργασία όλων των τιμών απόδοσης για κάθε εναλλακτική γίνεται με μια ακολουθία συγκρισιμότητας. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται grey relational generating.

Η εναλλακτική i δίνεται από την σχέση :

$$Y_i = (y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{in}) \quad \text{όπου } i = 1, 2, \dots, m$$

Η ακολουθία συγκρισιμότητας της εναλλακτικής i δίνεται από την σχέση :

$$X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}) \quad \text{όπου } i = 1, 2, \dots, m$$

Για τον υπολογισμό των x_{ij} όπου $i = 1, 2, \dots, m$ και $j = 1, 2, \dots, n$ διακρίνουμε τρεις περιπτώσεις :

- η εναλλακτική είναι καλύτερη όσο μεγαλύτερη είναι τιμή του κριτηρίου τότε

$$x_{ij} = \frac{y_{ij} - \min_i y_{ij}}{\max_i y_{ij} - \min_i y_{ij}}$$

- η εναλλακτική είναι καλύτερη όσο μικρότερη είναι τιμή του κριτηρίου τότε

$$x_{ij} = \frac{\max_i y_{ij} - y_{ij}}{\max_i y_{ij} - \min_i y_{ij}}$$

- η εναλλακτική είναι καλύτερη όσο πιο κοντά βρίσκεται σε μια επιθυμητή τιμή y_j^*

$$x_{ij} = 1 - \frac{|y_{ij} - y_j^*|}{\max \{ \max_i y_{ij} - y_j^*, y_j^* - \min_i y_{ij} \}}$$

- Βήμα 2^ο : Οι ακολουθίες αναφοράς και συγκρισιμότητας

Μετά την εφαρμογή του 1^{ου} βήματος όλες οι τιμές απόδοσης βρίσκονται στο [0,1]. Όσο πιο κοντά στο 1 βρίσκονται οι τιμές αυτές τόσο καλύτερη η εναλλακτική. Ορίζουμε την ακολουθία αναφοράς ως $X_0 = (x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0n}) = (1, 1, \dots, 1)$. Η εναλλακτική της οποίας η ακολουθία συγκρισιμότητας βρίσκεται πιο κοντά στην ακολουθία αναφοράς είναι η καλύτερη εναλλακτική.

- Βήμα 3^ο : Υπολογισμός συντελεστή $\gamma(x_{0j}, x_{ij})$

Ο συντελεστής $\gamma(x_{0j}, x_{ij})$ εκφράζει πόσο κοντά βρίσκεται το x_{ij} στο x_{0j} για $i = 1, 2, \dots, m$ και $j = 1, 2, \dots, n$ και δίνεται από την σχέση :

$$\gamma(x_{0j}, x_{ij}) = \frac{\Delta_{min} + \zeta * \Delta_{max}}{\Delta_{ij} + \zeta * \Delta_{max}}$$

όπου

$$\Delta_{ij} = |x_{0j} - x_{ij}|$$

$$\Delta_{min} = \min_{i,j} \Delta_{ij}$$

$$\Delta_{max} = \max_{i,j} \Delta_{ij}$$

$$\zeta \in [0,1]$$

Ο συντελεστής ζ χρησιμοποιείται για να επεκτείνει ή να συμπιέσει το εύρος του συντελεστή $\gamma(x_{0j}, x_{ij})$.

- Βήμα 4^ο : Υπολογισμός βαθμού $\Gamma(X_0, X_i)$ και επιλογή καλύτερης εναλλακτικής

Αντιστοιχίζουμε σε κάθε κριτήριο ένα βάρος w_j όπου $j = 1, 2, \dots, n$ όπου προφανώς για τα βάρη θα πρέπει να ισχύει $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ και $w_j \geq 0 \forall j$.

Ο βαθμός $\Gamma(X_0, X_i)$ εκφράζει το επίπεδο συσχέτισης της ακολουθίας αναφοράς και της ακολουθίας συγκρισιμότητας και δίνεται από την σχέση :

$$\Gamma(X_0, X_i) = \sum_{j=1}^n w_j * \gamma(x_{0j}, x_{ij})$$

Η εναλλακτική της οποίας ο βαθμός $\Gamma(X_0, X_i)$ έχει την μεγαλύτερη τιμή, δηλαδή η εναλλακτική της οποίας η ακολουθία συγκρισιμότητας είναι πιο κοντά στην ακολουθία αναφοράς, είναι η καλύτερη εναλλακτική.

2.9 Vlsekriterijumska optimizacija i KOmpromisno Resenje (VIKOR)

Αναπτύχθηκε αρχικά από τον Serafim Opricovic στην διδακτορική διατριβή του το 1979, για την επίλυση προβλημάτων απόφασης με ασύμμετρα και αντικρουόμενα κριτήρια. Υποθέτοντας ότι ο συμβιβασμός είναι αποδεκτός στην επίλυση συγκρούσεων, ο αποφασίζων επιζητά την κοντινότερη στην ιδανική λύση και οι εναλλακτικές αξιολογούνται σύμφωνα με όλα τα κριτήρια. Η VIKOR κατατάσσει τις εναλλακτικές και καθορίζει την κοντινότερη στην ιδανική λύση την οποία ονομάζει συμβιβασμό.

Το όνομα VIKOR πρωτοεμφανίζεται το 1998 από τα σερβικά VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje και σημαίνει πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση και λύση συμβιβασμού (Opricovic, 1998). Η μέθοδος γνώρισε παγκόσμια αναγνώριση το 2004 από την δημοσίευση των Serafim Opricovic και Gwo-Hshiung Tzeng, η οποία αποτελεί την δημοσίευση με τις περισσότερες αναφορές στον τομέα των οικονομικών (Serafim & Gwo-Hshiung, 2004).

Έστω f_{ij} η τιμή του κριτηρίου i για την εναλλακτική j όπου $i = 1, \dots, n$ και $j = 1, \dots, J$. Η μέθοδος αποτελείται από τα παρακάτω βήματα :

- Βήμα 1^ο

Για κάθε κριτήριο $i = 1, \dots, n$ υπολογίζουμε τις τιμές f_i^* και f_i^\wedge ως εξής :
αν το i είναι κριτήριο κέρδους :

$$f_i^* = \max_j f_{ij} \text{ και } f_i^\wedge = \min_j f_{ij}$$

αν το i είναι κριτήριο κόστους :

$$f_i^* = \min_j f_{ij} \text{ και } f_i^\wedge = \max_j f_{ij}$$

- Βήμα 2^ο

Αντιστοιχίζουμε σε κάθε κριτήριο ένα βάρος w_i όπου $i = 1, 2, \dots, n$ όπου προφανώς για τα βάρη θα πρέπει να ισχύει $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ και $w_i \geq 0 \forall i$. Στη συνέχεια υπολογίζουμε τις τιμές S_j και R_j για $j = 1, \dots, J$ από τις σχέσεις :

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i * \frac{f_i^* - f_{ij}}{f_i^* - f_i^\wedge}$$

$$R_j = \max_i \{ w_i * \frac{f_i^* - f_{ij}}{f_i^* - f_i^\wedge} \}$$

- Βήμα 3^ο

Υπολογίζουμε τις τιμές Q_j για $j = 1, \dots, J$ από την σχέση :

$$Q_j = v * \frac{S_j - S^*}{S^\wedge - S^*} + (1 - v) * \frac{R_j - R^*}{R^\wedge - R^*}$$

όπου

$$S^* = \min_j S_j \text{ και } S^\wedge = \max_j S_j$$

$$R^* = \min_j R_j \text{ και } R^\wedge = \max_j R_j$$

Το v εκφράζει το βάρος της στρατηγικής της μέγιστης ομαδικής χρησιμότητας.

- Βήμα 4^ο

Κατατάσσουμε τις εναλλακτικές σύμφωνα με τις τιμές S_j, R_j και Q_j για $j = 1, \dots, J$ από την μικρότερη στην μεγαλύτερη. Συνεπώς έχουμε τρεις διαφορετικές κατατάξεις S, R και Q .

- Βήμα 5^ο

Προτείνουμε ως λύση συμβιβασμού και συμβολίζουμε α' την εναλλακτική που βρίσκεται πρώτη στην κατάταξη Q , δηλαδή έχει την μικρότερη τιμή Q_j αν ικανοποιεί τις παρακάτω συνθήκες :

- συνθήκη 1 :

$$Q_{\alpha''} - Q_{\alpha'} \geq \frac{1}{J-1}$$

όπου α'' η εναλλακτική που βρίσκεται δεύτερη στην κατάταξη Q .

- συνθήκη 2 : η εναλλακτική α' θα πρέπει να βρίσκεται πρώτη και στην κατάταξη S ή/και R .

Αν δεν ικανοποιείται κάποια από δύο συνθήκες τότε προτείνεται ένα σύνολο από λύσεις συμβιβασμού το οποίο αποτελείται από τις εναλλακτικές :

- α', α'' στην περίπτωση που μόνο η 2^η συνθήκη δεν ικανοποιείται
- $\alpha', \alpha'', \dots, \alpha^{(M)}$ αν δεν ικανοποιείται η 1^η συνθήκη. Η $\alpha^{(M)}$ καθορίζεται από την σχέση:

$$Q_{\alpha^{(M)}} - Q_{\alpha'} < \frac{1}{J-1} \text{ για μέγιστο } M$$

2.10 Novel Approach to Imprecise Assessment and Decision Environments (NAIADE)

Η μέθοδος NAIADÉ αναπτύχθηκε από τον Giuseppe Munda το 1995. Η μήτρα αξιολόγησης της μεθόδου μπορεί να περιλαμβάνει τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά δεδομένα. Πιο αναλυτικά, οι τιμές που αποδίδονται στα κριτήρια για κάθε εναλλακτική μπορούν να εκφραστούν με μορφή καθαρών αριθμών, στοχαστική, ασαφών αριθμών ή γλωσσικών εκφράσεων. Επομένως επιτρέπει την χρήση πληροφορίας επηρεαζόμενη από διαφορετικά είδη αβεβαιότητας.

Η NAIADÉ αποτελείται από τα παρακάτω βήματα (Munda, 1995):

- σύγκριση κατά ζεύγη των εναλλακτικών σύμφωνα με κάθε κριτήριο
- συνυπολογισμός όλων των κριτηρίων
- κατάταξη των εναλλακτικών
- ανάλυση συγκρούσεων

Πιο αναλυτικά :

- Βήμα 1^ο : σύγκριση κατά ζεύγη των εναλλακτικών σύμφωνα με κάθε κριτήριο

Έστω ένα πρόβλημα απόφασης που αποτελείται από m κριτήρια και n εναλλακτικές. Κατασκευάζουμε την μήτρα αξιολόγησης $E = [e_{ji}]_{m \times n}$ όπου $j = 1, 2, \dots, m$ και $i = 1, 2, \dots, n$.

Προκειμένου να γίνει σύγκριση των εναλλακτικών είναι απαραίτητο να εισάγουμε την έννοια της απόστασης. Προφανώς στην περίπτωση εναλλακτικών που οι τιμές τους δίνονται σε καθαρούς αριθμούς η απόσταση ορίζεται απλώς ως η διαφορά μεταξύ των δύο αριθμών. Στην περίπτωση της ασαφής και της στοχαστικής αξιολόγησης χρησιμοποιείται η έννοια της σημασιολογικής απόστασης. Η σημασιολογική απόσταση μετράει την απόσταση μεταξύ δύο συναρτήσεων λαμβάνοντας υπόψη την θέση και το σχήμα τους. Στην ασαφή και στην στοχαστική αξιολόγηση χρησιμοποιούνται ασαφείς συναρτήσεις συμμετοχής και συναρτήσεις πυκνότητας πιθανότητας αντίστοιχα. Πιο αναλυτικά, έστω τα ασαφή σύνολα S_1, S_2 και μ_1, μ_2 οι συναρτήσεις συμμετοχής τους αντίστοιχα. Μπορούμε να ορίσουμε δύο νέες συναρτήσεις $f(x) = k_1 \mu_1(x)$ και $g(y) = k_2 \mu_2(y)$ τέτοιες ώστε :

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx = \int_{-\infty}^{+\infty} g(y) dy = 1$$

Επομένως η σημασιολογική απόσταση μεταξύ των δύο ασαφών συνόλων ορίζεται από την σχέση :

$$S_d (f(x) , g(y)) = \iint |x - y|f(x)g(y)dxdy$$

Τα παραπάνω μπορούν να επεκταθούν και στην περίπτωση της στοχαστικής αξιολόγησης, όπου προφανώς οι $f(x)$ και $g(y)$ θα είναι συναρτήσεις πυκνότητας πιθανότητας.

Η σύγκριση των εναλλακτικών κατά ζεύγη βασίζεται σε έξι σχέσεις προτίμησης, οι οποίες εκφράζονται αναλυτικά από τις αντίστοιχες συναρτήσεις, για ένα κριτήριο j και ένα ζεύγος εναλλακτικών i και i' , όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 6 : σχέσεις προτίμησης και οι αντίστοιχες συναρτήσεις

Σχέσεις προτίμησης	Συναρτήσεις
πολύ μεγαλύτερο (\gg)	$\mu_{\gg}(i, i')_j$
μεγαλύτερο ($>$)	$\mu_{>}(i, i')_j$
περίπου ίσο (\cong)	$\mu_{\cong}(i, i')_j$
ίσο ($=$)	$\mu_{=}(i, i')_j$
Μικρότερο ($<$)	$\mu_{<}(i, i')_j$
πολύ μικρότερο (\ll)	$\mu_{\ll}(i, i')_j$

- Βήμα 2^ο : συνυπολογισμός όλων των κριτηρίων

Ο δείκτης προτίμησης $*$ (όπου με $*$ συμβολίζουμε $\gg, >, \cong, =, <$ ή \ll) της εναλλακτικής i έναντι της εναλλακτικής i' δίνεται από τη σχέση :

$$\mu_*(i, i') = \frac{\sum_{j=1}^m \max \{ \mu_*(i, i')_j - a, 0 \}}{\sum_{j=1}^m | \mu_*(i, i')_j - a |}$$

όπου το a είναι μια παράμετρος που έχει ως αποτέλεσμα μόνο εκείνα τα κριτήρια με τιμή μεγαλύτερη από το a να υπολογιστούν στο άθροισμα.

- Βήμα 3^ο : κατάταξη των εναλλακτικών

Η τελική κατάταξη των εναλλακτικών προκύπτει από την τομή των κατατάξεων $\varphi_+(i)$ και $\varphi_-(i)$, οι οποίες παίρνουν τιμές στο $[0,1]$ και εκφράζουν πόσο καλύτερη ή χειρότερη αντίστοιχα είναι η i από τις υπόλοιπες εναλλακτικές.

- Βήμα 4^ο : ανάλυση συγκρούσεων

Η μέθοδος NAIADDE αναλύει συγκρούσεις μεταξύ διαφορετικών ομάδων συμφερόντων και τον πιθανό σχηματισμό συνασπισμών σύμφωνα με τις προτεινόμενες εναλλακτικές (Menegolo & Pereira, 1996).

2.11 Multi-Attribute Utility Theory (MAUT)

Η MAUT είναι μια οικογένεια μεθόδων που βασίζεται στην θεωρία χρησιμότητας και πιο συγκεκριμένα στηρίζεται στα βασικά αξιώματα προτίμησης Neumann–Morgenstern και άρα σε μια συνάρτηση χρησιμότητας, η οποία επιτρέπει την σύγκριση αποτελεσμάτων με ρίσκο μέσω του υπολογισμού της αναμενόμενης χρησιμότητας.

Τα βήματα (Dillon & Perry, 1977) για την εκ των προτέρων αξιολόγηση ενός προβλήματος με τη βοήθεια της MAUT είναι τα εξής :

- Καθορισμός των εναλλακτικών του προβλήματος καθώς και συνδυασμούς αυτών ως διακριτές οντότητες
- Καθορισμός των κατανομών πιθανότητας του αποφασίζοντα για αποτελέσματα που συνδέονται με κάθε εναλλακτική και σε κάθε χαρακτηριστικό
- Καθορισμός της συνάρτησης χρησιμότητας του αποφασίζοντα για το εύρος των αποτελεσμάτων σε κάθε χαρακτηριστικό
- Χρήση της κατάλληλης πολυκριτηριακής συνάρτησης χρησιμότητας για την εύρεση της αναμενόμενης χρησιμότητας κάθε εναλλακτικής
- Επιλογή της εναλλακτικής ή του συνδυασμού εναλλακτικών με την μεγαλύτερη αναμενόμενη χρησιμότητα

Η πιο απλή της οικογένειας μεθόδων MAUT είναι η **Simple Multi-Attribute Rating Technique (SMART)**. Έστω πρόβλημα απόφασης με m εναλλακτικές και n κριτήρια απόφασης. Αντιστοιχίζουμε σε κάθε κριτήριο ένα βάρος w_i όπου $i = 1, 2, \dots, n$ και προφανώς για τα βάρη θα πρέπει να ισχύει $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ και $w_i \geq 0$. Συμβολίζουμε με a_{ij} την τιμή απόδοσης της εναλλακτικής A_i όταν έχει αξιολογηθεί σε σχέση με το κριτήριο C_j . Τότε για κάθε εναλλακτική $j = 1, 2, \dots, n$ έχουμε :

$$x_j = \frac{\sum_{i=1}^m w_i a_{ij}}{\sum_{i=1}^m w_i}$$

2.12 Multiple-Attribute Value Theory (MAVT)

Εισαγωγή

Η Multi-Attribute Value Theory (MAVT) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση προβλημάτων που περιλαμβάνουν ένα πεπερασμένο και διακριτό σύνολο εναλλακτικών πολιτικών που πρέπει να αξιολογηθούν με βάση αντικρουόμενους στόχους. Για οποιονδήποτε δοθέντα στόχο, ένα ή περισσότερα διαφορετικά γνωρίσματα ή κριτήρια χρησιμοποιούνται για να υπολογίσουν την επίδοση σε σχέση με εκείνο το στόχο. Αυτά τα αντίκτυπα όλων των εναλλακτικών επιλογών παρουσιάζονται στον λεγόμενο πίνακα αξιολόγησης. Αυτά τα γνωρίσματα συνήθως μετριοούνται με διαφορετικές κλίμακες μέτρησης.

Μια παρεμφερής θεωρία της MAVT είναι η Multiple-Attribute Utility Theory (MAUT), οποία αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα. Η MAUT βασίζεται στην αναμενόμενη θεωρία χρησιμότητας και απαιτεί ισχυρότερες υποθέσεις για να εξασφαλίσει προσθετικότητα. Το πλεονέκτημα της MAUT είναι ότι μπορεί να λάβει υπόψη αβεβαιότητα και να την αναπαραστήσει ευθέως μέσα στο μοντέλο λήψης απόφασης. Η MAUT καλείται επίσης η δυνατή μορφή της λήψεως απόφασης και η MAVT καλείται ασθενής μορφή. Όμως, η MAUT είναι πολύ δύσκολο να εφαρμοστεί και καμιά πραγματική εφαρμογή δεν είναι γνωστή. Επομένως θα εστιάσουμε αποκλειστικά στην MAVT.

Η Multiple-Attribute Value Theory (MAVT) είναι μια αντισταθμιστική τεχνική. Αυτό σημαίνει ότι η μέθοδος επιτρέπει την αντιστάθμιση χαμηλής επίδοσης σε ένα κριτήριο από μια καλή επίδοση σε ένα άλλο κριτήριο. Η MAVT συναρθροίζει τις επιδόσεις της επιλογής σε όλα τα κριτήρια για να σχηματίσει συνολική εκτίμηση.

Μεθοδολογία

Η πρόθεση της MAVT είναι να κατασκευάσει ένα τρόπο για να συσχετίσει έναν πραγματικό αριθμό με κάθε εναλλακτική, με στόχο να παράγει μια σειρά προτεραιότητας στις εναλλακτικές που να είναι συνεπής με την κρίση του αποφασίζοντα. Για να το κάνει αυτό, η MAVT υποθέτει ότι σε κάθε πρόβλημα λήψης απόφασης υπάρχει μια πραγματική συνάρτηση αξίας U που αναπαριστά τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα. Αυτή η συνάρτηση U χρησιμοποιείται για να μετασχηματίσει τα γνωρίσματα της κάθε εναλλακτικής πολιτικής σε μια μοναδική τιμή. Η εναλλακτική με την καλύτερη τιμή ξεχωρίζει ως η καλύτερη δυνατή.

Διαδικασία

Η διαδικασία που ακολουθείται για την πραγματοποίηση της MAVT αποτελείται από τέσσερα βήματα:

1. Ορισμός των εναλλακτικών : προσδιορισμός των εναλλακτικών πολιτικών που θα συγκριθούν μεταξύ τους
2. Επιλογή και ορισμός των κριτηρίων : προσδιορισμός αντίκτυπων ή δεικτών σχετικών με την απόφαση
3. Εκτίμηση των σκορ της κάθε εναλλακτικής σε κάθε κριτήριο : ανάθεση τιμής σε κάθε αντίκτυπο ή δείκτη για όλες τις εναλλακτικές
4. Κατάταξη των εναλλακτικών : ένα συνολικό σκορ υπολογίζεται για κάθε εναλλακτική εφαρμόζοντας μια συνάρτηση αξίας U στα σκορ όλων των κριτηρίων

Τα πρώτα τρία βήματα είναι ίδια με τα πρώτα βήματα σχεδόν όλων των μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης. Το τέταρτο βήμα είναι ειδικό για την MAVT. Η MAVT βασίζεται στην υπόθεση ότι σε κάθε πρόβλημα λήψης απόφασης υπάρχει μια πραγματική συνάρτηση αξίας U που αναπαριστά τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα. Αυτή η συνάρτηση συναρθροίζει για κάθε εναλλακτική a_j ($j = 1, \dots, M$) τα κριτήρια c_i ($i = 1, \dots, N$) που είναι υπό εξέταση από τον αποφασίζοντα. Το πρόβλημα χρησιμοποιώντας τη γενική μορφή της συνάρτησης U μπορεί να διατυπωθεί ως εξής:

Η καλύτερη εναλλακτική είναι αυτή για την οποία :

$$U(c_1(a), c_2(a), \dots, c_n(a)) = \max_{j=1, \dots, M} U(c_1(a_j), c_2(a_j), \dots, c_n(a_j))$$

Η συνάρτηση U πρέπει να καθοριστεί έτσι ώστε να παρθεί η καλύτερη εναλλακτική, διαδικασία η οποία είναι αρκετά δύσκολη και χρονοβόρα. Ο κανόνας απόφασης μέσα στην MAVT είναι ένας τελείως αντισταθμιστικός κανόνας, δηλαδή τα καλά κριτήρια μπορούν να εξισορροπήσουν πλήρως τα κακά. Σημειώστε ότι αν περιβαλλοντικά και οικονομικά κριτήρια ληφθούν υπό εξέταση, πλήρης αντιστάθμιση θα μπορούσε εμμέσως να εννοεί πλήρη υποκατάσταση μεταξύ τεχνητού κεφαλαίου και φυσικού κεφαλαίου.

Το θεωρητικό υπόβαθρο της MAVT έχει περιγραφεί από τους Fishburn (1967) και Keeney και Raiffa (1976). Διαφορετικές τεχνικές για την εκτίμηση μιας γενικής συνάρτησης αξίας U μπορεί επίσης να βρεθεί στους Winterfeldt και Edwards (1986) και French (1988).

Η απλούστερη μορφή της συνάρτησης αξίας U είναι η προσθετική μορφή. Στην προσθετική μορφή, η συνάρτηση U μπορεί να χωριστεί σε διαφορετικές συναρτήσεις U_i , που είναι αυστηρά αύξουσες πραγματικές συναρτήσεις. Η συνάρτηση U μπορεί τότε να ανακτηθεί με πρόσθεση των υποσυναρτήσεων U_i . Με αυτόν τον τρόπο, κάθε κριτήριο έχει την δικιά του συνάρτηση αξίας, γεγονός που απλοποιεί τη διαδικασία εκτίμησης για τη συνάρτηση U .

Οι συναρτήσεις U_i στην προσθετική μορφή της MAVT μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μετασχηματίσουν τις διαφορετικές κλίμακες μέτρησης των κριτηρίων σε μια πανομοιότυπη κλίμακα και επίσης καλούνται μερικές συναρτήσεις αξίας. Αυτή η μορφή, όμως, θα είναι κατάλληλη μόνο αν το οικοδόμημα προτιμήσεων του αποφασίζοντα ικανοποιεί τον κοινό όρο προτίμησης ανεξαρτησίας. Ένα ζευγάρι γνωρισμάτων ονομάζεται προτιμησιακά ανεξάρτητο όλων των άλλων γνωρισμάτων αν οι προτιμήσεις μεταξύ διαφορετικών συνδυασμών των επιπέδων αυτών των δύο γνωρισμάτων, ενώ οι τιμές όλων των άλλων γνωρισμάτων κρατούνται σε σταθερό επίπεδο, δεν εξαρτώνται από αυτές τις σταθερές τιμές. Το σύνολο των γνωρισμάτων είναι κατασκευασμένο να δείχνει κοινή προτίμηση ανεξαρτησία αν όλα τα ζευγάρια των γνωρισμάτων είναι προτιμησιακά ανεξάρτητα από όλα τα άλλα.

Η MAVT προσπαθεί να αντιμετωπίσει την πολυπλοκότητα του πραγματικού κόσμου με το να επιτρέπει στα γνωρίσματα να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και με άλλους τρόπους εκτός από τον απλό, προσθετικό τρόπο.

Γνωστές και συχνά εφαρμοσμένες MAVT μέθοδοι είναι οι Weighted Sum Model (WSM) και Analytic hierarchy process (AHP).

Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων

Η MAVT είναι θεωρητικά καλά δομημένη και η απλή προσθετική μορφή μπορεί εύκολα να εξηγηθεί και να εφαρμοστεί. Οι πιο περίπλοκες μορφές της MAVT όμως είναι δύσκολο να εκτελεστούν και απαιτούνται ειδικοί για να εφαρμόσουν τις μεθόδους. Η MAVT είναι κατάλληλη να εφαρμοστεί σε συμμετοχικές διαδικασίες.

Η απλή προσθετική μορφή της MAVT έχει χρησιμοποιηθεί για υποστήριξη της αξιολόγησης μεγάλου αριθμού προβλημάτων σε όλο τον κόσμο. Εφαρμογές της πιο περίπλοκης μορφής της MAVT είναι σπάνιες, πιθανότατα εξαιτίας της πολυπλοκότητας σύνθεσης μιας συνάρτησης αξίας που ταιριάζει κατάλληλα στο πρόβλημα προς επίλυση.

Διεργασίες πολιτικής

Η MAVT είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για την υποστήριξη επιλογής μιας επιλογής πολιτικής. Στις ευκολότερες εκδοχές της μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ένα σχετικά φθινό και εύκολο τρόπο. Το κύριο πλεονέκτημά της είναι ότι καλά τεκμηριωμένη μπορεί να χρησιμοποιήσει τη συσσωρευμένη εμπειρία της σε ανάλυση κόστους-οφέλους, της οποίας η αξιολόγηση βασίζεται επίσης σε συναρτήσεις χρησιμότητας και σε οικονομία της ευημερίας.

Πτυχές της αειφόρου ανάπτυξης

Η MAVT μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εκτιμήσει τη βιωσιμότητα μιας πολιτικής επειδή επιτρέπει συγχρόνως να ληφθούν υπόψη δείκτες που αναφέρονται στις τρεις διαστάσεις της βιωσιμότητας: την περιβαλλοντική, την οικονομική και την κοινωνική. Με άλλα λόγια, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να συνδυάσει πληροφορίες με τέτοιο τρόπο που διευκρινίζει πτυχές αειφόρου ανάπτυξης. Όμως, ως αντισταθμιστική μέθοδος, η MAVT πραγματοποιεί τη διαδικασία αξιολόγησης υπό υποθέσεις σθεναρής βιωσιμότητας.

Η MAVT μπορεί να ενσωματώσει τις παραπάνω πολιτικοκοινωνικές πτυχές σαν ξεχωριστά κριτήρια για να συγκρίνει εναλλακτικές πολιτικές: πτυχές (απο-)σύνδεσης, ικανότητα προσαρμογής και (μη) αναστρεψιμότητα. Η MAVT είναι κατάλληλη για σύγκριση επιπτώσεων ανεξαρτήτως του μετρήσιμου χρόνου. Η MAVT μπορεί να ενσωματώσει τα αντίκτυπα σε διαφορετικές ομάδες/τομείς/περιοχές ως ξεχωριστές κατηγορίες και να δώσει καθαρή εικόνα των διαφορών για αυτούς τους τομείς. Η MAVT είναι κατάλληλη να συγκρίνει αντίκτυπα ανεξαρτήτως της χωρικής διάστασης, για όσο οι χωρικές διαστάσεις των διαφόρων κριτηρίων είναι συγκρίσιμες. Και τέλος, η απλοποιημένη προσθετική MAVT μπορεί να εφαρμοστεί σε χωρικά δεδομένα.

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα (Herwijnen, 2006)

Πλεονεκτήματα

- Η MAVT βοηθά στην οικοδόμηση ενός προβλήματος. Με την ταξινόμηση του προβλήματος σε διάφορους στόχους, σε κριτήρια που μετράνε τους στόχους και σε εναλλακτικές επιλογές για τη λύση του προβλήματος η MAVT παρέχει μια δομημένη προσέγγιση για την αντιμετώπιση του προβλήματος. Η MAVT επίσης φιλοξενεί διάφορους τύπους πληροφορίας: ποσοτικές αλλά και ποιοτικές
- Η MAVT ενισχύει την κατανόηση του προβλήματος πολιτικής με το να αναγκάζει τον αποφασίζοντα και/ή τον αναλυτή απόφασης να συνθέσει μια συνάρτηση αξίας που αναπαριστά τις προτιμήσεις τους. Αυτό σημαίνει ότι η MAVT μειώνει την ποσότητα της πληροφορίας με στόχο τη βελτίωση της κατανόησής της.

- Επιπλέον, η MAVT παρέχει μέσα επικοινωνίας για συλλογισμό και διαπραγμάτευση με το να διευκρινίζει τα δυνατά και αδύναμα στοιχεία των εναλλακτικών πολιτικών αλλά και με την ικανότητά της να απεικονίζει με σαφήνεια και να συνδέει τα ενδιάμεσα με τα τελικά αποτελέσματα.
- Επίσης, η MAVT μπορεί να ενσωματώσει τις διαφορετικές απόψεις ομάδων ενδιαφερόμενων για να οικοδομήσει ένα δέντρο κριτηρίων, για να αναπτύξει εναλλακτικές επιλογές/λύσεις για το πρόβλημα και για να συνθέσει τη συνάρτηση αξίας.
- Για την εφαρμογή αποτελεσματικής MAVT είναι απαραίτητο καλό υποστηρικτικό λογισμικό. Πολλά λογισμικά είναι διαθέσιμα για την εφαρμογή της προσθετικής μορφής της MAVT, *weighted summation*. Ένα πλεονέκτημα χρήσης λογισμικού η ευκολία στην εξέταση της ευρωστίας των αποτελεσμάτων χρησιμοποιώντας ανάλυση ευαισθησίας.

Μειονεκτήματα

- Το κύριο μειονέκτημα της MAVT είναι ότι υποθέτει πλήρη αποκατάσταση των κριτηρίων, έτσι ώστε όλα τα κριτήρια μειώνονται και εκφράζονται στην ίδια μονάδα (σε αυτή την περίπτωση μέσω των συναρτήσεων αξίας). Αυτό υπονοεί ότι μια κακή επίδοση σε ένα κριτήριο (για παράδειγμα μια υψηλή περιβαλλοντική επίπτωση) μπορεί να υποκατασταθεί από μια καλή επίδοση σε ένα άλλο κριτήριο (για παράδειγμα υψηλό εισόδημα). Αυτό το χαρακτηριστικό καθιστά την MAVT ένα επαρκές όργανο για την πραγμάτωση της έννοιας της ασθενούς βιωσιμότητας.
- Η σύνθεση μη-προσθετικών συναρτήσεων αξίας στην MAVT είναι ένα πολύ δύσκολο έργο, ειδικά αν ο αριθμός των κριτηρίων που περιέχεται είναι μεγάλος και είναι πολύ διαφορετικά σε χαρακτήρα. Ένας αναλυτής απόφασης είναι απαραίτητος για την στήριξη του αποφασίζοντα προκειμένου να ολοκληρώσει το έργο του.
- Ο κοινός όρος ανεξαρτησίας προτίμησης είναι συχνά δύσκολο να πληρείται και σε πολλές περιπτώσεις απλά αγνοείται όταν εφαρμόζεται η προσθετική μορφή της MAVT.

2.13 Λεξικογραφική μέθοδος

Η συγκεκριμένη μέθοδος σύνθεσης των κριτηρίων έχει πάρει το όνομα της από την λέξη <<λεξικό>>, καθώς η διαδικασία που ακολουθεί αντιστοιχεί σε εκείνη που χρησιμοποιείται για να ταξινομηθούν οι λέξεις σε ένα λεξικό. (Σίσκος & Ψαρράς)

Στη λεξικογραφική μέθοδο γίνεται η υπόθεση ότι ο αποφασίζων έχει ιεραρχήσει όλα τα κριτήρια ως προς τη σημαντικότητα τους και ότι η ιεραρχία που προκύπτει είναι μια διάταξη χωρίς ισοδυναμίες. Αποτέλεσμα των υποθέσεων αυτών είναι να υποβαθμίζεται συχνά η πολυκριτηριακή φύση του προβλήματος απόφασης, με συνέπεια τα αποτελέσματα που προκύπτουν να μην είναι αξιόπιστα.

Στην περίπτωση της προβληματικής α (επιλογή μιας δράσης) ο αλγόριθμος λειτουργεί ως εξής : Αρχικά, ο αποφασίζων ιεραρχεί τα κριτήρια αξιολόγησης σε φθίνουσα σειρά σημαντικότητας. Από το σύνολο των εναλλακτικών επιλογών A επιλέγονται οι εναλλακτικές εκείνες που βελτιστοποιούν το πρώτο κριτήριο στην ιεραρχία, με τις οποίες και δημιουργείται το σύνολο $A^1 \subseteq A$. Εάν το σύνολο A^1 αποτελείται μόνο από μια εναλλακτική τότε ο αλγόριθμος τερματίζεται και η εναλλακτική αυτή προτείνεται στον αποφασίζοντα. Εάν το σύνολο A^1 αποτελείται από περισσότερες από μια εναλλακτικές τότε ο αλγόριθμος προχωρά στην βελτιστοποίηση του δεύτερου στην ιεραρχία κριτηρίου και δημιουργείται το σύνολο $A^2 \subseteq A^1 \subseteq A$. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται μέχρις ότου να υπάρξει σύνολο A^k το οποίο να περιέχει μόνο μια εναλλακτική ή να εξαντληθούν τα κριτήρια αξιολόγησης.

Στην περίπτωση της προβληματικής γ (κατάταξη δράσεων) η εφαρμογή της λεξικογραφικής μεθόδου γίνεται όπως και στην περίπτωση της προβληματικής α , με τη διαφορά ότι εφαρμόζεται επαναληπτικά. Δηλαδή αφού για παράδειγμα βρεθεί η πρώτη στην κατάταξη εναλλακτική, όπως προηγουμένως, τότε αυτή αφαιρείται από το σύνολο των εναλλακτικών και ο αλγόριθμος εφαρμόζεται στο σύνολο των εναπομενόντων εναλλακτικών που προκύπτει.

Για παράδειγμα, η λεξικογραφική μέθοδος χρησιμοποιείται για την κατάταξη των χωρών σε μία ολυμπιάδα με κριτήρια κατά σειρά σημαντικότητας τον αριθμό των χρυσών, αργυρών και χάλκινων μεταλλίων.

❖ Παράδειγμα

Έστω ένα απλό πρόβλημα απόφασης με τρία κριτήρια αξιολόγησης $\kappa_1, \kappa_2, \kappa_3$ και πέντε εναλλακτικές A, B, Γ, Δ και E.

Έστω ότι ο αποφασίζων πιστεύει ότι η σειρά σημαντικότητας των κριτηρίων είναι η εξής : $\kappa_2, \kappa_3, \kappa_1$. Το ζητούμενο είναι η κατάταξη των εναλλακτικών (προβληματική γ) σύμφωνα με αυτήν την υπόθεση.

Οι βαθμολογίες των εναλλακτικών για κάθε κριτήριο φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 7 : δεδομένα παραδείγματος λεξικογραφικής μεθόδου

	κ_1	κ_2	κ_3
A	12	12	14
B	19	11	18
Γ	12	14	12
Δ	17	14	11
E	11	12	14

Βρίσκουμε τις εναλλακτικές που βελτιστοποιούν το πρώτο σε σημαντικότητα κριτήριο (κ_2), δηλαδή τις Γ,Δ. Στην συνέχεια από τις Γ,Δ βρίσκουμε ποιές βελτιστοποιούν το δεύτερο σε σημαντικότητα κριτήριο (κ_3), και όπως παρατηρούμε αυτό συμβαίνει για την εναλλακτική Γ. Η εναλλακτική Γ τοποθετείται στην κορυφή της τελικής κατάταξης και η γραμμή της διαγράφεται από τον πίνακα.

Εφαρμόζουμε τον παραπάνω αλγόριθμο στον πίνακα που προέκυψε από την διαγραφή της γραμμής της εναλλακτικής Γ και παρατηρούμε ότι η επόμενη στην τελική κατάταξη θα είναι η εναλλακτική B, αφού βελτιστοποιεί το πρώτο σε σημαντικότητα κριτήριο (κ_2) έναντι των εναπομεινάντων εναλλακτικών.

Ο αλγόριθμος εφαρμόζεται επαναληπτικά με την παραπάνω λογική και έχει ως αποτέλεσμα της τελική κατάταξη των εναλλακτικών :

1. Γ
2. Δ
3. A
4. E
5. B

Κεφάλαιο 3^ο : Σύγχρονες μέθοδοι λήψης πολυκριτηριακών αποφάσεων

3.1 Analytic Network Process (ANP)

Η ANP αποτελεί μια πιο γενική μορφή της AHP και χρησιμοποιείται για την υποστήριξη αποφάσεων σε πολυκριτηριακής φύσης προβλήματα.

Η βασική διαφορά των δύο μεθόδων έγκειται στον τρόπο δομής του προβλήματος. Η AHP δομεί το πρόβλημα απόφασης ως μια ιεραρχία όπου από πάνω προς τα έχουμε κατά σειρά τον στόχο, τα κριτήρια αξιολόγησης και τις εναλλακτικές επιλογές, ενώ η ANP δομεί το πρόβλημα απόφασης ως ένα δίκτυο των στοιχείων αυτών.

Στη συνέχεια, οι δύο μέθοδοι ακολουθούν την ίδια λογική, με απευθείας βαθμολόγηση ή ανά ζεύγη συγκρίσεις για την στάθμιση των στοιχείων της αντίστοιχης δομής με αποτέλεσμα την ζητούμενη κατάταξη των εναλλακτικών.

Η AHP υποθέτει ότι τα στοιχεία της ιεραρχίας είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους. Όμως πολλές φορές στην πράξη αυτή η ανεξαρτησία δεν υφίσταται. Σε τέτοιες περιπτώσεις συνίσταται η εφαρμογή της ANP, η οποία λόγω της δομής δικτύου, που αναφέρθηκε προηγουμένως, δεν προϋποθέτει ανεξαρτησία μεταξύ των στοιχείων.

Σύμφωνα με τον εμπνευστή της μεθόδου Thomas Saaty, τα βήματα της μεθόδου είναι τα εξής (Saaty T. , 2005) :

1. Σε βάθος κατανόηση των στοιχείων του προβλήματος, όπως στόχοι, κριτήρια, εμπλεκόμενα μέρη και πιθανές εκβάσεις της απόφασης. Εξέταση των επιρροών εκείνων που θα καθορίσουν την τελική απόφαση.
2. Καθορισμός των κριτηρίων ελέγχου στις τέσσερις ιεραρχίες ελέγχου, οι οποίες είναι τα οφέλη, οι ευκαιρίες, τα κόστη και οι κίνδυνοι της απόφασης, και υπολογισμός των προτεραιοτήτων τους. Αν η συνολική επιρροή ενός κριτηρίου είναι μικρότερη από 3%, τότε υπάρχει η δυνατότητα εξάλειψης του από την συνέχεια της ανάλυσης αφού προηγηθεί λεπτομερής εξέταση της ενέργειας αυτής.
3. Καθορισμός ενός πλήρους συνόλου συγκροτημάτων του δικτύου και των στοιχείων τους, τα οποία είναι σχετικά με κάθε κριτήριο ελέγχου. Για την καλύτερη δυνατή οργάνωση της ανάπτυξης του μοντέλου, βοηθάει η αρίθμηση και η οργάνωση των συγκροτημάτων και των στοιχείων τους με βολικό τρόπο, όπως για παράδειγμα με μια στήλη. Χρήση πανομοιότυπης ετικέτας για την αναπαράσταση του ίδιου συγκροτήματος και των ίδιων στοιχείων για όλα τα κριτήρια ελέγχου.

4. Για κάθε κριτήριο ελέγχου καθορισμός του κατάλληλου υποσυνόλου συγκροτημάτων και σύνδεση τους σύμφωνα με τις εξωτερικές και εσωτερικές εξαρτήσεις επιρροών τους. Σχεδιάζεται ένα βέλος από ένα συγκρότημα προς κάθε συγκρότημα του οποίου τα στοιχεία το επηρεάζουν.
5. Καθορισμός της προσέγγισης που θα ακολουθηθεί κατά την ανάλυση κάθε συγκροτήματος και κάθε στοιχείου, που επηρεάζουν ή επηρεάζονται από άλλα συγκροτήματα ή στοιχεία σε σχέση με κάθε κριτήριο. Εφαρμογή των προηγούμενων σε κάθε κριτήριο και για τις τέσσερις ιεραρχίες ελέγχου της απόφασης.
6. Για κάθε κριτήριο ελέγχου κατασκευή της μήτρας supermatrix τοποθετώντας τα συγκροτήματα σε σειρά ανάλογα με την αρίθμηση τους, και όλα τα στοιχεία κάθε συγκροτήματος τόσο κάθετα στα αριστερά όσο και οριζόντια στην κορυφή. Εισαγωγή στην κατάλληλη θέση των προτεραιοτήτων που προκύπτουν από τις ανά ζεύγη συγκρίσεις ως υποστήλες της αντίστοιχης στήλης της μήτρας supermatrix.
7. Εκτέλεση ανά ζεύγη συγκρίσεων των στοιχείων μέσα στα συγκροτήματα σύμφωνα με την επιρροή κάθε στοιχείου στα άλλα συγκροτήματα με τα οποία είναι συνδεδεμένο το εκάστοτε συγκρότημα (εξωτερική εξάρτηση) ή με τα άλλα στοιχεία του μέσα στο ίδιο το συγκρότημα (εσωτερική εξάρτηση). Η διαδικασία των συγκρίσεων πρέπει να πραγματοποιείται έχοντας υπόψη κάποιο κριτήριο. Σύγκριση στοιχείων σύμφωνα με το ποια στοιχεία επηρεάζουν ένα τρίτο περισσότερο και κατά πόσο περισσότερο από ένα άλλο στοιχείο με το οποίο συγκρίνονται μαζί, πραγματοποιούνται λαμβάνοντας υπόψη κάποιο κριτήριο της εξεταζόμενης ιεραρχίας ελέγχου.
8. Εκτέλεση ανά ζεύγη συγκρίσεων των συγκροτημάτων καθώς επηρεάζουν κάθε συγκρότημα με το οποίο είναι συνδεδεμένα σύμφωνα με το εξεταζόμενο κάθε φορά κριτήριο. Τα βάρη που προκύπτουν χρησιμοποιούνται για την στάθμιση των στοιχείων των αντίστοιχων μπλοκ της στήλης της μήτρας supermatrix. Σε περίπτωση απουσίας επιρροής αναθέτουμε μηδενική τιμή. Με αυτόν τον τρόπο βρίσκουμε την σταθμισμένη στήλη στοχαστική μήτρα supermatrix.
9. Υπολογισμός των οριακών προτεραιοτήτων της στοχαστικής μήτρας supermatrix σύμφωνα με το αν μπορεί ή όχι να μειωθεί (απλή ή πολλαπλή ρίζα, κυκλικό ή όχι σύστημα). Δύο είδη αποτελεσμάτων είναι δυνατόν να προκύψουν. Στην πρώτη περίπτωση, όλες οι στήλες της μήτρας είναι πανομοιότυπες και καθεμία δίνει τις σχετικές προτεραιότητες των στοιχείων από όπου προκύπτουν οι κανονικοποιημένες στο ένα προτεραιότητες των στοιχείων σε κάθε συγκρότημα. Στην δεύτερη περίπτωση οι οριακοί κύκλοι των μπλοκ και τα διαφορετικά όρια αθροίζονται και υπολογίζεται ο μέσος όρος και κανικοποιούνται ξανά στο ένα για κάθε συγκρότημα. Παρόλο που τα διανύσματα προτεραιοτήτων εισάγονται στην μήτρα supermatrix σε κανονικοποιημένη μορφή, οι οριακές προτεραιότητες εισάγονται σε ιδανική μορφή επειδή τα κριτήρια ελέγχου δεν εξαρτώνται από τις εναλλακτικές.

10. Σύνθεση των οριακών προτεραιοτήτων σταθμίζοντας κάθε οριακό ιδανικό διάνυσμα με το βάρος του κριτηρίου ελέγχου του και προσθέτοντας τα προκύπτοντα διανύσματα για κάθε μία από τις ιεραρχίες ελέγχου (οφέλη, ευκαιρίες, κόστη και κίνδυνοι). Οπότε έχουμε τέσσερα διανύσματα, ένα για κάθε ιεραρχία ελέγχου. Μια απάντηση που περιέχει τις τιμές-αναλογίες των ιεραρχιών ελέγχου προκύπτει από τον σχηματισμό της αναλογίας : $\frac{\text{όφελος}_i * \text{ευκαιρία}_i}{\text{κόστος}_i * \text{κίνδυνος}_i}$ για την εναλλακτική i από καθένα από τα τέσσερα διανύσματα. Υπολογίζουμε την αναλογία αυτή για κάθε εναλλακτική, και η εναλλακτική με τη μεγαλύτερη τιμή επιλέγεται για κάποιες αποφάσεις.
11. Καθορισμός στρατηγικών κριτηρίων και προτεραιοτήτων τους για την βαθμολόγηση της καλύτερης εναλλακτικής για καθεμία από τις ιεραρχίες ελέγχου, μία κάθε φορά. Κανονικοποίηση των τιμών που προέκυψαν ως αποτέλεσμα της προηγούμενης διαδικασίας και χρήση τους για τον υπολογισμό της συνολικής σύνθεσης των τεσσάρων διανυσμάτων. Για κάθε εναλλακτική, το άθροισμα των σταθμισμένων κοστών και κινδύνων αφαιρείται από το άθροισμα των σταθμισμένων οφελών και ευκαιριών.
12. Διεξαγωγή ανάλυσης ευαισθησίας στο τελικό αποτέλεσμα, δηλαδή έλεγχος αν το τελικό αποτέλεσμα είναι ευσταθές και κατά πόσο επηρεάζεται από αλλαγές στις τιμές των εισόδων (κρίσεις ή προτεραιότητες). Ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δοθεί στο εάν οι αλλαγές αυτές έχουν ως αποτέλεσμα διαφοροποιήσεις στην τελική κατάταξη των εναλλακτικών. Στην περίπτωση που τέτοιες διαφοροποιήσεις υφίστανται, θα πρέπει να εξεταστεί το πόσο σημαντικές είναι και το εάν μπορούν να μετρηθούν.

3.2 Potentially All Pairwise Rankings of all possible Alternatives (PAPRIKA)

Η μέθοδος αναφέρεται ειδικά σε μοντέλα τιμών (value models) με κατηγορίες απόδοσης, όπου κάθε κριτήριο απόδοσης οριοθετείται από αλληλοαναιρούμενες κατηγορίες. Τα σημεία τιμών (point values) για κάθε κατηγορία εκπροσωπούν τόσο τη σχετική σπουδαιότητα όσο και τον βαθμό επίτευξης της συγκεκριμένης διάστασης απόδοσης. Για κάθε εναλλακτική τα σημεία τιμών (point values) προσθέτονται λαμβάνοντας υπόψη όλα τα κριτήρια για να πάρουμε την τελική τιμή με την οποία κατατάσσονται οι εναλλακτικές.

Μια εναλλακτική κυριαρχεί μιας άλλης όταν η μία είναι καλύτερη από την άλλη σε μια τουλάχιστον κατηγορία ενώ δεν είναι χειρότερη σε καμία κατηγορία. Στην περίπτωση αυτή ο αποφασίζων γνωρίζει εκ των προτέρων ποιά εναλλακτική είναι καλύτερη. Αντίθετα για ένα ζεύγος εναλλακτικών όπου η κάθε μία από αυτές είναι καλύτερη σε μια τουλάχιστον κατηγορία τότε η κατάταξη των δύο αυτών εναλλακτικών δεν είναι προφανής και εξαρτάται από τον αποφασίζοντα. Ονομάζουμε αυτά τα ζεύγη κρίσιμα.

Ο αποφασίζων αρχικά κατατάσσει όλα τα κρίσιμα ζεύγη που ορίζονται από μόνο δύο κριτήρια (στην πραγματικότητα είναι κρίσιμα ζεύγη στα οποία όλα τα άλλα κριτήρια είναι ταυτόσημα). Στη συνέχεια ο αποφασίζων προχωράει στην κατάταξη κρίσιμων ζευγών με όλο και περισσότερα κριτήρια μέχρις ότου όλα τα κρίσιμα ζεύγη να έχουν καταταχθεί. Ο αριθμός των κρίσιμων ζευγών που πρέπει να καταταχθούν από τον αποφασίζοντα ελαχιστοποιείται από την μέθοδο, η οποία εντοπίζει και αποκλείει όλα εκείνα τα ζεύγη που έχουν ήδη καταταχθεί ως αποτέλεσμα των προηγούμενων κατατάξεων. Συνεπώς δημιουργείται μια συνολική κατάταξη όλων των εναλλακτικών, από την καλύτερη στην χειρότερη.

Όλα τα παραπάνω μπορούν να γίνουν πιο εύκολα κατανοητά από το παράδειγμα – επίδειξη της μεθόδου που ακολουθεί. Το παράδειγμα αναφέρεται σε ένα πρόβλημα με τρία κριτήρια καθένα από τα οποία έχει δύο κατηγορίες επίδοσης. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται και τα συμπεράσματα που προκύπτουν από το παράδειγμα μπορούν να γενικευτούν σε προβλήματα με περισσότερα κριτήρια απόφασης καθένα από τα οποία έχει περισσότερες κατηγορίες απόδοσης.

- Παράδειγμα – Επίδειξη της μεθόδου (Hansen & Ombler, 2009)

Έστω ότι θέλουμε να κατασκευάσουμε ένα μοντέλο για την κατάταξη των υποψηφίων για μια θέση εργασίας.

Τα κριτήρια με βάση τα οποία θα αξιολογηθούν οι υποψήφιοι είναι :

- a) εκπαίδευση
- b) εμπειρία
- c) συστάσεις

Καθένα από τα οποία έχουν δύο κατηγορίες επίδοσης :

- 1) κακή
- 2) καλή

όπου προφανώς $2 > 1$, δηλαδή προτιμάται ένας υποψήφιος που σε ένα συγκεκριμένο κριτήριο είναι καλύτερος από έναν άλλο.

Έχουμε λοιπόν ένα μοντέλο με $n = 3$ (a, b, c) κριτήρια και $y = 2$ (1,2) κατηγορίες για κάθε κριτήριο τότε θα έχουμε $y^n = 2^3 = 8$ πιθανές εναλλακτικές, τις οποίες συμβολίζουμε 222, 221, 212, 122, 211, 121, 112 και 111.

Για να κατατάξουμε τις 8 αυτές πιθανές εναλλακτικές από την καλύτερη προς την χειρότερη αρκεί να δώσουμε τιμές στα 6 σημεία $a_1, a_2, b_1, b_2, c_1, c_2$.

όπου προφανώς ισχύουν $a_2 > a_1, b_2 > b_1, c_2 > c_1$.

Μια εναλλακτική κυριαρχεί μιας άλλης όταν η μία είναι καλύτερη από την άλλη σε μια τουλάχιστον κατηγορία ενώ δεν είναι χειρότερη σε καμία κατηγορία. Στην περίπτωση αυτή ο αποφασίζων γνωρίζει εκ των προτέρων ποιά εναλλακτική είναι καλύτερη.

Αντίθετα για ένα ζεύγος εναλλακτικών όπου η κάθε μία από αυτές είναι καλύτερη σε μια τουλάχιστον κατηγορία τότε η κατάταξη των δύο αυτών εναλλακτικών δεν είναι προφανής και εξαρτάται από τον αποφασίζοντα. Ονομάζουμε αυτά τα ζεύγη κρίσιμα.

Για παράδειγμα

η εναλλακτική 221 έχει τιμή $a_2 + b_2 + c_1$

η εναλλακτική 212 έχει τιμή $a_2 + b_1 + c_2$

η εναλλακτική 121 έχει τιμή $a_1 + b_2 + c_1$

Συγκρίνοντας την εναλλακτική 221 με την εναλλακτική 121 ή με χρήση συμβολισμού 221 vs 121 προφανώς έχουμε ότι η 1^1 κυριαρχεί της 2^{15} δηλαδή $221 > 121$ αφού σε κάθε περίπτωση

ανάμεσα σε δύο υποψηφίους με ίδια εμπειρία και συστάσεις θα προτιμάται αυτός που έχει καλύτερη εκπαίδευση.

Αντίθετα στην περίπτωση 221 vs 212 έχουμε ένα κρίσιμο ζεύγος αφού δεν προτιμάται εκ των προτέρων κάποια από τις δύο εναλλακτικές. Είναι στην κρίση του αποφασίζοντα να επιλέξει ανάμεσα σε δύο υποψηφίους με ίδια εκπαίδευση και όπου ο ένας έχει περισσότερη εμπειρία και ο άλλος καλύτερες συστάσεις.

Για να εντοπίσουμε ποια ζεύγη είναι κρίσιμα κατασκευάζουμε τον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 8 : εντοπισμός κρίσιμων ζευγών

	222	221	212	122	112	121	211	111
222		^	^	^	^	^	^	^
221			<i>i</i>	<i>ii</i>	<i>iv</i>	^	^	^
212				<i>iii</i>	^	<i>v</i>	^	^
122					^	^	<i>vi</i>	^
112						<i>i*</i>	<i>ii*</i>	^
121							<i>iii*</i>	^
211								^
111								

Στον παραπάνω πίνακα με ^ συμβολίζουμε τα ζεύγη εναλλακτικών που γνωρίζουμε εκ των προτέρων ότι η μία εναλλακτική κυριαρχεί της άλλης.

Τα 9 ζεύγη εναλλακτικών που πρέπει να εξετάσουμε είναι τα παρακάτω :

$$i) 221 \text{ vs } 212 \rightarrow a_2 + b_2 + c_1 \text{ vs } a_2 + b_1 + c_2 \rightarrow b_2 + c_1 \text{ vs } b_1 + c_2$$

$$ii) 221 \text{ vs } 122 \rightarrow a_2 + b_2 + c_1 \text{ vs } a_1 + b_2 + c_2 \rightarrow a_2 + c_1 \text{ vs } a_1 + c_2$$

$$iii) 212 \text{ vs } 122 \rightarrow a_2 + b_1 + c_2 \text{ vs } a_1 + b_2 + c_2 \rightarrow a_2 + b_1 \text{ vs } a_1 + b_2$$

$$iv) 221 \text{ vs } 112 \rightarrow a_2 + b_2 + c_1 \text{ vs } a_1 + b_1 + c_2$$

$$v) 212 \text{ vs } 121 \rightarrow a_2 + b_1 + c_2 \text{ vs } a_1 + b_2 + c_1$$

$$vi) 122 \text{ vs } 211 \rightarrow a_1 + b_2 + c_2 \text{ vs } a_2 + b_1 + c_1$$

$$i^*) 112 \text{ vs } 121 \rightarrow a_1 + b_1 + c_2 \text{ vs } a_1 + b_2 + c_1 \rightarrow b_1 + c_2 \text{ vs } b_2 + c_1$$

$$ii^*) 112 \text{ vs } 211 \rightarrow a_1 + b_1 + c_2 \text{ vs } a_2 + b_1 + c_1 \rightarrow a_1 + c_2 \text{ vs } a_2 + c_1$$

$$iii^*) 121 \text{ vs } 211 \rightarrow a_1 + b_2 + c_1 \text{ vs } a_2 + b_1 + c_1 \rightarrow a_1 + b_2 \text{ vs } a_2 + b_1$$

Παρατηρούμε ότι κάποια από αυτά τα ζεύγη καταλήγουν στην ίδια σύγκριση οπότε έχουμε τελικά τα παρακάτω 6 κρίσιμα ζεύγη :

$$i) b_2 + c_1 \text{ vs } b_1 + c_2$$

$$ii) a_2 + c_1 \text{ vs } a_1 + c_2$$

$$iii) a_2 + b_1 \text{ vs } a_1 + b_2$$

$$iv) a_2 + b_2 + c_1 \text{ vs } a_1 + b_1 + c_2$$

$$v) a_2 + b_1 + c_2 \text{ vs } a_1 + b_2 + c_1$$

$$vi) a_1 + b_2 + c_2 \text{ vs } a_2 + b_1 + c_1$$

Είναι στην κρίση του αποφασίζοντα να κατατάξει τα εναπομείναντα ζεύγη. Για παράδειγμα για το ζεύγος i ο αποφασίζων θα πρέπει να επιλέξει ανάμεσα σε δύο υποψηφίους με την ίδια εκπαίδευση αν προτιμά αυτόν με την μεγαλύτερη εμπειρία ή αυτόν με τις καλύτερες συστάσεις.

Έστω ότι ο αποφασίζων επιλέγει τα παρακάτω :

$$1) b_2 + c_1 > b_1 + c_2$$

$$2) a_2 + c_1 < a_1 + c_2$$

$$3) a_2 + b_1 + c_2 > a_1 + b_2 + c_1$$

Οι τρεις αυτές σχέσεις αρκούν για να καθοριστούν πλήρως τα 6 ζητούμενα κρίσιμα ζεύγη. Πιο αναλυτικά: από την 1^η σχέση καθορίζεται άμεσα το ζεύγος i και έμμεσα το ζεύγος iv , από την 2^η σχέση καθορίζεται άμεσα το ζεύγος ii και έμμεσα το ζεύγος vi , από την 3^η σχέση καθορίζεται άμεσα το v ζεύγος και συνδυάζοντας τις σχέσεις 1,2 καθορίζεται το ζεύγος iii .

Από τα παραπάνω και επειδή $a_2 > a_1$, $b_2 > b_1$, $c_2 > c_1$ προκύπτει ότι $b_2 > c_2 > a_2$. Επομένως μπορούμε να δώσουμε τιμές στα $a_1, a_2, b_1, b_2, c_1, c_2$. Έστω λοιπόν $a_1 = 0, a_2 = 2, b_1 = 0, b_2 = 4, c_1 = 1, c_2 = 3$ τότε οι πιθανές εναλλακτικές μπορούν να πάρουν τιμές. Για παράδειγμα η εναλλακτική 221 παίρνει την τιμή $2+4+0=6$.

Επομένως μπορούμε να κατατάξουμε τις εναλλακτικές από την καλύτερη στην χειρότερη ως εξής : 222, 122, 221, 212, 121, 112, 211, 111.

3.3 Superiority and Inferiority Ranking (SIR)

Η SIR χρησιμοποιεί δύο είδη πληροφορίας, την πληροφορία υπεροχής ή ανωτερότητας (superiority) και την πληροφορία κατωτερότητας (inferiority). Έτσι προκύπτουν δύο είδη ροών, η ροή υπεροχής και η ροή κατωτερότητας. Η SIR αξιοποιεί τις ροές αυτές για να κατατάξει μερικώς ή ολικώς τις εναλλακτικές. Στην συνέχεια παρουσιάζεται αναλυτικά η μέθοδος (Χιαozhan, 2001):

Έστω ότι έχουμε ένα πολυκριτηριακό πρόβλημα απόφασης με m εναλλακτικές και n κριτήρια. Έστω A_1, A_2, \dots, A_m οι εναλλακτικές και g_1, g_2, \dots, g_n τα κριτήρια. Συμβολίζουμε με $g_j(A_i)$ την τιμή απόδοσης της εναλλακτικής i σε σχέση με το κριτήριο j όπου $i = 1, 2, \dots, m$ και $j = 1, 2, \dots, n$. Κατασκευάζουμε την μήτρα απόφασης $D = [g_j(A_i)]_{m \times n}$ όπου $i = 1, 2, \dots, m$ και $j = 1, 2, \dots, n$.

Χωρίς βλάβη της γενικότητας θα υποθέσουμε ότι επιδιώκουμε την μεγιστοποίηση όλων των κριτηρίων.

Έστω δύο εναλλακτικές A και A' και ένα κριτήριο g τότε $g(A)$ και $g(A')$ θα είναι οι τιμές απόδοσης των εναλλακτικών A και A' αντίστοιχα σε σχέση με το κριτήριο g . Συμβολίζουμε με $P(A, A')$ τον βαθμό προτίμησης ή υπεροχής της εναλλακτικής A επί της εναλλακτικής A' :

$$P(A, A') = f(g(A) - g(A')) = f(d)$$

όπου f μια μη φθίνουσα συνάρτηση $R \rightarrow [0, 1]$ τέτοια ώστε $f(d) = 0$ για $d \leq 0$.

Για κάθε εναλλακτική i ορίζουμε τον δείκτη υπεροχής $S_j(A_i)$ και τον δείκτη κατωτερότητας $I_j(A_i)$ σε σχέση με το κριτήριο j :

$$S_j(A_i) = \sum_{k=1}^m P_j(A_i, A_k) = \sum_{k=1}^m f_j(g_j(A_i) - g_j(A_k))$$

$$I_j(A_i) = \sum_{k=1}^m P_j(A_k, A_i) = \sum_{k=1}^m f_j(g_j(A_k) - g_j(A_i))$$

και επειδή $f(d) = 0$ για $d \leq 0$ έχουμε :

$$S_j(A_i) = \sum_{k=1}^m \{ f_j(g_j(A_i) - g_j(A_k)) \mid g_j(A_i) > g_j(A_k) \}$$

$$I_j(A_i) = \sum_{k=1}^m \{ f_j(g_j(A_k) - g_j(A_i)) \mid g_j(A_i) < g_j(A_k) \}$$

Αφού υπολογίσουμε τους παραπάνω δείκτες κατασκευάζουμε την μήτρα υπεροχής $S = [S_j(A_i)]_{m \times n}$ και την μήτρα κατωτερότητας $I = [I_j(A_i)]_{m \times n}$ όπου $i = 1, 2, \dots, m$ και $j = 1, 2, \dots, n$.

Στην συνέχεια κάνοντας χρήση κάποιας κατάλληλης μεθόδου την οποία συμβολίζουμε V βρίσκουμε την ροή υπεροχής $\varphi^>(A_i) =$ και την ροή κατωτερότητας $\varphi^<(A_i) :$

$$\varphi^>(A_i) = V [S_1(A_i), S_2(A_i), \dots, S_n(A_i)]$$

$$\varphi^<(A_i) = V [I_1(A_i), I_2(A_i), \dots, I_n(A_i)]$$

Η μέθοδος V μπορεί για παράδειγμα να είναι η WSM ή η TOPSIS. Έστω ότι επιλέγαμε να χρησιμοποιήσουμε την WSM τότε :

$$\varphi^>(A_i) = \sum_{j=1}^n w_j * S_j(A_i)$$

$$\varphi^<(A_i) = \sum_{j=1}^n w_j * I_j(A_i)$$

Όσο μεγαλύτερη τιμή έχει η ροή υπεροχής και όσο μικρότερη τιμή έχει η ροή κατωτερότητας μιας εναλλακτικής τόσο καλύτερη είναι η εναλλακτική.

Σύμφωνα με την φθίνουσα σειρά των $\varphi^>(A_i)$ από την μεγαλύτερη στην μικρότερη λαμβάνουμε την κατάταξη $R_> = \{P_>, I_>\}$ των εναλλακτικών με βάση τις παρακάτω σχέσεις :

σχέση προτίμησης :

$$AP_> A' \text{ αν και μόνο αν } \varphi^>(A) > \varphi^>(A')$$

σχέση αδιαφορίας :

$$AI_> A' \text{ αν και μόνο αν } \varphi^>(A) = \varphi^>(A')$$

Αντίστοιχα, Σύμφωνα με την αύξουσα σειρά των $\varphi^<(A_i)$ από την μικρότερη στην μεγαλύτερη λαμβάνουμε την κατάταξη $R_< = \{P_<, I_<\}$ των εναλλακτικών με βάση τις παρακάτω σχέσεις :

σχέση προτίμησης :

$$AP_< A' \text{ αν και μόνο αν } \varphi^<(A) < \varphi^<(A')$$

σχέση αδιαφορίας :

$$AI_< A' \text{ αν και μόνο αν } \varphi^<(A) = \varphi^<(A')$$

Εν γένει οι δύο αυτές κατατάξεις είναι διαφορετικές και συνδυαστικά δίνουν την μερική κατάταξη των εναλλακτικών $R = \{P, I, R\} = R_> \cap R_<$ με βάση τις παρακάτω σχέσεις :

σχέση προτίμησης :

$$APA' \text{ αν και μόνο αν } (AP_> A' \text{ και } AP_< A') \text{ ή } (AP_> A' \text{ και } AI_< A') \text{ ή } (AI_> A' \text{ και } AP_< A')$$

σχέση αδιαφορίας :

$$AIA' \text{ αν και μόνο αν } AI_> A' \text{ και } AI_< A'$$

σχέση μη συγκρισιμότητας :

$$ARA' \text{ αν και μόνο αν } (AP_> A' \text{ και } A'P_< A) \text{ ή } (A'P_> A \text{ και } AP_< A')$$

Για να βρούμε την πλήρη κατάταξη των εναλλακτικών πρέπει πρώτα να κατασκευάσουμε κάποια συνδυαστική ροή που προκύπτει από την ροή υπεροχής $\varphi^>(A_i) =$ και την ροή κατωτερότητας $\varphi^<(A_i)$. Για παράδειγμα μπορούμε να κατασκευάσουμε την καθαρή ροή $\varphi_n(A_i)$ ή την σχετική ροή :

$$\varphi_n(A_i) = \varphi^>(A_i) - \varphi^<(A_i)$$

$$\varphi_r(A_i) = \frac{\varphi^>(A_i)}{\varphi^>(A_i) + \varphi^<(A_i)}$$

Από την καθαρή ροή λαμβάνουμε την κατάταξη R_n . Αντίστοιχα από την σχετική ροή λαμβάνουμε την κατάταξη R_r . Και οι δύο αυτές κατατάξεις αποτελούν πλήρεις κατατάξεις των εναλλακτικών.

3.4 Dominance-based Rough Set Approach (DRSA)

Η DRSA αποτελεί επέκταση της (rough) θεωρίας συνόλων για την πολυκριτηριακή ανάλυση αποφάσεων η οποία αναπτύχθηκε αρχικά από τους Greco, Matarazzo και Slowinski (Greco, Matarazzo, & Słowiński, Rough sets theory for multi-criteria decision analysis, 2001).

Στην DRSA τα δεδομένα συχνά παρουσιάζονται με τη βοήθεια ενός πίνακα αποφάσεων $S = \langle U, Q, V, f \rangle$ όπου

U είναι ένα πεπερασμένο σύνολο που περιέχει τα αντικείμενα του προβλήματος απόφασης

Q είναι ένα πεπερασμένο σύνολο που περιέχει τα κριτήρια του προβλήματος απόφασης

αν V_q είναι το πεδίο τιμών του κριτηρίου q τότε :

$$V = \bigcup_{q \in Q} V_q$$

f είναι η συνάρτηση πληροφορίας $f : U \times Q \rightarrow V$ τέτοια ώστε :

$$f(x, q) \in V_q, \forall (x, q) \in U \times Q$$

Το σύνολο Q διασπάται στα σύνολα $C \neq \emptyset$ και $D \neq \emptyset$ τα οποία περιλαμβάνουν τα κριτήρια κατάστασης και απόφασης αντίστοιχα.

Για κάθε διαφορετική τιμή ενός κριτηρίου απόφασης μπορούμε να κατασκευάσουμε ένα σύνολο Cl_i , το οποίο ονομάζουμε κλάση και περιέχει όλα τα αντικείμενα με τιμή i στο συγκεκριμένο κριτήριο απόφασης. Συμβολίζουμε με Cl_t^{\geq} και Cl_t^{\leq} τις προς τα άνω και προς τα κάτω ενώσεις κλάσεων αντίστοιχα :

$$Cl_t^{\geq} = \bigcup_{i \geq t} Cl_i$$

$$Cl_t^{\leq} = \bigcup_{i \leq t} Cl_i$$

Λέμε ότι το x κυριαρχεί του y όσον αφορά το $P \subseteq C$ και συμβολίζουμε με $x D_p y$ αν και μόνο αν για κάθε κριτήριο του P το x είναι καλύτερο ή ίσο από το y .

προφανώς ισχύουν οι παρακάτω ιδιότητες :

ανακλαστική ιδιότητα : $x D_p x, \forall x \in P$

μεταβατική ιδιότητα : $x D_p y$ και $y D_p z \rightarrow x D_p z, \forall x, y, z \in P$

Για κάθε στοιχείο του P υπολογίζουμε τα σύνολα D_p^+ και D_p^- από τις παρακάτω σχέσεις :

$$D_p^+(x) = \{ y \in U \mid y D_p x \}$$

$$D_p^-(x) = \{ y \in U \mid x D_p y \}$$

Για καθεμία από τις ενώσεις κλάσεων Cl_t^{\geq} και Cl_t^{\leq} που βρήκαμε παραπάνω υπολογίζουμε δύο σύνολα προσεγγίσεις \bar{P} και \underline{P} , τα οποία εκφράζουν τις άνω και κάτω προσεγγίσεις αντίστοιχα και δίνονται σύμφωνα με τις παρακάτω εξισώσεις :

$$\underline{P}(Cl_t^{\geq}) = \{ x \in U \mid D_p^+(x) \subseteq Cl_t^{\geq} \}$$

$$\bar{P}(Cl_t^{\geq}) = \{ x \in U \mid D_p^-(x) \cap Cl_t^{\geq} \neq \emptyset \}$$

$$\underline{P}(Cl_t^{\leq}) = \{ x \in U \mid D_p^-(x) \subseteq Cl_t^{\leq} \}$$

$$\bar{P}(Cl_t^{\leq}) = \{ x \in U \mid D_p^+(x) \cap Cl_t^{\leq} \neq \emptyset \}$$

Προφανώς ισχύουν οι σχέσεις :

$$\underline{P}(Cl_t^{\geq}) \subseteq Cl_t^{\geq} \subseteq \bar{P}(Cl_t^{\geq})$$

$$\underline{P}(Cl_t^{\leq}) \subseteq Cl_t^{\leq} \subseteq \bar{P}(Cl_t^{\leq})$$

Τα όρια των Cl_t^{\geq} και Cl_t^{\leq} υπολογίζονται εύκολα από τις εξισώσεις :

$$Bn_p(Cl_t^{\geq}) = \bar{P}(Cl_t^{\geq}) - \underline{P}(Cl_t^{\geq})$$

$$Bn_p(Cl_t^{\leq}) = \bar{P}(Cl_t^{\leq}) - \underline{P}(Cl_t^{\leq})$$

Με βάση τις προσεγγίσεις που υπολογίσαμε προηγουμένως, είναι δυνατόν να δημιουργήσουμε μια γενικευμένη περιγραφή της πληροφορίας προτίμησης, που περιέχεται στον πίνακα απόφασης, με τη μορφή κανόνων απόφασης. Οι κανόνες απόφασης είναι εκφράσεις της μορφής : *αν (συνθήκη) τότε (συνέπεια)*, η οποία αναπαριστά μια μορφή εξάρτησης μεταξύ των κριτηρίων κατάστασης και των κριτηρίων απόφασης. Διακρίνουμε τρία είδη κανόνων απόφασης (An, Chen, & Tong, 2011):

- Σίγουροι
- Πιθανοί
- Προσεγγιστικοί

Ο πιο διαδεδομένος αλγόριθμος που παράγει ένα ελάχιστο σύνολο κανόνων απόφασης ονομάζεται DOMLEM (Greco, Matarazzo, Słowiński, & Stefanowski, 2001).

Στα παρακάτω θα συμβολίζουμε με \wedge το λογικό και μεταξύ των εκφράσεων.

Σίγουροι κανόνες

Οι σίγουροι κανόνες προκύπτουν από κάτω προσεγγίσεις \underline{P} και έχουν την γενική μορφή :

$$\text{αν } \bigwedge_j (f(x, q_j) \geq r_{q_j}) \text{ τότε } x \in Cl_t^{\geq}$$

$$\text{αν } \bigwedge_j (f(x, q_j) \leq r_{q_j}) \text{ τότε } x \in Cl_t^{\leq}$$

Πιθανοί κανόνες

Οι πιθανοί κανόνες προκύπτουν από άνω προσεγγίσεις \overline{P} και έχουν την γενική μορφή :

$$\text{αν } \bigwedge_j (f(x, q_j) \geq r_{q_j}) \text{ τότε } x \text{ μπορεί να ανήκει στο } Cl_t^{\geq}$$

$$\text{αν } \bigwedge_j (f(x, q_j) \leq r_{q_j}) \text{ τότε } x \text{ μπορεί να ανήκει στο } Cl_t^{\leq}$$

Προσεγγιστικοί κανόνες

Οι προσεγγιστικοί κανόνες προκύπτουν από τα όρια Bn_p και έχουν την γενική μορφή :

$$\text{αν } \left(\bigwedge_j (f(x, q_j) \geq r_{q_j}) \right) \wedge \left(\bigwedge_k (f(x, q_k) \leq r_{q_k}) \right) \text{ τότε } x \in Bn_p(Cl_t^{\geq})$$

$$\text{αν } \left(\bigwedge_j (f(x, q_j) \geq r_{q_j}) \right) \wedge \left(\bigwedge_k (f(x, q_k) \leq r_{q_k}) \right) \text{ τότε } x \in Bn_p(Cl_t^{\leq})$$

- Παράδειγμα

Έστω ο πίνακας απόφασης $S = \langle U, Q, V, f \rangle$ είναι :

Πίνακας 9 : δεδομένα παραδείγματος DRSA

	<i>Μαθηματικά</i>	<i>Φυσική</i>	<i>Ιστορία</i>	<i>Τελικός Βαθμός</i>
x_1	B	B	C	C
x_2	A	B	C	B
x_3	B	A	C	B
x_4	C	B	A	C
x_5	C	C	B	C
x_6	C	B	B	B
x_7	A	A	C	A
x_8	A	B	B	B
x_9	B	B	A	A
x_{10}	A	B	A	A

Τα αντικείμενα του παραδείγματος είναι φοιτητές στους οποίους, αντί να αναφερόμαστε με τα ονοματεπώνυμά τους, για λόγους συντομίας αντιστοιχίζουμε με x_i όπου $i = 1, \dots, 10$. Συνεπώς το σύνολο των αντικειμένων U είναι :
 $U = \{ x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10} \}$

Οι φοιτητές εξετάζονται σε 3 μαθήματα : Μαθηματικά, Φυσική και Ιστορία και ανάλογα με τις επιδόσεις τους σε αυτά παίρνουν έναν Τελικό Βαθμό. Οπότε το σύνολο των κριτηρίων Q είναι :
 $Q = \{ \text{Μαθηματικά, Φυσική, Ιστορία, Τελικός Βαθμός} \}$

Όπως γνωρίζουμε το σύνολο Q διασπάται στα σύνολα $C \neq \emptyset$ και $D \neq \emptyset$ τα οποία περιλαμβάνουν τα κριτήρια κατάστασης και απόφασης αντίστοιχα οπότε :

$$C = \{ \text{Μαθηματικά, Φυσική, Ιστορία} \} \text{ και } D = \{ \text{Τελικός Βαθμός} \}$$

Οι φοιτητές αξιολογούνται σε κάθε μάθημα με έναν βαθμό A, B ή C ανάλογα με την απόδοσή τους, οπότε πεδίο τιμών V είναι : $V = \{ \text{A, B, C} \}$

Η συνάρτηση πληροφορίας είναι τέτοια ώστε π.χ. $f(x_3, \text{Ιστορία}) = \text{C}$

Σύμφωνα με το κριτήριο απόφασης οι φοιτητές διαιρούνται σε τρεις κλάσεις :

$$Cl_1 = Cl_C = \{x_1, x_4, x_5\}$$

$$Cl_2 = Cl_B = \{x_2, x_3, x_6, x_8\}$$

$$Cl_3 = Cl_A = \{x_7, x_9, x_{10}\}$$

από τις οποίες προκύπτουν οι παρακάτω ενώσεις κλάσεων :

$$Cl_2^{\geq} = \{x_2, x_3, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}\}$$

$$Cl_3^{\geq} = \{x_7, x_9, x_{10}\}$$

$$Cl_1^{\leq} = \{x_1, x_4, x_5\}$$

$$Cl_2^{\leq} = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_8\}$$

Για κάθε στοιχείο του $P = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}\}$ υπολογίζουμε τα σύνολα D_P^+ και D_P^- . Τα αποτελέσματα των υπολογισμών φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί :

Πίνακας 10 : υπολογισμοί παραδείγματος DRSA

	$D_P^+(x)$	$D_P^-(x)$
x_1	$\{x_1, x_2, x_3, x_7, x_8, x_9, x_{10}\}$	$\{x_1\}$
x_2	$\{x_2, x_7, x_8, x_{10}\}$	$\{x_1, x_2\}$
x_3	$\{x_3, x_7\}$	$\{x_1, x_3\}$
x_4	$\{x_4, x_9, x_{10}\}$	$\{x_4, x_5, x_6\}$
x_5	$\{x_4, x_5, x_6, x_8, x_9, x_{10}\}$	$\{x_5\}$
x_6	$\{x_4, x_6, x_8, x_9, x_{10}\}$	$\{x_5, x_6\}$
x_7	$\{x_7\}$	$\{x_1, x_2, x_3, x_7\}$
x_8	$\{x_8, x_{10}\}$	$\{x_1, x_2, x_5, x_6, x_8\}$
x_9	$\{x_9, x_{10}\}$	$\{x_1, x_4, x_5, x_6, x_9\}$
x_{10}	$\{x_{10}\}$	$\{x_1, x_2, x_4, x_5, x_6, x_8, x_9, x_{10}\}$

Από τον παραπάνω πίνακα υπολογίζουμε για κάθε ένωση κλάσεων τις άνω και κάτω προσεγγίσεις \bar{P} και \underline{P} καθώς και τα όρια Bn_P :

$$\underline{P}(Cl_2^{\geq}) = \{x_2, x_3, x_7, x_8, x_9, x_{10}\}$$

$$\bar{P}(Cl_2^{\geq}) = \{x_2, x_3, x_4, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}\}$$

$$Bn_P(Cl_2^{\geq}) = \{x_4, x_6\}$$

$$\underline{P}(Cl_3^{\geq}) = \{x_7, x_9, x_{10}\}$$

$$\bar{P}(Cl_3^{\geq}) = \{x_7, x_9, x_{10}\}$$

$$Bn_P(Cl_3^{\geq}) = \emptyset$$

$$\underline{P}(Cl_1^{\leq}) = \{x_1, x_5\}$$

$$\overline{P}(Cl_1^{\leq}) = \{x_1, x_4, x_5, x_6\}$$

$$Bn_p(Cl_1^{\leq}) = \{x_4, x_6\}$$

$$\underline{P}(Cl_2^{\leq}) = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_8\}$$

$$\overline{P}(Cl_2^{\leq}) = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_8\}$$

$$Bn_p(Cl_2^{\leq}) = \emptyset$$

Με την εφαρμογή ενός αλγορίθμου, όπως π.χ. DOMLEM, προκύπτουν οι εξής κανόνες απόφασης :

1. αν Φυσική $\leq \mathbf{C}$ τότε Τελικός Βαθμός $\leq \mathbf{C}$
2. αν Ιστορία $\leq \mathbf{C}$ και Φυσική $\leq \mathbf{B}$ και Μαθηματικά $\leq \mathbf{B}$ τότε Τελικός Βαθμός $\leq \mathbf{C}$
3. αν Μαθηματικά $\leq \mathbf{B}$ τότε Τελικός Βαθμός $\leq \mathbf{B}$
4. αν Ιστορία $\leq \mathbf{B}$ και Φυσική $\leq \mathbf{B}$ τότε Τελικός Βαθμός $\leq \mathbf{B}$
5. αν Μαθηματικά $\leq \mathbf{B}$ και Ιστορία $\leq \mathbf{C}$ τότε Τελικός Βαθμός $\leq \mathbf{B}$
6. αν Ιστορία $\geq \mathbf{A}$ και Μαθηματικά $\geq \mathbf{B}$ τότε Τελικός Βαθμός $\geq \mathbf{A}$
7. αν Φυσική $\geq \mathbf{A}$ και Μαθηματικά $\geq \mathbf{A}$ τότε Τελικός Βαθμός $\geq \mathbf{A}$
8. αν Μαθηματικά $\geq \mathbf{A}$ τότε Τελικός Βαθμός $\geq \mathbf{B}$
9. αν Φυσική $\geq \mathbf{A}$ τότε Τελικός Βαθμός $\geq \mathbf{B}$
10. αν Μαθηματικά $\leq \mathbf{C}$ και Φυσική $\geq \mathbf{B}$ τότε Τελικός Βαθμός $\leq \mathbf{B}$

Οι κανόνες απόφασης 1 έως 9 είναι Σίγουροι ενώ ο 10 είναι προσεγγιστικός.

3.5 Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis (SMAA)

Οι Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis (SMAA) μέθοδοι έχουν αναπτυχθεί για διακριτά πολυκριτηριακά προβλήματα, όπου τα δεδομένα των κριτηρίων είναι αβέβαια ή ανακριβή και όπου για κάποιο λόγο είναι δύσκολο να ανακτηθούν ακριβείς ή γενικά οποιεσδήποτε πληροφορίες σχετικά με τη στάθμιση για τον αποφασίζοντα (Lahdelma & Salminen, 2001). Οι SMAA μέθοδοι βασίζονται στο ότι εξερευνούν το διάστημα των βαρών με σκοπό να περιγράψουν τις προτιμήσεις που θα κάνουν κάθε ενδεχόμενο το επικρατούμενο ή να δώσουν μια ορισμένη σειρά για μια συγκεκριμένη εναλλακτική λύση.

Στην αρχική SMAA μέθοδος η ανάλυση του διαστήματος των βαρών πραγματοποιείται βασιζόμενη σε μια επιπρόσθετη χρησιμότητα ή συνάρτηση και στοχαστικά δεδομένα για τα κριτήρια.

Η SMAA-2 μέθοδος γενικεύει την ανάλυση σε μια γενική χρησιμότητα ή συνάρτηση αξίας, για να εμπεριέχει διάφορα είδη πληροφοριών σχετικών με την προτίμηση και να εξετάσει ολιστικά όλες τις τάξεις. Η SMAA-2 αναπτύχθηκε για καταστάσεις όπου δεν υπάρχει ακριβή γνώση των μετρήσεων των κριτηρίων αλλά και των βαρών.

Η SMAA-3 μέθοδος είναι βασισμένη στα λεγόμενα ψευδοκριτήρια όπως και η ELECTRE III (Lahdelma & Salminen, Pseudo-criteria versus linear utility function in stochastic multicriteria acceptability analysis, 2002).

Η SMAA-O μέθοδος επεκτείνει την SMAA-2 για να αντιμετωπίζει μεικτά τακτικά και μη κριτήρια με παρεμφερή τρόπο.

Η SMAA-2 μέθοδος (Kangas, Kangas, Lahdelma, & Salminen, 2006)

Το πρόβλημα λήψης απόφασης αναπαρίσταται ως ένα σύνολο m εναλλακτικών λύσεων (x_1, x_2, \dots, x_m) που θα αξιολογηθεί βάσει n κριτηρίων. Το οικοδόμημα προτίμησης του αποφασίζοντα αναπαρίσταται από μια πραγματική τιμή χρησιμότητας ή συνάρτησης αξίας $u(x_i, w)$, όπου το διάνυσμα βάρους w χρησιμοποιείται για να ποσοτικοποιήσει τις υποκειμενικές προτιμήσεις του αποφασίζοντα. Αβέβαια ή μη ακριβή κριτήρια αναπαρίσταντο από μια μήτρα στοχαστικών μεταβλητών ξ_{ij} με συνάρτηση κοινής πυκνότητας $f(\xi)$ στο διάστημα $X \subseteq \mathbb{R}^{m \times n}$. Οι άγνωστες ή μερικώς γνωστές προτιμήσεις του αποφασίζοντα αναπαρίσταντο με μια διανομή βάρους με συνάρτηση κοινής πυκνότητας $f(w)$ στο εφικτό διάστημα βάρους W . Αυτό διευκολύνει ευέλικτη μοντελοποίηση διαφορετικών ειδών πληροφοριών προτίμησης. Για παράδειγμα, οι αποφασίζοντες μπορούν να καθορίσουν ακριβή βάρη, μια σειρά προτεραιότητας για τα κριτήρια, διαστήματα βάρους, διαστήματα για αναλογίες βαρών ή αυθαίρετους γραμμικούς ή μη περιορισμούς για βάρη.

Ολική απουσία πληροφοριών προτίμησης αναπαρίσταται υπό 'Bayesian' πνεύμα από μια ομοιόμορφη κατανομή βάρους στο W . Το διάστημα βάρους μπορεί να οριστεί σύμφωνα με τις εκάστοτε ανάγκες, αλλά τυπικά, τα βάρη είναι μη αρνητικά και κανονικοποιημένα.

$$W = \left\{ w \in \mathbb{R}^n \mid w \geq 0 \text{ και } \sum_{j=1}^n w_j = 1 \right\}$$

Η συνάρτηση τότε χρησιμοποιείται για να χαρτογραφήσει τα στοχαστικά κριτήρια και διανομές βαρών σε διανομές αξίας $u(\xi_i, w)$. Βάσει των διανομών αξίας, η θέση κάθε εναλλακτικής λύσης καθορίζεται ως ένας ακέραιος μέγιστης τάξης (δηλαδή μονάδα) έως χειρίστης (δηλαδή m) μέσω της συνάρτησης κατάταξης.

$$\text{rank}(i, \xi, w) = 1 + \sum_{k=1}^m \rho(u(\xi_k, w) > u(\xi_i, w))$$

όπου $\rho(\text{true}) = 1$ και $\rho(\text{false}) = 0$. Με σταθερά βάρη w και πραγματοποίηση ξ της μήτρας στοχαστικών κριτηρίων, ο τύπος αυτός υπολογίζει τη θέση της εναλλακτικής λύσης x_k που είναι αυστηρά καλύτερες από την x_i . Η SMAA-2 βασίζεται στην ανάλυση των στοχαστικών συνόλων των ευνοϊκότερων συντελεστών κατάταξης.

$$W_i^r(\xi) = \{ w \in W \mid \text{rank}(i, \xi, w) = r \}$$

Οποιοδήποτε διάνυσμα βάρους $w \in W_i^r(\xi)$ έχει ως αποτέλεσμα τέτοιες τιμές για διαφορετικές εναλλακτικές λύσεις εκτός της εναλλακτικής λύσης x_i έχει θέση r .

Η πρώτη περιγραφική μέτρηση της SMAA-2 είναι η *τάξη δεικτη αποδοχής* b_i^r , που μετράει την ποικιλία των διαφορετικών προτιμήσεων που χορηγεί στην εναλλακτική λύση x_i τάξη r . Είναι μερίδιο όλων των εφικτών βαρών που κάνει την εναλλακτική λύση αποδεκτή για μια συγκεκριμένη τάξη και είναι, για λόγους ευκολίας, εκφρασμένο σε ποσοστό. Ο b_i^r υπολογίζεται αριθμητικά ως ένα πολυδιάστατο ολοκλήρωμα των διανομών των κριτηρίων και των ευνοϊκότερων συντελεστών κατάταξης ως εξής :

$$b_i^r = \int_x f(\xi) \int_{W_i^r(\xi)} f(w) dw d\xi$$

Οι περισσότερο αποδεκτές (καλύτερες) εναλλακτικές λύσεις είναι αυτές με υψηλές αποδοχές για τις καλύτερες θέσεις. Προφανώς, η τάξη δεικτών αποδοχής κυμαίνεται στο διάστημα $[0, 1]$ όπου το 0 δείχνει ότι η εναλλακτική λύση δεν θα αποκτήσει ποτέ μια δοθείσα θέση και το 1 δείχνει ότι η εναλλακτική λύση θα αποκτάει πάντα τη δοθείσα θέση ανεξαρτήτως επιλογής κριτηρίων. Για σύγκριση των τρόπων που οι διαφορετικές ποικιλίες βαρών υποστηρίζουν κάθε θέση για κάθε εναλλακτική λύση είναι χρήσιμη η γραφική εξέταση της τάξης δεικτών αποδοχής. Εναλλακτικές λύσεις με υψηλές αποδοχές για τις καλύτερες θέσεις λαμβάνονται ως υποψήφιοι για την πιο αποδεκτή λύση.

Από την άλλη, εναλλακτικές λύσεις με μεγάλες αποδοχές για τις χειρότερες τάξεις πρέπει να αποφεύγονται όταν αναζητούνται συμβιβασμοί, ακόμα και αν έχουν υψηλές αποδοχές επίσης για κανονικές τάξεις.

Ο δείκτης αποδοχής πρώτης τάξης λέγεται *δείκτης αποδοχής* a_i . Ο δείκτης αποδοχής είναι ιδιαίτερα ενδιαφέροντας γιατί μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ταξινόμηση των εναλλακτικών λύσεων σε στοχαστικά αποδοτικές ($a_i > 0$) και σε μη αποδοτικές ή "ασθενώς αποδοτικές" (a_i μηδέν ή κοντά στο μηδέν). Ο δείκτης αποδοχής, όχι μόνο αναγνωρίζει τις αποδοτικές εναλλακτικές λύσεις, αλλά επίσης μετράει τη δύναμη της αποδοτικότητας λαμβάνοντας υπόψη την αβεβαιότητα στα κριτήρια και στις προτιμήσεις του αποφασίζοντα. Αν η εφαρμοσμένη διανομή βάρους υποτεθεί ότι αναπαριστά με ακρίβεια τη διανομή των πολλαπλών προτιμήσεων του αποφασίζοντα, τότε ο δείκτης αποδοχής είναι το μερίδιο των ψήφων που θα λάβει μια εναλλακτική λύση σε μια κατάσταση ψηφοφορίας. Μια εναλλακτική λύση που έχει λάβει πάνω από 50% αποδοχή (ή κάποια άλλη πιστοποιημένη πλειοψηφία) μπορεί τότε να επιλεγεί αμέσως. Στην γενική περίπτωση, όταν η εφαρμοσμένη διανομή βάρους δεν μπορεί να υποτεθεί ότι αναπαριστά τις διαφορετικές προτιμήσεις με ακρίβεια, οι δείκτες αποδοχής δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται για απόλυτη κατάταξη των εναλλακτικών. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι μία εναλλακτική με χαμηλή υποστήριξη για πρώτη τάξη μπορεί κάλλιστα να είναι η προτιμότερη με κατάλληλες προτιμήσεις.

Ο ολιστικός δείκτης αποδοχής μπορεί να υπολογιστεί για κάθε εναλλακτική ως ένα σταθμισμένο άθροισμα των τάξεων αποδοχής

$$a_i^h = \sum_{r=1}^m a_r b_i^r$$

όπου κατάλληλα μετα-βάρη (ή βάρη κατάταξης)

$$1 = a_1 \geq a_2 \geq \dots \geq a_m \geq 0$$

χρησιμοποιούνται για να τονίσουν τις καλύτερες τάξεις. Ένας τύπος υπολογισμού αυτών των βαρών κατάταξης είναι ο εξής :

$$a_r = \frac{\sum_{i=r}^{m-1} \frac{1}{i}}{\sum_{i=1}^{m-1} \frac{1}{i}}$$

$$r = 1, \dots, m - 1$$

Ο ολιστικός δείκτης αποδοχής κυμαίνεται στο διάστημα $[0,1]$ και έχει ως στόχο να παρέχει ένα μέτρο της συνολικής αποδοχής των εναλλακτικών. Ο ολιστικός δείκτης αποδοχής δεν πρέπει να χρησιμοποιείται για απόλυτη ταξινόμηση των εναλλακτικών επειδή διαφορετικά μετα-βάρη παράγουν ελαφρώς διαφορετικά αποτελέσματα και η επιλογή των μετα-βαρών είναι υποκειμενική. Υπάρχουν πολλοί τρόποι για την επιλογή των μετα-βαρών. Οι ολιστικοί δείκτες αποδοχής έχουν μια σημαντική πρακτική χρήση: η διαλογή των εναλλακτικών σύμφωνα με τον ολιστικό δείκτη αποδοχής φέρνει παρόμοιες εναλλακτικές κοντά μεταξύ τους και κάνει το γράφημα και τον πίνακα τάξης δείκτη αποδοχής πολύ πιο περιγραφικούς.

Το κεντρικό διάνυσμα βάρους w_i^C είναι το αναμενόμενο κέντρο βαρύτητας (κεντροειδές) των ευνοϊκότερων πρώτης τάξης βαρών μιας εναλλακτικής. Ο w_i^C υπολογίζεται αριθμητικά ως ένα πολυδιάστατο ολοκλήρωμα των διανομών των κριτηρίων και των ευνοϊκότερων πρώτης τάξης βαρών

$$w_i^C = \int_x f(\xi) \int_{W_i^1(\xi)} f(w) w \, dw d\xi / a_i$$

Το κεντρικό διάνυσμα βάρους αναπαριστά τις προτιμήσεις ενός υποθετικού αποφασίζοντα που υποστηρίζει την εναλλακτική. Φυσικά, οι πραγματικές προτιμήσεις του αποφασίζοντα μπορεί να είναι περισσότερο ή λιγότερο ασυμβίβαστες με τα κεντρικά διανύσματα βαρών. Ακόμα και έτσι, η παρουσίαση των κεντρικών βαρών των διαφορετικών εναλλακτικών στον αποφασίζοντα μπορεί να τον βοηθήσει να καταλάβει πως διαφορετικά βάρη αντιστοιχούν σε διαφορετικές επιλογές με το υποτιθέμενο μοντέλο προτίμησης. Αυτές οι πληροφορίες, είναι πιθανόν επίσης να βοηθήσουν τον αποφασίζοντα να προκαλεί τις προτιμήσεις του όσον αφορά τα βάρη.

Ο παράγοντας εμπιστοσύνης p_i^C είναι η πιθανότητα για μια εναλλακτική να αποκτήσει την πρώτη θέση όταν το κεντρικό διάνυσμα βαρών έχει επιλεγεί. Ο παράγοντας εμπιστοσύνης υπολογίζεται ως ένα πολυδιάστατο ολοκλήρωμα των διανομών των κριτηρίων ως εξής :

$$p_i^C = \int_{\xi \in X: w_i^C \in W_i^1(\xi)} f(\xi) d\xi$$

Οι παράγοντες εμπιστοσύνης μπορούν ομοίως να υπολογιστούν για οποιαδήποτε διανύσματα βαρών. Οι παράγοντες εμπιστοσύνης μετράνε κατά πόσο τα δεδομένα των κριτηρίων είναι ακριβή ώστε να μπορούν να διακρίνουν τις αποδοτικές εναλλακτικές. Ο παράγοντας εμπιστοσύνης μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί μαζί με τον δείκτη αποδοχής για τον αποκλεισμό ασθενώς αποδοτικών εναλλακτικών. Αν ο δείκτης αποδοχής είναι πολύ χαμηλός (κοντά στο μηδέν, και ο παράγοντας εμπιστοσύνης είναι χαμηλός (λιγότερο από , ας πούμε, 5%), μπορούμε να συμφωνήσουμε ότι αυτή η εναλλακτική είναι πολύ απίθανο να είναι η προτιμότερη από οποιονδήποτε αποφασίζοντα. Σε αντίθεση, ένας πολύ υψηλός παράγοντας εμπιστοσύνης (πάνω από 95%) δείχνει ότι με κατάλληλες προτιμήσεις, η εναλλακτική είναι σχεδόν σίγουρα η προτιμότερη από όλες.

Χειρισμός αβεβαιοτήτων των κριτηρίων και των εξαρτήσεών τους

Το βασικό πρόβλημα με την αντιμετώπιση των πληροφοριών εξάρτησης είναι ότι είναι δύσκολο να αναπαρασταθούν οι εξαρτήσεις συμπαγώς. Στην γενική περίπτωση, αυτό θα απαιτούσε αναπαριστώμενη κοινή συνάρτηση πυκνότητας $f(x_{11}, \dots, x_{mn})$ με $m \cdot n$ μεταβλητές. Στην πράξη, είναι βολικό να υποθέσουμε κάποιον παραμετρικό τύπο συνάρτησης. Η πολυμεταβλητή Gaussian διανομή (ή πολυμεταβλητή Κανονική διανομή) είναι ιδιαίτερος κατάλληλη, επειδή είναι θεωρητικά καλά κατανοητή και επειδή προσεγγίζει επαρκώς πολλές καταστάσεις της πραγματικής ζωής.

Η πολυμεταβλητή Gaussian διανομή μεταξύ ενός διανύσματος στοχαστικών μεταβλητών $[\lambda_1, \dots, \lambda_L]^T$ καθορίζεται από την κοινή πιθανότητα συνάρτηση πυκνότητας

$$f(\lambda_1, \dots, \lambda_L) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^L \det(\Lambda)}} e^{-\frac{1}{2}(\lambda - \bar{\lambda})^T \Lambda^{-1} (\lambda - \bar{\lambda})}$$

όπου $\bar{\lambda}$ είναι το διάνυσμα των αναμενόμενων τιμών των στοχαστικών μεταβλητών και Λ είναι η $L \times L$ μήτρα συνδιακύμανσης.

Επειδή οι προς μέτρηση μονάδες της συνδιακύμανσης και διακύμανσης είναι προϊόντα των μονάδων δύο μεταβλητών, δεν είναι εύκολο να κατανοήσουμε και να ερμηνεύσουμε τις αριθμητικές τιμές στη μήτρα συνδιακύμανσης. Παρόλα αυτά, είναι πιο βολικό να εκφράσουμε τις πληροφορίες αβεβαιότητας και εξάρτησης με όρους ενός διανύσματος τυπικών αποκλίσεων σ και σαν μια $L \times L$ μήτρα συσχέτισης ρ . Επειδή η μήτρα συσχέτισης είναι συμμετρική με μοναδιαίες τιμές στην διαγώνιο, η $\sigma - \rho$ αναπαράσταση είναι εξίσου συμπαγής με την μήτρα συνδιακύμανσης. Η $\sigma - \rho$ αναπαράσταση είναι επίσης βολική, επειδή διαχωρίζει τις πληροφορίες αβεβαιότητας από τις πληροφορίες εξάρτησης.

3.6 Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis (MOORA)

Η MOORA μέθοδος αναπτύχθηκε από τους William Karel M. Brauers και Edmundas Kazimieras Zavadskas το 2006 έχοντας ως θεωρητικό υπόβαθρο προηγούμενες έρευνες του Brauers (2004) και έχει επεκταθεί από τους ίδιους περαιτέρω με την MULTIMOORA (MOORA συν την πλήρως πολλαπλασιαστική μορφή)(2010). Αυτές οι μέθοδοι έχουν εφαρμοστεί σε πλήθος περιπτώσεων αλλά κυρίως σε περιφερειακές μελέτες, διεθνείς συγκρίσεις και management επενδύσεων.

Η MOORA μέθοδος βασίζεται σε ένα σύνολο διαφορετικών υποθέσεων :

- Η υπόθεση των απόλυτων αριθμών

Απόλυτοι αριθμοί, όπως έχουν οριστεί με άμεση ή με κάποια εναλλακτική μέτρηση ή ως αδιάστατοι αριθμοί, απλά συμμετέχουν. Μερικές φορές άμεση μέτρηση, όντας πολύ δύσκολη, αντικαθίσταται από μια *Εναλλακτική Μέτρηση*, όπως για τη μείωση της ρύπανσης. Ας πάρουμε για παράδειγμα την εναλλακτική μέτρηση της ρύπανσης. Η ρύπανση του αέρα είναι δύσκολο να μετρηθεί άμεσα. Αν η ρύπανση του αέρα προκαλεί καρκίνο, ποια είναι η επίδραση σε έκθεση ανά τα χρόνια και είναι ο καρκίνος συνδεδεμένος με την ρύπανση; Επομένως, το κόστος μείωσης ρύπων όπως για παράδειγμα το κόστος εγκατάστασης σε ένα εργοστάσιο έχει ως στόχο την ελαχιστοποίηση εκπομπής επικίνδυνων ουσιών και σκόνης και αυτό αποτελεί μια εναλλακτική μέτρηση για τη ρύπανση. Το κόστος πλήρους ηχομόνωσης σε σπίτια, η μείωση της τιμής αυτών των σπιτιών θα μπορούσε να είναι μια εναλλακτική μέτρηση για την ηχορύπανση σε μια κατοικημένη περιοχή.

Οι αδιάστατοι αριθμοί δεν έχουν συγκεκριμένη μονάδα μέτρησης, αλλά λαμβάνονται για παράδειγμα από αφαίρεση, πολλαπλασιασμό ή διαίρεση.

Ονομαστικές κλίμακες όπως το πολύ καλό, καλό, κακό μετατρέπονται σε απόλυτοι αριθμοί μέσω εναλλακτικής μέτρησης ή μέσω αδιάστατων αριθμών.

- Η υπόθεση των διακριτών επιλογών

Το διακριτό πεδίο αποτελείται από έναν αριθμό καθορισμένων και δυνατών εναλλακτικών. Σε αντίθεση, το συνεχές πεδίο δημιουργεί εναλλακτικές από ένα συνεχές σύνολο επιλογών κατά τη διάρκεια της ίδιας της διαδικασίας.

- Η υπόθεση των γνωρισμάτων

Για τον καλύτερο ορισμό κριτηρίων/στόχων πρέπει να εστιάσουμε στην έννοια των γνωρισμάτων. Οι Keeney και Raiffa (1993) παρουσίασαν το παράδειγμα του κριτηρίου/στόχου “ μείωση εκπομπών θειϊκού διοξειδίου”. Το παράδειγμα αυτό δείχνει ότι ένας στόχος και ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα του πάνε πάντα μαζί. Άρα, όταν το κείμενο αναφέρει τη λέξη “στόχος”, εννοείται μαζί και το χαρακτηριστικό γνώρισμα του. (Brauers & Zavadskas, 2006)

MULTIMOORA

Η MOORA μέθοδος ξεκινάει με μια μήτρα x_{ij} υποδηλώνοντας τη i -οστή εναλλακτική του j -οστού κριτηρίου όπου $i = 1, 2, \dots, m$ και $j = 1, 2, \dots, n$. Η MOORA μέθοδος αποτελείται από δύο μέρη: το σύστημα αναλογίας και την προσέγγιση σημείου αναφοράς. Ο MacCrimmon (1968) καθορίζει τα δύο στάδια της στάθμισης, την κανονικοποίηση και την ψήφιση της σημασίας των κριτηρίων. Το ζήτημα της στάθμισης αναλύεται σε μελέτη τους από τους Brauers και Zavadskas (2010), ενώ το πρόβλημα της κανονικοποίησης αναλύεται από τους Brauers (2007) και Turskis (2009).

Η MOORA μέθοδος περιλαμβάνει εσωτερική κανονικοποίηση και αρχικά αντιμετωπίζει όλα τα κριτήρια με την ίδια σημασία. Κατ' αρχήν, όλοι οι ενδιαφερόμενοι που τους απασχολεί μόνο το ζήτημα μπορούν να δώσουν περισσότερο σημασία σε ένα κριτήριο. Επομένως, θα μπορούσαν είτε να πολλαπλασιάσουν τον αδιάστατο αριθμό που αντιπροσωπεύει την απόκριση σε ένα κριτήριο μέσω ενός συντελεστή σημασίας είτε θα μπορούσαν να έχουν αποφασίσει εκ των προτέρων να χωρίσουν ένα κριτήριο σε ένα σύνολο υποκριτηρίων.

Το σύστημα αναλογίας της MOORA καθορίζει την κανονικοποίηση των εσωτερικών δεδομένων με το να συγκρίνει μια εναλλακτική ενός κριτηρίου με όλες τις τιμές για εκείνο το κριτήριο ως εξής:

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}$$

όπου x_{ij}^* υποδηλώνει την i -οστή εναλλακτική του j -οστού κριτηρίου έπειτα από εσωτερική κανονικοποίηση. Συνήθως, αυτοί οι αριθμοί ανήκουν στο διάστημα $[-1, 1]$.

Προστίθενται για ένα μέγιστο ($j = 1, 2, \dots, g$) ή αφαιρούνται για ένα ελάχιστο ($j = g + 1, \dots, n$) ως εξής :

$$y_i^* = \sum_{j=1}^g x_{ij}^* - \sum_{j=g+1}^n x_{ij}^*$$

όπου y_i^* υποδηλώνει την εσωτερική κανονικοποιημένη εκτίμηση της εναλλακτικής i σε σχέση με όλα τα κριτήρια. Τελικά, τα y_i^* ταξινομούνται σε φθίνουσα σειρά.

Το σημείο αναφοράς της MOORA βασίζεται στις αναλογίες που βρέθηκαν μέσω του συστήματος αναλογίας.

Το σημείο αναφοράς μπορεί να οριστεί με μη υποκειμενικό τρόπο ως το Μέγιστο Αντικειμενικό Σημείο Αναφοράς. Αυτή η προσέγγιση ονομάζεται ρεαλιστική και μη υποκειμενική καθώς οι συντεταγμένες, που επιλέγονται για το σημείο αναφοράς, υλοποιούνται σε μια από τις υποψήφιες εναλλακτικές. Για παράδειγμα, διαθέτοντας τις εναλλακτικές $A (10, 100)$, $B (100, 20)$ και $\Gamma (50, 50)$, παίρνουμε ως Μέγιστο Αντικειμενικό Σημείο Αναφοράς $R_m (100, 100)$.

Το Σημείο Αναφοράς μπορεί να βρεθεί και ως Ιδανική Αναφορά Στόχου ή Ουτοπικό Σημείο Αναφοράς Στόχου. Οι συντεταγμένες q_i ενός Ιδανικού Διάνυσματος Στόχου σχηματίζονται ως εξής : $q_j \leq r_j$, με $(r_j - q_j)$, ένα αντικειμενικό στοιχείο.

Το Ιδανικό Διάνυσμα Στόχου μετριάζει τις προσδοκίες με το να διαλέγει μικρότερες συντεταγμένες από ότι το μέγιστο διάνυσμα στόχου. Πράγματι οι ενδιαφερόμενοι μπορεί να είναι περισσότερο φειδωλοί στις προσδοκίες τους.

Σε αντίθεση, το Ουτοπικό Διάνυσμα Στόχου δίνει υψηλότερες τιμές στις συντεταγμένες του σημείου αναφοράς από ότι το μέγιστο διάνυσμα στόχου. Ακόμα, ένα Ουτοπικό Σημείο Αναφοράς Στόχου μπορεί να θεωρηθεί μακροσκοπικά, σαν ένα ιδεατό σημείο που στην πραγματικότητα δεν μπορεί να επιτευχθεί. Ένα επιθυμητό σημείο αναφοράς όπως στην ουτοπική μέθοδο στόχου είναι τότε κατανοητό για management επίδοσης, όπως για παράδειγμα αξιολόγηση μαθητών ή για οποιαδήποτε επίδοση σε ιδιωτικό ή δημόσιο τομέα. Οι εναλλακτικές, αγωνίζονται μόνο για ένα μέγιστο και όχι για ένα ελάχιστο, είναι τότε λογικές συνέπειες αυτής της εφαρμογής του Ουτοπικού Σημείου Αναφοράς Στόχου.

Το Μέγιστο Διάνυσμα Στόχου είναι αυταπόδεικτο, αν οι εναλλακτικές είναι καλά καθορισμένες, όπως και τα σχέδια στην Ανάλυση Σχεδίων και τον Σχεδιασμό Σχεδίων. Μερικοί αποκαλούν αυτό το ρεαλισμό μόνο ένα Ικανοποιητικό Αποτέλεσμα ή Φραγμένη Λογική καθώς φαίνεται ότι οι ενδιαφερόμενοι είναι εντελώς ικανοποιημένοι αν αυτό το ρεαλιστικό σημείο αναφοράς επιτευχθεί. Επομένως, το Ουτοπικό Διάνυσμα Στόχου, περισσότερο από το Μέγιστο Στόχο ή το Ιδανικό Διάνυσμα Στόχου, προσφέρει μια καλύτερη απόκριση στην ιδέα πολυκριτηριακής βελτιστοποίησης.

Το ελάχιστο-μέγιστο μετρικό του Tchebycheff φροντίζει για την τελική κατάταξη σε αύξουσα σειρά :

$$\min_i (\max_j |r_j - x_{ij}^*|)$$

Η Πλήρως Πολλαπλασιαστική Μορφή και η MULTIMOORA

Οι Brauers και Zavadskas (2010) σχεδίασαν την μέθοδο MOORA να ενημερωθεί και επεκταθεί από την Πλήρως Πολλαπλασιαστική Μορφή. Η επιλογή ενός Ουτοπικού Σημείου Αναφοράς Στόχου για management επίδοσης εμπεριέχει μόνο μεγιστοποίηση της πλήρους πολλαπλασιαστικής συνάρτησης χρησιμότητας.

Συνολική χρησιμότητα της i -οστής εναλλακτικής μπορεί να εκφραστεί ως αδιάστατος αριθμός ως εξής :

$$U_i = \prod_{j=1}^n x_{ij}$$

όπου U_i υποδηλώνει το προϊόν των κριτηρίων της i -οστής εναλλακτικής που είναι για μεγιστοποίηση με $i = 1, 2, \dots, m$.

Η MULTIMOORA συνοψίζει την MOORA (Σύστημα Αναλογίας και Σημείο Αναφοράς) και την Πλήρως Πολλαπλασιαστική Μορφή. Βελτιωμένες Ονομαστικές Ομάδες και τεχνικές Delphi μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μειώσουν την υπολειπόμενη υποκειμενικότητα.

(Baležentis, Baležentis, & Brauers, 2011)

3.7 MultiAttribute Object Measurement (MAROM)

Η μέθοδος κατασκευάστηκε από τον András Farkas το 1994 (Farkas A. , 1994) και σχεδιάστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να διαχειρίζεται διαφορετικά είδη δεδομένων, δηλαδή τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά. Απαιτείται βέβαια ξεχωριστή αντιμετώπιση κάθε τύπου δεδομένων, γεγονός που θα φανεί στην αναλυτική περιγραφή της μεθόδου που ακολουθεί.

Διακρίνουμε τέσσερις τύπους δεδομένων :

- Nominal
- Ordinal
- Interval
- Ratio

Περιγραφή της μεθόδου (Farkas A. , 2013)

Έστω ένα πολυκριτηριακό πρόβλημα απόφασης m κριτήρια και n εναλλακτικές. Αρχικά κατασκευάζεται η μήτρα :

$$A = [a_{ik}]_{m \times n} \text{ όπου } i = 1, 2, \dots, m \text{ και } k = 1, 2, \dots, n.$$

Τα στοιχεία της μήτρας a_{ik} συμπληρώνονται με τιμές που προκύπτουν από τις κρίσεις των ερωτηθέντων ή από μετρήσεις, οπότε προκύπτουν δεδομένα υποκειμενικής φύσης (ποιοτικά) και αντικειμενικής φύσης (ποσοτικά) αντίστοιχα.

Κάθε στήλη της μήτρας A εκφράζει ένα σύνθετο διάνυσμα το οποίο αποτελείται από 4 μέρη, ανάλογα με το είδος των δεδομένων :

$$a_k = (a_k^{(N)}, a_k^{(O)}, a_k^{(I)}, a_k^{(R)})$$

όπου $k = 1, 2, \dots, n$ και οι συμβολισμοί σημαίνουν :

N : Nominal – συνήθως τιμές 0 ή 1

O : Ordinal – συνήθως τιμές στο διάστημα [0,5]

I : Interval - συνήθως τιμές στο διάστημα [0,1]

R : Ratio – συνήθως τιμές στο διάστημα [0,1]

Στην συνέχεια ακολουθεί η κατασκευή του διανύσματος αναφοράς b , το οποίο εκφράζει την ιδανική εναλλακτική και συνεπώς οι τιμές των στοιχείων του είναι οι καλύτερες δυνατές σε κάθε κριτήριο.

Το επόμενο βήμα είναι η δημιουργία μιας ομάδας ερωτηθέντων, η οποία μπορεί να αποτελείται από ειδικούς, πελάτες, χρήστες κτλπ. Κάθε μέλος αυτής της ομάδας βαθμολογεί κάθε εναλλακτική μέσα από τις κρίσεις του για όλα τα ποιοτικά κριτήρια. Συνιστάται ο αριθμός των μελών q όπου $l = 1, \dots, q$ να είναι τουλάχιστον 10.

Για κάθε εναλλακτική και όσον αφορά όλα τα μέλη της ομάδας υπολογίζουμε το εξής :

$$\bar{d}_k^l = \sum_{i=1}^m w_i^l * d_{ki}^l + e_k^l$$

όπου $k = 1, 2, \dots, n$ και $l = 1, \dots, q$

d_{ki}^l : η απόσταση της εναλλακτικής k από την ιδανική εναλλακτική όσον αφορά τις απαντήσεις του μέλους l

w_i^l : το βάρος του κριτηρίου i

d_{ki}^l : η απόσταση της εναλλακτικής k από την τιμή αναφοράς για το κριτήριο i

e_k^l : το σφάλμα που οφείλεται στις ατέλειες του μοντέλου, σφάλματα μέτρησης και την αβεβαιότητα των ερωτηθέντων

Για τον καθορισμό των βαρών w_i^l συνιστάται η χρήση της AHP (Analytic Hierarchy Process). (Saaty T. , 1977)

Η απόσταση d_{ki} υπολογίζεται διαφορετικά για κάθε τύπο δεδομένων :

- για nominal δεδομένα χρησιμοποιείται ο συντελεστής Tanimoto (ή Jaccard) :

$$d_{ki}^{(N)}(x, y) = 1 - \frac{\alpha}{\alpha + \beta + \gamma} = \frac{\beta + \gamma}{\alpha + \beta + \gamma}$$

όπου με x, y συμβολίζουμε τα $a_{ki}^{(N)}$ και $b^{(N)}$ αντίστοιχα και τα α, β, γ δίνονται για $i \in N$ από τις σχέσεις :

$$\alpha = \sum_i \min(x_i, y_i)$$

$$\beta = \sum_i x_i - \alpha,$$

$$\gamma = \sum_i y_i - \alpha$$

- για ordinal δεδομένα χρησιμοποιείται το μέτρο Soergel :

$$d_{ki}^{(O)}(x, y) = \frac{\sum x_i + \sum y_i - 2 * \sum \min(x_i, y_i)}{\sum x_i + \sum y_i - \sum \min(x_i, y_i)}, i \in O$$

όπου με x, y συμβολίζουμε τα $a_{ki}^{(O)}$ και $b^{(O)}$ αντίστοιχα

- για interval και ratio δεδομένα χρησιμοποιείται το μέτρο της Ευκλείδειας απόστασης :

$$d_{ki}^{(I,R)}(x, y) = ||x - y||_2$$

όπου με x, y συμβολίζουμε τα $a_{ki}^{(I,R)}$ και $b^{(I,R)}$ αντίστοιχα

Αφού οι συνολικές ανά ζεύγη αποστάσεις ανάμεσα σε κάθε σύνθετο διάνυσμα και το διάνυσμα αναφοράς καθοριστούν τότε υπολογίζουμε το διάνυσμα της σχετικής κατάταξης ή διάνυσμα σχετικών βαθμολογιών $s = (s_k), k = 1, 2, \dots, n$ από τη σχέση $s = 1 - d_k$, το οποίο εκφράζει τη σειρά προτεραιότητας των εναλλακτικών.

Κεφάλαιο 4^ο : Επιλογή κατάλληλης μεθόδου πολυκριτηριακής ανάλυσης

4.1 Εισαγωγή

Το ζήτημα της επιλογής της κατάλληλης μεθόδου πολυκριτηριακής ανάλυσης προκύπτει λόγω της πληθώρας των διαθέσιμων μεθόδων. Ένα βασικό πρόβλημα, το οποίο παρουσιάζεται κατά την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου, αποτελεί το γεγονός ότι διαφορετικές μέθοδοι δίνουν διαφορετικά αποτελέσματα όταν εφαρμόζονται στο ίδιο πρόβλημα και χρησιμοποιούν τα ίδια δεδομένα.

Η επιλογή μιας συγκεκριμένης μεθόδου πολλές φορές δεν είναι δυνατή από τα αρχικά στάδια επεξεργασίας. Ο αποφασίζων πρέπει πρώτα :

- να κατανοήσει σε βάθος το πρόβλημα απόφασης, στο οποίο καλείται να προτείνει λύση
- να αναγνωρίσει τις δυνατές εναλλακτικές επιλογές και τις συνέπειες τους
- να αναγνωρίσει τα κριτήρια και τις συγκρούσεις μεταξύ αυτών

Έτσι, συχνά τα προς επίλυση προβλήματα απόφασης επαναδιατυπώνονται ώστε να ανταποκρίνονται στα χαρακτηριστικά της εκάστοτε μεθόδου πολυκριτηριακής ανάλυσης.

Για να μπορέσει ο αποφασίζων να επιλέξει ποια μέθοδος θα χρησιμοποιήσει κατά την ανάλυση του, πρέπει να εξετάσει τις μεθόδους ως προς τα χαρακτηριστικά τους. Ο αποφασίζων είναι υπεύθυνος να κρίνει ως προς ποια χαρακτηριστικά είναι αναγκαίο να εξετάσει τις διάφορες μεθόδους, ανάλογα με το προς εξέταση πρόβλημα απόφασης. Ενδεικτικά αναφέρονται τα παρακάτω :

- καταλληλότητα εφαρμογής : καθορίζεται από την προσαρμοστικότητα της στα δεδομένα του προς εξέταση προβλήματος
- ευκολία χρήσης : εξαρτάται από την απαιτούμενη προσπάθεια και το χρόνο που απαιτείται η εφαρμογή της, από τις γνώσεις και την εμπειρία του αποφασίζοντα
- αξιοπιστία των αποτελεσμάτων : αξιόπιστη μέθοδος είναι αυτή που παράγει επιστημονικά αυστηρά αποτελέσματα, τα οποία αντικατοπτρίζουν με σαφήνεια τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα

Η κάθε μία από τις μεθόδους πολυκριτηριακής ανάλυσης πετυχαίνει διαφορετική ισορροπία μεταξύ των τριών παραπάνω χαρακτηριστικών (καταλληλότητα εφαρμογής, ευκολία χρήσης και αξιοπιστία των αποτελεσμάτων). Αποτελεί ευθύνη του αποφασίζοντα με βάση αυτά τα χαρακτηριστικά να επιλέξει την καταλληλότερη μέθοδο, εκείνη δηλαδή που ανταποκρίνεται καλύτερα στο εκάστοτε πρόβλημα απόφασης.

Είναι εμφανές πως δεν υπάρχουν καλύτερες και χειρότερες μέθοδοι πολυκριτηριακής ανάλυσης, απλά υπάρχουν περισσότερο και λιγότερο κατάλληλες μέθοδοι για την κάθε εφαρμογή.

4.2 Γενικές κατευθυντήριες γραμμές

Όπως διαπιστώθηκε από τα προηγούμενα κεφάλαια υπάρχουν πολλές και διαφορετικοί μέθοδοι πολυκριτηριακής ανάλυσης, καθεμία από τις οποίες έχει τα δικά της χαρακτηριστικά, πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Προφανώς δεν υπάρχει μια μέθοδος η οποία είναι καλύτερη από τις υπόλοιπες σε όλο το φάσμα των εφαρμογών, αλλά σε κάθε περίπτωση είναι δυνατόν να προσδιορίσουμε μια μέθοδο η οποία φαίνεται πως ταιριάζει καλύτερα στο εξεταζόμενο πρόβλημα απόφασης. Με άλλα λόγια προσδιορίζουμε κάθε φορά την πιο κατάλληλη μέθοδο η οποία ανταποκρίνεται καλύτερα στις απαιτήσεις της εκάστοτε εφαρμογής.

Μερικές κατευθυντήριες γραμμές για την επιλογή κατάλληλης μεθόδου είναι (Guitouni & Martel, 1998) :

1. Προσδιορισμός των ενδιαφερόμενων στην διαδικασία λήψης της απόφασης. Στην περίπτωση που υπάρχουν πολλοί αποφασίζοντες προτείνεται να εξεταστεί η πιθανότητα χρήσης μεθόδων ομάδας για την λήψη αποφάσεων (group decision making methods)
2. Είναι απαραίτητο να λαμβάνεται υπόψη ο τρόπος σκέψης και οι προτιμήσεις του αποφασίζοντα
3. Προσδιορισμός της προβληματικής αναφοράς που επιδιώκει ο αποφασίζων (π.χ. επιλογή μιας εναλλακτικής, κατάταξη εναλλακτικών)
4. Επιλογή μεθόδου η οποία έχει την δυνατότητα να διαχειριστεί κατάλληλα την διαθέσιμη πληροφορία εισόδου και για την οποία ο αποφασίζων μπορεί εύκολα να παράσχει την απαιτούμενη πληροφορία. Η ποιότητα και η ποσότητα της πληροφορίας αποτελούν σημαντικούς παράγοντες στην επιλογή της κατάλληλης μεθόδου
5. Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ο βαθμός αποζημίωσης (compensation degree) της μεθόδου
6. Είναι απαραίτητο να ικανοποιούνται οι θεμελιώδεις υποθέσεις της μεθόδου
7. Η διαθεσιμότητα λογισμικού που υλοποιεί την μέθοδο

4.3 Κριτήρια επιλογής κατάλληλης μεθόδου

Στην συνέχεια ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή ορισμένων κριτηρίων επιλογής, τα οποία είναι δυνατόν να λαμβάνει υπόψη του ο αποφασίζων για την επιλογή της πιο κατάλληλης μεθόδου που ταιριάζει στο εξεταζόμενο κάθε φορά πρόβλημα απόφασης. Τα κριτήρια αυτά θα χρησιμοποιηθούν στα πλαίσια της παρούσας εργασίας για την επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου που ανταποκρίνεται καλύτερα στα χαρακτηριστικά της εξεταζόμενης κάθε φορά μελέτης περίπτωσης.

Διαθεσιμότητα software

Ένα από τα πιο σημαντικά κριτήρια επιλογής μεθόδου είναι το εάν υπάρχει ή όχι διαθέσιμο software. Ειδικότερα σε σύνθετα προβλήματα απόφασης είναι αναγκαίο να υπάρχει διαθέσιμο software για να διαχειριστεί το μεγάλο όγκο πληροφορίας. Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας συμβουλευτικό ρόλο στην επιλογή κατάλληλης μεθόδου, όσον αφορά το κριτήριο αυτό, είχε μια αρκετά αναλυτική περιγραφή και σύγκριση των διαθέσιμων software που δημοσιεύθηκε πρόσφατα. (Mustajoki & Marttunen, 2013)

Κατηγορία μεθόδου

Με βάση την κατηγοριοποίηση των μεθόδων που παρουσιάστηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, οι μέθοδοι πολυκριτηριακής ανάλυσης διακρίνονται σε :

- Κλασσικές
- Σύγχρονες

Κατά την διαδικασία επιλογής της καταλληλότερης μεθόδου, ο αποφασίζων θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη του αν μια μέθοδος είναι κλασσική ή σύγχρονη.

Μοντέλο μεθόδου

Σύμφωνα με τους Belton και Stewart (Belton & Stewart, 2002) μια κατηγοριοποίηση των διάφορων μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης είναι :

1. μοντέλα μέτρησης αξίας
2. μοντέλα στόχων, φιλοδοξίας και επιπέδου αναφοράς
3. μοντέλα υπεροχής

Ο αποφασίζων είναι υπεύθυνος να αξιολογήσει ποιο μοντέλο μεθόδου ανταποκρίνεται καλύτερα στο πρόβλημα απόφασης που έχει να αντιμετωπίσει.

Επαρκής τεκμηρίωση

Μια μέθοδος για την οποία ο αποφασίζων δεν έχει στην διάθεση του αρκετές πληροφορίες ή για οποιοδήποτε λόγο δεν κατανοεί πλήρως είναι προτιμότερο να απορρίπτεται, καθώς τα αποτελέσματα της ανάλυσης πιθανώς να μην είναι αξιόπιστα.

Αναφορές στην βιβλιογραφία

Γενικά προτιμώνται μέθοδοι με πολλές αναφορές στην βιβλιογραφία. Αυτό συμβαίνει διότι υπάρχουν περισσότερες πληροφορίες για τις μεθόδους αυτές. Βέβαια θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η ηλικία της μεθόδου (κλασσική ή σύγχρονη). Για παράδειγμα μια μέθοδος που έχει προταθεί πρόσφατα είναι λογικό να μην έχει πολλές αναφορές στην βιβλιογραφία.

Ευκολία εφαρμογής

Ένα άλλο πολύ σημαντικό κριτήριο επιλογής είναι η ευκολία εφαρμογής της μεθόδου. Προφανώς το πόσο εύκολη ή δύσκολη είναι η εφαρμογή μιας μεθόδου εξαρτάται από τις γνώσεις, την εμπειρία και τους διαθέσιμους πόρους του αποφασίζοντα.

Πρακτικές εφαρμογές

Η χρησιμότητα μιας μεθόδου δεν μπορεί να γίνει πλήρως κατανοητή εάν πρώτα δεν δοκιμαστεί σε πραγματικές συνθήκες. Συνίσταται, ιδιαίτερα σε αποφασίζοντες με μικρή εμπειρία, η επιλογή μεθόδων οι οποίες έχουν χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν σε πρακτικές εφαρμογές, ώστε να υπάρχει κάποιο σημείο αναφοράς.

4.4 Συγκριτικός πίνακας των μεθόδων

Μέθοδος	Διαθεσιμότητα Software	Κατηγορία μεθόδου	Μοντέλο μεθόδου	Επαρκής Τεκμηρίωση	Αναφορές στην βιβλιογραφία	Ευκολία εφαρμογής	Πρακτικές εφαρμογές
AHP	MakeltRational	Κλασσική	1	X	πολλές	X	πολλές
ANP	Super Decisions	Σύγχρονη	1	X	πολλές	-	πολλές
DRSA		Σύγχρονη	1	-	λίγες	-	λίγες
ELECTRE		Κλασσική	3	X	πολλές	-	πολλές
GP		Κλασσική	2	X	πολλές	X	πολλές
GRA	Excel	Κλασσική	1,2	X	πολλές	X	πολλές
Lexicographic		Κλασσική	-	X	λίγες	X	λίγες
MAROM		Σύγχρονη	2	X	λίγες	X	λίγες
MAUT	Dee & Soft	Κλασσική	1	X	πολλές	-	λίγες
MAVT	Dee & Soft	Κλασσική	1	X	πολλές	-	πολλές
MOORA		Σύγχρονη	2	X	λίγες	X	λίγες
NAIADE		Κλασσική	1	-	λίγες	-	πολλές
PAPRIKA	1000minds	Σύγχρονη	1	X	λίγες	X	λίγες
PROMETHEE & GAIA	D-Sight	Κλασσική	3	X	πολλές	X	πολλές
SIR		Σύγχρονη	2	-	λίγες	-	λίγες
SMAA		Σύγχρονη	3	-	λίγες	-	λίγες
TOPSIS	Excel	Κλασσική	2	X	πολλές	X	πολλές
VIKOR		Κλασσική	2	X	λίγες	X	λίγες
WPM	Excel	Κλασσική	2	X	πολλές	X	πολλές
WSM	MakeltRational	Κλασσική	2	X	πολλές	X	πολλές

Κεφάλαιο 5^ο : System Dynamics

5.1 Εισαγωγή

Τα System Dynamics είναι μια προσέγγιση για την κατανόηση της συμπεριφοράς περίπλοκων συστημάτων ανά τον χρόνο. Έχει να κάνει με συνεχή εσωτερική ανατροφοδότηση και χρονική καθυστέρηση που επηρεάζει τη συμπεριφορά ολόκληρου του συστήματος. Αυτό που το κάνει να ξεχωρίζει από τη χρήση άλλων προσεγγίσεων για τη μελέτη περίπλοκων συστημάτων είναι η χρήση αυτής της συνεχούς ανατροφοδότησης αλλά και η χρήση stock και flows.

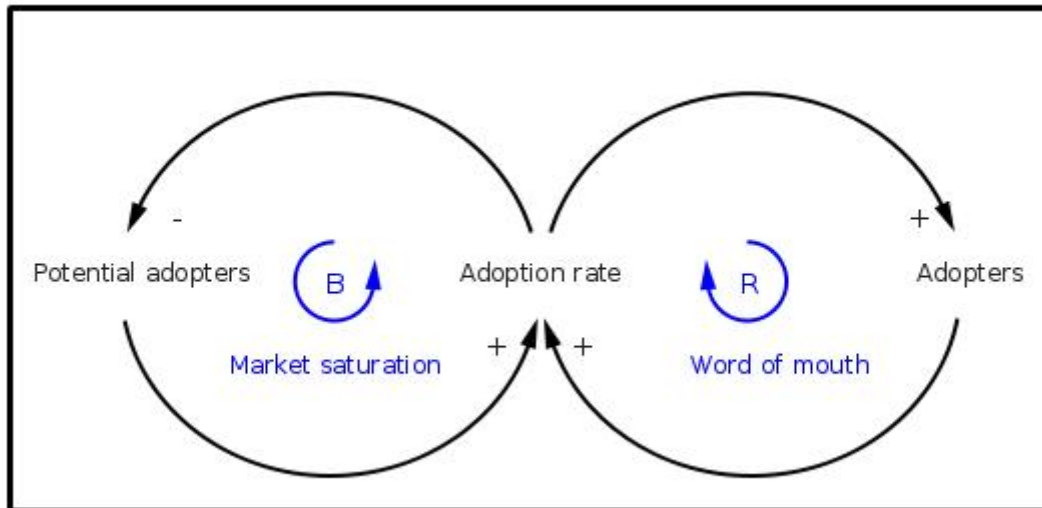
Μία stock μεταβλητή ή αλλιώς level variable μετριέται σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή και αντιπροσωπεύει την ποσότητα που υπάρχει εκείνη ακριβώς τη χρονική στιγμή. Αντιθέτως μία flow μεταβλητή ή αλλιώς rate καταγράφεται σε μια χρονική περίοδο πχ. στην διάρκεια ενός χρόνου και άρα ο όρος της συγγενεύει με έννοιες όπως η ταχύτητα.

Τα System Dynamics σαν μεθοδολογία και μαθηματικό μοντέλο αναπτύχθηκαν την δεκαετία του 1950 από τον καθηγητή Jay Forrester του Ινστιτούτου Τεχνολογίας της Μασσαχουσέτης. Η βάση της μεθόδου είναι η συνειδητοποίηση ότι σε ένα οικοδόμημα οποιουδήποτε συστήματος οι σχέσεις και αλληλεπιδράσεις που υφίστανται μεταξύ των εξαρτημάτων που οικοδομούν ένα μεγάλο και περίπλοκο σύστημα είναι εξίσου σημαντικές να καθορίσουν τη συμπεριφορά του όσο και τα εξαρτήματα αυτά καθαυτά. Δηλαδή εμπεριέχεται η ιδέα του ότι για να έχεις μια σαφή γενική εικόνα πρέπει να εξετάσεις ένα προς ένα τα πολλά και διαφορετικά διακριτά μέλη που τη συνθέτουν αλλά και τις σχέσεις μεταξύ αυτών.

Τα στοιχεία που χρησιμοποιούν κυρίως τα system dynamics είναι η ανατροφοδότηση, η συσσώρευση των flow και η βαθμιαία μετατροπή τους σε stocks και η χρονική καθυστέρηση. Αρχικά, το πρόβλημα ή το σύστημα που μελετάμε, αναπαριστάται σε ένα causal loop diagram, το οποίο αποτελεί έναν απλό χάρτη των στοιχείων που συνθέτουν το σύστημα και των αλληλεπιδράσεων που έχουν τα στοιχεία μεταξύ τους. Καταγράφοντας τα ξεχωριστά στοιχεία, τις αλληλεπιδράσεις και την ανατροφοδότηση αποκαλύπτεται το οικοδόμημα του συστήματος. Κατανοώντας το οικοδόμημα του συστήματος, είναι πλέον δυνατό να προβλέψεις τη συμπεριφορά του στο μέλλον.

5.2 Παράδειγμα

Στο σημείο αυτό παραθέεται ένα απλό παράδειγμα για την καλύτερη κατανόηση της παραπάνω διαδικασίας.



Εικόνα 9 : causal loop diagram

Το παραπάνω causal loop diagram σκιαγραφεί την είσοδο ενός νέου προϊόντος στην αγορά και έχει δύο stock μεταβλητές και μία flow. Οι stock μεταβλητές είναι οι Potential Adopters και οι Adopters, ενώ η flow μεταβλητή είναι οι New Adopters. Για κάθε new adopter, το απόθεμα των Potential Adopters μειώνεται κατά ένα, ενώ το απόθεμα των Adopters αυξάνεται κατά ένα.

Υπάρχουν δύο βρόγχοι ανατροφοδότησης στο διάγραμμα. Ο θετικής ενίσχυσης βρόγχος (R) ο οποίος δείχνει ότι όσο περισσότεροι άνθρωποι ενστερνίζονται το προϊόν τόσο μεγαλώνει το δια-στόματος αντίκτυπό του. Αυτή η θετική ανατροφοδότηση θα δημιουργήσει πωλήσεις που θα συνεχίσουν να αυξάνονται.

Ο δεύτερος βρόγχος ανατροφοδότησης αριστερά είναι αρνητική ενίσχυση (B). Προφανώς, η ανάπτυξη δεν μπορεί να συνεχιστεί επ' άπειρον καθώς όσο περισσότεροι ενστερνίζονται το προϊόν τόσο λιγότεροι πιθανοί adopters μένουν.

Και οι δυο βρόγχοι ανατροφοδότησης δρουν συγχρόνως αλλά έχουν διαφορετική δύναμη στην πάροδο του χρόνου. Δηλαδή περιμένουμε τα πρώτα χρόνια αυξανόμενες πωλήσεις και στο μέλλον φθίνουσες.

Οι εξισώσεις που διέπουν το παραπάνω σύστημα είναι οι εξής:

$$Potential\ adopters = \int_0^t - New\ adopters\ dt$$

$$Adopters = \int_0^t New\ adopters\ dt$$

- 1) *Πιθανότητα επαφής να μην έχει υιοθετηθεί* = $\frac{Potential\ adopters}{Potential\ adopters + adopters}$
- 2) *Μιμητές* = $q \cdot Adopters \cdot \text{πιθανότητα επαφής να μην έχει υιοθετηθεί}$
- 3) *Καινοτόμοι* = $p \cdot Potential\ Adopters$
- 4) *New Adopters* = *Μιμητές* + *Καινοτόμοι*
 - 4.1) *Potential Adopters* = *New Adopters*
 - 4.2) *Adopters* += *New Adopters*

Από τα παραπάνω βλέπουμε ότι τα βασικά βήματα προσομοίωσης μέσω των system dynamics είναι τα εξής:

- 1) Ορισμός των ορίων του προβλήματος
- 2) Προσδιορισμός των σημαντικότερων stock και flow μεταβλητών που αλλάζουν τα stock levels
- 3) Προσδιορισμός πηγών πληροφορίας που επηρεάζουν τις flow μεταβλητές
- 4) Προσδιορισμός των κύριων βρόγχων ανατροφοδότησης
- 5) Σχεδιασμός του causal loop διαγράμματος που συνδέει τις stock μεταβλητές, τις flow μεταβλητές και τις πηγές πληροφορίας
- 6) Καταγραφή εξισώσεων που καθορίζουν τα flows
- 7) Υπολογισμός των παραμέτρων και των αρχικών συνθηκών. Αυτά μπορούν να υπολογιστούν με τη χρήση στατιστικών μεθόδων, γνώμη ειδικών, έρευνας αγοράς ή άλλες έγκυρες πηγές πληροφορίας
- 8) Προσομοίωση του μοντέλου και ανάλυση αποτελεσμάτων

5.3 Προσεγγίζοντας ένα πρόβλημα απόφασης με χρήση των system dynamics

Η προσέγγιση ενός προβλήματος απόφασης πολυκριτηριακής φύσης κάνοντας χρήση των System Dynamics περιλαμβάνει : (System Dynamics Society, 2013)

- τον προσδιορισμό του προβλήματος δυναμικά, με χρήση γραφημάτων ανά τον χρόνο
- την κατανόηση των δυναμικών του συστήματος, εστιάζοντας προς τα χαρακτηριστικά του συστήματος τα οποία δημιουργούν ή επιδεινώνουν το πρόβλημα
- την εξέταση όλων των εννοιών του πραγματικού συστήματος ως συνεχείς ποσότητες οι οποίες αλληλοσυνδέονται σε βρόγχους πληροφορίας ανάδρασης και κυκλικής αιτιότητας
- τον εντοπισμό ανεξάρτητων stock μεταβλητών του συστήματος καθώς και των ρυθμών εισροής και εκροής
- την διατύπωση ενός μοντέλου συμπεριφοράς το οποίο είναι ικανό να αναπαράγει, από μόνο του, το προς εξέταση πρόβλημα. Το μοντέλο επιτυγχάνεται συνήθως με μια προσομοίωση μέσω υπολογιστή εκφρασμένη σε μορφή μη γραμμικών εξισώσεων, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις αφήνεται ακαθόριστο ως ένα διάγραμμα το οποίο συλλαμβάνει την δομή ανάδρασης του συστήματος
- την εξαγωγή συμπερασμάτων και ιδεών οι οποίες έχουν την δυνατότητα να εφαρμοστούν στο πραγματικό σύστημα μέσω του μοντέλου
- την εφαρμογή αλλαγών οι οποίες προκύπτουν από την κατανόηση του μοντέλου

Κεφάλαιο 6^ο : Case Study 1 - Επιλογή αναδόχου έργου

6.1 Συνοπτική παρουσίαση του έργου

Το έργο αφορά στην **ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος** διαχείρισης των διαδικασιών ασφάλισης και καταβολής αποζημιώσεων μέσω του οποίου θα παρέχονται ηλεκτρονικές υπηρεσίες προς τους παραγωγικούς και επιχειρηματικούς συντελεστές-ασφαλισμένους, καθώς και στην άμεση ανταλλαγή και χρήση δεδομένων που αναπτύσσονται στα πλαίσια των άλλων υποέργων.

Οι στόχοι του έργου :

- Η δυνατότητα χρήσης από τους ασφαλισμένους της υπηρεσίας ηλεκτρονικής διεκπεραίωσης αιτημάτων (υποβολής αιτήσεων - δηλώσεων ζημιάς) μέσω internet και η μείωση του χρόνου της εξυπηρέτησης τους για την ίδια υπηρεσία στον πρώτο χρόνο παραγωγικής λειτουργίας του έργου
- Η μείωση της γραφειοκρατίας και μείωση του χρόνου ολοκλήρωσης των ασφαλιστικών διαδικασιών μέσω της ανταλλαγής δεδομένων (άντληση δεδομένων από άλλα συστήματα αλλά και διάθεση δεδομένων σε λοιπά συστήματα)
- Η μείωση του χρόνου καταβολής αποζημιώσεων και ενισχύσεων στους ασφαλισμένους μέσω της άμεσης συλλογής στοιχείων από την ηλεκτρονική υποβολή στοιχείων ασφαλισμένων, στοιχείων εκτιμήσεων και λοιπών στοιχείων.
- Η ενημέρωση του πολίτη μέσω της δημοσιοποίησης στοιχείων

Οι υπηρεσίες που θα παρέχονται μέσα από το web σύστημα που θα αναπτυχθεί στο παρόν έργο είναι οι εξής:

- υπηρεσίες ηλεκτρονικής διεκπεραίωσης αιτημάτων και αμφίδρομης αλληλεπίδρασης
- υπηρεσίες πληροφόρησης και επικοινωνίας
- υπηρεσίες στατιστικής πληροφόρησης
- υπηρεσίες για την προσωποποιημένη, προληπτική και στοχευόμενη παροχή υπηρεσιών
- Υπηρεσίες διαλειτουργικότητας και ανταλλαγής δεδομένων με τρίτους

Τα **οφέλη** από τη δημιουργία και λειτουργία του ολοκληρωμένου συστήματος περιλαμβάνουν:

- πληρότητα και τυποποίηση των παρεχόμενων υπηρεσιών ενημέρωσης-πληροφόρησης
- αμεσότητα στην επικοινωνία
- παροχή υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας
- εξοικείωση του κοινού με τη νέα τεχνολογία
- μείωση της γραφειοκρατίας
- μείωση του φόρτου εργασίας των εργαζομένων
- επίσπευση των διαδικασιών ασφάλισης και αποζημίωσης

Κρίσιμοι παράγοντες επιτυχίας του έργου είναι :

- η διαλειτουργικότητά του με τα υπόλοιπα υποέργα
- η υλοποίηση των υποσυστημάτων του έργου και η διασφάλιση διαλειτουργικότητας μεταξύ τους.
- η αποδοχή και χρήση του συστήματος από τους παραγωγικούς και επιχειρηματικούς συντελεστές
- να ολοκληρωθεί επιτυχώς η εκπαίδευση των χρηστών και ιδιαίτερα των διαχειριστών του συστήματος, των οποίων ο ρόλος θα είναι καθοριστικός για τη μελλοντική επιτυχή λειτουργία του συστήματος.
- η διασφάλιση διαρκούς και καλής ποιότητας τεχνικής υποστήριξης

Το παρόν έργο περιλαμβάνει τουλάχιστον τις ακόλουθες **φάσεις** :

1. μελέτη και ανάλυση εφαρμογής, αποτύπωση υφιστάμενης κατάστασης
2. σχεδιασμός και ανάπτυξη web συστήματος διαχείρισης ασφαλίσεων και αποζημιώσεων
3. εγκατάσταση και παραμετροποίηση των εφαρμογών
4. εκπαίδευση, πιλοτική λειτουργία

6.2 Αξιολόγηση προσφορών

Η κατάταξη των προσφορών για την τελική επιλογή της πιο συμφέρουσας προσφοράς γίνεται με βάση τον ακόλουθο τύπο:

$$A_i = 70 * \frac{B_i}{B_{max}} + 30 * \frac{K_{min}}{K_i}$$

όπου

B_i : η συνολική βαθμολογία της τεχνικής προσφοράς i

B_{max} : η συνολική βαθμολογία που έλαβε η καλύτερη τεχνική προσφορά

K_i : το συνολικό συγκριτικό κόστος της προσφοράς i

K_{min} : το συνολικό συγκριτικό κόστος της προσφοράς με τη μικρότερη τιμή

Αφού υπολογιστεί το A_i για καθεμία από τις προσφορές, τότε επικρατέστερη θεωρείται η προσφορά με το μεγαλύτερο A .

6.3 Τα κριτήρια αξιολόγησης

Η βαθμολόγηση των τεχνικών προσφορών θα γίνει σύμφωνα με τα παρακάτω κριτήρια αξιολόγησης :

- 1) συνολική προσέγγιση κατανόησης του έργου
 - 1.1)συνολική αντίληψη αντικειμένου, απαιτήσεων και σκοπιμότητας του έργου
 - 1.2)προσαρμογή προσέγγισης σε σχέση με το περιβάλλον ανάπτυξης και λειτουργίας του έργου
 - 1.3)παρεχόμενες υπηρεσίες , εργαλεία και τεχνικές
- 2) ποιότητα της μεθοδολογικής και τεχνολογικής προσέγγισης υλοποίησης
 - 2.1) μεθοδολογία διαχείρισης και υλοποίησης του έργου
 - 2.2) συνολική λύση στις επιχειρησιακές και τεχνολογικές απαιτήσεις και προδιαγραφές του έργου
 - 2.3) διασυνδεσιμότητα, διαλειτουργικότητα, ανταλλαγή και συγχρονισμός δεδομένων με τα λοιπά υποσυστήματα
- 3) οργάνωση υλοποίησης, λειτουργία διοίκησης έργου και μεταφορά τεχνογνωσίας
 - 3.1) οργάνωση υλοποίησης έργου (φάσεις, παραδοτέα, ορόσημα, χρονοδιάγραμμα)
 - 3.2) σχήμα διοίκησης και υλοποίησης έργου
- 4) παρεχόμενες υπηρεσίες
 - 4.1) υπηρεσίες εκπαίδευσης και μεταφοράς τεχνογνωσίας
 - 4.2) υπηρεσίες πιλοτικής και δοκιμαστικής παραγωγικής λειτουργίας
 - 4.3) υπηρεσίες εγγύησης, συντήρησης και τήρησης επιπέδου υπηρεσιών

Όπως παρατηρούμε καθένα από τα τέσσερα κριτήρια αποσυντίθεται σε επιμέρους κριτήρια. Όλα τα επιμέρους κριτήρια βαθμολογούνται αυτόνομα με μια τιμή από 100 έως 110 βαθμούς. Η βαθμολογία των επιμέρους κριτηρίων :

- είναι 100 όταν καλύπτονται ακριβώς όλες οι υποχρεωτικές απαιτήσεις, προδιαγραφές
- αυξάνεται έως 110 όταν καλύπτονται εκτός από τις υποχρεωτικές και λοιπές απαιτήσεις, και υπερκαλύπτονται κάποιες από τις υποχρεωτικές ή/και λοιπές απαιτήσεις

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται οι συντελεστές βαρύτητας κάθε κριτηρίου καθώς και των επιμέρους κριτηρίων.

Πίνακας 11 : συντελεστές βαρύτητας κριτηρίων αξιολόγησης

Κριτήριο	Επιμέρους Κριτήριο	Συντελεστής Βαρύτητας (%)
1		20 %
	1.1	10 %
	1.2	5 %
	1.3	5 %
2		45 %
	2.1	10 %
	2.2	25 %
	2.3	10 %
3		20 %
	3.1	10 %
	3.2	10 %
4		15 %
	4.1	5 %
	4.2	5 %
	4.3	5 %

6.4 Επεξήγηση κριτηρίων αξιολόγησης

Κριτήριο 1 : συνολική προσέγγιση κατανόησης του έργου

Κριτήριο 1.1 : συνολική αντίληψη αντικειμένου, απαιτήσεων και σκοπιμότητας του έργου

Ο βαθμός κατανόησης και η ρεαλιστικότητα της προσέγγισης του έργου από τον προσφέροντα. Αναφορά στους κρίσιμους παράγοντες επιτυχίας της υλοποίησης του έργου και της μετέπειτα παραγωγικής του λειτουργίας. Ο βαθμός της σαφήνειας, περιεκτικότητας και σφαιρικότητας της αντίληψης και κατανόησης των απαιτήσεων, της περιγραφόμενης πολυπλοκότητας των στόχων και των ορίων της έκτασης του αντικειμένου του έργου, όπως τεκμηριώνεται στην προσφορά.

Κριτήριο 1.2 : προσαρμογή προσέγγισης σε σχέση με το περιβάλλον ανάπτυξης και λειτουργίας του έργου

Ο βαθμός της εφικτότητας, ρεαλισμού και αποτελεσματικότητας της συνολικής προσέγγισης διοίκησης και υλοποίησης του έργου, ανάλογα με την κρισιμότητα που αναγνωρίζει ο υποψήφιος ανάδοχος σε επιμέρους παράγοντες επιτυχίας του έργου, στη προσφορά του. Εξετάζεται το κατά πόσον η προτεινόμενη διαχείριση των επικινδυνότητων ως προς την επίτευξη των στόχων του έργου όπως τις αντιλαμβάνεται και αναγνωρίζει, είναι εφικτή και αποδοτική, στο πλαίσιο της οργανωτικής δομής, της υφιστάμενης τεχνολογικής ωριμότητας και των επιχειρησιακών διεργασιών που εμπλέκονται στο έργο.

Κριτήριο 1.3 : παρεχόμενες υπηρεσίες , εργαλεία και τεχνικές

Ο βαθμός εσωτερικής συνοχής και επαρκούς συγκρότησης και διάρθρωσης των υπηρεσιών, εργαλείων και τεχνικών με τη μεθοδολογία διοίκησης και υλοποίησης. Ελέγχεται ο βαθμός συμβατότητας των παραπάνω με τα χαρακτηριστικά της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής στις βασικές διαστάσεις ή πτυχές της. Αξιολογείται τέλος αν και κατά πόσο, οι προσφερόμενες υπηρεσίες βρίσκονται σε μια ισόρροπη, εύλογη και αναλογική σχέση με τη μεθοδολογία, διάρθρωση του χρονοδιαγράμματος, κατανομή της ανθρωποπροσπάθειας και στρατηγική διαχείρισης κινδύνων.

Κριτήριο 2 : ποιότητα της μεθοδολογικής και τεχνολογικής προσέγγισης υλοποίησης

Κριτήριο 2.1 : μεθοδολογία διαχείρισης και υλοποίησης του έργου

Η προτεινόμενη μεθοδολογία διαχείρισης και υλοποίησης του έργου σε σχέση των απαιτήσεων και του περιβάλλοντος ανάπτυξης και λειτουργίας του έργου. Εξετάζεται κατά πόσο το προτεινόμενο χρονοδιάγραμμα είναι ρεαλιστικό (πχ. αναγνώριση και αντιμετώπιση εξωτερικών αλληλεξαρτήσεων) και η διάρθρωσή του εξυπηρετεί τους στόχους του έργου, σε συνέπεια ή μη, με τη προτεινόμενη μεθοδολογία.

Κριτήριο 2.2 : συνολική λύση στις επιχειρησιακές και τεχνολογικές απαιτήσεις και προδιαγραφές του έργου

Ο βαθμός προσαρμογής της λύσης στις επιχειρησιακές και τεχνολογικές διαστάσεις του έργου, σε λειτουργικούς όρους. Εξετάζεται ειδικότερα κατά πόσο η λύση ενσωματώνει χαρακτηριστικά που διασφαλίζουν τις λειτουργικές ενότητες, ενσωματώνουν κατάλληλες αρχές σχεδίασης που απαντούν πλήρως στις απαιτήσεις διαλειτουργικότητας με υφιστάμενα συστήματα ή εφαρμογές τρίτων. Αξιολογείται παράλληλα η συνεκτικότητα της λύσης με το τεχνολογικό και λειτουργικό μοντέλο που προτείνεται, και το κατά πόσο η μέθοδος ολοκλήρωσης των οριζόντιων απαιτούμενων λειτουργιών και υπηρεσιών, στο πλαίσιο της αναγκαίας διαλειτουργικότητας, είναι κατάλληλη και επαρκής για την έκταση του έργου και απαντά ευθέως στις απαιτήσεις της προκήρυξης. Αξιολογείται τέλος, η διακρίσιμότητα των παραδοτέων και η προστιθέμενη αξία τους στο έργο καθώς και η επάρκεια των σεναρίων ελέγχου σε σχέση με τη απαιτούμενη λειτουργικότητα.

Κριτήριο 2.3 : διασυνδεσιμότητα, διαλειτουργικότητα, ανταλλαγή και συγχρονισμός δεδομένων με τα λοιπά υποσυστήματα

Η ποιότητα (έκταση, είδος, καταλληλότητα, διακρίσιμότητα, διαθεσιμότητα) των υπηρεσιών που προσφέρονται σε όλον τον κύκλο ζωής του έργου και αφορούν στις υπηρεσίες διασυνδεσιμότητας με τις υφιστάμενες υποδομές και διεργασίες, στη διασφάλιση της διαλειτουργίας και της ανταλλαγής δεδομένων με αλληλεξαρτούμενα εσωτερικά ή εξωτερικά συστήματα. Ελέγχεται περαιτέρω η προτεινόμενη μέθοδος παροχής και παρακολούθησης της αποτελεσματικότητας των παραπάνω, μέσω κατάλληλων δεικτών μέτρησης επιδόσεων, στην έκταση των στόχων και λειτουργικών απαιτήσεων του έργου.

Κριτήριο 3 : οργάνωση υλοποίησης, λειτουργία διοίκησης έργου και μεταφορά τεχνογνωσίας

Κριτήριο 3.1 : οργάνωση υλοποίησης έργου (φάσεις, παραδοτέα, ορόσημα, χρονοδιάγραμμα)

Η οργάνωση των εργασιών λαμβάνοντας υπόψη τα κρίσιμα σημεία του έργου ώστε να εξασφαλίζεται η ρεαλιστικότητα του χρονοδιαγράμματος και η έγκαιρη διάθεση των παραδοτέων του έργου που συνεπάγεται ταυτόχρονα και την επίτευξη των γενικών αλλά και ενδιάμεσων στόχων-ορόσημα. Επίσης κατά πόσο τα παραδοτέα που αφορούν την υλοποίηση και θέση σε λειτουργία των υπηρεσιών του έργου είναι μετρήσιμα και διασφαλίζουν την λειτουργικότητα του έργου. Συμπληρωματικά, η αποτελεσματικότητα του τρόπου διακυβέρνησης του έργου και της επικοινωνίας της προόδου και των κινδύνων με όλους τους συντελεστές του έργου (και με τρίτους φορείς). Ελέγχεται κατά πόσο από την προσφορά είναι ευδιάκριτα τα όρια λογοδοσίας όλων των ρόλων, σε όλο τον κύκλο ζωής του έργου και κατά πόσο ο τρόπος αξιοποίησης εξωτερικών συνεργατών, ή υπερβολάβων συντελεί στην ομαλή διακυβέρνηση χωρίς να αυξάνεται η πολυπλοκότητα. Αξιολογείται τέλος η συνέπεια και ανταπόκριση της προτεινόμενης μεθόδου επικοινωνίας και μέθοδο επίλυσης αλλαγών (και διαφορών) με την αντίληψη για το περιβάλλον υλοποίησης του έργου καθώς η αναλογικότητα, καταλληλότητα και αποτελεσματικότητα της λειτουργίας των οργάνων και επιτροπών μελών στο σχήμα λήψης αποφάσεων σε σχέση με το εύρος και έκταση του αντικειμένου και της πολυπλοκότητας τους, όπως την αντιλαμβάνεται στην προσφορά του ο υποψήφιος ανάδοχος.

Κριτήριο 3.2 : σχήμα διοίκησης και υλοποίησης έργου

Το προτεινόμενο σχήμα διοίκησης και υλοποίησης, σε σχέση με την κατανόηση των απαιτήσεων του έργου. Ελέγχεται επιπλέον ο βαθμός κατανόηση των απαιτήσεων του έργου. Ελέγχεται επιπλέον ο βαθμός αλλαγών. Αξιολογείται κατά πόσον η διάρθρωση, η μέθοδος επικοινωνίας και αναφοράς και οι ρόλοι του σχήματος διοίκησης και υλοποίησης όπως τεκμηριώνεται από την κατανομή της ανθρωποπροσπάθειας στις διακριτές φάσεις του χρονοδιαγράμματος συντελούν στην προοδευτική αύξηση της λειτουργικότητας και διασφαλίζουν την επίτευξη των οροσήμων (ή/και παραδοτέα ή ομάδες παραδοτέων). Τέλος, αξιολογείται κατά πόσον το προτεινόμενο σύστημα ποιότητας και διαχείρισης των κινδύνων είναι κατάλληλο για το μέγεθος του έργου και φαίνεται με σαφήνεια η λειτουργία αυτή στο οργανωτικό σχήμα διοίκησης του έργου. Σε καμία περίπτωση δεν βαθμολογούνται οι επαγγελματικές ικανότητες και τα προσόντα της ομάδας έργου. Η σύνθεση της ομάδας έργου, το αντικείμενο σπουδών και η ελάχιστη απαιτούμενη εμπειρία των στελεχών των υποψηφίων κρίνεται στο στάδιο ελέγχου των δικαιολογητικών συμμετοχής και δεν αξιολογείται, ούτε άμεσα ούτε έμμεσα, κατά την βαθμολόγηση της τεχνικής προσφοράς του υποψηφίου.

Κριτήριο 4 : παρεχόμενες υπηρεσίες

Κριτήριο 4.1 : υπηρεσίες εκπαίδευσης και μεταφοράς τεχνογνωσίας

Ο βαθμός καταλληλότητας της προτεινόμενης μεθόδου μεταφοράς τεχνογνωσίας (μέθοδος εκπαίδευσης) και ευαισθητοποίησης για τις ειδικές ανάγκες υιοθέτησης και χρήσης των παραγόμενων υπηρεσιών από το έργο. Αξιολογείται επιπλέον ο βαθμός συμβατότητας της μεθόδου παροχής των υπηρεσιών με τις συνθήκες λειτουργίας των δομών του φορέα λειτουργίας, το κατά πόσον, ο προτεινόμενος τρόπος ευαισθητοποίησης προς του συντελεστές της τεχνολογικής παρέμβασης (έργο) είναι ενδεδειγμένος και κατάλληλος για το είδος των υπηρεσιών που αναμένεται να γίνεται χρήση και κατά πόσον ο προτεινόμενος χρονισμός της ευαισθητοποίησης, συνάδει με την κλιμάκωση των προτεινόμενων ορόσημων και λειτουργικότητας.

Κριτήριο 4.2 : υπηρεσίες πιλοτικής και δοκιμαστικής παραγωγικής λειτουργίας

Ο βαθμός επάρκειας της ποιότητας (έκταση, είδος, καταλληλότητα διακριτότητα, διαθεσιμότητα) των υπηρεσιών που αφορούν στις υπηρεσίες πιλοτικής και δοκιμαστικής περιόδου παραγωγικής λειτουργίας.

Κριτήριο 4.3 : υπηρεσίες εγγύησης, συντήρησης και τήρησης επιπέδου υπηρεσιών

Ο βαθμός επάρκειας της ποιότητας (έκταση, είδος, καταλληλότητα διακριτότητα, διαθεσιμότητα) των υπηρεσιών που αφορούν στις υπηρεσίες εγγύησης καλής λειτουργίας και συντήρησης.

6.5 Οι εναλλακτικές επιλογές

Για το έργο κατέθεσαν τεχνικές προσφορές 4 υποψήφιοι ανάδοχοι, η Εταιρεία Α, η Εταιρεία Β, η Εταιρεία Γ και η Ένωση εταιρειών Δ και Ε. Οι τέσσερις εταιρείες βαθμολογήθηκαν σύμφωνα με τα κριτήρια αξιολόγησης που παρουσιάστηκαν προηγουμένως. Τα αποτελέσματα αυτής της διαδικασίας παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν και συνοδεύονται από μία σύντομη τεκμηρίωση.

Εταιρεία Α

Η προσφορά της εταιρείας Α στο σύνολο της παρουσιάζει υψηλό βαθμό κάλυψης των προδιαγραφών - απαιτήσεων του έργου.

Η προσέγγιση της εταιρείας Α και η κατανόηση – αντίληψη της για το έργο κρίνεται σαφής, σφαιρική και εκτενής. Λαμβάνει υπ' όψιν τις ιδιαιτερότητες των απαιτήσεων και επιπλέον αναγνωρίζει και εξηγεί τον τρόπο που θα αντιμετωπιστεί η πολυπλοκότητα του έργου, με σωστή μεθοδολογική προσέγγιση διοίκησης και υλοποίησης. Με τον τρόπο αυτό παρέχει εγγύηση διασφάλισης των αναμενόμενων αποτελεσμάτων.

Παρουσιάζεται αναλυτικά η λειτουργικότητα όλων των υποσυστημάτων, των ηλεκτρονικών υπηρεσιών καθώς και των εργαλείων υλοποίησης. Υπάρχει εκτενής αναφορά σε στοιχεία διαλειτουργικότητας και πολυκαναλικότητας τα οποία δύναται να χρησιμοποιήσει στην υλοποίηση του έργου.

Η φυσική και λογική αρχιτεκτονική που προτείνει αξιοποιεί κατά το μέγιστο δυνατό βαθμό τις υφιστάμενες υποδομές και την επιχειρησιακή λογική.

Οι προσφερόμενες υπηρεσίες βρίσκονται σε μια ισόρροπη σχέση με τη μεθοδολογία, τη διάρθρωση του χρονοδιαγράμματος και την κατανομή της ανθρωποπροσπάθειας, εξυπηρετώντας του στόχους του έργου με συνέπεια.

Πίνακας 12 : βαθμολογία κριτηρίων για την εταιρεία Α

Κριτήριο	Βαθμολογία
Κ 1.1	107
Κ 1.2	106
Κ 1.3	106
Κ 2.1	105
Κ 2.2	107
Κ 2.3	105
Κ 3.1	100
Κ 3.2	102
Κ 4.1	100
Κ 4.2	104
Κ 4.3	102

Εταιρεία Β

Η προσφορά της εταιρείας Β στο σύνολο της είναι επαρκής, διατυπώνεται με ευκρίνεια και τεκμηριώνεται με πληρότητα.

Αναφορικά με την συνολική προσέγγιση κατανόησης του έργου περιέχει μια σαφή αντίληψη των απαιτήσεων, της πολυπλοκότητας και της έκτασης του έργου. Η μεθοδολογία διοίκησης και υλοποίησης είναι προσαρμοσμένη στις απαιτήσεις του έργου.

Η περιγραφή της προτεινόμενης λύσης και η συμφωνία της προσφοράς με τις τεχνικές προδιαγραφές της διακήρυξης καθίσταται αντιληπτή. Η φυσική και λογική αρχιτεκτονική είναι προσαρμοσμένη στις επιχειρησιακές και τεχνολογικές απαιτήσεις και προδιαγραφές του έργου, με αναφορά στις απαιτήσεις διαλειτουργικότητας με το υφιστάμενο σύστημα και τις εφαρμογές τρίτων. Η περιγραφή της οργάνωσης και διοίκησης του έργου όπως τεκμηριώνεται στην προσφορά είναι επαρκής. Οι υπηρεσίες πιλοτικής και δοκιμαστικής περιόδου παραγωγικής λειτουργίας και οι υπηρεσίες συντήρησης περιγράφονται με σαφήνεια.

Πίνακας 13 : βαθμολογία κριτηρίων για την εταιρεία Β

Κριτήριο	Βαθμολογία
Κ 1.1	100
Κ 1.2	100
Κ 1.3	100
Κ 2.1	100
Κ 2.2	100
Κ 2.3	100
Κ 3.1	100
Κ 3.2	100
Κ 4.1	100
Κ 4.2	102
Κ 4.3	102

Εταιρεία Γ

Η προσφορά της εταιρίας Γ στο σύνολο της είναι επαρκής, διατυπώνεται με ευκρίνεια και τεκμηριώνεται με πληρότητα.

Η συνολική προσέγγιση και ευρύτερη κατανόηση του έργου προκύπτει άμεσα από την προσφορά η οποία περιέχει μια σαφή και περιεκτική αντίληψη των απαιτήσεων, της πολυπλοκότητας και της έκτασης του έργου. Η προσφορά της εταιρίας εμπεριέχει μεθοδολογία διαχείρισης και υλοποίησης η οποία διασφαλίζει την ολοκλήρωση του έργου.

Η εταιρία προτείνει μια συνολική και συνεκτική λύση η οποία ενσωματώνει την ολοκλήρωση των απαιτήσεων οριζόντιων λειτουργιών και υπηρεσιών, καθώς και τις ανάγκες διαλειτουργικότητας και διασυνδεσιμότητας με ευδιάκριτο τρόπο.

Το προτεινόμενο σχήμα διοίκησης και υλοποίησης του έργου και οι προσφερόμενες υπηρεσίες καλύπτουν τις απαιτήσεις του έργου, με ρεαλιστική κατανομή ανθρωποπροσπάθειας στις διακριτές φάσεις του χρονοδιαγράμματος.

Οι υπηρεσίες πιλοτικής και δοκιμαστικής περιόδου παραγωγικής λειτουργίας και οι υπηρεσίες συντήρησης περιγράφονται με σαφήνεια.

Πίνακας 14 : βαθμολογία κριτηρίων για την εταιρεία Γ

Κριτήριο	Βαθμολογία
Κ 1.1	100
Κ 1.2	100
Κ 1.3	100
Κ 2.1	100
Κ 2.2	100
Κ 2.3	100
Κ 3.1	100
Κ 3.2	104
Κ 4.1	101
Κ 4.2	101
Κ 4.3	102

Ένωση εταιρειών Δ και Ε

Η προσφορά της ένωσης εταιρειών Δ και Ε στο σύνολο της παρουσιάζει υψηλό βαθμό κάλυψης των προδιαγραφών – απαιτήσεων του έργου.

Η αντίληψη – κατανόηση του έργου όπως τεκμηριώνεται στην προσφορά της ένωσης κρίνεται σαφής, περιεκτική και εκτενής ενώ λαμβάνονται υπόψη οι ιδιαιτερότητες των απαιτήσεων που προέρχονται από τις αλληλεξαρτήσεις.

Τα εργαλεία και οι τεχνικές που παρουσιάζονται, καθώς και η προτεινόμενη μεθοδολογία διοίκησης και υλοποίησης του έργου είναι πλέον κατάλληλα ώστε να διασφαλίζουν την εύρυθμη υλοποίηση του έργου καθώς και την πιστή τήρηση του προτεινόμενου χρονοδιαγράμματος. Η φυσική και λογική αρχιτεκτονική που προτείνεται είναι πλήρως προσαρμοσμένη στις απαιτήσεις του έργου και εξυπηρετεί υο ακριβές σύνολο των λειτουργικών ενοτήτων, όπως οι απαιτήσεις διαλειτουργικότητας με υφιστάμενα συστήματα, οι απαιτήσεις ασφαλείας, ευχρηστίας και προσβασιμότητας.

Παραθέτει αναλυτική περιγραφή των παραδοτέων τευχών, καθώς και της προτεινόμενης μεθόδου επικοινωνίας και επίλυσης αλλαγών. Υπάρχει εκτενής αναφορά σε σενάρια χρήσης – ελέγχου καθώς και σενάρια ελέγχου – αποδοχής.

Η συνολική προσφερόμενη ανθρωποπροσπάθεια και η κατανομή στις διακριτές φάσεις του χρονοδιαγράμματος είναι πλέον επαρκής για την πολυπλοκότητα του έργου και διασφαλίζει την επίτευξη των οροσήμων – παραδοτέων. Η οργάνωση της διοίκησης και της υλοποίησης επιτυγχάνει ορόσημα νωρίτερα από αυτά που έχουν προδιαγραφεί στο χρονοδιάγραμμα της διακύρηξης.

Οι παρεχόμενες υπηρεσίες της προσφοράς όπως υπηρεσίες της περιόδου πιλοτικής και δοκιμαστικής παραγωγικής λειτουργίας, υπηρεσίες εκπαίδευσης, υπηρεσίες ευαισθητοποίησης και μεταφοράς τεχνογνωσίας, η μέθοδος παροχής των ανωτέρω υπηρεσιών καθώς και οι αναμενόμενες προδιαγραφές ποιότητας παρουσιάζονται αναλυτικά και είναι πλέον ενδεδειγμένες και κατάλληλες για την κάλυψη των απαιτήσεων του έργου. Οι υπηρεσίες εκπαίδευσης, το είδος και η ποιότητα περιγράφονται με αναλυτικό και στοχευόμενο τρόπο.

Πίνακας 15 : βαθμολογία κριτηρίων για την ένωση εταιριών Δ και Ε

Κριτήριο	Βαθμολογία
Κ 1.1	108
Κ 1.2	106
Κ 1.3	106
Κ 2.1	107
Κ2.2	108
Κ 2.3	104
Κ 3.1	108
Κ 3.2	109
Κ 4.1	108
Κ 4.2	108
Κ 4.3	100

6.6 Επιλογή της μεθόδου

Στόχος της συγκεκριμένης μελέτης περίπτωσης είναι να δοθεί έμφαση στα πρώτα στάδια κάθε πολυκριτηριακής ανάλυσης :

- ο καθορισμός του πλαισίου της απόφασης
- η αναγνώριση των εναλλακτικών επιλογών
- η αναγνώριση των κριτηρίων αξιολόγησης

και όχι στην χρήση κάποιας συγκεκριμένης μεθόδου.

Πολλές φορές κατά την εφαρμογή πολυκριτηριακής ανάλυσης στην πράξη, οι αποφασίζοντες κάνουν το λάθος να επικεντρώνονται αποκλειστικά στην κατάλληλη επιλογή και εφαρμογή κάποιας μεθόδου, αποτυγχάνοντας έτσι να δώσουν την απαραίτητη προσοχή στα προαναφερθέντα πρώτα στάδια κάθε ανάλυσης. Όμως οι μέθοδοι MCDA αποτελούν απλώς εργαλεία υποστήριξης αποφάσεων, τα οποία παράγουν αποτελέσματα ανάλογα με τα δεδομένα τα οποία οι αποφασίζοντες δίνουν ως είσοδο. Έτσι πολλές φορές στην πράξη παρατηρείται ότι ενώ η επιλογή και η εφαρμογή κάποιας συγκεκριμένης

μεθόδου είναι επιτυχής να προκύπτουν αναξιόπιστα αποτελέσματα. Για παράδειγμα μπορεί ο αποφασίζων να μην αξιολογήσει σωστά την σχετική σημασία των κριτηρίων αξιολόγησης ή να αποτύχει στην αναγνώριση των εναλλακτικών επιλογών προβλήματος απόφασης που εξετάζει. Επομένως τα πρώτα αυτά στάδια κάθε πολυκριτηριακής ανάλυσης είναι τα πλέον σημαντικά και είναι αναγκαίο να δίνεται μεγάλη έμφαση σε αυτά καθώς διασφαλίζουν την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων της ανάλυσης.

Έτσι στην παρούσα μελέτη περίπτωσης δόθηκε έμφαση στις προηγούμενες ενότητες, οι οποίες αποτελούν τα πρώτα στάδια κάθε πολυκριτηριακής ανάλυσης, ενώ όπως θα φανεί στην συνέχεια δεν θα επικεντρωθεί στην εφαρμογή κάποιας συγκεκριμένης μεθόδου με αποτέλεσμα η επιλογή της να γίνει με βασικό κριτήριο την ευκολία εφαρμογής της.

Για αυτό το λόγο και σύμφωνα με τον συγκριτικό πίνακα των μεθόδων του 4^{ου} κεφαλαίου επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί η WSM (Weighted Sum Model) για τους εξής λόγους :

- Η WSM αποτελεί την πιο γνωστή και την πιο απλή μέθοδος πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων
- Τα βάρη κάθε κριτηρίου καθώς και οι βαθμολογίες κάθε εναλλακτικής στα κριτήρια αυτά είναι δεδομένα
- Όλα τα κριτήρια αξιολόγησης είναι κριτήρια προς μεγιστοποίηση
- Όλα τα δεδομένα είναι θετικά και εκφρασμένα στην ίδια κλίμακα

6.7 Πολυκριτηριακή ανάλυση με χρήση του λογισμικού MakeltRational

Το MakeltRational είναι ένα λογισμικό υποστήριξης αποφάσεων το οποίο βασίζεται στην χρήση της μεθόδου AHP (Analytic Hierarchy Process). Στην πραγματικότητα όμως ο τρόπος με τον οποίο θα χρησιμοποιήσουμε το λογισμικό, με απευθείας βαθμολόγηση (direct rating) των κριτηρίων αξιολόγησης και των εναλλακτικών επιλογών, έχει ως αποτέλεσμα να εφαρμόζεται η WSM. Αυτό συμβαίνει διότι στην πραγματικότητα το λογισμικό θα υπολογίσει την συνολική βαθμολογία για κάθε εναλλακτική i ως το άθροισμα των γινομένων των βαρών κάθε κριτηρίου j επί της βαθμολογίας της εναλλακτικής i στο κριτήριο j , $i = 1, \dots, 4$ και $j = 1, \dots, 11$.

Αυτόν ακριβώς τον υπολογισμό υλοποιεί και η WSM :

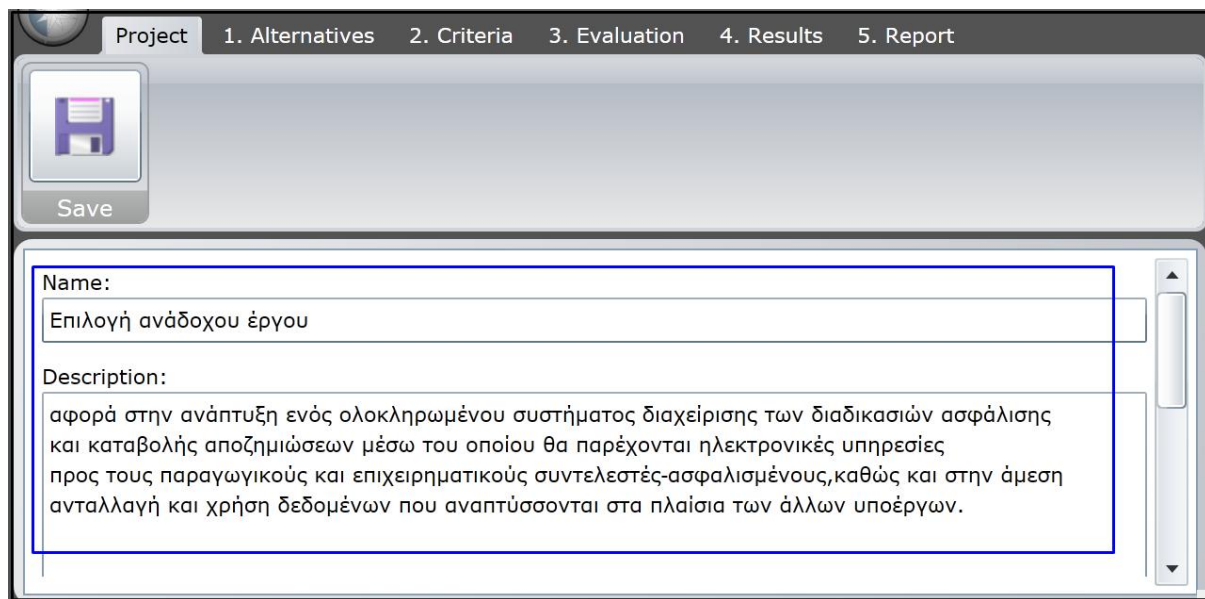
$$A_i^{WSM-score} = \sum_{j=1}^n w_j * a_{ij}$$

Η διαδικασία χρήσης του λογισμικού αποτελείται από τα παρακάτω βήματα :

1. Περιγραφή του προβλήματος απόφασης
2. Εισαγωγή εναλλακτικών επιλογών
3. Εισαγωγή κριτηρίων αξιολόγησης
4. Βαθμολόγηση κριτηρίων και εναλλακτικών
5. Παρουσίαση των αποτελεσμάτων

Περιγραφή του προβλήματος απόφασης

Αρχικά ζητείται από τον αποφασίζων να δώσει ένα όνομα στο πρόβλημα απόφασης καθώς και μια σύντομη περιγραφή του.

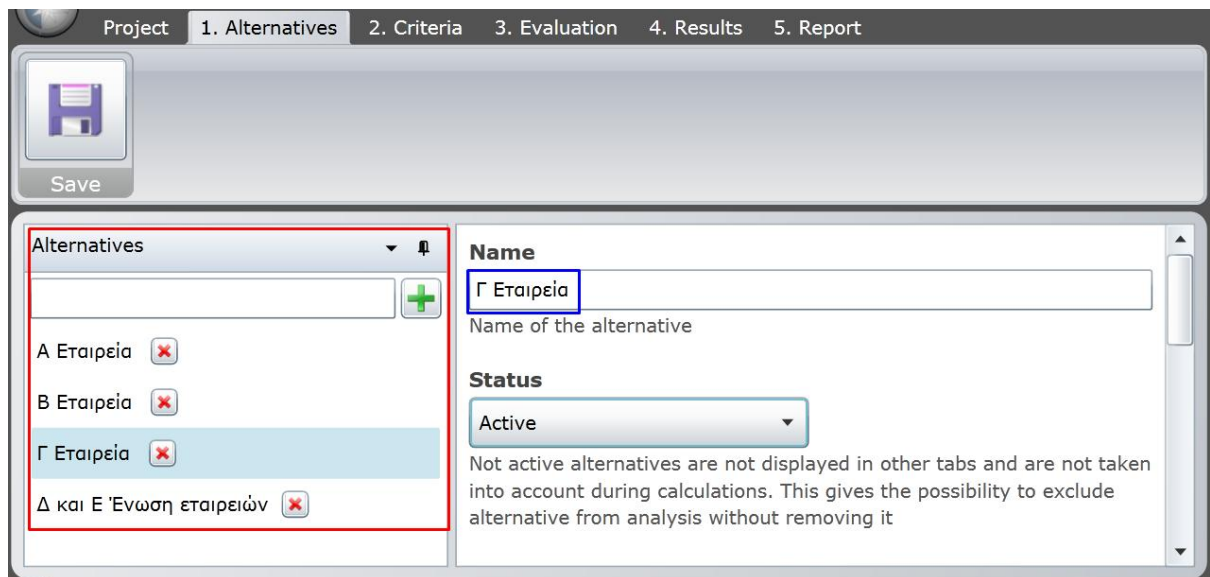


The screenshot shows a software window with a menu bar containing 'Project', '1. Alternatives', '2. Criteria', '3. Evaluation', '4. Results', and '5. Report'. Below the menu bar is a 'Save' button with a floppy disk icon. The main area of the window is a form with two fields: 'Name:' and 'Description:'. The 'Name' field contains the text 'Επιλογή ανάδοχου έργου'. The 'Description' field contains the text: 'αφορά στην ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης των διαδικασιών ασφάλισης και καταβολής αποζημιώσεων μέσω του οποίου θα παρέχονται ηλεκτρονικές υπηρεσίες προς τους παραγωγικούς και επιχειρηματικούς συντελεστές-ασφαλισμένους, καθώς και στην άμεση ανταλλαγή και χρήση δεδομένων που αναπτύσσονται στα πλαίσια των άλλων υποέργων.'

Εικόνα 10 : ονομασία και περιγραφή του project

Εισαγωγή εναλλακτικών επιλογών

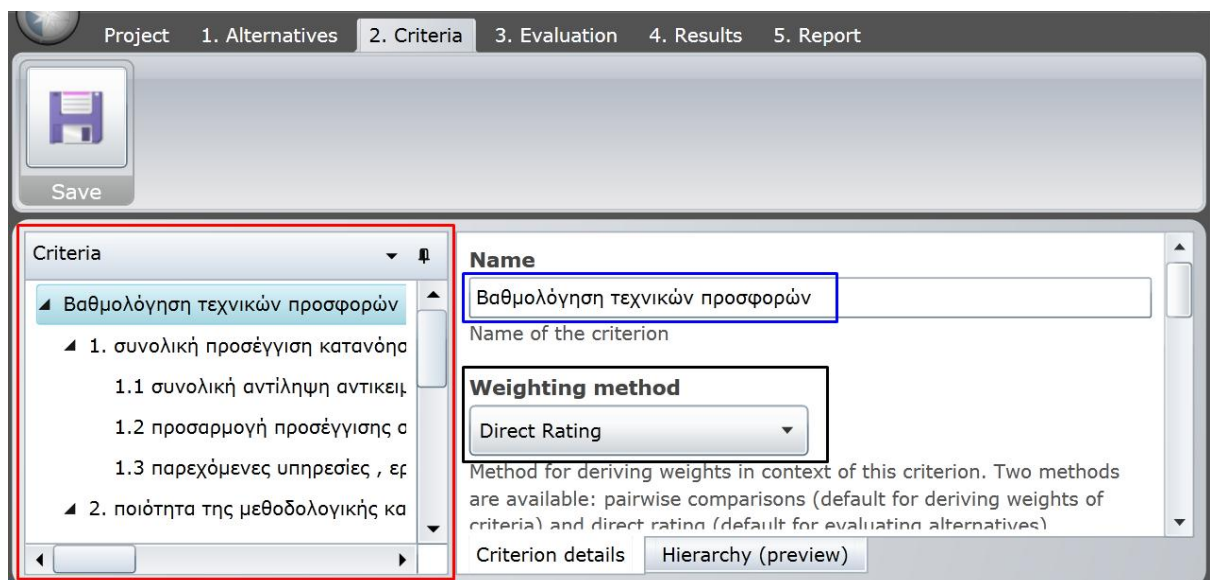
Στο 2^ο βήμα ο αποφασίζων καλείται να δηλώσει τις εναλλακτικές επιλογές και να δώσει ένα όνομα σε καθεμία από αυτές.



Εικόνα 11 : εισαγωγή εναλλακτικών επιλογών

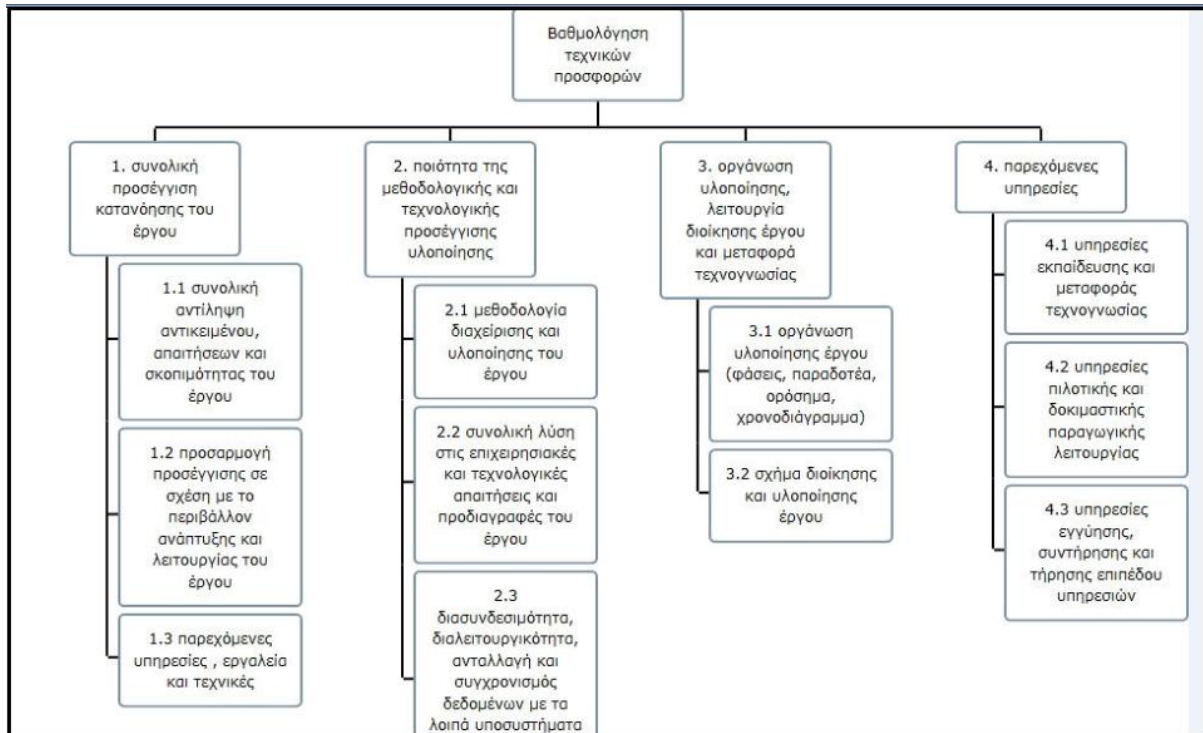
Εισαγωγή κριτηρίων αξιολόγησης

Σε αυτό το βήμα ο αποφασίζων δηλώνει τα κριτήρια αξιολόγησης, καθώς και τα επιμέρους κριτήρια στα οποία αυτά αποσυντίθενται, και ονομάζει καθένα από αυτά. Ακόμη επιλέγει την μέθοδο στάθμισης που θα χρησιμοποιηθεί, που στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι η απευθείας βαθμολόγηση.



Εικόνα 12 : εισαγωγή κριτηρίων αξιολόγησης

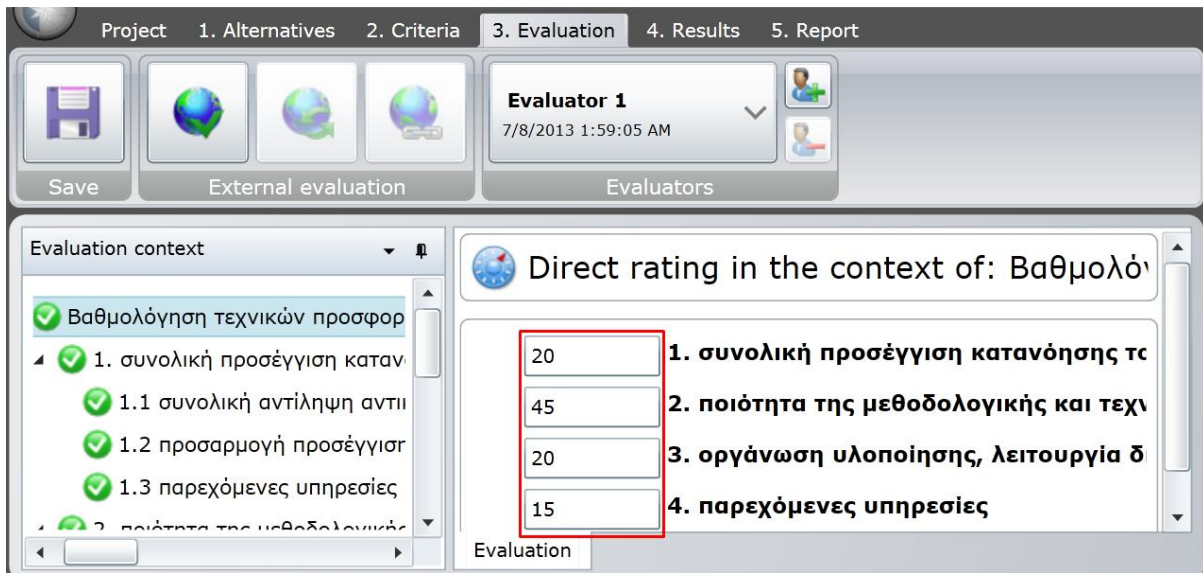
Αποτέλεσμα της προηγούμενης διαδικασίας είναι η δημιουργία της παρακάτω ιεραρχίας :



Εικόνα 13 : ιεραρχία κριτηρίων του 1^{ου} case study

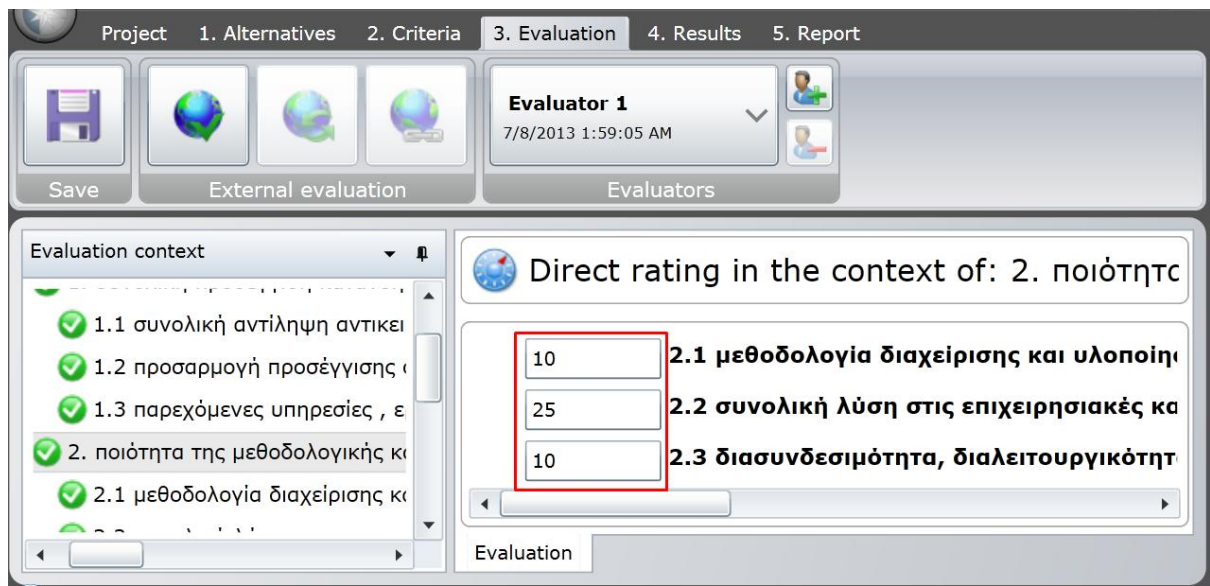
Βαθμολόγηση κριτηρίων και εναλλακτικών

Στο 4^ο βήμα ο αποφασίζων καλείται αρχικά να εισάγει τους συντελεστές βαρύτητας για κάθε κριτήριο αξιολόγησης.



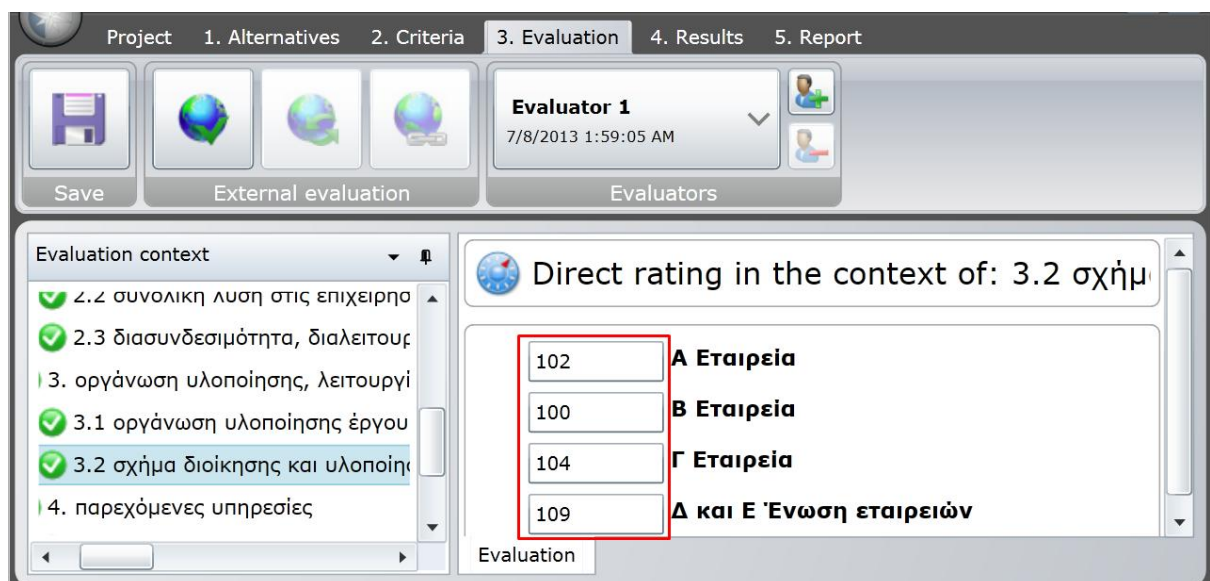
Εικόνα 14 : βαθμολόγηση κριτηρίων αξιολόγησης

Στη συνέχεια εισάγει τους συντελεστές βαρύτητας για καθένα από τα επιμέρους κριτήρια αξιολόγησης.



Εικόνα 15 : βαθμολόγηση επιμέρους κριτηρίων αξιολόγησης

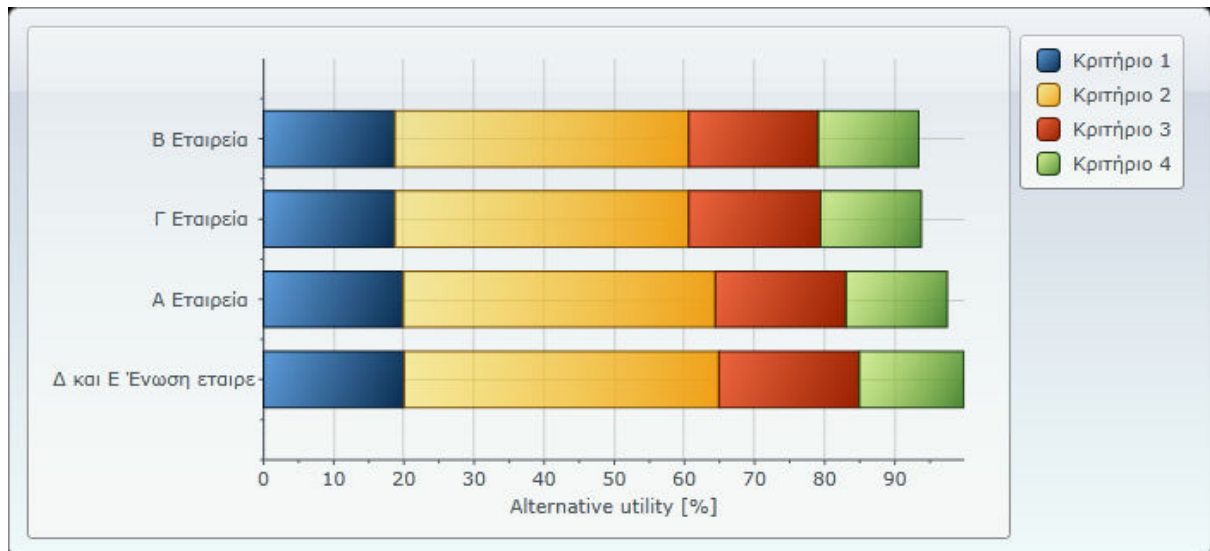
Τέλος ο αποφασίζων καλείται να εισάγει τις βαθμολογίες κάθε εναλλακτικής επιλογής για καθένα από τα επιμέρους κριτήρια αξιολόγησης.



Εικόνα 16 : βαθμολόγηση εναλλακτικών επιλογών σε κάθε κριτήριο

Παρουσίαση των αποτελεσμάτων

Με χρήση των δεδομένων που εισήχθησαν στα προηγούμενα βήματα το λογισμικό υπολογίζει την τελική βαθμολογία για κάθε εναλλακτική επιλογή και παρουσιάζει γραφικά τα αποτελέσματα.



Εικόνα 17 : αποτελέσματα λογισμικού MakeltRational για το 1^ο case study

Επομένως η σειρά προτίμησης των εναλλακτικών επιλογών, με κριτήριο την βαθμολογία των τεχνικών προσφορών, είναι η εξής :

1. Ένωση εταιρειών Δ και Ε
2. Εταιρεία Α
3. Εταιρεία Γ
4. Εταιρεία Β

6.8 Τελική βαθμολογία και κατάταξη εναλλακτικών – επιλογή πιο συμφέρουσας εναλλακτικής

Η κατάταξη των τεχνικών προσφορών που προέκυψε από τη χρήση του λογισμικού MakeltRational δεν λαμβάνει υπόψη το κόστος κάθε προσφοράς. Έτσι μπορεί μια τεχνική προσφορά συγκεντρώνει καλή βαθμολογία όσον αφορά τα χαρακτηριστικά που προσφέρει, αλλά να έχει υψηλό κόστος υλοποίησης, με αποτέλεσμα συνολικά να κρίνεται ως μη συμφέρουσα ή να υπάρχει κάποια εναλλακτική που να προτιμάται συνολικά.

Επομένως είναι αναγκαίο να υπολογίσουμε την συνολική βαθμολογία κάθε εναλλακτικής επιλογής. Η τελική βαθμολόγηση των τεχνικών προσφορών γίνεται με τον τύπο :

$$A_i = 70 * \frac{B_i}{B_{max}} + 30 * \frac{K_{min}}{K_i}$$

όπου

B_i : η συνολική βαθμολογία της τεχνικής προσφοράς i

B_{max} : η συνολική βαθμολογία που έλαβε η καλύτερη τεχνική προσφορά

K_i : το συνολικό συγκριτικό κόστος της προσφοράς i

K_{min} : το συνολικό συγκριτικό κόστος της προσφοράς με τη μικρότερη τιμή

Αφού υπολογιστεί το Λ_i για καθεμία από τις προσφορές, τότε επικρατέστερη θεωρείται η προσφορά με το μεγαλύτερο Λ .

Με χρήση του παραπάνω τύπου υπολογίζεται η συνολική βαθμολογία κάθε προσφοράς. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 16 : υπολογισμός συνολικής βαθμολογίας προσφορών – αποτελέσματα 1^{ου} case study

	$\frac{B_i}{B_{max}}$	$\frac{K_{min}}{K_i}$	Λ
Εταιρεία Α	0,977	0,905	95,54
Εταιρεία Β	0,936	1,000	95,55
Εταιρεία Γ	0,940	0,992	95,56
Ένωση εταιρειών Δ και Ε	1,000	0,903	97,09

Η σειρά προτίμησης των εναλλακτικών επιλογών, με κριτήριο την συνολική βαθμολογία των τεχνικών προσφορών, είναι η εξής :

1. Ένωση εταιρειών Δ και Ε
2. Εταιρεία Γ
3. Εταιρεία Β
4. Εταιρεία Α

Επομένως πιο συμφέρουσα εναλλακτική κρίνεται η ένωση των εταιρειών Δ και Ε.

Κεφάλαιο 7^ο : Case Study 2 - Επιλογή τοποθεσίας αποθηκευτικού χώρου

7.1 Επιλογή των μεθόδων

Στο απλό και χαρακτηριστικό αυτό logistics πρόβλημα που διαθέτουμε θα έρθουμε σε επαφή με την πολυκριτηριακή ανάλυση και τη λήψη αποφάσεων εφαρμόζοντας μια από τις πρωταρχικές και κλασικές μεθόδους, την Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) και την Grey Relational Analysis (GRA) που συμπληρώνει τα κενά της προηγούμενης. Η επιλογή των δυο παραπάνω μεθόδων έγινε προκειμένου να γίνει αντιληπτό η διαφορετική σκοπιά μέσα από την οποία προσεγγίζουν οι μέθοδοι το πρόβλημα και φυσικά ο τρόπος που επηρεάζει η σκοπιά αυτή τα τελικά αποτελέσματα.

Η TOPSIS μέθοδος έχοντας ως στόχο μια λύση που έχει ελάχιστη απόσταση από τη βέλτιστη επιλογή και μέγιστη απόσταση από τη χειρότερη εστιάζει στην απλότητα σαν σκέψη και εκτέλεση. Η TOPSIS εξαιτίας αυτής της προσέγγισης χρησιμοποιούνται σε τομείς όπως αξιολόγηση αποδοτικότητας αλλά και σε προβλήματα ευέλικτων συστημάτων παραγωγής και επιλογή παραγωγικής διαδικασίας.

Από την άλλη μεριά, η GRA, είναι μια καθαρά μαθηματική ανάλυση και χρησιμοποιείται σε συστήματα για τα οποία έχουμε μικρή γνώση και ανεπαρκή δεδομένα. Έτσι, η GRA με την ανάλυση της προσφέρει μια σαφή εικόνα σε προβλήματα λήψης αποφάσεων που δεν είναι σαφή, υπάρχουν αριθμητικά ανεπαρκή δεδομένα και πολλές εναλλακτικές επιλογές. Πιο συγκεκριμένα, βρίσκει εφαρμογές σε προβλήματα επιλογής προμηθευτών, επιλογή αποθηκευτικών συστημάτων, αξιολόγηση οικονομικών επιδόσεων, πρόβλεψη ζήτησης και επιλογή υλικών.

Σε αυτό το σημείο, παρατίθεται ένας πίνακας με χαρακτηριστικά των μεθόδων σε βασικούς τομείς.

Πίνακας 17 : χαρακτηριστικά μεθόδων TOPSIS και GRA

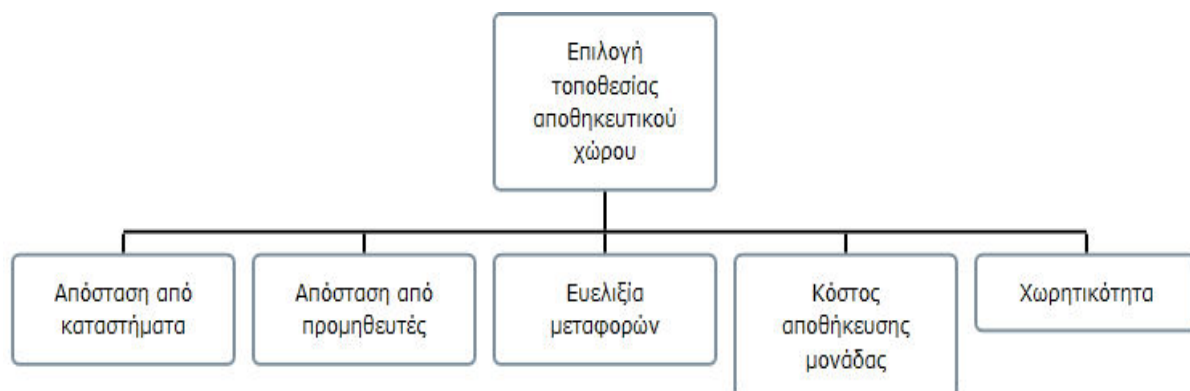
Χαρακτηριστικά	TOPSIS	GRA
Κορμός διαδικασίας	Υπολογισμός απόστασης από ιδανικό και λιγότερα ιδανικό σημείο	Μαθηματική ανάλυση με ανώτατα και κατώτατα όρια
Ανάγκη για στάθμιση των κριτηρίων	Ναι	Ναι
Καθορισμός στάθμισης	Όχι συγκεκριμένη μέθοδος	Όχι συγκεκριμένη μέθοδος
Τύπος προβλημάτων για εφαρμογή	Μεγάλος αριθμός κριτηρίων και εναλλακτικών επιλογών, αντικειμενικά και ντετερμινιστικά δεδομένα	Μεγάλος αριθμός κριτηρίων και εναλλακτικών επιλογών, αντικειμενικά και ντετερμινιστικά δεδομένα
Τελικά αποτελέσματα	Καθολικά και ιεραρχημένα	Καθολικά και ιεραρχημένα

7.2 Περιγραφή του προβλήματος

Το πρόβλημα επιλογής τοποθεσίας αποθηκευτικού χώρου είναι ουσιαστικά μία επένδυση και στρατηγική απόφαση σε μια επιχείρηση και στην επίτευξη των στόχων της. Σε τέτοιες περιπτώσεις λήψης αποφάσεων υπάρχουν πολλά πλαίσια και μοτίβα σύμφωνα με τα οποία θα παρθεί η απόφαση όπως μια λύση που ελαχιστοποιεί το κόστος ή μια λύση που μεγιστοποιεί τα κέρδη. Επιπρόσθετα, στη σύγχρονη εποχή του συνεχώς αυξανόμενου ανταγωνισμού πέρα από το κέρδος, δείκτες που αφορούν την ικανοποίηση του πελάτη και το επίπεδο εξυπηρέτησης των πελατών είναι εξίσου σημαντικά.

Τώρα, το πρόβλημα λήψης απόφασης που έχουμε προς ανάλυση θα εκφραστεί με πιο συγκεκριμένο τρόπο. Η επιχείρηση που δραστηριοποιείται στον τομέα της λιανικής πώλησης με αβεβαιότητα ζήτησης και μεγάλη ποικιλία προϊόντων εντόπισε ότι θα είναι ανεπαρκής στον αποθηκευτικό τομέα και στις συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις για αποθηκευτικό χώρο. Έτσι, με στόχο να ανταποκριθεί επιτυχώς στις νέες συνθήκες τα επόμενα πέντε χρόνια, η επιχείρηση σχεδιάζει να πάρει μια απόφαση σχετικά με τον νέο αποθηκευτικό χώρο που θα την καθιστά και πάλι ανταγωνιστική. Σαν αποτέλεσμα έρευνας που πραγματοποίησε, τέσσερις διαφορετικές αποθήκες έχουν εντοπιστεί. Στη διαδικασία επιλογής για την καταλληλότερη, τα κριτήρια αξιολόγησης έχουν να κάνουν με την χωρητικότητα, το κόστος και τον πελάτη όσον αφορά το έμμεσο περιβάλλον και την επιχείρηση.

Τα κριτήρια αξιολόγησης φαίνονται συνοπτικά στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 18 : ιεραρχία κριτηρίων του 2^{ου} case study

Πιο αναλυτικά τα κριτήρια αξιολόγησης είναι τα εξής :

- **Κόστος αποθήκευσης μονάδας:** Ένας από τους καθοριστικούς παράγοντες επιλογής αποθηκευτικού χώρου είναι το κόστος αποθήκευσης ανά m^2 . Χαμηλό κόστος αποθήκευσης αποτελεί προτεραιότητα.
- **Χωρητικότητα:** Σε ένα επιχειρησιακό οικοδόμημα με μεγάλη ποικιλία προϊόντων, είναι ζωτικό η χωρητικότητα της αποθήκης να είναι ανάλογη με τις αυξημένες απαιτήσεις. Ενώ, μια αποθήκη με μικρή χωρητικότητα δημιουργεί πρόβλημα ροής, πολύ μεγάλη χωρητικότητα δημιουργεί το ενδεχόμενο μη αξιοποίησης χώρου και άρα αύξηση του κόστους αποθήκευσης.
- **Απόσταση από καταστήματα:** Μείωση του χρόνου που θα χρειαστεί να τροφοδοτηθούν τα καταστήματα αλλά και του χρόνου έλευσης προϊόντος που έχει γίνει παραγγελία είναι καθοριστικοί παράγοντες επιτυχίας σε μια επιχείρηση λιανικής πώλησης. Η κατάσταση αυτή είναι πολύ σημαντική αν λάβουμε υπόψη κάποιες πτυχές όπως το να είναι μπροστά από τις άλλες επιχειρήσεις σε προϊόντα που θα παρουσιαστούν για πρώτη φορά στην αγορά, να μην έχει ποτέ έλλειψη προϊόντων που έχουν πάντοτε υψηλή ζήτηση έτσι ώστε να προλαμβάνει τον κίνδυνο απώλειας κερδών αλλά και κύρους. Από τα παραπάνω γίνεται εύκολα κατανοητό ότι ελαχιστοποίηση της απόστασης μεταξύ καταστήματος και αποθηκευτικού χώρου είναι ένα από τα βασικά κλειδιά της επιτυχίας.
- **Απόσταση από προμηθευτές:** Άλλος παράγοντας που επηρεάζει σημαντικά το χρόνο τροφοδότησης των καταστημάτων είναι η απόσταση του αποθηκευτικού χώρου από τους κύριους προμηθευτές. Ομοίως ελαχιστοποίηση απόστασης οδηγεί σε ελαχιστοποίηση χρόνου παράδοσης και κόστους μεταφοράς.
- **Ευελιξία μεταφορών:** Ο παράγοντας αυτός έχει να κάνει με την αξιολόγηση ποιοτικών χαρακτηριστικών του χώρου όπως του σχεδίου κατασκευής του και κατά πόσο αυτό προσφέρει πλεονεκτήματα ή μειονεκτήματα σε λειτουργίες που είναι χρήσιμες σε αποθηκευτικό χώρο. Οι υποψήφιες αποθήκες βαθμολογούνται σε μια κλίμακα 0-4. Η σημασία κάθε τιμής φαίνεται στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 18 : επεξήγηση κλίμακας βαθμολόγησης

Βαθμολογία	Σημασία
0	πολύ κακή
1	κακή
2	μέτρια
3	καλή
4	πολύ καλή

Για την επιλογή αποθηκευτικού χώρου, θα αναλυθούν τέσσερις διαφορετικές αποθήκες που πληρούν τα παραπάνω κριτήρια.

Πίνακας 19 : δεδομένα 2^{ου} case study

Ενδεχόμενα	Κόστος αποθήκευσης μονάδας (€/m ²)	Χωρητικότητα (μονάδες)	Μέση απόσταση από καταστήματα (km)	Μέση απόσταση από προμηθευτές (km)	Ευελιξία μεταφορών
Αποθήκη Α	6	100000	19	14	3
Αποθήκη Β	11	130000	9	9	1
Αποθήκη Γ	9	160000	12	12	2
Αποθήκη Δ	7	170000	17	12	4

7.3 Διαδικασία στάθμισης κριτηρίων αξιολόγησης

Πολλές μέθοδοι έχουν συγκεκριμένο τρόπο που σταθμίζουν τα διάφορα κριτήρια. Άλλες εισάγουν μια λύση σύμφωνα με την οποία οι αποφασίζοντες σταθμίζουν τα κριτήρια ανάλογα με τον αριθμό των κριτηρίων. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, θα χρησιμοποιηθεί η Simos procedure. Σε αυτή τη μέθοδο κάθε κριτήριο ταυτίζεται με μία κάρτα. Ένα πρόβλημα με n κριτήρια, έχει και n κάρτες. Πιο αναλυτικά:

- Τα κριτήρια ταξινομούνται από το λιγότερο σημαντικό στο πιο σημαντικό. Η διαδικασία αυτή εκτελείται από τον αποφασίζοντα και σύμφωνα με την κρίση του. Αν κάποια κριτήρια έχουν ίδιου βαθμού σημασία, χρησιμοποιείται ένα υποσύνολο βαθμολόγησης.
- Στην ταξινόμηση, ο βαθμός σημασίας δύο συνεχόμενων κριτηρίων μπορεί να είναι κοντινός ή μη κοντινός. Αυτό σημαίνει ότι, στη διαδικασία στάθμισης η διαφορά μεταξύ δυο συνεχόμενων κριτηρίων μπορεί να είναι μεγάλη ή μικρή. Έτσι, τοποθετώντας “λευκές κάρτες” μεταξύ δυο κριτηρίων το πρόβλημα λύνεται. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά στάθμισης μεταξύ των κριτηρίων τόσο περισσότερες “λευκές κάρτες” υπάρχουν.

Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο αυτή η στάθμιση του κόστους αποθήκευσης μονάδας (KAM), χωρητικότητας (X), μέσης απόστασης από καταστήματα (AK), μέσης απόστασης από προμηθευτές (ΑΠ) και ευελιξίας μεταφορών (EM) υπολογίζεται ως εξής:

- Σύνολο κριτηρίων $F = (KAM, X, AK, ΑΠ, EM)$
- Ο αποφασίζων καθορίζει τη σειρά του βαθμού σημασίας ανάμεσα στα κριτήρια ως X, ΑΠ, AK, KAM, EM
- Εδώ, ο αποφασίζων αξιολογεί την απόσταση από τους προμηθευτές και την απόσταση από τα καταστήματα με τον ίδιο βαθμό σημασίας. Επίσης, η διαφορά του βαθμού σημασίας μεταξύ των δύο πρώτων κριτηρίων και των δυο τελευταίων έχει αξιολογηθεί ως πολύ μεγάλη.

Οι επιλογές του αποφασίζοντα όπως αναφέρθηκαν παραπάνω και τα υπολογιστικά βήματα της μεθόδου απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα

Πίνακας 20 : μέθοδος στάθμισης κριτηρίων Simos

Επιλογές με ίδια στάθμιση	Αριθμός κριτηρίων αξιολόγησης	Θέσεις	Μη ομαλοποιημένη στάθμιση	Ομαλοποιημένη στάθμιση	Συνολικά
EM	1	1	1	$(1/17)*100=5.88\approx 6$	6
ΑΠ, AK	2	2, 3	$(2+3)/2=2.5$	$(2.5/17)*100=14.7\approx 15$	30
White card	1	(4)			
KAM	1	5	5	$(5/17)*100=29.41\approx 29$	29
X	1	6	6	$(6/17)*100=35.29\approx 35$	35
Συνολικά	6	17			100

Αρχικά, ταξινομούνται και ομαδοποιούνται τα σύνολα κριτηρίων και ο αύξων αριθμός τους σημειώνεται. Στην συνέχεια υπολογίζεται ο βαθμός βαρύτητας κάθε ομάδας. Έτσι, τελικά $(W_{EM}, W_{ΑΠ}, W_{AK}, W_{KAM}, W_X) = (0.06, 0.15, 0.15, 0.29, 0.35)$

7.4 Εφαρμογή της μεθόδου TOPSIS

Η TOPSIS είναι μια πολυκριτηριακή μέθοδος που φτάνει στο αποτέλεσμα έχοντας ντετερμινιστικά δεδομένα και με βάση τη λογική να μεγιστοποιεί την απόσταση από την χειρότερη δυνατή λύση και να ελαχιστοποιεί την απόσταση από τη βέλτιστη λύση. Τώρα, ακολουθεί η εκτέλεση του αλγόριθμου με αναλυτικά βήματα.

Βήμα 1

Για n κριτήρια m εναλλακτικών επιλογών συγκεντρώνονται τα δεδομένα. Τα αριθμητικά δεδομένα (x_{ij}) κανονικοποιούνται (r_{ij}) .

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$$

Βήμα 2

Για κάθε κριτήριο τα βάρη w_{ij} καθορίζονται και στη συνέχεια κανονικοποιούνται.

$$u_{ij} = w_j * r_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$$

Τα παραπάνω είναι ορατά στον παρακάτω πίνακα

Πίνακας 21 : αριθμητικοί υπολογισμοί μεθόδου TOPSIS

	Κόστος αποθήκευσης μονάδας	Χωρητικότητα	Απόσταση από καταστήματα	Απόσταση από προμηθευτές	Ευελιξία μεταφορών
Αποθήκη Α	0.1	0.12	0.1	0.09	0.03
Αποθήκη Β	0.19	0.16	0.05	0.06	0.01
Αποθήκη Γ	0.15	0.2	0.06	0.08	0.02
Αποθήκη Δ	0.12	0.21	0.09	0.08	0.04

Βήμα 3

Η καλύτερη και η χειρότερη επιλογή από κάθε κριτήριο εισάγονται σε αντίστοιχα σύνολα.

Αν j είναι θετικό

$$S^+ = \{u_{1j}, u_{2j}, \dots, u_{mj}\} = \{\max u_{1j} \text{ for } \forall j \in n\}$$

Αν j είναι ζημιόγόνο

$$S^- = \{u_{1j}, u_{2j}, \dots, u_{mj}\} = \{\min u_{1j} \text{ for } \forall j \in n\}$$

S^- καθορίζονται ως θετικές επιλέγοντας την ελάχιστη αξία και ως ζημιογόνες επιλέγοντας τη μέγιστη. Σε αυτό το πρόβλημα τα σύνολα με τις βέλτιστες και τις χειρόστες τιμές είναι τα εξής:

$$S^+ = (0.1, 0.21, 0.05, 0.05, 0.04)$$

$$S^- = (0.19, 0.12, 0.1, 0.09, 0.01)$$

Βήμα 4

Η απόσταση κάθε ενδεχόμενου από την ιδανική λύση (D_i^+) και την χειρότερη λύση (D_i^-) για κάθε κριτήριο υπολογίζεται.

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (u_{ij} - s + j)^2} \text{ για } i = 1, 2, \dots, m$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (u_{ij} - s - j)^2} \text{ για } i = 1, 2, \dots, m$$

Από τη χρήση των παραπάνω τύπων προκύπτουν τα αποτελέσματα

$$D_i^+ = (0.1, 0.11, 0.06, 0.05)$$

$$D_i^- = (0.09, 0.07, 0.1, 0.12)$$

Βήμα 5

Για κάθε ενδεχόμενο διαιρώντας την απόσταση από τη χειρότερη λύση με το άθροισμα της απόστασης από τη χειρότερη και τη βέλτιστη λύση προκύπτει ο C_i . Ο C_i αναδεικνύει την εγγύτητα προς την ιδανική λύση. Σύμφωνα με το αποτέλεσμα αυτού θα κριθεί το κάθε ενδεχόμενο. Το ενδεχόμενο που θα έχει την μεγαλύτερη τιμή C_i θα επιλεγεί.

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^- + D_i^+} \quad i = 1, 2, \dots, m \text{ και } 0 \leq C_i \leq 1.$$

Οι C_i τιμές ξεκινώντας από την αποθήκη Α και καταλήγοντας στην αποθήκη Δ είναι οι εξής:

$$C_i = (0.47, 0.39, 0.63, 0.71)$$

Επομένως συγκρίνοντας τις τιμές C_i προκύπτει η εξής κατάταξη των εναλλακτικών :

1. Αποθήκη Δ
2. Αποθήκη Γ
3. Αποθήκη Α
4. Αποθήκη Β

7.5 Εφαρμογή της μεθόδου GRA

Σε αρκετά προβλήματα λήψης αποφάσεων, δείκτες απόδοσης που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των διάφορων εναλλακτικών λύσεων έχουν διαφορετική προσέγγιση από αυτήν της μεγιστοποίησης ή της ελαχιστοποίησης. Για παράδειγμα, στην περίπτωση μας όσον αφορά την χωρητικότητα του χώρου μικρή χωρητικότητα θα δημιουργήσει προβλήματα σε υγιή ροή των προϊόντων ενώ στην αντίθετη περίπτωση πολύ μεγάλης χωρητικότητας θα δημιουργηθούν θέματα μη αξιοποιημένου χώρου και συνεπώς μη λειτουργικά κόστη. Έτσι, μπορεί να καθοριστεί η ιδανική χωρητικότητα στο παράδειγμά μας στα 150.000 αποθηκευτικά τεμάχια με κατώτατο και ανώτατο όριο τα 130.000 και 170.000 τεμάχια αντίστοιχα.

Μια εναλλακτική μέθοδος σε προβλήματα αποφάσεων προσφέρει η GRA με σκοπό να διορθώσει τις ελλείψεις που προκαλούνται με την αξιολόγηση των δεικτών απόδοσης με διαφορετικό τρόπο από αυτόν που χρησιμοποιεί η TOPSIS μέθοδος. Η GRA είναι αποτελεσματική μέθοδος για ανάλυση συστημάτων που χαρακτηρίζονται από μη σίγουρες πληροφορίες και μη ανεπαρκή δεδομένα. Παρακάτω, παρατίθεται αναλυτικά η μέθοδος και τα βήματα της.

Βήμα 1

Αρχικά καθορίζονται τα μεγέθη αναφοράς $X_0 = (d_{01}, d_{02}, \dots, d_{0n})$. Η X_0 τιμή έχει n στοιχεία που αντιπροσωπεύουν τις ιδανικές τιμές για κάθε κριτήριο. Έτσι, στο παράδειγμα αυτό καθορίζεται η X_0 ως

$$X_0 = (X_{KAM}, X_X, X_{AK}, X_{AP}, X_{EM}) = (5, 150000, 0, 0, 4)$$

Βήμα 2

$X_i = (d_{i1}, d_{i2}, \dots, d_{in})$ συγκριτικά δεδομένα καθορίζονται και δείχνουν τις τιμές απόδοσης κάθε εναλλακτικής λύσης, όπου $i = 1, 2, \dots, k$ οι εναλλακτικές λύσεις. Κάθε σύνολο σύγκρισης περιέχει n τιμές. Η απόδοση των ενδεχόμενων υπολογίζεται από την παρακάτω φόρμουλα:

Για τύπους κριτηρίων που επιθυμούμε μεγιστοποίηση

$$X_i(k) = \frac{X_i(k) - \min X_i(k)}{\max X_i(k) - X_i(k)}$$

Για τύπους κριτηρίων που επιθυμούμε ελαχιστοποίηση

$$X_i(k) = \frac{\max X_i(k) - X_i(k)}{\max X_i(k) - \min X_i(k)}$$

Για τύπους κριτηρίων που επιθυμούμε να είναι κοντά σε μια συγκεκριμένη τιμή αναφοράς

$$X_i(k) = 1 - \frac{|X_i(k) - U_i|}{\max|X_i(k) - U_i|}, \text{ όπου } U_i \text{ η τιμή αναφοράς}$$

Στην εφαρμογή της GRA θα χρησιμοποιηθούν και πάλι τα βάρη όπως υπολογίστηκαν με χρήση της Simos διαδικασίας. Το δεύτερο βήμα φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 22 : αριθμητικοί υπολογισμοί μεθόδου GRA

	Κόστος αποθήκευσης μονάδας	Χωρητικότητα	Απόσταση από καταστήματα	Απόσταση από προμηθευτές	Ευελιξία μεταφορών
X_0	1	1	1	1	1
A	1	0	0	0	0.66
B	0	0	1	1	0
Γ	0.4	0.5	0.7	0.4	0.33
Δ	0.8	0	0.2	0.4	1
Τύπος κριτηρίου	MIN	OPT	MIN	MIN	MAX

Βήμα 3

Υπολογίζεται η διαφορά μεταξύ των ενδεχομένων με χρήση του τύπου

$\Delta_i = (|d_{01} - d_{i1}|, |d_{02} - d_{i2}|, \dots, |d_{0n} - d_{in}|)$ καθώς και το καθολικό μέγιστο (Δ_{max}) και ελάχιστο (Δ_{min}) μεταξύ των τιμών για κάθε κριτήριο. Τα παραπάνω φαίνονται στον πίνακα.

Πίνακας 23 : υπολογισμός διαφορών μεταξύ των ενδεχομένων

	Κόστος αποθήκευσης μονάδας	Χωρητικότητα	Απόσταση από καταστήματα	Απόσταση από προμηθευτές	Ευελιξία μεταφορών
Δ_A	0	1	1	1	0.34
Δ_B	1	1	0	0	1
Δ_Γ	0.6	0.5	0.3	0.6	0.67
Δ_Δ	0.2	1	0.8	0.6	0
Δ_{min}	0	0.5	0	0	0
Δ_{max}	1	1	1	1	1

Βήμα 4

Κάθε δεδομένο σε κάθε σύνολο σύγκρισης μετατρέπεται σε grey συντελεστή. Οι grey συντελεστές του δεδομένου j του συνόλου σύγκρισης i υπολογίζονται ως εξής:

$$\gamma_i(j) = \frac{\Delta_{min} + \xi \Delta_{max}}{\Delta_i(j) + \xi \Delta_{max}}$$

Ο συντελεστής ξ έχει τιμή από 0 έως 1 και χρησιμοποιείται για να μειώσει την έντονη ισχύ του Δ_{max} . Ο συντελεστής αυτός παίρνει την τιμή 0.5 στις περισσότερες περιπτώσεις.

Βήμα 5

Υπολογίζεται ο βαθμός r_i ως εξής:

$$r_i = \sum_{m=1}^n (\gamma_i(m) * w_m)$$

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα οι συντελεστές γ_i και ο βαθμών r_i φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 24 : υπολογισμοί συντελεστών και βαθμών GRA

	Κόστος αποθήκευσης μονάδας	Χωρητικότητα	Απόσταση από καταστήματ α	Απόσταση από προμηθευτές	Ευελιξία μεταφορών	Grey βαθμός (r_i)
$\gamma(A)$	1	0.666	0.333	0.333	0.595	0.659
$\gamma(B)$	0.333	0.666	1	1	0.333	0.650
$\gamma(\Gamma)$	0.454	1	0.625	0.454	0.427	0.669
$\gamma(\Delta)$	0.714	0.666	0.385	0.454	1	0.626

Άρα αν τα διαφορετικά ενδεχόμενα ταξινομηθούν ανάλογα με τον Grey βαθμό τους, παίρνουμε την εξής κατάταξη :

1. Αποθήκη Γ
2. Αποθήκη Α
3. Αποθήκη Β
4. Αποθήκη Δ.

Άρα σύμφωνα με την GRA ο καταλληλότερος αποθηκευτικός χώρος είναι η αποθήκη Γ.

7.6 Συμπεράσματα

Οι πολυκριτηριακές μέθοδοι λήψης αποφάσεων βρίσκουν εφαρμογές σε ευρεία περιπτώσεων. Πολλές μέθοδοι που αναπτύχθηκαν για αυτό το σκοπό προσαρμόζονται κάθε φορά στο εκάστοτε πρόβλημα αλλά και στις προτιμήσεις του αποφασίζοντα. Αρχικά, στην μελέτη αυτή δόθηκαν οι λόγοι χρήσης των δυο μεθόδων, κάποια βασικά χαρακτηριστικά τους αλλά και συγκριτική ανάλυση τους. Στην συνέχεια, οι 2 μέθοδοι τέθηκαν σε εφαρμογή σε ένα από τα πιο κλασικά logistic θέματα, στα οποία οι πολυκριτηριακές μέθοδοι χρησιμοποιούνται πάρα πολύ συχνά. Το θέμα μας αφορούσε την επιλογή αποθηκευτικού χώρου. Χρησιμοποιώντας την TOPSIS μέθοδο το πρόβλημα αναλύθηκε από τη σκοπιά της μεγιστοποίησης και ελαχιστοποίησης ενώ αγνοήθηκε το γεγονός ότι σε κάποια κριτήρια όπως η χωρητικότητα έπρεπε να καθοριστεί ένα κατώτατο και ανώτατο όριο. Αυτό το σημείο, ήταν που ήρθε να διορθώσει η εφαρμογή της GRA στο πρόβλημά μας. Τώρα ακολουθεί ένας ενδεικτικός πίνακας με τα αποτελέσματα και τη σειρά επιλογής των τεσσάρων εναλλακτικών σύμφωνα με τις μεθόδους που εφαρμόστηκαν.

Πίνακας 25 : τελική κατάταξη εναλλακτικών επιλογών 2^{ου} case study

	TOPSIS	GRA
Αποθήκη Α	3	2
Αποθήκη Β	4	3
Αποθήκη Γ	2	1
Αποθήκη Δ	1	4

Κεφάλαιο 8^ο : Case Study 3 - Κατάταξη υποψηφίων για φοίτηση σε μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών

8.1 Το πρόβλημα απόφασης

Από ένα σύνολο 127 υποψηφίων που έκαναν αίτηση για να φοιτήσουν σε μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών, επιλογή των 10 επικρατέστερων υποψηφίων.

8.2 Η διαδικασία επιλογής

Η διαδικασία επιλογής των υποψηφίων αποτελείται από 2 φάσεις.

1^η φάση επιλογής

Οι υποψήφιοι προσκομίζουν στην γραμματεία του τομέα του μεταπτυχιακού όλα τα απαραίτητα δικαιολογητικά :

- Πτυχίο προπτυχιακών σπουδών
- 2-3 συστατικές επιστολές
- Δημοσιεύσεις (αν υπάρχουν)
- Πιστοποιητικό επαρκούς γνώσης της αγγλικής γλώσσας (αν υπάρχει)
- Βιογραφικό σημείωμα
- Έκθεση ενδιαφερόντων

Οι 24 επικρατέστεροι υποψήφιοι, σύμφωνα με την κατάταξη των υποψηφίων που προκύπτει μετά το πέρας της πρώτης φάσης, προκρίνονται στην επόμενη φάση.

2^η φάση επιλογής

Οι υποψήφιοι που προκρίθηκαν από την 1^η φάση επιλογής καλούνται να εξεταστούν γραπτώς σε 2 μαθήματα σχετικά με το αντικείμενο του μεταπτυχιακού, καθώς και να δώσουν και μια συνέντευξη.

Οι 10 επικρατέστεροι υποψήφιοι, σύμφωνα με την τελική κατάταξη των υποψηφίων, επιλέγονται τελικά για φοίτηση στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών.

8.3 Τα κριτήρια επιλογής

Τα κριτήρια επιλογής των υποψηφίων και για τις 2 φάσεις επιλογής παρουσιάζονται στην συνέχεια.

Φάση 1^η

1. Βαθμός πτυχίου
2. Συστατικές επιστολές
3. Ηλικία
4. Επαρκής γνώση αγγλικών
5. Δημοσιεύσεις
6. Ενδιαφέρον υποψηφίου

Φάση 2^η

1. Βαθμός πτυχίου
2. Συστατικές επιστολές
3. Δημοσιεύσεις
4. Ενδιαφέρον υποψηφίου
5. Επίδοση στις γραπτές εξετάσεις
6. Επίδοση στην συνέντευξη

Σημείωση: Αρχικά είχαν συμπεριληφθεί και τα κριτήρια 'ηλικία' και 'επαρκής γνώση αγγλικών' κατά την υλοποίηση της 2^{ης} φάσης με το λογισμικό 1000minds. Όμως το βάρος καθενός από αυτά τα κριτήρια προέκυψε μικρότερο του 1% και για αυτό το λόγο αγνοήθηκαν, χωρίς να επηρεαστούν τα αποτελέσματα.

8.4 Οι εναλλακτικές επιλογές

Οι εναλλακτικές επιλογές του εξεταζόμενου προβλήματος απόφασης είναι προφανώς οι υποψήφιοι για την συμμετοχή στο μεταπτυχιακό. Έγιναν συνολικά 127 αιτήσεις. Τα στοιχεία των υποψηφίων παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 26 : στοιχεία υποψηφίων

#	Βαθμός	Συστατικές	Ηλικία	Δημοσιεύσεις	Αγγλικά	Ενδιαφέρον
001	7,34	καλές	22	όχι	ναι	υψηλό
002	6,06	μέτριες	23	όχι	ναι	υψηλό
003	8,47	καλές	26	ναι	ναι	υψηλό
004	7,44	καλές	27	όχι	ναι	υψηλό
005	7,25	μέτριες	22	όχι	ναι	υψηλό
006	6,71	καλές	28	όχι	ναι	υψηλό
007	5,79	καλές	25	όχι	ναι	υψηλό
008	8,88	μέτριες	23	όχι	ναι	μέτριο
009	7,76	μέτριες	25	όχι	ναι	υψηλό
010	7,86	καλές	27	όχι	ναι	υψηλό
011	6,59	μέτριες	26	όχι	όχι	υψηλό
012	8,77	μέτριες	22	όχι	όχι	υψηλό
013	8,43	καλές	26	όχι	ναι	μέτριο
014	7,84	μέτριες	23	όχι	όχι	υψηλό
015	5,24	μέτριες	26	όχι	ναι	υψηλό
016	7,25	καλές	27	όχι	ναι	υψηλό
017	9,42	μέτριες	25	όχι	ναι	υψηλό
018	6,02	μέτριες	28	όχι	ναι	μέτριο
019	8,34	καλές	22	όχι	ναι	μέτριο
020	6,93	καλές	25	όχι	ναι	υψηλό
021	7,16	καλές	31	όχι	ναι	υψηλό
022	7,97	καλές	25	όχι	ναι	μέτριο
023	7,98	καλές	27	όχι	ναι	υψηλό
024	7,42	μέτριες	25	όχι	ναι	υψηλό
025	7,17	καλές	24	όχι	ναι	υψηλό
026	7,79	καλές	26	όχι	ναι	υψηλό
027	7,54	μέτριες	23	όχι	ναι	μέτριο
028	7,54	καλές	30	όχι	ναι	υψηλό
029	7,17	μέτριες	24	όχι	ναι	υψηλό

030	6,77	καλές	24	όχι	ναι	μέτριο
031	6,93	καλές	26	όχι	ναι	μέτριο
032	7,62	μέτριες	22	όχι	ναι	υψηλό
033	7,57	μέτριες	26	όχι	ναι	υψηλό
034	6,32	μέτριες	26	όχι	ναι	μέτριο
035	6,62	μέτριες	26	όχι	ναι	υψηλό
036	7,6	μέτριες	24	όχι	ναι	υψηλό
037	6,1	καλές	27	όχι	ναι	υψηλό
038	5,73	καλές	23	όχι	όχι	υψηλό
039	7,68	καλές	23	όχι	ναι	υψηλό
040	8,49	άριστες	22	όχι	ναι	μέτριο
041	5,75	καλές	24	όχι	ναι	μέτριο
042	6,74	καλές	27	όχι	ναι	υψηλό
043	8,89	καλές	25	όχι	ναι	υψηλό
044	7,00	καλές	26	όχι	ναι	μέτριο
045	7,74	καλές	22	όχι	ναι	υψηλό
046	8,34	μέτριες	24	όχι	ναι	υψηλό
047	8,18	καλές	27	όχι	ναι	μέτριο
048	7,36	άριστες	27	όχι	ναι	υψηλό
049	7,46	μέτριες	25	όχι	ναι	μέτριο
050	9,7	καλές	25	όχι	ναι	μέτριο
051	8,07	καλές	30	όχι	ναι	υψηλό
052	9,88	καλές	26	όχι	ναι	υψηλό
053	6,73	καλές	26	όχι	ναι	υψηλό
054	8,17	καλές	24	όχι	ναι	υψηλό
055	6,58	καλές	28	όχι	ναι	υψηλό
056	9,52	καλές	28	όχι	όχι	υψηλό
057	6,31	καλές	25	όχι	ναι	μέτριο
058	7,37	καλές	24	όχι	ναι	μέτριο
059	7,51	καλές	25	όχι	ναι	υψηλό
060	7,46	καλές	26	όχι	ναι	υψηλό
061	9,86	καλές	28	όχι	ναι	μέτριο
062	7,56	μέτριες	25	όχι	ναι	υψηλό
063	9,17	καλές	22	όχι	ναι	υψηλό
064	7,59	καλές	26	όχι	ναι	υψηλό
065	8,47	καλές	26	όχι	ναι	υψηλό
066	5,77	καλές	28	όχι	ναι	υψηλό
067	8,91	μέτριες	23	όχι	ναι	υψηλό
068	7,42	καλές	28	όχι	ναι	υψηλό

069	7,10	καλές	25	όχι	ναι	μέτριο
070	7,65	μέτριες	28	όχι	όχι	υψηλό
071	8,09	καλές	24	όχι	ναι	μέτριο
072	7,37	καλές	32	όχι	όχι	υψηλό
073	7,26	καλές	26	όχι	ναι	μέτριο
074	7,15	μέτριες	25	όχι	ναι	υψηλό
075	7,67	καλές	25	όχι	ναι	υψηλό
076	6,99	καλές	25	όχι	ναι	υψηλό
077	9,69	καλές	27	όχι	ναι	υψηλό
078	6,96	μέτριες	24	όχι	ναι	μέτριο
079	5,24	καλές	23	όχι	ναι	υψηλό
080	7,14	καλές	25	όχι	ναι	υψηλό
081	6,96	καλές	27	όχι	ναι	μέτριο
082	6,12	καλές	23	όχι	ναι	υψηλό
083	9,58	καλές	28	όχι	ναι	υψηλό
084	7,14	μέτριες	28	όχι	ναι	υψηλό
085	7,14	καλές	31	όχι	ναι	υψηλό
086	8,70	μέτριες	22	όχι	ναι	μέτριο
087	8,95	καλές	31	όχι	ναι	υψηλό
088	8,37	καλές	28	όχι	ναι	υψηλό
089	7,13	άριστες	27	όχι	ναι	υψηλό
090	8,59	καλές	33	όχι	ναι	υψηλό
091	5,54	καλές	23	όχι	όχι	υψηλό
092	7,2	καλές	28	όχι	ναι	υψηλό
093	5,22	μέτριες	22	όχι	ναι	υψηλό
094	7,95	καλές	24	ναι	ναι	υψηλό
095	7,43	καλές	26	όχι	ναι	υψηλό
096	7,41	καλές	27	όχι	ναι	υψηλό
097	7,86	καλές	27	όχι	ναι	μέτριο
098	9,16	καλές	26	όχι	ναι	μέτριο
099	8,04	μέτριες	24	όχι	ναι	μέτριο
100	5,97	μέτριες	25	όχι	ναι	υψηλό
101	7,62	καλές	25	όχι	ναι	μέτριο
102	7,19	καλές	22	όχι	ναι	υψηλό
103	7,57	καλές	22	όχι	ναι	υψηλό
104	8,97	καλές	23	όχι	ναι	υψηλό
105	5,23	καλές	22	όχι	ναι	υψηλό
106	8,27	μέτριες	28	όχι	ναι	μέτριο
107	7,63	μέτριες	25	όχι	ναι	υψηλό

108	8,98	καλές	25	όχι	ναι	υψηλό
109	8,89	καλές	29	όχι	ναι	μέτριο
110	7,33	καλές	27	ναι	ναι	υψηλό
111	8,95	καλές	23	όχι	ναι	υψηλό
112	5,71	μέτριες	28	όχι	ναι	υψηλό
113	6,24	καλές	24	όχι	ναι	μέτριο
114	7,21	καλές	33	όχι	ναι	μέτριο
115	7,53	καλές	28	όχι	ναι	υψηλό
116	6,21	καλές	27	όχι	ναι	υψηλό
117	8,4	καλές	23	όχι	ναι	υψηλό
118	8,68	καλές	22	όχι	ναι	μέτριο
119	7,54	καλές	22	όχι	ναι	υψηλό
120	6,98	μέτριες	27	όχι	όχι	υψηλό
121	7,28	καλές	28	όχι	ναι	υψηλό
122	8,98	καλές	26	όχι	ναι	μέτριο
123	7,37	καλές	22	όχι	ναι	υψηλό
124	7,25	μέτριες	26	όχι	ναι	μέτριο
125	7,13	καλές	28	όχι	ναι	μέτριο
126	9,16	καλές	24	όχι	ναι	υψηλό
127	8,95	καλές	30	όχι	ναι	υψηλό

8.5 Επιλογή της μεθόδου

Χαρακτηριστικά του προβλήματος

Εξετάζουμε τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του εξεταζόμενου προβλήματος όπως :

- Είδος προβληματικής : γ (κατάταξη των εναλλακτικών σε φθίνουσα σειρά, από την καλύτερη έως την χειρότερη)
- Κατηγορία μεθόδου που έχει την δυνατότητα να προσαρμοστεί καλύτερα στις απαιτήσεις του προβλήματος : 1^η (μοντέλα μέτρησης αξίας)
- Διαθεσιμότητα software : Λόγω του μεγάλου αριθμού εναλλακτικών (127 υποψήφιοι) είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί κάποια μέθοδος με διαθέσιμο software.

Με βάση τα παραπάνω και τα χαρακτηριστικά των μεθόδων όπως φαίνονται στον πίνακα σύγκρισης τους, προκύπτουν οι εξής δυνατές επιλογές :

- AHP (Analytic Hierarchy Process)
- PAPRIKA (Potentially All Pairwise Rankings of all possible Alternatives)

Επομένως θα πρέπει να εξετάσουμε πιο αναλυτικά ποια από τις παραπάνω μεθόδους ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του προβλήματος.

Προσδιορισμός σχετικής σημασίας κριτηρίων

Στο συγκεκριμένο πρόβλημα απόφασης προκύπτει μια αρκετά σημαντική δυσκολία, την οποία καλείται να αντιμετωπίσει ο αποφασίζων : Με ποιον τρόπο θα προσδιοριστούν τα βάρη των κριτηρίων ; Με άλλα λόγια ο αποφασίζων καλείται να γνωρίζει εκ των προτέρων αν ένα κριτήριο είναι πιο σημαντικό από ένα άλλο και κατά πόσο, δηλαδή πρέπει να προσδιορίσει την σχετική σημασία τους.

Συνήθως είναι εύκολο να απαντηθεί το 1^ο ερώτημα, δηλαδή αν ένα κριτήριο είναι πιο σημαντικό από ένα άλλο. Το 2^ο ερώτημα, δηλαδή το κατά πόσο πιο σημαντικό είναι ένα κριτήριο από ένα άλλο, είναι αρκετά πιο δύσκολο να απαντηθεί.

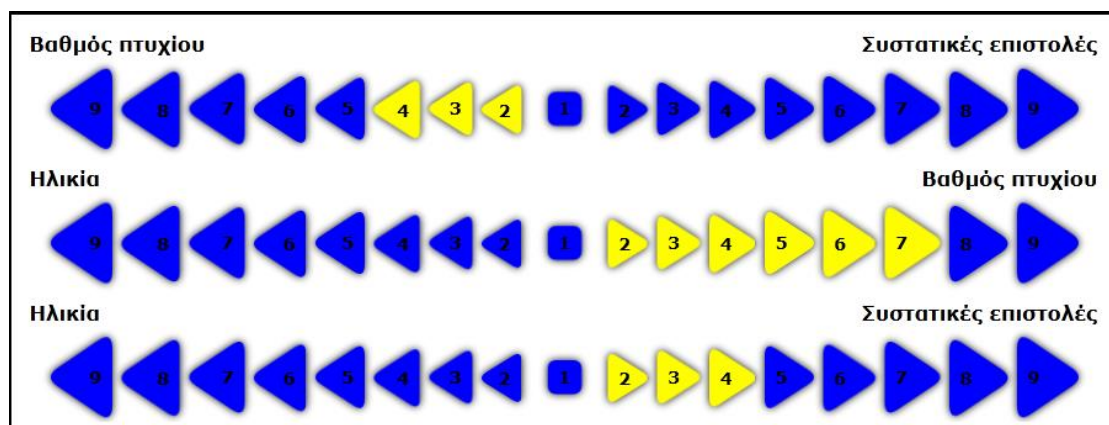
Για παράδειγμα στο συγκεκριμένο πρόβλημα απόφασης, που αφορά την επιλογή υποψηφίων για μεταπτυχιακό, τρία από τα κριτήρια επιλογής που θα χρησιμοποιηθούν είναι :

- Ο βαθμός πτυχίου
- Η ηλικία
- Οι συστατικές επιστολές

Ο αποφασίζων καλείται να αντιστοιχίσει στα κριτήρια βάρη, τέτοια ώστε να εκφράζεται η σχετική σημασία τους.

Υπάρχουν δύο κλασικοί τρόποι βαθμολόγησης των κριτηρίων :

1. Απευθείας βαθμολόγηση : Ο αποφασίζων μετά από σκέψη αντιστοιχεί σε κάθε κριτήριο ένα βάρος π.χ. 50%, 15% και 35% αντίστοιχα.
2. Ανά ζεύγη συγκρίσεις : Τα βάρη των κριτηρίων προκύπτουν έμμεσα με την χρήση συγκρίσεων ανά ζεύγη. Ο αποφασίζων καλείται να δώσει τιμές σε κάθε ζεύγος, οι οποίες να εκφράζουν ποιο κριτήριο θεωρεί σημαντικότερο και κατά πόσο. Έστω ότι ο αποφασίζων δίνει τις τιμές που φαίνονται στην παρακάτω εικόνα. Τότε τα βάρη των κριτηρίων που προκύπτουν είναι 69,5%, 7,6% και 22,9%.



Εικόνα 19 : παράδειγμα βαθμολόγησης κριτηρίων με ανά ζεύγη συγκρίσεις

Όπως παρατηρούμε η διαδικασία βαθμολόγησης των κριτηρίων δεν είναι μια τετριμμένη διαδικασία και εμφανίζει δυσκολίες ακόμη και στο απλό παράδειγμα των τριών κριτηρίων, πόσο μάλλον σε προβλήματα με μεγαλύτερο αριθμό κριτηρίων όπως στη εξεταζόμενη μελέτη περίπτωσης όπου έχουμε 6 κριτήρια.

Ο 1^{ος} τρόπος είναι λίγο αυθαίρετος και πιθανώς να οδηγήσει σε λιγότερο αντικειμενικά και ακριβή αποτελέσματα.

Ο 2^{ος} τρόπος είναι σαφώς καλύτερος και στις περισσότερες περιπτώσεις θα οδηγήσει σε πιο ακριβή και αντικειμενικά αποτελέσματα. Βέβαια προϋποθέτει ότι ο αποφασίζων μπορεί να προσδιορίσει εκ των προτέρων μια προσέγγιση της σχετική σημασίας των κριτηρίων. Για παράδειγμα δεν αρκεί να προσδιορίσει ότι ο βαθμός πτυχίου είναι πιο σημαντικός από την ηλικία, αλλά και ότι ο αποφασίζων έχει πολύ πιο ισχυρή προτίμηση (σημασία τιμής 7 που δόθηκε παραπάνω) του πρώτου έναντι του δευτέρου.

Η μέθοδος PAPERIKA για τον προσδιορισμό της σχετικής σημασίας των κριτηρίων απευθύνει στον αποφασίζοντα μια σειρά από ερωτήσεις που συγκρίνουν κάθε φορά δυο υποθετικούς υποψήφιους όπου ο πρώτος είναι πιο καλός σε ένα κριτήριο και λιγότερο καλός σε ένα άλλο κριτήριο συγκριτικά με τον δεύτερο, ενώ είναι το ίδιο καλοί σε όλα τα άλλα κριτήρια. Για παράδειγμα ο αποφασίζων θα κληθεί να διαλέξει ανάμεσα σε δύο υποθετικούς υποψηφίους όπου ο ένας έχει καλύτερο βαθμό και ο άλλος καλύτερες συστατικές, οι οποίοι είναι συνομήλικοι. Γίνεται κατανοητό ότι η διαδικασία που καλείται να ακολουθήσει ο αποφασίζων είναι σχετικά πιο εύκολη και φυσική από αυτές που περιγράφηκαν παραπάνω. Αυτό γίνεται ακόμα περισσότερο εμφανές αν ληφθούν υπόψη με περισσότερα κριτήρια άρα και μεγαλύτερο βαθμό πολυπλοκότητας.

Επομένως οι κρίσεις που απαιτούνται από την αποφασίζοντα κατά την χρήση της μεθόδου PAPERIKA είναι πιο εύκολες και πιο φυσικές, γεγονός που όπως είναι λογικό θα οδηγήσει τις περισσότερες φορές σε αποτελέσματα που αντικατοπτρίζουν τις προτιμήσεις του με μεγαλύτερη ακρίβεια.

8.6 Το λογισμικό 1000minds

Το λογισμικό 1000minds υλοποιεί την μέθοδο PAPRIKA και περιλαμβάνει 7 βήματα :

1. Εισαγωγή ορισμένων στοιχειωδών πληροφοριών του προβλήματος απόφασης, όπως π.χ. όνομα και τροποποίηση ορισμένων προτιμήσεων χρήσης του λογισμικού ώστε να προσαρμόζονται στις προτιμήσεις του εκάστοτε αποφασίζων
2. Εισαγωγή των κριτηρίων αξιολόγησης
3. Εισαγωγή των εναλλακτικών επιλογών
4. Καθορισμός των προτιμήσεων του αποφασίζοντα που προκύπτουν από μια σειρά ερωτήσεων (προσδιορισμός της σχετικής σημασίας των κριτηρίων)

Which of these 2 (hypothetical) alternatives do you prefer?
(given they're identical in all other respects)

Βαθμός πτυχίου < 7,00	Βαθμός πτυχίου 8,00 - 8,99
Δημοσιεύσεις ναι	Δημοσιεύσεις όχι
this one	this one

or

they are equal [skip this question for now »](#)

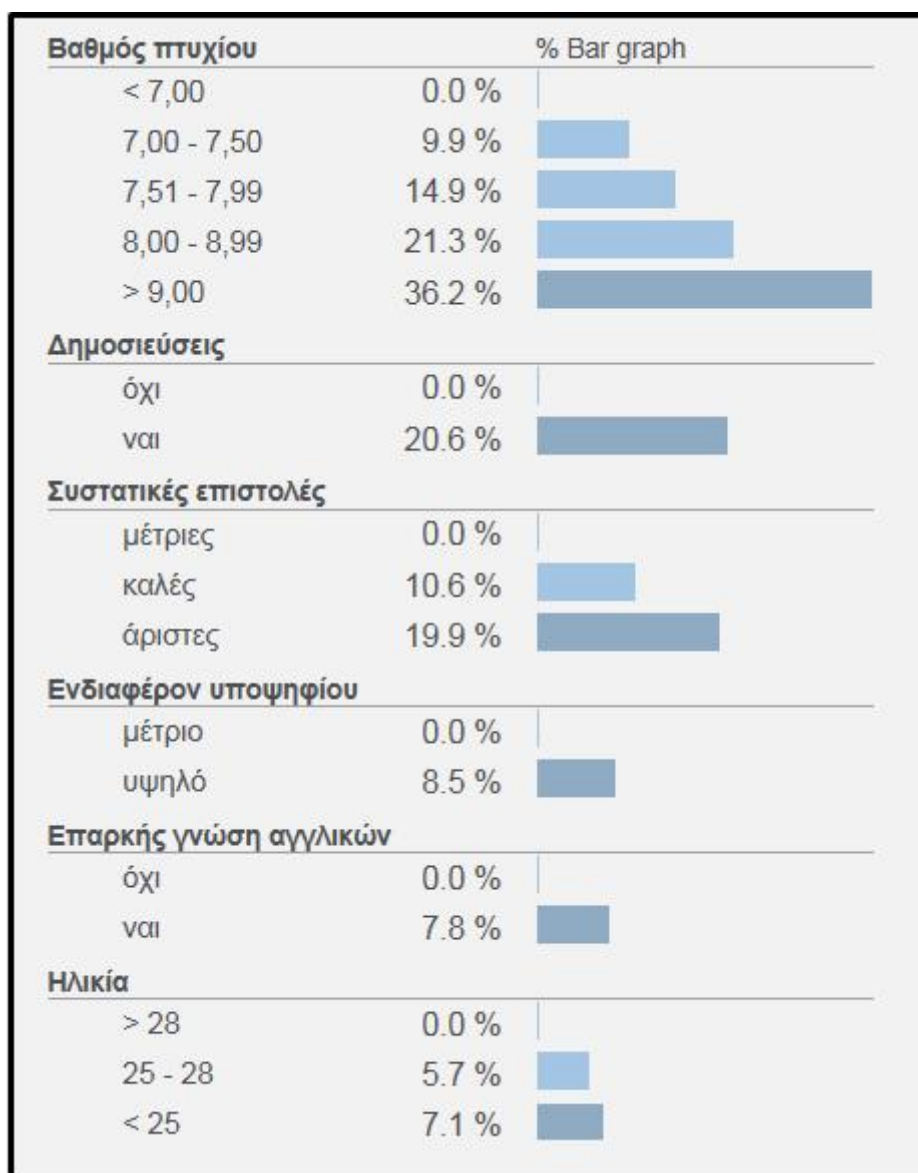
Εικόνα 20 : παράδειγμα ερώτησης του λογισμικού 1000minds

5. Γραφική εποπτεία των προτιμήσεων του αποφασίζοντα, όπως αυτές προέκυψαν από το προηγούμενο βήμα
6. Η κατάταξη των εναλλακτικών επιλογών
7. Λήψη της απόφασης

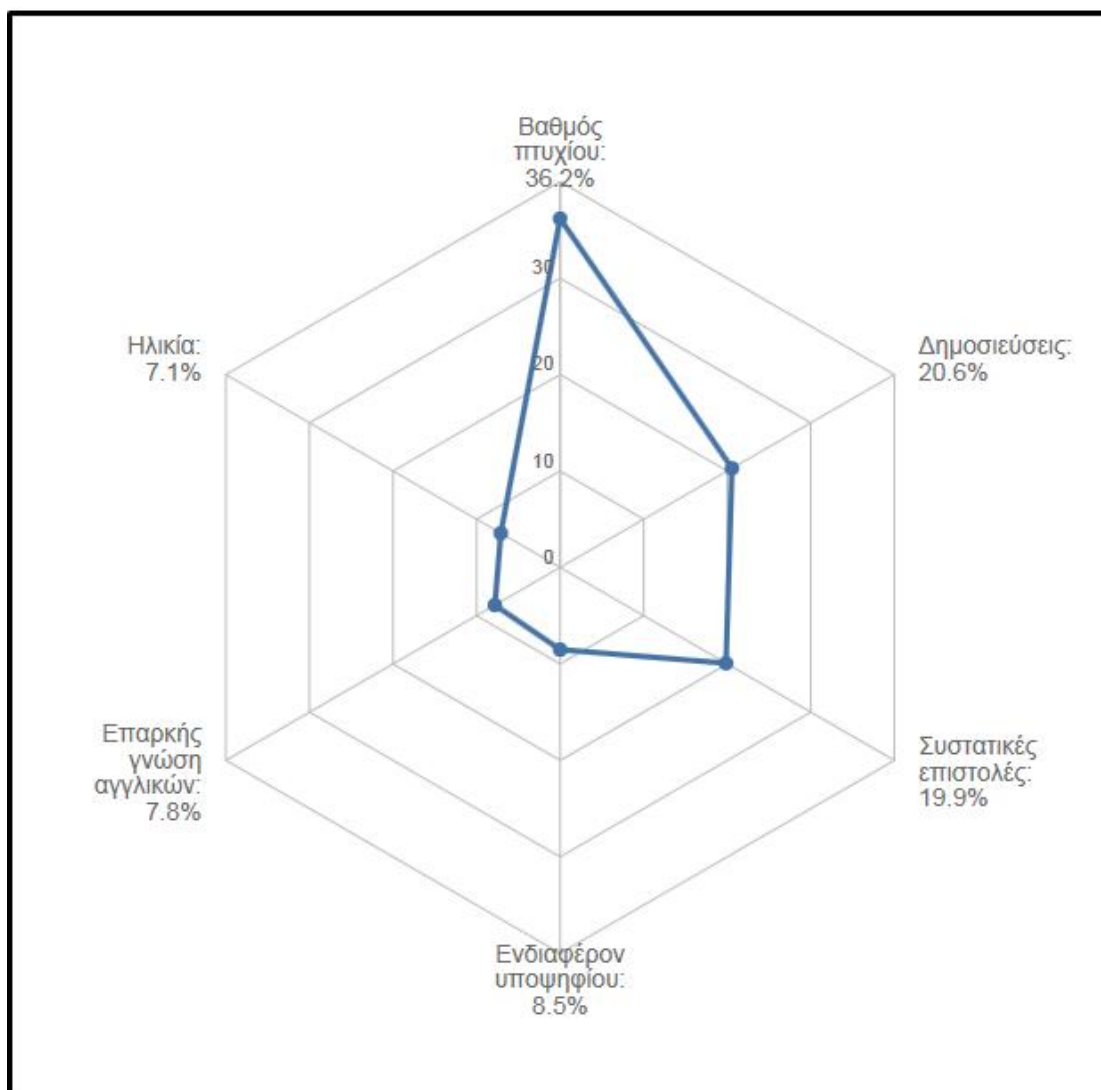
8.7 Αποτελέσματα – Τελική Απόφαση

Φάση 1^η

Οι ακόλουθες εικόνες δίνουν την δυνατότητα της γραφικής εποπτείας των προτιμήσεων του αποφασίζοντα, όπως αυτές προέκυψαν από τις απαντήσεις που δόθηκαν στις ερωτήσεις του λογισμικού.



Εικόνα 21 : bar graphs βαθμολογίας κριτηρίων 1^{ης} φάσης



Εικόνα 22 : σχετική σημασία κριτηρίων 1^{ης} φάσης

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται οι οριακοί συντελεστές υποκατάστασης των κριτηρίων αξιολόγησης, δηλαδή εκφράζουν την σχετική σπουδαιότητα των κριτηρίων αξιολόγησης.

Πίνακας 27 : οριακοί συντελεστές υποκατάστασης των κριτηρίων 1^{ης} φάσης

	Βαθμός	Δημοσιεύσεις	Συστατικές	Ενδιαφέρον	Αγγλικά	Ηλικία
Βαθμός	-	1,8	1,8	4,3	4,6	5,1
Δημοσιεύσεις	0,6	-	1,0	2,4	2,6	2,9
Συστατικές	0,5	1,0	-	2,3	2,5	2,8
Ενδιαφέρον	0,2	0,4	0,4	-	1,1	1,2
Αγγλικά	0,2	0,4	0,4	0,9	-	1,1
Ηλικία	0,2	0,3	0,4	0,8	0,9	-

Η κατάταξη των εναλλακτικών μετά το πέρας της 1^{ης} φάσης φαίνονται παρακάτω. Από τους συνολικά 127 υποψηφίους προκρίνονται στην επόμενη φάση οι 24 επικρατέστεροι.

Πίνακας 28 : κατάταξη υποψηφίων μετά το πέρας της 1^{ης} φάσης επιλογής

#	Βαθμός	Συστατικές	Ηλικία	Δημοσιεύσεις	Αγγλικά	Ενδιαφέρον	Βαθμολογία
003	8,00 - 8,99	καλές	25 - 28	ναι	ναι	υψηλό	74,5%
063	> 9,00	καλές	< 25	όχι	ναι	υψηλό	70,2%
126	> 9,00	καλές	< 25	όχι	ναι	υψηλό	70,2%
094	7,51 - 7,99	καλές	< 25	ναι	ναι	υψηλό	69,5%
052	> 9,00	καλές	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	68,8%
077	> 9,00	καλές	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	68,8%
083	> 9,00	καλές	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	68,8%
110	7,00 - 7,50	καλές	25 - 28	ναι	ναι	υψηλό	63,1%
056	> 9,00	καλές	25 - 28	όχι	όχι	υψηλό	61,0%
050	> 9,00	καλές	25 - 28	όχι	ναι	μέτριο	60,3%
061	> 9,00	καλές	25 - 28	όχι	ναι	μέτριο	60,3%
098	> 9,00	καλές	25 - 28	όχι	ναι	μέτριο	60,3%
017	> 9,00	μέτριες	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	58,2%
040	8,00 - 8,99	άριστες	< 25	όχι	ναι	μέτριο	56,0%
054	8,00 - 8,99	καλές	< 25	όχι	ναι	υψηλό	55,3%
104	8,00 - 8,99	καλές	< 25	όχι	ναι	υψηλό	55,3%
111	8,00 - 8,99	καλές	< 25	όχι	ναι	υψηλό	55,3%
117	8,00 - 8,99	καλές	< 25	όχι	ναι	υψηλό	55,3%
043	8,00 - 8,99	καλές	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	53,9%
065	8,00 - 8,99	καλές	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	53,9%
088	8,00 - 8,99	καλές	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	53,9%
108	8,00 - 8,99	καλές	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	53,9%
048	7,00 - 7,50	άριστες	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	51,8%
089	7,00 - 7,50	άριστες	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	51,8%
039	7,51 - 7,99	καλές	< 25	όχι	ναι	υψηλό	48,9%
045	7,51 - 7,99	καλές	< 25	όχι	ναι	υψηλό	48,9%
103	7,51 - 7,99	καλές	< 25	όχι	ναι	υψηλό	48,9%
119	7,51 - 7,99	καλές	< 25	όχι	ναι	υψηλό	48,9%
051	8,00 - 8,99	καλές	> 28	όχι	ναι	υψηλό	48,2%
087	8,00 - 8,99	καλές	> 28	όχι	ναι	υψηλό	48,2%
090	8,00 - 8,99	καλές	> 28	όχι	ναι	υψηλό	48,2%
127	8,00 - 8,99	καλές	> 28	όχι	ναι	υψηλό	48,2%
010	7,51 - 7,99	καλές	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	47,5%
023	7,51 - 7,99	καλές	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	47,5%
026	7,51 - 7,99	καλές	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	47,5%
059	7,51 - 7,99	καλές	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	47,5%
064	7,51 - 7,99	καλές	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	47,5%
075	7,51 - 7,99	καλές	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	47,5%

115	7,51 - 7,99	καλές	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	47,5%
019	8,00 - 8,99	καλές	< 25	όχι	ναι	μέτριο	46,8%
071	8,00 - 8,99	καλές	< 25	όχι	ναι	μέτριο	46,8%
118	8,00 - 8,99	καλές	< 25	όχι	ναι	μέτριο	46,8%
013	8,00 - 8,99	καλές	25 - 28	όχι	ναι	μέτριο	45,4%
047	8,00 - 8,99	καλές	25 - 28	όχι	ναι	μέτριο	45,4%
122	8,00 - 8,99	καλές	25 - 28	όχι	ναι	μέτριο	45,4%
046	8,00 - 8,99	μέτριες	< 25	όχι	ναι	υψηλό	44,7%
067	8,00 - 8,99	μέτριες	< 25	όχι	ναι	υψηλό	44,7%
001	7,00 - 7,50	καλές	< 25	όχι	ναι	υψηλό	44,0%
025	7,00 - 7,50	καλές	< 25	όχι	ναι	υψηλό	44,0%
102	7,00 - 7,50	καλές	< 25	όχι	ναι	υψηλό	44,0%
123	7,00 - 7,50	καλές	< 25	όχι	ναι	υψηλό	44,0%
004	7,00 - 7,50	καλές	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	42,6%
016	7,00 - 7,50	καλές	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	42,6%
060	7,00 - 7,50	καλές	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	42,6%
068	7,00 - 7,50	καλές	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	42,6%
080	7,00 - 7,50	καλές	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	42,6%
092	7,00 - 7,50	καλές	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	42,6%
095	7,00 - 7,50	καλές	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	42,6%
096	7,00 - 7,50	καλές	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	42,6%
121	7,00 - 7,50	καλές	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	42,6%
028	7,51 - 7,99	καλές	> 28	όχι	ναι	υψηλό	41,8%
109	8,00 - 8,99	καλές	> 28	όχι	ναι	μέτριο	39,7%
022	7,51 - 7,99	καλές	25 - 28	όχι	ναι	μέτριο	39,0%
097	7,51 - 7,99	καλές	25 - 28	όχι	ναι	μέτριο	39,0%
101	7,51 - 7,99	καλές	25 - 28	όχι	ναι	μέτριο	39,0%
032	7,51 - 7,99	μέτριες	< 25	όχι	ναι	υψηλό	38,3%
036	7,51 - 7,99	μέτριες	< 25	όχι	ναι	υψηλό	38,3%
009	7,51 - 7,99	μέτριες	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	36,9%
012	8,00 - 8,99	μέτριες	< 25	όχι	όχι	υψηλό	36,9%
021	7,00 - 7,50	καλές	> 28	όχι	ναι	υψηλό	36,9%
033	7,51 - 7,99	μέτριες	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	36,9%
062	7,51 - 7,99	μέτριες	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	36,9%
085	7,00 - 7,50	καλές	> 28	όχι	ναι	υψηλό	36,9%
107	7,51 - 7,99	μέτριες	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	36,9%
008	8,00 - 8,99	μέτριες	< 25	όχι	ναι	μέτριο	36,2%
086	8,00 - 8,99	μέτριες	< 25	όχι	ναι	μέτριο	36,2%
099	8,00 - 8,99	μέτριες	< 25	όχι	ναι	μέτριο	36,2%
058	7,00 - 7,50	καλές	< 25	όχι	ναι	μέτριο	35,5%
106	8,00 - 8,99	μέτριες	25 - 28	όχι	ναι	μέτριο	34,8%
044	7,00 - 7,50	καλές	25 - 28	όχι	ναι	μέτριο	34,0%
069	7,00 - 7,50	καλές	25 - 28	όχι	ναι	μέτριο	34,0%
073	7,00 - 7,50	καλές	25 - 28	όχι	ναι	μέτριο	34,0%
079	< 7,00	καλές	< 25	όχι	ναι	υψηλό	34,0%

082	< 7,00	καλές	< 25	όχι	ναι	υψηλό	34,0%
105	< 7,00	καλές	< 25	όχι	ναι	υψηλό	34,0%
125	7,00 - 7,50	καλές	25 - 28	όχι	ναι	μέτριο	34,0%
005	7,00 - 7,50	μέτριες	< 25	όχι	ναι	υψηλό	33,3%
029	7,00 - 7,50	μέτριες	< 25	όχι	ναι	υψηλό	33,3%
006	< 7,00	καλές	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	32,6%
007	< 7,00	καλές	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	32,6%
020	< 7,00	καλές	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	32,6%
037	< 7,00	καλές	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	32,6%
042	< 7,00	καλές	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	32,6%
053	< 7,00	καλές	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	32,6%
055	< 7,00	καλές	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	32,6%
066	< 7,00	καλές	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	32,6%
076	< 7,00	καλές	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	32,6%
116	< 7,00	καλές	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	32,6%
024	7,00 - 7,50	μέτριες	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	31,9%
074	7,00 - 7,50	μέτριες	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	31,9%
084	7,00 - 7,50	μέτριες	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	31,9%
014	7,51 - 7,99	μέτριες	< 25	όχι	όχι	υψηλό	30,5%
027	7,51 - 7,99	μέτριες	< 25	όχι	ναι	μέτριο	29,8%
070	7,51 - 7,99	μέτριες	25 - 28	όχι	όχι	υψηλό	29,1%
072	7,00 - 7,50	καλές	> 28	όχι	όχι	υψηλό	29,1%
114	7,00 - 7,50	καλές	> 28	όχι	ναι	μέτριο	28,4%
038	< 7,00	καλές	< 25	όχι	όχι	υψηλό	26,2%
091	< 7,00	καλές	< 25	όχι	όχι	υψηλό	26,2%
030	< 7,00	καλές	< 25	όχι	ναι	μέτριο	25,5%
041	< 7,00	καλές	< 25	όχι	ναι	μέτριο	25,5%
113	< 7,00	καλές	< 25	όχι	ναι	μέτριο	25,5%
031	< 7,00	καλές	25 - 28	όχι	ναι	μέτριο	24,1%
057	< 7,00	καλές	25 - 28	όχι	ναι	μέτριο	24,1%
081	< 7,00	καλές	25 - 28	όχι	ναι	μέτριο	24,1%
002	< 7,00	μέτριες	< 25	όχι	ναι	υψηλό	23,4%
049	7,00 - 7,50	μέτριες	25 - 28	όχι	ναι	μέτριο	23,4%
093	< 7,00	μέτριες	< 25	όχι	ναι	υψηλό	23,4%
124	7,00 - 7,50	μέτριες	25 - 28	όχι	ναι	μέτριο	23,4%
015	< 7,00	μέτριες	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	22,0%
035	< 7,00	μέτριες	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	22,0%
100	< 7,00	μέτριες	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	22,0%
112	< 7,00	μέτριες	25 - 28	όχι	ναι	υψηλό	22,0%
078	< 7,00	μέτριες	< 25	όχι	ναι	μέτριο	14,9%
011	< 7,00	μέτριες	25 - 28	όχι	όχι	υψηλό	14,2%
120	< 7,00	μέτριες	25 - 28	όχι	όχι	υψηλό	14,2%
018	< 7,00	μέτριες	25 - 28	όχι	ναι	μέτριο	13,5%
034	< 7,00	μέτριες	25 - 28	όχι	ναι	μέτριο	13,5%

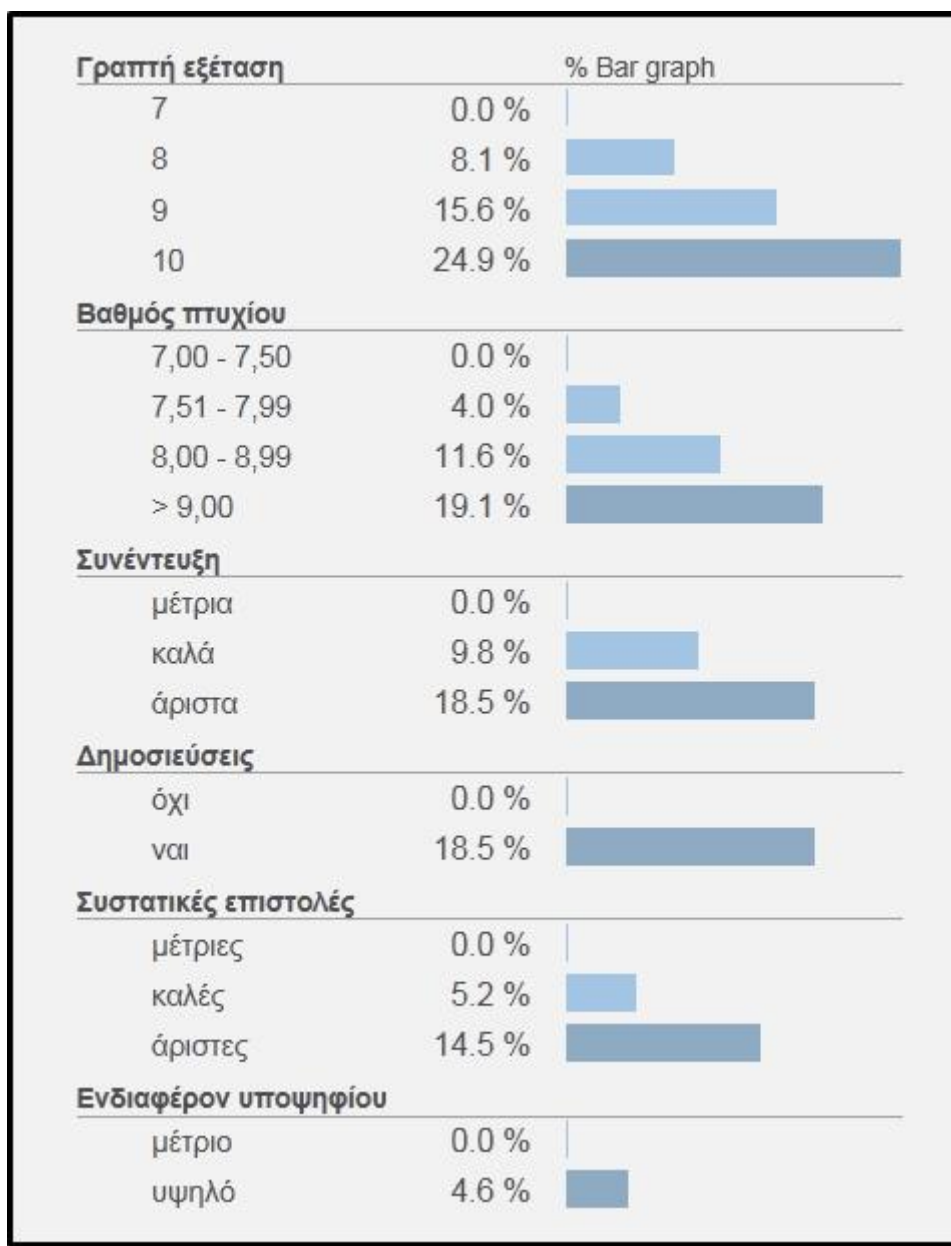
Φάση 2^η

Οι 24 υποψήφιοι που προκρίθηκαν από την 1^η φάση επιλογής συμμετείχαν σε γραπτές εξετάσεις και μία συνέντευξη, ώστε να υπάρχουν περισσότερα δεδομένα για την αντικειμενική αξιολόγηση τους. Τα στοιχεία αυτά παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

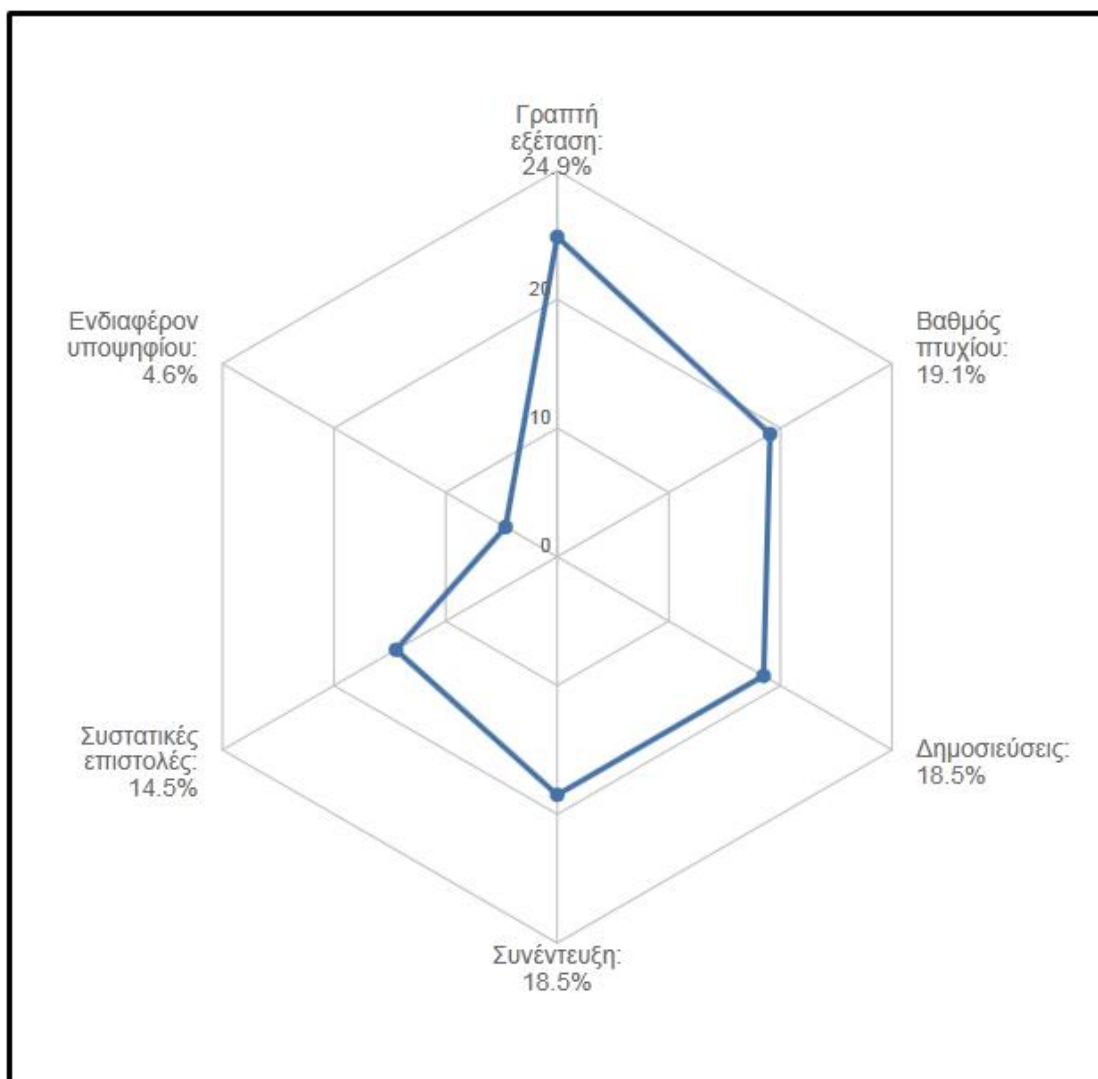
Πίνακας 29 : αποτελέσματα γραπτής εξέτασης και συνέντευξης υποψηφίων 2^{ης} φάσης

#	Γραπτή εξέταση	Συνέντευξη
003	8	άριστα
063	8	μέτρια
126	8	άριστα
094	8	άριστα
052	9	καλά
077	8	μέτρια
083	8	καλά
110	9	μέτρια
056	8	καλά
050	8	άριστα
061	7	μέτρια
098	10	μέτρια
017	8	άριστα
040	7	μέτρια
054	10	μέτρια
104	10	άριστα
111	9	καλά
117	9	μέτρια
043	7	μέτρια
065	8	άριστα
088	8	άριστα
108	10	άριστα
048	9	μέτρια
089	10	καλά

Οι ακόλουθες εικόνες δίνουν την δυνατότητα της γραφικής εποπτείας των προτιμήσεων του αποφασίζοντα, όπως αυτές προέκυψαν από τις απαντήσεις που δόθηκαν στις ερωτήσεις του λογισμικού.



Εικόνα 23 : bar graphs βαθμολογίας κριτηρίων 2^{ης} φάσης



Εικόνα 24 : σχετική σημασία κριτηρίων 2^{ης} φάσης

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται οι οριακοί συντελεστές υποκατάστασης των κριτηρίων αξιολόγησης, δηλαδή εκφράζουν την σχετική σπουδαιότητα των κριτηρίων αξιολόγησης.

Πίνακας 30 : οριακοί συντελεστές υποκατάστασης κριτηρίων 2^{ης} φάσης

	Γραπτή εξέταση	Βαθμός	Συνέντευξη	Δημοσιεύσεις	Συστατικές	Ενδιαφέρον
Γραπτή εξέταση	-	1,3	1,3	1,3	1,7	5,4
Βαθμός	0,8	-	1,0	1,0	1,3	4,1
Συνέντευξη	0,7	1,0	-	1,0	1,3	4,0
Δημοσιεύσεις	0,7	1,0	1,0	-	1,3	4,0
Συστατικές	0,6	0,8	0,8	0,8	-	3,1
Ενδιαφέρον	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	-

Η τελική κατάταξη των υποψηφίων όπως προκύπτει μετά το πέρας και της 2^{ης} φάσης επιλογής φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί. Οι 10 επικρατέστεροι υποψήφιοι επιλέγονται για συμμετοχή στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών.

Πίνακας 31 : τελική κατάταξη υποψηφίων

#	Βαθμός	Συστατικές	Δημοσιεύσεις	Ενδιαφέρον	Γραπτή εξέταση	Συνέντευξη	Βαθμολογία
003	8,00 - 8,99	καλές	ναι	υψηλό	8	άριστα	66,50%
104	8,00 - 8,99	καλές	όχι	υψηλό	10	άριστα	64,70%
108	8,00 - 8,99	καλές	όχι	υψηλό	10	άριστα	64,70%
094	7,51 - 7,99	καλές	ναι	υψηλό	8	άριστα	59,00%
126	> 9,00	καλές	όχι	υψηλό	8	άριστα	55,50%
052	> 9,00	καλές	όχι	υψηλό	9	καλά	54,30%
089	7,00 - 7,50	άριστες	όχι	υψηλό	10	καλά	53,80%
110	7,00 - 7,50	καλές	ναι	υψηλό	9	καλά	53,80%
050	> 9,00	καλές	όχι	μέτριο	8	άριστα	50,90%
017	> 9,00	μέτριες	όχι	υψηλό	8	άριστα	50,30%
098	> 9,00	καλές	όχι	μέτριο	10	μέτρια	49,10%
065	8,00 - 8,99	καλές	όχι	υψηλό	8	άριστα	48,00%
088	8,00 - 8,99	καλές	όχι	υψηλό	8	άριστα	48,00%
056	> 9,00	καλές	όχι	υψηλό	8	καλά	46,80%
083	> 9,00	καλές	όχι	υψηλό	8	καλά	46,80%
111	8,00 - 8,99	καλές	όχι	υψηλό	9	καλά	46,80%
054	8,00 - 8,99	καλές	όχι	υψηλό	10	μέτρια	46,20%
063	> 9,00	καλές	όχι	υψηλό	8	μέτρια	37,00%
077	> 9,00	καλές	όχι	υψηλό	8	μέτρια	37,00%
117	8,00 - 8,99	καλές	όχι	υψηλό	9	μέτρια	37,00%
048	7,00 - 7,50	άριστες	όχι	υψηλό	9	μέτρια	34,70%
040	8,00 - 8,99	άριστες	όχι	μέτριο	7	μέτρια	26,00%
061	> 9,00	καλές	όχι	μέτριο	7	μέτρια	24,30%
043	8,00 - 8,99	καλές	όχι	υψηλό	7	μέτρια	21,40%

Επομένως οι υποψήφιοι που επιλέγονται για φοίτηση στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών είναι οι 003, 104, 108, 094, 126, 052, 089, 110, 050 και 017.

Κεφάλαιο 9^ο : Case Study 4 - Ιεράρχηση έργων

9.1 Επιλογή της μεθόδου

Το πρόβλημα ιεράρχησης και επιλογής έργων θα αναλυθεί με χρήση της μεθόδου PROMETHEE & GAIA. Η PROMETHEE & GAIA μέθοδος είναι μια σχετικά πρόσφατη πολυκριτηριακή μέθοδος λήψης αποφάσεων (1982) που συνεχώς πολλά χαρακτηριστικά της επεκτείνονται και αναπτύσσονται. Είναι μια μέθοδος “προσπέρασης” για ένα διακριτό σύνολο ενδεχομένων που ο αποφασίζων θέλει να κατατάξει και τελικά να επιλέξει με χρήση κριτηρίων που συχνά είναι αντικρουόμενα. Η PROMETHEE είναι επίσης μια αρκετά απλή μέθοδος σε σκέψη και εφαρμογή σε σύγκριση με άλλες πολυκριτηριακές μεθόδους ανάλυσης. Για αυτό το λόγο, ο αριθμός των ερευνητών που την εφαρμόζουν σε πρακτικά πολυκριτηριακά προβλήματα συνεχώς αυξάνονται όπως είναι ευκόλως εννοούμενο από την αύξουσα τάση επιστημονικών δημοσιεύσεών της.

Εξαιτίας της ραγδαίως εξαπλώμενης χρήσης της σε ακαδημαϊκό και επαγγελματικό επίπεδο καθώς έχει εκατοντάδες δημοσιεύσεις από το 1985 και έπειτα θεωρήσαμε απαραίτητο να μελετήσουμε περαιτέρω την PROMETHEE & GAIA σε ένα κλασικό πολυκριτηριακό πρόβλημα που ειδικεύεται δηλαδή αυτό της ιεράρχησης.

Η παρακάτω εικόνα συνοψίζει κάποιες από τις κυριότερες αναφορές της PROMETHEE & GAIA στον τομέα της ιεράρχησης έργων. (Behzadian, Kazemzadeh, Albadvi, & Aghdasi, 2010)

Author(s)	Specific area	Other tools/methodologies used
Anagnostopoulos et al. (2003)	To evaluate priorities for land transportation infrastructure projects	-
Araz and Ozkarahan (2007)	Strategic sourcing in new product development/ranking suppliers	PROMSORT (PROMETHEE sorting)
Araz et al. (2007)	To select the strategic partners/outourcing manufacturers	Fuzzy goal programming
Brans and Mareschal (1992)	The location choice of distribution centers	-
Brans and Mareschal (1994b)	Enhancing network of distribution centers in Europe/ranking and selecting potential sites	-
Dulmin and Mininno (2003)	Outsourcing in the field of public road and rail transportation/ranking suppliers	-
Elevli and Demirci (2004)	To select the most suitable underground ore transport system	-
Fernández-Castro and Jiménez (2005)	To rank and select distribution centers for a firm	F-PROMETHEE/fuzzy integer linear programming
Jugović et al. (2006)	To analyze the traffic service of Pan-European corridor within market conditions	-
Karkazis (1989)	The location choice of shops for a firm in order to enter a market	Linear programming/algorithm of allocating sites
Leyva-López and Fernández-González (2003)	To select the best location to build electricity power plant	Group decision/genetic algorithm for exploiting fuzzy relation
Marinoni (2005)	Ranking the large land parcels with respect to their suitability for residential housing construction.	Stochastic PROMETHEE/GIS
Mladineo et al. (1987)	Ranking the locations for the construction of small scale hydro plants	-
Mladineo et al. (1992)	Deciding on alternative solutions of the highway route according to DSS	-
Pavic and Babic (1991)	The location choice of a production system	-
Radojevic and Petrovic (1997)	Ranking alternative roads in Belgrade-Birmingham route problem	Fuzzy IF-THEN rules
Raveh (2000)	A location problem/ranking locations	Graphic display technique
Ribarovic and Mladineo (1987)	Ranking the locations of the ready-mixed concrete plants	-
Wang and Yang (2007)	Ranking candidate information systems/information system outsourcing	-

Εικόνα 25 : αναφορές PROMETHEE & GAIA στην βιβλιογραφία σχετικά με την ιεράρχηση έργων

9.2 Περιγραφή του προβλήματος

Υποθέτουμε ότι μια κυβέρνηση αντιμετωπίζει ένα σημαντικό πρόβλημα. Συγκεκριμένα, το Υπουργείο Μεταφορών έχει ένα συγκεκριμένο ποσό να διαθέσει για την υλοποίηση κάποιων έργων τα οποία πρέπει να πραγματοποιηθούν σειριακά ανάλογα με το βαθμό σημαντικότητάς τους.

9.3 Τα κριτήρια επιλογής

Τα κριτήρια επιλογής είναι τα εξής :

1. Χρήματα (€)

- **Χρήματα που θα εξοικονομηθούν** : Πρόκειται για τα έσοδα που θα προκύψουν στο κράτος από τα έργα σε διάστημα 6 μηνών από την ολοκλήρωσή τους και έπειτα.
- **Κόστος** : Αφορά τον προϋπολογισμό του κάθε έργου δηλαδή τα χρήματα που θα δαπανηθούν για την ολοκλήρωσή του.

2. Ατυχήματα (Ατυχήματα/ έτος) :

Ένας από τις βασικότερες προτεραιότητες κάθε δημόσιου φορέα και πρωτίστως του Υπουργείου Μεταφορών είναι η ασφάλεια των πολιτών και η εδραίωση κατάλληλων συνθηκών για τη διατήρησή της.

3. Χρόνος (h/έτος) :

Το κριτήριο αυτό αφορά τον χρόνο ανά έτος που θα εξοικονομήσει ο πολίτης σε περίπτωση υλοποίησης του εκάστοτε έργου

4. Image

- **Αισθητικό αποτέλεσμα** : Η αισθητική των έργων πρέπει να λαμβάνεται υπόψη καθώς τα έργα δεν έχουν μόνο λειτουργικό χαρακτήρα αλλά συμβάλλουν σημαντικά και σε άλλους τομείς. (Χώροι πράσινου, πάρκα, τουριστικές attraction)
- **Ικανοποίηση πολιτών** : Τα έργα πραγματοποιούνται για την καλύτερη ποιότητα ζωής του πολίτη και επομένως η ικανοποίησή του είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψη.

Πίνακας 32 : επεξήγηση κλίμακας βαθμολόγησης

Βαθμολογία	Σημασία
0	Πολύ χαμηλή
1	Χαμηλή
2	Μέτρια
3	Υψηλή
4	Πολύ υψηλή

9.4 Οι εναλλακτικές επιλογές

Δημιουργία πεζόδρομου σε πολυσύχναστη περιοχή με εμπορικά κέντρα: Μία αγορά υψηλού ενδιαφέροντος αναπτύσσεται στο κέντρο της πόλης. Η υποδομή είναι κακού επιπέδου και η δημιουργία ενός πεζόδρομου θα επιδράσει θετικά στην οικονομία και θα προσελκύσει το ενδιαφέρον ολόκληρης της πόλης ως εμπορικό κέντρο και τόπο αναψυχής.

Εγκατάσταση θέσεων parking: Μία περιοχή αντιμετωπίζει μικρού βαθμού πρόβλημα στην στάθμευση των οχημάτων. Οι πολίτες διαμαρτύρονται για αμέλεια του αρμόδιου δημόσιου φορέα και καθημερινή ταλαιπωρία. Νέες θέσεις στάθμευσης θα ευχαριστήσουν τους πολίτες καθώς θα γλιτώσουν ώρες αξιοποιήσιμου χρόνου.

Ανάπλαση κακοφτιαγμένου δρόμου: Στον προ εικοσαετίας κατασκευής περιφερειακό δρόμο της πόλης που οδηγεί στην εθνική οδό έχουν σημειωθεί πολλαπλά ατυχήματα εξαιτίας της απουσίας συντήρησης, επαρκούς σηματοδότησης αλλά και παλαιάς κατασκευής του. Η ανάπλαση του δρόμου έχει σκοπό την πρόληψη του φαινομένου και την εξασφάλιση ασφαλούς διαδρομής.

Επέκταση δρόμου κατά 10km: Οι επεκτάσεις δρόμων είναι απαραίτητο πολύ συχνό φαινόμενο στον συνεχώς αναπτυσσόμενο κόσμο και την αυξανόμενη τάση των ανθρώπων να συγκεντρώνονται στα αστικά κέντρα.

Δημιουργία κυκλικής διασταύρωσης

Συντήρηση σηματοδότησης: είναι αναγκαίο ανά τακτά χρονικά διαστήματα οι σηματοδότες και γενικά οι οδικές σημάνσεις να ελέγχονται και να επιδιορθώνονται προκειμένου να προλαμβάνονται ατυχήματα.

Πίνακας 33 : βαθμολογία εναλλακτικών

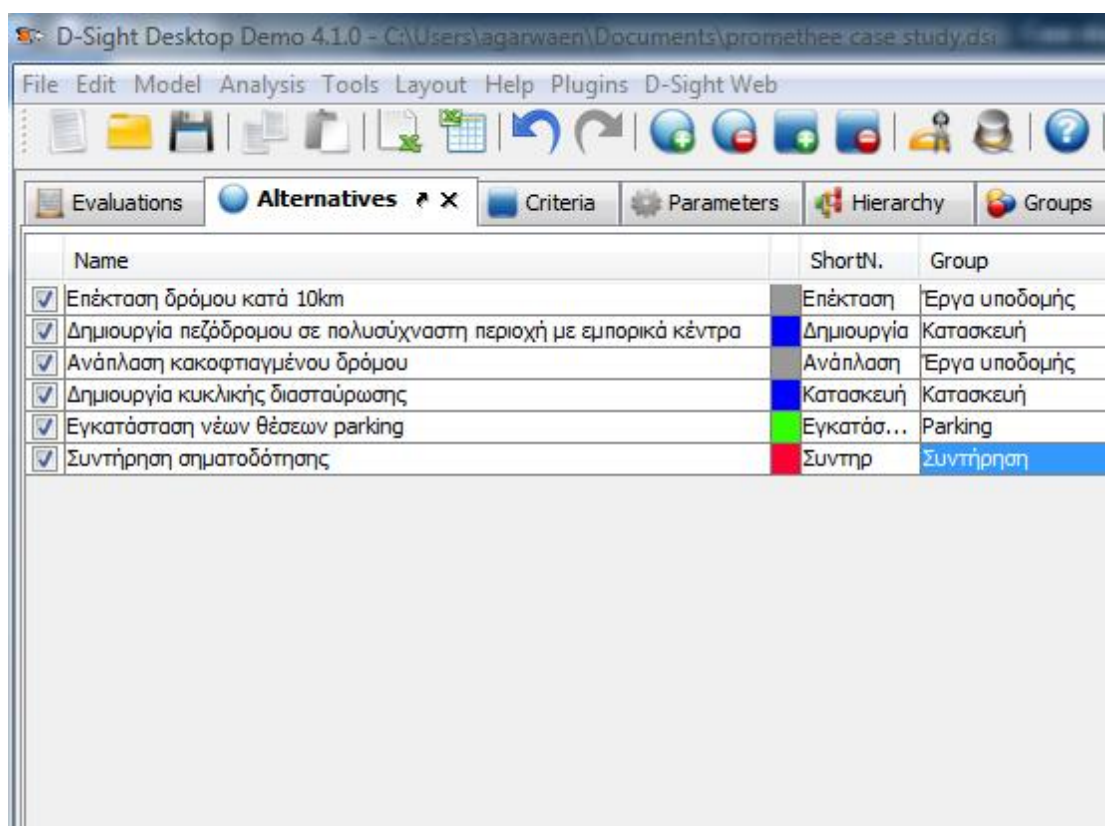
Ενδεχόμενα	Χρήματα που εξοικονομήθηκαν (€)	Κόστος (€)	Ατυχήματα (ατυχήματα /έτος)	Χρόνος (h/έτος)	Αισθητικό αποτέλεσμα	Ικανοποίηση των πολιτών
Επέκταση δρόμου κατά 10km	60000	40000	120	100	2	3
Κατασκευή πεζόδρομου	85000	60000	20	50	4	2
Ανάπλαση δρόμου	25000	10000	180	80	2	3
Δημιουργία κυκλικής διασταύρωσης	10000	30000	130	75	3	4
Εγκατάσταση θέσεων parking	30000	5000	10	60	1	3
Συντήρηση σηματοδότησης	3000	8000	50	10	1	2

9.5 Το λογισμικό D-Sight – Αποτελέσματα

Το λογισμικό D-Sight υλοποιεί την μέθοδο PROMETHEE & GAIA και προσφέρει χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με τα αποτελέσματα της μεθόδου.

Το πρόβλημά μας έχει να κάνει με την αξιολόγηση και τη σύγκριση κάποιων έργων που πρέπει να υλοποιησει ο αρμόδιος δημόσιος φορέας.

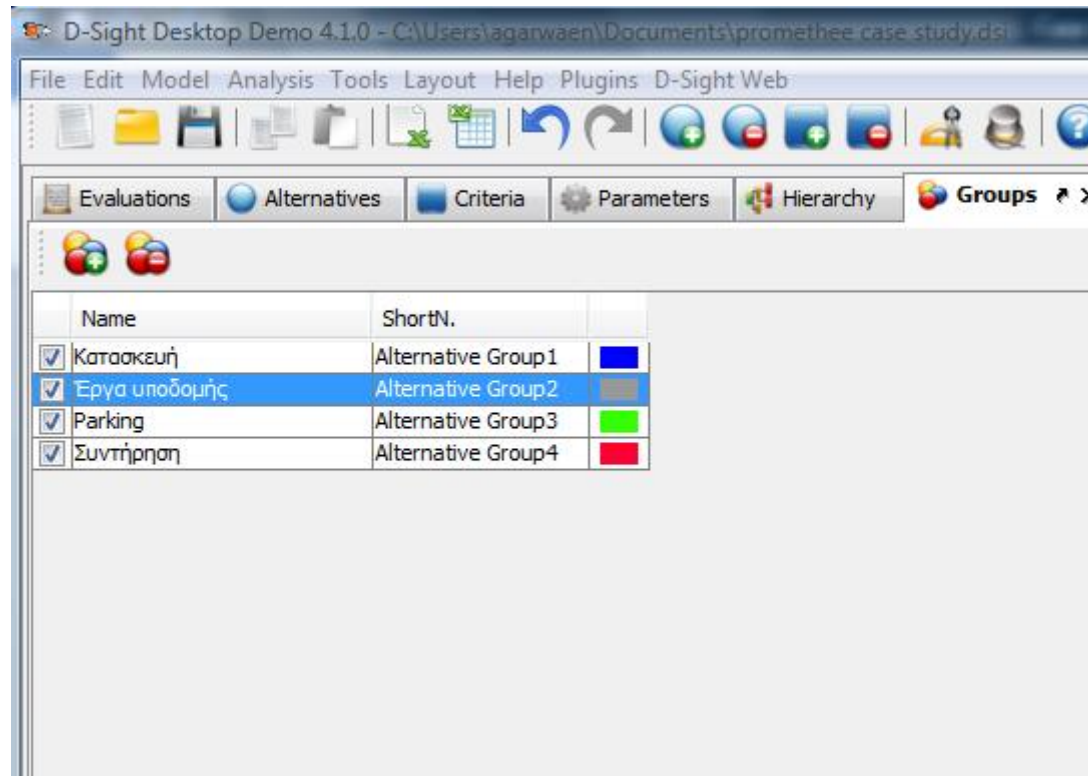
Αρχικά, τα έξι υποψήφια έργα που αντιπροσωπεύουν τις έξι εναλλακτικές επιλογές εισάγονται στην επιλογή Alternatives του προγράμματος.



Name	ShortN.	Group
<input checked="" type="checkbox"/> Επέκταση δρόμου κατά 10km	Επέκταση	Εργα υποδομής
<input checked="" type="checkbox"/> Δημιουργία πεζόδρομου σε πολυσύχναστη περιοχή με εμπορικά κέντρα	Δημιουργία	Κατασκευή
<input checked="" type="checkbox"/> Ανάπλαση κακοφτιαγμένου δρόμου	Ανάπλαση	Εργα υποδομής
<input checked="" type="checkbox"/> Δημιουργία κυκλικής διασταύρωσης	Κατασκευή	Κατασκευή
<input checked="" type="checkbox"/> Εγκατάσταση νέων θέσεων parking	Εγκατάσ...	Parking
<input checked="" type="checkbox"/> Συντήρηση σηματοδότησης	Συντηρ	Συντήρηση

Εικόνα 26 : εισαγωγή εναλλακτικών επιλογών

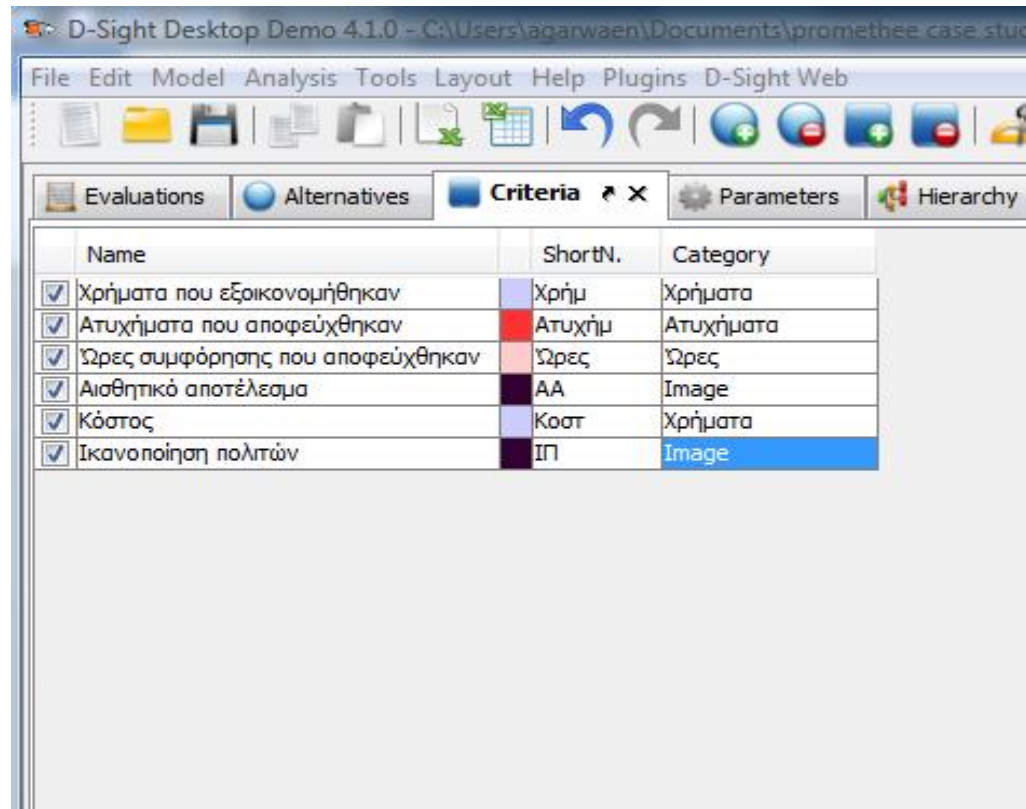
Σε αυτό το σημείο, τα έξι έργα κατατάσσονται σε group έργων προκειμένου να γίνει πιο σαφής ο χαρακτήρας, ο στόχος αλλά και η υλοποίηση των έργων στον αποφασίζοντα. Κάθε group έργων έχει και χαρακτηριστικό χρώμα. Η δυνατότητα αυτή δίνεται από το πρόγραμμα μέσω της επιλογής Groups.



Εικόνα 27 : κατάταξη εναλλακτικών σε groups

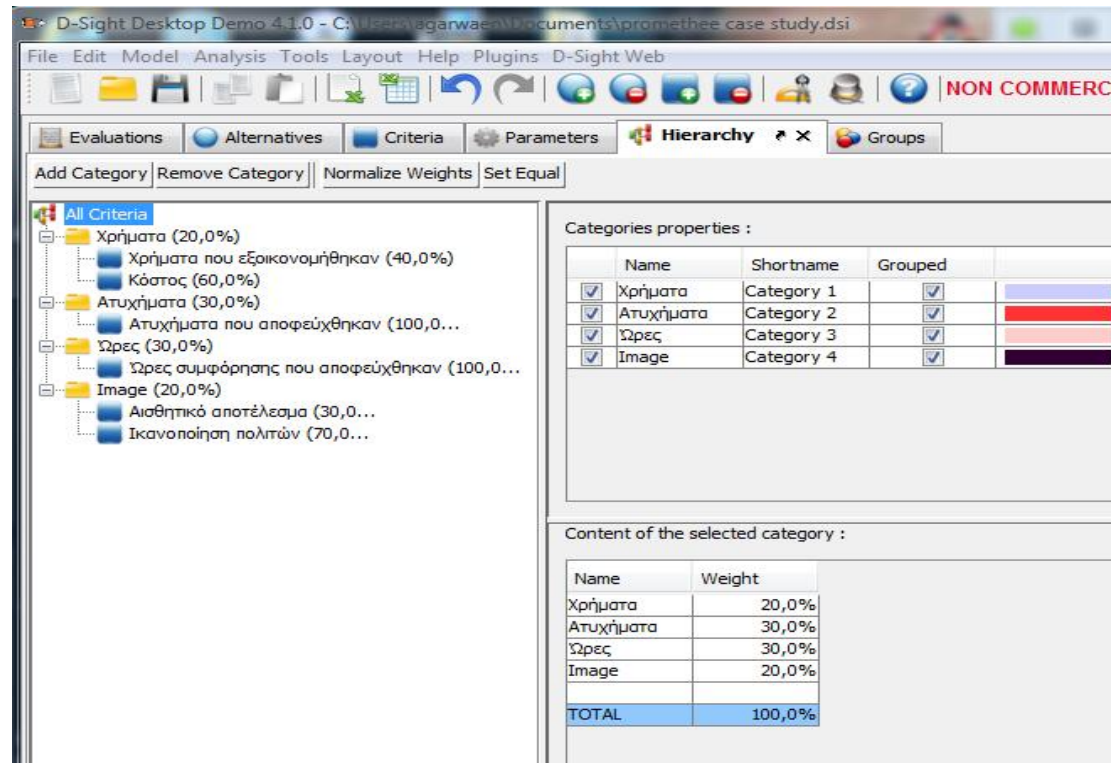
Όπως βλέπουμε στις δύο παραπάνω εικόνες τα έργα που έχουν να κάνουν με ολική κατασκευή έχουν μπλε χρώμα. Αντίστοιχα, τα έργα υποδομής έχουν γκρι, τα έργα σχετικά με το parking έχουν πράσινο χρώμα ενώ τα έργα συντήρησης έχουν κόκκινο.

Στην συνέχεια τα κριτήρια λαμβάνονται υπόψη για την διαδικασία της αξιολόγησης. Ταξινομούνται στην επιλογή Criteria του προγράμματος.



Εικόνα 28 : εισαγωγή κριτηρίων αξιολόγησης

Το επόμενο βήμα είναι η επιλογή hierarchy όπου όλα τα κριτήρια οικοδομούνται.



Εικόνα 29 : στάθμιση κριτηρίων

Από την εικόνα, είναι ορατό ότι υπάρχουν τέσσερις τύποι κριτηρίων (Χρήματα, Ατυχήματα, Ώρες, Image) και ο καθένας με διακριτό χρώμα. Επίσης, κάποιοι τύποι κριτηρίων έχουν και υποκριτήρια. Οι τύποι αυτοί είναι τα Χρήματα με υποκριτήρια τα χρήματα που εξοικονομήθηκαν και το κόστος και το Image με υποκριτήρια το αισθητικό αποτέλεσμα και την ικανοποίηση των πολιτών. Στην επιλογή Hierarchy γίνεται και η στάθμιση των κριτηρίων και το βάρος εισάγεται σε κάθε ένα από αυτά.

Τώρα, που οι εναλλακτικές επιλογές και τα κριτήρια έχουν καθοριστεί, σειρά έχει η επιλογή Evaluations όπου αξιολογούνται τα χαρακτηριστικά- δεδομένα των υποψήφιων έργων.

The screenshot shows the 'Evaluations' window in the D-Sight Desktop Demo 4.1.0 software. The window title is 'D-Sight Desktop Demo 4.1.0 - C:\Users\agarwaen\Documents\promethee case study.dsi'. The menu bar includes File, Edit, Model, Analysis, Tools, Layout, Help, Plugins, and D-Sight Web. The toolbar contains various icons for file operations and analysis. The main area displays a table with the following data:

	Χρήματα π...	Ατυχήματα...	Ωρες συμ...	Αισθητικό ...	Κόστος	Ικανοποίη...
Επέκταση δρόμου κατά 10km	60.000,0	120,0	100,0	2,0	40.000,0	3,0
Δημιουργία πεζόδρομου σε πολυσύχνασ...	85.000,0	20,0	50,0	4,0	60.000,0	2,0
Ανάπλαση κακοφτιαγμένου δρόμου	25.000,0	180,0	80,0	2,0	10.000,0	3,0
Δημιουργία κυκλικής διασταύρωσης	10.000,0	130,0	75,0	3,0	30.000,0	4,0
Εγκατάσταση νέων θέσεων parking	30.000,0	10,0	60,0	1,0	5.000,0	3,0
Συντήρηση σηματοδότησης	3.000,0	50,0	10,0	1,0	8.000,0	2,0

Εικόνα 30 : βαθμολόγηση των εναλλακτικών σε κάθε κριτήριο

Βλέπουμε ότι κάθε σειρά αντιπροσωπεύει ένα ενδεχόμενο, ενώ κάθε στήλη αντιπροσωπεύει ένα κριτήριο. Τα αριθμητικά δεδομένα είναι οι επιδόσεις του κάθε ενδεχόμενου σε κάθε κριτήριο. Η μέγιστη και η ελάχιστη απόδοση σε κάθε κριτήριο σηματοδοτείται με πράσινο και κόκκινο χρώμα αντίστοιχα.

Στην συνέχεια στην επιλογή Parameters μπορεί να βρει κανείς πληροφορίες σχετικά με τη μέθοδο καθώς είναι ορατά κάποια χαρακτηριστικά της όπως η σύγκριση κατά ζεύγη και η συνάρτηση προτίμησης που χρησιμοποιείται, που στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι η Usual. Στην επιλογή Parameters ο αποφασίζων έχει τη δυνατότητα και να τροποποιήσει κάποιες από τις επιλογές αυτές όπως π.χ. την συνάρτηση προτίμησης.

Criteria	Type	Min/Max	Function	Abs/Rel	Indiff.	Pref.	Weight	Unit	Scale	Decimals
Χρήματα που εξοικονο...	Pair Wise	Maximize	Usual	Absolute			8,0%		Numerical	1
Ατυχήματα που αποφε...	Pair Wise	Maximize	Usual	Absolute			30,0%		Numerical	1
Ώρες συμφόρησης που...	Pair Wise	Maximize	Usual	Absolute			30,0%		Numerical	1
Αισθητικό αποτέλεσμα	Pair Wise	Maximize	Usual	Absolute			6,0%		Numerical	1
Κόστος	Pair Wise	Minimize	Usual	Absolute			12,0%		Numerical	1
Ίκανοποίηση πολιτών	Pair Wise	Maximize	Usual	Absolute			14,0%		Numerical	1

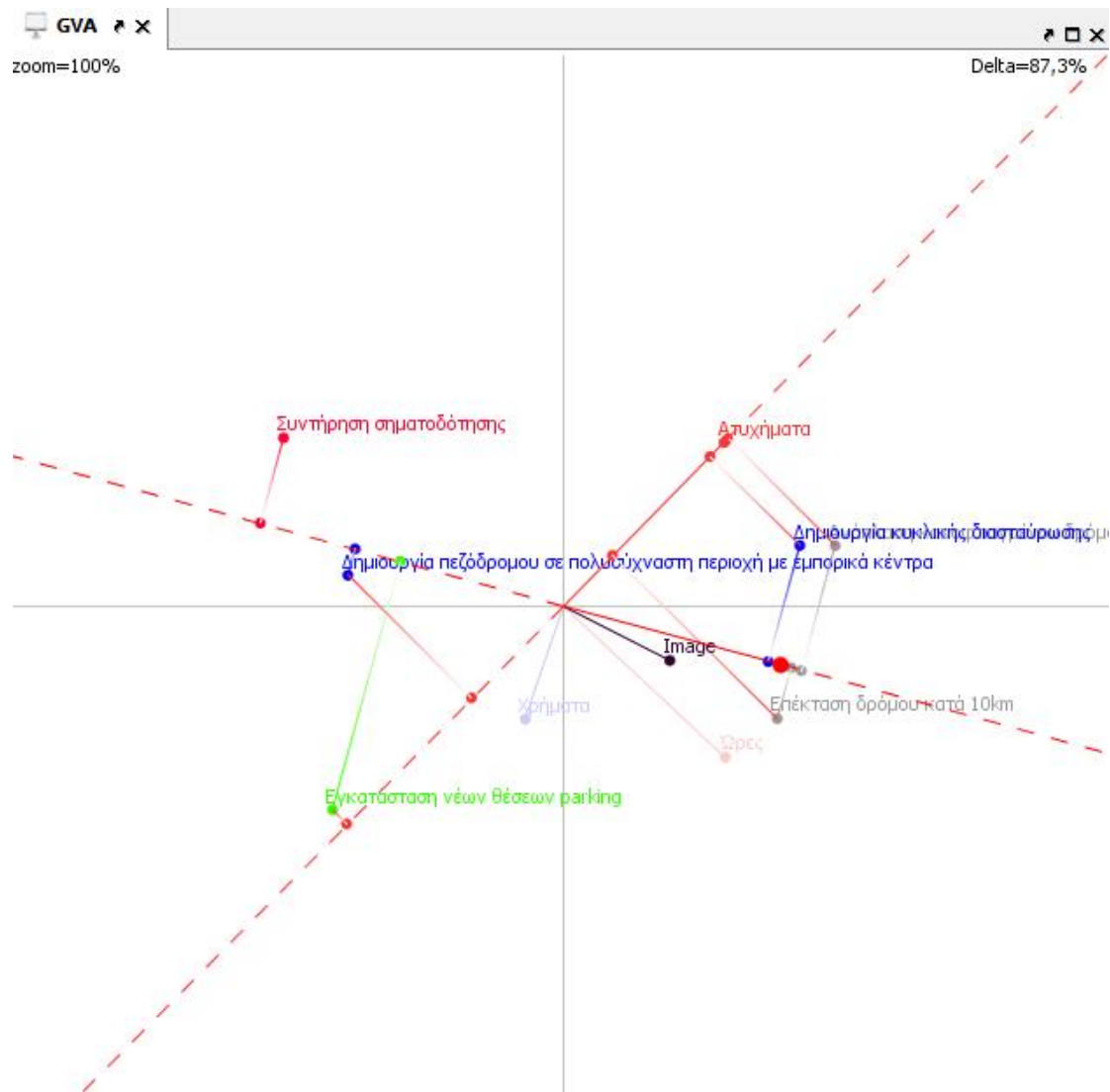
Εικόνα 31 : επιλογή παραμέτρων μεθόδου

Σε αυτό το σημείο, ακολουθεί μια πρώτη ανάλυση πατώντας στο Menu την επιλογή Analysis → Global Visual Analysis. Η επιλογή αυτή κάνει δυνατή τη γεωμετρική παρουσίαση της κατάστασης (GAIA). Τα έργα σηματοδοτούνται από σημεία και τα κριτήρια από άξονες.

Αν μία εναλλακτική επιλογή πηγαίνει μακριά στην κατεύθυνση ενός άξονα (κλικ στον άξονα για εμφάνιση των προβολών) σημαίνει ότι οι επιδόσεις του είναι καλές όσον αφορά εκείνο το κριτήριο όπως π.χ. η ανάπλαση κακοφτιαγμένου δρόμου για το κριτήριο των ατυχημάτων.

Αν δύο άξονες πηγαίνουν στην ίδια κατεύθυνση (και είναι κοντά ο ένας στον άλλο) σημαίνει ότι τα σχετικά κριτήρια συσχετίζονται. Στην περίπτωσή μας αυτό ισχύει για τα κριτήρια Image και Ώρες. Ομοίως, αν δύο άξονες έχουν αντίθετες κατευθύνσεις σημαίνει ότι τα σχετικά κριτήρια είναι μη συσχετιζόμενα ή σε σύγκρουση όπως στην περίπτωσή μας τα κριτήρια Χρήματα και Ατυχήματα.

Ο κόκκινος άξονας (χωρίς όνομα/σηματοδότηση) αντιπροσωπεύει το λεγόμενο “decision-stick”. Αντιπροσωπεύει την κατεύθυνση του επικρατούντος έργου. Υπολογίζεται με τα δοθέντα βάρη και αντιπροσωπεύει επίσης το συμβιβασμό που θέλει να κάνει μεταξύ των κριτηρίων. Η εμφάνιση του “decision stick” γίνεται με δεξί κλικ και στη συνέχεια την επιλογή “stick projections”.

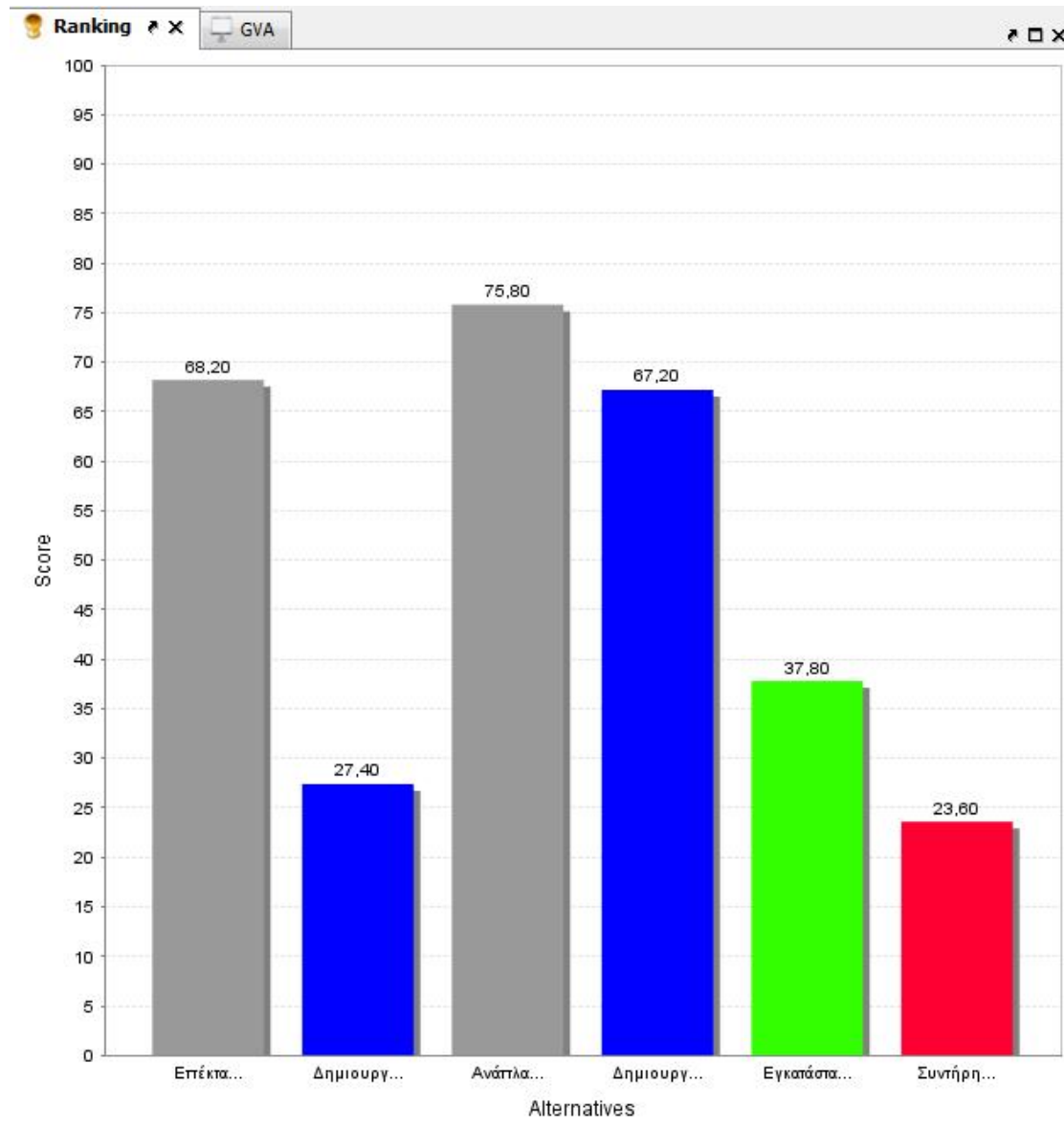


Εικόνα 32 : γεωμετρική παρουσίαση αποτελεσμάτων

Έτσι, σύμφωνα με την γεωμετρική ανάλυση τα υποψήφια έργα κατατάσσονται ως εξής:

1. Ανάπλαση κακοφτιαγμένου δρόμου
2. Επέκταση δρόμου κατά 10km
3. Δημιουργία κυκλικής διασταύρωσης
4. Εγκατάσταση θέσεων parking
5. Δημιουργία πεζόδρομου σε πολυσύχναστη περιοχή με εμπορικά κέντρα
6. Συντήρηση σηματοδότησης

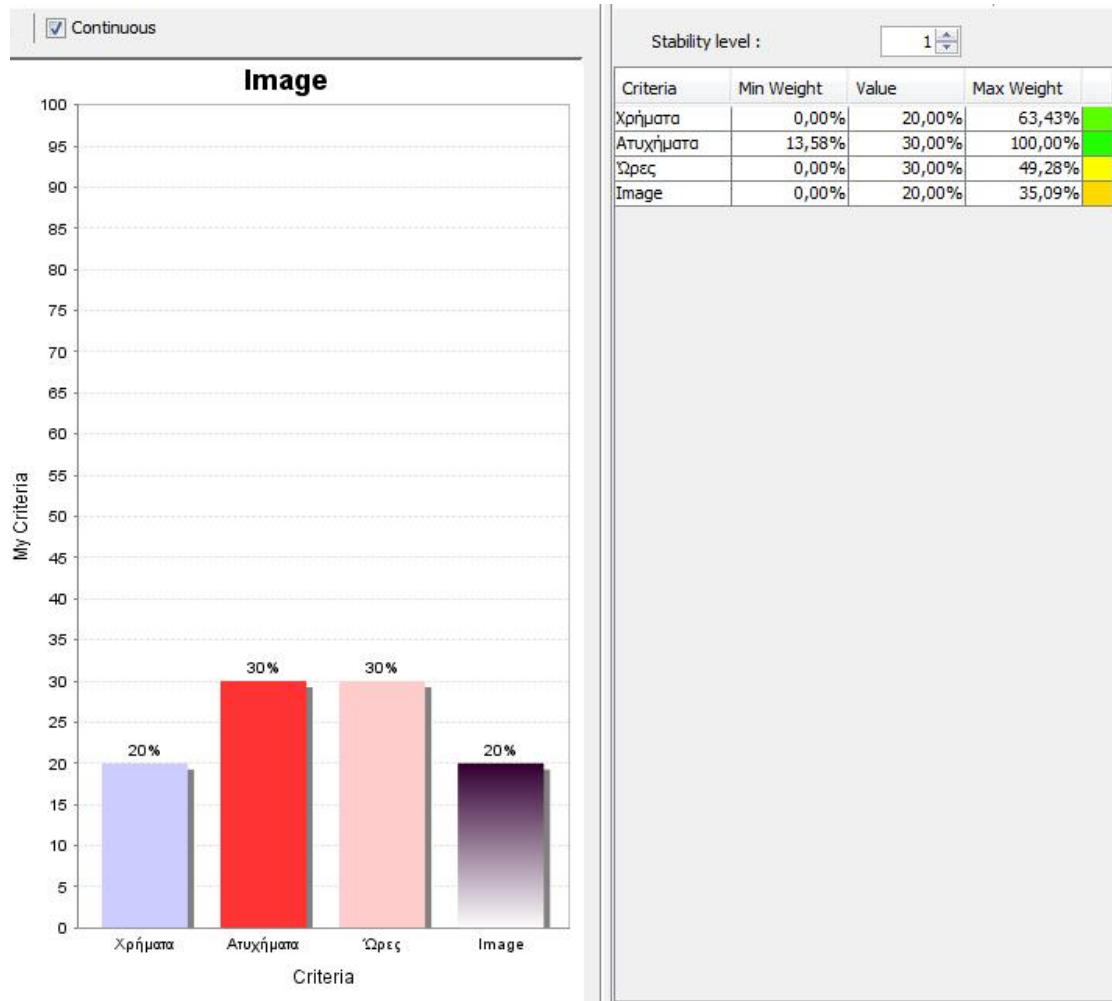
Τα αποτελέσματα είναι ορατά με αριθμητικό τρόπο εάν επιλέξουμε στο Menu την επιλογή Analysis→ Ranking and scores.



Εικόνα 33 : αριθμητική παρουσίαση αποτελεσμάτων

Όπως βλέπουμε, η βέλτιστη λύση είναι η ανάπλαση κακοφτιαγμένου δρόμου με σκορ 75.8 και ακολουθούν η επέκταση δρόμου κατά 10km με 68.2, η δημιουργία κυκλικής διασταύρωσης με 67.2, η εγκατάσταση νέων θέσεων parking με 37.8, η δημιουργία πεζόδρομου σε πολυσύχναστη περιοχή με εμπορικά κέντρα με 27.4 και τέλος η συντήρηση σηματοδότησης με 23.6.

Τέλος, τα εργαλεία σταθερότητας (Analysis → Stability intervals) υποδεικνύουν, για κάθε κριτήριο, σε ποιο διάστημα το βάρος μπορεί να αλλάξει χωρίς να επηρεάσει το υπάρχον αποτέλεσμα.



Εικόνα 34 : ανάλυση ευαισθησίας

Άρα, στην περίπτωση μας το κριτήριο Ατυχήματα που έχει βάρος 30% μπορεί να κυμανθεί από 13,58 – 100% χωρίς να τροποποιηθούν τα παρόντα αποτελέσματα.

Κεφάλαιο 10^ο : Case Study 5 – Κατάταξη προϊόντων

10.1 Το πρόβλημα απόφασης

Μια εταιρεία κατασκευής κινητών τηλεφώνων επιθυμεί να αξιολογήσει και να συγκρίνει τα προϊόντα που παράγει. Για αυτό το λόγο πραγματοποιεί ανάλυση η οποία θα έχει ως αποτέλεσμα την κατάταξη των προϊόντων της σε φθίνουσα σειρά, από το καλύτερο προς το χειρότερο.

Στόχος της ανάλυσης αυτής είναι τα αποτελέσματα να χρησιμοποιηθούν από το τμήμα marketing της επιχείρησης.

10.2 Οι εναλλακτικές επιλογές

Τις εναλλακτικές επιλογές του εξεταζόμενου προβλήματος απόφασης αποτελούν οι συσκευές που κατασκευάζει η εταιρεία. Η εταιρεία κατασκευάζει κινητά τηλέφωνα τα οποία διακρίνει σε τρεις κατηγορίες :

- Σειρά *A* : Οικονομικά κινητά τα οποία διαθέτουν βασικές λειτουργίες
- Σειρά *B* : Κινητά με αρκετές δυνατότητες και προσιτές τιμές
- Σειρά *C* : Κινητά τελευταίας τεχνολογίας με αυξημένες δυνατότητες

Συνολικά θα εξεταστούν έξι κινητά, δύο από κάθε κατηγορία, στα οποία στην συνέχεια θα αναφερόμαστε με τους συμβολισμούς : *A1, A2, B1, B2, C1, C2*.

10.3 Τα κριτήρια επιλογής ενός νέου κινητού τηλεφώνου

Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης περίπτωσης υποθέτουμε ότι τα κριτήρια με τα οποία διαλέγει ένας πελάτης ένα νέο κινητό τηλέφωνο είναι τα παρακάτω :

1. Το κόστος αγοράς
2. Η αυτονομία της μπαταρίας
3. Η εμφάνιση (design)
4. Η ευχρηστία
5. Οι διαθέσιμες λειτουργίες (π.χ. ραδιόφωνο, παιχνίδια, προγράμματα)
6. Η δυνατότητα πρόσβασης στο internet
7. Η ψηφιακή κάμερα του κινητού
8. Η εγγύηση του προϊόντος
9. Η ανθεκτικότητα του κινητού
10. Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά (π.χ. βάρος, μέγεθος οθόνης)

Σε αυτό το σημείο προκύπτει δυσκολία στον προσδιορισμό της σχετικής σημασίας των παραπάνω κριτηρίων. Σε αντίθεση με τα case studies που εξετάστηκαν προηγουμένως, σε αυτή την μελέτη περίπτωσης ο αποφασίζων ίσως να μην είναι σε θέση να αποδώσει βάρη στα παραπάνω κριτήρια, αντικειμενικά και με ακρίβεια.

Ως λύση στο πρόβλημα που περιγράφηκε προηγουμένως επιλέξαμε την κατασκευή ερωτηματολογίου. Το ερωτηματολόγιο που κατασκευάσαμε αποτελείται από 10 ερωτήσεις, σε κάθε μία από τις οποίες οι ερωτηθέντες καλούνται να δώσουν ως απάντηση μια τιμή από το 0 έως το 4 ανάλογα με το πόσο σημαντικό είναι κατά την άποψη τους το κάθε κριτήριο στην αγορά ενός νέου κινητού τηλεφώνου. Η σημασία κάθε τιμής δίνεται στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 34 : επεξήγηση κλίμακας βαθμολόγησης ερωτηματολογίου

Τιμή	Σημασία
0	Καθόλου σημαντικό
1	Λίγο σημαντικό
2	Μέτρια σημαντικό
3	Πολύ σημαντικό
4	Πάρα πολύ σημαντικό

Αγορά νέου κινητού τηλεφώνου

Κατά την αγορά ενός νέου κινητού τηλεφώνου λαμβάνουμε υπόψη διάφορα κριτήρια (όπως π.χ. κόστος, εμφάνιση, κ.τ.λ.π.) που μας βοηθάνε στην τελική μας επιλογή.

Ζητούμενο του παρόντος ερωτηματολογίου είναι να προσδιοριστεί η σχετική σημασία των κριτηρίων αυτών.

Τα δεδομένα που θα εξαχθούν από τις απαντήσεις θα χρησιμοποιηθούν σε διπλωματική εργασία της σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

* Απαιτείται

Φύλο : *

- Άνδρας
 Γυναίκα

Ηλικία : *

- 18 και κάτω
 19 έως 22
 23 έως 26
 27 έως 34
 35 και άνω

1. Πόσο σημαντικό είναι για εσάς το κόστος αγοράς ενός νέου κινητού ; *

0: Καθόλου 1: Λίγο 2: Μέτρια 3: Πολύ 4: Πάρα πολύ

0	1	2	3	4
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Πόσο σημαντική είναι για εσάς η αυτονομία της μπαταρίας ;*

ο: Καθόλου 1: Λίγο 2: Μέτρια 3: Πολύ 4: Πάρα πολύ

0	1	2	3	4
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Πόσο σημαντική είναι για εσάς η εμφάνιση (design) του κινητού ; *

ο: Καθόλου 1: Λίγο 2: Μέτρια 3: Πολύ 4: Πάρα πολύ

0	1	2	3	4
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Πόσο σημαντική είναι για εσάς η ευχρηστία του κινητού ; (π.χ. τεχνολογία αφής ή πληκτρολόγιο, εύκολο menu) *

ο: Καθόλου 1: Λίγο 2: Μέτρια 3: Πολύ 4: Πάρα πολύ

0	1	2	3	4
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. Πόσο σημαντικές είναι για εσάς οι λειτουργίες του κινητού ; (π.χ. ραδιόφωνο, παιχνίδια, προγράμματα) *

ο: Καθόλου 1: Λίγο 2: Μέτρια 3: Πολύ 4: Πάρα πολύ

0	1	2	3	4
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. Πόσο σημαντική είναι για εσάς η δυνατότητα πρόσβασης στο internet ; *

ο: Καθόλου 1: Λίγο 2: Μέτρια 3: Πολύ 4: Πάρα πολύ

0	1	2	3	4
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7. Πόσο σημαντική είναι για εσάς η ψηφιακή κάμερα του κινητού ; *

ο: Καθόλου 1: Λίγο 2: Μέτρια 3: Πολύ 4: Πάρα πολύ

0	1	2	3	4
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8. Πόσο σημαντική είναι για εσάς η εγγύηση του προϊόντος ; *

ο: Καθόλου 1: Λίγο 2: Μέτρια 3: Πολύ 4: Πάρα πολύ

0	1	2	3	4
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

9. Πόσο σημαντική είναι για εσάς η ανθεκτικότητα του κινητού ; *

ο: Καθόλου 1: Λίγο 2: Μέτρια 3: Πολύ 4: Πάρα πολύ

0	1	2	3	4
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

10. Πόσο σημαντικά είναι για εσάς τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του κινητού ; (π.χ. βάρος, μέγεθος οθόνης) *

ο: Καθόλου 1: Λίγο 2: Μέτρια 3: Πολύ 4: Πάρα πολύ

0	1	2	3	4
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

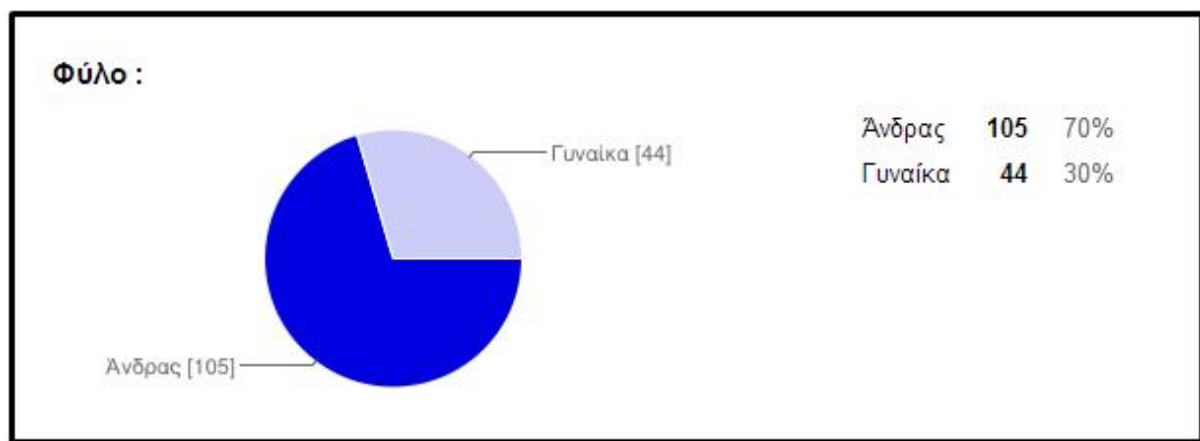
10.5 Αποτελέσματα ερωτηματολογίου – Προσδιορισμός της σχετικής σημασίας των κριτηρίων

Στατιστικά στοιχεία

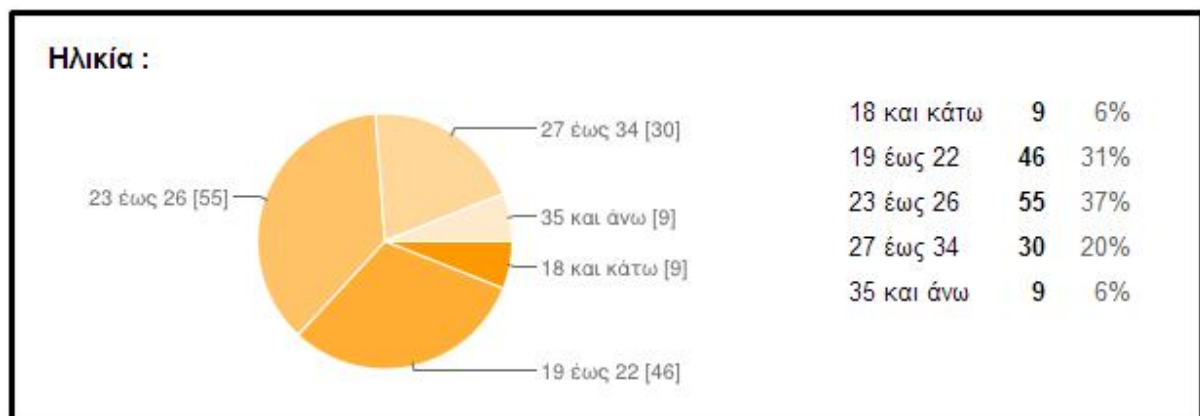
Το ερωτηματολόγιο αναρτήθηκε στις παρακάτω ιστοσελίδες :

- <http://www.myphone.gr/>
- <https://shmmmy.ntua.gr/>
- <https://el-gr.facebook.com/>

Το ερωτηματολόγιο απάντησαν συνολικά 149 άτομα. Στις δύο εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται κάποια γενικά στοιχεία των ερωτηθέντων, ώστε να γίνει καλύτερα κατανοητό το δείγμα από το οποίο προκύπτουν τα αποτελέσματα, τα οποία θα παρουσιαστούν στην συνέχεια.



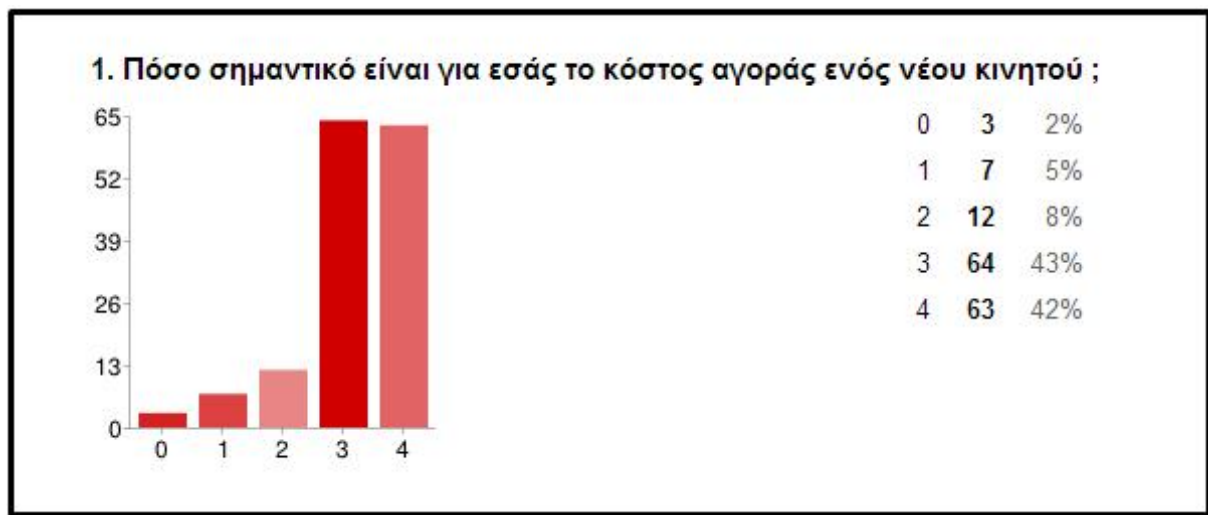
Εικόνα 35 : φύλο ερωτηθέντων



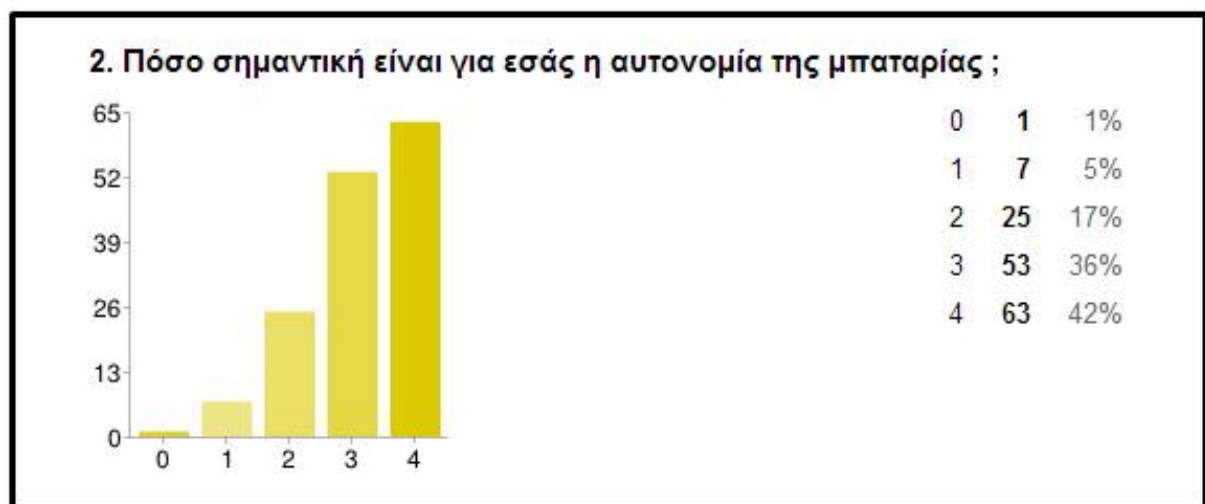
Εικόνα 36 : ηλικία ερωτηθέντων

Αποτελέσματα απαντήσεων

Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των απαντήσεων που δόθηκαν σε κάθε ερώτηση, τα οποία συνοδεύονται κάθε φορά και από το αντίστοιχο γράφημα.



Εικόνα 37 : κόστους αγοράς ενός νέου κινητού



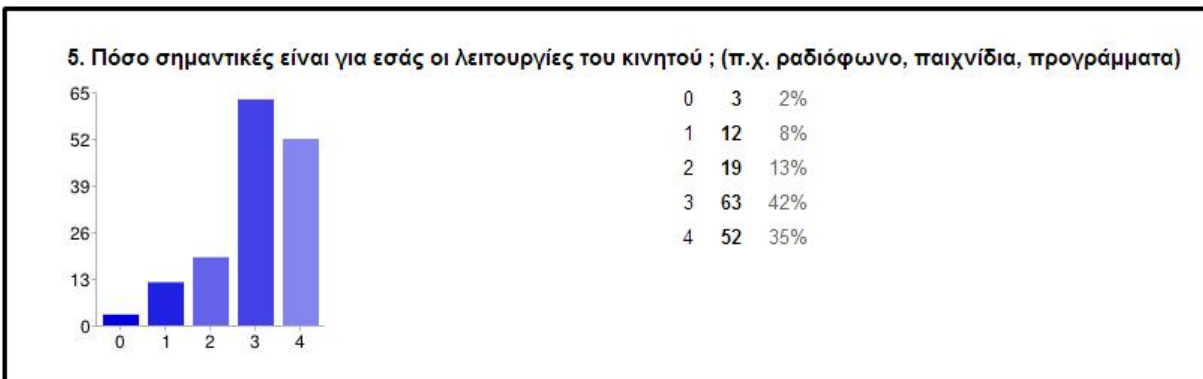
Εικόνα 38 : αυτονομίας μπαταρίας



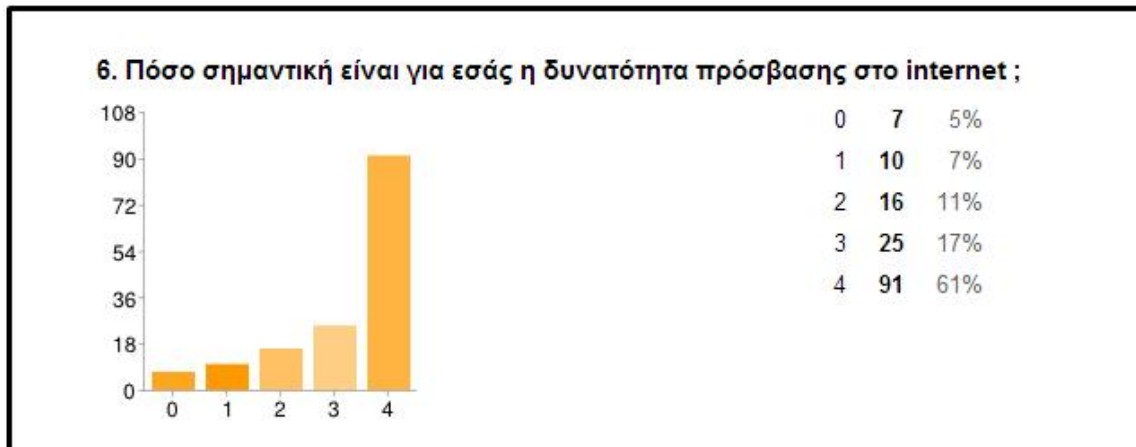
Εικόνα 39 : design κινητού



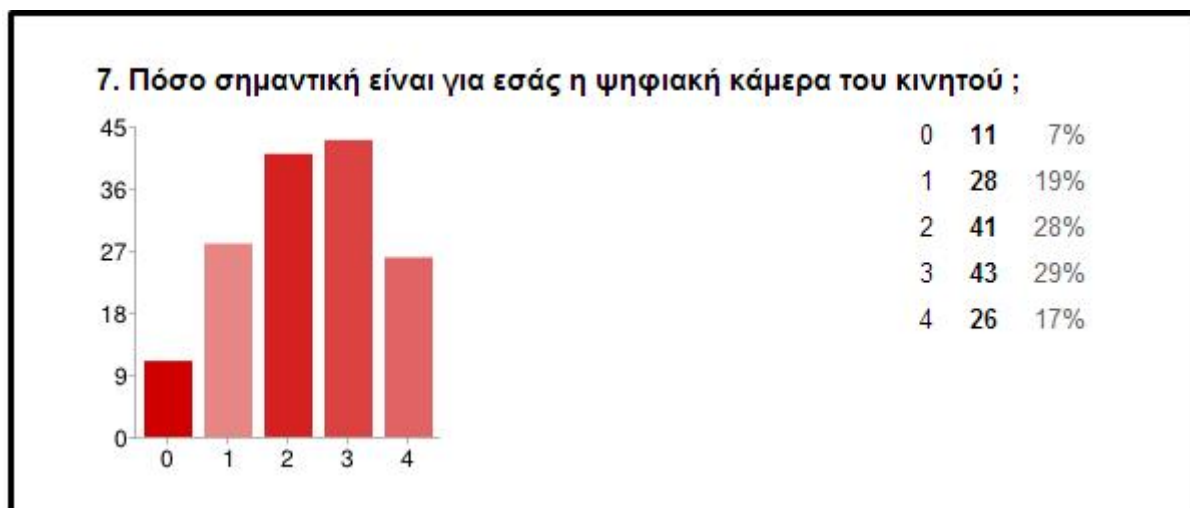
Εικόνα 40 : ευχρηστία κινητού



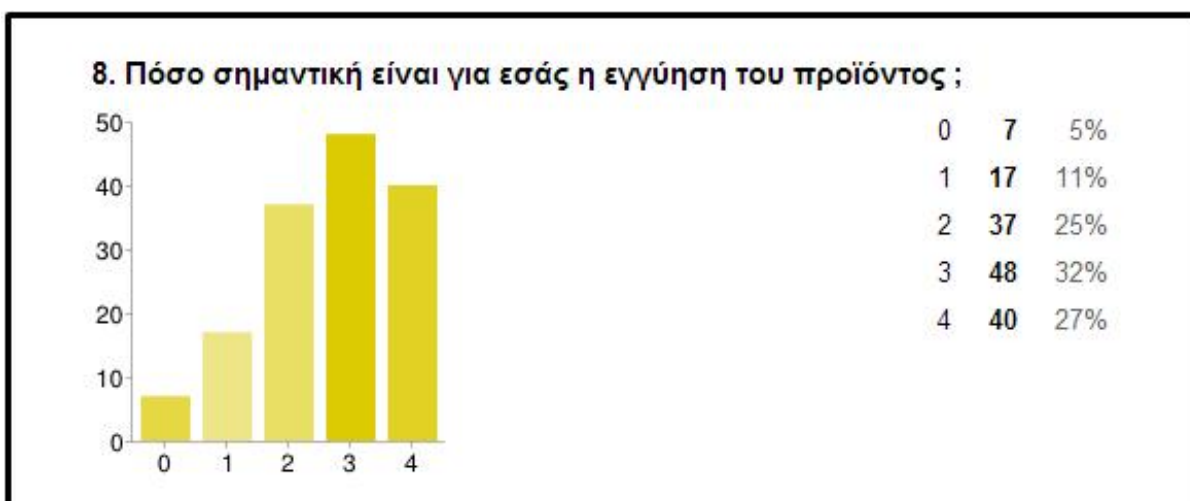
Εικόνα 41 : λειτουργίες κινητού



Εικόνα 42 : δυνατότητα πρόσβασης στο internet



Εικόνα 43 : ψηφιακή κάμερα κινητού



Εικόνα 44 : εγγύηση προϊόντος



Εικόνα 45 : ανθεκτικότητα κινητού



Εικόνα 46 : κατασκευαστικά χαρακτηριστικά κινητού

Σχετική σημασία κριτηρίων

$i = 1, 2, \dots, 10$

κ_i : κριτήριο i

α_0^i : αριθμός απαντήσεων με τιμή '0' στο κριτήριο i

α_1^i : αριθμός απαντήσεων με τιμή '1' στο κριτήριο i

α_2^i : αριθμός απαντήσεων με τιμή '2' στο κριτήριο i

α_3^i : αριθμός απαντήσεων με τιμή '3' στο κριτήριο i

α_4^i : αριθμός απαντήσεων με τιμή '4' στο κριτήριο i

β_i : συνολική βαθμολογία κριτηρίου i , η οποία υπολογίζεται από την σχέση

$$\beta_i = -10 \cdot \alpha_0^i - 5 \cdot \alpha_1^i + 0 \cdot \alpha_2^i + 5 \cdot \alpha_3^i + 10 \cdot \alpha_4^i$$

$\beta_i(\%)$: συνολική επί τοις εκατό βαθμολογία κριτηρίου i , η οποία υπολογίζεται από την σχέση

$$\beta_i(\%) = \frac{\beta_i}{\sum_{k=1}^{10} \beta_k}$$

Πίνακας 35 : υπολογισμός σχετικής σημασίας κριτηρίων

	α_0	α_1	α_2	α_3	α_4	β	$\beta(\%)$
κ_1	3	7	12	64	63	885	13,33
κ_2	1	7	25	53	63	850	12,80
κ_3	9	14	47	57	22	345	5,20
κ_4	1	8	23	59	58	825	12,42
κ_5	3	12	19	63	52	745	11,22
κ_6	7	10	16	25	91	915	13,78
κ_7	11	28	41	43	26	225	3,39
κ_8	7	17	37	48	40	485	7,30
κ_9	1	10	25	59	54	775	11,67
κ_{10}	2	16	33	58	40	590	8,89
						6640	

10.6 Επιλογή της μεθόδου

Κάποια σημαντικά σημεία που πρέπει να ληφθούν υπόψη για την επιλογή της πλέον κατάλληλης μεθόδου για την συγκεκριμένη ανάλυση είναι :

- Ο μεγάλος αριθμός κριτηρίων της συγκεκριμένης μελέτης περίπτωσης υπαγορεύει την χρήση κάποιου εργαλείου υποστήριξης αποφάσεων.
- Μια σημαντική δυσκολία που παρουσιάζεται στο συγκεκριμένο πρόβλημα απόφασης είναι το γεγονός ότι έχουμε κριτήρια τόσο ποσοτικά (π.χ. το κόστος αγοράς του κινητού) όσο και ποιοτικά (π.χ. η ευχρηστία του κινητού). Επομένως πρέπει να επιλεγεί κάποια μέθοδος που μπορεί να διαχειριστεί και τα δύο είδη δεδομένων.
- Ως αποτέλεσμα της ανάλυσης θέλουμε την κατάταξη των εναλλακτικών σε φθίνουσα σειρά, από την καλύτερη έως την χειρότερη (προβληματική γ)
- Στο συγκεκριμένο πρόβλημα απόφασης φαίνεται να ταιριάζει καλύτερα κάποια μέθοδος μέτρησης αξίας

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω και με τη βοήθεια του συγκριτικού πίνακα των μεθόδων του 4^{ου} κεφαλαίου γίνεται η επιλογή της πλέον κατάλληλης μεθόδου για το συγκεκριμένο πρόβλημα απόφασης. Η μέθοδος που φαίνεται να ταιριάζει καλύτερα στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι η **Analytic Hierarchy Process (AHP)** γιατί εμφανίζει τα παρακάτω χαρακτηριστικά :

- ευκολία εφαρμογής και ευελιξία
- ουσιαστικά αποσυνθέτει το αρχικό πρόβλημα σε επιμέρους και κατασκευάζει μια ιεραρχία των κριτηρίων με αποτέλεσμα η συνεισφορά του καθενός να γίνεται πιο εύκολα κατανοητή
- διαχειρίζεται δεδομένα ποσοτικά και ποιοτικά
- παράγει αξιόπιστα αποτελέσματα
- πιο φυσικός τρόπος βαθμολόγησης των ποιοτικών κριτηρίων : είναι πιο εύκολο για τον αποφασίζοντα να δηλώσει την προτίμηση του σε μια σειρά από ζεύγη εναλλακτικών από το να αποδώσει απευθείας αριθμητικές τιμές σε αυτά
- μεγάλος αριθμός πρακτικών εφαρμογών
- επαρκής τεκμηρίωση
- αποτελεί μοντέλο μέτρησης αξίας
- δίνει ως αποτέλεσμα μια κατάταξη των εναλλακτικών

10.7 Χρήση του λογισμικού MakeltRational

Η υλοποίηση της μεθόδου θα γίνει με το λογισμικό MakeltRational που χρησιμοποιήθηκε και στο 1^η μελέτη περίπτωσης (κεφάλαιο 6^ο).

Τα βήματα χρήσης του λογισμικού MakeltRational είναι :

1. Περιγραφή του προβλήματος απόφασης
2. Εισαγωγή εναλλακτικών επιλογών
3. Εισαγωγή κριτηρίων αξιολόγησης
4. Βαθμολόγηση κριτηρίων και εναλλακτικών
5. Παρουσίαση των αποτελεσμάτων

Στην συνέχεια θα αναφερθούμε σύντομα στα βήματα αυτά καθώς εξηγήθηκαν αναλυτικά στο 1^ο case study.

Στο πρώτο βήμα ο αποφασίζων δίνει ένα τίτλο στο πρόβλημα απόφασης και μια σύντομη περιγραφή του.

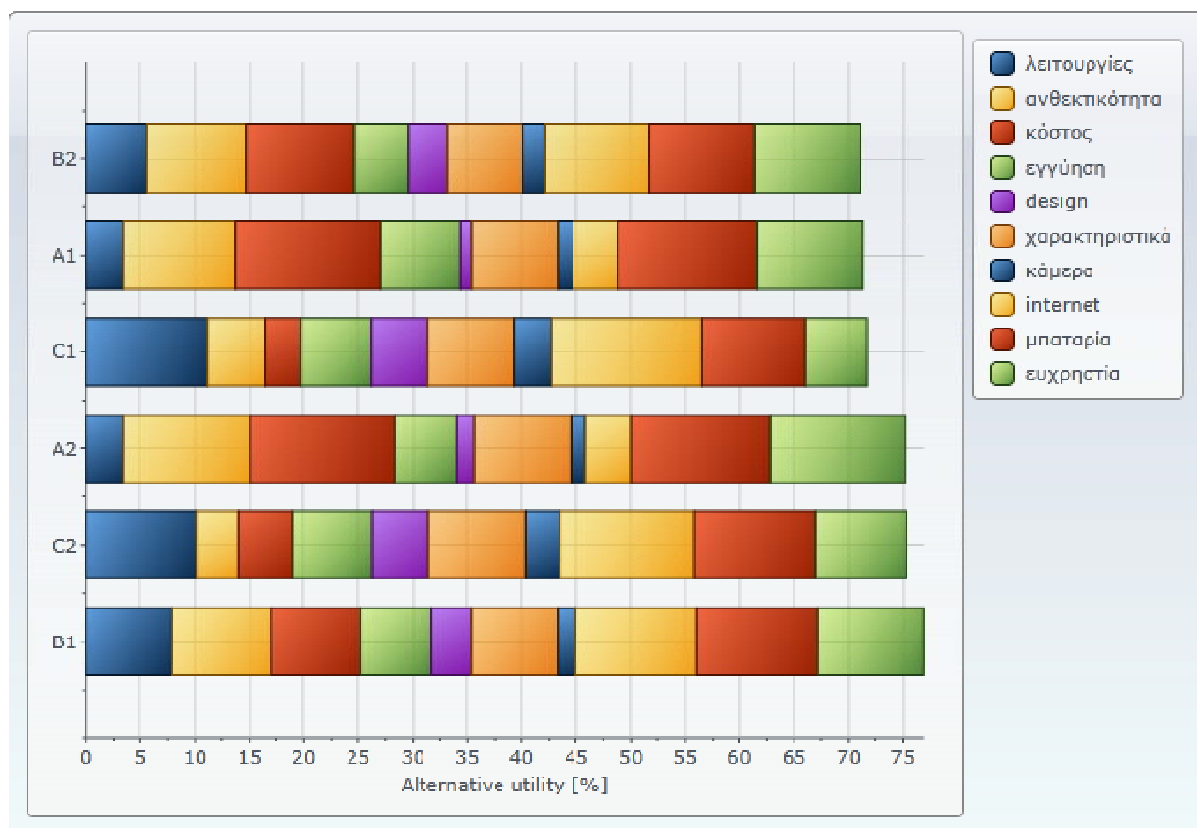
Στο δεύτερο και το τρίτο βήμα ο αποφασίζων εισάγει τα κριτήρια αξιολόγησης και τις εναλλακτικές επιλογές του προβλήματος.

Επόμενο βήμα είναι η βαθμολόγηση των κριτηρίων και των εναλλακτικών. Ως βάρη των κριτηρίων θα χρησιμοποιηθούν αυτά που προέκυψαν από το ερωτηματολόγιο.

Για την βαθμολόγηση των κριτηρίων διακρίνουμε δύο περιπτώσεις ανάλογα με την φύση των κριτηρίων :

1. **direct rating** : για τα ποσοτικά κριτήρια θα χρησιμοποιηθεί απευθείας βαθμολόγηση των κριτηρίων με βάση τα γνωστά δεδομένα. Για παράδειγμα για την βαθμολόγηση των εναλλακτικών ως προς το κριτήριο του κόστους αγοράς του κινητού, εισάγονται οι τιμές των διάφορων κινητών.
2. **pairwise comparisons** : για τα ποιοτικά κριτήρια θα χρησιμοποιηθούν ανά ζεύγη συγκρίσεις για την βαθμολόγηση των εναλλακτικών, οι οποίες γίνονται με βάση τα σχόλια των καταναλωτών. Για παράδειγμα για την βαθμολόγηση των εναλλακτικών ως προς το κριτήριο της εμφάνιση (design) του κινητού θα πραγματοποιηθούν ανά ζεύγη συγκρίσεις των εναλλακτικών. Οι τιμές (από το 1 έως το 9) που εισάγονται εκφράζουν σε κάθε ζεύγος εναλλακτικών ποιο προτιμάται και κατά πόσο.

Η κατάταξη των εναλλακτικών που προκύπτει από την χρήση του λογισμικού παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα :



Εικόνα 47 : κατάταξη εναλλακτικών

Όπως παρατηρούμε η κατάταξη των εναλλακτικών έχει ως εξής :

1. B1
2. C2
3. A2
4. C1
5. A1
6. B2

Όπως εξηγήθηκε και στην αρχή του case study η κατάταξη αυτή των εναλλακτικών μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με άλλα δεδομένα (π.χ. πωλήσεις κάθε μοντέλου) από την εταιρεία ώστε να έχει μια καλύτερη εικόνα των προϊόντων της.

Για παράδειγμα όπως βλέπουμε το μοντέλο B1 πετυχαίνει την καλύτερη βαθμολογία σύμφωνα με την παραπάνω ανάλυση. Αν υποθέσουμε ότι οι πωλήσεις του είναι σχετικά χαμηλές η εταιρεία θα πρέπει να εξετάσει σε μεγαλύτερο βάθος γιατί συμβαίνει αυτό.

Σύνοψη - Συμπεράσματα

Πολλές φορές η λήψη αποφάσεων στην σύγχρονη επιχειρησιακή πραγματικότητα είναι μια διαδικασία η οποία παρουσιάζει πολυκριτηριακό χαρακτήρα, και άρα μεγάλο βαθμό πολυπλοκότητας. Οι αποφασίζοντες αδυνατούν να διαχειριστούν τέτοιες αποφάσεις με συνέπεια και λογική, με αποτέλεσμα να δημιουργείται η ανάγκη ανάπτυξης εργαλείων που να αντιμετωπίζουν τον μεγάλο όγκο δεδομένων εμπειριστατωμένα και αντικειμενικά. **Η πολυκριτηριακή ανάλυση αποφάσεων αποτελεί ένα πολύ ισχυρό εργαλείο υποστήριξης τέτοιων αποφάσεων.**

Η χρησιμότητα της MCDA γίνεται περισσότερο εμφανής αν ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι **επιτρέπει την διαχείριση τόσο ποσοτικών όσο και ποιοτικών δεδομένων.**

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας παρουσιάστηκαν 20 διαφορετικές μέθοδοι πολυκριτηριακής ανάλυσης. Ο λόγος ύπαρξης τόσο πολλών και διαφορετικών μεθόδων είναι ότι **δεν υπάρχει μια μοναδική μέθοδος η οποία να είναι καλύτερη από τις υπόλοιπες σε όλο το φάσμα των εφαρμογών.**

Ανάλογα λοιπόν με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε εφαρμογής υπάρχουν μέθοδοι οι οποίες φαίνεται να ανταποκρίνονται καλύτερα στο εκάστοτε πρόβλημα απόφασης. Ως αποτέλεσμα, ο αποφασίζων καλείται να αναγνωρίσει τις μεθόδους αυτές, και στην συνέχεια να επιλέξει την πλέον κατάλληλη. Επομένως προκύπτει αναπόφευκτα η ανάγκη σύγκρισης των μεθόδων. Για να γίνει η σύγκριση αυτή εφικτή, θα πρέπει οι διάφορες μέθοδοι να εξεταστούν σύμφωνα με κάποια κριτήρια.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία προτείνονται τα εξής κριτήρια επιλογής μεθόδου πολυκριτηριακής ανάλυσης :

- διαθεσιμότητα software
- κατηγορία μεθόδου (κλασική ή σύγχρονη)
- μοντέλο μεθόδου
- επαρκής τεκμηρίωση
- αναφορές στην βιβλιογραφία
- ευκολία εφαρμογής
- πρακτικές εφαρμογές

Με βάση τα παραπάνω προκύπτει **το πιο σημαντικό αποτέλεσμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας, ένας συγκριτικός πίνακας των μεθόδων.** Στόχος αυτού του πίνακα είναι να αποτελέσει βοηθητικό εργαλείο επιλογής κατάλληλης μεθόδου για τον αποφασίζοντα.

Βέβαια είναι προφανές ότι **οι MCDA μέθοδοι αποτελούν απλώς εργαλεία** και ότι η ποιότητα και αξιοπιστία των αποτελεσμάτων που παράγουν εξαρτώνται αποκλειστικά από τα δεδομένα που εισάγει ο αποφασίζων. Επομένως **είναι ιδιαίτερα σημαντικό να δίνεται η απαραίτητη προσοχή στα πρώτα στάδια κάθε πολυκριτηριακής ανάλυσης** (καθορισμός πλαισίου απόφασης, αναγνώριση εναλλακτικών και κριτηρίων). Μέσα από την 1^η μελέτη περίπτωσης αναδεικνύεται το παραπάνω συμπέρασμα.

Στο 2^ο case study εφαρμόζονται δύο διαφορετικές μέθοδοι στα δεδομένα του ίδιου προβλήματος απόφασης και παρατηρείται ότι τα αποτελέσματα διαφέρουν. Αυτό οφείλεται στην πολυκριτηριακή φύση των εξεταζόμενων προβλημάτων και δεν αποτελεί παράδοξο. Με άλλα λόγια **δεν υπάρχει βέλτιστη λύση** και κάθε μέθοδος προσεγγίζει τα δεδομένα διαφορετικά. Επομένως **είναι ευθύνη του αποφασίζοντα να κρίνει τα αποτελέσματα της ανάλυσης του**.

Συχνά στην πράξη εμφανίζεται δυσκολία κατά την στάθμιση των κριτηρίων, ιδιαίτερα όταν εμπλέκονται και ποιοτικά κριτήρια. Στα πλαίσια της 3^{ης} μελέτης περίπτωσης εφαρμόστηκε η σύγχρονη μέθοδος PAPRIKA, η οποία προτείνει έναν πιο **φυσικό τρόπο στάθμισης των κριτηρίων**, όπου ο αποφασίζων καλείται να απαντήσει απλώς σε μια σειρά από ερωτήσεις. Αξίζει να σημειωθεί ότι στο παρόν case study προκύπτουν **κριτήρια με βάρος μικρότερο από 1%**. Τα κριτήρια αυτά **αγνοούνται** χωρίς να επηρεάζονται τα αποτελέσματα.

Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας που χαρακτηρίζει την ποιότητα μιας πολυκριτηριακής ανάλυσης είναι η σταθερότητα των αποτελεσμάτων που παράγει. Είναι προφανές ότι τα δεδομένα εισόδου εμπεριέχουν έναν βαθμό αβεβαιότητας η οποία συνεπάγεται ένα βαθμό αβεβαιότητας στα παραγόμενα αποτελέσματα. Δημιουργείται έτσι η ανάγκη να μελετηθεί το κατά πόσο μεταβολές στα δεδομένα εισόδου επηρεάζουν τα αποτελέσματα. Αυτό επιτυγχάνεται με την **διεξαγωγή ανάλυσης ευαισθησίας** (sensitivity analysis) που είναι απαραίτητη να γίνεται σε στα πλαίσια κάθε πολυκριτηριακής ανάλυσης. Στην 4^η μελέτη περίπτωσης πραγματοποιείται ανάλυση ευαισθησίας, η οποία υποδεικνύει ένα διάστημα τιμών στο οποίο προτείνονται τα αποτελέσματα.

Σε ορισμένες περιπτώσεις οι αποφασίζοντες αδυνατούν να αποδώσουν αντικειμενικές τιμές στα δεδομένα εισόδου των μεθόδων. Μια λύση στην στο συγκεκριμένο πρόβλημα είναι να διεξάγουν κάποιου είδους έρευνας. Στα πλαίσια του 5^{ου} case study δημιουργήθηκε ένα **ερωτηματολόγιο** με σκοπό τον προσδιορισμό της σχετικής σημασίας των κριτηρίων αξιολόγησης αγοράς ενός νέου κινητού τηλεφώνου από τους καταναλωτές.

Η Πολυκριτηριακή Ανάλυση Αποφάσεων είναι ένας σύγχρονος κλάδος ο οποίος εξελίσσεται ραγδαίως. Αυτό έγινε γρήγορα κατανοητό κατά την έρευνα που πραγματοποιήθηκε για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας από τον **μεγάλο αριθμό σχετικών δημοσιεύσεων και πρακτικών εφαρμογών τα τελευταία χρόνια.**

Βιβλιογραφία

- An, L., Chen, Z., & Tong, L. (2011). Generation And Application Of Decision Rules Within Dominance-Based Rough Set Approach To Multicriteria Sorting. *International Journal of Innovative Computing* , 1145-1155.
- Baker, D., Bridges, D., Hunter, R., Johnson, G., Krupa, J., Murphy, J., και συν. (2002). *Guidebook to Decision-Making Methods*. Department of Energy, USA.
- Baležentis, A., Baležentis, T., & Brauers, W. K. (2011). MULTIMOORA-FG: A Multi-Objective Decision Making Method for Linguistic Reasoning with an Application to Personnel Selection. *INFORMATICA 23* , σσ. 173–190.
- Behzadian, M., Kazemzadeh, R., Albadvi, A., & Aghdasi, M. (2010). PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. *European Journal of Operational Research 200* , σσ. 198–215.
- Belton, V., & Stewart, T. (2002). *Multiple criteria decision analysis: an integrated approach*. Boston: Kluwer Academic Publications.
- Brans, J. (1982). *L'ingénierie de la décision: élaboration d'instruments d'aide à la décision. La méthode PROMETHEE*. Presses de l'Université Laval.
- Brans, J., & Vincke, P. (1985). A preference ranking organisation method: The PROMETHEE method for MCDM. *Management Science* .
- Brauers, W., & Zavadskas, E. (2006). The MOORA method and its application to privatization in a transition economy. *Control and Cybernetics 35* .
- Charnes, A., & Cooper, W. (1961). *Management Models and Industrial Applications of Linear Programming*,. New York: Wiley.
- Charnes, A., Cooper, W., & Ferguson, R. (1955). Optimal estimation of executive compensation by linear programming. *Management Science 1* , 138–151.
- Department for Communities & Local Government. (2009). *Multi-Criteria Analysis: A Manual*. London.
- Dillon, J. L., & Perry, C. (1977). Multiattribute utility theory, multiple objectives and. *Review of Marketing and Agricultural Economics 45* , 3–27.
- Farkas, A. (2013). *A Comparison of MCDA Techniques TOPSIS and MAROM in Evaluating Bus Alternative-fuel Mode*. Budapest: Óbuda University, Faculty of Business and Economics.
- Farkas, A. (1994). Priority ranking methods: A survey and an extension. *Business Research and Management* , 74-94.

Figueira, J., & Salvatore Greco, M. E. (2005). *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. New York: Springer Science + Business Media, Inc.

Fishburn, P. (1967). *Additive Utilities with Incomplete Product Set: Applications to Priorities and Assignments*. Baltimore: Operations Research Society of America.

Forman, E. H., & Gass, S. I. (2001). The analytical hierarchy process—an exposition. *Operations Research* 49 , 469–487.

Greco, S., Matarazzo, B., & Słowiński, R. (2001). Rough sets theory for multi-criteria decision analysis. *European Journal of Operational Research* 129 , 1-47.

Greco, S., Matarazzo, B., Słowiński, R., & Stefanowski, J. (2001). An Algorithm for Induction of Decision Rules Consistent with the Dominance Principle. Στο W. Ziarko, & Y. Yao, *Rough Sets and Current Trends in Computing* (σσ. 304--313.). Springer-Verlag.

Guitouni, A., & Martel, J.-M. (1998). Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA method. *European Journal of Operational Research* 109 , σσ. 501–521.

Hansen, P., & Ombler, F. (2009). A New Method for Scoring Additive Multi-attribute Value Models. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis* 15 , 87-107.

Herwijnen, M. (2006). Multiple-attribute value theory (MAVT).

Hwang, C., & Yoon, K. (1981). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. New York: Springer-Verlag.

Hwang, C., Lai, Y., & Liu. (1993). A new approach for multiple objective decision making. *Computers and Operational Research* 20 , 889–899.

Ignizio, J. P., & Romero, C. (2003). Στο *Encyclopedia of Information Systems* (σσ. 489-500).

Kangas, A., Kangas, J., Lahdelma, R., & Salminen, P. (2006). Using SMAA-2 method with dependent uncertainties for strategic forest planning. *Forest Policy and Economics* 9 , σσ. 113-125.

Lahdelma, R., & Salminen, P. (2002). Pseudo-criteria versus linear utility function in stochastic multi-criteria acceptability analysis. *European Journal of Operational Research* 141 , σσ. 454–469.

Lahdelma, R., & Salminen, P. (2001). SMAA-2: Stochastic multicriteria acceptability analysis for group decision making. *Operations Research* 49 , σσ. 444-454.

LIFE Third Countries Project Number LIFE03 TCY/CY/000018. (2005, Δεκέμβριος).
Development of best management systems for high priority waste streams in Cyprus.
Έκθεση σχετικά με τις μεθόδους πολυκριτηριακής ανάλυσης . Εθνικό Μετσόβιο
Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών.

- Løken, E. (2005). Use of multicriteria decision analysis methods for energy planning problems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 11 , 1584–1595.
- Mareschal, B., & Brans , J. (1988). Geometrical representations for MCDA. the GAIA module. *European Journal of Operational Research* .
- Menegolo, & Pereira, G. (1996). *NAIADE Manual & Tutorial*. Ispra.
- Munda, G. (1995). *Multicriteria Evaluation in a Fuzzy Environment : Theory and Applications in Ecological Economics*.
- Mustajoki, J., & Marttunen, M. (2013). *Comparison of Multi-Criteria. Decision Analytical Software. Searching for ideas for developing a new EIA-specific multi-criteria software*.
- Opricovic, S. (1998). *Visekriterijumska optimizacija sistema u gradjevinarstvu*. Belgrade.
- Podvezko, V. (2011). The Comparative Analysis of MCDA Methods SAW and COPRAS. *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics* 22 , σσ. 134-146.
- Romero, C. (1991). *Handbook of critical issues in goal programming*, Pergamon Press. Oxford.
- Roy, B. (1968). Classement et choix en présence de points de vue multiples (la méthode ELECTRE). *La Revue d'Informatique et de Recherche Opérationnelle (RIRO)* (8) , 57–75.
- Roy, B. (1996). *Multicriteria methodology for decision aiding*.
- Saaty , T. (2008). *Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*. Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications.
- Saaty, T. L. (2008). *Relative Measurement and its Generalization in Decision Making: Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors - The Analytic Hierarchy/Network Process*.
- Saaty, T. (1977). scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology* 15 , 234-281.
- Saaty, T. (2005). *Theory and Applications of the Analytic Network Process: Decision Making with Benefits, Opportunities, Costs and Risks*. Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications.
- Serafim, O., & Gwo-Hshiung, T. (2004). The Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research* 156 , 445-455.
- System Dynamics Society. (2013). Ανάκτηση από <http://www.systemdynamics.org/>

Tamiz, M., Jones, D., & Romero, C. (1998). Goal programming for decision making: An overview of the current state-of-the-art. *European Journal of Operational Research* 111 , σσ. 569-581.

Triantaphyllou, E., & Mann, S. (1989). An Examination of the Effectiveness of Multi-Dimensional Decision-Making Methods: A Decision-Making Paradox. *International Journal of Decision Support Systems* 5 , 303-312.

Triantaphyllou, E., Shu, B., Nieto Sanchez, S., & Ray, T. (1998). Multi-Criteria Decision Making: An Operations Research Approach. Στο *Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering* (σσ. 175-186). New York.

Xiaozhan, X. (2001). The SIR method : A superiority and inferiority ranking method for multiple criteria decision making. *European Journal of Operational Research* 131 , 587-602.

Yiyo, K., Taho, Y., & Guan-Wei, H. (2008). The use of grey relational analysis in solving multiple attribute decision-making problems. *Computers & Industrial Engineering* 55 , 80-93.

Yoon, K. (1987). A reconciliation among discrete compromise situations. *Journal of Operational Research Society* 38 , 277–286.

Παναγιώτου, Ν. (2010). Συστήματα Αποφάσεων : Πολυκριτήρια Ανάλυση (Multicriteria Analysis). Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών , Τομέας Βιομηχανικής Διοίκησης & Επιχειρησιακής Έρευνας.

Ποταμιανού , Ε. (2012). *Ανάπτυξη WEB Εφαρμογής Πολυκριτήριας Μεθόδου ELECTRE I*. ΛΑΡΙΣΑ: Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Λάρισας, Τμήμα Τεχνολογίας Πληροφορικής Και Τηλεπικοινωνιών.

Σίσκος, Ι., & Ψαρράς, Ι. (n.d.). Πολυκριτηριακά Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων.

Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων. (2001). Σημειώσεις : Πολυκριτηριακή Ανάλυση. Πειραιάς: Πανεπιστήμιο Πειραιά, Τμήμα Πληροφορικής.

Παράρτημα Α : Παραγωγή τυχαίων αριθμών με τη χρήση του Microsoft Excel

Στο 3^ο case study (επιλογή υποψηφίων για μεταπτυχιακό) τις εναλλακτικές επιλογές αποτελούν προφανώς οι υποψήφιοι. Το γεγονός ότι δεν υπήρχε η δυνατότητα πρόσβασης σε πραγματικά δεδομένα οδήγησε στην ανάγκη αυτά να δημιουργηθούν. Βέβαια η διαδικασία αυτή έπρεπε να γίνει με τυχαίο τρόπο. Αυτό επιτεύχθηκε με τη βοήθεια του Microsoft Excel που δίνει την δυνατότητα παραγωγής τυχαίων αριθμών.

Για την παραγωγή τυχαίων αριθμών το Microsoft Excel έχει τις εξής συναρτήσεις :

- **RAND()**
Αποδίδει έναν τυχαίο αριθμό ομοιόμορφης κατανομής, που είναι μεγαλύτερος ή ίσος του 0 και μικρότερος του 1.
- **RANDBETWEEN(bottom ; top)**
Αποδίδει ένα αριθμό μεταξύ των bottom και top.

Ως παράδειγμα θα εξετάσουμε τον τρόπο με τον οποίο δημιουργήθηκαν ο βαθμός πτυχίου του κάθε υποψηφίου. Με όμοιο τρόπο δημιουργήθηκαν και όλα τα άλλα χαρακτηριστικά του κάθε υποψηφίου.

Ο βαθμός πτυχίου έπρεπε να είναι ένας αριθμός στο διάστημα [5,10] ακρίβειας δύο δεκαδικών ψηφίων. Όπως γίνεται γρήγορα κατανοητό δεν γίνεται να χρησιμοποιήσουμε την συνάρτηση **RANDBETWEEN(5; 10)** για τον σκοπό αυτό, αφού δίνει σαν αποτέλεσμα ένα ακέραιο στο διάστημα [5,10]. Δεκαδικούς αριθμούς σε ένα συγκεκριμένο διάστημα $[\alpha, \beta]$ μπορούμε να παράγουμε με κατάλληλη χρήση της συνάρτησης **RAND()** σύμφωνα με τον τύπο :

$$\text{RAND}() * (\beta - \alpha) + \alpha$$

Η παραπάνω διαδικασία δίνει όντως τυχαίους αριθμούς στο διάστημα [5,10], όμως οι αριθμοί αυτοί θα ακολουθούν ομοιόμορφη κατανομή. Με άλλα λόγια η πιθανότητα να παραχθεί ένας οποιοσδήποτε στο διάστημα [5,10] είναι ακριβώς η ίδια. Αυτό θα είχε σαν αποτέλεσμα τα δεδομένα που θα δημιουργούνταν από τη παραπάνω διαδικασία να μην προσεγγίζουν πραγματικές περιπτώσεις. Στην πραγματικότητα οι βαθμοί πτυχίου των φοιτητών δεν ακολουθούν κανονική κατανομή. Για παράδειγμα το ποσοστό των φοιτητών που έχουν βαθμό πτυχίου στο διάστημα [9,50 , 10,00] είναι μικρότερο από το ποσοστό των φοιτητών που έχουν βαθμό πτυχίου στο διάστημα [7,00 , 7,50].

Για να επιτευχθεί καλύτερη προσέγγιση των πραγματικών περιπτώσεων, έγινε η υπόθεση ότι οι βαθμοί πτυχίου ακολουθούν την κατανομή που φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 36 : κατανομή τιμών για το κριτήριο βαθμός πτυχίου

Βαθμός πτυχίου	Πιθανότητα (%)
5,00 - 5,49	2
5,50 – 5,99	3
6,00 – 6,49	9
6,50 – 6,99	11
7,00 – 7,49	27
7,50 – 7,99	18
8,00 – 8,49	13
8,50 – 8,99	10
9,00 – 9,49	4
9,50 – 10,00	3

Έτσι πετυχαίνουμε μια κατανομή των βαθμολογιών που ανταποκρίνεται καλύτερα στην πραγματικότητα, δηλαδή λίγοι φοιτητές πετυχαίνουν πολύ υψηλές ή πολύ χαμηλές βαθμολογίες, ενώ η πλειοψηφία πετυχαίνει ενδιάμεσες βαθμολογίες.

Χρησιμοποιώντας την συνάρτηση $RANDBETWEEN(1;100)$ παράγαμε τυχαίους ακέραιους αριθμούς στο διάστημα $[1,100]$. Στην συνέχεια αντιστοιχίζουμε αυτές τις τιμές σε κάποια κατηγορία βαθμών λαμβάνοντας υπόψη την πιθανότητα να ανήκει στην κάθε κατηγορία. Έτσι αντιστοιχίζουμε τις τιμές 1,2 (2% πιθανότητα) στην 1^η κατηγορία βαθμών, τις τιμές 3,4,5 (3% πιθανότητα) στην 2^η κατηγορία βαθμών, και ούτω καθεξής. Τέλος παράγουμε έναν τυχαίο βαθμό στο διάστημα που προσδιορίζεται από την κάθε κατηγορία. Για παράδειγμα ένας βαθμός που ανήκει στην 5^η κατηγορία (7,00 – 7,49) παράγεται με χρήση του τύπου, που παρουσιάστηκε προηγουμένως, $RAND() * (\beta - \alpha) + \alpha$ όπου αντικαθιστούμε $\alpha = 7,00$ και $\beta = 7,49$.

Συνοψίζοντας ακολουθούμε τα εξής βήματα :

- Βήμα 1^ο : παραγωγή ενός τυχαίου ακεραίου στο διάστημα $[1,100]$ με χρήση της $RANDBETWEEN(1 ; 100)$
- Βήμα 2^ο : αντιστοίχιση του ακεραίου του προηγούμενου βήματος σε μια κατηγορία βαθμολογιών, σύμφωνα με την κατανομή του παραπάνω πίνακα
- Βήμα 3^ο : παραγωγή ενός τυχαίου δεκαδικού στο διάστημα $[\alpha, \beta]$ που προσδιορίζεται από την κατηγορία του προηγούμενου βήματος με χρήση της $RAND() * (\beta - \alpha) + \alpha$

Τα παραπάνω βήματα γίνονται καλύτερα κατανοητά μέσα από τα παραδείγματα που παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 37 : παραδείγματα παραγωγής τυχαίων αριθμών

Βήμα 1 ^ο	Βήμα 2 ^ο	Βήμα 3 ^ο
6	6,00 – 6,49	6,29
73	8,00 – 8,49	8,07
51	7,00 – 7,49	7,13
36	7,00 – 7,49	7,02

Με όμοιο τρόπο δημιουργήθηκαν τυχαίες τιμές για όλα τα κριτήρια επιλογής των υποψηφίων που χρησιμοποιήθηκαν στην 3^η μελέτη περίπτωσης. Στους επόμενους πίνακες φαίνονται οι κατανομές που υποτέθηκαν για καθένα από εναπομείναντα κριτήρια επιλογής.

Πίνακας 38 : κατανομή τιμών για το κριτήριο συστατικές επιστολές

Συστατικές επιστολές	Πιθανότητα (%)
μέτριες	30
καλές	65
άριστες	5

Πίνακας 39 : κατανομή τιμών για το κριτήριο ηλικία

Ηλικία	Πιθανότητα (%)
>28	10
25-28	60
<25	30

Πίνακας 40 : κατανομή τιμών για το κριτήριο επαρκής γνώση αγγλικών

Επαρκής γνώση αγγλικών	Πιθανότητα (%)
όχι	9
ναι	91

Πίνακας 41 : κατανομή τιμών για το κριτήριο δημοσιεύσεις

Δημοσιεύσεις	Πιθανότητα (%)
όχι	98
ναι	2

Πίνακας 42 : κατανομή τιμών για το κριτήριο ενδιαφέρον υποψηφίου

Ενδιαφέρον υποψηφίου	Πιθανότητα (%)
μέτριο	30
υψηλό	70

Παράρτημα Β : Αρκτικόλεξα

Παρακάτω παρουσιάζονται με αλφαβητική σειρά η επεξήγηση των διάφορων αρκτικόλεξων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία.

AHP : Analytic Hierarchy Process

ANP : Analytic Network Process

DRSA : Dominance-based Rough Set Approach

ELECTRE : ELimination Et Choix Traduisant la REalité (γαλλικά)

GP : Goal Programming

GRA : Grey Relational Analysis

LGP : Lexicographic Goal Programming

MAROM : MultiAttRIBUTE Object Measurement

MAUT : Multi-Attribute Utility Theory

MAVT : Multiple-Attribute Value Theory

MCDCA : Multi-Criteria Decision Analysis

MOORA : Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis

NAIADE : Novel Approach to Imprecise Assessment and Decision Environments

PAPRIKA : Potentially All Pairwise RanKings of all possible Alternatives

PROMETHEE & GAIA : Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations and Geometrical Analysis for Interactive Aid

SIR : Superiority and Inferiority Ranking

SMAA : Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis

TOPSIS : Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution

VIKOR : Vlsekriterijumska optimizacija i KOmpromisno Resenje (σερβικά)

WGP : Weighted Goal Programming

WPM : Weighted Product Model

WSM : Weighted Sum Model