



Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Προηγμένα Συστήματα Πληροφορικής»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	Λήψη συλλογικών αποφάσεων με ασαφείς μεθόδους σχέσεων υπεροχής
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	Γαρίτος Ζώης του Κωνσταντίνου
Αριθμός Μητρώου	ΜΠΣΠ09019
Κατεύθυνση	Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων
Επιβλέπων	Δημήτρης Αποστόλου, Επίκουρος Καθηγητής

Πανεπιστήμιο Πειραιώς-Τμήμα Πληροφορικής
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στα
Προηγμένα Συστήματα Πληροφορικής

31 Μαΐου 2012

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

(υπογραφή)

Δ. Δεσπότης
Καθηγητής

(υπογραφή)

Δ. Αποστόλου
Επικ. Καθηγητής

(υπογραφή)

Κ. Μεταξιώτης
Επικ. Καθηγητής

Περίληψη

Η μεταπτυχιακή διατριβή έχει στόχο την μελέτη ασαφών μεθόδων σχέσεων υπεροχής με σκοπό τη λήψη συλλογικών αποφάσεων. Ο τρόπος με τον οποίο οι ατομικές προτιμήσεις ή αποφάσεις συνδυάζονται για την εξαγωγή μιας τελικής συλλογικής απόφασης, οι διαφορετικές προσεγγίσεις που μπορεί να έχει ένα πρόβλημα συλλογικής απόφασης από τους αποφασίζοντες, οι ομοιότητες και η διαφορές που παρουσιάζουν οι διαφορετικές προσεγγίσεις, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που παρουσιάζουν οι προσεγγίσεις αυτές είναι τα κυριότερα σημεία στα οποία επικεντρώνεται η μεταπτυχιακή διατριβή.

Η διπλωματική εργασία μελετά την πολυκριτήρια ανάλυση σε συνδυασμό με την ομαδική λήψη αποφάσεων. Η πολυκριτήρια ανάλυση ξεχωρίζει, μεταξύ άλλων μεθόδων, γιατί λαμβάνει υπόψη αποτελεσματικά το σύστημα αξιών του αποφασίζοντα. Η εφαρμογή της πολυκριτήριας ανάλυσης στην ομαδική λήψη αποφάσεων είναι εφικτή. Ο τρόπος εφαρμογής εξαρτάται από την φύση του προβλήματος απόφασης και τις ιδιαιτερότητες της ομάδας. Τέλος, η πολυκριτήρια ανάλυση βοηθά ουσιαστικά στην αποτελεσματική σύνθεση των ατομικών προτιμήσεων και την αναγωγή τους σε ομαδική προτίμηση.

Η διπλωματική εργασία επικεντρώνεται κυρίως στην μέθοδο ELECTRE I και στην χρήση αυτής σε προβλήματα συλλογικών αποφάσεων με διακριτά και ασαφή δεδομένα. Η ELECTRE I είναι μια από τις πιο σημαντικές μεθόδους της κατηγορίας «Σχέσεων Υπεροχής» και η χρήση της σε προβλήματα συλλογικών αποφάσεων είναι απαραίτητη.

Στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι διπλός. Η επισκόπηση και ανάπτυξη πρωτότυπου συστήματος, για την υποστήριξη της ομαδικής λήψης αποφάσεων ταξινομήσης βασιζόμενη στην μέθοδο ELECTRE I. Ταυτόχρονα Η βιβλιογραφική μελέτη επικεντρώθηκε σε λήψη συλλογικών αποφάσεων με ασαφή δεδομένα αποσκοπεί στην εξέταση κατά πόσο επηρεάζει την λήψη μιας συλλογικής απόφασης η ενοποίηση των ατομικών δεδομένων σε διαφορετικά σημεία υλοποίησης της μεθόδου ELECTRE I για ασαφή δεδομένα.

Λέξεις Κλειδιά: Ομαδική Λήψη Αποφάσεων, Συστήματα Υποστήριξης Ομαδικής Λήψης Αποφάσεων, Πολυκριτήρια Ανάλυση, Πολυκριτήρια Ταξινόμηση, ELECTRE I, fuzzy δεδομένα.

Περιεχόμενα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:	9
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	9
1.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ	ΣΦΑΛΜΑ! ΔΕΝ ΕΧΕΙ ΟΡΙΣΤΕΙ ΣΕΛΙΔΟΔΕΙΚΤΗΣ.
1.2.1 Πολυκριτήριος μαθηματικός προγραμματισμός.....	<i>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</i>
1.2.2 Πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας	<i>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</i>
1.2.3 Θεωρία των σχέσεων υπεροχής (outranking methods).....	<i>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</i>
1.2.4 Αναλυτική συνθετική προσέγγιση	<i>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</i>
1.3 ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΣΤΗ ΛΗΨΗ ΟΜΑΔΙΚΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ	ΣΦΑΛΜΑ! ΔΕΝ ΕΧΕΙ ΟΡΙΣΤΕΙ ΣΕΛΙΔΟΔΕΙΚΤΗΣ.
1.3.1 Βασική ή πρώτη μέθοδος υποστήριξη συλλογικών αποφάσεων(GDSM).....	<i>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</i>
1.3.2 Δεύτερη κατηγορία GDSM.....	19
1.3.3 Τρίτη κατηγορία GDSM.....	20
1.3.4 Νέα γενιά πολυκριτηριακών GDSM μεθόδων(4η μέθοδος)	21
1.4 ELECTRE I	22
1.5 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ.....	26
ΣΥΝΟΨΗ	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:	28
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	28
2.1 ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	28
2.2 Η ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	28
2.3 ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	ΣΦΑΛΜΑ! ΔΕΝ ΕΧΕΙ ΟΡΙΣΤΕΙ ΣΕΛΙΔΟΔΕΙΚΤΗΣ.
2.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ	ΣΦΑΛΜΑ! ΔΕΝ ΕΧΕΙ ΟΡΙΣΤΕΙ ΣΕΛΙΔΟΔΕΙΚΤΗΣ.
ΣΥΝΟΨΗ	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:	52
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	52
3.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟ FUZZY ELECTRE I ΓΙΑ ΟΜΑΔΙΚΕΣ ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ.....	52
3.2 1Η ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟ FUZZY ELECTRE I ΓΙΑ ΟΜΑΔΙΚΕΣ ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ.....	55
3.3 2Η ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟ FUZZY ELECTRE I ΓΙΑ ΟΜΑΔΙΚΕΣ ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ	56
3.4 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΛΥΣΗΣ	57
3.5 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗΣ ΛΥΣΗΣ	64
3.6 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ.....	67
3.7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	69
ΣΥΝΟΨΗ	ΣΦΑΛΜΑ! ΔΕΝ ΕΧΕΙ ΟΡΙΣΤΕΙ ΣΕΛΙΔΟΔΕΙΚΤΗΣ.
ΕΠΙΛΟΓΟΣ	71
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	72

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1: Σχέσεις προτίμησης, αδιαφορίας και ασυγκριτικότητας σε ένα γράφημα υπεροχής...	14
Σχήμα 1.2: Αναλυτική-συνθετική προσέγγιση προβλημάτων απόφασης.....	15
Σχήμα 1.3: Αρχή της αναλυτικής-συνθετικής προσέγγιση.....	16
Σχήμα 1.4: Πρώτος τύπος Συστήματος υποστήριξη συλλογικών αποφάσεων βασισμένου στην Πολυκριτήρια Ανάλυση.....	18
Σχήμα 1.5: Δεύτερος τύπος Συστήματος υποστήριξη συλλογικών αποφάσεων βασισμένου στην Πολυκριτήρια Ανάλυση.....	19
Σχήμα 1.6: Τρίτος τύπος Συστήματος υποστήριξη συλλογικών αποφάσεων βασισμένου στην Πολυκριτήρια Ανάλυση.....	20
Σχήμα 1.7: Τέταρτος τύπος Συστήματος υποστήριξη συλλογικών αποφάσεων βασισμένου στην Πολυκριτήρια Ανάλυση.....	21
Σχήμα 1.8 : Πίνακας δεδομένων ELECTRE I.....	22
Σχήμα 1.9 : Πίνακας υπεροχής.....	23
Σχήμα 1.10 : Διάγραμμα υπεροχής.....	24
Σχήμα 2.1: Αρχιτεκτονική Συστήματος.....	28
Σχήμα 2.2: Παρουσίαση των διαδικασιών του συστήματος.....	30
Σχήμα 2.3: Περίπτωση χρήσης για τον επισκέπτη.....	31
Σχήμα 2.4: Περίπτωση εγγραφής.....	33
Σχήμα 2.5: Διάγραμμα σειράς για την εισαγωγή του μέλους στο σύστημα.....	34
Σχήμα 2.6: Περίπτωση χρήσης μέλους.....	35
Σχήμα 2.7: Περίπτωση διαγραφής συνεργάτη.....	35
Σχήμα 2.8: Διάγραμμα καταστάσεων δημιουργίας project.....	37
Σχήμα 2.9 : Διάγραμμα καταστάσεων ορισμός κριτηρίων.....	39
Σχήμα 2.10: Διάγραμμα καταστάσεων εγγραφής συμπλήρωση project.....	40
Σχήμα 3.1: Αξιολόγηση των κριτηρίων.....	56
Σχήμα 3.2: αξιολόγηση των εναλλακτικών.....	56
Σχήμα 3.3: αξιολόγηση των κριτηρίων με βάση τις εναλλακτικές.....	58
Σχήμα 3.4: αξιολόγηση των εναλλακτικών με βάση τα κριτήρια.....	58
Σχήμα 3.5: οι fuzzy τιμές των εναλλακτικών και τα fuzzy βάρη των κριτηρίων.....	59
Σχήμα 3.6: ομαλοποιημένος πίνακας αποφάσεων.....	60
Σχήμα 3.7: ομαλοποιημένος πίνακας αποφάσεων πολλαπλασιασμένος με τα βάρη των κριτηρίων.....	60
Σχήμα 3.8: Hamming Distance μεταξύ των εναλλακτικών για το κριτήριο C1.....	60
Σχήμα 3.9: Hamming Distance μεταξύ των εναλλακτικών για το κριτήριο C2.....	61
Σχήμα 3.10: Hamming Distance μεταξύ των εναλλακτικών για το κριτήριο C3.....	61
Σχήμα 3.11: πίνακας συμφωνίας.....	61
Σχήμα 3.12: πίνακας ασυμφωνίας.....	62
Σχήμα 3.13: Boolean πίνακας συμφωνίας B.....	62
Σχήμα 3.14: Boolean πίνακας ασυμφωνίας H.....	62

Σχήμα 3.15: Τελικός πίνακας.....	62
Σχήμα 3.16: Τελικός πίνακας των πέντε DM.....	62
Σχήμα 3.17: Τελικός ομαδικός πίνακας.....	64
Σχήμα 3.18: Πίνακας συμφωνίας και ασυμφωνίας του DM2.....	66
Σχήμα 3.19: Πίνακας συμφωνίας και ασυμφωνίας ομαδικής απόφασης.....	66
Σχήμα 3.20: Boolean πίνακας συμφωνίας B.....	67
Σχήμα 3.21: Boolean πίνακας ασυμφωνίας H.....	67
Σχήμα 3.22: Τελικός πίνακας.....	67
Σχήμα 3.23: Τελικός πίνακας πρώτης μεθοδολογίας DM1.....	68
Σχήμα 3.24: Τελικός πίνακας πρώτης μεθοδολογίας DM2.....	68
Σχήμα 3.25: Τελικός πίνακας δεύτερης μεθοδολογίας.....	69
Σχήμα 3.26: Τελικός πίνακας αρχικής μεθοδολογίας.....	69

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο παρόν εισαγωγικό σημείωμα θα γίνει μια συνοπτική περιγραφή της διάρθρωσης της διπλωματικής εργασίας και των στόχων που επιτυγχάνει.

Η διάρθρωση των κεφαλαίων αντικατοπτρίζει τους δυο στόχους της διπλωματικής εργασίας. Ο πρώτος στόχος είναι να υλοποιηθεί μια διαδικτυακή εφαρμογή η οποία θα στηρίζεται στην μέθοδο ELECTRE I και η οποία θα πραγματοποιεί λήψη μιας τελικής συλλογικής απόφασης στηριζόμενη στις διακριτές προτιμήσεις και απόψεις των αποφασιζόντων που λαμβάνουν μέρος στο πρόβλημα. Ταυτόχρονα πραγματοποιήθηκε έρευνα σχετικά με την λήξη συλλογικών αποφάσεων με ασαφείς μεθόδους σχέσεων υπεροχής. Ειδικότερα μελετώντας τους Adel Hatami-Marbini και Madjid Tavana οι οποίοι παρουσίασαν μια νέα προσέγγιση στον τομέα «σχέσεων υπεροχής με ασαφή δεδομένα» υλοποιήθηκε ερευνά σχετικά με τα αποτελέσματα που θα παρουσίαζε η συγκεκριμένη προσέγγιση εάν η ομαδοποίηση των ατομικών απόψεων πραγματοποιούνταν σε διαφορετικά σημεία και όχι στην αρχή όπως πραγματοποιείται στην πρόταση τους.

Τα κεφάλαια της εργασίας αναπτύσσονται ως εξής:

- Κεφάλαιο 1: Συλλογική λήψη αποφάσεων με μέθοδο Electre I.

Στο κεφάλαιο 1 γίνεται η εισαγωγή στην πολυκριτήρια ανάλυση, στον τρόπο λειτουργίας της, στους στόχους τους οποίους έχει και στην βασική λογική που ακολουθείται από όλες τις μεθόδους ανεξαρτήτως στην κατηγορία στην οποία ανήκουν. Στην συνέχεια γίνεται αναφορά στις τέσσερις μεγάλες κατηγορίες πολυκριτηριακής ανάλυσης παρουσιάζοντας τον βασικό τρόπο λειτουργίας αυτών και τις διαφορές που υπάρχουν μεταξύ αυτών των κατηγοριών. Παράλληλα γίνεται εκτεταμένη αναφορά και στην στους τέσσερις βασικές μεθόδους μέσω των οποίων τα δεδομένα συνδυάζονται μεταξύ τους ώστε να υπάρχει ένα τελικό συλλογικό αποτέλεσμα. Τέλος γίνεται αναφορά και στην μέθοδο σχέσεων υπεροχής ELECTRE I η οποία αποτελεί την βάση τόσο για την υλοποίηση της διαδικτυακής εφαρμογής για την λήψη συλλογικών αποφάσεων σε ασαφή δεδομένα όσο και την μελέτη που πραγματοποιήθηκε όσον αφορά την λήψη συλλογικών αποφάσεων σε ασαφή δεδομένα.

- Κεφάλαιο 2: Web-based σύστημα λήψης συλλογικών αποφάσεων με μέθοδο Electre I.

Στο κεφάλαιο 2 γίνεται η παρουσίαση της υλοποίησης ενός δικτυακού συστήματος υποστήριξης της μεθοδολογίας ομαδικής λήψης αποφάσεων ταξινόμησης που προτάθηκε. Αρχικά, περιγράφουμε την αρχιτεκτονική του συστήματος και τα βασικά χαρακτηριστικά που παρουσιάζει. Στην συνέχεια αναλύουμε διεξοδικά την ροή ενεργειών που υποστηρίζει. Η περιγραφή της ροής ενεργειών γίνεται πιο λεπτομερής μέσα από την περιγραφή του τρόπου ανάπτυξης του λογισμικού. Τέλος, παραθέτουμε ένα παράδειγμα χρήσης του συστήματος παρουσιάζοντας πλήρως την διαδικασία που υποστηρίζει.

- Κεφάλαιο 3: Επέκταση της Electre για λήψη απόφασης με ασαφή δεδομένα.

Στο κεφάλαιο 3 γίνεται αρχικά η παρουσίαση της μεθόδου που παρουσίασαν το 2010 οι Adel Hatami-Marbini και Madjid Tavana σχετικά με την λήψη συλλογικών αποφάσεων με ασαφείς μεθόδους σχέσεων υπεροχής. Μετά την ανάλυση της νέας μεθοδολογίας γίνεται η εξέταση της ίδιας μεθοδολογίας με κάποιες διαφορές. Η ενοποίηση των δεδομένων δεν πραγματοποιείται στην αρχή αλλά αντίθετα στην πρώτη περίπτωση η ενοποίηση των

δεδομένων γίνεται είτε κατά στην μέση της όλης διαδικασίας είτε στο τέλος αυτής. Στη ουσία γίνεται έρευνα κατά πόσο επηρεάζονται τα τελικά αποτελέσματα όταν η ενοποίηση των δεδομένων γίνεται σε διαφορετικά σημεία και με διαφορετικές μεθοδολογίες. Στο τέλος πραγματοποιείται σύγκριση των μεθοδολογιών αυτών και παρουσιάζοντας τα δυνατά τους σημεία αλλά και τις αδυναμίες τις οποίες παρουσιάζουν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:

Συλλογική λήψη αποφάσεων με μέθοδο Electre I

Εισαγωγή

Στο 1^ο κεφάλαιο θα μελετήσουμε την θεωρία της πολυκριτηριακής ανάλυση. Θα γίνει η παρουσίαση των βασικών βημάτων που ακολουθούνται για την υλοποίηση μιας πολυκριτηριακής ανάλυσης μιας και υπάρχει ένα συγκεκριμένο πλαίσιο το οποίο ακολουθείται από όλες. Στη συνέχεια ακολουθεί η ανάλυση των τεσσάρων πολυκριτηριακών μεθόδων καθώς και η παρουσίαση του τρόπου λειτουργίας αυτών. Ακολουθεί η αναλυτική παρουσίαση των τεσσάρων σημαντικότερων μεθόδων που χρησιμοποιούνται στην πολυκριτηριακή λήψη αποφάσεων. Θα γίνει εις βάθος ανάλυση της outranking method ELECTRE I διότι πάνω σε αυτή αποτελεί την κύρια μέθοδος για την λήψη συλλογικών αποφάσεων που θα χρησιμοποιηθεί στα επόμενα κεφάλαια. Τέλος ένα από τα ουσιαστικότερα προβλήματα της ομαδικής λήψης αποφάσεων είναι η σύνθεση των προτιμήσεων των αποφασιζόντων. Θα δούμε πώς η πολυκριτηρία ανάλυση επιλύει το πρόβλημα αυτό με την χρήση του γεωμετρικού ή αριθμητικού μέσου.

1.1 Εισαγωγή στην Πολυκριτηρία Ανάλυση

Η πολυκριτηριακή ανάλυση αποτελεί ένα εργαλείο λήψης αποφάσεων που αναπτύχθηκε για να περιορίσει την σύγχυση που προκαλείται σε περιπτώσεις που εμπλέκονται μεταξύ τους πολλά και διαφορετικής φύσεως κριτήρια που αφορούν συγκεκριμένες επιλογές. Ουσιαστικά με την μέθοδο αυτή επιτυγχάνεται η σύνθεση ενός μεγάλου όγκου πληροφοριών διατηρώντας παράλληλα τους στόχους και τις προτιμήσεις του εκάστοτε λήπτη της απόφασης. Τελικά, αυτό που επιδιώκουμε χρησιμοποιώντας πολυκριτηριακές μεθόδους λήψης αποφάσεων είναι ο πολιτικός συμβιβασμός ανάμεσα σε όλους τους εμπλεκόμενους φορείς, ρυθμίζοντας κατά περίπτωση και ανάλογα με τους στόχους που έχουμε θέσει, το βάρος που φέρει ο καθένας στην τελική λήψη της απόφασης.

Κατά την διάρκεια του 20^{ου} αιώνα αναπτύχθηκαν πολλές θεωρίες και μέθοδοι σχετικά με την πολυκριτηριακή ανάλυση. Ανάμεσα σε αυτές εμφανίζονται πολλές ομοιότητες αλλά και σημαντικές διαφορές. Ο διαφορετικός τρόπος με το οποίον συνδυάζονται τα στοιχεία είναι μια από τις σημαντικότερες διαφορές που παρατηρείται.

Η ύπαρξη αυτού του μεγάλου αριθμού τεχνικών πολυκριτηριακής ανάλυσης καθώς και η συνεχόμενη αύξηση αυτών των τεχνικών έχει λογική εξήγηση. Υπάρχουν πολλοί λόγοι οι οποίοι μπορούν να δώσουν εξήγηση σε αυτό το φαινόμενο.

- υπάρχουν πολλοί τύποι αποφάσεων που ταιριάζουν τις ευρείες περιστάσεις των τεχνικών πολυκριτηριακής ανάλυσης,

- ο διαθέσιμος χρόνος για την ανάληψη της ανάλυσης μπορεί να διαφέρει,
- ο αριθμός ή η φύση των διαθέσιμων στοιχείων που στηρίζουν την ανάλυση ποικίλει,
- οι αναλυτικές ικανότητες αυτών που υποστηρίζουν την απόφαση μπορεί να ποικίλουν και,
- η διοικητική κουλτούρα και οι απαιτήσεις των οργανισμών διαφέρουν.

Παρόλο που υπάρχει ένας τόσο μεγάλος αριθμός διαφορετικών μεθόδων μέσω των οποίων ο αποφασίζων μπορεί να εξάγει μια λύση για το πρόβλημα του όλες αυτές οι μέθοδοι στηρίζονται πάνω σε μια βασική ιδέα. Υπάρχουν κάποια βασικά βήματα τα οποία εφαρμόζονται στην πλειοψηφία των μεθόδων πολυκριτηρία ανάλυσης:

- Ο αποφασίζων ορίζει τα τις εναλλακτικές λύσεις για το πρόβλημα το οποίο εξετάζει.

- Ο αποφασίζων ορίζει και τα κριτήρια του προβλήματος το οποίο εξετάζει και θεωρεί σημαντικά και απαραίτητα για την εύρεση της βέλτιστης λύσης.
- Ταυτόχρονα ορίζονται από τον αποφασίζων και βάρη για καθένα κριτήριο μιας και δεν είναι όλα τα κριτήρια το ίδιο σημαντικά σε ένα πρόβλημα.
- Στην συνέχεια ο αποφασίζων ορίζει τις τιμές προτιμήσεων των εναλλακτικών για κάθε κριτήριο του έχει οριστεί προηγουμένως.
- Τέλος ο αποφασίζων ορίζει και κατώφλια αποδοχής για κάθε κριτήριο τα οποία χρησιμοποιούνται από τις μεθοδολογίες για να μπορούν να πραγματοποιούν ελέγχους κατά τη διάρκεια υπολογισμού της βέλτιστης λύσης.
- Αφού η μεθοδολογία που έχει επιλεγεί παρουσιάσει τη βέλτιστη λύση ο αποφασίζων πρέπει να εξετάσει τα αποτελέσματα και να πραγματοποιήσει την ανάλυση ευαισθησίας του προβλήματος.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως η πολυκριτηριακή ανάλυση διαδραματίζει πολύ σημαντικό ρόλο διότι έχει την δυνατότητα να προσφέρει στον αποφασίζοντα την ιδανική λύση ή ομάδα ιδανικών λύσεων για το πρόβλημα που εξετάζει. Τα αποτελέσματα που εξάγονται δεν είναι τυχαία αλλά αντιθέτως στηρίζονται πάντα στην ανάλυση των κριτηρίων και της μοντελοποίησης των προτιμήσεων του αποφασίζοντος. Μια από τις σημαντικότερες και πιο διάσημες μεθοδολογίες για την λήψη αποφάσεων είναι του **Roy[4]** η οποία αποτελείται από τέσσερα βασικά βήματα.

- **Βήμα 1^ο Μελέτη του αντικειμένου απόφασης:** καθορίζεται το πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπιστεί καθώς και το σύνολο των λύσεων του προβλήματος. Το σύνολο αυτό μπορεί να είναι είτε συνεχές είτε διακριτό. Ταυτόχρονα ορίζεται και η μέθοδος πολυκριτηριακής ανάλυσης που θα ακολουθηθεί για την εύρεση της βέλτιστης λύσης.
- **Βήμα 2^ο Συνεπής οικογένεια κριτηρίων:** ο αποφασίζων εντοπίζει όλους του παράγοντες που επηρεάζουν θετικά ή αρνητικά την λήψη της τελικής απόφασης του προβλήματος. Οι παράγοντες ονομάζονται και κριτήρια και έχουν κάποιες βασικές και αναγκαίες ιδιότητες. Πρέπει να είναι μονότονοι, επαρκείς και μη πλεονάσιμοι (δηλαδή η εξαίρεση ενός κριτηρίου g_i από το σύνολο το κριτηρίων έχει ως αποτέλεσμα την αναίρεση της μονοτονίας ή της επάρκειας για ένα ζεύγος κριτηρίων) . Με την λέξη κριτήριο εννοούμε «το μέτρο για την διαμόρφωση κρίσης και με αυτή την έννοια χρησιμοποιείται στην επιχειρησιακή έρευνα και την θεωρία αποφάσεων».
- **Βήμα 3^ο Μοντέλο ολικής προτίμησης:** ο αποφασίζων εκφράζει τις προτιμήσεις του για κάθε ένα από τα κριτήρια που επιλέχθηκαν σε συνάρτηση των επιλεγμένων εναλλακτικών. Οι διαφορετικές προτιμήσεις που έχει κάθε μέλος για ένα κριτήριο θα έχουν άμεσο αντίκτυπο στο τελικό αποτέλεσμα της ανάλυσης. Σε ένα συλλογικό μοντέλο αποφάσεων οι προτιμήσεις αυτές συμψηφίζονται ώστε να δοθεί ένα τελικό ομαδικό αποτέλεσμα.
- **Βήμα 4^ο Υποστήριξης της απόφασης:** Διερεύνηση και αξιολόγηση της απόφασης. Στο στάδιο αυτό κρίνεται η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για να λυθεί το πρόβλημα όσον αφορά στην επιλογή της προβληματικής αλλά και στον τρόπο σύνθεσης των προτιμήσεων.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός μεθόδων για τη πολυκριτηριακή ανάλυση. Καθεμιά μέθοδος έχει το δικό της ξεχωριστό στοιχείο το οποίο την διαφοροποιεί από τις άλλες μεθόδους. Ένας τρόπος με το οποίο μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε τις μεθόδους αυτές είναι με βάση τα δεδομένα τα οποία χρησιμοποιούν. Με βάση αυτά τα κριτήρια έχουμε ντετερμινιστικές, στοχαστικές και fuzzy μεθόδους πολυκριτηριακής ανάλυσης χωρίς ωστόσο να αποκλείουμε και τις περιπτώσεις συνδυασμού αυτών των μεθόδων.

Ένας διαφορετικός τρόπος διαφοροποίησης των μεθόδων που χρησιμοποιούμε στην πολυκριτηριακή ανάλυση είναι με βάση τον αριθμό των αποφασιζόντων που συμμετέχουν στην όλη διαδικασία. Εδώ μπορεί να έχουμε είτε μόνο έναν αποφασίζοντα οπότε έχουμε ατομικές πολυκριτηριακές μεθόδους είτε μπορεί να λαμβάνουν μέρος περισσότεροι από έναν (ομαδικά μοντέλα πολυκριτηριακής ανάλυσης).

Τέλος ένα διαφορετικό πλαίσιο διάκρισης των πολυκριτηριακών μεθόδων προτάθηκε από τον Pardalos το 1995 και ο οποίος διαχώρισε τις πολυκριτηριακές μεθόδους σε τέσσερις διαφορετικές κατηγορίες:

- Πολυκριτήριος μαθηματικός προγραμματισμός (multiobjective mathematical programming)
- Πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας (multiattribute utility theory)
- Θεωρία των σχέσεων υπεροχής (outranking relations approach)
- Αναλυτική συνθετική προσέγγιση (preference disaggregation approach)

Ένα από τα βασικά στοιχεία που διαφοροποιεί τις κατηγορίες είναι το είδος του συνόλου των επιλογών. Για παράδειγμα η Θεωρία των σχέσεων υπεροχής εφαρμόζεται σε προβλήματα που εξετάζουν ένα πεπερασμένο σύνολο διακριτών επιλογών σε αντίθεση με τον πολυκριτηριακό μαθηματικό προγραμματισμό που χρησιμοποιείται κυρίως σε προβλήματα με συνεχές σύνολο άπειρου αριθμού επιλογών. Τέλος η πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας εφαρμόζεται και σε συνεχές και σε διακριτό σύνολο επιλογών και στηρίζεται στη λογική της αναγωγής του πολυκριτηριακού σε μονοκριτηριακό πρόβλημα μέσω του προσδιορισμού μιας συνολικής συνάρτησης χρησιμότητας. Σε παρακάτω κεφάλαιο θα γίνει αναλυτικότερη προσέγγιση του θέματος.

1.2 Περιγραφή των Κατηγοριών Μεθόδων

1.2.1 Πολυκριτήριος μαθηματικός προγραμματισμός

Ο πολυκριτηριακός μαθηματικός προγραμματισμός είναι μια από τις τέσσερις βασικές ομάδες πολυκριτηριακών μεθόδων. Σκοπός και αυτής της ομάδα μεθόδων είναι η εύρεση της ιδανικής-καλύτερης λύσης σε ένα πρόβλημα το οποίο περιλαμβάνει πολλές εναλλακτικές λύσεις. Η εξεύρεση της βέλτιστης λύσης γίνεται μέσω πολλαπλών αντικειμενικών συναρτήσεων. Μέχρι σήμερα έχουν πραγματοποιηθεί πάρα πολλές μελέτες σχετικά με τον πολυκριτηριακό μαθηματικό προγραμματισμό. Στον πολυκριτηριακό προγραμματισμό ακολουθούνται δύο βασικοί τρόποι επίλυσης αυτών των προβλημάτων για την λήψη αποφάσεων: η διεξοδική και η ορθολογική μέθοδος. Στην διεξοδική μέθοδο η τελική απόφαση προκύπτει με βάση τα επίπεδα ικανοποίησης που έχει ορίσει ο ίδιος ο αποφασίζων για τις τιμές των κριτηρίων και την διεξοδική ανάλυση του βαθμού προσέγγισης των στόχων. Χωρίς να γίνεται αναφορά στη συνάρτηση χρησιμότητας ο αποφασίζων εκφράζει τις προσωπικές του εκτιμήσεις για τα κριτήρια, και ταυτόχρονα ορίζει τις προτιμήσεις του για τα επίπεδα ικανοποίησης και για τους στόχους του προβλήματος (Benayoun et. Al [1]). Αντιθέτως η ορθολογική μέθοδος οικοδομεί αρχικά το μοντέλο χρησιμότητας του αποφασίζοντα και στη συνέχεια μέσω αυτού λαμβάνεται η απόφαση μέγιστης χρησιμότητας (Zionts & Wallenius[2]).

Και οι δύο υποκατηγορίες του πολυκριτηριακού γραμμικού προγραμματισμού στηρίζονται πάνω στις βασικές έννοιες του πολυκριτηριακού μαθηματικού προγραμματισμού οι οποίες παρουσιάζονται παρακάτω.

Έστω ότι έχουμε το $\underline{x} = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ το διάνυσμα των μεταβλητών απόφασης και ταυτόχρονα έχουμε g_1, g_2, \dots, g_m m αντικειμενικές συναρτήσεις.

Ζητείται να ευρεθεί ένα διάνυσμα $\underline{x} \in R^m$ τέτοιο ώστε να ισχύει:

$$\max g_1(\underline{x}), \max g_2(\underline{x}), \dots, \max g_n(\underline{x})$$

και ταυτόχρονα να ισχύουν οι παρακάτω περιορισμοί:

$$f(\underline{x}) \geq \underline{a}$$

$$\underline{x} \geq 0$$

με $\underline{f}(\underline{x}) = (f_1(\underline{x}), f_2(\underline{x}), \dots, f_y(\underline{x}))$ το διάνυσμα του συνόλου των περιορισμών για το πολυκριτηριακό μαθηματικό προγραμματισμό.

Και με \underline{a} το διάνυσμα(σύνολο) των πραγματικών τιμών των δευτέρων μελών του συνόλου των περιορισμών $f(\underline{x}) \geq \underline{a}$.

Ταυτόχρονα το σύνολο όλων των τιμών που ικανοποιούν όλους τους περιορισμούς του προβλήματος ονομάζεται χώρος απόφασης ή σύνολο εφικτών λύσεων του προβλήματος μας και ορίζεται ως:

$$A = \{x \in R^m : \underline{f}(\underline{x}) \geq \underline{a}, \underline{x} \geq 0\}$$

Για κάθε λύση $\underline{x} \in A$ υπάρχει ένα διάνυσμα των τιμών των κριτηρίων.

$$g(\underline{x}) = (g_1(\underline{x}), g_2(\underline{x}), \dots, g_n(\underline{x}))$$

Ταυτόχρονα χώρο τιμών ορίζουμε σύνολο τιμών S για κάθε $\underline{x} \in A$:

$$S = \{g(\underline{x}) \in R^n, \underline{x} \in A\}$$

Οι λύσεις του προβλήματος χαρακτηρίζονται είτε βέλτιστες είτε αποτελεσματικές.

1. Βέλτιστη λύση χαρακτηρίζουμε την λύση για την οποία ισχύει ότι για κάθε $\underline{y} \in A$ $g_i(\underline{y}) \geq g_i(\underline{x})$ για κάθε $\underline{x} \in A$ και $i \in [n]$.

2. Αποτελεσματική λύση ονομάζουμε την λύση για την οποία ισχύει για κάθε $\underline{x}^e \in A$ για την οποία δεν υπάρχει $\underline{x} \in A$ τέτοιο ώστε να ισχύει $g_i(\underline{x}) \geq g_i(\underline{x}^e)$ για κάθε $\underline{x} \in A$ και $i \in [n]$ και $g_j(\underline{x}) > g_j(\underline{x}^e)$ για ένα τουλάχιστον $j \in [n]$.

Τέλος δύο θεωρήματα που αποτέλεσαν την βάση για την ανάπτυξη μεθόδων προσδιορισμού και διεύρυνσης του συνόλου των αποτελεσματικών λύσεων στα προβλήματα πολυκριτηριακού προγραμματισμού είναι τα παρακάτω δύο.

Θεώρημα 1^ο: εάν ένα πρόβλημα έχει μια και μόνο βέλτιστη λύση τότε αυτόματα αυτή είναι και η μοναδική λύση του προβλήματος.

Θεώρημα 2^ο: εάν το σύνολο A είναι κυρτό και ταυτόχρονα όλες οι συναρτήσεις $g_i(\underline{x})$ είναι κοίλες στο A τότε, μία λύση $\underline{x}^e \in A$ είναι αποτελεσματική λύση του προβλήματος αν και μόνο αν το \underline{x}^e είναι βέλτιστη λύση του προβλήματος.

1.2.2 Πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας (multiattribute utility theory)

Η θεωρία MAUT εφαρμόστηκε για πρώτη φορά από τους Keeney and Raiffa [5] αλλά στην ουσία αποτελεί μια γενίκευση της θεωρίας των von Neumann & Morgenstern [6] η οποία εμφανίστηκε το 1947. Ο στόχος αυτής της ομάδας μεθόδων είναι να δημιουργηθεί μια συνάρτηση χρησιμότητας μέσω της οποίας θα εκφράζονται οι προτιμήσεις του αποφασίζοντα, διαχωρίσιμη συμφώνα με τον παρακάτω τύπο:

$$u(g_1, g_2, \dots, g_n) = u[u_1 g_1, u_2 g_2, \dots, u_n g_n]$$

Όπου το $u()$ ορίζει τη συνολική χρησιμότητας που ορίζει την αξία που ο αποφασίζων αποδίδει ως συνάρτηση των μερικών χρησιμοτήτων u_1, u_2 κλπ. Που αποδίδει ο αποφασίζων για κάθε κριτήριο.

Η γενική θεωρία της πολυκριτήριας θεωρίας χρησιμότητας στηρίζεται στην άποψη ότι οι προτιμήσεις που έχει ένας αποφασίζοντας μπορούν να εκφραστούν από μια πραγματική συνάρτηση την συνάρτηση χρησιμότητας.

Η πολυκριτηριακή θεωρία χρησιμότητας υπό συνθήκες βεβαιότητας βασίζεται στην παραδοχή ότι το σύστημα προτιμήσεων του αποφασίζοντα υπακούει στην κλασική δομή προτιμήσεων:

➤ Κανόνας 1^{ος}

Έστω ότι υπάρχει μια συνάρτηση $g: A \rightarrow \mathbb{R}$ τέτοια ώστε για κάθε $a, b \in A$ ισχύει ότι :

1. Εάν και μόνο εάν το a προτιμάται από το b (aSb) τότε και μόνο τότε ισχύει ότι $g(a) > g(b)$.
2. Εάν και μόνο εάν το υπάρχει σχέση αδιαφορίας μεταξύ των a και b τότε και μόνο τότε $g(a) = g(b)$.

➤ Κανόνας 2^{ος}

1. Έστω ότι a, b, c ανήκουν στο A και ταυτόχρονα τα a, b μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους (a/b). Εάν το a προτιμάται του b και ταυτόχρονα το b προτιμάται του c τότε το a προτιμάται του c . Άρα η σχέση υπεροχής είναι μεταβατική.

$$aSb, bSc \Rightarrow aSc$$

2. Έστω ότι a, b, c ανήκουν στο A και ταυτόχρονα τα a, b μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους (a/b). Εάν υπάρχει σχέση αδιαφορίας μεταξύ των a και b και υπάρχει σχέση αδιαφορίας μεταξύ των b και c τότε υπάρχει σχέση αδιαφορίας μεταξύ των a και c . Άρα η σχέση αδιαφορίας είναι μεταβατική.

$$aSb, bSc \Rightarrow aSc$$

Ταυτόχρονα εάν και μόνο εάν ισχύει ο πρώτος κανόνας τότε και μόνο τότε ισχύει και ο δεύτερος και το αντίστροφο.

Στο πλαίσιο της κλασικής δομής προτιμήσεων, η χαρακτηριστική σχέση S είναι μια ολική (πλήρης) προδιάταξη (total preorder) αφού:

1. aSb ή/και $bSa \forall a, b \in A$ (S πλήρης)
2. aSb και $bSc \Rightarrow aSc \forall a, b, c \in A$ (S μεταβατική)

$$\text{Με } aSb \Leftrightarrow g(a) \geq g(b) \forall a, b \in A.$$

Η μεθοδολογία που παρουσιάστηκε έχει θεωρητικό υπόβαθρο και στηρίζεται κυρίως σε δύο ορισμούς και ένα θεώρημα.

Οι πλέον συνηθισμένη μορφή συνάρτησης χρησιμότητας είναι η προσθετική Προσθετική:

$$u(g_1, g_2, \dots, g_n) = p_1 u_1(g_1) + p_2 u_2(g_2) + \dots + p_n u_n(g_n)$$

Η ολική χρησιμότητα μιας λύσης ισούται με το άθροισμα των μερικών χρησιμοτήτων των τιμών όλων των κριτηρίων που λαμβάνουν μέρος στο πρόβλημα.

Ορισμός1: preference independence: λέμε ότι δύο κριτήρια είναι ανεξάρτητα, έστω x_1 και x_2 , με τα υπόλοιπα κριτήρια εάν οι σχέσεις προτίμησης ή αδιαφορίας των αυτών δεν εξαρτάται από τις τιμές των άλλων κριτηρίων.

Ορισμός2: utility independence: το κριτήριο x_1 λέγεται ανεξάρτητο ως προς την χρησιμότητα σε σχέση με τα άλλα κριτήρια όταν οι σχέσεις προτίμησης και αδιαφορίας στις κατανομές πιθανότητας αυτού του κριτηρίου είναι ανεξάρτητες από τα άλλα κριτήρια.

Θεώρημα: αν τα ζεύγη $\{x_1, x_2\}$, $\forall i=1,2,3,\dots,n$ είναι ανεξάρτητα των άλλων κριτηρίων και το κριτήριο x_1 είναι ανεξάρτητο ως προς τη χρησιμότητα των άλλων κριτηρίων, τότε η συνάρτηση χρησιμότητας $u(x_1, x_1, \dots, x_n)$ είναι είτε προσθετική είτε πολλαπλασιαστική και αντίστροφα.

Τέλος η απλούστερος τύπος αθροιστικής συνάρτησης χρησιμότητας που υπάρχει είναι ο γραμμικός ή σταθμισμένος μέσος.

$$U g x = \sum_{i=1}^n w_i * g_i(x)$$

Χαρακτηριστικό του γραμμικού τύπου χρησιμότητας είναι ότι ο ρυθμός αύξησης της χρησιμότητας των τιμών ενός κριτηρίου, όσο αυτές αυξάνονται, παραμένει σταθερός σε όλο το εύρος των τιμών του κριτηρίου.

1.2.3 Θεωρία των σχέσεων υπεροχής (outranking methods)

Οι outranking methods (σχέσεις υπεροχής) είναι μια από τις τέσσερις μεγάλες κατηγορίες πολυκριτηριακών μεθόδων. Σε αυτή την κατηγορία ανήκει η ομάδα των αλγορίθμων ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la REalité). Η μέθοδος αυτή εφαρμόστηκε πρώτη φορά από τον Bernard Roy το 1965 όπου και δούλεψε σε εταιρία συμβουλών. Σκοπός της ELECTRE ήταν να επιλέξει την καλύτερη ενέργεια(ες) από μια συγκεκριμένη σειρά ενεργειών για όφελος της εταιρίας. Με την πάροδο του χρόνου η ELECTRE εξελίχθηκε σε Εξελίχθηκε σε ELECTRE I και οι εξελίξεις συνεχίστηκαν με ELECTRE II, ELECTRE III, ELECTRE IV, ELECTRE IS και ELECTRE TRI. Μια άλλη οικογένεια μεθόδων που ανήκουν στην οικογένεια των outranking μεθόδων είναι η PROMETHEE.

Η βασική ιδέα της οικογένειας των outranking μεθόδων αυτών είναι η δημιουργία σχέσεων υπεροχής ανάμεσα στις εναλλακτικές τιμές του προβλήματος. Μέσω των σχέσεων υπεροχής που έχουν δημιουργηθεί εξάγονται τα τελικά συμπεράσματα - αποτελέσματα τα οποία χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των εναλλακτικών – ποια είναι η καλύτερη και ποια είναι λιγότερο καλή – μέσω των οποίων υπολογίζεται και η τελική λύση για το πρόβλημα που εξετάζεται [11].

Η σχέση υπεροχής είναι μια διμερής σχέση η οποία επιτρέπει την εκτίμηση της ισχύος της υπεροχής μιας εναλλακτικής δραστηριότητας a έναντι μιας άλλης εναλλακτικής δραστηριότητας b . Η ισχύς αυτή αυξάνει όσο περισσότερες είναι οι ενδείξεις υπέρ της υπεροχής της εναλλακτικής δραστηριότητας a (θετικές ενδείξεις) χωρίς παράλληλα να υπάρχουν ισχυρές ενδείξεις που να αναιρούν την ισχύ της υπεροχής (αρνητικές ενδείξεις)[12]. Ο γενικός αυτός ορισμός της σχέσης υπεροχής είναι η βάση για όλες τις μεθόδους της κατηγορίας. Η διαφοροποίηση μεταξύ των μεθόδων έγκειται στον τρόπο υλοποίησης της σχέσης υπεροχής

Έστω A ένα σύνολο δράσεων. Η σχέση υπεροχής συμβολίζεται με το «S» και δηλώνει για κάθε $(\alpha, \beta) \in A \times A$:

$$aSb \Leftrightarrow \text{“}a \text{ τουλάχιστον εξίσου καλή με } b\text{”}$$

Εδώ πρέπει να αναφερθεί ότι η σχέση υπεροχής περιλαμβάνει και την σχέση προτίμησης (ισχυρή P και ασθενής Q) καθώς και την σχέση αδιαφορίας I :

$$S=PUQI$$

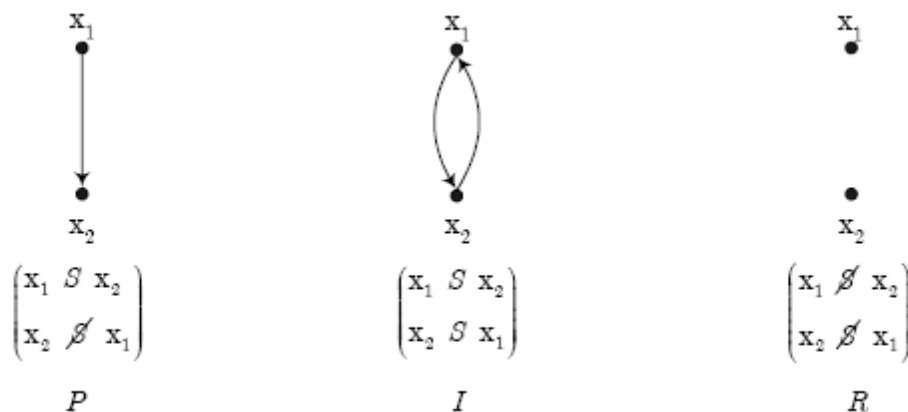
Τόσο η σχέση προτίμησης όσο και η σχέση αδιαφορίας μπορούν να προκύψουν από την υπεροχή:

$$aPb \Leftrightarrow aSb \text{ και } b\$a \text{ (όχι } bSa)$$

$$aIb \Leftrightarrow aSb \text{ και } bSa$$

$$aRb \Leftrightarrow a\$b \text{ και } b\$a$$

Η τελευταία σχέση δηλώνει ότι δεν υπάρχει υπεροχή ανάμεσα στο a και στο b διότι ο αποφασίζων δεν έχει την δυνατότητα να τα συγκρίνει. Τα παρακάτω σχήμα παρουσιάζουν τις παραπάνω σχέσεις με την βοήθεια διαγραμμάτων.



Σχήμα 1.1: Σχέσεις προτίμησης, αδιαφορίας και ασυγκριτικότητας σε ένα γράφημα υπεροχής.
Πηγή: [Δούμπος, 2001]

οι outranking μέθοδοι στηρίζονται σε ένα σύνολο από σχέσεις υπεροχής μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων. Παρόλα αυτά οι μέθοδοι αυτοί δεν περιορίζονται μόνο σε πεπερασμένα σύνολα λύσεων αλλά μπορούν να εφαρμοστούν και σε συνεχή σύνολα λύσεων. Στην πλειοψηφία των outranking μεθόδων οι συγκρίσεις μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων πραγματοποιείται μέσω πινάκων συμφωνίας (concordance tables) και πινάκων ασυμφωνίας (discordance tables) χωρίς όμως αυτό να αποτελεί τον μοναδικό τρόπο σύγκρισης. Έτσι για να μπορέσουμε να πούμε ότι μια τιμή a υπερέρχει μιας τιμής b (aSb) θα πρέπει να ισχύουν τα εξής:

- η πλειοψηφία των χαρακτηριστικών στηρίζει αυτόν τον ισχυρισμό.
- η μειονότητα των χαρακτηριστικών να μην είναι τόσο ισχυρή δηλαδή στα λιγοστά κριτήρια όπου η b υπερτερεί της a οι διαφορές να είναι πολύ μικρές.

Με την ανάπτυξη μιας σχέσης υπεροχής επιτυγχάνουμε μια πειστική αναπαράστασή του συστήματος αξιών του αποφασίζοντα, η οποία διαφέρει σημαντικά από το πλαίσιο μοντελοποίησης που ακολουθείται από την πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας σε δύο καίρια σημεία:

1. Η σχέση υπεροχής δεν είναι μεταβατική.
2. Η σχέση υπεροχής δεν είναι πλήρης

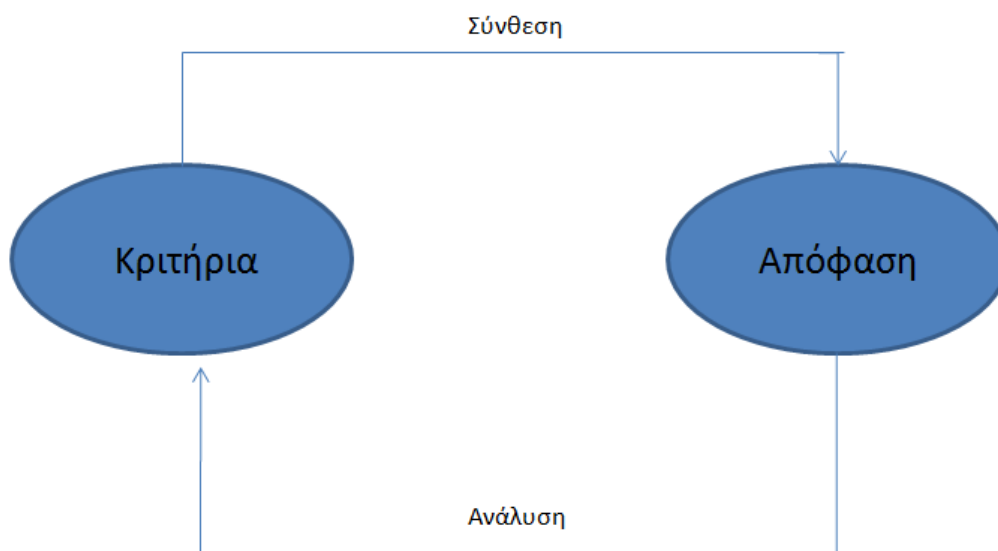
Η σχέση υπεροχής που αναπτύσσεται μεταξύ δύο εναλλακτικών λύσεων π.χ. (a,b) με aSb , μπορεί να παρασταθεί και γραφικά με την μορφή ενός τόξου όπου έχει για αρχή την κορυφή a και για τέλος της κορυφή b . Το διάγραμμα που παρουσιάζει όλες τις σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων ονομάζεται διάγραμμα υπεροχής.

Μια σημαντική διαφορά αυτής της ομάδας μεθόδων που διαφοροποιούνται από τις άλλες είναι ότι δεν γίνεται χρήση συναρτήσεων χρησιμότητας (value function). Βασίζεται καθαρά στην πλειοψηφική αναλογία δηλαδή καθαρά και μόνο στις επιλογές των αποφασιζόντων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς να μπαίνει στην διαδικασία μιας λεπτομερής ανάλυση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των κριτηρίων [13,14]. Η κατηγορία αυτών των μεθόδων επικεντρώνεται κυρίως στις διμερές σχέσεις που αναπτύσσονται ανάμεσα στις εναλλακτικές.

1.2.4 Αναλυτική συνθετική προσέγγιση

Η αναλυτική συνθετική προσέγγιση είναι η 4^η κατηγορία μεθόδων λήψης αποφάσεων και διαφέρει στη λογική αρκετά σε σχέση με τις μεθόδους που αναλύθηκαν παραπάνω. Στην αναλυτική συνθετική

προσέγγιση αρχικά πραγματοποιείται η ανάλυση των αποφάσεων που λαμβάνει ο αποφασίζοντας και στην συνέχεια, με βάση τις αποφάσεις που λήφθηκαν, γίνεται η σύνθεση των κριτηρίων που θα λάβουν χώρα στο πρόβλημα. Ειδικότερα ο αποφασίζων εκφράζει τις συνολικές του προτιμήσεις για τις εναλλακτικές ενέργειες του συνόλου αναφοράς ανάλογα με τη μορφή που πρέπει να έχει το αποτέλεσμα της αξιολόγησης ή καθορίζοντας μια ταξινόμηση σε προκαθορισμένες ομάδες. Ταυτόχρονα τόσο τα κριτήρια όσο και η απόφαση μπορούν να αναλυθούν περαιτέρω και να υποστούν αλλαγές μέσα στο χρόνο. Μια μεγάλη οικογένεια μεθόδων που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία είναι οι μέθοδοι UTA [15].



Σχήμα 1.2: αναλυτική-συνθετική προσέγγιση προβλημάτων απόφασης

Πρωταρχικός στόχος αυτής της κατηγορίας μεθόδων είναι η επίτευξη όσο τον δυνατόν μεγαλύτερης συμβατότητας μεταξύ του μοντέλου και του αποφασίζοντα. Στην ουσία στις μεθόδους της συγκεκριμένης προσέγγισης λαμβάνονται κυρίως υπόψη οι παράμετροι του μοντέλου οι οποίοι επιτρέπουν την βέλτιστη ανασύσταση μιας απόφασης.

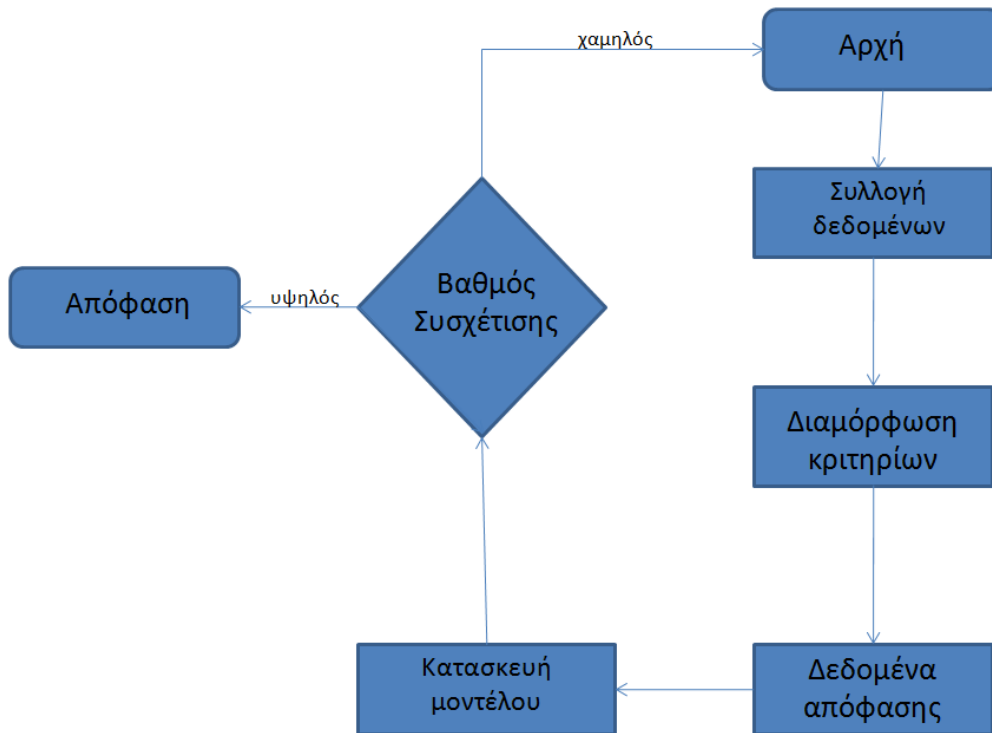
Η όλη λογική της προσέγγισης αυτής είναι ότι το τελικό αποτέλεσμα μπορεί να παρατηρηθεί και να αναλυθεί. Αυτό αναφέρεται κυρίως σε περιπτώσεις αποφάσεων οι οποίες έχουν επαναληπτικό χαρακτήρα όπου το τελικό αποτέλεσμα είναι το ίδιο σε όλες ή στις περισσότερες εκτελέσεις τις μεθόδου, όσον αφορά πάντα το ίδιο και όχι διαφορετικό πρόβλημα. Μια άλλη προσέγγιση είναι ο ίδιος ο αποφασίζων να εκφράσει το αποτέλεσμα μέσα από ένα σύνολο διαλογικών διαδικασιών που θα λάβουν χώρα. Στις περιπτώσεις όπου έχει προσδιοριστεί το μοντέλο απόφασης κύριος στόχος είναι η επέκταση αυτού στο υπό μελέτη σύνολο των δράσεων του προβλήματος.

Η όλη λογική της προσέγγισης αυτής είναι ότι τελικό αποτέλεσμα μπορεί να παρατηρηθεί. Αυτό αναφέρεται κυρίως σε περιπτώσεις αποφάσεων οι οποίες έχουν επαναληπτικό χαρακτήρα όπου το τελικό αποτέλεσμα είναι το ίδιο σε όλες ή στις περισσότερες εκτελέσεις τις μεθόδου όσον αφορά πάντα το ίδιο και όχι διαφορετικό πρόβλημα. Μια άλλη προσέγγιση είναι ο ίδιος ο αποφασίζων να εκφράσει το αποτέλεσμα μέσα από ένα σύνολο διαλογικών διαδικασιών που θα λάβουν χώρα. Στις περιπτώσεις όπου έχει προσδιοριστεί το μοντέλο απόφασης κύριος στόχος είναι η επέκταση αυτού στο υπό μελέτη σύνολο των δράσεων του προβλήματος.

Για την καλύτερη κατανόηση της ολικής προτίμησης του αποφασίζοντα προτείνεται η δημιουργία ενός συνόλου δράσεων αναφοράς το οποίο μπορεί να περιλαμβάνει:

1. Παλαιότερες αποφάσεις.

2. Ένα μικρότερο υποσύνολο με πραγματικές δράσεις του προβλήματος ιδιαίτερα όταν το σύνολο των δράσεων είναι πολύ μεγάλο.
3. Ένα σύνολο εικονικών δράσεων το οποίο μπορεί εύκολα ο αποφασίζων να το αξιολογήσει ώστε να εκφράσει τις ολικές του προτιμήσεις.



Σχήμα 1.3: Αρχή της αναλυτικής-συνθετικής προσέγγισης

Η μεθοδολογική προσέγγιση που χρησιμοποιείται στο πλαίσιο της αναλυτικής συνθετικής προσέγγισης είναι ανάλογη με αυτή της γνωστής στατιστικής παλινδρόμησης. Αρχικά χρησιμοποιήθηκε η συνάρτηση του απλού σταθμισμένου μέσου, στη συνέχεια όμως χρησιμοποιήθηκαν και τα μέσα που παρέχει η πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας. Οι δύο πιο διαδεδομένες μέθοδοι είναι η μέθοδος UTA και UTADIS.

Η UTA αποτελεί μια μέθοδο μονότονης παλινδρόμησης για την ανάλυση των προτιμήσεων του αποφασίζοντα και την αξιολόγηση γενικών δεξιοτήτων. Το μοντέλο αυτό έχει τη δυνατότητα αποτελεσματικού χειρισμού τόσο της ποσοτικής όσο και της ποιοτικής πληροφόρησης και εφαρμόζεται όταν το μοντέλο σύνθεσης των κριτηρίων είναι μια προσθετική συνάρτηση χρησιμότητας. Η μέθοδος UTA λειτουργεί ως εξής: Έστω, $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ το σύνολο των εναλλακτικών επιλογών-ενεργειών οι οποίες θα εκτιμώνται από μια συνεπή οικογένεια κριτηρίων $g = \{g_1, g_2, \dots, g_m\}$, όπου κάθε κριτήριο g παριστά μια μονότονη ποσοτική ή ποιοτική μεταβλητή σύμφωνα με αυτά η μεγαλύτερη εκτίμηση είναι αυτή που αντιστοιχεί στη πλέον προτιμώμενη επιλογή - ενέργεια. Έτσι, για κάθε εναλλακτική επιλογή-ενέργεια $a_i \in A$, το διάνυσμα $g(a_i) = [g_1 a_i, g_2 a_i, \dots, g_m a_i]$ παριστά την πολυκριτήρια εκτίμησή της.

Το μοντέλο σύνθεσης των κριτηρίων στην μέθοδο UTA είναι μια προσθετική συναρτηση αξίας η οποία έχει την παρακάτω μορφή:

$$U g(a) = \sum_{i=1}^n u_i(g_i(a))$$

Που υπόκειται στους εξής περιορισμούς κοινωνικοποίησης:

$$u_i(g_i^*) = 1$$

$$u_i(g_{i^*}) = 0 \quad \forall i = 1, 2, \dots, n$$

Η προσθετική συνάρτηση δηλώνει συγκεκριμένα ότι η μερική χρησιμότητα ενός στοιχείου $u_i(g_i(a))$ εξαρτάται μόνο στο επίπεδο αυτού του συγκεκριμένου κριτηρίου. Η συνάρτηση αυτή παρέχει στην ουσία ένα άθροισμα των κριτηρίων σε έναν κοινό δείκτη ώστε να μπορεί να συγκρίνει και να αποτιμήσει τις εναλλακτικές που λαμβάνονται υπόψη.

Η μέθοδος UTADIS αποτελεί ουσιαστικά μια προσαρμογή της μεθόδου UTA για την επίλυση προβλημάτων όπου το αποτέλεσμα πρέπει να έχει την μορφή ταξινόμησης σε προκαθορισμένες κατηγορίες C_i . Οι κατηγορίες αυτές είναι διατεταγμένες από την καλύτερη προς την χειρότερη (C_1, C_2, \dots, C_n), κατά συνέπεια προτιμώνται οι εναλλακτικές οι οποίες ταξινομούνται σε κατηγορία με το μικρότερο δείκτη i . Η UTADIS βασίζεται στην ανάπτυξη ενός υποδείγματος σύνθεσης των κριτηρίων αξιολόγησης, μέσα από το οποίο αποδίδεται μια τιμή που εκφράζει την αξία κάθε εναλλακτικής. Η τιμή αυτή καθορίζει την τελική ταξινόμηση της εναλλακτικής σε κάποια από τις κατηγορίες. Κατά συνέπεια, όσο μεγαλύτερη η τιμή που αποδίδεται σε κάποια εναλλακτική, τόσο μικρότερος ο δείκτης i της κατηγορίας στην οποία θα ταξινομηθεί.

1.3 Χρήση των πολυκριτηριακών μεθόδων στη λήψη ομαδικών αποφάσεων

Η λήψη αποφάσεων είναι η επιλογή μίας λύσης μεταξύ εναλλακτικών προτάσεων που έχουμε στην διάθεση μας. Στην ουσία η λήψη αποφάσεων είναι μια διαδικασία και όχι η απλή ενέργεια επιλογής μιας λύσης μεταξύ διαφόρων εναλλακτικών. Με το όρο ομαδική απόφαση ορίζεται η διαδικασία στην οποία συμμετέχουν περισσότερα από ένα άτομα και έχουν ως σκοπό την λήψη μιας τελικής ομαδικής απόφασης για ένα πρόβλημα. Οι αποφασίζοντες που λαμβάνουν χώρα σε όλη τη διαδικασία μπορεί είτε να έχουν κοινά συμφέροντα είτε μπορεί οι απόψεις τους να έρχονται σε σύγκρουση με τις απόψεις των άλλων μελών.

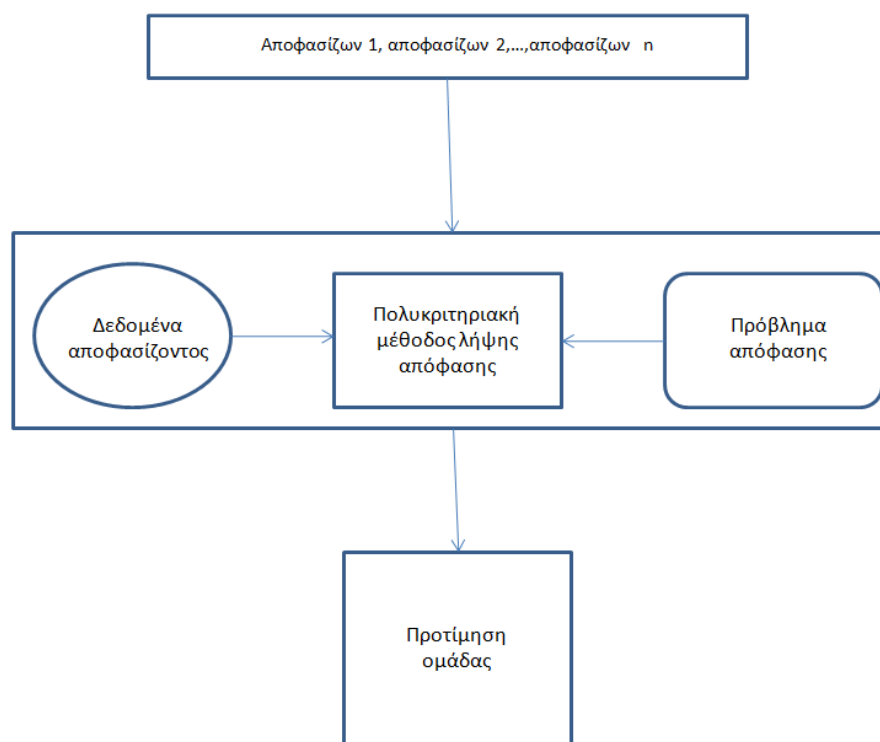
Οι βασικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση ομαδικών αποφάσεων είναι τέσσερις[16]. Παρόλο που εμφανίζουν σημαντικές διαφορές στον τρόπο που γίνεται η ομαδική λήψη της απόφασης ταυτόχρονα παρουσιάζουν και πολλές ομοιότητες μεταξύ τους. Η διαφορά είναι στο πότε θα συνδυαστούν τα δεδομένα όλων των αποφασιζόντων μαζί ώστε να βγει το τελικό ομαδικό αποτέλεσμα και το αν ο καθένας θα χρησιμοποιήσει μια πολυκριτηριακή μέθοδος της αρεσκείας του ή όλοι οι αποφασίζοντες θα χρησιμοποιήσουν μια συγκεκριμένη που έχει προεπιλεγθεί στην αρχή της όλης διαδικασίας.

Αρχικά η ομάδα έχει υποχρέωση να ορίσει τις εναλλακτικές λύσεις του προβλήματος καθώς και τα κριτήρια με τα οποία θα κριθεί κάθε εναλλακτική. Παράλληλα θα πρέπει να αξιολογήσουν τη κάθε εναλλακτική με βάση τα κριτήρια που ορίστηκαν προηγουμένως. Στη συνέχεια γίνεται και η επιλογή της πολυκριτηριακής μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί. Υπάρχουν ωστόσο και περιπτώσεις όπου η πολυκριτηριακή μέθοδος έχει επιλεγθεί πριν πραγματοποιηθεί η όλη διαδικασία και έτσι όλα τα μέλη είναι υποχρεωμένα να πορευθούν με βάση την επιλεγμένη διαδικασία.

1.3.1 Βασική ή πρώτη μέθοδος υποστήριξη συλλογικών αποφάσεων(GDSM)

Η πρώτη μέθοδος παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα. Σε αυτή τη μέθοδο χρειάζεται να υλοποιηθεί πολυκριτηριακή ανάλυση μια μόνο φορά. Τα δεδομένα τα οποία θα εισαχθούν στο πολυκριτηριακό μοντέλο αποφασίζονται από όλα τα μέλη της ομάδας. Η επιλογή των τιμών που χρησιμοποιούνται

γίνεται ύστερα από συνεχόμενες συζητήσεις μεταξύ των μελών της ομάδας. Ταυτόχρονα έχει γίνει από την αρχή και το πολυκριτηριακό μοντέλο που θα λάβει μέρος στην όλη διαδικασία.



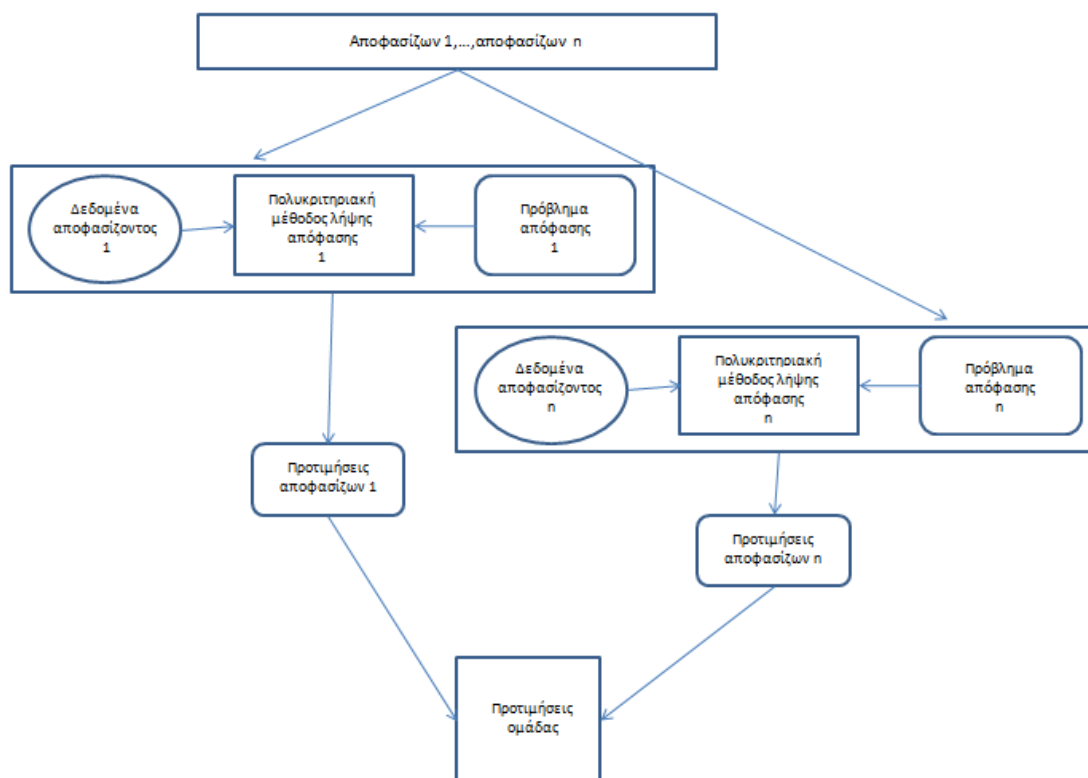
Σχήμα 1.4: Πρώτος τύπος Συστήματος υποστήριξη συλλογικών αποφάσεων βασισμένου στην Πολυκριτηρια Ανάλυση. Πηγή:[Springael και De Keyser, 2004]

Εδώ πρέπει να αναφερθεί ότι η επιλογή της πολυκριτηριακής μεθόδου που θα εφαρμοστεί θα πρέπει να γίνει στην αρχή διότι τα δεδομένα που εισάγονται σε κάθε περίπτωση διαφοροποιούνται ανάλογα με το ποια πολυκριτηριακή μέθοδο έχουμε επιλέξει.

Η πρώτη μέθοδο παρουσιάζει αρκετά μειονεκτήματα. Ειδικότερα όσον αφορά τον χρόνο υλοποίησης της όλης διαδικασίας υπολογίζεται ότι θα χρειαστεί αρκετό χρόνο διότι όλα τα μέλη της ομάδας πρέπει να έρθουν σε συμφωνία σχετικά με τις τιμές εισόδου που θα δοθούν στο πρόγραμμα. Σε περιπτώσεις που έχουμε αντικρουόμενες απόψεις γίνεται κατανοητό ότι θα υπάρξει σύγκρουση απόψεων μεταξύ των μελών. Επιπλέον αφού αποφασιστούν οι τελικές τιμές που θα χρησιμοποιηθούν το αποτέλεσμα δεν θα αντιπροσωπεύει 100% τις απόψεις όλων των μελών μιας και οι απόψεις που μειονεκτούν δεν είναι ορατές στο τελικό αποτέλεσμα. Άρα το αποτέλεσμα είναι κατά το ήμισυ πραγματικό.

1.3.2 Δεύτερη κατηγορία GDSM

Η δεύτερη πολυκριτηριακή μέθοδος έχει ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό μιας και κάθε μέλος της ομάδα ενεργεί ανεξάρτητα από το άλλο και άρα παρουσιάζει μεγαλύτερη ελευθερία. Στη ουσία κάθε μέλος της ομάδας έχει την δυνατότητα να επιλέξει οποιαδήποτε πολυκριτηριακή μέθοδο επιθυμεί και παράλληλα του δίνεται η δυνατότητα να χρησιμοποιήσει και τα δικά του δεδομένα-απόψεις. Ο μόνο περιορισμός που υπάρχει είναι ότι πρέπει όλα τα μέλη να χρησιμοποιήσουν τις ίδιες εναλλακτικές. Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει τον τρόπο λειτουργίας αυτής της μεθόδου.



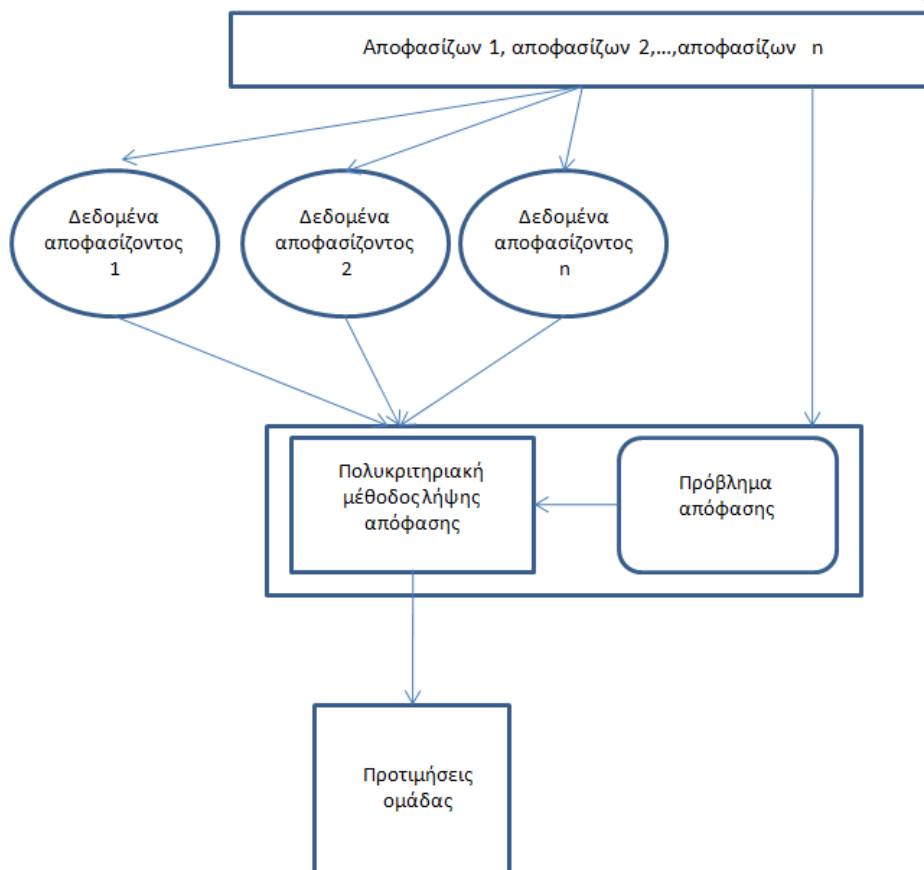
Σχήμα 1.5: δεύτερος τύπος Συστήματος υποστήριξη συλλογικών αποφάσεων βασισμένου στην Πολυκριτήρια Ανάλυση. Πηγή: [Springael και De Keyser, 2004]

Στην περίπτωση της δεύτερης πολυκριτηριακής μεθόδου, αυτή εφαρμόζεται n φορές δηλαδή όσοι είναι και οι αποφασίζοντες που λαμβάνουν μέρος στην επίλυση του προβλήματος. Παρουσιάζει μεγαλύτερη ελευθερία σε σχέση με την πρώτη μέθοδο αλλά μειονεκτεί όσον αφορά τη χρονική διάρκεια διότι εφαρμόζονται περισσότερες πολυκριτηριακές μέθοδοι σε σχέση με την πρώτη περίπτωση.

1.3.3 Τρίτη κατηγορία GDSM

Στη τρίτη μέθοδο όλοι οι χρήστες δίνουν στο σύστημα τα δεδομένα τα οποία εκφάζουν τις ατομικές του απόψεις σχετικά με το εκάστοτε πρόβλημα. Αποφεύγεται η διαδικασία συζήτησης μεταξύ των μελών και ο καθένας δίνει τις δικές του τιμές βασισμένες στις ατομικές του επιλογές. Έτσι αρχικά εκτελούνται n διαφορετικές ατομικές πολυκριτηριακές μέθοδοι, στην ουσία όσοι και οι αποφασίζοντες που συμμετέχουν στο πρόβλημα, οι οποίες δεν ολοκληρώνονται μέχρι το τελικό στάδιο αντιθέτως φτάνουν μέχρι ένα συγκεκριμένο σημείο. Στην συνέχεια έχουμε ομαδοποίηση των ενδιαμέσων δεδομένων που παράγονται από τις n πολυκριτηριακές μεθόδους. Ειδικότερα τα n ατομικά μοντέλα που εκτελέστηκαν στην αρχή σταματούν και από αυτά αντλούνται τα «ενδιάμεσα δεδομένα». Τα δεδομένα αυτά στη συνέχεια ομαδοποιούνται. Μετά την ομαδοποίηση των δεδομένων υπάρχει μια μονάχα πολυκριτηριακή μέθοδο σε εξέλιξη και η οποία προσφέρει σαν έξοδο το τελικό ομαδικό αποτέλεσμα του εξεταζόμενου προβλήματος. Σε αυτή την περίπτωση εκτελέστηκαν $n+1$ μοντέλα πολυκριτηριακών μεθόδων. Η διαφορά με την δεύτερη μέθοδο είναι ότι δεν έχουμε εξαγωγή ατομικών αποτελεσμάτων αλλά συλλογή και συνδυασμό των ενδιαμέσων τιμών αυτών ατομικών μοντέλων με απώτερο σκοπό την εξαγωγή μιας τελικής ομαδικής απόφασης. Σε αυτή τη μέθοδο τόσο τα κριτήρια όσο και οι εναλλακτικές που χρησιμοποιούνται είναι κοινές για

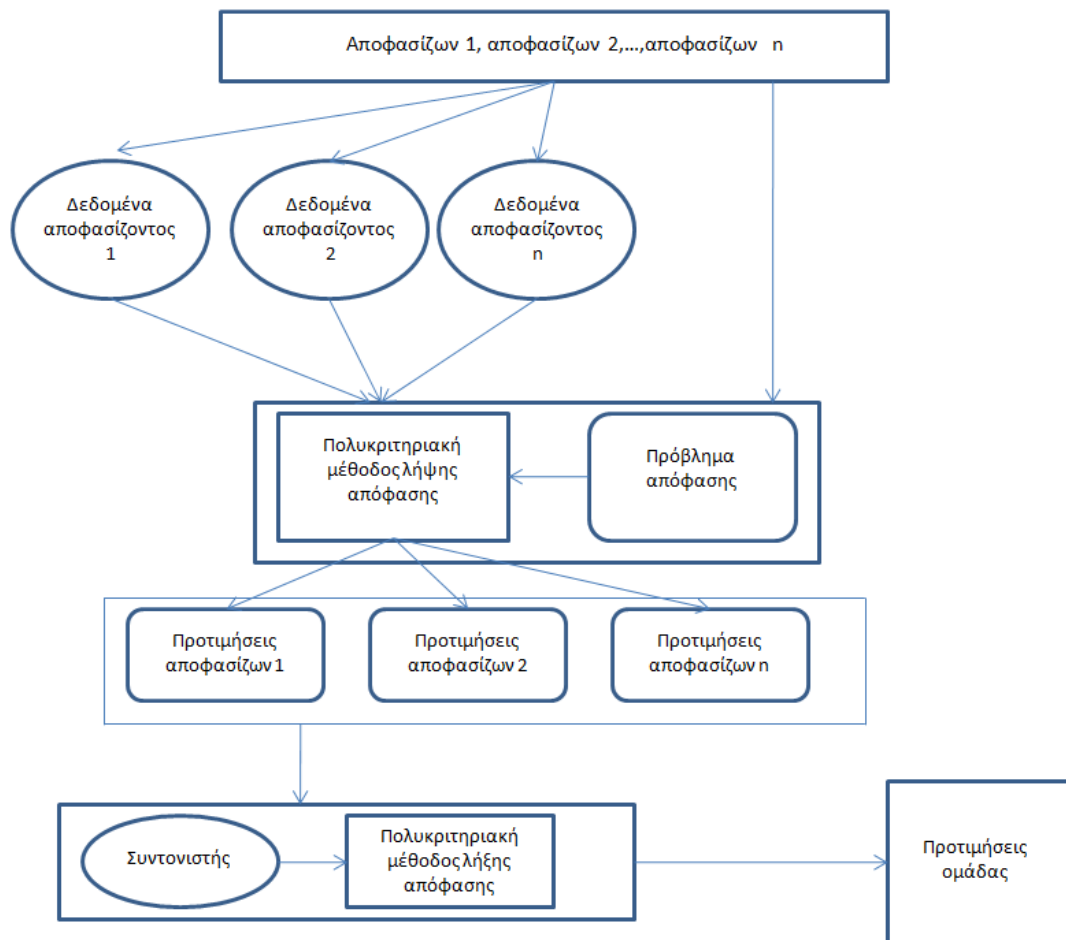
όλους. Θα πρέπει να επισημανθεί ότι και σε αυτή την περίπτωση οι αποφασίζοντες θα πρέπει εκ των προτέρων να έχουν καταλήξει στο ποια πολυκριτήρια μέθοδος θα χρησιμοποιηθεί. Είναι αδύνατο να γίνει η σύνθεση δεδομένων που έχουν παραχθεί από διαφορετικές μεθόδους. Το σχήμα παρουσιάζει την διαδικασία της τρίτης μεθόδου.



Σχήμα1.6 : Τρίτος τύπος Συστήματος υποστήριξη συλλογικών αποφάσεων βασισμένου στην Πολυκριτήρια Ανάλυση. Πηγή: [Springael και De Keyser, 2004]

1.3.4 Νέα γενιά πολυκριτηριακών GDSM μεθόδων(4η μέθοδος)

Η τέταρτη και τελευταία μέθοδος μοιάζει σε αρκετά σημεία με την Τρίτη. Και σε αυτή ο κάθε αποφασίζοντας δίνει τα δικά του δεδομένα για το συγκεκριμένο πρόβλημα. Οι συμμετέχοντες χρησιμοποιούν τα ίδια κριτήρια και εναλλακτικές καθώς και την ίδια πολυκριτηριακή μέθοδο την οποία έχουν επιλέξει προηγουμένως. Ωστόσο δεν έχουμε στην έξοδο του πολυκριτηριακού μοντέλου ομαδικό αποτέλεσμα αλλά n ατομικά αποτελέσματα. Ουσιαστικά κάθε αποφασίζων εκτελεί ανεξάρτητα από τους άλλους το πολυκριτηριακό μοντέλο και έτσι υπολογίζεται το ατομικό αποτέλεσμα του προβλήματος για κάθε χρήστη. Αυτά τα αποτελέσματα συγκεντρώνονται από τον συντονιστή της ομάδος ο οποίος τα χρησιμοποιεί σαν είσοδο σε ένα άλλο πολυκριτηριακό πρόβλημα το οποίο μας δίνει σαν έξοδο το ομαδικό αποτέλεσμα. Εδώ πρέπει να αναφερθεί ότι και ο συντονιστής χρησιμοποιεί και αυτός την ίδια πολυκριτηριακή μέθοδο που ορίστηκε στην αρχή. Η όλη διαδικασία παρουσιάζεται βήμα βήμα στο παρακάτω διάγραμμα.



Σχήμα 1.7: Τέταρτος τύπος Συστήματος υποστήριξη συλλογικών αποφάσεων βασισμένου στην Πολυκριτήρια Ανάλυση. Πηγή: [Springael και De Keyser, 2004]

Γίνεται κατανοητό ότι οι μέθοδοι λήψης συλλογικών αποφάσεων έχουν σημαντικές ομοιότητες αλλά και αρκετές διαφορές. Γίνεται όμως κατανοητό ότι υπάρχουν αρκετά στοιχεία τα οποία εμφανίζονται σε όλες τις μεθόδους και τα οποία επισημάνθηκαν προηγουμένως.

1.4 ELECTRE I

Η μέθοδος ELECTRE I [17] αποτελεί μια από τις πολλές μεθόδους που ανήκουν στην κατηγορία *outranking relations approach*. Στόχος της μεθόδου η εύρεση της καλύτερης δυνατής λύσης ενός πολυκριτηριακού προβλήματος μέσα από ένα μεγάλο αριθμό εναλλακτικών επιλογών. Για την εξαγωγή του αποτελέσματος εξετάζονται και λαμβάνονται σοβαρά υπόψη η σχέσεις υπεροχής που αναπτύσσονται μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων. Το αποτέλεσμα πολλές φορές μπορεί να μην είναι μια εναλλακτική αλλά μια ομάδα εναλλακτικών επιλογών που αποτελούν των πυρήνα των εναλλακτικών λύσεων.

Βασικός **στόχος** της μεθόδου είναι να βρεθεί ένα υποσύνολο εναλλακτικών K του A στο οποίο θα ανήκουν μη συγκρίσιμες εναλλακτικές τιμές οι οποίες ταυτόχρονα θα υπερέχουν εκείνων που θα βρίσκονται στο υποσύνολο $K-A$. Η βέλτιστη λύση του προβλήματος βρίσκεται πάντα στο υποσύνολο K .

Το αποτέλεσμα που θα δίνεται από την ELECTRE I δεν είναι πάντα μια εναλλακτική λύση. Μπορεί να είναι ένα υποσύνολο K όπου εκεί θα αναζητηθεί η τελική απόφαση.

Κάθε πρόβλημα στο οποίο γίνεται χρήση της μεθόδου ELECTRE I χρειάζεται ένα σύνολο εναλλακτικών λύσεων A. Πρόκειται για ένα διακριτό πεπερασμένο σύνολο εναλλακτικών λύσεων τις οποίες πρέπει να εξετάσει αναλυτικά η ομάδα έτσι ώστε να βρει την βέλτιστη λύση του προβλήματος. Τις εναλλακτικές αυτές τιμές τις έχει αποφασίσει ομόφωνα η ομάδα των αποφασιζόντων στη περίπτωση που αναφερόμαστε είναι ομαδικό μοντέλο ή ο αποφασίζοντας άμα είναι ατομικό μοντέλο.

Ταυτόχρονα υπάρχει και ένα σύνολο πεπερασμένων κριτηρίων στα οποία θα αξιολογηθούν οι εναλλακτικές λύσεις. Ανάλογα τώρα την μέθοδο που θα ακολουθηθεί και τον αριθμό των αποφασιζόντων που θα λάβουν μέρος στο πρόβλημα τα κριτήρια μπορεί είτε να είναι τα ίδια είτε να διαφέρουν από τον έναν αποφασίζοντα στον άλλον.

Κάθε κριτήριο έχει κάποια επιπρόσθετα χαρακτηριστικά. Σε κάθε κριτήριο αντιστοιχεί ένα βάρος p_i το οποίο αντικαθρεπτίζει το πόσο σημαντικό είναι το συγκεκριμένο κριτήριο στο συγκεκριμένο πρόβλημα. Το άθροισμα όλων των βαρών των κριτηρίων ενός προβλήματος δεν πρέπει να ξεπερνάει την τιμή 1. Άρα ισχύει:

$$\sum_{i=1}^n p_i = 1$$

Παράλληλα σε κάθε κριτήριο αντιστοιχεί και ένα κατώφλι veto u_i το οποίο λειτουργεί σαν την «φρένο» στην όλη διαδικασία. Παρακάτω θα γίνεται περαιτέρω ανάλυση.

Δίνεται και ένα κατώφλι συμφωνίας s από τον για όλη την διαδικασία και του οποίου τη χρήση θα αναλύσουμε παρακάτω. Τέλος ο αποφασίζων πρέπει να αξιολογήσει τις εναλλακτικές με βάση τα κριτήρια που έχουν οριστεί.

Στάδιο 1^ο: Ανάπτυξη της σχέσης υπεροχής.

Στην ELECTRE I έχουμε σχεσιακή μοντελοποίηση των προτιμήσεων. Ειδικότερα συγκρίνουμε τις εναλλακτικές λύσεις του προβλήματος σε ζευγάρια των δύο. Η σχέση υπεροχής έχει αναλυθεί σε προηγούμενη ενότητα αλλά θα υπενθυμίσουμε πάλι λίγο τη λογική της. $a S b$ σημαίνει ότι η εναλλακτική a είναι τουλάχιστον τόσο όσο καλή όσο η εναλλακτική b .

Ειδικότερα στην μέθοδο ELECTRE I για κάθε διατεταγμένο ζεύγος εναλλακτικών λύσεων πρέπει να ισχύει:

$a S b \Leftrightarrow$ το ζεύγος (a,b) θα πρέπει να ικανοποιεί τόσο τις συνθήκη συμφωνίας όσο και τη συνθήκη ασυμφωνίας.

Συνθήκη συμφωνίας

Αρχικά πρέπει να γίνει ο υπολογισμός του **δείκτη συμφωνίας** για όλα τα διατεταγμένα ζεύγη του προβλήματος. Ο δείκτης υπολογίζεται:

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

Με $c(a,b) \in [0,1]$ λόγω του περιορισμού σχετικά με τα βάρη που αναφέραμε προηγουμένως.

Π.χ.

Εναλλακτικές Κριτήρια	K1	K2	K3
A1	5	8	6
A2	6	2	3
A3	10	1	8
Βάρη	0.3	0.4	0.3

Σχήμα 1.8 :Πίνακας δεδομένων ELECTRE I

$$c(A1,A2) = 0.4+0.3, c(A1,A3) = 0.4+0.3, c(A2,A3) = 0.4 \text{ κτλπ.}$$

Για να ικανοποιεί όμως την συνθήκη συμφωνίας το διατεταγμένο αυτό ζεύγος (a,b) θα πρέπει ο δείκτης συμφωνίας να είναι μεγαλύτερο ή ίσος με το καθορισμένο κατώφλι συμφωνίας του προβλήματος.

$$c(a,b) \geq s$$

Συνθήκη ασυμφωνίας

Έστω ένα ζευγάρι εναλλακτικών (a,b) στο σύνολο των κριτηρίων όπου το b υπερτερεί έναντι του a η διαφορά των τύπων υπέρ της εναλλακτικής b θα πρέπει να υπερβαίνει το βέτο του κριτηρίου που έχει ορίσει ο αποφασίζων.

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

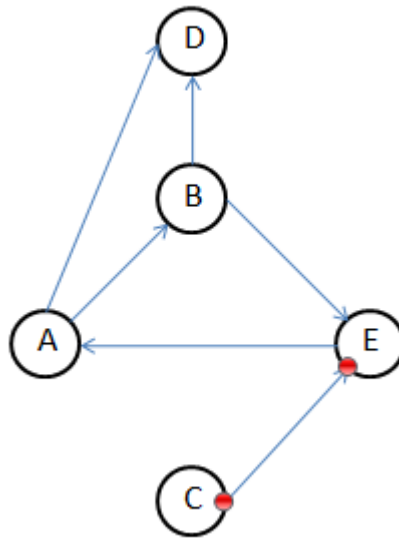
Άμα ισχύουν και οι δύο συνθήκες τότε λέμε ότι η εναλλακτική a υπερέχει της εναλλακτικής b.

Στάδιο 2^ο: Εκμετάλλευση της σχέσης υπεροχής

Οι σχέσεις υπεροχής όλων των ζευγαριών των εναλλακτικών μπορούν απεικονιστούν τόσο με τη βοήθεια ενός πίνακα είτε με τη βοήθεια ενός προσανατολισμένου γραφήματος με κορυφές τις εναλλακτικές λύσεις του προβλήματος και τόξα τις σχέσεις υπεροχής που έχουν αναπτυχθεί μεταξύ των εναλλακτικών.

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

Σχήμα 1.9 : Πίνακας υπεροχής



Σχήμα 1.10 : Διάγραμμα υπεροχής

Το γράφημα είναι αυτό που καθορίζει το σύνολο των καλύτερων εναλλακτικών. Όλες αυτές οι εναλλακτικές αποτελούν στην ουσία τον πυρήνα του γραφήματος. Πυρήνας ορίζεται ένα υποσύνολο εναλλακτικών το οποίο διαθέτει τις παρακάτω ιδιότητες:

- 1) $\forall b \in A - K, \exists a \in K: aSb$
- 2) $\forall a, a' \in K, a /S a' \text{ και } a' /Sa$

Σύμφωνα με τη πρώτη ιδιότητα για κάθε εναλλακτική λύση b εκτός του πυρήνα υπάρχει μια εναλλακτική λύση a που ανήκει στον πυρήνα και υπάρχει σχέση υπεροχής μεταξύ τους aSb . Ταυτόχρονα μέσω της δεύτερης ιδιότητας εξασφαλίζεται ότι δεν μπορεί να υπάρχει ούτε σχέση προτίμησης (P) αλλά ούτε και σχέση αδιαφορίας ανάμεσα στις εναλλακτικές που αποτελούν τον πυρήνα. Έτσι εξασφαλίζεται ότι οι εναλλακτικές που βρίσκονται στο πυρήνα είναι μεταξύ τους μη συγκρίσιμες.

Κύκλωμα ορίζουμε το σύνολο των εναλλακτικών που μέσω των σχέσεων υπεροχής που έχουν αναπτυχθεί δημιουργούν κλειστά κυκλώματα. Κάθε κύκλωμα έχει και έναν δείκτη συνάφεια ο οποίος είναι ίσος με τον λόγο των τόξων που συνδέουν τις κορυφές του κυκλώματος προς τον μέγιστο αριθμό των τόξων που απαιτούνται για να θεωρηθούν όλες ως αδιάφορες. Ο δείκτης αυτός στην ουσία μας δείχνει το πόσο ισχυρή είναι η αδιαφορία μεταξύ των δράσεων του κυκλώματος.

Στη περίπτωση που υπάρχει κύκλωμα μπορεί ο εντοπισμός του πυρήνα να είναι δύσκολο και μπορεί ακόμα και να μην υπάρχει. Όταν υπάρχει κύκλωμα αυτό αντικαθίσταται με μια εικονική κορυφή ώστε να γίνει η διευκόλυνση του γραφήματος.

Η μέθοδος ELECTRE I παρά το ρεαλισμό που παρουσιάζει καθώς και τις χιλιάδες εφαρμογές που έχουν πραγματοποιηθεί παρόλα αυτά δεν διαθέτει την απαραίτητη βάση χαρακτηρισμού της όπως συμβαίνει με άλλα μοντέλα αποφάσεων. Δηλαδή δεν έχει επιτευχθεί ο επαρκής προσδιορισμός των συνθηκών κάτω από τις οποίες το μοντέλο απόφασης ενός αποφασίζοντος είναι η ELECTRE I. Αυτό είναι ένα γενικότερο πρόβλημα που αντιμετωπίζει όλα η οικογένεια των μοντέλων αποφάσεων ELECTRE.

Ταυτόχρονα ένα επιπλέον πρόβλημα είναι ότι τα κατώφλια βέτο αδυνατών να προσδιοριστούν σε περιπτώσεις όπου η ομάδα κριτηρίων διάταξης που χρησιμοποιούνται είναι

ποιοτικές και όχι ποσοτικές. Για αυτές τις περιπτώσεις επιλέγονται να χρησιμοποιηθούν σύνολα διαφωνίας δηλαδή ζεύγη τιμών της κλίμακας π.χ. {(κακός, αριστος), (μέτριος, άριστος)}.

Το κατώφλι συμφωνίας πρέπει να ορίζεται μετά τον υπολογισμό της μήτρας συμφωνίας, ώστε να επιτρέπει τον θετικό έλεγχο συμφωνίας σε έναν ικανό αριθμό δράσεων και να παίρνει την υψηλότερη δυνατή τιμή κοντά στην μονάδα.

Ο αναλυτής έχοντας υπόψη ότι πρέπει να ανταποκριθεί στην προβληματική της επιλογής, μπορεί να επιχειρήσει να εφαρμόσει την ELECTRE I αρκετές φορές, για διαφορετικές τιμές των παραμέτρων με ή χωρίς την συμμετοχή του αποφασίζοντος, στο πλαίσιο μιας ανάλυσης ευαισθησίας, τόσο για τον εντοπισμό ενός πυρήνα με μία μόνο δράση, όσο και για τη διαπίστωση ευστάθειας του αποτελέσματος[19,20].

1.5 Το πρόβλημα της σύνθεσης

Ένα σημείο στο οποίο πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη σημασία και προσοχή είναι ο τρόπος με τον οποίον θα πραγματοποιηθεί η σύνθεση των δεδομένων όλων των αποφασιζόντων. Το πρόβλημα της σύνθεσης είναι πραγματιστικό μόνο σε ομαδικές λήψεις αποφάσεων μιας και τότε έχουμε συμμετοχή δύο ή περισσότερων αποφασιζόντων. Η ομάδα από την αρχή πρέπει να επιλέξει τον τρόπο με τον οποίο θα λειτουργήσει. Μπορεί να λειτουργήσει σαν μια οντότητα ή μπορεί ο καθένας τους να λειτουργήσει ξεχωριστά και στην συνέχεια να γίνει η σύνθεση το δεδομένων. Την απόφαση την καθορίζει κυρίως η μέθοδος που θα επιλεγεί για την επίλυση των ομαδικών αποφάσεων. Παράλληλα πρέπει να αποφασιστεί εάν η γνώμη όλων των μελών της ομάδας έχει την ίδια βαρύτητα ή κάποιες γνώμες πρέπει να λειωθούν περισσότερο σοβαρά σε σχέση κάποιες άλλες.

Για την σύνθεση των ατομικών δεδομένων σε ένα πολυκριτηριακό πρόβλημα μπορεί να γίνει με αρκετούς τρόπους και τεχνικές. Δύο από τους πιο δημοφιλείς τρόπους είναι η χρησιμοποίηση του γεωμετρικού και του αριθμητικού μέσου [21]. Οι δύο αυτές μεθοδολογίες προτείνεται κυρίως σε περιπτώσεις που δεν υπάρχει συνεργασία μεταξύ των μελών της ομάδας εξυπηρετώντας ο καθένας πάνω από όλα τα συμφέροντα του. Χαρακτηριστικό και των δύο τεχνικών είναι ότι ικανοποιούν την αρχή του Pareto(αν κάθε αποφασίζων κρίνει ότι το μέγεθος A είναι ν φορές προτιμότερο από το B τότε και η ομάδα θα κρίνει ομοίως).

Ισχύει ότι αν $a_i \geq b_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, n$ τότε $\sum_{i=1}^n a_i / n \geq \sum_{i=1}^n b_i / n$ και $\sqrt[n]{\prod_{i=1}^n a_i} \geq \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n b_i}$

Σταθμισμένος αριθμητικός μέσος

Έστω ότι ο υπολογισμός των ομαδικών αποτελεσμάτων θα γίνει μέσω του σταθμισμένου αριθμητικού μέσου. Για τον υπολογισμό της ομαδικής άποψης όλης της ομάδας για την εναλλακτική x με βάση το κριτήριο y θα ισούται:

$$P_{x,y} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i P_i(x,y)}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

Όπου $P_i(x,y)$ η ατομική άποψη του αποφασίζοντα για την εναλλακτική x με βάση το κριτήριο y. Σε περίπτωση που όλα τα μέλη της ομάδας έχουν την ίδια βαρύτητα στο λόγο του τότε γίνεται χρήση του αριθμητικού μέσου που έχει τύπο:

$$P_{x,y} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i(x,y)}{n}$$

Ταυτόχρονα αυτοί οι τύποι χρησιμοποιούνται σε όλα τα δεδομένα του ομαδικού προβλήματος, κατώφλι βέτο, βάρη κτλ για να μπορέσει το πρόβλημα να βγάλει ένα τελικό ομαδικό αποτέλεσμα.

Σταθμισμένος γεωμετρικός μέσος

Στην περίπτωση που γίνει επιλογή του σταθμισμένου γεωμετρικού μέσου με σκοπό την ομαδοποίηση των ατομικών δεδομένων για τον υπολογισμό του τελικού αποτελέσματος γίνεται χρήση του ακόλουθου τύπου:

$$P(x, y) = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n P_i(x, y)^{w_i}}$$

Με $P_i(x, y)$ η ατομική άποψη του αποφασίζοντα για την εναλλακτική x με βάση το κριτήριο y . Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση ο ίδιος τύπος χρησιμοποιείται για την τροποποίηση όλων των στοιχείων που έχει δώσει ο αποφασίζων στο ατομικό του μοντέλο. Στη περίπτωση που όλοι οι αποφασίζοντες έχουν την ίδια βαρύτητα στις απόψεις του τότε το $w_i = \frac{1}{n}$ όπου n ο συνολικός αριθμός των μελών που λαμβάνουν χώρα στη διαδικασία της ομαδικής απόφασης.

Όσον αφορά τώρα την περίπτωση όπου η ομάδα εμφανίζεται να είναι συνεργάσιμη ως προς το κοινό όφελος της εταιρίας προτιμάται η σύνθεση των ατομικών απόψεων (Aggregation of Individual Judgements, AIJ)[18]. Σε αυτή την περίπτωση οι αποφασίζοντες του προβλήματος δεν υπολογίζονται ως ξεχωριστές ατομικές οντότητες. Ταυτόχρονα οι ατομικές προτιμήσεις δεν έχουν καμία αξία εφόσον όλοι οι αποφασίζοντες συναινούν. Επιπλέον δεν έχουμε εφαρμογή της αρχής του Pareto στις ατομικές προτιμήσεις των αποφασιζόντων (Η αρχή του Pareto εκφράζει ότι δεδομένων δυο εναλλακτικών δραστηριοτήτων A και B , αν κάθε μέλος μιας ομάδας προτιμά την A σε σχέση με την B , τότε όλη η ομάδα προτιμά την εναλλακτική A σε σχέση με την B). Επιπλέον από την στιγμή που η ομάδα λειτουργεί σαν ένα άτομο αποδεικνύεται ότι η εφαρμογή του γεωμετρικού μέσου και όχι του αριθμητικού είναι η σωστή μαθηματική μέθοδος της σύνθεσης. Η επιλογή του γεωμετρικού μέσου ικανοποιεί την αρχή του Pareto και την συνθήκη της ομογένειας (αν κάθε αποφασίζων κρίνει ότι το μέγεθος A είναι n φορές προτιμότερο από το B τότε και η ομάδα θα κρίνει ομοίως).

Σύνοψη

Στο κεφάλαιο 1 μελετήσαμε την πολυκριτήρια ανάλυση σε συνδυασμό με την ομαδική λήψη αποφάσεων. Διαπιστώσαμε ότι η πολυκριτήρια ανάλυση οργανώνει την διαδικασία λήψης απόφασης και βοηθά τους αποφασίζοντες να εκφραστούν ισότιμα και να καταλήξουν σε μια απόφαση πιο αποδοτική και πιο ορθή. Παρόλο τον μεγάλο αριθμό διαφορετικών πολυκριτηριακών μεθόδων όλοι τους υπακούουν σε ένα κοινό μεθοδολογικό πλαίσιο της πολυκριτήριας λήψης αποφάσεων. Τα τέσσερα στάδια που ακολουθούνται είναι τα εξής: Μελέτη αντικείμενου απόφασης (προσδιορισμός της προβληματικής ανάμεσα σε επιλογή, ταξινόμηση, κατάταξη, περιγραφή), Καθορισμός συνεπών οικογένειας κριτηρίων, Μοντέλο ολικής προτίμησης, Υποστήριξη της απόφασης. Από τις τέσσερις διαφορετικές πολυκριτηριακές μεθόδους που αναλύθηκαν αποφασίστηκε να δοθεί μεγαλύτερη προσοχή στην πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας, την θεωρία των σχέσεων υπεροχής και την αναλυτική συνθετική προσέγγιση. Στη συνέχεια πραγματοποιείται μια λεπτομερής ανάλυση σχετικά με τον τρόπο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί η πολυκριτηριακή ανάλυση κατά την ομαδική λήψη αποφάσεων. Οι πολυκριτήριες μέθοδοι που εστιάζουν σε στόχους ή σε αξία έχουν χρησιμοποιηθεί εξίσου αποτελεσματικά από ομάδες λήψης αποφάσεων. Τα τέσσερα μοντέλα συστημάτων υποστήριξης της ομαδικής λήψης αποφάσεων υπαγορεύουν τον τρόπο χρήσης μιας πολυκριτήριας μεθόδου από μια ομάδα. Συνεχίζοντας γίνεται μια λεπτομερέστατη ανάλυση σχετικά με την λογική και γενικά τον τρόπο λειτουργίας της ELECTRE I η οποία θα αποτελέσει στην συνέχεια την βασική πολυκριτηριακή μέθοδο για την υλοποίηση της εφαρμογής. Τέλος παρουσιάζεται το πρόβλημα της σύνθεσης των δεδομένων ενός τέτοιου πολυκριτηριακού προβλήματος μιας και σε αυτό λαμβάνουν χώρα περισσότεροι από ένας αποφασίζοντες. Η ανάλυση του προβλήματος επικεντρώνεται στον σταθμισμένο γεωμετρικό και αριθμητικό μέσο οι οποίοι αποτελούν και τις δύο δημοφιλέστερες λύσεις του προβλήματος.

Web-based σύστημα λήψης συλλογικών αποφάσεων με μέθοδο Electre I

Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια αναλυτική παρουσίαση του web-base συστήματος που υλοποιήθηκε με σκοπό την εξαγωγή μιας συλλογικής απόφασης μέσα από έναν μεγάλο αριθμό ατομικών προτιμήσεων που εκφράζουν οι αποφασίζοντες. Για την υλοποίηση του συστήματος αυτού χρησιμοποιήθηκε μια outranking method η ELECTRE I. Η υλοποίηση δίνει την δυνατότητα ασύγχρονης πραγματοποίησης του μοντέλου για περιπτώσεις όπου δεν είναι δυνατή η ταυτόχρονη επικοινωνία των μελών της ομάδας και του συντονιστή. Επιλέξαμε, με αυτό το σκεπτικό, την ανάπτυξη σε περιβάλλον διαδικτύου (Web). Στο κεφάλαιο αυτό θα κάνουμε αρχικά μια επισκόπηση του υλοποιημένου συστήματος καθώς και θα παρουσιάσουμε την αρχιτεκτονική του συστήματος με λεπτομέρεια. Τέλος θα γίνει και η παρουσίαση ενός σεναρίου χρήσης για να γίνει κατανοητός και ο τρόπος λειτουργίας.

2.1 Επισκόπηση του Συστήματος

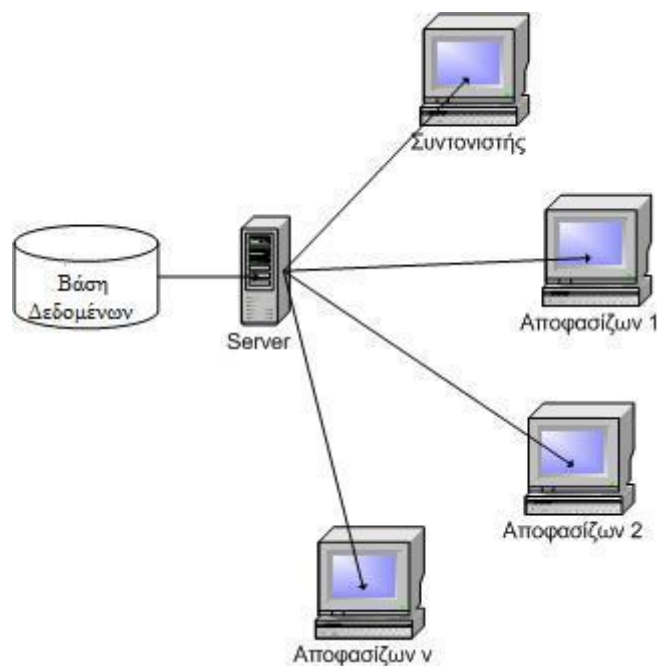
Για την υλοποίηση του συστήματος με σκοπό την συλλογική λήψη αποφάσεων ύστερα από σκέψη και εξέταση όλων των μεθόδων που αναφέρθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος ELECTRE I. Όσον αφορά τον συνδυασμό των δεδομένων προτιμήθηκε ο κάθε αποφασίζων να δίνει τις δικές του τιμές ανάλογα με τα προσωπικά συμφέροντα και τις προσωπικές του προτιμήσεις. Στην συνέχεια όλα τα δεδομένα ομαδοποιούνται μέσω του σταθμισμένου γεωμετρικού μέσου και στο τέλος ύστερα από την επεξεργασία των δεδομένων το σύστημα εξάγει ένα τελικό ομαδικό αποτέλεσμα. Η όλη διαδικασία της λήψης της τελικής απόφασης πραγματοποιείται σε δύο βασικά στάδια. Αρχικά ο συντονιστής ορίζει το πρόβλημα καθώς και τις εναλλακτικές αυτού ύστερα από συζητήσεις με όλα τα μέλη της ομάδας. Στη συνέχεια τα μέλη της ομάδας πρέπει να προτείνουν τα κριτήρια τα οποία θα αξιολογηθούν οι εναλλακτικές του προβλήματος. Αφού όλοι τα μέλη της ομάδας προτείνουν τα προσωπικά τους κριτήρια για το συγκεκριμένο πρόβλημα, στη συνέχεια ο συντονιστής είναι αυτός που αποφασίζει ποια είναι τα καταλληλότερα για το πρόβλημα αποφεύγοντας ταυτόχρονα την ύπαρξη κριτηρίων που λαμβάνουν χώρα στο πρόγραμμα παραπάνω από δύο φορές. Στη συνέχεια το κάθε μέλος δίνει τις δικές του εκτιμήσεις για το πρόβλημα. Τα δεδομένα αποθηκεύονται και συνδυάζονται μεταξύ τους. Ύστερα από αυτόν τον συνδυασμό το πρόγραμμα υπολογίζει και παρουσιάζει τόσο το ατομικό όσο και το ομαδικό αποτέλεσμα που προκύπτει από τα δεδομένα των χρηστών. Η επικοινωνία των χρηστών κατά όλη τη διαδικασία της λήψης απόφασης γίνεται τόσο μέσω του προγράμματος όσο και μέσω προγραμμάτων εξειδικευμένων στην παροχή σύγχρονης ή ασύγχρονης επικοινωνίας όπως τηλεδιάσκεψη ή χρήση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.

2.2 Η αρχιτεκτονική του συστήματος

Το προτεινόμενο πλαίσιο τεχνικά ακολουθεί το περίγραμμα ενός δικτυακού συστήματος (Web Based system) που βασίζεται στην αρχιτεκτονική πελάτη-εξυπηρετητή (client-server architecture). Τα κύρια συστατικά μέρη του συστήματος είναι:

- Web Browser
- Internet
- Εξυπηρετητής (Web Server)
- SQL ως βάση δεδομένων

Για την ανάπτυξη του συστήματος χρησιμοποιήθηκε PHP γλώσσα προγραμματισμού καθώς και JQUERY framework για την πιο ομαλή λειτουργία του συστήματος. Η php χρησιμοποιήθηκε κυρίως για την υλοποίηση του αλγορίθμου καθώς και για την επικοινωνία της web εφαρμογή μας με την βάση όπου βρίσκονται τα δεδομένα μας. Η jquery χρησιμοποιήθηκε κυρίως για τον σχεδιασμό της εφαρμογής καθώς και ως ενδιάμεσο μέσο επικοινωνίας ανάμεσα στο interface και το software του προγράμματος. Όλα τα αποτελέσματα εκτυπώνονται σε HTML σελίδες εμπλουτισμένες με CSS γραφικά. Ο server που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο apache αλλά για διευκόλυνση χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα WAMP το οποίο συνδέει το apache μαζί με την php και ταυτόχρονα είναι εμπλουτισμένο και με τη MySQL που χρησιμοποιείται για την αποθήκευση των δεδομένων των προβλημάτων.



Σχήμα 2.1: Αρχιτεκτονική Συστήματος

Η διαδικασία που ακολουθείται (τα βήματα) για την λήψη μιας συλλογικής απόφασης από μια ομάδα αποφασίζοντων ακολουθεί τα παρακάτω στάδια:

1) Αρχικά απαιτείται ο καθορισμός προβλήματος καθώς και ο ορισμός των παραμέτρων του προβλήματος. Ο συντονιστής καθορίζει το πρόβλημα και ορίζει τις εναλλακτικές. Στην φάση αυτή προσδιορίζεται το αντικείμενο της απόφασης καθώς και οι εναλλακτικές επιλογές που έχουν αποφασιστεί.

2) Αποστολή πρόσκληση συμμετοχής. Ο συντονιστής έχει την δυνατότητα να επιλέξει και να στείλει προσκλήσεις συμμετοχής στα μέλη που θέλει να συμμετέχουν στην ομάδα με σκοπό την εύρεση της ιδανικής για το πρόβλημα που εξετάζουν.

3) Απάντηση των μελών. Το κάθε μέλος έχει δικαίωμα να δεχθεί ή να αρνηθεί την πρόταση για συμμετοχή στη λήψη απόφασης. Άμα αρνηθεί διαγράφεται αυτόματα από την όλη διαδικασία. Άμα δεχθεί πρέπει στη συνέχεια να στείλει και τα κριτήρια τα οποία θεωρεί καταλληλότερα και τα οποία επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την διαδικασία λήψης της ομαδικής απόφασης.

4) Λήψη απαντήσεων. Ο συντονιστής λαμβάνει τις απαντήσεις καθώς και τα κριτήρια που προτείνει το κάθε μέλος. Επιλέγει πια είναι τα καταλληλότερα αλλά δεν έχει δικαίωμα να προσθέσει αυτός δικά του.

5) Εισαγωγή ατομικών προτιμήσεων. Οι αποφασίζοντες μπαίνουν στο σύστημα και εισάγουν τα προσωπικά τους δεδομένα – προτιμήσεις και αξιολογήσεις.

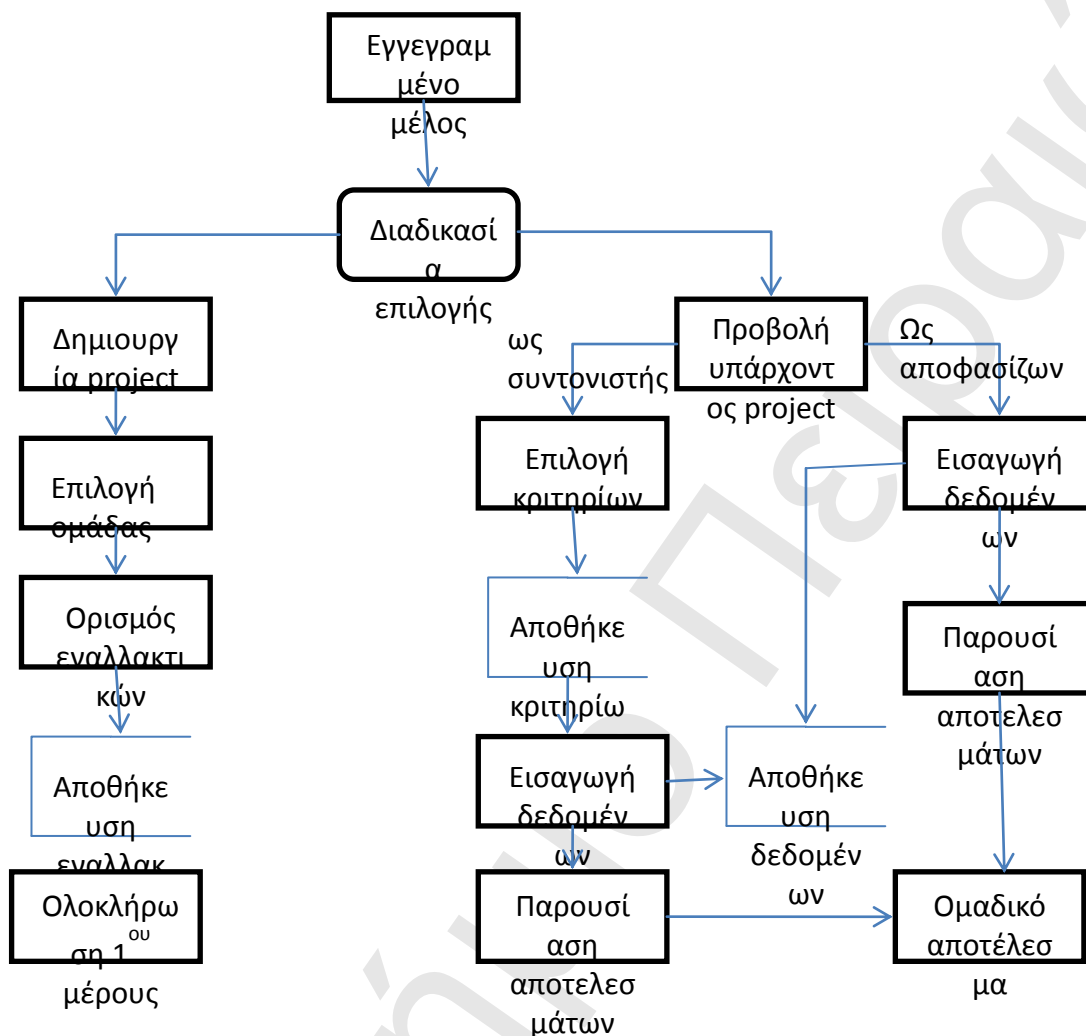
6) Πολυκριτήρια σύνθεση. Ο συντονιστής ελέγχει αν όλοι οι αποφασίζοντες έχουν ολοκληρώσει την εισαγωγή δεδομένων και ενεργοποιεί την διαδικασία σύνθεσης.

7) τέλος της διαδικασίας. Όλα τα μέλη της ομάδας μπορούν να δουν τη απόφασισαν ατομικά αλλά και ποια ήταν η τελική ομαδική απόφαση.

Η ροή των δεδομένων του προβλήματος ακολουθούν την εξής απλή διαδικασία. Αρχικά η ομάδα που είναι υπεύθυνη για την επίλυση του προβλήματος συσκέπτεται. Γίνονται συζητήσεις και στην συνέχεια αποφασίζονται οι εναλλακτικές που θα λάβουν χώρα στη όλη διαδικασία.

Στη συνέχεια το άτομο το οποίο έχει επιλεχθεί ως συντονιστής μπορεί να μπει στο σύστημα και να δημιουργήσει ένα νέο project. Μαζί με τη δημιουργία αυτού ορίζει και τις εναλλακτικές οι οποίες προαποφασίστηκαν. Στη συνέχεια επιλέγει τα μέλη τα οποία θα συμμετάσχουν στην όλη διαδικασία και τους αποστέλλει προσκλήσεις συμμετοχής στο project. Η όλη διαδικασία παγώνει μέχρι να απαντήσουν τα προσκεκλημένα μέλη είτε θετικά είτε αρνητικά. Αφού τα μέλη απαντήσουν θετικά στη συνέχεια αποστέλλουν και μια ομάδα κριτηρίων τα οποία πιστεύουν ότι είναι τα καταλληλότερα για το συγκεκριμένο πρόβλημα. Ο συντονιστής λαμβάνει όλα τα υποψήφια κριτήρια από τους αποφασίζοντες και τα φιλτράρει απομακρύνοντας τις διπλόεγγραφές, κρατώντας μόνο τα σημαντικότερα από αυτά κριτήρια. Ταυτόχρονα δεν έχει δικαίωμα να προσθέσει κάποιο επιπλέον παρά μόνο να επιλέξει ποια είναι τα καταλληλότερα από τα δοθέντα. Αφού ο συντονιστής αποφασίσει για το ποια κριτήρια θα χρησιμοποιηθούν στο πρόγραμμα στη συνέχεια όλα τα μέλη δίνουν τα δικά του δεδομένα με βάση πάντα τις ατομικές του προτιμήσεις και χωρίς να επιρεάζονται από τα λοιπά μέλη της ομάδας

Στη ουσία τόσο στον συντονιστή όσο και στα άλλα μέλη της ομάδας εμφανίζεται μια φόρμα στην οποία πρέπει να δώσουν τα δεδομένα του προβλήματος. Η φόρμα εισαγωγής ζητά από τον συντονιστή την εισαγωγή των συντελεστών βαρύτητας των κριτηρίων, τα όρια των κατηγοριών για κάθε κριτήριο και τα αντίστοιχα περιθώρια προτίμησης, αδιαφορίας, βέτο και τέλος την αξιολόγηση των εναλλακτικών δραστηριοτήτων για κάθε κριτήριο. Οι προτιμήσεις του κάθε αποφασίζον παραμένουν κρυφές σε όλη τη διάρκεια της εκτέλεση του project. Ο συντονιστής δεν έχει την δυνατότητα να δει τα δεδομένα εισαγωγής των υπολοίπων χρηστών. Στην συνέχεια, υποβάλλοντας την συμπληρωμένη φόρμα βλέπει τα αποτελέσματα της ταξινόμησης με την μέθοδο ELECTRE I για τα προσωπικά του δεδομένα. Ο συντονιστής μπορεί να αλλάξει τα δεδομένα αξιολόγησης για το πρόβλημα αλλάζοντας τα αρχικά δεδομένα που έδωσε ενώ ταυτόχρονα μπορεί να τα αποθηκεύσει. Σε περίπτωση που γίνει αποθήκευση των δεδομένων δεν δίνεται η δυνατότητα να τα αλλάξει. Ταυτόχρονα του δίνεται και η δυνατότητα να δει το τελικό ομαδικό αποτέλεσμα του προβλήματος με την προϋπόθεση ότι όλοι τα μέλη της ομάδας έχουν συμπληρώσει και αποθηκεύσει τα δεδομένα του προβλήματος. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η όλη διαδικασία που ακολουθείται από το πρόγραμμα για την εξαγωγή μια συλλογικής απόφασης



Σχήμα 2.2: Παρουσίαση των διαδικασιών του συστήματος

2.3 Τα Βασικά Χαρακτηριστικά του Συστήματος

Ύπαρξη Συντονιστή

Η παρουσία ενός συντονιστή τόσο σε σύγχρονα όσο και ασύγχρονα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων είναι ιδιαίτερα σημαντική τόσο για την εξέλιξη της όλης διαδικασίας όσο και για την καλή απόδοση του συστήματος. Σε σύγχρονα συστήματα όπου όλοι οι αποφασίζοντες επικοινωνούν ταυτόχρονα, ο συντονιστής ελέγχει τις διαδικασίες και οργανώνει τα στάδια που ακολουθούνται. Στο συγκεκριμένο σύστημα ο συντονιστής είναι αυτός που δημιουργεί το project και επιλέγει τα άτομα που θα λάβουν μέρος στην όλη διαδικασία. Ταυτόχρονα έχει και τον τελικό λόγο στην επιλογή των κριτηρίων που θα χρησιμοποιηθούν μιας και αυτός είναι ο τελικός κριτής για πια κριτήρια θα ληφθούν σοβαρά υπόψη στην όλη διαδικασία.

Μυστικά δεδομένα

Κάθε αποφασίζων μπορεί μέσω του συστήματος να εκφράσει την προσωπική του άποψη για το εκάστοτε πρόβλημα. Η άποψη του λαμβάνεται ισάξια με τις απόψεις όλων των μελών μιας και δεν

υπάρχουν βάρη στους αποφασίζοντες. Έτσι κάθε αποφασίζων μπορεί να εκφράσει ελεύθερα την γνώμη του για το πρόβλημα γνωρίζοντας ο κανένας δεν μπορεί να δει τα δεδομένα που θα εισάγει. Έτσι μπορεί ανεπηρέαστα να εκφράσει προσωπικές απόψεις και πιστεύω. Ταυτόχρονα έχει την δυνατότητα να δει το τελικό αποτέλεσμα καθώς και το αποτέλεσμα των υπόλοιπων μελών τις ομάδας και να κατανοήσει κατά το πόσο η άποψη συμβαδίζει η όχι με τις απόψεις των υπολοίπων μελών της ομάδας.

Πλεονεκτήματα εφαρμογής

Η πρόσβαση του κάθε αποφασίζων στο συγκεκριμένο σύστημα είναι πάρα πολύ απλή διότι το μόνο που χρειάζεται είναι η ύπαρξη τρόπου πρόσβασης στο διαδικτυακό κόσμο. Ταυτόχρονα γίνεται εξοικονόμηση χρόνου μιας και ο καθένας μπορεί να συμμετέχει στην όλη διαδικασία από οπουδήποτε είναι και ότι ώρα μπορεί χωρίς να χρειάζεται να λαμβάνει μέρος σε συσκέψεις. Ταυτόχρονα δεν χρειάζεται ο αποφασίζων να συμπληρώσει την φόρμα διότι το πρόγραμμα ανήκει στην κατηγορία των ασύγχρονων συστημάτων και άρα μπορεί να εισάγει τις τιμές του οποιαδήποτε ώρα αυτό επιθυμεί. Τέλος η όλη διαδικασία συμπλήρωσης είναι σχετικά απλή αφού ο κάθε αποφασίζων απλώς εισάγει τιμές που απεικονίζουν το σύστημα αξιών του.

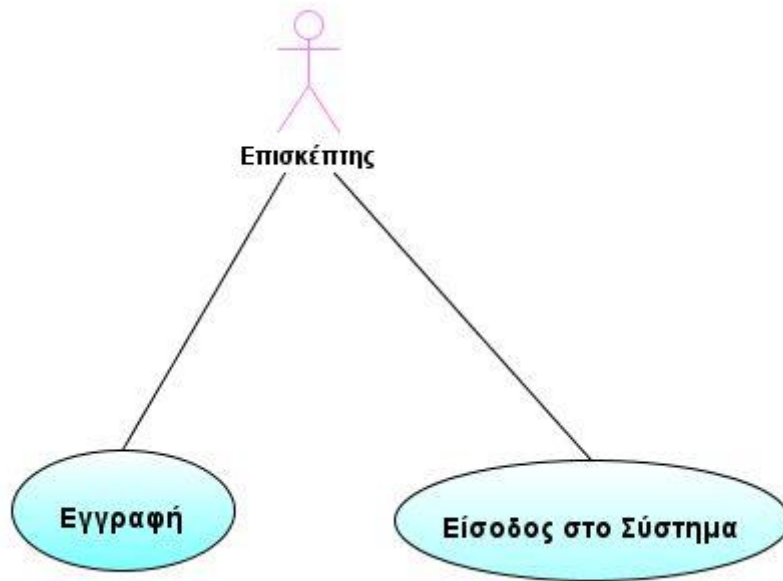
Αδυναμίες εφαρμογής

Για την υλοποίηση της όλης διαδικασίας πρέπει να έχουν λάβει μέρος όλα τα μέλη τα οποία έχουν δηλώσει συμμετοχή στο συγκεκριμένο πρόβλημα. Σε περίπτωση που κάποιο άτομο έχει παραλείψει να συμπληρώσει την όλη διαδικασία ενώ έχει δηλώσει συμμετοχή στην απόφαση τότε τη διαδικασία κολλάει και το συντονιστής πρέπει να έρθει σε επαφή με το αποφασίζων για να προχωρήσει η όλη διαδικασία. Ταυτόχρονα κάθε αποφασίζων δεν έχει το δικαίωμα να αλλάξει τα δεδομένα που θα δώσει άμα σώσει την όλη διαδικασία. Οπότε ο αποφασίζων πρέπει να είναι σίγουρος ότι είναι οι αντιπροσωπευτικές τιμές αυτές που έσωσε και όχι λάθος τιμές.

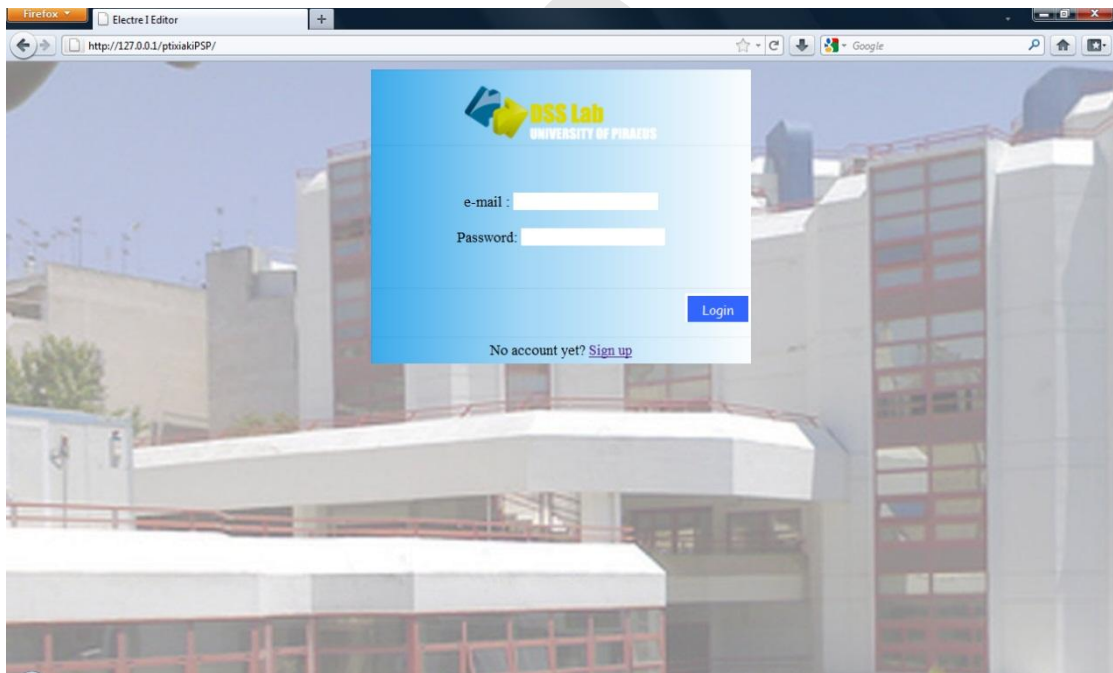
2.4 Περιγραφή μέσα από παράδειγμα

Στην παρούσα ενότητα θα παρουσιάσουμε το σύστημα από την άποψη του λογισμικού που αναπτύξαμε και θα βλέπουμε ταυτόχρονα το πώς λειτουργεί το σύστημα μέσα από παραδείγματα.

Αρχικά στον χρήστη εμφανίζεται η index.html σελίδα. Πρόκειται για την αρχική σελίδα του συστήματος. Μέσω αυτής ο χρήστης μπορεί είτε να κάνει εγγραφή στο σύστημα είτε σε περίπτωση που είναι να μπει σε αυτό. Για την χρήση του συστήματος είναι απαραίτητη η εγγραφή για να γνωρίζει κάθε φορά ποιος είναι αυτός που χρησιμοποιεί τα δεδομένα και πώς να τα αποθηκεύσει.



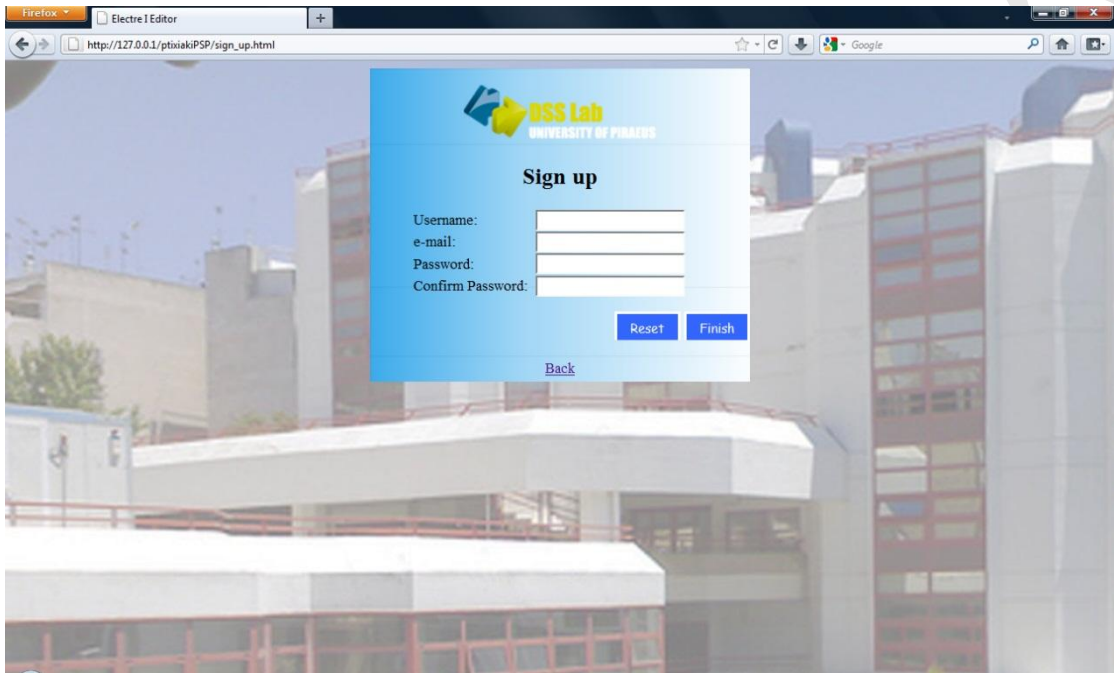
Σχήμα 2.3 :Περίπτωση χρήσης για τον επισκέπτη



Εικόνα 2.1: Εισαγωγή στο σύστημα

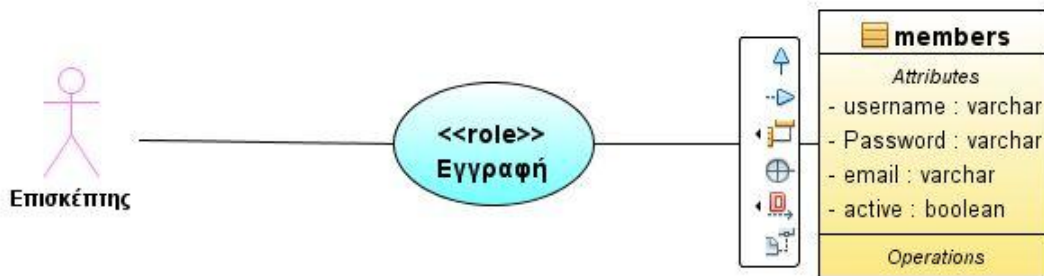
- *Εγγραφή στην εφαρμογή*

Σε περίπτωση που ο χρήστης θέλει να εγγραφεί θα πρέπει να συμπληρώσει την παρακάτω φόρμα. Ειδικότερα θα εμφανιστεί η σελίδα sign_up.html όπου ο χρήστης θα δώσει κάποια απαραίτητα για την εγγραφή στοιχεία.



Εικόνα 2.2: Εγγραφή χρήστη

Στην περίπτωση που ο χρήστης συμπληρώσει σωστά την φόρμα τότε το πρόγραμμα καλεί με τη βοήθεια του jQuery framework την σελίδα ajaxsignup.php η οποία λαμβάνει τα δεδομένα του χρήστη τα αποθηκεύει μέσα στη βάση και ταυτόχρονα στέλνει στο δοθέν e-mail μήνυμα μέσω του οποίου γίνεται η ενεργοποίηση του λογαριασμού. Σε περίπτωση που ο χρήστης δεν δει το e-mail τότε ο λογαριασμός παραμένει ανενεργός.



Σχήμα 2.4: Περίπτωση εγγραφής

```

<?php
include 'main/dbase.php';
include 'main/all_functions.php';

$email = $_POST['email'];
$user = $_POST['user'];
$pass = $_POST['pass'];
$count=0;

mysql_query("SET NAMES 'utf8'");
$x=mysql_query("SELECT * FROM members WHERE email='$email'");
while($row = mysql_fetch_array($x))
{
    $count++;
}
if($count!=0)

```

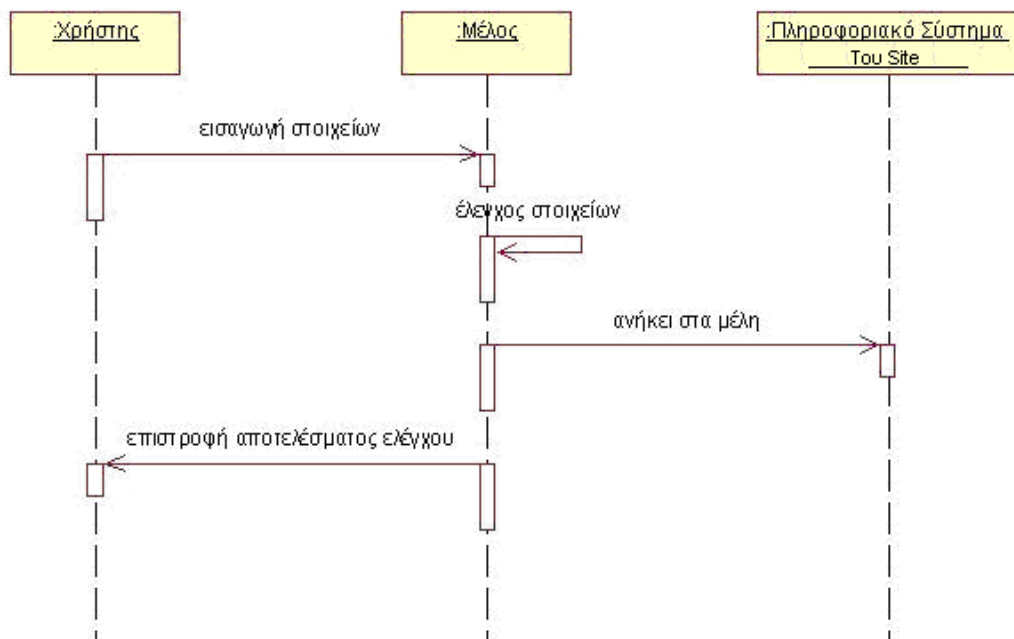
```

        {
            echo '1';
        }
        else
        {
            $x5 = md5($pass);
            mysql_query("SET NAMES 'utf8'");
            $x=mysql_query("SELECT * FROM members WHERE username='$user' AND
password='$x5'");
            while($row = mysql_fetch_array($x))
            {
                $count++;
            }
            if($count!=0)
            {
                echo '2';
            }
            else
            {
                $pass1 = md5($pass);
                mysql_query("SET NAMES 'utf8'");
                $result = mysql_query ("INSERT INTO members VALUES
('$user','$pass1','$email',0)");
                echo '0';
            }
        }
    }
?

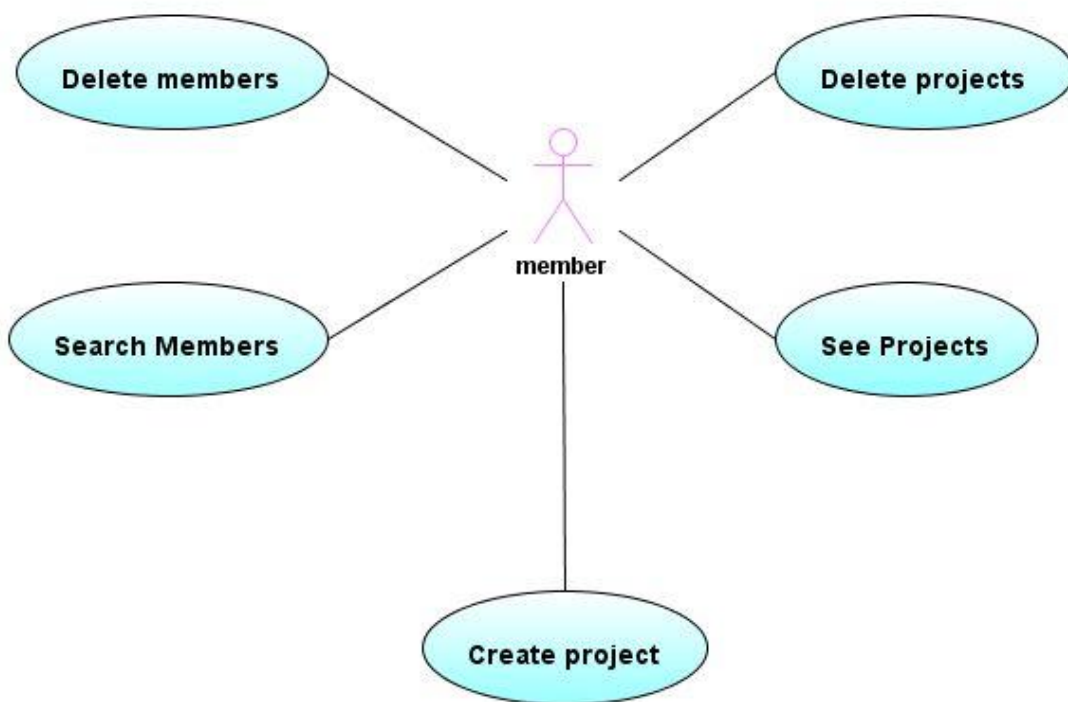
```

- *Εισαγωγή στο σύστημα*

Από τη στιγμή που ο αποφασίζων θα εισέλθει στο σύστημα το πρόγραμμα του δίνει κάποιες δυνατότητες. Μέσω του menu που υπάρχει στη σελίδα ο χρήστης μπορεί να διαβάσει τα μηνύματα που τυχόν μπορεί να έχει ή να δει σε ποιο στάδιο βρίσκονται τα project στα οποία λαμβάνει μέρος, να διαγράψει ή ακόμα και να δημιουργήσει ένα νέο. Ταυτόχρονα έχει την δυνατότητα να αναζητήσει για νέους συνεργάτες και να τους προσθέσει στην λίστα του ή ακόμα και να δει τη λίστα αυτή και άμα επιθυμεί να διαγράψει άμα θέλει κάποιον από τους ήδη υπάρχοντες.



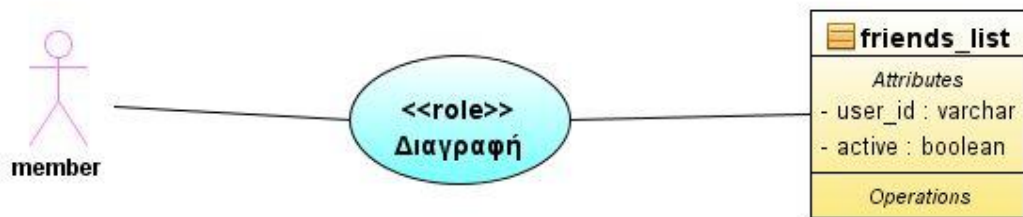
Σχήμα 2.5: Διάγραμμα σειράς για την εισαγωγή του μέλους στο σύστημα



Σχήμα 2.6: Περίπτωση χρήσης μέλους

- Διαγραφή μελών

Είναι μια διαδικασία η οποία δημιουργήθηκε με σκοπό την καλύτερη λειτουργία του συστήματος και δεν θα γίνει περαιτέρω ανάλυση. Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να επιλέξει άμα επιθυμεί να διαγράψει κάποιο από τα μέλη της ομάδας του.



Σχήμα 2.7: Περίπτωση διαγραφής συνεργάτη

Στη σελίδα members.php εμφανίζεται η λίστα με όλα τα ονόματα των μελών που ο χρήστης θέλει να συνεργάζεται. Πατώντας στο κατάλληλο εικονίδιο μέσω της ενσωματωμένης γλώσσας javascript καλείται η σελίδα deletemember.php η οποία διαγράφει τον χρήστη από την λίστα.

Javascript κώδικας

```

$( ".rslts input" ).click(function(){
var text = $(this).val();
var answer = confirm("Do you want to delete "+text+"?")
  if (answer){
    $.post("deletemembers.php",{member:text});
    alert("The member was deleted successfully!");
    window.location = "members.php";
  }
});
  
```

Php κώδικας

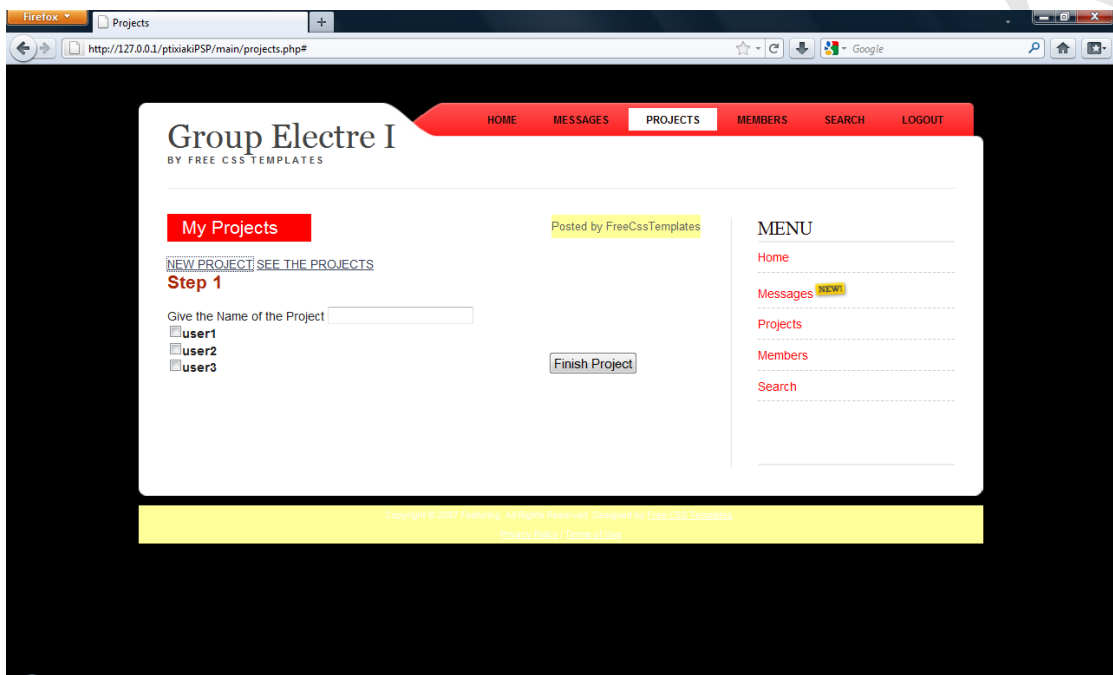
```

<?php
include 'dbase.php';
include("all_functions.php");

$email = $_SESSION['user_mail'];
$member = $_POST["member"];
$result = mysql_query ("DELETE FROM friends_list WHERE user_id='$email' AND friend_id='$member'");
$result = mysql_query ("DELETE FROM friends_list WHERE user_id='$member' AND friend_id='$email'");
?>
  
```

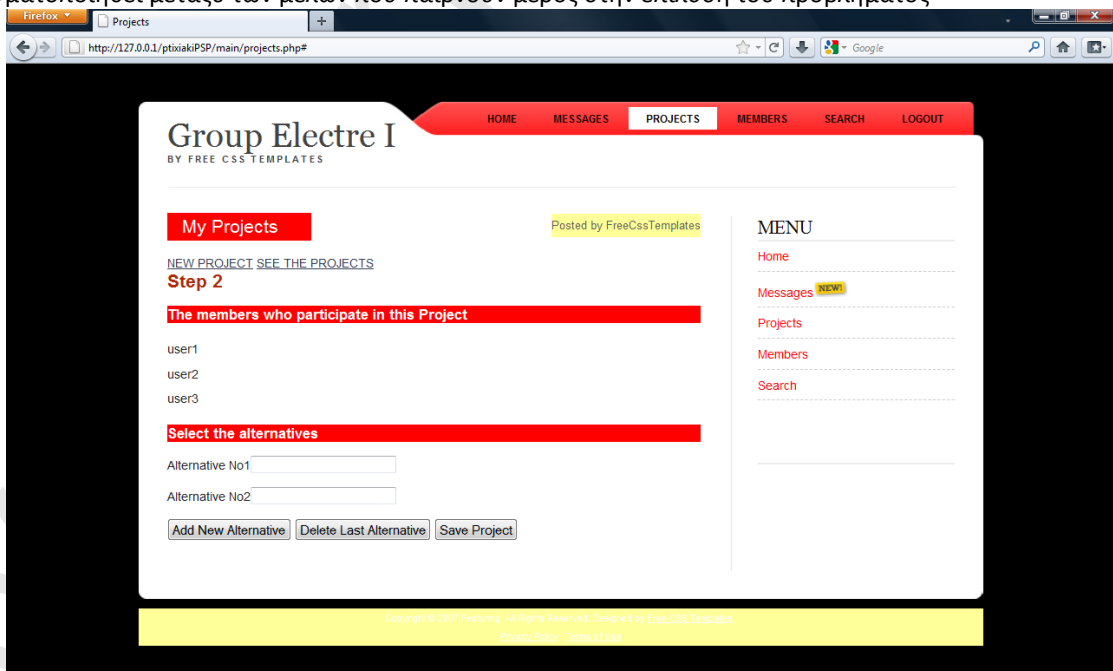
- Δημιουργία project

Όπως προαναφέρθηκε μια από τις κυριότερες και σημαντικότερες ενέργειες που μπορεί να πραγματοποιήσει ο χρήστης είναι η δημιουργία ενός νέου project και κατ' επέκταση η δυνατότητα να γίνει ο συντονιστής της όλης διαδικασίας. Χρήστης επιλέγοντας την δημιουργία ενός νέου project, μέσω του προγράμματος, οδηγείται στην σελίδα project.php και εκεί μπορεί να επιλέξει τα δημιουργήσει ένα νέο project.



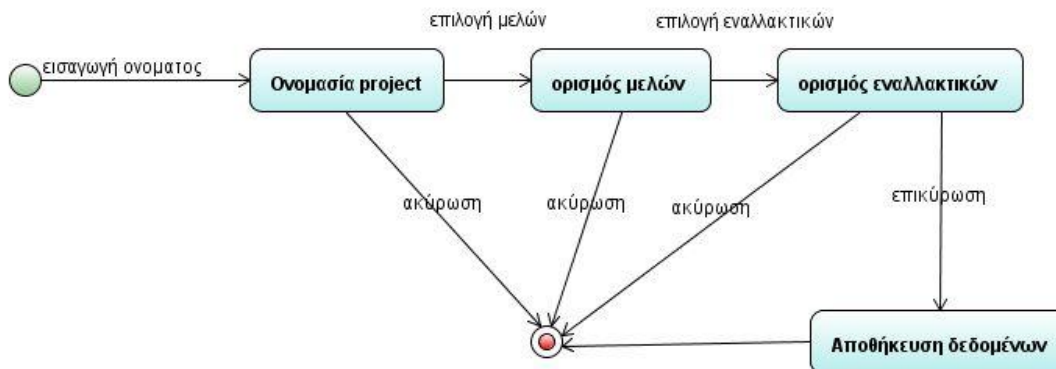
Εικόνα 2.3: Δημιουργία project (επιλογή μελών)

Αρχικά ο συντονιστής θα πρέπει να δώσει ένα όνομα στο όλο project και στην συνέχεια να γίνει ο ορισμός και των ατόμων που θα λάβουν χώρα στο project αυτό. Σε περίπτωση που κάτι παραληφθεί τότε η όλη διαδικασία δεν μπορεί προχωρήσει. Στη συνέχεια ο ίδιος ο συντονιστής πρέπει να ορίσει και τις εναλλακτικές του προβλήματος. Δεν αποφασίζει από μόνος τις εναλλακτικές του προβλήματος αλλά όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο η επιλογή των εναλλακτικών είναι αποτέλεσμα ύστερα από μια σειρά συζητήσεων και αναλύσεων που έχουν πραγματοποιηθεί μεταξύ των μελών που παίρνουν μέρος στην επίλυση του προβλήματος



Εικόνα 2.4: Δημιουργία project (ορισμός εναλλακτικών)

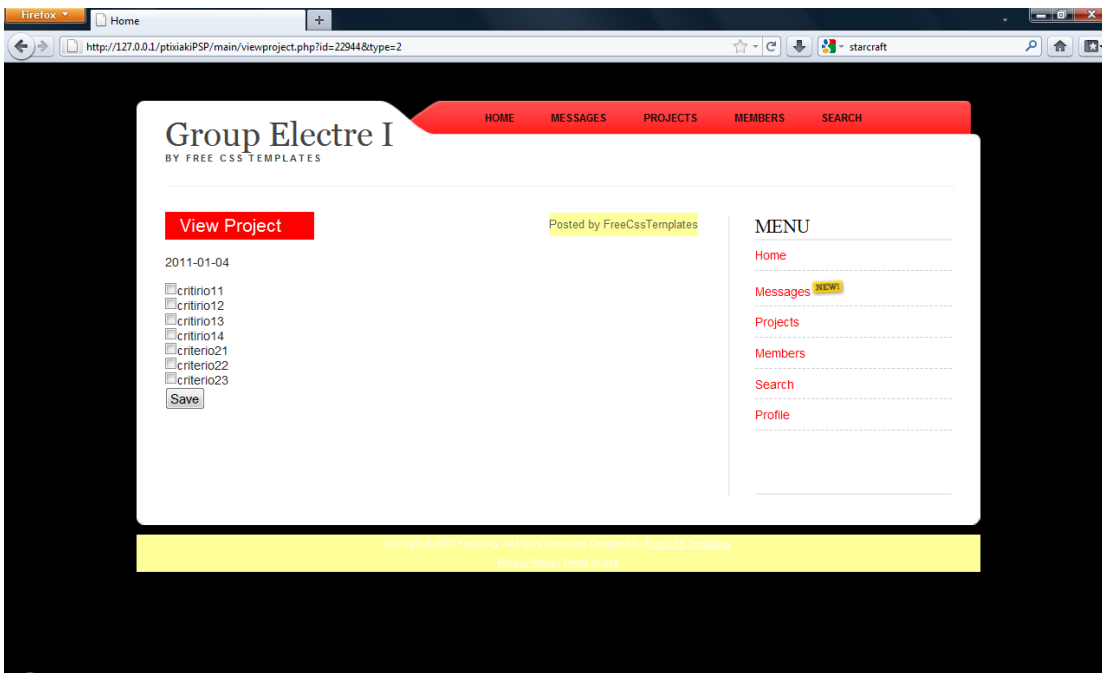
Αφού ο συντονιστής ορίσει και τις εναλλακτικές του προβλήματος τότε τα δεδομένα αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων ενώ υπάρχουν αυτοματοποιημένα μηνύματα τα οποία στέλνονται σε όλα τα μέλη της ομάδας για να επικυρώσουν την συμμετοχή τους στο project. Το project από εδώ και πέρα δεν μπορεί να προχωρήσει μέχρι όλα τα μέλη που συμμετέχουν στην διαδικασία επίλυσης του προβλήματος να απαντήσουν είτε θετικά είτε αρνητικά στη πρόσκληση του διαχειριστή. Παρακάτω παρουσιάζεται ένα διάγραμμα καταστάσεων για την περιγραφή της διαδικασίας που προαναφέρθηκε παραπάνω.



Σχήμα 2.8: Διάγραμμα καταστάσεων δημιουργίας project

Πρέπει να αναφερθεί ότι ο συντονιστής κατ όλη τη διαδικασία της δημιουργίας της εφαρμογής έχει την δυνατότητα να σταματήσει την όλη διαδικασία. Τέλος δεν παρουσιάζεται κάποιο κομμάτι κώδικα μιας και η διαδικασία δεν παρουσιάζει κάτι προγραμματιστικά αξιόλογο και γι αυτό παραλήφθηκε.

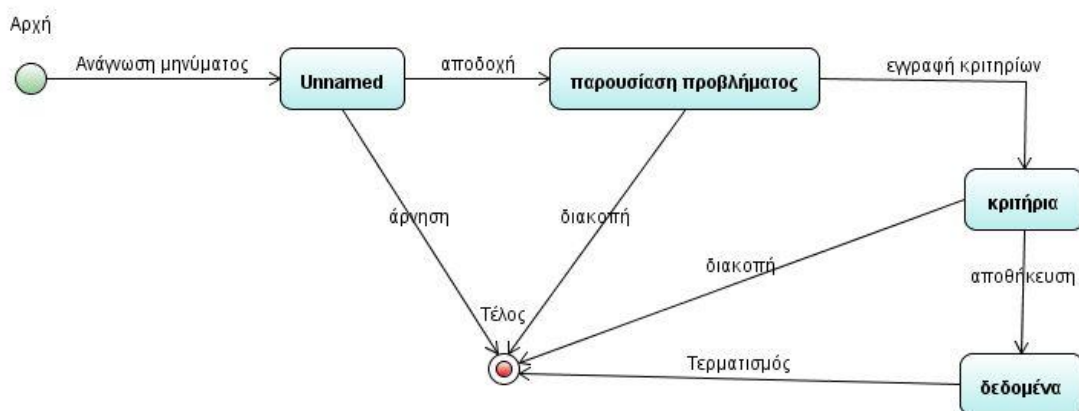
Στη συνέχεια αφού όλα τα μέλη της ομάδας έχουν στείλει τα κριτήρια που θεωρούν ότι είναι τα καταλληλότερα ο συντονιστής της ομάδας πρέπει να τα φιλτράρει. Επιλέγει πια από τα κριτήρια είναι τα καταλληλότερα αφαιρώντας τόσο αυτά που θεωρεί λιγότερο σημαντικά όσο και αυτά που έχουν προταθεί από περισσότερους από έναν αποφασίζων. Ωστόσο δεν έχει το δικαίωμα να προσθέσει αυτός κάποιο επιπλέον. Αφού επιλέξει τα κριτήρια τα οποία θα λάβουν χώρα στο πρόβλημα γίνεται η αποθήκευση αυτών στην βάση της εφαρμογής. Στη συνέχεια ο συντονιστής έχει την δυνατότητα να δώσει στις δικές του τιμές σχετικά με το πρόβλημα. Η όλη διαδικασία θα αναλυθεί παρακάτω.



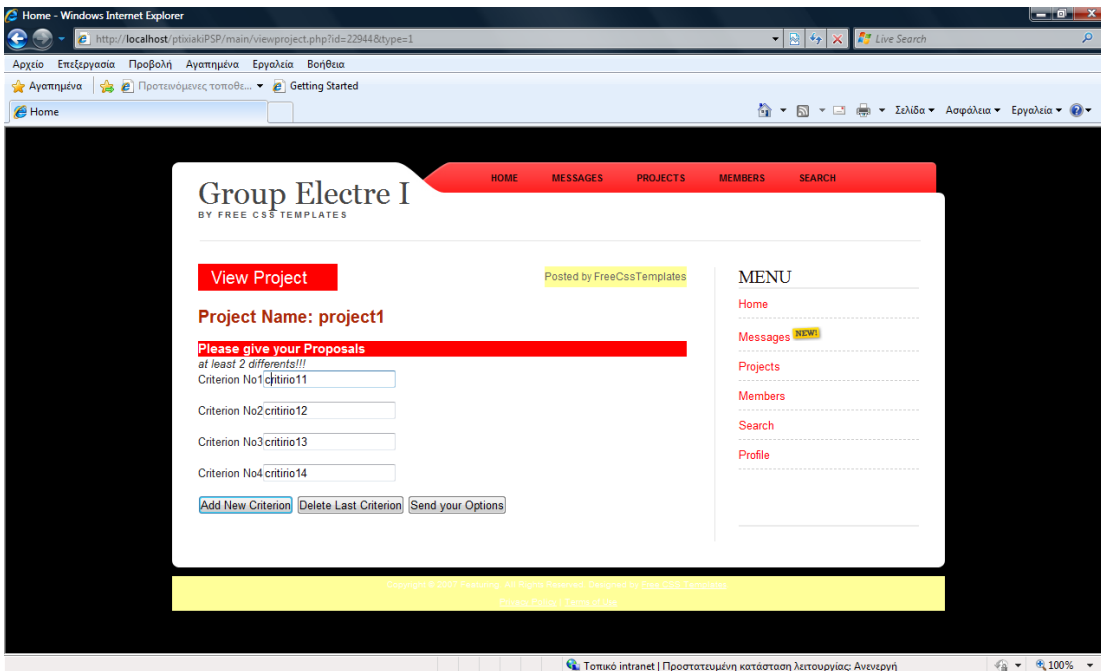
Εικόνα 2.5: επιλογή κριτηρίων

- Συμμετοχή σε project

Η συμμετοχή στο project του αποφασίζοντα χωρίζεται σε δύο διαφορετικά στάδια. Αφού ο αποφασίζων δεχθεί την συμμετοχή του στο project στη συνέχεια το σύστημα του ζητάει να προτείνει κάποια κριτήρια τα οποία πιστεύει ότι είναι τα καταλληλότερα για την εύρεση της καλύτερης λύσης στο πρόβλημα. Το κάθε μέλος μπορεί να προτείνει όσα κριτήρια επιθυμεί χωρίς κανέναν απολύτως περιορισμό χωρίς όμως να του εξασφαλίζει ότι όλα τα κριτήρια, που θα προτείνει, θα χρησιμοποιηθούν. Την απόφαση αυτή την λαμβάνει ο συντονιστής του project. Αφού αποφασίζων προτείνει ποια κατά τη γνώμη του είναι τα καταλληλότερα κριτήρια στη συνέχεια πρέπει να περιμένει και τα υπόλοιπα μέλη της ομάδος να κάνουν τις δικές τους προτάσεις. Η όλη διαδικασία δεν μπορεί να προχωρήσει μέχρι όλα τα μέλη της ομάδος να προτείνουν τα δικά τους κριτήρια. Σε περίπτωση που έχει προταθεί ένα κριτήριο από περισσότερα από ένα άτομα τότε ο συντονιστής είναι υποχρεωμένος να διαγράψει τις διπλοεγγραφές για να μην υπάρχει αλλοίωση αποτελέσματος από το σύστημα. Το διάγραμμα καταστάσεων για την περιγράφει την παραπάνω διαδικασία.

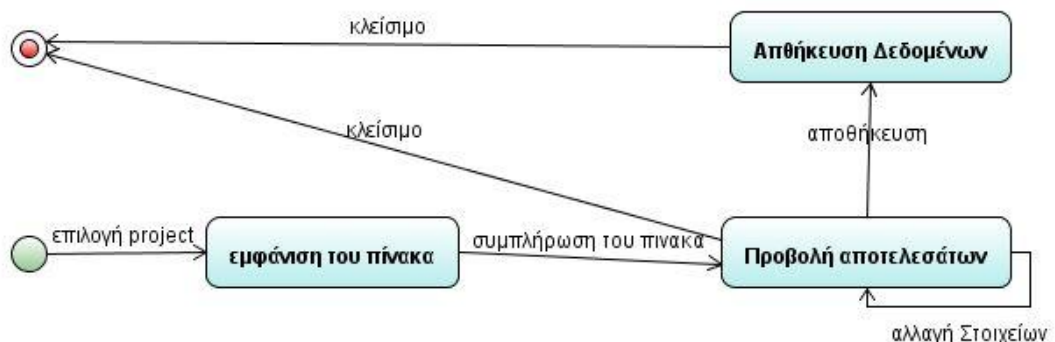


Σχήμα 2.9 : Διάγραμμα καταστάσεων ορισμός κριτηρίων

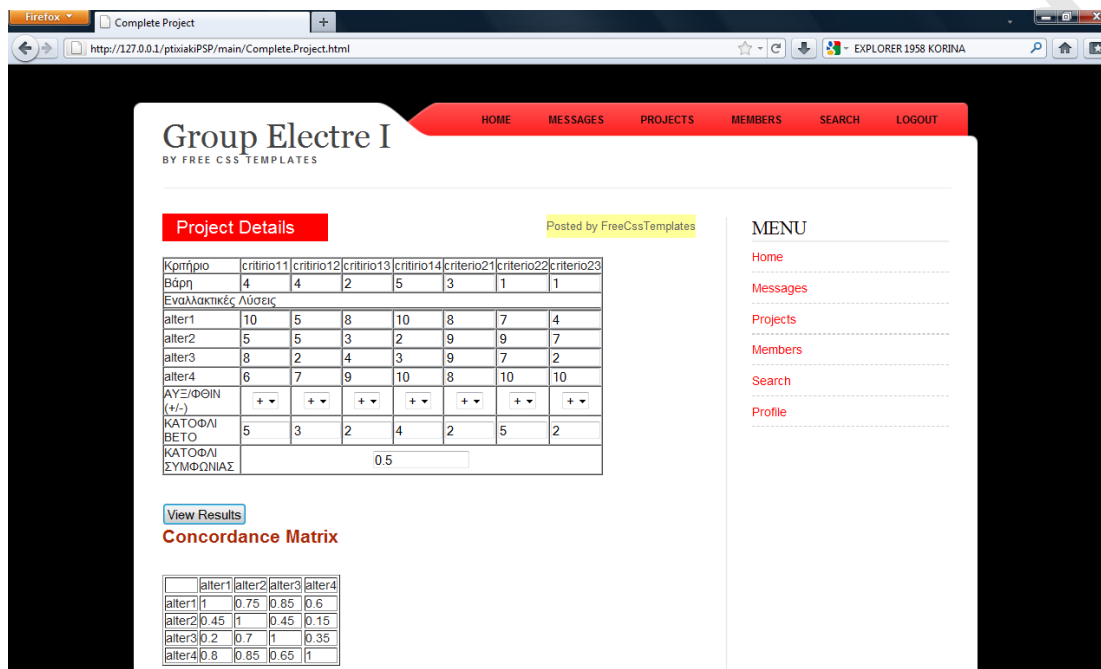


Εικόνα 2.6: Ορισμός κριτηρίων

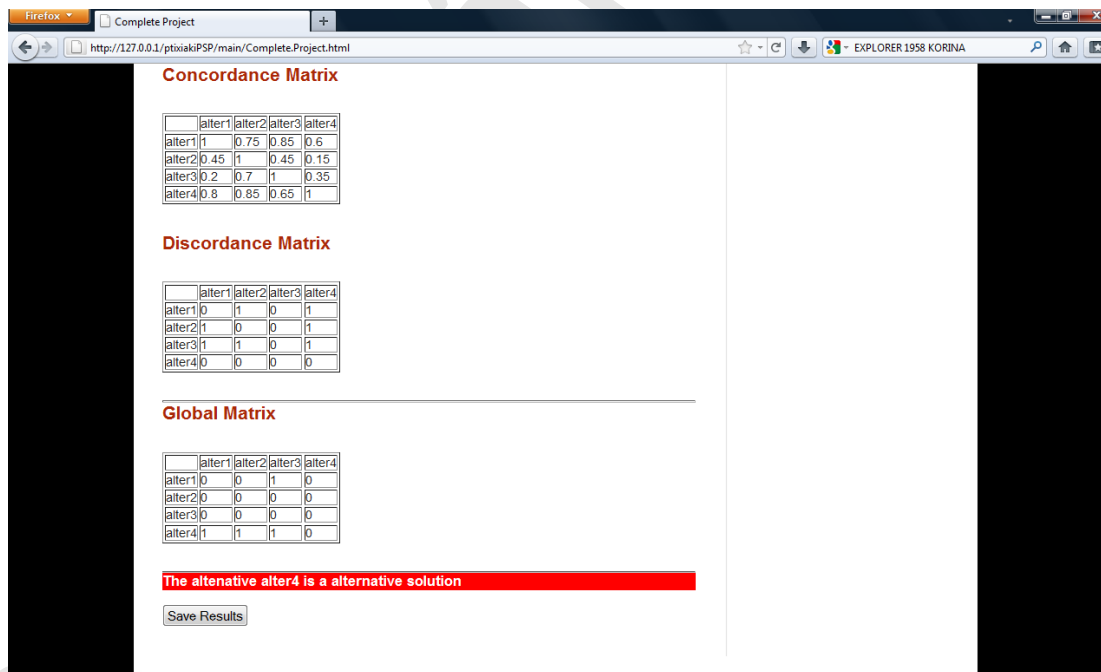
Το δεύτερο μέρος της διαδικασίας ξεκινάει από τη στιγμή που ο συντονιστής του project ορίζει και αποθηκεύσει τα τελικά κριτήρια που θα χρησιμοποιηθούν στο συγκεκριμένο πρόβλημα. Το σύστημα στη συνέχεια επιτρέπει ξανά σε όλα τα μέλη της ομάδας να αποκτήσουν πρόσβαση το πρόβλημα και να εκτελέσουν τα επόμενα βήματα της διαδικασίας. Ειδικότερα εμφανίζεται στον αποφασίζων ο πίνακας του προβλήματος στον οποίο μπορεί να συμπληρώσει τις τιμές που θεωρεί καταλληλότερες για κάθε εναλλακτική σε σχέση με καθένα από τα κριτήρια του προβλήματος. Σε αυτό το στάδιο ο αποφασίζων ορίζει τόσο τα βάρη των κριτηρίων, τα κατώφλια βέτο καθώς και το κατώφλι συμφωνίας του προβλήματος. Ταυτόχρονα συμπληρώνει τις συσχετίσεις μεταξύ των εναλλακτικών επιλογών με τα κριτήρια. Εδώ να αναφέρουμε ότι όλες οι τιμές αντιπροσωπεύουν προσωπικές απόψεις οπότε δεν είναι ανάγκη οι τιμές να συμφωνούν μεταξύ τους. Αφού ο χρήστης συμπληρώσει όλες τις ζητούμενες τιμές στη συνέχεια μπορεί να δει το ατομικό αποτέλεσμα που θα υπολογιστεί μέσω της μεθόδου ELECTRE I. Ο χρήστης μπορεί να αλλάξει τις τιμές που έχει δώσει και να δει τα νέα αποτελέσματα που προκύπτουν. Τέλος όταν τα αποτελέσματα που προκύπτουν τον ικανοποιούν έχει την δυνατότητα να τα σώσει. Όταν γίνει το σώσιμο των δεδομένων ο αποφασίζων δεν μπορεί να κάνει κάποια νέα αλλαγή γι αυτό πρέπει να είναι πολύ προσεκτικός τις αποφάσεις του.



Σχήμα 2.10: Διάγραμμα καταστάσεων εγγραφής συμπλήρωση project



Εικόνα 2.7: συμπλήρωση δεδομένων



Εικόνα 2.8: αποτελέσματα ατομικού μοντέλου

Κώδικας αλγορίθμου ELECTRE I

```
<?php

include 'dbase.php';
include("all_functions.php");
$id = $_SESSION['selected_project'];
$email = $_SESSION['user_mail'];

$all_vari = $_POST['all_vari'];
$all_times = $_POST['all_times'];
$all_kvetos = $_POST['all_kvetos'];
//$_SESSION['all_kvetos'] = $all_kvetos;
$katofli_simfonias = $_POST['ksimfonias'];
$_SESSION['ksimfonias'] = $katofli_simfonias ;
$time;

$vari = explode(",",$all_vari);
$time1 = explode(",",$all_times);
$kvetos = explode(",",$all_kvetos);
$_SESSION['kvetos'] = $kvetos;
$time; // $zois1 = array();
$garitos=array();
$kcounter=0;

$sum = array_sum($vari);

for($x = 0; $x<count($vari);$x++)
{
    $vari[$x] = $vari[$x]/$sum;
}
$_SESSION['vari'] = $vari;

$counter=0;
$cntr=0;
for($x = 0; $x<count($time1);$x++)
{
    $time[$cntr][$counter]= $time1[$x];

    if($counter==(count($vari)-1))
    {$cntr++;$counter=0;}
    else{$counter++;}
}
$_SESSION['time'] = $time;
//time gia ton pinaka simfonias
$pinakassimfonias = PinakasSimfonias($time,$vari,$cntr);
CreatePinaka($pinakassimfonias);
//time gia ton pinaka asimfonias
$pinakasasimfonias = PinakasAsimfonias($time,$vari,$cntr,$kvetos);
CreatePinakaAsimfonias($pinakasasimfonias);
```

```

$pinakasiperoxis
PinakasYperoxis($pinakassimfonias,$pinakasasimfonias,$cntr,$katofli_simfonias);
CreatePinakaYperroxis($pinakasiperoxis);

$counter_tesis = 0;
$onomata;
$diktis;
$х = mysql_query("SELECT name FROM alternatives_project WHERE id_project='$id'");
while($row=mysql_fetch_array($х))
{
    $onomata[$counter_tesis]=$row['name'];
    $diktis[$counter_tesis] =($counter_tesis+1);
    //echo $onomata[$counter_tesis].'-'. $diktis[$counter_tesis].'<br/>';
    $counter_tesis++;
}

$_times = $pinakasiperoxis;
Test1($_times,$onomata);

for($х =0; $х<count($garitos);$х++)//arxi megalou for
{//echo $garitos[$х].'<br>';
// i metavliti garitos perilamvanei oles tis diadromes
    $kounterposition = 0;
    //echo $garitos[$х]."| EDO<br/>";
    $check = explode("-", $garitos[$х]);
    for($х1 =1; $х1<count($check);$х1++)//elnexei ean i diadromi perilamvanei kapoion kiklo
    {
        //echo $х1."|" . $check[$х1]."| EDO<br/>";
        if($check[$х1] == $check[0])
            {$kounterposition=$х1;break;}//i thesi pou telionei o kiklos
    }
    $kiklos = false;
    $id_kiklou=array();
    //tropopoio ton pinaka
    $cnt=0;
    for($х1=0;$х1<($kounterposition);$х1++)//afairo 1 giato to proto kai to teleuraio stoixeio
    einai to idio!
    {//for2 arxi
        $diktis_thesis;
        for($х2=0;$х2<count($onomata);$х2++)//psaxno ta stoixeia tou kykloy mesa sta
        dedomena mou
        {
            if($onomata[$х2]==$check[$х1])
            {
                $diktis_thesis = $х2;//brisko ti thesi ston disdiastato pinaka
                //echo $diktis_thesis ." | THesi|" . $cnt."<br/>";
                $kiklos = true;
                $id_kiklou[$cnt] = $diktis_thesis;
                $cnt++;
                //break;
            }
        }
    }
}

```

```

    } // for2 telos
    $cnt=0;
    if($kiklos == true)
    { //if1 arxi
        $kiklos = false;
        //echo $id_kiklou[0].'-exo kiklo <br/>';

        for($x1=0;$x1<count($id_kiklou);$x1++)
        {
            //echo'ZZZZ'|.$id_kiklou[$x1]. '<br/>';
            for($x2=0;$x2<count($id_kiklou);$x2++)
            {

                $y1 = $id_kiklou[$x1];
                $y2 = $id_kiklou[$x2];

                $diktis[$y2]=$diktis[$y1];

                if($_times[$y1][$y2]!=0)
                {
                    $_times[$y1][$y2]=0;
                }
                if($_times[$y2][$y1]!=0)
                {
                    $_times[$y2][$y1]=0;
                }
                //echo'Zois'|.$x1.'|'.$x2.' <br/>';
            }
        }
    } //if1 telos
} //telos megalou for

//anazitsi gia ton pyrina
$all_apotelesmata="";
for($x1=0;$x1<count($onomata);$x1++)
{
    $pyrinas_member = false;
    for($x2=0;$x2<count($onomata);$x2++)
    {
        if($_times[$x2][$x1]==1)
        {
            $pyrinas_member = true;
        }
    }
    if($pyrinas_member == false)
    {
        if($x1>0){$all_apotelesmata=$all_apotelesmata.'|';}
        echo '<h3> The altenative '|.$onomata[$x1].'| is a alternative solution</h3><br/>';
        $all_apotelesmata=$all_apotelesmata.$onomata[$x1];
    }
}

```

```

    }
}
echo '<button id="SaveResults">Save Results</button>';
$_SESSION['all_ap']= $all_apotelesmata;
//echo $all_apotelesmata;
//$result = mysql_query ("INSERT INTO apotelesmata_project VALUES
('$_email',$sid,$all_apotelesmata)");

///functions
function CreatePinaka($pinakassimfonias)
{
    $sid=$_SESSION['selected_project'];
    $counter=0;
    $names;
    echo '<h2>Concordance Matrix</h2><br/><br/>';
    echo '<table border="1">';
    echo '<tr>';
    echo '<td></td>';
    $x = mysql_query("SELECT name FROM alternatives_project WHERE id_project='$sid'");
    while($row=mysql_fetch_array($x))
    {
        echo '<td>'. $row['name']. '</td>';
        $names[$counter]= $row['name'];
        $counter++;
    }
    echo '</tr>';

    for($y=0;$y<$counter;$y++)
    {
        echo '<tr>';
        echo '<td>'. $names[$y]. '</td>';
        for($z=0;$z<$counter;$z++)
        {
            echo '<td>'. $pinakassimfonias[$y][$z]. '</td>';
        }
        echo '</tr>';
    }
    echo '</table><br/><br/>';
}

function CreatePinakaAsimfonias($pinakassimfonias)
{
    $sid=$_SESSION['selected_project'];
    $counter=0;
    $names;
    echo '<h2>Discordance Matrix</h2><br/><br/>';
    echo '<table border="1">';
    echo '<tr>';
    echo '<td></td>';
    $x = mysql_query("SELECT name FROM alternatives_project WHERE id_project='$sid'");
    while($row=mysql_fetch_array($x))
    {
        echo '<td>'. $row['name']. '</td>';
        $names[$counter]= $row['name'];
    }
}

```

```

$counter++;
}
echo '</tr>';

for($y=0;$y<$counter;$y++)
{
echo '<tr>';
echo '<td>'.$names[$y].</td>';
    for($z=0;$z<$counter;$z++)
    {
        echo '<td>'.$pinakassimfonias[$y][$z].</td>';
    }
echo '</tr>';
}
echo '</table><br/><br/><hr/>';
}

function CreatePinakaYperroxis($pinakassimfonias)
{
    $id = $_SESSION['selected_project'];
    $counter=0;
    $names;
    echo '<h2>Global Matrix</h2><br/><br/>';
    echo '<table border="1">';
    echo '<tr>';
    echo '<td></td>';
    $x = mysql_query("SELECT name FROM alternatives_project WHERE id_project='$id'");
    while($row=mysql_fetch_array($x))
    {
        echo '<td>'.$row['name'].</td>';
        $names[$counter]= $row['name'];
        $counter++;
    }
    echo '</tr>';

    for($y=0;$y<$counter;$y++)
    {
        echo '<tr>';
        echo '<td>'.$names[$y].</td>';
            for($z=0;$z<$counter;$z++)
            {
                echo '<td>'.$pinakassimfonias[$y][$z].</td>';
            }
        echo '</tr>';
    }
    echo '</table><br/><br/><hr/>';
}

function Test1($_times,$_x)
{
    $diadromes = array();

    for($x=0;$x<count($_x);$x++)

```

```

{
//echo 'counter='.count($_x).'\n';
$cntr1 = 0;
$d = "";
for($_y=0;$_y<count($_x);$_y++)
{
    if($_x!=$_y)
    {
        if($_times[$_x][$_y]==1)
        {
            $cntr1 = $cntr1 + 1;
            $d = $d.$_x[$_x]."-".$_y[$_y];
            //echo "'.$d.'($_x.';".$_y.')';
            zois($cntr1,$_y,$_times,$_x,$d,$diadromes);
            $d="";
        }
    }
}

function zois($cntr1,$f,$_times,$_x,$d,$diadromes)
{
    $d1=$d;
    $cntr = $cntr1;
    $zago = $f;
    global $zois1;
    if($cntr<=count($_x))
    {
        for($z=0;$z<count($_x);$z++)
        {
            $d1 = $d;
            if($f!=$z)
            {
                if($_times[$zago][$z]==1)
                {
                    $cntr1 = $cntr1 + 1;
                    $d1 = $d1.'-'.$_x[$z];
                    //echo "'.$d1.'";
                    $cntr++;
                    //echo "'|'.$z.'|";
                    zois($cntr,$z,$_times,$_x,$d1,$diadromes);
                }
                else
                {
                    //echo "'.$d1.'TELOS3';
                    if(in_array($d1,$diadromes))
                    {}else{$w
count($diadromes);$diadromes[$w]=$d1;$zois1[$w]=$d1;diadromes($zois1[$w]);
                    $d1="";
                }
            }
        }
    }
}

```



```

else
{
    //echo $d1.'/TELOS2';
    if(in_array($d1,$diadromes))
    {}else{$w = count($diadromes);$diadromes[$w]=$d1;$zois1[$w]=$d1;}
    $d1="";
    //global $zois1;
    //${GLOBALS['$zois']} = $diadromes;
    $_SESSION['ddrms'] = $diadromes;
}
}
function diadromes($x="")
{
    global $garitos;
    global $kounter;
    //echo 'Zois'.$x;
    $garitos[$kounter]=$x;
    //echo '<br/>zago'.$garitos[$kounter].<br/>';
    $kounter++;
}
?>

```

- Ομαδικό αποτέλεσμα

Για να μπορέσει η ομάδα να ενημερωθεί για το τελικό αποτέλεσμα του προβλήματος χρειάζεται όλα τα μέλη της ομάδος να έχουν πραγματοποιήσει το ατομικό μέρος καθώς και να έχουν αποθηκεύσει τις τιμές που έχουν δώσει. Σε περίπτωση που κάποιο από τα μέλη δεν έχει αποθηκεύσει το ατομικό μοντέλο η όλη διαδικασία δεν μπορεί να προχωρήσει.

Για τον υπολογισμό του ομαδικού μοντέλου γίνεται χρήση πάλι της μεθόδου ELECTRE I με μία διαφορά. Τα δεδομένα αυτή την φορά δεν δίνονται από κάποιον χρήστη η από το συντονιστή. Αντιθέτως τα δεδομένα συνδυάζονται μέσω του γεωμετρικού μέσου. Ειδικότερα τα δεδομένα για κάθε στοιχείο του προβλήματος(κατώφλι βέτο, βάρη κριτηρίων κτλ) συνδυάζονται μέσω της μεθόδου του γεωμετρικού μέσου που αναλύθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο και λαμβάνεται ένα τελικό συνδυαστικό αποτέλεσμα το οποίο αποτελεί και τιμή του ομαδικού μοντέλου.

Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε στον υπολογισμό του ομαδικού αποτελέσματος είναι ο ίδιο με τον αλγόριθμο του ατομικού μοντέλου. Η μόνη μικρή διαφορά είναι η εισαγωγή μεθόδων για τον υπολογισμό του γεωμετρικού μέσου.

Υπολογισμός γεωμετρικού μέσου

```

$id = $_SESSION['selected_project'];
$email = $_SESSION['user_mail'];
$vari;
$kvetos;
$times;
$cntr1 = 0;
$cntr2 = 0;
$cntr3 = 0;

$members = $_SESSION['members'];
$power = 1/count($members);
$id_alternatives;
$q1 = mysql_query("SELECT id_alternative FROM alternatives_project WHERE id_project = $id");
while($row1 = mysql_fetch_array($q1))
{

```

```

        $id_alternatives[$cntr2] = $row1["id_alternative"];
        //echo $id_alternatives[$cntr2].'\n';
        $cntr2++;
    }
    //ipologismos tou katofli simfonias
    $_temp4=1;
    $q1 = mysql_query("SELECT timi FROM katofli_simfonias WHERE id_project = $id");
    while($row1 = mysql_fetch_array($q1))
    {
        $_temp4 = $_temp4*pow($row1['timi'],$power);
    }
    $katofli_simfonias = $_temp4;echo $_temp4.'\n';
    $_temp4=1;

    $q1 = mysql_query("SELECT * FROM project_criteria WHERE id_project = $id");
    while($row1 = mysql_fetch_array($q1))
    {

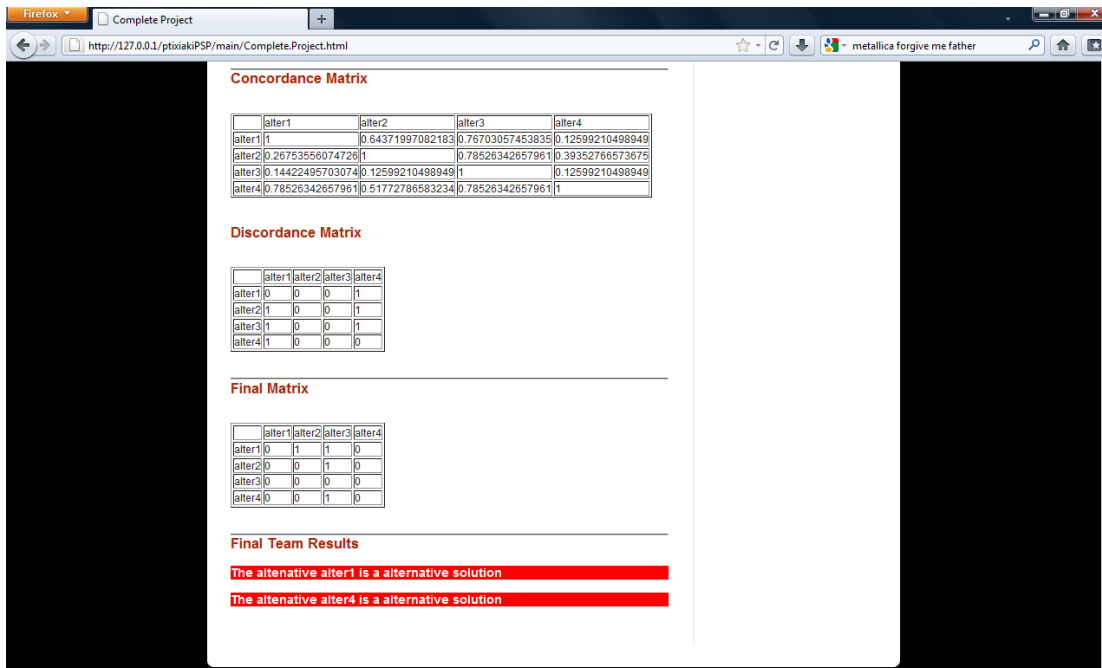
        $id_k = $row1['id_criteria'];
        $_temp1=1;
        $_temp2=1;
        $_temp3=1;

        for($y=0;$y<count($id_alternatives);$y++)
        {
            $id_a = $id_alternatives[$y];
            $q3 = mysql_query("SELECT timi FROM times_criteria_alternatives WHERE
id_criteria = $id_k AND id_alternatives=$id_a");
            while($row3 = mysql_fetch_array($q3))
            {
                //echo $row3['timi'].'\n';
                $_temp3 = $_temp3 *pow($row3['timi'],$power);
                //echo $_temp3.'\n';
            }
            $times[$y][$cntr3] = $_temp3;
            $_temp3=1;
        }

        $q2 = mysql_query("SELECT varos,katofli_veto FROM varos_katofli_veto WHERE
id_criteria = $id_k");
        while($row2 = mysql_fetch_array($q2))
        {
            $_temp1 = $_temp1 *pow($row2['varos'],$power);
            $_temp2 = $_temp2 *pow($row2['katofli_veto'],$power);
        }
        $vari[$cntr1] = $_temp1;
        $kvetos[$cntr1] = $_temp2;
        $_temp1=1;
        $_temp2=1;
        $cntr1++;
        $cntr3++;
    }
    $cntr = $cntr2;

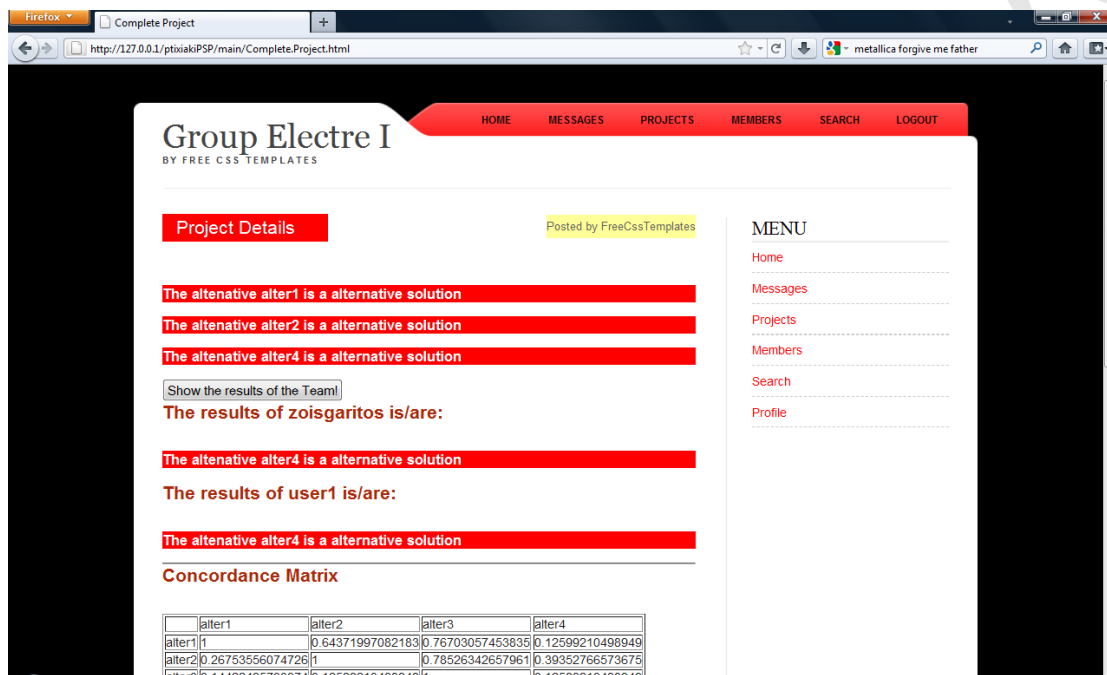
```

```
friends_solutions();
```



Εικόνα 2.9: Αποτελέσματα ομαδικού μοντέλου

Όπως φαίνεται και από την παραπάνω εικόνα κάθε αποφασίζων μπορεί να δει το τελικό ομαδικό αποτέλεσμα. Ειδικότερα μπορεί να δει τον ομαδικό πίνακα συμφωνίας και ασυμφωνίας με όλες τις τιμές καθώς και τον τελικό πίνακα υπεροχής ο οποίος στην ουσία δείχνει και το τελικό αποτέλεσμα. Ταυτόχρονα ο χρήστης μπορεί να δει και τα αποτελέσματα των ατομικών μοντέλων των άλλων μελών της ομάδας χωρίς μεγάλη λεπτομέρεια. Δεν έχει την δυνατότητα να δει τις τιμές που όρισε κάθε αποφασίζων στο δικό του ατομικό μοντέλο.



Εικόνα 2.10: Αποτελέσματα ατομικού μοντέλου υπόλοιπων μελών

Σε περίπτωση που το αποτέλεσμα δεν είναι ικανοποιητικό δεν μπορεί να επαναληφθεί η όλη διαδικασία άρα πρέπει να δημιουργηθεί ένα νέο project και να οριστούν οι ίδιες εναλλακτικές και τα ίδια κριτήρια.

Σύνοψη

Στο κεφάλαιο 2 έγινε μια αναλυτική παρουσίαση του τρόπου λειτουργίας της εφαρμογής που υλοποιήθηκε για την λήψη συλλογικών αποφάσεων. Ειδικότερα στην αρχή πραγματοποιείται μια αναλυτική παρουσίαση της αρχιτεκτονικής του συστήματος. Ειδικότερα γίνεται αναφορά στις τις τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση αυτού του περίπλοκου συστήματος. Παράλληλα γίνεται και η αναλυτική παρουσίαση των βημάτων που πρέπει να πραγματοποιηθούν ώστε να φτάσουμε σε μία τελική συλλογική απόφαση. Στην συνέχεια γίνεται η ανάλυση των βασικών χαρακτηριστικών που απαρτίζουν το σύστημα που υλοποιήσαμε. Η ύπαρξη συντονιστή, και η μυστικότητα των δεδομένων είναι μερικά από τα κυριότερα χαρακτηριστικά που απαρτίζουν το σύστημα μας. Τέλος μέσα από UML διαγράμματα γίνεται η παρουσίαση του τρόπου λειτουργίας του συστήματος και ειδικότερα όλων των ενεργειών που μπορεί ο χρήστης – αποφασίζων να πραγματοποιήσει. Ταυτόχρονα γίνεται παρουσίαση των σημαντικότερων κομματιών του κώδικα που χρησιμοποιήθηκε για την σωστή λειτουργία του αλγορίθμου ELECTRE I και εξόρυξη συλλογικών αποφάσεων μέσα από τα μοντέλα των ατομικών αποφάσεων των αποφασιζόντων που μετέχουν στο ίδιο πρόβλημα.

3. Επέκταση της Electre για λήψη απόφασης με ασαφή δεδομένα

Εισαγωγή

Όπως έχει αναφερθεί και στα προηγούμενα κεφάλαια η μέθοδος ELECTRE I έχει ανάγκη για ακριβής αξιολόγηση των σχέσεων μεταξύ κριτηρίων και εναλλακτικών καθώς και την ακριβής αξιολόγηση των κριτηρίων του προβλήματος[22]. Παρόλα αυτά υπάρχουν κάποια προβλήματα στα οποία είναι δύσκολο να γίνει η ακριβής αξιολόγηση τόσο των σχέσεων μεταξύ κριτηρίων και εναλλακτικών όσο και των βαρών ενώ αντιθέτως η αξιολόγηση με την χρήση γλωσσικών όρων όπως low, high και medium είναι ευκολότερη[23–24]. Η θεωρία των fuzzy αριθμών είναι μια λύση για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος [25]. Οι Bellman και Zadeh[27] ήταν οι πρώτοι που αποφάσισαν να συνδυάσουν την θεωρία fuzzy μαζί με την ομαδική λήψη αποφάσεων. Στη συνέχεια πολλές έρευνες ακολούθησαν πάνω σε αυτόν τον τομέα με σκοπό την όσο το δυνατόν μεγαλύτερης εξέλιξης αυτής της μεθοδολογίας. Μια από τις πιο σημαντικές έρευνες που πρέπει να αναφερθεί ήταν από του Roy [28] και Siskos [29] οι οποίοι χρησιμοποίησαν τις fuzzy outranking σχέσεις αποτελεσματικά και μπόρεσαν και εισήγαγαν fuzzy σχέσεις συμφωνίας και ασυμφωνίας.

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια επέκταση πάνω σε μία μέθοδος fuzzy ELECTRE I η οποία είναι σχεδιασμένη με σκοπό τον υπολογισμό της βέλτιστης λύσης μέσω των γλωσσικών όρων(ασαφή δεδομένα) που δίνει ο αποφασίζων.

3.1 Μεθοδολογία για το Fuzzy ELECTRE I για ομαδικές αποφάσεις

Σε αυτό το κεφάλαιο θα ακολουθήσει ανάλυση της μεθοδολογίας που χρησιμοποιήθηκε. Θα γίνει αναφορά για ένα πρόβλημα ομαδικής λήψης απόφαση όπως και στα προηγούμενα κεφάλαια με την μόνη διαφορά ότι θα γίνει ταυτόχρονη χρήση ασαφών δεδομένων για την εύρεση τη βέλτιστης εναλλακτικής λύσης του προβλήματος.

Το 2010 οι Adel Hatami-Marbini και Madjid Tavana [33] πραγματοποίησαν μια έρευνα σχετικά με την λήψη συλλογικών αποφάσεων με την χρήση ασαφών δεδομένων στηριζόμενοι στην μέθοδο σχέσεων υπεροχής ELECTRE I. Σκοπός της έρευνας τους ήταν η χρήση ασαφών – λεκτικών συνόλων στην λήξη συλλογικών αποφάσεων της μεθόδου ELECTRE I. Η προσέγγιση που εξέτασαν επιτρέπει στους αποφασίζοντες να εκφράσουν τα βάρη των κριτηρίων και τις αξιολογήσεις των εναλλακτικών με την βοήθεια λεκτικών – ασαφών δεδομένων τα οποία μεταφράζονται σε fuzzy αριθμούς. Η λειτουργία της νέας αυτής μεθοδολογίας έχει διαφορές με την βασική μεθοδολογία και ταυτόχρονα παρουσιάζει εξαιρετικό ενδιαφέρον η μελέτη της. Παρακάτω γίνεται μια αναλυτική περιγραφή για την λειτουργία του αλγορίθμου και για τα σημεία στα οποία πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή και βαρύτητα.

Αρχικά γίνεται ο ορισμός κάποιων απαραίτητων στοιχείων για την υλοποίηση του προβλήματος. Το πρόβλημα που θα επιλυθεί περιλαμβάνει:

- Ένα σύνολο από K αποφασίζοντες $E=\{e_{(1)}, e_{(2)}, \dots, e_{(k)}\}$
- Ένα σύνολο από m εναλλακτικές λύσεις που ονομάζονται $A=\{a_{(1)}, a_{(2)}, \dots, a_{(m)}\}$
- Ένα σύνολο από n κριτήρια που ονομάζονται $C=\{c_{(1)}, c_{(2)}, \dots, c_{(n)}\}$
- Ένα σύνολο από αξιολογήσεις των εναλλακτικών A με βάση τα κριτήρια C και τα ονομάζουμε $X=\{x_{ij} \mid i=1,2,\dots,m, j=1,2,\dots,n\}$

Κάθε αποφασίζων που λαμβάνει μέρος στην διαδικασία συλλογική απόφασης πρέπει να δώσει τόσο τις τιμές των βαρών για το κάθε κριτήριο του προβλήματος όσο και τις τιμές απόδοσης των εναλλακτικών σε σχέση με το κάθε κριτήριο μέσω πάντα γλωσσικών όρων. Για την αξιολόγηση των αποδόσεων των εναλλακτικών σε σχέση με το κάθε κριτήριο γίνεται η χρήση των λεκτικών όρων poor(P), medium poor(MP), fair(F), medium good(MG), good(G), very good(VG). Παράλληλα για να

εκφράσουμε την σημαντικότητα των κριτηρίων οι λεκτικοί όροι που χρησιμοποιούνται σαν βάρη κριτηρίων είναι low(L), medium low(ML), medium(M), medium high(MH), high(H), very high(VH).

Στη συγκεκριμένη μεθοδολογία χρησιμοποιούνται τραπεζοειδείς αριθμοί fuzzy με σκοπό την μετατροπή των ασαφών λεκτικών όρων που δίνει ο χρήστης σε δεδομένα τα οποία θα χρησιμοποιηθούν στην διαδικασία για την επιλογή της βέλτιστης λύσης. Υπάρχουν πολλά είδη ασαφών αριθμών (fuzzy numbers), ωστόσο οι τραπεζοειδείς ασαφείς αριθμοί είναι αυτοί που χρησιμοποιούνται πιο συχνά για υπολογιστούν οι γλωσσικοί όροι που δίδονται από τον αποφασίζων στις πρακτικές εφαρμογές[30,31].

Γενικά η μορφή των τραπεζοειδών ασαφών αριθμών είναι της μορφής $R = \{r^l, r^p, r^q, r^u\}$ όπου έχουμε τόσα στοιχεία όσα και οι κορυφές ενός τραπεζίου εμβαδού. Με r^l να είναι το κατώτερο όριο, οι τιμές r^p και r^q είναι οι πιο πιθανές τιμές και τέλος το r^u να είναι το ανώτερο όριο.

Έτσι αντίστοιχα στο πρόβλημα μας οι αξιολογήσεις των εναλλακτικών λύσεων σε σχέση πάντα με τα κριτήρια καθώς και τα βάρη σημαντικότητας των κριτηρίων ενός k αποφασίζοντα ορίζονται ως $X_{ijk} = \{x_{ijk}^l, x_{ijk}^p, x_{ijk}^q, x_{ijk}^u\}$ και $W_{ijk} = \{w_{ijk}^l, w_{ijk}^p, w_{ijk}^q, w_{ijk}^u\}$ αντίστοιχα με $i=1,2,\dots,m$, $j=1,2,\dots,n$ και $k=1,2,\dots,K$.

Απαραίτητο βήμα, πριν υλοποιηθεί οτιδήποτε και προχωρήσει η όλη διαδικασία υπολογισμού του αποτελέσματος, είναι η ομαδοποίηση των ατομικών δεδομένων. Στην ουσία εκτελείται η 3^η GDSM μέθοδος που παρουσιάστηκε αναλυτικά σε προηγούμενο κεφάλαιο. Τα ατομικά δεδομένα των αποφασιζόντων του προβλήματος εισάγονται στο σύστημα, ομαδοποιούνται και εξάγονται τα ομαδικά δεδομένα και στην συνέχεια ξεκινάει η διαδικασία υπολογισμού της βέλτιστης λύσης του προβλήματος. Έτσι τόσο οι αξιολογήσεις των εναλλακτικών λύσεων σε σχέση πάντα με τα κριτήρια όσο και βάρη σημαντικότητας των κριτηρίων ομαδοποιούνται και εξάγονται τα νέα δεδομένα του προβλήματος. Για την ομαδοποίηση των δεδομένων ακολουθείται η παρακάτω λογική.

$$X_{ij} = \{x_{ij}^l, x_{ij}^p, x_{ij}^q, x_{ij}^u\} \text{ με } i = 1, 2, \dots, m \text{ και } j = 1, 2, \dots, n$$

Όπου

$$x_{ij}^l = \min_k \{x_{ijk}^l\}, \quad x_{ij}^p = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K x_{ijk}^p, \quad x_{ij}^q = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K x_{ijk}^q, \quad x_{ij}^u = \max_k \{x_{ijk}^u\}$$

Και

$$W_{ij} = \{w_{ij}^l, w_{ij}^p, w_{ij}^q, w_{ij}^u\} \text{ με } i = 1, 2, \dots, m \text{ και } j = 1, 2, \dots, n$$

Όπου

$$w_{ij}^l = \min_k \{w_{ijk}^l\}, \quad w_{ij}^p = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K w_{ijk}^p, \quad w_{ij}^q = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K w_{ijk}^q, \quad w_{ij}^u = \max_k \{w_{ijk}^u\}$$

Για να αποφευχθούν οι πολύπλοκες πράξεις στη διαδικασία λήψης αποφάσεων χρησιμοποιείται μια γραμμική κλίμακα μετατροπής(linear transformation scale) με σκοπό να μετατρέψει τα διάφορα κριτήρια σε μια μορφή με την οποία θα μπορούμε να τα συγκρίνουμε μεταξύ του. Αυτή η ομαλοποίηση μπορεί να πραγματοποιηθεί με 2 διαφορετικούς τρόπους:

$$r'_{ij} = \{r_{ij}^l, r_{ij}^p, r_{ij}^q, r_{ij}^u\} = \left(\frac{x_{ij}^l}{a_j^*}, \frac{x_{ij}^p}{a_j^*}, \frac{x_{ij}^q}{a_j^*}, \frac{x_{ij}^u}{a_j^*} \right) \text{ ή}$$

$$r'_{ij} = \{r_{ij}^l, r_{ij}^p, r_{ij}^q, r_{ij}^u\} = \left(\frac{a_j^-}{x_{ij}^l}, \frac{a_j^-}{x_{ij}^p}, \frac{a_j^-}{x_{ij}^q}, \frac{a_j^-}{x_{ij}^u} \right)$$

Με

$$a_j^* = \max_i x_{ij}^u \text{ με } i = 1, 2, \dots, m; j \in \Omega_B$$

$$a_j^- = \min_i x_{ij}^l \text{ με } i = 1, 2, \dots, m; j \in \Omega_C$$

Τέλος πολλαπλασιάζουμε τα ομαλοποιημένα δεδομένα με τα βάρη τα οποία έχουν οριστεί από τον αποφασίζοντα και λαμβάνουμε τον τελικό πίνακα:

$$V = \begin{matrix} v_{11} & \cdots & v_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{m1} & \cdots & v_{mn} \end{matrix}$$

$$\text{Με } v_{ij} = v_{ij}^l, v_{ij}^p, v_{ij}^q, v_{ij}^u = (x_{ij}^l w_j^l, x_{ij}^p w_j^p, x_{ij}^q w_j^q, x_{ij}^u w_j^u)$$

Στη συνέχεια και με την βοήθεια του πίνακα απόφασης V που περιλαμβάνει ομαλοποιημένες τιμές θα γίνει ο υπολογισμός των πινάκων συμφωνίας και ασυμφωνίας του προβλήματος που εξετάζεται. Λαμβάνοντας υπόψη δύο δράσεις A_g και A_f , το σύνολο συμφωνία μπορεί να οριστεί ως $J_c = \{j \mid v_{gi} > v_{fi}\}$ όπου J_c είναι ο δείκτης του συνόλου των κριτηρίων που ανήκουν στην αντιστοίχια συνασπισμό με τη σχέση υπεροχής $A_g S A_f$.

Για να μπορέσουμε να συγκρίνουμε ανά δύο όλες τις εναλλακτικές μεταξύ τους για να μπορέσουμε να υπολογίσουμε και τις σχέσεις υπεροχής θα πρέπει αρχικά να πραγματοποιηθεί ο υπολογισμός του Hamming Distance[30]. Για τον υπολογισμό του hamming distance αρχικά πρέπει να υπολογιστεί το ανώτατο όριο $\max\{v_{gi}, v_{fi}\}$. Στη συνέχεια υπολογίζεται το Hamming Distance $d(\max\{v_{gi}, v_{fi}\}, v_{gi})$ και $d(\max\{v_{gi}, v_{fi}\}, v_{fi})$. Συνεπώς, $v_{gi} \geq v_{fi}$ εάν και μόνο εάν $(\max\{v_{gi}, v_{fi}\}, v_{fi}) \geq d(\max\{v_{gi}, v_{fi}\}, v_{gi})$.

$$C = \begin{matrix} - & \cdots & c_{1f} & c_{1(m-1)} & \cdots & c_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{g1} & \cdots & c_{gf} & \ddots & c_{g(m-1)} & \cdots & c_{gm} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ c_{m1} & \cdots & c_{mf} & c_{m(m-1)} & \cdots & - \end{matrix}$$

Όπου

$$c_{gf} = c_{ij}^l, c_{ij}^p, c_{ij}^q, c_{ij}^u = W_j = (w_j^l, w_j^p, w_j^q, w_j^u)_{\substack{j \in J_c \\ j \in J_c \\ j \in J_c \\ j \in J_c \\ j \in J_c}}$$

Για την δημιουργία του πίνακα ασυμφωνίας αρχικά υπολογίζουμε το σύνολο J_d για το οποίο ισχύει $J_d = \{j \mid v_{gi} \leq v_{fi}\}$. με τη βοήθεια της μεθόδου Hamming Distance γνωρίζουμε ότι $v_{gi} \leq v_{fi}$ εάν και μόνο εάν $(\max\{v_{gi}, v_{fi}\}, v_{fi}) \leq d(\max\{v_{gi}, v_{fi}\}, v_{gi})$. Έτσι βρίσκοντας τα στοιχεία που ανήκουν στο υποσύνολο J_d υπολογίζεται και ο πίνακας ασυμφωνίας.

$$D = \begin{matrix} - & \cdots & d_{1f} & d_{1(m-1)} & \cdots & d_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{g1} & \cdots & d_{gf} & \ddots & d_{g(m-1)} & \cdots & d_{gm} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ d_{m1} & \cdots & d_{mf} & d_{m(m-1)} & \cdots & - \end{matrix}$$

Όπου

$$d_{gf} = \frac{\max_{j \in J_d} v_{gi} - v_{fi}}{\max_j v_{gi} - v_{fi}} = \max_{j \in J_d} (\max\{v_{gi}, v_{fi}\}, v_{fi}) / \max_j (\max\{v_{gi}, v_{fi}\}, v_{gi})$$

Τώρα, θα αξιολογήσουν οι τιμές της μήτρας συμφωνίας με βάση το επίπεδο συμφωνίας. Το επίπεδο συμφωνίας ορίζεται σας $C = (c^l, c^p, c^q, c^u)$ όπου κάθε στοιχείο είναι ίσο με το μέσο όρο των αντίστοιχων στοιχείων του πίνακα συμφωνίας.

$$\begin{aligned} c^l &= \frac{m}{f=1} \frac{m}{g=1} c_{gf}^l / m - 1 \\ c^p &= \frac{m}{f=1} \frac{m}{g=1} c_{gf}^p / m - 1 \\ c^q &= \frac{m}{f=1} \frac{m}{g=1} c_{gf}^q / m - 1 \end{aligned}$$

$$c^u = \prod_{f=1}^m \prod_{g=1}^m c_{gf}^u / m^{m-1}$$

Συνεπώς προκύπτει μια νέα μήτρα Β τις οποίες οι τιμές επηρεάζονται από το επίπεδο συμφωνίας που υπολογίστηκε παραπάνω και έχουμε:

$$B = \begin{matrix} - & \cdots & b_{1f} & b_{1(m-1)} & \cdots & b_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{g1} & \cdots & b_{gf} & b_{g(m-1)} & \cdots & b_{gm} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ b_{m1} & \cdots & b_{mf} & b_{m(m-1)} & \cdots & - \end{matrix}$$

Με

$$c_{gf} \geq C \Leftrightarrow b_{gf} = 1$$

$$c_{gf} < C \Leftrightarrow b_{gf} = 0$$

Ομοίως υπολογίζεται και το επίπεδο ασυμφωνίας D μέσω του πίνακα ασυμφωνίας έτσι προκύπτει νέα μήτρα Η η οποία έχει την παρακάτω μορφή:

$$H = \begin{matrix} - & \cdots & h_{1f} & h_{1(m-1)} & \cdots & h_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{g1} & \cdots & h_{gf} & h_{g(m-1)} & \cdots & h_{gm} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ h_{m1} & \cdots & h_{mf} & h_{m(m-1)} & \cdots & - \end{matrix}$$

Με

$$d_{gf} \geq D \Leftrightarrow h_{gf} = 1$$

$$d_{gf} < D \Leftrightarrow h_{gf} = 0$$

Τέλος μέσω των πινάκων Η και Β μπορούμε και υπολογίζουμε τον τελικό πίνακα υπεροχής. Εξετάζουμε εάν και τα δύο στοιχεία των πινάκων που βρίσκονται στην ίδια θέση έχουν τιμή 1 τότε στο τελικό πίνακα στην αντίστοιχη θέση βάζουμε την τιμή ένα αλλιώς βάζουμε την τιμή μηδέν ($z_{gf} = h_{gf} b_{gf}$).

$$Z = B \otimes H$$

3.2 1^η Εναλλακτική μεθοδολογία για το Fuzzy ELECTRE I για ομαδικές αποφάσεις

Στην πρώτη εναλλακτική μεθοδολογία που εξετάστηκε αποφασίστηκε η ομαδοποίηση των αποτελεσμάτων να πραγματοποιηθεί μετά την ολοκλήρωση του αλγορίθμου. Ειδικότερα ακολουθήθηκε η μεθοδολογία που αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα χωρίς ωστόσο να ληφθεί υπόψη το βήμα της ομαδοποίησης των δεδομένων. Οπότε εκτελούνται k διαφορετικά μοντέλα ατομικών αποφάσεων ασαφής λογικής όσοι και οι αποφασίζοντες.

Στην συνέχεια θα πρέπει να συγκεντρωθούν όλα τα αποτελέσματα των ατομικών μοντέλων και βγει ένα τελικό ομαδικό αποτέλεσμα. Οι τρόποι για να γίνει η όλη διαδικασία είναι αρκετοί και παρακάτω θα σας παρουσιαστούν τρεις από αυτούς τους τρόπους.

- Ομοφωνία μελών

Σε αυτό τον τρόπο επιλογής τελικής απόφασης όλοι οι αποφασίζοντες θα πρέπει να συμφωνήσουν στην βέλτιστη ή βέλτιστες λύσεις. Ζητάτε δηλαδή να υπάρχει ομοφωνία στην

απόφαση ενώ κάθε διαφορετική γνώμη αποτελεί βέτο στην εύρεση του τελικής λύσης. Η μεθοδολογία αυτή χαρακτηρίζεται αρκετά αυστηρή και δεν χρησιμοποιείται σε προβλήματα τα οποία κάθε αποφασίζων εξυπηρετεί αντίθετες προς τους άλλους απόψεις. Ταυτόχρονα αποφεύγεται σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν πολλοί αποφασίζοντες διότι η περίπτωση να μη βρεθεί τελική βέλτιστη λύση είναι περισσότερο εφικτή.

- *Πλειοψηφία μελών*

Η πλειοψηφία των μελών είναι μια σχετικά απλή διαδικασία. Εφαρμόζεται κατά κόρον στην κοινωνία μας γενικότερα και δεν θα μπορούσε να αποτελεί εξαίρεση η διαδικασία λήψης συλλογικών αποφάσεων. Σε αυτή την περίπτωση για να θεωρηθεί μια εναλλακτική λύση ικανοποιητική θα πρέπει τουλάχιστον το 51% να συμφωνεί με την απόφαση. Η διαδικασία αυτή αποτελεί την θεμελιώδη λογική της δημοκρατίας και φαίνεται η πιο λογική. Εφαρμόζεται συνήθως σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν πάρα πολλοί αποφασίζοντες σε ένα πρόβλημα. Παρόλα αυτά παρουσιάζει ένα σημαντικό μειονέκτημα. Δεν λαμβάνει καθόλου υπόψη την μειοψηφία του προβλήματος η οποία πολλές φορές παίζει και αυτή σημαντικό ρόλο την επίλυση του προβλήματος.

- *Πλειοψηφία με βέτο*

Είναι μια μέθοδος η οποία έχει στοιχεία από τις δύο προηγούμενες μεθόδους. Σαν βάση για την εξαγωγή της τελικής απόφασης χρησιμοποιεί την πλειοψηφία με την μόνη διαφορά ότι δίνει δύναμη και στην μειοψηφία. Ειδικότερα για να μπορέσει μια απόφαση να είναι αποδεκτή θα πρέπει η μειοψηφία να μην ξεπερνά έναν συγκεκριμένο αριθμό. Συνήθως η μειοψηφία περιορίζεται στο 25 με 30%. Σε διαφορετική περίπτωση λαμβάνεται υπόψη η γνώμη της και ασκεί βέτο σε μια εναλλακτική του προβλήματος. Ταυτόχρονα για να ληφθεί μια απόφαση δεν χρειάζεται να υπάρχει ομόφωνη απόφαση για ένα θέμα. Είναι μια μέθοδος αρκετά αποτελεσματική που μπορεί και προσφέρει λύσεις σε πολλά προβλήματα.

Ακολουθώντας μια από τις παραπάνω μεθοδολογίες που αναλύθηκαν μπορεί να υπολογιστεί η βέλτιστη λύση του προβλήματος. Στην ουσία πρόκειται για μια μεθοδολογία διαφορετική από την αρχική που παρουσιάστηκε μιας και δίνει στους αποφασίζοντες την δυνατότητα να επιλέξουν μια μέθοδο θα ακολουθήσουν για την λήψη μια συλλογικής απόφασης. Γίνεται κατανοητό ότι η μέθοδος αυτή παρουσιάζει μια μεγαλύτερη προσαρμοστικότητα στη μεγάλη γκάμα προβλημάτων συλλογικής απόφασης που κατά καιρούς προκύπτουν.

3.3 2^η Εναλλακτική Μεθοδολογία για το Fuzzy ELECTRE I για ομαδικές αποφάσεις

Ένας εναλλακτικός τρόπος προσέγγισης του προβλήματος που εξετάστηκε στην προηγούμενη ενότητα είναι να γίνει η ενοποίηση των ατομικών δεδομένων κατά τη διάρκεια της υλοποίησης των ατομικών μοντέλων και η εξαγωγή του τελικού ομαδικού αποτελέσματος. Ειδικότερα θα γίνει η χρήση της «Νέα γενιά πολυκριτηριακών GDSM μεθόδων» η οποία αναλύθηκε στο κεφάλαιο 1.3.4.

Η όλη λογική της μεθόδου που χρησιμοποιήθηκε ήταν ότι όλοι οι αποφασίζοντες είναι αναγκασμένοι να χρησιμοποιήσουν την ίδια πολυκριτήρια μέθοδος για την επίλυση του προβλήματος σε ατομικό επίπεδο. Έτσι ο κάθε αποφασίζων εκτελεί κανονικά την όλη διαδικασία που περιγράφηκε αναλυτικά στην προηγούμενη ενότητα. Η όλη μεθοδολογία διαφοροποιείται όταν γίνει ο υπολογισμός και των πινάκων συμφωνίας και ασυμφωνίας C και D.

Ύστερα από τον υπολογισμό των ατομικών πινάκων συμφωνίας και ασυμφωνίας μια εναλλακτική λύση για τον υπολογισμό της τελικής-ομαδικής απόφασης είναι ο συνδυασμός των ατομικών τιμών και η εξαγωγή νέων ομαδικών τομών. Μια από τις ασφαλέστερες μεθόδους για την αντιμετώπιση του προβλήματος του συνδυασμού των δεδομένων είναι η χρήση της MIN-MAX θεωρίας [32]. Η χρήση του αλγορίθμου MIN – MAX για την υλοποίηση συλλογικών αποφάσεων προτάθηκε το 1984 από τους Tung Bui και Matthias Jarke[34] αλλά η ερευνα τους περιορίστηκε σε διακριτά δεδομένα. Η εναλλακτική που ακολουθεί έχει ως βάση την προσέγγιση αυτή αλλά εφαρμόζεται σε ασαφή δεδομένα σε συνδυασμό με την προσέγγιση των Adel Hatami-Marbini και Madjid Tavana

Έστω ότι από u αποφασίζοντες έχουμε u μήτρες συμφωνίας και u μήτρες ασυμφωνίας. Ορίζεται ως $c_{a_i a_k}^G$ ο ομαδική μήτρα συμφωνίας, ως $d_{a_i a_k}^G$ ο ομαδική μήτρα ασυμφωνίας. Ταυτόχρονα ορίζεται ομαδικό κατώφλι συμφωνίας p^G και ομαδικό κατώφλι ασυμφωνίας q^G .

$$\begin{aligned} c_{a_i a_k}^G &= \min |c_{a_i} c_{a_k l}| \quad l = 1, \dots, u \\ d_{a_i a_k}^G &= \max |c_{a_i} c_{a_k l}| \quad l = 1, \dots, u \\ p^G &= \min p_l \quad l = 1, \dots, u \\ q^G &= \max q_l \quad l = 1, \dots, u \end{aligned}$$

Σε ένα πρόβλημα συλλογικής απόφασης όπου τα οι αποφασίζοντες έχουν την διάθεση να συνεργαστούν ο υπολογισμός της ελάχιστης μήτρας συμφωνίας καθώς και ο υπολογισμός της μέγιστης μήτρας ασυμφωνίας βοηθάει στην μείωση των μη κυριαρχούμενων εναλλακτικών που λαμβάνουν χώρα στην ανάλυση του ατομικού προβλήματος ενός ή λίγων αποφασιζόντων.

Ωστόσο το μεγάλο μειονέκτημα της μεθόδου min-max είναι ότι λειτουργεί μόνο όταν ατομικές απόψεις των αποφασιζόντων δεν είναι ακραίες, και(ή) ο αριθμός των εναλλακτικών λύσεων είναι αρκετά μεγάλο ώστε να δημιουργήσει συναίνεση. Κάθε αποφασίζων της ομάδας μπορεί να εμποδίσει τη λήψη μια τελικής ομαδική απόφαση δίνοντας ένα χαμηλό όριο ασυμφωνίας ή διαφωνώντας πλήρως κατά την αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων. Για την αποφυγή του προβλήματος αυτού μια ενδεδειγμένη λύση είναι να γίνει επιλογή μιας μεθόδου συλλογικό αποφάσεων που θα έρχονται πιο κοντά σε ένα σύστημα ψηφοφορίας.

3.4 Παράδειγμα λύσης

Σε αυτή την ενότητα θα παρουσιαστεί ένα παράδειγμα το οποίο θα είναι βασισμένο στην θεωρία του προηγούμενης ενότητας. Σκοπό είναι να γίνει πιο κατανοητός ο τρόπος λειτουργίας του αλγορίθμου που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Το πρόβλημα μας θα εξετάσει ποια είναι η ιδανικότερη χώρα για αναζήτηση επαγγελματικής στέγης εξαιρουμένου του ελλαδικού χώρου. Το πρόβλημα θα περιλαμβάνει 5 εναλλακτικές λύσεις τις A1(Λονδίνο), A2(Παρίσι), A3(Μόναχο), A4(Μαδρίτη), A5(Άμστερνταμ). Οι αποφασίζοντες του προβλήματος θα πρέπει να βαθμολογήσουν τις παραπάνω εναλλακτικές με βάση τρία κριτήρια τα C1(απόσταση από την Ελλάδα), C2(προσαρμογή στον τρόπο ζωής), C3(κόστος ζωής).

Η αξιολόγηση των κριτηρίων όσον αφορά το πόσο σημαντικά είναι θα γίνει με την βοήθεια των παρακάτω λεκτικών όρων: very low, low, medium low, medium, medium high, high, very high τα οποία παρουσιάζονται αναλυτικά στον πίνακα 3.1.

Λεκτικές τιμές	Αριθμοί fuzzy
Very low(VL)	(0,0,0.1,0.2)
Low(L)	(0.1,0.2,0.2,0.3)
Medium low(ML)	(0.2,0.3,0.4,0.5)
Medium(M)	(0.4,0.5,0.5,0.6)
Medium High(MH)	(0.5,0.6,0.7,0.8)
High(H)	(0.7,0.8,0.8,0.9)
Very High(VH)	(0.8,0.9,1,1)

Σχήμα 3.1 Αξιολόγηση των κριτηρίων

Η αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων σε σχέση πάντα με τα κριτήρια του προβλήματος θα αξιολογηθούν με τους παρακάτω λεκτικούς όρους: very poor, poor, medium poor, fair, medium good, good, very good τα οποία παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα(Πίνακας 3.2).

Λεκτικές τιμές	Αριθμοί fuzzy
Very poor(VP)	(0,0,1,2)
poor (P)	(1,2,2,3)
Medium poor (MP)	(2,3,4,5)
fair(F)	(4,5,5,6)
Medium good (MG)	(5,6,7,8)
good (G)	(7,8,8,9)
Very good(VG)	(8,9,10,10)

Σχήμα 3.2 αξιολόγηση των εναλλακτικών

Κάθε αποφασίζων θα ορίσει ξεχωριστά ,με βάση τα προσωπικά του πιστεύω, τις λεκτικές τιμές τόσο για το πόσο σημαντικά είναι τα κριτήρια όσο και για την αξιολόγηση των εναλλακτικών με βάση τα κριτήρια. Παρακάτω θα παρουσιαστεί βήμα βήμα η όλη διαδικασία με την βοήθεια παραδείγματος.

✓ Βήμα 1°

Όλοι οι αποφασίζοντες του προβλήματος θα αξιολογήσουν τα κριτήρια με βάση του λεκτικούς όρους που παρουσιάστηκαν προηγουμένως(πίνακας 3.1). Όπως έχουμε αναφέρει πρόκειται για προσωπικές απόψεις και δεν υπάρχει συνεργασία μεταξύ των μελών της ομάδος. Στο πρόβλημα λαμβάνουν μέρος 3 αποφασίζοντες και οι απόψεις τους απεικονίζονται στο πίνακα 3.3.

Criteria	DMs		
	e1	e2	e3
C1	H	M	VH
C2	VH	H	L
C3	L	L	H

Σχήμα 3.3 αξιολόγηση των κριτηρίων με βάση τις εναλλακτικές

✓ Βήμα 2°:

Ο κάθε αποφασίζων στην συνέχεια πρέπει να αξιολογήσει τις όλες εναλλακτικές του προβλήματος συναρτήσει πάντα των κριτηρίων που ορίστηκαν αρχικά στο πρόβλημα. Ο παρακάτω πίνακας(πίνακας 3.4) παρουσιάζει τις αξιολογήσεις ενός αποφασίζοντος.

criteria	Alternatives	DMs		
		D1	D2	D3
C1	A1	G	MP	P
	A2	P	G	MG
	A3	F	MG	G
	A4	MG	G	G
	A5	G	P	G
C2	A1	F	MG	F
	A2	MG	G	MG
	A3	F	F	P
	A4	G	F	G
	A5	P	G	F
C3	A1	P	G	P
	A2	MG	MG	P
	A3	G	P	G
	A4	P	MG	G
	A5	VP	P	MP

Σχήμα 3.4 αξιολόγηση των εναλλακτικών με βάση τα κριτήρια

✓ Βήμα 3^ο

Στη συνέχεια οι λεκτική όροι που δόθηκαν από τους αποφασίζοντες «μεταφράζονται» σε τραπεζοειδείς fuzzy αριθμούς με την βοήθεια των πινάκων 3.1 και 3.2. Για κάθε χρήστη έχουμε ένα fuzzy decision πίνακα του οποίου οι τιμές στην συνέχεια ομαλοποιούνται με βάση την θεωρία που αναφέραμε προηγουμένως. Τέλος ο νέος πίνακας θα ενσωματώσει μέσα στις τιμές του και τα βάρη που ορίστηκαν. Έτσι ο τελικός πίνακας είναι κατάλληλα τροποποιημένος ώστε να χρησιμοποιηθεί για την συνέχιση της όλης διαδικασίας εύρεσης της βέλτιστης λύσης σε ατομικό επίπεδο.

	C1	C2	C3
A1	(7,8,8,9)	(4,5,5,6)	(1,2,2,3)
A2	(1,2,2,3)	(5,6,7,8)	(5,6,7,8)
A3	(4,5,5,6)	(4,5,5,6)	(7,8,8,9)
A4	(5,6,7,8)	(7,8,8,9)	(1,2,2,3)
A5	(7,8,8,9)	(1,2,2,3)	(0,0,1,2)
Weight	(0.7,0.8,0.8,0.9)	(0.8,0.9,1,1)	(0.1,0.2,0.2,0.3)

Σχήμα 3.5 οι fuzzy τιμές των εναλλακτικών και τα fuzzy βάρη των κριτηρίων

	C1	C2	C3
A1	(0.7, 0.8, 0.8, 0.9)	(0.4, 0.5, 0.5, 0.6)	(0.1, 0.2, 0.2, 0.3)
A2	(0.1, 0.2, 0.2, 0.3)	(0.5, 0.6, 0.7, 0.8)	(0.5, 0.6, 0.7, 0.8)
A3	(0.4, 0.5, 0.5, 0.6)	(0.4, 0.5, 0.5, 0.6)	(0.7, 0.8, 0.8, 0.9)
A4	(0.5, 0.6, 0.7, 0.8)	(0.7, 0.8, 0.8, 0.9)	(0.1, 0.2, 0.2, 0.3)
A5	(0.7, 0.8, 0.8, 0.9)	(0.1, 0.2, 0.2, 0.3)	(0,0, 0.1, 0.2)

Σχήμα 3.6 ομαλοποιημένος πίνακας αποφάσεων

	C1	C2	C3
A1	(0.49, 0.64, 0.64, 0.81)	(0.32, 0.45, 0.5, 0.6)	(0.01, 0.04, 0.04, 0.09)
A2	(0.07, 0.16, 0.16, 0.27)	(0.4, 0.54, 0.7, 0.8)	(0.05, 0.12, 0.14, 0.24)
A3	(0.28, 0.4, 0.4, 0.54)	(0.32, 0.45, 0.5, 0.6)	(0.07, 0.16, 0.16, 0.27)
A4	(0.35, 0.48, 0.56, 0.72)	(0.56, 0.72, 0.8, 0.9)	(0.01, 0.04, 0.04, 0.09)
A5	(0.49, 0.64, 0.64, 0.81)	(0.08, 0.18, 0.2, 0.3)	(0,0, 0.02, 0.06)

Σχήμα 3.7 ομαλοποιημένος πίνακας αποφάσεων πολλαπλασιασμένος με τα βάρη των κριτηρίων

✓ Βήμα 4^ο

Λαμβάνοντας τα τελικά δεδομένα του προβλήματος μας υπολογίζουμε τις σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ των εναλλακτικών για κάθε κριτήριο ξεχωριστά. Η απόσταση αυτή υπολογίζεται μέσω της μεθόδου Hamming distance. Πρέπει να αναφερθεί ότι ο πρώτος αριθμός στο πίνακα αντιπροσωπεύει το $d(\max v_{g_i}, v_{f_i}, v_{g_i})$ και ο δεύτερος το $d(\max v_{g_i}, v_{f_i}, v_{f_i})$.

	x_{11}	x_{21}	x_{31}	x_{41}	x_{51}
x_{11}	-	(0,0.48)	(0,0.24)	(0,0.12)	(0,0)
x_{21}	-	-	(0.24,0)	(0.36,0)	(0.48,0)
x_{31}	-	-	-	(0.12,0)	(0.24,0)
x_{41}	-	-	-	-	(0.12,0)
x_{51}	-	-	-	-	--

Σχήμα 3.8: Hamming Distance μεταξύ των εναλλακτικών για το κριτήριο C1

	x_{12}	x_{22}	x_{32}	x_{42}	x_{52}
x_{12}	-	(0.145,0)	(0,0)	(0.285,0)	(0,0.285)
x_{22}	-	-	(0,0.145)	(0.14,0)	(0,0.43)
x_{32}	-	-	-	(0.285,0)	(0,0.285)
x_{42}	-	-	-	-	(0,0.57)
x_{52}	-	-	-	-	--

Σχήμα 3.9: Hamming Distance μεταξύ των εναλλακτικών για το κριτήριο C2

	x_{13}	x_{23}	x_{33}	x_{43}	x_{53}
x_{13}	-	(0.09,0)	(0.12,0)	(0,0)	(0,0.03)
x_{23}	-	-	(0.03,0)	(0,0.09)	(0,0.12)
x_{33}	-	-	-	(0,0.12)	(0,0.15)
x_{43}	-	-	-	-	(0,0.03)
x_{53}	-	-	-	-	--

Σχήμα 3.10: Hamming Distance μεταξύ των εναλλακτικών για το κριτήριο C3

✓ Βήμα 5^ο

Στη συνέχεια πραγματοποιείται ο υπολογισμός των πινάκων συμφωνίας και ασυμφωνίας με τη βοήθεια των πινάκων 3.8,3.9 και 3.10. Ο υπολογισμός των πινάκων 3.11, 3.12 και 3.13 γίνεται μέσω της θεωρίας που παρουσιάστηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Τέλος γίνεται και η μετατροπή των πινάκων συμφωνίας και ασυμφωνίας που υπολογίστηκαν σε Boolean πίνακες συμφωνίας και ασυμφωνίας αντίστοιχα.

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
A_1	-	(0.7,0.8,0.8,0.9)	(1.5,1.7,1.8,1.9)	(0.8,1,1,1.2)	(1.6,1.9,2,2.2)
A_2	(0.9,1.1,1.2,1.3)	-	(0.8,0.9,1,1)	(0.1,0.2,0.2,0.3)	(0.9,1.1,1.2,1.3)
A_3	(0.9,1.1,1.2,1.3)	(0.8,1,1,1.2)	-	(0.1,0.2,0.2,0.3)	(0.9,1.1,1.2,1.3)
A_4	(0.9,1.1,1.2,1.3)	(1.5,1.7,1.8,1.9)	(1.5,1.7,1.8,1.9)	-	(0.9,1.1,1.2,1.3)
A_5	(0.7,0.8,0.8,0.9)	(0.7,0.8,0.8,0.9)	(0.7,0.8,0.8,0.9)	(0.7,0.8,0.8,0.9)	--

Σχήμα 3.11: πίνακας συμφωνίας

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
A_1	-	0.302	0.5	1	0
A_2	1	-	1	1	1
A_3	1	0.604	-	1	0.842
A_4	0.421	0.25	0.421	-	0.21
A_5	1	0.895	1	1	--

Σχήμα 3.12: πίνακας ασυμφωνίας

$$c^l = 0.885 \quad c^p = 1.055 \quad c^q = 1.1 \quad c^u = 1.225$$

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
A_1	-	0	1	1	1
A_2	1	-	0	0	1
A_3	1	0	-	0	1
A_4	1	0	1	-	1
A_5	0	0	0	0	--

Σχήμα 3.13: Boolean πίνακας συμφωνίας B

$$D = 0.72225$$

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
A_1	-	1	1	0	1
A_2	0	-	0	0	0
A_3	0	1	-	0	1
A_4	1	1	1	-	0
A_5	0	0	0	0	--

Σχήμα 3.14: Boolean πίνακας ασυμφωνίας H

✓ Βήμα 6^ο

Τέλος γίνεται ο υπολογισμός του πίνακα υπεροχής ο οποίος προκύπτει ύστερα από τον συνδυασμό των πινάκων 3.13 και 3.14.

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
A_1	-	0	1	0	1
A_2	0	-	0	0	0
A_3	0	0	-	0	1
A_4	1	0	1	-	0
A_5	0	0	0	0	--

Σχήμα 3.15: Τελικός πίνακας

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι οι εναλλακτικές A_2 και A_4 είναι η βέλτιστες λύσεις του προβλήματος διότι επαληθεύουν τις δύο βασικές ιδιότητες:

$$1) \forall b \in A - K, \exists a \in K: aSb$$

$$2) \forall a, a' \in K, a / S a' \text{ και } a' / S a$$

Αντιθέτως οι εναλλακτικές A_1, A_3, A_5 δεν αποτελούν λύσεις του προβλήματος γιατί υπάρχουν εναλλακτικές οι οποίες υπερέχουν έναντι αυτών.

✓ Βήμα 7^ο

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο για εύρεση του ομαδικού αποτελέσματος σε ένα πρόβλημα υπάρχουν ποικίλοι τρόποι με τους οποίους τα ατομικά αποτελέσματα μπορούν να συνδυαστούν με στόχο τον υπολογισμό του τελικού ομαδικού αποτελέσματος. Απαραίτητη προϋπόθεση για την εύρεση του ομαδικής βέλτιστης λύσης είναι η ύπαρξη των τελικών αποτελεσμάτων όλων των ατομικών μοντέλων των αποφασιζόντων λαμβάνουν μέρος στην διαδικασία.

DM1

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
A_1	-	0	0	0	1
A_2	0	-	0	0	0
A_3	1	0	-	0	0
A_4	1	0	1	-	0
A_5	0	0	0	0	--

DM2

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
A_1	-	0	0	0	0
A_2	0	-	0	0	0
A_3	1	0	-	0	0
A_4	1	1	0	-	0
A_5	1	0	0	0	--

DM3

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
A_1	-	0	0	0	0
A_2	1	-	1	0	0
A_3	1	0	-	0	0
A_4	1	1	1	-	0
A_5	0	0	0	0	--

DM4

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
A_1	-	0	1	0	1
A_2	0	-	0	0	0
A_3	0	1	-	0	1
A_4	0	0	1	-	1
A_5	0	1	0	0	--

DM5

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
A_1	-	0	0	0	0
A_2	0	-	1	0	0
A_3	1	0	-	0	0
A_4	1	0	1	-	0
A_5	1	0	1	0	--

Σχήμα 3.16: Τελικός πίνακας

Στους παραπάνω πίνακες παρουσιάζονται τα τελικά ατομικά αποτελέσματα 5 διαφορετικών αποφασιζόντων. Κάθε πίνακας αντικατοπτρίζει τις ατομικές προτιμήσεις των αποφασιζόντων. Η διαφορετικότητα που παρουσιάζεται στους παραπάνω πίνακες είναι αποτέλεσμα των διαφορετικών προτιμήσεων που έχει ο κάθε αποφασίζων για το συγκεκριμένο πρόβλημα. Παρακάτω θα παρουσιαστούν οι τρεις διαφορετικοί τρόποι συνδυασμού των ατομικών προτιμήσεων για την εύρεση του ομαδικού αποτελέσματος.

	DM_1	DM_2	DM_3	DM_4	DM_5
A_1	0	0	0	1	0
A_2	1	0	0	0	1
A_3	0	1	0	0	0
A_4	1	1	1	1	1
A_5	0	1	1	0	1

Πίνακας 3.17: Τελικός ομαδικός πίνακας

Ο πίνακας 3.17 παρουσιάζει το τελικό ομαδικό αποτέλεσμα του προβλήματος. Ο υπολογισμός αυτού προέκυψε ύστερα από τον συνδυασμό των τελικών ατομικών πινάκων (Πίνακας 3.16) στηριζόμενος πάντα στην θεωρία που αναλύθηκε στη προηγούμενη ενότητα. Προσπαθώντας να γίνουν κατανοητά τα αποτελέσματα που πίνακα 3.17 αναφέρουμε ότι ο αριθμός 1 συμβολίζει ότι η συγκεκριμένη εναλλακτική αποτελεί βέλτιστη λύση για τον συγκεκριμένο αποφασίζοντα. Αντίστοιχα το 0 σημαίνει ότι δεν αποτελεί βέλτιστη λύση του προβλήματος και άρα υπάρχει άλλη εναλλακτική λύση που υπερέρχει έναντι αυτής

1. Έτσι με βάση την θεωρία της **απλής πλειοψηφίας** η βέλτιστες λύσεις του ομαδικού μοντέλου είναι η A_4 με 100% αποδοχή (όλοι οι αποφασίζοντες την θεωρούν βέλτιστη λύση) και η A_5 με 60% αποδοχή από του αποφασίζοντες. Αντίθετα οι άλλες εναλλακτικές λύσεις

παρουσιάζουν χαμηλότερο από το 50% βαθμό αποδοχής και άρα δεν αποτελούν βέλτιστες λύσεις του προβλήματος.

2. Με βάση την θεωρία της ομοφωνίας όλων των μελών (**καθολική αποδοχή**) βέλτιστη λύση αποτελεί μόνο η A_4 διότι όλοι οι χρήστες την θεωρούν βέλτιστη λύση. Αντιθέτως στις υπόλοιπες 4 υπάρχει τουλάχιστον ένας αποφασίζων που δεν συμφωνεί με του υπόλοιπους. Για παράδειγμα η εναλλακτική A_5 δεν αποτελεί βέλτιστη λύση διότι ο αποφασίζων DM1 και ο αποφασίζων DM4 δεν τη θεωρούν ως βέλτιστη λύση του προβλήματος.
3. Στο Τρίτη περίπτωση αρχικά θα πρέπει να ορίσουμε ένα κατώφλι βέτο. Το βέτο θα ασκεείται όταν θα υπάρχουν τουλάχιστον 2 αποφασίζοντες που διαφωνούν για το ότι μια λύση αποτελεί βέλτιστη λύση. Ειδικότερα από τον πίνακα 3.17 βλέπουμε ότι πάλι βέλτιστη λύση αποτελεί το A_4 υπάρχει 100% αποδοχή από τους αποφασίζοντες. Η εναλλακτική A_5 δεν αποτελεί βέλτιστη λύση διότι υπάρχουν τουλάχιστον 2 αποφασίζοντες που δεν θεωρούν την εναλλακτική A_5 ως βέλτιστη λύση. Αν όμως ο αποφασίζων DM1 θεωρούσε την A_5 βέλτιστη λύση τότε και αυτή θα αποτελούσε λύση του προβλήματος διότι λιγότεροι από 2 αποφασίζοντες (ένας μόνο αποφασίζων) δεν θεωρούν την λύση A_5 ως βέλτιστη λύση.

3.5 Παράδειγμα εναλλακτικής λύσης

Όπως έχει ειπωθεί και σε προηγούμενη ενότητα (Κεφάλαιο 3.3) η εναλλακτική λύση που προτείνεται όσον αφορά την συγχώνευση των ατομικών προτιμήσεων για την εξαγωγή ενός τελικού ομαδικού αποτελέσματος δεν διαφέρει σε μεγάλο βαθμό με την μέθοδο που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 3.2. Αντιθέτως και η εναλλακτική μας μέθοδο ακολουθεί την ίδια λογική μέχρι ένα σημείο. Για να γίνουν πιο κατανοητά παρακάτω θα παρουσιαστεί η θεωρία που περιγράφηκε σε παράδειγμα.

Επειδή η όλη διαδικασία είναι παρεμφερής με το προηγούμενο παράδειγμα θα επιλέξουμε να επικεντρωθούμε απευθείας στα σημεία στα οποία παρουσιάζονται σημαντικές διαφοροποιήσεις. Έστω ότι για την λήψη της μια συλλογικής απόφασης λαμβάνουν μέρος δύο αποφασίζοντες. Ακολουθώντας την διαδικασία που περιγράφηκε στο *Κεφάλαιο 3.2* λαμβάνουμε τις δύο παρακάτω μήτρες συμφωνίας και ασυμφωνίας.

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
A_1	-	(0.7,0.8,0.8,0.9)	(1.5,1.7,1.8,1.9)	(0.8,1,1,1.2)	(1.6,1.9,2,2.2)
A_2	(0.9,1.1,1.2,1.3)	-	(0.8,0.9,1,1)	(0.1,0.2,0.2,0.3)	(0.9,1.1,1.2,1.3)
A_3	(0.9,1.1,1.2,1.3)	(0.8,1,1,1.2)	-	(0.1,0.2,0.2,0.3)	(0.9,1.1,1.2,1.3)
A_4	(0.9,1.1,1.2,1.3)	(1.5,1.7,1.8,1.9)	(1.5,1.7,1.8,1.9)	-	(0.9,1.1,1.2,1.3)
A_5	(0.7,0.8,0.8,0.9)	(0.7,0.8,0.8,0.9)	(0.7,0.8,0.8,0.9)	(0.7,0.8,0.8,0.9)	--

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
A_1	-	0.302	0.5	1	0
A_2	1	-	1	1	1
A_3	1	0.604	-	1	0.842
A_4	0.421	0.25	0.421	-	0.21
A_5	1	0.895	1	1	--

Σχήμα 3.18: πίνακας συμφωνίας και ασυμφωνίας του DM1

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
A_1	-	(0.1,0.2,0.2,0.3)	(0.8,1,1,1.2)	(0.8,1,1,1.2)	(0.1,0.2,0.2,0.3)
A_2	(1.1,1.3,1.3,1.5)	-	(1.2,1.5,1.5,1.8)	(1.2,1.5,1.5,1.8)	(1.2,1.5,1.5,1.8)
A_3	(0.4,0.5,0.5,0.6)	(0,0,0,0)	-	(0.7,0.8,0.8,0.9)	(0.5,0.7,0.7,0.9)
A_4	(0.4,0.5,0.5,0.6)	(0.5,0.7,0.7,0.9)	(1.2,1.5,1.5,1.8)	-	(0.5,0.7,0.7,0.9)
A_5	(1.1,1.3,1.3,1.5)	(0.7,0.8,0.8,0.9)	(0.8,1,1,1.2)	(0.7,0.8,0.8,0.9)	--

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
A_1	-	1	1	1	1
A_2	0.11	-	0	0	0
A_3	0.8	1	-	1	1
A_4	0.53	1	0	-	0.8
A_5	1	1	0.93	1	--

Σχήμα 3.19: πίνακας συμφωνίας και ασυμφωνίας του DM2

Στη συνέχεια μέσω των ατομικών πινάκων συμφωνίας και ασυμφωνίας των αποφασιζόντων υπολογίζονται δύο νέοι πίνακες βασιζόμενοι στην θεωρία που παρουσιάστηκε στην ενότητα 3.3. με την βοήθεια της θεωρίας MIN-MAX εξαγονται οι παρακάτω ομαδικοί πίνακες συμφωνίας και ασυμφωνίας.

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
A_1	-	(0.1,0.2,0.2,0.3)	(0.8,1,1,1.2)	(0.8,1,1,1.2)	(0.1,0.2,0.2,0.3)
A_2	(0.9,1.1,1.2,1.3)	-	(0.8,0.9,1,1)	(0.1,0.2,0.2,0.3)	(0.9,1.1,1.2,1.3)
A_3	(0.4,0.5,0.5,0.6)	(0.8,1,1,1.2)	-	(0.1,0.2,0.2,0.3)	(0.5,0.7,0.7,0.9)
A_4	(0.4,0.5,0.5,0.6)	(0.5,0.7,0.7,0.9)	(1.2,1.5,1.5,1.8)	-	(0.5,0.7,0.7,0.9)
A_5	(0.7,0.8,0.8,0.9)	(0.7,0.8,0.8,0.9)	(0.7,0.8,0.8,0.9)	(0.7,0.8,0.8,0.9)	--

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
A_1	-	1	1	1	1
A_2	1	-	1	1	1
A_3	1	1	-	1	1
A_4	0.53	1	0.421	-	0.8
A_5	1	1	1	1	--

Σχήμα 3.19: πίνακας συμφωνίας και ασυμφωνίας ομαδικής απόφασης

Τα επόμενα βήματα που ακολουθούν είναι ίδια ακριβώς με τα βήματα που παρουσιάστηκαν αναλυτικά σε προηγούμενο κεφάλαιο. Ειδικότερα μέσω το νέων δεδομένων που προέκυψαν από την ενοποίηση των ατομικών δεδομένων γίνεται ο υπολογισμός του επιπέδου συμφωνίας και ασυμφωνίας του εξεταζόμενου προβλήματος.

$$c^l = 0.485 \quad c^p = 0.635 \quad c^q = 0.65 \quad c^u = 0.785$$

$$D = 0.93755$$

Ο Boolean πίνακας συμφωνίας B , που προκύπτει ύστερα από τον υπολογισμό του επιπέδου συμφωνίας C , είναι ο παρακάτω.

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
A_1	-	0	1	1	0
A_2	1	-	1	0	1
A_3	0	1	-	0	1
A_4	0	1	1	-	1
A_5	1	1	1	1	--

Σχήμα 3.20: Boolean πίνακας συμφωνίας B

Αντίστοιχα υπολογίζεται και ο Boolean πίνακας ασυμφωνίας H συμφωνώ πάντα με την μεθοδολογία που παρουσιάστηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο (Κεφάλαιο 3.1).

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
A_1	-	0	0	0	0
A_2	0	-	0	0	0
A_3	0	0	-	0	0
A_4	1	0	1	-	1
A_5	0	0	0	0	--

Σχήμα 3.21: Boolean πίνακας ασυμφωνίας H

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
A_1	-	0	0	0	0
A_2	0	-	0	0	0
A_3	0	0	-	0	0
A_4	0	0	1	-	1
A_5	0	0	0	0	--

Σχήμα 3.22: Τελικός πίνακας

Άρα οι βέλτιστες και άρα πιθανές λύσεις του προβλήματος που εξετάζεται μέσω της ομαδικής λήξης αποφάσεων είναι η επιλογή A_2 και η επιλογή A_4 διότι είναι υπερέχουν το άλλων εναλλακτικών και ταυτόχρονα δεν είναι δυνατή η σύγκριση αυτών (Βλέπε Κεφ. 1.4).

3.6 Σύγκριση Μεθόδων

Από τα τελικά αποτελέσματα που λαμβάνουμε από τις δύο διαφορετικές προσεγγίσεις που υλοποιήθηκαν στα δύο προηγούμενα κεφάλαια μπορούμε να συμπεράνουμε μερικές παρατηρήσεις σχετικά με την ταύτιση των αποτελεσμάτων. Αρχικά θα παρουσιαστούν οι τελικοί πίνακες και τα αποτελέσματα και των δύο προσεγγίσεων που υλοποιήθηκαν.

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
A_1	-	0	1	0	1
A_2	0	-	0	0	0
A_3	0	0	-	0	1
A_4	1	0	1	-	0
A_5	0	0	0	0	--

Σχήμα 3.23: Τελικός πίνακας πρώτης μεθοδολογίας DM1

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
A_1	-	0	0	0	0
A_2	1	-	1	1	1
A_3	0	0	-	0	0
A_4	0	0	1	-	0
A_5	0	0	0	0	--

Σχήμα 3.24: Τελικός πίνακας πρώτης μεθοδολογίας DM2

Από τον τελικό πίνακα του πρώτου αποφασίζοντος (Πίνακας 3.23) εξάγεται το συμπέρασμα ότι η βέλτιστες εναλλακτικές λύσεις με βάση τις προσωπικές του εκτιμήσεις είναι οι εναλλακτικές A_2 και A_4 . Αντίστοιχα για τον δεύτερο αποφασίζοντα η βέλτιστη εναλλακτική λύση που προκύπτει είναι A_2 μιας και δεν εξαρτάται από καμία άλλη εναλλακτική λύση. Στη πρώτη προσέγγιση για την ομαδοποίηση των ατομικών δεδομένων με σκοπό την εξαγωγή μιας συλλογικής απόφασης, το τελικό ομαδικό αποτέλεσμα, άρα και ο πυρήνας του προβλήματος, θα είναι:

1. Το σύνολο $\{A_2, A_4\}$ στην περίπτωση που το τελικό ομαδικό αποτέλεσμα προκύπτει από την ένωση (UNION) όλων βέλτιστων λύσεων όλων των αποφασιζόντων.
2. Το σύνολο $\{A_2\}$ στην περίπτωση που το τελικό ομαδικό αποτέλεσμα προκύπτει από την τομή των βέλτιστων εναλλακτικών των αποφασιζόντων που συμμετέχουν στο πρόβλημα. Ειδικότερα λαμβάνονται υπόψη μόνο οι εναλλακτικές για τις οποίες συμφωνούν όλοι οι αποφασίζοντες.

Στην συνέχεια παρουσιάζεται το τελικό αποτέλεσμα που προκύπτει από υλοποίηση της δεύτερης εναλλακτικής λύση η οποία παρουσιάστηκε αναλυτικά σε προηγούμενο κεφάλαιο. Η βασική διαφορά αυτής της μεθοδολογίας είναι ότι ο συνδυασμός των ατομικών μοντέλων για την εξαγωγή μιας συλλογικής απόφασης δεν πραγματοποιείται στο τέλος. Αντιθέτως ο συνδυασμός των ατομικών δεδομένων πραγματοποιείται πριν τον υπολογισμό των Boolean πινάκων συμφωνίας και ασυμφωνίας. Τα δεδομένα συνδυάζονται μεταξύ τους με την μεθοδολογία MIN-MAX που παρουσιάστηκε σε προηγούμενο παράγραφο (Παράγραφος 3.3). παρακάτω παρουσιάζεται ο τελικός πίνακας που προκύπτει εφαρμόζοντας την δεύτερη μέθοδο στις προτιμήσεις που εξέφρασαν οι αποφασίζοντες για το συγκεκριμένο πρόβλημα.

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
A_1	-	0	0	0	0
A_2	0	-	0	0	0
A_3	0	0	-	0	0
A_4	0	0	1	-	1
A_5	0	0	0	0	--

Σχήμα 3.25: Τελικός πίνακας δεύτερης μεθοδολογίας

Τα αποτελέσματα της δεύτερης μεθοδολογίας διαφέρουν αλλά όχι σημαντικά. Ο πυρήνας του δεύτερου παραδείγματος αποτελείται από περισσότερα στοιχεία συγκριτικά με το πρώτο παράδειγμα. Ειδικότερα οι εναλλακτικές που αποτελούν τον πυρήνα είναι οι A_1, A_2 και A_4 . Ταυτόχρονα παρατηρείται ότι ο πυρήνας του πρώτου παραδείγματος αποτελεί υποσύνολο του πυρήνα του δεύτερου παραδείγματος. Όσον αφορά την εναλλακτική A_1 παρατηρείται ότι ενώ στα ατομικά μοντέλα των αποφασιζόντων δεν παρουσιάζεται πουθενά ως εναλλακτική στην δεύτερη μεθοδολογία. Ωστόσο το αποτέλεσμα αυτό δεν θα πρέπει δημιουργήσει σοβαρούς προβληματισμούς. Ειδικότερα όπως έχει προαναφερθεί, η μεθοδολογία MIN-MAX δεν συνίσταται να χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου οι ατομικές γνώμες εκφράζουν ακραίες απόψεις όσον αφορά το πρόβλημα που εξετάζεται. Κάθε αποφασίζον μπορεί να μπλοκάρει μια εναλλακτική λύση είτε χρησιμοποιώντας έναν χαμηλό βέτο ασυμφωνίας είτε διαφωνώντας ολοκληρωτικά με μια εναλλακτική λύση. Στο συγκεκριμένο πρόβλημα οι αντικρουόμενες απόψεις σχετικά με εναλλακτική A_1 και τις σχέσεις εξάρτησης που έχει με τις άλλες εναλλακτικές σε συνδυασμό την μείωση των τιμών του επιπέδου συμφωνίας (C) έχει ως αποτέλεσμα την μερική αλλοίωση του αποτελέσματος. Θα πρέπει να αναφερθεί και το ότι λόγω της μεθοδολογίας MIN-MAX είναι εύκολα κατανοητό το επίπεδο συμφωνίας θα μειωθεί ενώ το επίπεδο ασυμφωνίας θα παρουσιάσει αύξηση στην τιμή του. Οπότε οι τιμές που θα αλλάξουν ως επί το πλείστο είναι αυτές που βρίσκονται κοντά σε αυτά τα όρια.

Τέλος πρέπει να γίνει και μια σύγκριση των δύο προαναφερόμενων τεχνικών με την φονταμενταλιστική τεχνική η οποία χρησιμοποιήθηκε και ως βάση για να πραγματοποιηθεί η έρευνα μας. Ειδικότερα με την κλασική μέθοδο εξαγωγή συλλογικής απόφασης σε fuzzy περιβάλλον στο ίδιο πρόβλημα λαμβάνουμε το εξής αποτέλεσμα:

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
A_1	-	0	1	0	1
A_2	0	-	0	0	1
A_3	0	0	-	0	1
A_4	1	0	1	-	1
A_5	0	0	0	0	--

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρείται ότι ο πυρήνας του προβλήματος και άρα και οι βέλτιστες εναλλακτικές λύσεις συμβαδίζουν απόλυτα με με την πρώτη εναλλακτική μέθοδο ενώ αποτελούν υποσύνολο του πυρήνα της δεύτερης εναλλακτικής μεθόδου που παρουσιάστηκε. Η ύπαρξη συσχετίσεων περισσότερων ανάμεσα στις εναλλακτικές που δεν εμφανίζονται στις προηγούμενες μεθόδους είναι απόλυτα λογικές μιας και οι ατομικές προτιμήσεις των αποφασιζόντων του προβλήματος συνδυάζονται στην αρχή πριν ξεκινήσει η όλη διαδικασία και είναι κατανοητό η ύπαρξη επιπλέον συσχετίσεων είναι απόλυτα λογική.

3.7 Συμπεράσματα

Γίνεται απόλυτα κατανοητό ότι το πρόβλημα λήψης συλλογικών αποφάσεων σε ασαφή δεδομένα είναι ένας πολύ ενδιαφέρον και περίπλοκος τομέας. Η εξέταση τριών διαφορετικών τεχνικών βασισμένων σε μια κοινή λογική μας και η σύγκριση μεταξύ τους μας βοηθάει να εξάγουμε κάποια σημαντικά συμπεράσματα. Η κοινή λογική που ακολουθείται και στις τρεις μεθόδους μας οδηγεί σε ως επί το πλείστο αποτελέσματα. Ταυτόχρονα οι όποιες μικροδιαφορές προκύπτουν τόσο στα αποτελέσματα όσο και τις συσχετίσεις μεταξύ των εναλλακτικών οφείλονται κυρίως στο ότι η ομαδοποίηση των ατομικών δεδομένων γίνεται σε διαφορετικά σημεία της υλοποίησης του αλγορίθμου έχοντας σαν συνέπεια αυτές τις διαφοροποιήσεις. Το θετικό που εξάγεται από αυτή την έρευνα είναι ότι τα τελικά αποτελέσματα δεν παρουσιάζουν δραματικές διαφορές.

Επιπλέον στο κατά πόσο οι τρεις αλγόριθμοι συμφωνούν μεταξύ του επηρεάζεται κατά ένα μεγάλο ποσοστό και από τις αποφάσεις που λαμβάνουν οι αποφασίζοντες. Το πια μεθοδολογία θα ακολουθήσουν, το πόσο αυστηροί θα είναι με τα αποτελέσματα, η αντικειμενικότητα με την οποία εξετάζουν το πρόβλημα είναι παράγοντες που πάντα θα επηρεάζουν μια συλλογική απόφαση ανεξαρτήτως από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται.

Ταυτόχρονα γεννούνται και νέα ερωτήματα σχετικά με την λειτουργία των αλγορίθμων που θα χρειαστούν να εξεταστούν στο μέλλον. Άραγε οι αλγόριθμοι θα συμφωνούν για μεγάλο αριθμό εναλλακτικών μεθόδων ή όσο περισσότερες οι εναλλακτικές τόσο τα αποτελέσματα των αλγορίθμων θα παρουσιάζουν μεγαλύτερη ασυμφωνία.

Σύνοψη

Σε αυτό το κεφάλαιο εξετάστηκε η περίπτωση όπου η αξιολόγηση τόσο των κριτηρίων όσο και των σχέσεων μεταξύ κριτηρίων και εναλλακτικών λύσεων δεν μπορεί να γίνει με ακρίβεια. Σε αυτά τα προβλήματα συλλογικών αποφάσεων αποφασίζεται να γίνει χρήση λεκτικών όρων που αντιπροσωπεύουν ένα fuzzy σύνολο. Η επίλυση συλλογικών προβλημάτων με τη βοήθεια fuzzy αριθμών ακολουθεί τον ίδιο σκελετό με την κλασική θεωρία που παρουσιάστηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο διαφοροποιούμενη σε μερικά σημεία. Παρατηρείται ταυτόχρονα ότι για την ενοποίηση των ατομικών δεδομένων με σκοπό την εξαγωγή μιας ομαδικής απόφασης υπάρχουν αρκετές μέθοδοι υλοποιήσεις. Κάθε μια από αυτές παρουσιάζουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα και είναι επιλογή των αποφασιζόντων πια τεχνική θα ακολουθήσουν. Το κοινό χαρακτηριστικό τους είναι ότι τα τελικά αποτελέσματα που εξάγονται από όλες τις διαδικασίες ενοποίησης ατομικών δεδομένων Συμφωνούν όσο αφορά το τελικό αποτέλεσμα και ένα μεγάλο ποσοστό.

Επίλογος

Ολοκληρώνοντας την διπλωματική εργασία θα επιχειρήσουμε μια σύνοψη των σημαντικότερων σημείων που διακρίνουμε σε κάθε κεφάλαιο:

- **Κεφάλαιο 1^ο :** *Συλλογική λήψη αποφάσεων με μέθοδο Electre I.*
Στο κεφάλαιο 1 αναλύσαμε τον τρόπο με τον οποίο η πολυκριτήρια ανάλυση προσφέρει ένα συνεπές μεθοδολογικό πλαίσιο για την λήψη αποφάσεων. Γίνεται η περιγραφή των βασικών βημάτων που ακολουθούνται για στις λήψεις πολυκριτηριακών αποφάσεων. Ακολουθεί η περιγραφή των τεσσάρων μεγαλύτερων κατηγοριών των πολυκριτηριακών μεθόδων και ο τρόπος λειτουργίας των μεθόδων αυτών. Στην συνέχεια γίνεται αναφορά στην χρήση των μεθόδων όσον αφορά τις ομαδικές λήψεις αποφάσεων και επικεντρωνόμαστε κυρίως στις 4 βασικές μεθόδους υποστήριξης των συλλογικών αποφάσεων. Εστιάζουμε κυρίως την μέθοδο σχέσεων υπεροχής ELECTRE I η οποία αποτελεί και την κύρια μέθοδο που χρησιμοποιείται στη πτυχιακή και αναλύουμε τον τρόπο λειτουργίας της. Τέλος παρουσιάζονται η δύο κυριότεροι τρόποι επίλυσης του προβλήματος της σύνθεση των ατομικών δεδομένων για την λήψη συλλογικής απόφασης.
- **Κεφάλαιο 2^ο :** *Web-based σύστημα λήψης συλλογικών αποφάσεων με μέθοδο Electre I*
Στο κεφάλαιο 2 παρουσιάζουμε την υλοποίηση του συστήματος υποστήριξης της προτεινόμενης μεθόδου ομαδικής λήψης αποφάσεων ταξινόμησης. Περιγράψαμε την αρχιτεκτονική του συστήματος και τα βασικά χαρακτηριστικά του. Το σύστημα είναι δικτυακό, ασύγχρονο, ενώ χρησιμοποιεί τον ρόλο του συντονιστή και την απόκρυψη των δεδομένων που εισάγει ο κάθε χρήστης ξεχωριστά. Είναι σχεδιασμένο ώστε να ακολουθεί τις απαιτήσεις της μεθόδου ELECTRE I και να δίνει την δυνατότητα επιλογής κριτηρίων που θα χρησιμοποιηθούν για την ανεύρεση της καταλληλότερης εναλλακτικής λύσης. Η παρουσίαση ολοκληρώνεται με το παράδειγμα χρήσης του συστήματος. Ταυτόχρονα γίνεται και μια αναλυτική παρουσίαση του τρόπου λειτουργίας όλου του πληροφοριακού συστήματος. Τέλος πραγματοποιείται και αναλυτική παρουσίαση του κώδικα των σημαντικότερων σημείων του διαδικτυακού συστήματος
- **Κεφάλαιο 3^ο :** *Επέκταση της Electre για λήψη απόφασης με ασαφή δεδομένα.*
Στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζεται η όλη διαδικασία λήψης απόφασης με ασαφή δεδομένα. Η όλη διαδικασία διαφέρει σε μεγάλο βαθμό από την κλασική διαδικασία λήψη συλλογικών αποφάσεων που παρουσιάστηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Αρχικά παραθέτονται δύο διαφορετικές προσεγγίσεις σχετικά με το πώς θα μπορούσε να γίνει λήψη μιας συλλογικής απόφασης μέσα από ασαφή δεδομένα. Και η δύο προσεγγίσεις ακολουθούν την ίδια λογική με την μόνη διαφοροποίηση να ναι είναι στο πότε θα γίνει ενοποίηση όλων των ατομικών δεδομένων. Στη συνέχεια για καλύτερη κατανόηση της λογικής παραθέτονται και παραδείγματα που στηρίζονται στην θεωρία που έχει παρουσιαστεί. Τέλος έχουν σύγκριση των δύο διαφορετικών προσεγγίσεων και εξαγωγή συμπερασμάτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1]. R.benayoun J. de Montgolfier, J. Tergny and O.Laritchev (1971) “Linear programming with multiple objective functions: Step method (stem)” European Journal of Operational Research 169: σελ.366–375.
- [2]. Stanley Zionts and Jyrki Wallenius. (1971) An Interactive Programming Method for Solving the Multiple Criteria Problem. Σελ.519-529.
- [3]. Δημήτρης Δεσπότης (1988) «ΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΟΥ ΓΡΑΜΜΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ»
- [4]. Roy, B. (1985), Méthodologie Multicritère d’Aide à la Décision, Economica, Paris.
- [5]. R.L. Keeney and H. Raiffa(1993) «Decision with Multiple Objectives: Preference and Value Tradeoffs. Cambridge University Press, New York».
- [6]. J. von Neumann and O. Morgenstern(1947) «Theory of Games and Economic Behavior. Princeton University Press, Princeton, NJ»
- [7]. Roy, B. (1968), “Classement et choix en présence de points de vue multiples: La méthode ELECTRE”, R.I.R.O, 8, 57-75.
- [8]. Roy, B. (1985), Méthodologie Multicritère d’Aide à la Décision, Economica, Paris.
- [9]. Roy, B. (1991), “The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods”, Theory and Decision, 31, 49-73.
- [10]. Roy B. (1996) “Multicriteria Methodology for Decision Aiding” Kluwer Academic Publishers.
- [11]. Denis Bouyssou (2001)“Outranking Methods” In C.A. Floudas and P.M. Pardalos, editors, Encyclopedia of optimization, 2001. Kluwer.
- [12]. A. Jaszkiwicz and R. Slowinski. The light beam search:” outranking based interactive procedure for multiple-objective mathematical programming”.
- [13]. D. Bouyssou(1986). Some remarks on the notion of compensation in MCDM. European Journal of Operational Research.
- [14]. D. Bouyssou and J.-C. Vansnick(1986). Noncompensatory and generalized noncompensatory preferences structures. Theory and Decision,
- [15]. Jacquet –Lagreze & Siskos (1982) Assessing a set of additive utility functions for multicriteria decision-making, the UTA method.
- [16]. Springael Johan, Wim De Keyser (2004) “A New Generation of Multi-Criteria Based Group Decision Support Methods” MCDM 2004, Whistler, B. C. Canada August 6-11.
- [17]. Roy, Bernard (1968). "Classement et choix en présence de points de vue multiples (la méthode ELECTRE)". La Revue d'Informatique et de Recherche Opérationnelle (RIRO).
- [18]. Forman Ernest, Peniwati Kirti (1998) “Aggregating individual judgments and priorities with the Analytic Hierarchy Process” European Journal of Operational Research.

- [19]. Νικόλαος Μαστρογιάννης(2009) «Μεθοδολογικό πλαίσιο Υποστήριξης της εξόρυξης γνώσης από δεδομένα με χρήση αρχών της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων».
- [20]. Jos'e Figueira & Vincent Mousseau, Bernard Roy (2005)«ELECTRE METHODS»
- [21]. Forman Ernest, Peniwati Kirti (1998) "Aggregating individual judgments and priorities with the Analytic Hierarchy Process" European Journal of Operational Research.
- [22]. FigueiraJ, GrecoS, EhrgottM (2005). "Multiplecriteria decision analysis: state of the art." surveys. New York.
- [23]. ChenCT (2000) "Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. Fuzzy Sets and Systems."
- [24]. ZadehLA (1975)."The concept of a linguistic variable and its application to Approximate reasoning."
- [25]. Perez-Gladish B, GonzalezI, Bilbao-TerolA, Arenas-Parra M.(2010) " Planning a TV advertising campaign a crisp multiobjective programming model from fuzzy basic data."
- [26]. Zadeh LA (1965) "Fuzzy sets. Information and Control."
- [27]. Bellman R, Zadeh LA (1970) "Decision making in a fuzzy environment. Management Science".
- [28]. Roy B (1970) "Partial preference analysis and decision-aid: the fuzzy outranking relation concept." In: Bell DE, Keeney RL, Raiffa H, editors." Conflicting objectives and decisions."
- [29]. Siskos JL, Lochard J, Lombard J (1984) "A multicriteria decision-making methodology under fuzziness: application to the evaluation of radiological protection in nuclear power plants. TIMS Studies in the Management Sciences."
- [30]. Klir GJ, Yuan B (1995). Fuzzy sets and fuzzy logic: theory and applications. New York: Prentice-Hall.
- [31]. Bell System Technical Journal (1950) "Hamming RW. Error detecting and error correcting codes".
- [32]. Neumann J. and Morgenstern (1953) "Theory of Games and Economic Behavior, 3rd Ed Princeton University Press, Princeton", New Jersey.
- [33]. Adel Hatami-Marbini και Madijd Tavana(2010) «An extension of the Electre I method for group decision-making under a fuzzy environment »
- [34]. Tung Bui και Matthias Jarke(1984) «A DSS FOR COOPERATIVE MULTIPLE CRITERIA GROUP DECISION MAKING»
- [35]. ΙΣΜΗΝΗ ΕΛΕΝΗ Δ. ΜΑΡΤΙΝΟΥ(2007) "ΟΜΑΔΙΚΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗ. ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ."
- [36]. Fishburn, P.C. (1965) "Independence in utility theory with whole product sets", Operations Research 13.
- [37]. Fisher, R., and W. Ury. (1983) Getting to Yes. London: Penguin Books.

- [38]. Forman Ernest, Peniwati Kirti (1998) "Aggregating individual judgments and priorities with the Analytic Hierarchy Process" European Journal of Operational Research.
- [39]. Fulop Janos (2005) "Introduction to Decision Making Methods" <http://www.sztaki.hu/people/008000886/>
- [40]. Keeney, R.L., and C.W. Kirkwood. (1975) "Group Decision Making Using Cardinal Social Welfare Functions, Management Science 22(4).
- [41]. Keeney, R.L., H. Raiffa. (1976) Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs. New York: Wiley.
- [42]. Keeney, R.L., Raiffa, H. (1993), Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade-offs, Cambridge University Press, Cambridge.
- [43]. Matsasinis N.F., Grigoroudis E., Samaras A. (2005) "Aggregation and Disaggregation of Preferences for Collective Decision-Making".
- [44]. McFadden, D. (1974) "Conditional logit analysis in qualitative choice behavior", in: P.Zarembka (ed.), Frontiers in Econometrics, Academic Press, New York.
- [45]. Mirkin, B. (1996) "Mathematical Classification and Clustering", Kluwer Academic Publishers, Dordrecht