



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΟΜΑΔΙΚΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΒΑΣΙΖΟΜΕΝΟ
ΣΤΗΝ ΑΣΑΦΗ ΛΟΓΙΚΗ

Διπλωματική Εργασία
της Δάφνης Λάππα

Πολυτεχνείο Κρήτης
Χανιά, Νοέμβριος 2018

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

Διπλωματική Εργασία της Δάφνης Λάππα

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΟΜΑΔΙΚΩΝ
ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΒΑΣΙΖΟΜΕΝΟ ΣΤΗΝ ΑΣΑΦΗ ΛΟΓΙΚΗ**

Επιβλέπων Καθηγητής Νικόλαος Ματσατσίνης

Εξεταστική Επιτροπή

N. Ματσατσίνης
(επιβλέπων)

Καθηγητής
Πληροφοριακών
Συστημάτων

E. Γρηγορούδης

Καθηγητής
Διαχείρισης
Διαδικασιών
Ποιότητας

M. Δούμπος

Καθηγητής
Υπολογιστικών
Μεθόδων
Επιχειρησιακής
Έρευνας

Πολυτεχνείο Κρήτης
Χανιά, Νοέμβριος 2018

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η επιστήμη της λήψης αποφάσεων κλήθηκε τα τελευταία χρόνια να αντιμετωπίσει τις δυσκολίες που παρουσιάστηκαν από τη συμμετοχή πολλών αποφασίζόντων στη διαδικασία λήψης της απόφασης, κατάσταση που προέκυψε λόγω της μετατόπισης του βάρους της απόφασης σε επιχειρήσεις και οργανισμούς από μεμονωμένα άτομα σε ομάδες ατόμων. Γνωστές μέθοδοι εξελίχθηκαν προκειμένου να διαχειριστούν το παραπάνω πρόβλημα. Πλέον, έχοντας κατακτήσει την επιστημονική βάση πάνω στην οποία πραγματοποιείται η λήψη ομαδικών αποφάσεων ο κλάδος της λήψης αποφάσεων έρχεται αντιμέτωπος με τη δυσκολία μοντελοποίησης της ανθρώπινης σκέψης, της γλώσσας και των λεκτικών μεταβλητών που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των εναλλακτικών επιλογών κατά τη διαδικασία λήψης μιας απόφασης.

Σε αυτή τη διπλωματική εργασία παρουσιάζεται μια νέα μεθοδολογία, Group Fuzzy UTASTAR, βασισμένη στην ασαφή λογική για τη λήψη αποφάσεων από ομάδες ατόμων. Η μέθοδος αυτή προέκυψε ως συνδυασμός των τεχνικών μοντελοποίησης που χρησιμοποιούνται στην μέθοδο ασαφούς UTASTAR (fuzzy UTASTAR) με αυτές που χρησιμοποιούνται στην UTASTAR για ομάδα αποφασίζόντων (group UTASTAR).

Λέξεις Κλειδιά: Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων, Ομαδικές Αποφάσεις, Ασαφής Λογική, Ασαφές Σύστημα Υποστήριξης Ομαδικών Αποφάσεων.

ABSTRACT

Decision-making science has been called in recent years to address the difficulties encountered by the participation of many decision-makers in the decision-making process, a situation that arose due to the decision weight shifting from individuals to groups, regarding companies and other organizations. Known methods evolved in order to manage this problem. Now, having conquered the scientific basis on which group decisions are made, the scientific sector of decision-making is confronted with the difficulty of modeling human thought and language and the verbal variables that are used to evaluate the options in the decision-making process.

This diploma thesis presents a new methodology, Group Fuzzy UTASTAR, based on fuzzy logic for decision-making by groups. This method emerged as a combination of modelling techniques used in the fuzzy UTASTAR method with those used in UTASTAR for group decision making.

Key-words: Decision Support System, Group Decision Making, Fuzzy Logic, Fuzzy Group Decision Support System.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
1. Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή	10
1.1. Γενικά	10
1.2. Καθορισμός του Προβλήματος	11
1.3. Στόχοι και Δομή της Εργασίας	11
2. Κεφάλαιο 2: Ομαδική Λήψη Αποφάσεων	13
2.1. Εισαγωγή	13
2.2. Ομάδες και Τύποι Αποφασίζόντων	13
2.2.1. Άτομο	14
2.2.2. Πολλαπλοί Αποφασίζοντες ((multiple decision makers)	14
2.2.3. Ομαδική Λήψη Αποφάσεων	15
2.2.4. Ομάδα (Team)	15
2.2.5. Organizational-Meta Organizational	17
2.3. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Ομαδικών Αποφάσεων	17
2.4. Τεχνικές Λήψης Ομαδικών Αποφάσεων	19
2.5. Παράγοντες που επηρεάζουν το αποτέλεσμα των Ομαδικών Αποφάσεων	20
2.6. Σύνοψη	21
3. Κεφάλαιο 3: Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων	22
3.1. Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων	22
3.1.1. Εισαγωγή	22
3.1.2. Ανάλυση Αποφάσεων και Υποστήριξη	22
3.1.3. Διαδικασία Λήψης Αποφάσεων	23
3.1.4. Χαρακτηριστικά των ΣΥΑ	23
3.2. Συστήματα Υποστήριξης Ομαδικών Αποφάσεων	24
3.2.1. Εισαγωγή	24
3.2.2. Τοπολογίες ΣΥΟΑ	25
3.2.3. Πλεονεκτήματα ΣΥΟΑ	26
3.2.4. Μειονεκτήματα ΣΥΟΑ	26
3.2.5. Προβλήματα ΣΥΟΑ και προβλήματα κατά την εφαρμογή ΣΥΟΑ	27
3.2.6. Σύνοψη	28
4. Κεφάλαιο 4: Πολυκριτήρια Ανάλυση Αποφάσεων	29
4.1. Εισαγωγή	29
4.2. Παρουσίαση Θεωρητικών ρευμάτων Πολυκριτήριας Ανάλυσης	29
4.3. Πολυκριτήρια Ανάλυση και Ομαδικές Αποφάσεις	34
4.4. Πολυκριτήριες Μέθοδοι Λήψης Ομαδικών Αποφάσεων	35
4.5. Σύνοψη	43
5. Κεφάλαιο 5: Ασαφής Λογική	44
5.1. Εισαγωγή – Αρχή της Ασάφειας	44
5.2. Ασαφής Λογική	44
5.3. Επτά Αλήθειες για την Ασαφή Λογική	45
5.4. Βασικές Αρχές Ασαφούς Λογικής	46

5.4.1. Ασαφής Συνάρτηση Συμμετοχής	46
5.4.2. Τριγωνικοί Ασαφείς Αριθμοί	48
5.4.3. Πράξεις μεταξύ Τριγωνικών Αριθμών	49
5.5. Ασαφής Λογική και Λήψη Αποφάσεων	50
5.6. Σύνοψη	51
6. Κεφάλαιο 6: Ασαφή Συστήματα Υποστήριξης Ομαδικών Αποφάσεων	52
6.1. Εισαγωγή	52
6.2. Σχετικές Εργασίες	52
6.3. Σύνοψη	61
7. Κεφάλαιο 7: Προτεινόμενη Μεθοδολογία	62
7.1. Εισαγωγή – Δομή	62
7.2. Η πολυκριτήρια μέθοδος UTASTAR	62
7.3. Η μέθοδος UTASTAR για ομάδα αποφασιζόντων (group UTASTAR)	65
7.4. Η μέθοδος ασαφής UTASTAR (Fuzzy UTASTAR)	66
7.5. Η προτεινόμενη μεθοδολογία, ασαφής UTASTAR για ομάδα αποφασιζόντων (Group Fuzzy UTASTAR)	67
7.6. Παρουσίαση της προτεινόμενης μεθοδολογίας· το πρόβλημα της επιλογής λαδιού	70
7.7. Ανάλυση των αποτελεσμάτων	75
7.8. Συμπεράσματα	76
Παράρτημα 1 Ασαφής Λογική: Τύποι συναρτήσεων συμμετοχής	77
Παράρτημα 2 Δεδομένα προβλήματος επιλογής λαδιού	83
Βιβλιογραφία	86

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Ταξινόμηση Αποφασίζόντων, σελ. 14

Σχήμα 2: Ταξινόμηση Δομών Αποφάσεων, σελ. 16

Σχήμα 3: Αναπαράσταση Τριγωνικού Ασαφούς Αριθμού, σελ. 48

Σχήμα 4: Σημείο ολικής χρησιμότητας, σελ. 63

Σχήμα 5: Γραφική παράσταση τραπεζοειδούς συνάρτησης συμμετοχής, σελ.72

Σχήμα 6: Γραφική παράσταση τριγωνικής συνάρτησης συμμετοχής, σελ.73

Σχήμα 7: Γραφική παράσταση καμπανοειδούς συνάρτησης συμμετοχής, σελ.74

Σχήμα 8: Γραφική παράσταση γκαουσιανής συνάρτησης συμμετοχής, σελ.75

Σχήμα 9: Γραφική παράσταση δίπλευρης συνάρτησης συμμετοχής, σελ.

Σχήμα 10: Γραφική παράσταση ανοικτής συνάρτησης συμμετοχής, σελ.

Πίνακας 1: Πίνακας δεδομένων παραδείγματος, σελ.71

Πίνακας 2: Τιμές βαρών για τον Αποφασίζοντα, 1 σελ.72

Πίνακας 3: Τιμές ολικών χρησιμοτήτων των εναλλακτικών για τον Αποφασίζοντα 1, σελ. 73

Πίνακας 4: Τελικές τιμές ολικών χρησιμοτήτων για τον Αποφασίζοντα 1, σελ.74

Πίνακας 5: Τελικές τιμές ολικών χρησιμοτήτων για την Ομάδα, σελ. 75

ΣΥΝΤΟΜΕΥΣΕΙΣ

κ.λπ.: και λοιπά

κ.α.: και άλλα

π.χ.: παραδείγματος χάριν

σελ.: σελίδα

Η/Υ: ηλεκτρονικός υπολογιστής

ΣΥΑ: Σύστημα/Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων

ΣΥΟΑ: Σύστημα/Συστήματα Υποστήριξης Ομαδικών Αποφάσεων

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Γενικά

Η διαδικασία λήψης αποφάσεων είναι η διαδικασία επιλογής μεταξύ διάφορων εναλλακτικών, όλες από τις οποίες έχουν στόχο την επίτευξη συγκεκριμένου αποτελέσματος. Η λήψη ορθών αποφάσεων στη σύγχρονη εποχή απαιτεί τη χρήση προηγμένων και αποτελεσματικών μεθόδων, έτσι ώστε να αντιμετωπιστούν οι δυσκολίες που αναπόφευκτα προκύπτουν κατά τη λήψη μιας απόφασης. Τέτοιες είναι: οι υφιστάμενοι περιορισμοί για τους αποφασίζοντες που αφορούν την επεξεργασία των πληροφοριών και την επίλυση προβλημάτων, η ποικιλία και η πολυπλοκότητα της απαιτούμενης πληροφόρησης, η ύπαρξη προβλημάτων κατά τη συνεργασία αποφασίζόντων-αναλυτών, αντικρουόμενα συμφέροντα μεταξύ των αποφασίζόντων και άλλα.

Ο συνεχώς διευρυνόμενος κοινωνικός χαρακτήρας της παραγωγής στις σύγχρονες κοινωνίες μετατόπισε το κέντρο των αποφάσεων από το άτομο στις ομάδες. Έτσι οι σημαντικές αποφάσεις λαμβάνονται πλέον από ένα ανομοιογενές σύνολο ατόμων.

Η ομαδική λήψη αποφάσεων βρίσκει εφαρμογή σήμερα σε μία πληθώρα τομέων εξαιτίας της αυξανόμενης πολυπλοκότητας που παρουσιάζουν πια οι συγκεκριμένοι τομείς. Τέτοιοι είναι η οικονομία, οι επιχειρήσεις, η πολιτική, η τεχνολογία, και η κοινωνία. Το γεγονός ότι πλέον οι αποφάσεις δεν αποτελούν προϊόν μονόπλευρης και μονοδιάστατης ανάλυσης παρά είναι αποτέλεσμα σύνθεσης όλων των παραμέτρων και των παραγόντων που τις επηρεάζουν είναι ένας βασικός λόγος που η Πολυκριτήρια Ανάλυση στη Λήψη Ομαδικών Αποφάσεων, τμήμα μελέτης της Επιχειρησιακής Έρευνας, παρουσιάζει σημαντική εξέλιξη τις τελευταίες δεκαετίες.

Η ειδοποιός διαφορά του συγκεκριμένου κλάδου σε σχέση με παραδοσιακές τεχνικές λήψης αποφάσεων βρίσκεται στην προσπάθεια ανθρωποκεντρικής προσέγγισης της βέλτιστης λύσης, μιας και αυτή «εξαναγκάζεται» να ικανοποιεί τις προτιμήσεις των αποφασίζόντων (συμφέροντα, επιθυμίες ή σύστημα αξιών) και όχι στην απλή τεχνοκρατική σύνθεση των κριτηρίων που συνθέτουν το πρόβλημα με βέλτιστο τρόπο.

Με την πάροδο των χρόνων και τις εξελίξεις που συντελέστηκαν στο χώρο της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων, αναπτύχθηκαν πλέον μεθοδολογίες και τεχνικές ικανές να καλύψουν κάθε κατηγορία προβλήματος λήψης αποφάσεων.

Στο πεδίο των Συστημάτων Υποστήριξης Ομαδικών Αποφάσεων σύγχρονες μελέτες δείχνουν ότι αυτά συνεισφέρουν σημαντικά στην συνεργασία μεταξύ των αποφασίζόντων, στη σημαντική μείωση του χρόνου που απαιτείται για τη λήψη μιας απόφασης, στην ταυτόχρονη επικοινωνία, στη συλλογή και αρχειοθέτηση πληροφοριών, στην αποτελεσματικότητα της διαδικασίας και στην αύξηση της παραγωγικότητας. Όμως, είναι συχνό το φαινόμενο, τα μέλη της ομάδας που είναι υπεύθυνα για τη λήψη μιας απόφασης, να έχουν διαφορετικούς στόχους, διαφορετικό σύστημα αξιών ή/και αντικρουόμενα συμφέροντα, οπότε κατά τη διαδικασία της λήψης μιας απόφασης χρησιμοποιούν διαφορετική διαφορετικές σχέσεις προτίμησης.

1.2. Καθορισμός του Προβλήματος

Μέχρι πρότινος, όλες οι μέθοδοι, αφορούσαν στόχους και περιορισμούς σαφώς καθορισμένους. Στην πραγματικότητα όμως, ο προσδιορισμός από τους αποφασίζοντες των τιμών που χρειάζεται ένα Σύστημα Υποστήριξης Ομαδικών Αποφάσεων ως είσοδο, όπως η σημασία των κριτηρίων που παίρνουν μέρος στη διαδικασία λήψης της απόφασης και η αξιολόγηση των εναλλακτικών επιλογών, υπόκειται στην υποκειμενική κρίση των συμμετεχόντων. Επομένως η χρήση της κλασσικής Αριστοτέλειας μαθηματικής Λογικής δεν μπορεί να περιγράψει ολοκληρωμένα την ανθρώπινη προτίμηση, γι' αυτό και τα τελευταία χρόνια έχει ξεκινήσει η προσαρμογή των υπάρχοντων Πολυκριτήριων Μεθόδων στην Ασαφή Λογική, η οποία είναι περισσότερο κοντά στην ανθρώπινη λογική κατά την αξιολόγηση και επιλογή μιας εναλλακτικής.

1.3. Στόχοι και Δομή της εργασίας

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη μιας νέας μεθοδολογίας σύμφωνα με την οποία η υπάρχουσα πολυκριτήρια μέθοδος για ασαφή σύνολα Fuzzy UTASTAR προσαρμόζεται για τη λήψη ομαδικών αποφάσεων, ανταποκρινόμενη στις ανάγκες τις εποχής.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, γίνεται μια εισαγωγή σχετικά με την ομαδική λήψη αποφάσεων, όπου παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των ομάδων και οι τύποι των αποφασίζοντων, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κατά τη λήψη ομαδικών αποφάσεων και οι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν το αποτέλεσμα της διαδικασίας. Το επόμενο κεφάλαιο, αφορά τα Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων (ΣΥΑ). Σε αυτό το τμήμα της εργασίας παρουσιάζονται στοιχεία με την ανάλυση και υποστήριξη των αποφάσεων, τη διαδικασία λήψης μιας απόφασης και τα χαρακτηριστικά των ΣΥΑ. Ξεχωριστά παρουσιάζονται στοιχεία για τα Συστήματα Υποστήριξης Ομαδικών Αποφάσεων, όπως οι τοπολογίες, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά τους καθώς και πιθανά προβλήματα κατά την εφαρμογή τους. Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύεται το κομμάτι της λήψης αποφάσεων που αφορά στην Πολυκριτήρια ανάλυση. Εδώ παρουσιάζονται τα διάφορα θεωρητικά ρεύματα, προσεγγίσεις της πολυκριτήριας ανάλυσης για τις ομαδικές αποφάσεις και τέλος οι πολυκριτήριες μέθοδοι λήψης ομαδικών αποφάσεων που έχουν αναπτυχθεί έως τώρα. Το πέμπτο κεφάλαιο αφορά στην ασαφή λογική. Καταγράφονται τα βασικά στοιχεία και αρχές της ασαφούς λογικής και στην συνέχεια παρουσιάζεται η σχέση της ασαφούς λογικής με τον κλάδο της λήψης αποφάσεων. Στο έκτο κεφάλαιο, καταγράφονται οι εργασίες σχετικές με τα συστήματα λήψης ομαδικών αποφάσεων στα οποία γίνεται χρήση της θεωρίας ασαφών αριθμών. Το έβδομο κεφάλαιο αφορά την προτεινόμενη μεθοδολογία. Γίνεται αναλυτική παρουσίαση της μεθόδου UTASTAR, η οποία αποτελεί τη βάση για την προτεινόμενη μεθοδολογία. Έπειτα, παρουσιάζονται οι προεκτάσεις της κλασσικής μεθόδου UTASTAR, η UTASTAR για ομάδες αποφασίζοντων και η ασαφής UTASTAR. Οι δύο αυτές προεκτάσεις, συνδυασμένες οδήγησαν στην ανάπτυξη της μεθοδολογίας που πραγματεύεται η συγκεκριμένη διπλωματική. Επόμενα, πραγματικά δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν ως παράδειγμα για την επεξήγηση της προτεινόμενης μεθοδολογίας. Τα αποτελέσματα της μεθόδου αναλύονται σε ξεχωριστό

κεφάλαιο. Τέλος, παρουσιάζονται κάποια συμπεράσματα που προέκυψαν κατά την διαδικασία ανάπτυξης της μεθόδου.

Στο τελευταίο τμήμα της εργασίας, αναφέρεται η σχετική βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής.

2. ΟΜΑΔΙΚΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

2.1 Εισαγωγή

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η λήψη ομαδικών αποφάσεων αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο της σύγχρονης πραγματικότητας για πλήθος τομέων. Ο κύριος όγκος των αποφάσεων και ιδιαίτερα των κρίσιμων αποφάσεων λαμβάνονται πλέον από ομάδες ατόμων και όχι από κάποιον αποκλειστικά υπεύθυνο. Ειδικότερα, η λήψη ομαδικών αποφάσεων υιοθετείται ευρέως στο χώρο των επιχειρήσεων για την αντιμετώπιση και επίλυση συχνά πολύπλοκων και κρίσιμων ζητημάτων. Η ικανότητα των μεθόδων λήψης ομαδικών αποφάσεων να ανταποκρίνονται στις σύγχρονες ανάγκες της κοινωνίας και των διάφορων οργανισμών, έχει φέρει αυτόν τον τομέα στο επίκεντρο του ερευνητικού ενδιαφέροντος τις τελευταίες δεκαετίες.

Η ποικιλία των απόψεων-εκτιμήσεων για το θέμα της απόφασης από τους συμμετέχοντες στην ομάδα που είναι υπεύθυνη για τη λήψη απόφασης, η συζήτηση των στόχων και των βλέψεων τους, η σύγκρουση των συμμετεχόντων εξαιτίας των ίσως ανταγωνιστικών τους συμφερόντων και η ισοστάθμιση των παραχωρήσεων που τελικά θα κάνει κάθε συμμετέχον στην ομάδα, καθιστούν τελικά τη λήψη της απόφασης μια κοινωνική διαδικασία, όπου ουσιαστικό ρόλο έχει η διαπραγματευτική δύναμη.

2.2 Ομάδες και Τύποι Αποφασίζόντων [1]

Χαρακτηριστικό σημείο της διαδικασίας λήψης ομαδικών αποφάσεων είναι η προσπάθεια αντιμετώπισης ενός προβλήματος από την ομάδα, όλα τα μέλη της οποίας ενδιαφέρονται για την επίλυση ή έχουν συμφέρον από αυτήν. Τέτοιου είδους προβλήματα χαρακτηρίζονται από το γεγονός ότι τα άτομα που συμμετέχουν στην διαδικασία απόφασης ανήκουν στον ίδιο οργανισμό και είναι από κοινού υπεύθυνα για την ευημερία του οργανισμού και την υλοποίηση της απόφασης [3].

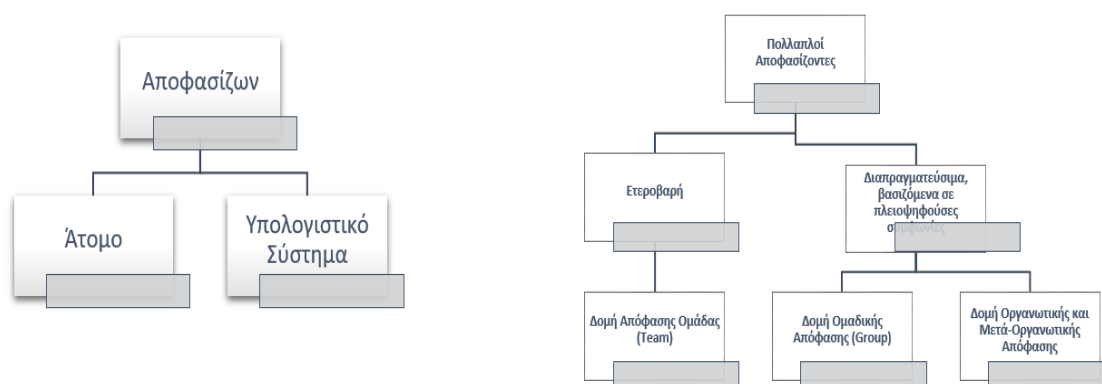
Μια συλλογική εργασία απόφασης μπορεί να ορισθεί σαν μια κατάσταση απόφασης στην οποία [2]:

- Συμμετέχουν δύο ή περισσότερα άτομα, τα οποία χαρακτηρίζονται από τις αντιλήψεις τους, τις στάσεις τους, τις κινήσεις τους και την προσωπικότητά τους.
- Οι συμμετέχοντες αναγνωρίζουν την ύπαρξη ενός κοινού προβλήματος και
- Προσπαθούν να φθάσουν σε μία συλλογική απόφαση.

Ως ομάδα μπορεί να οριστεί μια συλλογική οντότητα της οποίας τα μέλη διατηρούν και δρουν με βάση τις ιδιότητες τους, καθορίζοντας έτσι και τις ιδιότητες της ομάδας. Ο Holsapple [4] προκειμένου να βοηθήσει στην καλύτερη κατανόηση της έννοιας της ομάδας εισήγαγε τον όρο πολυσυμμετοχικός αποφασίζων (multiparticipant decision maker) αντί του όρου ομαδικού αποφασίζοντα (group decision maker). Στη συνέχεια ο Marakas [5], με βάση τον ορισμό του Holsapple όρισε τη πολυσυμμετοχική λήψη αποφάσεων ως μία διαδικασία που πραγματοποιείται από μία συλλογική οντότητα, η οποία απαρτίζεται από

δύο ή περισσότερα άτομα και καθορίζεται και από τις ιδιότητες της ομάδας ως σύνολο αλλά και από τις διακριτές ιδιότητες των μελών της ομάδας.

Στο σχήμα φαίνεται η ταξινόμηση των διαφορετικών τύπων αποφασιζόντων:



ΣΧΗΜΑ 1: Ταξινόμηση Αποφασιζόντων, [5]

2.2.1 Άτομο

Το άτομο ως ξεχωριστός τύπος αποφασίζοντα, όπως είναι φανερό, είναι το μόνο που συμμετέχει στη διαδικασία λήψης μιας απόφασης. Σε αυτή τη κατηγορία αποφασιζόντων το άτομο εργάζεται μόνο του σε όλη τη διαδικασία λήψης της απόφασης, έχοντας τη συνολική ευθύνη για την ανάλυση των πληροφοριών, των δεδομένων και των παραμέτρων και φυσικά τη λήψη της τελικής απόφασης. Στην περίπτωση της ατομικής λήψης απόφασης τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του ατόμου που αφορούν το γνωσιακό του επίπεδο, τις ιδιαίτερες δεξιότητες και εμπειρίες του και την προσωπικότητά του συνολικά συμβάλλουν σε όλη τη διαδικασία λήψης της απόφασης.

2.2.2 Πολλαπλοί Αποφασίζοντες (multiple decision makers)

Αυτός ο τύπος αποφασιζόντων αποτελείται από συγκεκριμένο πλήθος ατόμων τα οποία αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους προκειμένου να καταλήξουν στην κοινή απόφαση. Στην τάξη των πολλαπλών αποφασιζόντων κάθε συμμετέχοντας έχει μερίδιο στο αποτέλεσμα της απόφασης, κι έτσι υπάρχει κίνητρο για την επίτευξη συμφωνίας και λήψης απόφασης για τον καθένα ξεχωριστά. Η επίτευξη συμφωνίας και η λήψη της απόφασης προϋποθέτει την κοινή διάπραξη για μία σειρά από ενέργειες που αφορούν τη διαδικασία. Σημαντικό είναι το γεγονός ότι σε αυτόν τον τύπο αποφασιζόντων, δεν είναι απαραίτητο όλα τα μέλη της ομάδας να έχουν κοινά κίνητρα ή σκοπούς. Στην πραγματικότητα, κάθε μέλος της ομάδας μπορεί να κινείται με βάση ξεχωριστά κίνητρα και αξίες ακόμα και διαφορετικούς στόχους ή είναι πιθανό να προσεγγίζουν τη διαδικασία λήψης της απόφασης από διαφορετική οπτική γωνία. Επίσης, είναι πιθανό οι αποφασίζοντες να χρησιμοποιούν ένα κοινό ΣΥΑ ή ξεχωριστά ΣΥΑ προκειμένου να υποστηριχθεί με βέλτιστο τρόπο η συμμετοχή του στην διαδικασία. Τέλος, είναι σύνηθες το φαινόμενο κατά το οποίο οι πολλαπλοί αποφασίζοντες

δεν συμμετέχουν στη διαδικασία με ισοδύναμη εξουσιοδότηση προκειμένου να λαμβάνουν ιδιαίτερες αποφάσεις αλλά και κανένας από τους συμμετέχοντες στην ομάδα δεν διατηρεί τέτοια εξουσιοδότηση ώστε να προχωρήσει μόνος του στη λήψη απόφασης. Δεδομένων των παραπάνω στοιχείων, η διαδικασία λήψης της απόφασης δεν περιλαμβάνει μια τυπική μορφή συνάντησης. Ο συγκεκριμένος τύπος αποφασίζοντων θα μπορούσε να γίνει πιο εύκολα κατανοητός ως μια δυναμική ένωση χρηστών οι οποίοι δρουν ως διακριτοί αποφασίζοντες στα πλαίσια λήψης μιας απόφασης.

2.2.3 Ομαδική Λήψη Αποφάσεων

Η διαφορά της ομαδικής λήψης απόφασης με την πολυ-συμμετοχική υποστήριξη αποφάσεων (multiparticipant decision maker) έγκειται στο σημείο ότι η ομαδική λήψη αποφάσεων (group decision maker) χαρακτηρίζεται από περισσότερο τυπικές σχέσεις μεταξύ των μελών της και έχει συγκεκριμένη τυπική δομή. Κάθε μέλος αυτής της τάξης αποφασίζοντων έχει δικαίωμα λόγου στη διαμόρφωση της απόφασης και παράλληλα διακρίνεται από συγκεκριμένο νομικό συμφέρον που αφορά το αποτέλεσμα της. Το περιβάλλον στο οποίο καλείται να διαμορφώσει την απόφασή της η ομάδα των αποφασίζοντων χαρακτηρίζεται από τυπικότητα με τακτικές συναντήσεις οι οποίες περιλαμβάνουν καθορισμένη θεματολογία και τυπικά χρονοδιαγράμματα. Στις συναντήσεις αυτές τα θέματα της ημερήσιας διάταξης αφορούν ειδικά επιμέρους τμήματα της διαδικασίας και συχνά καταληκτικές προθεσμίες που ορίζουν τα χρονικά πλαίσια μέσα στα οποία πρέπει να ληφθούν και να υλοποιηθούν συγκεκριμένες αποφάσεις.

2.2.4 Ομάδα (Team)

Σε αυτή τη περίπτωση η ομάδα μπορεί να θεωρηθεί ως ένας συνδυασμός τάξεων από άτομα και από ομάδες. Η υποστήριξη των αποφάσεων είναι πιθανό να πραγματοποιείται από εξουσιοδοτημένα από τον υπεύθυνο για τη λήψη της απόφασης άτομα. Τα άτομα αυτά μπορεί να έχουν εξουσιοδοτηθεί για συλλογή πληροφοριών ή/και για τη λήψη επιμέρους αποφάσεων όσον αφορά ένα τμήμα προσδοκώμενων αποτελεσμάτων της απόφασης. Ακόμα, είναι πιθανή η αξιοποίηση ενός ή περισσότερων ΣΥΑ από οποιοδήποτε συνδυασμό μελών της ομάδας (team) (υπεύθυνος αποφασίζων ή βοηθοί του). Στον συγκεκριμένο τύπο αποφασίζοντων, μπορεί το team να παράγει και να κατασκευάζει την τελική απόφαση, αλλά η εξουσιοδότηση για τη διαμόρφωση και λήψη της απόφασης αφορά τα άτομα-αποφασίζοντες. Το είδος αυτό των αποφάσεων εμφανίζει αρκετά κοινά σημεία με την τάξη των ατόμων αποφασίζοντων (individual decision makers).

Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνονται οι διαφορές μεταξύ των διάφορων τύπων αποφασίζοντων.



ΣΧΗΜΑ 2: Ταξινόμηση Δομών Αποφάσεων [5]

Αξίζει να σημειωθεί τέλος, η διαφορά μεταξύ των αποφάσεων που λαμβάνονται από μια ομάδα (group) και εκείνων που λαμβάνονται από ένα team. Η τελική απόφαση που έχει ληφθεί από ομάδα και τα αποτελέσματά της είναι αποτέλεσμα διαπραγματεύσεων από ίσα εξουσιοδοτημένα άτομα. Η απόφαση που έχει προκύψει από το team είναι εξ' ορισμού ετεροβαρής (μονομερής). Αυτό συμβαίνει γιατί παρότι πολύ άνθρωποι συμμετείχαν και επηρέασαν τη τελική μορφή της απόφασης, η ευθύνη της απόφασης βαρύνει αποκλειστικά το μοναδικό εξουσιοδοτημένο άτομο. Ο συγκεκριμένος τύπος αποφάσεων είναι ο πλέον βασικός.

2.2.5 Organizational & Meta-Organizational

Οι αποφάσεις σε αυτή τη τάξη αποφασιζόντων λαμβάνονται –σε επίπεδο οργάνωσης, από εξουσιοδοτημένα άτομα που παράλληλα φέρουν την ευθύνη λήψης αποφάσεων εκ μέρους της επιχείρησης-οργάνωσης. Οι αποφάσεις αυτές και οι διαδικασίες που ακολουθούνται για τη λήψη τους παρουσιάζουν αρκετά κοινά χαρακτηριστικά με αυτές που λαμβάνονται από τους προηγούμενους τύπους αποφασιζόντων (άτομα, team και ομάδες αποφασιζόντων). Αποτελούν ωστόσο ξεχωριστό τύπο για τους εξής λόγους:

- Το εύρος και το βάθος των απαιτούμενων πληροφοριών για τη λήψη μιας τέτοιας απόφασης. Οι αποφασίζοντες είναι συνήθως οι διευθύνοντες σύμβουλοι αυτών των επιχειρήσεων.
- Αυτού του είδους οι αποφάσεις απαιτούν την υποστήριξη ολόκληρης της επιχείρησης-οργανισμού.

Πιο συγκεκριμένα, αποφάσεις που λαμβάνονται και που αφορούν σύνολα επιχειρήσεων και οργανισμών σε εθνικό ή παγκόσμιο επίπεδο και που αφορούν την κοινωνική πρόνοια, την ποιότητα ζωής, την κατανομή και τον έλεγχο ή τον περιορισμό πόρων, τις κοινωνικές

τάξεις, τη νομοθεσία κ.α., αφορούν το μετα-επιχειρησιακό επίπεδο. Αυτοί οι αποφασίζοντες χρειάζονται ειδική υποστήριξη από εξειδικευμένα ΣΥΑ.

2.3 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Ομαδικών Αποφάσεων

Είναι εύκολα κατανοητό από τον καθένα ότι η ομαδική λήψη αποφάσεων είναι μία περισσότερο σύνθετη διαδικασία σχετικά με τη περίπτωση της ατομικής λήψης απόφασης. Ωστόσο, τα πλεονεκτήματα της ομαδικής λήψης αποφάσεων έναντι της ατομικής δικαιολογούν την επιπλέον προσπάθεια.

Συνοπτικά παρουσιάζονται μερικά από τα πλεονεκτήματα:

- Καλύτερη διαδικασία μάθησης. Οι ομάδες κατανοούν το πρόβλημα καλύτερα από τα άτομα. Έτσι τα μέλη της ομάδας λαμβάνουν υπόψη περισσότερες οπτικές του προβλήματος, καθώς μέσα από τη συνδιαλλαγή γίνεται ανταλλαγή γνώσεων και πληροφοριών, ενώ εμπλουτίζονται και οι υπό εξέταση εναλλακτικές δράσεις.
- Συναίσθημα ευθύνης. Οι άνθρωποι αντιμετωπίζουν με αυξημένο αίσθημα ευθύνης τις αποφάσεις των οποίων την λήψη συμμετέχουν.
- Έλεγχος. Οι ομάδες διαπιστώνουν τα λάθη ευκολότερα σε σχέση με τα άτομα. Όταν η απόφαση λαμβάνεται μέσα από διαλογικές και δημοκρατικές διαδικασίες είναι προφανές ότι θα έχει μεγαλύτερη ορθότητα, απ' ό,τι θα είχε αν λαμβανόταν από κάποιον ατομικά, ακόμα κι αν είχε στη διάθεσή του όλες τις πληροφορίες που θα ήταν δυνατόν να έχει.
- Γνώση. Μία ομάδα συγκεντρώνει περισσότερη πληροφορία και γνώση από ένα άτομο. Επιπλέον, τα άτομα συνδυάζοντας τη γνώση των ατόμων δημιουργούν περισσότερη γνώση, επιτυγχάνοντας περισσότερες εναλλακτικές και καλύτερες λύσεις.
- Συνεργία. Η διαδικασία ομαδικής επίλυσης επιτυγχάνει περισσότερη συνεργία και επικοινωνία ανάμεσα στα μέρη.
- Δημιουργικότητα. Η ομαδική εργασία παρακινεί τη δημιουργικότητα των συμμετεχόντων, καθώς κάθε μέλος έχει την δυνατότητα να εκφράσει τα επιχειρήματα του και να προτείνει τον δικό του τρόπο αντιμετώπισης του προβλήματος.
- Αφοσίωση και Δέσμευση. Επειδή οι προτιμήσεις των μελών εμπεριέχονται στην απόφαση, τα μέλη δεσμεύονται ως προς αυτή. Ακόμα, μία απόφαση που έχει ληφθεί ομαδικά έχει μεγαλύτερο βαθμό αποδοχής από όσους τελικά θα την υλοποιήσουν, καθώς όλα τα μέρη έδωσαν τη συγκατάθεσή τους για την λήψη της απόφασης.
- Ισορροπία ρίσκου. Στις ομάδες τα μέλη που είναι επιρρεπή στην ανάληψη υψηλού ρίσκου αντισταθμίζονται από τα συντηρητικότερα μέλη.

Όμως, η ομαδική λήψη αποφάσεων υπό πραγματικές συνθήκες παρουσιάζει και ορισμένα προβλήματα:

- Η σύγκρουση των ατομικών στόχων σε μία τέτοια διαδικασία είναι αναπόφευκτη. Οι ομάδες μπορεί να είναι συνεργατικές, όπου τα μέλη έχουν κοινούς στόχους και βλέψεις, έως ανταγωνιστικές με διαμετρικά αντίθετες θέσεις [90]. Σε μια συνεργατική ομάδα τα ενδιαφερόμενα μέρη μπορούν να εκπληρώσουν τους στόχους τους από τη στιγμή που αυτοί δεν είναι αντικρουόμενοι με τους στόχους των υπολοίπων.
- Η ύπαρξη μη επαρκούς και πλήρους πληροφόρησης. Για ορισμένα τμήματα του προβλήματος είναι δυνατόν να μην υπάρχουν επαρκή στοιχεία που θα ήταν χρήσιμα για την λήψη της απόφασης, ενώ ταυτόχρονα για κάποια άλλα τμήματα του προβλήματος ο χρόνος ανάκτησης των απαιτούμενων πληροφοριών, που σε αυτή τη περίπτωση είναι διαθέσιμες, είναι απαγορευτικός για τη λήψη απόφασης από τους συμμετέχοντες.
- Οι πληροφορίες που είναι διαθέσιμες πολύ συχνά αντιμετωπίζονται με δυσπιστία από ορισμένα μέρη της ομάδας όσον αφορά την εγκυρότητά και την σημασία τους σε σχέση με το αντικείμενο των διαπραγματεύσεων.
- Η γνώση των περιορισμών και των συνθηκών του προβλήματος δεν είναι αρκετή για τη λήψη μιας απόφασης. Οι προσωπικές εκτιμήσεις κάθε αποφασίζοντα, που εξαρτώνται από τον ρόλο του και τους στόχους του, είναι συνήθως το πιο κρίσιμο σημείο για την τελική απόφαση.

Παρατηρείται επίσης συχνά το φαινόμενο κατά τη διαδικασία λήψης απόφασης από ομάδες ατόμων, να επιτυγχάνεται συναίνεση και να πραγματοποιείται η λήψη απόφασης χωρίς πρώτα να έχουν εξετασθεί όλες οι δυνατές εναλλακτικές δράσεις για την αντιμετώπιση του υπό εξέταση προβλήματος, και η απόφαση αυτή να ‘επιβάλλεται’ από το μέρος της ομάδας με τη μεγαλύτερη δυναμική στην υπόλοιπη ομάδα. Επίσης, παρατηρείται το φαινόμενο, μέλη της ομάδας να μην εκφράζουν τις ακριβείς θέσεις τους όταν είναι παρών κάποιος ιεραρχικά ανώτερος με συνέπεια τη στρέβλωση της διαδικασίας της ομαδικής λήψης αποφάσεων.

Στόχος κάθε ομάδας, είτε αυτή αποτελείται από άτομα με ίδια συμφέροντα και στόχους είτε από άτομα με αντικρουόμενα συμφέροντα, παραμένει ο συγκερασμός των προτιμήσεων και η εξομάλυνση των διαφορών, ώστε να προκύψει μια ικανοποιητική λύση του προβλήματος.

2.4 Τεχνικές Λήψης Ομαδικών Αποφάσεων

Η ομαδική λήψη αποφάσεων είναι δυνατόν να οριστεί συνοπτικά ως εξής:

Με δεδομένο ένα σύνολο επιλογών και ένα σύνολο ατόμων (ειδικών) οι οποίοι εκφράζουν τις προτιμήσεις τους ως προς το σύνολο των επιλογών, το πρόβλημα έγκειται στην εύρεση μιας επιλογής (ή συνόλου επιλογών) η οποία θα είναι κατά το μέγιστο δυνατό αποδεκτή από τους ειδικούς. Μια τέτοια λύση εκφράζει την προσέγγιση της πλειοψηφίας.

Γενικά διακρίνονται τρεις βασικές προσεγγίσεις ως προς τη διαδικασία ομαδικής λήψης αποφάσεων [6]:

- I. Θεωρία Παιγνίων (Game Theory). Ως θεωρία παιγνίων ορίζεται μια μελέτη μαθηματικών μοντέλων αντιπαράθεσης και συνεργασίας ανάμεσα σε ευφυείς και ορθολογικούς αποφασίζοντες [7]. Η σύγχρονη θεωρία παιγνίων καθορίστηκε σε μεγάλο βαθμό από την εργασία του Von Neumann [8]. Κατά τη διάρκεια του Δεύτερου Παγκόσμιου Πόλεμου και τις επόμενες δεκαετίες η θεωρία παιγνίων αναπτύχθηκε σε σημαντικό βαθμό, με τη συμβολή κορυφαίων θεωρητικών όπως ο Nash. Ως εργαλείο λήψης αποφάσεων, ο στόχος των παιγνίων είναι η μεγιστοποίηση μιας συνάρτησης χρησιμότητας για όλους τους αποφασίζοντες κάτω από καθεστώς αβεβαιότητας. Η προσέγγιση αυτή προϋποθέτει ανταγωνισμό ή σύγκρουση συμφερόντων μεταξύ των μελών της ομάδας. Η τεχνική αυτή δεν χρησιμοποιεί πολλαπλά κριτήρια.
- II. Θεωρία της Κοινωνικής Επιλογής (Social choice theory). Η θεωρία συλλογικής επιλογής σχετίζεται με την πολυκριτήρια λήψη αποφάσεων, καθώς θεωρεί ως βασικό εργαλείο επιλογής μιας προτιμητέας εναλλακτικής την ψηφοφορία. Η προσέγγιση αυτή περιλαμβάνει μηχανισμούς ψηφοφορίας οι οποίοι επιτρέπουν τη λήψη απόφασης από μια πλειοψηφία. Η θεωρία συλλογικής επιλογής έχει μελετηθεί εκτεταμένα με σημαντικές θεωρητικές συμβολές όπως το θεώρημα της αδυναμίας Arrow ([9],[10]). Ο συγκεκριμένος τύπος λήψης αποφάσεων βασίζεται γενικά στην ιεράρχηση των εναλλακτικών από τους αποφασίζοντες, ενώ οι επιδόσεις των εναλλακτικών κριτήρια δεν καθορίζονται με σαφή τρόπο από κάθε αποφασίζοντα. Για τον λόγο αυτό, η μέθοδος αυτή δεν κρίνεται ιδιαίτερα κατάλληλη για πολυκριτηριακή λήψη αποφάσεων, όπου η βαρύτητα κάθε κριτηρίου σε κάθε εναλλακτική καθορίζεται με σαφήνεια από τους αποφασίζοντες.
- III. Ομαδική Απόφαση με τη χρήση της κρίσης εμπειρογνομόνων (Group decision with expert judgement). Στην προσέγγιση αυτή, ορίζονται δύο περιοχές, για μικρές και μεγάλες ομάδες, οι οποίες διαφέρουν ως προς τον βαθμό διαφωνίας των μελών της ομάδας. Γενικά οι τεχνικές αυτής της κατηγορίας διακρίνονται στις παρακάτω υποκατηγορίες:
 - a. Μέθοδοι δημιουργίας ιδεών (brainstorming). Οι μέθοδοι αυτές περιλαμβάνουν την διαδικασία της κατάθεσης ιδεών σε γραπτή και προφορική μορφή.
 - b. Μέθοδοι επισκόπησης ιδεών. Οι μέθοδοι αυτές παράγουν ταχείες εκτιμήσεις των προτιμήσεων των εμπειρογνομόνων. Μέθοδοι όπως η Delphi υλοποιούν τη μέθοδο αυτή.
 - c. Μοντέλα εξομοίωσης. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται μοντέλα όπως οι λογικές απεικονίσεις (Cognitive maps).

2.5 Παράγοντες που επηρεάζουν τη Λήψη Ομαδικών Αποφάσεων

Οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τη διαμόρφωση των τελικών αποφάσεων των ομάδων, όπως αναγνωρίστηκαν από τους συγγραφείς του άρθρου «Challenging Group Support Systems Research: The case of Strategic Decision Making» [85] είναι οι ακόλουθες:

- I. Ιστορικό συνεργασίας της ομάδας. Οι προσωπικές σχέσεις και οι σχέσεις συνεργασίας των μελών της ομάδας κατά το παρελθόν είναι ένα ιδιαίτερα σημαντικό χαρακτηριστικό, διότι οι σχέσεις αυτές καθορίζουν και το κλίμα συνεργασίας και κατά συνέπεια την ποιότητα της τελικής απόφασης. Σε ομάδες όπου τα μέλη έχουν προσωπικές διαφορές μεταξύ τους είναι πολύ δύσκολο να αναπτυχθεί εποικοδομητικός διάλογος και να ληφθεί η σωστή απόφαση. Το αντίθετο ισχύει για ομάδες που τα μέλη τους έχουν επιδείξει στο παρελθόν καλή συνεργασία μεταξύ τους.
- II. Σύνθεση της ομάδας. Ορισμένα σημαντικά χαρακτηριστικά της σύνθεσης της ομάδας είναι το επίπεδο ετερογένειάς της, η εμπειρία των μελών της, η ηλικία τους και η επαγγελματική τους γνώση. Η ετερογένεια μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις να είναι ευλογία και σε άλλες κατάρα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η αύξηση της ετερογένειας συντελεί στην αύξηση των ιδεών που διακινούνται μεταξύ των μελών, λόγω διαφορετικών απόψεων. Στο επίπεδο μελέτης της ετερογένειας των ομάδων μια μελέτη που έγινε από τον Valacich και τους συνεργάτες του το 1993 [11] έδειξε ότι οι διαμάχες λόγω αυξημένης ετερογένειας μιας ομάδας είναι σημαντικά μικρότερες όταν τα μέλη της ομάδας δεν συναντιούνται στον ίδιο τόπο, αλλά επικοινωνούν μέσω υπολογιστών, διότι στις περιπτώσεις αυτές επικρατεί ισοτιμία στο λόγο και δεν δίνεται η δυνατότητα σε κανένα μέλος της ομάδας να μονοπωλήσει τη συζήτηση.
- III. Τύπος εργασίας που πρέπει να εκτελεστεί από την ομάδα. Ο McGrath [12] αναγνωρίζει τέσσερις τύπους εργασιών που υποστηρίζονται από συστήματα υποστήριξης ομαδικών αποφάσεων. Οι τύποι αυτοί είναι: δημιουργικές εργασίες, εργασίες επιλογής, εργασίες διαπραγμάτευσης και εκτελεστικές εργασίες. Ανάλογα με την πολυπλοκότητα της εργασίας τα συστήματα υποστήριξης ομαδικών αποφάσεων παρουσιάζουν βελτιωμένη ποιότητα απόφασης έναντι των συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων για απλές αποφάσεις. Τα ΣΥΟΑ επίσης παρουσιάζουν μειωμένο χρόνο λήψης απόφασης έναντι των ΣΥΑ σε πολύπλοκες εργασίες, το αντίθετο όμως ισχύει για απλές εργασίες [13; 14;]. Συνεπώς υπάρχει μία αντίστροφη σχέση στην ποιότητα της τελικής απόφασης και του χρόνου που προσφέρεται για τη λήψη της. Όμως και ο παράγοντας χρόνος πρέπει να ληφθεί σημαντικά υπόψη αφού όλες οι στρατηγικές αποφάσεις πέρα από την ποιότητα που πρέπει να έχουν πρέπει να ληφθούν και την κατάλληλη χρονική στιγμή.
- IV. Μέτρα εκτίμησης των τελικών αποφάσεων. Η εκτίμηση της τελικής απόφασης μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορα μέτρα όπως είναι το επίπεδο ομοφωνίας ή ικανοποίησης των μελών της ομάδας από την τελική απόφαση, το επίπεδο αντιθέσεων κατά τη συζήτηση, η ποιότητα της απόφασης και ο χρόνος που χρειάστηκε για τη λήψη της απόφασης. Τα αποτελέσματα των μελετών που έχουν πραγματοποιηθεί πάνω σε εφαρμογές των ΣΥΟΑ αναφέρουν βελτίωση της ποιότητας της τελικής απόφασης και της ικανοποίησης των συμμετεχόντων από

αυτή. Πάντως αξίζει να αναφερθεί ότι βάσει ορισμένων μελετών [15] φαίνεται ότι οι τεχνολογίες επικοινωνίας μέσω Η/Υ που υποστηρίζονται από τα ΣΥΟΑ παρουσιάζουν λιγότερες πιθανότητες να οδηγήσουν την ομάδα σε ομοφωνία απ' ό,τι οι συναντήσεις των μελών της ομάδας σε ένα κοινό χώρο συσκέψεων. Όσον αφορά το χρόνο που απαιτείται για τη λήψη της τελικής απόφασης, από τις μελέτες που έχουν γίνει φαίνεται ότι τα ΣΥΟΑ απαιτούν περισσότερο χρόνο σε σχέση με τις συσκέψεις σε κοινό χώρο αλλά μπορούν να επιτύχουν καλύτερη ποιότητα αποφάσεων. Στα αποτελέσματα αυτά κατέληξαν οι Gallupe and McKeen [16]. Τέλος, άλλες μελέτες έδειξαν ότι οι ομάδες που συσκέπτονται σε κοινό χώρο αναλύουν μεγαλύτερα ποσά πληροφορίας, αναγνωρίζουν τις κακές εναλλακτικές πιο εύκολα και εξετάζουν περισσότερες παραμέτρους της απόφασης από ό,τι οι αντίστοιχες ομάδες που βασίζονται σε ΣΥΟΑ [17].

2.6 Σύνοψη

Η διαδικασία λήψης ομαδικών αποφάσεων αφορά σε πραγματικά προβλήματα όπου υπάρχουν παραπάνω από ένας αποφασίζων και παραπάνω από μία επιλογές. Δεδομένου ότι οι διαθέσιμες επιλογές-εναλλακτικές έχουν πολλαπλές ιδιότητες οι διάφοροι αποφασίζοντες καλούνται να αποφασίσουν λαμβάνοντας υπόψιν τους παραπάνω από ένα κριτήριο. Έτσι, διαμορφώνεται ένα περιβάλλον πολλών συμμετεχόντων στη λήψη απόφασης και πολλών κριτηρίων που παίζουν ρόλο στη διαμόρφωση της τελικής επιλογής. Επιπλέον, δεδομένου ότι οι προτιμήσεις και οι στόχοι των επιμέρους αποφασιζόντων μπορεί να ποικίλουν ή να έρχονται σε σύγκρουση μεταξύ τους, η διαδικασία λήψης μιας απόφασης αποτελεί ένα περίπλοκο πρόβλημα, με βαθμό δυσκολίας μεγαλύτερο από αυτόν που υπάρχει κατά τη λήψη απόφασης από μεμονωμένους αποφασίζοντες.

Πλέον, για τις ομαδικές αποφάσεις έχει αναπτυχθεί ένα πλήθος μεθόδων ικανών να λειτουργήσουν κάτω από διαφορετικές συνθήκες, ανταποκρινόμενες στη πληθώρα πραγματικών υποθέσεων που προκύπτουν και αφορούν συλλογικές διαδικασίες.

3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ (ΣΥΑ)

3.1 Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων (ΣΥΑ)

3.1.1 Εισαγωγή

Ο όρος ‘Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων’ (ΣΥΑ) εμφανίστηκε στη διεθνή βιβλιογραφία πρώτη φορά στα τέλη της δεκαετίας του ’70 και χρησιμοποιήθηκε για να εκφράζει μία καινοτόμα πρόταση σχετικά με το ρόλο των ηλεκτρονικών υπολογιστών στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων. Σήμερα υπάρχει ένα πλήθος ορισμών για τα ΣΥΑ καθώς υπάρχει αδυναμία στην επιστημονική κοινότητα να περιγράψει με έναν καθολικά αποδεκτό ορισμό τα συγκεκριμένα συστήματα: αδυναμία που προκύπτει κυρίως λόγω των πολλών επιστημονικών πεδίων που συνυπάρχουν μέσα σε ένα ΣΥΑ. Παρακάτω παρουσιάζονται οι βασικές έννοιες πάνω στις οποίες αναπτύχθηκαν τα ΣΥΑ, οι οποίες με τη σειρά τους αφορούν σε διαφορετικά επιστημονικά πεδία, έτσι:

- Η έννοια Απόφαση’ σχετίζεται αφενός, με μη τεχνικά λειτουργικά και αναλυτικά θέματα των ΣΥΑ και αφετέρου, με τα κριτήρια επιλογής εφαρμογών.
- Η έννοια Υποστήριξη’ εστιάζεται στην ολοκλήρωση και την κατανόηση των τρόπων λειτουργίας των ανθρώπων, καθώς επίσης και το πώς θα βοηθηθούν οι αποφασίζοντες.
- Τέλος, με τον όρο ‘Σύστημα’ δίνεται έμφαση στην τεχνική διάσταση σχεδίασης και ανάπτυξης αλλά και στη συστημική προσέγγιση των προβλημάτων.[1]

Παρ’ όλα αυτά, δύο ορισμοί που περιγράφουν ικανοποιητικά τη λειτουργία των ΣΥΑ είναι οι εξής:

Τα ΣΥΑ συνδυάζουν τις διανοητικές ικανότητες των ανθρώπων με αυτές των ηλεκτρονικών υπολογιστών με αντικειμενικό στόχο τη βελτίωση της ποιότητας των λαμβανόμενων αποφάσεων. Είναι βασισμένα στους Η/Υ συστήματα υποστήριξης των αποφασίζόντων σε θέματα, που αφορούν την αντιμετώπιση ημι-δομημένων προβλημάτων. [18]

Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων είναι αλληλεπιδραστικά συστήματα (προγράμματα –software) που χρησιμοποιούν αναλυτικές μεθόδους, όπως ανάλυση αποφάσεων, αλγορίθμους βελτιστοποίησης κ.α. για την ανάπτυξη κατάλληλων μοντέλων, με στόχο την υποβοήθηση των αποφασίζόντων στη διαμόρφωση εναλλακτικών λύσεων, στην ανάλυση των μεταξύ αντιδράσεων, στην αναπαράστασή τους και τελικά στην επιλογή της καταλληλότερης από αυτές για εφαρμογή. [19], [20]

3.1.2 Ανάλυση Αποφάσεων και Υποστήριξη

Η διαδικασία λήψης μίας απόφασης είναι μία σύνθετη λειτουργία που ξεκινάει με την μελέτη και τη διεξοδική ανάλυση των επιπτώσεων κάθε εναλλακτικής, και συνεχίζει με τη διαδικασία σύνθεσης και σύγκλισης των προτιμήσεων των εμπλεκόμενων στην απόφαση μερών για να ολοκληρωθεί με την επιλογή της εναλλακτικής-λύσης, της περισσότερο κοινά αποδεκτής.

Ως απόφαση, νοείται το σύνολο εκείνων των ενεργειών που γίνονται από ένα ή περισσότερα άτομα με σκοπό την επιλογή ενός τρόπου δράσης μέσα από ένα σύνολο επιλογών.

Για τον Simon [21] η διαδικασία λήψης απόφασης περιλαμβάνει προγραμματιζόμενες (programmed) και μη προγραμματιζόμενες (non programmed) αποφάσεις. Οι Keen και Scott-Morton [18], χωρίζουν τις αποφάσεις σε τρεις άλλες κατηγορίες, τις δομημένες (structured), ημιδομημένες (semi structured) και αδόμητες (unstructured).

- I. Δομημένες αποφάσεις: είναι οι αποφάσεις για τις οποίες ισχύουν τα παρακάτω:
 - Η διαδικασία που ακολουθείται για τη λήψη μιας απόφασης είναι πάντα η ίδια
 - Το αντικείμενο της απόφασης είναι σαφώς καθορισμένο
 - Τα δεδομένα εισόδου καθώς και τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των είναι συγκεκριμένα
- II. Αδόμητες αποφάσεις: είναι οι αποφάσεις στις οποίες
 - Η διαδικασία που ακολουθείται για τη λήψη της απόφασης είναι κάθε φορά διαφορετική
 - Το αντικείμενο της απόφασης, τα δεδομένα εισόδου καθώς και τα αποτελέσματα της επεξεργασίας δεν είναι καθορισμένα.
- III. Ημιδομημένες αποφάσεις: σε αυτή τη κατηγορία ανήκουν αποφάσεις οι οποίες άλλες εργασίες είναι σαφώς καθορισμένες και άλλες είναι ασαφείς.

3.1.3 Διαδικασία Λήψης Αποφάσεων

Το κλασσικό μοντέλο που προτάθηκε από τον Simon το 1960 χωρίζει τη διαδικασία λήψης μίας απόφασης από έναν αποφασίζοντα στα παρακάτω στάδια:

- i. Νοητική Φάση (intelligence phase) : αρχικά αναζητούνται καταστάσεις για τις οποίες μπορεί να ληφθούν αποφάσεις.
- ii. Σχεδιασμός (design): στη φάση αυτή γίνεται έρευνα, ανάλυση και ανάπτυξη όλων των δυνατών εναλλακτικών τρόπων δράσης (αποφάσεων).
- iii. Επιλογή (choice): στη τελική, αυτή, φάση γίνεται η επιλογή της καταλληλότερης απόφασης μέσα από το σύνολο των εναλλακτικών τρόπων δράσης (αποφάσεων). Στη φάση αυτή περιλαμβάνεται και η εργασία της ολοκλήρωσης της λύσης (implementation), η οποία στη βιβλιογραφία συναντάται και ως τέταρτη ξεχωριστή φάση.

3.1.4 Χαρακτηριστικά των ΣΥΑ

Σύμφωνα με τους Sprague και Carlson [22] τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά για αποτελεσματικά ΣΥΑ είναι οι δυνατότητες που έχουν για να:

- Υποστηρίζουν τις διαδικασίες λήψης ημιδομημένων ή/και αδόμητων αποφάσεων.
- Υποστηρίζουν και τις τέσσερις φάσεις λήψης αποφάσεων (νοητική, σχεδίασης, επιλογής και ολοκλήρωσης)
- Η χρήση τους βοηθά στην αύξηση της αποτελεσματικότητας και όχι της αποδοτικότητας.

- Συνδυάζουν τη συνεργασία μοντέλων, βάσεων δεδομένων και τεχνικών παρουσίασης και αποτελεσμάτων.
- Δίνουν έμφαση στην ευκολία χρήσης, την ευελιξία και την προσαρμοστικότητα τους.
- Αλληλοεπιδρούν με άλλα πληροφοριακά συστήματα που ήδη λειτουργούν.
- Κατασκευάζονται για να παρέχουν υποστήριξη σε όλα τα επίπεδα διοίκησης βοηθώντας και όχι υποκαθιστώντας τον αποφασίζοντα ο οποίος διατηρεί τον πλήρη έλεγχο του συστήματος καθ' όλη τη διάρκεια λήψης μιας απόφασης.
- Η υποστήριξη παρέχεται είτε σε ομάδες ατόμων είτε σε ξεχωριστά άτομα.
- Η αλληλεπίδραση χρήστη-ΣΥΑ οδηγεί στη βελτίωση των αποφάσεων και στη δημιουργία νέων απαιτήσεων του αποφασίζοντα από αυτό, γεγονός που οδηγεί στη βελτίωση του συστήματος. Η διαδικασία ανάπτυξης και βελτίωσης ενός ΣΥΑ επαναλαμβάνεται συνεχώς ανάλογα με τη χρήση του.

3.2 Συστήματα Υποστήριξης Ομαδικών Αποφάσεων

3.2.1 Εισαγωγή

Τα Συστήματα Υποστήριξης Ομαδικών Αποφάσεων (ΣΥΟΑ) προέκυψαν ως ανάπτυξη των κλασσικών Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων (ΣΥΑ). Η σύγχρονη αντίληψη για τη λήψη αποφάσεων σε επιχειρήσεις και οργανισμούς κατέστησε τα απλά ΣΥΑ ξεπερασμένα εφόσον η πλειοψηφία των αποφάσεων λαμβάνονται πλέον από ομάδες και όχι από μεμονωμένα άτομα. Προκύπτει, λοιπόν, ένα θέμα ομαδικής εργασίας και συνεργασίας με κύρια ανάγκη η λειτουργία αυτή να είναι αποτελεσματική.

Η ανάγκη ανάπτυξης ενός συστήματος που υποστηρίζει το έργο μιας ομάδας είναι εύκολα αντιληπτή αν υπολογίσει κανείς τους παρακάτω παράγοντες:

- Κατά τη μελέτη ενός πραγματικού προβλήματος, οι ομάδες αναζητούν εναλλακτικές λύσεις μέσα από την υιοθέτηση what-if σεναρίων χρησιμοποιώντας συγκεκριμένες μεθόδους.
- Είναι πιθανό να μην υπάρχει ομοιογένεια μεταξύ των μελών μιας ομάδας υπεύθυνης για τη λήψη μίας απόφασης όσον αφορά τις γνώσεις, το επιστημονικό αντικείμενο ή την θέση στην ιεραρχία στον οργανισμό.
- Ίσως κάποια μέλη της ομάδας να αδυνατούν να παρευρεθούν σε μία από κοινού συνάντηση όλων των συμμετεχόντων σε ορισμένο τόπο και χρόνο.
- Κάποια μέλη ίσως να μην έχουν τα κατάλληλα μέσα για να συνεισφέρουν στο διάλογο.

Τέτοια ζητήματα καλούνται να λύσουν τα ΣΥΟΑ. Σύμφωνα με τους Sprague και Watson [23], τα ΣΥΟΑ ενσωματώνουν τα κοινά ΣΥΑ. Τα ΣΥΟΑ περιέχουν –όπως τα ΣΥΑ, τα υποσυστήματα επικοινωνίας, βάσεων μοντέλων και βάσεων δεδομένων, χρειάζεται όμως να μπορούν να ανταποκρίνονται σε πιο εξειδικευμένες ανάγκες όπως:

- Δυνατότητες επικοινωνίας
- Παροχή μοντέλων που βοηθούν στην ψηφοφορία, κατάταξη, εκτίμηση και υποστήριξη των προβλεπόμενων λειτουργιών που σκοπεύουν στην επίτευξη συμφωνίας

- Περισσότερη αξιοπιστία από το σύστημα για τους χρήστες
- Αυξημένες απαιτήσεις κατά την αρχικοποίηση του συστήματος
- Αύξηση φυσικών δυνατοτήτων του συστήματος, όμως με αύξηση και του κόστους ανάπτυξης, εγκατάστασης και λειτουργίας του.

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, η λήψη αποφάσεων από ομάδες δημιουργεί προβλήματα τόσο στο χρόνο λήψης μιας απόφασης όσο και στο βαθμό αποδοτικότητάς της. Τα ΣΥΟΑ μπορούν να βελτιώσουν τα προβλήματα χρόνου (μείωση του απαιτούμενου χρόνου, αύξηση αποδοτικότητας) αλλά και να βελτιώσουν την ποιότητα της τελικής απόφασης, επηρεάζοντας έτσι και την αποτελεσματικότητα της διαδικασίας.

3.2.2 Τοπολογίες ΣΥΟΑ

Κατά τον σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός ΣΥΟΑ οι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι οι εξής:[87]

1. Η φυσική απόσταση μεταξύ των μελών της ομάδας. Στην περίπτωση που η φυσική παρουσία όλων των μελών σε ορισμένο τόπο και χρόνο, διακρίνονται οι παρακάτω τύποι επικοινωνίας:
 - a. Το δωμάτιο αποφάσεων
 - b. Η σύσκεψη
 - c. Το τοπικό δίκτυο αποφάσεων
 - d. Η σύσκεψη με την μεσολάβηση υπολογιστή
2. Η χρονική διαφορά μεταξύ των διαδικασιών λήψης απόφασης που πραγματοποιούνται από κάθε μέλος της ομάδας.
3. Η μορφή των στόχων κάθε μέλους της ομάδας.
4. Ο τρόπος ελέγχου της διαδικασίας της απόφασης. Δύο μορφές ελέγχου της διαδικασίας υπάρχουν:
 - a. Η δημοκρατική, συμμετοχική λήψη αποφάσεων
 - b. Η ημι-ιεραρχική λήψη αποφάσεων, στην οποία παρίσταται ένας μεσολαβητής-διαιτητής για τη διαδικασία.
5. Διάκριση της ανθρώπινης ιδιοσυγκρασίας από το πρόβλημα. Ο συγκεκριμένος παράγοντας αφορά τον τρόπο αντιπαράθεσης που σχετίζεται με τις ατομικές συμπεριφορές. Οι ήδη αναγνωρισμένοι τρόποι αντιπαράθεσης είναι οι:
 - a. Διαπραγμάτευση θέσης
 - b. Συμπαράσταση σε τρίτο
 - c. Συμβιβασμός
 - d. Συνεργασία
 - e. Αποφυγή των διαπραγματεύσεων

Για την κατάταξη ενός ΣΥΟΑ έχουν ορισθεί δύο βασικές μεταβλητές ο χρόνος και η φυσική θέση με βάση τις οποίες προκύπτουν τέσσερις κατηγοριοποιήσεις των ΣΥΟΑ:

1. Συστήματα στα οποία η χρονική στιγμή και η φυσική θέση της ομάδας είναι ίδια για όλα τα μέλη της (same time & same place, ή αλλιώς αίθουσα αποφάσεων-decision room).
2. Συστήματα στα οποία η χρονική στιγμή είναι ίδια για όλα τα μέλη της ομάδας αλλά διαφέρει η γεωγραφική τους θέση (same time, different place, ή αλλιώς συστήματα τηλεδιάσκεψης).

3. Συστήματα στα οποία όλα τα μέλη της ομάδας βρίσκονται στον ίδιο τόπο αλλά όχι την ίδια χρονική στιγμή (same place, different time, ή αλλιώς τοπικό δίκτυο απόφασης).
4. Συστήματα στα οποία τα μέλη της ομάδας δεν συναντιούνται αλλά ούτε βρίσκονται στον ίδιο φυσικό χώρο (different place & different time, ή αλλιώς συστήματα εξ' αποστάσεως λήψης αποφάσεων).

3.2.3 Πλεονεκτήματα ΣΥΟΑ

Τα πλεονεκτήματα των ΣΥΟΑ καταγράφηκαν από τους Aiken, Gallupe, Nunamaker [24], [25] ως εξής:

- Συνεργασία
- Δραστική μείωση απαιτούμενου χρόνου για τη λήψη απόφασης
- Ανωνυμία
- Ταυτόχρονη επικοινωνία
- Ύπαρξη Δημοκρατίας
- Αρχαιοθέτηση πληροφοριών
- Αποτελεσματικότητα της διαδικασίας
- Αύξηση της παραγωγικότητας

Η ανωνυμία αποτελεί σύμφωνα με μελέτες σημαντικό πλεονέκτημα των ΣΥΟΑ, αφού έχοντας ως δεδομένη αυτήν, περισσότερα άτομα επιλέγουν να εκφράσουν την άποψή τους και μάλιστα μειώνοντας τις αναστολές και την επιφυλακτικότητά τους.

Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα που παρέχεται από τα ΣΥΟΑ είναι η δυνατότητα αλληλεπίδρασης. Η παράλληλη συνεισφορά πληροφοριών, απόψεων και εκτιμήσεων από όλα τα μέλη της ομάδας, μειώνει σημαντικά το χρόνο της διαδικασίας, αυξάνοντας έτσι την αποτελεσματικότητα της ομαδικής λήψης αποφάσεων.

Επιπλέον, τα ΣΥΟΑ αντιμετώπισαν το πρόβλημα της απώλειας πληροφορίας μέσω της αύξησης της ομαδικής μνήμης, συντελώντας τελικά και στην αύξηση της παραγωγικότητας.

Τα διάφορα μοντέλα - εργαλεία που προσφέρονται από τα ΣΥΟΑ είναι ικανά να υποστηρίζουν περίπλοκα θέματα, αυξάνοντας την πληροφόρηση που είναι διαθέσιμη στην ομάδα συντελώντας έτσι στην επίλυση πιο σύνθετων προβλημάτων και αυξάνοντας ακόμα την παραγωγικότητα της ομάδας.

Τα ΣΥΟΑ εξασφαλίζουν, τη δημοκρατικότητα κατά τη διαδικασία λήψης της απόφασης, παρέχοντας σε όλους τους συμμετέχοντες στην ομάδα τη δυνατότητα λόγου και έκφρασης ενώ παράλληλα δεν υπάρχουν περιθώρια επιβολής της άποψης κάποιου μέλους στα υπόλοιπα μέλη.

3.2.4 Μειονεκτήματα ΣΥΟΑ

Τα κυριότερα μειονεκτήματα των ΣΥΟΑ σύμφωνα με τους Aiken [26] και Lewis [27] είναι:

- Απροθυμία υιοθέτησης τεχνολογικών καινοτομιών
- Απρόσωπη επικοινωνία
- Απειρία στη χρήση Η/Υ

- Αργή επικοινωνία
- Αύξηση συγκρούσεων εξαιτίας της ανωνυμίας
- Υπέρβαση ιεραρχίας
- Λανθασμένη χρήση τεχνολογίας
- Πιθανή απώλεια βασικών συμμετεχόντων
- Υψηλό κόστος εγκατάστασης
- Πλουραλισμός απόψεων

Η απρόσωπη επικοινωνία που προκαλείται εξαιτίας της συχνής χρήσης των ΣΥΟΑ τείνει να αυξάνει την κοινωνική απόσταση μεταξύ των μελών μιας ομάδας.

Σημαντικό μειονέκτημα που παρουσιάζουν τα ΣΥΟΑ είναι το υψηλό κόστος υλοποίησης της εγκατάστασης, καθιστώντας τα συμφέροντα μόνο για πολύ μεγάλου μεγέθους επιχειρήσεις ή οργανισμούς.

Ακόμα, τα ΣΥΟΑ εμφανίζουν αδυναμίες όταν ο αριθμός των συμμετεχόντων στη διαδικασία λήψης απόφασης είναι μεγάλος, συνήθως μεγαλύτερος από 15.

Τέλος, λαμβάνοντας υπόψη τη χρονική στιγμή κατά την οποία πραγματοποιήθηκε η έρευνα από τους Aiken [25] και Lewis [26] το 1995 και 1996 αντίστοιχα, είναι ασφαλές να πούμε ότι πλέον η απειρία στη χρήση Η/Υ δεν αποτελεί μειονέκτημα των ΣΥΟΑ, καθώς πλέον ο ψηφιακός αναλφαβητισμός έχει περιοριστεί σημαντικά και δεν αγγίζει την παραγωγική ομάδα του πληθυσμού.

3.2.5 Προβλήματα ΣΥΟΑ

Το κύριο πρόβλημα που συχνά εμφανίζεται κατά τη χρήση ενός ΣΥΟΑ είναι η ύπαρξη διαφωνιών και συγκρούσεων μεταξύ των μελών της ομάδας, πράγμα που συνήθως οφείλεται σε λόγους όπως:

- Το διαφορετικό σύστημα αξιών των μελών της ομάδας
- Αντικρουόμενα συμφέροντα- στόχους μεταξύ των μελών της ομάδας
- Διαφοροποίηση στα κριτήρια που κάθε μέλος χρησιμοποιεί για την αναπαράσταση των στόχων του
- Διαφορετικές σχέσεις προτίμησης, δηλαδή ακόμα και αν τα μέλη συμφωνούν στις τιμές και στα κριτήρια που θα χρησιμοποιήσουν, διαφωνούν ως προς την καλύτερη εναλλακτική
- Προβλήματα στην επικοινωνία μεταξύ των μελών της ομάδας, που οφείλονται σε υποκειμενικούς παράγοντες

Οι παραπάνω συγκρούσεις συναντώνται στη βιβλιογραφία σαν ‘διαπροσωπικές συγκρούσεις’, και η εμφάνιση έστω και ενός από τους παραπάνω παράγοντες μπορεί να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα ή και αδυναμία στην εύρεση λύσης στο πρόβλημα.

Προβλήματα κατά την Εφαρμογή των ΣΥΟΑ

Η εφαρμογή ενός ΣΥΟΑ μπορεί να παρουσιάσει ορισμένα προβλήματα όπως:

- Η χρήση ενός ΣΥΟΑ δεν ενδείκνυται για ολιγομελή ομάδα αποφασίζόντων
- Τα ΣΥΟΑ υποστηρίζουν τον πλουραλισμό, κάτι που δεν βρίσκει ανταπόκριση στην πραγματικότητα των σύγχρονων επιχειρήσεων ή οργανισμών.
- Ένα ΣΥΟΑ εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη γνώση χρήσης του από τον συντονιστή της ομάδας. Έλλειψη γνώσεων των λειτουργιών του συστήματος από τον συντονιστή οδηγεί σε μείωση της λειτουργικότητας και αποδοτικότητας του συστήματος.
- Τα ΣΥΟΑ αγνοούν την ιεραρχία, δίνοντας σε όλα τα μέλη της ομάδας ίσες ευκαιρίες στην ανταλλαγή πληροφοριών και την έκφραση απόψεων, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει την δυσaráσκεια των ανώτερων στην ιεραρχία.
- Πολλές φορές οι αποφασίζοντες δυσκολεύονται να βρουν τα κατάλληλα μοντέλα για την περιγραφή του προβλήματος που καλούνται να αντιμετωπίσουν
- Η συνεχής ανάπτυξη του χώρου των ΣΥΟΑ δημιουργεί κενά στους αποφασίζοντες, οι οποίοι δυσκολεύονται να ακολουθήσουν τις νέες εφαρμογές.
- Οι αποφασίζοντες δεν έχουν συνολική γνώση των δυνατοτήτων και μοντέλων που παρέχουν τα ΣΥΟΑ, επιλέγοντας μερικές φορές ένα μοντέλο που δεν ανταποκρίνεται στις ανάγκες του υπό εξέταση προβλήματος.
- Τα ΣΥΟΑ είναι αρκετά εξειδικευμένα (application specific) ενώ χρησιμοποιούν διαφορετικές μορφές εισόδου/εξόδου (formats), ανάλογα με την εφαρμογή.

3.3 Σύνοψη

Τα ΣΥΑ είναι πληροφορικά συστήματα που χρησιμοποιούν κανόνες απόφασης, μοντέλα και βάσεις μοντέλων, συνεργαζόμενα με βάσεις δεδομένων που σκοπό έχουν μέσω της αλληλεπίδρασης με το χρήστη και αξιοποιώντας την ευελιξία τους και την ευκολία στην προσαρμογή τους να οδηγήσουν σε ειδικές υλοποιήσιμες αποφάσεις που αφορούν προβλήματα τα οποία δεν λύνονται με τις κλασσικές τεχνικές βελτιστοποίησης. Τα ΣΥΑ, ουσιαστικά, μπορούν να υποστηρίξουν αποτελεσματικά τη λήψη πολύπλοκων αποφάσεων. Στην ανάπτυξη των ΣΥΑ συνεισέφεραν διάφοροι επιστημονικοί κλάδοι, όπως η επιχειρησιακή έρευνα, η επιστήμη της συμπεριφοράς, η πληροφορική και η επιστήμη των πληροφοριακών συστημάτων διοίκησης.

Τα τελευταία χρόνια, έχει πραγματοποιηθεί μια μετατόπιση του βάρους των αποφάσεων από το άτομο σε ομάδες. Έτσι, αναπτύχθηκαν τα ΣΥΟΑ που στόχο έχουν να υποστηρίξουν τη διαδικασία λήψης αποφάσεων, διευκολύνοντας την επίλυση ημι-δομημένων και αδόμητων αποφάσεων από μία ομάδα, τα μέλη της οποίας συνεργάζονται για την επίλυση ενός κοινού προβλήματος.

4. ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

4.1 Εισαγωγή

Η πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων αποτελεί ένα εργαλείο λήψης αποφάσεων που αναπτύχθηκε για να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα που δημιουργούνται κατά την μελέτη ενός προβλήματος του οποίου η λύση απαιτεί την εξέταση πολλών και διαφορετικής φύσης κριτηρίων που αφορούν συγκεκριμένες επιλογές. Με τη μέθοδο αυτή, επιχειρείται στην ουσία μια σύνθεση ενός μεγάλου όγκου πληροφοριών χωρίς όμως να επηρεάζονται οι στόχοι και οι προτιμήσεις των συμμετεχόντων στη διαδικασία λήψης της απόφασης. Στόχος κάθε πολυκριτήριας μεθόδου είναι η επίτευξη μιας κοινά αποδεκτής λύσης, λαμβάνοντας υπόψη το βάρος της γνώμης και τις προτιμήσεις κάθε αποφασίζοντα στη διαδικασία.

4.2 Παρουσίαση Θεωρητικών Ρευμάτων Πολυκριτήριας Ανάλυσης

Πλήθος μεθοδολογιών και τεχνικών έχουν αναπτυχθεί στον χώρο της πολυκριτήριας ανάλυσης με σκοπό τη λήψη αποφάσεων, οι οποίες εμφανίζουν σημαντικές διαφορές τόσο στη μορφή των υποδειγμάτων που αναπτύσσονται όσο και στη διαδικασία που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη των υποδειγμάτων. [27]

Η ομαδοποίησή των διάφορων μεθοδολογιών μπορεί να γίνει με διάφορα κριτήρια. Μερικές από τις κατηγοριοποιήσεις είναι:

1. Με βάση τον τύπο των δεδομένων που χρησιμοποιούν: υπάρχουν
 - οι διακριτές,
 - στοχαστικές και
 - ασαφείς (fuzzy) πολυκριτήριες μέθοδοι,
 - αλλά και συνδυασμοί τους.
2. Με βάση τον αριθμό των ατόμων που συμμετέχουν στη λήψη της απόφασης: υπάρχουν οι:
 - ατομικές πολυκριτήριες μέθοδοι και
 - οι ομαδικές πολυκριτήριες μέθοδοι.
3. Με βάση τη μορφή του υποδείγματος που χρησιμοποιείται καταγράφονται οι:
 - προσεγγίσεις μοναδικής σύνθεσης των κριτηρίων (αγνοείται η ασυγκριτότητα μεταξύ των εναλλακτικών) (unique synthesis criterion)
 - οι προσεγγίσεις βασιζόμενες σε σχέσεις υπεροχής (outranking synthesis approach), λαμβάνοντας υπόψιν πιθανή σχέση ασυγκριτότητας και
 - οι αλληλεπιδραστικές προσεγγίσεις (interactive local judgment approach)
4. Με βάση τη σύνθεση των κριτηρίων:
 - Συναρτησιακές Μέθοδοι: η σύνθεση των κριτηρίων επιτυγχάνεται με χρήση συνάρτησης ή συναρτήσεων χρησιμότητας
 - Σχεσιακές Μέθοδοι: η σύνθεση των κριτηρίων επιτυγχάνεται με χρήση σχέσης ή σχέσεων υπεροχής
 - Αναλυτικές Μέθοδοι: το μοντέλο σύνθεσης των κριτηρίων συμπεραίνεται έμμεσα από δεδομένα ολικής προτίμησης του αποφασίζοντα.

5. Τέλος, μια διαφορετική κατηγοριοποίηση προτάθηκε από τον Pardalos το 1995 [28], σύμφωνα με την οποία κάθε ομάδα μεθοδολογιών προκύπτει ως αποτέλεσμα όχι μόνο της μορφής των υποδειγμάτων που αναπτύσσονται αλλά και του τρόπου με τον οποίο πραγματοποιείται η ανάπτυξή τους. Οι τέσσερις διαφορετικές κατηγορίες:
- Πολυκριτήριο μαθηματικός προγραμματισμός (multiobjective mathematical programming).
 - Πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας (multiattribute utility theory).
 - Θεωρία των σχέσεων υπεροχής (outranking relations).
 - Αναλυτική-συνθετική προσέγγιση (preference disaggregation approach).

Αναλυτικότερα παρουσιάζονται τα θεωρητικά ρεύματα κατά τον Pardalos[28]:

Ο πολυκριτήριο μαθηματικός προγραμματισμός: είναι η επέκταση της κλασσικής θεωρίας του γραμμικού προγραμματισμού. Σκοπός του πολυκριτηρίου μαθηματικού προγραμματισμού 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.

Η προσπάθεια εξεύρεσης βέλτιστης λύσης μέσω πολλαπλών αντικειμενικών συναρτήσεων που ταυτόχρονα να τις ικανοποιεί όλες συχνά δεν δίνει αποτέλεσμα, γι' αυτό υιοθετείται μια συμβιβαστική-ικανή λύση η οποία βρίσκεται μέσα από το σύνολο των αποτελεσματικών λύσεων. Η συμβιβαστική αυτή λύση βασίζεται στην έννοια της κυριαρχίας (dominance). Αποτελεσματική ορίζεται μια εφικτή λύση αν και μόνο αν δεν υπάρχει καμία άλλη λύση που να υπερτερεί έναντι αυτής σε όλους τους προκαθορισμένους στόχους- αντικειμενικές συναρτήσεις.

Επομένως η μέθοδος του πολυκριτηρίου μαθηματικού προγραμματισμού αποτελεί μια αλληλεπιδραστική και επαναληπτική μέθοδο, η οποία περιλαμβάνει τον εντοπισμό μιας αρχικής βέλτιστης λύσης. Η αρχική αυτή βέλτιστη λύση τίθεται στην κρίση του αποφασίζοντα, ο οποίος επιλέγει αν η διαδικασία εξεύρεσης λύσης θα συνεχιστεί αναζητώντας μια καλύτερη, προσπάθεια η οποία θα καθοδηγηθεί από τον ίδιο μέσα από τον ορισμό προτιμήσεων-ιεράρχηση και δυνατών παραχωρήσεων. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου η λύση ικανοποιεί τον αποφασίζοντα.

Η πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας: αποτελεί γενίκευση της κλασσικής θεωρίας χρησιμότητας η οποία εμφανίστηκε το 1947. Εφαρμόστηκε για πρώτη φορά από τους Keeney και Raiffa αλλά στην ουσία αποτελεί μια γενίκευση της θεωρίας των Neumann και Morgestern. Η θεωρία χρησιμότητας αποτέλεσε και αποτελεί θεμελιακό ρεύμα της θεωρητικής ανάπτυξης και πρακτικής εφαρμογής των αρχών πολυκριτηριακής ανάλυσης. Κι αυτό γιατί χρησιμοποιείται και στα υπόλοιπα θεωρητικά ρεύματα στα οποία αξιοποιείται η έννοια της χρησιμότητας -άλλοτε φανερά κι άλλοτε ως εργαλείο, όπως συμβαίνει στον πολυκριτήριο μαθηματικό προγραμματισμό που ήδη παρουσιάστηκε, όπου ουσιαστικά αυτός αποσκοπεί στον εντοπισμό μιας αποτελεσματικής λύσης, η οποία μεγιστοποιεί τη χρησιμότητα του αποφασίζοντος.

Στην πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας αξιοποιείται μία συνάρτηση $U(g)$, συνάρτηση αξιών-χρησιμότητας, η οποία ουσιαστικά αποτελεί την μοντελοποίηση συστήματος αξιών που συνειδητά ή ασυνειδητά ακολουθεί ο αποφασίζων.

Στα πλαίσια της προσθετικής συνάρτησης χρησιμότητας κάθε επίπεδο σημαντικότητας p_i υποδεικνύει την παραχώρηση (trade-off) που είναι διατεθειμένος να κάνει ο αποφασίζων σε ένα κριτήριο αναφοράς, προκειμένου να επιτύχει αύξηση μιας μονάδας στο κριτήριο g_i .

Γενικά, η διαδικασία ανάπτυξης μιας συνάρτησης χρησιμότητας απαιτεί την αλληλεπίδραση ενός ειδικού αναλυτή και του αποφασίζοντα. Από αυτούς καθορίζονται το επίπεδο σημαντικότητας κάθε κριτηρίου καθώς και η μορφή των συναρτήσεων μερικών χρησιμοτήτων. Όπως προαναφέρθηκε, οι συντελεστές βαρύτητας των κριτηρίων αξιολόγησης έχουν την έννοια των παραχωρήσεων που ο αποφασίζων είναι διατεθειμένος να κάνει σε ένα κριτήριο αξιολόγησης προκειμένου να βελτιώσει κάποιο άλλο κριτήριο αξιολόγησης. Παράλληλα, έχουν αναπτυχθεί και διάφορα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων τα οποία υλοποιούν μεθόδους που επιτρέπουν την αλληλεπιδραστική ανάπτυξη και χρήση συναρτήσεων χρησιμότητας, ιδιαίτερα προσθετικής μορφής. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το σύστημα MACBETH [29]. Με βάση την ολική χρησιμότητα των εναλλακτικών δραστηριοτήτων, όπως αυτή υπολογίζεται μέσω της συνάρτησης χρησιμότητας, ο αποφασίζων μπορεί να κατατάξει τις εναλλακτικές δραστηριότητες από τις καλύτερες (εναλλακτικές με την υψηλότερη ολική χρησιμότητα) προς τις χειρότερες (εναλλακτικές με τη χαμηλότερη ολική χρησιμότητα), να τις διαχωρίσει σε κατηγορίες ή να επιλέξει κάποια/κάποιες από αυτές [30].

Η θεωρία των σχέσεων υπεροχής (outranking relations theory): αποτελεί ένα ιδιαίτερο μεθοδολογικό ρεύμα της πολυκριτήριας ανάλυσης οι βάσεις του οποίου τέθηκαν στα τέλη της δεκαετίας του 1960, με τις εργασίες του Bernard Roy και την παρουσίαση των μεθόδων της οικογένειας ELECTRE [31],[32],[33]. Ερευνητές από όλη την Ευρώπη, ασχολήθηκαν με τη συγκεκριμένη οικογένεια μεθόδων από τότε. Με την πάροδο ου χρόνου η ELECTRE εξελίχθηκε στις ELECTRE I, ELECTRE II, ELECTRE III, ELECTRE IV, ELECTRE IS και ELECTRE TRI. Μια άλλη σημαντική οικογένεια μεθόδων που ανήκει στην οικογένεια των outranking μεθόδων είναι PROMETHEE. Αξίζει να σημειωθεί πως η θεωρία των σχέσεων υπεροχής εδράζει τη βάση της στη θεωρία κοινωνικής επιλογής (social choice theory) (Arrow and Raynaud).

Συγκρίνοντας την πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας με τη θεωρία των σχέσεων υπεροχής είναι ξεκάθαρο πως στη δεύτερη σκοπός δεν είναι η ανάπτυξη μιας συνάρτησης βαθμολόγησης των εναλλακτικών δραστηριοτήτων όπως συμβαίνει στη θεωρία χρησιμότητας, αλλά η ανάπτυξη μεθοδολογικού πλαισίου που θα επιτρέπει την πραγματοποίηση διμερών συγκρίσεων μεταξύ των εναλλακτικών δραστηριοτήτων.

Η θεωρία των σχέσεων υπεροχής εφαρμόζεται γενικά σε 2 φάσεις. Κατά την πρώτη αναπτύσσεται η σχέση υπεροχής που εκφράζει τις υπό εξέταση εναλλακτικές δραστηριότητες, και κατά τη δεύτερη φάση, η σχέση υπεροχής αξιοποιείται για την τελική αξιολόγηση και παρουσίαση της λύσης στην ζητούμενη μορφή (κατάταξη ή ταξινόμηση ή επιλογή). Κοινό στοιχείο κατά τις 2 φάσεις της συγκεκριμένης προσέγγισης, προφανώς, είναι η έννοια της σχέσης υπεροχής.

Γενικά, μπορεί κανείς να πει πως η μέθοδος των σχέσεων υπεροχής είναι μια εναλλακτική αναπαράσταση και μια διαφορετική μοντελοποίηση ικανή να περιγράψει το σύστημα αξιών του αποφασίζοντα, και διαφέρει με τη μέθοδο της πολυκριτήριας θεωρίας χρησιμότητας στα εξής 2 σημεία:

- Η σχέση υπεροχής δεν είναι μεταβατική. Στην πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας τα αποτελέσματα της αξιολόγησης των εναλλακτικών δραστηριοτήτων μέσω της συνάρτησης χρησιμότητας που αναπτύσσεται υπακούσουν στην μεταβατική ιδιότητα.
- Η σχέση υπεροχής δεν είναι πλήρης: Η έννοια της πληρότητας αναφέρεται στην πλήρη αξιολόγηση όλων των εναλλακτικών δραστηριοτήτων και την κατάταξη τους. Η πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας, μέσω των διαδικασιών της οδηγεί σε μία πλήρη αξιολόγηση των εναλλακτικών, η οποία βασίζεται στις σχέσεις προτίμησης και αδιαφορίας, οι οποίες διαθέτουν την μεταβατική ιδιότητα. Αντίθετα, στη θεωρία σχέσεων υπεροχής θεωρείται ότι οι προτιμήσεις του αποφασίζοντος δεν ακολουθούν απαραίτητα τη μεταβατική ιδιότητα και έτσι η πλήρης αξιολόγηση των εναλλακτικών δεν είναι πάντα εφικτή.

Στη θεωρία των σχέσεων υπεροχής εισάγεται η έννοια της ασυγκριτότητας ακριβώς για να καλύψει αυτό το κενό που δημιουργείται όταν υπάρχουν εναλλακτικές με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, των οποίων η σύγκριση δεν είναι δυνατή. Σημειώνεται εδώ ότι η σχέση της ασυγκριτότητας είναι αντιμεταθετική αλλά όχι μεταβατική.

Η ανάπτυξη σχέσεων υπεροχής απαιτεί -όπως και η θεωρία χρησιμότητας, την επικοινωνία αναλυτή – αποφασίζων, και τις πληροφορίες που παρέχει ο δεύτερος στον πρώτο. Συνήθως οι πληροφορίες αυτές αφορούν τα βάρη (σημαντικότητα) (weights) των κριτηρίων αξιολόγησης, τα κατώφλια προτίμησης, αδιαφορίας και βέτο (preference, indifference and veto thresholds). Μέσω αυτών των πληροφοριών, κάθε αναλυτής έχει τη δυνατότητα να εξετάσει την ύπαρξη επαρκούς συμφωνίας των κριτηρίων ώστε να θεωρηθεί ότι ισχύει η υπεροχή της εναλλακτικής x έναντι y και την ισχύ των ενδείξεων που πιθανόν να υπάρχουν κατά της ισχύος της πρότασης αυτής (ασυμφωνία, απόρριψη υπεροχής).

Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία ανάπτυξης σχέσεων υπεροχής, αυτές αξιοποιούνται ώστε να καθοριστεί το αποτέλεσμα της αξιολόγησης των εναλλακτικών δραστηριοτήτων. Ακριβώς όμως, λόγω των δύο βασικών ιδιοτήτων της μεθόδου υπεροχής, (της μη μεταβατικότητας και μη πληρότητας) υπάρχει η πιθανότητα η διαδικασία εκμετάλλευσης της σχέσης υπεροχής να οδηγήσει στον εντοπισμό ασύγκριτων μεταξύ τους εναλλακτικών δραστηριοτήτων.

Αναλυτική-Συνθετική προσέγγιση (preference disaggregation approach):

Αντίθετα με τα δύο κύρια θεωρητικά ρεύματα της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων, θεωρία χρησιμότητας και θεωρία των σχέσεων υπεροχής, η αναλυτική-συνθετική προσέγγιση αντιμετωπίζει τη λήψη αποφάσεων από τελείως διαφορετική σκοπιά.

Γενικά, στις προαναφερθείσες μεθόδους η διαδικασία αντιμετώπισης προβλημάτων αξιολόγησης ενός προκαθορισμένου συνόλου εναλλακτικών επιλογών επικεντρώνεται στην προσπάθεια μοντελοποίησης και αναπαράστασης του συστήματος αξιών και προτιμήσεων του αποφασίζοντα μέσω μιας προκαθορισμένης μαθηματικής μορφής (συνάρτηση χρησιμότητας ή υπεροχής). Από την άλλη πλευρά, η αναλυτική-συνθετική προσέγγιση (preference disaggregation approach) [34], [35] προτείνει την ανάπτυξη ενός γενικότερου μεθοδολογικού πλαισίου, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση των αποφάσεων που λαμβάνει ο αποφασίζων έτσι ώστε να καθοριστεί το κατάλληλο

υπόδειγμα σύνθεσης των κριτηρίων το οποίο ανταποκρίνεται στο σύστημα αξιών και τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα.

Στην πραγματικότητα, η αναλυτική συνθετική προσέγγιση δεν αποσκοπεί στην υποστήριξη του αποφασίζοντα κατά τη διαδικασία σύνθεσης των κριτηρίων αξιολόγησης με τη χρήση προκαθορισμένων υποδειγμάτων όπως είναι η συνάρτηση χρησιμότητας ή η σχέση υπεροχής. Τόσο η θεωρία χρησιμότητας όσο και η θεωρία των σχέσεων υπεροχής βασίζονται στην εμπρόσθια (forward) διαδικασία αλληλεπίδρασης αποφασίζοντα – αναλυτή, σύμφωνα με την οποία ο αποφασίζων καθορίζει όλες τις παραμέτρους με τις οποίες καλείται να δουλέψει ο αναλυτής σε ένα ήδη υπάρχον μοντέλο.

Αντίθετα, η συνθετική- αναλυτική προσέγγιση ακολουθεί μια ανάστροφη διαδικασία (backward). Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση, ο αποφασίζων -συνειδητά ή ασυνειδητά, χρησιμοποιεί ένα σύστημα αξιών που τον οδηγεί στη λήψη συγκεκριμένων αποφάσεων. Η αναλυτική – συνθετική προσέγγιση δεν προσπαθεί να εντοπίσει τις αποφάσεις αυτές, βάζοντας τον αποφασίζοντα στην διαδικασία άμεσου καθορισμού πληροφοριών ως προς τον τρόπο που έλαβε τις αποφάσεις αυτές, αλλά επιχειρεί να εντοπίσει τον τρόπο- μοντέλο που ακολούθησε ο αποφασίζων για να οδηγηθεί στις συγκεκριμένες αποφάσεις αναλύοντας την σχέση μεταξύ των αποφάσεων και των επιδόσεων των εναλλακτικών δραστηριοτήτων στα κριτήρια αξιολόγησης.

Έτσι, μπορούμε να πούμε πως η πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας και η θεωρία των σχέσεων υπεροχής, ουσιαστικά συνθέτουν τα δεδομένα ενός προβλήματος ώστε να καταλήξουν στο τελικό αποτέλεσμα, ενώ, αντίθετα, η αναλυτική-συνθετική προσέγγιση αναλύει τα υπάρχοντα δεδομένα (σύνολο αναφοράς) ώστε να εντοπίσει το υπόδειγμα που αναπαριστά όσο πιο πιστά γίνεται το σύστημα αξιών και προτιμήσεων του αποφασίζοντος.

Η θεωρία της σύνθεσης – ανάλυσης ήρθε να καλύψει το κενό που δημιουργεί η δυσκολία απόσπασης πληροφοριών από τους αποφασίζοντες. Είναι πιθανό ορισμένες φορές, ο αποφασίζων να μην είναι σε θέση να παράσχει τις ζητούμενες πληροφορίες ή να μην είναι σε θέση να αποσαφηνίσει τις παραμέτρους που έλαβε υπόψιν (συνειδητά ή ασυνειδητά) για να οδηγηθεί σε συγκεκριμένη απόφαση. Όμως, είναι γενικά ευκολότερο για τον αποφασίζων να διατυπώσει τις ίδιες τις αποφάσεις του, χωρίς να χρειάζεται να καθορίσει τις επιπλέον παραμέτρους που σχετίζονται με τον τρόπο λήψης της απόφασης. Με την αναλυτική -συνθετική προσέγγιση υπάρχει η δυνατότητα αξιοποίησης κάθε πιθανής μορφής που μπορεί να παίρνει η απόφαση · συνήθως εκφράζεται σε μια μονότονη κλίμακα μέσω της κατάταξης ή ταξινόμησης των εναλλακτικών δραστηριοτήτων ή πιθανά σε μορφή δείκτη (πόσες φορές μια εναλλακτική δραστηριότητα προτιμάται μιας άλλης [36], σε μορφή κατάταξης των εναλλακτικών δραστηριοτήτων στο κάθε κριτήριο αξιολόγησης ή ακόμα και σε ιεράρχηση των κριτηρίων αξιολόγησης με βάση τη σημαντικότητά τους.

Η μεθοδολογική προσέγγιση που χρησιμοποιείται στο πλαίσιο της αναλυτικής συνθετικής προσέγγισης είναι ανάλογη με αυτή της στατιστικής παλινδρόμησης. Αρχικά χρησιμοποιήθηκε η συνάρτηση του απλού σταθμισμένου μέσου, στη συνέχεια όμως αξιοποιήθηκαν και τα μέσα που παρέχει η πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας.

Συνοπτικά αναφέρονται οι κυριότερες μέθοδοι αναλυτικής-συνθετικής προσέγγισης:

- Μέθοδος UTA , Jacquet-Lagreve and Siskos (1982, 1983) [34]
- Μέθοδος UTASTAR , Siskos, Grigoroudis, Matsatsinis (2016) [88]

- Μέθοδος UTADIS , Devaud et al. (1980), Jacquet-Lagrange (1995), Doumpos and Zorounidis (2002) [38], [39],[40]
- Μέθοδος MHDIS , Zorounidis and Doumpos (2000) [41]

4.3 Πολυκριτήρια Ανάλυση και Ομαδικές Αποφάσεις

Τις προηγούμενες δεκαετίες είχε απασχολήσει ιδιαίτερα τους ερευνητές του κλάδου η θεωρητική και πρακτική εφαρμογή της πολυκριτήριας ανάλυσης σε ατομικό επίπεδο. Όμως, όσον αφορά την πολυκριτήρια ανάλυση σε ομάδες ατόμων, αυτή παρουσιάζει ιδιαίτερες δυσκολίες. Η πολυπλοκότητα της επέκτασης της κλασσικής πολυκριτήριας ανάλυσης για ομάδες έγκειται στη σωστή σύνθεση των ατομικών προτιμήσεων, λαμβάνοντας υπόψη την ιεραρχία (τα βάρη) των μελών στην απόφαση και τους περιορισμούς του προβλήματος. Η πολυπλοκότητα αυξάνει αν αναλογιστεί κανείς και τα αντιπαραθέσεις που συχνά εμφανίζονται μεταξύ των μελών μιας ομάδας. Όμως, η ανάγκη για ορθολογική, αποτελεσματική και αποδεκτή από όλα τα μέλη της ομάδας σύνθεση των ιδιαίτερων προτιμήσεων στο απαιτητικό περιβάλλον της ομάδας έστρεψε το επιστημονικό ενδιαφέρον πρόσφατα στην πολυκριτήρια ανάλυση. Σημαντικός αριθμός εργασιών έχουν παρουσιαστεί τα τελευταία χρόνια, οι οποίες επικεντρώνονται στην προσπάθεια αποτελεσματικής σύνθεσης των δύο κλάδων, της πολυκριτήριας ανάλυσης και των ομαδικών αποφάσεων, με σκοπό την επιλογή, την ιεράρχηση ή την ταξινόμηση των εναλλακτικών από μία ομάδα ανθρώπων.

Προφανώς, οι πολυκριτήριες μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν στη λήψη ομαδικών αποφάσεων αποτελούν επέκταση των κλασσικών πολυκριτήριων μεθόδων, και μπορούν να κατηγοριοποιηθούν με βάση τη μοντελοποίηση των προτιμήσεων της ομάδας ως εξής:

1. Στη πρώτη κατηγορία η πολυκριτήρια ανάλυση πραγματοποιείται μόνο μία φορά. Τα δεδομένα που θα εισαχθούν στο σύστημα έχουν προαποφασισθεί από όλα τα εμπλεκόμενα στην απόφαση μέλη. Η πολυκριτήρια μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί όπως και όλες οι τιμές που είναι απαραίτητες ως είσοδοι στο σύστημα είναι αποτέλεσμα ομόφωνης απόφασης της ομάδας, στην οποία κατέληξαν τα μέλη μέσα από γύρους συζητήσεων. Είναι φανερό ότι το συγκεκριμένο μοντέλο παρουσιάζει αρκετά μειονεκτήματα ιδιαίτερα αν λάβει κανείς υπόψη και την παράμετρο του χρόνου υλοποίησης της διαδικασίας. Αυτό οφείλεται στην προϋπόθεση συμφωνίας που απαιτεί η μέθοδος για τις τιμές εισόδου και την μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί, καθώς σε αυτήν την περίπτωση αντικρουόμενες απόψεις και συμφέροντα θα οδηγήσουν στην επιμήκυνση του χρόνου υιοθέτησης ομόφωνης απόφασης. Επιπλέον, η προϋπόθεση συμφωνίας όλων των μελών, σημαίνει αυτομάτως πως η τελική απόφαση δεν θα αντικατοπτρίζει τους πραγματικούς συσχετισμούς—διαφωνίες μεταξύ των αποφασίζοντων. Πρόκειται δηλαδή για ένα μοντέλο που δίνει κατά το ήμισυ πραγματικό αποτέλεσμα.
2. Στη δεύτερη κατηγορία, οι αποφασίζοντες είναι περισσότερο «ελεύθεροι» σε σχέση με την προηγούμενη. Κάθε αποφασίζων επιλέγει αυτόνομα και την πολυκριτήρια μεθοδολογία και τις τιμές εισόδου που επιθυμεί. Μοναδικός περιορισμός στη συγκεκριμένη κατηγορία είναι η υιοθέτηση κοινών εναλλακτικών από όλους τους αποφασίζοντες. Για κάθε αποφασίζοντα πραγματοποιείται μια ξεχωριστή

πολυκριτήρια ανάλυση, γεγονός που αυξάνει το υπολογιστικό κόστος του μοντέλου αν και χαρακτηρίζεται περισσότερο «ελεύθερη» σε σχέση με την πρώτη.

3. Στον τρίτο τύπο μοντέλων, κάθε χρήστης δίνει στο σύστημα ως είσοδο τις τιμές που ο ίδιος προτιμά και εκφράζουν τις προσωπικές του απόψεις, χωρίς να έρχεται σε επαφή με τους υπόλοιπους αποφασίζοντες. Για κάθε αποφασίζοντα εκτελείται η πολυκριτήρια ανάλυση όχι μέχρι τέλους αλλά μέχρι ένα συγκεκριμένο σημείο (δεν εξάγονται αποτελέσματα για κάθε αποφασίζοντα). Γι' αυτά τα ενδιαμέσως δεδομένα πραγματοποιείται ένας συνδυασμός τους και σε αυτό το συνδυασμό εφαρμόζεται εκ νέου πολυκριτήρια ανάλυση η οποία έχει ως έξοδο το τελικό αποτέλεσμα. Σε αυτή τη περίπτωση εκτελέστηκαν $n+1$ πολυκριτήριες αναλύσεις (όπου n ο αριθμός των αποφασίζοντων). Το μοντέλο αυτό διαφέρει με το δεύτερο ως προς το ότι σε αυτό δεν εξάγονται αποτελέσματα για κάθε αποφασίζοντα ξεχωριστά, αλλά συλλογή και συνδυασμό των ενδιαμέσως τιμών των ατομικών μοντέλων με σκοπό την εξαγωγή ενός τελικού ομαδικού αποτελέσματος. Για την εφαρμογή αυτής της μεθόδου τα κριτήρια και οι εναλλακτικές είναι κοινές για κάθε αποφασίζον, και επίσης η μέθοδος της πολυκριτήριας ανάλυσης έχει προαποφασισθεί, γιατί είναι αδύνατον να πραγματοποιηθεί σύνθεση αποτελεσμάτων που προέρχονται από διαφορετικές μεθόδους.
4. Η τέταρτη κατηγορία μοντέλων μοιάζει αρκετά με την προηγούμενη. Σε αυτήν, κάθε αποφασίζον δίνει ως είσοδο στο σύστημα τις προσωπικές του προτιμήσεις. Και σε αυτό το μοντέλο, όλοι οι αποφασίζοντες χρησιμοποιούν τις ίδιες εναλλακτικές, τα ίδια κριτήρια και την ίδια μέθοδο πολυκριτήριας ανάλυσης, η οποία έχει προεπιλεγεί από όλους. Αντίθετα όμως με την τρίτη κατηγορία, από την ανάλυση προκύπτουν n αποτελέσματα (όπου n ο αριθμός των αποφασίζοντων). Τα αποτελέσματα αυτά χρησιμοποιούνται από τον συντονιστή της ομάδας ως είσοδοι για ένα νέο πολυκριτήριο πρόβλημα του οποίου η ανάλυση (ίδια μέθοδος με αυτή που χρησιμοποίησαν οι προηγούμενοι) θα δώσει το τελικό ομαδικό αποτέλεσμα. Ουσιαστικά κάθε αποφασίζον εκτελεί ξεχωριστά και ανεξάρτητα το πολυκριτήριο μοντέλο, καταλήγοντας σε ατομικό αποτέλεσμα. Τα ατομικά αυτά αποτελέσματα αξιοποιούνται στη συνέχεια για την εξαγωγή της τελικής απόφασης-λύσης.

Οι παραπάνω αποτελούν τις βασικές προσεγγίσεις για τις πολυκριτήριες μεθόδους ομαδικών αποφάσεων. Αξίζει να σημειωθεί πως, με τη χρήση των ατομικών μοντέλων που συμβαίνει στην τρίτη και τέταρτη κατηγορία, οι απόψεις όλων των συμμετεχόντων λαμβάνονται εξίσου υπόψη, όμως μειονεκτεί όσον αφορά την αλληλεπιδραστική σχέση που αναπτύσσεται μεταξύ των μελών μιας ομάδας. Αντίστοιχα, στη πρώτη και δεύτερη κατηγορία, η αλληλεπιδραστική σχέση μπορεί να επηρεάσει το αποτέλεσμα, όμως δεν αποκλείεται το ενδεχόμενο μέλη της ομάδας με μεγαλύτερη εξουσία ή διαπραγματευτική δύναμη να επιβάλλουν τις προτιμήσεις τους στην υπόλοιπη ομάδα, διαβάλλοντας έτσι τη διαδικασία.

4.4 Πολυκριτήριες Μέθοδοι Λήψης Ομαδικών Αποφάσεων

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται οι κυριότερες πολυκριτήριες μέθοδοι λήψης ομαδικών αποφάσεων που έχουν αναπτυχθεί [89]. Κάθε μία από αυτές έχει αποτελέσει τη βάση για την ανάπτυξη πλήθους υπό-μεθόδων, ενώ τα τελευταία χρόνια, ακολουθώντας

τις ανάγκες της εποχής, αναπτύχθηκαν και οι αντίστοιχες ασαφείς πολυκριτήριες μέθοδοι λήψης ομαδικών αποφάσεων.

I. Analytic Hierarchy Process AHP [Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία]

Η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία αναπτύχθηκε κατά τη δεκαετία του 1970 από τον Thomas Saaty. Είναι μία θεωρία μέτρησης της υποκειμενικής απόστασης μεταξύ των διάφορων κριτηρίων, ποσοτικών ή/και ποιοτικών. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην αρχή ότι για να παρθούν κάποιες αποφάσεις, η εμπειρία και η γνώση των ανθρώπων είναι τουλάχιστον τόσο πολύτιμη όσο και οι πληροφορίες που χρησιμοποιούν. Επιτρέπει στους αποφασίζοντες να μοντελοποιήσουν ένα σύνθετο πρόβλημα σε μία ιεραρχική δομή όπου εμφανίζονται οι συσχετίσεις μεταξύ του στόχου, των κριτηρίων, των υποκριτηρίων και των εναλλακτικών λύσεων. Τα βήματα που ακολουθούνται για την υλοποίηση της συγκεκριμένης μεθόδου είναι τα εξής:

- Ιεραρχική δόμηση του προβλήματος (αποσύνθεση του προβλήματος και δημιουργία μιας ιεραρχίας)
- Εισαγωγή των δεδομένων(προτεραιότητες)
- Εκτίμηση των σχετικών βαρών των κριτηρίων απόφασης (σύνθεση)
- Συνδυασμός των σχετικών βαρών των κριτηρίων απόφασης με σκοπό την πραγματοποίηση της αξιολόγησης των εναλλακτικών επιλογών.

Η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία αποσυνθέτει ένα δύσκολο πολυκριτήριο πρόβλημα απόφασης σε μια συστηματική διαδικασία ιεράρχησης. Το τελικό στάδιο στη μέθοδο AHP ασχολείται με τη δομή ενός $m * n$ πίνακα (όπου m είναι ο αριθμός των εναλλακτικών λύσεων και n είναι ο αριθμός των κριτηρίων του). Χρησιμοποιώντας τη σχέση υπεροχής των εναλλακτικών κατασκευάζεται ο αντίστοιχος πίνακας για κάθε κριτήριο. Η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία βασίζεται στη θεωρία προτεραιότητας. Ασχολείται με τα σύνθετα προβλήματα που αφορούν την εξέταση των πολλαπλών κριτηρίων και εναλλακτικών ταυτόχρονα.

Παρόλο που η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (AHP) αναπτύχθηκε αρχικά ως μέθοδος λήψης απόφασης για μεμονωμένο άτομο - αποφασίζοντα, πλήθος προσεγγίσεων αναπτύχθηκαν για την αντιμετώπιση ενός περιβάλλοντος με πολλαπλούς αποφασίζοντες. Υπάρχουν πολλές τεχνικές συσσωμάτωσης ομάδων (aggregation techniques) που μπορούν να προσαρμοστούν σε διαφορετικές καταστάσεις λήψης αποφάσεων, λαμβάνοντας υπόψη τις ατομικές αλλά και τις κοινές αξίες [98],[99]. Ανάλογα με το συγκεκριμένο πλαίσιο αποφάσεων, οι τεχνικές συσσωμάτωσης διαφέρουν σημαντικά όσον αφορά την πολυπλοκότητα, τα προς υποστήριξη διαθέσιμα μαθηματικά μοντέλα, την εξέταση του κινδύνου ή την κατάλληλη δομή του προβλήματος απόφασης. Εκτός από την προσπάθεια συναίνεσης με συζήτηση - όταν όλα τα μέλη της ομάδας έχουν κατά βάση παρόμοιους στόχους - η βασική επιλογή συναίνεσης είναι να παρεμβαίνει η διαδικασία λήψης αποφάσεων σε διάφορα στάδια και να συγκεντρώνει είτε τις ατομικές κρίσεις είτε τις προτεραιότητες [98]. Ωστόσο, η δομή της ομάδας πρέπει να αναλυθεί πριν από την εφαρμογή των επίσημων τεχνικών συσσωμάτωσης. Σε ορισμένες αποφάσεις, είναι σκόπιμο να εγκαταλειφθεί η ιδέα των ισοδύναμων μελών υπέρ μιας διαφοροποιημένης, σχετικής στάθμισης των ψήφων. Αυτό μπορεί να συμβεί εξαιτίας διαφορών στο γνωστικό επίπεδο, την εμπειρία, το επίπεδο διαχείρισης ή την ικανότητα μεταξύ των υπευθύνων λήψης αποφάσεων, διαφορές που ίσως χρειάζεται να αντικατοπτρίζονται στις αντίστοιχες

επιρροές τους στη συνολική κατάταξη των εναλλακτικών επιλογών. Στην περίπτωση που η αντιμετώπιση των προαναφερθέντων ανισοτήτων απαιτεί τον διορισμό κάποιου υπεύθυνου λήψης αποφάσεων, αυτός μπορεί να διοριστεί είτε ενδογενώς είτε εξωγενώς (ένας υπευθύνων λήψης αποφάσεων που έχει την αρμοδιότητα να εκχωρεί βάρη σε κάθε μέλος της ομάδας με εξωγενή τρόπο) είτε ενδογενώς (ο ίδιος ο οργανισμός μπορεί να προσπαθήσει να κατανείμει την ισχύ της ψηφοφορίας με τον σχεδιασμό ενός επιπλέον επιπέδου ιεραρχίας, με σκοπό την κρίση της σχετικής ισχύος κάθε μέλους της ομάδας).

Έχοντας καθορίσει τους συντελεστές στάθμισης W_k (με $\sum_1^k W^k = 1$, όπου k = το πλήθος των αποφασίζόντων) για όλους τους αποφασίζοντες k , το επόμενο βήμα είναι η επιλογή μιας κατάλληλης τεχνικής συσσωμάτωσης. Οι δύο κύριες αποδεκτές τεχνικές συσσωμάτωσης για την AHP μέθοδο ομαδικής λήψης αποφάσεων είναι η συνάθροιση των μεμονωμένων κρίσεων (AIJ, aggregation of individual judgement) και η συνάθροιση των επιμέρους προτεραιοτήτων (AIP, aggregation of individual priorities).

Σε περίπτωση που η δομή της ομάδας είναι ομοιογενής και τα μέλη της ομάδας που καλούνται να λάβουν την απόφαση είναι πρόθυμα να ενεργήσουν όπως ένα μόνο άτομο, είναι δυνατή μια συνεργατική συνάθροιση μεμονωμένων κρίσεων (synergistic AIJ). Κάθε αποφασίζοντας διεξάγει τη σύγκριση ζευγών εναλλακτικών μόνος του. Στη συνέχεια, η (σταθμισμένη) μέση γεωμετρική μέση τιμή (WGMM, weighted geometric mean method) μπορεί να χρησιμοποιηθεί δίνοντας την κρίση της ομάδας για κάθε στοιχείο εισόδου στον πίνακα [100], [101].

Στην περίπτωση λήψης μιας απόφασης όπου παρατηρείται σύγκρουση συμφερόντων και τα μέλη της ομάδας ενεργούν μεμονωμένα με τα δικά τους συστήματα αξιών, η συναίνεση μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση της συνάθροισης επιμέρους προτεραιοτήτων (AIP). Κάθε αποφασίζοντας λειτουργεί ως μοναδικός και χρησιμοποιεί την αρχική AHP ανεξάρτητα από τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας. Έχοντας καταλήξει όλοι οι αποφασίζοντες στη προσωπική τους κατάταξη βάση της μεθόδου AHP, οι ατομικές προτεραιότητες που προκύπτουν συγκεντρώνονται σε μια τελική προτίμηση ομάδα χρησιμοποιώντας είτε μια (σταθμισμένη) αριθμητική ((weighted) arithmetic mean method) είτε μια (σταθμισμένη) γεωμετρική μέθοδο μέσου ((weighted) geometric mean method). Εκτός από την συνάθροιση των μεμονωμένων κρίσεων (AIJ) και την συνάθροιση των επιμέρους προτεραιοτήτων (AIP), υπάρχει μια πληθώρα περαιτέρω τεχνικών για την επίτευξη μιας ομαδικής συναίνεσης (προτίμησης).

II. ELECTRE

Οι μέθοδοι ELECTRE ανήκουν στη γενικότερη κατηγορία των μεθόδων υπεροχής (outranking methods), [42]. Η βασική ιδέα είναι η συστηματική ανάλυση των σχέσεων μεταξύ όλων των δυνατών συνδυασμών των εναλλακτικών επιλογών (binary relations). Η ανάλυση αυτή βασίζεται σε ένα σύνολο κριτηρίων εκτίμησης. Οι μέθοδοι αυτές δίνουν ως αποτέλεσμα το μέτρο του βαθμού κατά το οποίο κάθε εναλλακτική λύση υπερέρχει έναντι όλων των άλλων. Για την εφαρμογή της μεθόδου απαιτείται η κατασκευή μιας σχέσης υπεροχής και δεικτών συμφωνίας και διαφωνίας. Στη συγκεκριμένη μέθοδο περιλαμβάνεται επίσης και η ανάλυση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την όλη διαδικασία και από όλες τις σχέσεις υπεροχής.

Η μέθοδος ELECTRE χρησιμοποιείται για την επιλογή της καλύτερης εναλλακτικής δράσης μέσα από ένα δεδομένο σύνολο εναλλακτικών (ELECTRE I). Μέχρι σήμερα έχουν αναπτυχθεί διαφορετικές εκδοχές της ELECTRE συμπεριλαμβανομένων ELECTRE I, II, III, IV και TRI. Όλες οι μέθοδοι βασίζονται στις ίδιες θεμελιώδεις έννοιες αλλά διαφέρουν τόσο λειτουργικά όσο και ανάλογα με το είδος του προβλήματος απόφασης [43]. Συγκεκριμένα, η μέθοδος ELECTRE I προορίζεται για προβλήματα επιλογής, ELECTRE TRI για τα προβλήματα εκχώρησης και ELECTRE II, III και IV, για την κατάταξη των εναλλακτικών του προβλήματος. Ο ειδικός αναλυτής χρησιμοποιεί τους δείκτες συμφωνίας και ασυμφωνίας για την ανάλυση σχέσεων υπεροχής μεταξύ των διαφορετικών εναλλακτικών λύσεων για να επιλέξει την καλύτερη εναλλακτική λύση.

Η μέθοδος για τη λήψη ομαδικών αποφάσεων που αφορά την οικογένεια μεθόδων ELECTRE ονομάστηκε ELECTRE-GD και είναι μια φυσική επέκταση της προσέγγισης ELECTRE III. Κατά την εφαρμογή της μεθόδου γίνεται χρήση ενός γενετικού αλγόριθμου με ιδιότητες κατάλληλες για την εκμετάλλευση της ασαφούς σχέσης υπεροχής (fuzzy outranking relation), η οποία προκύπτει από τις βασικές ιδέες της ELECTRE για συμφωνία, ασυμφωνία, βέτο και ασυγκριτότητα.

Κρίσιμο σημείο της συγκεκριμένης μεθόδου αποτελεί η παραδοχή για ύπαρξη ενός υπευθύνου λήψης αποφάσεων υπεράνω των υπολοίπων αποφασίζόντων, του Supra Decision Maker. Ως Supra Decision Maker μπορεί να θεωρηθεί ένα άτομο ή μία μικρή ομάδα ατόμων, πάντα εξουσιοδοτημένοι για τον καθορισμό κανόνων συναίνεσης και προτεραιότητες ροής των πληροφοριών για το σύνολο των μελών της ομάδας. Στην πραγματικότητα η μέθοδος ELECTRE-GD είναι ένας τρόπος μοντελοποίησης των προτιμήσεων του (ή των) Supra Decision Maker(s). Η συγκεκριμένη μέθοδος δεν παρουσιάζει αυστηρές δομικές ιδιότητες που να θέτουν περιορισμούς στην εφαρμογή της. Ο αναλυτής μπορεί να χρησιμοποιήσει ELECTRE III, PROMETHEE ή όποια άλλη μέθοδο βασίζεται στη δημιουργία μιας σχέσης ασαφούς προτίμησης, προκειμένου να αποκτήσει τις συγκεκριμένες κατατάξεις-εκτιμήσεις των μελών της ομάδας. Στη συνέχεια, αυτά τα στοιχεία χρησιμοποιούνται στη διαδικασία μοντελοποίησης των προτιμήσεων του Supra Decision Maker. Με αυτή την έννοια, η έκδοση της μεθόδου ELECTRE για ομάδες, η ELECTRE-GD μπορεί να θεωρηθεί ως συμπλήρωμα των μεθόδων για τις αποφάσεις ομάδας. Η ELECTRE-GD λειτουργεί με βάση τη φυσική ευρετική διαδικασία που χρησιμοποιούν οι συνεργατικές ομάδες για τη σύναψη λογικών συμφωνιών ή συμφωνιών συναίνεσης, βασισμένων σε γενικά αποδεκτούς κανόνες πλειοψηφίας σε συνδυασμό με την απαραίτητη προσοχή σε σημαντικές μειονότητες. [91]

III. TOPSIS

Η μέθοδος TOPSIS ανήκει επίσης στην οικογένεια των μεθόδων υπεροχής. Η μέθοδος TOPSIS υποθέτει ότι κάθε κριτήριο έχει την τάση της μονότονα αύξουσας ή φθίνουσας χρησιμότητας, πράγμα που διευκολύνει το καθορισμό της καλύτερης δυνατής και χειρότερης δυνατής λύσης του προβλήματος. Για να αξιολογηθεί η σχετική εγγύτητα των εναλλακτικών λύσεων με την καλύτερη και χειρότερη δυνατή λύση, υπολογίζεται η Ευκλείδεια απόσταση κάθε εναλλακτικής από αυτές τις δύο λύσεις. Μια σειρά από συγκρίσεις των εν λόγω σχετικών αποστάσεων θα παράσχει τη σειρά προτίμησης των εναλλακτικών λύσεων. Η μέθοδος TOPSIS μετατρέπει πρώτα τα διάφορα κριτήρια διαστάσεων σε μη-διαστάσεων κριτήρια παρόμοια με τη μέθοδο ELECTRE [44]. Η βασική ιδέα της μεθόδου TOPSIS είναι ότι η επιλεγείσα εναλλακτική θα πρέπει να έχει τη μικρότερη απόσταση από την καλύτερη δυνατή λύση και ταυτόχρονα τη μεγαλύτερη

απόσταση από την χειρότερη δυνατή. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται με σκοπό την κατάταξη και για να παράσχει στοιχεία ως προς την καλύτερη απόδοση σε πολυκριτήρια προβλήματα αποφάσεων.

Η ολοκληρωμένη έκδοση της μεθόδου TOPSIS για λήψη ομαδικών αποφάσεων παρουσιάστηκε από τους Hsu-Shih Shic, Huan-Jyh Shyur και E. Stanley Lee [92]. Οι ίδιοι για να συμπεριλάβουν τις προτιμήσεις όλων των μελών που συμμετέχουν στην ομάδα απόφασης (πολλαπλοί αποφασίζοντες) πρότειναν μία μέθοδο σύμφωνα με την οποία εξετάζονται τα μέτρα διαχωρισμού (separation measures) χρησιμοποιώντας τον γεωμετρικό μέσο όρο ή τον αριθμητικό μέσο για τη μέθοδο TOPSIS, εφαρμοσμένα για κάθε αποφασίζοντα ξεχωριστά. Επίσης, λαμβάνονται υπόψη οι μέθοδοι ομαλοποίησης (normalization methods) και τα μέτρα απόστασης (distance measures). Σε σύγκριση με την αρχική μέθοδο TOPSIS, το προτεινόμενο μοντέλο προσέφερε μια γενική άποψη της μεθόδου TOPSIS για την ομαδοποίηση των προτιμήσεων των μελών μιας ομάδας.

Τα βήματα της μεθόδου TOPSIS για λήψη ομαδικών αποφάσεων παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω:

Βήμα 1: Κατασκευή του πίνακα απόφασης για κάθε έναν αποφασίζοντα.

Decision matrix D^k , όπου k είναι το πλήθος των αποφασιζόντων

Βήμα 2: Κατασκευή του κανονικοποιημένου πίνακα απόφασης.

Normalized Decision matrix R^k , όπου k είναι το πλήθος των αποφασιζόντων

Για το συγκεκριμένο βήμα, εκτός από την Ευκλείδεια απόσταση που προτάθηκε στην αρχική μέθοδο TOPSIS, πλήθος άλλων μεθόδων μέτρησης απόστασης μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Βήμα 3: Προσδιορισμός της καλύτερης δυνατής και χειρότερης δυνατής λύσης, V_k^+ και V_k^- για κάθε αποφασίζοντα k .

Βήμα 4: Αντιστοίχιση ενός διανύσματος βάρους W στο σύνολο χαρακτηριστικών (attribute set) της ομάδας. Προσδίδονται έτσι, τα βάρη των χαρακτηριστικών για κάθε αποφασίζοντα, αφού κάθε στοιχείο του διανύσματος W καταδεικνύει τη σχέση του αντίστοιχου χαρακτηριστικού με τον εκάστοτε αποφασίζοντα.

Βήμα 5: Υπολογισμός της απόστασης- μέτρο διαχωρισμού (separation measure) από την καλύτερη και χειρότερη δυνατή λύση S_i^+ και S_i^- για όλη την ομάδα αποφασιζόντων. Για την ολοκλήρωση αυτού του βήματος απαιτείται πρώτα η ολοκλήρωση 2 φάσεων. Πρώτον, ο υπολογισμός της απόστασης από την καλύτερη και χειρότερη δυνατή λύση για κάθε αποφασίζοντα ξεχωριστά και δεύτερον, ο υπολογισμός της απόστασης από την καλύτερη και χειρότερη δυνατή λύση για την ομάδα των αποφασιζόντων.

Βήμα 6: Υπολογισμός της σχετικής εγγύτητας (relative closeness) με την καλύτερη δυνατή λύση και φθίνουσα ταξινόμηση των εναλλακτικών.

Βήμα 7: Κατάταξη της σειράς προτίμησης.

IV. PROMETHEE

Η μέθοδος PROMETHEE ανήκει επίσης στην οικογένεια των μεθόδων σχέσης υπεροχής, και προτάθηκε για πρώτη φορά από τον Brans (1982)[45]. Οι βασικές αρχές που διέπουν τη μέθοδο σε σχέση με άλλες μεθόδους της ίδιας οικογένειας είναι:

- Επέκταση της έννοιας των κριτηρίων. Αυτό σημαίνει ότι προτείνονται στον αποφασίζοντα νέες συναρτήσεις κριτηρίων, όπως κριτήριο τελείως αυστηρό (αυστηρή προτίμηση), κριτήριο αυστηρό με περιοχή αδιαφορίας, κριτήριο με γραμμική προτίμηση κ.α.
- Εκτιμώμενη σχέση υπεροχής. Στην μέθοδο PROMETHEE η εκτιμώμενη σχέση υπεροχής είναι λιγότερο ευαίσθητη σε μικρές μετατοπίσεις και κατά συνέπεια είναι εύκολη η ερμηνεία της.
- Εκμετάλλευση της σχέσης υπεροχής. Η εκμετάλλευση πραγματοποιείται ειδικά όταν οι εναλλακτικές λύσεις πρέπει να ταξινομηθούν από την καλύτερη προς τη χειρότερη εναλλακτική.

Όσον αφορά την ομαδική μέθοδο PROMETHEE πρώτη αναφορά γίνεται το 1998 κατά την ανάπτυξη ενός ΣΥΑ από τους C. Macharis, J-P. JBrans και B. Mareschal [93]. Στα πλαίσια της προτεινόμενης διαδικασίας οι συγγραφείς παρουσίασαν τα εξής στάδια για την ολοκλήρωση της διαδικασίας λήψης ομαδικής απόφασης:

Βήμα 1: Συναντήσεις του αναλυτή ή διεκπεραιωτή με τα εμπλεκόμενα στην απόφαση μέλη, είτε ατομικές είτε ομαδικές, προκειμένου να αποκτήσει ο αναλυτής καλύτερη εικόνα του προς απόφαση προβλήματος.

Βήμα 2: Παρουσίαση του προβλήματος και των περιορισμών του στους αποφασίζοντες, βάσει των συναντήσεων του προηγούμενου βήματος.

Βήμα 3: Παραγωγή εναλλακτικών λύσεων. Κάθε αποφασίζοντας λειτουργεί αυτόνομα και προτείνει λύσεις για το συγκεκριμένο πρόβλημα. Στο στάδιο ξεκινάει και η χρήση του ΣΥΑ.

Βήμα 4: Συλλογή των προτάσεων των αποφασιζόντων από τον αναλυτή και παρουσίασή τους στην ομάδα. Στο συγκεκριμένο βήμα ξεκινάει μια φάση ανοιχτής συζήτησης με βάση τη σύγκριση των προτάσεων που παρουσιάστηκαν και είναι πιθανό να οδηγήσει και στην ανεύρεση νέων εναλλακτικών λύσεων.

Βήμα 5: Σχολιασμός του τελικού συνόλου των εναλλακτικών που προέκυψαν από την προηγούμενη φάση. Οι αποφασίζοντες σχολιάζουν ταυτόχρονα αλλά ξεχωριστά τις τελικές προτάσεις. Όλα τα σχόλια συγκεντρώνονται από τον διεκπεραιωτή και κοινοποιούνται σε όλη την ομάδα.

Βήμα 6: Επιλογή των κριτηρίων. Κριτήρια βάσει των οποίων θα γίνει η επιλογή της βέλτιστης ή των βέλτιστων λύσεων, που είναι κοινά για όλους τους αποφασίζοντες ή για μερικούς συγκεντρώνονται και δημιουργείται ένας αρχικός πίνακας για τη μέθοδο PROMETHEE. Στον πίνακα αυτό περιέχονται όλες οι εναλλακτικές και όλα τα κριτήρια που συμμετέχουν στη διαδικασία λήψης απόφασης.

Ανάλογα με το βαθμό στον οποίο το πρόβλημα είναι καλά δομημένο και καθορισμένο τα προηγούμενα βήματα μπορούν είτε να παραλειφθούν είτε να γίνουν πιο εκτενή.

Με την ολοκλήρωση του αρχικού πίνακα PROMETHEE αρχίζει η φάση ατομικής συμπλήρωσης του. Σε αυτό το βήμα εφαρμόζεται η ατομική μέθοδος PROMETHEE για λήψη απόφασης.

Βήμα 7: Κάθε αποφασίζοντας ξεχωριστά προσδίδει σταθμίζει κάθε κριτήριο. Έτσι ενώ όλοι οι αποφασίζοντες χρησιμοποιούν τον ίδιο πίνακα, καθένας από αυτούς τον συμπληρώνει με βάση τις προσωπικές προτιμήσεις του.

Βήμα 8: Εισαγωγή των συναρτήσεων προτίμησης. Με βάση την γνωστή ατομική μέθοδο λήψης απόφασης PROMETHEE, γίνεται η σύνδεση κάθε κριτηρίου με μία συνάρτηση προτίμησης που χρησιμοποιείται για σύγκριση ζεύγους εναλλακτικών. Οι συναρτήσεις προτίμησης αποφασίζονται από κοινού στην ομάδα με τη βοήθεια του αναλυτή/διεκπεραιωτή ώστε παρά τις διαφορετικές προτιμήσεις που εμφανίζονται στους ατομικούς πίνακες PROMETHEE, όλοι οι αποφασίζοντες να χρησιμοποιήσουν τις ίδιες συναρτήσεις προτίμησης.

Βήμα 9: Ατομική ανάλυση βασισμένη στη μέθοδο PROMETHEE-GAIA: Για κάθε αποφασίζοντα υπολογίζονται οι βαθμοί υπεροχής και αδυναμίας (power and weakness measures) κάθε εναλλακτικής έναντι των υπολοίπων, και από αυτές προκύπτει και η καθαρή ροή (net flow) κάθε εναλλακτικής. Για την ολοκλήρωση αυτού του βήματος κάθε αποφασίζοντας μπορεί να χρησιμοποιήσει οποιοδήποτε από τα εργαλεία PROMETHEE I, PROMETHEE II ή GAIA.

Βήμα 10: Ομαδική αξιολόγηση των εναλλακτικών. Σε αυτό το στάδιο είναι εύκολος ο υπολογισμός της καθαρής ροής (net flow) που έχει κάθε εναλλακτική για κάθε αποφασίζοντα, λαμβάνοντας υπόψιν και τα βάρη που έχει προσδώσει στα κριτήρια αξιολόγησης. Εδώ είναι ακόμα δυνατή η προσμέτρηση και του βάρους που έχει προσδώσει η ομάδα σε κάθε αποφασίζοντα. Η ολοκλήρωση αυτού του βήματος δίνει άμεσα και την κατά PROMETHEE II κατάταξη των εναλλακτικών για κάθε αποφασίζοντα.

Δημιουργείται έτσι ένας πίνακας $[n \times R]$ όπου n εκφράζει τις εναλλακτικές λύσεις του προβλήματος και R τους αποφασίζοντες που συμμετέχουν στη διαδικασία λήψης της απόφασης.

Βήμα 11: Ο τελευταίος πίνακας $[n \times R]$ που δημιουργήθηκε είναι ένας μικρός και απλούστερος σε μορφή πίνακας, που μπορεί εύκολα να αναλυθεί από τη μέθοδο PROMETHEE-GAIA. Υπολογίζεται το άθροισμα των ατομικών καθαρών ροών και έτσι προκύπτει η συνολική καθαρή ροή κάθε εναλλακτικής για τα μέλη της ομάδας. Αυτή η μέθοδος άμεσα δίνει την κατά PROMETHEE II κατάταξη των εναλλακτικών σύμφωνα με τις προτιμήσεις της ομάδας αποφασίζόντων. Δίνεται επίσης η επιλογή για μερική κατάταξη με βάση τη μέθοδο PROMETHEE I ή για παρουσίαση με βάση την ομαδική GAIA (group GAIA plane).

V. UTA

Τα μοντέλα της οικογένειας UTA [34][37],[46] βασίζονται στην μονότονη παλινδρόμηση για την ανάλυση των προτιμήσεων του αποφασίζοντα. Τα μοντέλα αυτής της οικογένειας έχουν τη δυνατότητα αποτελεσματικού χειρισμού της πληροφόρησης, ποσοτικής και ποιοτικής. Εφαρμόζονται δε όταν το μοντέλο σύνθεσης κριτηρίων είναι μια

προσθετική συνάρτηση χρησιμότητας (additive utility function). Η μέθοδος έχει ως στόχο, δεδομένου ενός συνόλου πολυκριτηριακών εκτιμήσεων και μιας διάταξης των εναλλακτικών επιλογών, τον υπολογισμό των μερικών χρησιμοτήτων έτσι ώστε η υπολογιζόμενη προδιάταξη από το μοντέλο να είναι όσο το δυνατόν πιο συνεπής με την αρχική διάταξη του αποφασίζοντα.

a. UTASTAR

Στην μέθοδο UTASTAR γίνεται χρήση μιας διπλής συνάρτησης σφάλματος που επιτρέπει την καλύτερη σταθεροποίηση της θέσης των σημείων γύρω από την καμπύλη-προδιάταξη.

Η έκδοση της μεθόδου UTASTAR για λήψη αποφάσεων από ομάδες παρουσιάστηκε από τους N. Matstatsinis, E. Grigoroudis και A. Samaras [94]. Η μέθοδος που πρότειναν οι συγγραφείς επιχείρησε να δώσει λύση στο πρόβλημα της εύρεσης μιας κοινής κατάταξης από το σύνολο των αποφασιζόντων, των εναλλακτικών επιλογών σε ένα πολυκριτήριο πρόβλημα. Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά της προτεινόμενης μεθοδολογίας είναι η προσπάθεια να επιβληθεί μια δομή στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Η διαδικασία προϋποθέτει την εκτέλεση των 6 παρακάτω σταδίων:

Στάδιο 1: Φάση αρχικοποίησης. Αυτό το στάδιο περιλαμβάνει την επιλογή εναλλακτικών λύσεων και κριτηρίων και τον καθορισμό των ομαδικών κανόνων, δηλαδή των διαδικασιών με τις οποίες θα λειτουργεί η ομάδα.

Στάδιο 2: Αξιολόγηση των προτιμήσεων των μελών της ομάδας. Με την εφαρμογή της μεθόδου UTASTAR [38], κατασκευάζεται μία κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων σύμφωνα με τις ατομικές προτιμήσεις των αποφασιζόντων. Μια βασική παραδοχή της μεθόδου UTASTAR είναι ότι το πρότυπο των προτιμήσεων του αποφασίζοντα είναι προσθετικό, το οποίο φυσικά δεν ισχύει σε όλα τα προβλήματα αποφάσεων. Ωστόσο, η παραδοχή ενός συστήματος γραμμικής προτίμησης απλοποιεί το πρόβλημα και διευκολύνει την αξιολόγηση του συστήματος προτιμήσεων του αποφασίζοντα.

Στάδιο 3: Υπολογισμός των τιμών μερικών χρησιμοτήτων για κάθε εναλλακτική και κάθε αποφασίζοντα. Οι χρησιμότητες κάθε εναλλακτικής, οι οποίες υπολογίζονται στο προηγούμενο στάδιο, κανονικοποιούνται προκειμένου να υπολογιστεί μια τιμή σχετικής χρησιμότητας που αντανακλά την τάση κάθε αποφασίζοντα να επιλέξει ή να απορρίψει μια εναλλακτική λύση.

Στάδιο 4: Υπολογισμός της ομαδικής μερικής χρησιμότητας για κάθε εναλλακτική λύση. Με τη σύνθεση των μερικών χρησιμοτήτων επιτυγχάνεται η κατάταξη των εναλλακτικών για την ομάδα των αποφασιζόντων, κατάταξη που αντικατοπτρίζει τις εκτιμήσεις – προτιμήσεις όλων των μελών της.

Στάδιο 5: Αρχική φάση για τη μέτρηση της ικανοποίησης της ομάδας. Προκειμένου να μετρηθεί η ικανοποίηση της ομάδας από την προτεινόμενη λύση εφαρμόζεται ένα μοντέλο συνολικής προτίμησης-διάσπασης (collective preference disaggregation model?). Οι αποφασίζοντες ορίζουν ένα νέο σύνολο κριτηρίων (κριτήρια ικανοποίησης) και ένα

ανώτερο και κατώτερο όριο για την αποδοχή, επανεξέταση ή απόρριψη της προτεινόμενης ομαδικής κατάταξης.

Στάδιο 6: Μέτρηση ικανοποίησης. Μετά τη μοντελοποίηση και του προβλήματος ικανοποίησης υπολογίζονται οι δείκτες συνολικής ικανοποίησης (global satisfaction index, GSI) και οι δείκτες μερικής ικανοποίησης. Ανάλογα με την τιμή του δείκτη συνολικής ικανοποίησης GSI η ομάδα καταλήγει σε συλλογική απόφαση, επανεξετάζει το πρόβλημα ικανοποίησης ή το γενικό πρόβλημα απόφασης από την αρχή ή η διαδικασία σταματά χωρίς να επιτευχθεί συναίνεση.

4.5 Σύνοψη

Τα τελευταία τριάντα χρόνια, η περιοχή της Πολυκριτήριας Λήψης και Υποστήριξης Αποφάσεων, που αποτελεί κομμάτι του επιστημονικού πεδίου της Επιχειρησιακής Έρευνας και της Επιστήμης των Αποφάσεων, γνωρίζει σημαντική ανάπτυξη. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η Πολυκριτήρια Ανάλυση αποτελεί μια συστηματική λογική και μαθηματική προσέγγιση ικανή να βοηθάει τους αποφασίζοντες να επιλύουν διλήμματα που προκύπτουν από την επιδίωξη πολλών αντιμαχόμενων στόχων κατά λήψη αποφάσεων. Πρόκειται στην ουσία, για ένα εργαλείο ιδιαίτερα χρήσιμο όταν, εκτός από τη σύγκρουση των στόχων-κριτηρίων, υπάρχει σημαντική αβεβαιότητα στη μέτρηση των επιδόσεων των εναλλακτικών λύσεων σε κάθε κριτήριο, ή στη διατύπωση των προτιμήσεων του αποφασίζοντα. Η πολυκριτήρια ανάλυση επεκτάθηκε σχετικά πρόσφατα, ακολουθώντας τις τάσεις της σύγχρονης κοινωνίας, στο χώρο των ομαδικών αποφάσεων στοχεύοντας στην καλύτερη δυνατή επίλυση προβλημάτων που εντοπίζονται κατά τη διαδικασία λήψης αποφάσεων όταν σε αυτή εμπλέκεται πλήθος ατόμων με διαφορετικά συμφέροντα, προτιμήσεις και γενικότερα προσωπικότητες. Αξίζει να σημειωθεί, πως μετά τη διαδικασία της πολυκριτήριας ανάλυσης, η λύση που προκύπτει δεν είναι η βέλτιστη αλλά ικανοποιητική.

5. ΑΣΑΦΗΣ ΛΟΓΙΚΗ

5.1 Εισαγωγή - Αρχή της Ασάφειας

Η αρχή της ασάφειας δηλώνει ότι τα πάντα είναι ζήτημα βαθμού, και αποκτά ιδιαίτερη σημασία όταν αναφερόμαστε στον άνθρωπο.

Στον κόσμο των μαθηματικών η ασάφεια έχει εξαλειφθεί. Για παράδειγμα είναι αποδεκτή από άλλους και ταυτόχρονα αδιαμφισβήτητη η αλήθεια της πρότασης $2+2=4$. Αντίθετα, σε ό,τι αφορά τον υπόλοιπο κόσμο η ασάφεια περιέχεται σε κάθε τι μεγάλο ή μικρό.

Η ασάφεια, εκφράζει την ύπαρξη ενδιάμεσων καταστάσεων ανάμεσα σε δύο ακραίες. Εκφράζει την ύπαρξη του γκριζου χρώματος, και μάλιστα εκφράζει την ύπαρξη πολλών διαφορετικών γκριζών αποχρώσεων ανάμεσα στο μαύρο και στο άσπρο. Για το λόγο αυτό η επιστημονική ονομασία της ασάφειας είναι πλειοτιμία ή πολύ-τιμία.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα που χρησιμοποιείται για την κατανόηση της ασάφειας στην καθημερινότητα είναι το παράδειγμα της επιγραφής του κουρέα. Σύμφωνα με το παράδειγμα, ο κουρέας, έχει αναρτήσει την εξής επιγραφή στο κατάστημά του: « Ξυρίζω όλους όσους δεν μπορούν να ξυριστούν μόνοι τους». Ποιος όμως ξυρίζει τον κουρέα; Αν ξυρίζεται μόνος του τότε σύμφωνα με την επιγραφή δεν μπορεί να ξυριστεί. Αν δεν ξυρίζεται μόνος του, τότε σύμφωνα με την επιγραφή ξυρίζεται μόνος του. Η ασαφής λογική θεωρεί τον κουρέα ως μία ενδιάμεση κατάσταση, και ότι η πρόταση που περιγράφει είναι αληθής κατά το ήμισυ. Αν επιχειρήσουμε να επιμείνουμε σε μια παραδοσιακά δίτιμη λογική, δηλαδή 100% αληθής η πρόταση ή 100% ψευδής θα εγκλωβιστούμε στο παραπάνω παράδοξο.

5.2 Ασαφής Λογική

Η ασαφής λογική είναι κλάδος της επιστήμης των μαθηματικών και σκοπό έχει την κατά το δυνατό καλύτερη αναπαράσταση και κατανόηση της φυσικής γλώσσας του ανθρώπου. Ο Αμερικανός καθηγητής Καθηγητή Lotfi Zadeh εισήγαγε την έννοια της ασαφούς λογικής, πρώτη φορά το 1964, στην προσπάθειά του να καλύψει τα κενά που δημιουργούνται από τη χρήση της κλασσικής Αριστοτέλειας λογικής.

Σύμφωνα με την μαθηματική λογική του Αριστοτέλη (δίτιμη λογική), οποιαδήποτε λογική πρόταση δύναται να πάρει μόνο μια από τις δύο τιμές ‘Αληθής’ ή ‘Ψευδής’ και καμία άλλη. Σε αυτή τη βάση, μια πρόταση αν δεν παίρνει τη μία τιμή, π.χ. ‘Αληθής’ τότε αναπόφευκτα θα παίρνει την δεύτερη τιμή, δηλαδή ‘Ψευδής’, και το αντίστροφο.

Μέσα από την πρόοδο της επιστήμης και της τεχνολογίας η ανάγκη για μια περισσότερο ρεαλιστική θεώρηση της αβεβαιότητας που ενυπάρχει στη φύση όπως επίσης και η προσπάθεια μοντελοποίησης της ανθρώπινης γλώσσας και της ασάφειας που διέπει την ανθρώπινη σκέψη και συμπεριφορά οδήγησαν στην ανάπτυξη της Ασαφούς Λογικής, μιας πλειό-τιμης λογικής.

Κατά τον 20^ο αιώνα οι προβληματισμοί για τα όρια που θέτει η Αριστοτέλεια λογική στην πράξη προβληματίσε τον επιστημονικό κόσμο και μέσα από μια σειρά προσπαθειών, τελικά το 1965, ο Lotfi Zadeh δημοσίευσε την εμπνευσμένη εργασία του με τίτλο “Fuzzy Sets- Ασαφή Σύνολα” [95], όπου εισήγαγε για πρώτη φορά την έννοια του Ασαφούς Συνόλου και τον όρο fuzzy στη διεθνή βιβλιογραφία. Αν και ένας παρόμοιος όρος (ensemble flou) προϋπήρχε ήδη στη Γαλλία [96], όμως ουσιαστικά ήταν ο Zadeh που έθεσε τα θεμέλια της Ασαφούς Συνολοθεωρίας- Ασαφούς Λογικής, ανοίγοντας παράλληλα το δρόμο και για τις πρακτικές εφαρμογές της (αρχικά στη ψυχολογία, κοινωνιολογία, φιλοσοφία, κ.λπ.) [47]

Σήμερα, η Ασαφής Λογική χρησιμοποιείται σε πλήθος επιστημονικών εφαρμογών με ιδιαίτερο βάρος στα Συστήματα Αυτόματου Ελέγχου. Άλλοι τομείς είναι Μαθηματικά (ασαφής Τοπολογία, ασαφής Γραμμική Άλγεβρα, ασαφείς Πιθανότητες), Οικονομία, Στατιστική, Φιλοσοφία, Σεισμολογία, Ιατρική, Ρομποτική, Βιολογία, Ψυχολογία, Διαστημική, Κοινωνιολογία, Πυρηνική, Οικολογία, Μετεωρολογία, Γεωλογία, Γενετική, κ.λπ., [48]

Τα συστήματα που χρησιμοποιούνται στην ασαφή λογική βασίζονται σε μια συλλογή ασαφών συναρτήσεων συμμετοχής και ασαφών κανόνων «AN-TOTE» (if-then), κανόνες που χρησιμοποιούνται επίσης και από υψηλού επιπέδου γλώσσες προγραμματισμού. Τα συστήματα της ασαφούς λογικής είναι πολύ χρήσιμα στις περιπτώσεις στις οποίες οι κλασσικές συμβατικές τεχνολογίες δεν είναι αποτελεσματικές, όπως συμβαίνει όταν αναφερόμαστε σε συστήματα και μηχανήματα τα οποία δεν μπορούν να περιγραφούν από μαθηματικά μοντέλα, σε συστήματα τα οποία διαχειρίζονται την αβεβαιότητα και σε γλωσσικά ελεγχόμενα συστήματα.

5.3 Επτά Αλήθειες της Ασαφούς Λογικής

Οι ιδιότητες της ασαφούς λογικής διατυπώθηκαν από τον Earl Cox [97] ως επτά προτάσεις που τη χαρακτηρίζουν προκειμένου να την διαφοροποιήσουν από τη θεωρία των πιθανοτήτων.

1. Η ασαφής λογική δεν είναι ασαφής. Δεν είναι στην πραγματικότητα ανακριβής, δεν βεβηλώνει και δεν καταπατεί την κοινή λογική. Παράγει ξεκάθαρα αποτελέσματα. Η «κλασσική» δυαδική λογική είναι μία ειδική περίπτωση της.
2. Η ασαφής λογική διαφέρει από την πιθανότητα. Με την πιθανότητα προσπαθούμε να καθορίσουμε όλες τις δυνατές εκβάσεις κάποιου προβλήματος, ενώ με την ασαφή λογική προσπαθούμε να καθορίσουμε το κατά πόσο είναι σωστό ένα γεγονός. Γι’ αυτό και η ασάφεια εκφράζεται συχνά ως αμφιβολία και όχι σαν ανακρίβεια.
3. Η σχεδίαση των ασαφών συνόλων είναι εύκολη. Τα ασαφή σύνολα αντανακλούν στην πραγματικότητα τον τρόπο που σκέφτονται οι άνθρωποι. Συνήθως η κατά προσέγγιση σκιαγράφιση της μορφής ενός ασαφούς συνόλου είναι εύκολη και γρήγορη.
4. Τα ασαφή συστήματα είναι σταθερά και μπορούν να ελεγχτούν για την αξιοπιστία τους. Λόγω του ότι η ασαφής λογική έχει τη δυνατότητα να ανταπεξέλθει με όλους

τους εμπλεκόμενους βαθμούς ελευθερίας, είναι πιο εύκολο να δημιουργήσεις ασαφή σύνολα και να κατασκευάσεις ένα ασαφές σύστημα παρά να φτιάξεις ένα συμβατικό, βασισμένο στη γνώση σύστημα.

5. Τα ασαφή συστήματα δεν είναι νευρωνικά δίκτυα. Ένα ασαφές σύστημα προσπαθεί να βρει την τομή, την ένωση και το συμπλήρωμα των ασαφών μεταβλητών ελέγχου. Παρόλο που αυτό είναι ανάλογο με τα νευρωνικά δίκτυα και τον δυναμικό προγραμματισμό, τα ασαφή συστήματα προσεγγίζουν διαφορετικά το πρόβλημα.
6. Η ασαφή λογική είναι κάτι παραπάνω από μια διαδικασία ελέγχου. Είναι επιπλέον ένας τρόπος να αναπαριστά και να αναλύει πληροφορίες ανεξάρτητα από συγκεκριμένες εφαρμογές.
7. Η ασαφή λογική είναι μία παραστατική και συλλογική διαδικασία ελέγχου. Δεν μπορεί να λύσει όλα τα προβλήματα, αλλά μας βοηθάει να μοντελοποιήσουμε ακόμα και δυσεπίλυτα προβλήματα.

[49]

5.4 Βασικές Αρχές Ασαφούς Λογικής

5.4.1 Ασαφής Συνάρτηση Συμμετοχής

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η Ασαφής Λογική είναι η επέκταση σε πλειότιμη λογική της κλασσικής δίτιμης λογικής, η οποία μπορεί να εκφράσει λογικές-γλωσσικές πληροφορίες που εκφράζονται σε ένα περιβάλλον ασαφές και αβέβαιο.

Από το κλασσικό δίτιμο σύνολο λοιπόν, $\{0,1\}$ όπου η σχέση του «ανήκειν» (\in) δηλώνει ότι το x μπορεί να παίρνει μόνον δύο τιμές 0 και 1, η ασαφής λογική επιτρέπει τη μετάβαση στο κλειστό διάστημα $[0,1]$, όπου το x μπορεί να παίρνει άπειρες τιμές.

Πιο αναλυτικά, στη κλασσική θεωρία των συνόλων ένα σύνολο A μπορεί να αναπαρασταθεί ως προς ένα σύνολο αναφοράς X μέσω της χαρακτηριστικής συνάρτησής του:

$$I_A: x \in X \rightarrow I_A(x) = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases}$$

$$\text{Δηλαδή } A = \{x \in X \mid I_A(x) = 1\}$$

Είναι λοιπόν σαφώς καθορισμένο στην κλασσική συνολοθεωρία το γεγονός αν κάποιο στοιχείο x του σύμπαντος ανήκει ή δεν ανήκει στο σύνολο A , και έτσι μπορούμε να πούμε πως το σύνολο A διαχωρίζει τα στοιχεία του συνόλου X σε δύο σαφώς διακριτές κατηγορίες:

- Στην κατηγορία στην οποία τα στοιχεία του συνόλου X ανήκουν και στο σύνολο A
- Στην κατηγορία στην οποία τα στοιχεία του συνόλου X δεν ανήκουν και στο σύνολο A

Σαφώς καθορισμένη -και απότομη επίσης, είναι και η διαδικασία με την οποία μπορεί να γίνει η μετάβαση από το ένα σύνολο (στοιχεία που ανήκουν και στο σύνολο A) στο άλλο σύνολο (στοιχεία που δεν ανήκουν και στο σύνολο A) και το αντίστροφο.

Το πρόβλημα βρίσκεται όταν χρειάζεται να περιγράψει μαθηματικά με τη χρήση των παραπάνω κλασσικών συνόλων μια ασαφής κατάσταση. Για παράδειγμα, όταν ένας αποφασίζων κληθεί να αποδώσει βαθμούς σημαντικότητας σε κριτήρια, η απάντηση «αρκετά σημαντικό» είναι αδύνατον να διαχωρίσει σαφώς το σύνολο αναφοράς μ δεδομένου ότι η φράση αυτή δεν έχει καθαρά-σαφή όρια όπως απαιτούν τα κλασσικά μαθηματικά. Η ίδια η πραγματικότητα δηλαδή, δημιουργεί την ανάγκη κατηγοριοποίησης των στοιχείων με μη καθαρά, ασαφή όρια.

Η Ασαφής θεωρία των συνόλων επεκτείνει την έννοια της χαρακτηριστικής συνάρτησης (characteristic function) ενός συνόλου αναφοράς A (ως προς σύνολο αναφοράς X)

$$I_A: x \in X \rightarrow I_A(x) \in \{0,1\}$$

και την μετατρέπει σε μία συνάρτηση συμμετοχής (membership function) ενός ασαφούς συνόλου με τρόπο ώστε:

$$\mu_A: x \in X \rightarrow \mu_A(x) \in [0,1]$$

Η τιμή $\mu_A(x)$ εκφράζει το βαθμό συμμετοχής με τον οποίο ένα στοιχείο x του συνόλου X ανήκει (συμμετέχει) και στο ασαφές υποσύνολο A του X .

Έτσι, οι διαφορετικές περιπτώσεις για τη σχέση του στοιχείου $x \in X$ με το ασαφές υποσύνολο A του X μπορούν να είναι:

- $\mu_A(x)=1$, δηλαδή το x ανήκει ολοκληρωτικά στο σύνολο A
- $\mu_A(x)=0$, δηλαδή το x δεν ανήκει καθόλου στο σύνολο A
- $0 < \mu_A(x) < 1$, δηλαδή το x ανήκει μερικώς στο σύνολο A (ανήκει με κάποιο βαθμό)

καταλήγουμε λοιπόν στον ορισμό του Ασαφούς Συνόλου:

Ασαφές Σύνολο είναι οποιοδήποτε σύνολο το οποίο επιτρέπει στα μέλη του να έχουν διαφορετικούς βαθμούς συμμετοχής (συνάρτηση συμμετοχής) στο διάστημα $[0,1]$. Για τα ασαφή σύνολα επίσης μπορεί να οριστεί μία συνάρτηση, η οποία ονομάζεται Συνάρτηση Συμμετοχής (Membership Function).

Η συνάρτηση συμμετοχής στην πράξη μπορεί να προκύψει από:

- Υποκειμενικές εκτιμήσεις
- Προκαθορισμένες και απλοποιημένες μορφές
- Συχνότητες εμφανίσεων και πιθανότητες
- Φυσικές μετρήσεις
- Διαδικασίες μάθησης και προσαρμογής

Τα είδη των συναρτήσεων συμμετοχής παρουσιάζονται στο Παράρτημα 1 της εργασίας.

Για την μετάβαση από την δίτιμη θεωρία συνόλων στην πλειότιμη θεωρία συνόλων πραγματοποιείται αναγκαστικά και μετάβαση από την δίτιμη (τετριμμένη) άλγεβρα Boole

σε άλλες πλειότεμες άλγεβρες επί του απειροδιαστήματος, όπως οι άλγεβρες Kleene, de Morgan κλπ.

Είναι εύκολα κατανοητό, ότι η έννοια του ασαφούς υποσυνόλου $\mu_A(x)$ περιλαμβάνει την έννοια του κλασσικού υποσυνόλου $I_A(x)$, και μπορούμε να πούμε πως όταν το πρώτο περιέχει μόνο τις δύο ακραίες τιμές του διαστήματος $[0,1]$ τότε η $\mu_A(x)$ ταυτίζεται με την $I_A(x)$ και το A γίνεται σύνηθες κλασσικό υποσύνολο του X .

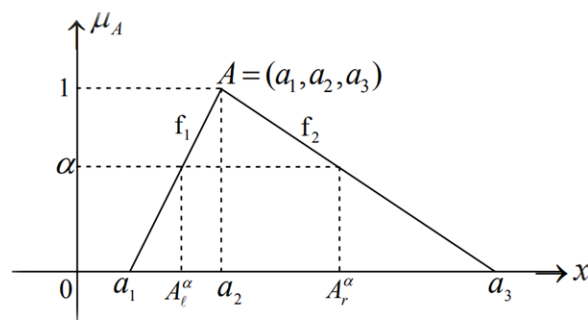
Τέλος, αξίζει να σημειώσουμε πως η ασαφής λογική εμπεριέχει ένα βαθμό υποκειμενικότητας καθώς η ίδια ασαφής έννοια μπορεί να εκφράζεται από πολλά και διαφορετικά ασαφή σύνολα και η επιλογή του κατάλληλου ασαφούς συνόλου είναι υποκειμενική, αφού τα όρια ενός ασαφούς συνόλου είναι ασαφή και εξαρτώνται τελικά από την κρίση του παρατηρητή.

Περισσότερες πληροφορίες για την Ασαφή Λογική δίνεται στη σχετική βιβλιογραφία.

5.4.2 Τριγωνικοί Ασαφείς Αριθμοί

Η απλούστερη και πλέον συνηθισμένη στις εφαρμογές της ασαφούς λογικής μορφή ασαφών αριθμών είναι η τριγωνική μορφή (Triangular Fuzzy Numbers - TFN). Η τριγωνική μορφή των ασαφών αριθμών αποτελεί μια ειδική και απλούστερη περίπτωση των L-R ασαφών αριθμών. Τα βασικά χαρακτηριστικά των τριγωνικών ασαφών αριθμών είναι τα εξής:

- Κάθε TFN A , μπορεί να εκφραστεί πλήρως από μια τριάδα $A = (a_1, a_2, a_3)$ και έχει γενικά γραμμικό (τριγωνικό) γράφημα, δηλαδή αποτελείται από 2 γραμμικές συναρτήσεις, την f_1 (αριστερή-αύξουσα) και την f_2 (δεξιά-φθίνουσα), όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.



ΣΧΗΜΑ 3: Τριγωνικός Ασαφής Αριθμός

- Ένας τριγωνικός ασαφής αριθμός μπορεί να γραφεί γενικά ως εξής:

$$A(x) = \begin{cases} \frac{1-|a_2-x|}{a_1}, & a_2-a_1 < x < a_2 \\ \frac{1-|a_2-x|}{a_3}, & a_2 < x < a_2+a_3 \\ 0, & \text{αλλού} \end{cases} = \begin{cases} \frac{x-\alpha_1}{\alpha_2-\alpha_1}, & x \in [\alpha_1, \alpha_2] \\ \frac{\alpha_3-x}{\alpha_3-\alpha_2}, & x \in [\alpha_2, \alpha_3] \\ 0, & x < \alpha_1 \text{ και } x > \alpha_3 \end{cases}$$

και

$$A^\alpha = [A_l^\alpha, A_r^\alpha] = [a_1 + \alpha(a_2 - a_1), a_3 - \alpha(a_3 - a_2)],$$

$$\text{όπου } \chi, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \in R \quad \text{και } \alpha \in [0,1]$$

- Ιδιαίτερα, $A = (a_1, a_2, a_3)$ είναι ένας μη-αρνητικός συμμετρικός TFN, όταν:

$$a_1, a_2, a_3 \in R^+ \quad \text{και } a_2 - a_1 = a_3 - a_2$$

5.4.3 Πράξεις μεταξύ ασαφών τριγωνικών αριθμών

Ειδικά, για τριγωνικούς ασαφείς αριθμούς οι 4 ασαφείς βασικές αριθμητικές απλοποιούνται (προσεγγιστικά ως προς τις πράξεις του πολλαπλασιασμού και της διαίρεσης) ως εξής:

Έστω $A = (a_1, a_2, a_3)$ και $B = (b_1, b_2, b_3)$ με $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3 \in R^+$, τότε οι

- Πρόσθεση: $A+B = (a_1, a_2, a_3) + (b_1, b_2, b_3) = (a_1+b_1, a_2+b_2, a_3+b_3)$
- Αφαίρεση: $A-B = (a_1, a_2, a_3) - (b_1, b_2, b_3) = (a_1-b_3, a_2-b_2, a_3-b_1)$
- Πολλαπλασιασμός με βαθμωτό μέγεθος:

$$k \cdot (a_1, a_2, a_3) = \begin{cases} (k \cdot a_1, k \cdot a_2, k \cdot a_3), & \text{αν } k > 0 \\ (k \cdot a_3, k \cdot a_2, k \cdot a_1), & \text{αν } k < 0 \end{cases}$$

- Πολλαπλασιασμός ασαφών αριθμών:

$$A*B = (a_1, a_2, a_3) * (b_1, b_2, b_3) = \begin{cases} (a_1 \cdot b_1, a_2 \cdot b_2, a_3 \cdot b_3), & a_1 \geq 0 \\ (a_1 \cdot b_3, a_2 \cdot b_2, a_3 \cdot b_3), & a_1 < 0, a_3 \geq 0 \\ (a_1 \cdot b_3, a_2 \cdot b_2, a_3 \cdot b_1), & a_3 < 0 \end{cases}$$

- Αντίστροφο διάστημα:

$$(a_1, a_2, a_3)^{-1} = (\min(\frac{1}{a_1}, \frac{1}{a_3}), \frac{1}{a_2}, \max(\frac{1}{a_1}, \frac{1}{a_3})), \quad \text{με } a_1, a_2, a_3 \neq 0.$$

Ισχύει επίσης, ότι αν A και B είναι τριγωνικοί ασαφείς αριθμοί (TFN) τότε και οι $-A, -B, A+B, A-B$ είναι επίσης τριγωνικοί ασαφείς αριθμοί (TFN). Αυτό όμως δεν ισχύει πάντα για $A*B, A/B, A^{-1}$ και B^{-1} αλλά μόνο μέσω κατάλληλων προσεγγιστικών τύπων.

5.5 Ασαφής Λογική και Λήψη Αποφάσεων

Κατά τη πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων ένας σημαντικός προβληματισμός για τον αναλυτή είναι το κατά πόσο το επιλεγμένο μοντέλο ανταποκρίνεται στο υπό εξέταση πρόβλημα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι πολλά τα μοντέλα λήψης απόφασης είναι με τέτοιο τρόπο δομημένα ώστε δεν μπορούν να ανταποκριθούν σε καταστάσεις όπου η αβεβαιότητα παίζει σημαντικό ρόλο. Αρχικά, αξιοποιήθηκε η θεωρία πιθανοτήτων προκειμένου να αντιμετωπιστεί η αβεβαιότητα σε προβλήματα λήψης αποφάσεων. Παρατηρήθηκε όμως, πως σε πολλές περιπτώσεις η αβεβαιότητα δεν αφορούσε την κλασσική θεωρία πιθανοτήτων και επομένως δεν μπορούσε να περιγραφεί από αυτήν. Πρόκειται για περιπτώσεις όπου η αβεβαιότητα αναφέρεται ως απουσία ακρίβειας, ασάφεια ή ως ο μη αυστηρός καθορισμός όρων που αποτελεί πολύ συχνό φαινόμενο στα μοντέλα λήψης απόφασης [50]. Από τους πρώτους που το συνειδητοποίησαν αυτό ήταν ο Zadeh που εισήγαγε τη θεωρία των ασαφών συνόλων. Το 1970 οι Bellman και Zadeh εισήγαγαν τη θεωρία των ασαφών συνόλων στη διαδικασία λήψης αποφάσεων [51]. Οι δύο ερευνητές θεώρησαν πως ένα πρόβλημα λήψης απόφασης που περιέχει την ασάφεια μπορεί να επιλυθεί θεωρώντας ως ασαφή σύνολα τα κριτήρια-στόχους και τους περιορισμούς του προβλήματος που χαρακτηρίζονται από τις αντίστοιχες συναρτήσεις συμμετοχής. Ακολουθώντας την γνωστή διαδικασία επίλυσης προβλημάτων απόφασης, η απόφαση πρέπει να ικανοποιεί τόσο τους περιορισμούς όσο και τα κριτήρια του προβλήματος. Οι Bellman και Zadeh προσάρμοσαν τον ορισμό αυτό έτσι ώστε η έννοια «απόφαση» να θεωρείται ένα ασαφές σύνολο που προκύπτει από την ταυτόχρονη ικανοποίηση στόχων και περιορισμών, η οποία μαθηματικά εκφράζεται με την τομή (λογικό «και») των αντίστοιχων ασαφών συνόλων.

Έστω D το ασαφές σύνολο που εκφράζει την απόφαση, G το ασαφές σύνολο που εκφράζει το στόχο και C το ασαφές σύνολο που εκφράζει τον περιορισμό του προβλήματος.

Ισχύει ότι:

$$D = G \cap C \text{ και } \mu D(x) = \min (\mu G(x), \mu C(x))$$

Το ασαφές σύνολο D περιέχει συνήθως περισσότερα του ενός στοιχεία. Προκειμένου να επιλεγεί κάποιο συγκεκριμένο στοιχείο (λύση) από το ασαφές σύνολο D είναι λογικό να αναζητηθεί αυτό με το μεγαλύτερο βαθμό συμμετοχής στο D , το οποίο συμβολίζεται με X_{\max} :

$$X_{\max} = \{x \mid \mu D(x) = \max_x \min (\mu G(x), \mu C(x)) \}$$

Η παραπάνω σχέση γενικεύεται και για περισσότερους από έναν στόχους και περιορισμούς.

Γενικά, οι μέθοδοι λήψης πολυκριτήριων αποφάσεων με χρήση ασαφών αριθμών συνίστανται σε δύο φάσεις: πρώτα η ενοποίηση των αποδόσεων για κάθε εναλλακτική

όσον αφορά το κάθε κριτήριο, και δεύτερον την ιεράρχηση των εναλλακτικών λύσεων με βάση τις ενοποιημένες αποδόσεις της πρώτης φάσης. Για ένα απλό πολυκριτήριο πρόβλημα, η ιεράρχηση εκφράζεται με πραγματικούς αριθμούς, με βάση τους οποίους εύκολα υπολογίζεται η τελική κατάταξη των εναλλακτικών επιλογών. Έτσι, η δυσκολία για ένα τέτοιο πρόβλημα εντοπίζεται στην πρώτη φάση. Για ένα ασαφές πολυκριτήριο πρόβλημα όμως, η απόδοση μιας εναλλακτικής μπορεί να εκφράζεται σε μερικά κριτήρια με τη μορφή γλωσσικών όρων ή ασαφών αριθμών. Έτσι, η τελική ιεράρχηση εκφράζεται γλωσσικά ή με ασαφείς αριθμούς. Έπειτα, επιχειρείται η κατάταξη αυτών των ασαφών συνόλων, διαδικασία όχι πολύ δύσκολη. Επομένως, για τα ασαφή πολυκριτήρια προβλήματα είναι σημαντικές και οι δύο φάσεις.

Σύμφωνα με τον Zimmermann, οι ασαφείς πολυκριτήριες μέθοδοι λήψης αποφάσεων διαφοροποιούνται μεταξύ τους ως προς το γεγονός ότι καταπιάνονται με την πρώτη, τη δεύτερη ή και τις δύο φάσεις που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Είναι λοιπόν χρήσιμο, να ταξινομηθούν οι ασαφείς πολυκριτήριες μέθοδοι σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία αφορά τις μεθόδους που εστιάζουν στην δεύτερη φάση και η δεύτερη κατηγορία αφορά τις μεθόδους που εστιάζουν στην πρώτη ή και στις δύο φάσεις του προβλήματος. Είθισται λοιπόν να αναφερόμαστε στην πρώτη κατηγορία ως «ασαφείς μεθόδους κατάταξης» και στη δεύτερη ως «ασαφείς πολυκριτήριες μέθοδοι λήψης αποφάσεων». Οι ασαφείς μέθοδοι κατάταξης εστιάζουν στην σύγκριση των ασαφών αριθμών και μπορούν προφανώς να εφαρμοστούν σε διάφορα πεδία που βρίσκει εφαρμογή η ασαφής λογική. Οι ασαφείς πολυκριτήριες μέθοδοι λήψης αποφάσεων σχεδιάστηκαν ειδικά για να λύνουν πολυκριτήρια προβλήματα που περιλαμβάνουν ασαφή δεδομένα. Ο λόγος που μπορεί να γίνει ο παραπάνω διαχωρισμός, είναι ακριβώς η δυνατότητα εφαρμογής των ασαφών μεθόδων κατάταξης και σε άλλα πεδία.

5.6 Σύνοψη

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η Πολυκριτήρια μέθοδος λήψης Ομαδικών Αποφάσεων είναι ένα μοντέλο και μεθοδολογικό εργαλείο ικανό να χρησιμοποιηθεί στην επίλυση περίπλοκων προβλημάτων. Οι αποφασίζοντες καλούνται να αντιμετωπίσουν πολλές φορές προβλήματα με ελλείψεις ή ασαφείς πληροφορίες, μιας και η ίδια η φύση των υπό εξέταση προβλημάτων απαιτεί τέτοιου είδους πληροφορίες. Η προσέγγιση με χρήση των Ασαφών Συνόλων είναι κατάλληλη όταν απαιτείται μοντελοποίηση της ανθρώπινης γνώσης ή αξιολόγηση από έναν ή ομάδα ανθρώπων. Έτσι, τα Ασαφή Σύνολα αποτελούν ένα σημαντικό εργαλείο στην μοντελοποίηση και λύση τέτοιων προβλημάτων. Σημειώνεται ότι η απόφαση μπορεί να είναι εσφαλμένη, αλλά να διορθωθεί αργότερα όταν θα υπάρξει καλύτερη πληροφόρηση. Προφανώς, παντελής έλλειψη πληροφοριών δεν θα υποστηρίξει καμία μεθοδολογία απόφασης, όποια μορφή λογική και αν αυτή χρησιμοποιεί.

6. ΑΣΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΟΜΑΔΙΚΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

6.1 Εισαγωγή

Η διαδικασία της ασαφούς μοντελοποίησης ενός προβλήματος – όπως προαναφέρθηκε, έχει βασικό στόχο την υποστήριξη του χρήστη στη λήψη της καταλληλότερης απόφασης σε ένα περιβάλλον όπου η αβεβαιότητα παίζει σημαντικό ρόλο για την λήψη αυτής. Η σχετικά πρόσφατη εισαγωγή της ασαφούς λογικής στο πεδίο της Επιστήμης των Αποφάσεων σε συνδυασμό με τον ήδη ανεπτυγμένο τομέα των Πληροφοριακών Συστημάτων οδήγησαν στην ανάπτυξη ενός νέου κλάδου για την Υποστήριξη Αποφάσεων, ο οποίος μπορεί να αντιμετωπίσει καλύτερα την λογική που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος για την αξιολόγηση των εναλλακτικών επιλογών και κριτηρίων κατά τη λήψη μιας απόφασης. Η προσέγγιση αυτή, όπως επιτάσσει η σύγχρονη πραγματικότητα, επεκτείνεται και σε ομάδες χρηστών, εξυπηρετώντας την διαδικασία ομαδικής λήψης αποφάσεων. Η ανάπτυξη διαδραστικών εργαλείων για την υποστήριξη ομαδικών αποφάσεων εξυπηρετεί επίσης την απόκτηση γνώσης κατά τη διάρκεια της διαδικασίας απόφασης εκτός από τον προφανή σκοπό, τη λήψη της σωστής απόφασης.

6.2 Σχετικές εργασίες

Μέχρι στιγμής, έχουν πραγματοποιηθεί διάφορες προσεγγίσεις που αφορούν τη λήψη ομαδικών αποφάσεων κάνοντας χρήση της ασαφούς λογικής. Μερικές από αυτές παρουσιάζονται σε αυτό το κεφάλαιο.

Οι J. Wang και Y.Lin παρουσίασαν μία εργασία [52] που στόχο έχει την ανάπτυξη μεθοδολογίας που βοηθά τους αποφασίζοντες στην επιλογή ενός κατάλληλου συνόλου στοιχείων διαμόρφωσης για τη διαχείριση διαμόρφωσης (configuration management). Το πρόβλημα επιλογής στοιχείων διαμόρφωσης λογισμικού μοντελοποιείται ως ένα πολυκριτήριο πρόβλημα λήψης απόφασης για ομάδα. Η θεωρία ασαφών συνόλων χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει τα αποτελέσματα της αξιολόγησης των υποψήφιων ειδών, επειδή οι περισσότερες πληροφορίες που είναι διαθέσιμες σε αυτό το στάδιο είναι υποκειμενικές ή/και ανακριβείς και εκφράζονται συνήθως σε γλωσσικούς όρους από μεμονωμένους εμπειρογνώμονες. Μόλις ολοκληρωθεί αυτή η συλλογή μεμονωμένων αποτελεσμάτων της αξιολόγησης, η θεωρία ασαφών συνόλων αξιοποιείται για την εκτέλεση της ανάλυσης μεταξύ των διαφόρων κριτηρίων. Τέλος, για την κατάταξη των εναλλακτικών αναπτύσσεται ένα πολυκριτήριο μοντέλο λήψης ομαδικών αποφάσεων που βασίζεται στην σχέση ασαφούς προτίμησης και ασαφούς πλειοψηφίας. Μετρούνται ακόμα δύο επιπλέον μεταβλητές που εκφράζουν τα μέτρα συναίνεσης και καθορίζουν τις αμοιβαίες συμφωνίες για τα επιλεγμένα στοιχεία διαμόρφωσης μεταξύ των εμπειρογνώμωνων. Εάν η συναίνεση έχει επιτευχθεί, το στοιχείο με την υψηλότερη βαθμολογία στην κατάταξη είναι αυτό που πρέπει να επιλεγεί ως στοιχείο διαμόρφωσης. Στην συγκεκριμένη εργασία εφαρμόστηκε η ασαφής σχέση προτίμησης για τη μοντελοποίηση, μεταξύ των εναλλακτικών υποψήφιων αντικειμένων. Η σχέση προτίμησης μεταξύ δύο υποψήφιων στοιχείων α και β για το κριτήριο k λαμβάνεται μέσα από τη σύγκριση των γλωσσικών βαθμολογιών για ζεύγη, η οποία πραγματοποιείται με όρους ασαφούς λογικής. Οι γλωσσικές αξιολογήσεις παρέχονται από έναν έμπειρο ιθύνων και η

μέθοδος υπολογισμού για την ασαφή προτίμηση μεταξύ δύο εναλλακτικών είναι η αυτή που πρότειναν οι Tseng και Klein's και βασίζεται στην απόσταση Hamming. [53]

Οι Boran, Genc, Kurt και Akay σε εργασία τους για το πανεπιστήμιο Ankara της Τουρκίας πραγματοποίησαν ένα συνδυασμό της πολυκριτήριας μεθόδου TOPSIS με τα διαισθητικά ασαφή σύνολα (Intuitionistic fuzzy sets) προκειμένου να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα επιλογής κατάλληλου προμηθευτή σε ένα περιβάλλον όπου οι αποφάσεις λαμβάνονται ομαδικά. Τα διαισθητικά ασαφή σύνολα που προτάθηκαν από τον Ατανάσοφ (1986) είναι, σύμφωνα με τους συγγραφείς, μία μέθοδος ικανή να αντιμετωπίσει την πρόκληση για λήψη ομαδικών αποφάσεων σε αβέβαιο περιβάλλον. Κατά την ομαδική λήψη αποφάσεων, ο συνυπολογισμός των απόψεων των εμπειρογνομόνων είναι πολύ σημαντικός για την σωστή εκτέλεση της διαδικασίας αξιολόγησης, και ως εκ τούτου οι συγγραφείς πρότειναν τη χρήση διαισθητικών ασαφών συνόλων σταθμισμένου μέσου (Intuitionistic fuzzy weighted averaging (IFWA)) για τη συγκέντρωση των απόψεων όλων των επιμέρους αποφασίζόντων για την αξιολόγηση της σημασίας των κριτηρίων και των εναλλακτικών λύσεων. Στη διαδικασία της αξιολόγησης, η κατάταξη της κάθε εναλλακτικής λύσης με βάση τα κριτήρια και τα βάρη του κάθε κριτηρίου δόθηκαν με τρόπο ελεύθερης έκφρασης (γλωσσικοί όροι) τα οποία εκφράστηκαν στη συνέχεια με διαισθητικούς ασαφείς αριθμούς. Με χρήση του διαισθητικού ασαφούς μέσου πραγματοποιήθηκε και η συγκέντρωση των απόψεων των αποφασίζόντων. Αξιοποιώντας τη μέθοδο TOPSIS, υπολογίστηκαν η ιδανική ενορατική ασαφής λύση και η αντίστοιχη αρνητική μέσω της ευκλείδειας απόστασης, ο συντελεστής σχετικής εγγύτητας των εναλλακτικών, για να προκύψει η τελική κατάταξη. [54]

Τους ενορατικούς ασαφείς αριθμούς χρησιμοποίησαν και οι J. Chai και J.N.K. Liu από το Πολυτεχνείο του Χονγκ Κονγκ. Στην εργασία τους προτείνεται μια νέα πολυκριτήρια προσέγγιση λήψης ομαδικών αποφάσεων για την αντιμετώπιση ζητημάτων επιλογής συνεργάτη στην εφοδιαστική αλυσίδα υπό αβέβαιο περιβάλλον. Οι συγγραφείς χρησιμοποιούν μια μέθοδο κατάταξης με βάση την ανωτερότητα και την κατωτερότητα για ιντουϊσιονιστικούς αριθμούς (Intuitionistic Fuzzy Superiority and Inferiority Ranking method IF-SIR) ικανή να εφαρμοστεί στην διαδικασία λήψης ομαδικών αποφάσεων. Πιο συγκεκριμένα, αρχικά προσδιορίζονται με τη μορφή διαισθητικών ασαφών αριθμών οι προσωπικές αξίες και βάρη των κριτηρίων για κάθε αποφασίζοντα που παρέχονται από αυτούς με τη μορφή γλωσσικών όρων. Στη συνέχεια μέσω του ασαφούς ενορατικού σταθμισμένου μέσου (intuitionistic fuzzy weighted averaging (IFWA)) και του ασαφούς ενορατικού γεωμετρικά σταθμισμένου δείκτη (intuitionistic fuzzy weighted geometric (IFWG) operator) συγκεντρώνονται οι διαφορετικές ατομικές γνώμες και μετατρέπονται σε ομαδικές. Έπειτα, με τον ορισμό μίας συνάρτησης κατωφλίου προκύπτει η σχέση υπεροχής και κατωτερότητας για κάθε εναλλακτική. Προκύπτει έτσι, μια χαρτογραφημένη τελική απόφαση η οποία αποτελείται από την τελική κατάταξη των εναλλακτικών. Οι συγγραφείς χρησιμοποίησαν το εργαλείο MATLAB για την προτεινόμενη μέθοδο. [55]

Σε άλλη εργασία, οι Chang, Yeh και Chang το 2012, χρησιμοποίησαν μια νέα προσέγγιση για την επιλογή της περισσότερο προτιμητέας μεθόδου κατάταξης μεταξύ αυτών που παράγονται από διαφορετικές πολυκριτήριες μεθόδους λήψης ομαδικών αποφάσεων με χρήση ασαφών αριθμών. Η μέθοδος κατάταξης που συγκεντρώνει τις περισσότερες προτιμήσεις είναι περισσότερο αποδεκτή από το σύνολο των αποφασίζόντων καθώς αντικατοπτρίζει καλύτερα τις προτιμήσεις τους για ένα συγκεκριμένο πρόβλημα.

Για να αποδείξουν τη μέθοδο, οι συγγραφείς χρησιμοποίησαν ένα σύνολο 18 ασαφών ομαδικών πολυκριτήριων μεθόδων λήψης αποφάσεων, τα οποία αναπτύσσονται από δύο μεθόδους μέσου όρου για ομάδα, τρεις πολυκριτήριες μεθόδους λήψης αποφάσεων και τρεις μεθόδους από-ασαφοποίησης. Αυτές οι μέθοδοι είναι διαισθητικά πιο ελκυστικές για τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων στην πράξη, λόγω της απλότητας τους, τόσο στην έννοια όσο και στον υπολογισμό. Στην εργασία τους οι συγγραφείς για να δείξουν πώς το ασαφές διάνυσμα βάρους και η ασαφής μήτρα απόφασης μπορεί να ληφθεί από υποκειμενικές αξιολογήσεις, χρησιμοποιούν απόλυτη κρίσεις ως παράδειγμα. [56]

Για τους S. Jayakumar και A. Hari Ganesh από την Ινδία, μια ασαφής πολυκριτήρια μέθοδος για ομάδες με σκοπό τη λήψη απόφασης αναπτύχθηκε για να απαντήσει στο πρόβλημα της επιλογής κατάλληλης ποικιλίας για καλλιέργεια ρυζιού. Στην εργασία τους προτείνουν μια ασαφή πολυκριτήρια μέθοδο η οποία αξιοποιεί τον συνδυασμό της ασαφούς αναλυτικής ιεραρχικής διαδικασίας (fuzzy AHP) και μιας νέας μεθόδου ασαφούς κατάταξης για το πρόβλημα επιλογής ποικιλίας. Ειδικότερα, στην προτεινόμενη μέθοδο τα βάρη των διαφόρων κριτηρίων υπολογίζονται μέσω της ασαφούς αναλυτικής ιεραρχικής μεθόδου και οι απαντήσεις όσον αφορά την αξιολόγηση των ποιοτικών κριτηρίων θεωρούνται ως γλωσσικές μεταβλητές, οι οποίες μοντελοποιούνται ως ασαφείς θετικοί τριγωνικοί αριθμοί. [57]

Με την συγκέντρωση διαφορετικών ατομικών απόψεων που εκφράζονται με τη μορφή ασαφών αριθμών σε μία συνολική ασαφή άποψη ασχολήθηκαν οι His-Mei Hsu και Cheng-Tung Chen από το Πανεπιστήμιο της Ταιβάν. Σκοπός της εργασίας είναι να παρουσιάσει μία διαδικασία για τον συνδυασμό επιμέρους απόψεων ώστε να προκύψει μία συνολική συνενωμένη γνώμη για την ομάδα. Πιο συγκεκριμένα, οι συγγραφείς προτείνουν μια μέθοδο αθροιστικής ομοιότητας (Similarity Aggregation Method) που συνδυάζει τις επιμέρους υποκειμενικές εκτιμήσεις, οι οποίες αναπαρίστανται από θετικούς ασαφείς τραπεζοειδείς αριθμούς (PTFNs). Αρχικά, με τη μέθοδο Delphi προκύπτουν οι θετικοί τραπεζοειδείς ασαφείς αριθμοί για κάθε αποφασίζοντα και υποτίθεται ότι έχουν ένα κοινό σημείο τομής στο διάστημα $(0, 1]$. Στη συνέχεια, παρουσιάζουν μία συνάρτηση μέτρησης ομοιότητας, η οποία μετρά το βαθμό συμφωνίας μεταξύ των απόψεων των αποφασίζοντων. Σύμφωνα με τη συνάρτηση αυτή, κατασκευάζεται ένας πίνακας συμφωνίας ο οποίος δίνει μια εικόνα για το βαθμό συμφωνίας μεταξύ των απόψεων των συμμετεχόντων στη διαδικασία της απόφασης. Λαμβάνεται επίσης υπόψιν και η σημασία κάθε αποφασίζοντα. Βάσει του βαθμού σχετικής συμφωνίας και του βαθμό σπουδαιότητας, οι συγγραφείς αναπτύσσουν μια μέθοδο συνολικής ομοιότητας για το συνδυασμό το επιμέρους απόψεων. [58]

Σε άλλη εργασία, που δημοσιεύθηκε από τους T. Aouam, S.I. Chang και E.S. Lee, προτάθηκε από τους συγγραφείς μία ασαφής μέθοδος υπεροχής βασισμένη στη ήδη υπάρχουσα δομή του καθηγητή Σίσκου και των συνεργατών του. Η προτεινόμενη μέθοδος επικεντρώνεται στη χρήση διάφορων ασαφών αριθμών για τον προσδιορισμό του βαθμού υπεροχής μεταξύ ανταγωνιστικών δράσεων ή εναλλακτικών λύσεων. Η σύγκριση πραγματοποιείται με τη χρήση της έννοιας της συνολικής ύπαρξης (overall existence), η οποία με τη σειρά της δημιουργεί τις σχέσεις ασαφούς υπεροχής. Τέλος, εφαρμόζεται η χρήση ενός συνολικού δείκτη έντασης υπεροχής για όλες τις εναλλακτικές. Η

προτεινόμενη μέθοδος είναι βελτιωμένη σχετικά με αυτή του Σίσκου και των συνεργατών του καθώς επιτρέπει τη χρήση ασαφών χαρακτηριστικών. Σύμφωνα με τους συγγραφείς, αρκετές περιοχές χρειάζεται να ερευνηθούν περισσότερο γιατί η ασαφής μέθοδος κατάταξης που χρησιμοποιείται μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τα αποτελέσματα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι υπάρχουν πολλές διαφορετικές μέθοδοι κατάταξης που βασίζονται σε διαφορετικά μέτρα για την ασαφή απόσταση. Ένας άλλος λόγος είναι οι τιμές που θα αποδοθούν στο κατώφλι- βέτο. [59]

Το 2011, οι T. Etray, A. Kahveci και R.M. Tabanlı από την Ιστανμπούλ της Τουρκίας, δημοσίευσαν την εργασία τους, η οποία αφορά μια μεθοδολογία για ένα ολοκληρωμένο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων για την αξιολόγηση και επιλογή προμηθευτή. Σύμφωνα με τη δική τους μέθοδο, προμηθευτές κατηγοριοποιούνται και συγκρίνονται ανάλογα με τις επιδόσεις τους σε διάφορα κριτήρια. Για την στάθμιση των κριτηρίων χρησιμοποιείται η ασαφής αναλυτική ιεραρχική διαδικασία και για την αξιολόγηση, ταξινόμηση και κατάταξη των υποψήφιων προμηθευτών χρησιμοποιείται η μέθοδος ELECTRE III με βάση πάντα τα κριτήρια που υπολογίστηκαν πριν. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε από τους συγγραφείς περιλαμβάνει τον καθορισμό των κριτηρίων με βάση τα οποία αξιολογούνται οι υποψήφιοι προμηθευτές. Στη συνέχεια συγκεντρώνονται οι απόψεις όλων των αποφασίζοντων, οι οποίες είναι σε μορφή ελεύθερης γλώσσας, των οποίων η μοντελοποίηση γίνεται με χρήση ασαφών τριγωνικών αριθμών. Έπειτα, συγκεντρώνονται οι προτιμήσεις των ατόμων στην ομάδα απόφαση μέσω του γλωσσικά σταθμισμένου γεωμετρικού μέσου όρου (LWGA) και ύστερα γίνεται ο προσδιορισμός των βαρών σημασίας των κριτηρίων μέσω της αναλυτικής ιεραρχικής μεθόδου. Τέλος, οι προμηθευτές αξιολογούνται, κατατάσσονται και ταξινομούνται με χρήση της μεθόδου ELECTRE III. Η αδυναμία της μεθόδου έγκειται στο γεγονός ότι δεν χρησιμοποιήθηκε μια μορφή ασαφούς μεθόδου ELECTRE III, καθιστώντας όχι ολοκληρωμένα ασαφή. [60]

Μια άλλη ερευνητική εργασία που δημοσιεύθηκε το 2011 και ανήκει στους I. Πατινιοτάκης, Δ. Αποστόλου και Γ. Μέντζα αποτελεί μια επέκταση της μεθόδου UTASTAR ικανή να χειριστεί τόσο συνηθισμένα όσο και ασαφή στοιχεία αξιολόγησης. Η προτεινόμενη μέθοδος δημιουργεί μία ασαφή συνάρτηση πρόσθετης χρησιμότητας που δέχεται ως είσοδο μια μερικώς έτοιμη από πριν κατάταξη για ένα υποσύνολο επιλογών, το οποίο καλείται σύνολο αναφοράς, μαζί με τις σχετικές βαθμολογίες τους στα αντίστοιχα κριτήρια. Οι ασαφείς συναρτήσεις χρησιμότητας που προκύπτουν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια για την εκτίμηση της ασαφούς (fuzzy) χρησιμότητας της κάθε επιλογής, επιτρέποντας έτσι την κατάταξη, ιεράρχηση, την επιλογή ή την ταξινόμησή τους. Η κατάταξη των επιλογών σε μια μερικώς προκαθορισμένη είναι κατά το δυνατόν συμβατή με την αρχική. Η προτεινόμενη μέθοδος ασαφούς UTASTAR επεκτείνει τον κλασικό αλγόριθμο UTASTAR για το χειρισμό των ασαφών αριθμών. Τα δεδομένα εισόδου (βαθμολογίες) μπορεί να είναι είτε πραγματικοί αριθμοί ή ασαφείς αριθμοί ή ένας συνδυασμός ανάλογα με τη φύση του προβλήματος. Ο αποφασίζων θα πρέπει να παρέχει τόσο τις βαθμολογίες (είσοδου), καθώς και μια κατάταξη των εναλλακτικών επιλογών ως σύνολο αναφοράς, όπως ακριβώς θα γινόταν και στην αρχική UTASTAR. Το αποτέλεσμα είναι μια συνάρτηση πρόσθετης χρησιμότητας που δίνει μία κατάταξη επιλογών όσο το δυνατόν πιο κοντά με την αρχική που δόθηκε από τον αποφασίζων. Ωστόσο, οι συντελεστές στη συνάρτηση χρησιμότητας είναι ασαφείς αριθμοί, καθώς επίσης και οι χρησιμότητες των εναλλακτικών επιλογών που προκύπτουν από την ασαφή συνάρτηση

χρησιμότητας. Η βασική ιδέα της μεθόδου περιλαμβάνει τη μετατροπή των ασαφών γραμμικών εξισώσεων σε τρία σύνολα απλών εξισώσεων. Κάποιοι επιπλέον περιορισμοί προστίθενται επίσης, προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι η λύση θα ισχύει και για τους ασαφείς αριθμούς. Στη συνέχεια, το απλό γραμμικό πρόβλημα μπορεί να λυθεί χρησιμοποιώντας οποιαδήποτε μέθοδο κατάλληλη. Στη συγκεκριμένη εργασία οι συγγραφείς χρησιμοποίησαν τη μέθοδο Simplex. [61]

Μία διαδραστική μέθοδος λήψης αποφάσεων από ένα πλήθος αποφασίζοντων με χρήση των ασαφών αριθμών για πολυκριτήρια προβλήματα προτάθηκε το 2004 από τον H. Yano, από το πανεπιστήμιο Nagoya της Ιαπωνίας. Θέλοντας να αντιμετωπίσει την διαφορετική κατανόηση του προβλήματος από τους αποφασίζοντες όπως επίσης και το πρόβλημα που προκύπτει εξαιτίας των ασαφών στόχων τους, ο συγγραφέας πρότεινε τη συγκεκριμένη διαδραστική μέθοδο προκειμένου να εξαναγκάσει την μια κοινώς αποδεκτή απόφαση από τους αποφασίζοντες. Στο προτεινόμενο αλγόριθμο, μεταξύ του συνόλου των βέλτιστων λύσεων α -Pareto οι υποψήφιες λύσεις του α -level επιπέδου συμφωνίας παράγονται λύνοντας με τη μέθοδο MAXMIN το πρόβλημα που αναφέρεται στα διανύσματα βαρών όπως αυτά ορίστηκαν από τους αποφασίζοντες. Εάν οι αποφασίζοντες δεν φτάσουν σε συμφωνία, καθένας από αυτούς επανακαθορίζει το διάνυσμα βαρών. Η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι να βρεθεί μία κοινώς αποδεκτή απόφαση (επίπεδο συμφωνίας). Στην περίπτωση που οι αποφασίζοντες δεν μπορούν να φτάσουν σε αυτό το επίπεδο συμφωνίας υπολογίζονται ο βαθμός διαφωνίας που έχει προκύψει για κάθε α -Pareto λύση και ο βαθμός δυσαρέσκειας για κάθε αποφασίζον. Χρησιμοποιώντας τους βαθμούς δυσαρέσκειας, προκύπτουν οι ασαφείς μήτρες προτίμησης, οδηγώντας στην εύρεση πυρήνα, ο οποίος ορίζεται μέσω της ασαφούς μήτρας σχέσεων προτίμησης. Στην συγκεκριμένη μέθοδο, ο πυρήνας θεωρείται ως το επίπεδο συμφωνίας, δηλαδή λύση. [62]

Το 2007, οι Yu-Hern Chang, Chung-Hsing Yeh και Yu-Wei Chang παρουσίασαν την εργασία τους η οποία αφορά μία νέα προσέγγιση για λήψη πολυκριτήριων αποφάσεων με χρήση ασαφών αριθμών. Η προσέγγισή τους επεκτείνει την έννοια του βαθμού κατά τον οποίο μία λύση είναι βέλτιστη. Η μέθοδος αυτή, επιτρέπει σε μεμονωμένους αποφασίζοντες να κάνουν συγκριτικές και απόλυτες κρίσεις με έναν συμβατικό τρόπο. Οι ατομικές αποφάσεις συγκεντρώνονται και μοντελοποιούνται σαν ομαδικές με τη βοήθεια των τριγωνικών ασαφών αριθμών έτσι ώστε να αντανakλούν την εγγενή ασάφεια στην οποία εμπλέκονται. Πιο συγκεκριμένα, οι συγγραφείς ανέπτυξαν μία μέθοδο ιεραρχικής στάθμισης που βοηθά στην αξιολόγηση των βαρών για μεγάλο αριθμό κριτηρίων χρησιμοποιώντας συγκρίσεις κατά ζεύγη. Η μέθοδος ενδείκνυται για ασαφή πολυκριτήρια προβλήματα μεγάλου μεγέθους. Σε σχέση με συμβατικές διαδικασίες αξιολόγησης, η προτεινόμενη μέθοδος αποτελεί έναν απλό και αποτελεσματικό μηχανισμό για τα πολυκριτήρια προβλήματα απόφασης που περιλαμβάνουν υποκειμενική αξιολόγηση σε ένα ομαδικό περιβάλλον απόφασης. [63]

Μια ακόμα μελέτη, από τους S. Saghafian και S.Reza Hejazi από το Ιράν, παρουσιάστηκε σε σχετικό συνέδριο το 2005. Η μελέτη αυτή περιλαμβάνει τροποποιήσεις στην ήδη υπάρχουσα θεωρία της λήψης πολυκριτήριων αποφάσεων με ασαφείς αριθμούς TOPSIS, ώστε να αυτή να ανταπεξέρχεται και σε ομαδικές αποφάσεις. Λαμβάνοντας υπόψη την ασάφεια κατά τη λήψη δεδομένων και την διαδικασία λήψης ομαδικών αποφάσεων, χρησιμοποιούνται γλωσσικές μεταβλητές για να περιγράψουν τα βάρη των

κριτηρίων και την αξιολόγηση κάθε εναλλακτικής με βάση τα δοσμένα κριτήρια. Είναι δυνατή η μετατροπή της μήτρας απόφασης σε μία ασαφή μήτρα απόφασης κι έπειτα η κατασκευή μιας σταθμισμένης κανονικοποιημένης μήτρας απόφασης μόλις οι ασαφείς αξιολογήσεις των αποφασιζόντων έχουν καταγραφεί. Σύμφωνα με τη βασική ιδέα της TOPSIS, ορίζεται η ασαφής ιδανική θετική λύση και η ασαφής ιδανική αρνητική λύση και έπειτα χρησιμοποιείται από η νέα προτεινόμενη από τους συγγραφείς μέθοδος για τον υπολογισμό της απόστασης μεταξύ δύο ασαφών τριγωνικών αριθμών. Με βάση τη σύγκριση δύο ασαφών αριθμών υπολογίζεται η απόσταση κάθε εναλλακτικής από τις δύο ιδανικές λύσεις. Τέλος, χρησιμοποιώντας έναν συντελεστή εγγύτητας για κάθε εναλλακτική, προκύπτει η κατάταξη των εναλλακτικών. Ουσιαστικά, στην συγκεκριμένη εργασία παρουσιάζεται ένα νέο μέτρο απόστασης για την μέθοδο της ασαφούς TOPSIS. [64]

Το 2011, δημοσιεύθηκε από τους Zhu Xian Cui, Han Ku Yoo, Jun Yeol Choi και Hee Yonh Youn, μία εργασία που αφορά την ασαφή λήψη πολυκριτηρίων αποφάσεων βασισμένη στην θεωρία στάθμισης με εντροπία. Οι συγγραφείς επεκτείνουν την μεθοδολογία της TOPSIS για ασαφή περιβάλλοντα. Στην προτεινόμενη μέθοδο λαμβάνοντας υπόψη την ασάφεια στην ομαδική διαδικασία λήψης αποφάσεων χρησιμοποιούνται οι γλωσσικές μεταβλητές για τη στάθμιση όλων των αξιολογήσεων. Επιπλέον, η μέθοδος σταθμισμένης εντροπίας χρησιμοποιείται για τη βαθμολόγηση των κριτηρίων. Οι γλωσσικές μεταβλητές δίνονται από τους αποφασίζοντες και αναπαρίστανται από ασαφείς τριγωνικούς αριθμούς. Η εντροπία είναι ένα μέτρο της ποσότητας των πληροφοριών που απαιτείται για να περιγράψει το αποτέλεσμα μιας τυχαίας διακριτής μεταβλητής, ως εκ τούτου, μειώνει την υποκειμενικότητα και την ασάφεια που προκαλείται από την ανθρώπινη προτίμηση. [65]

Για την ανάπτυξη ενός Web-based πολυκριτηριακού συστήματος υποστήριξης αποφάσεων, οι Jie Lu, Guangquan Zhang και Fengie Wu. Αυτή η μελέτη προτείνει ένα μοντέλο για ορθολογικές ομάδες λήψης αποφάσεων, το οποίο συγκεντρώνει τα πλεονεκτήματα τόσο από πολιτικά όσο και από λογικά μοντέλα και ως εκ τούτου μπορεί να χειριστεί ασυνεπείς αξιολογήσεις, έλλειψη πληροφοριών και ανακριβείς απόψεις υπό το πρίσμα ενός λογικού και διαδοχικού πλαισίου ώστε να προκύψει η καλύτερη λύση για την απόφαση της ομάδας. Με βάση αυτό το μοντέλο, οι συγγραφείς παρουσιάζουν μία μέθοδο ασαφούς πολυκριτηρίας λήψης αποφάσεων προσανατολισμένη σε γλωσσικούς όρους, η οποία επιτρέπει στους χρήστες να εκφράσουν τη δύναμη, την προτίμηση και την κρίση τους σε γλωσσικούς όρους. Η προτεινόμενη μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιήσει οποιουδήποτε είδους ασαφείς αριθμούς. Η μέθοδος χρησιμοποιεί επίσης κανόνες εξαγωγής συμπερασμάτων για τον έλεγχο συνέπειες όσον αφορά τις προτιμήσεις κάθε συμμετέχοντος στην ομάδα λήψης απόφασης. Ως ικανοποιητική απόφαση ορίζεται αυτή που είναι περισσότερο αποδεκτή για τα μέλη της ομάδας. Η μέθοδος έχει εφαρμοστεί με την ανάπτυξη ενός web-based συστήματος υποστήριξης ομαδικών αποφάσεων, το WFGDSS, όπου το διαδίκτυο λειτουργεί σαν μια πλατφόρμα ανάπτυξης και ολοκλήρωσης της διαδικασίας. [66]

Η ασαφής μέθοδος Fuzzy F-TOPSIS προτάθηκε από τους F.J.J.Santos και H.A.Camargo από την Βραζιλία. Πρόκειται για μία επέκταση της υπάρχουσας fuzzy TOPSIS, που αναπτύχθηκε με σκοπό να ασχοληθεί με δύο προεκτάσεις της. Πρώτον, να βελτιώσει τη μέθοδο με τις απαραίτητες πηγές για τις μαθηματικές διαδικασίες ώστε οι

τιμές εισόδου να λαμβάνονται υπόψιν σε περισσότερα από ένα ασαφή σύνολα και δεύτερον να ολοκληρώσει τη μέθοδο εγκολπώνοντας την εμπειρική γνώση ενός ειδικού μέσω της αναπαράστασης των ασαφών σχέσεων και κανόνων. Η ασαφής TOPSIS μέθοδος είναι μια τεχνική βελτιστοποίησης που χρησιμοποιεί γλωσσικούς όρους για την αξιολόγηση της σημασίας των χαρακτηριστικών και των αξιών τους. Με σκοπό τη καλύτερη αντιμετώπιση της ασάφειας, οι συγγραφείς πρότειναν την εισαγωγή στην fuzzy TOPSIS ενός χαρακτηριστικού επιπλέον, το οποίο αντιπροσωπεύει ένα σύστημα βασισμένο σε ασαφείς κανόνες. Ο σκοπός αυτής της μεταβολής είναι η προσθήκη της χωρητικότητας των συστημάτων που βασίζονται σε ασαφείς κανόνες στην fuzzy TOPSIS. Έτσι, η ανάλυση από την νέα fuzzy F-TOPSIS θα επιτρέπει στην εμπειρική γνώση του ειδικού, η οποία αντιπροσωπεύεται από τους ασαφείς κανόνες, να λαμβάνεται υπόψιν κατά τη διαδικασία λήψης της απόφασης και βελτιστοποίησης, εκτός από τους ορισμούς των συναρτήσεων συμμετοχής των ασαφών συνόλων. [67]

Στην κατεύθυνση αυτή, έχει παρουσιαστεί κι ένα πλήθος εργασιών που δεν αφορούν την Υποστήριξη Ομαδικών Αποφάσεων χρησιμοποιώντας την ασαφή λογική, αλλά εστιάζουν στην ανάπτυξη καινοτόμων μεθοδολογιών που μπορούν να αξιοποιηθούν σε αυτό το τομέα. Στη συνέχεια αναφέρονται μερικές από αυτές τις εργασίες, οι οποίες βοήθησαν ιδιαίτερα και στη συγγραφή της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Μία νέα προσέγγιση για την κατάταξη των ασαφών αριθμών μέσω της μεθόδου της απόστασης δημοσιεύθηκε το 1996 στο επιστημονικό περιοδικό ELSEVIER από τον Ching-Hsue Cheng. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στον υπολογισμό του κεντρικού σημείου και μιας συνάρτησης κατάταξης. Σημαντικό πλεονέκτημα της μεθόδου είναι η δυνατότητα κατάταξης περισσότερων από δύο ασαφών αριθμών ταυτόχρονα, ενώ οι ασαφείς αριθμοί δεν χρειάζεται να κανονικοποιηθούν. (για περισσότερες πληροφορίες ο αναγνώστης μπορεί να ανατρέξει στην εργασία ‘ A new approach for ranking fuzzy numbers by distance method’). [68]

Μια άλλη αντίστοιχη εργασία από τους G. Bortolan και R. Degani ασχολείται με την ανασκόπηση και αξιολόγηση των μεθόδων που έχουν ήδη αναπτυχθεί για την κατάταξη ενός συνόλου κανονικοποιημένων ασαφών αριθμών. Η συγκεκριμένη εργασία παρουσιάστηκε το 1984, οπότε προφανώς σε αυτή παρουσιάζεται ένα περιορισμένο σύνολο μεθοδολογιών που δεν ανταποκρίνεται στη σύγχρονη κατάσταση του τομέα. [69]

Οι Angilella, Greco, Lamantia και Matarazzo ασχολήθηκαν στην εργασία τους με τη μέθοδο UTA και συγκεκριμένα με την MAUT (Multi-Attribute Utility Theory). Αυτό που απασχόλησε στην συγκεκριμένη έρευνα είναι το γεγονός ότι η μέθοδος UTA δεν εγγυάται την εύρεση μιας συνάρτησης χρησιμότητας η οποία να είναι συνεπής με τις διαθέσιμες πληροφορίες. Αυτό το μειονέκτημα οφείλεται στο υποκείμενο μοντέλο χρησιμότητας της UTA, το οποίο δεν επιτρέπει να συμπεριληφθούν πρόσθετες πληροφορίες όπως η αλληλεπίδραση μεταξύ των κριτηρίων. Έτσι, οι συγγραφείς παρουσίασαν μια μεθοδολογία για τη δημιουργία μιας μη προσθετικής συνάρτησης χρησιμότητας, στο πλαίσιο των λεγόμενων ασαφών ολοκληρώσεων, η οποία επιτρέπει τη μοντελοποίηση των προτιμήσεων με αλληλεπίδραση μεταξύ των κριτηρίων. Όπως και στη μέθοδο UTA, σκοπός είναι η αναζήτηση μίας συνάρτησης χρησιμότητας που αντιπροσωπεύει τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα, αλλά σε αντίθεση με την UTA, η λειτουργική μορφή είναι ένα ειδικό ασαφές ολοκλήρωμα (Choquet ολοκλήρωμα). Ως

αποτέλεσμα, λαμβάνονται τα βάρη που μπορούν να θεωρηθούν ως «σημασία» των συνασπισμών των κριτηρίων, αξιοποιώντας τις δυνατότητες αλληλεπίδρασης μεταξύ των κριτηρίων, όπως έχει ήδη προταθεί και από άλλους συγγραφείς. Ωστόσο, στο ίδιο πλαίσιο, προκύπτουν οι συναρτήσεις οριακής χρησιμότητας σχετικά με κάθε κριτήριο, οι οποίες αξιολογούνται σε μια κοινή κλίμακα, ως αποτέλεσμα της πραγματοποιηθείσας μεθοδολογίας. [70]

Σε μία άλλη ερευνητική εργασία, οι E.J. Cabrerizo, J.M. Moreno, I.J.Perez και E.Herrera-Viedma καταπιάνονται με την ανάλυση των διάφορων ομόφωνων προσεγγίσεων στον τομέα της ασαφούς λήψης ομαδικών αποφάσεων, με σκοπό την καταγραφή των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων τους. Στην ίδια εργασία παρουσιάζουν και την εκτίμησή τους για τις μελλοντικές τάσεις στον τομέα. Η εργασία τους, “Analyzing consensus approaches in fuzzy group decision making: advantages and drawbacks” δημοσιεύθηκε το 2009.[71]

Κάποιες ακόμα σχετικές εργασίες που μελετήθηκαν για την παρούσα διπλωματική εργασία είναι οι εξής:

1. «Ανάπτυξη Συστήματος Υποστήριξης Αποφάσεων για την Υλοποίηση Πολυκριτήριας Μεθοδολογίας Αξιολόγησης Προσόντων Πληροφορικής». Παρουσιάστηκε το 2001 στο Πολυτεχνείο Κρήτης από τον Γ.Λ. Ανέστη. Στην εργασία αυτή βασικό αντικείμενο είναι η επιλογή και αξιολόγηση του ανθρώπινου δυναμικού στο πεδίο της πληροφορικής. Στα πλαίσια της διατριβής παρουσιάζεται ένα εννοιολογικό μοντέλο για την αξιολόγηση των προσόντων πληροφορικής. Σκοπός τους μοντέλου είναι να καταστεί δυνατή η μελέτη και ανάλυση του προβλήματος της αξιολόγησης προσόντων πληροφορικής και για τη διευκόλυνση αυτού του σκοπού παρέχει μία κοινή γλώσσα και ορολογία για την έκφραση στόχων και την περιγραφή διεργασιών. Το μοντέλο περιγράφεται χρησιμοποιώντας την Ενοποιημένη Γλώσσα Μοντελοποίησης (UML) και η θεωρητική μοντελοποίηση του προβλήματος βασίζεται στην πολυκριτήρια μέθοδο ανάλυσης αποφάσεων ELECTRE TRI.[72]
2. «Αναλυτική Μελέτη Πολυκριτηριακών Μεθόδων Λήψης Αποφάσεων». Διπλωματική εργασία του Σ.Κ. Σπανού για το ΕΜΠ το 2004. Στα πλαίσια της διπλωματικής αυτής, παρουσιάζονται οι σημαντικότερες των Πολυκριτηριακών Μεθόδων, και δίδεται ιδιαίτερο βάρος στις Μεθόδους ELECTRE και PROMETHEE.[73]
3. «Ανάπτυξη ενός web-based Πολυκριτήριου Συστήματος Υποστήριξης της Λήψης Ομαδικών Αποφάσεων», Ερευνητική Μεταπτυχιακή Εργασία του Ν.Π. Καλογερίνη που παρουσιάστηκε το 2006, στο Πολυτεχνείο Κρήτης. Στη συγκεκριμένη εργασία μελετήθηκε και κατασκευάστηκε ένα web-based πολυκριτήριο σύστημα υποστήριξης ομαδικών αποφάσεων, το GDAnalyzer. Η φιλοσοφία σχεδίασής του κινήθηκε σε τρεις άξονες: την απομακρυσμένη συμμετοχή, τη φιλικότητα του περιβάλλοντος προς το χρήστη και τη δυνατότητα εύκολης μελλοντικής επέκτασης και ενσωμάτωσης. Η μεθοδολογία περιλαμβάνει τη μέθοδο UTASTAR.[74]
4. «Ανάλυση και Κατασκευή ενός Πολυκριτήριου Συστήματος Υποστήριξης Ομαδικών Αποφάσεων» του Δ. Κυρλετζί από το Πολυτεχνείο Κρήτης που παρουσιάστηκε το 2006. Στόχος της συγκεκριμένης εργασίας είναι η ανάπτυξη

βήμα προς βήμα μιας μεθοδολογίας, με σκοπό την κατασκευή ενός συστήματος, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για να αξιολογήσει τα αποτελέσματα τεσσάρων διαφορετικών πολυκριτήριων μοντέλων. Και τα τέσσερα μοντέλα ανήκουν στην οικογένεια UTA. Επίσης σκοπός ήταν, η υλοποίηση του συστήματος και η εφαρμογή του. Έτσι κατασκευάστηκε το λογισμικό με την ονομασία DM's Helper!.[75]

5. «Ομαδική Λήψη Αποφάσεων και Πολυκριτήρια Ανάλυση. Επισκόπηση και Ανάπτυξη Πρωτότυπου Συστήματος για την Υποστήριξη Αποφάσεων Ταξινόμησης», Διπλωματική εργασία της Ι.Ε.Δ. Μαρτίνου για το ΕΜΠ το 2007. Στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι η επισκόπηση και ανάπτυξη πρωτότυπου συστήματος, για την υποστήριξη της ομαδικής λήψης αποφάσεων ταξινόμησης. Η βιβλιογραφική μελέτη των παραπάνω θεμάτων αποσκοπεί στην συλλογή των απαιτήσεων που θα πρέπει να ικανοποιούνται και την θεωρητική θεμελίωση ενός κατάλληλου μεθοδολογικού πλαισίου για το σύστημα υποστήριξης. Το πλαίσιο που προτείνεται αντιμετωπίζει αποτελεσματικά αρκετά από τα προβληματικά σημεία, που αναπόφευκτα έχει μια ομαδική διαδικασία και βασίζεται στην πολυκριτήρια μέθοδο ταξινόμησης ELECTRE TRI. Τέλος, υλοποιείται το σύστημα υποστήριξης με βάση την προτεινόμενη μεθοδολογία και παρουσιάζεται η χρήση του.[76]
6. «Ολοκληρωμένη Μεθοδολογία και Πληροφοριακό Σύστημα Υποστήριξης Ομαδικών Αποφάσεων Ταξινόμησης με την χρήση Πολυκριτηριακής Ανάλυσης, Εφαρμογή στον Τραπεζικό Τομέα». Πρόκειται για τη διδακτορική διατριβή του Γ.Α. Ρηγόπουλου για το ΕΜΠ, η οποία παρουσιάστηκε το 2008. Η εν λόγω εργασία πραγματεύεται τη συνεργατική λήψη αποφάσεων από ολιγομελή ομάδα αποφασίζοντων για το υποσύνολο των πολυκριτηριακών προβλημάτων τα οποία αναφέρονται στην προβληματική της ταξινόμησης όσον αφορά τον χρηματοοικονομικό τομέα. Παρουσιάζεται η πρωτότυπη πολυκριτηριακή μεθοδολογία NeXClass και το πρωτότυπο πληροφοριακό σύστημα Υποστήριξης Ομαδικών Αποφάσεων NeXClass-GDSS, το οποίο υποστηρίζει τη λήψη αποφάσεων από ομάδες προβλήματα ταξινόμησης για προκαθορισμένες μη-διατεταγμένες κατηγορίες.[77]
7. «Λήψη Συλλογικών Αποφάσεων με Ασαφείς Μεθόδους Σχέσεων Υπεροχής», Μεταπτυχιακή Διατριβή του Ζ. Γαρίτου από το Πανεπιστήμιο Πειραιά το 2012. Στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι η επισκόπηση και ανάπτυξη πρωτότυπου συστήματος, για την υποστήριξη της ομαδικής λήψης αποφάσεων ταξινόμησης βασισμένη στη μέθοδο ELECTRE TRI. Ταυτόχρονα η βιβλιογραφική μελέτη επικεντρώθηκε σε λήψη συλλογικών αποφάσεων με ασαφή δεδομένα και αποσκοπεί στην εξέταση του ενδεχομένου για το αν και κατά πόσο επηρεάζεται η συλλογική απόφαση από την ενοποίηση των ατομικών δεδομένων σε διαφορετικά σημεία υλοποίησης της μεθόδου ELECTRE TRI.[78]
8. «Έρευνα και Ανάλυση Υφιστάμενης Κατάστασης Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων» του Κ. Κάραλη το 2014 για το Πολυτεχνείο Κρήτης. Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής πραγματοποιείται μελέτη και ανάλυση διάφορων συστημάτων και εφαρμογών ΣΥΑ που έχουν δημοσιευθεί στην επιστημονική βιβλιογραφία. Η έρευνα επικεντρώνεται στο χώρο του Marketing. Σκοπός είναι η

στατιστική ανάλυση των μεθόδων που έχουν χρησιμοποιηθεί σύμφωνα με συγκεκριμένα κριτήρια επιλογής.[79]

9. «Αναλυτικές Μέθοδοι και Πολυκριτήρια Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων υπό Αβεβαιότητα – Το Σύστημα ΤΑΛΩΣ». Διδακτορική διατριβή του Ν.Γ Χριστοδουλάκη που παρουσιάστηκε το 2015 στο Πανεπιστήμιο Πειραιά. Το ΣΥΑ που αναπτύχθηκε είναι ένα εργαλείο που βοηθάει τον αποφασίζοντα σε καταστάσεις όπου επιθυμεί να αξιολογήσει και κατατάξει διάφορες δράσεις (εναλλακτικές, προσφορές, στρατηγικές έργα, κλπ.) οι οποίες ορίζονται από διάφορα κριτήρια. Η απόδοση αυτών των δράσεων σε κάθε ένα από τα κριτήρια μπορεί να είναι γνωστή με ένα βαθμό αβεβαιότητας με βάση τη λογική ότι αυτά χαρακτηρίζονται από μια πιθανοτική κατανομή σε κάθε εκτιμώμενο τμήμα του κριτηρίου. Γενικά, το ΣΥΑ δίνει τη δυνατότητα για κατάταξη όλων των δράσεων η οποία καθορίζεται από μια συνάρτηση χρησιμότητας που δημιουργείται για να προβάλλει το σύστημα προτιμήσεων του αποφασίζοντα.[80]

6.3 Σύνοψη-Συμπεράσματα

Ο χώρος των ασαφών ΣΥΟΑ γνωρίζει τα τελευταία χρόνια ιδιαίτερη ανάπτυξη σε επιστημονικό επίπεδο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η εισαγωγή της Ασαφούς Λογικής στον ήδη ανεπτυγμένο κλάδο της Πολυκριτήριας Ανάλυσης Αποφάσεων μπορεί από καλύτερη βάση να αναπαραστήσει την ανθρώπινη σκέψη όταν αυτή καλείται να αντιμετωπίσει προβλήματα αξιολόγησης και σύγκρισης, όπως συμβαίνει στην περίπτωση των κριτηρίων και εναλλακτικών επιλογών κατά τη διαδικασία λήψης μιας απόφασης. Τα ΣΥΟΑ με ασαφή λογική αξιοποιούν τις ήδη γνωστές τεχνικές πολυκριτήριας ανάλυσης συνδυάζοντάς τις με τις μεθόδους αναπαράστασης των ασαφών αριθμών. Οι περισσότερες από τις μεθόδους στοχεύουν στη συγκέντρωση των ασαφών υποσυνόλων (κριτηρίων) σε ένα ολοκληρωμένο ασαφές σύνολο, το οποίο θα υποδεικνύει το βαθμό ικανοποίησης των αποφασιζόντων σχετικά με κάθε μια εναλλακτική.

7. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

7.1 Εισαγωγή-Δομή

Στη συγκεκριμένη ενότητα παρουσιάζεται και αναλύεται το μεθοδολογικό πλαίσιο που αποτελεί τη βάση του συστήματος που αναπτύχθηκε στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία.

Ως βάση για την πολυκριτήρια ανάλυση χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της Αναλυτικής Συνθετικής Προσέγγισης, η οποία στηρίζεται στην προδιάταξη που δίνεται από τους αποφασίζοντες-χρήστες κατά τη διαδικασία μοντελοποίησης του προβλήματος. Για τη διαδικασία της βελτιστοποίησης χρησιμοποιείται το μοντέλο της UTASTAR.

Στην παρούσα εργασία προτείνεται μία νέα μεθοδολογία, που αποτελεί τον συνδυασμό της μεθόδου ασαφούς UTASTAR (fuzzy UTASTAR) και της μεθόδου UTASTAR για ομάδες αποφασίζοντων (group UTASTAR). Σκοπός της προτεινόμενης μεθοδολογίας είναι η ανάπτυξη της μεθόδου UTASTAR που αναφέρεται σε ομάδες αποφασίζοντων με στόχο να καταστεί ικανή να διαχειρίζεται ασαφή δεδομένα.

Η UTASTAR αποτελεί βελτιωμένη έκδοση του αλγόριθμου UTA, ο οποίος αποτέλεσε τη βάση για πλήθος βελτιώσεων και επεκτάσεων ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί σε μία σειρά εφαρμογών, δημιουργώντας έτσι την οικογένεια μεθόδων UTA. Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την οικογένεια μεθόδων UTA δίνονται από τους Siskos, Y., Grigoroudis, E., & Matsatsinis, N. (2005) [46].

7.2 Η μέθοδος UTASTAR

Η αρχική μέθοδος UTA [34] στοχεύει στην εξαγωγή ενός μοντέλου προτίμησης για τον αποφασίζοντα, έχοντας ως βάση τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα για ένα δοσμένο σύνολο εναλλακτικών (σύνολο αναφοράς). Το σύνολο αυτό έχει προκύψει είτε από προηγούμενα προβλήματα, είτε ως ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα των εναλλακτικών για το υπό εξέταση πρόβλημα, είτε ως ένα υποθετικό σύνολο εναλλακτικών που προτείνεται από τον αναλυτή με σκοπό την ολοκληρωμένη χαρτογράφηση των προτιμήσεων του αποφασίζοντα. [1]

Η γενική ιδέα της διαδικασίας της UTASTAR περιγράφεται από τα εξής στάδια:

- Περιγραφή και μοντελοποίηση του προβλήματος απόφασης. Στο σύνολο των κριτηρίων προσδίδονται οι αντίστοιχες συναρτήσεις χρησιμότητας.
- Εξαγωγή των μερικών και μίας ολικής προσθετικής συνάρτησης χρησιμότητας, οι οποίες προέρχονται από την κατάταξη των εναλλακτικών του συνόλου αναφοράς. Για το συγκεκριμένο στάδιο χρησιμοποιούνται τεχνικές γραμμικού προγραμματισμού.
- Τέλος, είναι το στάδιο της μετα- βελτιστοποίησης, κατά το οποίο εφαρμόζεται η ανάλυση ευστάθειας για το ολικό βέλτιστο της λύσης του γραμμικού προβλήματος. Το συγκεκριμένο βήμα στοχεύει στην εξεύρεση κι άλλων ημι-βέλτιστων λύσεων. Σε περίπτωση ύπαρξης πολλαπλών λύσεων

προσδιορίζονται ως βέλτιστες εκείνες για τις οποίες τα βάρη των κριτηρίων είναι μέγιστα.

Πριν την παρουσίαση του αλγόριθμου UTASTAR, χρήσιμο είναι να σημειωθεί ότι:

Ορίζεται ως διάστημα συνέπειας G , το διάστημα μέσα στο οποίο υπολογίζονται οι τιμές κάθε κριτηρίου, βρίσκονται δηλαδή οι τιμές των συναρτήσεων αξιών των κριτηρίων.

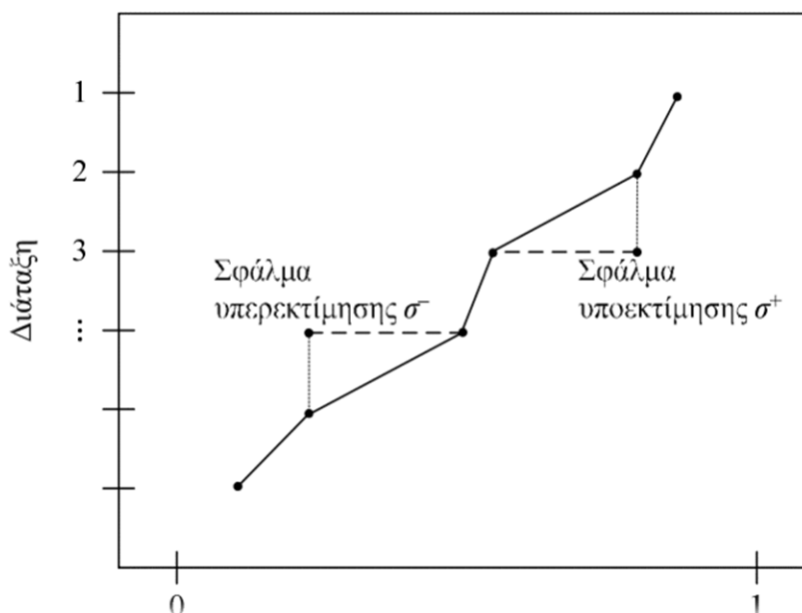
$$G_i = \{g_i^* = g_i^l, g_i^{i^2} \dots g_i^l \dots g_i^{ai} = g_i^*\}$$

Το σύνολο αναφοράς $A_R = \{a_1, a_2, \dots, a_k\}$ επαναπροσδιορίζεται με τρόπο ώστε να ισχύουν οι ασθενείς σχέσεις. Έτσι, για κάθε ζεύγος του συνόλου αναφοράς ισχύει μία από τις παρακάτω δύο σχέσεις:

Σχέση Προτίμησης: $a_j > a_{j+1}$

Σχέση Αδιαφορίας: $a_j \sim a_{j+1}$

Στην αρχική έκδοση της UTA οι συγγραφείς πρότειναν την εισαγωγή ενός σφάλματος απόκλισης $\sigma(a)$ για κάθε ζεύγος a τους συνόλου αναφοράς, ($a \in A_R$) η αντικειμενική συνάρτηση του προβλήματος να είναι η ελαχιστοποίηση αυτού του σφάλματος. Αργότερα, στην UTASTAR, οι Σίσκος και Γιαννακόπουλος όρισαν δύο τέτοιες μεταβλητές απόκλισης, ένα σφάλμα υπερεκτίμησης και ένα υποεκτίμησης, τα οποία οδήγησαν σε καλύτερα αποτελέσματα.



ΣΧΗΜΑ 4: Ολική Χρησιμότητα [86]

Κύριος υπολογιστικός κορμός της UTASTAR αποτελεί η ανάγκη εξεύρεσης προσθετικών συναρτήσεων αξιών, τέτοιες ώστε να πλησιάζουν όσο το δυνατό περισσότερο την αρχική

κατάταξη του αποφασίζοντα, όπως αυτή περιγράφεται στο σύνολο αναφοράς A_R . Για την διαδικασία αυτή, χρησιμοποιούνται όπως προαναφέρθηκε, τεχνικές γραμμικού προγραμματισμού.

Συνοπτικά ο αλγόριθμος της UTASTAR αποτελείται από τα ακόλουθα βήματα [37]:

Βήμα 1: Επαναπροσδιορισμός των στοιχείων του συνόλου αναφοράς με διάταξη από την καλύτερη προς τη χειρότερη εναλλακτική, $a_1 > a_2 > \dots a_m$. Είναι δυνατό για κάποια ζεύγη εναλλακτικών να παρατηρείται σχέση αδιαφορίας $a_k \sim a_{k+1}$

Βήμα 2: Υπολογισμός των ολικών χρησιμοτήτων των εναλλακτικών. Αρχικά υπολογίζονται ξεχωριστά ως οριακές χρησιμότητες κι έπειτα ως συνάρτηση των βαρών.

$$u_i[g_i(\alpha)] = \sum_{k=1}^{q-1} w_{ik} + \frac{g_i(\alpha) - g_i^j}{g_i^{j+1} - g_i^j} w_{iq}$$

Βήμα 3: Ορισμός για κάθε ζεύγος διαδοχικών εναλλακτικών επιλογών, των διαφορών των χρησιμοτήτων τους και των σφαλμάτων υποεκτίμησης $\sigma^+(\alpha)$ και υπερεκτίμησης $\sigma^-(\alpha)$:

$$\begin{aligned} \Delta(\alpha_k, \alpha_{k+1}) &= u'[g(\alpha_k)] - u'[g(\alpha_{k+1})] \\ &= u[g(\alpha_k)] - \sigma^+(\alpha_k) + \sigma^-(\alpha_k) - u[g(\alpha_{k+1})] + \sigma^+(\alpha_{k+1}) - \sigma^-(\alpha_{k+1}) \end{aligned}$$

Βήμα 4: Το γραμμικό πρόβλημα είναι:

$$[min]z = \sum_{k=1}^m (\sigma^+(\alpha_k) + \sigma^-(\alpha_k))$$

υπό τους περιορισμούς:

$$\Delta(\alpha_k, \alpha_{k+1}) \geq \delta, \text{ αν } \alpha_k > \alpha_{k+1}$$

$$\Delta(\alpha_k, \alpha_{k+1}) = 0, \text{ αν } \alpha_k \sim \alpha_{k+1}$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{a_{i-1}} w_{ij} = 1$$

$$w_{ij} \geq 0, \sigma^+(\alpha_k) \geq 0, \sigma^-(\alpha_k) \geq 0 \text{ για κάθε } i, j, k$$

Το γραμμικό πρόβλημα λύνεται με τη μέθοδο Simplex (Dantzig, 1963) [80]

Βήμα 5: Στάδιο μετα-βελτιστοποίησης. Σε αυτό το βήμα εξετάζεται η ύπαρξη πολλαπλών βέλτιστων λύσεων, ή άλλων λύσεων που βρίσκονται πολύ κοντά στη βέλτιστη. Εάν υπάρχουν περισσότερες από μία βέλτιστες λύσεις, τότε υπολογίζεται η κύρια προσθετική συνάρτηση αξιών για εκείνες τις λύσεις, σχεδόν βέλτιστες, η οποία μεγιστοποιεί τις αντικειμενικές συναρτήσεις.

$$u_i [g_i^*] = \sum_{k=1}^{a_i-1} w_{ik}, \quad \text{για } i = 1, 2, \dots, N$$

Με τον επιπλέον περιορισμό

$$\sum_{k=1}^m [\sigma^+ (a_k) + \sigma^- (a_k)] \leq z^* + \varepsilon$$

Όπου z^* είναι η βέλτιστη λύση του γραμμικού προβλήματος στο προηγούμενο βήμα και ε ένας πολύ μικρός θετικός αριθμός.

Πιο αναλυτικά, για τη μέθοδο UTASTAR προτείνεται η βιβλιογραφία [46], [81].

7.3 Η μέθοδος group UTASTAR

Η μέθοδος UTASTAR για ομάδες χρηστών (group UTASTAR) η οποία αποτέλεσε αρχή για την προτεινόμενη μεθοδολογία της παρούσας εργασίας είναι αυτή που αναπτύχθηκε στο Πολυτεχνείο Κρήτης από τον Δ. Κυλερτζή με επιβλέποντα καθηγητή τον κ. Ν. Ματσατσίνη. Η μέθοδος που ανέπτυξαν στηρίζεται στο μοντέλο της μεθόδου της ελαχιστοποίησης του αθροίσματος των σφαλμάτων, και αποτελεί προέκταση της μεθόδου ελαχιστοποίησης των σφαλμάτων ανά αποφασίζοντα (κλασσική UTASTAR). Έτσι, στην αντικειμενική συνάρτηση που πρότειναν οι προαναφερθέντες στόχος δεν είναι η ελαχιστοποίηση του αθροίσματος των σφαλμάτων κάθε αποφασίζοντα, αλλά η ελαχιστοποίηση του *συνολικού* αθροίσματος των σφαλμάτων των αποφασιζόντων. Για το σκοπό αυτό, στο ήδη γνωστό γραμμικό πρόβλημα της UTASTAR προστίθεται μία ακόμη μεταβλητή, N , η οποία αναφέρεται στο πλήθος των αποφασιζόντων.

Η γενική μορφή του νέου γραμμικού προβλήματος προς επίλυση είναι η ακόλουθη:

$$[\min]z = \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^m [\sigma^+ (a_j)^n + \sigma^- (a_j)^n]$$

υπό τους περιορισμούς:

$$\begin{aligned} U^n_{o\lambda} (a_k) - U^n_{o\lambda} (a_{k+1}) + [\sigma^+ (a_k)^n - \sigma^- (a_k)^n] - [\sigma^+ (a_{k+1})^n - \sigma^- (a_{k+1})^n] &\geq \delta, \\ \text{εάν } a_k > a_{k+1}, &(\text{περιορισμός προτίμησης}) \\ U^n_{o\lambda} (a_k) - U^n_{o\lambda} (a_{k+1}) + [\sigma^+ (a_k)^n - \sigma^- (a_k)^n] - [\sigma^+ (a_{k+1})^n - \sigma^- (a_{k+1})^n] &= 0, \\ \text{εάν } a_k \sim a_{k+1}, &(\text{περιορισμός αδιαφορίας}) \end{aligned}$$

Περιορισμοί κανονικοποίησης UTASTAR

Περιορισμοί μη αρνητικότητας UTASTAR

Η διαδικασία της μετα-βελτιστοποίησης δεν παρουσιάζει καμία διαφορά σε σχέση με την κλασσική UTASTAR. [74]

7.4 Η ασαφής UTASTAR (fuzzy UTASTAR)

Η ασαφής μέθοδος UTASTAR προτάθηκε πρώτη φορά από τους Ι. Πατινιοτάκης, Δ. Αποστόλου και Γ. Μέντζας [60] ως μεθοδολογία για κατασκευή συναρτήσεων χρησιμότητας από ασαφή δεδομένα. Σε αυτή τη μορφή της UTASTAR οι εκτιμήσεις του αποφασίζοντα δίνονται ως ασαφείς αριθμοί, και συγκεκριμένα με τη μορφή ασαφών σταθμισμένων διανυσμάτων, ή συνδυασμός ασαφών αριθμών με απλούς διακριτούς αριθμούς (ντετερνμινιστικοί αριθμοί). Όπως και στην κλασσική UTASTAR χρησιμοποιούνται όλες οι αντίστοιχες παράμετροι, κάποιες από αυτές στην αντίστοιχη ασαφή μορφή τους, σύμφωνα με τις ανάγκες των γραμμικών προβλημάτων. Για παράδειγμα οι μεταβλητές δ και ε παρουσιάζονται σε μορφή ασαφούς αριθμού.

Τα στάδια της fuzzy UTASTAR αν και είναι όμοια με αυτά της UTASTAR παρουσιάζονται παρακάτω ώστε να είναι περισσότερο κατανοητή η χρήση της ασαφούς λογική στη μεθοδολογία. Για λόγους σαφήνειας στις μεταβλητές που αναπαριστούν ασαφείς αριθμούς χρησιμοποιείται το σύμβολο \sim πάνω από αυτές.

Βήμα 1: Ο αποφασίζοντας δίνει την αρχική του εκτίμηση με χρήση ασαφών σταθμισμένων διανυσμάτων όπως επίσης και την αρχική προδιάταξη των στοιχείων του συνόλου αναφοράς με διάταξη από την καλύτερη προς τη χειρότερη εναλλακτική, $a_1 > a_2 > \dots a_m$. Είναι δυνατό για κάποια ζεύγη εναλλακτικών να παρατηρείται σχέση αδιαφορίας $a_k \sim a_{k+1}$.

Βήμα 2: Υπολογισμός των χρησιμοτήτων των εναλλακτικών, ως προσθετικές συναρτήσεις χρησιμότητας χρησιμοποιώντας τα αντίστοιχα w_{ij} , όλα χρησιμοποιώντας ασαφείς αριθμούς.

$$\tilde{u}_i[\tilde{g}_i(\alpha)] = \sum_{k=1}^{q-1} \tilde{w}_{ik} + \frac{\tilde{g}_i(\alpha) - g_i^j}{g_i^{j+1} - g_i^j} \tilde{w}_{iq} \quad \forall i = 1, 2, \dots, N$$

Βήμα 3: Για κάθε ζευγάρι διαδοχικών εναλλακτικών εισάγονται τα άνω και κάτω σφάλματα στην εξίσωση της διαφοράς τους, επίσης σε ασαφή μορφή, $\tilde{\sigma}^+(\alpha)$ και $\tilde{\sigma}^-(\alpha)$.

$$\begin{aligned} \tilde{D}(\alpha_k, \alpha_{k+1}) &= \tilde{u}[g(\alpha_k)] - \tilde{u}[g(\alpha_{k+1})] \\ &= \tilde{u}[g(\alpha_k)] - \tilde{\sigma}^+(\alpha_k) + \tilde{\sigma}^-(\alpha_k) - \tilde{u}[g(\alpha_{k+1})] + \tilde{\sigma}^+(\alpha_{k+1}) - \tilde{\sigma}^-(\alpha_{k+1}) \end{aligned}$$

Βήμα 4: Δημιουργείται ένα ασαφές γραμμικό πρόβλημα, του οποίου στόχος είναι η ελαχιστοποίηση του αθροίσματος των σφαλμάτων για όλα τα κριτήρια. Οι περιορισμοί του γραμμικού προβλήματος έχουν τη μορφή ασαφών ανισοτήτων ή ισοτήτων. Σύμφωνα με τη θεωρία της UTASTAR, όταν μια εναλλακτική είναι προτιμότερη από την επόμενη της,

τότε η διαφορά ανάμεσα στις δύο συναρτήσεις χρησιμότητας πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση από την τιμή δ , αλλιώς πρέπει η τιμή της διαφοράς πρέπει να είναι μηδέν.

$$[min]\tilde{F} = \sum_{i=1}^N (\tilde{\sigma}^+(a_i) + \tilde{\sigma}^-(a_i))$$

υπό τους περιορισμούς:

$$\begin{aligned} \tilde{\Delta}(a_k, a_{k+1}) &> \tilde{\delta} && \text{αν } a_k > a_{k+1} \\ \tilde{\Delta}(a_k, a_{k+1}) &= \tilde{0} && \text{αν } a_k \sim a_{k+1} \\ \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{a_i} W_{ij}^c &= 1 \\ \tilde{W}_{ij} &> \tilde{0}, \quad \tilde{\sigma}^+(a_k) > \tilde{0}, \quad \tilde{\sigma}^-(a_k) > \tilde{0} \quad \forall i, j, k \end{aligned}$$

Το γραμμικό πρόβλημα που περιγράφεται λύνεται χρησιμοποιώντας μία από τις μεθόδους επίλυσης ασαφών γραμμικών προβλημάτων.

Βήμα 5: Όπως σε κάθε μορφή της μεθόδου, το τελευταίο στάδιο αφορά τη διερεύνηση ύπαρξης πολλαπλών βέλτιστων λύσεων ή λύσεων που βρίσκονται πολύ κοντά σε αυτή.

7.5 Η προτεινόμενη μεθοδολογία, ασαφής UTASTAR για ομάδα αποφασίζοντων (Group Fuzzy UTASTAR)

Η μεθοδολογία που προτείνεται σε αυτή την εργασία αφορά την διαχείριση προβλημάτων λήψης απόφασης από μια ομάδα αποφασίζοντων με χρήση της ασαφούς λογικής. Στην ουσία, πρόκειται για έναν συνδυασμό των μεθόδων Group UTASTAR και Fuzzy UTASTAR. Η υλοποίηση της συγκεκριμένης μεθόδου ανταποκρίνεται στην ανάγκη εκμετάλλευσης των δυνατοτήτων που προσφέρει η ασαφής λογική για αξιολόγηση ποιοτικών εναλλακτικών στο πλαίσιο των ομαδικών αποφάσεων. Από όσα είναι γνωστά μέχρι στιγμής, η συγκεκριμένη προσέγγιση που παρουσιάζεται σε αυτήν τη διπλωματική είναι η πρώτη προσπάθεια προσέγγισης της μεθόδου ασαφούς UTASTAR για ομάδα αποφασίζοντων.

Η προτεινόμενη μεθοδολογία αναπτύχθηκε έχοντας ως βάση την ασαφή UTASTAR και πάνω σε αυτή, προσαρμόστηκε η λογική της Group UTASTAR. Για την ανάπτυξη του κώδικα της Group Fuzzy UTASTAR, χρησιμοποιήθηκε ως βάση ο κώδικας που αναπτύχθηκε από τον Αλ. Σακελλάρη στα πλαίσια του Εργαστηρίου Υποστήριξης Αποφάσεων του τμήματος Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα βήματα της μεθοδολογίας Group Fuzzy UTASTAR.

Και σε αυτή τη μορφή της UTASTAR οι εκτιμήσεις του αποφασίζοντα δίνονται ως ασαφή σταθμισμένα διανύσματα ή συνδυασμός ασαφών σταθμισμένων διανυσμάτων με

διακριτούς αριθμούς. Οι συγκεκριμένοι αριθμοί ωστόσο γράφονται για πρακτικούς λόγους κι αυτοί σε μορφή διανυσμάτων. Όπως και στην κλασσική UTASTAR χρησιμοποιούνται όλες οι αντίστοιχες παράμετροι, κάποιες από αυτές στην αντίστοιχη ασαφή μορφή τους, σύμφωνα με τις ανάγκες των γραμμικών προβλημάτων. Για παράδειγμα οι μεταβλητές δ και ε παρουσιάζονται σε μορφή ασαφούς αριθμού. Στην ανάπτυξη της εν λόγω μεθοδολογίας χρησιμοποιήθηκε η τριγωνική μορφή ασαφών αριθμών.

Βήμα 1: Κάθε αποφασίζοντας δίνει τα ασαφή διανύσματα και κατατάσσει όλες τις εναλλακτικές επιλογές με σχέσεις προτίμησης από την καλύτερη προς τη χειρότερη εναλλακτική, $a_1 > a_2 > \dots a_m$. Είναι δυνατό για κάποια ζεύγη εναλλακτικών να παρατηρείται σχέση αδιαφορίας $a_k \sim a_{k+1}$. Στο στάδιο αυτό, όπως και σε όλες τις προηγούμενες μορφές της μεθόδου UTASTAR υπολογίζονται και οι κλίμακες αξιολόγησης για κάθε κριτήριο.

Βήμα 2: Υπολογισμός των ολικών χρησιμοτήτων των εναλλακτικών. Αρχικά υπολογίζονται ξεχωριστά ως οριακές χρησιμότητες κι έπειτα ως συνάρτηση των βαρών. Όλοι οι υπολογισμοί γίνονται με χρήση των πράξεων της Ασαφούς Λογικής προσαρμοσμένες στη βασική μεθοδολογία, και για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται επίσης και η συνάρτηση κατάταξης ασαφών αριθμών στους πραγματικούς άξονες,

$$R = \frac{a_1 + 2 * a_2 + a_3}{4}$$

Οι μερικές χρησιμότητες δίνονται από τη σχέση:

$$\tilde{U}(i) = \sum_j^k \tilde{u}_j[g_j(i)]$$

όπου i : αναφέρεται στις εναλλακτικές επιλογές

j : αναφέρεται στα κριτήρια αξιολόγησης

k : πλήθος κριτηρίων

Για τις οριακές χρησιμότητες συναρτήσει των βαρών χρησιμοποιείται η μέθοδος της γραμμικής παρεμβολής, όπου χρειάζεται.

$$\tilde{u}_i[g_i(\alpha)] = \widetilde{\sum_{k=1}^{q-1} \widetilde{wik}} + \frac{\tilde{g}_i(\alpha) - g_i^j}{g_i^{j+1} - g_i^j} \tilde{w}_{iq} \quad \forall i = 1, 2, \dots, N$$

Βήμα 3: Για κάθε αποφασίζοντα ξεχωριστά εισάγονται τα άνω και κάτω σφάλματα στην εξίσωση της διαφοράς κάθε ζεύγους διαδοχικών εναλλακτικών, επίσης σε ασαφή μορφή, $\tilde{\sigma}^+(\alpha)$ και $\tilde{\sigma}^-(\alpha)$.

$$\begin{aligned} \tilde{D}(\alpha_k, \alpha_{k+1}) &= \tilde{u}[g(\alpha_k)] - \tilde{u}[g(\alpha_{k+1})] \\ &= \tilde{u}[g(\alpha_k)] - \tilde{\sigma}^+(\alpha_k) + \tilde{\sigma}^-(\alpha_k) - \tilde{u}[g(\alpha_{k+1})] + \tilde{\sigma}^+(\alpha_{k+1}) - \tilde{\sigma}^-(\alpha_{k+1}) \end{aligned}$$

Βήμα 4: Δημιουργείται ένα ασαφές γραμμικό πρόβλημα, του οποίου στόχος είναι η ελαχιστοποίηση του αθροίσματος των σφαλμάτων ανά αποφασίζοντα για όλα τα κριτήρια. Για το σκοπό αυτό, στο ήδη γνωστό γραμμικό πρόβλημα της fuzzy UTASTAR προστίθεται μία ακόμη μεταβλητή, N , η οποία αναφέρεται στο πλήθος των αποφασιζόντων. Οι

περιορισμοί του γραμμικού προβλήματος έχουν τη μορφή ασαφών ανισοτήτων ή ισοτήτων. Σύμφωνα με τη θεωρία της UTASTAR , όταν μια εναλλακτική είναι προτιμότερη από την επόμενη της, τότε η διαφορά ανάμεσα στις δύο συναρτήσεις χρησιμότητας πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση από την τιμή δ , αλλιώς πρέπει η τιμή της διαφοράς πρέπει να είναι μηδέν.

$$[\min]z = \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^k [\tilde{\sigma}^+ (\alpha_j)^n + \tilde{\sigma}^- (\alpha_j)^n]$$

υπό τους περιορισμούς:

$$U^{n_{ol}}(\alpha_k) - U^{n_{ol}}(\alpha_{k+1}) + [\sigma^+(\alpha_k)^n - \sigma^-(\alpha_k)^n] - [\sigma^+(\alpha_{k+1})^n - \sigma^-(\alpha_{k+1})^n] \geq \delta, \\ \text{εάν } \alpha_k > \alpha_{k+1}, (\text{περιορισμός προτίμησης})$$

$$U^{n_{ol}}(\alpha_k) - U^{n_{ol}}(\alpha_{k+1}) + [\sigma^+(\alpha_k)^n - \sigma^-(\alpha_k)^n] - [\sigma^+(\alpha_{k+1})^n - \sigma^-(\alpha_{k+1})^n] = 0, \\ \text{εάν } \alpha_k \sim \alpha_{k+1}, (\text{περιορισμός αδιαφορίας})$$

$$\sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{a_i} w_{ij}^c = 1$$

$$\tilde{w}_{ij} > \tilde{0}$$

$$\tilde{\sigma}_{(\alpha k)}^+ > \tilde{0}$$

$$\tilde{\sigma}_{(\alpha k)}^- > \tilde{0}$$

Στη βιβλιογραφία υπάρχει πλήθος μεθόδων επίλυσης γραμμικών προβλημάτων. Τόσο στην εργασία των Ι. Πατινιοτάκη, Δ. Αποστόλου και Γ. Μέντζα [60] όσο και στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος που πρότειναν οι Kumar, Kaur and Singh [82], σύμφωνα με την οποία οι ασαφείς γραμμικές εξισώσεις μετατρέπονται σε τρία σύνολα εξισώσεων αποτελούμενα από διακριτούς αριθμούς. Η παραπάνω μετατροπή ωστόσο, απαιτεί την προσθήκη μερικών περιορισμών ακόμα προκειμένου να διασφαλιστεί η εγκυρότητα του ασαφούς αποτελέσματος που θα προκύψει από τη λύση του γραμμικού προβλήματος. Έτσι δημιουργείται ένα γραμμικό πρόβλημα που είναι διαχειρίσιμο από όλες τις μεθοδολογίες της βιβλιογραφίας.

Βήμα 5: Το στάδιο αυτό αφορά τη διαδικασία της μετα-βελτιστοποίησης, δηλαδή την ύπαρξη πολλαπλής ή πολύ κοντινής βέλτιστης λύσης. Έχοντας υπολογίσει την αρχική βέλτιστη λύση στο προηγούμενο βήμα, σε αυτό το στάδιο λύνεται το δυικό γραμμικό πρόβλημα του πρώτου, δουλεύοντας για την μεγιστοποίηση του αθροίσματος των βαρών για κάθε κριτήριο. Τα σφάλματα λειτουργούν ως περιορισμοί, ενώ οι υπόλοιποι περιορισμοί διατηρούν τη προηγούμενη μορφή τους.

Συγκεκριμένα, το νέο ασαφές γραμμικό πρόβλημα έχει την εξής μορφή:

$$[\max]\tilde{u}_i[g_i] = \sum_1^k \tilde{w}_{ik}$$

υπό τους περιορισμούς:

$$\begin{aligned}
 & U^n_{ολ}(\alpha_k) - U^n_{ολ}(\alpha_{k+1}) + [\tilde{\sigma}^+(\alpha_k)^n - \tilde{\sigma}^-(\alpha_k)^n] - [\tilde{\sigma}^+(\alpha_{k+1})^n - \tilde{\sigma}^-(\alpha_{k+1})^n] \geq \delta, \\
 & \quad \text{εάν } \alpha_k > \alpha_{k+1}, (\text{περιορισμός προτίμησης}) \\
 & U^n_{ολ}(\alpha_k) - U^n_{ολ}(\alpha_{k+1}) + [\tilde{\sigma}^+(\alpha_k)^n - \tilde{\sigma}^-(\alpha_k)^n] - [\tilde{\sigma}^+(\alpha_{k+1})^n - \tilde{\sigma}^-(\alpha_{k+1})^n] = 0, \\
 & \quad \text{εάν } \alpha_k \sim \alpha_{k+1}, (\text{περιορισμός αδιαφορίας}) \\
 & \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{a_i} w_{ij}^c = 1
 \end{aligned}$$

$$\sum_1^k (\tilde{\sigma}^+(\alpha_i) + \tilde{\sigma}^-(\alpha_i)) < F^* + \tilde{\varepsilon}, \text{ με } \tilde{\varepsilon} > 0$$

$$\tilde{w}_{ij} > \tilde{0}$$

$$\tilde{\sigma}_{(\alpha k)}^+ > \tilde{0}$$

$$\tilde{\sigma}_{(\alpha k)}^- > \tilde{0}$$

Μετά τη λύση του δυικού γραμμικού προβλήματος, οι τιμές των βαρών λαμβάνονται ως ο μέσος όρος αυτών προκειμένου να υπολογισθεί η τελική βέλτιστη λύση.

Από αυτές τις τιμές ο υπολογισμός των ολικών χρησιμοτήτων για κάθε αποφασίζοντα είναι εφικτός μέσα από απλές πράξεις μεταξύ ασαφών αριθμών. Πιο αναλυτικά, για κάθε κριτήριο βρίσκεται η συνάρτηση συμμετοχής η οποία περιλαμβάνει και τις αντίστοιχες τιμές των βαρών w_{ij} . Για κάθε εκτίμηση κάθε αποφασίζοντα για κάθε ένα από τα κριτήρια υπολογίζεται η μερική χρησιμότητα. Η συνάρτηση ολικής χρησιμότητας για κάθε αποφασίζοντα δίνεται ως το άθροισμα των μερικών χρησιμοτήτων που τον αφορούν.

7.6 Παρουσίαση της προτεινόμενης μεθοδολογίας· το πρόβλημα της επιλογής λαδιού.

Η μεθοδολογία που προτείνεται στη παρούσα εργασία εφαρμόζεται σε αυτό το κεφάλαιο σε ένα πραγματικό πρόβλημα, αυτό της επιλογής λαδιού. Το συγκεκριμένο πρόβλημα δομείται ως εξής:

- Συμμετέχουν 29 αποφασίζοντες
- Αξιολογούνται 6 εταιρίες παραγωγής λαδιού, (CARAPELLI, LERIDA, KOLYMVARI, HEDIARD, JARRE d' OR και PUGET)
- Η αξιολόγηση πραγματοποιείται βάσει 6 κριτηρίων εκ των οποίων τα πέντε (5) περιέχουν ασάφεια και το ένα (1) είναι κριτήριο διακριτών τιμών. Πιο αναλυτικά τα κριτήρια αξιολόγησης είναι τα εξής:
 - Επιρροή (influence), ασαφές αύξων κριτήριο στο διάστημα [1,4]
 - Χρώμα (color), ασαφές αύξων κριτήριο στο διάστημα [1,3]
 - Μυρωδιά (odour), ασαφές αύξων κριτήριο στο διάστημα [1,3]
 - Γεύση (taste), ασαφές αύξων κριτήριο στο διάστημα [1,3]
 - Συσκευασία (packaging), ασαφές αύξων κριτήριο στο διάστημα [1,4]
 - Τιμή (price), κριτήριο διακριτών τιμών στο διάστημα [18,65]

Η μοντελοποίηση του πολυκριτηρίου προβλήματος ακολουθεί τη παρακάτω μορφή: Οι έξι εναλλακτικές αξιολογούνται ξεχωριστά από τους 29 αποφασίζοντες για κάθε ένα από τα 6 κριτήρια ξεχωριστά. Το πρόβλημα στοχεύει στην επιλογή του καλύτερου λαδιού ενώ παράλληλα θα κατατάξει και όλες τις εναλλακτικές με βάση τις προτιμήσεις των αποφασίζοντων. Κάθε κριτήριο είναι συνεχές στο αντίστοιχο διάστημα τιμών του.

Οι εκτιμήσεις που δίνονται από τους αντιπροσωπεύουν την προσωπική τους εκτίμηση για την απόδοση κάθε εναλλακτικής στο εκάστοτε κριτήριο. Για παράδειγμα, κάθε εναλλακτικό brand λαδιού αξιολογείται ως προς την γεύση του από κάθε αποφασίζοντα με βάση την προσωπική του εκτίμηση για τη χειρότερη δυνατή τιμή που μπορεί το brand αυτό να παρουσιάσει στο συγκεκριμένο κριτήριο, την καλύτερη δυνατή και μία μέση-συνήθη τιμή. Επίσης, κάθε αποφασίζοντας παρουσιάζει και την κατάταξη των εναλλακτικών με βάση το προσωπικό του σύστημα αξιολόγησης. Στην κατάταξη αυτή είναι δυνατόν να παρουσιαστούν και ισοψηφίες μεταξύ των αξιολογούμενων εναλλακτικών.

Η διαδικασία της ανάλυσης ξεκινάει με την κατάταξη των εναλλακτικών από την περισσότερο προτιμητέα στη λιγότερο προτιμητέα για όλους τους αποφασίζοντες. Στη συνέχεια καθορίζονται τα διαστήματα τιμών για κάθε κριτήριο, το πλήθος ορίζεται από τον αναλυτή. Γενικά, η επιλογή του πλήθους των διαστημάτων για κάθε κριτήριο εξαρτάται από τη διαθέσιμη πληροφορία και το πλήθος των εναλλακτικών επιλογών του κάθε κριτηρίου. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα τα διαστήματα που χρησιμοποιήθηκαν φαίνονται στον πίνακα 1:

<i>Criterion</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Spread</i>	<i>Intervals</i>	<i>Step</i>	<i>[interval1</i>	<i>interval1]</i>
<i>Influence</i>	1,03	4	2,97	4	0,74	1,03	1,77
<i>Color</i>	1,01	2,99	1,98	3	0,66	1,01	1,67
<i>Odour</i>	1,01	2,99	1,98	3	0,66	1,01	1,67
<i>Taste</i>	1	3	2	3	0,66	1	1,66
<i>Packaging</i>	1,01	3,99	2,98	4	0,75	1,01	1,76
<i>Price</i>	18	65	47	5	9,40	65	55,6

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

<i>Criterion</i>	<i>[interval2</i>	<i>interval2]</i>	<i>[interval3</i>	<i>interval3]</i>	<i>[interval4</i>	<i>interval4]</i>	<i>[interval5</i>	<i>interval5]</i>	<i>Direction</i>
<i>Influence</i>	1,77	2,51	2,51	3,25	3,25	3,99			1
<i>Color</i>	1,67	2,33	2,33	2,99					1
<i>Odour</i>	1,67	2,33	2,33	2,99					1
<i>Taste</i>	1,66	2,32	2,32	3					1
<i>Packaging</i>	1,76	2,51	2,51	3,26	3,26	3,99			1
<i>Price</i>	55,6	46,2	46,2	36,8	36,8	27,4	27,4	18	0

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 (συνέχεια)

Η στήλη “Direction” δηλώνει την μονοτονία κάθε κριτηρίου. Η κωδικοποίηση αντιστοιχίζει τον αριθμό «1» στα κριτήρια με αύξουσα μονοτονία, στα οποία δηλαδή η αύξηση της τιμής στο κριτήριο αυτό οδηγεί και σε αύξηση της ικανοποίησης του αποφασίζοντα, και τον αριθμό «0» στα κριτήρια με φθίνουσα μονοτονία.

Ακολουθώντας τη μεθοδολογία όπως αυτή περιεγράφηκε στο κεφάλαιο 7.4 και με τη χρήση του προγραμματιστικού εργαλείου Matlab (έκδοση 2014b) αναπτύχθηκε το αντίστοιχο πρόγραμμα επίλυσης προβλημάτων που αφορούν πολλαπλούς αποφασίζοντες και χρήσης της ασαφούς λογικής. Για τη λύση των γραμμικών προβλημάτων χρησιμοποιήθηκε ο αλγόριθμος Simplex που υπάρχει στη βιβλιοθήκη της Matlab.

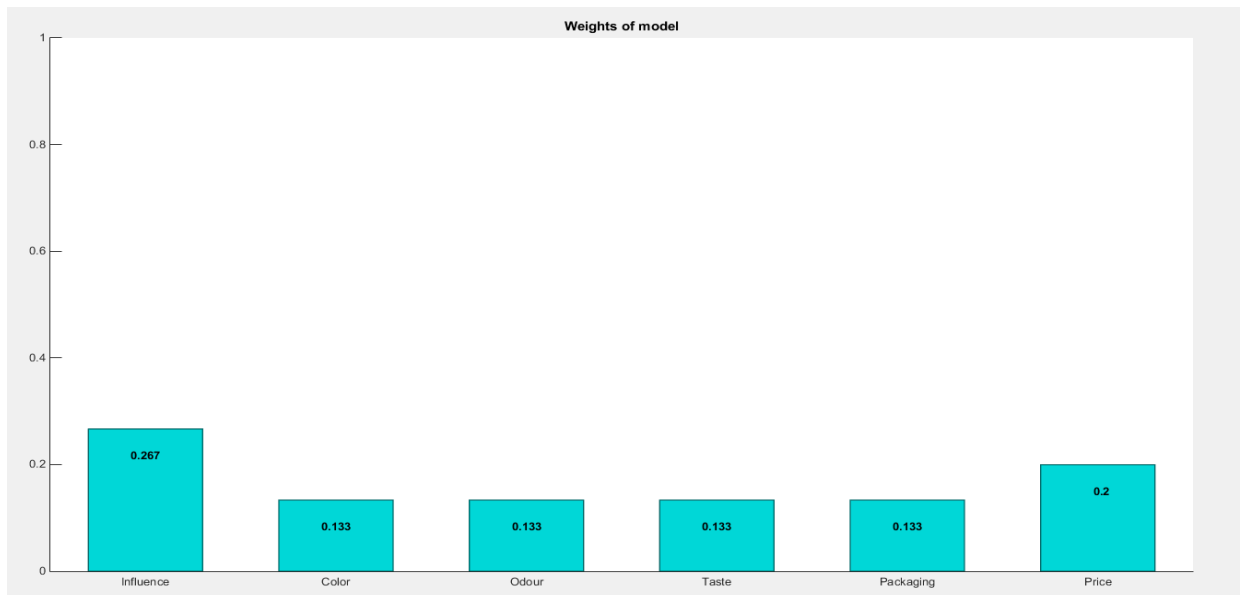
Το πρόγραμμα που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της συγκεκριμένης διπλωματικής παρουσιάζει τόσο το αποτέλεσμα για την ομάδα (όλους τους αποφασίζοντες) όσο και για κάθε έναν ξεχωριστά.

Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά τα αποτελέσματα για τον πρώτο αποφασίζοντα (Decision Maker 1). Αντίστοιχα υπολογίστηκαν και για τους υπόλοιπους αποφασίζοντες.

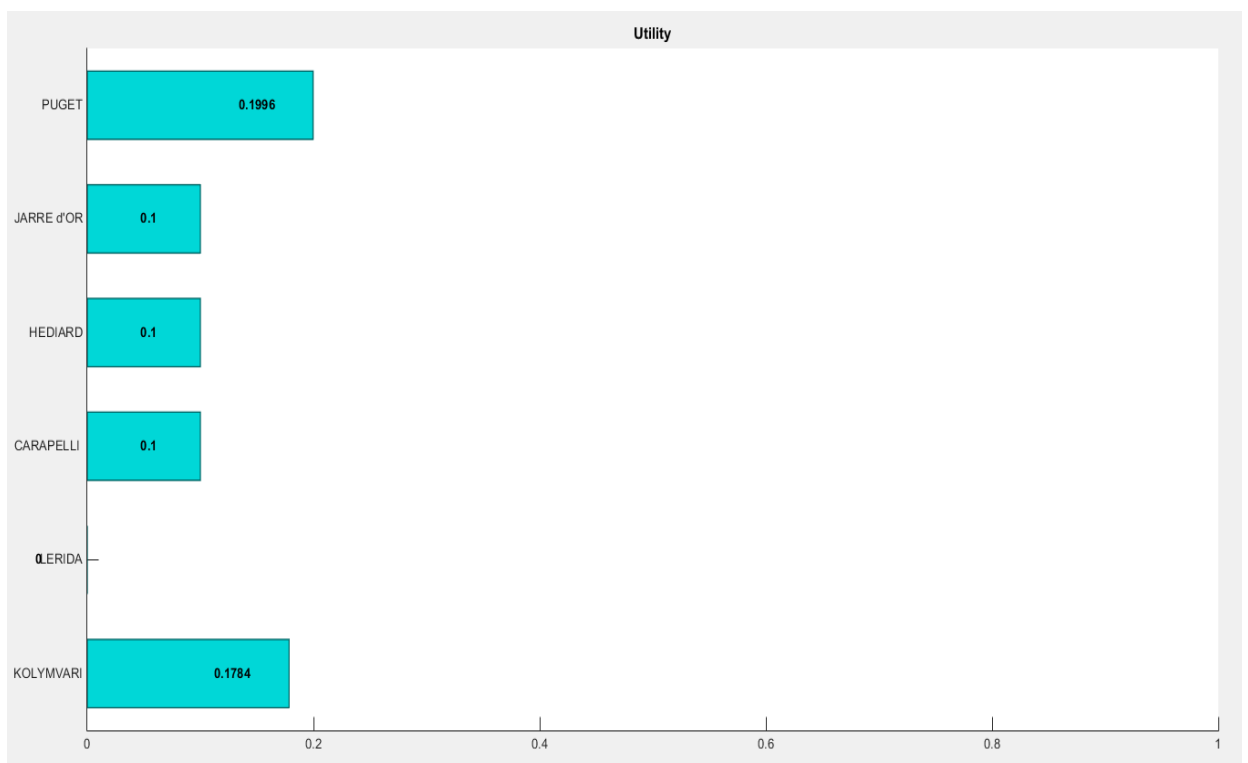
Ο πίνακας αξιολόγησης του Αποφασίζοντα 1 είναι:

Alt/Criteria	Influence min	Influence average	Influence max	Color min	Color average	Color max	Odour min	Odour average	Odour max	Taste min	Taste average	Taste max	Packaging min	Packaging average	Packaging max	Price min	Price average	Price max	Ranking
CARAPELLI	2,96	3,67	3,75	1,14	1,44	1,76	1,04	1,39	1,51	1,94	2,54	2,93	2,47	3,71	3,83	31	31	31	4
LERIDA	2,94	2,98	3,14	1,18	1,6	1,67	2,93	3,08	3,22	2,55	2,9	3,23	2,01	2,47	3,7	65	65	65	3
KOLYMVARI	3,33	3,83	3,97	1,04	1,49	1,71	1,44	1,56	2,02	1,48	2,07	2,55	1,29	1,4	3,83	20	20	20	6
HEDIARD	3,35	3,57	3,87	1,92	2,21	2,7	2,77	3,01	3,38	2,21	2,97	3,16	1,18	2,73	3,87	48	48	48	2
JARRE d'OR	2,67	2,97	3	1,86	2,63	2,99	1,29	2,71	2,86	1,97	2,2	2,59	1,73	2,17	2,21	37	37	37	5
PUGET	2,54	3,18	3,85	1,25	1,72	2,95	1,81	2,05	2,41	2,25	3,05	3,82	1,33	2,11	3,34	18	18	18	1

Οι τιμές των βαρών και των χρησιμοτήτων για τον συγκεκριμένο αποφασίζοντα φαίνονται στα 2 διαγράμματα της Matlab που ακολουθούν. Στην πρώτη φάση η τιμή του δ είναι $\delta=0,005$ Για τη φάση της μετα-βελτιστοποίησης για τον Αποφασίζοντα 1 επιλέχθηκε η τιμή $\varepsilon=0,0001$.



ΠΙΝΑΚΑΣ 2, Τιμές βαρών για τον Αποφασίζοντα 1



ΠΙΝΑΚΑΣ 3, Τιμές ολικών χρησιμοτήτων των εναλλακτικών για τον Αποφασίζοντα 1

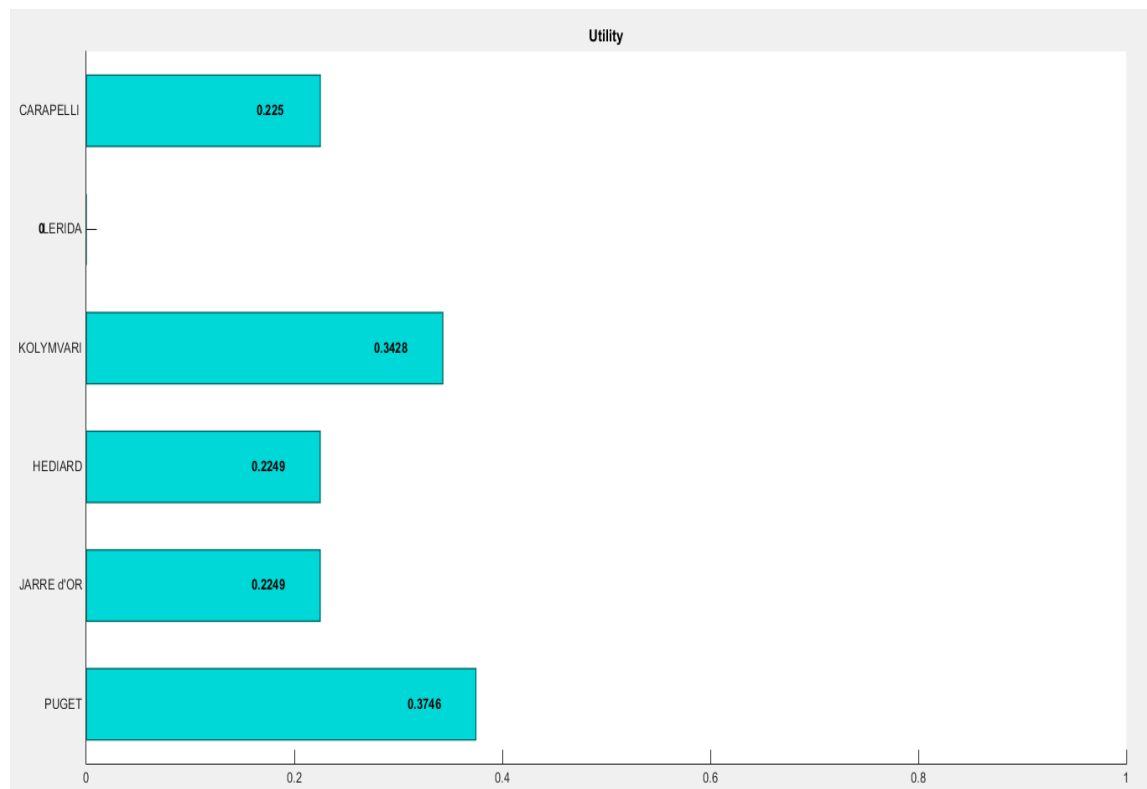
Το μοντέλο απόφασης για τον Αποφασίζοντα 1 βρέθηκε να είναι το εξής:

$$u(g) = 0.2667*u1(g1) + 0.1334*u2(g2) + 0.1334*u3(g3) + 0.1334*u4(g4) + 0.1334*u5(g5) + 0.1996*u6(g6)$$

Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται και για τους 29 αποφασίζοντες.

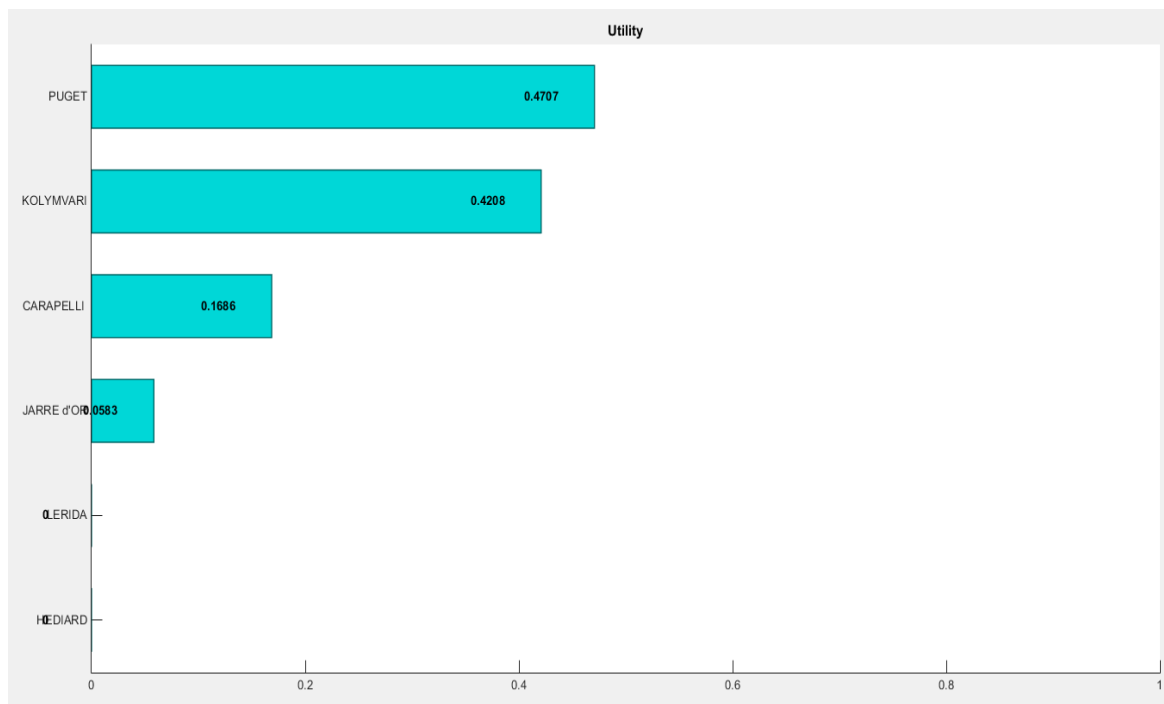
Συνέχεια έχει η φάση επίλυσης του γραμμικού προβλήματος ελαχιστοποίησης του μέγιστου αθροίσματος των σφαλμάτων. Η επίλυση του νέου γραμμικού προβλήματος δίνει ως αποτέλεσμα τις νέες ολικές χρησιμότητες για κάθε αποφασίζοντα. Από το στάδιο της μετα-βελτιστοποίησης δίνονται οι νέες τιμές των βαρών, βάσει των οποίων υπολογίζονται οι τελικές τιμές των ολικών χρησιμοτήτων για κάθε αποφασίζοντα.

Ενδεικτικά παρουσιάζονται οι τελικές τιμές ολικών χρησιμοτήτων για τον Αποφασίζοντα 1.



ΠΙΝΑΚΑΣ 4, Τελικές τιμές ολικών χρησιμοτήτων για τον Αποφασίζοντα 1

Οι τιμές ολικών χρησιμοτήτων που προέκυψαν μετά τη λύση του νέου γραμμικού προβλήματος και αφορούν την ομάδα των 29 αποφασιζόντων παρουσιάζονται στο ακόλουθο γράφημα.



ΠΙΝΑΚΑΣ 5, Τελικές τιμές ολικών χρησιμοτήτων για την Ομάδα

Όπως φαίνεται το μοντέλο για την ομάδα μπορεί να μην ταυτίστηκε με το μοντέλο που προέκυψε για τον Αποφασίζοντα 1, δεν παραβίασε όμως και τη βασική προτίμηση των 3 πρώτων εναλλακτικών του.

7.7 Ανάλυση αποτελεσμάτων

Στο προηγούμενο κεφάλαιο έγινε μία σύντομη παρουσίαση της προτεινόμενης μεθοδολογίας μέσω των αποτελεσμάτων για έναν από τους 29 συμμετέχοντες στη λήψη της απόφασης για το πρόβλημα του παραδείγματος, το πρόβλημα της επιλογής λαδιού.

Η λειτουργικότητα του προτεινόμενου μοντέλου-μεθοδολογίας δεν παρουσιάζει κάποιο σημαντικό πρόβλημα καθώς οδηγεί στην εξαγωγή των ζητούμενων αποτελεσμάτων, ωστόσο αποτελεί αδυναμία ο χρόνος που απαιτείται για την επίλυση του προβλήματος συνολικά, καθώς για το σύνολο των αποφασιζόντων του παραδείγματος χρειάστηκαν 2:36.06 λεπτά, λαμβάνοντας υπόψιν και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του υπολογιστή που χρησιμοποιήθηκε κατά την υλοποίηση (*Λειτουργικό Σύστημα*: Microsoft Windows 10 Pro, *Επεξεργαστής*: Intel(R) Core(TM) i7 CPU Q 720 @ 1.60GHz, 1600 Mhz, 4 πυρήνες, 8 λογικοί επεξεργαστές, *Μνήμη RAM*: 4GB). Έκδοση Matlab: 2014b.

Επίσης, το πλήθος των παραγόμενων αποτελεσμάτων σε γραφική μορφή μπορεί να γίνει πολύ απαιτητικό τόσο σε χρόνο όσο και σε πόρους του συστήματος.

7.8 Συμπεράσματα

Ο επιστημονικός κλάδος της λήψης αποφάσεων συνδυασμένος με την ασαφή λογική αποτελεί σήμερα ένα σημαντικό πεδίο έρευνας για τον τομέα της Επιχειρησιακής Έρευνας. Η προσπάθεια αντιμετώπισης των περίπλοκων ζητημάτων που προκύπτουν κατά τη λήψη ομαδικών αποφάσεων ταυτόχρονα με την προσπάθεια αποτελεσματικότερης προσέγγισης της ανθρώπινης σκέψης, η οποία περιέχει σημαντικό βαθμό ασάφειας, παρουσιάζει τόσο εξαιρετικό επιστημονικό ενδιαφέρον όσο και ευρύ πεδίο εφαρμογής στην πραγματική ζωή.

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί μια αρχική προσπάθεια σύνδεσης της πολυκριτήριας μεθόδου ανάλυσης αποφάσεων UTASTAR για ομαδικές αποφάσεις με την μέθοδο UTASTAR που διαχειρίζεται ως δεδομένα εκτιμήσεις στη μορφή ασαφών συνόλων αριθμών. Συγκεκριμένα, η προτεινόμενη μεθοδολογία μπορεί να διαχειριστεί αποτελεσματικά ασαφή δεδομένα που προέρχονται από πλήθος χρηστών-αποφασιζόντων και να παρέχει ως αποτέλεσμα τις συναρτήσεις χρησιμότητας για κάθε έναν από αυτούς και μία νέα διάταξη των εναλλακτικών επιλογών, κατά το δυνατόν πλησιέστερη στην αρχική εκτίμηση των αποφασιζόντων.

Η φύση γενικής εφαρμογής του μοντέλου UTASTAR που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία δεν παραβιάζεται από την προτεινόμενη μεθοδολογία, καθιστώντας την αποτελεσματική σε πλήθος τομέων και εφαρμογών που απαιτείται επιλογή μιας εκ των δοθέντων εναλλακτικών ή/και κατάταξη ή κατηγοριοποίηση τους. Συνοπτικά προτείνεται η μελέτη και εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας στα πεδία της επιλογής προσωπικού, κατηγοριοποίησης καταναλωτικού κοινού. Επιπλέον, η εφαρμογή της μεθόδου στην εφοδιαστική αλυσίδα αλλά και σε εφαρμογές της μηχανικής μάθησης. Τέλος, χρήσιμη θα ήταν η προσπάθεια δημιουργίας μιας ολοκληρωμένης εφαρμογής ικανής να διαχειριστεί όλη τη διαδικασία λήψης αποφάσεων σε ομαδικό ασαφές περιβάλλον, ικανοποιώντας έτσι τις ανάγκες που υπάρχουν στους παραπάνω αλλά και σε άλλους τομείς.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Συναρτήσεις Συμμετοχής Συνεχών Ασαφών Συνόλων

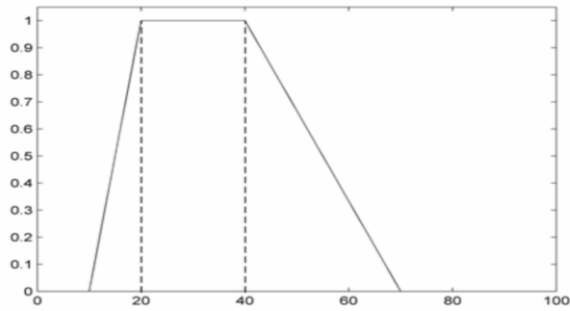
Η μαθηματική περιγραφή των ασαφών συνόλων γίνεται μέσω των συναρτήσεων συμμετοχής (membership functions, MF). Για τις συνεχείς συναρτήσεις συμμετοχής είναι πρακτικά αδύνατη η περιγραφή μέσω των ζευγών ασαφών singleton. Κατά συνέπεια, χρησιμοποιούνται συνεχείς συναρτήσεις, οι οποίες είναι παραμετροποιημένες (parameterized functions). Καθορίζοντας τις παραμέτρους μίας συνάρτησης συμμετοχής, μεταβάλλονται τα χαρακτηριστικά της. Οι πλέον δημοφιλείς μονοδιάστατες συναρτήσεις είναι:

Τραπεζοειδής Συνάρτηση Συμμετοχής

Η τραπεζοειδής συνάρτηση συμμετοχής (trapezoidal membership function, trap_MF) αποτελεί μία τμηματικά γραμμική συνάρτηση (piecewise-linear function). Περιγράφεται από μία τετράδα παραμέτρων $\{a,b,c,d\}$, οι οποίες καθορίζουν την ενεργό περιοχή και τον πυρήνα της, καθώς παρέχουν τις συντεταγμένες των τεσσάρων κορυφών του τραπεζίου.

$$\text{trap_MF}(x;a,b,c,d) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x < b \\ 1, & b \leq x < c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x < d \\ 0, & d \leq x \end{cases}$$

Η συνάρτηση trap_MF έχει την απλούστερη δυνατή μορφή συνάρτησης συμμετοχής και απαιτεί μικρό υπολογιστικό φόρτο για την υλοποίησή της, καθώς τμηματικά αποτελείται από πολύωνυμα πρώτης τάξης. Για τον λόγο αυτό προτιμάται κυρίως σε ασαφή συστήματα πραγματικού χρόνου (real-time). Η γραφική απεικόνισή της δίνεται στο Σχήμα 5, όπου οι παράμετροι λαμβάνουν τις τιμές $\{a,b,c,d\}=\{10,20,40,70\}$.



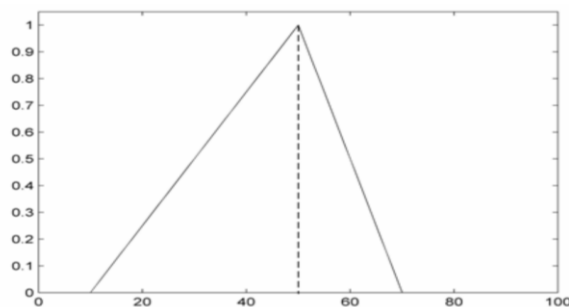
ΣΧΗΜΑ 5: Τραπεζοειδής συνάρτηση συμμετοχής

Τριγωνική Συνάρτηση Συμμετοχής

Η τριγωνική συνάρτηση συμμετοχής (triangular membership function, tri_MF) προέρχεται από την τραπεζοειδή συνάρτηση συμμετοχής, εάν $b = c$, δηλαδή εάν εξαλειφθεί ο οριζόντιος κλάδος που συνιστά τον πυρήνα της τραπεζοειδούς. Περιγράφεται από μία τριάδα παραμέτρων $\{a, b, c\}$, οι οποίες παρέχουν τις συντεταγμένες των τριών κορυφών του τριγώνου.

$$tri_MF(x; a, b, c) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x < b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x < c \\ 0, & c \leq x \end{cases}$$

Η τριγωνική συνάρτηση συμμετοχής παρουσιάζει τα ίδια χαρακτηριστικά υλοποίησης με την τραπεζοειδή, γι' αυτό και προτιμάται επίσης σε ασαφή συστήματα πραγματικού χρόνου (real-time). Η γραφική απεικόνισή της δίνεται στο Σχήμα 6, όπου οι παράμετροι λαμβάνουν τις τιμές $\{a, b, c\} = \{10, 50, 70\}$.



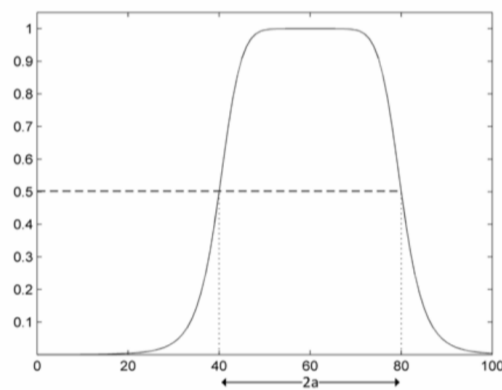
ΣΧΗΜΑ 6: Τριγωνική συνάρτηση συμμετοχής

Γενικευμένη Καμπανοειδής Συνάρτηση Συμμετοχής

Η γενικευμένη καμπανοειδής ή κωδωνοειδής συνάρτηση συμμετοχής (generalized bell-shaped membership function, bell_MF) παραμετροποιείται από τρεις παραμέτρους {a,b,c} και έχει την ακόλουθη μορφή:

$$bell_MF(x;a,b,c) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x-c}{a}\right)^{2b}}$$

Η γραφική απεικόνισή της δίνεται στο Σχήμα 7, όπου οι παράμετροι λαμβάνουν τις τιμές {a,b,c}={20,4,60}.



ΣΧΗΜΑ 7: Καμπανοειδής συνάρτηση συμμετοχής

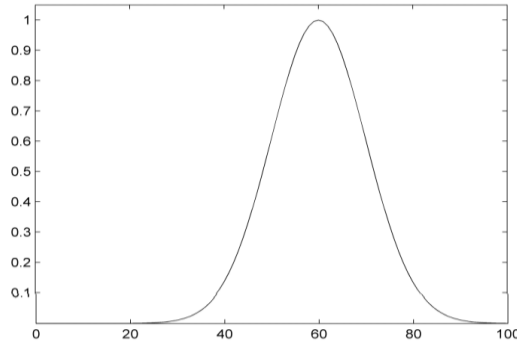
Γκαουσιανή Συνάρτηση Συμμετοχής

Η γκαουσιανή συνάρτηση συμμετοχής (Gaussian membership function, gauss_MF) έχει δύο παραμέτρους {m,σ} και περιγράφεται από τη συνάρτηση:

$$gauss_MF(x;m,\sigma) = e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-m}{\sigma}\right)^2}$$

Η παραπάνω συνάρτηση είναι παρόμοια με τη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας, η οποία προσδιορίζει τις γκαουσιανές πιθανοτικές κατανομές (Gaussian distributions). Η συνάρτηση gauss_MF είναι συμμετρική, με κέντρο συμμετρίας το m. Η παράμετρος σ είναι η τυπική απόκλιση της κατανομής και ελέγχει τη διασπορά, δηλαδή το «εύρος» της συνάρτησης συμμετοχής. Τα σημεία $m \pm \sigma$ είναι περίπου τα σημεία καμπής, καθώς $gauss_MF(m \pm \sigma; m, \sigma) = e^{-0.5} = 0.6$

Η γραφική απεικόνισή της δίνεται στο Σχήμα 8, όπου οι παράμετροι λαμβάνουν τις τιμές {m,σ}={60,10}.



ΣΧΗΜΑ 8: Γκαουσιανή συνάρτηση συμμετοχής

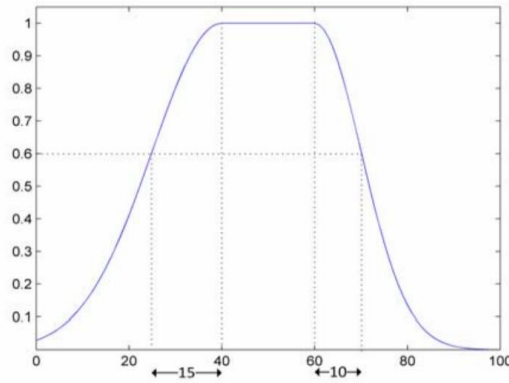
Δίπλευρη Συνάρτηση Συμμετοχής

Οι συναρτήσεις που παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες παραγράφους είναι συμμετρικές. Ορισμένες φορές όμως είναι επιθυμητό η μορφή της συνάρτησης συμμετοχής αριστερά της κεντρικής τιμής της να είναι διαφορετική από εκείνη του τμήματος δεξιά της κεντρικής τιμής. Για τον λόγο αυτόν έχουν εισαχθεί οι δίπλευρες συναρτήσεις συμμετοχής ή ασύμμετρες (two-sided membership functions, ts_MF).

Μία δίπλευρη συνάρτηση συμμετοχής έχει την ακόλουθη μορφή:

$$ts_MF(x;a,b,c,d)=\begin{cases} 0, & x < a \\ sl_MF(x;a,b), & a \leq x < b \\ 1, & b \leq x < c \\ sr_MF(x;c,d), & c \leq x < d \\ 0, & d \leq x \end{cases}$$

Το σύνολο υποστήριξης της παραπάνω εξίσωσης είναι το διάστημα $[a,d]$. Στα διαστήματα $[a,b]$ και $[c,d]$ η ts_MF περιγράφεται από κάποιες συμμετρικές sl_MF και sr_MF , αντίστοιχα. Οι δύο αυτές συναρτήσεις είτε είναι της ίδιας κατηγορίας (π.χ. γκαουσιανές) είτε ακόμη και διαφορετικής κατηγορίας (π.χ. γκαουσιανή και γενικευμένη καμπανοειδής). Στο ενδιάμεσο διάστημα $[b,c]$ η συνάρτηση είναι μονάδα, δηλαδή, ο πυρήνας της εξίσωσης που φαίνεται παραπάνω είναι το διάστημα $[b,c]$. Στο Σχήμα 9 ορίζεται μία δίπλευρη συνάρτηση χρησιμοποιώντας γκαουσιανές συναρτήσεις. Ο αριστερός κλάδος περιγράφεται από την $gauss_MF(x;40,15)$ και ο δεξιός κλάδος περιγράφεται από την $gauss_MF(x;60,10)$.



ΣΧΗΜΑ 9: Δίπλευρη συνάρτηση συμμετοχής

Ανοικτές Συναρτήσεις Συμμετοχής

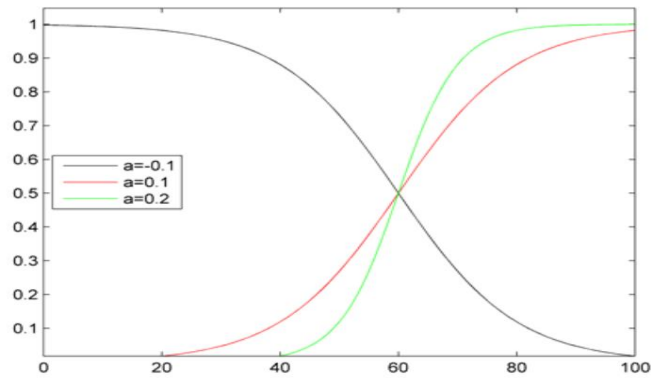
Οι συναρτήσεις `tri_MF`, `bell_MF` και `gauss_MF` είναι κλειστές συναρτήσεις συμμετοχής. Οι συναρτήσεις αυτές είναι κατάλληλες για να περιγράψουν ασαφή σύνολα που βρίσκονται στο εσωτερικό ενός πεδίου ορισμού και υλοποιούν λεκτικές τιμές όπως «μεσήλικας» «μέση θερμοκρασία» κλπ. Οι συναρτήσεις αυτές όμως δεν είναι κατάλληλες για να περιγράψουν ασαφή σύνολα που βρίσκονται στα άκρα του πεδίου ορισμού. Τέτοια ασαφή σύνολα περιγράφονται με συναρτήσεις συμμετοχής ανοικτές από αριστερά ή από δεξιά.

Από ένα πλήθος μαθηματικών συναρτήσεων που μπορούν να διαδραματίσουν τον ρόλο της ανοικτής συνάρτησης συμμετοχής, θα μελετηθεί η πλέον γνωστή, η σιγμοειδής συνάρτηση (sigmoidal membership function, `sigm_MF`). Η `sigm_MF` έχει δύο παραμέτρους $\{a, c\}$ και περιγράφεται από την ακόλουθη συνάρτηση:

$$\text{sigm_MF}(x; a, c) = \frac{1}{1 + \exp(-a(x - c))}$$

Η σιγμοειδής συνάρτηση χρησιμοποιείται ευρέως και ως συνάρτηση ενεργοποίησης (activation function) στα νευρωνικά δίκτυα.

Η γραφική απεικόνισή της δίνεται στο Σχήμα, όπου $c = 60$. Η παράμετρος a λαμβάνει θετικές και αρνητικές τιμές.



ΣΧΗΜΑ 10: Ανοικτή συνάρτηση συμμετοχής

Δισδιάστατες και Πολυδιάστατες Συναρτήσεις Συμμετοχής Συνεχών Ασαφών Συνόλων

Στην περίπτωση που ένα ασαφές σύστημα έχει δύο εισόδους, που λειτουργούν σε διαφορετικά πεδία ορισμού, πρέπει να δημιουργηθούν δισδιάστατες συναρτήσεις συμμετοχής (two-dimensional membership functions, 2-D MFs). Με παρόμοιο σκεπτικό μπορούμε να ορίσουμε και πολυδιάστατες συναρτήσεις συμμετοχής για χώρους περισσότερων διαστάσεων. Στη βιβλιογραφία συναντώνται δύο βασικές μέθοδοι για τη δημιουργία δισδιάστατων συναρτήσεων συμμετοχής: η συνθετική και η μη συνθετική μέθοδος. Η συνθετική μέθοδος συνίσταται στο να χρησιμοποιηθούν αναλυτικές συναρτήσεις συμμετοχής για κάθε διάσταση ξεχωριστά και η δισδιάστατη συνάρτηση να αποτελέσει τον συνδυασμό τους. Σύμφωνα με τη μη συνθετική μέθοδο, η συνολική συνάρτηση συμμετοχής είναι μια δισδιάστατη αναλυτική συνάρτηση άλλης μορφής. Η συνθετική μέθοδος είναι η πλέον δημοφιλής για τη δημιουργία πολυδιάστατων συναρτήσεων, γιατί προσφέρει έναν εύκολο τρόπο παραγωγής της τελικής συνάρτησης από υφιστάμενες μονοδιάστατες συναρτήσεις. Η σύνδεση των συνιστωσών ως προς κάθε μία διάσταση ξεχωριστά γίνεται με τα συνδετικά (connectives) “AND” και “OR”. Ως συνδετικό “AND” συνήθως χρησιμοποιείται ο τελεστής \min και το αλγεβρικό γινόμενο, ενώ ο τελεστής \max υλοποιεί το συνδετικό “OR” στην πλειοψηφία των περιπτώσεων.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

Στο παράρτημα αυτό παρουσιάζονται οι πίνακες με τις ασαφείς εκτιμήσεις των αποφασιζόντων που χρησιμοποιήθηκαν στο Κεφάλαιο 7.6 της εργασίας ως παράδειγμα της προτεινόμενης μεθοδολογίας.

	Influence min	Influence average	Influence max	Color min	Color average	Color max	Odour min	Odour average	Odour max	Taste min	Taste average	Taste max	Packagin g min	Packagin g average	Packagin g max	Price min	Price average	Price max	Ranking
Αποφασιζόν 1																			
CARAPELLI	2,91	2,93	3,36	1,76	1,88	2,53	1,28	1,30	1,51	1,16	1,21	1,89	2,54	2,87	3,56	31	31	31	4
LERIDA	2,99	3,01	3,62	1,37	1,98	2,59	1,51	2,01	2,40	1,00	2,55	2,92	1,52	1,80	2,60	65	65	65	5
KOLYMVARI	1,10	1,14	1,83	1,89	2,29	2,42	1,39	1,50	2,23	1,17	1,90	2,50	2,63	2,82	3,51	20	20	20	6
HEDIARD	2,93	3,08	3,45	1,55	2,36	2,51	2,09	2,78	2,92	2,08	2,65	2,99	1,37	1,72	2,20	48	48	48	3
JARRE d'OR	1,10	2,97	3,88	1,24	1,33	2,31	2,07	2,65	2,99	1,17	2,63	2,74	1,45	2,65	2,74	37	37	37	2
PUGET	2,17	3,23	3,27	1,68	2,00	2,92	1,49	1,70	2,86	1,53	2,30	2,38	2,56	3,26	3,86	18	18	18	1
Αποφασιζόν 2																			
CARAPELLI	2,96	3,67	3,75	1,14	1,44	1,76	1,04	1,39	1,51	1,94	2,54	2,93	2,47	3,71	3,83	31	31	31	4
LERIDA	2,94	2,98	3,14	1,18	1,6	1,67	2,93	3,08	3,22	2,55	2,9	3,23	2,01	2,47	3,7	65	65	65	3
KOLYMVARI	3,33	3,83	3,97	1,04	1,49	1,71	1,44	1,56	2,02	1,48	2,07	2,55	1,29	1,4	3,83	20	20	20	6
HEDIARD	3,35	3,57	3,87	1,92	2,21	2,7	2,77	3,01	3,38	2,21	2,97	3,16	1,18	2,73	3,87	48	48	48	2
JARRE d'OR	2,67	2,97	3	1,86	2,63	2,99	1,29	2,71	2,86	1,97	2,2	2,59	1,73	2,17	2,21	37	37	37	5
PUGET	2,54	3,18	3,85	1,25	1,72	2,95	1,81	2,05	2,41	2,25	3,05	3,82	1,33	2,11	3,34	18	18	18	1
Αποφασιζόν 3																			
CARAPELLI	2,92	3,41	3,67	1,47	1,71	2,64	2,5	2,85	2,91	1,91	2,67	2,82	2,74	3,46	3,88	31	31	31	2
LERIDA	2,61	3,45	3,62	1,03	1,09	1,34	1,73	2,07	2,59	1,37	1,66	1,98	1,02	1,23	1,86	65	65	65	6
KOLYMVARI	3,34	3,45	3,57	2,29	2,3	2,46	1,54	2,23	2,35	1,5	2,35	2,8	1,7	2,31	2,48	20	20	20	4
HEDIARD	2,96	3,33	3,99	2,88	2,91	2,94	1,5	2,25	2,94	2,35	2,73	2,94	2,37	2,95	3,66	48	48	48	5
JARRE d'OR	2,99	3,04	3,34	1,87	2,5	2,64	1,07	1,41	1,63	1,75	1,92	2,54	1,98	2,27	2,38	37	37	37	3
PUGET	2,81	3,19	3,75	2,13	2,24	2,91	1,42	2,31	2,59	1,66	1,93	2,35	1,89	1,96	2,73	18	18	18	1
Αποφασιζόν 4																			
CARAPELLI	2,63	3,17	3,86	1,15	2,31	2,42	1,8	2,24	2,47	1,03	1,37	1,95	1,98	3,38	3,52	31	31	31	2
LERIDA	3,16	3,51	3,87	1,78	2,05	2,22	1,49	2,04	2,55	1,07	1,44	2,24	1,35	1,68	2,91	65	65	65	6
KOLYMVARI	2,11	3,12	3,45	1,97	2,34	2,47	1,79	2,06	2,59	1,73	2,37	2,56	1,33	2,16	2,67	20	20	20	3
HEDIARD	1,87	2,3	3,35	1,95	2,08	2,23	1,95	2,36	2,79	1,66	2,43	2,73	1,58	2,01	2,27	48	48	48	5
JARRE d'OR	2,01	3,27	3,5	1,67	2,26	2,37	1,83	2,31	2,74	2,03	2,11	2,89	2,07	3,2	3,79	37	37	37	4
PUGET	1,94	2,73	3,62	1,14	2,16	2,53	1,9	2,29	2,57	1,61	2,37	2,4	2,55	3,16	3,48	18	18	18	1
Αποφασιζόν 5																			
CARAPELLI	1,66	2,55	3,07	1,03	1,47	1,87	1,99	2,01	2,09	1,93	2,6	2,94	1,79	2,17	3,95	31	31	31	3
LERIDA	1,17	1,44	2,92	1,25	1,4	1,7	1,5	1,92	2,77	1,1	2,45	2,91	1,43	2,01	2,23	65	65	65	5
KOLYMVARI	2,78	3,4	3,55	1,11	2,36	2,4	1,39	1,76	1,92	1,29	2,67	3,04	1,76	2,31	2,68	20	20	20	2
HEDIARD	1,04	1,31	2,4	1,59	1,91	2,53	1,15	1,24	2,27	1,34	1,71	2,31	1,03	2,35	3,66	48	48	48	6
JARRE d'OR	1,2	1,48	2,47	1,63	1,9	2,25	1,72	2,29	2,8	1,11	2,88	2,89	2,05	2,26	2,97	37	37	37	4
PUGET	2,15	3,26	3,99	2,2	2,42	2,97	1,65	2,58	2,88	1,51	1,56	2,47	1,65	1,93	2,49	18	18	18	1
Αποφασιζόν 6																			
CARAPELLI	1,05	2,64	3,95	1,21	1,31	2,93	1,09	1,83	2,07	2,18	2,59	3	1,58	1,99	2,11	31	31	31	3
LERIDA	1,23	1,47	2,72	1,59	1,8	2,4	1,39	1,63	1,71	1,56	1,75	2,12	1,4	1,46	2,09	65	65	65	6
KOLYMVARI	1,12	1,91	2,91	1,31	1,6	2,85	1,75	1,94	2,79	2,19	2,23	2,81	1,19	3,31	3,83	20	20	20	4
HEDIARD	2,99	3,66	3,77	1,33	2,27	2,96	1,18	2,08	2,55	1,54	1,83	2,65	1,3	2,35	2,61	48	48	48	5
JARRE d'OR	1,72	3,39	3,63	1,19	2,44	2,52	1,29	2,28	2,66	1,26	2,52	2,93	1,44	3,78	3,86	37	37	37	2
PUGET	2,05	2,68	4	1,41	2,21	2,47	2,02	2,57	2,93	1,1	2,75	2,97	2,9	3,11	3,96	18	18	18	1
Αποφασιζόν 7																			
CARAPELLI	1,93	2,77	2,79	1,04	1,58	1,88	1,06	1,77	2,04	1,69	1,7	2,08	1,55	2,36	2,72	31	31	31	3
LERIDA	2,54	2,96	3,41	1,31	1,76	1,83	1,31	2,14	2,36	1,48	2,85	2,9	2,31	3,33	3,92	65	65	65	5
KOLYMVARI	2,66	2,78	3,32	1,08	1,89	2,06	1,51	2,36	2,87	1,07	2,54	2,67	1,24	1,46	1,51	20	20	20	4
HEDIARD	2,28	2,76	3,84	1,27	1,6	1,81	1,24	1,62	1,8	1,4	2,57	2,86	2,83	3,09	3,71	48	48	48	2
JARRE d'OR	1,41	1,42	2,23	2,6	2,82	2,86	1,4	1,76	2,6	1,8	2,33	2,99	2,92	3,74	3,78	37	37	37	6
PUGET	1,31	2,81	3,68	1,54	2,69	2,75	2,39	2,54	2,7	1,66	2,23	2,99	2,35	3,26	3,58	18	18	18	1
Αποφασιζόν 8																			
CARAPELLI	1,44	2,12	3,93	1,39	1,71	1,82	1,15	1,64	1,96	1,36	2,43	2,64	2,28	3,23	3,76	31	31	31	2
LERIDA	2,42	2,66	3,31	2,03	2,55	2,94	1,62	1,74	2,05	1,71	2,08	2,72	1,02	2,18	2,83	65	65	65	5
KOLYMVARI	1,59	3,71	3,78	1,11	1,95	2,02	1,1	1,84	2,05	1,77	1,91	2,59	1,27	1,4	1,93	20	20	20	6
HEDIARD	1,96	3,36	3,9	1,55	1,9	1,98	1,86	1,98	2,24	1,8	1,85	2,2	2,39	3,28	3,55	48	48	48	3
JARRE d'OR	1,37	1,5	1,63	1,98	2,56	2,89	1,49	2,22	2,39	1,06	2,44	2,78	1,3	1,58	2,26	37	37	37	4
PUGET	1,13	2,64	3,78	1,6	2,74	2,77	1,92	2,78	2,96	1,06	1,76	2,02	1,5	1,75	2,67	18	18	18	1
Αποφασιζόν 9																			
CARAPELLI	1,08	1,26	3,35	1,57	1,72	2,84	1,11	1,9	1,94	1,64	1,83	2,03	1,82	3,22	3,71	31	31	31	2
LERIDA	1,43	2,28	3,94	1,31	1,44	2,78	1,34	1,38	2,79	1,66	2,16	2,67	1,25	1,78	2,39	65	65	65	5
KOLYMVARI	1,57	2,94	3,17	1,09	1,25	1,58	1,31	1,85	2,21	1,67	2,08	2,73	2,42	3,53	3,81	20	20	20	3
HEDIARD	1,17	1,72	2,86	1,32	2,04	2,42	1,58	2,84	2,96	1,55	2,45	2,93	1,02	2,17	2,96	48	48	48	4
JARRE d'OR	1,72	2,01	3,6	1,63	1,74	2,32	1,15	1,55	2,29	1,19	1,86	2,66	1,18	1,23	2,42	37	37	37	6
PUGET	1,46	1,96	3,99	1,81	2,19	2,27	2,15	2,29	2,78	1,15	1,58	2,39	1,33	2,19	2,9	18	18	18	1
Αποφασιζόν 10																			
CARAPELLI	1,38	2,42	2,79	1,32	2,08	2,36	1,9	1,99	2,42	1,2	1,35	2,47	1,03	2,37	3,94	31	31	31	2
LERIDA	1,22	1,62	1,66	1,84	2,44	2,67	1,24	1,75	3,21	1,65	2,19	2,34	1,01	1,44	2,17	65	65	65	6
KOLYMVARI	1,17	3,34	3,82	1,05	2,46	2,87	1,06	1,25	1,51	1,05	1,12	1,22	1,54	3,68	3,84	20	20	20	5
HEDIARD	1,73	1,82	3,45	2,72	2,72	2,92	1,84	1,98	2,38	1,45	2,39	2,57	1,4	2,72	3,18	48	48	48	4
JARRE d'OR	2,18	2,89	3,47	1,87	2,08	2,18	1,32	1,58	2,06	1,27	1,29	2,16	1,16	1,77	2,23	37	37	37	3
PUGET	1,81	2,27	3,83	1,31	1,9	2,81	1,98	2,01	2,1	1,19	1,26	2,78	2,11	2,15	2,21	18	18	18	1

	Influence min	Influence average	Influence max	Color min	Color average		Odour min	Odour average											
Alt/Criteria						Color max			Odour max	Taste min	Taste average	Taste max	Packagin g min	Packagin g average	Packagin g max	Price min	Price average	Price max	Ranking
Αποφασιζον 11																			
CARAPELLI	1,89	2,71	2,79	1,47	1,57	1,98	1,3	1,5	2,76	1,48	1,67	2,06	1,2	1,8	2,96	31	31	31	5
LERIDA	1,34	1,67	2,88	1,6	2,16	2,19	1,72	2,32	2,35	1,58	1,81	2,76	1,12	3,18	3,8	65	65	65	3
KOLYMVARI	1,11	1,88	2,3	1,5	1,84	2,5	1,04	1,15	2,47	1,43	1,69	1,72	2,24	2,3	2,48	20	20	20	4
HEDIARD	1,42	2,21	2,39	1,37	2,68	2,69	1,34	2,57	2,68	1,55	2,81	2,88	1,31	2,31	3,8	48	48	48	1
JARRE d'OR	1,57	1,73	2,71	1,12	1,71	1,92	1,36	1,37	1,86	1,07	1,57	1,96	1,17	2,39	2,18	37	37	37	6
PUGET	1,31	2,83	3,79	1,43	2,69	0,278	1,14	2,93	2,96	1,98	2,39	2,55	1,95	2,38	3,26	18	18	18	2
Αποφασιζον 12																			
CARAPELLI	1,42	2,72	3,44	2,47	2,75	2,76	1,15	1,33	2,19	1,09	1,97	2,68	1,19	2,28	2,71	31	31	31	4
LERIDA	2,35	2,67	2,82	1,43	2,79	2,86	1,06	1,27	2,07	1,27	1,63	2,32	1,45	1,75	3,23	65	65	65	6
KOLYMVARI	1,23	1,58	2,63	1,62	2,49	2,82	1,6	1,84	2,55	1,43	2,2	2,28	1,54	2,43	3,24	20	20	20	3
HEDIARD	1,84	2,04	3,95	2,07	2,43	2,97	1,59	2,51	2,79	1,06	2,03	2,92	1,29	2,79	3,76	48	48	48	1
JARRE d'OR	1,65	2,39	2,82	1,56	1,96	2,14	1,29	2,14	2,67	1,72	1,96	2,27	1,46	3,11	3,49	37	37	37	5
PUGET	2,43	2,45	3,65	1,48	2,47	2,64	1,8	1,89	2,16	1,33	2,12	2,2	1,17	2,15	3,9	18	18	18	2
Αποφασιζον 13																			
CARAPELLI	1,03	2,69	3,7	1,37	1,75	2,62	1,2	1,32	1,92	1,1	1,45	2,49	1,21	2,05	3,83	31	31	31	2
LERIDA	1,56	2,35	3,43	1,11	1,49	2,8	1,32	1,37	2,26	1,2	2,9	2,95	1,58	2,38	3,73	65	65	65	3
KOLYMVARI	1,98	2,73	3,89	1,46	2,71	3,41	1,58	1,96	2,17	1,07	1,95	2,65	1,88	2,15	2,66	20	20	20	5
HEDIARD	1,21	1,62	3,38	1,03	1,93	2,6	1,58	2,54	2,84	1,18	2,46	2,79	1,67	3,17	3,64	48	48	48	1
JARRE d'OR	1,38	2,54	2,82	1,75	2,16	2,22	1,2	2,04	2,93	1,32	1,54	2,12	1,29	2,24	3,29	37	37	37	4
PUGET	1,25	1,61	2,25	1,51	2,1	2,16	1,55	1,9	2,32	1,29	1,6	2,05	1,62	2,02	3,74	18	18	18	6
Αποφασιζον 14																			
CARAPELLI	2,1	3,11	3,94	1,18	1,81	2,01	1,17	1,62	2,89	1,15	1,22	1,48	1,42	1,47	3,54	31	31	31	6
LERIDA	1,12	2,95	3,24	1,08	2,46	2,96	1,41	1,7	2,62	1,11	2,48	2,64	1,6	1,95	1,95	65	65	65	4
KOLYMVARI	1,19	3,56	3,92	1,17	1,59	2,52	1,87	2,31	2,6	1,4	1,62	2,08	1,34	2,89	2,96	20	20	20	3
HEDIARD	2,08	2,96	3,76	1,31	2,63	2,71	1,54	2,53	2,8	1,7	1,98	2,98	2,15	2,76	3,83	48	48	48	1
JARRE d'OR	1,12	1,41	2,95	1,15	1,17	1,91	1,01	1,32	2,36	1,17	1,18	2,49	1,11	1,53	1,89	37	37	37	5
PUGET	1,15	2,61	3,62	1,24	1,75	2,51	1,52	1,77	2,1	1,2	1,8	2,52	1,33	1,76	2,19	18	18	18	2
Αποφασιζον 15																			
CARAPELLI	1,27	2,49	3,47	1,07	1,11	1,86	1,03	1,8	2,01	1,09	1,82	2,66	1,24	1,98	3,92	31	31	31	3
LERIDA	1,62	2,11	3,9	1	2,89	3,34	1,32	2,1	2,21	1,54	2,07	2,96	1,1	2,39	3,23	65	65	65	6
KOLYMVARI	1,47	1,71	2,45	1,17	1,3	2,02	1,01	1,83	2,32	2,7	2,8	2,86	1,79	2,63	3,21	20	20	20	1
HEDIARD	2,43	2,81	3,88	1,45	2,33	2,76	1,54	2,51	3	1,61	2,35	2,98	1,81	2,05	3,5	48	48	48	2
JARRE d'OR	2,38	3,09	3,89	1,51	2,09	2,52	1,8	2,46	2,52	1,26	2,31	2,54	1,78	1,95	2,14	37	37	37	4
PUGET	2,08	2,44	3,77	1,32	1,98	2,69	1,52	1,71	2,63	1,89	1,92	2,52	1,62	2,13	2,45	18	18	18	5
Αποφασιζον 16																			
CARAPELLI	1,75	2,33	3,36	1,16	1,42	1,93	1,49	1,74	1,8	1,2	1,4	1,54	1,58	1,74	2,5	31	31	31	6
LERIDA	1,66	3,61	3,63	1,56	2,27	2,87	1,47	3,41	3,47	1,51	2,29	2,89	1,51	2,76	3,14	65	65	65	3
KOLYMVARI	1,76	2,86	3,85	1,45	1,65	1,87	1,69	1,8	2,44	1,31	1,57	2,47	1,49	2,53	3,61	20	20	20	5
HEDIARD	1,9	2,39	3,93	1,4	2,78	2,96	1,7	2,72	2,4	1,67	2,33	2,75	1,36	3,3	3,83	48	48	48	1
JARRE d'OR	1,85	2,44	3,68	2,06	2,07	2,92	1,56	1,96	2,75	1,42	1,6	2,24	1,95	2,35	2,87	37	37	37	4
PUGET	1,91	2,25	3,27	1,65	2,56	2,79	1,82	2,43	2,54	1,33	2,53	2,66	1,52	3,02	3,3	18	18	18	2
Αποφασιζον 17																			
CARAPELLI	1,76	2,58	3,27	1,21	1,31	2,26	1,45	1,73	1,99	2,28	2,52	2,73	1,52	2,28	3,97	31	31	31	6
LERIDA	1,52	2,57	3,93	1,49	2,57	2,99	1,15	2,68	2,87	1,7	2,63	2,87	1,06	1,64	3,5	65	65	65	4
KOLYMVARI	1,46	3,19	3,89	1,97	2,34	2,78	1,59	2,26	2,46	1,37	2,35	2,69	1,69	2,65	2,86	20	20	20	3
HEDIARD	1,1	2,79	3,59	1,24	2,81	2,93	1,27	2,05	2,66	1,28	2,28	2,52	1,44	3,58	3,94	48	48	48	2
JARRE d'OR	1,6	1,75	3,06	1,1	1,74	2,32	1,4	1,51	3,23	1,58	1,62	2,66	1,15	2,96	3,06	37	37	37	5
PUGET	2,32	2,94	3,86	1,99	2,15	2,29	1,94	2,61	2,66	1,61	2,26	2,33	1,18	3,13	3,74	18	18	18	1
Αποφασιζον 18																			
CARAPELLI	1,27	2,72	3,23	1,11	1,24	2,03	1,73	1,95	2,05	1,11	1,54	2,88	1,46	2,89	3,12	31	31	31	6
LERIDA	2,85	2,96	3,29	1,75	1,96	2,92	1,7	1,92	2,92	1,57	1,9	2,92	2,07	2,38	3,79	65	65	65	4
KOLYMVARI	1,19	3,25	3,36	1,19	1,8	2,52	1,38	1,96	2,44	1,57	2,14	2,4	1,17	3,76	3,83	20	20	20	2
HEDIARD	1,67	3,35	3,69	1,18	2,35	2,78	1,18	2,16	2,91	1,43	1,66	2,96	2,28	3,09	3,97	48	48	48	3
JARRE d'OR	1,19	2,11	2,96	1,54	1,95	2,61	1,08	1,95	2,58	1,15	1,95	2,32	1,53	2,18	3,7	37	37	37	5
PUGET	1,92	2,01	3,95	1,95	2,04	2,24	1,88	2,03	2,26	1,18	1,93	2,07	1,67	2,62	3,48	18	18	18	1
Αποφασιζον 19																			
CARAPELLI	1,57	2,31	3,58	1,2	2,24	2,45	1,41	1,89	2,07	1,11	1,55	2,18	1,09	1,81	3,68	31	31	31	6
LERIDA	2,99	3,23	3,65	1,43	2,49	2,73	1,01	2,68	2,96	1,02	2,16	2,89	1,14	2,54	3,47	65	65	65	4
KOLYMVARI	1,21	3,09	3,24	1,09	1,69	2,75	1,11	2,82	2,93	1,69	1,71	2,55	1,62	2,41	3,69	20	20	20	3
HEDIARD	1,34	2,27	3,82	1,61	2,6	2,76	1,18	1,93	2,95	1,77	2,66	2,71	1,11	2,82	3,24	48	48	48	2
JARRE d'OR	1,57	2,15	3,69	1,57	1,67	1,74	1,25	1,7	2,39	1,67	1,9	1,98	1,34	2,36	3,76	37	37	37	5
PUGET	1,15	1,74	2,85	1,28	2,24	2,98	1,54	2,54	2,69	1,65	2,11	2,18	1,17	2,09	3,67	18	18	18	1
Αποφασιζον 20																			
CARAPELLI	1,46	3,76	3,86	1,22	1,5	2,58	1,15	1,72	1,96	1,46	2,08	2,62	1,04	1,27	3,06	31	31	31	3
LERIDA	1,42	2,87	3,51	1,58	2,07	2,84	1,37	1,49	2,66	1,14	2,13	2,94	1,05	1,38	2,8	65	65	65	6
KOLYMVARI	1,72	3,03	3,85	1,12	1,55	2,66	1,15	1,41	2,08	1,18	2,37	2,97	1,81	2,57	3,97	20	20	20	2
HEDIARD	1,46	2,04	2,21	1,31	2,07	2,5	1,35	1,91	2,55	1,58	2,53	2,58	1,39	1,69	2,98	48	48	48	5
JARRE d'OR	1,11	1,82	2,72	1,2	1,73	2,68	1,48	1,87	2,47	1,77	2,13	2,26	1,1	2,59	2,88	37	37	37	4
PUGET	1,22	2,7	3,34	1,16	2,31	2,87	1,37	2,05	2,7	1,96	2,09	2,91	1,32	2,25	2,9	18	18	18	1

Alt/Criteria	Influence min	Influence average	Influence max	Color min	Color average	Color max	Odour min	Odour average	Odour max	Taste min	Taste average	Taste max	Packagin g min	Packagin g average	Packagin g max	Price min	Price average	Price max	Ranking
Αποφασιζον 21																			
CARARELLI	1,05	2,11	2,5	1,23	1,88	2,45	1,12	1,77	1,91	1,12	1,26	2,11	1,45	1,93	1,98	31	31	31	6
LERIDA	1,85	1,96	2,27	1,27	1,71	1,81	1,43	1,97	2,56	1,23	1,49	2,02	1,63	2,51	2,87	65	65	65	3
KOLYMVARI	1,8	2,82	2,82	1,22	1,93	1,96	1,1	1,69	1,8	1,52	2,23	2,52	1,45	2,24	2,57	20	20	20	4
HEDIARD	1,43	2,48	2,96	1,03	1,12	2,69	1,57	2,14	2,91	1,1	1,95	2,84	1,6	1,65	1,72	48	48	48	1
JARRE d'OR	1,67	2,38	2,8	1,6	2,41	2,89	1,64	1,83	2,67	1,28	1,46	2,5	1,8	2,21	3,48	37	37	37	5
PUGET	1,67	2,94	2,99	1,06	1,99	2,96	1,23	2,55	2,75	1,4	1,42	2,55	1,85	3,09	3,28	18	18	18	2
Αποφασιζον 22																			
CARARELLI	1,41	2,32	2,72	1,35	1,76	2,67	1,5	2,16	2,19	1,55	2,03	2,92	1,18	2,01	2,67	31	31	31	6
LERIDA	1,95	2,66	3,52	1,72	1,96	2,45	1,61	2,53	2,82	1,66	2,09	2,73	1,58	2,57	2,98	65	65	65	5
KOLYMVARI	1,26	3,18	3,41	1,84	2,68	2,89	1,33	1,98	2,15	1,62	2,18	2,47	2,82	3,11	3,52	20	20	20	2
HEDIARD	1,18	2,49	3,78	1,53	1,67	2,81	1,84	2,2	2,93	1,26	1,95	2,07	1,15	3,43	3,82	48	48	48	3
JARRE d'OR	2,11	2,25	2,71	1,72	2,01	2,55	1,76	2,35	2,54	1,76	2,53	2,71	1,05	2,59	3,79	37	37	37	4
PUGET	1,1	2,5	4	1,24	2,24	2,56	1,98	2,17	2,77	1,15	2,71	2,85	1,67	3,12	3,72	18	18	18	1
Αποφασιζον 23																			
CARARELLI	1,18	1,46	2,08	1,42	1,85	2,3	1,77	1,93	2,24	1,17	1,43	2,47	1,44	1,73	2,96	31	31	31	6
LERIDA	1,78	3,24	2,84	1,4	2,1	2,35	1,18	1,99	2,54	1,6	2,65	2,91	1,93	2,51	3,3	65	65	65	4
KOLYMVARI	1,41	2,97	3,98	1,37	2,05	2,59	1,33	1,59	1,83	1,51	2,35	2,49	1,3	2,6	3,21	20	20	20	5
HEDIARD	1,3	1,83	2,15	1,65	1,79	2,25	1,03	2,77	2,88	2,82	2,85	2,97	1,13	2,32	3,52	48	48	48	3
JARRE d'OR	1,29	2,9	3,04	1,99	2,26	2,84	2,13	2,72	2,93	1,81	2,04	2,13	3,11	3,32	3,93	37	37	37	2
PUGET	1,62	2,11	3,52	1,09	2,22	2,91	1,51	1,86	2,32	1,52	1,76	2,78	1,37	2,61	3,89	18	18	18	1
Αποφασιζον 24																			
CARARELLI	1,17	2,32	3,19	1,61	1,79	2,28	1,01	1,14	2,28	1,06	1,19	2,42	2,73	2,79	3,06	31	31	31	6
LERIDA	1,72	3,23	3,89	1,44	2,67	2,75	1,21	2,21	2,75	1,89	2,51	2,67	2,66	2,72	3,77	65	65	65	4
KOLYMVARI	1,57	2,66	3,99	1,03	1,78	2,29	1,42	1,57	1,64	1,68	1,75	2,36	1,23	1,32	2,05	20	20	20	3
HEDIARD	2,51	3,16	3,69	1,84	2,51	2,88	2,05	2,64	2,91	1,89	2,25	2,78	2,62	2,87	3,96	48	48	48	1
JARRE d'OR	1,23	2,18	2,6	1,13	1,73	2,27	1,29	1,34	2,52	1,59	1,93	2,77	1,26	1,57	2,9	37	37	37	5
PUGET	1,51	3,21	3,56	1,96	2,33	2,56	1,22	1,75	2,72	1,7	2,16	2,66	2,68	2,73	3,69	18	18	18	2
Αποφασιζον 25																			
CARARELLI	1,92	2,9	3,29	1,01	1,46	2,23	1,07	1,4	1,99	1,5	1,72	2,05	2,08	2,9	3,91	31	31	31	3
LERIDA	1,07	3,22	3,94	1,84	1,94	2,83	1,34	2,18	2,34	1,77	2,5	2,75	1,09	2,36	2,47	65	65	65	6
KOLYMVARI	1,41	3,22	3,37	1,93	2,32	2,7	1,59	2,32	2,7	1,11	2,01	2,23	1,17	1,3	2,52	20	20	20	4
HEDIARD	2,21	2,45	3,47	1,89	1,94	2,16	1,32	3,26	3,5	1,51	2,39	2,94	1,92	2,64	3,57	48	48	48	2
JARRE d'OR	1,11	1,27	2,95	1,41	2,11	2,71	1,43	1,7	1,99	2,07	2,15	2,53	1,03	1,87	2,92	37	37	37	5
PUGET	1,41	1,85	3,91	1,78	2,82	3,5	1,29	2,37	2,9	1,69	2,71	2,86	1,12	2,59	2,61	18	18	18	1

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Ν. Ματσατσίνη. Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων. Νέες Τεχνολογίες. Αθήνα 2010.
- [2] Tung Bui and Matthias Jarke. A dss for cooperative multiple criteria group decision making. 1984.
- [3] Tawfik Jelassi, Gregory Kersten, and Stanley Zionts. An introduction to group decision and negotiation support. In Readings in multiple criteria decision aid, pages 537–568. Springer, 1990.
- [4] Clyde W Holsapple. Decision support in multiparticipant decision makers. Journal of Computer Information Systems, 31(4):37–45, 1991.
- [5] George M Marakas. Decision support system in the twenty first century, 1999.
- [6] Ching-Lai Hwang and Ming-Jeng Lin. Group decision making under multiple criteria: methods and applications, volume 281. Springer Science & Business Media, 2012.
- [7] Roger B Myerson. On the value of game theory in social science. Rationality and Society, 4(1):62–73, 1992.
- [8] Roger B Myerson. On the value of game theory in social science. Rationality and Society, 4(1):62–73, 1992.
- [9] Kenneth J Arrow. Social choice and individual welfare, 1963.
- [10] Kenneth J Arrow, Hervé Raynaud, et al. Social choice and multicriterion decision-making. MIT Press Books, 1, 1986.
- [11] Joseph S Valacich, David Paranka, Joey F George, and Jay F Nunamaker Jr. Communication concurrency and the new media: A new dimension for media richness. Communication research, 20(2):249–276, 1993.
- [12] Joseph Edward McGrath. Groups: Interaction and performance, volume 14. Prentice-Hall Englewood Cliffs, NJ, 1984.
- [13] Izak Benbasat and Lai-Huat Lim. The effects of group, task, context, and technology variables on the usefulness of group support systems: A metaanalysis of experimental studies. Small Group Research, 24(4):430–462, 1993.
- [14] Poppy Lauretta McLeod and Jeffrey K Liker. Electronic meeting systems: Evidence from a low structure environment. Information Systems Research, 3(3):195–223, 1992.
- [15] Joey F George, George K Easton, Jay F Nunamaker Jr, and Gregory B Northcraft. A study of collaborative group work with and without computer-based support. Information Systems Research, 1(4):394–415, 1990.

- [16] R Brent Gallupe and James D McKeen. Enhancing computer-mediated communication: An experimental investigation into the use of a group decision support system for face-to-face versus remote meetings. *Information & Management*, 18(1):1–13, 1990.
- [17] Jill Y Smith and Michael T Vanecek. Computer conferencing and taskoriented decisions: Implications for group decision support. *Information & Management*, 14(3):123–132, 1988.
- [18] Peter GW Keen. Decision support systems; an organizational perspective. Technical report, 1978.
- [19] Stephen J Andriole. Applications in artificial intelligence. Petrocelli Books, Inc., 1985.
- [20] Stephen J Andriole. Handbook of decision support systems. Tab Books, 1989.
- [21] Herbert A Simon. The new science of management decision. 1960.
- [22] Ralph H Sprague Jr and Eric D Carlson. Building effective decision support systems. Prentice Hall Professional Technical Reference, 1982.
- [23] Ralph H Sprague Jr and Hugh J Watson. Decision support for management. Prentice-Hall, Inc., 1996.
- [24] Milam Aiken, Daeryong Kim, Chi Hwang, and Long-Chuan Lu. A Korean group decision support system. *Information & management*, 28(5):303– 310, 1995.
- [25] Milam Aiken, Mahesh Vanjani, and James Krosp. Group decision support systems. *Review of Business*, 16(3):38, 1995.
- [26] L Floyd Lewis and Melvin F Shakun. Using a group support system to implement evolutionary systems design. *Group Decision and Negotiation*, 5(4-6):319–337, 1996.
- [27] K. Zopounidis M. Doumpos. Multicriteria decision making: An introduction to basic concepts, methodologies and applications [gr].
- [28] Panos M Pardalos, Yannis Siskos, and Constantin Zopounidis. Advances in multicriteria analysis, volume 5. Springer Science & Business Media, 2013.
- [29] Carlos A Bana e Costa and Jean-Claude Vansnick. Macbethan interactive path towards the construction of cardinal value functions. *International transactions in operational Research*, 1(4):489–500, 1994.
- [30] X. Δούκας, Π. Ξυδωνάς και Ι. Ψαρράς. Πολυκριτηριακό Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων. 2015
- [31] Bernard Roy. Classement et choix en présence de points de vue multiples. *Revue française d’informatique et de recherche opérationnelle*, 2(8):57–75, 1968.
- [32] B Roy. The outranking approach and the foundations of electre methods. theory and decisions 31 (1): 49–73. CrossRef Google Scholar, 1991.
- [33] Bernard Roy. Multicriteria methodology for decision aiding, volume 12 of nonconvex optimization and its applications, 1996.

- [34] Kenneth J Arrow, Hervé Raynaud, et al. Social choice and multicriterion decision-making. MIT Press Books, 1, 1986.
- [35] Eric Jacquet-Lagrange and Jean Siskos. Assessing a set of additive utility functions for multicriteria decision-making, the uta method. *European journal of operational research*, 10(2):151–164, 1982.
- [36] Eric Jacquet-Lagrange and Yannis Siskos. Preference disaggregation: 20 years of mcda experience. *European Journal of Operational Research*, 130(2):233–245, 2001.
- [37] Kim Fung Lam and Eng Ung Choo. Goal programming in preference decomposition. *Journal of the Operational Research Society*, 46(2):205–213, 1995.
- [38] Yannis Siskos and Denis Yannacopoulos. Utastar: An ordinal regression method for building additive value functions. *Investigação Operacional*, 5(1):39–53, 1985.
- [39] JM Devaud, G Groussaud, and Eric Jacquet-Lagrange. Utadis: Une méthode de construction de fonctions d'utilité additives rendant compte de jugements globaux. *European Working Group on Multicriteria Decision Aid*, Bochum, page 94, 1980.
- [40] Eric Jacquet-Lagrange. An application of the uta discriminant model for the evaluation of r & d projects. In *Advances in multicriteria analysis*, pages 203–211. Springer, 1995.
- [41] Constantin Zopounidis and Michael Doumpos. Multicriteria classification and sorting methods: a literature review. *European Journal of Operational Research*, 138(2):229–246, 2002.
- [42] Constantin Zopounidis and Michael Doumpos. Multi-criteria decision aid in financial decision making: methodologies and literature review. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 11(4-5):167–186, 2002.
- [43] José Figueira, Vincent Mousseau, and Bernard Roy. Electre methods. In *Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys*, pages 133–153. Springer, 2005.
- [44] Yusuf Tansel İç. Development of a credit limit allocation model for banks using an integrated fuzzy topsis and linear programming. *Expert Systems with Applications*, 39(5):5309–5316, 2012.
- [45] Martin Aruldoss, T Miranda Lakshmi, and V Prasanna Venkatesan. A survey on multi criteria decision making methods and its applications. *American Journal of Information Systems*, 1(1):31–43, 2013.
- [46] Jean-Pierre Brans and Ph Vincke. Notea preference ranking organization method: (the promethee method for multiple criteria decision-making). *Management science*, 31(6):647–656, 1985.
- [47] Yannis Siskos, Evangelos Grigoroudis, and Nikolaos F Matsatsinis. Uta methods. In *Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys*, pages 297–334. Springer, 2005.
- [48] Γιάννης Θεοδώρου. Εισαγωγή στην Ασαφή Λογική. Εκδόσεις Τζιόλλα, 2010

- [49] Afroja Akter. Supremum and infimum operations on fuzzy sets. *Journal of Progressive Research in Mathematics*, 4(3):366–371, 2015.
- [50] Σαρρή Μαρία Ελένη. Αξιοποίηση Ασαφούς Λογικής στη διαμόρφωση πλάνου παραγωγής, 2007.
- [51] A Kaufmann and J Gil-Aluja. Introduction to the theory of fuzzy subsets in business management. Ed. Milladoiro, Santiago de Compostela, 1986.
- [52] Richard E Bellman and Lotfi Asker Zadeh. Decision-making in a fuzzy environment. *Management science*, 17(4): B–141, 1970.
- [53] Ben Taskar, Simon Lacoste-Julien, and Dan Klein. A discriminative matching approach to word alignment. In *Proceedings of the conference on Human Language Technology and Empirical Methods in Natural Language Processing*, pages 73–80. Association for Computational Linguistics, 2005.
- [54] Juite Wang and Yung-I Lin. A fuzzy multicriteria group decision making approach to select configuration items for software development. *Fuzzy Sets and Systems*, 134(3):343–363, 2003.
- [55] Fatih Emre Boran, Serkan Genç, Mustafa Kurt, and Diyar Akay. A multicriteria intuitionistic fuzzy group decision making for supplier selection with topsis method. *Expert Systems with Applications*, 36(8):11363–11368, 2009.
- [56] Junyi Chai, James NK Liu, and Eric WT Ngai. Application of decision making techniques in supplier selection: A systematic review of literature. *Expert Systems with Applications*, 40(10):3872–3885, 2013.
- [57] Chung-Hsing Yeh and Yu-Hern Chang. Modeling subjective evaluation for fuzzy group multicriteria decision making. *European Journal of Operational Research*, 194(2):464–473, 2009.
- [58] S Jayakumar and A Hari Ganesh. Fuzzy multi criteria group decision making (mcgdm) approach for variety selection in rice farming. *Aust. J. Basic Appl. Sci.*, 6(12):308–318, 2012.
- [59] Hsi-Mei Hsu and Chen-Tung Chen. Aggregation of fuzzy opinions under group decision making. *Fuzzy sets and systems*, 79(3):279–285, 1996.
- [60] Tarik Aouam, SI Chang, and ES Lee. Fuzzy madm: An outranking method. *European Journal of Operational Research*, 145(2):317–328, 2003.
- [61] T Ertay, A Kahveci, and RM Tabanlı. An integrated multi-criteria group decision-making approach to efficient supplier selection and clustering using fuzzy preference relations. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 24(12):1152–1167, 2011.
- [62] Ioannis Patiniotakis, Dimitris Apostolou, and Gregoris Mentzas. Fuzzy utastar: A method for discovering utility functions from fuzzy data. *Expert Systems with Applications*, 38(12):15463–15474, 2011.

- [63] H Yano. Interactive fuzzy decision making for multiple decision maker multiple objective programming problems with fuzzy parameters. Proceedings MCDA 2004, Canada, pages 141–144, 2004.
- [64] Yu-Hern Chang, Chung-Hsing Yeh, and Yu-Wei Chang. A new method selection approach for fuzzy group multicriteria decision making. *Applied Soft Computing*, 13(4):2179–2187, 2013.
- [65] Soroush Saghafian and S Reza Hejazi. Multi-criteria group decision making using a modified fuzzy topsis procedure. In *Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation, 2005 and International Conference on Intelligent Agents, Web Technologies and Internet Commerce, International Conference on*, volume 2, pages 215–221. IEEE, 2005.
- [66] Zhu Xian Cui, Han Ku Yoo, Jun Yeol Choi, and Hee Yong Youn. Multicriteria group decision making with fuzzy logic and entropy based weighting. In *Proceedings of the 5th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication*, page 77. ACM, 2011.
- [67] Jie Lu, Guangquan Zhang, and Fengjie Wu. Web-based multi-criteria group decision support system with linguistic term processing function. *IEEE Intelligent Informatics Bulletin*, 5(1):34–43, 2005.
- [68] Fábio JJ Santos and Heloisa A Camargo. Fuzzy systems for multicriteria decision making. *CLEI Electronic Journal*, 13(3):1–8, 2010.
- [69] Ching-Hsue Cheng. A new approach for ranking fuzzy numbers by distance method. *Fuzzy sets and systems*, 95(3):307–317, 1998.
- [70] Giovanni BORTOLAN and Rossana DEGANI. A review of some methods for ranking fuzzy subsets. In *Readings in Fuzzy Sets for Intelligent Systems*, pages 149–158. Elsevier, 1993.
- [71] Silvia Angilella, Salvatore Greco, Fabio Lamantia, and Benedetto Matarazzo. Assessing non-additive utility for multicriteria decision aid. *European Journal of Operational Research*, 158(3):734–744, 2004.
- [72] Francisco Javier Cabrerizo, Juan Manuel Moreno, Ignacio J Pérez, and Enrique Herrera-Viedma. Analyzing consensus approaches in fuzzy group decision making: advantages and drawbacks. *Soft Computing*, 14(5):451–463, 2010.
- [73] Γ.Λ. Ανέστη. Διπλωματική Εργασία, Ανάπτυξη Συστήματος Υποστήριξης Αποφάσεων για την Υλοποίηση Πολυκριτήριας Μεθοδολογίας Αξιολόγησης Προσόντων Πληροφορική. Πολυτεχνείο Κρήτης, 2006.
- [74] Σταμάτης Σπανός. Αναλυτική μελέτη πολυκριτηριακών μεθόδων λήψης αποφάσεων, 2004.
- [75] Ν.Π. Καλογερίνη. Ερευνητική Μεταπτυχιακή Εργασία, Ανάπτυξη ενός web-based Πολυκριτήριου Συστήματος Υποστήριξης της Λήψης Ομαδικών Αποφάσεων. Πολυτεχνείο Κρήτης, 2006.

- [76] Δ. Κυρλετζή. Διπλωματική Εργασία, Ανάλυση και Κατασκευή ενός Πολυκριτήριου Συστήματος Υποστήριξης Ομαδικών Αποφάσεων. Πολυτεχνείο Κρήτης, 2006.
- [77] Ισμήνη Ελένη Μαρτίνου. Διπλωματική Εργασία, Ομαδική Λήψη Αποφάσεων και πολυκριτήρια ανάλυση. Επισκόπηση και ανάπτυξη πρωτότυπου συστήματος για την υποστήριξη αποφάσεων ταξινόμησης. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2007.
- [78] Ρηγόπουλος Α. Γεώργιος. Διδακτορική Διατριβή, Ολοκληρωμένη Μεθοδολογία και πληροφοριακό Σύστημα Υποστήριξης Ομαδικών Αποφάσεων Ταξινόμησης με τη χρήση Πολυκριτηριακής Ανάλυσης, εφαρμογή στον Τραπεζικό Τομέα. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2008.
- [79] Ζώης Κ. Γαρίτος. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Λήψη Συλλογικών Αποφάσεων με ασαφείς μεθόδους σχέσεων υπεροχής. Πανεπιστήμιο Πειραιά, 2013.
- [80] Κ. Κάραλης, Διπλωματική Εργασία, Έρευνα Υφιστάμενης Κατάστασης Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων. Πολυτεχνείο Κρήτης, 2014.
- [81] Νικόλαος Γ. Χριστοδουλάκης. Διδακτορική Διατριβή, Αναλυτικές μέθοδοι και πολυκριτήρια Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων υπό αβεβαιότητα, το σύστημα Τάλως. Πανεπιστήμιο Πειραιά, 2015.
- [82] Ralph E Gomory. An algorithm for integer solutions to linear programs. *Recent advances in mathematical programming*, 64:260–302, 1963.
- [83] Yannis Siskos and Evangelos Grigoroudis. New trends in aggregation/disaggregation approaches. In *Handbook of multicriteria analysis*, pages 189–214. Springer, 2010.
- [84] Amit Kumar, Jagdeep Kaur, and Pushpinder Singh. A new method for solving fully fuzzy linear programming problems. *Applied Mathematical Modelling*, 35(2):817–823, 2011.
- [85] Edward Christensen and Jerry Fjermestad. Challenging group support systems research: The case for strategic decision making. *Group Decision and Negotiation*, 6(4):351–372, 1997.
- [86] Ι. Σίσκος. Μοντέλα αποφάσεων. Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα, 2008.
- [87] Johan Springael and Wim De Keyser. A new generation of multi-criteria based group decision support methods. In *Proceedings of the 17th International Conference on Multiple Criteria Decision Making*, Whistler, British Columbia, Canada, 2004.
- [88] Salvatore Greco, J Figueira, and M Ehrgott. *Multiple criteria decision analysis*. Springer, 2016.
- [89] Nikolaos F Matsatsinis and Andreas P Samaras. Mcda and preference disaggregation in group decision support systems. *European Journal of Operational Research*, 130(2):414–429, 2001.
- [90] Keith T Poole and Howard Rosenthal. Patterns of congressional voting. *American journal of political science*, pages 228–278, 1991.

- [91] Juan Carlos Leyva-Lopez and Eduardo Fernandez-Gonzalez. A new method for group decision support based on electre iii methodology. *European Journal of Operational Research*, 148(1):14–27, 2003.
- [92] Hsu-Shih Shih, Huan-Jyh Shyur, and E Stanley Lee. An extension of topsis for group decision making. *Mathematical and Computer Modelling*, 45(7-8):801–813, 2007.
- [93] Cathy Macharis, Jean Pierre Brans, and Bertrand Mareschal. The gdss promethee procedure. *Journal of decision systems*, 7(4):283–307, 1998.
- [94] Samaras Matsatsinis, Grigoroudis. Aggregation and disaggregation of preferences for collective decision making.
- [95] Lotfi A Zadeh. Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. *Fuzzy sets and systems*, 100(1):9–34, 1999.
- [96] R Seising. Fuzziness before fuzzy sets: Two 20th century philosophical approaches to vagueness. In *Proceedings of the IFSA 2005 World Congress. International Fuzzy Systems Association*, pages 1499–1504, 2005.
- [97] Earl Cox. The seven noble truths of fuzzy logic. *Computer Design*, April, 1992.
- [98] Robert F Dyer and Ernest H Forman. Group decision support with the analytic hierarchy process. *Decision support systems*, 8(2):99–124, 1992.
- [99] Rhonda Aull-Hyde, Sevgi Erdogan, and Joshua M Duke. An experiment on the consistency of aggregated comparison matrices in ahp. *European Journal of Operational Research*, 171(1):290–295, 2006.
- [100] Thomas L Saaty. Group decision making and the ahp. In *The analytic hierarchy process*, pages 59–67. Springer, 1989.
- [101] Ernest Forman and Kirti Peniwati. Aggregating individual judgments and priorities with the analytic hierarchy process. *European journal of operational research*, 108(1):165–169, 1998.
- [102] Arindam Chaudhuri and Kajal De. Fuzzy multi-objective linear programming for traveling salesman problem. *African Journal of Mathematics and Computer Science Research*, 4(2):64–70, 2011.
- [103] Chie-bein Chen and Cerry M Klein. An efficient approach to solving fuzzy madm problems. *Fuzzy sets and Systems*, 88(1):51–67, 1997.
- [104] J Siskos et al. A way to deal with fuzzy preferences in multi-criteria decision problems. *European Journal of Operational Research*, 10(3):314– 324, 1982.
- [105] Marc Roubens. Fuzzy sets and decision analysis. *Fuzzy sets and systems*, 90(2):199–206, 1997.
- [106] Janusz Granat and Andrzej P Wierzbicki. Interactive specification of dss user preferences in terms of fuzzy sets. 1994.

- [107] Eduardo Fernandez and Rafael Olmedo. An outranking-based general approach to solving group multi-objective optimization problems. *European Journal of Operational Research*, 225(3):497–506, 2013.
- [108] J Siskos and N Assimakopoulos. Multicriteria highway planning: A case study. *Mathematical and Computer Modelling*, 12(10-11):1401–1410, 1989.
- [109] Martin Aruldoss, T Miranda Lakshmi, and V Prasanna Venkatesan. A survey on multi criteria decision making methods and its applications. *American Journal of Information Systems*, 1(1):31–43, 2013.
- [110] Juite Wang and Yung-I Lin. A fuzzy multicriteria group decision making approach to select configuration items for software development. *Fuzzy Sets and Systems*, 134(3):343–363, 2003.
- [111] Hsu-Shih Shih, Chih-Hung Wang, and E Stanley Lee. A multiattribute gdss for aiding problem-solving. *Mathematical and computer modelling*, 39(11-12):1397–1412, 2004.
- [112] James NK Liu et al. A novel multicriteria group decision making approach with intuitionistic fuzzy sir method. In *World Automation Congress (WAC)*, 2010, pages 1–6. IEEE, 2010.
- [113] James NK Liu et al. A novel multicriteria group decision making approach with intuitionistic fuzzy sir method. In *World Automation Congress (WAC)*, 2010, pages 1–6. IEEE, 2010.

