

**Μεθοδολογία διαχείρισης συμπεριφοράς εμπειρογνομόνων
για λήψη ομαδικών αποφάσεων με χρήση γλωσσικών
μεταβλητών**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΗΝΕΛΟΠΗ Ν. ΑΝΑΛΥΤΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Κ. ΤΣΕΡΠΕΣ

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2017



**ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ**

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Όπως είναι ευρέως γνωστό, ζούμε σε μια εποχή όπου η εκάστοτε πληροφορία μεταβιβάζεται με ταχείς ρυθμούς, κάτι το οποίο καθιστά αρκετά περίπλοκη την αντίστοιχη λήψη αποφάσεων. Ως αποτέλεσμα, της προαναφερθείσας κατάστασης είναι η ύπαρξη ποικιλίας περιπτώσεων, όπου οι ληφθείσες αποφάσεις δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ως ορθολογικές, με συγκεκριμένη δομή και υπό σταθερά αποδοτική βάση. Ένας σημαντικός παράγοντας, που επηρεάζει τη λήψη αποφάσεων είναι η πολυπλοκότητα των δυνητικών προβλημάτων, όταν προσδιορίζεται από τους εξής δύο γενικούς κανόνες, δηλαδή την πολυδιάστατη πλευρά των συνεπειών που δημιουργούνται από τη λήψη μιας απόφασης και τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται για τη λήψη οποιασδήποτε απόφασης, ιδιαιτέρως όταν αυτά χαρακτηρίζονται ως αβέβαια και μεταβλητά (γιατί όπως είναι ευκόλως αντιληπτό, η αβεβαιότητα που μπορεί να παρουσιάσουν τα δεδομένα, οδηγούν στη λήψη λανθασμένων αποφάσεων). Για τη διευκόλυνση των άμεσα εμπλεκομένων στη λήψη αποφάσεων την τελευταία δεκαετία, έχει σημειωθεί αξιοσημείωτη πρόοδος αναφορικά με την ανάπτυξη εργαλείων και μεθόδων, τα οποία βοηθούν σημαντικά τον συγκεκριμένο τομέα. Με την παρούσα εργασία, γίνεται ουσιαστικά μια προσπάθεια παρουσίασης των βασικών εννοιών που περιλαμβάνονται στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, στη χρησιμοποιηθείσα μεθοδολογία, στις γλωσσικές μεταβλητές οι οποίες συντελούν στις ομαδικές αποφάσεις, στις διάφορες προσεγγίσεις σχετικά με τη διαχείριση των ομαδικών αποφάσεων, των διαδικασιών εναλλακτικής επιλογής και επίτευξης συναίνεσης και της διαχείρισης συμπεριφοράς των εμπειρογνομόνων. Τέλος, ιδιαίτερη μνεία γίνεται για την εφαρμογή της γλωσσικής υπολογιστικής αναφορικά με τη συμπεριφορά των εμπειρογνομόνων, παρουσιάζοντας και αναπτύσσοντας αντίστοιχη μεθοδολογία, αξιολογώντας παράλληλα τα αποτελέσματα που απορρέουν από αυτή.

ABSTRACT

It is widely known that, we live in an era where individual information is transmitted in rapid pace, that fact makes the process of decision making quite complicated. As a result of the pre – mentioned situation is the existence of a variety of cases where decisions taken cannot be characterized as rational, with specific structure and consistently effective basis. A vast important factor that affects the decision making is the complexity of potential problems, when determined by the following two general rules, such as the multidimensional aspect of the consequences arising from making a decision and the data that can be used for any decision, particularly when they are classified as uncertain and variable (as it is easily understood, the uncertainty may present on data, leading to wrong decisions). In order to facilitate, directly involved individuals in decision making in the last decade, there has been considerable progress regarding the development of tools and methods, which significantly assist this particular sector. According to this paper, there will be an essential attempt to present key concepts contained in the decision-making process, the used methodology, the linguistic variables which contribute enormously to collective decisions, the different approaches relatively to management of collective decisions, alternative procedures and consensus as long as the experts' behavior management. Finally, specific reference will be made as for the implementation of linguistic computational structure in retrospect to the experts' behavior, by presenting and developing appropriate methodology, while evaluating the results arising from this procedure.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη	2
Abstract	3
Περιεχόμενα.....	4
Εισαγωγή.....	5
1 Πολυκριτηριακά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων	10
1.1 Πολυκριτηριακά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων.....	10
1.2 Ορισμός της πολυκριτηριακής ανάλυσης για τη λήψη αποφάσεων ..	13
1.3 Βήματα της λήψης αποφάσεων και προϋποθέσεις.....	16
1.4 Τύποι μεθόδων πολυκριτηριακής υποστήριξης αποφάσεων	21
1.5 Παραδείγματα	24
1.5.1 Αναλυτική ιεραρχική διαδικασία	24
1.5.2 Λήψη αποφάσεων ασαφούς λογικής.....	30
2 Λήψη ομαδικών αποφάσεων (GDM)	34
2.1 Εννοιολογικό πλαίσιο του GDM.....	34
2.2 Αβεβαιότητα.....	35
2.3 Ασάφεια.....	36
2.4 Γλωσσικές μεταβλητές.....	38
2.5 Υπολογιστική με λέξεις για διαδικασίες συλλογιστικής.....	43
2.6 Ομαδικές αποφάσεις με γλωσσικές μεταβλητές	44
3 Προσεγγίσεις για την διαχείριση της λήψης ομαδικών αποφάσεων	46
3.1 Θεωρία των Ασαφών Συνόλων	46
3.2 Ασαφής προσέγγιση γλωσσικών μεταβλητών	51
3.3 Διαδικασία εναλλακτικής επιλογής.....	53
3.4 Διαδικασία επίτευξης της συναίνεσης	57
3.5 Διαχείριση συμπεριφοράς εμπειρογνομόνων.....	61
4 Εφαρμογή γλωσσικής υπολογιστικής στην διαχείριση συμπεριφοράς εμπειρογνομόνων	64
4.1 Παρουσίαση της μεθοδολογίας.....	64
4.2 Υλοποίηση μεθοδολογίας.....	74
4.3 Αποτελέσματα	83
4.4 Συζήτηση	87
5 Συμπεράσματα	88
Βιβλιογραφία	90

Αν λάβουμε ως γνώμονα, τις διάφορες νόρμες της διοικητικής επιστήμης γίνεται αμέσως σαφές ότι η λήψη αποφάσεων είναι μια εξόχως πολυδιάστατη διαδικασία. Για το λόγο αυτό, περιλαμβάνει συγκεκριμένα στάδια με στόχο την παροχή βοήθειας αναφορικά με τον εντοπισμό των πιθανών εμφανιζόμενων προβλημάτων, λαμβάνοντας σοβαρά υπόψη και τα εκάστοτε αίτια, περιορισμούς και εναλλακτικές λύσεις που δύναται να ληφθούν.

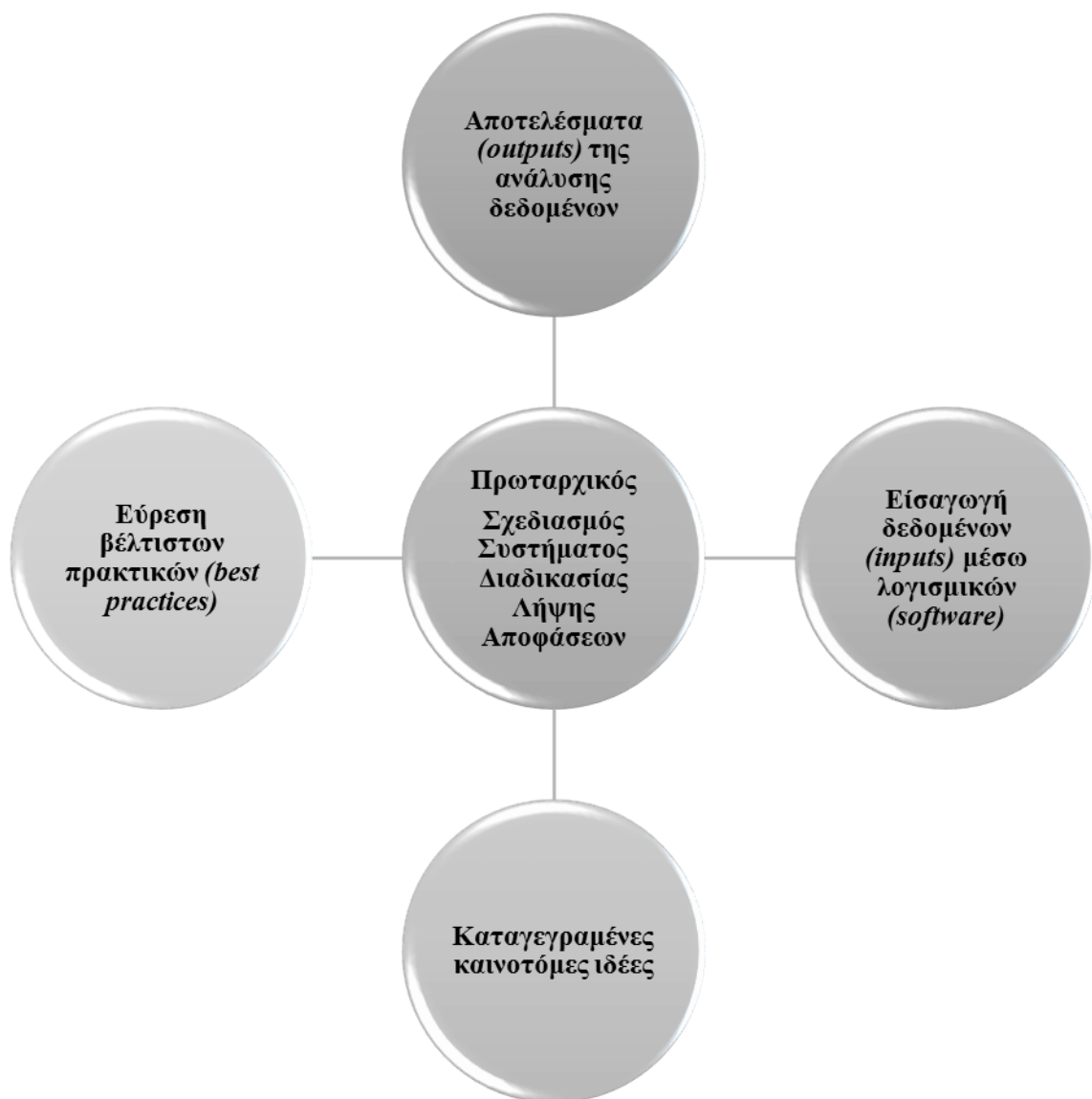
Η εν λόγω διαδικασία (*λήψης αποφάσεων*), στον επιστημονικό και διοικητικό χώρο είθισται να ονομάζεται «**κανονιστική μεθοδολογία**», με την πρακτική της εφαρμογή να διαφέρει κατά περίπτωση, αναφορικά με την αντίστοιχη έμφαση που θα δοθεί στα συμπεριλαμβανόμενα βήματα. Σε αυτό το σημείο, πρέπει να αναφερθεί ότι η προαναφερθείσα έμφαση εξαρτάται σε μεγάλο ποσοστό, από την ορθή συλλογή, διαθεσιμότητα και αξιολόγηση των δεδομένων (*collected or accumulated data*).

Συνεπώς, τα στάδια που οδηγούν τους εμπειρογνώμονες και άμεσα εμπλεκόμενους (*experts and direct involved*) στη διαδικασία λήψης αποφάσεων είναι, τα εξής:

1. **Εντοπισμός προβλήματος:** αποτελεί το πρώτο στάδιο της διαδικασίας, όπου στην ουσία έχουμε την εμφάνιση του προβλήματος, για το οποίο κρίνεται επιτακτική η λήψη απόφασης (*επίλυση προβλήματος*).
2. **Αποτύπωση και ανάλυση του συστήματος:** αφού έχει πραγματοποιηθεί ο εντοπισμός του προβλήματος, συνεχίζουμε με την αποτύπωση και ανάλυση του συστήματος (*system*) και των συμπεριλαμβανομένων υπό - συστημάτων (*subsystems*) (*βρόγχων*), που έχουν σχέση με το επικείμενο πρόβλημα, αναλύοντας παράλληλα τη σχέση αιτίου – αποτελέσματος (*cause and effect*), όπου το δημιουργήσαν.
3. **Διατύπωση στόχων:** κατά το συγκεκριμένο στάδιο θέτουμε τους στόχους για την επίλυση του προβλήματος καθώς και της αντίστοιχης αξιολόγησης, αναφορικά με τη λήψη αποφάσεων. Προϋπόθεση

αποτελεί, οι στόχοι να είναι ρεαλιστικοί, επιτεύξιμοι και σαφείς από όλους τους εμπλεκομένους, στη διαδικασία λήψης αποφάσεων.

4. **Πρωταρχικός σχεδιασμός συστήματος της διαδικασίας λήψης αποφάσεων:** σε αυτό το στάδιο σχεδιάζεται και οργανώνεται με τέτοιο τρόπο το σύστημα, που θα υποστηρίξει την εν λόγω διαδικασία, ώστε να πραγματοποιηθούν οι καθοριζόμενοι στόχοι. Ο συγκεκριμένος σχεδιασμός, αποτελεί από μόνος του μια λειτουργική διαδικασία, ή οποία βασίζεται σε εργαλεία και μεθόδους, απαιτώντας τη συμμετοχή όλων των εμπλεκομένων – ειδικών εμπειρογνομόνων.



Εικόνα 1 Στάδια που περιλαμβάνονται στον πρωταρχικό σχεδιασμό συστήματος διαδικασίας λήψης αποφάσεων

5. **Αποτύπωση του μοντέλου:** σε αυτό το στάδιο, έχουμε τη σχηματική αναπαράσταση του προαναφερθέντος συστήματος, στο οποίο βασιζόμαστε εκτός από την επίλυση του προβλήματος και για τη λήψη αποφάσεων. Άρα, ουσιαστικά με την αποτύπωση του μοντέλου έχουμε ταυτόχρονα την απεικόνιση των σχετικών ποσοτικών σχέσεων, στο σύνολο τους.
6. **Χρήση μοντέλου (ή μεθόδου) για την επίλυση προβλημάτων και τη λήψη αποφάσεων:** σε αυτό το στάδιο, επιλέγεται η κατάλληλη μεθοδολογία μέσω της οποίας θα αξιολογηθούν, μετά από σωστή καταγραφή όλα τα δεδομένα, βάσει των οποίων θα ληφθούν οι εκάστοτε αποφάσεις, από τους ειδικούς – εμπειρογνώμονες.
7. **Ανάλυση των αποτελεσμάτων επίλυσης του προβλήματος:** σε αυτό το στάδιο, αξιολογούνται και αναλύονται λεπτομερώς τα αποτελέσματα που επέφεραν τη λύση, του προβλήματος για το οποίο θα ληφθούν οι αντίστοιχες αποφάσεις. Επίσης, λαμβάνονται υπόψη όλοι οι παράγοντες που συντέλεσαν στην επίλυση (*σταθεροί ή μεταβαλλόμενοι*), εξετάζοντας παράλληλα και το βαθμό επίδρασης τους αναφορικά με την εφαρμογή της λύσης. Για το λόγο αυτό, οι εμπειρογνώμονες (*ή ειδικοί*) κάνουν λόγω για «*ανάλυση ευαισθησίας*», όπου στην πράξη είναι μια συσχέτιση του βαθμού με τον οποίο μπορεί να μεταβάλλεται η λύση που δόθηκε στο πρόβλημα, με το βαθμό μεταβολής των κρίσιμων παραγόντων του προβλήματος.
8. **Υλοποίηση της επίλυσης του προβλήματος:** το εν λόγω στάδιο, αποτελεί και το πιο απλό βήμα της διαδικασίας λήψης αποφάσεων, θέτοντας κάθε φορά την προτεινόμενη λύση σε θεωρητικό επίπεδο. Γίνεται εύκολα κατανοητό ότι, η μετάβαση της λύσης του εκάστοτε προβλήματος, από τη θεωρία στην πράξη μπορεί να εμφανίσει πιθανές αποκλίσεις, με αποτέλεσμα η εφαρμογή της λύσης να καθίσταται από δύσκολη έως αδύνατη.
9. **Παρακολούθηση και έλεγχος διαδικασίας:** σε αυτό το στάδιο, βασίζεται όλη η διαδικασία λήψης αποφάσεων, συμπεριλαμβάνοντας και το μηχανισμό ανατροφοδότησης (*feedback*), των δεδομένων –

πληροφοριών. Αποτελεί δε, ξεχωριστή διαδικασία η οποία πρέπει να εφαρμόζεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να εντοπίζονται και να καλύπτονται άμεσα τα όποια κενά, θέτουν σε κίνδυνο τη λήψη αποφάσεων.

Σε αυτό το σημείο, αξίζει να αναφερθούν τα ιεραρχικά επίπεδα στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, όπου είναι τα παρακάτω τρία:

Στρατηγικό επίπεδο λήψης αποφάσεων: σε αυτό το επίπεδο αποφασίζονται από τους εμπειρογνώμονες, τόσο οι στόχοι όσο και οι πολιτικές που θα ακολουθήσουν και η ταυτόχρονη εύρεση των απαραίτητων πόρων (*ανθρώπινων, υλικών, τεχνικών, οικονομικών κτλ.*), που απαιτούνται για την υλοποίηση τους.

Ένα βασικό μειονέκτημα του εν λόγω επιπέδου λήψης αποφάσεων είναι, η θέση και ο ρόλος των εκάστοτε εμπειρογνομένων, ανάλογα με το χώρο στον οποίο δραστηριοποιούνται.

Αυτό πρακτικά σημαίνει, τη δύσκολη ταύτιση της εμπειρίας και κατάρτισης των εμπειρογνομένων, με το χώρο στον οποίο δραστηριοποιούνται (*δηλ. περιβάλλον εργασίας σε κάποια εταιρεία ή οργανισμό*).

Για το λόγο αυτό, θα πρέπει να διαθέτουν ειδική και πολυετή εμπειρία στην επίλυση και κατ' επέκταση λήψη αποφάσεων, για πολύπλοκα και μη συνηθισμένα προβλήματα.

Διοικητικό επίπεδο λήψης αποφάσεων: οι αποφάσεις που λαμβάνονται σε αυτό το επίπεδο, είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με το βαθμό αποτελεσματικότητας και αποδοτικότητας της διαχείρισης των απαιτούμενων πόρων, καθώς και του τρόπου λειτουργίας επιμέρους συστημάτων, του χώρου δραστηριότητας.

Για να έχει θετικό αποτέλεσμα, η λήψη αποφάσεων στο εν λόγω επίπεδο προϋποθέτει τη σύμφωνη και ομαλή συμμετοχή των εκάστοτε εμπειρογνομένων, με τα εμπλεκόμενα στελέχη οι οποίοι ομαδικά διαχειρίζονται διάφορα θέματα – προβλήματα.

Λειτουργικό επίπεδο λήψης αποφάσεων: αποτελεί το κατώτερο επίπεδο λήψης αποφάσεων, όπου ουσιαστικά πραγματοποιείται η τέλεση των διαφόρων ενεργειών και ο καθορισμός των κριτηρίων για την εύρεση της βέλτιστης λύσης.

Για τον λόγο αυτό, λαμβάνονται σοβαρά υπόψη αφενός οι ενέργειες που εκτελεί η ομάδα εμπειρογνομόνων και συνεργαζόμενων στελεχών και αφετέρου η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, τα οποία προκύπτουν από αυτές.

1 ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

1.1 ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Τα *πολυκριτηριακά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων*, βασίζονται ως επί το πλείστον στην *πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας (multi – attribute utility theory)*, η οποία από την απαρχή της ανάπτυξης της αποτέλεσε ένα σημαντικό βήμα αναφορικά με την εφαρμογή των αρχών της πολυκριτήριας ανάλυσης.

Ο αντίστοιχος *μαθηματικός πολυκριτηριακός γραμμικός προγραμματισμός (multi – objective mathematical linear programming)*, που στηρίζει θετικά την προαναφερθείσα θεωρία, βασικά χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό μιας αποτελεσματικής και αποδοτικής λύσης, η οποία θα ενισχύσει την ομαλή συνεργασία των αποφασιζόντων (*εμπειρογνομόνων στην προκειμένη περίπτωση*).

Ένας από τους βασικούς παράγοντες, των διατεθειμένων μεθόδων μαθηματικού πολυκριτηριακού προγραμματισμού είναι, η σαφώς καθορισμένη συνάρτηση χρησιμότητας, η οποία διέπει τη μεθοδολογία που ακολουθεί ο εκάστοτε αποφασίζων, αυξάνοντας με αυτόν τον τρόπο το εύρος των εφικτών λύσεων, με στόχο να εντοπιστεί η βέλτιστη λύση (M. Majumder, 2015).

Ο κύριος σκοπός της πολυκριτηριακής θεωρίας χρησιμότητας και κατ' επέκταση των αντίστοιχων συστημάτων για τη λήψη αποφάσεων είναι, η ταυτόχρονη μοντελοποίηση και αναπαράσταση του συστήματος αξιών, στο οποίο βασίζεται ο αποφασίζων, μέσω της συνάρτησης $U(g)$.

Συγκεκριμένη συνάρτηση, εκφράζεται ως το σύνολο κριτηρίων αξιολόγησης τα οποία καθορίζουν και το αντίστοιχο αποτέλεσμα, ως εξής:

$$U(g) = U(g_1, g_2, g_3, \dots, g_n)$$

όπου g : το διάνυσμα των κριτηρίων αξιολόγησης δηλ. $g_1, g_2, g_3, \dots, g_n$

Σε γενικές γραμμές, αυτού του είδους οι συναρτήσεις χρησιμότητας είναι μη γραμμικές αύξουσες συναρτήσεις, οι οποίες ορίζονται βάσει του πεδίου τιμών των αντίστοιχων κριτηρίων αξιολόγησης, ανταποκρινόμενες στις εξής δύο κατηγορίες:

- a. $U(g_x) > U(g_{x'}) \Leftrightarrow x > x'$ όπου η εναλλακτική λύση x προτιμάται έναντι της x' και
- b. $U(g_x) = U(g_{x'}) \Leftrightarrow x \sim x'$ όπου η εναλλακτική λύση x θεωρείται ισοδύναμη της x'

Σε αυτό το σημείο, αξίζει να αναφερθεί ότι η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη συνάρτηση χρησιμότητας είναι η προσθετική, όπου λαμβάνεται σε ερευνητικό και πρακτικό επίπεδο, δηλ.:

$$U(g) = p_1 u_1(g_1) + p_2 u_2(g_2) + p_3 u_3(g_3) + \dots + p_n u_n(g_n)$$

όπου $u_1, u_2, u_3, \dots, u_n$: οι συναρτήσεις μερικής χρησιμότητας των κριτηρίων αξιολόγησης για την εκάστοτε πιθανή λύση, την οποία λαμβάνει υπόψη ο αποφασίζων (*εμπειρογνώμονας*), η οποία προσδιορίζει τόσο την αξία όσο και τη χρήση, εναλλακτικών λύσεων βάσει της απόδοσης τους κατά το αντίστοιχο κριτήριο g_i .

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

όπου $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$: οι σταθερές εκείνες που προσδιορίζουν τη βαρύτητα των κριτηρίων επιλογής, για την κάθε λύση ώστε να ισχύει:

Η παραπάνω προσθετική συνάρτηση χρησιμότητας, ουσιαστικά δείχνει στον αποφασίζων (*εμπειρογνώμονα*), για τη βαρύτητα των εκάστοτε κριτηρίων p_i πιθανής λύσης, την παραχώρηση (*trade – off*) που μπορεί να κάνει, έναντι μεταβλητών παραγόντων που μπορούν να επηρεάσουν, αντίστοιχα τη λήψη αποφάσεων.

Επιπροσθέτως, η διαδικασία ανάπτυξης μιας συνάρτησης χρησιμότητας προϋποθέτει τη στενή συνεργασία ενός έμπειρου στατιστικού αναλυτή και αντίστοιχου εμπειρογνώμονα, οι οποίοι θα καθορίζουν με σαφή τρόπο το επίπεδο βαρύτητας των εκάστοτε κριτηρίων αξιολόγησης και την αξιολόγηση των δεδομένων.

Για το λόγο αυτό, υπάρχουν (*βάσει της διεθνούς βιβλιογραφίας*) διάφορες τεχνικές – μέθοδοι η χρήση των οποίων, βοηθά στον τρόπο με τον οποίο συλλέγονται πληροφορίες και στοιχεία, που θα υπολογιστούν με τη σειρά τους μέσω των συναρτήσεων χρησιμότητας, για την εξαγωγή λύσεων οδηγώντας σε λήψη κατάλληλων αποφάσεων (C. Zorounidis & P.M. Pardalos, 2010).

Άρα, ουσιαστικά παρέχεται η δυνατότητα στους εκάστοτε εμπειρογνώμονες της εκ βάθρων αξιολόγησης των εναλλακτικών λύσεων, μέσω ποικίλων μεθόδων

υποστήριξης αποφάσεων και κατάταξή τους από την καλύτερη έως τη χειρότερη, με αποτέλεσμα να γίνεται πιο εύκολη η διαδικασία επιλογής τους.

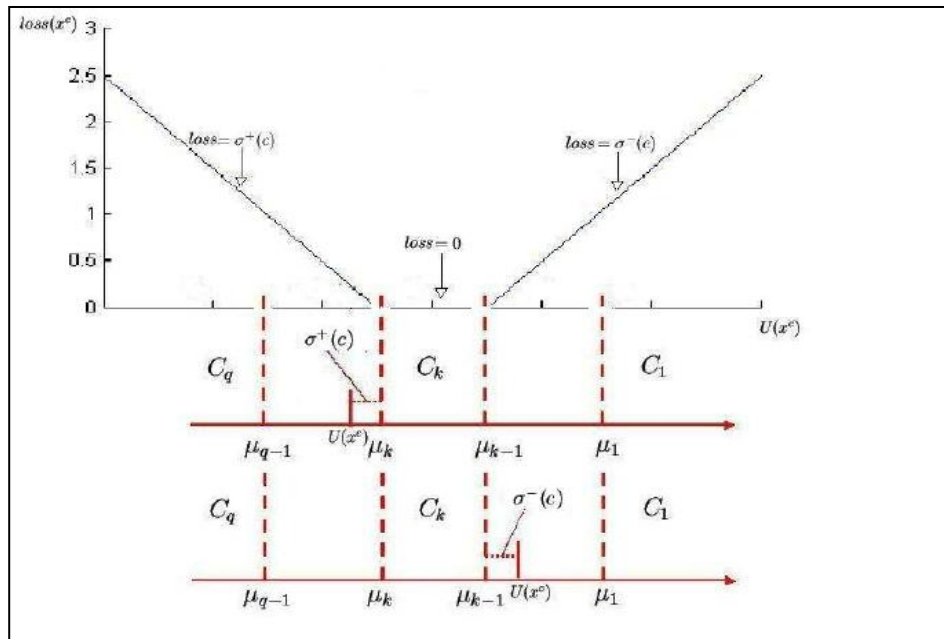
Μια γνωστή μέθοδος, υποστήριξης αποφάσεων μέσω πολυκριτηριακών συστημάτων είναι η **UTA (Utility Additives)**, η οποία αναπτύχθηκε από τους **Jacquet-Lagrèze και Y. Sisko** τη δεκαετία του '80.

Η συγκεκριμένη μέθοδος, χρησιμοποιείται για την κατάταξη μιας σειράς από εναλλακτικών λύσεων για κάποιο δυνητικό πρόβλημα και που η εφαρμογή τους επαφίεται στην κρίση του εκάστοτε εμπειρογνώμονα (Thomas L. Saaty, 2008).

Μια εξελικτική μορφή της παραπάνω μεθόδου είναι, η **UTA Plus** η οποία μπορεί εύκολα να εφαρμοστεί ως προς τη λήψη αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια, όταν είναι απαραίτητη η κατάταξη των πιθανών εναλλακτικών λύσεων βάσει βαθμού προτεραιότητας. Ως βάση, η παραπάνω μέθοδος έχει την προσθετική συνάρτηση χρησιμότητας, με δεδομένα εισόδου (*input data*) στο σύστημα τους παράγοντες (ή αίτια) που δημιουργήσαν το πρόβλημα και ως δεδομένα εξόδου (*output data*), τις εναλλακτικές λύσεις.

Αναφορικά, με τη δομή του εμφανιζόμενου προβλήματος το οποίο χρίζει επίλυσης και λήψη κατάλληλων αποφάσεων, βασίζεται στη θεωρία της σχετικής παλινδρόμησης (*ordinal regression theory*). Το αντίστοιχο σύστημα πολυκριτηριακής υποστήριξης αποφάσεων, βασίζεται σε οριακές συναρτήσεις χρησιμότητας, μέσω συγκεκριμένης ακολουθιακής διεργασίας το οποίο επιτρέπει στον εμπειρογνώμονα, την μετατροπή της εν λόγω συνάρτησης εντός προκαθορισμένων ορίων. Τα όρια της συνάρτησης, προσδιορίζονται από σχετική ανάλυση ευαισθησίας με παρουσίαση της αλληλεπίδρασης των δεδομένων μέσα στο σύστημα και της ανταπόκρισης τους στον εκάστοτε εμπειρογνώμονα.

Κατ' επέκταση, η συνάρτηση χρησιμότητας η οποία γίνεται αποδεκτή από τον εμπειρογνώμονα, εφαρμόζεται για τον καθορισμό της σειράς κατάταξης των εναλλακτικών λύσεων στο σύνολό τους. Η πιο πρόσφατη μέθοδος είναι η UTADIS, όπου ουσιαστικά είναι μια αναπροσαρμογή της μεθόδου UTA, που βοηθά στην επίλυση προβλημάτων με τα αντίστοιχα αποτελέσματα να ταξινομούνται σε καθορισμένες κατηγορίες G.



Εικόνα 2 Γραφική απεικόνιση της μεθόδου UTADIS

1.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΠΑ ΤΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Όπως είναι ευρέως γνωστό, από τη διεθνή βιβλιογραφία η ιδιομορφία και πολυπλοκότητα που περικλείεται στη **διαδικασία λήψης αποφάσεων (decision process)**, στηρίζεται στου εξής τρεις παράγοντες:

1. Την αβεβαιότητα (uncertainty)
2. Την εμφάνιση πολλών κριτηρίων (presence of multi criteria)
3. Τις αντικειμενικές – υποκειμενικές προτιμήσεις (objective – personal preferences)

Επίσης, ένα πρόσθετος παράγοντας που τονίζει την πολυπλοκότητα της εν λόγω διαδικασίας και ο οποίος θεωρείται από διάφορους μελετητές – ερευνητές ως μεταβαλλόμενος, είναι η παρουσία διαφόρων εμπλεκόμενων φορέων και των αντίστοιχων αλληλοεπιδράσεων που δημιουργούνται μεταξύ τους, λόγω των στόχων και πολιτικών που εφαρμόζουν για την επίτευξη τους.

Βάσει των προαναφερθέντων, γίνεται εύκολα κατανοητό ότι η διαδικασία λήψης αποφάσεων (κατάλληλων και αποδοτικών κατά περίπτωση), είναι το αποτέλεσμα μιας καλά μεθοδευμένης ακολουθίας ενεργειών.

Άρα, κατά τη διάρκεια εκπόνησης της συγκεκριμένης διαδικασίας λαμβάνει χώρα ένας βρόγχος διάφορων ενεργειών (diverse action loop), ο οποίο περιλαμβάνει:

- τη συλλογή στοιχείων – δεδομένων αναφορικά με το προς επίλυση πρόβλημα.
- την ανταλλαγή ιδεών – απόψεων (των άμεσα εμπλεκομένων) αναφορικά με τις πιθανές λύσεις του επικείμενου προβλήματος.
- την πιθανή σύγκρουση συμφερόντων
- την πιθανή διάσπαση του εμφανιζόμενου προβλήματος, σε επιμέρους και η μερική επίλυση τους, σε διαφορετικές χρονικές στιγμές.

ΟΡΙΣΜΟΣ: Η πολυκριτηριακή ανάλυση είναι η συστηματική και μαθηματικά τυποποιημένη προσπάθεια επίλυσης κάποιου προβλήματος, το οποίο προκύπτει από διάφορους παράγοντες και ως αποτέλεσμα έχει τη λήψη κατάλληλων αποφάσεων.

Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί, η επιρροή του ανθρώπινου παράγοντα δηλαδή *εμπλεκόμενου φορέα* (όπως αναφέρθηκε και παραπάνω), γιατί έχει εξέχουσα σημασία στην πολυκριτηριακή ανάλυση και την επακόλουθη λήψη αποφάσεων.

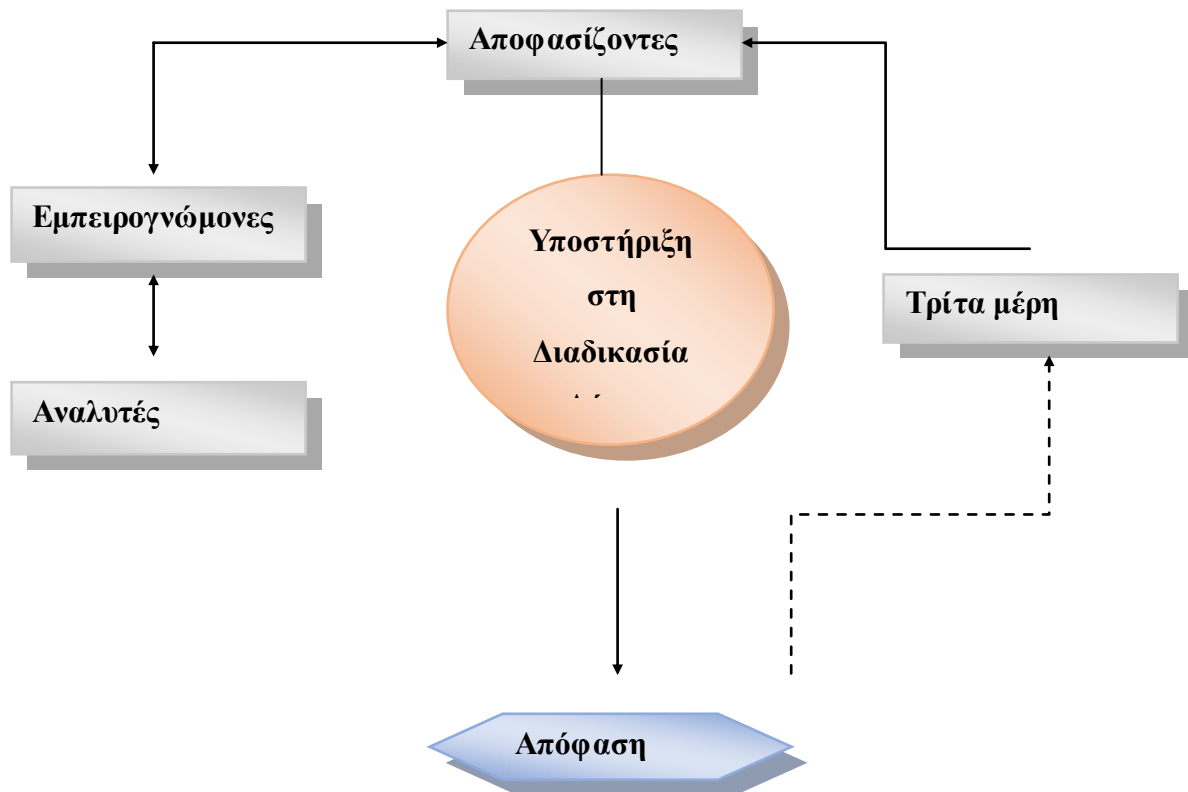
Η έννοια του εμπλεκόμενου φορέα, περιλαμβάνει το άτομο ή το συλλογικό όργανο το οποίο με άμεσο ή έμμεσο τρόπο επηρεάζει τη διαδικασία λήψης αποφάσεων, μέσω του συστήματος πολυκριτηριακής ανάλυσης που εφαρμόζει, για την επίλυση κάποιου προβλήματος και της αντίστοιχης αξιολόγησης που υιοθετεί για την εκάστοτε λύση (A.Ishizaka & P. Nemery, 2013).

Η αντίστοιχη επιρροή του φορέα στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, διακρίνεται σε πρώτου βαθμού ανάλογα με το αποτέλεσμα των ενεργειών του και σε δεύτερου βαθμού ανάλογα με το ποσοστό άσκησης πίεσης, από μέρους του σε τρίτα εμπλεκόμενα μέρη. Επομένως, ως εμπλεκόμενους φορείς στη διαδικασία λήψης αποφάσεων λαμβάνουμε τους εξής:

- Αποφασίζοντες (decision makers):** οι οποίοι καλούνται να αποφασίσουν αναφορικά με τις πιθανές βέλτιστες λύσεις επί του προβλήματος, θέτοντας κατά περίπτωση σαφής στόχους, περιορισμούς και σύστημα προτιμήσεων για κάθε μια από αυτές.
- Αναλυτές (analysts):** οι οποίοι έχουν κατά κύριο λόγο επιτελικό ρόλο υποστηρίζοντας τις όποιες αποφάσεις αναφορικά με την επίλυση του προβλήματος. Η συνολική βοήθεια που προσφέρουν στους

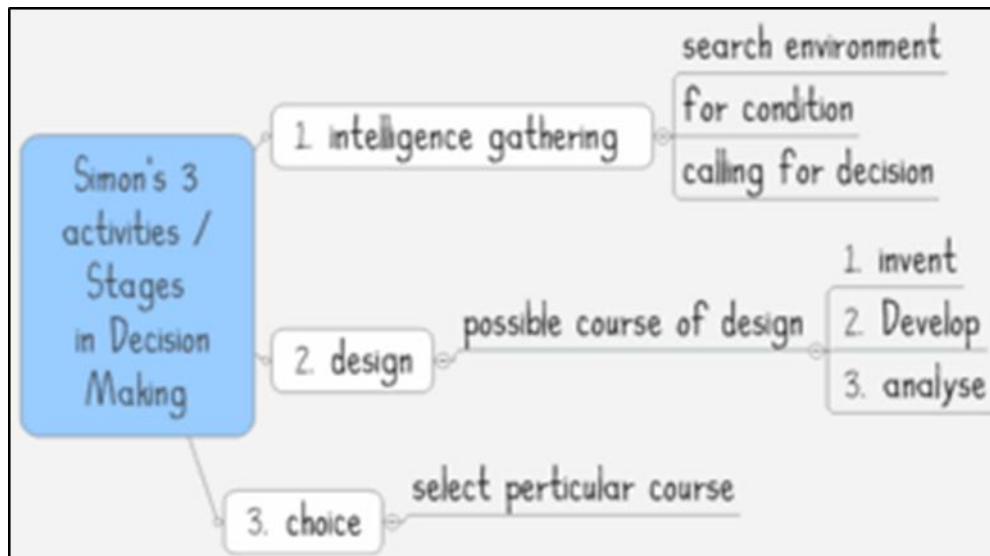
αποφασίζοντας, στηρίζεται κατά ένα μεγάλο μέρος στη χρήση στατιστικά μορφοποιημένων μοντέλων, τα οποία με τη σειρά τους επεξεργάζονται τα διάφορα δεδομένα, παρέχοντας την εκροή σαφών και ποιοτικά τεκμηριωμένων αποτελεσμάτων. Ο ρόλος του αναλυτή, μπορεί να υποστηριχθεί από έναν επιχειρησιακό ερευνητή, ένα σύμβουλο επιχειρήσεων, έναν χρηματοοικονομικό σύμβουλο, έναν μηχανικό κτλ. Επιπροσθέτως, ο εν λόγω αναλυτής δύναται να εργαστεί μεμονωμένα ή να ηγηθεί μιας ομάδας, ενώ παράλληλα οφείλει να συνεργάζεται στενά με τον εκάστοτε αποφασίζοντα, για την ανάδραση των απαιτούμενων είτε προς τη διαδικασία επίλυσης του προβλήματος, είτε για τη λήψη αποφάσεων πληροφοριών. Άρα, ιδιαίτερη σημασία ως προς το ρόλο του έχει, η στενή παρακολούθηση και ενεργή συμμετοχή στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, έχοντας πάντα υπόψη την αμερόληπτη στάση.

- c. **Εμπειρογνώμονες ή Ειδικοί (*experts*):** στη διαδραστική επικοινωνία μεταξύ του αποφασίζοντα και του αναλυτή, εξίσου σημαντικό ρόλο αναλαμβάνει και ο εμπειρογνώμονας, ο οποίος αναλαμβάνει χρέη εξουσιοδοτημένου συμβούλου συμβάλλοντας στην εποικοδομητική συνεργασία των προαναφερθέντων μερών. Μέσα στις αρμοδιότητες του είναι, η παρουσίαση των χαρακτηριστικών του κάθε προβλήματος, η μέριμνα ώστε να συλλεχτούν τα απαραίτητα δεδομένα – στοιχεία και η επίβλεψη της τόσο της διαδικασίας επίλυσης του προβλήματος, όσο και της λήψης βέλτιστων λύσεων. Συνεπώς, ο ρόλος του χαρακτηρίζεται ως κρίσιμος διότι βοηθά στην διαχείρισης όποιου εμποδίου ή δυσχέρειας, τόσο σε επικοινωνιακό όσο και πρακτικό επίπεδο.
- d. **Τρίτα μέρη (*third parties*):** είναι εκείνοι οι εμπλεκόμενοι φορείς οι οποίοι δεν παίρνουν μέρος ενεργά στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, αλλά ενδείκνυται να επηρεαστούν άμεσα ή έμμεσα από αυτές.



1.3 ΒΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ

Γίνεται απολύτως κατανοητό το ότι, η διαδικασία λήψης αποφάσεων αποτελεί ένα αντικείμενο μελέτης για πλειάδα μελετητών – ερευνητών, διαφόρων επιστημονικών χώρων και δραστηριοτήτων. Το θεωρητικό υπόβαθρο της εν λόγω διαδικασίας, έθεσε ο Αμερικάνος Οικονομολόγος και Πολιτικός Επιστήμονας Herbert Alexander Simon, κατά τη διάρκεια των δεκαετιών '40 και '50, μέσω των μελετών του στον τομέα της Διοίκησης Επιχειρήσεων.



Εικόνα 3 Τα τρία βασικά στάδια στη διαδικασία λήψης αποφάσεων κατά Simon

Έχει αναγνωρισθεί σε παγκόσμιο επίπεδο ότι, το ουσιώδες αντικείμενο της διαδικασίας λήψης αποφάσεων (με τη χρήση πολυκριτηριακών συστημάτων), βασίζεται στις σχετικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις μέσω της ανάπτυξης και χρήσης υποδειγμάτων ανάλυσης όλων των παραμέτρων για κάποιο πρόβλημα, έτσι ώστε ο εκάστοτε αποφασίζων να λάβει ορθολογικές αποφάσεις.

Η σύγχρονη θεωρεία, για την πολυκριτηριακή ανάλυση παρουσιάζει ένα γενικό πλαίσιο μεθοδολογίας (μέσω συγκεκριμένων βημάτων), το οποίο βοηθά σημαντικά τους εμπελκόμενους για τη λήψη αποφάσεων κατόπιν επίλυσης, πολύπλοκων ή μη προβλημάτων (P. Thokala et. al, 2016).

Τα εν λόγω βήματα (και οι προϋποθέσεις τους, οι οποίες δίνονται αναλυτικά για το καθένα), για τη διαδικασία λήψης αποφάσεων και ανάλυση των βέλτιστων λύσεων σε επικείμενα προβλήματα, φαίνονται στο παρακάτω σχήμα, αποτελώντας με αυτό τον τρόπο τη ραχοκοκαλιά, κάθε πολυκριτηριακής προσέγγισης - ανάλυσης.



Εικόνα 4 Τα βήματα της μεθόδου πολυκριτηριακής λήψης αποφάσεων

Βήμα 1 – Αντικείμενο της προς αξιολόγηση απόφασης: το συγκεκριμένο βήμα αφορά τον προσδιορισμό του συνόλου, των εναλλακτικών λύσεων ή ενεργειών (*alternative solution or action*) του εκάστοτε προβλήματος. Με τον όρο εναλλακτική ενέργεια εννοούμε, την κάθε πιθανή επιλογή (*possible choice*), η οποία δύναται να αποτελεί λύση του προς εξέταση προβλήματος και είναι απαραίτητο να αξιολογηθεί για την καταλληλότητα της.

Το εκάστοτε σύνολο εναλλακτικών ενεργειών, μπορεί να είναι **συνεχές (*continuous set of actions*)** ή **διακριτό (*discrete set of actions*)**. Στην 1^η περίπτωση, έχουμε τον προσδιορισμό των παραγόντων (*αιτιών*) που δημιούργησαν το πρόβλημα, οι οποίοι γνωστοποιούνται από τον εκάστοτε αποφασίζοντα, που θα λάβει και την τελική απόφαση. Ενώ στη 2^η περίπτωση, έχουμε τη λεπτομερή και πλήρη καταγραφή των δεδομένων – στοιχείων, του προς επίλυση προβλήματος καθώς και των αξιολογούμενων λύσεων, όπου μετά από διεξοδική ανάλυση θα βοηθήσουν στη λήψη της βέλτιστης απόφασης (V. Mabin & M. Beattie, 2006).

Κατόπιν του προσδιορισμού συνόλου εναλλακτικών λύσεων, ορίζεται η **προβληματική της απόφασης (*decision problematic*)** με την οποία ορίζεται ο τρόπος

εξέτασης των εναλλακτικών ενεργειών με απώτερο στόχο το αποτέλεσμα της ανάλυσης, να ανταποκρίνεται με σαφήνεια και ακρίβεια στο εκάστοτε πρόβλημα.

Βήμα 2 – Σαφής καθορισμός κριτηρίων: στο συγκεκριμένο βήμα, γίνεται ο εντοπισμός των παραγόντων (*αιτιών*) που επιδρούν στο αποτέλεσμα ανάλυσης των εναλλακτικών ενεργειών. Βάσει, της πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων ο κάθε παράγοντας ο οποίος δύναται να επιδράσει στη λήψη μιας απόφασης, παίρνει τη μορφή κριτηρίου.

Σε αυτό το σημείο, θα σημειώσουμε (*όπως σε προγενέστερο κεφάλαιο*) ότι ως κριτήριο λαμβάνουμε τη συνάρτηση μονοτονίας g , η οποία ουσιαστικά δηλώνει τις αντίστοιχες προτιμήσεις (*αναφορικά με τις λύσεις του προβλήματος*) του εκάστοτε αποφασίζοντα.

Κατά αυτό το βήμα, έχουμε και την έννοια της *στοιχειώδους επίπτωσης* (κάθε απόφασης) η οποία αντιπροσωπεύει κάθε *ιδιότητα* ή *χαρακτηριστικό της ενέργειας*, πληρώντας τις εξής δύο προϋποθέσεις, όπως:

- a. να είναι επαρκώς καθορισμένη προς το περιεχόμενο, ώστε οι άμεσα εμπλεκόμενοι να μπορούν να αντιληφθούν τη σημασία της
- b. να επιτρέπει την περιγραφή συγκεκριμένου αποτελέσματος, πάνω στο οποίο θα βασιστούν οι άμεσα ενδιαφερόμενοι, για την υποστήριξη της επιλογής τους.

Βήμα 3 – Μοντέλο συνολικής αξιολόγησης: στο συγκεκριμένο βήμα και εφόσον έχουν ολοκληρωθεί επαρκώς τα προηγούμενα, δημιουργείται το μοντέλο *συνολικής αξιολόγησης (total evaluation model)*, που ουσιαστικά είναι η σύνδεση όλων των κριτηρίων με στόχο την επίτευξη της ανάλυσης, αναφορικά με την προβληματική που έχει προσδιοριστεί.

Αξίζει σε αυτό το σημείο να αναφερθεί ότι, το εν λόγω μοντέλο δύναται να χρησιμοποιηθεί ως βάση, για:

- a. τον καθορισμό μιας γενικής αξιολόγησης κάθε εναλλακτικής – πιθανής λύσης.

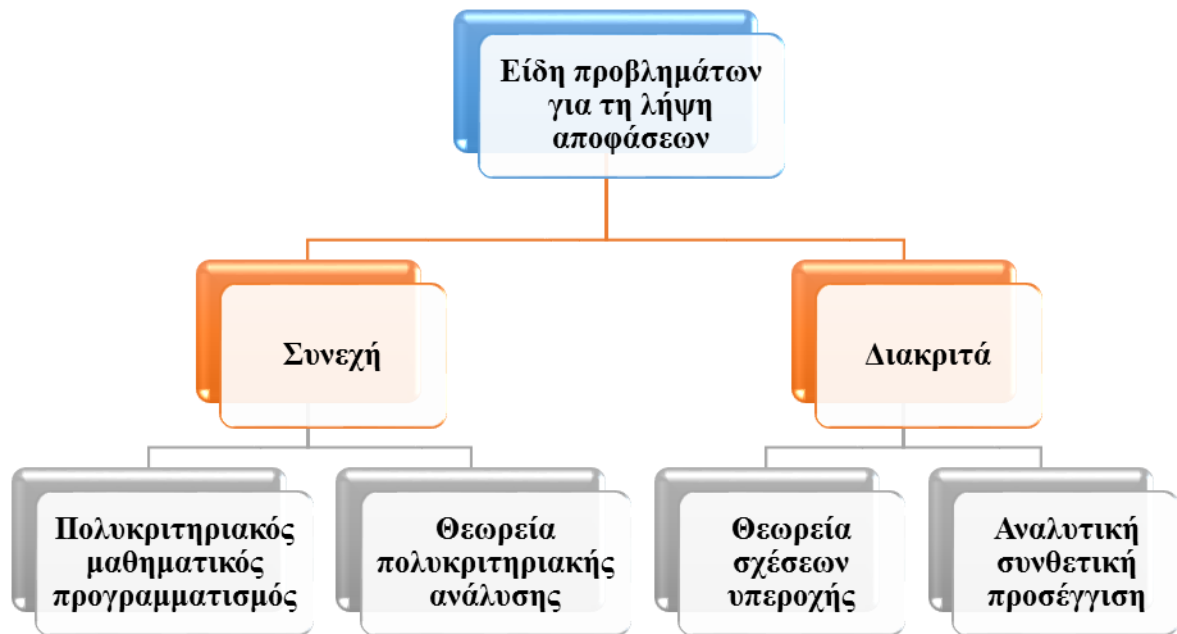
- b. την υλοποίηση εποικοδομητικών συγκρίσεων, μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων και
- c. τη διερεύνηση της αποτελεσματικότητας των εναλλακτικών λύσεων στο σύνολό τους.

Η δημιουργία και ανάπτυξη του μοντέλου συνολικής αξιολόγησης, μπορεί να λάβει χώρα με δυο τρόπους όπως:

1. μέσω της διαδραστικής συνεργασίας του εκάστοτε αποφασίζοντα, με τον αναλυτή και τον εμπειρογνώμονα, οι οποίοι καθορίζουν το σύνολο των σχετικών παραμέτρων και της πολιτικής που ακολουθείται με τη διαδικασία λήψης αποφάσεων.
2. με την ανάλυση των αποφάσεων που παίρνει ο εκάστοτε αποφασίζων, αναπτύσσοντας παράλληλα το κατάλληλο μοντέλο συνολικής αξιολόγησης, το οποίο πρέπει να είναι απαραίτητως συμβατό με την θεσπιζόμενη πολιτική λήψης αποφάσεων

Βήμα 4 – Υποστήριξη της ληφθείσας απόφασης: στο τελευταίο βήμα, γίνονται όλες οι απαιτούμενες ενέργειες που θα βοηθήσουν σημαντικά, τον εκάστοτε αποφασίζοντα ως προς την κατανόηση των αποτελεσμάτων, από τη σύνδεση και άλλοι - συσχέτιση των κριτηρίων από προηγούμενα βήματα.

Εδώ, αξίζει να αναφερθεί ότι ο ρόλος του αναλυτή και του εμπειρογνώμονα είναι πάρα πολύ σημαντικός αναφορικά με τον εντοπισμό, οργάνωση και έλεγχο των δεδομένων – στοιχείων για την επίλυση του προβλήματος, ώστε να διευκολύνεται η διαδικασία λήψης αποφάσεων (Multicriteria analysis: A manual, 2009).



Εικόνα 5 Η πολυκριτηριακή ανάλυση για τη λήψη αποφάσεων

1.4 ΤΥΠΟΙ ΜΕΘΟΔΩΝ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Μια από τις πιο σημαντικές και ευρέως διαδεδομένες μεθόδους πολυκριτηριακής υποστήριξης αποφάσεων, στον τομέα της επιχειρησιακής έρευνας είναι ο γραμμικός προγραμματισμός (linear programming), με μια πλειάδα πρακτικών και εφαρμογών.

Μια γενική μορφή του συγκεκριμένου εργαλείου είναι η παρακάτω:

Μεγιστοποίηση - $c^T x$ με περιορισμούς αναφορικά με το πολυκριτηριακό σύστημα υποστήριξης αποφάσεων $Ax \leq b$ και $x \geq 0$.

όπου: $x = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ διανύσματα τα οποία σχετίζονται με τις μεταβλητές αποφάσεων (decision variables), οι οποίες πρέπει σαφώς να καθοριστούν για την επίλυση του επικείμενου προβλήματος, βάσει του γραμμικού προγραμματισμού (M. Alexander, 2012).

$c = (c_1, c_2, c_3, \dots, c_n)$ διανύσματα τα οποία σχετίζονται με τους συντελεστές των μεταβλητών αποφάσεων, αναφορικά με την αντικειμενική συνάρτηση και c^T το αντίστροφο του διανύσματος c .

A αναφέρεται σε έναν πίνακα διαστάσεων $m * n$ και κάθε στοιχείο a_{ij} με αντιστοιχία στο συντελεστή απόφασης (factor of decision) j και στον περιορισμό i .

$b = (b_1, b_2, b_3, \dots, b_n)$ διανύσματα τα οποία σχετίζονται με τους εκάστοτε περιορισμούς.

Η ευκολία σχετικά με τη χρήση της παραπάνω μεθόδου, έγκειται στο ότι υπάρχει η θεώρηση ενός μοναδικού στόχου με την επίλυση των προβλημάτων, να μην παρουσιάζουν ιδιαίτερες μεθοδολογικές δυσκολίες.

Η βέλτιστη λύση, καθορίζεται από το στόχο του προβλήματος μέσω της αντικειμενικής συνάρτησης (objective function), με παράλληλη χρήση γνωστών τεχνικών για τον εντοπισμό της βέλτιστης λύσης, όπως για παράδειγμα η Simplex η οποία δύναται να ικανοποιεί ταυτόχρονα και τους περιορισμούς, του προβλήματος.

Σημείωση: το σύνολο των πιθανά εφικτών λύσεων, οι οποίες θα αξιολογηθούν αντίστοιχα συμβολίζεται ως $A = \{x | A, x \leq b, x \geq 0\}$

Επιπροσθέτως, μια εξίσου διαδεδομένη μέθοδος πολυκριτηριακής υποστήριξης αποφάσεων είναι ο πολυκριτηριακός γραμμικός προγραμματισμός (multi – criteria linear programming), ο οποίος θεωρείται επέκταση του προαναφερθέντος όταν γίνεται εμφάνιση πολλαπλών αντικειμενικών συναρτήσεων της μορφής:

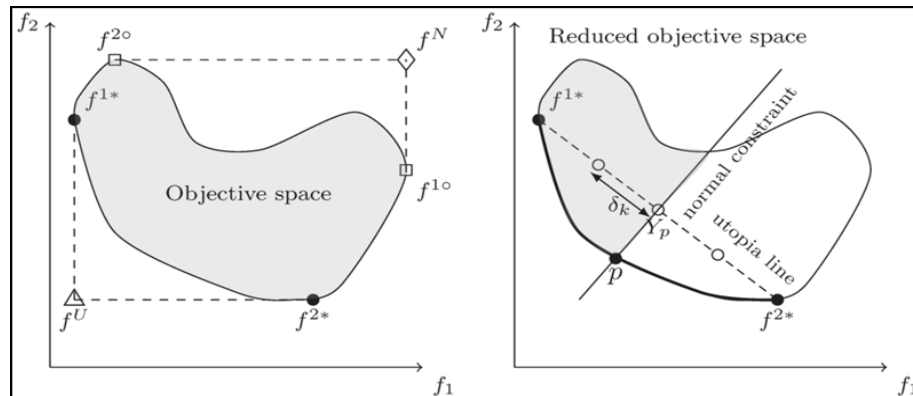
$$f_i(x) = c_i^T x (i = 1, 2, 3, \dots, k)$$

Με τη γενική μορφή του προς επίλυση προβλήματος να ορίζεται ως:

Μεγιστοποίηση – $\{f_1(x), f_2(x), f_3(x), \dots, f_n(x)\}$ και με περιορισμούς $Ax \leq b$ και $x \geq 0$.

Το βασικό μειονέκτημα, για την προαναφερθείσα μέθοδο είναι η αδυναμία στον εντοπισμό της βέλτιστης λύσης, μιας και κάποια λύση που πιθανά βελτιστοποιεί μια από τις αντικειμενικές συναρτήσεις, δύναται να μην ικανοποιεί τις υπόλοιπες. Για το λόγο αυτό, η έννοια της βέλτιστης λύσης δίνει τη θέση του σε αυτή της

αποτελεσματικής λύσης (efficient solution), η οποία στηρίζεται στην έννοια της **κυριαρχίας (dominance)**, μεταξύ των αξιολογούμενων και προτιμητέων λύσεων (Ε. Triantaphyllou & S.H. Mann, 1995).



Εικόνα 6 Σχηματική απεικόνιση του πολυκριτηριακού γραμμικού προγραμματισμού ως μεθόδου πολυκριτηριακής υποστήριξης αποφάσεων

Πίνακας 1 Συνοπτική παρουσία μεθόδων προς τη βελτιστοποίηση της πολυκριτηριακής υποστήριξης αποφάσεων

Μέθοδοι Βελτιστοποίησης Πολυκριτηριακής Υποστήριξης Αποφάσεων	
Ονομασία	Reference
Προγραμματισμός στόχων	Charnes et al. (1955) Charnes and Cooper (1961)
Λεξικογραφική βελτιστοποίηση	Fishburn (1974)
STEM	Benayoun et al. (1971)
GDF	Geoffrion et al. (1972)
Zionts-Wallenius	Zionts and Wallenius (1976)
Interval criterion weights	Steuer (1977)
Interactive surrogate worth tradeoff	Chankong and Haimes (1983)
Interactive weighted Tchebycheff	Steuer and Choo (1983)
TRIMAP	Climaco and Antunes (1987)
Pareto race	Korhonen and Wallenius (1988)
Interactive weighted sums/filtering approach	Steuer (1989)
NIMBUS	Miettinen (1994)
GUESS	Buchanan (1997)
Μέθοδος συντελεστών στάθμισης	Gass and Saaty (1955)
Μέθοδος περιορισμών (ϵ -constraint method)	Haimes et al. (1971)
Augmented ϵ -constraint method (AUGMECON)	Mavrotas (2009)
Μέθοδος σταθμισμένων μετρικών	Zeleny (1973, 1982)
Πολυκριτήρια simplex	Yu and Zeleny (1975)
Υβριδική μέθοδος	Wendell and Lee (1977)

Μέθοδος NISE	Corley (1980)
	Cohon (1978)

1.5 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

1.5.1 Αναλυτική ιεραρχική διαδικασία

Αναφορικά, με την Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (ή Analytical Hierarchy Process – AHP), αναπτύχθηκε για πρώτη φορά από τον καθηγητή του University of Pittsburgh – Thomas L. Saaty, κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του '70 και έμελλε να θέσει τα θεμέλια του πλαισίου λήψης αποφάσεων, μέσω της πολυκριτηριακής ανάλυσης. Η εν λόγω μέθοδος, δίνει τη δυνατότητα ενός ολοκληρωμένου και ορθολογικά δομημένου πλάνου για την επίλυση κάποιου προβλήματος και τη λήψη κατάλληλων αποφάσεων (Golden, B. L., Wasil, E. A., Harker, P. T, 2004).

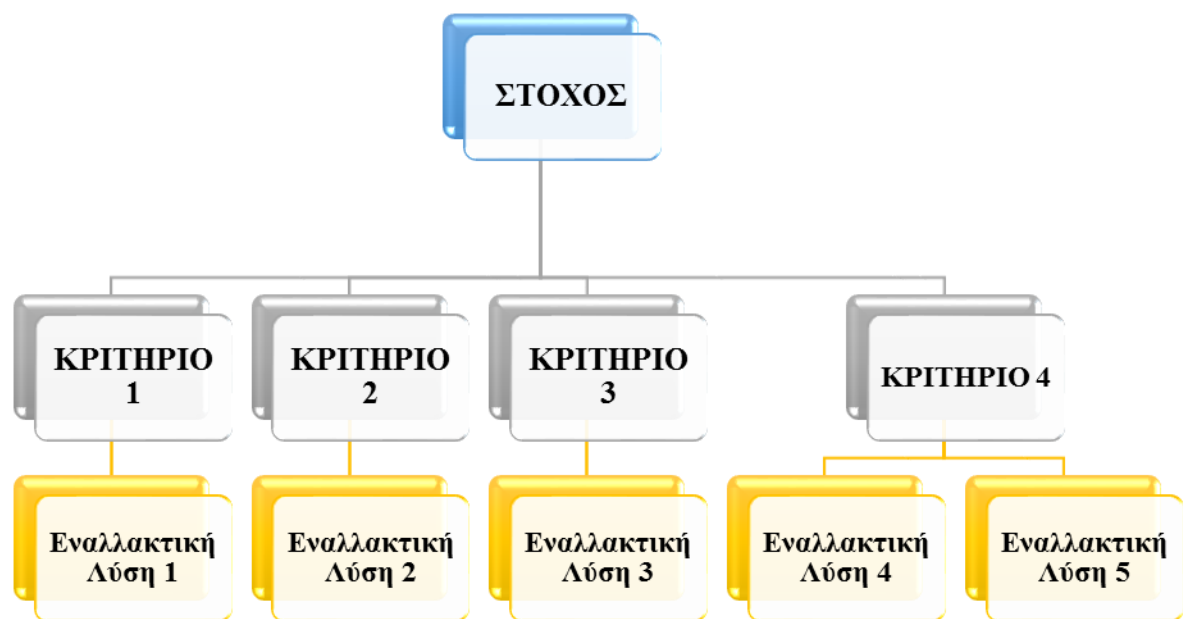
Αυτό μπορεί να επιτευχθεί, μέσω της αναπαράστασης και ποσοτικοποίησης σχετιζομένων με το πρόβλημα δεδομένων - στοιχείων, με απώτερο στόχο την αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων. Είναι ευρέως διαδεδομένη σε παγκόσμιο επίπεδο, αναφορικά με τη διαδικασία «λήψης αποφάσεων» σε εταιρείες και οργανισμούς. Κύρια βάση της μεθόδου είναι, η ανθρώπινη κρίση που καλείται να αναπτύξει ο άμεσα εμπλεκόμενος (αποφασίζων – αναλυτής και εμπειρογνώμονας) και όχι απλά η ανάλυση και αξιολόγηση των εκάστοτε πληροφοριών.

Ένα από τα πιο δυνατά σημεία της μεθόδου είναι, η ικανότητά της ιεραρχικής διάρθρωσης ενός πολύπλοκου και πολύ – παραγοντικού προβλήματος, με πολλαπλά κριτήρια και συνεπακόλουθη έρευνα κάθε επιπέδου ιεραρχίας χωριστά, συνδυάζοντας τα αποτελέσματα με την πάροδο της ανάλυσης. Για το λόγο αυτό, πραγματοποιούνται συγκρίσεις ανά ζεύγη παραγόντων (αιτιών) κάνοντας χρήση μιας κλίμακας, η οποία εμφανίζει το δυνατό σημείο κυριαρχίας κάποιου παράγοντα σχετικά με κάποιον υψηλότερου επιπέδου. Η εν λόγω διαδικασία, αποτελεί μια κλιμάκωση που δύναται να εκφραστεί με βαθμολογία προτεραιότητας ή βαθμολογίες για την κατάταξη των εναλλακτικών κατά περίπτωση λύσεων, άρα στην ουσία έχουμε μια ιεράρχηση στόχων όπως φαίνεται στο διάγραμμα της επόμενης σελίδας (F. Santos & H. Camargo, 2010).

Βάσει του παρακάτω διαγράμματος, βλέπουμε ότι υπάρχουν **4 κριτήρια** τεσσάρων κριτηρίων και **5 εναλλακτικές λύσεις**. Αναφορικά με το **σχεδιασμό της μεθόδου**, αυτός βασίζεται σε ένα μεγάλο ποσοστό από τα εξής χαρακτηριστικά:

- τη φύση του εκάστοτε προβλήματος (type of each problem)
- τη γνώση (expert's knowledge)
- την κρίση – αντίληψη (expert's judgment)
- τις αξίες (expert's values)
- τις ανάγκες (expert's needs)
- τις απόψεις (expert's point of views)
- τις προσδοκίες – απαιτήσεις (expert's requirements)

Σημείωση: η ιεραρχία της μεθόδου, δύναται να υποστεί αλλαγές με την είσοδο νέων δεδομένων – στοιχείων και κατ' επέκταση το πλήθος των εναλλακτικών λύσεων.

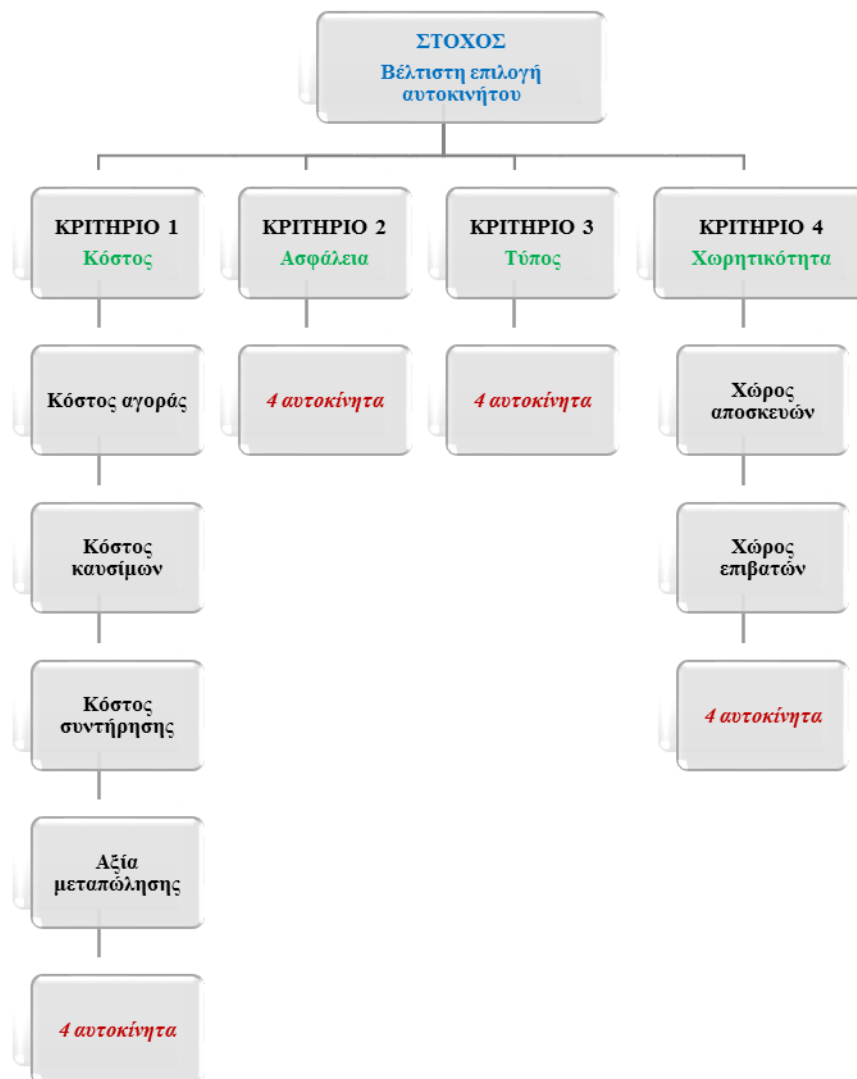


Εικόνα 7 Απεικόνιση επίλυσης προβλήματος με ιεράρχηση 3 επιπέδων μέσω της μεθόδου AHP

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας **(ή Analytical Hierarchy Process – AHP)**

Για να γίνει καλύτερα κατανοητό το πεδίο και εύρος χρήσης της μεθοδολογίας, θα πάρουμε προς εξέταση, ένα απλό παράδειγμα αναφορικά με την

επιλογή επιβατηγού αυτοκινήτου για μια 4μελής οικογένεια (βέλτιστη επιλογή – best solution).



Εικόνα 8 Προσδιορισμός στόχου και των λοιπών δεδομένων για την εφαρμογή της μεθόδου AHP

Πίνακας 2 Θεμελιώδης κλίμακα απόλυτων αριθμών κατά Saaty

Ένταση της Σχετικής Σημασίας	Ορισμός	Ερμηνεία
1	Ίση βαρύτητα	Δυο δραστηριότητες συνεισφέρουν εξίσου στον στόχο.
3	Μέτρια βαρύτητα του ενός	Η εμπειρία και η κρίση ευνοούν

		στοιχείου ως προς ένα άλλο	ελαφρώς μια δραστηριότητα έναντι της άλλης.
	5	Σημαντική βαρύτητα του ενός στοιχείου ως προς ένα άλλο	Η εμπειρία και η κρίση ευνοούν σημαντικά μια δραστηριότητα έναντι της άλλης.
	7	Εκδηλωμένη βαρύτητα	Μια δραστηριότητα ευνοείται ισχυρά και η κυριαρχία της εκδηλώνεται στην πράξη.
	9	Μέγιστη βαρύτητα	Οι λόγοι που ευνοούν τη μια δραστηριότητα έναντι της άλλης είναι του υψηλότερου δυνατού βαθμού επιβεβαίωσης.
	2, 4, 6, 8	Ενδιάμεσες τιμές ανάμεσα σε δύο παρακείμενες κρίσεις	Όταν απαιτείται συμβιβασμός.
Αντίστροφοι των παραπάνω μη-μηδενικών αριθμών		Αν σε μια δραστηριότητα αντιστοιχίζεται ένας από τους παραπάνω αριθμούς, όταν αυτή συγκρίνεται με μια δεύτερη δραστηριότητα, τότε η δεύτερη έχει την αντίστροφη τιμή όταν συγκρίνεται με την πρώτη.	
Ρητοί αριθμοί		Αναλογίες που προκύπτουν από την κλίμακα.	Αν επιβαλλόταν η συνέπεια λαμβάνοντας η αριθμητικές τιμές για το σχηματισμό του πίνακα.

Παρακάτω, φαίνονται τα στοιχεία – δεδομένα τα οποία εισαγάγουμε στο σύστημα πολυκριτηριακής ανάλυσης, βασιζόμενοι στην προαναφερθείσα μέθοδο, για να αξιολογήσουμε κατάλληλα, τις πιθανές επιλογές – λύσεις.

Σημείωση: Η στατιστική επεξεργασία έχει γίνει με το λογισμικό Minitab17 και Excel

Πίνακας 3 Τα στοιχεία που εξετάζονται βάσει της μεθόδου AHP

a/a	Αυτοκίνητο	Κόστος Αγοράς/€	Κόστος Καυσίμων_€/month	Κόστος Συντήρησης_€/month	Αξία Μεταπώλησης/€	Ασφάλεια	Τύπος	Χώρος Αποσκευών /lt	Χώρος Επιβατών /lt
1	Audi A3 Sport Sedan	20800	180	157	1900	9	7	400	800
2	Renault Megan Sedan	19300	152	130	17000	9	7	385	815
3	VW Passat Sedan	21500	165	192	18600	9	7	385	815
4	BMW 3 Series Sedan	42100	220	300	36700	9	7	405	895

Κατόπιν του στατιστικού ελέγχου, με το λογισμικό Minitab17, έχουμε τα παρακάτω αποτελέσματα μέσω τιμών, αναφορικά με τα εξεταζόμενα στοιχεία εν τω συνόλω.

Mean of Κόστος Αγοράς = 25925

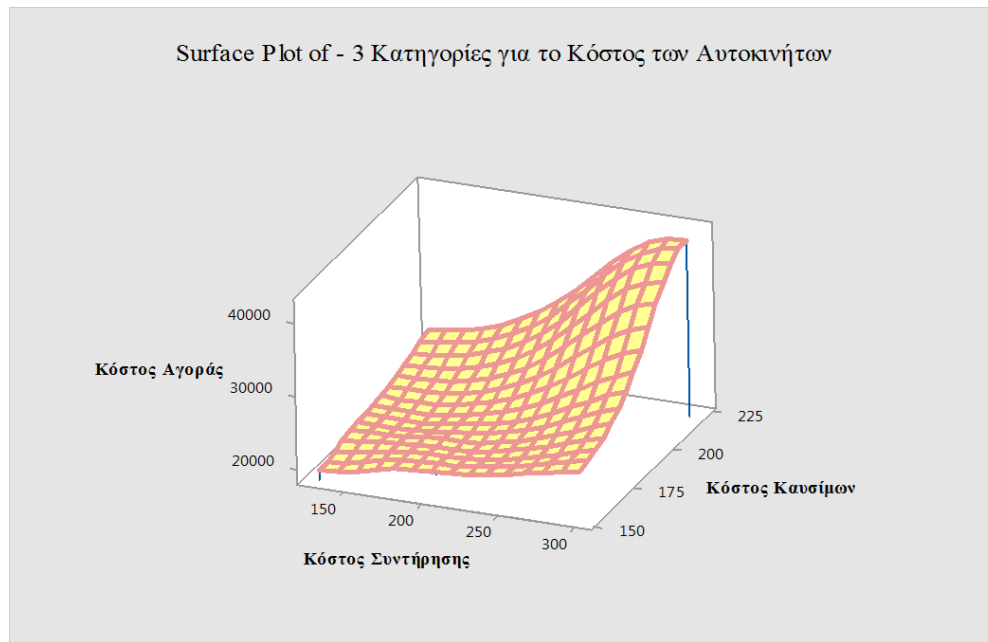
Mean of Κόστος Καυσίμων = 179,25

Mean of Κόστος Συντήρησης = 194,75

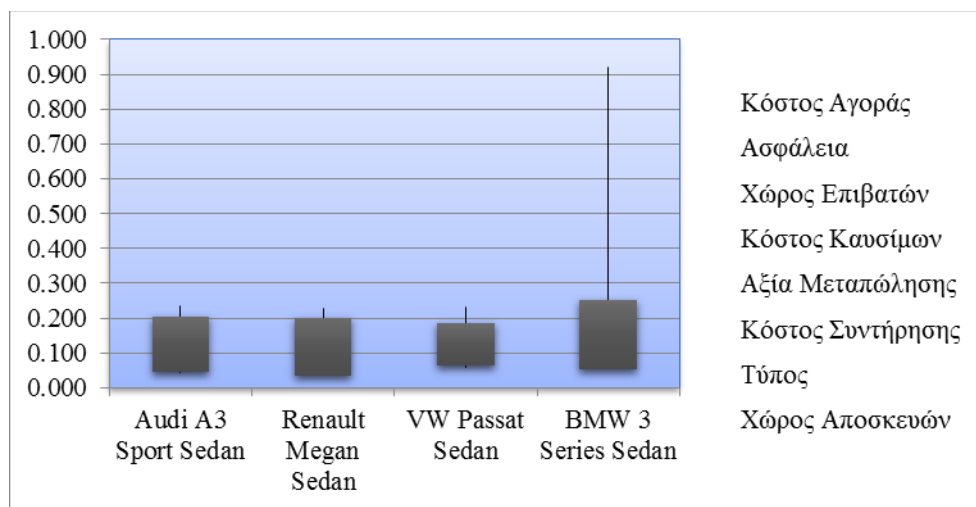
Mean of Αξία Μεταπώλησης = 18550

Mean of Χώρος Αποσκευών = 393,75

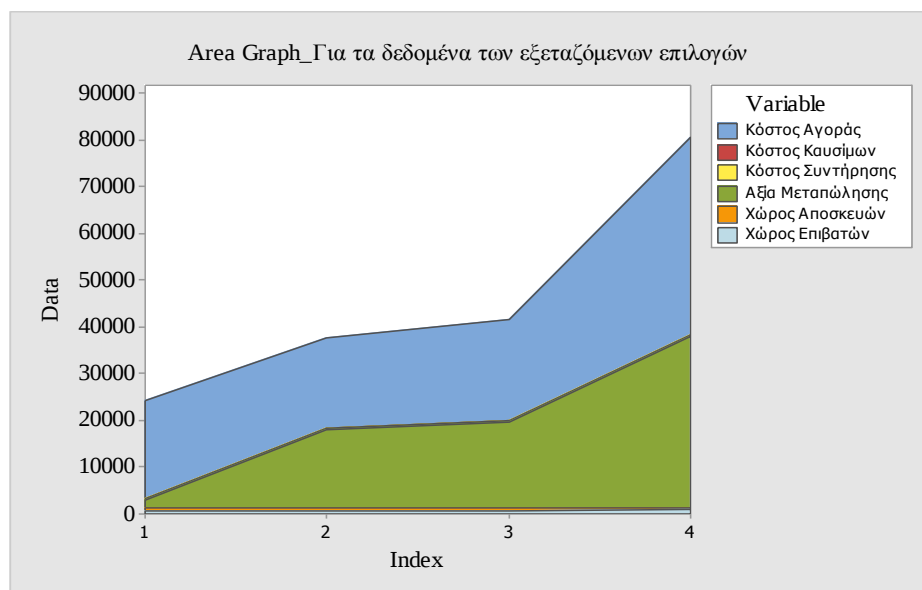
Mean of Χώρος Επιβατών = 831,25



Εικόνα 9 Διακύμανση των 3 κατηγοριών αναφορικά με το κόστος για τις υπό εξέταση επιλογές



Εικόνα 10 Η γενική εικόνα αναφορικά με τους συντελεστές των προς εξέταση επιλογών



Εικόνα 11 Η διακόμανση των σημαντικότερων μεταβλητών ως προς την αξιολόγηση των επιλογών

Πίνακας 4 Υπολογισμός βέλτιστης επιλογής ανά συντελεστή και κατάταξη αυτών με αύξουσα σειρά

Συντελεστής	Audi A3 Sport Sedan	Renault Megan Sedan	VW Passat Sedan	BMW 3 Series Sedan	TOTAL per FACTOR	CLASSIFICATION of IMPORTANCE
Κόστος Αγοράς	0,204	0,200	0,185	0,250	0,839	3
Ασφάλεια	0,237	0,228	0,230	0,245	0,940	2
Χώρος Επιβατών	0,181	0,180	0,178	0,192	0,731	4
Κόστος Καυσίμων	0,135	0,127	0,132	0,145	0,539	5
Αξία Μεταπώλησης	0,085	0,074	0,078	0,920	1,157	1
Κόστος Συντήρησης	0,065	0,050	0,058	0,075	0,248	6
Τύπος	0,058	0,042	0,074	0,085	0,259	7
Χώρος Αποσκευών	0,045	0,036	0,063	0,054	0,198	8
TOTAL per CHOICE	1,010	0,937	0,998	1,966		
		Best feasible choice				

1.5.2 Λήψη αποφάσεων ασαφούς λογικής

Ως έννοια η **ασαφής λογική (fuzzy logic)**, εμφανίστηκε για πρώτη φορά κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του '60, από τον καθηγητή **Lotfi A. Zadeh (University of Berkeley)**. Επίσης, η ασαφής λογική δύναται να δώσει μια ικανοποιητική λύση στη λεγόμενη αρχή του ασυμβίβαστου, όπου στην ουσία «**όταν η πολυπλοκότητα ενός συστήματος τείνει να έχει αυξητική τάση, η ικανότητα που επιδεικνύουμε για ακριβείς και σημαντικές επισημάνσεις, αναφορικά με την απόδοσή του μειώνεται έως το σημείο (ή όριο) όπου οι αντίστοιχες έννοιες της ακρίβειας και σημαντικότητας αποκλείονται, ως αξιολογήσιμοι παράγοντες του εν λόγω συνόλου**». Η συγκεκριμένη αρχή, μπορεί να θεωρηθεί από πολλούς μελετητές – ερευνητές, ως το αποτέλεσμα της **κβαντικής απροσδιοριστίας**, που πρώτος εισήγαγε

ως έννοια ο φυσικός Werner Heisenberg. Ένα σημαντικό στοιχείο της ασαφούς λογικής, είναι οι **ασαφείς ελεγκτές (fuzzy controllers)**, οι οποίοι είναι συστήματα διακριτού χρόνου, παρουσιάζοντας αξιοσημείωτα έντονη γραμμικότητα.

Το προαναφερθέν στοιχείο, χρησιμοποιείται ευρέως στον τομέα του αυτοματισμού (*automation sector*), δύναται να λαμβάνει χώρα σε διακριτό ή συνεχή χρόνο, παρουσιάζοντας παράλληλα γραμμικότητα. Τα δεδομένα εισόδου (*input data*), στις παραπάνω περιπτώσεις αποτελούν το σφάλμα των αποτελεσμάτων εξόδου για το ελεγχόμενο σύστημα ασάφειας, με κύριο χαρακτηριστικό το ρυθμό μεταβολής του (A. Keropyan & A.M. Gil-Lafuente, 2011).

Αξίζει να σημειωθεί ότι, ένα από τα βασικά μειονεκτήματα των ασαφών ελεγκτών είναι, το πλήθος των παραμέτρων οι οποίοι πρέπει να ρυθμιστούν κατά περίπτωση, ώστε να ικανοποιούν τα κριτήρια του ελεγχόμενου συστήματος ασάφειας.

Η διαδικασία επίλυσης ενός προβλήματος ασαφούς λογικής και η ακόλουθη λήψη αποφάσεων, παρουσιάζει βαθμό δυσκολίας και πολυπλοκότητας, λόγω του ότι πρέπει να ρυθμιστούν, συγκεκριμένες μεταβλητές όπως (K. Shang & Z. Hossen, 2013):

- το απαραίτητο πεδίο τιμών για τις ασαφείς μεταβλητές
- η μορφή συναρτήσεων για τα ασαφή σύνολα (*fuzzy sets*)
- η επιλογή κατάλληλου μηχανισμού για την εξαγωγή συμπερασμάτων και των τελεστών, οι οποίοι χρησιμοποιούνται από την ασαφή λογική
- τα δεδομένα εισόδου στο σύστημα ασαφούς ελέγχου
- ο κατάλληλος σχεδιασμός της βάσης αναφορικά με τους κανονισμούς που διέπουν την ασαφή λογική και η οποία θα χρησιμοποιηθεί στην αντίστοιχη λήψη αποφάσεων
- ο λεπτομερής καθορισμός του ρόλου για τον εκάστοτε ασαφή ελεγκτή
- η επιλογή της χρονικής στιγμής δειγματοληψίας και του μεγέθους δείγματος

Επιπροσθέτως, σε περίπτωση έλλειψης μαθηματικού και θεωρητικού υπόβαθρου, με σκοπό την άρτια ρύθμιση των προαναφερθέντων παραγόντων, καθιστά τον **ασαφή έλεγχο (fuzzy control)** μια διαδικασία συνεχών δοκιμών και αξιολόγησης αποτελεσμάτων (*εκροών*).

Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί ότι, η ασαφής λογική αποτελεί μια εξέλιξη του *ασαφούς συνόλου (fuzzy set)*, παίρνοντας την παρακάτω μορφή:

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

και

$$\mu_A: X \rightarrow [0,1], \text{ με } \mu_A(x) = a \in [0,1]$$

όσον αφορά το ασαφές σύνολο αυτό εκφράζεται από τον παρακάτω μαθηματικό τύπο:

$$\mu_A: x \in X, \text{ με } \mu_A(x) \in [0,1]$$

$\mu_A(x) = 1$ σημαίνει ότι το x ανήκει εξ' ολοκλήρου στο A

$\mu_A(x) = 0$ σημαίνει ότι το x δεν ανήκει στο A

$0 < \mu_A(x) < 1$ σημαίνει ότι το x ανήκει μερικώς στο A

Το στοιχείο, $\mu_A(x) \in [0,1]$ υποδηλώνει το βαθμό συμμετοχής με τον οποίο, το δεδομένο $x \in X$ ανήκει στο *ασαφές υποσύνολο (fuzzy sub – set) A* του X .

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ Λήψης Αποφάσεων Ασαφούς Λογικής

Ως ένα απλό παράδειγμα, θα πάρουμε το σύστημα πέδησης του οχήματος (επιβατηγού) και τις αντίστοιχες ενέργειες ελέγχου των φρένων, δηλαδή η πίεση που πρέπει να ασκηθεί στα φρένα μέσω του συστήματος, με τη χρήση ασαφούς λογικής για τη λήψη κατάλληλων αποφάσεων.

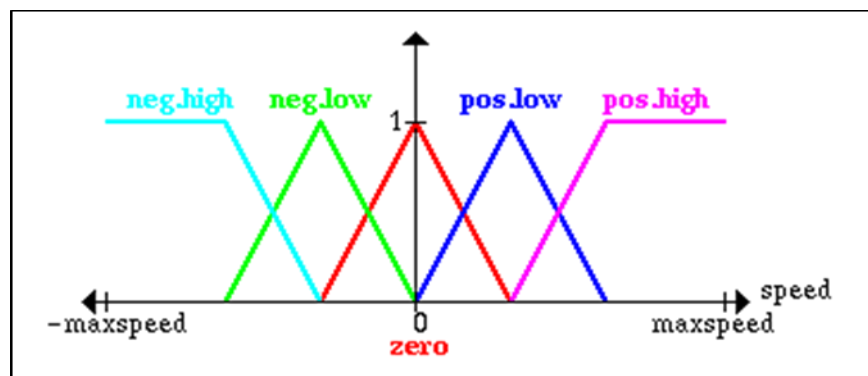
Τα δεδομένα εισόδου στο σύστημα και η συσχέτιση τους σε αυτό καθορίζονται από τις ασαφείς προτάσεις:

- εάν (για την εκάστοτε αιτία)
- κοντά ή μακριά (για ασαφή προσδιορισμό)
- τότε (για την το αποτέλεσμα – επιβαλλόμενη ενέργεια)

Τα παραπάνω ασαφή σύνολα, *{Μεγάλη, Μικρή, Μέτρια}* κωδικοποιούν την τιμή μιας μεταβλητής με δεδομένο εισόδου (*input data*) την *ταχύτητα*, με το ασαφές

σύνολο *{Κοντά, Μακριά}* να κωδικοποιεί την απόσταση στην οποία βρίσκεται το πιθανό εμπόδιο, ενώ το πρόσθετο ασαφές σύνολο *{Μεγάλη, Χαμηλή, Κανονική}* με τη σειρά του να κωδικοποιεί, το μέγεθος της πίεσης που πρέπει να ασκηθεί στα φρένα, με στόχο την ακινητοποίηση του οχήματος.

Σημείωση: όλα τα ασαφή σύνολα, όπως είναι γνωστό είναι στενά συνδεδεμένα και καθορίζονται από συναρτήσεις συμμετοχής οι οποίες μπορούν να δοθούν, από έμπειρους μελετητές – ερευνητές.



Εικόνα 12 Διαγραμματική απεικόνιση της λήψης αποφάσεων για προβλήματα ασαφούς λογικής (περίπτωση ταχύτητας οχήματος)

2 ΛΗΨΗ ΟΜΑΔΙΚΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ (GDM)

2.1 ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΟΥ GDM

Η διαδικασία λήψης ομαδικών αποφάσεων είναι μία από τις πιο συχνές διαδικασίες που συναντάμε, ακόμα και σε καθημερινή βάση, με αποτέλεσμα να έχει κεντρίσει το ενδιαφέρον πολλών ερευνητών παγκοσμίως οι οποίοι ασχολούνται με τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών λήψης αποφάσεων συνδυάζοντας εργαλεία από διάφορες ερευνητικές περιοχές καθώς και ανακαλύπτοντας νέες μεθοδολογίες.

Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, **τα προβλήματα λήψης ομαδικών αποφάσεων** (Group Decision Making – GDM) μπορούν να οριστούν ως οι καταστάσεις (αποφάσεων) κατά τις οποίες ένα σύνολο ή μια ομάδα από αποφασίζοντες ή εμπειρογνώμονες αναζητούν μία κοινή λύση σε ένα πρόβλημα το οποίο αποτελείται από δύο ή περισσότερες πιθανές λύσεις ή εναλλακτικές. Για να επιτευχθεί η εύρεση της κοινής λύσης οι συμμετέχοντες στην διαδικασία λήψης αποφάσεων καταρχήν αξιολογούν τις διάφορες εναλλακτικές που υπάρχουν στο πρόβλημα που καλούνται να αντιμετωπίσουν και στη συνέχεια δηλώνουν τις προτιμήσεις τους. Πιο συγκεκριμένα:

ΟΡΙΣΜΟΣ: Τα κύρια συστατικά ενός προβλήματος λήψης ομαδικών αποφάσεων παρουσιάζονται παρακάτω:

1. Ένα σύνολο $X = \{x_1, \dots, x_n\}$, ($n \geq 2$) από εναλλακτικές από το οποίο θα επιλεγεί η τελική λύση του προβλήματος αναφοράς.
2. Ένα σύνολο $E = \{e_1, \dots, e_m\}$, ($m \geq 2$) από αποφασίζοντες ή εμπειρογνώμονες οι οποίοι εκφράζουν την κρίση τους για τις εναλλακτικές λύσεις που ανήκουν στο σύνολο X .

Κάθε εμπειρογνώμονας e_i , $i \in \{1, \dots, m\}$ δηλώνει τη γνώμη του για τις εναλλακτικές λύσεις του συνόλου X μέσω μίας *δομής προτίμησης*, όπως αποκαλείται (για την οποία θα μιλήσουμε πιο αναλυτικά σε επόμενη ενότητα) (Ivan Palomares L. M., 2014).

Τα περισσότερα προβλήματα λήψης ομαδικών αποφάσεων που συναντάμε στην πράξη ορίζονται μέσα σε ένα περιβάλλον αβεβαιότητας και έτσι οι εμπειρογνώμονες είναι καλό να δηλώνουν τις προτιμήσεις τους χρησιμοποιώντας έναν τρόπο αναπαράστασης της πληροφορίας που να βρίσκεται κοντά στην φυσική γλώσσα, η

οποία είναι η πιο κατάλληλη για την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας αυτής (Ivan Palomares F. J., 2014).

Οι βασικότερες προσεγγίσεις που χρησιμοποιούνται διεθνώς για την αντιμετώπιση των προβλημάτων ομαδικών αποφάσεων που ορίζονται σε περιβάλλοντα αβεβαιότητας και με τις οποίες θα ασχοληθούμε στην παρούσα εργασία είναι η *ασαφής θεωρία συνόλων* (fuzzy set theory) και η *ασαφής γλωσσική προσέγγιση* (fuzzy linguistic approach).

Κατά τη διαδικασία επιλογής της τελικής απόφασης για το πρόβλημα που αντιμετωπίζεται υπάρχει περίπτωση κάποιες φορές να μη ληφθούν σωστά υπόψιν οι προτιμήσεις των εμπειρογνομόνων και να οδηγηθούμε σε καταστάσεις όπου κάποια μέλη της ομάδας λήψης αποφάσεων δεν μένουν ικανοποιημένα με την τελική απόφαση (Ivan Palomares F. J., 2014).

Άλλες προβληματικές καταστάσεις που είναι πιθανό να παρουσιαστούν είναι η συνεργασία μεταξύ κάποιων μελών ή στην αντίθετη περίπτωση ο ανταγωνισμός μεταξύ εμπειρογνομόνων με αποτέλεσμα τη μη-αντικειμενική λήψη αποφάσεων.

Κάποιες λύσεις και οδηγίες για τη διευθέτηση τέτοιων δυσάρεστων καταστάσεων που έχουν προταθεί είναι η χρήση διάφορων κανόνων όπως για παράδειγμα μειοψηφίας, πλειοψηφίας ή ομοφωνίας. Η χρήση του κανόνα της πλειοψηφίας είναι εξάλλου η κύρια αρχή που διέπει τη διαδικασία λήψης ομαδικών αποφάσεων στα σύγχρονα δημοκρατικά συστήματα. Επίσης διάφορα εργαλεία και μεθοδολογίες που βασίζονται στην ασαφή θεωρία συνόλων έχουν αναπτυχθεί για να αντιμετωπίζουν προβλήματα που μπορεί να εμφανιστούν κατά την διαδικασία λήψης ομαδικών αποφάσεων για τα οποία θα μιλήσουμε πιο αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο.

2.2 ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ

Το περιβάλλον αβεβαιότητας που αναφέραμε προηγουμένως και το οποίο συναντάται στα περισσότερα προβλήματα λήψης ομαδικών αποφάσεων στην πράξη, ορίζεται ως *η διαδικασία λήψης αποφάσεων όταν οι παράγοντες που επηρεάζουν την δεδομένη κατάσταση είναι άγνωστοι*.

Η αβεβαιότητα σε ένα περιβάλλον λήψης αποφάσεων μπορεί να εμφανιστεί με διάφορες μορφές. Συνήθως συναντάται στις υποθέσεις των μοντέλων, στα δεδομένα καθώς επίσης και στις παραμέτρους των τιμών. Επιπλέον αβεβαιότητα μπορεί να

παρουσιαστεί στην ερμηνεία ή την εξήγηση των αποτελεσμάτων. Μία ακόμα μορφή αβεβαιότητας είναι αυτή που εμφανίζεται στα άτομα που καλούνται να πάρουν τις αποφάσεις, δηλαδή στους αποφασίζοντες, όπως για παράδειγμα αβεβαιότητα στις προτιμήσεις τους ή αδιαφορία.

Ανάμεσα στις μεθόδους που έχουν προταθεί για την έκφραση της αβεβαιότητας των αποφασιζόντων στα περιβάλλοντα λήψης αποφάσεων είναι η *ανάλυση ευαισθησίας* (sensitivity analysis), όπως αποκαλείται, αλλά αυτή η προσέγγιση έχει χαρακτηριστεί ως ακατάλληλη για την έκφραση πολύπλοκων αποφάσεων. Άλλη προσέγγιση που υπάρχει στη σχετική βιβλιογραφία είναι η PROTRADE (Goicoechea, 1982), η οποία είναι μια στοχαστική τεχνική προγραμματισμού που βασίζεται στην αρχή του συμβιβασμού και η οποία ενώ επεκτείνει τις κλασσικές μεθοδολογίες παρουσιάζει το μειονέκτημα ότι δεν είναι εύκολο να μοντελοποιηθούν όλες οι αβεβαιότητες με τη χρήση πιθανολογικών ταξινομήσεων.

Η χρήση ασαφών μεθόδων για την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας από την άλλη πλευρά φαίνεται να παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα. Αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι η ασαφής συνάρτηση συμμετοχής αναγνωρίζει το ότι μπορεί να μην είμαστε εντελώς σίγουροι για το τι τιμές θα έχουμε στο πρόβλημά μας. Έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διερεύνηση ενός προβλήματος το οποίο είτε είναι κακώς ορισμένο είτε έχει περιορισμένο αριθμό διαθέσιμων δεδομένων.

Οι πιο διαδεδομένες ασαφείς προσεγγίσεις που έχουν προταθεί στην διεθνή βιβλιογραφία είναι οι: *Ασαφής Delphi* (Fuzzy Delphi), *Ασαφής Διαδικασία Αναλυτικής Ιεραρχίας* (Fuzzy Analytical Hierarchy Process - Fuzzy AHP), *Ασαφής προγραμματισμός συμβιβασμού* (Fuzzy compromise programming), *Ασαφείς σχέσεις του Blin* (Blin's fuzzy relations), *Στόχοι με βάρη του Yager* (Yager's weighted goals, 1978), *Προσέγγιση Ασαφών Σχέσεων* (Fuzzy Relations Approach), *Μέθοδος Συγκέντρωσης απόστασης* (Distance Aggregation Method), *Μέθοδος Συγκέντρωσης Ομοιότητας* (Similarity Aggregation Method - SAM), *Ημι-αριθμητική Μέθοδος των Marimin* κά (Marimin et al.'s Semi-numeric Method) και *Μέθοδος του Niskanen*.

2.3 ΑΣΑΦΕΙΑ

Εκτός από την αβεβαιότητα η οποία μπορεί να κάνει ένα πρόβλημα λήψης ομαδικών αποφάσεων πιο δύσκολο στην επίλυσή του, υπάρχει και ο παράγοντας της

ασάφειας που μπορεί να συναντηθεί στα προβλήματα αυτά και να αυξήσει ακόμα περισσότερο την πολυπλοκότητά τους.

Όταν μιλάμε για ασάφεια στη λήψη ομαδικών αποφάσεων αναφερόμαστε στην *έννοια που σχετίζεται με την ποσοτικοποίηση της ποιοτικής πληροφορίας* και οφείλεται συνήθως σε ανακριβή δεδομένα. Το πρόβλημα ωστόσο σύμφωνα με τους ειδικούς δεν οφείλεται τόσο στις λέξεις αυτές καθαυτές που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση των εννοιών όσο στον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβάνεται ο καθένας μας τους *λεκτικούς προσδιορισμούς* που χρησιμοποιούνται για να χαρακτηρίσουν τις ποσοτικές πληροφορίες. Όταν για παράδειγμα για να περιγράψουμε μία ιδιότητα χρησιμοποιούμε φράσεις όπως «πολύ λίγο», «λίγο πιο», «όχι και τόσο» δεν είναι πάντα ξεκάθαρο το τι εννοούμε (Ι. Βλαχάβας).

Επειδή λοιπόν η ποσοτικοποίηση της ποιοτικής πληροφορίας, ιδιαίτερα όταν δεν χρησιμοποιούνται ξεκάθαρες εκφράσεις για την περιγραφή της, μπορεί να έχει και μία υποκειμενική συνιστώσα συχνά δεν υπάρχει κοινή κατανόηση της ίδιας πληροφορίας με αποτέλεσμα να δημιουργείται ασάφεια αντί να ξεκαθαρίζει το περιβάλλον μέσα στο οποίο ορίζεται το πρόβλημα που επιθυμούμε να αντιμετωπίσουμε.

Πολλές φορές οι έννοιες της αβεβαιότητας και της ασάφειας ιδιαίτερα όταν συνυπάρχουν σε ένα πρόβλημα έχουν κοινά αίτια ή εκφράζονται με παρόμοιες μορφές. Για παράδειγμα ασάφεια μπορεί να εμφανιστεί στις προτιμήσεις των εμπειρογνομόνων και πάλι, ενώ ο βαθμός της εξαρτάται από τη φύση των κριτηρίων με τα οποία καλούνται να αποφασίσουν την τελική λύση.

Άλλοι λόγοι που οδηγούν σε ένα περιβάλλον ασάφειας, εκτός από το γεγονός της ποσοτικοποίησης της ποιοτικής πληροφορίας, είναι η μη ολοκληρωμένη ή ελλιπής γνώση που μπορεί να έχουμε για τις παραμέτρους του προβλήματος και το ότι μπορεί να μη γνωρίζουμε την ακριβή τιμή κάποιων παραμέτρων (Χάρης Δούκας, 2016).

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία η ασαφής λογική και η θεωρία ασαφών συνόλων μπορούν να προσφέρουν έναν αποτελεσματικό τρόπο χειρισμού της ασάφειας καθώς όλη η συλλογιστική τους διαδικασία βασίζεται στην αρχή της ασάφειας.

2.4 ΓΛΩΣΣΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ

Η έννοια των γλωσσικών μεταβλητών εισήχθη για πρώτη φορά από τον Zadeh το 1975. Από τότε ο τρόπος αυτός αναπαράστασης πληροφορίας έχει γίνει αρκετά δημοφιλής και χρησιμοποιείται ευρέως στη διαδικασία λήψης αποφάσεων ιδιαίτερα όταν τα προβλήματα διατυπώνονται σε περιβάλλοντα ασάφειας και αβεβαιότητας. Οι **γλωσσικές μεταβλητές** θα μπορούσαμε να πούμε με απλά λόγια ότι είναι μεταβλητές των οποίων οι τιμές δεν είναι αριθμοί αλλά λέξεις ή προτάσεις εκφρασμένες σε φυσική ή τεχνητή γλώσσα, ενώ οι τιμές που παίρνουν οι μεταβλητές καλούνται **γλωσσικές ετικέτες** (linguistic labels) (Chen, 2005).

Η χρήση των γλωσσικών μεταβλητών στη διαδικασία λήψης ομαδικών αποφάσεων έχει κριθεί ως ιδιαίτερα αποτελεσματική καθώς επιτρέπει την αναπαράσταση της πληροφορίας με τέτοιο τρόπο ώστε να μην χρειάζεται να πραγματοποιηθεί ποσοτικοποίηση των ποιοτικών εννοιών ουσιαστικά, γλιτώνοντας έτσι τα μειονεκτήματα που ακολουθούν τη διαδικασία αυτή, όπως είδαμε και προηγουμένως.

Επιπλέον η χρήση των γλωσσικών μεταβλητών είναι κάτι με το οποίο είμαστε όλοι εξοικειωμένοι καθώς στην καθημερινότητα μας χρησιμοποιούμε γλωσσικές μεταβλητές και γλωσσικές ετικέτες συνεχώς. Όταν για παράδειγμα λέμε «η θερμοκρασία σήμερα είναι χαμηλή» ουσιαστικά δηλώνουμε ότι η γλωσσική μεταβλητή «θερμοκρασία» έχει την τιμή (ή τη γλωσσική ετικέτα) «χαμηλή».

Για τον ορισμό των λέξεων που χαρακτηρίζουν μια γλωσσική μεταβλητή με μαθηματικούς όρους χρησιμοποιούνται τα ασαφή σύνολα. Έτσι για να ορίσουμε πιο τυπικά την έννοια των **γλωσσικών μεταβλητών** θα χρησιμοποιήσουμε τον ορισμό του Zadeh.

ΟΡΙΣΜΟΣ: Μία γλωσσική μεταβλητή χαρακτηρίζεται από μία πεντάδα $(H, T(H), U, G, M)$ όπου το H συμβολίζει το όνομα της μεταβλητής, το $T(H)$ δηλώνει το σύνολο των όρων του συνόλου H , δηλαδή το σύνολο των ονομάτων των γλωσσικών τιμών του H , του οποίου κάθε τιμή είναι ασαφής μεταβλητή η οποία δηλώνεται γενικά ως X και κυμαίνεται σε ένα σύμπαν αναφοράς U το οποίο είναι συνδεδεμένο με τη μεταβλητή u . Το G είναι ένας συντακτικός κανόνας που παράγει τα ονόματα των τιμών του H , και το M είναι ένας σημασιολογικός κανόνας ο οποίος καθορίζει για κάθε γλωσσική τιμή του H ένα ασαφές σύνολο, δηλαδή μια συνάρτηση συμμετοχής, $M(X)$, το οποίο είναι υποσύνολο του U .

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΟΡΙΣΜΟΥ Γλωσσικής Μεταβλητής

Για να γίνει περισσότερο κατανοητός ο παραπάνω ορισμός θα δώσουμε ένα σχετικό παράδειγμα. Η γλωσσική μεταβλητή «απόσταση» μπορεί να πάρει τις τιμές «Πολύ μακριά», «Μακριά», «Κοντά», «Πολύ κοντά», κτλ. Η συνάρτηση συμμετοχής (membership function) περιγράφει αυτές τις γλωσσικές τιμές με αριθμητικούς όρους. Για παράδειγμα για να περιγράψουμε τη λέξη «Πολύ μακριά» μπορούμε να πούμε ότι κάθε απόσταση πάνω από 100 χιλιόμετρα βρίσκεται πολύ μακριά. Κάτι που βρίσκεται σε απόσταση κάτω από 20 μέτρα μπορούμε να πούμε ότι βρίσκεται «Πολύ κοντά». Για να περιγράψουμε τα παραπάνω ως συνάρτηση κατασκευάζουμε ένα σύστημα αξόνων στο οποίο ο άξονας των x αναπαριστά την απόσταση σε μέτρα και ο άξονας των y συμβολίζει την «συμμετοχή» μιας συγκεκριμένης απόστασης στον ορισμό της έννοιας «Πολύ μακριά». Σε αποστάσεις κάτω από τα 100 χιλιόμετρα η συμμετοχή (ή ο βαθμός συμμετοχής) παίρνει την τιμή 0 δηλώνοντας ότι οι αποστάσεις αυτές δεν ανήκουν στον ορισμό της έννοιας «Πολύ μακριά» ενώ σε αποστάσεις πάνω από τα 100 χιλιόμετρα ο βαθμός συμμετοχής είναι 1, δηλώνοντας ότι οι αποστάσεις αυτές ανήκουν εξ' ολοκλήρου στον ορισμό της λέξης «Πολύ μακριά». Μία γραμμή μεταξύ των τιμών 100 και 50 χιλιόμετρα δείχνει τη σταδιακή αύξηση της συμμετοχής της απόστασης στον ορισμό της έννοιας «Μακριά». Με αντίστοιχο τρόπο όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό μπορούμε να αναπαραστήσουμε και τις λέξεις «Κοντά» και «Πολύ κοντά». Όπως παρατηρούμε με τη βοήθεια των γλωσσικών μεταβλητών και των συναρτήσεων συμμετοχής γίνεται ουσιαστικά δυνατή η αναπαράσταση και διεξαγωγή της συλλογιστικής πορείας που πραγματοποιείται από τον άνθρωπο.

Ένα μειονέκτημα της μεθόδου αυτής παρουσιάζεται όταν δεν υπάρχουν πολλές διαβαθμίσεις στις τιμές της μεταβλητής και απαιτείται ένα αυστηρό όριο, έστω x_T , για τον προσδιορισμό της διάκρισης μεταξύ των αποδεκτών και των μη αποδεκτών τιμών δύο «αντίθετων» κατηγοριών (π.χ. για $x < x_T$ η απόσταση είναι «Κοντά» ενώ για $x > x_T$ η απόσταση είναι «Μακριά») καθώς συχνά στην πράξη ένα τέτοιο δεν είναι ρεαλιστικό.

Στις περιπτώσεις δηλαδή που δεν έχουμε σταδιακή αύξηση ή μείωση της συμμετοχής της μεταβλητής που μελετάμε στις διάφορες τιμές και μελετάμε τις τιμές κατά τις οποίες αλλάζει κατηγορία η μεταβλητή πολλές φορές μπορεί να δημιουργηθεί σύγχυση. Για παράδειγμα αν ορίσουμε ότι η απόσταση μεταξύ δύο αντικειμένων θεωρείται κοντινή αν αυτά απέχουν λιγότερο από 20 μέτρα και μακρινή αν αυτά έχουν απόσταση μεγαλύτερη από 20 μέτρα, κάτι το οποίο ακούγεται πολύ

φυσιολογικό σαν παραδοχή, δύο αντικείμενα που απέχουν μεταξύ τους 20 μέτρα και 2 εκατοστά δεν είναι τόσο ξεκάθαρο γιατί δεν ανήκουν στην κατηγορία της κοντινής απόστασης.

Για να ορίσουμε τυπικά την έννοια των **γλωσσικών ετικετών** θα χρησιμοποιήσουμε τον παρακάτω ορισμό (M. Delgado, 1998.), (F. Herrera E. H.-V., 2000):

ΟΡΙΣΜΟΣ: Ένα σύνολο γλωσσικών ετικετών S είναι ένα πεπερασμένο ολικά διατεταγμένο σύνολο όρων από γλωσσικές ετικέτες $S = \{s_0, s_1, \dots, s_T\}$, με $s_i > s_j$ για κάθε $i > j$. Ένα τέτοιο σύνολο από γλωσσικές ετικέτες έχει τις ακόλουθες ιδιότητες:

- Διάταξη, δηλαδή $s_i > s_j$ για κάθε $i > j$.
- Τελεστή άρνησης, $Neg(s_i) = s_j$ έτσι ώστε $j = T - i$.
- Όταν το T είναι άρτιος αριθμός, η πληθικότητα του συνόλου των γλωσσικών ετικετών είναι περιττός αριθμός ($T+1$).
- Τελεστή μεγιστοποίησης, $MAX(s_i, s_j) = s_i$ αν $s_i > s_j$.
- Τελεστή ελαχιστοποίησης, $MIN(s_i, s_j) = s_j$ αν $s_i > s_j$.
- Συμμετρία, δηλαδή τα s_i, s_{T-i+2} είναι συμμετρικά ως προς τη μεσαία ετικέτα $s_{T/2+1}$.
- Αντιστροφή διάταξης, δηλαδή για κάθε $S_i > S_j$, $Neg(S_i) \leq Neg(S_j)$.
- Για κάθε $Neg(Neg(S_i)) = S_i$, για όλα τα i .

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΟΡΙΣΜΟΥ Γλωσσικών Ετικετών

Για να αντιληφθούμε καλύτερα τα παραπάνω θα χρησιμοποιήσουμε ένα σχετικό παράδειγμα από τη διεθνή βιβλιογραφία (F. Herrera E. H.-V., 2000). Ένα σύνολο γλωσσικών ετικετών μπορεί να είναι το ακόλουθο:

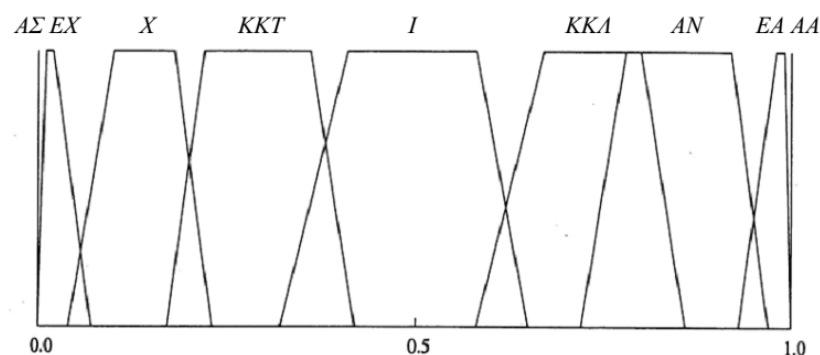
$$S = \{s_0 = A\Sigma, s_1 = EX, s_2 = X, s_3 = KKT, s_4 = I, s_5 = KKA, s_6 = AN, s_7 = EA, s_8 = AA\}.$$

Η ερμηνεία των παραπάνω ετικετών φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα:

$s_0 = A\Sigma \rightarrow$	Ασύγκριτος
$s_1 = EX \rightarrow$	Εξαιρετικά Χειρότερος
$s_2 = X \rightarrow$	Χειρότερος
$s_3 = KKT \rightarrow$	Κάπως Κατώτερος
$s_4 = I \rightarrow$	Ισοδύναμος
$s_5 = KKA \rightarrow$	Κάπως Καλύτερος
$s_6 = AN \rightarrow$	Ανώτερος
$s_7 = EA \rightarrow$	Εξαιρετικά Ανώτερος
$s_8 = AA \rightarrow$	Ασφαλώς Ανώτερος

Οι συναρτήσεις συμμετοχής του συνόλου γλωσσικού ετικετών του παραδείγματος απεικονίζονται στην παρακάτω εικόνα.

Όπως παρατηρούμε από τη μία πλευρά στο παράδειγμα μας οι διαβαθμίσεις της γλωσσικής μεταβλητής είναι αρκετές και έτσι η μετάβαση από τη μία κατηγορία στην άλλη γίνεται με αρκετά ομαλό τρόπο και από την άλλη πλευρά η συνάρτηση συμμετοχής έχει τραπεζοειδή μορφή και συνεπώς έχουμε μία σταδιακή αύξηση (και μείωση αντίστοιχα) της συμμετοχής η οποία είναι πιο κατάλληλη για την αντιμετώπιση των μειονεκτημάτων που αναφέρθηκαν προηγουμένως.



Εικόνα 13 Συνάρτηση συμμετοχής του συνόλου γλωσσικού ετικετών του παραδείγματος.

Επίσης να αναφέρουμε στο σημείο αυτό ότι πολλές φορές στην πράξη εκτός από τη γραφική αναπαράσταση της συνάρτησης συμμετοχής ενός συνόλου γλωσσικών ετικετών είναι χρήσιμο να πραγματοποιείται και η αντιστοίχιση των γλωσσικών ετικετών σε *αριθμητικές* συναρτήσεις συμμετοχής μέσω των οποίων γίνεται ακόμα πιο εύκολα κατανοητή η ερμηνεία των γλωσσικών ετικετών.

Επιστρέφοντας στο παράδειγμά μας, μία τέτοια αντιστοίχιση των γλωσσικών ετικετών σε αριθμητικές συναρτήσεις συμμετοχής φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 6 Αντιστοίχιση των γλωσσικών ετικετών του παραδείγματος σε αριθμητικές συναρτήσεις συμμετοχής.

α/α	Γλωσσική Ετικέτα	Αριθμητικές Συναρτήσεις Συμμετοχής
s_0	$A\Sigma$	$(0, 0, 0, 0)$
s_1	EX	$(0.01, 0.02, 0.01, 0.05)$
s_2	X	$(0.1, 0.18, 0.06, 0.05)$
s_3	KKT	$(0.22, 0.36, 0.05, 0.06)$
s_4	I	$(0.41, 0.58, 0.09, 0.07)$
s_5	$KK\Lambda$	$(0.63, 0.80, 0.05, 0.06)$
s_6	AN	$(0.78, 0.92, 0.06, 0.05)$
s_7	EA	$(0.98, 0.99, 0.05, 0.01)$
s_8	AA	$(1, 1, 0, 0)$

Χωρίς να μπούμε σε πολλές λεπτομέρειες να αναφέρουμε ότι η συνάρτηση που χρησιμοποιείται στο παράδειγμα αυτό χαρακτηρίζεται ως γραμμική τραπεζοειδής συνάρτηση συμμετοχής και ορίζεται ως μία τετράδα με την ακόλουθη γενική μορφή (x_0, x_1, x_2, x_3) , όπου τα x_1, x_2 (οι δύο μεσαίες τιμές της συνάρτησης) δηλώνουν τις τιμές του άξονα x που ορίζουν το διάστημα στο οποίο η συνάρτηση παρουσιάζει τη

μέγιστη τιμή 1. Επίσης τα x_0, x_3 είναι το αριστερό και δεξί όριο, αντίστοιχα, του πεδίου ορισμού της συνάρτησης.

Όπως παρατηρούμε οι αριθμητικές συναρτήσεις συμμετοχής είναι αρκετά χρήσιμες για να ερμηνεύσουμε τις γλωσσικές ετικέτες και συγκεκριμένα η γραμμική τραπεζοειδής συνάρτηση συμμετοχής σύμφωνα με τη βιβλιογραφία είναι μία από τις καλύτερες προσεγγίσεις για αποτυπωθεί η ασάφεια των γλωσσικών αποτιμήσεων με ικανοποιητικό τρόπο.

2.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΜΕ ΛΕΞΕΙΣ ΓΙΑ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΣΥΛΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ

Όπως είναι ευρέως γνωστό ο πιο διαδεδομένος τρόπος για να επικοινωνούν οι άνθρωποι μεταξύ τους, να κατανοούν το περιβάλλον τους αλλά και να συμμετέχουν σε διαδικασίες ανταλλαγής απόψεων καθώς και συλλογιστικής πορείας είναι μέσω των λέξεων. Οι λέξεις όμως δεν είναι αρκετές και για την επικοινωνία των υπολογιστών καθώς χρειάζονται πιο τυπικά σύμβολα για να μπορέσουν να αντιληφθούν τις διαδικασίες του περιβάλλοντός τους και όσα θέλει να τους μεταφέρει ο χρήστης τους.

Για να λυθεί αυτό το πρόβλημα της διαφοράς επικοινωνίας ανθρώπων και υπολογιστών ο Zadeh πρότεινε την έννοια της *Υπολογιστικής με Λέξεις* η οποία έχει σαν θεωρητικό υπόβαθρο την θεωρία των ασαφών συνόλων. Έτσι η μεθοδολογία της Υπολογιστικής με Λέξεις χρησιμοποιείται σε διαδικασίες συλλογιστικής και ουσιαστικά παρέχει ένα κοινό πλαίσιο αναφοράς το οποίο επιτρέπει την επικοινωνία και κατανόηση της ανταλλαγής των πληροφοριών που ανταλλάσσονται μεταξύ ανθρώπων και υπολογιστών. Στην προσέγγιση αυτή οι έννοιες που ανήκουν σε ένα λεξιλόγιο μοντελοποιούνται μέσω ασαφών συνόλων και έτσι γίνονται εύκολα αντιληπτές και από τα δύο μέρη. Δηλαδή από το επίπεδο των λέξεων το οποίο είναι κατανοητό για τον ανθρώπινο νου, μέσω του λεξιλογίου και των ασαφών συνόλων μεταφερόμαστε στο επίπεδο των αριθμών το οποίο γίνεται εύκολα αντιληπτό από τους υπολογιστές.

Βασική έννοια της Υπολογιστικής με Λέξεις αποτελούν οι *γλωσσικοί όροι*, δηλαδή οι λέξεις ή φράσεις οι οποίες χρησιμοποιούνται για να εκφράσουν την τιμή μιας ιδιότητας. Για παράδειγμα αν θέλουμε να μιλήσουμε για την ιδιότητα απόσταση θα μπορούσαμε να εκφράσουμε τις τιμές της μέσω των ακόλουθων λέξεων και

φράσεων: «Πολύ κοντά», Κοντά», «Μακριά» και «Πολύ μακριά», όπως έχουμε αναφέρει και σε προηγούμενες ενότητες.

Όπως παρατηρούμε η αναπαράσταση της πληροφορίας αυτής καθώς επίσης και το νόημα της ιδιότητας για την οποία θέλουμε να μιλήσουμε γίνονται εύκολα αντιληπτά από τον άνθρωπο και έτσι μπορεί να συμμετάσχει σε διαδικασίες συλλογιστικής που αφορούν την ιδιότητα αυτή. Για να μπορέσει όμως το νόημα της πληροφορίας αυτής να γίνει κατανοητό και από τους υπολογιστές (για τους οποίους όσο περίεργο και να μας φαίνεται είναι κάτι εντελώς θολό και ανακριβές) και να είναι σε θέση να πραγματοποιήσουν διαδικασίες συλλογιστικής είναι απαραίτητη η χρήση πιο τυπικών εργαλείων, όπως αυτών που προσφέρουν τα ασαφή σύνολα. Πιο τυπικά λοιπόν:

ΟΡΙΣΜΟΣ: Έστω ότι με P συμβολίζουμε έναν *γλωσσικό όρο* (π.χ. «Κοντά») που ανήκει σε ένα λεξιλόγιο σχετικό με μία ιδιότητα A (π.χ. «Απόσταση»). Μπορούμε τότε να εκφράσουμε τον γλωσσικό όρο P ως ένα ασαφές υποσύνολο του πεδίου τιμών $Y \in R$ της ιδιότητας A . Θεωρώντας επιπλέον μία τιμή $y \in Y$ που ανήκει στο πεδίο τιμών της A , ο βαθμός συμμετοχής με τον οποίο το $y \in Y$ ανήκει στο P , $P(y) \in [0,1]$ δηλώνει τον *βαθμό συμβατότητας* της τιμής y με τον γλωσσικό όρο P (θυμηθείτε και ενότητα 1.5.2).

Αξίζει να αναφέρουμε σε αυτό το σημείο ότι η επιλογή των γλωσσικών όρων που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν μία ιδιότητα καθώς και ο ορισμός της σημασιολογίας τους (μέσω ασαφών συνόλων) είναι σημαντικό να πραγματοποιείται από ειδικούς, οι οποίοι θα είναι υπεύθυνοι και για να παρέχουν στον υπολογιστή τους γλωσσικούς όρους που θα χρησιμοποιηθούν αλλά και τις συναρτήσεις συμμετοχής τους στα αντίστοιχα ασαφή σύνολα (Ivan Palomares F. J., 2014).

2.6 ΟΜΑΔΙΚΕΣ ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ ΜΕ ΓΛΩΣΣΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ

Όπως αναφέρθηκε και στο εννοιολογικό πλαίσιο της λήψης ομαδικών αποφάσεων, για τη δήλωση της προτίμησης των εμπειρογνομόνων σχετικά με τις εναλλακτικές λύσεις που προσφέρονται για το πρόβλημα που καλούνται να αντιμετωπίσουν χρησιμοποιείται μία δομή προτίμησης. Μία από τις πιο γνωστές δομές τέτοιου είδους λοιπόν, και με την οποία θα ασχοληθούμε στην παρούσα εργασία, είναι η λεγόμενη *γλωσσική σχέση προτίμησης* η οποία βασίζεται στην ασαφή

λογική. Στα περιβάλλοντα αβεβαιότητας οι ασαφείς σχέσεις προτίμησης έχουν αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματικές και ορίζονται ως εξής:

ΟΡΙΣΜΟΣ: Δεδομένου ενός εμπειρογνώμονα $e_i \in E, i \in \{1, \dots, m\}$ και δύο διαφορετικών εναλλακτικών $x_l, x_k \in X$ τέτοιων ώστε τα $l, k \in \{1, \dots, n\}$ και ($l \neq k$), η *αποτίμηση* (assessment) της ασαφούς σχέσης προτίμησης του ζεύγους (x_l, x_k) , η οποία δηλώνεται ως $p_i^{lk} \in [0, 1]$, αναπαριστά το βαθμό προτίμησης της εναλλακτικής x_l σε σχέση με την εναλλακτική x_k σύμφωνα με την εκτίμηση του εμπειρογνώμονα e_i έτσι ώστε όταν το $p_i^{lk} > 1/2$ να σημαίνει ότι το x_l προτιμάται έναντι του x_k , όταν το $p_i^{lk} < 1/2$ να σημαίνει ότι το x_k προτιμάται έναντι του x_l , και τέλος όταν $p_i^{lk} = 1/2$ δηλώνεται ότι ουσιαστικά δεν υπάρχει κάποια προτίμηση μεταξύ των x_l και x_k . Επίσης:

ΟΡΙΣΜΟΣ: Μία ασαφής σχέση προτίμησης P_i συνδυασμένη με έναν εμπειρογνώμονα $e_i, i \in \{1, \dots, m\}$, αναφορικά με ένα σύνολο εναλλακτικών X είναι ένα ασαφές σύνολο στον χώρο $X \times X$, το οποίο χαρακτηρίζεται από τη συνάρτηση συμμετοχής $\mu_{P_i} : X \times X \rightarrow [0, 1]$. Όταν το σύνολο των εναλλακτικών λύσεων n είναι πεπερασμένο, το P_i αναπαρίσταται από έναν πίνακα διαστάσεων $n \times n$, ο οποίος περιέχει τις αξιολογήσεις $p_i^{lk} = \mu_{P_i}(x_l, x_k)$ και έχει την ακόλουθη μορφή:

$$P_i = \begin{pmatrix} - & \dots & p_i^{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_i^{n1} & \dots & - \end{pmatrix}$$

Οι αξιολογήσεις $p_i^{ll}, l \in \{1, \dots, n\}$, που βρίσκονται στη διαγώνιο του πίνακα δεν ορίζονται καθώς κάθε εναλλακτική x_l δεν έχει νόημα να αξιολογηθεί σε σχέση με τον εαυτό της (Ivan Palomares F. J., 2014).

Μία αξιολόγηση p_i^{lk} μπορεί να εκφραστεί ως ένας *γλωσσικός όρος* s_u (για παράδειγμα «Πολύ καλύτερος», «Αρκετά χειρότερος», κτλ.) που ανήκει σε ένα σύνολο γλωσσικών όρων $S = \{s_0, s_1, \dots, s_g\}$, το οποίο έχει βαθμό λεπτομέρειας (granularity) g (θυμηθείτε ορισμό γλωσσικών ετικετών). Αρκετές φορές στην πράξη για λόγους ευκολίας θεωρείται ότι το σύνολο S αποτελείται από τους γλωσσικούς όρους $s_u, u \in \{0, 1, \dots, g\}$ οι οποίοι είναι συμμετρικά κατανομημένοι γύρω από έναν κεντρικό όρο και είναι διατεταγμένη σύμφωνα με κάποια κλίμακα (π.χ. αύξουσα) έτσι ώστε το σύνολο S να έχει περιττή πληθικότητα $|S| = g + 1$.

Με αυτόν τον τρόπο λοιπόν δηλώνονται οι προτιμήσεις των εμπειρογνομόνων σε σχέση με τις διαθέσιμες επιλογές που τους έχουν δοθεί για το πρόβλημα για το οποίο έχουν κληθεί να λάβουν μία ομαδική απόφαση.

Η μεθοδολογία τώρα που θα ακολουθηθεί για να επιλεγεί η τελική λύση του προβλήματος μπορεί να διαφέρει από μεθοδολογία σε μεθοδολογία και μπορούμε να επιλέξουμε είτε την α) άμεση προσέγγιση, στην οποία η λύση βρίσκεται άμεσα και μόνο παρατηρώντας τις προτιμήσεις των εμπειρογνομόνων, είτε την β) έμμεση προσέγγιση, κατά την οποία στη διαδικασία λήψης της τελικής απόφασης λαμβάνεται υπόψιν και η κοινωνική γνώμη, κάνοντας το μοντέλο υπολογισμού της λύσης πιο σύνθετο αλλά και πιο ρεαλιστικό ιδιαίτερα σε περιβάλλοντα όπου το κοινωνικό αντίκτυπο στην αντιμετώπιση του προβλήματος που επιθυμούμε να λυθεί είναι μεγάλο.

Ανεξαρτήτως πάντως του αν θα επιλεγεί η άμεση ή η έμμεση προσέγγιση η πιο συνηθισμένη διαδικασία επιλογής που χρησιμοποιείται στα προβλήματα λήψης ομαδικών αποφάσεων είναι η λεγόμενη *διαδικασία εναλλακτικής επιλογής* την οποία θα παρουσιάσουμε αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο και θα μιλήσουμε και για κάποια μειονεκτήματα που παρουσιάζει όταν χρησιμοποιείται για την αντιμετώπιση σύνθετων προβλημάτων ή όταν οι αποφασίζοντες παρουσιάζουν μη συνεργατική συμπεριφορά.

3 ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ ΛΗΨΗΣ ΟΜΑΔΙΚΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

3.1 ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΑΣΑΦΩΝ ΣΥΝΟΛΩΝ

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιάσουμε αναλυτικά τη θεωρία των ασαφών συνόλων, για την οποία μιλήσαμε συνοπτικά στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας, εστιάζοντας περισσότερο στις συναρτήσεις συμμετοχής των ασαφών συνόλων και τα διάφορα είδη τους (Chen, 2005).

Το 1965 ο Zadeh εισήγαγε την έννοια των ασαφών συνόλων μέσω της εργασίας του «Ασαφή Σύνολα» (Fuzzy Sets). Το άρθρο αυτό είναι ένα από τα πιο δημοφιλή της ερευνητικής του καριέρας. Η θεωρία των ασαφών συνόλων δημιουργήθηκε με σκοπό τη βελτίωση των υπάρχοντων μοντέλων καθώς και τη

δημιουργία νέων μεθοδολογιών για την επίλυση προβλημάτων που καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε στην καθημερινή μας ζωή και που περιλαμβάνουν μία ανθρώπινη διάσταση στον ορισμό τους.

Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό που κάνει τη θεωρία των ασαφών συνόλων ξεχωριστή είναι ότι η λογική στην οποία βασίζεται πλησιάζει αρκετά τον ανθρώπινο τρόπο σκέψης και αυτό συμβαίνει λόγω των πιθανολογικών συλλογιστικών διαδικασιών που υποστηρίζει. Πιο συγκεκριμένα επιτρέπει σε μία πρόταση να είναι είτε μερικώς αληθής είτε μερικώς ψευδής (περιορίζοντας το βαθμό αλήθειας των προτάσεων αυτών ώστε να κυμαίνεται στο κλειστό διάστημα $[0,1]$) σε αντίθεση με τις υπόλοιπες προσεγγίσεις οι οποίες περιέχουν προτάσεις οι οποίες είναι είτε αληθείς είτε ψευδείς. Αυτή η δυνατότητα χρήσης ενδιάμεσων τιμών αλήθειας στις προτάσεις της ασαφούς λογικής την καθιστά κατάλληλη για τη μοντελοποίηση σύνθετων προβλημάτων τα οποία εκφράζονται σε περιβάλλοντα ασάφειας. Ας ξαναθυμηθούμε στο σημείο αυτό τον ορισμό ενός ασαφούς συνόλου.

ΟΡΙΣΜΟΣ: Ένα ασαφές υποσύνολο A ενός συνόλου X χαρακτηρίζεται από την ανάθεση σε κάθε στοιχείου x του X ενός *βαθμού συμμετοχής* του x στο A δηλαδή:

$$A = \{x, \mu_F(x) \mid x \in X\}$$

Όπου το $\mu_F(x)$ είναι ο βαθμός συμμετοχής της συνάρτησης συμμετοχής του x στην F . Όσο πιο κοντά δηλαδή είναι η συμμετοχή $\mu_F(x)$ στη μονάδα τόσο πιο πολύ ανήκει το x στην F . Η συνάρτηση συμμετοχής αντιστοιχεί τα στοιχεία του X λοιπόν σε μία συνεχή τιμή συμμετοχής μεταξύ του 0 και του 1. Μία τέτοια αναπαράσταση είναι ιδιαίτερα βολική καθώς επιτρέπει στη συνάρτηση συμμετοχής να έχει τυχαία μορφή, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι η συνάρτηση συμμετοχής $\mu_F(x) = f(x)$ μπορεί να είναι σχεδόν οποιαδήποτε συνάρτηση.

Αν το X τώρα είναι ένα σύνολο προτάσεων τότε στα στοιχεία του μπορούμε να αναθέσουμε τον βαθμό αλήθειας ο οποίος μπορεί να πάρει τιμές όπως «εντελώς αληθής», «εντελώς ψευδής» αλλά και ενδιάμεσες τιμές αλήθειας, όπως αναφέραμε και προηγουμένως, με άλλα λόγια μία πρόταση μπορεί να είναι περισσότερο αληθής σε σχέση με μία άλλη (Chen, 2005).

Για να μπορέσουμε να συνδυάσουμε τέτοιες προτάσεις μεταξύ τους με συνεκτικούς συνδέσμους, όπως σύζευξη, διάζευξη, άρνηση, πρέπει να διευκρινίσουμε τον τρόπο με τον οποίο υπολογίζεται ο βαθμός αλήθειας της σύνθετης πρότασης καθώς και το αν εξαρτάται από τον βαθμό αλήθειας της κάθε

πρότασης ξεχωριστά. Αν υιοθετηθεί η αληθο-συναρτησιακή (truth-functional) προσέγγιση, που είναι και η πιο δημοφιλής, η απάντηση είναι πως εξαρτάται (γεγονός που διαχωρίζει εντελώς την ασαφή λογική από την θεωρία πιθανοτήτων καθώς η δεύτερη δεν είναι αληθο-συναρτησιακή, δηλαδή η πιθανότητα της σύζευξης δύο προτάσεων δεν καθορίζεται από τις επιμέρους πιθανότητες των προτάσεων αυτών).

Οι συναρτήσεις συμμετοχής όπως αναφέραμε και προηγουμένως μπορούν να έχουν θεωρητικά οποιαδήποτε μορφή ανάλογα με τον ορισμό τους. Στην πράξη αυτές που χρησιμοποιούνται πιο συχνά και τις οποίες θα ορίσουμε στην παρούσα ενότητα είναι η τριγωνική συνάρτηση συμμετοχής, η τραπεζοειδής, η Γκαουσιανή (απλή και με τη μορφή καμπάνας) και η σιγμοειδής συνάρτηση συμμετοχής (Chen, 2005).

ΟΡΙΣΜΟΣ: Η τριγωνική συνάρτηση συμμετοχής έχει την ακόλουθη γενική μορφή:

$$\mu_F(x) = \begin{cases} 1 - \frac{x^m - x}{e^L}, & \text{αν } x^L \leq x \leq x^m \\ 1 - \frac{x - x^m}{e^R}, & \text{αν } x^m \leq x \leq x^R \\ 0, & \text{διαφορετικά.} \end{cases}$$

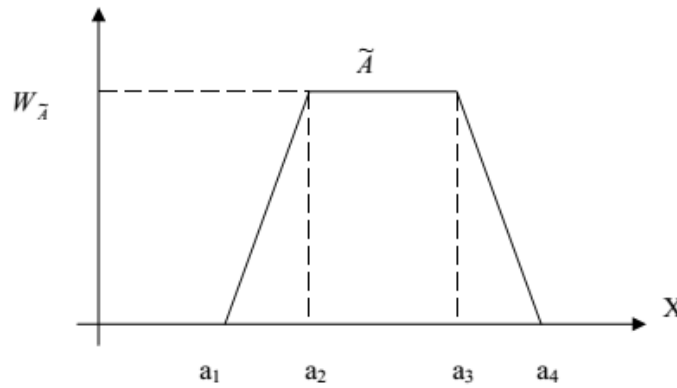
Όπου τα $x^m, e^L > 0, e^R > 0$, αναπαριστούν την επικρατούσα τιμή, το αριστερό και δεξί σπρεντ (spread) αντίστοιχα έτσι ώστε: $x^L = x^m - e^L, x^R = x^m + e^R$. Συγκεκριμένα, αν $e^L = e^R = e > 0$, τότε η F είναι η *συμμετρική* τριγωνική ασαφής συνάρτηση συμμετοχής, η οποία συμβολίζεται ως:

$$F = (x^m, e)$$

ΟΡΙΣΜΟΣ: Η τετραπλή τραπεζοειδής συνάρτηση συμμετοχής έχει την ακόλουθη μορφή:

$$\tilde{A} = (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, w_{\tilde{A}})$$

Όπου τα α_2, α_3 αναπαριστούν το διάστημα στο οποίο η συνάρτηση συμμετοχής εμφανίζει την τιμή 1, ενώ τα α_1, α_4 είναι το αριστερό και δεξί όριο, αντίστοιχα, του πεδίου ορισμού της τραπεζοειδούς συνάρτησης συμμετοχής, όπως έχουμε αναφέρει και προηγουμένως. Τέλος το $w_{\tilde{A}}$ δηλώνει τη μέγιστη τιμή συμμετοχής του ασαφούς αριθμού.



Εικόνα 14 Τραπεζοειδής συνάρτηση συμμετοχής.

ΟΡΙΣΜΟΣ: Η Γκαουσσιανή με μορφή καμπάνας συνάρτηση συμμετοχής (Gaussian Bell-shaped) ορίζεται με τη βοήθεια τριών παραμέτρων (a, b, c):

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

Όπου η παράμετρος b , είναι συνήθως θετική. Αυτή η συνάρτηση συμμετοχής αποτελεί άμεση γενίκευση της κατανομής Cauchy που χρησιμοποιείται στην θεωρία πιθανοτήτων.

ΟΡΙΣΜΟΣ: Η σιγμοειδής συνάρτηση συμμετοχής ορίζεται ως εξής:

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

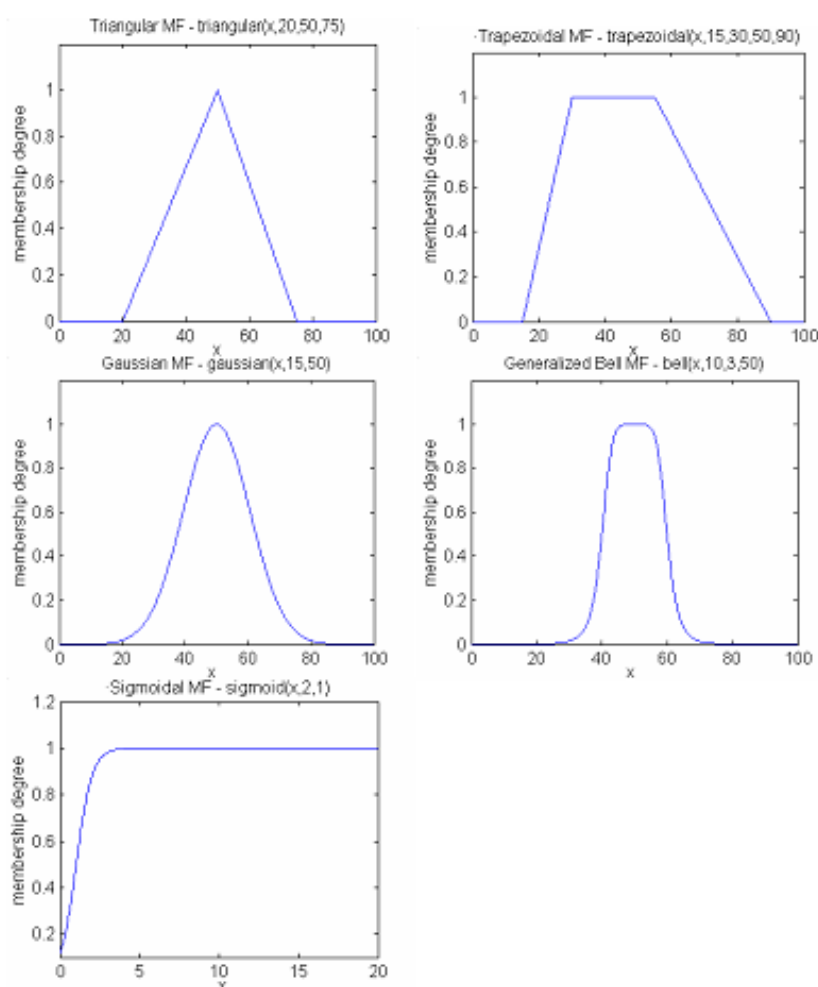
Όπου η παράμετρος a , ελέγχει την κλίση στο σημείο αλλαγής της συνάρτησης $x = c$. Αυτού του είδους η συνάρτηση συμμετοχής βρίσκει εφαρμογές κυρίως στα νευρωνικά δίκτυα. Τέλος υπάρχει φυσικά η κλασσική μονή συνάρτηση συμμετοχής (singleton) την οποία έχουμε περιγράψει και ορίσει στο πρώτο κεφάλαιο.

Αν θέλαμε να παρουσιάσουμε μία σύντομη σύγκριση μεταξύ των συναρτήσεων συμμετοχής που παρουσιάστηκαν στην ενότητα αυτή και οι οποίες απεικονίζονται στην παρακάτω εικόνα, θα λέγαμε ότι η τριγωνική και η τραπεζοειδής συνάρτηση συμμετοχής έχει μικρότερο υπολογιστικό κόστος σε σχέση με την Γκαουσσιανή. Όμως από την άλλη πλευρά η τελευταία έχει άλλα σημαντικά πλεονεκτήματα όπως για παράδειγμα μπορεί να παράγει ομαλές αντιστοιχίσεις,

μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απόδειξη της ιδιότητας προσέγγισης, μπορεί να προσεγγίσει την κανονική κατανομή με ικανοποιητικό τρόπο, κ.ά.

Ωστόσο το πιο ενδιαφέρον χαρακτηριστικό των συναρτήσεων συμμετοχής είναι ότι ο καθένας μπορεί να ορίσει μία ειδική συνάρτηση συμμετοχής και να την εφαρμόσει στο πεδίο εφαρμογής που τον ενδιαφέρει. Επιπλέον οποιαδήποτε συνεχής πιθανολογική συνάρτηση κατανομής μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν συνάρτηση συμμετοχής αρκεί να προσδιοριστούν κάποιοι παράμετροι και να αποδοθεί το κατάλληλο νόημα των συναρτήσεων συμμετοχής.

Παρατηρούμε ότι με αυτόν τον τρόπο παρέχεται μεγάλη ελευθερία στον τρόπο αναπαράστασης του βαθμού συμμετοχής και συνεπώς και εφαρμογή της θεωρίας των ασαφών συνόλων για την μοντελοποίηση ενός μεγάλου εύρους προβλημάτων, τα οποία ενδεχομένως να μη μπορούσαν να αντιμετωπιστούν με άλλες προσεγγίσεις που βασίζονται σε πιο κλασσικές λογικές.



Εικόνα 15 Οι πιο συνηθισμένες συναρτήσεις συμμετοχής. Από πάνω προς τα κάτω και από αριστερά προς τα δεξιά βλέπουμε την τριγωνική συνάρτηση συμμετοχής, την τραπεζοειδή, τη Γκαουσιανή (απλή και γενικευμένη με μορφή καμπάνας) και τέλος τη σημμοειδή συνάρτηση συμμετοχής.

3.2 ΑΣΑΦΗΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΓΛΩΣΣΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Όπως έχουμε αναφέρει και προηγουμένως, μία από τις πιο βασικές μεθοδολογίες που στηρίζονται στην ασαφή λογική και τη θεωρία των ασαφών συνόλων, είναι η ασαφής προσέγγιση γλωσσικών μεταβλητών. Στην ενότητα αυτή λοιπόν θα παρουσιάσουμε λίγο πιο αναλυτικά τη θεωρία τους, ορίζοντας πως πρέπει να επιλύονται τα πολυκριτηριακά προβλήματα λήψης αποφάσεων γλωσσικών μεταβλητών και κυρίως δίνοντας έμφαση στους διάφορους τελεστές άθροισης των πληροφοριών που αναπαρίστανται μέσω της προσέγγισης αυτής (Haris Ch. Doukas, 2007).

ΟΡΙΣΜΟΣ: Η διαδικασία επίλυσης ενός προβλήματος λήψης αποφάσεων γλωσσικών μεταβλητών με πολλά κριτήρια σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία πρέπει να αποτελείται από τα ακόλουθα στάδια (F. Herrera E. H.-V., 2000):

1. *Επιλογή του συνόλου των γλωσσικών όρων* καθώς και της σημασιολογίας του. Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει τον καθορισμό του γλωσσικού πεδίου έκφρασης το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για να αποδοθούν οι γλωσσικές τιμές απόδοσης στις εναλλακτικές λύσεις του προβλήματος που καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε. Για να επιτευχθεί αυτό πρέπει να επιλεγούν προσεκτικά οι γλωσσικές ετικέτες του συνόλου των γλωσσικών όρων, η σημασιολογία τους καθώς και ο βαθμός λεπτομέρειας (granularity) του συνόλου.
2. *Επιλογή του αθροιστικού τελεστή* της γλωσσικής πληροφορίας. Κατά τη διάρκεια του σταδίου αυτού αποφασίζεται ο τελεστής που θα χρησιμοποιηθεί ώστε να μπορούμε να συνδυάζουμε και να αθροίζουμε τις γλωσσικές τιμές απόδοσης που έχουμε στη διάθεσή μας.
3. *Επιλογή των καλύτερων εναλλακτικών του προβλήματος*. Σε αυτό το στάδιο διαλέγονται οι εναλλακτικές λύσεις του προβλήματος με γνώμονα τις διαθέσιμες γλωσσικές τιμές απόδοσης.

Όπως γίνεται φανερό από τα παραπάνω στάδια το πρώτο πράγμα που πρέπει να καθοριστεί είναι το είδος του συνόλου ετικετών που θα χρησιμοποιηθεί στο πρόβλημα λήψης αποφάσεων που μας απασχολεί καθώς αυτό το στάδιο καθορίζει και τα υπόλοιπα καθώς και τη γενικότερη εξέλιξη της διαδικασίας επίλυσης του δεδομένου προβλήματος.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των γλωσσικών ετικετών το οποίο είναι μας βοηθά να συγκρίνουμε και να βγάζουμε συμπεράσματα για τις γλωσσικές πληροφορίες είναι ότι παρουσιάζουν διάταξη, όπως αναφέρει και ο παρακάτω ορισμός:

ΟΡΙΣΜΟΣ: Έστω $S = \{s_i \mid i \in H = \{0, \dots, T\}\}$ ένα πεπερασμένο ολικώς διατεταγμένο σύνολο όρων στο κλειστό διάστημα $[0,1]$. Κάθε γλωσσική ετικέτα s_i αναπαριστά μία πιθανή τιμή για μία γλωσσική πραγματική μεταβλητή. Επίσης θεωρώντας ένα σύνολο όρων με περιττή πληθικότητα, η μεσαία ετικέτα αναπαριστά την αβεβαιότητα με βαθμό περίπου 0.5 ενώ οι υπόλοιποι όροι είναι *συμμετρικά διατεταγμένοι* γύρω από αυτήν (F. Herrera E. H.-V., 2000).

Για παράδειγμα αν έχουμε το ακόλουθο σύνολο το οποίο αποτελείται από επτά όρους, $S = \{s0: \text{Απολύτως Χειρότερα}, s1: \text{Πολύ Χειρότερα}, s2: \text{Ελαφρώς Χειρότερα}, s3: \text{Αδιάφορα}, s4: \text{Ελαφρώς Καλύτερα}, s5: \text{Πολύ Καλύτερα}, s6: \text{Απολύτως Καλύτερα}\}$ η μεσαία ετικέτα γύρω από την οποία είναι κατανεμημένες οι υπόλοιπες με τέτοιο τρόπο ώστε να εμφανίζεται συμμετρία στο σύνολο είναι η $s3: \text{Αδιάφορα}$.

Αναφορικά τώρα με τους τελεστές άθροισης που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για το συνδυασμό της γλωσσικής πληροφορίας καταρχήν να αναφέρουμε επιγραμματικά ότι οι πιο δημοφιλείς τελεστές που συναντάμε στη διεθνή βιβλιογραφία είναι οι ακόλουθοι:

1. Προσέγγιση Προέκτασης
2. Συμβολική Προσέγγιση
3. Προσέγγιση Διπλής Αναπαράστασης

Το κύριο χαρακτηριστικό της πρώτης προσέγγισης είναι ότι για να συγκεντρωθούν και να αθροιστούν οι προτιμήσεις των διάφορων εμπειρογνομόνων πραγματοποιούνται πράξεις μεταξύ ασαφών αριθμών που δηλώνουν τη σημασιολογία των γλωσσικών όρων που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή του προβλήματος που μας ενδιαφέρει.

Στη δεύτερη προσέγγιση ωστόσο οι διάφοροι απαιτούμενοι υπολογισμοί για να καταλήξουμε στο τελικό αποτέλεσμα γίνονται μεταξύ των γλωσσικών ετικετών των γλωσσικών μεταβλητών. Δύο τελεστές άθροισης που συναντάμε στην προσέγγιση αυτή είναι ο τελεστής LOWA και ο τελεστής LWA οι οποίοι μπορούν και συνδυάζουν γλωσσικές πληροφορίες με βάρη και χωρίς βάρη αντίστοιχα. Ο

πρώτος τελεστής αθροίζει γλωσσικές πληροφορίες με διαφορετικά κριτήρια τα οποία είναι όμως εξίσου σημαντικά. Αντίθετα η δεύτερη κατηγορία τελεστών αθροίζουν γλωσσικές πληροφορίες με κριτήρια διαφορετικής σημασίας. Οι τελεστές αυτοί όπως είναι λογικό είναι περισσότερο σύνθετοι και για την άθροιση της πληροφορίας πρέπει να χρησιμοποιηθούν δύο πράξεις άθροισης. Μία για την άθροιση του βαθμού σημασίας της πληροφορίας και μία για την άθροιση της πληροφορίας με βάρη που συνδυάζει την πληροφορία με τους αντίστοιχους βαθμούς σημασίας.

Στην τρίτη προσέγγιση η αναπαράσταση της γλωσσικής πληροφορίας πραγματοποιείται μέσω ενός ζεύγους τιμών, το οποίο αποτελείται από έναν γλωσσικό όρο και έναν αριθμό. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να εκφράσει οποιαδήποτε μετρήσιμη πληροφορία (που ανήκει στο πεδίο αναφοράς).

Επίσης, να αναφέρουμε ότι σύμφωνα με τη σχετική βιβλιογραφία στις περισσότερες προσεγγίσεις που υπάρχουν εμφανίζεται το μειονέκτημα της «απώλειας πληροφορίας», το οποίο συνήθως οφείλεται στην έλλειψη ακρίβειας στα τελικά αποτελέσματα. Μόνο η προσέγγιση διπλής αναπαράστασης μπορεί να ξεπεράσει το πρόβλημα αυτό λόγω του ότι δεν εμφανίζει περιορισμούς στο είδος της πληροφορίας που μπορεί να εκφράσει.

Έτσι παρατηρούμε ότι καλό είναι να προτιμάται η προσέγγιση της διπλής αναπαράστασης ιδιαίτερα όταν καλούμαστε να πάρουμε απόφαση για ένα σύνθετο πρόβλημα ή όταν πρέπει να καταλήξουμε σε μία κρίσιμη απόφαση καθώς προσφέρει ακριβή και κατανοητά αποτελέσματα χωρίς να χάνουμε από την τελική πληροφορία, όπως συμβαίνει με τις άλλες προσεγγίσεις.

Τέλος, να σημειώσουμε ότι στην σχετική βιβλιογραφία έχουν προταθεί ποικίλα γλωσσικά υπολογιστικά μοντέλα τα οποία ορίζουν πέρα από την άθροιση των γλωσσικών πληροφοριών και άλλες διαδικασίες όπως για παράδειγμα για την ομαδοποίηση ή τη σύγκριση των γλωσσικών όρων οι οποίες είναι επίσης χρήσιμες για να καταλήξουμε στην τελική απόφαση.

3.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ

Μέχρι στιγμής έχουμε παρουσιάσει κυρίως τη θεωρία πάνω στην οποία βασίζονται οι διάφορες προσεγγίσεις για τη διαχείριση της λήψης ομαδικών αποφάσεων. Από εδώ και στο εξής θα μιλήσουμε για τις διάφορες διαδικασίες που συνθέτουν την επίλυση των προβλημάτων αυτών.

Η κλασσική διαδικασία επιλογής η οποία χρησιμοποιείται ώστε να αποφασιστεί η τελική λύση, οποία ονομάζεται και *διαδικασία εναλλακτικής επιλογής* αποτελείται από δύο βασικά στάδια (Ivan Palomares F. J., 2014):

1. *Αθροιστική Φάση*
2. *Φάση Επεξεργασίας*

Κατά τη διάρκεια της *πρώτης φάσης* συγκεντρώνονται και αθροίζονται οι προτιμήσεις των εμπειρογνομόνων σε σχέση με το σύνολο των *εναλλακτικών λύσεων* που τους έχει δοθεί (εξ' ου και η ονομασία της μεθοδολογίας) ενώ για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται ένας αθροιστικός τελεστής της γλωσσικής πληροφορίας, όπως αναλύσαμε στην προηγούμενη ενότητα.

Κατά τη διάρκεια της *δεύτερης φάσης*, που είναι και η πιο σημαντική, επεξεργάζονται τα αποτελέσματα που έχουν προκύψει από το προηγούμενο στάδιο και αποφασίζεται ποια θα είναι η εναλλακτική (ή το υποσύνολο των εναλλακτικών) η οποία θα αποτελέσει και την λύση του προβλήματος που αντιμετωπίζουμε. Πιο συγκεκριμένα, η εναλλακτική που θα καταφέρει να συγκεντρώσει τις προτιμήσεις των περισσότερων αποφασιζόντων θα επιλεγεί ως η ομαδική απόφαση του προβλήματος. Για αυτόν τον λόγο πρέπει να είμαστε ιδιαίτερα προσεκτικοί κατά την επιλογή του αθροιστικού τελεστή που θα χρησιμοποιήσουμε στην φάση της άθροισης της γλωσσικής πληροφορίας.

Για να κατανοήσουμε καλύτερα τη διαδικασία της εναλλακτικής επιλογής θα παρουσιάσουμε ένα παράδειγμα από τη διεθνή βιβλιογραφία (F. Herrera E. H.-V.).

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ Διαδικασίας Εναλλακτικής Επιλογής

Έστω ότι έχουμε το ακόλουθο σύνολο γλωσσικών όρων με την αντίστοιχη σημασιολογία:

<i>C Certain</i>
<i>EL Extremely_Likely</i>
<i>VHC Very_High_Chance</i>
<i>ML Most_Likely</i>
<i>HC High_Chance</i>
<i>MC Meaningful_Chance</i>
<i>L Likely</i>

IM It_May
SC Small_Chance
VLC Very_Low_Chance
NL Not_Likely
EU Extremely_Unlikely
I Impossible

Επίσης θεωρούμε ότι το σύνολο των εμπειρογνομένων είναι το $E = \{e_1, e_2, e_3, e_4\}$ ενώ οι γλωσσικές τους προτιμήσεις για τις διαθέσιμες εναλλακτικές λύσεις $\{x_1, x_2, x_3, x_4\}$ φαίνονται παρακάτω:

$$P^1 = \begin{bmatrix} - & SC & HC & NL \\ HC & - & MC & MC \\ SC & IM & - & VLC \\ VHC & IM & ML & - \end{bmatrix} \quad P^2 = \begin{bmatrix} - & IM & MC & VLC \\ MC & - & HC & IM \\ IM & SC & - & NL \\ ML & MC & VHC & - \end{bmatrix}$$

$$P^3 = \begin{bmatrix} - & IM & HC & I \\ MC & - & ML & IM \\ SC & VLC & - & VLC \\ C & MC & ML & - \end{bmatrix} \quad P^4 = \begin{bmatrix} - & IM & HC & SC \\ MC & - & IM & SC \\ SC & MC & - & NL \\ HC & HC & VHC & - \end{bmatrix}$$

Χρησιμοποιώντας τον αθροιστικό τελεστή LOWA υπολογίζεται αρχικά η *συνλογική προτίμηση* των εμπειρογνομένων που βλέπουμε παρακάτω:

$$P = \begin{bmatrix} - & SC & HC & NL \\ HC & - & MC & MC \\ SC & IM & - & VLC \\ VHC & IM & ML & - \end{bmatrix}$$

Στη συνέχεια πρέπει να υπολογιστεί η λεγόμενη *αυστηρή σχέση προτίμησης* P^s η οποία ορίζεται ως $\mu_{P^s}(x_i, x_j) = p_{ij}^s$ έτσι ώστε:

$$p_{ij}^s = \text{Καθόλου αν } p_{ij} < p_{ji}, \text{ ή}$$

$$p_{ij}^s = s_k \in S, \text{ αν } p_{ij} < p_{ji}, \text{ όπου } p_{ij} = s_l, p_{ji} = s_t \text{ και } l = t + k.$$

Έπειτα υπολογίζεται ο *γλωσσικός βαθμός μη κυριαρχίας*, ο οποίος ορίζεται ως:

$$\mu_{ND}(x_i) = \min_{x_j \in X} [\text{Neg}(\mu_{P^s}(x_j, x_i))]$$

Ο βαθμός αυτός δηλώνει τον γλωσσικό βαθμό στον οποίο η εναλλακτική x_i δεν κυριαρχείται από κανένα από τα στοιχεία του συνόλου X . Στο παράδειγμά μας εφαρμόζοντας τον παραπάνω τύπο έχουμε:

$$\mu_{ND}(x_1, x_2, x_3, x_4) = [SC, EL, IM, C]$$

Τέλος, το σύνολο των *περισσότερο μη-κυρίαρχων εναλλακτικών* ορίζεται και υπολογίζεται ως:

$$X^{ND} = \{x \in X \mid \mu_{ND}(x) = \max_{y \in X} [\mu_{ND}(y)]\}$$

Έτσι έπειτα από την επεξεργασία των προτιμήσεων των αποφασιζόντων το σύνολο X^{ND} επιλέγεται ως το σύνολο των προτιμώμενων εναλλακτικών λύσεων. Στο παράδειγμά μας $X^{ND} = \{x_4\}$. Συνεπώς εναλλακτική λύση x_4 επιλέγεται ως η καλύτερη λύση για το δεδομένο πρόβλημα.

Να σημειωθεί ότι το παράδειγμα αυτό χρησιμοποιεί μία από τις προσεγγίσεις τις βιβλιογραφίας ενώ υπάρχουν διαθέσιμες πολλές διαφορετικές μεθοδολογίες και καλό είναι να επιλέγεται κάθε φορά η πιο κατάλληλη ανάλογα με τα δεδομένα του προβλήματος που έχουμε να αντιμετωπίσουμε.

Υπάρχουν περιπτώσεις ωστόσο όπου όταν χρησιμοποιείται η διαδικασία της εναλλακτικής επιλογής μόνο για να ληφθεί μία ομαδική απόφαση μπορεί να μη καταλήξουμε στη βέλτιστη τελική λύση. Αυτό συμβαίνει συνήθως όταν η άθροιση των προτιμήσεων των εμπειρογνομόνων παρουσιάζει ανομοιομορφία στα αποτελέσματα και συνεπώς ενώ σύμφωνα με τους περισσότερους η τελική λύση είναι η επιθυμητή υπάρχει μία μερίδα αποφασιζόντων οι οποίοι δεν είναι ευχαριστημένοι με την έκβαση της διαδικασίας. Επίσης δυσaréσκεια στην ομάδα μπορεί να εμφανιστεί όταν η τελική απόφαση του προβλήματος επικρατήσει με μικρή διαφορά όπου και πάλι θα υπάρχουν αποφασίζοντες των οποίων η άποψη δεν εισακούστηκε αρκετά.

Έτσι για να μην οδηγούμαστε σε τέτοιες δυσάρεστες καταστάσεις έχει αποδειχθεί βάσει της βιβλιογραφίας ιδιαίτερα αποτελεσματικό το να διατηρείται ένα ελάχιστο επίπεδο συμφωνίας και συγκατάθεσης μεταξύ των διάφορων εμπειρογνομόνων κατά τη διαδικασία επιλογής της τελικής λύσης.

Ο υπολογισμός του νέου αυτού μεγέθους από τη μία πλευρά αλλάζει ελαφρώς τη ροή της διαδικασίας επιλογής της τελικής λύσης και την κάνει πιο σύνθετη καθώς προστίθεται μία επιπλέον φάση σε αυτήν αλλά από την άλλη πλευρά οδηγεί στην επιλογή ομαδικών αποφάσεων οι οποίες είναι περισσότερο αποδεκτές από τα μέλη

των αποφασίζόντων που έχουν κληθεί να λύσουν ένα πρόβλημα λήψης ομαδικών αποφάσεων. Η διαδικασία αυτή λοιπόν ονομάζεται *διαδικασία επίτευξης της συναίνεσης* έχει σαν στόχο να συγκεντρωθεί ένα υψηλό επίπεδο συμφωνίας μεταξύ των εμπειρογνομόνων πριν καταλήξουν στην τελική απόφαση και θα αναλυθεί στην επόμενη ενότητα. Η επικρατέστερη εναλλακτική λύση όταν χρησιμοποιείται η προσέγγιση αυτή υπολογίζεται πάλι εφαρμόζοντας την διαδικασία εναλλακτικής επιλογής απλά πρώτον έχει προηγηθεί πρώτα το στάδιο υπολογισμού του επιπέδου συναίνεσης της ομάδας και δεύτερον καλό είναι να χρησιμοποιείται ένας τελεστής υπολογισμού της συλλογικής προτίμησης της ομάδας που συνυπολογίζει και τη βαρύτητα που έχει η γνώμη των εμπειρογνομόνων, όπως θα δούμε και στην χρησιμοποιηθείσα μεθοδολογία.

3.4 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΠΙΤΕΥΞΗΣ ΤΗΣ ΣΥΝΑΙΝΕΣΗΣ

Καταρχήν να αναφέρουμε ότι ο όρος *συναίνεση* ορίζεται ως η συμφωνία που επιτυγχάνεται μέσω της αμοιβαίας συγκατάθεσης είτε μεταξύ όλων των μελών που ανήκουν σε μία ομάδα είτε μεταξύ διαφορετικών ομάδων.

Η *διαδικασία επίτευξης της συναίνεσης*, η οποία μπορεί να διαφοροποιείται από μεθοδολογία σε μεθοδολογία, είναι μια επαναληπτική διαδικασία η οποία αποτελείται από γύρους συζητήσεων και αξιολογήσεων και έχει σαν στόχο το να φτάσουν οι αποφασίζοντες σε ένα ικανοποιητικό επίπεδο συμφωνίας. Επίσης, η διαδικασία μπορεί να επιβλέπεται και να συντονίζεται από έναν *συντονιστή* ο οποίος είναι υπεύθυνος για την ομαλή έκβαση της καθώς και για την καθοδήγηση των αποφασίζόντων κατά τη διάρκεια των γύρων συζητήσεων ή μπορεί να μην έχει οριστεί κάποιος υπεύθυνος στην ομάδα.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, ένα γενικό μοντέλο που περιγράφει τη *διαδικασία επίτευξης της συναίνεσης* και χρησιμοποιείται ευρέως στα γλωσσικά προβλήματα λήψης ομαδικών αποφάσεων αποτελείται από τα ακόλουθα τέσσερα στάδια (Ivan Palomares F. J., 2014).

- 1) *Συλλογή προτιμήσεων*. Στο στάδιο αυτό οι εμπειρογνώμονες δηλώνουν τις προτιμήσεις τους σχετικά με τις διαθέσιμες επιλογές του συνόλου $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ που τους έχουν παρουσιαστεί σαν πιθανές λύσεις του προβλήματος που έχουν κληθεί να λύσουν, χρησιμοποιώντας μια σχέση προτίμησης όπως έχουμε αναφέρει και σε προηγούμενη ενότητα (η οποία

καλό είναι να επιλέγεται με βάση το συγκεκριμένο πρόβλημα που επιθυμούμε να επιλυθεί έτσι ώστε να ικανοποιούνται οι ανάγκες του και να καταλήγουμε στη βέλτιστη ομαδική απόφαση).

2) *Υπολογισμός του επιπέδου συναίνεσης.* Κατά τη διάρκεια του δεύτερου σταδίου υπολογίζεται το υπάρχον επίπεδο συναίνεσης της ομάδας (το οποίο συμβολίζεται συνήθως cr) ανάλογα με τις προτιμήσεις που έχουν δηλωθεί στο προηγούμενο στάδιο. Το επίπεδο συναίνεσης όπως είναι αναμενόμενο παρουσιάζει ελάχιστη τιμή όταν δεν υπάρχει καθόλου ομοφωνία στην ομάδα και μέγιστη τιμή όταν η ομάδα έχει επιλέξει ομόφωνα την ίδια λύση από το σύνολο των πιθανών εναλλακτικών. Ο υπολογισμός του επιπέδου συναίνεσης μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας κάποια από τις σχέσεις που υπάρχουν διαθέσιμες στη βιβλιογραφία για αυτόν τον σκοπό οι οποίες συνήθως υπολογίζουν το βαθμό ομοιότητας μεταξύ των διαφόρων προτιμήσεων των εμπειρογνομόνων καθώς και αθροιστικούς τελεστές που υπολογίζουν το επίπεδο συναίνεσης από αυτούς τους βαθμούς ομοιότητας. Για να γίνουν υπολογισμοί στις γλωσσικές πληροφορίες πολλές φορές είναι ιδιαίτερα χρήσιμο να χρησιμοποιούμε υπολογιστικές διαδικασίες που βασίζονται στις αρχές της υπολογιστικής με λέξεις ώστε να βγάλουμε έγκυρα και αξιόπιστα αποτελέσματα.

3) *Έλεγχος του επιπέδου συναίνεσης.* Στο στάδιο αυτό, το επίπεδο συναίνεσης cr που έχει υπολογιστεί στην προηγούμενη φάση συγκρίνεται με το επιθυμητό όριο συναίνεσης (το οποίο συμβολίζεται συνήθως μ) το οποίο έχει προαποφασιστεί πριν ξεκινήσει η διαδικασία επίτευξης της συναίνεσης και καθορίζει ένα ελάχιστο όριο ομοφωνίας που επιθυμούμε να επιτευχθεί από την ομάδα των αποφασιζόντων ώστε να καταλήξουν σε μία τελική απόφαση η οποία θα είναι κοινώς αποδεκτή. Το μ ορίζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να συγκριθεί με το επίπεδο συναίνεσης cr . Αν το επίπεδο συναίνεσης cr φτάσει ή ξεπεράσει την τιμή του μ ($cr \geq \mu$) τότε ο στόχος της επιθυμητής ομοφωνίας έχει επιτευχθεί και μπορούμε να προχωρήσουμε στην επιλογή της τελικής απόφασης. Αν το cr πάρει τιμή μικρότερη του μ ($cr < \mu$) τότε η διαδικασία επίτευξης συναίνεσης πρέπει να συνεχιστεί και να μεταβούμε στον επόμενο γύρο συζητήσεων έως ότου επιτύχουμε το επιθυμητό όριο ομοφωνίας. Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό

όσο πιο μεγάλο επιθυμητό όριο ομοφωνίας cr τεθεί στην αρχή της διαδικασίας επίτευξης της συναίνεσης από τη μία πλευρά τόσο πιο δύσκολο είναι να καταλήξει η ομάδα των εμπειρογνομόνων στην τελική απόφαση και πιθανώς να χρειαστούν αρκετοί γύροι συζητήσεων από την άλλη πλευρά όμως τόσο πιο ομόφωνη και δίκαιη θα είναι η τελική ομαδική απόφαση. Για αυτόν τον λόγο πιστεύουμε ότι όταν το πρόβλημα για το οποίο επιθυμούμε να παρθεί μία ομαδική απόφαση είναι κρίσιμο καλό είναι να ορίζεται και ένα ικανοποιητικό επιθυμητό όριο συναίνεσης. Ένας τρόπος για να περιοριστεί ο αριθμός των γύρων συζητήσεων που θα πραγματοποιηθούν κατά τη διάρκεια της διαδικασίας επίτευξης της συναίνεσης αν το επιθυμούμε είναι να τεθεί ένα άνω όριο $Maxround = 1, 2, \dots, n \in \mathbb{N}$ το οποίο θα καθορίζει τον μέγιστο αριθμό των επιτρεπόμενων γύρων συζητήσεων. Στην περίπτωση που δεν τεθεί κάποιο τέτοιο όριο θα πραγματοποιηθούν όσοι γύροι απαιτούνται για να επιτευχθεί το επιθυμητό όριο συναίνεσης μ , όπως αναφέραμε και παραπάνω.

- 4) *Αλλαγή προτιμήσεων των εμπειρογνομόνων.* Στο τελευταίο στάδιο της μεθοδολογίας στην περίπτωση που δεν έχει επιτευχθεί το επιθυμητό όριο συναίνεσης στην ομάδα των εμπειρογνομόνων, οι αρχικές τους προτιμήσεις σε σχέση με τις διαθέσιμες εναλλακτικές του προβλήματος θα πρέπει να τροποποιηθούν με τέτοιο τρόπο ώστε να μεγαλώσει το υπάρχον όριο συναίνεσης και να ακολουθηθούν τα παραπάνω στάδια της μεθοδολογίας από την αρχή.

Οι προσεγγίσεις για την *επίτευξη της συναίνεσης* μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες ως προς τον *τρόπο αναπαράστασης* της συναίνεσης βάσει της διεθνούς βιβλιογραφίας. Στην *πρώτη κατηγορία*, το επίπεδο της συναίνεσης παίρνει τιμές στο κλειστό διάστημα $[0,1]$ ενώ οι υπάρχουσες μεθοδολογίες της κατηγορίας αυτής σύμφωνα με τη σχετική βιβλιογραφία μπορούν να χωριστούν με βάση τον τρόπο *υπολογισμού* του επιπέδου συναίνεσης. Οι τρόποι αυτοί αναφέρονται επιγραμματικά παρακάτω (Chen, 2005):

1. *Βάσει του αριθμού των εμπειρογνομόνων.* Σε αυτήν την πολύ απλή μεθοδολογία το επίπεδο συναίνεσης υπολογίζεται μετρώντας τους ειδικούς στην ομάδα που συμφωνούν στην ίδια απόφαση και υπολογίζοντας την αναλογία τους σε σχέση με τη συνολική ομάδα.

2. *Βάσει Απόστασης*. Η μεθοδολογία αυτή υπολογίζει τις αποστάσεις μεταξύ των απόψεων των εμπειρογνομόνων και η συναίνεση είναι συνήθως μία συνάρτηση της απόστασης αυτής.
3. *Βάσει Ομοιότητας/Διαφοράς*. Στη μεθοδολογία αυτή που παρουσιάζει ομοιότητες με την προηγούμενη μετριέται ο βαθμός ομοιότητας ή διαφοράς ανάμεσα στις απόψεις των διαφόρων εμπειρογνομόνων και της αθροιστικής κοινής γνώμης και έπειτα η συναίνεση ορίζεται ως μία συνάρτηση του παραπάνω ενώ όπως είναι λογικό η τιμή της αυξάνει όσο μεγαλώνει ο βαθμός ομοιότητας και μειώνεται όσο αυξάνει ο βαθμός διαφοράς.
4. *Βάσει Διάταξης*. Σε αυτήν την προσέγγιση οι προτιμήσεις των εμπειρογνομόνων σε σχέση με το σύνολο των εναλλακτικών λύσεων που υπάρχουν για το δεδομένο πρόβλημα παρουσιάζουν κάποια διάταξη και για να υπολογιστεί η συναίνεση συγκρίνεται η διαφορά στη διάταξη της γνώμης των εμπειρογνομόνων σε σχέση με την αθροιστική κοινή γνώμη.

Στη δεύτερη κατηγορία, το επίπεδο συναίνεσης δεν εκφράζεται ως μία αριθμητική τιμή αλλά χρησιμοποιώντας γλωσσικές ετικέτες (όπως για παράδειγμα «πάρα πολύ») ενώ και σε αυτήν την κατηγορία συναντάμε διαφορετικές προσεγγίσεις για τον υπολογισμό του επιπέδου συναίνεσης. Στις περισσότερες περιπτώσεις ο υπολογισμός της συναίνεσης βασίζεται στην εύρεση της ανομοιότητας που παρουσιάζουν οι σχέσεις προτίμησης των εμπειρογνομόνων και στην αποτίμηση εννοιών σχετικών με αυτές. Υπάρχουν μεθοδολογίες (π.χ. Fedrizzi 1990) στις οποίες αποτιμάται η έννοια «οι περισσότεροι εμπειρογνώμονες συμφωνούν στις περισσότερες εναλλακτικές» ή άλλες (π.χ. Bordogna et al. 1997) που χρησιμοποιούν την έννοια «οι περισσότεροι εμπειρογνώμονες συμφωνούν με τους περισσότερους από τους υπόλοιπους εμπειρογνώμονες στην εναλλακτική Αx». Άλλοι τρόποι μέτρησης του βαθμού συναίνεσης (π.χ. Herrera et al. 1997) συμπεριλαμβάνουν διάφορα στάδια, όπως α) τον υπολογισμό του αριθμού των εμπειρογνομόνων που χρησιμοποιούν την ίδια γλωσσική ετικέτα, β) την εύρεση της ετικέτας με την υψηλότερη συχνότητα και γ) τον υπολογισμό της απόστασης μεταξύ της συναίνεσης που επικρατεί στην ομάδα και της ιδανικής συναίνεσης.

Μία ακόμα κατηγοριοποίηση της διαδικασίας επίτευξης της συναίνεσης αυτή τη φορά ως προς τον τρόπο επίτευξης της συναίνεσης είναι η εξής: Η πρώτη κατηγορία αντιμετωπίζει τη συναίνεση ως έναν μαθηματικό αθροιστικό όρο (π.χ. Ng and

Abramson, 1992) και για να επιτευχθεί η συναίνεση οι εμπειρογνώμονες δεν χρειάζεται να αλλάξουν τις απόψεις τους. Τις περισσότερες φορές η συναίνεση επιτυγχάνεται αλλάζοντας τη βαρύτητα της γνώμης των αποφασίζοντων αυτόματα ανάλογα με τις προτιμήσεις τους (π.χ. Lee, 2002) και το πόσο κοντά ή μακριά βρίσκονται αυτές από την απόφαση στην οποία συγκλίνουν οι περισσότερες προτιμήσεις. Στη δεύτερη κατηγορία οι εμπειρογνώμονες ενθαρρύνονται να αλλάξουν τις προτιμήσεις τους, συνήθως από τον συντονιστή της ομάδας, έτσι ώστε να καταλήξουν σε μία σύμφωνη γνώμη (π.χ. Hsu and Chen, 1996). Τέλος υπάρχουν και μεθοδολογίες οι οποίες συνδυάζουν χαρακτηριστικά και από τις δύο προσεγγίσεις (π.χ. Palomares et al, 2014), όπου χρησιμοποιείται κάποιος συντονιστής στην ομάδα των εμπειρογνομόνων ο οποίος δίνει κατευθύνσεις και ταυτόχρονα αλλάζει και τη βαρύτητα της γνώμης κάθε αποφασίζοντα ανάλογα με το αν θα ακολουθήσει ή όχι τις κατευθύνσεις αυτές.

Ο τρόπος με τον οποίο επιτυγχάνεται η συναίνεση καθώς και το πως αλλάζουν οι εμπειρογνώμονες τις αρχικές τους προτιμήσεις θα αναλυθούν με περισσότερες λεπτομέρειες στην επόμενη ενότητα καθώς επηρεάζει σημαντικά την ανάλυση και τη διαχείριση της συμπεριφοράς των αποφασίζοντων.

3.5 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΕΜΠΕΙΡΟΓΝΩΜΟΝΩΝ

Όπως είδαμε και παραπάνω, η έκβαση του τελευταίου σταδίου της διαδικασίας επίτευξης της συναίνεσης και η προσέγγιση που θα χρησιμοποιηθεί για να επιτευχθεί η συναίνεση τελικώς είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη διαδικασία διαχείρισης της συμπεριφοράς των εμπειρογνομόνων με την οποία θα ασχοληθούμε στην παρούσα ενότητα. Έτσι θα παρουσιάσουμε συνοπτικά διάφορα μοντέλα συναίνεσης στα οποία είτε οι εμπειρογνώμονες δέχονται κάποιες συμβουλές για αλλαγές των προτιμήσεων τους στο τελευταίο στάδιο της διαδικασίας επίτευξης της συναίνεσης είτε όχι, καθώς και προσεγγίσεις διαχείρισης της συμπεριφοράς των εμπειρογνομόνων (Iván Palomares F. J., 2014).

Στις προσεγγίσεις που περιλαμβάνουν τη *χρήση μηχανισμού συμβουλών* και σχολίων προς τους εμπειρογνώμονες ενδεικτικά συμπεριλαμβάνονται οι ακόλουθες: Στο (Bryson, 1996) οι συγγραφείς προτείνουν ένα μοντέλο το οποίο συγκεντρώνει για κάθε εμπειρογνώμονα ένα κανονικοποιημένο αριθμητικό διάνυσμα προτίμησης και με τη χρήση δύο ορίων και τριών μεγεθών που δηλώνουν τη συναίνεση αποφασίζεται

αν το επίπεδο συναίνεσης είναι ικανοποιητικό ή όχι με βάση τις ομοιότητες μεταξύ κάθε ατομικού διανύσματος σε σχέση με το συνολικό. Επίσης προτείνεται μία διαδικασία διαπραγμάτευσης μεταξύ του συντονιστή της ομάδας και των αποφασίζόντων κατά την οποία ο πρώτος ενθαρρύνει τους τελευταίους να αλληλοεπιδράσουν μεταξύ τους για να επιτευχθεί η συναίνεση.

Στο (C. Carlsson, 1992) ακολουθείται μία προσέγγιση στην οποία οι αποφασίζοντες δηλώνουν τις προτιμήσεις τους μέσω ενός πίνακα προτιμήσεων αξιολογώντας κάθε εναλλακτική και κριτήριο καθώς και τα βάρη που επιθυμούν να αντιστοιχηθούν σε καθένα από τα κριτήρια. Έπειτα ο βαθμός συναίνεσης υπολογίζεται ως η μέγιστη κατά ζεύγη γεωμετρική απόσταση μεταξύ των εμπειρογνομώνων. Ο μηχανισμός συμβουλών στη συνέχεια βρίσκει τον αποφασίζοντα που βρίσκεται πιο μακριά από όλους από τη συναίνεση και του προτείνει τρόπους με τους οποίους θα έρθει πιο κοντά στις προτιμήσεις των υπολοίπων.

Σε άλλο μοντέλο της βιβλιογραφίας το οποίο εμπνεύστηκε από την προηγούμενη προσέγγιση οι συγγραφείς προσθέτουν την έννοια της συναίνεσης σε επιτροπές και δυναμικά πολιτικά συστήματα και συγκρίνουν το μοντέλο συναίνεσής τους με διάφορα συστήματα και κανόνες ψηφοφορίας (πλειοψηφία, σχετική πλειοψηφία, κ.ά.).

Στις προσεγγίσεις που δεν περιέχουν μηχανισμό συμβουλών αλλά η όλη διαδικασία επίτευξης της συναίνεσης εκτελείται αυτόματα και οι προτιμήσεις καθώς και η βαρύτητα της άποψης των εμπειρογνομώνων προσαρμόζεται έτσι ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη συναίνεση χωρίς την ανάγκη για ανθρώπινη παρέμβαση αναφέρουμε ενδεικτικά τις παρακάτω:

Στο (Lee, 2002) προτείνουν τη χρήση μιας αλγοριθμικής προσέγγισης για να βρεθεί ένα βέλτιστο επίπεδο ομαδικής συναίνεσης και έπειτα υπολογίζοντας μία συλλογική προτίμηση (χρησιμοποιώντας τον μέσο όρο των ατομικών προτιμήσεων) προσαρμόζουν τη βαρύτητα που έχει η γνώμη των αποφασίζόντων έτσι ώστε να μειωθεί η απόσταση των προτιμήσεων του κάθε εμπειρογνώμονα σε σχέση με τη συλλογική προτίμηση.

Στο (D. Ben-Arieh, 2006) παρουσιάζεται μία προσέγγιση με χρήση γλωσσικών σχέσεων προτιμήσεων στην οποία υπολογίζονται οι αποστάσεις από τη συλλογική προτίμηση μέσω της διάταξης που παρουσιάζει η σχέση προτίμησης. Αν

το επίπεδο συναίνεσης δεν είναι αρκετό οι λιγότερο συνεργάσιμοι εμπειρογνώμονες τιμωρούνται.

Στο (S. Chen L. L., 2012) χρησιμοποιούν τον τελεστή άθροισης ILLWA για να διαχειριστούν τις γλωσσικές σχέσεις προτιμήσεων και μία επέκταση του μοντέλου συναίνεσης του προηγούμενου παραδείγματος.

Στο (S. Chen L. L., 2012) οι προτιμήσεις δηλώνονται μέσω διαστημάτων από γλωσσικές δυάδες και το σύστημα τροποποιεί τις προτιμήσεις των εμπειρογνομόνων προσαρμόζοντας τις αξιολογήσεις τους αυτόματα. Επίσης, ενώ το σύστημα είναι αυτόματο υπάρχει η δυνατότητα επέμβασης από κάποιον εμπειρογνώμονα για να αποφασίσει αν θα δεχθεί τελικά τις αλλαγές στις προτιμήσεις του ή όχι.

Μέσω της διαδικασίας επίτευξης της συναίνεσης αναλύεται η συμπεριφορά της ομάδας των εμπειρογνομόνων όπως είδαμε, και πιο συγκεκριμένα παρατηρείται το κατά πόσο ένας αποφασίζων συμβάλλει στην επίτευξη του επιθυμητού ορίου συναίνεσης, το πόσο μακριά βρίσκεται από τις προτιμήσεις των άλλων αποφασιζόντων και φυσικά το πως αντιδρά στις αλλαγές που του προτείνονται (αν υπάρχει μηχανισμός συμβουλών) για να έρθει πιο κοντά στην άποψη της υπόλοιπης ομάδας. Έτσι κατά τη διάρκεια της *διαδικασίας διαχείρισης της συμπεριφοράς* των εμπειρογνομόνων παίρνονται διάφορες αποφάσεις βάσεις της παραπάνω ανάλυσης για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα των λιγότερο συνεργατικών εμπειρογνομόνων.

Κι εδώ συναντάμε διάφορες προσεγγίσεις για το πώς να διαχειρίζεσαι τις μη επιθυμητές συμπεριφορές, όπως για παράδειγμα να απορρίπτεις κατευθείαν τις προτιμήσεις των εμπειρογνομόνων που δεν συμβάλλουν στην επίτευξη της συναίνεσης ή να τιμωρείς τους εμπειρογνώμονες αυτούς μειώνοντας την επιρροή τους στην διαδικασία επίτευξης της συναίνεσης. Ενδεικτικά να αναφέρουμε μερικές προσεγγίσεις για τη διαχείριση της συμπεριφοράς των εμπειρογνομόνων από τη διεθνή βιβλιογραφία.

Στο (Iván Palomares F. J., 2014) προτείνεται ένα περιβάλλον προσομοίωσης της συμπεριφοράς των εμπειρογνομόνων που μελετά το κατά πόσο αυτοί δέχονται ή απορρίπτουν τις αλλαγές που τους έχουν προταθεί για να τροποποιήσουν τις προτιμήσεις τους. Τα στοιχεία που συνυπολογίζονται για την διαχείριση της συμπεριφοράς των εμπειρογνομόνων είναι ο αριθμός συμβουλών που δέχεται ή απορρίπτει ένας εμπειρογνώμων και ο βαθμός αλλαγών που πραγματοποιεί τελικώς. Έπειτα οι μη συνεργατικοί εμπειρογνώμονες τιμωρούνται με τη μείωση της βαρύτητας της γνώμης τους.

Σε αντίθεση με την παραπάνω προσέγγιση όπου οι τιμωρημένοι εμπειρογνώμονες μπορεί ακόμα και να χάσουν τελείως την αξία της γνώμης τους στο (F. J. Quesada, 2015) οι προτιμήσεις των αποφασιζόντων λαμβάνονται πάντα υπόψη σε έναν βαθμό, ο οποίος μεταβάλλεται ανάλογα με τη συμπεριφορά που θα επιδείξουν.

Στο (Yager, 2001) αφού συγκεντρωθούν οι ατομικές προτιμήσεις των εμπειρογνομόνων και υπολογιστεί η ομαδική προτίμηση, παρατηρείται η συμπεριφορά των εμπειρογνομόνων ως προς το αν προσπαθούν να χειραγωγήσουν την ομάδα ώστε να κερδίσει έδαφος η απόφαση που επιθυμούν οι ίδιοι. Για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα αυτό, οι συγγραφείς προτείνουν τη χρήση ειδικών συναρτήσεων λήψης ομαδικών αποφάσεων που βοηθούν στην αποθάρρυνση της χειραγωγησης των συμμετεχόντων εμπειρογνομόνων.

Τέλος υπάρχει προσέγγιση στην οποία εφαρμόζεται η στρατηγική εφαρμογής μίας σταθερής τιμής τιμωρίας η οποία είναι ανεξάρτητη από τις αξιολογήσεις των εμπειρογνομόνων.

4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΓΛΩΣΣΙΚΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΣΤΗΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΕΜΠΕΙΡΟΓΝΩΜΟΝΩΝ

4.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ

Η χρησιμοποιηθείσα μεθοδολογία (Ivan Palomares F. J., 2014) είναι εμπνευσμένη από τις αρχές που έχει εισαγάγει και υποστηρίζει ο Yager σχετικά με την διαχείριση της συμπεριφοράς των εμπειρογνομόνων κατά τη διάρκεια της διαδικασίας επίτευξης της συναίνεσης, μέσα σε ένα περιβάλλον γλωσσικών μεταβλητών.

Σύμφωνα με τον Yager για να μπορέσεις να αντιμετωπίσεις τις κακόβουλες συμπεριφορές των αποφασιζόντων κατά την λήψη ομαδικών αποφάσεων και να καταφέρεις να φθάσεις σε μία τελική λύση για το πρόβλημα που αντιμετωπίζεις η οποία να είναι προϊόν κοινής απόφασης όλης της ομάδας και όχι μόνο κάποιων μεμονωμένων ατόμων είναι χρήσιμο να δίνεις διαφορετική σημασία στην άποψη των εμπειρογνομόνων ανάλογα με τη συμπεριφορά τους. Ένα ακόμα βοηθητικό μέτρο για να καταπολεμήσεις προβληματικές συμπεριφορές αλλά και να βοηθήσεις στο να

διατηρηθεί η ισορροπία στην ομάδα των αποφασίζόντων είναι παράλληλα να ενθαρρύνεις τις καλές συμπεριφορές.

Πιο συγκεκριμένα, συνυπολογίζοντας λιγότερο τις αξιολογήσεις των εμπειρογνομόνων οι οποίοι προσπαθούν να αναπτύξουν κατάλληλες στρατηγικές ώστε να χειριστούν τους υπόλοιπους εμπειρογνώμονες και να καθοδηγήσουν σε μία λύση την οποία εκείνοι επιθυμούν, τιμωρώντας τους δηλαδή όταν δρουν με αυτόν τον τρόπο, και παράλληλα παίρνοντας υπόψιν τις αξιολογήσεις των αποφασίζόντων, οι οποίοι παρατηρείται ότι συμμορφώνονται και αξιολογούν τις διαθέσιμες επιλογές με γνώμονα το κοινό καλό, σε μεγαλύτερο βαθμό μπορούμε να επιτύχουμε μία αποτελεσματική αντιμετώπιση του προβλήματος της διαχείρισης της συμπεριφοράς των εμπειρογνομόνων. Για να επιτευχθούν τα παραπάνω ο Yager προτείνει την χρήση βαρών (weights) έτσι ώστε η άποψη κάθε αποφασίζοντος να έχει διαφορετική βαρύτητα στο τελικό αποτέλεσμα με βάση τα δείγματα συμπεριφοράς που έχει επιδείξει κατά τη διάρκεια της διαδικασίας επίτευξης της συναίνεσης.

Θα θέλαμε να αναφέρουμε στο σημείο αυτό ότι στην χρησιμοποιηθείσα προσέγγιση η διαδικασία επίτευξης της συναίνεσης πραγματοποιείται ακολουθώντας τα βήματα που περιγράφηκαν στην ενότητα 3.4 (ενώ περισσότερες λεπτομέρειες θα παρουσιαστούν μέσω της υλοποίησης της μεθοδολογίας και των αποτελεσμάτων του τέταρτου κεφαλαίου) ενώ συγκεκριμένα η τελευταία φάση της διαδικασίας επίτευξης της συναίνεσης διαμορφώνεται ως εξής.

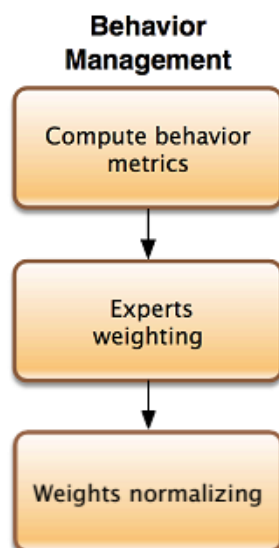
ΟΡΙΣΜΟΣ: Στην ομάδα των εμπειρογνομόνων έχει οριστεί ένας υπεύθυνος συντονιστής ο οποίος κατά το τελευταίο στάδιο επίτευξης της συναίνεσης, αποφασίζει τις συμβουλές που θα δώσει στους εμπειρογνώμονες έτσι ώστε να αυξηθεί το επίπεδο ομοφωνίας της ομάδας. Για να μπορέσει να συμβουλευτεί σωστά τους αποφασίζοντες λοιπόν καταρχήν υπολογίζει τη συνολική προτίμηση της ομάδας, η οποία συνήθως συμβολίζεται ως P_c , αθροίζοντας τις ατομικές προτιμήσεις όλων των εμπειρογνομόνων (p_i^{lk} , βλέπε ενότητα 2.5, ορισμός σελ. 42). Με βάση την τιμή της συνολικής προτίμησης P_c ο συντονιστής είναι σε θέση να αποφασίσει αν υπάρχουν εμπειρογνώμονες στην ομάδα οι οποίοι έχουν δηλώσει προτιμήσεις οι οποίες απέχουν πολύ από το επιθυμητό όριο συναίνεσης έτσι ώστε να τους συμβουλέψει να αλλάξουν τις προτιμήσεις τους αυτές για να αυξηθεί το επίπεδο ομοφωνίας της ομάδας και να φτάσει ή να ξεπεράσει το επιθυμητό όριο συναίνεσης. Από τη στιγμή που οι εμπειρογνώμονες ενημερωθούν για τις υποδείξεις αυτές είναι στο χέρι τους το αν θα αλλάξουν ή όχι τις προτιμήσεις τους που απέχουν πολύ από το

P_c , αυξάνοντας ή μειώνοντας τη τιμή τους ανάλογα τη συμβουλή που έχουν λάβει, επιδεικνύοντας καλή ή κακή συμπεριφορά αντίστοιχα. Έτσι οι συμβουλές που δέχονται είναι της μορφής $(e_i, (x_l, x_k), \text{Κατεύθυνση})$ οι οποίες δηλώνουν ότι ο εμπειρογνώμονας e_i πρέπει να αλλάξει την προτίμηση του p_i^{lk} (όπου p_i^{lk} η αποτίμηση της ασαφούς σχέσης προτίμησης του ζεύγους (x_l, x_k)) σύμφωνα με την *Κατεύθυνση* που του υποδεικνύεται (η οποία μπορεί να πάρει τις τιμές *Αύξηση* ή *Μείωση*).

Επίσης στη χρησιμοποιηθείσα μεθοδολογία ακολουθείται η εξής στρατηγική διαχείρισης της συμπεριφοράς των εμπειρογνομένων, η οποία όπως είπαμε συμφωνεί με τις αρχές του Yager.

ΟΡΙΣΜΟΣ: Σε κάθε εμπειρογνώμονα που ανήκει στο σύνολο των αποφασιζόντων $e_i \in E$ αντιστοιχίζεται μία τιμή βαρύτητας (ή αλλιώς βάρος) η οποία παίρνει τιμές στο διάστημα από 0 έως 1, $w_i^t \in [0, 1]$, όπου το t αναπαριστά τον γύρο συζητήσεων στον οποίο βρισκόμαστε τη στιγμή αυτή. Τα βάρη αυτά χρησιμοποιούνται έπειτα για τον υπολογισμό της συνολικής προτίμησης της ομάδας των εμπειρογνομένων (όπως και στην προσέγγιση του Yager), P_c , αφού εφαρμόσουμε στις ατομικές προτιμήσεις των αποφασιζόντων, $P_i, i \in \{1, \dots, m\}$, έναν τελεστή άθροισης των βαρών. Η αντιστοίχιση των βαρών και ο υπολογισμός της συνολικής προτίμησης γίνονται έτσι ώστε οι προτιμήσεις των αποφασιζόντων οι οποίοι παρουσιάζουν συνεργατική συμπεριφορά να παίζουν μεγαλύτερο ρόλο στον καθορισμό της τελικής απόφασης. Με άλλα λόγια στους συνεργατικούς και συνεπώς καλόβουλους εμπειρογνώμονες αντιστοιχίζονται μεγαλύτερες τιμές βαρύτητας.

Πιο συγκεκριμένα, τα στάδια της χρησιμοποιηθείσας μεθοδολογίας για την διαχείριση της συμπεριφοράς των εμπειρογνομένων παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα ενώ επιγραμματικά είναι τα ακόλουθα:



Εικόνα 16 Σχεδιάγραμμα χρησιμοποιηθείσας μεθοδολογίας για την διαχείριση της συμπεριφοράς των εμπειρογνομόνων κατά τη διάρκεια της διαδικασίας επίτευξης της συναίνεσης, μέσα σε ένα περιβάλλον γλωσσικών μεταβλητών.

1. Υπολογισμός μετρικών συμπεριφοράς
2. Αντιστοίχιση βαρών εμπειρογνομόνων
3. Κανονικοποίηση βαρών

Στο πρώτο στάδιο της χρησιμοποιηθείσας μεθοδολογίας, πραγματοποιείται η ανάλυση της συμπεριφοράς των εμπειρογνομόνων που έχουν επιδείξει κατά τη διάρκεια της διαδικασίας επίτευξης της συναίνεσης καθώς και η εκτίμηση της στάσης που έχουν κρατήσει αξιολογώντας ουσιαστικά το πόσο συνεργατικοί ή όχι ήταν με τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας.

Η αξιολόγηση αυτή γίνεται χρησιμοποιώντας κάποια μετρική συμπεριφοράς, όπως αποκαλείται, η οποία μετράει στην πραγματικότητα πόσο καλή (ή κακή) συμπεριφορά έχει δείξει ο κάθε αποφασίζων. Υπάρχουν αρκετές διαφορετικές τέτοιες μετρικές από τις οποίες μπορούμε να επιλέξουμε ποια θα χρησιμοποιήσουμε και καλό είναι η επιλογή αυτή να γίνεται με βάση τις ανάγκες κάθε προβλήματος για το οποίο καλούμαστε να πάρουμε μία ομαδική απόφαση και όχι να χρησιμοποιούμε μία τεχνική στα τυφλά ώστε να καταλήξουμε στη βέλτιστη αξιολόγηση η οποία θα οδηγήσει με τη σειρά της στη βέλτιστη ομαδική απόφαση.

Οι μετρικές που υπάρχουν διαθέσιμες συνήθως διαχωρίζονται σε διαφορετικές κατηγορίες με βάση τα διάφορα χαρακτηριστικά τους, όπως για παράδειγμα τον αριθμό των συμβουλών που δέχεται ο εμπειρογνώμονας (με στόχο να υπάρχει ένα ελάχιστο επίπεδο ομοφωνίας και συναίνεσης των εμπειρογνομόνων) σε συνδυασμό με τον αριθμό των συμβουλών που ακολουθεί τελικώς ώστε να καταλήξει η ομάδα σε μία κοινή λύση, ή τον βαθμό αλλαγών που πραγματοποιεί ο αποφασίζων του οποίου τη συμπεριφορά μελετάμε όταν αλλάζει τις αξιολογήσεις του σε σχέση με τις εναλλακτικές λύσεις που υπάρχουν για το πρόβλημα για το οποίο έχει κληθεί να λάβει μία ομαδική απόφαση.

Πολλές φορές στην πράξη είναι καλύτερο να συνδυάζονται διάφορες μετρικές για την αξιολόγηση της συμπεριφοράς των εμπειρογνομόνων, ειδικά όταν αντιμετωπίζουμε σύνθετα και κρίσιμα προβλήματα, έτσι ώστε να καταλήξουμε σε αποτελεσματική διαχείριση της συμπεριφοράς των αποφασιζόντων και να καταφέρουμε να εντοπίσουμε όλα τα είδη των προβληματικών συμπεριφορών.

Στην χρησιμοποιηθείσα μεθοδολογία προτείνεται η χρήση της μετρικής συμπεριφοράς που είναι γνωστή στη βιβλιογραφία ως «συντελεστής συνεργασίας» (cooperation coefficient) και η οποία τυπικά ορίζεται με βάση τον ακόλουθο ορισμό.

ΟΡΙΣΜΟΣ: Έστω ότι με $\#ADV_i^t$ συμβολίζεται ο αριθμός των συμβουλών που έχει δεχθεί ο εμπειρογνώμονας e_i για αλλάξει κάποιες από τις αξιολογήσεις p^{lk}_i που έχει πραγματοποιήσει πριν από την έναρξη του γύρου t της διαδικασίας επίτευξης της συναίνεσης και επίσης έστω ότι με $\#ACPT_i^t$ συμβολίζεται ο αριθμός των συμβουλών τις οποίες δέχτηκε ο εμπειρογνώμονας να αλλάξει σύμφωνα με τα σχόλια που έλαβε για να βελτιώσει τη συμπεριφορά του και να επιτευχθεί το επιθυμητό επίπεδο ομοφωνίας που έχει συμφωνηθεί. Ο συντελεστής συνεργασίας CC_i^t ο οποίος παίρνει τιμές στο διάστημα από 0 έως 1, $CC_i^t \in [0,1]$, για τον εμπειρογνώμονα e_i κατά τη διάρκεια του γύρου t λοιπόν, ορίζεται με βάση την παρακάτω σχέση:

$$CC_i^t = \begin{cases} 1 & \text{αν } \#ADV_i^t = 0, \\ \frac{\#ACPT_i^t}{\#ADV_i^t} & \text{αλλιώς.} \end{cases}$$

Με άλλα λόγια ο συντελεστής συνεργασίας παίρνει τη μέγιστη τιμή 1 αν ο εμπειρογνώμον e_i κατά τη διάρκεια του γύρου t δεν έχει λάβει καμία συμβουλή για να αλλάξει τις αξιολογήσεις του, δηλώνοντας ότι έχει παρουσιάσει τη μέγιστη δυνατή συνεργασία. Αλλιώς η τιμή του συντελεστή συνεργασίας ισούται με τον λόγο του αριθμού των αξιολογήσεων που συμφώνησε ο εμπειρογνώμων να αλλάξει τελικώς για το κοινό καλό της ομάδας προς τον αριθμό των συμβουλών που έλαβε κατά τη διάρκεια του γύρου t . Με αυτόν τον τρόπο όσες περισσότερες αλλαγές δέχτηκε να πραγματοποιήσει στις αξιολογήσεις του τόσο μεγαλύτερη τιμή θα έχει ο συντελεστής συνεργασίας και αντίστοιχα όσο λιγότερες συμβουλές για αλλαγές δέχτηκε τόσο μεγαλύτερος θα είναι πάλι ο συντελεστής συνεργασίας.

Η τιμή του συντελεστή συνεργασίας δηλαδή ουσιαστικά αναπαριστά τον βαθμό με τον οποίο ένας εμπειρογνώμονας αλλάζει τις αξιολογήσεις του με στόχο να επιτευχθεί μεγαλύτερο επίπεδο συναίνεσης, σύμφωνα πάντα με τις συμβουλές που έχει δεχθεί προς αυτήν την κατεύθυνση. Αν φυσικά δεν έχει δεχθεί καμία τέτοια συμβουλή θεωρείται ότι ούτως η άλλως οι αξιολογήσεις του γίνονται με γνώμονα την επίτευξη της συναίνεσης οπότε δεν υπάρχει λόγος να αλλάξει κάτι στη συμπεριφορά

του και η γνώμη του παίρνει τότε τη μεγαλύτερη δυνατή βαρύτητα στον υπολογισμό της τελικής απόφασης, όπως θα δούμε και στο επόμενο στάδιο.

Στο δεύτερο στάδιο της χρησιμοποιηθείσας μεθοδολογίας, καθορίζεται το επίπεδο βαρύτητας που θα έχουν οι αξιολογήσεις των εμπειρογνομώνων ώστε ανάλογα με τη στάση που έχουν δείξει στη διαδικασία επίτευξης της συναίνεσης να λαμβάνονται περισσότερο ή λιγότερο υπόψιν η γνώμη τους στη λήψη της ομαδικής απόφασης. Έτσι υπολογίζονται τα βάρη που θα αντιστοιχηθούν σε κάθε εμπειρογνώμονα με βάση την τιμή του συντελεστή συναίνεσης που υπολογίστηκε στο προηγούμενο στάδιο. Ο υπολογισμός των βαρών σύμφωνα με την προτεινόμενη προσέγγιση γίνεται με βάση τον παρακάτω ορισμό:

ΟΡΙΣΜΟΣ: Καταρχήν ορίζεται ένας γλωσσικός όρος, ο οποίος από εδώ και στο εξής θα καλείται «συνεργατικός» όρος, του οποίου η σημασιολογία δίνεται από το ασαφές σύνολο $COOP$ στο κλειστό διάστημα $[0,1]$ με βάση την ακόλουθη συνάρτηση συμμετοχής:

$$\mu_{COOP}(y) = \begin{cases} 0 & \text{αν } y < \alpha, \\ \frac{y - \alpha}{\beta - \alpha} & \text{αν } \alpha \leq y \leq \beta, \\ 1 & \text{αν } y \geq \beta. \end{cases}$$

Όπου τα α, β, y παίρνουν τιμές στο διάστημα από 0 έως 1, $\alpha, \beta, y \in [0,1]$, και $\alpha < \beta$. Όπως παρατηρούμε η συνάρτηση συμμετοχής $\mu_{COOP}(y)$ όταν το y είναι μικρότερο του α παρουσιάζει την ελάχιστη τιμή της, 0, ενώ για y ίσα ή μεγαλύτερα του β παίρνει τη μέγιστη τιμή 1.

Με βάση τώρα την τιμή της συνάρτησης συμμετοχής, το βάρος του εμπειρογνώμονα e_i κατά τη διάρκεια του γύρου t , w_i^t , υπολογίζεται ως ο βαθμός συμμετοχής του συντελεστή συνεργασίας του CC_i^t στο σύνολο $COOP$, ως εξής:

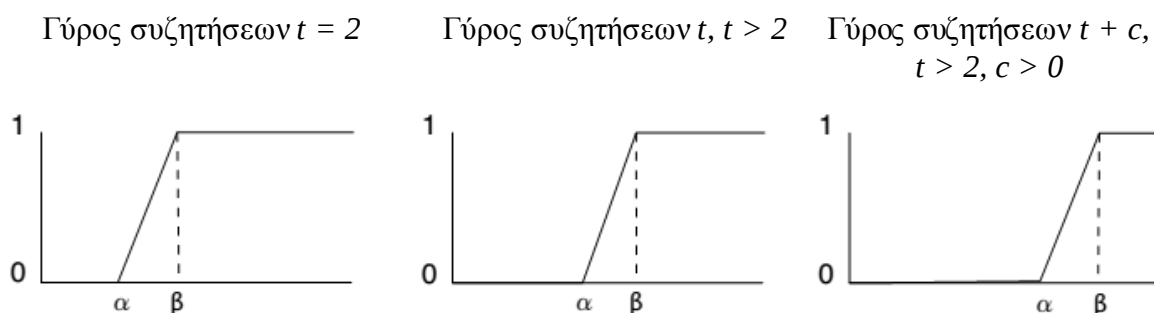
$$w_i^t = \mu_{COOP}(CC_i^t)$$

Επιπλέον όπως μπορεί να γίνει εύκολα αντιληπτό, όταν μία μη συνεργατική συμπεριφορά από έναν εμπειρογνώμονα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας επίτευξης της συναίνεσης και μία άρνηση στο να εφαρμόσει τις αλλαγές στις αξιολογήσεις του που του προτείνονται έτσι ώστε να καταλήξει η ομάδα σε μία κοινή λύση και σε ένα επιθυμητό επίπεδο ομοφωνίας εμφανίζεται σε προχωρημένο στάδιο, δηλαδή μετά από αρκετούς γύρους συζητήσεων, έχει μεγαλύτερη βαρύτητα από ότι αν η ίδια συμπεριφορά εμφανιστεί σε πιο αρχικό στάδιο και καλό είναι αυτή η παρατήρηση να

λαμβάνεται υπόψιν στον τρόπο υπολογισμού των βαρών των εμπειρογνομόνων καθώς αντικατοπτρίζει την πραγματικότητα.

Έτσι, για να συμπεριληφθεί το χαρακτηριστικό αυτό στην χρησιμοποιηθείσα μεθοδολογία, προτείνεται η επιβολή «μεγαλύτερης τιμωρίας» όταν ένας εμπειρογνώμονας παρουσιάζει «κακή συμπεριφορά» σε προχωρημένα στάδια της διαδικασίας επίτευξης της συναίνεσης, δηλαδή για μεγάλα t , και μία πιο ανεκτική αντιμετώπιση αν βρισκόμαστε σε πιο αρχική φάση των γύρων συζητήσεων. Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας διαφορετικές συναρτήσεις συμμετοχής για να υπολογιστεί ο «συνεργατικός» όρος ανάλογα με τον αριθμό του γύρου στον οποίο βρισκόμαστε και αυξάνοντας τις τιμές των α και β καθώς αυξάνεται το t . Η διαδικασία αυτή απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα.

«Συνεργατικός» όρος



Εικόνα 17 Απεικόνιση της διαδικασίας ορισμού της σημασιολογίας του «συνεργατικού» γλωσσικού όρου ανάλογα με το στάδιο της διαδικασίας επίτευξης της συναίνεσης στο οποίο βρισκόμαστε.

Όπως παρατηρούμε στην παραπάνω εικόνα, καθώς ο αριθμός του γύρου συζητήσεων t αυξάνει, αυξάνουν και οι τιμές των α, β επηρεάζοντας την τιμή της συνάρτησης συμμετοχής $\mu_{COOP}(y)$ και συνεπώς και την τιμή του βάρους w_i^t του εμπειρογνώμονα e_i κατά τη διάρκεια του γύρου t .

Στο τρίτο και τελευταίο στάδιο της χρησιμοποιηθείσας μεθοδολογίας, πραγματοποιείται «κανονικοποίηση» (normalization) των βαρών των εμπειρογνομόνων που υπολογίστηκαν στο προηγούμενο στάδιο. Η κανονικοποίηση των τιμών ενός μεγέθους είναι απαραίτητη όταν παρουσιάζονται αποκλίσεις στις διάφορες τιμές του μεγέθους που υπολογίζουμε και θέλουμε να μπορέσουμε να κάνουμε πράξεις μεταξύ των τιμών αυτών ώστε για να βγάλουμε κάποιο συμπέρασμα. Η κανονικοποίηση των βαρών λοιπόν συμβαίνει λόγω των

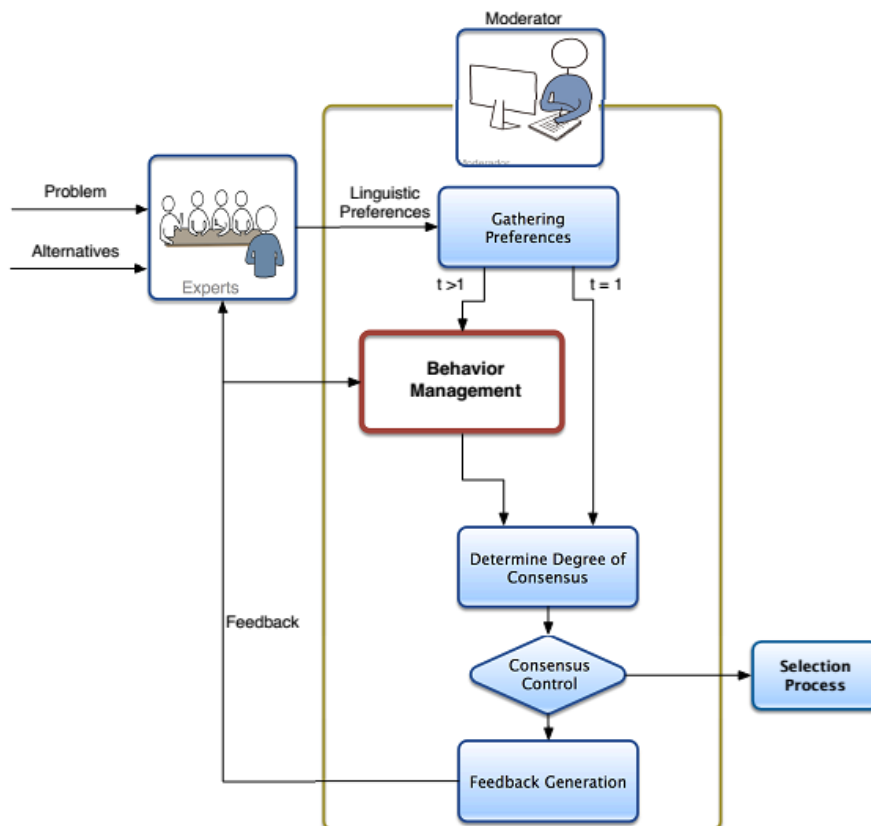
διαφορετικών τιμών που παίρνουν τα βάρη σε κάθε γύρο της διαδικασίας επίτευξης της συναίνεσης και υπολογίζεται ως εξής:

ΟΡΙΣΜΟΣ: Για να υπολογιστεί η τιμή του κανονικοποιημένου βάρους $\hat{w}_i^t$ για τον εμπειρογνώμονα e_i κατά τη διάρκεια του γύρου συζητήσεων t χρησιμοποιούμε τον ακόλουθο τύπο:

$$\hat{w}_i^t = \frac{w_i^t}{\sum_{i=1}^m w_i^t} \text{ όπου } \hat{w}_i^t \in [0,1] \text{ και } \sum w_i^t = 1$$

Έπειτα από τον υπολογισμό των κανονικοποιημένων βαρών για κάθε εμπειρογνώμονα e_i , οι νέες τιμές χρησιμοποιούνται για να υπολογιστεί η συλλογική προτίμηση των εμπειρογνομόνων για το γύρο της συζήτησης στον οποίο βρισκόμαστε.

Η διαδικασία διαχείρισης της συμπεριφοράς των εμπειρογνομόνων που παρουσιάστηκε, ενσωματωμένη στη διαδικασία επίτευξης συναίνεσης, απεικονίζεται σχηματικά στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 18 Σχεδιάγραμμα της διαδικασίας επίτευξης συναίνεσης ενσωματωμένης με τη διαδικασία διαχείρισης της συμπεριφοράς των εμπειρογνομόνων σε ένα πρόβλημα λήψης ομαδικής απόφασης.

Συνοψίζοντας τα στάδια της ενσωματωμένης προτεινόμενης μεθοδολογίας, να αναφέρουμε στο σημείο αυτό ότι η διαδικασία ξεκινάει παρουσιάζοντας το υπάρχον πρόβλημα στα μέλη της ομάδας των εμπειρογνομόνων οι οποίοι έχουν κληθεί για να το αντιμετωπίσουν και στη συνέχεια εκείνοι αναλύουν τις διαθέσιμες επιλογές που υπάρχουν από τις οποίες θα καταλήξουν στην τελική ομαδική απόφαση. Στη συνέχεια αφού δηλωθούν οι προτιμήσεις των αποφασιζόντων για κάθε επιλογή με τη χρήση γλωσσικών μεταβλητών και συγκεντρωθούν οι επιλογές αυτές, ξεκινάει ο πρώτος γύρος συζητήσεων κατά τον οποίο καθορίζεται ο βαθμός συναίνεσης που έχει επιτευχθεί. Αν το επίπεδο συναίνεσης που υπάρχει στην ομάδα είναι ικανοποιητικό ακολουθεί η επιλογή της τελικής απόφασης (εφαρμόζοντας τη διαδικασία της εναλλακτικής επιλογής) και η διαδικασία λήψης της ομαδικής απόφασης ολοκληρώνεται με την αναγγελία της απόφασης στην ομάδα.

Στην περίπτωση όμως που το επίπεδο συναίνεσης δεν είναι αρκετό ακολουθεί μία διαδικασία παραγωγής συμβουλών και προτεινόμενων αλλαγών στις προτιμήσεις των εμπειρογνομόνων έτσι ώστε οι επιλογές τους να έρθουν πιο κοντά η μία στην άλλη, η οποία οργανώνεται από έναν *συντονιστή* που έχει αποφασιστεί από την αρχή της διαδικασίας επίτευξης συναίνεσης, ενώ στη συνέχεια οι συμβουλές αυτές γνωστοποιούνται στους εμπειρογνώμονες.

Έπειτα από το βήμα αυτό όσοι αποφασίζουν το επιθυμούν συμμορφώνονται με τις προτεινόμενες αλλαγές και τροποποιούν τις προτιμήσεις τους. Έτσι οι νέες επιλογές των εμπειρογνομόνων συλλέγονται και η όλη διαδικασία ξεκινάει από την αρχή μεταβαίνοντας στον επόμενο γύρο συζητήσεων έως ότου επιτευχθεί το επιθυμητό όριο συναίνεσης.

Όπως παρατηρούμε η προτεινόμενη χρησιμοποιηθείσα μεθοδολογία διαχείρισης της συμπεριφοράς των εμπειρογνομόνων πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια του δεύτερου γύρου συζητήσεων, $t > 2$, καθώς για να αναλυθεί η συμπεριφορά κάθε εμπειρογνώμονα απαιτούνται κάποιες πληροφορίες και συγκεκριμένα πρέπει να γνωρίζουμε:

- Τον αριθμό των συμβουλών που δέχτηκε κάθε εμπειρογνώμονας e_i κατά τη διάρκεια του προηγούμενου γύρου συζητήσεων, $t - 1$, για να αλλάξει τις προτιμήσεις του, έτσι ώστε να καταλήξει η ομάδα σε μία τελική κοινώς αποδεκτή απόφαση.

- Τον αριθμό των αλλαγών που δέχτηκε τελικώς να πραγματοποιήσει στις προτιμήσεις του κάθε εμπειρογνώμονας έπειτα από τις συμβουλές που δέχτηκε, δείχνοντας έτσι ένα πνεύμα συνεργασίας και ομαδικής διάθεσης.

Από τη στιγμή που οι πληροφορίες αυτές δεν είναι διαθέσιμες στην αρχή της διαδικασίας επίτευξης της συναίνεσης, όπου οι εμπειρογνώμονες μόλις έχουν δηλώσει τις προτιμήσεις τους για τις διαθέσιμες προτεινόμενες λύσεις, η χρησιμοποιηθείσα προσέγγιση διαχείρισης της συμπεριφοράς των εμπειρογνομένων μπορεί να εφαρμοστεί από το τέλος του πρώτου γύρου συζητήσεων και μετά.

Επίσης είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι στον πρώτο γύρο συζητήσεων, δηλαδή για $t = 1$, θεωρούμε ότι όλοι οι εμπειρογνώμονες έχουν ίσα βάρη, γεγονός που δηλώνει ότι η βαρύτητα της άποψης όλων των αποφασίζόντων έχει ίση αξία και λαμβάνεται υπόψιν στον ίδιο βαθμό για τον υπολογισμό της τελικής απόφασης του προβλήματος που έχουν κληθεί να αντιμετωπίσουν.

Καθώς όμως οι γύροι περνάνε και η διαδικασία διαχείρισης της συμπεριφοράς των εμπειρογνομένων εξελίσσεται, το βάρος κάθε αποφασίζοντος μπορεί να τροποποιηθεί ανάλογα με τη συμπεριφορά που θα επιδείξει σε κάθε γύρο, όπως έχουμε αναφέρει.

Για παράδειγμα το βάρος ενός εμπειρογνώμονα ο οποίος δεν συνεργάζεται κατά τη διάρκεια των τριών πρώτων γύρων συζητήσεων θα πρέπει να μειωθεί σε σχέση με το βάρος που είχε ο ίδιος εμπειρογνώμονας κατά την έναρξη του δεύτερου γύρου. Από την άλλη πλευρά, αν ο ίδιος εμπειρογνώμονας αποφασίσει να συνεργαστεί τελικώς από τον τέταρτο γύρο συζητήσεων και μετά, προσαρμόζοντας τις προτιμήσεις του με γνώμονα το κοινό καλό και φέρνοντας τις επιλογές του πιο κοντά στις αποφάσεις των υπολοίπων ώστε να ληφθεί τελικώς μία «ομόφωνη» απόφαση (όπου το κατά πόσο ομόφωνη θα είναι τελικά η ομαδική απόφαση εξαρτάται πάντα από το όριο συναίνεσης που έχει τεθεί από την αρχή της διαδικασίας επίτευξης συναίνεσης καθώς όσο μεγαλύτερο όριο συναίνεσης έχει οριστεί τόσο μεγαλύτερο μέρος των αποφασίζόντων θα πρέπει να έχουν επιλέξει την ίδια απόφαση) η τιμή του βάρους θα πρέπει να αυξηθεί σε σχέση με την προηγούμενη ενώ υπάρχει πάντα περίπτωση να φτάσει στην τιμή του βάρους που είχε στην έναρξη των γύρων συζητήσεων.

4.2 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ

Για να δοκιμαστεί η χρησιμοποιηθείσα μεθοδολογία ως προς την αποτελεσματικότητά της σε πραγματικές συνθήκες την εφαρμόσαμε σε ένα σενάριο λήψης ομαδικών αποφάσεων το οποίο θα περιγράψουμε και θα αναλύσουμε στην παρούσα ενότητα.

Μέσω του σεναρίου αυτού θα μελετηθεί η διαδικασία επίτευξης της συναίνεσης σε ένα περιβάλλον αβεβαιότητας με τη χρήση γλωσσικών μεταβλητών και θα παρουσιαστεί η μη συνεργατική συμπεριφορά των εμπειρογνομόνων που έχουν κληθεί να προτείνουν τη λύση στο δεδομένο πρόβλημα. Για να αντιμετωπιστεί το ζήτημα αυτό θα εφαρμοστούν τεχνικές της γλωσσικής υπολογιστικής για τη διαχείριση της συμπεριφοράς των αποφασιζόντων ώστε να καταλήξουν τελικά σε μία κοινώς αποδεκτή λύση. Το πρόβλημα αυτό θα μπορούσε να παρουσιαστεί σε οποιαδήποτε εταιρεία ή οργανισμό που επιθυμεί να λάβει μια ομαδική απόφαση για ένα κοινό ζήτημα και συνεπώς προσαρμόζοντας τις αρχικές συνθήκες του σεναρίου η μεθοδολογία που θα παρουσιαστεί θα μπορούσε να εφαρμοστεί και σε άλλα σενάρια παρόμοιου τύπου.

Η εξεταζόμενη εταιρεία είναι μία εταιρεία Πληροφορικής με έδρα την Αθήνα η οποία μόλις άνοιξε και σκέφτεται να δραστηριοποιηθεί και σε πωλήσεις μέσω του ηλεκτρονικού καταστήματος που διαθέτει. Καθώς λοιπόν βρίσκεται στην αρχή της πορείας της και είναι πολύ σημαντικό να γίνει η σωστή είσοδός της στην αγορά, έχει επιλέξει να επενδύσει ένα ποσό σε *προωθητικές ενέργειες* μέσω των οποίων θα γνωρίσουν οι ενδιαφερόμενοι πελάτες τα προϊόντα της.

Ενώ λοιπόν το παραπάνω θέμα είναι κανονικά αρμοδιότητα του τμήματος Marketing λόγω της κρισιμότητας της απόφασης καθώς θα επηρεάσει την συνολική πορεία της εταιρείας ο Γενικός Διευθυντής αποφάσισε ότι θα πρέπει να ληφθεί μία ομαδική απόφαση για το είδος προώθησης που θα ακολουθηθεί και να συμμετέχει όλη η εταιρεία στην λήψη της απόφασης αυτής. Έτσι συγκάλεσε σε σύσκεψη τους Διευθυντές των διαφόρων τμημάτων, οι οποίοι ήταν 10 στο σύνολο, και αφού τους παρουσίασε την κατάσταση και τους εξέθεσε τα αποτελέσματα της έρευνας που είχε διεξάγει για άλλες εταιρείες που δραστηριοποιούνται στο ίδιο χώρο τους ανακοίνωσε την απόφαση του να επενδύσει η εταιρεία σε προωθητικές δράσεις που θα εδραιώσουν τη θέση της στην αγορά.

Τα 10 αυτά άτομα ορίστηκαν ως εμπειρογνώμονες από τη πλευρά της εταιρείας του συγκεκριμένου σεναρίου και ανάλογα με τις προτιμήσεις τους και τη στάση που θα τηρήσουν κατά τη διαδικασία λήψης της ομαδικής απόφασης θα διαμορφώσουν την πορεία του σεναρίου. Τα βήματα του σεναρίου πιο αναλυτικά παρουσιάζονται παρακάτω:

1. Οι εμπειρογνώμονες μέσα σε μία εβδομάδα θα πρέπει να έχουν ολοκληρώσει τις προτάσεις τους αναφορικά με τις δράσεις προώθησης στις οποίες θεωρούν ότι θα είναι καλό να επενδύσει η εταιρεία για να επιτύχει τον στόχο της.
2. Κάθε εμπειρογνώμων πρέπει να προτείνει το λιγότερο 5 και το περισσότερο 10 προωθητικές ενέργειες εκ των οποίων θα επιλεγούν και τεθούν σε «ψηφοφορία» οι 4 επικρατέστερες. Μέσα από αυτές τις 4 προτάσεις οι διευθυντές των τμημάτων θα μπορέσουν να καταλήξουν στην τελική τους πρόταση προς την εταιρεία και ο Γενικός Διευθυντής θα επιλέξει τελικώς αν θα ακολουθηθεί το 2017 το προτεινόμενο προωθητικό πρόγραμμα και θα προχωρήσει στην επένδυση της πρότασης. Η υπόθεση λοιπόν του σεναρίου είναι η ακόλουθη:

Μια νεοσύστατη εταιρία που δραστηριοποιείται στον χώρο της Πληροφορικής, επιθυμεί να λάβει μία ομαδική απόφαση σχετικά με τις προωθητικές ενέργειες στις οποίες θα επενδύσει το 2017 ώστε να γίνουν γνωστά τα προϊόντα της και να εδραιωθεί η εικόνα της στην αγορά.

Η επιτροπή μελέτης του προβλήματος εδραίωσης της εικόνας της εταιρείας στην αγορά αποτελείται όπως αναφέραμε και προηγουμένως από 10 εμπειρογνώμονες, τους οποίους κατά την υλοποίηση του σεναρίου θα συμβολίζουμε ως $E = \{e_1, e_2, e_3, e_4, e_5, e_6, e_7, e_8, e_9, e_{10}\}$.

Το παραπάνω σύνολο των εμπειρογνομόνων, στους οποίους θα παρουσιαστεί το σενάριο καθώς και το σύνολο των τεσσάρων επικρατέστερων επιλογών στις οποίες κατέληξε ο Γενικός Διευθυντής μέσα από τις συνολικές προτάσεις που δέχτηκε από τους διευθυντές των τμημάτων της εταιρείας, θα προσπαθήσουν μέσω της διαδικασίας επίτευξης της συναίνεσης να καταλήξουν σε μία σύμφωνη γνώμη για το είδος της στρατηγικής προώθησης στο οποίο θα επενδύσει η εταιρεία.

Οι εμπειρογνώμονες λοιπόν καλούνται να καταλήξουν σε μία ομαδική απόφαση μέσα από το ακόλουθο σύνολο προτάσεων $X = \{x1, x2, x3, x4\}$, οι οποίες παρουσιάζονται με περισσότερες λεπτομέρειες στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 7 Αναλυτική περιγραφή του συνόλου των εναλλακτικών λύσεων του σεναρίου.

x1	<i>Προβολή μέσω διαφημίσεων στα κοινωνικά δίκτυα</i>	Καθώς το Ίντερνετ έχει μπει για τα καλά στις ζωές όλων μας και απορροφά σημαντικό μέρος του χρόνου και της καθημερινότητας μας, όλο και περισσότερες εταιρείες επιλέγουν την προβολή τους μέσω των κοινωνικών δικτύων ενώ ο αριθμός των χρηστών τους έχει ξεπεράσει κατά πολύ τα αναμενόμενα νούμερα. Έτσι υπάρχει πληθώρα επιλογών κοινωνικών δικτύων και πακέτα διαφήμισης από τις οποίες μπορεί να επιλέξει η εταιρεία. Η εταιρεία σκέφτεται να προβληθεί σε διάφορα κοινωνικά δίκτυα για τα οποία το επενδυτικό πακέτο είναι 45.000 ευρώ για το 2017.
x2	<i>Διενέργεια διαγωνισμών και κληρώσεων</i>	Πλέον έχουν αναπτυχθεί πολλές και ενδιαφέρουσες υπηρεσίες οι οποίες σου παρέχουν βοήθεια για να τρέχεις διαγωνισμούς και κληρώσεις επιτρέποντάς σου να τα προγραμματίζεις και να τα παρακολουθείς καλύτερα. Άλλες τεχνικές παρακολούθησης των διαγωνισμών οι οποίες συνδυάζονται με τη χρήση των κοινωνικών δικτύων συμπεριλαμβάνουν την ενθάρρυνση των χρηστών να χρησιμοποιούν το σχετικό hashtag (#) που έχει δημιουργηθεί για τον συγκεκριμένο

		διαγωνισμό κάθε φορά που αναφέρουν κάτι σχετικό με αυτόν. Η εταιρεία σκέφτεται να επενδύσει 30.000 ευρώ σε διενέργεια διαγωνισμών και κληρώσεων ώστε οι καταναλωτές στην περίπτωση που επιλεγούν να κερδίσουν πλούσια δώρα, αλλά και κουπόνια εκπτώσεων που θα μπορούσαν να εξαργυρώσουν στο κατάστημα της εταιρείας.
x3	<i>Δωρεάν διανομή δειγμάτων των προϊόντων</i>	Τώρα που η οικονομική κρίση έχει επηρεάσει τις ζωές όλων και ο κόσμος προσπαθεί συνεχώς να βρίσκει και να εκμεταλλεύεται δωρεάν προϊόντα για να καλύπτει ακόμα και τις βασικές του ανάγκες, μία επένδυση σε δωρεάν διανομή δειγμάτων των προϊόντων, το κόστος της οποίας δεν ξεπερνά τα 35.000 ευρώ, θα καταφέρει εκτός από τη γνωστοποίηση των προϊόντων στο κοινό και τη δημιουργία μιας καλής εικόνας για την εταιρεία γενικότερα.
x4	<i>Προβολή μέσω ραδιοφωνικού/τηλεοπτικού προωθητικού υλικού</i>	Ο πιο παραδοσιακός τρόπος διαφήμισης των προϊόντων μιας εταιρείας, ο οποίος παρόλη την ραγδαία ανάπτυξη του Ίντερνετ δεν φαίνεται να έχει χάσει την αίγλη της καθώς έχει ακόμα πολλούς οπαδούς, κυρίως άτομα μεγαλύτερης ηλικίας, είναι μέσω της τηλεόρασης και του ραδιοφώνου. Ένα επιτυχημένο τηλεοπτικό και ραδιοφωνικό σποτάκι μπορεί μείνει χαραγμένο στο μυαλό των θεατών και να καταφέρει να κάνει γνωστή την εταιρεία.

		Η εταιρεία σκέφτεται να επενδύσει 30.000 σε τηλεοπτική προβολή σε όλα τα κανάλια και 30.000 σε διαφήμιση μέσω των δημοφιλέστερων ραδιοφωνικών σταθμών (στους οποίους θα καταλήξει μετά από σχετική έρευνα αγοράς).
--	--	--

Για να αξιολογήσουν οι εμπειρογνώμονες τις παραπάνω δράσεις και να δηλώσουν τις προτιμήσεις τους θα χρησιμοποιήσουν μία κλίμακα αξιολόγησης χρησιμοποιώντας εκφράσεις από το ακόλουθο σύνολο γλωσσικών όρων, $S = \{s_0: \text{Απολύτως Χειρότερα}, s_1: \text{Πολύ Χειρότερα}, s_2: \text{Ελαφρώς Χειρότερα}, s_3: \text{Αδιάφορα}, s_4: \text{Ελαφρώς Καλύτερα}, s_5: \text{Πολύ Καλύτερα}, s_6: \text{Απολύτως Καλύτερα}\}$. Οι προτεινόμενες δράσεις αξιολογούνται κατά ζεύγη δηλώνοντας την προτίμηση της μίας δράσης σε σχέση με κάποια άλλη. Όταν για παράδειγμα ένας εμπειρογνώμων αξιολογήσει το ζεύγος δράσεων (x_1 - x_2) με τον βαθμό *Απολύτως Χειρότερα* σημαίνει ότι θεωρεί τη δράση x_1 απολύτως χειρότερη από τη δράση x_2 . Σε αντιστοιχία η αξιολόγηση της δράσης x_2 σε σχέση με την x_1 θα είναι *Απολύτως Καλύτερα*.

Η διαδικασία που θα ακολουθηθεί είναι η ακόλουθη: Οι τέσσερις παραπάνω προτάσεις παρουσιάζονται στους εμπειρογνώμονες και τους ζητείται να τις αξιολογήσουν δηλώνοντας τις προτιμήσεις τους μέσω μιας ειδικής φόρμας που έχει δημιουργηθεί για το σκοπό αυτό. Στη συνέχεια οι επιλογές των εμπειρογνομόνων συγκεντρώνονται και ακολουθεί η διαδικασία επίτευξης της συναίνεσης την οποία συντονίζει ένας υπεύθυνος συντονιστής που έχει σαν ρόλο να οργανώνει τους γύρους συζητήσεων και να κατευθύνει την ομάδα προς τη λήψη μιας όσο το δυνατόν περισσότερο ομόφωνης απόφασης.

Έτσι σε κάθε γύρο αξιολόγησης ανάλογα με τις προτιμήσεις των εμπειρογνομόνων και τη στάση που τηρούν ως προς την επίτευξη του επιθυμητού ορίου συναίνεσης ο συντονιστής παρέχει στους αποφασίζοντες οδηγίες για να αλλάξουν τις προτιμήσεις τους με γνώμονα το κοινό καλό της ομάδας οι οποίες έχουν τη μορφή συμβουλών ενώ αυτοί έπειτα αποφασίζουν αν θα επιλέξουν να ακολουθήσουν ή όχι τις συμβουλές αυτές.

Με αυτόν τον τρόπο θα μετρηθεί η συνεργατικότητα του κάθε εμπειρογνώμονα σε σχέση με τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας η οποία θα

χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια για να καθορίσει τη βαρύτητα με την οποία θα ληφθεί υπόψιν η γνώμη του κάθε αποφασίζοντα στη λήψη της τελικής απόφασης.

Μέσω των βημάτων που περιγράφηκαν παραπάνω και με την ολοκλήρωση των διαδικασιών της επίτευξης της συναίνεσης και της διαχείρισης της συμπεριφοράς των εμπειρογνομόνων θα προταθεί μία από τις τέσσερις εναλλακτικές των προωθητικών δράσεων ως η περισσότερο επικρατέστερη από το σύνολο των εμπειρογνομόνων και θα ανακοινωθεί στον Γενικό Διευθυντή.

Τέλος να σημειωθεί ότι βάση της χρησιμοποιηθείσας μεθοδολογίας έχουν αποφασιστεί οι ακόλουθες τιμές των παραμέτρων του προβλήματος σχετικά με τη διαδικασία διαχείρισης της συμπεριφοράς των εμπειρογνομόνων. Το επιθυμητό όριο συναίνεσης είναι $\mu = 0.85$, οι αρχικές τιμές των παραμέτρων α και β της συνάρτησης συμμετοχής COOP είναι $\alpha = 0.2$ και $\beta = 0.5$ και οι τιμές αυτές μετά το πέρας του τέταρτου γύρου συζητήσεων θα αυξάνονται κατά 0.1 έως ότου καθεμία από τις παραμέτρους φθάσει την τιμή 1. Με αυτόν τον τρόπο η προσέγγιση παρουσιάζει χαμηλή ανεκτικότητα στη μη συνεργατική συμπεριφορά των εμπειρογνομόνων όπως αναφέραμε και στην προηγούμενη ενότητα.

Για να αξιολογήσουν λοιπόν οι αποφασίζοντες τις προτεινόμενες δράσεις τους ζητήθηκε να συμπληρώσουν την ηλεκτρονική φόρμα που βρίσκεται διαθέσιμη στην αρχική της μορφή στον ακόλουθο σύνδεσμο:

<https://docs.google.com/forms/d/1fWGXfHGX2TBlQqaPvKz4wqJd0RzxJwMx3yA6XOre014/prefill>

Η ηλεκτρονική φόρμα σε μορφή pdf απεικονίζεται στις παρακάτω εικόνες. Στην πρώτη εικόνα η οποία αντιστοιχεί στην πρώτη σελίδα της φόρμας βλέπουμε κάποια εξηγητικά σχόλια σχετικά με το πρόβλημα που αντιμετωπίζει η εταιρεία, τις προτεινόμενες εναλλακτικές για την ομαδική απόφαση την οποία έχουν κληθεί να πάρουν οι εμπειρογνώμονες καθώς και την ερώτηση για την αξιολόγηση της προτεινόμενης δράσης x1 έναντι της δράσης x2.

Ετήσιες Προωθητικές Ενέργειες για το 2017

Καθώς με την είσοδο του νέου χρόνου μπήκε και η εταιρεία μας στην αγορά καλούμαστε να λάβουμε μία ομαδική απόφαση και να καταλήξουμε στο είδος των προωθητικών ενεργειών στις οποίες θα επενδύσουμε το 2017 έτσι ώστε να γνωρίσουν οι πελάτες τα προϊόντα μας και να δηλώσουμε μία δυναμική παρουσία στην αγορά.

* Required

1. Name *

2. Email *

Όλοι μαζί παίρνουμε καλύτερες αποφάσεις!



Προτεινόμενες προωθητικές ενέργειες

Μετά από σκέψη καταλήξαμε στο ακόλουθο σύνολο προτεινόμενων δράσεων $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$, όπου η επιλογή x_1 αντιστοιχεί σε επένδυση σε διαφημίσεις στα κοινωνικά δίκτυα, το x_2 στη διενέργεια διαγωνισμών και κληρώσεων, το x_3 στη διάθεση δωρεάν δειγμάτων των προϊόντων και τέλος η επιλογή x_4 αφορά στην προβολή της εταιρείας μέσω ραδιοφωνικού και τηλεοπτικού προωθητικού υλικού.

Καλείστε λοιπόν μέσω της φόρμας αυτής να αξιολογήσετε τις προτεινόμενες δράσεις και να δηλώσετε τις προτιμήσεις απαντώντας στις ακόλουθες ερωτήσεις.

3. Πως αξιολογείται την προωθητική δράση x_1 : "Προβολή μέσω διαφημίσεων στα κοινωνικά δίκτυα" σε σχέση με τη δράση x_2 : "Διενέργεια διαγωνισμών και κληρώσεων"; *

Check all that apply.

- ☐ Απολύτως Χειρότερα
- ☐ Πολύ Χειρότερα
- ☐ Ελαφρώς Χειρότερα
- ☐ Αδιάφορα
- ☐ Ελαφρώς Καλύτερα
- ☐ Πολύ Καλύτερα
- ☐ Απολύτως Καλύτερα

4. Πως αξιολογείται την προωθητική δράση x1: "Προβολή μέσω διαφημίσεων στα κοινωνικά δίκτυα" σε σχέση με τη δράση x3: "Δωρεάν διανομή δειγμάτων των προϊόντων"; *

Check all that apply.

- ☐ Απολύτως Χειρότερα
- ☐ Πολύ Χειρότερα
- ☐ Ελαφρώς Χειρότερα
- ☐ Αδιάφορα
- ☐ Ελαφρώς Καλύτερα
- ☐ Πολύ Καλύτερα
- ☐ Απολύτως Καλύτερα

5. Πως αξιολογείται την προωθητική δράση x1: "Προβολή μέσω διαφημίσεων στα κοινωνικά δίκτυα" σε σχέση με τη δράση x4: "Προβολή μέσω ραδιοφωνικού και τηλεοπτικού προωθητικού υλικού"; *

Check all that apply.

- ☐ Απολύτως Χειρότερα
- ☐ Πολύ Χειρότερα
- ☐ Ελαφρώς Χειρότερα
- ☐ Αδιάφορα
- ☐ Ελαφρώς Καλύτερα
- ☐ Πολύ Καλύτερα
- ☐ Απολύτως Καλύτερα

6. Πως αξιολογείται την προωθητική δράση x2: Διενέργεια διαγωνισμών και κληρώσεων σε σχέση με τη δράση x3: "Δωρεάν διανομή δειγμάτων των προϊόντων"; *

Check all that apply.

- ☐ Απολύτως Χειρότερα
- ☐ Πολύ Χειρότερα
- ☐ Ελαφρώς Χειρότερα
- ☐ Αδιάφορα
- ☐ Ελαφρώς Καλύτερα
- ☐ Πολύ Καλύτερα
- ☐ Απολύτως Καλύτερα

7. Πως αξιολογείται την προωθητική δράση x2: "Διενέργεια διαγωνισμών και κληρώσεων" σε σχέση με τη δράση x4: "Προβολή μέσω ραδιοφωνικού και τηλεοπτικού προωθητικού υλικού"; *

Check all that apply.

- ☐ Απολύτως Χειρότερα
- ☐ Πολύ Χειρότερα
- ☐ Ελαφρώς Χειρότερα
- ☐ Αδιάφορα
- ☐ Ελαφρώς Καλύτερα
- ☐ Πολύ Καλύτερα
- ☐ Απολύτως Καλύτερα

8. Πως αξιολογείται την προωθητική δράση x3: "Δωρεάν διανομή δειγμάτων των προϊόντων" σε σχέση με τη δράση x4: "Προβολή μέσω ραδιοφωνικού και τηλεοπτικού προωθητικού υλικού"; *

Check all that apply.

- ☐ Απολύτως Χειρότερα
- ☐ Πολύ Χειρότερα
- ☐ Ελαφρώς Χειρότερα
- ☐ Αδιάφορα
- ☐ Ελαφρώς Καλύτερα
- ☐ Πολύ Καλύτερα
- ☐ Απολύτως Καλύτερα

Powered by



Στην δεύτερη και την τρίτη εικόνα που αντιστοιχούν στη δεύτερη και τρίτη σελίδα της φόρμας αντίστοιχα βλέπουμε τις ερωτήσεις που αφορούν στην αξιολόγηση των υπόλοιπων προωθητικών ενεργειών, δηλαδή των ζευγαριών $(x1-x3)$, $(x1-x4)$, $(x2-x3)$, $(x2-x4)$ και $(x3-x4)$.

Οι προτιμήσεις για τις προτεινόμενες δράσεις $(x2-x1)$, $(x3-x1)$, $(x3-x2)$, $(x4-x1)$, $(x4-x2)$, $(x4-x3)$ δεν χρειάζεται να ζητηθούν καθώς θεωρείτε ότι $P_{ij}^k + P_{ji}^k = s_T$ δηλαδή αν για παράδειγμα ο εμπειρογνώμων E_2 δηλώσει ότι αξιολογεί την δράση x_1 σε σχέση με τη δράση x_2 ως «Ελαφρώς χειρότερα» εννοείται ότι αξιολογεί και την δράση x_2 σε σχέση με τη δράση x_1 ως «Ελαφρώς καλύτερα». Τέλος, κάτω από τις ερωτήσεις υπάρχει ένα κουμπί μέσω του οποίου υποβάλλονται οι απαντήσεις της φόρμας και αποστέλλονται στον συντονιστή της επιτροπής.

Αφού λοιπόν συμπληρώθηκαν οι φόρμες και συγκεντρώθηκαν οι προτιμήσεις των 10 εμπειρογνομόνων ξεκίνησε ο πρώτος γύρος συζητήσεων και πραγματοποιήθηκαν οι διαδικασίες επίτευξης συναίνεσης και διαχείρισης της συμπεριφοράς των εμπειρογνομόνων που περιγράφηκαν στις προηγούμενες ενότητες.

Οι γύροι αποφάσεων και η εξέλιξη τους κατά την υλοποίηση του σεναρίου καθώς και τα αποτελέσματα της ανάλυσης της συμπεριφοράς των εμπειρογνομόνων παρουσιάζονται αναλυτικά στις επόμενες ενότητες.

4.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στον παρακάτω πίνακα απεικονίζονται οι αρχικές προτιμήσεις των εμπειρογνομόνων για την αξιολόγηση των προτεινόμενων δράσεων, όπως αυτές δηλώθηκαν στις φόρμες που τους στάλθηκαν¹.

Πίνακας 8 Δηλώση αρχικών προτιμήσεων εμπειρογνομόνων του σεναρίου.

e_i/P_{ij}^k	$(x1, x2)$	$(x1, x3)$	$(x1, x4)$	$(x2, x3)$	$(x2, x4)$	$(x3, x4)$
e_1	s4	s6	s2	s3	s0	s3
e_2	s4	s6	s4	s2	s1	s2

¹Να υπενθυμίσουμε ότι για να μετατρέψουμε την γλωσσική κλίμακα βαθμολόγησης των εναλλακτικών σε κλίμακα στο $[0,1]$ θεωρούμε ότι όταν έχουμε ένα διατεταγμένο σύνολο γλωσσικών όρων με περιττή πληθικότητα θεωρείται ότι ο μεσαίος όρος αναπαριστά την αξιολόγηση 0.5 ενώ οι υπόλοιποι όροι θεωρούνται ότι είναι τοποθετημένοι συμμετρικά γύρω από αυτόν. Δηλαδή στο σενάριο μας, $S = \{0, 0.166, 0.332, 0.498, 0.664, 0.83, 0.996\}$ (F. Herrera E. H.-V., 2000).

e_3	$s4$	$s4$	$s3$	$s1$	$s1$	$s1$
e_4	$s3$	$s3$	$s2$	$s2$	$s3$	$s2$
e_5	$s2$	$s5$	$s2$	$s3$	$s2$	$s1$
e_6	$s5$	$s5$	$s4$	$s4$	$s4$	$s3$
e_7	$s6$	$s2$	$s4$	$s3$	$s2$	$s1$
e_8	$s5$	$s3$	$s5$	$s5$	$s3$	$s2$
e_9	$s1$	$s1$	$s6$	$s4$	$s3$	$s3$
e_{10}	$s4$	$s5$	$s4$	$s3$	$s2$	$s0$

Καταρχήν λοιπόν υπολογίστηκε το επίπεδο συναίνεσης της ομάδας των εμπειρογνομόνων, σύμφωνα με τη χρησιμοποιηθείσα μεθοδολογία (Iván Palomares L. M., 2013). Για τον σκοπό αυτό, για κάθε ζευγάρι εμπειρογνομόνων e_i, e_j , ($i < j$) υπολογίστηκε ο πίνακας ομοιότητας $SM_{ij} = (sm^{lk}_{ij})^{n \times n}$, όπου $sm^{lk}_{ij} \in [0, 1]$ είναι ο βαθμός ομοιότητας μεταξύ των προτιμήσεων p^{lk}_i και p^{lk}_j και ισούται με:

$$sm^{lk}_{ij} = 1 - |(p^{lk}_i - p^{lk}_j)|$$

Έπειτα, υπολογίστηκε ο πίνακας συναίνεσης $CM = (cm^{lk})^{n \times n}$ αθροίζοντας ουσιαστικά τους πίνακες ομοιότητας και λαμβάνοντας υπόψιν τα βάρη των εμπειρογνομόνων. Έτσι, κάθε στοιχείο του πίνακα $cm^{lk} \in [0, 1]$, $l \neq k$, υπολογίζεται ως:

$$cm^{lk} = \frac{\sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^m w_{ij} sm^{lk}_{ij}}{\sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^m w_{ij}}$$

Όπου w_{ij} είναι το βάρος του κάθε εμπειρογνώμονα². Το cm^{lk} με άλλα λόγια δηλώνει το επίπεδο συναίνεσης που παρουσιάζει το ζεύγος εναλλακτικών $(x_l, x_k), l, k \in \{1, \dots, n\}, l \neq k$.

Στη συνέχεια το επίπεδο συναίνεσης για κάθε εναλλακτική υπολογίζεται ως³:

² Να σημειωθεί ότι στον πρώτο γύρο συζητήσεων θεωρείται ότι οι εμπειρογνώμονες έχουν τα μέγιστα βάρη, δηλ. $w_i = 1$.

³ Να σημειωθεί ότι με βάση τον τύπο αυτό μπορούμε να υπολογίσουμε και τη συλλογική προτίμηση για κάθε εναλλακτική από τη συλλογική προτίμηση για κάθε ζευγάρι εναλλακτικών.

$$ca^l = \frac{\sum_{k=1, k \neq l}^n cm^{lk}}{n-1}$$

Τέλος, ο συνολικός βαθμός συναίνεσης βρίσκεται μέσω του ακόλουθου τύπου:

$$cr = \frac{\sum_{l=1}^n ca^l}{n}$$

Ο συνολικός βαθμός συναίνεσης cr του σεναρίου βρέθηκε ίσος με 0,749 οπότε δυστυχώς δεν κατάφερε να ξεπεράσει το όριο συναίνεσης $\mu = 0.85$.

Έτσι προχωρήσαμε στην τελευταία φάση της διαδικασίας επίτευξης της συναίνεσης, δηλαδή τη δημιουργία συμβουλών προς τους εμπειρογνώμονες. Για το σκοπό αυτό, όπως έχουμε αναφέρει και προηγουμένως, υπολογίστηκε η συλλογική προτίμηση των εμπειρογνομόνων $P_c = (p_c^{lk})^{n \times n}$ αθροίζοντας τις προτιμήσεις των χρηστών:

$$p_c^{lk} = \frac{\sum_{i=1}^m w_i p_i^{lk}}{\sum_{i=1}^m w_i}$$

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι πίνακες απόστασης $PP_i = (pp_i^{lk})^{n \times n}$ οι οποίοι δηλώνουν το κατά πόσο κοντά βρίσκονται τα P_i , P_c , μέσω του ακόλουθου τύπου:

$$pp_i^{lk} = 1 - |(p_i^{lk} - p_c^{lk})|$$

Οι τιμές απόστασης αυτές χρησιμοποιούνται για να ανιχνευθούν οι προτιμήσεις των εμπειρογνομόνων που βρίσκονται πιο μακριά σε σχέση με τη συλλογική προτίμηση P_c . Έτσι, οι εναλλακτικές (x_l, x_k) των οποίων οι βαθμοί συναίνεσης ca^l και cm^{lk} δεν είναι σε ικανοποιητικό επίπεδο αναγνωρίζονται μέσω της σχέσης:

$$CC = \{(x_l, x_k) | ca^l < cr \wedge cm^{lk} < cr\}$$

Ακόμα, υπολογίστηκε η μέση απόσταση $\overline{pp}^{lk}$, ως εξής:

$$\overline{pp}^{lk} = \frac{\sum_{i=1}^m pp_i^{lk}}{m}$$

Όπου οι εμπειρογνώμονες με $pp_i^{lk} < \overline{pp}^{lk}$ συμβουλεύονται να αλλάξουν τις προτιμήσεις τους στο ζευγάρι εναλλακτικών (x_l, x_k) . Συγκεκριμένα, οι συμβουλές προς τους εμπειρογνώμονες δημιουργούνται θεωρώντας ένα αποδεκτό όριο απόστασης ε (στο σενάριο μας θεωρούμε ότι $\varepsilon = 0.02$) το οποίο καθορίζει την απόσταση που δεχόμαστε να έχουν οι προτιμήσεις μεταξύ τους.

Πιο αναλυτικά:

Αν $(p_i^{lk} - p_c^{lk}) < -\varepsilon$, τότε ο εμπειρογνώμων e_i θα πρέπει να αυξήσει την αξιολόγηση του p_i^{lk} .

Αν $(p_i^{lk} - p_c^{lk}) > \varepsilon$, τότε ο εμπειρογνώμων e_i θα πρέπει να μειώσει την αξιολόγηση του p_i^{lk} .

Αν όμως $-\varepsilon \leq (p_i^{lk} - p_c^{lk}) \leq \varepsilon$, τότε ο εμπειρογνώμων e_i δεν χρειάζεται να αλλάξει την αξιολόγηση του p_i^{lk} .

Έτσι με βάση τα παραπάνω στο σενάριο μας δημιουργήθηκαν οι ακόλουθες συμβουλές:

Πίνακας 9 Συμβουλές του συντονιστή προς τους εμπειρογνώμονες κατά τη διάρκεια του δεύτερου γύρου συζητήσεων.

$(e_5, (x_1, x_2), \text{Αυξηση})$

$(e_6, (x_1, x_2), \text{Μείωση})$

$(e_7, (x_1, x_2), \text{Μείωση})$

$(e_9, (x_1, x_2), \text{Αυξηση})$

$(e_1, (x_1, x_3), \text{Μείωση})$

$(e_2, (x_1, x_3), \text{Μείωση})$

$(e_7, (x_1, x_3), \text{Αυξηση})$

$(e_9, (x_1, x_3), \text{Αυξηση})$

$(e_4, (x_1, x_4), \text{Αυξηση})$

$(e_5, (x_1, x_4), \text{Αυξηση})$

$(e_9, (x_1, x_4), \text{Μείωση})$

$(e_{10}, (x_1, x_4), \text{Μείωση})$

Στη συνέχεια, αφού δόθηκαν οι συμβουλές από τον συντονιστή της ομάδας στους εμπειρογνώμονες, συλλέχθηκαν οι νέες προτιμήσεις, μπήκαμε στον δεύτερο γύρο συζητήσεων και ξεκίνησε η διαδικασία *διαχείρισης της συμπεριφοράς των εμπειρογνώμονων* (Ivan Palomares F. J., 2014).

Για παράδειγμα για τον υπολογισμό του βάρους του εμπειρογνώμονα e_9 στον γύρο $t = 2$ ακολουθήθηκαν τα ακόλουθα βήματα:

Στον γύρο αυτό, οι τιμές των παραμέτρων του ασαφούς συνόλου COOP είναι $\alpha = 0.2$ και $\beta = 0.5$. Ο εμπειρογνώμον στον προηγούμενο γύρο έλαβε $\#ADV_9^2 = 3$

συμβουλές για να αλλάξει τις προτιμήσεις του και από αυτές άλλαξε τη μία από τις τρεις, δηλαδή $\#ACPT_9^2 = 1$. Έτσι, ο συνεργατικός όρος για τον εμπειρογνώμονα υπολογίζεται ως:

$$CC_9^2 = \frac{\#ACPT_9^2}{\#ADV_9^2} = \frac{1}{3} = 0.33$$

Συνεπώς το νέο βάρος του εμπειρογνώμονα διαμορφώνεται ως εξής:

$$w_9^2 = \mu_{COOP(2)}(0.33) = \frac{0.33 - 0.2}{0.5 - 0.2} = 0.43$$

Ενώ το κανονικοποιημένο βάρος ισούται με:

$$\hat{w}_9^2 = \frac{w_9^2}{\sum_{i=1}^{10} w_i^2} = 0.046$$

Το επιθυμητό όριο συναίνεσης επιτεύχθει μετά από τρεις γύρους συζητήσεων. Μόλις λοιπόν έφτασε η ομάδα των εμπειρογνώμων στην επιθυμητή ομοφωνία, εφαρμόστηκε η διαδικασία εναλλακτικής επιλογής για να αναδειχθεί η καλύτερη εναλλακτική λύση. Έτσι υπολογίστηκε ξανά η συλλογική προτίμηση των εμπειρογνομόνων για τις διαθέσιμες εναλλακτικές με βάση τις νέες τους αξιολογήσεις (με τον τρόπο που παρουσιάσαμε προηγουμένως ο οποίος λαμβάνει υπόψιν τα νέα βάρη των εμπειρογνομόνων) μέσω της οποίας επιλέγει η ***x1:Προβολή μέσω διαφημίσεων στα κοινωνικά δίκτυα*** ως η επικρατέστερη εναλλακτική λύση.

4.4 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Καταρχήν να αναφέρουμε ότι κατά την υλοποίηση του σεναρίου, παρουσιάστηκαν τα ακόλουθα μοτίβα στη συμπεριφορά των εμπειρογνομόνων.

Οι αποφασίζοντες $e_1 - e_6$ και e_8 μπορούν να χαρακτηριστούν ως «συνεργατικοί εμπειρογνώμονες» καθώς είτε δεν δέχτηκαν καμία συμβουλή από τον συντονιστή και έτσι δεν χρειάστηκε να πραγματοποιήσουν καμία αλλαγή στις προτιμήσεις τους είτε συμμορφώθηκαν πλήρως με τις κατευθύνσεις που έλαβαν από τον συντονιστή επιδεικνύοντας ομαδικό πνεύμα και συνεργατική στάση.

Η συμπεριφορά των αποφασίζόντων e_7 και e_9 μπορεί να χαρακτηριστεί ως «απροσδιόριστη» καθώς ενώ αρχικά πραγματοποίησαν κάποιες από τις αλλαγές που τους προτάθηκαν, στη συνέχεια επέλεξαν να αγνοήσουν κάποιες άλλες ενώ στο τέλος συμμορφώθηκαν με τις συμβουλές που έλαβαν από τον συντονιστή.

Η χρησιμοποιηθείσα μεθοδολογία παρουσιάζει πολύ μεγάλο ενδιαφέρον καθώς από τη μια πλευρά δεν εξετάζει μόνο τις προτιμήσεις των εμπειρογνομόνων για τη λήψη μιας ομαδικής απόφασης αλλά και το επίπεδο ομφωνίας της ομάδας, έτσι ώστε να μη δημιουργούνται προβλήματα δυσaráσκειας από το μέρος των εμπειρογνομόνων των οποίων μπορεί να μη επιλεγεί η εναλλακτική που επιθυμούν και να διαμαρτυρηθούν ότι η γνώμη τους δεν κατάφερε να εισακουστεί αρκετά.

Από την άλλη πλευρά, το πιο ενδιαφέρον σημείο της μεθοδολογίας κατά τη γνώμη μας είναι ότι εξετάζει και αποκαλύπτει χαρακτηριστικά και μοτίβα στη συμπεριφορά των εμπειρογνομόνων τα οποία δεν θα γίνονταν αντιληπτά με άλλες μεθοδολογίες.

Επίσης άλλο ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της μεθοδολογίας είναι η χρήση βαρών στη γνώμη των εμπειρογνομόνων με αποτέλεσμα να «επιβραβεύονται» οι συνεργατικοί αποφασίζοντες και να «τιμωρούνται» εκείνοι οι οποίοι δεν δρουν με βάση το κοινό καλό της ομάδας. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται η γρηγορότερη επίτευξη της συναίνεσης και η επιλογή της τελικής λύσης.

Τέλος πιστεύουμε ότι η μεθοδολογία θα μπορούσε να βελτιωθεί ακόμα περισσότερο με τη δημιουργία ενός διαδραστικού εργαλείου που να υπολογίζει αυτόματα το επίπεδο συναίνεσης, τα βάρη των εμπειρογνομόνων και την τελική λύση με βάση τις συλλογικές προτιμήσεις, καθώς θα μειωνόταν δραματικά ο χρόνος υπολογισμού των μεγεθών αυτών και θα είχε απήχηση με αυτόν τον τρόπο η μεθοδολογία σε μεγαλύτερο κοινό.

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως παρατηρήθηκε μέσω της παρούσας εργασίας, η **λήψη ομαδικών αποφάσεων**, την οποία χρησιμοποιούμε κατά κόρον ακόμα και στην καθημερινή μας ζωή, είναι μία διαδικασία η οποία μπορεί να γίνει αρκετά σύνθετη ειδικά σε περιπτώσεις όπου το πρόβλημα το οποίο καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε είναι πολύπλοκο και έχει αρκετές παραμέτρους.

Όταν δε, το πρόβλημα εκφράζεται μέσα σε ένα **περιβάλλον ασάφειας και αβεβαιότητας**, όπου μπορεί δηλαδή να έχουμε αστάθμητους παράγοντες που επηρεάζουν το δεδομένο πρόβλημα ή ανακριβή δεδομένα, η αντιμετώπιση του με κλασσικές προσεγγίσεις δεν είναι αρκετή.

Έτσι θεωρούμε ότι η χρήση κατάλληλων εργαλείων βασισμένων σε ισχυρά μαθηματικά θεμέλια, όπως η θεωρία των **ασαφών συνόλων** και η προσέγγιση των **γλωσσικών μεταβλητών**, για την αντιμετώπιση προβλημάτων λήψης ομαδικών αποφάσεων σε τέτοια περιβάλλοντα είναι απαραίτητη. Οι μεθοδολογίες αυτές μπορούν να προσφέρουν έναν ασφαλή και φυσικό τρόπο αναπαράστασης της πληροφορίας που μας ενδιαφέρει ενώ παράλληλα συνεχώς αναπτύσσονται νέες μέθοδοι και εργαλεία για τον περιορισμό των μειονεκτημάτων που μπορεί να παρουσιαστούν, όπως για παράδειγμα απώλεια πληροφορίας ή δυσκολία στην κατανόηση και αποτίμηση των γλωσσικών εννοιών.

Πέρα όμως από τη μοντελοποίηση και την αναπαράσταση της πληροφορίας, ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη του προβλήματος λήψης αποφάσεων που καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε παίζει η διαδικασία που θα ακολουθηθεί για την **επιλογή της τελικής απόφασης**. Κλασσικές προσεγγίσεις που χρησιμοποιούνται μέχρι τώρα έχουν αποδειχθεί ανεπαρκείς για κάποιες περιπτώσεις, όπως για παράδειγμα όταν στην ομάδα των αποφασιζόντων που έχουν κληθεί να λάβουν την ομαδική απόφαση εμφανίζονται δυσαρέσκειες ως προς την έκβαση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων. Η επιτευξη της συναίνεσης της ομάδας είναι απαραίτητη σε τέτοιες καταστάσεις ώστε να εισακουστούν όλες οι απόψεις αναφορικά με τη βέλτιστη λύση του προβλήματος και να μη υπάρχουν παρεξηγήσεις. Έτσι έχει κριθεί ιδιαίτερα αποτελεσματικό το να διατηρείται ένα ελάχιστο επίπεδο συμφωνίας και συγκατάθεσης μεταξύ των διάφορων εμπειρογνομόνων κατά τη διαδικασία της επιλογής της τελικής λύσης, το οποίο επιτυγχάνεται μέσω της **διαδικασίας επίτευξης της συναίνεσης**.

Και πάλι όμως υπάρχει περίπτωση να μην είναι αρκετό αυτό το μέτρο από μόνο του σε περιπτώσεις που η ομάδα των εμπειρογνομόνων παρουσιάζει προβληματική συμπεριφορά και δεν δρουν με γνώμονα την επιτευξη της μέγιστης συναίνεσης της ομάδας. Σε τέτοιες περιπτώσεις η **διαχείριση της συμπεριφοράς των εμπειρογνομόνων** κρίνεται αναγκαία. Η διαδικασία αυτή προσφέρει τη δυνατότητα καταρχήν της μελέτης της συμπεριφοράς των αποφασιζόντων και του εντοπισμού των μη συνεργατικών μελών της ομάδας. Στη συνέχεια παρέχει τρόπους αντιμετώπισης των εμπειρογνομόνων εκείνων που δεν δρουν με ομαδικό πνέυμα. Αυτό επιτυγχάνεται δίνοντας διαφορετική βαρύτητα στην άποψη των εμπειρογνομόνων ανάλογα με τη συμπεριφορά τους. Έτσι μειώνοντας την αξία της γνώμης των μη συνεργατικών αποφασιζόντων και παράλληλα ενθαρρύνοντας τους ομαδικούς

εμπειρογνώμονες είναι δυνατή η καταπολέμηση τέτοιων προβληματικών συμπεριφορών και η διατήρηση τελικώς της ισορροπίας στην ομάδα.

Με τον συνδυασμό των παραπάνω διαδικασιών, και έπειτα από την εφαρμογή τους σε ένα πραγματικό **σενάριο λήψης ομαδικών αποφάσεων**, θεωρούμε ότι μπορούμε να αντιμετωπίσουμε με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα και ασφάλεια σύνθετα προβλήματα λήψης ομαδικών αποφάσεων. Οι χρησιμοποιηθείσες μεθοδολογίες επιτρέπουν τον έγκυρο εντοπισμό αλλά και την αντιμετώπιση προβληματικών συμπεριφορών που μπορούν να παρουσιαστούν σε εταιρείες ή οργανισμούς που καλούνται να λαμβάνουν χιλιάδες ομαδικές αποφάσεις καθημερινά ενώ παράλληλα παρέχουν έγκυρα και ομόφωνα αποτελέσματα, πράγμα το οποίο είναι ιδιαίτερα επιθυμητό και απαραίτητο ειδικά όταν έχουμε να λάβουμε κρίσιμες ομαδικές αποφάσεις.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

A. Keropyan & A.M. Gil-Lafuente. A fuzzy-based decision model application on strategic management. African Journal of Business Management Vol. 5(15), pp. 6586-6590, 4 August, 2011

A. Ishizaka & P. Nemery (2013). Multi-Criteria Decision Analysis. Methods and Software. John Wiley & Sons, Ltd.

Bryson, N. (1996). Group decision-making and the analytic hierarchy process. Exploring the consensus-relevant information content, Comp. Operat. Res., 27–35.

C. Carlsson, D. E. (1992). Consensus in distributed soft environments. Euro. J. Operat. Res. 61, 165–185.

Chen, Z. (2005). Consensus in group decision making under linguistic assessments. Kansas State University.

C. Zopounidis & P.M. Pardalos. Handbook on multicriteria analysis. Springer. 2010

D. Ben-Arieh, Z. C. (2006). Linguistic labels aggregation and consensus measure for autocratic decision-making using group recommendations. IEEE Trans. Syst., Man Cybernet., Part A: Syst. Hum. 36 (1) , 558–568.

- E. Triantaphyllou & S. H. Mann. Using the analytic hierarchy process for decision making in engineering applications: some challenges. *Inter'l Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice*, Vol. 2, No. 1, pp. 35-44, 1995.
- F. Herrera, E. H.-V. (2000). A fusion approach for managing multi-granularity linguistic terms sets in decision making. *Fuzzy Sets Syst.*, vol. 114, no. 1, 43–58.
- F. Herrera, E. H.-V. (2000). Linguistic decision analysis: steps for solving decision problems under linguistic information. *Fuzzy Sets and Systems* 115 , 67–82.
- F. Herrera, E. H.-V. (n.d.). A Sequential Selection Process in Group Decision Making with a Linguistic Assessment Approach. NORTH- HOLLAND.
- F. Santosw & H. Camargo. Fuzzy Systems for Multicriteria Decision Making. *Clei Electronic Journal*, Volume 13, Number 3, Paper 4, December 2010
- F. J. Quesada, I. P. (2015). Using Computing with Words for Managing Non-cooperative Behaviors in Large Scale Group Decision Making. *Στο Granular Computing and Decision-Making*. Springer International Publishing.
- Goicoechea, A. D. (1982). *Multi-Objective Decision Analysis with Engineering and Business Applications*. New York: John Wiley.
- Golden, B. L. (Ed), Wasil, E. A. (Ed), Harker, P. T. *The Analytical Hierarchy Process*. Springer 1989.
- Haris Ch. Doukas, B. M. (2007). Multi-criteria decision aid for the formulation of sustainable technological energy priorities using linguistic variables. *European Journal of Operational Research* 182 , 844–855.
- Ivan Palomares, F. J. (2014). An Approach based on Computing with Words to Manage Experts Behavior in Consensus Reaching Processes with Large Groups. 2014 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE) (σσ. 476-483). IEEE.
- Iván Palomares, F. J. (2014). Consensus under a fuzzy context: Taxonomy, analysis framework AFRYCA and experimental case of study. *Information Fusion* .

Iván Palomares, L. M. (2013). A Fuzzy Clustering Approach for Non-cooperative Behavior Detection in Consensus Reaching Processes. Eureka-2013. Fourth International Workshop Proceedings. Atlantis Press.

Ivan Palomares, L. M. (2014). A Consensus Model to Detect and Manage Noncooperative Behaviors in Large-Scale Group Decision Making.

K. Shang & Z. Hossen. Applying Fuzzy Logic to Risk Assessment and Decision-Making. Casualty Actuarial Society, Canadian Institute of Actuaries, Society of Actuaries. 2013

Lee, H. (2002). Optimal consensus of fuzzy opinions under group decision making. Fuzzy Sets Syst. 132 , 303–315.

M. Alexander. Decision-Making using the Analytic Hierarchy Process (AHP) and SAS/IML. Social Security Administration, Baltimore. 2012

M. Delgado, F. H.-V. (1998.). Combining numerical and linguistic information in group decision making. Inform. Sci., vol. 114, 177–194.

M. Majumder. Impact of Urbanization on Water Shortage in Face of of Climatic Aberrations. Springer. 2015

Multi-criteria Analysis: A Manual. Department of Communities & Local Government, Eland House, 2009

P. Thokala, N. Devlin et al. Multiple Criteria Decision Analysis for healthcare decision making - An Introduction. Int. J. Elsevier. 2016.

S. Chen, L. L. (2012). Adaptive consensus support model for group decision making systems. Expert Syst. Appl. 39, 12580–12588.

S. Chen, L. L. (2012). Autocratic decision making using group recommendations based on the ILLOWA operator and likelihood-based comparison relations. IEEE Trans. Syst., Man Cybernet. – Part A: Syst. Hum. 42, 115–130.

Thomas L. Saaty (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. Int. J. Services Sciences, Vol. 1, No. 1, 2008

V. Mabin & M. Beattie. A practical guide to Multi-criteria decision making. Victoria University of Wellington. 5th edition. 2006

Yager, R. (2001). Penalizing strategic preference manipulation in multi-agent decision making. IEEE Transactions on Fuzzy Systems Volume 9, Issue 3, 393 - 403.

Ι. Βλαχάβας, Π. Κ. (n.d.). Τεχνητή Νοημοσύνη Γ' Έκδοση. Β. Γκιούρδας Εκδοτική.

Χάρης Δούκας, Π. Ξ. (2016). ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.