

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ

ΣΧΟΛΗ: ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ-ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΤΜΗΜΑ: ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΣ ΘΕΩΡΙΑΣ
ΤΩΝ ΣΧΕΣΕΩΝ ΥΠΕΡΟΧΗΣ»

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΔΙΑΜΑΝΤΟΠΟΥΛΟΥ ΜΑΡΓΑΡΙΤΑ, ΚΟΤΣΟΚΟΛΟΥ
ΝΙΚΟΛΕΤΑ

ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΜΑΣΤΡΟΓΙΑΝΝΗΣ

ΤΟΠΟΣ : ΠΑΤΡΑ

ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ: 15/5/2012

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ:

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
ΓΕΝΙΚΑ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	5
Σύντομη ιστορική αναδρομή.....	6
ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	7
ΣΤΑΔΙΟ I: Αντικείμενο της απόφασης.....	9
ΣΤΑΔΙΟ II: Συνεπής οικογένεια κριτηρίων.....	10
Μοντελοποίηση κριτηρίων.....	10
ΣΤΑΔΙΟ III: Μοντέλο ολικής ποιότητας.....	13
ΣΤΑΔΙΟ IV: Υποστήριξη της απόφασης.....	14
ΚΥΡΙΑ ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ	15
Πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας.....	17
Η έννοια της σχέσης υπεροχής.....	18
Πολυκριτήριος γραμμικός προγραμματισμός.....	18
Αναλυτική συνθετική προσέγγιση.....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο ΣΧΕΣΕΙΣ ΥΠΕΡΟΧΗΣ	26
ΣΧΕΣΕΙΣ ΥΠΕΡΟΧΗΣ	26
Το Μοντέλο: Alternatives, Attributes, Evaluators.....	32
Το πολυκριτήριο μοντέλο.....	34
ΜΕΘΟΔΟΙ ELECTRE	38
Τα Στάδια των μεθόδων.....	39
Οι μέθοδοι ELECTRE I-IV-IS.....	41
Μέθοδος ELECTRE I.....	42

Η Μέθοδος ELECTRE IV.....	46
Η Μέθοδος ELECTRE IS.....	46
Η Μέθοδος ELECTRE II.....	47
Η Μέθοδος ELECTRE III.....	53
Η Μέθοδος ELECTRE TRI.....	57
ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ELECTRE.....	64
ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑ ΜΕΘΟΔΟΣ PROMETHEE.....	66
ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ PROMETHEE.....	67
PROMETHEE III-IV-V.....	74
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3⁰ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΧΕΣΕΩΝ ΥΠΕΡΟΧΗΣ.....	76
ΣΥΝΕΤΑΙΡΙΣΤΙΚΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ (*).....	76
ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΜΕΤΡΟ (*).....	86
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ PROMETHEE.....	92
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4⁰ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	101
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	104

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αντιμετώπιση σύνθετων προβλημάτων επί πραγματικών καταστάσεων είναι σύνηθες φαινόμενο για τη ανθρώπινη νόηση. Η πληθώρα και ποικιλία των προβληματισμών, η περίπλοκη φύση τους, η παρουσία αντικρουόμενων ιδιοτήτων και η παροχή αβέβαιων ή ασαφών πληροφοριών δυσχεραίνουν τη λήψη απόφασης. Με στόχο τη στήριξη της διαδικασίας απόφασης, η επιστημονική κοινότητα έχει αναπτύξει σειρά κλάδων, όπως η επιχειρησιακή έρευνα, η επιστήμη της διοίκησης, οι εξειδικευμένες και εκλεπτυσμένες στατιστικές αναλύσεις.

Οι θεωρίες του γραμμικού προγραμματισμού, του δυναμικού προγραμματισμού, του ελέγχου υποθέσεων και του προγραμματισμού στόχων, ο έλεγχος αποθεμάτων και η βελτιστοποίηση συστημάτων ουράς στοχεύουν στην αναζήτηση της βέλτιστης απόφασης – λύσης. Σε συνδυασμό δε με την Επιστήμη των Υπολογιστών αποτελούν σημαντικά βοηθήματα για την επιλογή της ορθής απόφασης σε μια δεδομένη επιχειρηματική κατάσταση.

Η πολυκριτήρια μεθοδολογία αποτελεί τον νεότερο και πλέον δυναμικό κλάδο των επιστημών της στήριξης απόφασης. Υπό την αιγίδα της εξέλιξης της επιστήμης των υπολογιστών, συνδυάζει μαθηματικές μεθόδους και λογικές διαδικασίες με την προσέγγιση των προτιμήσεων του αποφασίζοντα σε μια ολοκληρωμένη πρόταση για την υποστήριξη της διαδικασίας απόφασης. Η ειδοποιός διαφορά της από τις προηγούμενες θεωρίες είναι η επιδίωξη της σύνθεσης των παραμέτρων της απόφασης με γνώμονα το συνειδητό ή μη σύστημα αξιών και προτιμήσεων του αποφασίζοντα. Κατά αυτόν τον τρόπο, η διαδικασία για τη στήριξη της απόφασης χαρακτηρίζεται από μεγάλο βαθμό διαδραστικότητας του συστήματος με τον αποφασίζοντα, ενώ σε ορισμένες εκφάνσεις της πολυκριτήριας ανάλυσης η ίδια η διαδικασία διαμορφώνεται με βάση τις δηλωμένες προτιμήσεις εκείνου. Η εξέλιξη της επιστήμης των ηλεκτρονικών υπολογιστών και ο συνδυασμός μαθηματικών και λογικών διεργασιών συμβάλλουν στη διατύπωση μιας ολοκληρωμένης πρότασης για την υποστήριξη της διαδικασίας απόφασης.

Κατά συνέπεια, στόχος της πολυκριτήριας ανάλυσης είναι η παροχή προς τον αποφασίζοντα των απαραίτητων πληροφοριών για τη στήριξη της απόφασης. Κατά αυτό τον τρόπο, η πολυκριτήρια ανάλυση συμβάλλει στον εντοπισμό των κύριων χαρακτηριστικών του

προβλήματος υπό εξέταση καθώς και των ιδιαίτερων γνωρισμάτων των διαθέσιμων εναλλακτικών λύσεων.

Η άνθιση της επιστημονικής σκέψης σε πλήθος μεθόδων και η συνεχής έρευνα και εξέλιξη στο συγκεκριμένο τομέα δηλώνουν τη ζωτικότητα και το δυναμισμό του κλάδου της πολυκριτήριας μεθοδολογίας. Ταυτόχρονα, η εφαρμογή μεθόδων της πολυκριτήριας μεθοδολογίας σε σωρεία πραγματικών προβλημάτων αποδεικνύει την ικανότητά της να αντιμετωπίζει με επιτυχία την πολυσχιδή σύγχρονη πραγματικότητα.

Μέσω της σύγκρισης εναλλακτικών επιλογών υπό ένα πλήθος ποιοτικών ή ποσοτικών κριτηρίων, και με τη χρήση μαθηματικών υπολογισμών, η πολυκριτήρια ανάλυση αναλαμβάνει την υποβοήθηση του αποφασίζοντα στην περίπλοκη διαδικασία της λήψης απόφασης. Η παρούσα εργασία έχει σκοπό αφενός να εισάγει τον αναγνώστη στις βασικές έννοιες της πολυκριτήριας μεθοδολογίας και τις έννοιες των μεθόδων που βασίζονται στις σχέσεις υπεροχής, αφετέρου να εντυφίσει στις λεπτομέρειες των μεθόδων της οικογένειας ELECTRE.

Στο πρώτο κεφάλαιο ξεκινήσαμε κάνοντας μια σύντομη ιστορική αναδρομή στην εξέλιξη της πολυκριτήριας ανάλυσης με την πάροδο του χρόνου. Στην συνέχεια ειπώθηκαν βασικές έννοιες, ένα μεθοδολογικό πλαίσιο της πολυκριτήριας ανάλυσης και οι βασικές μεθοδολογίες. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά η θεωρία των σχέσεων υπεροχής. Γίνεται μια λεπτομερής αναφορά στις μεθόδους της οικογένειας ELECTRE και PROMETHEE.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται δυο παραδείγματα πάνω στις μεθόδους των σχέσεων υπεροχής. Τέλος το τέταρτο κεφάλαιο περιλαμβάνει τα συμπεράσματα της εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΓΕΝΙΚΑ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων αποτελεί έναν εξελιγμένο χώρο της επιχειρησιακής έρευνας ο οποίος τις τελευταίες τρεις δεκαετίες έχει γνωρίσει ιδιαίτερη άνθηση τόσο σε θεωρητικό όσο και σε πρακτικό επίπεδο. Βασικό ρόλο στην ανάπτυξη και διάδοση της πολυκριτήριας ανάλυσης αποτέλεσε η απλή διαπίστωση ότι η επίλυση πολύπλοκων και ιδιαίτερα σημαντικών προβλημάτων λήψης αποφάσεων δεν είναι δυνατόν να πραγματοποιείται μέσω μιας μονόπλευρης και μονοδιάστατης ανάλυσης.

Κατά την προσπάθεια, εξέτασης όλων των παραμέτρων ενός προβλήματος και των παραγόντων που επηρεάζουν τη λήψη της κατάλληλης απόφασης, εμφανίζεται ένα ιδιαίτερα σημαντικό πρόβλημα το οποίο ορισμένες φορές αποθαρρύνει τους αποφασίζοντες και αναλυτές από την υιοθέτηση της πιο ρεαλιστικής προσέγγισης. Το πρόβλημα αυτό αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο μπορεί να πραγματοποιηθεί η σύνθεση όλων των παραμέτρων ώστε να επιτευχθεί η λήψη ορθολογικών αποφάσεων.

Η αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού αποτελεί το βασικό αντικείμενο της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων. Η κύρια όμως διαφορά της πολυκριτήριας ανάλυσης από άλλες εναλλακτικές προσεγγίσεις, δεν είναι η απλή σύνθεση όλων των παραμέτρων ενός προβλήματος αλλά πραγματοποιείται και μέσω άλλων μεθοδολογικών προσεγγίσεων. Το βασικό χαρακτηριστικό γνώρισμα της πολυκριτήριας ανάλυσης είναι η πραγματοποίηση της αναγκαίας σύνθεσης υπό το πρίσμα της πολιτικής λήψης των αποφάσεων και του συστήματος προτιμήσεων και αξιών, το οποίο συνειδητά ή ασυνείδητα χρησιμοποιεί ο αποφασίζων.

Το χαρακτηριστικό αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία στο χώρο της λήψης αποφάσεων . Το αποτέλεσμα της όποιας ανάλυσης πραγματοποιείται με σκοπό την αντιμετώπιση ενός προβλήματος λήψης αποφάσεων, έχει ως τελικό αποδέκτη τον ίδιο τον αποφασίζοντα. Συνεπώς η ανάπτυξη υποδειγμάτων λήψης αποφάσεων μέσω μεθοδολογικών προσεγγίσεων που δεν είναι σε θέση να ενσωματώσουν τον αποφασίζοντα και τις προτιμήσεις του στη

διαδικασία ανάπτυξης των υποδειγμάτων αυτών, ουσιαστικά προσδίδουν στον αποφασίζοντα έναν παθητικό ρόλο, ο οποίος περιορίζεται στην παρακολούθηση και εφαρμογή των αποτελεσμάτων μαθηματικών υποδειγμάτων.

Η πολυκριτήρια ανάλυση έχει δώσει ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην έρευνα θεμάτων που αφορούν την ανάλυση, μαθηματική μοντελοποίηση και αναπαράσταση των προτιμήσεων που διέπουν την πολιτική λήψης αποφάσεων από την πλευρά του εκάστοτε αποφασίζοντα. Απώτερος στόχος είναι η παροχή των απαραίτητων πληροφοριών για την υποστήριξη της διαδικασίας λήψης των αποφάσεων, συμβάλλοντας στον εντοπισμό των βασικών χαρακτηριστικών του προβλήματος που εξετάζουμε και της ιδιαιτερότητες των διαθέσιμων εναλλακτικών λύσεων.

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

ΣΥΝΤΟΜΗ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Ως πρώτη τεκμηριωμένη προσπάθεια επιστημονικής αντιμετώπισης του προβλήματος της σύνθεσης πολλαπλών κριτηρίων μπορεί να θεωρηθεί η εργασία του Pareto (1896), ο οποίος έθεσε τις απαραίτητες βάσεις, εισάγοντας παράλληλα μια από τις βασικές έννοιες της σύγχρονης πολυκριτήριας ανάλυσης, την έννοια της αποτελεσματικότητας (efficiency).

Μεταπολεμικά ο Koopmans (1951) επέκτεινε την έννοια της αποτελεσματικότητας του Pareto εισάγοντας την έννοια του αποτελεσματικού συνόλου, δηλαδή του συνόλου των εναλλακτικών δραστηριοτήτων οι οποίες δεν κυριαρχούνται από καμία άλλη εναλλακτική δραστηριότητα. (non dominated set of alternatives). Την ίδια χρονική περίοδο (1940-1950) οι Von Neumann, Morgenstern (1944) αναπτύσσουν την θεωρία χρησιμότητας η οποία αποτελεί κύρια βάση της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων.

Στην δεκαετία του 1960 όλες οι προαναφερθείσες ερευνητικές εργασίες αποτέλεσαν το έναυσμα για την πραγματοποίηση περαιτέρω έρευνας από τους Charnes, Cooper(1961) που αφορά τη σύνδεση της θεωρίας του γραμμικού προγραμματισμού και της πολυκριτήριας ανάλυσης, καθώς και από τον Fishburn (1965) όσον αφορά την επέκταση θεωρίας χρησιμότητας σε προβλήματα λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια. Στα τέλη του 1960 η πολυκριτήρια ανάλυση άρχισε να απασχολεί και τους Ευρωπαίους επιχειρησιακούς ερευνητές. Πρωτοπόρος υπήρξε ο Roy (1968) ο οποίος ανέπτυξε τη θεωρία των σχέσεων υπεροχής (outranking relations) και θεωρείται ο ιδρυτής της <<Ευρωπαϊκής σχολής>> της πολυκριτήριας ανάλυσης.

Τις επόμενες δυο δεκαετίες (1970- 1990) η πολυκριτήρια ανάλυση αναπτύχθηκε ραγδαία σε θεωρητικό επίπεδο αλλά και σε θέματα πρακτικών εφαρμογών για την αντιμετώπιση διάφορων πολύπλοκων πραγματικών προβλημάτων λήψης αποφάσεων. Η ταχύτατη τεχνολογική πρόοδος που συντελέστηκε στους χώρους αυτούς, κατά τις δυο τελευταίες δεκαετίες, έδωσε τα απαραίτητα μέσα για την υλοποίηση των μεθοδολογικών εξελίξεων της πολυκριτήριας ανάλυσης σε ολοκληρωμένα πληροφοριακά συστήματα, τα οποία παράλληλα συνέβαλαν και στην προώθηση των πρακτικών εφαρμογών της πολυκριτήριας ανάλυσης.

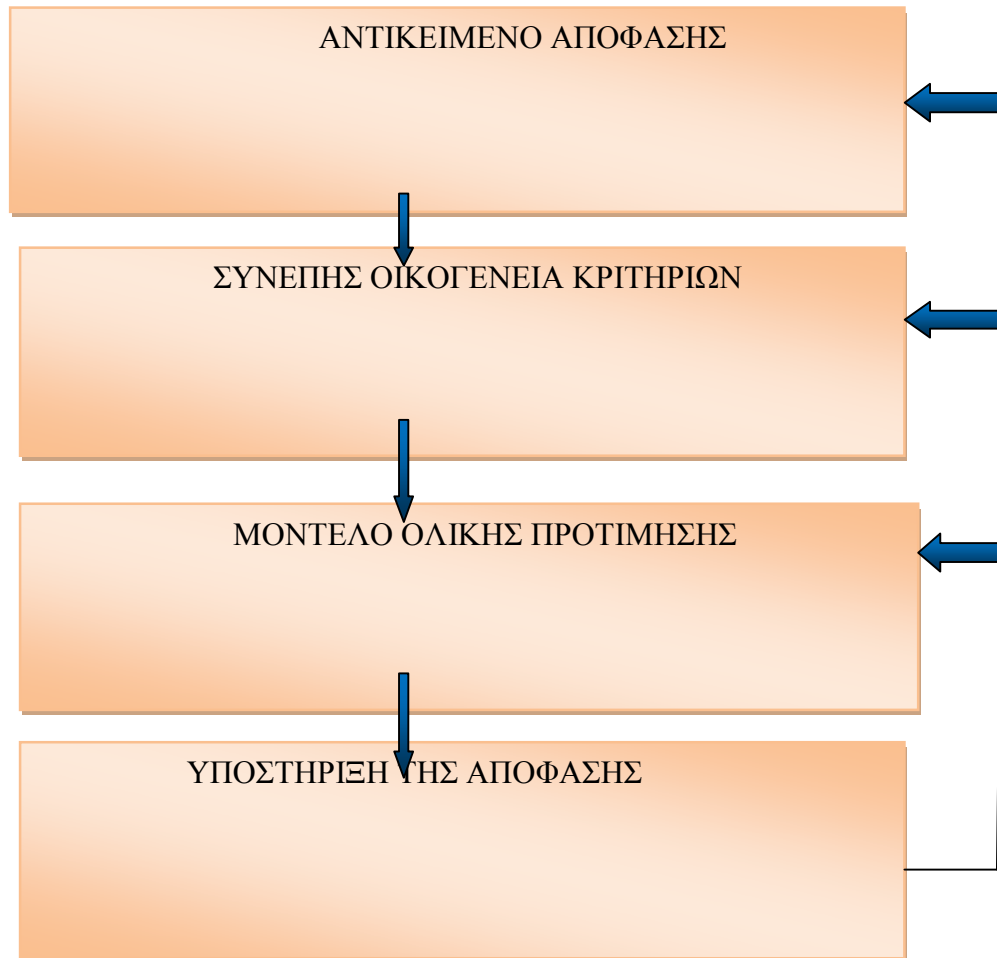
ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Κύριο αντικείμενο της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων και κοινό στοιχείο όλων των μεθοδολογικών προσεγγίσεων του χώρου αυτού είναι η ανάπτυξη και η χρήση υποδειγμάτων όλων των βασικών παραμέτρων ενός προβλήματος, έτσι ώστε να υποστηριχθεί ο αποφασίζων στη λήψη ορθολογικών αποφάσεων στη βάση του συστήματος αξιών και προτιμήσεων που τον διέπει. Η επίτευξη του στόχου αυτού είναι προφανώς μια ιδιαίτερα πολύπλοκη διαδικασία, η οποία δεν οδηγεί σε βέλτιστες λύσεις και αποφάσεις, αλλά σε ικανοποιητικές λύσεις οι οποίες ανταποκρίνονται στην γενικότερη πολιτική που ακολουθεί ο αποφασίζων.

Βάσει των ιδιαιτεροτήτων που παρουσιάζουν τα προβλήματα λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια, ο χώρος της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων έχει τους ακόλουθους τρεις βασικούς στόχους :

1. Την ανάλυση της ανταγωνιστικής φύσης των κριτηρίων
2. Την μοντελοποίηση των προτιμήσεων του αποφασίζοντα
3. Τον εντοπισμό ικανοποιητικών λύσεων

Για την επίτευξη αυτών των στόχων ο Roy (1996) πρότεινε ένα γενικό μεθοδολογικό πλαίσιο που ακολουθείται στα πλαίσια πολυκριτήριας ανάλυσης. Το πλαίσιο αυτό αποτελείται από τέσσερα στάδια και παρουσιάζεται γραφικά στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα: Το μεθοδολογικό πλαίσιο της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων

Όπως είναι εμφανές το προτεινόμενο μεθοδολογικό πλαίσιο περιλαμβάνει τέσσερις φάσεις / στάδια μεταξύ των οποίων είναι δυνατή η δυνατότητα αναδράσεων.

Ας εξετάσουμε όμως αναλυτικότερα κάθε στάδιο χωριστά.

ΣΤΑΔΙΟ I: Αντικείμενο της απόφασης

Στο στάδιο αυτό πρέπει να ολοκληρωθούν οι εξής 2 βασικές εργασίες:

- **Αυστηρός ορισμός του συνόλου A των δράσεων**
- **Καθορισμός μιας προβληματικής**

Το αντικείμενο της απόφασης οφείλει να αναλυθεί σε ένα διακριτό ή συνεχές σύνολο δράσεων(actions), στο οποίο δίνουμε το όνομα <<Σύνολο A>>. Εδώ περιοριζόμαστε στην περίπτωση που το σύνολο A είναι διακριτό (προσφορές ενός διαγωνισμού, υποψήφιοι για μια θέση, χώροι υγειονομικής ταφής αποβλήτων,...). Η περίπτωση που το σύνολο A είναι συνεχές, ορίζεται δηλαδή έμμεσα από μαθηματικές σχέσεις ως *υπερπολύεδρο του πραγματικού χώρου I διαστάσεων.

Ο ορισμός μιας προβληματικής πάνω στο σύνολο A αποσκοπεί στο να δώσει επιχειρησιακό ρόλο στο έργο του αναλυτή. Μια προβληματική σχετίζεται άμεσα με το ερώτημα: <<Πως θα διαχειριστούμε τις δράσεις;>> ή πιο γενικά, <<τι θέλουμε να επιτύχουμε;>>. Μπορούμε να διακρίνουμε τέσσερις προβληματικές αναφορές:

- **Προβληματική A: Επιλογή(choice)** μιας και μόνης δράσης από το σύνολο A.
- **Προβληματική B: Ταξινόμηση(sorting)** των δράσεων σε ομογενείς προκαθορισμένες κατηγορίες, οι οποίες είναι διατεταγμένες ως προς τις προτιμήσεις του αποφασίζοντος.
- **Προβληματική Γ: Κατάταξη(ranking)** των δράσεων του Συνόλου A από την καλύτερη μέχρι την χειρότερη.
- **Προβληματική Δ: Περιγραφή(description)** των δράσεων και των συνεπειών τους στη γλώσσα των εμπλεκόμενων στη διαδικασία της απόφασης.

Παράδειγμα Προβληματικής A αποτελεί η εκλογή ενός καθηγητή σ'ένα Α.Τ.Ε.Ι μεταξύ πολλών υποψηφίων που αποτελούν το Σύνολο A.

Παράδειγμα Προβληματικής B αποτελεί το πρόβλημα παροχής πίστης από μία τράπεζα, όπου οι αιτήσεις δανειοδότησης(Σύνολο A) πρέπει να ταξινομηθούν σε αυτές που θα εγκριθούν, σε αυτές που θα απορριφθούν και σε εκείνες για τις οποίες απαιτούνται πρόσθετα στοιχεία. Η κατάταξη των υποψηφίων για τα Α.Τ.Ε.Ι (Σύνολο A) μέσω των πανελλήνιων εξετάσεων είναι

ένα παράδειγμα προβληματικής Γ. Τέλος, σε προβλήματα όπου πρώτηιτη ανάγκη είναι η γνωριμία με ένα σύνολο δράσεων(αγορά υπολογιστών νέας γενιάς, στρατηγικές επένδυσης, αναπτυξιακά προγράμματα), η Προβληματική Δ συνιστάται στην περιγραφή/αξιολόγηση των δράσεων μέσω των τιμών που αυτές παίρνουν στα κριτήρια που ενδιαφέρουν οποιονδήποτε εμπλεκόμενο στη διαδικασία απόφασης.

Η υιοθέτηση μιας και μόνης Προβληματικής δεν παραμένει αναγκαστικά σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας απόφασης, αλλά μπορεί να μεταβάλλεται ανάλογα με την πολυπλοκότητα του προβλήματος. Για παράδειγμα στην περίπτωση της πρόσληψης ενός διευθυντή πωλήσεων από μια εταιρεία, όπου ο αριθμός των υποψηφίων είναι ιδιαίτερα μεγάλος, είναι αρχικά δυνατή η υιοθέτηση της Προβληματικής Β για την διχοτόμηση των υποψηφίων σε εκείνους που δεν έχουν τύχη και σένα ελάχιστο αριθμό υποψηφίων για τους οποίους θα εφαρμοστεί, σε δεύτερη φάση, η Προβληματική Α της τελικής επιλογής.

ΣΤΑΔΙΟ ΙΙ: Συνεπής οικογένεια κριτηρίων

Κάθε δυνατή δράση από το σύνολο Α περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά, τις ιδιότητες, τα πλεονεκτήματα, τα μειονεκτήματα,... μέσω των οποίων είναι δυνατή αξιολόγηση της δράσης από τον αποφασίζοντα. Για παράδειγμα, για ένα επιβάτη του μετρό μπορεί να περιλαμβάνει τις εξής επιπτώσεις: οικονομικές (τιμή εισιτηρίου, τιμή εβδομαδιαίας κάρτας, εκπτώσεις), χρονικές (απαραίτητος χρόνος για την άφιξη στο σταθμό, αναμονή, διάρκεια ταξιδιού), άνεσης (αριθμός προβλεπόμενων ή αναγκαστικών στάσεων, αισθητικό περιβάλλον, κλιματισμός, θόρυβος), ασφαλείας, πληροφόρησης, κλπ.

ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ

Ο ρόλος του αναλυτή συνιστάται στην διασάφηση των επιπτώσεων των διάφορων δράσεων του συνόλου Α και στην συνέχεια, στην επινόηση και μοντελοποίηση των κριτηρίων βάσει των οποίων θα παρθεί η απόφαση. Αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής είναι η κατασκευή ενός συστήματος κριτηρίων που ονομάζεται <<συνεπής οικογένεια κριτηρίων>> .

Για το συγκεκριμένο στάδιο, ο Bernard Roy προτείνει μια μεθοδολογική προσέγγιση η οποία περιγράφεται στο παρακάτω Σχήμα. Πρόκειται για διαδικασία ενεργειών του αναλυτή του

προβλήματος, η οποία αρχίζει από την ανάλυση των επιπτώσεων των δράσεων και καταλήγει στην οριστικοποίηση της συνεπούς οικογένειας κριτηρίων.

Σχήμα: Διαδικασία ενεργειών του αναλυτή του προβλήματος



Για να κατανοήσουμε πως λειτουργεί η διαδικασία αυτή είναι απαραίτητο να δώσουμε τους παρακάτω ορισμούς:

Στοιχειώδης Επίπτωση μιας δράσης A ονομάζεται κάθε ιδιότητα ή χαρακτηριστικό που σχετίζεται με τη δράση A και πληρεί τις εξής δυο ιδιότητες:

- Είναι επαρκώς καθορισμένη ως προς το περιεχόμενο της ώστε οι διάφοροι εμπλεκόμενοι να αντιλαμβάνονται τη σημασία της.
- Επιτρέπει την περιγραφή κάποιου συγκεκριμένου αποτελέσματος το οποίο έπεται της επιλογής της δράσης A.

Ανάλυση Στοιχειωδών Επιπτώσεων μιας Δράσης είναι το σύνολο των στοιχειωδών επιπτώσεων μιας δράσης A.

Ανάλυση Στοιχειωδών Επιπτώσεων Συνόλου A είναι το σύνολο-ένωση όλων των στοιχειωδών επιπτώσεων των δράσεων του συνόλου A.

Άξονας Προτίμησης είναι το σύνολο των στοιχειωδών επιπτώσεων που αναφέρονται στον ίδιο στόχο μέσω τον οποίο θα αξιολογηθούν και συγκριθούν οι δράσεις. Ένας άξονας προτίμησης χαρακτηρίζεται λεκτικά από μία φράση ή κάποιες λέξεις κλειδιά.

Κλίμακα Προτίμησης είναι ένα σύνολο καταστάσεων τα οποία ονομάζονται βαθμίδες της κλίμακας και ορίζουν μια διάταξη ως προς τις προτιμήσεις ενός εμπλεκόμενου στη διαδικασία της απόφασης. Διακρίνουμε κυρίως δυο τύπους κλίμακας:

- **Κλίμακα Ποσοτική ή Μετρική Κλίμακα:** Πρόκειται για ένα διάστημα της πραγματικής ευθείας, διατεταγμένο ως προς τις προτιμήσεις, με το αριστερό του άκρο να είναι το χειρότερο και το δεξιό του το καλύτερο ως προς τις προτιμήσεις. Βασική ιδιότητα μιας ποσοτικής κλίμακας είναι ότι επιτρέπει τη σύγκριση διαστημάτων στο εσωτερικό της κλίμακας. Παραδείγματα κλίμακας μέτρου είναι μια ποσοστιαία κλίμακα απόδοσης(μετοχών, ομολόγων), μια κλίμακα κέρδους ή αρνητικού κόστους, κλπ.

- **Κλίμακα Διάταξης:** Πρόκειται για ένα σύνολο διακεκριμένων καταστάσεων(π.χ κακός, μέτριος, καλός, πολύ καλός, άριστος) οι οποίες είναι κατά προτίμηση διατεταγμένες από τη χειρότερη ως την καλύτερη. Μια κλίμακα διάταξης δεν επιτρέπει τη σύγκριση διαστημάτων στο εσωτερικό της.

Διάσταση είναι μια στοιχειώδης επίπτωση τέτοια ώστε το σύνολο των καταστάσεων που αυτή υπαγορεύει ορίζει μια κλίμακα προτίμησης.

Ένα σύστημα αξιολόγησης των δράσεων του προβλήματος μοντελοποιείται μέσω μιας συνεπούς οικογένειας κριτηρίων η οποία περιλαμβάνει τα κριτήρια που οφείλουν να πληρούν τρεις θεμελιώδεις συνθήκες:

- 1) **Συνέπεια ή μονοτονία:** Ένα σύνολο κριτηρίων θεωρείται ότι διαθέτει την ιδιότητα της μονοτονίας εάν και μόνο εάν χρησιμοποιεί οποιοσδήποτε δυο εναλλακτικές x' και x'' τέτοιες ώστε $x_i' > x_i''$ για κάποιο κριτήριο x_i και $x_i' = x_i''$.

- 2) **Επάρκεια:** Ένα σύνολο κριτηρίων θεωρείται ότι διαθέτει την ιδιότητα της επάρκειας εάν και μόνο εάν για οποιοσδήποτε δυο εναλλακτικές x' και x'' τέτοιες ώστε $x_i' = x_i''$.

3) Μη Πλεονασμός: Ένα σύνολο κριτηρίων θεωρείται ότι διαθέτει την ιδιότητα του μη πλεονασμού εάν και μόνο εάν η διαγραφή ενός οποιουδήποτε κριτηρίου χι οδηγεί σε παραβίαση των ιδιοτήτων της μονοτονίας ή της επάρκειας.

Σημειώνεται ότι σε πολλές περιπτώσεις η αξιολόγηση των εναλλακτικών δραστηριοτήτων απαιτεί την ανάλυση παραγόντων που δεν ακολουθούν την ιδιότητα της μονοτονίας. Για παράδειγμα ο παράγοντας <<κόστος>> προσδιορίζει μια αρνητική κατάταξη των εναλλακτικών, υπό την έννοια ότι ψηλότερο κόστος υποδεικνύει χειρότερες εναλλακτικές. Στην περίπτωση αυτή μια απλή αλλαγή του προσήμου αρκεί για την μετατροπή τέτοιων παραγόντων σε μονότονα κριτήρια. Επίσης συχνά χρησιμοποιούνται παράγοντες η μονοτονία των οποίων εμφανίζει μια πιο περίπλοκη δομή. Για παράδειγμα κατά την αξιολόγηση της ποιότητας ενός εργασιακού χώρου, ο παράγοντας <<θερμοκρασία>> δεν παρουσιάζει ξεκάθαρη μονοτονία στη λογική ότι υψηλότερη ή χαμηλότερη θερμοκρασία υποδηλώνει υψηλότερη ποιότητα. Σε αυτή την περίπτωση, απαιτείται μια πιο σύνθετη μοντελοποίηση όπως αυτή που παρουσιάζεται στον πίνακα παρακάτω:

Θερμοκρασία σε οC	Άνεση	Κλίμακα
22-23	Άριστη	5
19-21 και 24-47	Πολύ καλή	4
15-18 και 28-30	Καλή	3
11-14 και 31-35	Μέτρια	2
0-10 και 36-40	Κακή	1
<0 ή >40	Ανυπόφορη	0

Πίνακας: Παράδειγμα μοντελοποίησης του παράγοντα <<θερμοκρασία>>.

ΣΤΑΔΙΟ ΙΙΙ: Μοντέλο Ολικής Προτίμησης

Ένα μοντέλο ολικής προτίμησης αποτελεί λίγο πολύ τον κανόνα σύνθεσης των κριτηρίων, των μοντέλων μερικής προτίμησης. Οι δράσεις του συνόλου Α συγκρίνονται συνολικά με

βάση το μοντέλο αυτό και τον τύπο Προβληματικής που έχει οριστεί στο στάδιο I. Στο στάδιο III, ο αναλυτής πρέπει να καθορίσει μια μέθοδο πολυκριτήριας σύνθεσης η οποία θα επιτρέψει τη σύγκριση των δράσεων του συνόλου A, λαμβάνοντας υπόψη συνολικά όλες τις τιμές των δράσεων πάνω στα κριτήρια της συνεπούς οικογένειας κριτηρίων. Τα μοντέλα σύνθεσης πολλαπλών κριτηρίων χωρίζονται σε δυο κατηγορίες:

- **Αντισταθμιστικά Μοντέλα:** Πρόκειται για μοντέλα στα οποία η υποβάθμιση ενός κριτηρίου είναι δυνατό να αποζημιωθεί από την βελτίωση της τιμής ενός άλλου κριτηρίου.

- **Μη αντισταθμιστικά Μοντέλα:** Πρόκειται για μοντέλα στα οποία η αντιστάθμιση ενός κριτηρίου από ένα άλλο δεν είναι επιτρεπτή.

Οι κυριότερες κατηγορίες πολυκριτήριων μεθόδων είναι τρεις:

1) **Συναρτησιακές Μέθοδοι:** Η σύνθεση των κριτηρίων επιτυγχάνεται μέσω μιας ή περισσότερων συναρτήσεων αξίας ή χρησιμότητας.

2) **Σχεσιακές Μέθοδοι:** Η σύνθεση των κριτηρίων επιτυγχάνεται μέσω μιας ή περισσότερων σχέσεων υπεροχής.

3) **Αναλυτικές Μέθοδοι:** Το μοντέλο σύνθεσης των κριτηρίων συμπεραίνεται έμμεσα από δεδομένα ολικής προτίμησης του αποφασίζοντος.

ΣΤΑΔΙΟ IV: Υποστήριξη της Απόφασης

Στο στάδιο αυτό, ο αναλυτής του προβλήματος αναζητά και οργανώνει τα στοιχεία απάντησης σε συγκεκριμένα ερωτηματικά που θέτουν ή ενδέχεται να θέσουν κάποιοι εμπλεκόμενοι στη διαδικασία της απόφασης και κυρίως ο αποφασίζων. Πρόκειται για συμπληρωματικό στάδιο του προηγούμενου, του οποίου ο σημαντικότερος λόγος ύπαρξης οφείλεται στο γεγονός ότι μια λύση που δίνει ένα μοντέλο δεν είναι άμεσα εκμεταλλεύσιμη στα πεδία λήψης αποφάσεων. Οι τεχνικές που συμβάλλουν στην καλύτερη υποστήριξη ή τεκμηρίωση διάφορων επιλογών εξαρτώνται κάθε φορά από το μοντέλο ολικής προτίμησης το οποίο έχει επιλεγεί στο στάδιο III.

Κύρια θεωρητικά Ρεύματα

Ο χώρος της πολυκριτήριας ανάλυσης είναι ιδιαίτερα ευρύς ως προς τη φύση των μεθοδολογικών προσεγγίσεων που έχουν αναπτυχθεί για την αντιμετώπιση προβλημάτων λήψης αποφάσεων. Μεταξύ των προσεγγίσεων αυτών εμφανίζονται σημαντικές διαφορές τόσο στην μορφή των υποδειγμάτων που αναπτύσσονται, όσο και στη διαδικασία που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη των υποδειγμάτων. Με βάση το στοιχείο αυτό ερευνητές του χώρου της πολυκριτήριας ανάλυσης έχουν προτείνει διάφορες ομαδοποιήσεις των μεθοδολογικών προσεγγίσεων της πολυκριτήριας ανάλυσης. Κινούμενος προς αυτήν την κατεύθυνση ο Roy (1985) πρότεινε μια ομαδοποίηση σε τρεις βασικές κατηγορίες:

1) Προσεγγίσεις μοναδικής σύνθεσης των κριτηρίων αγνοώντας κάθε ασυγκριτικότητα μεταξύ των εναλλακτικών δραστηριοτήτων(unique synthesis criterion)

2) Προσεγγίσεις βασιζόμενες στις σχέσεις υπεροχής λαμβάνοντας υπόψη την πιθανή ασυγκριτικότητα μεταξύ των εναλλακτικών δραστηριοτήτων (outranking synthesis approach)

3)Αλληλεπιδραστικές προσεγγίσεις (interactive local judgment approach)

Οι Pardalos et al. (1995) πρότειναν μια εναλλακτική ομαδοποίηση των πολυκριτήριων προσεγγίσεων, η οποία παράλληλα με την μορφή των υποδειγμάτων που αναπτύσσονται, λαμβάνει υπόψη και τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται η ανάπτυξη τους. Η ομαδοποίηση αυτή περιλαμβάνει τις ακόλουθες τέσσερις κατηγορίες προσεγγίσεων.

1) Πολυκριτήριος μαθηματικός προγραμματισμός

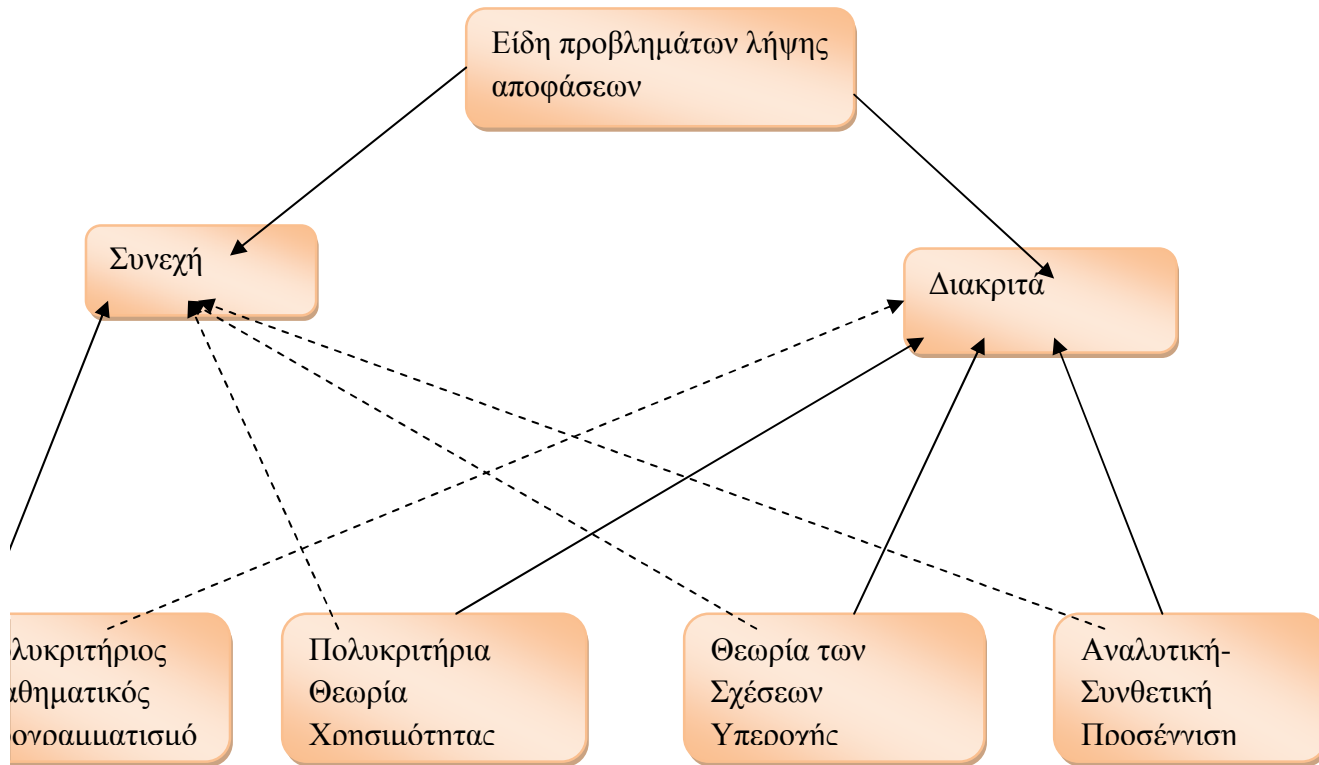
2)Πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας

3) Θεωρία των Σχέσεων Υπεροχής

4)Αναλυτική-ΣυνθετικήΠροσέγγιση

Όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα, μεταξύ των τεσσάρων αυτών βασικών προσεγγίσεων της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων , οι τρεις τελευταίες, δηλαδή η πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας, η θεωρία των σχέσεων υπεροχής και η αναλυτική-

συνθετική προσέγγιση προσανατολίζονται προς την αντιμετώπιση διακριτών προβλημάτων λήψης αποφάσεων. Απώτερος στόχος τους, είναι η σύνθεση όλων των κριτηρίων με σκοπό την αξιολόγηση ενός πεπερασμένου συνόλου εναλλακτικών δραστηριοτήτων σύμφωνα με τις προβληματικές της επιλογής, της κατάταξης ή ταξινόμησης. Αντίθετα πολυκριτήριος μαθηματικός προγραμματισμός αποτελεί μια γενίκευση της γνωστής θεωρίας του μαθηματικού προγραμματισμού σε περιπτώσεις που πρέπει να βελτιστοποιηθούν πολλαπλές αντικειμενικές συναρτήσεις.



Σχήμα: Η συμβολή των θεωρητικών ρευμάτων της πολυκριτήριας ανάλυσης στην επίλυση συνεχών και διακριτών προβλημάτων λήψης αποφάσεων.

Όπως βέβαια είναι εμφανές από το παραπάνω σχήμα η συμβολή του κάθε θεωρητικού ρεύματος της πολυκριτήριας ανάλυσης δεν περιορίζεται στην αντιμετώπιση μόνο ενός είδους προβλημάτων λήψης αποφάσεων (συνεχή ή διακριτά). Αναλυτικότερα, η πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας, η θεωρία των σχέσεων υπεροχής και η αναλυτική-συνθετική προσέγγιση μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως εργαλεία για την αντιμετώπιση συνεχών προβλημάτων, συμβάλλοντας στην αποτύπωση του συστήματος αξιών και προτιμήσεων του αποφασίζοντος σε ένα μαθηματικό υπόδειγμα. Το υπόδειγμα αυτό χρησιμοποιούμενο σε συνδυασμό με τεχνικές πολυκριτήριου μαθηματικού προγραμματισμού μπορεί να οδηγήσει στην επίλυση συνεχών προβλημάτων (για παράδειγμα ο καθορισμός της σύνθεσης ενός

χαρτοφυλακίου χρεογράφων το οποίο βελτιστοποιεί τη συνάρτηση χρησιμότητας του επενδυτή). Αντίστοιχα, και ο πολυκριτήριο μαθηματικός προγραμματισμός μπορεί να συμβάλλει στην αντιμετώπιση διακριτών προβλημάτων. Η ανάπτυξη υποδειγμάτων σύνθεσης των κριτηρίων αξιολόγησης, στα πλαίσια της αναλυτικής-συνθετικής προσέγγισης βασίζεται στη χρησιμοποίηση τεχνικών προγραμματισμού στόχων, οι οποίες αποτελούν μια ειδική μορφή του πολυκριτηρίου μαθηματικού προγραμματισμού.

ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑ ΘΕΩΡΙΑ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ

Η πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας (multiattribute utility theory) αποτελεί γενίκευση της κλασικής θεωρίας χρησιμότητας. Ήδη από τα πρώτα στάδια ανάπτυξης της πολυκριτήριας ανάλυσης, η πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας αποτέλεσε (και αποτελεί) έναν από τους ακρογωνιαίους λίθους της θεωρητικής ανάπτυξης και πρακτικής εφαρμογής των αρχών της πολυκριτήριας ανάλυσης. Έμμεσα ή άμεσα και τα υπόλοιπα θεωρητικά ρεύματα της πολυκριτήριας ανάλυσης βασίζονται στις βασικές έννοιες και αρχές της πολυκριτήριας θεωρίας χρησιμότητας. Ο πολυκριτήριο μαθηματικός προγραμματισμός και ο προγραμματισμός στόχων, ουσιαστικά αποσκοπούν στον εντοπισμό μιας αποτελεσματικής λύσης, η οποία μεγιστοποιεί τη χρησιμότητα του αποφασίζοντος. Μάλιστα, βασικό σημείο πρισμένων μεθόδων πολυκριτηρίου μαθηματικού προγραμματισμού αποτελεί η σαφής ανάπτυξη της συνάρτησης χρησιμότητας που διέπει την πολιτική που ακολουθεί ο αποφασίζων, η οποία στη συνέχεια μεγιστοποιείται στην περιοχή των εφικτών λύσεων ώστε να εντοπιστεί η κατάλληλη αποτελεσματική λύση. Σε αυτή την προσέγγιση βασίζεται η μεθοδολογία που προτάθηκε από τους Siskos και Despotis (1989) και υλοποιείται στο σύστημα ADELAIS.

Σκοπός της πολυκριτήριας θεωρίας χρησιμότητας είναι η μοντελοποίηση και αναπαράσταση του συστήματος αξιών που συνειδητά ή ασυνειδητά ακολουθεί ο αποφασίζων, μέσω μιας συνάρτησης, αξιών/χρησιμότητας $U(x)$. Η συνάρτηση αυτή εκφράζεται βάσει του συνόλου των κριτηρίων αξιολόγησης τα οποία καθορίζουν το αποτέλεσμα της αξιολόγησης: $U(x) = U(x_1, x_2, \dots, x_n)$. Γενικά, οι συναρτήσεις χρησιμότητας είναι μη γραμμικές αύξουσες συναρτήσεις οριζόμενες στο πεδίο τιμών των αντίστοιχων κριτηρίων αξιολόγησης, οι οποίες ικανοποιούν τις ακόλουθες δύο βασικές ιδιότητες.

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

$$U(x') = U(x'') \Leftrightarrow x' I x'' \text{ (η εναλλακτική } x' \text{ είμαι ισοδύναμη της } x'' \text{)}.$$

Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΣΧΕΣΗΣ ΥΠΕΡΟΧΗΣ

Η θεωρία των σχέσεων υπεροχής (outranking relations theory, Roy, 1991, 1996) παρέχει μια εναλλακτική μεθοδολογική προσέγγιση στη σύνθεση πολλαπλών κριτηρίων αξιολόγησης σε σχέση με την πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας, στόχος της θεωρίας των σχέσεων υπεροχής, δεν είναι η ανάπτυξη μιας συνάρτησης βαθμολόγησης των εναλλακτικών δραστηριοτήτων, όπως η συνάρτηση χρησιμότητας, αλλά η ανάπτυξη ενός μεθοδολογικού πλαισίου που επιτρέπει την πραγματοποίηση διμερών συγκρίσεων μεταξύ των εναλλακτικών δραστηριοτήτων.

Η σχέση υπεροχής S είναι μια διμερής σχέση οριζόμενη στο σύνολο των εναλλακτικών δραστηριοτήτων, έτσι ώστε :

$x' S x'' \Leftrightarrow$ η εναλλακτική x' είναι τουλάχιστον εξίσου καλή όσο η x'' .

Η γενική ιδέα της σχέσης υπεροχής είναι η σύγκριση δύο οποιοδήποτε εναλλακτικών x' και x'' βασίζεται στην ισχύ των ενδείξεων (θετικές ενδείξεις) που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό << η εναλλακτική x' είναι τουλάχιστον εξίσου καλή όσο η x'' >> καθώς και στην ισχύ των ενδείξεων κατά του ισχυρισμού αυτού (αρνητικές ενδείξεις). Εφόσον η ισχύς των θετικών ενδείξεων είναι υψηλή και ταυτόχρονα η ισχύς των αρνητικών ενδείξεων είναι περιορισμένη, τότε μπορεί να θεωρηθεί ότι ισχύει η σχέση υπεροχής $x' S x''$, δηλαδή ότι η x' είναι τουλάχιστον εξίσου καλή όσο η x'' . Η θεωρία των σχέσεων υπεροχής θα εξηγηθεί αναλυτικά στο 2ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ.

ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΟΣ ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ

Ο γραμμικός προγραμματισμός (Dantzig, 1998) αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα μεθοδολογικά εργαλεία στο χώρο της επιχειρησιακής έρευνας με πλήθος πρακτικών και ερευνητικών εφαρμογών. Η γενική μορφή των προβλημάτων που αντιμετωπίζονται στο χώρο του γραμμικού προγραμματισμού είναι η ακόλουθη :

$$\max f(x) = C^T x$$

Υπό τους περιορισμούς:

$$Ax \leq b$$

$$x \geq 0$$

όπου:

- $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ είναι το διάνυσμα (διαστάσεων $n \times 1$) των μεταβλητών απόφασης (decision variables) οι οποίες πρέπει να καθοριστούν από την επίλυση του παραπάνω γραμμικού προγράμματος.
- $c = (c_1, c_2, \dots, c_n)$ είναι το διάνυσμα (διαστάσεων $n \times 1$) των συντελεστών των μεταβλητών απόφασης στην αντικειμενική συνάρτηση f του γραμμικού προγράμματος.
- A είναι ένας πίνακας διαστάσεων $m \times n$ με τους συντελεστές των μεταβλητών απόφασης στους περιορισμούς του γραμμικού προγράμματος (m γραμμικοί περιορισμοί).
- $b = (b_1, b_2, \dots, b_m)$ είναι το διάνυσμα (διαστάσεων $m \times 1$) με τα δεξιά μέλη των περιορισμών.

Προβλήματα αυτής της μορφής απαντώνται σε πολλά πεδία εφαρμογών. Θεωρώντας ότι υπάρχει ένας και μοναδικός στόχος, η επίλυση προβλημάτων της παραπάνω μορφής δεν παρουσιάζει ιδιαίτερες μεθοδολογικές δυσκολίες. Ο ορισμός της βέλτιστης λύσης προσδιορίζεται εύκολα από τον στόχο του προβλήματος (αντικειμενική συνάρτηση) και αρκεί η χρήση γνωστών τεχνικών για τον εντοπισμό της βέλτιστης λύσης, η οποία ικανοποιεί ταυτόχρονα και τους περιορισμούς.

Ο πολυκριτήριος γραμμικός προγραμματισμός επεκτείνει το πλαίσιο του γραμμικού προγραμματισμού στην περίπτωση όπου υπάρχουν πολλαπλές αντικειμενικές συναρτήσεις. Στην περίπτωση αυτή η γενική μορφή του προβλήματος διατυπώνεται ως εξής :

$$\max \{ f_1 (x), f_2 (x), \dots, f_k (x) \}$$

Υπό τους περιορισμούς :

$$Ax \leq b$$

$$x \geq 0$$

Το βασικό πρόβλημα που αντιμετωπίζεται στην περίπτωση αυτή αφορά την αδυναμία εντοπισμού βέλτιστης λύσης, δεδομένου ότι η λύση που βελτιστοποιεί κάποια από τις αντικειμενικές συναρτήσεις δεν είναι συνήθως βέλτιστη για τις υπόλοιπες. Για την αντιμετώπιση του θέματος αυτού, η έννοια της βέλτιστης λύσης αντικαθίσταται από την έννοια της αποτελεσματικής λύσης (efficient solution), η οποία με τη σειρά της βασίζεται στην έννοια της κυριαρχίας (dominance).

Δεδομένων δύο εφικτών λύσεων x_i, x_j και ενός συνόλου αντικειμενικών συναρτήσεων $\{f_1(x), f_2(x), \dots, f_k(x)\}$ θεωρείται ότι η x_i κυριαρχεί της x_j ($x_i D x_j$) εάν και μόνο εάν :

1 Για κάθε f_t ισχύει $f_t(x_i) \geq f_t(x_j)$.

2 Υπάρχει f_t ώστε $f_t(x_i) > f_t(x_j)$.

Η σχέση κυριαρχίας που ορίζεται κατά τον τρόπο αυτό είναι μεταβατική, δηλαδή ($x_1 D x_2$)

$\wedge (x_2 D x_3) \Rightarrow x_1 D x_3$, αλλά δεν είναι αντιμεταθετική

($x_i D x_j \Rightarrow x_i \not\subset x_j$).

Με βάση την έννοια της κυριαρχίας μια λύση x θεωρείται αποτελεσματική εάν και μόνο εάν δεν υπάρχει καμία άλλη εφικτή λύση x' τέτοια ώστε $x' D x$. Οι αποτελεσματικές λύσεις σε ένα πρόβλημα πολυκριτήριου γραμμικού προγραμματισμού είναι συνήθως πολλές, διαμορφώνοντας έτσι ένα σύνολο αποτελεσματικών λύσεων (efficient set). Στόχος της ανάλυσης είναι ο προσδιορισμός αυτού του συνόλου και η ανάλυση του ώστε να υποστηριχθεί ο αποφασίζων στην επιλογή της αποτελεσματικής λύσης η οποία ανταποκρίνεται στις προτιμήσεις του και στην πολιτική που ακολουθεί.

Η υλοποίηση του στόχου αυτού πραγματοποιείται με διάφορες μεθοδολογίες που έχουν αναπτυχθεί στο χώρο του πολυκριτήριου γραμμικού προγραμματισμού, οι οποίες λειτουργούν επαναληπτικά και αλληλεπιδραστικά απαιτώντας τη συνεργασία του αποφασίζοντα. Συχνά πριν την εφαρμογή τέτοιων μεθοδολογιών είναι χρήσιμη μια προκαταρκτική ανάλυση του προβλήματος ώστε να συλλεχθούν ορισμένες πληροφορίες οι οποίες μπορούν να βοηθήσουν τον αποφασίζοντα στην κατανόηση του προβλήματος, αλλά πιθανόν να χρησιμοποιηθούν και στη μεθοδολογία που εφαρμόζεται.

Οι πληροφορίες που συνήθως προσδιορίζονται σε αυτό το προκαταρκτικό στάδιο της ανάλυσης αφορούν την ιδεατή λύση (ideal solution) και τον πίνακα πληρωμών (payoff matrix). Η ιδεατή λύση $x^*=(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ είναι μια λύση τέτοια ώστε:

$$f_i(x^*) = \max_{x \in A} f_i(x)$$

Σε ένα πρόβλημα πολυκριτήριου γραμμικού προγραμματισμού η ιδεατή λύση δεν μπορεί να είναι εφικτή, καθώς εάν ήταν εφικτή τότε το πρόβλημα δεν θα ήταν πολυκριτήριο και θα μπορούσε να αναχθεί σε ένα απλό πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού. Ο πλήρης προσδιορισμός της ιδεατής λύσης x^* απαιτεί την επίλυση k απλών γραμμικών προγραμμάτων καθένα από τα οποία έχει ως στόχο τη βελτιστοποίηση μίας εκ των αντικειμενικών συναρτήσεων.

ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ-ΣΥΝΘΕΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Όπως αναφέραμε τα δύο βασικά μεθοδολογικά ρεύματα της πολυκριτήριας ανάλυσης τα οποία επικεντρώνονται στην αντιμετώπιση προβλημάτων αξιολόγησης ενός πεπερασμένου συνόλου εναλλακτικών δραστηριοτήτων, δηλαδή η πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας και η θεωρία των σχέσεων υπεροχής, δίνουν ιδιαίτερο βάρος στη μοντελοποίηση και αναπαράσταση του συστήματος αξιών και προτιμήσεων του αποφασίζοντος μέσω μιας προκαθορισμένης μαθηματικής μορφής (συνάρτηση χρησιμότητας ή σχέση υπεροχής).

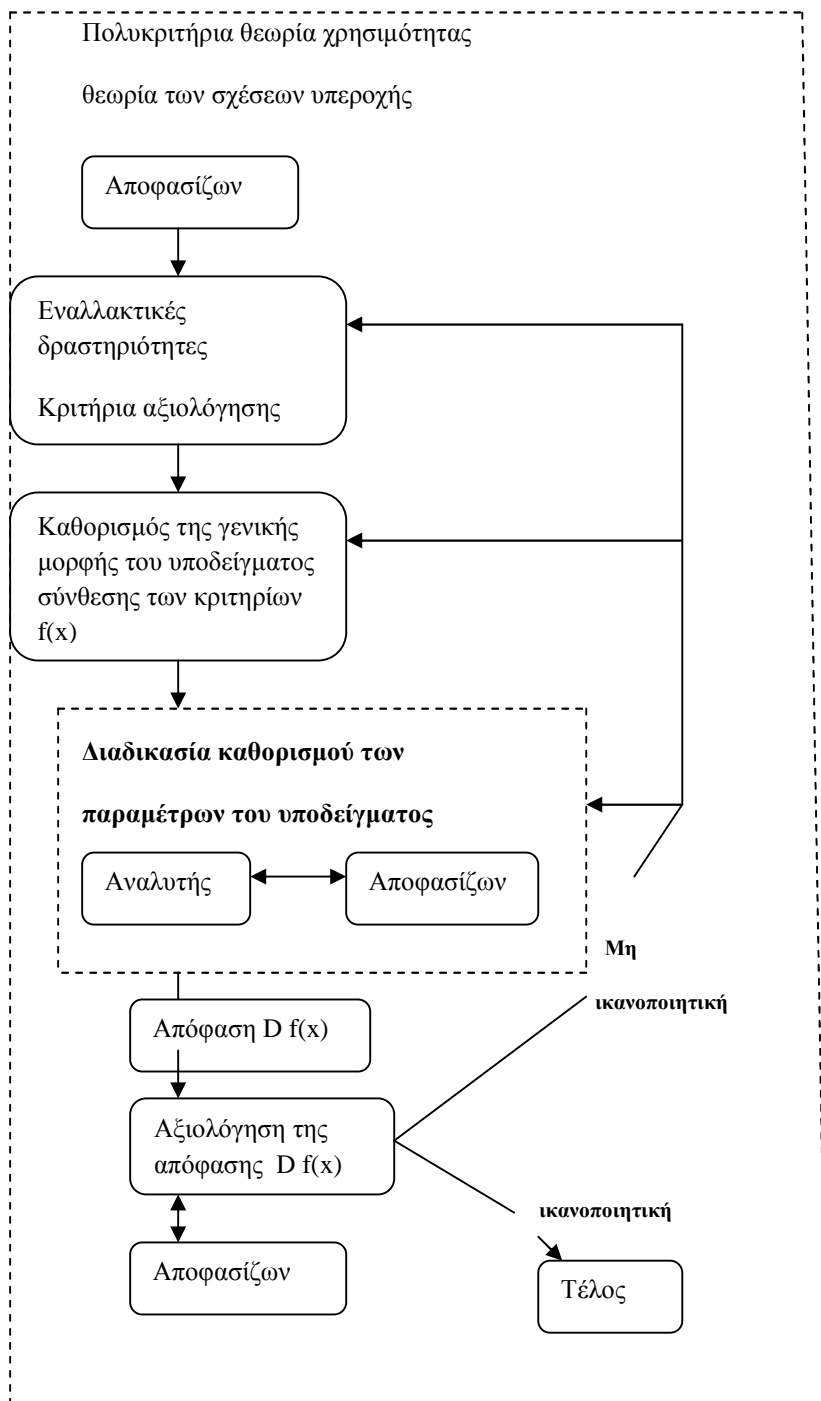
Αντίθετα η αναλυτική – συνθετική προσέγγιση (preference disaggregation approach, Jacquet- Lagreze and Siskos, 1983,2001) προσανατοίξεται στην ανάπτυξη ενός γενικού μεθοδολογικού πλαισίου, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση των αποφάσεων που λαμβάνει ο αποφασίζων έτσι ώστε να καθοριστεί το κατάλληλο υπόδειγμα σύνθεσης των κριτηρίων το οποίο ανταποκρίνεται στο σύστημα αξιών και προτιμήσεων του αποφασίζοντα.

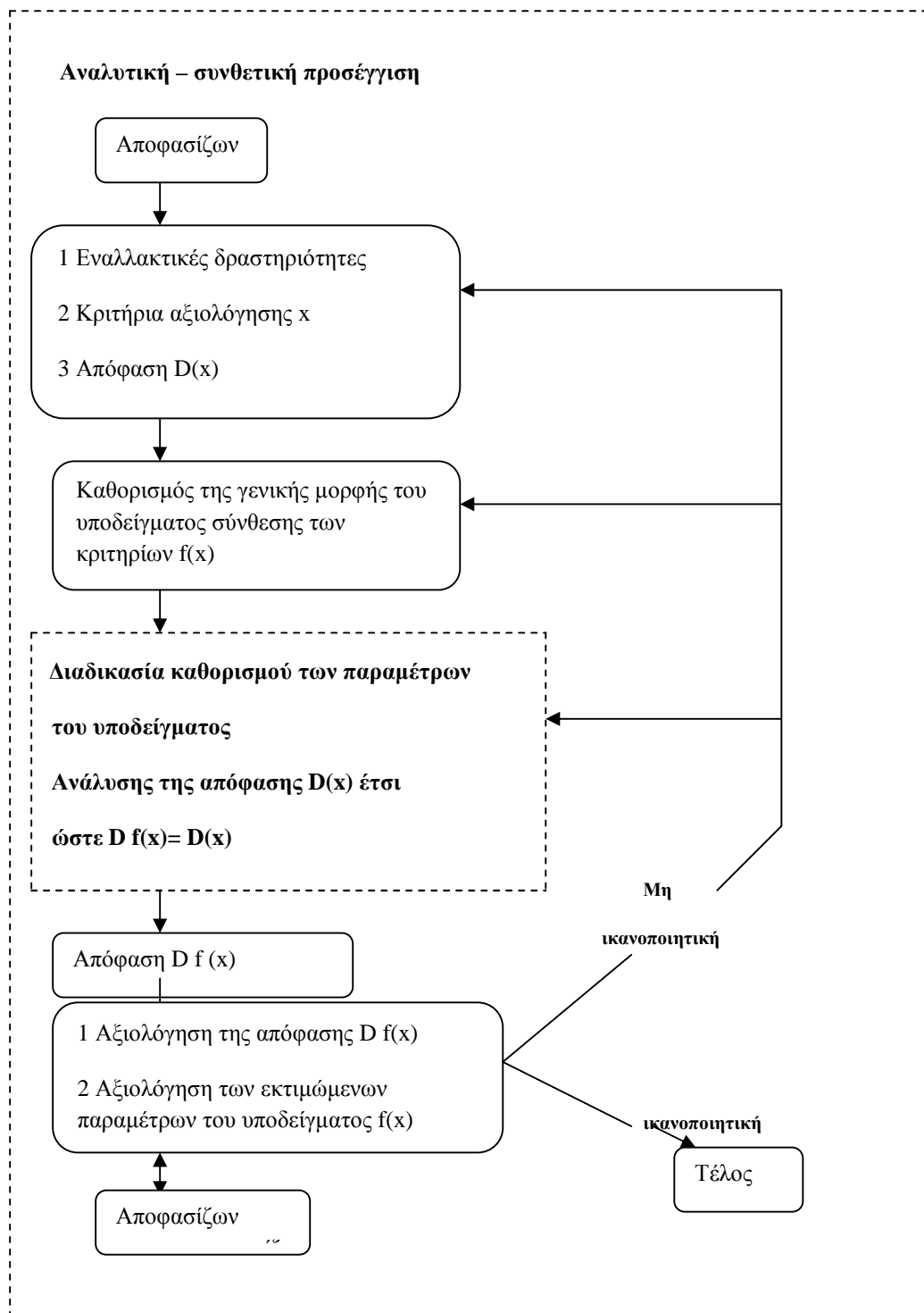
Ουσιαστικά, η αναλυτική – συνθετική προσέγγιση αντιμετωπίζει τα προβλήματα λήψης αποφάσεων μέσω μιας ακριβώς αντίθετης διαδικασίας σε σχέση με αυτήν που ακολουθείται από την πολυκριτήρια θεωρία των σχέσεων υπεροχής. Πιο συγκεκριμένα, τόσο η πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας όσο και η θεωρία των σχέσεων υπεροχής, σκοπό έχουν

να υποστηρίξουν τον αποφασίζοντα στη σύνθεση των κριτηρίων αξιολόγησης, μέσω ενός προκαθορισμένου υποδείγματος το οποίο έχει τη μορφή μιας συνάρτησης χρησιμότητας ή μιας σχέσης υπεροχής. Αυτή είναι μια εμπρόσθια διαδικασία, η οποία βασίζεται στην αλληλεπίδραση με τον αποφασίζοντα. Ο αποφασίζων καθορίζει όλες τις παραμέτρους του υποδείγματος σύνθεσης των κριτηρίων, υποστηριζόμενος από έναν εξειδικευμένο αναλυτή, ο οποίος διαθέτει την απαραίτητη εμπειρία στη χρησιμοποιούμενη μεθοδολογική προσέγγιση.

Αντίθετα, η αναλυτική – συνθετική προσέγγιση ακολουθεί μια ανάστροφη διαδικασία. Θεωρεί ότι ο αποφασίζων ακολουθεί (συνειδητά ή ασυνειδητά) ένα σύστημα αξιών και προτιμήσεων, το οποίο τον οδηγεί στις αποφάσεις που λαμβάνει. Η αναλυτική – συνθετική προσέγγιση δεν προσπαθεί να εντοπίσει τις αποφάσεις αυτές ζητώντας από τον αποφασίζοντα να καθορίσει, άμεσα, πληροφορίες ως προς τον τρόπο με τον οποίο ελήφθησαν, κάτι το οποίο ουσιαστικά γίνεται στην ανάπτυξη των υποδειγμάτων σύνθεσης των κριτηρίων βάσει της πολυκριτήριας θεωρίας χρησιμότητας και της θεωρίας των σχέσεων υπεροχής αντίθετα, προσπαθεί να εντοπίσει τον τρόπο με τον οποίο λαμβάνονται οι αποφάσεις μέσω της ανάλυσης σχέσης μεταξύ των αποφάσεων και των επιδόσεων των εναλλακτικών δραστηριοτήτων στα κριτήρια αξιολόγησης. Η ανάλυση αυτή οδηγεί στον καθορισμό όλων των παραμέτρων του υποδείγματος σύνθεσης των κριτηρίων, έτσι ώστε το αναπτυσσόμενο υπόδειγμα να αναπαράγει τις αποφάσεις του αποφασίζοντος με τον πλέον πιστό τρόπο.

Το παρακάτω Σχήμα τονίζει την προαναφερθείσα ουσιαστική διαφορά φιλοσοφίας μεταξύ της αναλυτικής – συνθετικής προσέγγισης και των άλλων διακριτών πολυκριτήριων προσεγγίσεων (πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας, θεωρία των σχέσεων υπεροχής). Η πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας και η θεωρία των σχέσεων υπεροχής, ουσιαστικά συνθέτουν τα δεδομένα ενός προβλήματος ώστε να καταλήξουν στο τελικό αποτέλεσμα, ενώ, αντίθετα, η αναλυτική – συνθετική προσέγγιση αναλύει τα υπάρχοντα δεδομένα (σύνολο αναφοράς) ώστε να εντοπιστεί το υπόδειγμα που αναπαριστά όσο πιο πιστά γίνεται το σύστημα αξιών και προτιμήσεων του αποφασίζοντος.





Σχήμα: Η διαδικασία της αναλυτικής – συνθετικής προσέγγισης έναντι των διαδικασιών της πολυκριτήριας θεωρίας χρησιμότητας και της θεωρίας των σχέσεων υπεροχής

Οι βάσεις της αναλυτικής - συνθετικής προσέγγισης εντοπίζονται στη διαπίστωση των προβλημάτων που συχνά παρουσιάζονται κατά τη διαδικασία απόσπασης από τους αποφασίζοντες, πληροφοριών σχετικών με το σύστημα αξιών και προτιμήσεων που τους διέπει. Πολλές φορές οι αποφασίζοντες αδυνατούν να παράσχουν τις πληροφορίες αυτές, είτε λόγω έλλειψης χρόνου, είτε γιατί απλά αδυνατούν να αποσαφηνίσουν επακριβώς τις παραμέτρους που ασυνείδητα λαμβάνουν υπόψη κατά τη διαδικασία λήψης των αποφασεών τους. Αντίθετα είναι συνήθως πολύ ευκολότερο να διατυπώσουν τις ίδεες τις αποφάσεις που λαμβάνουν, χωρίς να καθορίσουν καμία επιπλέον παράμετρο που να σχετίζεται με τον τρόπο λήψης των αποφάσεων. Στα πλαίσια της αναλυτικής - συνθετικής προσέγγισης είναι δυνατή η αξιοποίηση κάθε μορφής που μπορούν να έχουν οι αποφάσεις αυτές. Συνήθως εκφράζονται σε μια μονότονη κλίμακα μέσω της κατάταξης ή ταξινόμησης των εναλλακτικών δραστηριοτήτων. Παράλληλα όμως δύναται να εκφραστούν σε μορφή ενός δείκτη (πόσες φορές μια εναλλακτική δραστηριότητα προτιμάται μιας άλλης), ή ακόμα να παρέχουν και περσσότερο λετομέρειες όπως η κατάταξη των εναλλακτικών δραστηριοτήτων στο κάθε κριτήριο αξιολόγησης καθώς και η ιεράρχηση των κριτηρίων αξιολόγησης με βάση τη σημαντικοτητά τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΣΧΕΣΕΙΣ ΥΠΕΡΟΧΗΣ

Η θεωρία των σχέσεων υπεροχής αποτελεί το δεύτερο μεγάλο ρεύμα στο χώρο της πολυκριτήριας ανάλυσης. Η θεωρία αυτή είναι γαλλικής έμπνευσης και βασίστηκε στις εργασίες του Roy. Σύμφωνα με τον Roy , η θεωρία αυτή διαπραγματεύεται την εισαγωγή μιας ασθενέστερης σχέσης, της σχέσης υπεροχής, στα προβλήματα απόφασης. Η σχέση αυτή εισάγει μια νέα παράμετρο προτίμησης, πέρα της ασθενούς προτίμησης, της ισχυρής προτίμησης και της αδιαφορίας της προτίμησης. Η παράμετρος αυτή αναφέρεται στην περίπτωση που δεν μπορούν να συγκριθούν οι προτιμήσεις, και καλύπτει το θέμα πληρότητας στα προβλήματα απόφασης.

Η θεωρία των σχέσεων υπεροχής κατατάσσεται στην ομάδα των μεθόδων μη κυρτής βελτιστοποίησης και προτείνει έναν τρόπο επίλυσης των προβλημάτων απόφασης που βασίζεται εξ ολοκλήρου στη θεωρία των γραφημάτων. Αν θεωρήσουμε ότι οι μέθοδοι της θεωρίας της χρησιμότητας εισάγουν, μέσω των γραμμικών διατάξεων που υποστηρίζουν , ένα γραμμικό τρόπο επίλυσης των πολυκριτήριων προβλημάτων, μπορούμε να πούμε ότι η θεωρία των σχέσεων υπεροχής επιλέγει την μη γραμμική επίλυση.

Η γενική έννοια και ο ορισμός της σχέσης υπεροχής υιοθετείται από όλες τις μεθοδολογίες της θεωρίας των σχέσεων υπεροχής, αλλά ο τρόπος με τον οποίο υλοποιείται διαφέρει, ανάλογα με τη μέθοδο. Στις περισσότερες μεθοδολογίες, η σχέση υπεροχής κατασκευάζεται μέσα από μια σειρά διμερών συγκρίσεων μεταξύ των εναλλακτικών δραστηριοτήτων. Παρά το γεγονός ότι οι διμερείς συγκρίσεις μπορούν να γίνουν με πολλούς τρόπους, η αρχή της συμφωνίας – ασυμφωνίας (concordance-discordance principle) είναι κυρίαρχη στις περισσότερες μεθοδολογίες της θεωρίας των σχέσεων υπεροχής. Βάση της αρχής αυτής, <<η εναλλακτική x είναι τουλάχιστον τόσο καλή όσο η εναλλακτική y>> αν :

- Η πλειοψηφία των κριτηρίων υποστηρίζει τον παραπάνω ισχυρισμό (συνθήκη συμφωνίας – concordance condition).
- Η αντίθεση των άλλων κριτηρίων – της μειονότητας – δεν είναι τόσο ισχυρή (συνθήκη ασυμφωνίας- discordance condition).

Με άλλα λόγια , η γενική ιδέα της σχέσης υπεροχής είναι ότι η σύγκριση δύο οποιονδήποτε εναλλακτικών δραστηριοτήτων x και y , βασίζεται στον ισχυρισμό των ενδείξεων που υποστηρίζουν ότι <<η εναλλακτική x είναι τουλάχιστον τόσο καλή όσο η εναλλακτική y >> (θετικές ενδείξεις) καθώς και στη ισχύ των ενδείξεων κατά του ισχυρισμού αυτού (αρνητικές ενδείξεις). Εφόσον η ισχύς των θετικών ενδείξεων είναι υψηλή και ταυτόχρονα η ισχύς των αρνητικών ενδείξεων είναι περιορισμένη, τότε μπορεί να θεωρηθεί ότι ισχύει η σχέση υπεροχής xSy .

Με την βοήθεια της διμερούς σχέσης S μπορούν να μοντελοποιηθούν τρεις θεμελιώδης καταστάσεις προτίμησης(Figueira et al,2005) ως ακολούθως:

- **Κατάσταση προτίμησης(preference):** xSy και όχι ySx , που συμβολίζεται xPy (η εναλλακτική x προτιμάται αυστηρά της εναλλακτικής y) ή ySx και όχι xSy , που συμβολίζεται yPx (η εναλλακτική y προτιμάται αυστηρά της εναλλακτικής x) .
- **Κατάσταση αδιαφορίας (indifference):** xSy και ySx , που συμβολίζεται xIy (η εναλλακτική x είναι αδιάφορη της εναλλακτικής y , το οποίο σημαίνει ότι οι εναλλακτικές έχουν την ίδια τιμή) .
- **Κατάσταση μη συγκρισιμότητας(incomparability):** όχι xSy και όχι ySx που συμβολίζεται xRy (η εναλλακτική x είναι μη συγκρίσιμη της εναλλακτικής y).

Παρατηρούμε ότι ενώ η κατάσταση προτίμησης (P) δεν είναι αντιμεταθετική, οι καταστάσεις αδιαφορίας (I) και μη συγκρισιμότητας (R) είναι αντιμεταθετικές. Η σχέση της μη συγκρισιμότητας αποτελεί ένα σημαντικό όφελος για τον αναλυτή που χρησιμοποιεί μοντέλα σχέσεων, καθώς στην περίπτωση αυτή μπορούν να μοντελοποιηθούν οι καταστάσεις όπου ο αποφασίζων δεν μπορεί, δεν θέλει ή δεν ξέρει να συγκρίνει δύο εναλλακτικές δραστηριότητες του x (Σίσκος,2008).

Από την άλλη μεριά, ο Roy το 1991 πρότεινε 4 θεμελιώδης καταστάσεις για την μοντελοποίηση των προτιμήσεων, διακρίνοντας στο εσωτερικό της κατάστασης προτίμησης δυο άλλες καταστάσεις: την ισχυρή προτίμηση(strict preference) και την ασθενή προτίμηση (weak preference). Στην περίπτωση αυτή αρκεί να εισαχθεί μια ακόμα διμερής σχέση για να

παραστήσει την κατάσταση της ασθενούς προτίμησης (σχέση Q). Το σύμβολο P παραπάνω θα εξακολουθήσει να αναπαριστά την κατάσταση ισχυρής προτίμησης. Έτσι η κατάσταση ασθενούς προτίμησης ορίζεται ως ακολούθως:

• **Κατάσταση ασθενούς προτίμησης(weak preference):** xQy αν υπάρχει δισταγμός μεταξύ των xIy και xPy (όντας βέβαιοι ότι δεν θα ισχύει η σχέση yPx) ή yQx αν υπάρχει δισταγμός μεταξύ των xIy και yPx (όντας βέβαιοι ότι δεν θα ισχύει η σχέση xPy)

Ένα ουσιαστικό χαρακτηριστικό της σχέσης υπεροχής είναι ότι δεν είναι απαραίτητα μεταβατική (transitive) ή πλήρης(complete). Συγκεκριμένα στη θεωρία των σχέσεων υπεροχής θεωρείται ότι οι προτιμήσεις του αποφασίζοντα δεν ακολουθούν απαραίτητα την μεταβατική ιδιότητα, η δε πλήρης αξιολόγηση των εναλλακτικών δραστηριοτήτων δεν είναι πάντα εφικτή, ειδικά σε πολλές πρακτικές εφαρμογές. Για παράδειγμα, συχνά υπάρχουν εναλλακτικές με πολύ ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τα οποία τις καθιστούν μη συγκρίσιμες με άλλες εναλλακτικές. Στην περίπτωση αυτή η πλήρης κατάταξη των εναλλακτικών δεν λαμβάνει υπόψη αυτές τις ιδιαιτερότητες, στοιχείο που μπορεί να αποδειχτεί σημαντικό για τον αποφασίζοντα.

Παρουσιάζονται οι παραπάνω καταστάσεις, με τη βοήθεια των δυαδικών σχέσεων σχηματίζοντας τον παρακάτω πίνακα.

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	ΟΡΙΣΜΟΣ	ΔΥΑΔΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ(ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ)
Αδιαφορία	Αντιστοιχεί στην ύπαρξη σημαντικών λόγων που δικαιολογούν μια ισοδυναμία μεταξύ δυο ενεργειών	I: Ανακλαστική και Συμμετρική
Αυστηρή προτίμηση	Αντιστοιχεί στην ύπαρξη σημαντικών λόγων που δικαιολογούν αυστηρή προτίμηση, προς όφελος της μιας εκ των δυο ενεργειών	P: Ασυμμετρική
Ασθενής προτίμηση	Αντιστοιχεί στην ύπαρξη σημαντικών λόγων που δικαιολογούν αυστηρή προτίμηση, προς όφελος της μιας εκ των δυο ενεργειών, αλλά συγχρόνως δεν δικαιολογούν αυστηρή προτίμηση, προς όφελος της άλλης καθώς και ισοδυναμίας μεταξύ των δυο	Q: Ασυμμετρική
Μη-Συγκρισιμότητα	Αντιστοιχεί στην απουσία σημαντικών λόγων που δικαιολογούν την ύπαρξη κάποιας εκ των άνω τριών καταστάσεων	R: Συμμετρική

ΕΞΗΓΗΣΗ ΣΧΗΜΑΤΟΣ

Οι τέσσερις παραπάνω δυαδικές σχέσεις $\{I,P,Q,R\}$ ορισμένες σ' ένα σύνολο εναλλακτικών A , ορίζουν ένα βασικό σύστημα σχέσεων προτίμησης για έναν παράγοντα στο A , εάν:

- Αναπαριστούν πράγματι τις προτιμήσεις του παράγοντα σύμφωνα με τους ορισμούς και τις ιδιότητες του παραπάνω πίνακα
- Είναι εξαντλητικές
- Είναι αμοιβαία αποκλειστικές

Σ' αυτό το σημείο οφείλουμε να παραθέσουμε και την άποψη του Vincke 1992, ο οποίος θεωρεί ότι μόνο οι τρεις δυαδικές σχέσεις $\{I,P,R\}$ είναι αρκετές για να θεμελιώσουν ένα βασικό σύστημα σχέσεων προτίμησης.

Οι τέσσερις βασικές δυαδικές σχέσεις $\{I,P,Q,R\}$ αντιπροσωπεύουν στο σύνολο των σχέσεων προτίμησης που εμφανίζονται σ' ένα πρόβλημα απόφασης. Στην πράξη όμως μπορεί και ο οποιοσδήποτε συνδιασμός των παραπάνω σχέσεων να δομήσει ένα μοντέλο προτίμησης. Ο Roy 1996, διακρίνει πέντε από αυτούς τους πιθανούς συνδιασμούς, οι οποίοι είναι ιδιαίτερα σημαντικοί. Οι συνδιασμοί αυτοί, ορίζουν ένα ενωμένο (consolidated) σύστημα προτίμησης και οι δυαδικές σχέσεις που συνδέονται με αυτούς ονομάζονται ενωμένες σχέσεις.

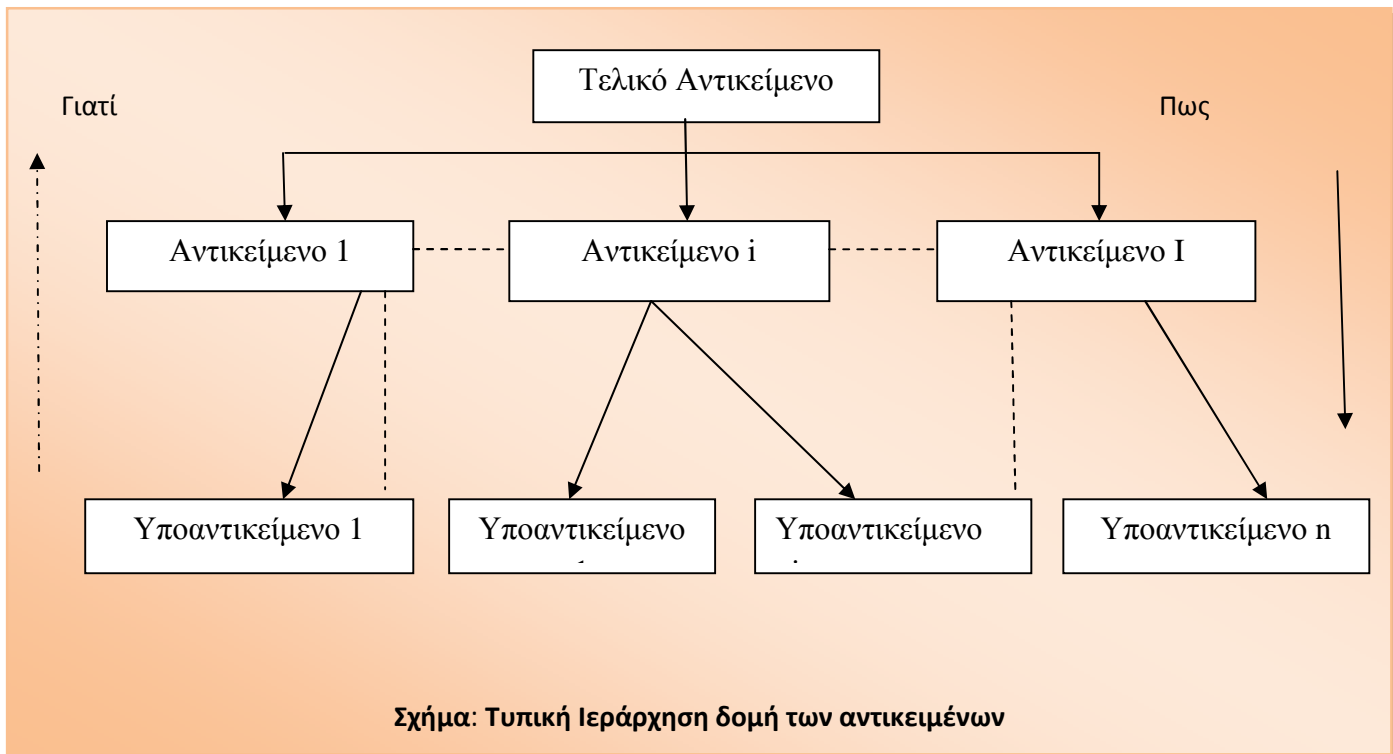
Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τις ενωμένες σχέσεις και οι αντίστοιχες καταστάσεις προτίμησης μεταξύ των εναλλακτικών a και b .

Κατάσταση	Όρισμος	Δυαδικέ Σχέσεις (Ιδιότητες)
Μη-συγκρισιμότητα	Αντιστοιχεί στην ύπαρξη σημαντικών λόγων που δικαιολογούν την απουσία ύπαρξης σχέσης αυστηρής και ασθενούς προτίμησης, χωρίς να επιτρέπει την όποια διαφοροποίηση τους	$\sim: a \sim b \leftrightarrow aIb \text{ ή } aRb$
Προτίμηση	Αντιστοιχεί στην ύπαρξη σημαντικών λόγων που δικαιολογούν αυστηρή ή ασθενή προτίμηση, προς όφελος της μιας εκ των δύο ενεργειών, χωρίς να επιτρέπει την όποια διαφοροποίηση τους	$>: a > b \leftrightarrow aPb \text{ ή } aQb$
J-Προτίμηση	Αντιστοιχεί στην ύπαρξη σημαντικών λόγων που δικαιολογούν ασθενή προτίμηση, προς όφελος της μιας εκ των δύο ενεργειών ή αδιαφορίας, χωρίς να επιτρέπει την όποια διαφοροποίησή τους	$J: aJb \leftrightarrow aQb \text{ ή } aIb$
K-Προτίμηση	Αντιστοιχεί στην ύπαρξη σημαντικών λόγων που δικαιολογούν αυστηρή προτίμηση, προς όφελος της μιας εκ των δύο ενεργειών ή αδιαφορίας, χωρίς να επιτρέπει την όποια διαφοροποληση τους	$K: aKb \leftrightarrow aPb \text{ ή } aRb$
Υπεροχή	Αντιστοιχεί στην ύπαρξη σημαντικών λογών που δικαιολογούν προτίμηση ή J-προτίμηση, προς όφελος της μιας εκ των δλυο ενεργειών ή αδιαφορίας, χωρίς να επιτρέπει την όποια διαφοροποίηση μεταξύ των καταστάσεων της αυστηρής προτίμησης, ασθενούς προτίμησης και ισοδυναμίας	$S: aSb \leftrightarrow aPb \text{ ή } aQb \text{ ή } aIb$

ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: ALTERNATIVES,ATTRIBUTES,EVALUATORS

Συγκεκριμένα το μοντέλο αυτό προέρχεται από τις λέξεις (alternatives,attributes,evaluators) (Vasnick,1990). Οι παραπάνω όροι αναφέρονται αντίστοιχα στις εναλλακτικές αποφάσεις ή ενέργειες(alternatives),στις ιδιότητες των εναλλακτικών(attributes) και στους εκτιμητές τους(evaluators).

Ως εναλλακτική απόφαση ορίζεται κάθε απόφαση η οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί(feasible). Οι εναλλακτικές αποφάσεις συγκροτούν το σύνολο A. Στη γενικότερη περίπτωση του πολυκριτήριου προβλήματος, ο όρος εναλλακτική τείνει να αντικατασταθεί από τον όρο αντικείμενο(objective)(Keeneu and Raiffa,1976) . Ο όρος αντικείμενο εκφράζει τη γενικότερη θέση του D.M(decision maker,ιδιότητα του αποφασίζων) και υποδεικνύει τις κατευθύνσεις που πρέπει να ακολουθηθούν. Τα αντικείμενα αντιπροσωπεύουν τις επιθυμίες του D.M, άσχετα με τον αν αυτές μπορούν να πραγματοποιηθούν ή όχι. Υπό αυτήν την προοπτική, ο όρος αντικείμενο θεωρείται συμπληρωματικός του όρου εναλλακτική. Τα αντικείμενα δηλώνουν τους στόχους που πρέπει να ικανοποιηθούν και αποτελούν το μέτρο με το οποίο αξιολογούμε μια δεδομένη εναλλακτική. Ένα καλό ορισμένο σύνολο αντικειμένων οφείλει να έχει μια ιεραρχική δομή.



Ένα αντικείμενο είναι λειτουργικό αν μπορεί να πραγματοποιηθεί στην πράξη. Για να μπορεί να γίνει αυτό, πρέπει να ορισθεί το σύνολο των ιδιοτήτων του κάθε αντικειμένου. Με τον όρο ιδιότητα ονομάζουμε μια μετρίσιμη ποσότητα, η τιμή της οποίας αναπαριστά τον βαθμό πραγματοποίησης του αντικειμένου(ή της συναλλακτικής). Στην περίπτωση που η τιμή της ιδιότητας είναι πραγματικός αριθμός, η ιδιότητα ονομάζεται ποσοτική. Σε διαφορετική περίπτωση η ιδιότητα ονομάζεται ποιοτική. Μια ιδιότητα πρέπει να είναι περιεκτική και μετρίσιμη.

Το σύνολο των ιδιοτήτων που συνδέονται με μια εναλλακτική είναι της μορφής $\{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ και αποτελείται από δυο τουλάχιστον στοιχεία που δηλώνουν και τα διαφορετικά επίπεδα της προτεινόμενης κατεύθυνσης. Σύμφωνα με τους Keeneu και Raiffa, 1976 το παραπάνω σύνολο πρέπει να έχει πέντε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά:

- Πληρότητα
- Λειτουργικότητα
- Αποσυντιθετικότητα
- Ελάχιστο μέγεθος
- Μη πλεονασμός

Ένα σύνολο ιδιοτήτων ονομάζεται πλήρες όταν καλύπτει όλες τις πτυχές ενός πολυκριτήριου προβλήματος. Επίσης το σύνολο αυτό ονομάζεται λειτουργικό, όταν μπορεί να χρησιμοποιηθεί με κατάλληλο τρόπο σε περαιτέρω ανάλυση. Το τρίτο χαρακτηριστικό, αναφέρεται στην ικανότητα του συνόλου να διαχωρίσει το πρόβλημα απόφασης σε τμήματα. Τέλος, ο μη πλεονασμός και το ελάχιστο μέγεθος αναφέρονται στην απλότητα και την ακρίβεια που χαρακτηρίζουν ένα σύνολο ιδιοτήτων ως προς το θέμα του καθορισμού των παραμέτρων ενός προβλήματος απόφασης.

Ο τελευταίος όρος του μοντέλου A.A.E αναφέρεται στο σύνολο (E_1, E_2, \dots, E_m) των εκτιμητών. Ένας εκτιμητής E_i ορίζεται ως συνάρτηση:

$$e_{j:A \rightarrow \mathcal{S}P(X_j) - \emptyset}$$

Η οποία συνδέει κάθε εναλλακτική A με το μη-κενό σύνολο των x_i και συνιστά την εκτίμηση της A ως προς την κατεύθυνση που εκφράζει το σύνολο των ιδιοτήτων.

ΤΟ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

Η θεωρία των σχέσεων υπεροχής διατηρεί σε γενικές γραμμές το πολυκριτήριο μοντέλο A.A.E και το οποίο αφορά ιδιαίτερα τις μεθόδους της πολυκριτήριας θεωρίας χρησιμότητας. Η διαφοροποίηση των δυο σχολών ως προς το πολυκριτήριο μοντέλο εφαρμογής τους, συνιστάται σ'έναν διαφορετικό προσδιορισμό, εκ μέρους της ομάδας των μεθόδων των σχέσεων υπεροχής, των όρων του προτεινόμενου μοντέλου A.A.E. Με αυτόν

τον τρόπο, το τρίπτυχο: εναλλακτικές(alternatives),ιδιότητες(attributes),εκτιμητές(evaluators) μετασχηματίζεται στο αντίστοιχο τρίπτυχο: πραγματοποιήσιμες ενέργειες(potential actions),κριτήρια(criteria) και παραστάσεις(performance)(Roy,1990). Ο μετασχηματισμός αυτός αφήνει αναλλοίωτη τη δομή του αρχικού μοντέλου, αλλά κρίνεται απαραίτητος για τη θεμελίωση της θεωρίας των σχέσεων υπεροχής.

Σύμφωνα με τον Roy,(1996) <<ως ενέργεια α, ορίζεται κάθε πιθανή συμμετοχή στην διαδικασία απόφασης η οποία συνιστά μία δεδομένη θέση και η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως σημείο εφαρμογής της διαδικασίας αρωγής απόφασης>>. Οι ενέργειες διακρίνονται σε πραγματικές ή θεωρητικές καθώς και σε ρεαλιστικές ή μη-ρεαλιστικές. Η πρώτη κατάταξη των ενεργειών αφορά την θέση που αντιπροσωπευεί μία ενέργεια στην διαδικασία απόφασης, διαπραγματεύεται δηλαδή το γεγονός αν η ενέργεια αντιπροσωπευεί ένα πραγματικό γεγονός ή αν απλά αντιπροσωπευεί μία ιδεολογική θέση. Η δεύτερη κατάταξη των ενεργειών αναφέρεται στην δυνατότητα τους να πραγματοποιηθούν, γι' αυτό και διακρίνονται σε αυτές που έχουν αυτή την δυνατότητα και σε αυτές που δεν την έχουν. Η προτεινόμενη διαφοροποίηση των ενεργειών, σε σχέση με τις προαναφερθείσες ιδιότητες τους, επιτρέπει τον προσδιορισμό της έννοιας της πραγματοποιήσιμης ενέργειας. Ονομάζεται πραγματοποιήσιμη ενέργεια (Roy, 1996) <<κάθε πραγματική ή υποθετική ενέργεια ή όποια κρίνεται ρεαλιστική, από έναν τουλάχιστον των παραγόντων μιας διαδικασίας απόφασης, ή απλά εκτιμάται ως τέτοια από τον αναλυτή. Το σύνολο των πραγματοποιήσιμων ενεργειών ονομάζεται σύνολο A>>. Σ' αυτήν την φάση, το σύνολο A των πραγματοποιήσιμων ενεργειών ταυτίζεται με το σύνολο A των εναλλακτικών.

Το σύνολο A μπορεί να ορισθεί είτε εκ των προτέρων είτε κατά την διάρκεια της διαδικασίας αρωγής απόφασης. Στην πρώτη περίπτωση το σύνολο των ενεργειών ονομάζεται <<σταβλισμένο>> (stable) ενώ αντίστοιχα στην δεύτερη περίπτωση ονομάζεται <<εξελικτικό>> (evolutive). Τέλος το σύνολο A μπορεί να ονομαστεί <<σφαιρικό>> (globalized) αν κάθε αντικείμενο του αποκλείει οποιοδήποτε άλλο και τεμαχισμένο (fragmented) στην περίπτωση που τα αποτελέσματα μιας διαδικασίας απόφασης αναφέρονται σε συνδυασμούς των αντικειμένων του A (Vincke,1992).

Ο δεύτερος όρος του πολυκριτηρίου μοντέλου της θεωρίας των σχέσεων υπεροχής αναφέρεται στην έννοια του κριτηρίου. Οι έννοιες κριτήριο και ιδιότητα κατέχουν τον ίδιο ρόλο επιχειρησιακά, με μόνη διαφορά τον ακριβέστερο προσδιορισμό της πρώτης έναντι της δεύτερης.

Σύμφωνα με τον Vincke (1992), το κριτήριο ορίζεται << ως μία συνάρτηση g ορισμένη στο σύνολο A και η οποία παίρνει τις τιμές της σε ένα ολικά διατεταγμένο σύνολο. Η συνάρτηση αυτή αναπαριστά τις προτιμήσεις του D.M. σύμφωνα με κάποια συγκεκριμένη θέση του>>. Ο Roy (1996) αναφέρεται στο κριτήριο σαν εργαλείο το οποίο και επιτρέπει την σύγκριση των εναλλακτικών σύμφωνα με κάποια συγκεκριμένη θέση ή κάποιον άξονα σημαντικότητας (significance axe). Τέλος ο Bouyssou (1990) προτείνει έναν συνδυασμό των παραπάνω ορισμών και καθορίζει το κριτήριο << ως πραγματική συνάρτηση ορισμένη στο σύνολο A των εναλλακτικών, κατά τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπει την σύγκριση των εναλλακτικών a και b – ως προς μία συγκεκριμένη θέση j - μέσω της χρήσης των αριθμών $g_j(a)$ και $g_j(b)$ >>. Οι αριθμοί αυτοί συνιστούν τους εκτιμητές των εναλλακτικών a και b υπό την προοπτική του κριτηρίου g_j και ονομάζονται αντίστοιχα παραστάσεις των εναλλακτικών a και b . Η σύγκριση των παραπάνω αριθμών μέσω της σχέσης $g_j(a) \geq g_j(b)$ μας επιτρέπει να θεωρήσουμε την εναλλακτική a τουλάχιστον τόσο καλή όσο η b , υπό την προοπτική της θέσης j .

Στην περίπτωση της πολυκριτηρίας προσέγγισης ενός προβλήματος απόφασης, ο αναλυτής αφείλει να κατασκευάσει έναν αριθμό κριτηρίων χρησιμοποιώντας διάφορες θέσεις. Αυτές οι θέσεις αντιπροσωπεύουν διαφορετικούς άξονες, επί των οποίων οι διάφοροι παράγοντες μιας διαδικασίας απόφασης κρίνουν, μετασχηματίζουν και διαμορφώνουν τις προτιμήσεις τους. Οι συγκρίσεις που απορρέουν από τα κριτήρια αυτά, προσδιορίζονται ως μερικές προτιμήσεις (partial preferences), δηλαδή προτιμήσεις που αφορούν αποκλειστικά την θέση που διαπραγματεύεται το προτεινόμενο κριτήριο.

Η σύγκριση δύο εναλλακτικών a και b αναφέρεται στο σύνολο των n μερικών τους προτιμήσεων, όπως αυτές προσδιορίζονται από τα διανύσματα $g(a) = [g_1(a), \dots, g_n(a)]$ και $g(b) = [g_1(b), \dots, g_n(b)]$. Για να μιλήσουμε με τοπογραφικούς όρους, τα παραπάνω διανύσματα αντιπροσωπεύουν τους χάρτες των περιοχών, όπως αυτές προσδιορίζονται από

τις εναλλακτικές. Η σύγκριση των εναλλακτικών αναφέρεται σε σύγκριση των περιοχών, αλλά πρακτικά επιτυγχάνεται μέσω των αντίστοιχων χαρτών τους (Roy, 1990). Η σημαντική προσέγγιση των δύο παραπάνω εννοιών (χάρτης- περιοχής) είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την ικανοποιητική προσέγγιση όλων των παραμέτρων ενός προβλήματος απόφασης. Η διαδικασία προσέγγισης αντιμετωπίζεται σαν το πρόβλημα κατασκευής μιας συνεπούς οικογένειας (consistent family) F των n κριτηρίων g_j , η οποία πρέπει να αντιπροσωπεύει το σύνολο των θέσεων που εμφανίζονται σε συγκεκριμένο πρόβλημα απόφασης. Από άποψη δομής, το παραπάνω πρόβλημα ταυτίζεται με το πρόβλημα καθορισμού των μεταβλητών σε μία στατιστική έρευνα, η πιο συγκεκριμένα σε μία έρευνα που πρόκειται να εφαρμοσθούν οι μέθοδοι της Ανάλυσης Δεδομένων.

Μία συνεπής οικογένεια F των n κριτηρίων g_j , προσδιορίζεται από ένα σύνολο πέντε ιδιοτήτων. Οι δύο πρώτες από αυτές, αναφέρονται στον όρο οικογένεια, ενώ αντίστοιχα οι υπόλοιπες αναφέρονται στον χαρακτηρισμό << συνεπής >>. Οι ιδιότητες αυτές, προσδιορίζουν ότι η F πρέπει να είναι (Bouyssou, 1990):

- **Αναγνώσιμη (legible)**

Η οικογένεια πρέπει να περιέχει ένα σημαντικά μικρό αριθμό κριτηρίων, ο οποίος και θα επιτρέπει την εύκολη διαχείριση τους από τον αναλυτή.

- **Λειτουργική (operational)**

Η οικογένεια πρέπει να συνιστά μία βάση για την εφαρμογή μιας διαδικασίας απόφασης και αυτή η βάση πρέπει να έχει την έγκριση του συνόλου των παραγόντων.

- **Εξαντλητική (exhaustive)**

Η οικογένεια πρέπει να περιέχει κάθε σημαντική θέση.

- **Μονότονη (monotonic)**

Οι μερικές προτιμήσεις, όπως αυτές προσδιορίζονται από κάθε κριτήριο, οφείλουν να είναι συνεπείς με την συνολική προτίμηση για κάθε εναλλακτική. Η συνθήκη αυτή καθιστά απαγορευτική την διαφοροποίηση της σύγκρισης των εναλλακτικών σε μερικό και συνολικό επίπεδο. Δηλαδή εάν μία εναλλακτική *a* κριθεί ότι είναι καλύτερη της *b* στο σύνολο των κριτηρίων, τότε η *a* κρίνεται << τόσο καλή όσο και >> η *b* σε κάθε κριτήριο ξεχωριστά

- **Ελάχιστη (minimal)**

Η οικογένεια δεν πρέπει να συμπεριλαμβάνει μη χρήσιμα κριτήρια.

ΜΕΘΟΔΟΙ ELECTRE

Κάθε μια από τις μεθόδους ELECTRE δημιουργήθηκε για την αντιμετώπιση δυσκολιών στην επίλυση μιας συγκεκριμένης προβληματικής. Επιπλέον, η μετατροπή των ποιοτικών κριτηρίων σε ποσοτικά γινόταν μέσω της απόδοσης τιμών βάση μιας προκαθορισμένης κλίμακας βαθμολογίας. Διαπιστώθηκε ότι η σημασία των επιλεγμένων μέσω κλίμακας τιμών απέκλινε από την πραγματική σημασία την οποία οι επιδόσεις των εναλλακτικών είχαν για τους μελετητές. Τα μειονεκτήματα αυτά υποχρέωσαν την εταιρεία στην αναζήτηση μιας νέας μεθόδου (Roy & Vanderpooten, 1996).

Οι πρώτες ιδέες για τις σχέσεις υπεροχής και τις έννοιες της συμφωνίας και ασυμφωνίας διαμορφώθηκαν από τους (Benayoun et al., 1966) και βρήκαν εφαρμογή σε μια μέθοδο που, υπερνικώντας τους περιορισμούς της MARSAN, χρησιμοποιήθηκε επιτυχώς στη συγκεκριμένη περίπτωση και σε άλλα όμοια προβλήματα έκτοτε. Το ακρωνύμιο ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la REalite – «αποκλεισμός και επιλογή που αντικατοπτρίζουν την πραγματικότητα») αποδίδεται στον Bernard Roy (1986), τότε επιστημονικό διευθυντή της SEMA (Roy & Vanderpooten, 1996; Figueira, Mousseau, Roy, 2005).

Η γενική μορφή ενός πολυκριτήριου προβλήματος που καλείται να επιλύσει η οικογένεια ELECTRE αποτελείται από m εναλλακτικές λύσεις $M_i, i = 1, \dots, m$, n κριτήρια $g_j, j = 1, \dots, n$ και βάρη $w_j, j = 1, \dots, n$. Η επιλογή μεθόδου γίνεται σε συνάρτηση με τη φύση του προβλήματος. Συγκεκριμένα, η ομάδα της μεθόδου ELECTRE I χρησιμοποιείται για την επίλυση προβλημάτων επιλογής, οι μέθοδοι ELECTRE II, III και IV για προβλήματα κατάταξης, ενώ η ELECTRE TRI για προβλήματα ταξινόμησης. Η κανονικοποίηση των βαρών w (ώστε $\sum^n w_j = 1$) και η ομαλοποίηση των τιμών των εναλλακτικών σε όμοιο εύρος για κάθε κριτήριο είναι αναγκαίες σε συνάρτηση με την επιλεγμένη μέθοδο επίλυσης.

Κατά τη διαδικασία ομαλοποίησης είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη τυχόν διαφορές στις κλίμακες μέτρησης των αποδιδόμενων τιμών. Εάν οι μετρήσεις των τιμών αναφέρονται σε όμοια κλίμακα, είναι αρκετή η χρήση ενός τύπου για την ομαλοποίηση. Εάν οι τιμές εκφράζονται σε διαφορετικές κλίμακες (λογαριθμική - π.χ. θερμοκρασίας, εκθετική - π.χ. φωτεινότητα, ένταση ήχων- κλπ) είναι ασφαλέστερη η μετατροπή τους σε γραμμική κλίμακα και να ακολουθήσει η χρήση τύπου για ομαλοποίηση των τιμών.

Τα στάδια των μεθόδων

Η διαδικασία εφαρμογής των μεθόδων έχει δύο κοινά σε όλες στάδια. Το πρώτο αφορά τη δόμηση μιας σχέσης υπεροχής μέσω της ανά ζεύγη σύγκρισης των εναλλακτικών και της μέτρησης του σχετικού πλεονεκτήματος κάθε εναλλακτικής έναντι των υπολοίπων.

Η μοντελοποίηση της σχέσης γίνεται με τη μορφή $a \rightarrow b(aSb)$ και επικυρώνεται μόνο εάν στην πλειοψηφία των κριτηρίων η a είναι τουλάχιστον εξίσου καλή με τη b και ταυτόχρονα δεν είναι σημαντικά χειρότερη από αυτή στα υπόλοιπα κριτήρια. Ο προσδιορισμός μιας σχέσης υπεροχής ανάμεσα σε μια εναλλακτική a και μια άλλη b γίνεται με διαδικασίες που διαφοροποιούνται στις επιμέρους μεθόδους, ενώ γενικότερα απαιτεί δύο είδη ελέγχων:

Ο έλεγχος συμφωνίας

Ο έλεγχος συμφωνίας αφορά την αξιολόγηση των κριτηρίων j στα οποία η a υπερέχει της b και δίνει τη δυνατότητα να επαληθευτεί η ισχύς της πρότασης «η εναλλακτική a είναι τουλάχιστον εξίσου καλή με την εναλλακτική b ». Η τιμή του ελέγχου αποτυπώνεται με τη μορφή ενός δείκτη συμφωνίας ο οποίος κυμαίνεται στο διάστημα $[0, 1]$. Η τιμή 1 δηλώνει την πλήρη συμφωνία του ελέγχου με την πρόταση, η τιμή 0 δηλώνει την αντίθεση του ελέγχου με την ισχύ της πρότασης, ενώ ενδιάμεσες τιμές αναφέρονται σε μερική ισχύ της πρότασης.

Για την τελική αποδοχή της πρότασης χρησιμοποιείται ένα κατώφλι συμφωνίας το οποίο οφείλει να καλύπτει η τιμή του δείκτη συμφωνίας. Η τιμή του κατωφλίου αυτού συνήθως κυμαίνεται στο διάστημα $[0,5, 1]$ καθώς τιμές μικρότερες από 0,5 αποδυναμώνουν την ισχύ του. Ο καθορισμός της τιμής του κατωφλίου μπορεί να γίνει με υπολογισμό ενός μέσου όρου των δεικτών συμφωνίας των ζευγών των εναλλακτικών. Σε αντίθεση, ο εμπειρικός προσδιορισμός τιμής του κατωφλίου αναδεικνύει τη συμμετοχή του αποφασίζοντα στη διαδικασία αξιολόγησης: επιλογή υψηλής τιμής του κατωφλίου συμφωνίας συνεπάγεται την αυστηρή αξιολόγηση των εναλλακτικών. Δηλαδή, όταν το κατώφλι συμφωνίας τείνει στη μονάδα τότε για να είναι αποδεκτή η πρόταση είναι αναγκαία η συντριπτική υπεροχή μιας εναλλακτικής έναντι μιας άλλης σε κάθε διαθέσιμο κριτήριο.

Ο έλεγχος ασυμφωνίας

Ο έλεγχος ασυμφωνίας μετουσιώνει τη μη αντισταθμιστική φύση των μεθόδων ELECTRE. Εξετάζει την παρουσία ισχυρής αντίθεσης στην πρόταση «η a είναι τουλάχιστον εξίσου καλή με τη b » και εκτελείται στα κριτήρια όπου η εναλλακτική a εμφανίζει χειρότερες τιμές από τη b . Η τιμή του ελέγχου αποτυπώνεται στο δείκτη ασυμφωνίας και μπορεί να είναι δυαδική ή να κυμαίνεται στο διάστημα $[0, 1]$, κάτι που καθορίζεται από την εκάστοτε χρησιμοποιούμενη μέθοδο ELECTRE. Τιμή του δείκτη ίση με τη μονάδα σημαίνει την ύπαρξη έντονης αντίθεσης στην ισχύ της παραπάνω πρότασης και είναι δυνατό να αναιρέσει ένα θετικό αποτέλεσμα του ελέγχου συμφωνίας. Συνεπώς, εάν μια εναλλακτική έχει πολύ καλές βαθμολογίες σε κάποια κριτήρια αλλά ταυτόχρονα πολύ κακές βαθμολογίες σε κάποια

άλλα, είναι δυνατό να επιτύχει στον έλεγχο συμφωνίας όμως να αποτύχει στον έλεγχο ασυμφωνίας, με αποτέλεσμα την απόρριψη της αρχικής πρότασης. Ο δείκτης ασυμφωνίας οφείλει να υπολείπεται ενός κατώφλιου ασυμφωνίας το οποίο καθορίζεται με ανάλογο τρόπο και περιορισμούς με το κατώφλι συμφωνίας.

Με την εναλλαγή τιμών στα βάρη των κριτηρίων και στα κατώφλια συμφωνίας και ασυμφωνίας οι μέθοδοι ELECTRE εμφανίζουν διαφορετικά αποτελέσματα στην αξιολόγηση των εναλλακτικών. Η διαφοροποίηση αυτή μπορεί να μελετηθεί και να αξιολογηθεί ως διαδικασία ελέγχου ευαισθησίας (Raj & Kumar, 1996; Vetchera, 1986).

Εφόσον οι δύο έλεγχοι είναι επιτυχημένοι για ένα ζεύγος εναλλακτικών, τότε η ισχύς της πρότασης aSb επαληθεύεται και γίνεται δεκτή η αντίστοιχη σχέση υπεροχής (Milani, Shanian, El-Lahham, 2006).

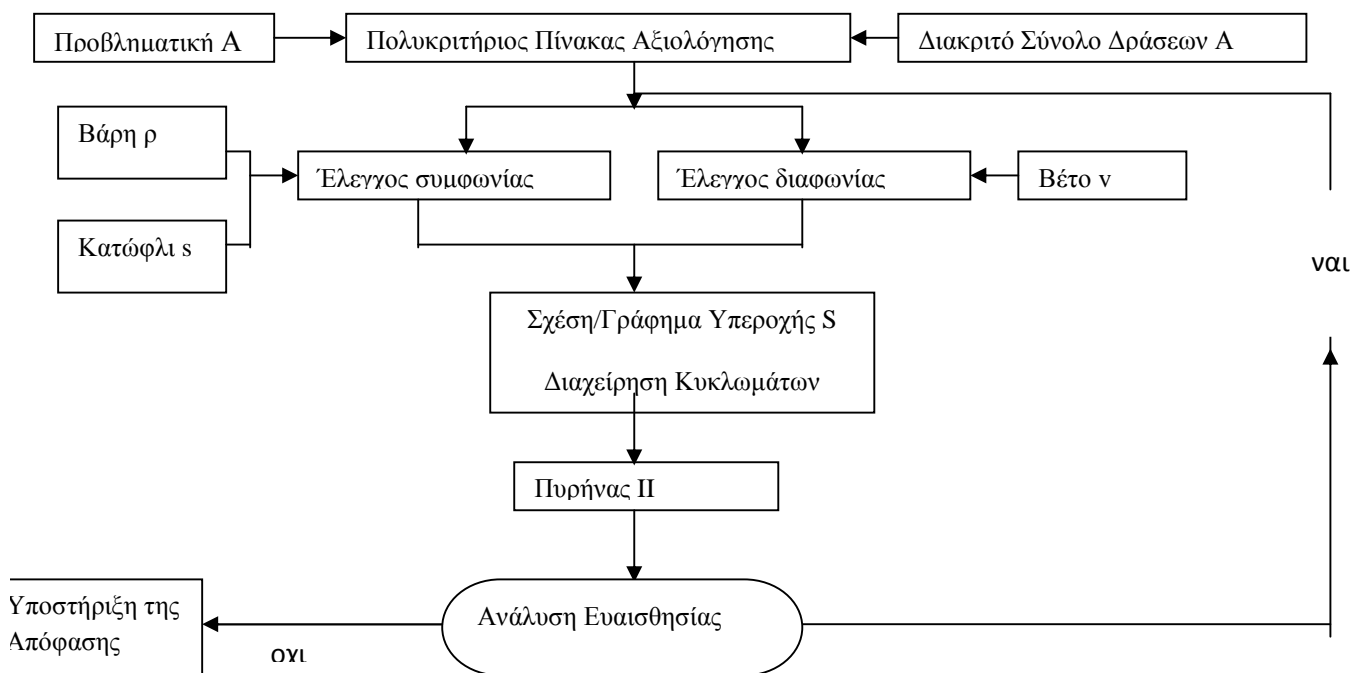
Το δεύτερο στάδιο της διαδικασίας εφαρμογής των μεθόδων αφορά την αξιοποίηση της πληροφορίας που απορρέει από το πρώτο στάδιο, ώστε να ολοκληρωθεί ο σκοπός της ανάλυσης. Μετά τον καθορισμό των τελικών σχέσεων υπεροχής μεταξύ των εναλλακτικών ακολουθείται μια διαφορετική, εξαρτώμενη από τη επιλεγθείσα μέθοδο, διαδικασία με βάση την οποία καθορίζεται το τελικό αποτέλεσμα της ανάλυσης (Figueira, Mousseau, Roy, 2005).

Οι μέθοδοι ELECTRE I – Iv - Is

Η μέθοδος ELECTRE I είναι η απλούστερη της οικογένειας και θεωρείται μικρού ενδιαφέροντος σε πρακτικές εφαρμογές καθώς δυσκολεύεται να ανταποκριθεί στην πολυπλοκότητα των προβλημάτων και την ανομοιογένεια που τα χαρακτηρίζει αναφορικά στη μορφή και την ασαφή φύση των διαθέσιμων δεδομένων. Η παρουσίαση της μεθόδου χρησιμεύει ως εισαγωγή στις έννοιες της οικογένειας ELECTRE. Για την εκτέλεση της μεθόδου είναι απαραίτητη η κανονικοποίηση των τιμών των εναλλακτικών για όλα τα κριτήρια σε κοινό εύρος. Η αναγκαιότητα για κανονικοποίηση των βαρών των κριτηρίων εξαρτάται από τους μαθηματικούς τύπους οι οποίοι θα επιλεγούν για την εφαρμογή της μεθόδου. Η μέθοδος σχεδιάστηκε να καλύπτει προβλήματα επιλογής μίας ή περισσότερων εναλλακτικών από ένα σύνολο m εναλλακτικών λύσεων (Mm), όπως αυτές αξιολογούνται υπό το πρίσμα n χαρακτηριστικών (gn).

ΜΕΘΟΔΟΣ ELECTRE I

Το λογικό διάγραμμα της μεθόδου δίνεται από το παρακάτω σχήμα. Για ένα ζεύγος δράσεων (a,b) η σχέση της υπεροχής ορίζεται με τον εξής τρόπο: $aSb \leftrightarrow (a,b)$ ικανοποιεί τις συνθήκες συμφωνίας και διαφωνίας



Σχήμα: Λογικό διάγραμμα μεθόδου

Τα βήματα της μεθόδου ELECTRE I

Η διαδικασία για την εφαρμογή της μεθόδου περιλαμβάνει επτά βήματα:

1. Δημιουργία ενός πίνακα $B(m*n)$ όπου αποδίδονται τιμές στις εναλλακτικές για τα διάφορα χαρακτηριστικά. Το στοιχείο b_{aj} αντιπροσωπεύει την τιμή που έχει η εναλλακτική a στο χαρακτηριστικό g_j :

$$B = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{m1} & b_{m2} & \dots & b_{mn} \end{pmatrix}$$

2. Μετατροπή των τιμών του πίνακα B σε ενιαία κλίμακα με βάση τον τύπο:

$$r_{aj} \approx \frac{b_{aj}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m b_{aj}^2}}$$

ώστε να δημιουργηθεί ο κανονικοποιημένος πίνακας $R(m*n)$:

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{pmatrix}$$

Εάν οι τιμές του πίνακα απόφασης βρίσκονται από την αρχή σε ομοιόμορφη κλίμακα για όλα τα εξεταζόμενα κριτήρια το βήμα αυτό μπορεί να παραληφθεί.

3. Καθορισμός του διανύσματος των βαρών $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ μέσω του οποίου αναγνωρίζεται η σημασία που ο αποφασίζων αποδίδει σε κάθε κριτήριο g_j .

4. Η ισχύς της σχέσης υπεροχής ανάμεσα σε δύο εναλλακτικές λύσεις a και b προϋποθέτει την επαλήθευση των ακόλουθων προτάσεων:

- η a οφείλει να υπερέχει της b στα περισσότερα χαρακτηριστικά
- η a οφείλει να μην είναι σημαντικά χειρότερη από τη b στα υπολοίπα χαρακτηριστικά.

Με σκοπό την επαλήθευση των συνθηκών αυτών, για κάθε ζευγάρι εναλλακτικών a και b καθορίζεται η ομάδα συμφωνίας J_{ab}^+ ως το σύνολο των κριτηρίων στα οποία η a εμφανίζεται καλύτερη ή ίση με τη b, και η ομάδα ασυμφωνίας J_{ab}^- ως το σύνολο που περιέχει τα υπόλοιπα κριτήρια:

$$J_{ab}^+ \approx \{j \mid r_{aj} \geq r_{bj}\}$$

$$J_{ab}^- \approx \{j \mid r_{aj} < r_{bj}\}$$

όπου $j = 1, 2, \dots, n$ τα κριτήρια για την αξιολόγηση των εναλλακτικών.

5. Υπολογίζεται ο δείκτης συμφωνίας για κάθε ζευγάρι εναλλακτικών λύσεων σύμφωνα με τους τύπους:

$$C_{ab} \approx \frac{\sum_{j \in J_{ab}^+} w_j}{\sum_{j=1}^n w_j} \quad (1) \quad \text{ή} \quad Cab \approx \sum_{j \in J_{ab}^+} w_j \left(\mathbf{1}^a \right)$$

Ο τύπος (1) χρησιμοποιείται εφόσον τα βάρη δεν παρουσιάζονται κανονικοποιημένα. Εάν τα βάρη αθροίζονται στη μονάδα χρησιμοποιείται ο τύπος $\left(\mathbf{1}^a \right)$.

6. Υπολογίζεται ο δείκτης ασυμφωνίας, που εκφράζει εκτίμηση του βαθμού στον οποίο η εναλλακτική a είναι καλύτερη από τη b. Σημειώνεται ότι ενώ ο υπολογισμός του δείκτη συμφωνίας γίνεται με τον ίδιο κατά βάση τρόπο για όλες τις εκφάνσεις της ELECTRE I, ο δείκτης ασυμφωνίας υπόκειται σε διαφοροποιήσεις από τον αρχικό τύπο $d_{ab} = \max_j: a < b (b-a)$ (Figueira, Mousseau, Roy, 2005).

Έτσι, στον (Vetchera 1986) ο τύπος για τον δείκτη ασυμφωνίας έχει τη μορφή:

$$d_{ab} \approx \frac{\max_{j \notin j^+} (r_{bj} - r_{aj}) * j}{\max_{j \in j} |r_{bj} - r_{aj}| * j}$$

ενώ αναφέρονται περιπτώσεις χωρίς κανονικοποίηση μεταξύ των τιμών εντός ενός κριτηρίου, αλλά και κανονικοποιήσεις με βάση τη μέγιστη εσωτερική απόσταση στις τιμές ενός κριτηρίου αντί για την εσωτερική απόσταση μεταξύ του εκάστοτε ζεύγους εναλλακτικών για το οποίο γίνεται σύγκριση.

Κατά τον (Almeida, 2002) ο δείκτης ασυμφωνίας υπολογίζεται από τον τύπο:

$$d(ab) \approx \max \left[\frac{(z_{bj} - z_{aj})}{(z_j^* - z_j^-)} \right] \text{ για κάθε κριτήριο } j \text{ στο οποίο } b > a.$$

όπου z_{aj} και z_{bj} οι τιμές των εναλλακτικών a και b υπό το κριτήριο j , z_j^* η μέγιστη τιμή αξιολόγησης στο κριτήριο j , και z_j^- η ελάχιστη τιμή αξιολόγησης των εναλλακτικών στο κριτήριο j .

7) Δημιουργείται ο δυαδικός συγκεντρωτικός πίνακας υπεροχής $E(m \times m)$ ο οποίος παρουσιάζει τους δυνατούς συνδυασμούς των εναλλακτικών. Το στοιχείο E_{ik} του πίνακα παίρνει την τιμή:

- 1 αν $C_{ik} \geq s$ και $C_{ik} = 0$ όπου $0,5 \leq s \leq 1$
- 0 διαφορετικά

Η παράμετρος i καθορίζει ένα προκαθορισμένο ελάχιστο όριο το οποίο οφείλει να καλύπτει ο δείκτης συμφωνίας και υποδηλώνει την αυστηρότητα της αξιολόγησης των εναλλακτικών. Επιλογή υψηλής τιμής του i από τον αποφασίζοντα οδηγεί σε μικρότερο αριθμό σχέσεων υπεροχής μεταξύ των εναλλακτικών. Από τον πίνακα e διαμορφώνεται η τελική βαθμολογία κάθε εναλλακτικής ως υπόλοιπο μέγεθος της διαφοράς των περιπτώσεων όπου αυτή υπερέχει μείον των περιπτώσεων όπου υπολείπεται έναντι των άλλων. Η εναλλακτική με τη μεγαλύτερη βαθμολογία προκρίνεται ως λύση του προβλήματος (Vetschera, 1986;

Milani, Shaniyan, El-Lahham, 2006 Δούμπος, 2007).

Η μέθοδος ELECTRE Iv

Η μέθοδος οφείλει την ονομασία της στην εισαγωγή της έννοιας βέτο (Veto) και ακολουθεί τη βασική φιλοσοφία και τη διαδικασία της ELECTRE I. Οι σημαντικές διαφοροποιήσεις σε σχέση με την αρχική μέθοδο είναι :

- η χρήση της έννοιας του κατωφλίου βέτο v , δηλαδή του ανώτατου ορίου κατά το οποίο επιτρέπεται σε μια εναλλακτική a να υπολείπεται από μια εναλλακτική b για να γίνει δεκτή η πρόταση «η εναλλακτική a υπερέρχει της εναλλακτικής b ».
- η αλλαγή στον τρόπο υπολογισμού του δείκτη ασυμφωνίας με χρήση του κατωφλίου βέτο, ο οποίος στη νέα μέθοδο ονομάζεται και συνθήκη μη βέτο, και προσδιορίζεται με βάση τον τύπο :

$$D_{ab} = \begin{cases} 0 & \text{αν } b - a < v \\ 1 & \text{αν } b - a \geq v \end{cases} \quad \text{υπό το κριτήριο } j. \quad (2)$$

Οι αλλαγές αυτές κατέστησαν την ELECTRE Iv ικανή να επιλύει με επιτυχία προβλήματα στα οποία οι τιμές των εναλλακτικών εμφανίζονται σε διαφορετικές κλίμακες, παρακάμπτοντας την ανάγκη για ομαλοποίηση των τιμών των εναλλακτικών.

Η μέθοδος ELECTRE Is

Η μέθοδος οφείλει την ονομασία της στην εισαγωγή σειράς κατωφλίων (seuils). Ακολουθείται μια ριζικά διαφορετική φιλοσοφία στην αντιμετώπιση του προβλήματος επιλογής, προερχόμενη από τη μεθοδολογία της ELECTRE III. Χρησιμοποιείται η έννοια του ψευδοκριτηρίου και γίνονται υπολογισμοί με βάση τα κατώφλια προτίμησης p και αδιαφορίας q . Οι νέες έννοιες αποσκοπούν στην αντιμετώπιση της ασάφειας αναφορικά στις προτιμήσεις του αποφασίζοντα. Η χρήση του κατωφλίου βέτο κλίμακας επεκτείνεται και σε αυτή την εκδοχή της αρχικής μεθόδου ELECTRE I.

Για την εφαρμογή της μεθόδου ορίζονται εκ νέου τα σύνολα συμφωνίας j^s και ασυμφωνίας j^o .

$$aSb \leftrightarrow j^s = \{j \in J : a + q \geq b\}$$

$$bQa \leftrightarrow j^o = \{j \in J : a + q < a \leq b + p\},$$

Ακόμη, διαφοροποιούνται ο δείκτης συμφωνίας

$$c(aSb) = \sum_{j \in j^s} w_j + \sum_{j \in j^o} f_j w_j \geq s \text{ όπου } f_j \approx \frac{a-b+p}{p-q}$$

και ο δείκτης ασυμφωνίας (έλεγχος μη βέτο)

$$c(bQa) = a + v \geq b + \eta_j q \text{ όπου } \eta_j \approx \frac{1 - c(aSb) - w_j}{1 - s - w_j}$$

Η μέθοδος ELECTRE II

Η μέθοδος ELECTRE I χρησιμοποιήθηκε εκτενώς σε προβλήματα επιλογής από το σχεδιασμό της στα μέσα της δεκαετίας του 1960. Στα τέλη της δεκαετίας εκείνης διαπιστώθηκε η στοχευόμενη σε προβλήματα επιλογής και συνεπώς περιορισμένη χρηστικότητα της μεθόδου, όταν ένα διαφημιστικό γραφείο αποπειράθηκε να τη χρησιμοποιήσει για την διαμόρφωση μιας φθίνουσας σειράς διαφορετικών εντύπων όπου και θα τοποθετούσε διαφημιστικά μηνύματα.

Εκείνο το πρόβλημα αποτέλεσε τον ορισμό μιας νέας προβληματικής, για την οποία η ELECTRE I δεν ήταν κατάλληλα σχεδιασμένη, συγκεκριμένα της δόμησης μιας μορφής κατάταξης των εναλλακτικών λύσεων από την καλύτερη στη χειρότερη. Για την αντιμετώπιση του νέου προβλήματος αναπτύχθηκε η μέθοδος ELECTRE II από τους (Roy & Bertier, 1973) (Roy & Vanderpooten, 1996; Figueira, Mousseau, Roy, 2005).

Η πρώτη σημαντική διαφοροποίηση της μεθόδου έναντι της προκατόχου της αφορά στην εφαρμογή δύο σχέσεων υπεροχής ονομαζόμενες ασθενής S^f και ισχυρή S^F . Η ισχυρή σχέση υπεροχής διαμορφώνεται με βάση τρία ξεχωριστά κατώφλια συμφωνίας, p^- για την ασθενή, p^0 και p^* , με τιμές στο διάστημα $[0.5, 1]$ και μεταξύ τους σχέση $p^- < p^0 < p^*$.

Για την ασθενή σχέση καθορίζονται δύο κατώφλια ασυμφωνίας, q^* και q^0 με τιμές στο διάστημα $[0.5, 1]$ και μεταξύ τους σχέση $q^0 < q^*$. Κατά αναλογία με την ELECTRE I, υψηλές τιμές ενός κατωφλίου p σε συνδυασμό με χαμηλές τιμές ενός κατωφλίου q οδηγούν σε αυστηρότερη αξιολόγηση των εναλλακτικών (Choi, Ahn, Kim, 2005; Hammami, 2003; Raj, Kumar, 1996).

Με βάση τα νέα κατώφλια ασθενούς και ισχυρής συμφωνίας ή ασυμφωνίας, οι σχέσεις που διαμορφώνονται καθορίζονται πλέον ως:

Ισχυρής Υπεροχής $a S^F b$ εάν

$$\begin{cases} C(a,b) \geq p^* \wedge D(a,b) \leq q^* \wedge W^+(a,b) \geq W^-(a,b) \\ C(a,b) \geq p^0 \wedge D(a,b) \leq q^0 \wedge W^+(a,b) \geq W^-(a,b) \end{cases}$$

Ασθενούς Υπεροχής $a S^f b$ εάν

$$C(a,b) \geq p^- \wedge D(a,b) \leq q^* \wedge W^+(a,b) \geq W^-(a,b)$$

όπου $C(a,b)$ ο δείκτης συμφωνίας στην πρόταση «η εναλλακτική a υπερέχει της b », $D(a,b)$ ο δείκτης ασυμφωνίας στην παραπάνω πρόταση, $W^+(a,b)$ το άθροισμα των βαρών των κριτηρίων για τα οποία ισχύει η σχέση ($a > b$) και $W^-(a,b)$ το άθροισμα των βαρών των κριτηρίων στα οποία η σχέση ($a > b$) δεν ισχύει. Η συνθήκη $W^+(a,b) \geq W^-(a,b)$ μπορεί να εκφραστεί διαφορετικά ως $C(a,b) \geq C(b,a)$. Καθώς οι τιμές για τη νέα συνθήκη εμφανίζονται στον πίνακα συμφωνίας για κάθε ζεύγος, η χρήση της δεύτερης συνθήκης μειώνει τους αναγκαίους υπολογισμούς. Σύμφωνα με τις διαμορφούμενες σχέσεις υπεροχής συντάσσεται ο τελικός πίνακας υπεροχής, η διάταξη του οποίου επιτρέπει την τελική σύγκριση μεταξύ των εναλλακτικών.

Το τελευταίο σκέλος της μεθόδου αφορά την εξαγωγή της τελικής κατάταξης των εναλλακτικών. Στην αρχή του σταδίου, τα αποτελέσματα του πίνακα υπεροχής αξιοποιούνται για τη δημιουργία ενός γράφου στον οποίο οι εναλλακτικές αποτελούν τις κορυφές και οι σχέσεις υπεροχής εκφράζονται με κατευθυνόμενες ακμές μεταξύ των εναλλακτικών. Οι ακμές σημειώνονται διακεκομμένες εάν αντιστοιχούν σε ασθενείς σχέσεις υπεροχής, ή συνεχόμενες αν εκφράζουν ισχυρές σχέσεις υπεροχής.

Η διαδικασία απόσταξης στην ELECTRE II

Η δεύτερη σημαντική διαφοροποίηση της μεθόδου έναντι της προκατόχου της είναι η εισαγωγή της διαδικασίας απόσταξης (distillation), η οποία ακολουθεί τη δημιουργία του γράφου και υλοποιείται σε τρία διαδοχικά στάδια. Τα πρώτα δύο καταλήγουν σε δύο μορφές διακριτής ταξινόμησης των εναλλακτικών, μετά την εξέταση του μήκους των διαδρομών των ισχυρών σχέσεων που αναπτύσσονται εντός του γράφου. Οι σχέσεις ασθενούς υπεροχής χρησιμοποιούνται για την σύγκριση των εναλλακτικών μιας κλάσης και τη διάταξή τους εντός αυτής. Το τρίτο στάδιο αφορά το συνδυασμό των δύο ταξινομήσεων στην τελική κατάταξη που αποτελεί και τη λύση του προβλήματος (Phaneuf, 1990).

Το πρώτο στάδιο αφορά τη δημιουργία της καθοδικής (descending) ή άμεσης (direct) ταξινόμησης. Κριτήριο αποτελεί το μήκος της διαδρομής που δέχεται κάθε κορυφή (εναλλακτική) στο γράφο, όπου το μηδενικό μήκος είναι το καλύτερο δυνατό.

Δηλαδή, στην καλύτερη κλάση τοποθετούνται οι εναλλακτικές οι οποίες δεν υπολείπονται έναντι άλλων εναλλακτικών (κορυφές του γράφου στις οποίες δεν καταλήγουν ακμές). Η δεύτερη καλύτερη κλάση περιλαμβάνει τις εναλλακτικές οι οποίες υπολείπονται έναντι μιας και μόνο εναλλακτικής, και προκύπτει εάν από τον γράφο αφαιρεθούν οι εναλλακτικές (κορυφές) της πρώτης κλάσης και οι σχέσεις (ακμές) που τις διέπουν. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου όλες οι εναλλακτικές έχουν καταταχθεί σε κλάσεις. Η ονομασία «καθοδική» προκύπτει καθώς από το σύνολο των εναλλακτικών αφαιρούνται πρώτα οι εναλλακτικές της καλύτερης κλάσης, ενώ κατόπιν η αξιολόγηση επαναλαμβάνεται. Έτσι, τα

βήματα της κατάταξης ακολουθούν «φθίνουσα» πορεία, εκκινώντας από την καλύτερη κλάση και καταλήγοντας στη χειρότερη.

Το δεύτερο στάδιο αφορά τη δημιουργία της ανοδικής (ascending) ή ανάστροφης (inverse) ταξινόμησης, όπου κριτήριο αποτελεί το μήκος της μέγιστης διαδρομής η οποία εκκινεί από την εκάστοτε κορυφή (εναλλακτική) του γράφου. Στην καλύτερη κλάση τοποθετούνται οι εναλλακτικές (κορυφές) με το μεγαλύτερο μήκος διαδρομής, ενώ στη χειρότερη οι εναλλακτικές (κορυφές) με μηδενικό μήκος διαδρομής. Η ονομασία «ανοδική» προκύπτει καθώς από το σύνολο των εναλλακτικών αφαιρούνται πρώτα οι εναλλακτικές της χειρότερης κλάσης, ενώ στη συνέχεια η αξιολόγηση επαναλαμβάνεται χωρίς αυτές και τις σχέσεις που τις διέπουν. Συνεπώς, τα βήματα της κατάταξης ακολουθούν «αύξουσα» πορεία, εκκινώντας από τη χειρότερη κλάση και καταλήγοντας στην καλύτερη. (Phaneuf, 1990; Figueira, Mousseau, Roy, 2005).

Το τρίτο στάδιο αφορά τη σύνθεση της τελικής κατάταξης από τις δύο επιμέρους κατατάξεις. Για την τελική κατάταξη οι (Wang, Triantaphyllou, 2005) προτείνουν την τομή των επιμέρους κατατάξεων, ως εξής : η εναλλακτική a κατατάσσεται σε θέση ανώτερη από την εναλλακτική b εάν και μόνο εάν η κλάση της πρώτης είτε υπερέχει είτε είναι κοινή με την κλάση της δεύτερης στις δύο επιμέρους κατατάξεις. Εάν η εναλλακτική a προτιμάται της εναλλακτικής b στη μία επιμέρους κατάταξη ενώ στην άλλη κατάταξη ισχύει το αντίστροφο, τότε οι εναλλακτικές είναι μη συγκρίσιμες στην τελική κατάταξη.

Ο (Hammami 2003) προσφέρει μια αριθμητική μέθοδο για τον προσδιορισμό της τελικής κατάταξης: για κάθε ταξινόμηση ξεχωριστά, κάθε μία από τις εναλλακτικές που κατατάσσονται στην καλύτερη κλάση βαθμολογείται με 1. Οι εναλλακτικές κάθε επόμενης κλάσης λαμβάνουν τιμή ίση με τον αριθμό των εναλλακτικών που ταξινομήθηκαν ήδη σε προηγούμενες κλάσεις, συν 1. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου βαθμολογηθούν όλες οι εναλλακτικές σε κάθε κλάση. Η τελική κατάταξη προσδιορίζεται με βάση το άθροισμα των δύο βαθμολογήσεων.

Ο παρακάτω Πίνακας παρουσιάζει ένα παράδειγμα για τη σύνθεση της τελικής κατάταξης, με βάση δύο επιμέρους ταξινομήσεις :

καθοδική (A2,A4), A6,(A5,A1),(A3) και ανοδική A2,(A5,A6),(A4),(A1,A3).

	Κανονική Ταξινόμηση	Ανάστροφη Ταξινόμηση	Άθροισμα	Τελική Κατάταξη
A1	4	5	9	5
A2	1	1	2	1
A3	6	5	11	6
A4	1	4	5	2
A5	4	2	6	4
A6	3	2	5	2

Στην ειδική περίπτωση όπου μια εναλλακτική ούτε υπολείπεται αλλά και ούτε υπερέχει έναντι των άλλων, αυτή χαρακτηρίζεται ως μη συγκρίσιμη και τοποθετείται στην κορυφή της ιεραρχίας κατά την καθοδική ταξινόμηση και στη βάση της ιεραρχίας κατά την ανοδική. Η αντιδιαμετρική αυτή τοποθέτηση κατευθύνει τον αποφασίζοντα να δώσει ιδιαίτερη προσοχή στον χειρισμό της (Δούμπος, 2007).

Τα βήματα της μεθόδου ELECTRE II

Η διαδικασία εφαρμογής της μεθόδου ELECTRE II ακολουθεί τα ίδια αρχικά βήματα με την ELECTRE I. Η διαφοροποίηση έγκειται στη χρήση διαφορετικού τύπου για τον υπολογισμό του πίνακα ασυμφωνίας και στην εισαγωγή της διαδικασίας απόσταξης δύο ολοκληρωμένων κατατάξεων για τη διαμόρφωση της τελικής, μερικής κατάταξης. Συνοπτικά:

1. Δημιουργία του πίνακα απόφασης $B(m \times n)$
2. Μετατροπή των τιμών του πίνακα απόφασης σε ενιαία κλίμακα
3. Καθορισμός του διανύσματος βαρών
4. Προσδιορισμός των ομάδων συμφωνίας και ασυμφωνίας των κριτηρίων

5. Υπολογισμός του πίνακα συμφωνίας από τα στοιχεία του πίνακα απόφασης, με τρόπο παρόμοιο με την ELECTRE I

$$C(a, b) = \frac{\sum_{(j \in J_{ab}^+)} w_j}{\sum_{j=1}^n w_j}$$

6. Υπολογισμός του πίνακα ασυμφωνίας σύμφωνα με τον τύπο

$$D(a, b) = \frac{\max_{j: a < b} |b - a|}{\delta} \quad (4)$$

όπου $\delta = \max_{c, d, j} |c - d|$.

Για τον υπολογισμό του δ λαμβάνεται υπόψη το κριτήριο j στο οποίο η διαφορά $(b - a)$ μεγιστοποιείται. Εντός του κριτηρίου αυτού, εξετάζονται όλες οι εναλλακτικές και εντοπίζονται η μέγιστη τιμή c και η ελάχιστη τιμή d μεταξύ των, η διαφορά των οποίων χρησιμεύει ως ο παρονομαστής δ . Στην περίπτωση που η διαφορά $(b - a)$ εμφανίζεται μέγιστη σε περισσότερα από ένα κριτήρια, ως δ λαμβάνεται η μεγαλύτερη τιμή ανάμεσα στα σχηματιζόμενα ζεύγη $(c - d_{\epsilon})$ (Morais & Almeida, 2006).

Σημειώνεται ότι κατά τους (Wang & Triantaphyllou, 2005; Roy & Vincke, 1981) για τον ορισμό του δ χρησιμοποιείται το μέγιστο διάστημα μεταξύ των εναλλακτικών υπό οποιοδήποτε κριτήριο: $\delta = \max |b - a|$. Τονίζεται ότι η χρήση των συγκεκριμένων τύπων προϋποθέτει την εμφάνιση των τιμών των εναλλακτικών σε ενιαίο εύρος, σε όλα τα κριτήρια. Εάν δε συμβαίνει αυτό, είναι αναγκαία η ομαλοποίηση των τιμών των εναλλακτικών (βήμα 2) και η δημιουργία νέου πίνακα απόφασης με βάση το γνωστό από τη μέθοδο ELECTRE I τύπο

$$r_{aj} = \frac{b_{aj}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m b_{aj}^2}}$$

όπου b_{aj} η τιμή της εναλλακτικής a στο κριτήριο j στον αρχικό πίνακα απόφασης.

Υπολογισμός των τελικών σχέσεων υπεροχής. Δημιουργία του σχετικού πίνακα υπεροχής και του αντίστοιχου γράφου. Κατάταξη των λύσεων στις δύο διατάξεις με τη διαδικασία απόσταξης. Τελική αξιολόγηση με βάση την τομή των δύο μερικών διατάξεων.

Η μέθοδος ELECTRE III

Αν και οι μέθοδοι ELECTRE I και II χρησιμοποιήθηκαν εκτενώς και με επιτυχία, διαπιστώθηκε ότι δεν ήταν απαλλαγμένες προβλημάτων. Τα σημαντικότερα εντοπίστηκαν στη διαδικασία απόδοσης τιμών για τις επιδόσεις των εναλλακτικών, καθώς οι εκτιμήσεις των αναλυτών θεωρούνταν αβέβαιες, ανακριβείς ή και ελλιπώς καθορισμένες, κυρίως διότι συχνά τα σχετικά με ένα πρόβλημα δεδομένα ήταν από τη φύση τους ασαφή. Η ασάφεια αυτή αντιμετωπίστηκε ιστορικά με τη χρήση στατιστικών κατανομών ώστε να εκτιμηθεί η διασπορά των πιθανών τιμών των εναλλακτικών υπό συγκεκριμένα κριτήρια. Ακολουθούσε ο υπολογισμός της αναμενόμενης αξίας για το κριτήριο υπό εξέταση, με χρήση μιας συνάρτησης χρησιμότητας (Roy & Vanderpooten, 1996; Almeida, 2002).

Μια διαφορετική προσέγγιση της αβεβαιότητας για τις τιμές των εναλλακτικών προτάθηκε με την ανάπτυξη της μεθόδου ELECTRE III από τους (Roy, 1978; Roy et al. 1986). Η νέα μέθοδος σχεδιάστηκε ώστε να αντιμετωπίζει τα προβλήματα ανακρίβειας, ασάφειας, αβεβαιότητας και ελλιπούς καθορισμού των δεδομένων της ELECTRE II (Roy & Vanderpooten, 1996; Figueira, Mousseau, Roy, 2005) και χρησιμοποιήθηκε σε προβλήματα κατάταξης όπως και η προκάτοχός της. Στοιχεία της μεθόδου χρησιμοποιήθηκαν και στην ανάπτυξη της ELECTRE Is, παραλλαγής της ELECTRE I.

Συγκρινόμενη με την προκάτοχό της, η ELECTRE III παρουσιάζει δύο νέα χαρακτηριστικά (Roy & Vincke, 1984; Vincke, 1992):

- την έννοια του ψευδοκριτηρίου, με χρήση των καταφλίων προτίμησης (p), αδιαφορίας (q) και βέτο (v), τα οποία επιτρέπουν την κατάταξη σε διαστήματα αντί σε σημεία
- τη χρήση μιας ασαφούς σχέσης υπεροχής σε αντίθεση με το μοντέλο προτίμησης της ELECTRE II το οποίο περιείχε δύο ξεκάθαρες σχέσεις υπεροχής.

Όπως και στις προηγούμενες μεθόδους, χρησιμοποιούνται συγκεκριμένοι έλεγχοι συμφωνίας και ασυμφωνίας για τον προσδιορισμό μιας εκτίμησης των σχέσεων μεταξύ δύο εναλλακτικών. Σε αυτούς αξιοποιούνται τα ψευδοκριτήρια που εκφράζουν την προσέγγιση της μεθόδου στο πρόβλημα της ασάφειας των τιμών των εναλλακτικών. Οι έλεγχοι επικυρώνονται με τον υπολογισμό του δείκτη αξιοπιστίας $\sigma(a,b)$ ή $S(a,b)$ ο οποίος επαληθεύει την μερική ή ολική ισχύ της πρότασης «η εναλλακτική a είναι τουλάχιστο όσο καλή όσο η εναλλακτική b , aSb ». Για την τελική αξιολόγηση ο αποφασίζων καλείται να επιλέξει και την τιμή του ορίου αποκοπής το οποίο χρησιμοποιείται στη σύγκριση με το δείκτη αξιοπιστίας και επηρεάζει την αυστηρότητα της τελικής αξιολόγησης. Σημαντική προσθήκη είναι η έννοια του κατωφλίου veto (v) το οποίο χρησιμοποιείται στη διαδικασία του προσδιορισμού του δείκτη ασυμφωνίας και είναι σε θέση να απορρίψει την πρόταση aSb . Το κατώφλι αδιαφορίας q είναι η μέγιστη διαφορά $b-a$ δύο εναλλακτικών κάτω από την οποία η πρόταση aSb ισχύει με βεβαιότητα. Το κατώφλι προτίμησης p είναι η ελάχιστη διαφορά $b - a$ δύο εναλλακτικών πάνω από την οποία δεν ισχύει η πρόταση aSb . Τέλος, η πρόταση aSb είναι δυνατό να απορριφθεί όταν η εναλλακτική a υπολείπεται της b κατά το κατώφλι βέτο v έστω και σε ένα μόνο κριτήριο, ακόμη και εάν υπερέρχει στα υπόλοιπα. Οι τιμές των κατωφλίων ορίζονται έτσι ώστε $v \geq p \geq q \geq 0$. Σύμφωνα με τα παραπάνω οι δυνατές εκτιμήσεις μεταξύ δύο εναλλακτικών a και b υπό ένα κριτήριο g είναι:

- $aPb \iff a - b > p$: ισχυρή προτίμηση της a έναντι της b
- $aQb \iff q < a - b \leq p$: ασθενής προτίμηση της a έναντι της b
- $aIb \iff -q \leq a - b \leq q$: αδιαφορία μεταξύ των a και b
- $aPb \iff b - a > v$: η a δεν προτιμάται έναντι της b

Τα βήματα της μεθόδου ELECTRE III

Η μέθοδος ELECTRE III δεν πάσχει από την αδυναμία των πρώτων δύο μεθόδων στην αντιμετώπιση διαφορετικής κλίμακας στις τιμές των χαρακτηριστικών και συνεπώς δεν είναι απαραίτητη η ομαλοποίηση των τιμών του αρχικού πίνακα απόφασης. Κατά τα λοιπά, η διαδικασία επίλυσης προσομοιάζει αυτές των προηγούμενων μεθόδων:

1. Καθορίζεται ένας πίνακας υπεροχής m εναλλακτικών, n κριτηρίων και βαρών

2. Επιλέγονται οι τιμές των κατωφλίων προτίμησης p , αδιαφορίας q και βέτο v για κάθε κριτήριο. Επίσης καθορίζεται ο επιθυμητός συντελεστής απόκλισης $s(\lambda)$ από το μέγιστο όριο αποκοπής $\max(\lambda)$

3. Υπολογίζεται ο πίνακας συμφωνίας με βάση τον τύπο:

$$C(a,b) \approx \frac{1}{W} \sum_{j=1}^n W_j C_j(a,b), \text{ όπου } W \approx \sum_{j=1}^n W_j \quad (9)$$

όπου w_j είναι το βάρος του κριτηρίου j και $c_j(a,b)$ είναι ο βαθμός συμφωνίας των εναλλακτικών a και b ως προς το κριτήριο j όπως ορίζεται σε τρεις περιπτώσεις:

$$C_j(a,b) \approx \begin{cases} 0 & \text{αν } b - a \geq p \\ \frac{a - b + p}{p - q} & \text{αν } q < b - a < p \\ 1 & \text{αν } b - a \leq q \end{cases} \quad (10)$$

4. Ορίζεται ο δείκτης ασυμφωνίας, ξεχωριστά για κάθε κριτήριο j και κάθε ζεύγος εναλλακτικών a, b :

$$d_j(a,b) \approx \begin{cases} 0 & \text{αν } b - a \leq p \\ \frac{b - a - p}{v - p} & \text{αν } p < b - a < v \\ 1 & \text{αν } b - a \geq v \end{cases} \quad (11)$$

5. Υπολογίζονται οι βαθμοί αξιοπιστίας $S(a,b)$:

$$S(a,b) \approx \begin{cases} C(a,b) & \text{αν } d_j(a,b) \leq C(a,b) \forall j \in J \\ C(a,b) \cdot \prod_{j \in J^-(a,b)} \frac{(1 - d_j(a,b))}{(1 - C(a,b))} & \text{αλλιώς} \end{cases} \quad (12)$$

όπου το $J^-(a,b)$ είναι το σύνολο των κριτηρίων στα οποία $d_j(a,b) > C(a,b)$,

6. Εξάγεται ο Πίνακας Αξιοπιστίας S ($m * m$).

$$S \approx \begin{pmatrix} S(\alpha, \alpha) & S(\alpha, b) & \dots & S(\alpha, m) \\ S(b, \alpha) & S(b, b) & \dots & S(b, m) \\ \mathbf{M} & \mathbf{M} & \mathbf{M} & \mathbf{M} \\ S(m, \alpha) & S(m, b) & \dots & S(m, m) \end{pmatrix}$$

7. Για την τελική αποδοχή της αξιοπιστίας μιας σχέσης aSb ο συντελεστής αξιοπιστίας $S(\alpha, b)$ οφείλει να καλύπτει ένα όριο αποκοπής $\lambda \in [0.5, \max S(\alpha, b)]$ το οποίο είτε επιλέγεται σε αυτό το στάδιο από τον αποφασίζοντα είτε προσδιορίζεται έμμεσα στην αρχή της διαδικασίας ως $s(\lambda)$ δηλαδή η μέγιστη επιθυμητή απόκλιση από τη μεγαλύτερη τιμή του δείκτη αξιοπιστίας $[\max S(\alpha, b)]$. Τονίζεται ότι μεγάλες τιμές του λ ή αντίστοιχα μικρές τιμές του $s(\lambda)$ καταλήγουν σε αυστηρότερη αξιολόγηση των εναλλακτικών. Μετά τη σύγκριση των στοιχείων του πίνακα αξιοπιστίας με το όριο αποκοπής διαμορφώνεται ο τελικός πίνακας υπεροχής με τιμές:

$$T(a, b) \approx \begin{cases} 1 \text{ αν } S(a, b) \geq I - s(I) \\ 0 \text{ διαφορετικά} \end{cases}$$

8. Εφαρμόζεται η διαδικασία της απόσταξης με χρήση της ανοδικής και καθοδικής κατάταξης από τις οποίες προκύπτει η τελική κατάταξη των λύσεων. (Hokkanen & Salminen, 1997; Li, Wang, 2007). Η ELECTREIII αξιοποιεί ασαφή όρια για τις συγκρίσεις των εναλλακτικών, σε αντίθεση με τον απόλυτο διαχωρισμό των προηγούμενων μεθόδων. Κατά συνέπεια, η μέθοδος επιχειρεί την κατάταξη των εναλλακτικών με γνώμονα τη σχετική θέση των εναλλακτικών σε κάποιο επίπεδο ανάλυσης, και επιχειρεί την κατάταξή τους σε κλάσεις. Η διαδικασία απόσταξης διαφοροποιείται της ELECTREII λαμβάνοντας υπόψη την ασαφή φύση των δεδομένων εισόδου.

Η μέθοδος ELECTRE TRI

Η μέθοδος ELECTRE TRI προτάθηκε από τον Yu (1992) και σχεδιάστηκε με σκοπό να διευκολύνει στην αποτίμηση της εσωτερικής αξίας κάθε εναλλακτικής κατατάσσοντάς την σε προκαθορισμένες κατηγορίες (πρόβλημα ταξινόμησης) μέσα από μια διαδικασία φιλτραρίσματος. Εναλλακτικά για το πρόβλημα της ταξινόμησης οι (Moscarola & Roy, 1977) είχαν νωρίτερα προτείνει την αξιοποίηση δέντρων απόφασης μέσω μιας διαδικασίας κατακερματισμού (segmentation) (Roy, Vanderpooten, 1996).

Η μέθοδος αποτελεί προσαρμογή της ELECTRE III σε προβλήματα διακριτής ταξινόμησης. Οι κατηγορίες της ταξινόμησης ορίζονται κατά διατεταγμένο τρόπο από την βέλτιστη προς την λιγότερο επιθυμητή, ενώ κάθε κατηγορία διαχωρίζεται από τις υπόλοιπες με βάση μια εικονική εναλλακτική δραστηριότητα-όριο η οποία ονομάζεται πρότυπο αναφοράς (reference profile). Η σύγκριση κάθε εναλλακτικής δραστηριότητας με τα πρότυπα αναφοράς οδηγεί στην ταξινόμηση των εναλλακτικών δραστηριοτήτων στις προκαθορισμένες κατηγορίες. Η πραγματοποίηση της σύγκρισης αυτής βασίζεται σε ελέγχους συμφωνίας και ασυμφωνίας που προέρχονται από την μεθοδολογία της ELECTRE III.

Οι κατηγορίες $C_1, C_2, \dots, C_p, C_{p+1}$ στη μέθοδο ELECTRE TRI καθορίζονται από τα πρότυπα b_1, b_2, \dots, b_p . Το πρότυπο b_h είναι το άνω όριο της κατηγορίας C_h και το κάτω όριο της κατηγορίας C_{h+1} , για $h = 1, 2, \dots, p$. Στη μέθοδο εμφανίζονται επίσης τα θεωρητικά όρια b_0 και b_{p+1} τα οποία καθορίζουν τις ακραίες τιμές για το σύνολο των κατηγοριών, έτσι ώστε $a_j > b_0$ και $b_{p+1} > a_j$, για κάθε τιμή της εναλλακτικής a η οποία εξετάζεται υπό το κριτήριο j . Για να χαρακτηριστούν συνεπείς οι κατηγορίες, τα πρότυπα οφείλουν να πληρούν τις παρακάτω συνθήκες (Mousseau, Slowinski, Ziel- niewicz):

- Οι κατηγορίες οφείλουν να είναι διατεταγμένες, με σειρά από την βέλτιστη στην λιγότερο επιθυμητή. Διαφορετικά, η εφαρμογή της μεθόδου είναι αδύνατη.
- Καμία εναλλακτική δεν είναι δυνατό να είναι αδιάφορη σε περισσότερο από ένα πρότυπο. Η κατάσταση alb_h και alb_{h+1} σημαίνει ότι η κατηγορία που καθορίζεται από τα πρότυπα b_h και b_{h+1} είναι «ανεπαρκώς ευρεία». Η πρόταση αυτή είναι επαρκής συνθήκη για την προηγούμενη.

Σημαντικές προσπάθειες έχουν γίνει για την ανάπτυξη μεθόδων προσδιορισμού των προτύπων με βάση τις διαθέσιμες εναλλακτικές ή μέσω αλληλεπιδραστικών μεθόδων με βάση τις αξιολογήσεις εναλλακτικών υπό την κρίση του αποφασίζοντα (Bouyssou, Marchant, 2005; Dias, Mousseau, 2004; Dias et al, 2002; Mousseau, 2003).

Η επίλυση ενός προβλήματος ταξινόμησης με τη μέθοδο ELECTRE TRI φέρει ομοιότητες με τη μέθοδο ELECTRE III, καθώς χρησιμοποιούνται τα κατώφλια προτίμησης (ρ), αδιαφορίας (q) και βέτο (v). Εκτελούνται υπολογισμοί δεικτών μερικής και γενικής συμφωνίας και ασυμφωνίας με βάση τους οποίους εκτιμάται ένας δείκτης αξιοπιστίας $\sigma(a_i, b_h)$. Η διαφοροποίηση έναντι των προηγούμενων μεθόδων είναι ότι η σύγκριση δεν γίνεται πλέον μεταξύ εναλλακτικών αλλά μεταξύ εναλλακτικών και προτύπων.

Στη διαδικασία ταξινόμησης χρησιμοποιείται το όριο αποκοπής Λ , το οποίο αποτελεί ένδειξη του ποσοστού των κριτηρίων που οφείλει να καλύπτει μια εναλλακτική ώστε να τοποθετηθεί σε μια συγκεκριμένη κατηγορία. Για παράδειγμα, εάν $\Lambda = 0,75$ τότε τα $3/4$ των τιμών μιας εναλλακτικής υπό το εξεταζόμενο κριτήριο οφείλουν να ανταποκρίνονται στις ελάχιστες τιμές του προτύπου που καθορίζει το κάτω όριο μιας κατηγορίας (Gomez et al, 2007).

Σε αντίθεση με άλλες μεθόδους, η ELECTRE TRI υποστηρίζει την ομαδοποίηση των εναλλακτικών σε περισσότερες από δύο κατηγορίες. Επίσης, επιτρέπει την ταξινόμηση των υποψηφίων ενσωματώνοντας προτιμησιακά δεδομένα. Τέλος, δέχεται τις έννοιες της μη συγκρισιμότητας και της μη μεταβατικότητας στην διαδικασία της σύγκρισης των υποψηφίων με τα πρότυπα αναφοράς, σε μια διαδικασία εποπτικά εύκολα αντιληπτή από τον αποφασίζοντα (Ματσασίνης).

Αναλυτικά τα βήματα της μεθόδου έχουν ως εξής:

1. Καθορισμός των προτύπων με βάση τα οποία θα γίνει η ταξινόμηση σε κάθε κριτήριο.
2. Καθορισμός των κατωφλίων προτίμησης, αδιαφορίας και βέτο για κάθε κριτήριο.
3. Υπολογισμός των δεικτών μερικής συμφωνίας $C_j(a,b)$ και $C_j(b,a)$, κατά τους οποίους συγκρίνονται οι εναλλακτικές με τα πρότυπα αναφοράς. Ο δείκτης συμφωνίας $C_j(a,b)$ αξιολογεί την πρόταση «η εναλλακτική a είναι τουλάχιστο τόσο καλή όσο το πρότυπο b στο κριτήριο j ». Οι δείκτες μερικής συμφωνίας υπολογίζονται κατά περίπτωση από τις σχέσεις (Mousseau, Slowinski, Ziel-niewicz) :

Εάν το κριτήριο j είναι ωφέλειας :

$$C_j(a,b) = \begin{cases} 0 & \text{αν } p \leq b-a \\ \frac{a-b+p}{p-q} & \text{αν } q \leq b-a < p \\ 1 & \text{αν } b-a < p \end{cases} \quad (14)$$

$$C_j(b,a) = \begin{cases} 0 & \text{αν } p \leq a-p \\ \frac{b-a+p}{p-a} & \text{αν } q \leq a-b < p \\ 1 & \text{αν } a-b < q \end{cases} \quad (15)$$

Εάν το κριτήριο j είναι κόστους, οι παραπάνω τύποι αντιστρέφονται ως εξής:

$$C_j(a,b) \approx \begin{cases} 0 & \text{αν } p \leq a-b \\ \frac{b-a+p}{p-q} & \text{αν } q \leq a-b < p \\ 1 & \text{αν } a-b < q \end{cases} \quad (16)$$

$$C_j(b,a) \approx \begin{cases} 0 & \text{αν } p \leq b-a \\ \frac{b-a+p}{p-q} & \text{αν } q \leq b-a < p \\ 1 & \text{αν } b-a < q \end{cases} \quad (17)$$

όπου p και q εκφράζουν αντίστοιχα το κατώφλι προτίμησης και το κατώφλι αδιαφορίας για το κριτήριο j υπό το οποίο γίνεται η σύγκριση της εναλλακτικής a και του προτύπου b .

4. Υπολογισμός των καθολικών δεικτών συμφωνίας. Ο καθολικός δείκτης συμφωνίας $C(a, b)$ εκφράζει την ισχύ της πρότασης «η εναλλακτική a είναι τουλάχιστον τόσο καλή όσο το πρότυπο b σε όλα τα κριτήρια» και προσδιορίζεται από τον τύπο:

$$C(a, b) = \frac{\sum_{j=1}^n W_j C_j(a, b)}{\sum_{j=1}^n W_j} \quad (18)$$

όπου W_j το βάρος του κριτηρίου j και n ο αριθμός των κριτηρίων. Αντίστοιχα, ο καθολικός δείκτης συμφωνίας $C(b, a)$ εκφράζει την ισχύ της πρότασης «το πρότυπο b είναι τουλάχιστον τόσο καλό όσο η εναλλακτική a σε όλα τα κριτήρια» και προσδιορίζεται από τον τύπο:

$$C(b, a) = \frac{\sum_{j=1}^n W_j C_j(b, a)}{\sum_{j=1}^n W_j} \quad (19)$$

όπου W_j το βάρος του κριτηρίου j και n ο αριθμός των κριτηρίων.

5. Υπολογισμός των δεικτών ασυμφωνίας $d_j(a, b)$ και $d_j(b, a)$. Ο δείκτης ασυμφωνίας $d_j(a, b)$ εκφράζει την αντίθεση στην πρόταση «η εναλλακτική a είναι τουλάχιστον τόσο καλή όσο το πρότυπο b υπό το κριτήριο j »:

Εάν το κριτήριο j είναι ωφέλειας χρησιμοποιούνται οι τύποι:

$$d_j(a, b) \approx \begin{cases} 0 & \text{αν } b-a < p \\ \frac{b-a+p}{p-q} & \text{αν } p \leq b-a < v \\ 1 & \text{αν } v \leq b-a \end{cases} \quad (20)$$

$$d_j(b, a) \approx \begin{cases} 0 & \text{αν } a-b < p \\ \frac{a-b-p}{v-p} & \text{αν } p < a-b \leq v \\ 1 & \text{αν } v < a-b \end{cases} \quad (21)$$

Εάν το κριτήριο j είναι κόστους, οι παραπάνω τύποι τροποποιούνται ως εξής:

$$d_j(b, a) \approx \begin{cases} 0 & \text{αν } a-b \leq p \\ \frac{a-b-p}{v-p} & \text{αν } p < a-b \leq v \\ 1 & \text{αν } v < a-b \end{cases} \quad (22)$$

$$d_j(b, a) \approx \begin{cases} 0 & \text{αν } b-a < p \\ \frac{b-a-p}{v-p} & \text{αν } p \leq b-a < v \\ 1 & \text{αν } v \leq b-a \end{cases} \quad (23)$$

όπου p και v εκφράζουν αντίστοιχα το κατώφλι προτίμησης και το κατώφλι βέτο για το κριτήριο j υπό το οποίο γίνεται η σύγκριση της εναλλακτικής a και του προτύπου b .

6. Υπολογισμός των δεικτών αξιοπιστίας $\sigma(a, b)$ και $\sigma(b, a)$ με βάση τις ακόλουθες παραδοχές:

- όταν κανένα κριτήριο δεν είναι σε ασυμφωνία ($d_j(a, b) \approx 0, \forall j$), η αξιοπιστία της σχέσης υπεροχής $\sigma(a, b)$ εξισώνεται με το δείκτη συμφωνίας
- όταν έστω και ένα κριτήριο σε ασυμφωνία θέτει βέτο στην υπόθεση « η εναλλακτική a υπερέρχει του προτύπου b » ($\exists j : d_j(a, b) \approx 1$) τότε ο δείκτης αξιοπιστίας $\sigma(a, b)$ μηδενίζεται δηλώνοντας ότι η πρόταση «η εναλλακτική a

υπερέχει του προτύπου b » δεν είναι καθόλου αξιόπιστη.

- όταν ένα κριτήριο σε ασυμφωνία είναι τέτοιο ώστε $C(a, b) < d_j(a, b) < 1$ ο δείκτης αξιοπιστίας $\sigma(a, b)$ γίνεται μικρότερος του δείκτη συμφωνίας $C(a, b)$.

Τα παραπάνω εκφράζονται συνοπτικά με τους τύπους

$$\sigma(a, b) = \begin{cases} C(a, b) & \text{αν } \overline{F}(a, b) = \emptyset \\ C(a, b) \prod_{j \in F} \frac{1 - d_j(a, b)}{1 - (a, b)} & \text{αν } \overline{F}(a, b) \neq \emptyset \end{cases} \quad (24)$$

$$\text{και } \sigma(a, b) = \begin{cases} C(b, a) & \text{αν } \overline{F}(b, a) = \emptyset \\ C(b, a) \prod_{j \in F} \frac{1 - d_j(b, a)}{1 - (b, a)} & \text{αν } \overline{F}(b, a) \neq \emptyset \end{cases} \quad (25)$$

όπου $\overline{F}(a, b) = \{j \in F \mid d_j(a, b) > C(a, b)\}$, $\overline{F}(b, a) = \{j \in F \mid d_j(b, a) > C(b, a)\}$ και F το σύνολο των κριτηρίων αξιολόγησης.

7. Καθορισμός του ορίου αποκοπής $\lambda \in [0.5, 1]$. Τα αποτελέσματα των δεικτών αξιοπιστίας συνδυάζονται στη σύγκριση με το συντελεστή λ ώστε να υπολογιστούν οι δυαδικές σχέσεις υπεροχής, που δηλώνουν προτίμηση (P), αδιαφορία (I) ή αδυναμία σύγκρισης (R) μεταξύ των εναλλακτικών και των προτύπων που καθορίζουν τα όρια των τάξεων. Για κάθε ζεύγος εναλλακτικής a και προτύπου b είναι δυνατό να ισχύουν οι ακόλουθες σχέσεις:

- $aIb \iff aSb \wedge bSa$
- $aPb \iff aSb \wedge \neg bSa$
- $bPa \iff \neg aSb \wedge bSa$
- $aRb \iff \neg aSb \wedge \neg bSa$

Οι σχέσεις υπεροχής χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία του πίνακα υπεροχής, ο οποίος θα αξιοποιηθεί στην τελική ταξινόμηση

8. Τίθεται σε εφαρμογή η διαδικασία ταξινόμησης, στην οποία αξιοποιούνται δύο προσεγγίσεις, ονομαζόμενες αισιόδοξη και απαισιόδοξη. Εάν υπάρχουν p πρότυπα $b_0, b_1, \dots, b_{p-1}, b_p$, τα οποία καθορίζουν h κατηγορίες C_1, \dots, C_{h-1}, C_h , όπου $h=p-1$, τότε:

Η απαισιόδοξη προσέγγιση

- συγκρίνει διαδοχικά κάθε εναλλακτική a με κάθε πρότυπο b_i για $i=p-1, \dots, 0$.
- εάν βρεθεί πρότυπο b_h για το οποίο ισχύει aSb_h , (η a υπερισχύει του b_h ή, η a είναι τουλάχιστο τόσο καλή όσο το b_h) τότε η a ταξινομείται στην κατηγορία C_{h+1} .

Η σχέση aRb_h δεν αρκεί για να κατατάξει την a στην κατηγορία C_{h+1} , και η σύγκριση συνεχίζεται σε φθίνουσα κατεύθυνση με το πρότυπο b_{h-1} . Η ιδιότητα αυτή ευθύνεται για το χαρακτηρισμό της προσέγγισης ως απαισιόδοξη. Η αισιόδοξη προσέγγιση

- συγκρίνει διαδοχικά το a με το πρότυπο b_i , για $i=1, 2, \dots, p$.
- εάν βρεθεί πρότυπο b_h για το οποίο b_hPa (το πρότυπο b_h προτιμάται έναντι της a), ταξινομεί την a στην κατηγορία C_h .

Η σχέση b_hRa δεν αρκεί για να κατατάξει την a στην κατηγορία C_h , και η σύγκριση συνεχίζεται σε φθίνουσα κατεύθυνση με το πρότυπο b_{h+1} . Η ιδιότητα αυτή ευθύνεται για το χαρακτηρισμό της προσέγγισης ως αισιόδοξης. Συγκριτικά για τις δύο προσεγγίσεις μπορεί να αναφερθεί ότι:

- εάν η αξιολόγηση μιας εναλλακτικής είναι μεταξύ δύο προτύπων που ορίζουν μια κατηγορία, τότε και οι δύο προσεγγίσεις θα ταξινομήσουν την εναλλακτική στην κατηγορία αυτή

- εάν η εναλλακτική είναι μη συγκρίσιμη με ένα ή περισσότερα πρότυπα τότε υπάρχει διαφορά στην ταξινόμηση: η απαισιόδοξη προσέγγιση ταξινομεί την εναλλακτική σε χαμηλότερη κατηγορία από την αισιόδοξη.

ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ELECTRE

Η χρήση ενός πολυκριτήριου μοντέλου προτίμησης βασίζεται πάντοτε στο είδος του πολυκριτήριου προβλήματος, επί του οποίου θέλουμε να εφαρμοστεί. Ο Roy(1996), διατύπωσε τρεις βασικές καταστάσεις του πολυκριτήριου προβλήματος: τις P.α, P.β, P.γ . Συνοπτικά μπορούμε να ορίσουμε τις καταστάσεις αυτές, λέγοντας ότι η διαδικασία αρωγής απόφασης κινείται προς την κατεύθυνση:

P.α: Επιλογή ενός υποσυνόλου, όσο το δυνατό περισσότερο περιορισμένου, το οποίο περιέχει τις περισσότερες ικανοποιητικές εναλλακτικές. Στην περίπτωση αυτή, προσπαθούμε να απομονώσουμε το μικρότερο υποσύνολο $A \circ C A$, το οποίο είναι ικανό να δικαιολογήσει την απουσία των υπολοίπων εναλλακτικών $a \in A \circ / A$.

P.β: Σύνδεση της κάθε εναλλακτικής σε προκαθορισμένες κατηγορίες.

P.γ: Κατάταξη των εναλλακτικών σύμφωνα με τη φθίνουσα τάξη προτίμησης. Στην περίπτωση αυτή προσπαθούμε να κατασκευάσουμε μια μερική(ή ολική) σχέση διάταξης, όσο πλουσιότερη γίνεται, στο υποσύνολο $A \circ$ των πιο ικανοποιητικών εναλλακτικών.

Σε σχέση με τις παραπάνω προβληματικές μπορούμε να επιδιώξουμε μία κατάταξη των μεθόδων της οικογένειας ELECTRE. Πιο συγκεκριμένα:

P.α: Μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι μέθοδοι ELECTRE I και ELECTRE Is.

P.β: Δεν υπάρχει ενδεικτική μέθοδος.

P.γ : Μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι μέθοδοι ELECTRE II, ELECTRE III και ELECTRE IV.

ΠΙΝΑΚΑΣ: ΚΥΡΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ELECTRE

Μέθοδος ELECTRE	I	Is	II	III	IV	A
Πιθανότητα χρήσης των κατωφλιών αδιαφορίας και προτίμησης	Όχι	Ναι	Όχι	Ναι	Ναι	Ναι
Αναγκαιότητα ποσοτικοποίησης της σχετικής σημαντικότητας των κριτηρίων	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Όχι	Ναι
Αριθμός και φύση των σχέσεων υπεροχής	1	1	2	1 ασαφής	5	1 ασαφής
Κατάσταση	α	α	γ	γ	γ	β
Τελικά αποτελέσματα	Ένας πυρήνας	Ένας πυρήνας	Μερική προδιάταξη	Μερική προδιάταξη	Μερική προδιάταξη	Σύνδεση με προκαθορισμένες κατηγορίες

ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑ ΜΕΘΟΔΟΣ PROMETHEE

Οι συγγραφείς Roy, Vique (1981) αναφέρουν ότι πριν την ανάπτυξη της πολυκριτήριας ανάλυσης, τα προβλήματα της απόφασης ήταν καλά διατυπωμένα και είχαν την μορφή προβλημάτων αριστοποίησης μιας οικονομικής συνάρτησης ή μιας συνάρτησης χρησιμότητας. Αυτή η κλασική προσέγγιση της επιχειρησιακής έρευνας καταλήγει σε μαθηματικά προβλήματα καλά διατυπωμένα τα οποία όμως δεν αντιπροσωπεύουν την πραγματικότητα.

Η σύγκριση πολλών πιθανών αποφάσεων πραγματοποιείται σπάνια από μία μόνο σκοπιά και οι προτιμήσεις για ένα μεγάλο αριθμό περιπτώσεων μοντελοποιούνται δύσκολα από μια μόνο συνάρτηση. Η πολυκριτήρια ανάλυση έχει για στόχο την μελέτη προβλημάτων απόφασης όπου πολλές απόψεις πρέπει να ληφθούν υπόψη. Το κυριότερο χαρακτηριστικό ενός πολυκριτήριου προβλήματος είναι ότι δεν είναι μαθηματικά καλά διατυπωμένο.

Οι κυριότερες πολυκριτήριες μέθοδοι διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες:

- Ο πολυκριτήριος μαθηματικός προγραμματισμός
- Η θεωρία της πολυκριτήριας χρησιμότητας
- Η θεωρία των σχέσεων υπεροχής
- Η πολυκριτήρια μονότονη παλινδρόμηση

Η μέθοδος PROMETHEE ανήκει στην θεωρία των σχέσεων υπεροχής και προτάθηκε για πρώτη φορά από τον Brans (1982). Ακολούθησαν και άλλες δημοσιεύσεις της μεθόδου με σπουδαιότερες των Brans, Vincke (1985) και Brans, Vincke, Mareschal (1986). Οι βασικές αρχές που διέπουν την μέθοδο PROMETHEE σε σχέση με άλλες μεθόδους της ίδιας κατηγορίας (μέθοδοι ELECTRE) είναι οι ακόλουθες τρεις: (1) επέκταση στην έννοια των κριτηρίων, (2) εκτιμώμενη σχέση υπεροχής, (3) εκμετάλλευση της σχέσης υπεροχής.

Σε ότι αφορά την αρχή της επέκτασης της έννοιας, των κριτηρίων προτείνονται στον αποφασίζοντα νέες συναρτήσεις κριτηρίων όπως, κριτήριο τελείως αυστηρό (αυστηρή

προτίμηση), κριτήριο αυστηρό αλλά με περιοχή αδιαφορίας, κριτήριο με γραμμική προτίμηση, κριτήριο με περιοχές προτίμησης, κλπ. Στη μέθοδο PROMETHEE η εκτιμώμενη σχέση υπεροχής είναι λιγότερο ευαίσθητη σε μικρές τροποποιήσεις και κατά συνέπεια είναι εύκολη η ερμηνεία της. Η εκμετάλλευση της σχέσης υπεροχής στη μέθοδο PROMETHEE πραγματοποιείται ειδικά όταν οι εναλλακτικές λύσεις πρέπει να ταξινομηθούν από την καλύτερη προς την χειρότερη. Προτείνονται δύο μέθοδοι PROMETHEE, η μέθοδος PROMETHEE I η οποία πραγματοποιεί μια μερική ταξινόμηση των εναλλακτικών λύσεων και η μέθοδος PROMETHEE II η οποία πραγματοποιεί μια πλήρη ταξινόμηση των εναλλακτικών λύσεων (complete ranking of the actions).

ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ PROMETHEE

Η επίλυση του πολυκριτηριακού προβλήματος με την μέθοδο PROMETHEE (Preference Ranking Organisation METHod for Enrichment Evaluations), ακολουθεί τα εξής διαδοχικά στάδια:

1ο Στάδιο.

Αρχικά, γίνεται η επιλογή των κριτηρίων, τα οποία θα πρέπει να καλύπτουν όλες τις πλευρές του εξεταζόμενου προβλήματος και να μπορούν να βαθμολογηθούν σε κατάλληλη κλίμακα.

2ο Στάδιο.

Για όλα τα κριτήρια αξιολόγησης καθορίζεται η σπουδαιότητά τους με τη βοήθεια κατάλληλων συντελεστών βαρύτητας. Το άθροισμα των συντελεστών βαρύτητας των κριτηρίων πρέπει να είναι 100%, αλλά ο χρήστης μπορεί να θέσει την βαρύτητα κάθε κριτηρίου αναλογικά με τις βαρύτητες των υπολοίπων, και η ίδια η μέθοδος αναγάγει τις βαρύτητες σε ποσοστό.

3ο Στάδιο

Πραγματοποιείται ανάλυση όλων των εναλλακτικών χαρακτηριστικών (υποκριτηρίων) κάθε επιμέρους κριτηρίου τα οποία στη συνέχεια ποσοτικοποιούνται είτε με απόλυτες τιμές, είτε με βάσει συγκεκριμένης κλίμακας (π.χ. 1-10), ενώ παράλληλα ορίζονται και οι κατευθύνσεις προτίμησης των επιδόσεων (ελάχιστο ή μέγιστο).

4ο Στάδιο

Στο τέταρτο στάδιο, ορίζονται τα ψευδοκριτήρια με τον καθορισμό της συνάρτησης προτίμησης και των ορίων ανοχής (κατώφλια) κάθε κριτηρίου / υποκριτηρίου. Το βήμα αυτό, οδηγεί στην δημιουργία μιας πολύπλοκης μήτρας αξιολόγησης, όπως φαίνεται στον παρακάτω

πίνακα, όπου με a_j ($j=1- m$) απεικονίζονται τα εναλλακτικά σενάρια, και με f_i ($i= 1 -k$) τα κριτήρια / υποκριτήρια.

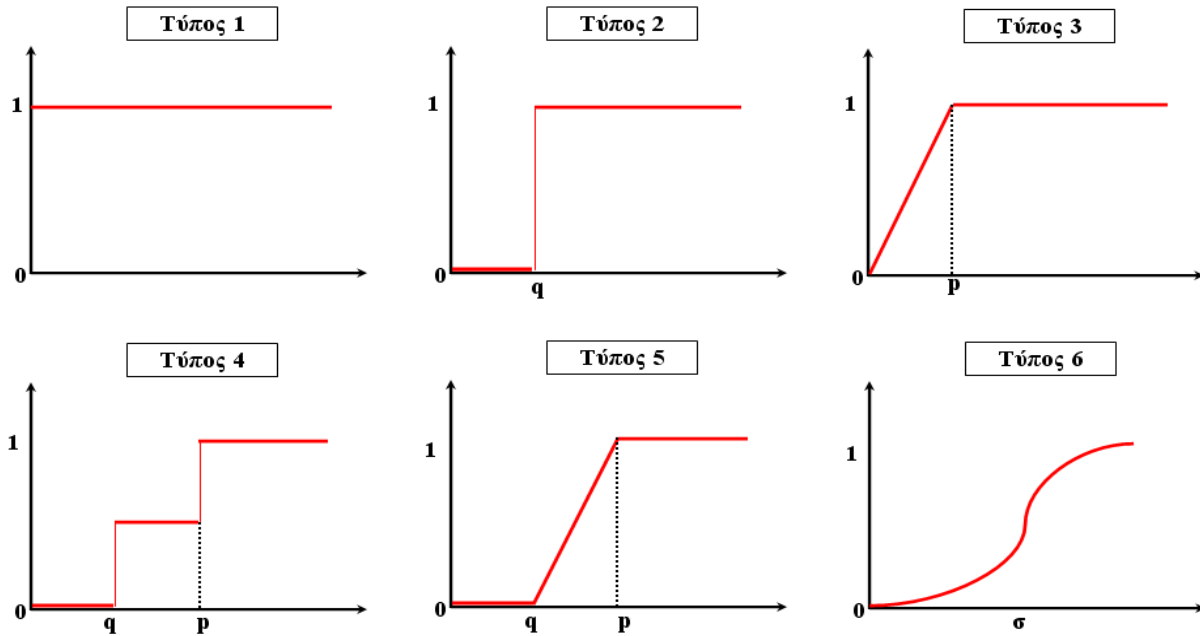
	f_1	f_2	...	f_j	...	f_k
a_1	$f_1(a_1)$	$f_2(a_1)$	...	$f_j(a_1)$	...	$f_k(a_1)$
a_2	$f_1(a_2)$	$f_2(a_2)$	...	$f_j(a_2)$	...	$f_k(a_2)$
⋮						
a_i	$f_1(a_i)$	$f_2(a_i)$	...	$f_j(a_i)$	...	$f_k(a_i)$
⋮						
a_m	$f_1(a_m)$	$f_2(a_m)$	...	$f_j(a_m)$	...	$f_k(a_m)$

Πίνακας: Δημιουργία μήτρας αξιολόγησης

Η συνάρτηση προτίμησης $f_i(a_j)$ μπορεί να είναι μία από τις παρακάτω έξι:

1. Κανονικού τύπου συνάρτηση (Usual Type): δεν περιλαμβάνει κατώφλια και υποθέτει απότομη μετάβαση από την κατάσταση αδιαφορίας στην κατάσταση προτίμησης. Χρησιμοποιείται πολύ σπάνια.
2. Συνάρτηση με κατώφλι αδιαφορίας (U-Type): περιλαμβάνει μόνο κατώφλι αδιαφορίας Q και χρησιμοποιείται κυρίως για κριτήρια που ποσοτικοποιούνται ποιοτικά (π.χ. κλίματα 1-10).
3. Συνάρτηση με κατώφλι προτίμησης (V-Type): περιλαμβάνει μόνο κατώφλι προτίμησης P και χρησιμοποιείται κυρίως για κριτήρια που ποσοτικοποιούνται με απόλυτες τιμές και όχι ποιοτικά.
4. Βαθμωτή συνάρτηση (Level Type): Είναι παρόμοια με την (U-Type), αλλά περιλαμβάνει κατώφλι αδιαφορίας Q, και κατώφλι προτίμησης P, που ορίζει ένα μόνο επίπεδο ενδιάμεσης προτίμησης μεταξύ αδιαφορίας και σαφούς προτίμησης.
5. Γραμμική συνάρτηση (Linear Type): Είναι παρόμοια με την (V-Type) αλλά περιλαμβάνει κατώφλι αδιαφορίας Q, και γραμμική μετάβαση στην κατανόηση σαφούς που ορίζεται από το κατώφλι προτίμησης P.
6. Συνάρτηση τύπου Gauss (Gauss Type): υποθέτει σταδιακή μετάβαση από την κατάσταση αδιαφορίας προς την κατάσταση σαφούς προτίμησης (που θεωρητικά προσεγγίζεται στο άπειρο) ακολουθώντας τη συνάρτηση μιας κατανομής Gauss και προσδιορίζεται από την τυπική απόκλιση της κατανομής S. Η συνάρτηση αυτή χρησιμοποιείται σπανίως.

Οι παραπάνω συναρτήσεις απεικονίζονται στον επόμενο πίνακα.



Οι συναρτήσεις προτίμησης και τα όρια ανοχής (κατώφλια) κάθε κριτηρίου / υποκριτηρίου, εισαγάγουν ουσιαστικά είτε την αβεβαιότητας είτε την ελαστικότητα που θέλει ο χρήστης να εφαρμόσει σε κάθε κριτήριο.

Υπάρχουν τριών ειδών όρια / κατώφλια, όπως παρουσιάστηκαν παραπάνω:

- Κατώφλι Αδιαφορίας Q : Είναι η μέγιστη τιμή η οποία μπορεί να θεωρηθεί ως αμελητέα και σε σχέση με την κλίμακα των τιμών του κριτηρίου είναι μια πολύ μικρή τιμή.
- Κατώφλι Προτίμησης P : Είναι η ελάχιστη τιμή η οποία μπορεί να θεωρηθεί ως κρίσιμο άνω όριο για κάθε κριτήριο, και σε σχέση με την κλίμακα των τιμών του κριτηρίου είναι μια σχετικά μεγάλη τιμή.

- Κατώφλι Gauss (Τυπική Απόκλιση) S: Το κατώφλι αυτό, χρησιμοποιείται μόνο με την συνάρτηση τύπου Gauss, και συνήθως είναι μια μέση τιμή μεταξύ Q και P.

Η τιμή Q πρέπει να είναι μικρότερη από την τιμή P για κάθε κριτήριο.

Εάν οι τιμές των κριτηρίων για κάποια από τα εναλλακτικά σενάρια είναι παρόμοιες, τότε τα κριτήρια αυτά παίζουν πολύ μικρό ρόλο στο τελικό αποτέλεσμα, ενώ αν οι τιμές των κριτηρίων είναι εμφανώς διαφορετικές, τότε δεν υπάρχει αμφιβολία για το πια τιμή είναι η επιθυμητή. Στα ενδιάμεσα διαστήματα όμως, η αμφιβολία του αποφασίζονται, μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με την εισαγωγή των παραπάνω ορίων.

5ο Στάδιο

Το πέμπτο στάδιο περιλαμβάνει την ανάπτυξη και εφαρμογή του μοντέλου πολυκριτηριακής ανάλυσης και περιλαμβάνει τα εξής διακριτά επιμέρους βήματα:

Βήμα 1: Δυαδική σύγκριση επιλογών ανά κριτήριο.

Στο στάδιο αυτό εξετάζονται διαδοχικά σε κάθε κριτήριο f_i όλα τα ζεύγη επιλογών a_j και με βάση τη διαφορά των επιδόσεων d_n τους και τον τύπο του κριτηρίου υπολογίζονται δείκτες προτίμησης P_n . Οι δείκτες αυτοί δείχνουν το βαθμό στον οποίο η επιλογή a προτιμάται από την επιλογή i στο συγκεκριμένο κριτήριο.

Ο δείκτης P_n συνήθως ανάγεται σε τιμές 0 και 1. Σε περίπτωση γραμμικής μεταβολής, η τιμή του δείκτη προκύπτει από παρεμβολή με βάση την συνάρτηση προτίμησης μεταξύ των ορίων Q και P που έχουν τεθεί. Το αποτέλεσμα της δυαδικής σύγκρισης όλων των ζευγών των εξεταζόμενων επιλογών σε ένα κριτήριο αποτυπώνεται σε έναν τετραγωνικό πίνακα διαστάσεων m . Ο πίνακας δεν είναι συμμετρικός καθώς αν $P_n > 0$, τότε εξ ορισμού $P_n = 0$, δηλαδή η κατάσταση μη προτίμησης προσδιορίζεται επίσης με μηδενική τιμή του δείκτη. Το πρώτο βήμα ολοκληρώνεται όταν εξετασθούν και τα k κριτήρια αξιολόγησης, δηλαδή κατασκευασθούν k πίνακες.

Βήμα 2: Υπολογισμός συνολικών δεικτών προτίμησης.

Για κάθε ζεύγος επιλογών υπολογίζεται ένας συνολικός δείκτης προτίμησης $\sum p_n$ ως άθροισμα των μερικών σχέσεων προτίμησης σε κάθε κριτήριο P_n , σταθμισμένο ανάλογα με τους συντελεστές βαρύτητας των κριτηρίων.

Οι δείκτες συνολικής προτίμησης παίρ
νουν τιμές επίσης στο διάστημα $[0,1]$ και υποδηλώνουν αν και σε τι βαθμό μία επιλογή επαληθεύει τον ισχυρισμό ότι υπερέρχει έναντι της δεύτερης επιλογής, λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των κριτηρίων. Τα αποτελέσματα του υπολογισμού των συνολικών δεικτών προτίμησης αποτυπώνονται σε έναν τελικό πίνακα.

Βήμα 3: Υπολογισμός θετικών και αρνητικών ροών

Στο στάδιο αυτό υπολογίζονται για κάθε λύση, δύο μέτρα αξιολόγησης που δείχνουν σε τι βαθμό η λύση αυτή υπερέρχει ή υπολείπεται έναντι όλων των υπολοίπων επιλογών. Τα μέτρα αυτά ονομάζονται θετική και αρνητική ροή, αντίστοιχα και ορίζονται ως εξής:

Θετική ροή

Η θετική ροή για την κάθε λύση προκύπτει από το άθροισμα των στοιχείων της αντίστοιχης σειράς δια του αριθμού των υπολοίπων επιλογών $(m-1)$ και δείχνει το μέσο βαθμό κυριαρχίας της λύσης. Συνάγεται ότι όσο μεγαλύτερη η τιμή της θετικής ροής σε σχέση με τις θετικές ροές των υπολοίπων επιλογών τόσο καλύτερη είναι η λύση αυτή.

Αρνητική ροή

Η αρνητική ροή για την κάθε λύση προκύπτει από το άθροισμα των στοιχείων της αντίστοιχης στήλης δια του αριθμού των υπολοίπων επιλογών $(m-1)$ και δείχνει το μέσο βαθμό που η λύση αυτή κυριαρχείται από τις υπόλοιπες επιλογές. Συνάγεται ότι όσο μικρότερη η τιμή της αρνητικής ροής σε σχέση με τις αρνητικές ροές των υπολοίπων επιλογών τόσο καλύτερη είναι η λύση αυτή.

Βήμα 4: Μερική κατάταξη των επιλογών

Στο στάδιο αυτό κατασκευάζονται αρχικά δύο πλήρεις κατατάξεις (χωρίς ασυγκρισσιμότητες) με βάση τις τιμές των θετικών και αρνητικών ροών. Για 2 εναλλακτικά σενάρια a και b οι κατατάξεις παρουσιάζονται παρακάτω:

Κατάταξη με βάση τις θετικές ροές (φ^+)

- $a S^+ b$ Αν $\varphi^+(a) > \varphi^+(b)$ Θετική υπεροχή
- $a I^+ b$ Αν $\varphi^+(a) = \varphi^+(b)$ Θετική αδιαφορία

Κατάταξη με βάση τις αρνητικές ροές (φ^-)

- $a S^- b$ Αν $\varphi^-(a) < \varphi^-(b)$ Αρνητική υπεροχή
- $a I^- b$ Αν $\varphi^-(a) = \varphi^-(b)$ Αρνητική αδιαφορία

Η μερική κατάταξη που περιλαμβάνει καταστάσεις προτίμησης, αδιαφορίας και ασυγκρισσιμότητας, προκύπτει ως τομή των δύο αυτών κατατάξεων (θετικής και αρνητικής) ως εξής:

Προτίμηση: $a P_I b$ αν $a S^+ b$ και $a S^- b$ ή

$a S^+ b$ και $a I^- b$ ή

$a I^+ b$ και $a S^- b$

Αδιαφορία: $a I_I b$ αν $a I^+ b$ και $a I^- b$

Ασυγκρισσιμότητα: $a R_I b$ αν $a S^+ b$ και $a S^- b$

Βήμα 5: Πλήρης κατάταξη των επιλογών:

Στο τελικό αυτό στάδιο της μεθόδου κατασκευάζεται μια μοναδική πλήρης κατάταξη των επιλογών με βάση ένα καθαρό μέτρο υπεροχής κάθε επιλογής. Το μέτρο αυτό ονομάζεται καθαρή ροή (φ) και προκύπτει ως η διαφορά μεταξύ θετικής και αρνητικής ροής. Η καθαρή

ροή αποτελεί μέτρο της καθαρής υπεροχής ή κυριαρχίας κάθε επιλογής και αναγνωρίζει μόνο καταστάσεις προτίμησης και αδιαφορίας επιτρέποντας την πλήρη κατάταξη τους:

Προτίμηση: $a P_{II} b$ αν $\varphi(a) > \varphi(b)$

Αδιαφορία: $a P_{II} b$ αν $\varphi(a) = \varphi(b)$

PROMETHEE III,IV,V

Η μέθοδος **PROMETHEE III** καταλήγει, όχι σε μια μερική προδιάταξη των δράσεων, αλλά σε διάταξη διαστημάτων, ενώ η **PROMETHEE IV** γενικεύει την **PROMETHEE II** στην περίπτωση που το σύνολο A δεν είναι πεπερασμένο.

Στην **PROMETHEE V** αναζητείται η επιλογή ενός συνόλου δράσεως από το σύνολο A υπό το καθεστώς πρόσθετων περιορισμών (προϋπολογισμούς, απόδοσης, ρίσκου,...).

Ας συμβολίσουμε το σύνολο A ως εξής:

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_m\}$$

Ορίζονται τώρα οι εξής δίτιμες μεταβλητές απόφασης:

$$X_i = \begin{cases} 1, & \text{εάν } a_i \text{ επιλέγεται, } \forall i \\ 0, & \text{εάν } a_i \text{ απορρίπτεται, } \forall i \end{cases}$$

Η διαδικασία **PROMETHEE V** ολοκληρώνεται σε δυο βήματα:

Βήμα 1: Το πολυκριτήριο πρόβλημα θεωρείται αρχικά χωρίς περιορισμούς. Η κατάταξη της **PROMETHEE II** υπολογίζει για κάθε δράση a_i την καθαρή ροή $\varphi(a_i)$, $i = 1, 2, \dots, m$.

Βήμα 2: Επιλύεται το 0-1 ακέραιο γραμμικό πρόβλημα:

$$[max]z = \sum_{i=1}^m [\varphi(a_i)] x_i$$

υ. π

$$\sum_{i=1}^m a_{pi}x_i \sim \beta_p, p = 1, 2, \dots, P$$

$$x_i \in \{0, 1\}, i=1, 2, \dots, m$$

όπου, το σύμβολο \sim σημαίνει $=, \leq$ ή \geq . Οι συντελεστές των μεταβλητών απόφασης x_i στην αντικειμενική συνάρτηση είναι οι καθαρές ροές των δράσεων. Οι συντελεστές a_{pi} και β_p στους περιορισμούς είναι πραγματικοί αριθμοί.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΧΕΣΕΩΝ ΥΠΕΡΟΧΗΣ

Συνεταιριστική Στρατηγική (*)

Μεγάλος συνεταιρισμός προώθησης προϊόντων πρόκειται να πάρει σημαντικές αποφάσεις στο πλαίσιο εμπορικής στρατηγικής που αποσκοπεί κυρίως στην ανάπτυξη νέων καταστημάτων.

Σε συνάφεια με το πρόβλημα επιλογής του τύπου των καταστημάτων που θέλει να ανοίξει ο συνεταιρισμός τοποθετούνται και τα εξής ζητήματα:

- Οργάνωση και διοίκηση των καταστημάτων (αποθήκες, μεταφορές,προσωπικό,...)
- Εμπορική στρατηγική των καταστημάτων (προϊόντα,αγορά,...)

Οι κατηγορίες καταστημάτων που ενδιαφέρουν τον συνεταιρισμό είναι τέσσερις :

- **μικρές επιφάνειες:** μικρά μαγαζιά συνολικής επιφάνειας μικρότερης των 200 τ.μ. των οποίων η δραστηριότητα περιορίζεται κυρίως στην πώληση ειδών διατροφής.
- **μικρά σουπερμάρκετς:** γενικά καταστήματα επιφάνειας μεταξύ 300 και 800 τ.μ.. τα οποία ελέγχουν πελατεία σε ακτίνα μέχρι 600 μέτρων περίπου.
- **μεγάλα σουπερμάρκετς:** γενικά καταστήματα επιφάνειας μεταξύ 800 και 2000 τ.μ. που ελέγχουν πελατεία σε ακτίνα μέχρι και 10 χιλιομέτρων.
- **υπεραγορές: επιφάνειες** άνω των 2500 τ.μ. που λειτουργούν συνήθως έξω από πόλεις.

Ο Πρόεδρος του διοικητικού συμβουλίου του συνεταιρισμού διέκρινε δύο κατηγορίες στρατηγικών: (1) τις καθαρές στρατηγικές που συνίστανται στο άνοιγμα καταστημάτων ενός και μόνο τύπου, όπως για παράδειγμα μόνο μικρών σουπερμάρκετς, (2) τις μικτές στρατηγικές οι οποίες αποτελούν συνδυασμούς καθαρών στρατηγικών. Ο αριθμός

καταστημάτων που θα μπορούσαν να ανοιχτούν σε ετήσια βάση στα πλαίσια των δυο κατηγοριών στρατηγικών δίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας : Εναλλακτικές συνεταιριστικές στρατηγικές

α/α	Στρατηγική	Αριθμός καταστημάτων/ έτος
1	Μόνο υπεραγορές	1 έως 2
2	Υπεραγορές + Μεγάλα σουπερμάρκετς	0,33+2 έως 3
3	Μόνο μεγάλα σουπερμάρκετς	4 έως 5
4	Υπεραγορές + Μικρά σουπερ.	0,33+4 έως 5
5	Μεγάλα σουπερμάρκετς + Μικρά σουπερμάρκετς	2 έως 3+4 έως 5
6	Μεγάλα σουπερμάρκετς + Μικρές επιφάνειες	2 έως 3+12 έως 15
7	Μόνο μικρά σουπερμάρκετς	6 έως 8
8	Μικρά σουπερ.+Μικρές επιφά.	4 έως 5+12 έως 15
9	Μόνο μικρές επιφάνειες	20 έως 30

Για παράδειγμα, η στρατηγική 5 δηλώνει ότι εάν ο συνεταιρισμός αποφάσιζε να ανοίξει μόνο μεγάλα και μικρά σουπερμάρκετς, ο αριθμός καταστημάτων που μπορεί να ανοίξει ετήσια είναι 2 έως 3 της πρώτης κατηγορίας και 4 έως 5 της δεύτερης. Για τους υπολογισμούς όμως χρησιμοποιούνται πάντα μέσες τιμές, δηλαδή 2.5 μεγάλα σουπερμάρκετς και 4.5 μικρά σουπερμάρκετς στην περίπτωση της στρατηγικής 5.

Οι στρατηγικές (καθαρές ή μικτές) εκτιμώνται συνήθως με τη βοήθεια μέσων τιμών επιφάνειας και ετήσιας απόδοσης για κάθε τύπο καταστήματος. Για την περίπτωση των καθαρών στρατηγικών στοιχεία αυτού του τύπου περιλαμβάνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας : Χαρακτηριστικά καθαρών στρατηγικών

Χαρακτηριστικά	Μικρή επιφάνεια	Μικρό σουπερμάρκετ	Μεγάλο σουπερμάρκετ	Υπεραγορά
Μέση επιφάνεια πώλησης (τ.μ.)	56	500	1.000	4.000
Μέση ετήσια απόδοση(χιλ./τ.μ.)	25	19	20	24
Τζίρος/κατάστημα (εκατομμύρια)	1.4	9.5	20	96
Αριθμός καταστημάτων/έτος	25	7	4.5	1.5
Τζίρος στρατηγικής (εκατομμύρια)	35	66.5	90	144

Για τη φάση της επιλογής της καλύτερης στρατηγικής, το διοικητικό συμβούλιο κατέληξε με σαφήνεια σε 12 κριτήρια βάσει των οποίων πρέπει να γίνει η επιλογή αυτή. Τα κριτήρια αυτά και οι κλίμακες αξιολόγησης των στρατηγικών είναι τα εξής:

1. Ο συνολικός ετήσιος τζίρος (σε εκατομμύρια ευρώ).
2. Το μερίδιο αγοράς στη ζώνη ανταγωνισμού των καταστημάτων (σε ποσοστό επί τοις εκατό).
3. Η απόδοση της επένδυσης (ποσοστό επί τοις εκατό, που ορίζει το κέρδος επί των εξόδων κάθε κατηγορίας μαγαζιών αναγόμενο στην αναγκαιούσα μέση επένδυση).
4. Δυναμικότητα (ποσοστό τζίρου από πωλήσεις προϊόντων που δεν αποτελούν είδη διατροφής).
5. Εμπορικό ρίσκο (πιθανότητα μη πραγματοποίησης του μέσου τζίρου, όπως αυτός υπολογίστηκε στο κριτήριο 0).
6. Δυνατότητα χρηματοδότησης της στρατηγικής (βαθμός από 0 έως 20 που παίρνει υπόψη του τόσο το ύψος της συνολικής επένδυσης όσο και τη διαιρετότητα της).
7. Ευκαιρίες ανοίγματος καταστημάτων (βαθμός από 0 έως 20).

8. Λογισμικό κόστος (βαθμός από 0 έως 20 που ερμηνεύει το κόστος αποθήκης, μεταφοράς, μηχανογράφησης και επιθεώρησης των μαγαζιών).
9. Ποσοστό συνεταιίρων (βαθμός από 0 έως 20, που πριμοδοτεί κυρίως τα μικρότερα μαγαζιά, αφού ο αριθμός των συνεταιίρων αυξάνει).
10. Εικόνα του συνεταιρισμού (βαθμός από 0 έως 20, που πριμοδοτεί τις μεγάλες επιφάνειες λόγω μεγάλης γνωριμίας με το κοινό).
11. Πώληση προϊόντων του συνεταιρισμού (βάθμος από 0 έως 20, δηλωτικός του τζίρου που αντιπροσωπεύει πωλήσεις προϊόντων του ίδιου του συνεταιρισμού).
12. Εξέλιξη της διανομής (βαθμός από 0 έως 20, που εκφράζει την ανάπτυξη των καταστημάτων σε σχέση με τον εκσυγχρονισμό και την προσαρμογή τους στον τρόπο ζωής).

Οι πολυκρήριες αξιολογήσεις καθεμίας σταρτηγικής, συνοδευόμενες από την τάξη προτίμησης τους μέσα στην κατάταξη που υποδήλει κάθε κριτήριο δινονται από τον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας : Πίνακας αξιολόγησης των στρατηγικών στα δώδεκα κριτήρια

α/α	Κριτήρια											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	144(1)	9(4)	14(9)	30(1)	10(1)	10(9)	6(9)	15(6)	3(9)	20(1)	3(9)	20(1)
2	98(2)	8.4(6)	14.9(8)	25(2)	12,2(5)	12(6)	10(8)	16(5)	6(8)	16(2)	5(8)	15(2)
3	90(3)	7(7)	16(6)	20(3)	13.5(9)	11(6)	15(4)	18(3)	8(7)	12(4)	6(7)	13(3)
4	91(3)	9(4)	15.4(6)	20(3)	11. (3)	12(6)	13(5)	17(4)	11(6)	16(2)	8(5)	9(4)
5	93(3)	7.1(7)	16.5(5)	15(5)	12.8(7)	14(5)	17(2)	19(2)	12(5)	12(4)	8(5)	8(5)
6	69(6)	7(7)	20(3)	15(5)	12.7(7)	16(4)	13(5)	10(8)	15(3)	8(7)	9(4)	8(5)
7	66.5(6)	12(1)	17(4)	10(7)	12.0(5)	15(3)	20(1)	20(1)	15(3)	12(4)	13(3)	6(7)
8	62(8)	11.1(2)	21.3(2)	8(8)	11.5(4)	17(2)	16(3)	11(7)	18(2)	8(7)	15(2)	5(8)
9	35(9)	10(3)	31(1)	5(9)	10.5(2)	20(1)	12(7)	6(9)	20(1)	4(9)	20(1)	3(9)

Ο οικονομικός σύμβουλος του συνεταιρισμού προσπαθώντας << να βάλει μια τάξη >> στο μεγάλο πλήθος των κριτηρίων, προσπαθεί να εκμαιεύσει από τους αποφασίζοντες υποκειμενικά βάρη για τα 12 κριτήρια, χρησιμοποιώντας τιμές από το τρισύνολο { 1,2,3} για τις εξής περιπτώσεις :

Σενάριο 1^ο

Ο συνεταιριστικός οργανισμός βρίσκεται σε άνετη οικονομική κατάσταση, που σημαίνει :

- σημαντικός ετήσιος τζίρος, της τάξης του 1 δισεκατομμυρίου ευρώ
- σημαντική υποδομή και αποτελεσματικό σύνολο λειτουργικών υπηρεσιών
- δυνατότητες αυτοχρηματοδότησης

Σενάριο 2^ο

Ο συνεταιρισμός δεν κατέχει καθοριστική θέση στην αγορά και παρουσιάζει:

- ετήσιο τζίρο 300 εκατομμυρίων ευρώ
- υπηρεσίες αμφίβολης αποτελεσματικότητας
- περιορισμένες δυνατότητες αυτοχρηματοδότησης
- περιορισμένης έκτασης υποδομή.

Στάδιο 1: Αντικείμενο της απόφασης

Σύνολο δράσεων

Ο οικονομικός σύμβουλος του συνεταιρισμού, σε ρόλο αναλυτή του προβλήματος, διακρίνει στις προθέσεις του διοικητικού συμβουλίου την προοπτική επιλογής μιας εναλλακτικής στρατηγικής, από τις εννέα του παραπάνω πίνακα. Έτσι λοιπόν σύνολο A δράσεων στο πρόβλημα του συνεταιρισμού είναι το σύνολο των εννέα δυνατών στρατηγικών:

$$A = \{ a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, a_9 \}$$

Προβληματική

Εφ'όσον η επιλογή μιας στρατηγικής από το σύνολο A αποκλείει την επιλογή μιας άλλης, η προβληματική εδώ είναι η α (επιλογή), τόσο για το αισιόδοξο όσο και για το απαισιόδοξο σενάριο.

Στάδιο 2 : Συνεπής οικογένεια κριτηρίων

Στο σύστημα αξιολόγησης των δώδεκα κριτηρίων φαίνεται να συμπεριλαμβάνεται κάθε δυνατή επίπτωση που αναμένεται να έχει στον συνεταιρισμό η επιλογή μιας στρατηγικής. Οι επιπτώσεις αυτές είναι : οικονομικές (κριτήρια 1,2,3,4,8), εμπορικού κινδύνου (κριτήρια 5,6), κοινωνικές (κριτήρια 7,9) και ανταγωνισμού στην αγορά (κριτήρια 10,11,12).

Εκτός από το κριτήριο 5 του εμπορικού ρίσκου, όπου μπορεί να εκληφθεί ως μετρική κλίμακα η κλίμακα αρνητικής πιθανότητας [-100% - 0%], τα υπόλοιπα κριτήρια πλήρουν την συνθήκη της επάρκειας (όσο μεγαλύτερη τιμή τόσο καλύτερα). Ακόμη όλα τα κριτήρια είναι κριτήρια μέτρου. Τα πέντε πρώτα (κριτήρια 1-5) χρησιμοποιούν κλίμακες φυσικών μονάδων και εμπεριέχουν έμμεσα κατώφλια αδιαφορίας, όπως για παράδειγμα στο κριτήριο του τζίρου (κριτήριο 1). όπου ακόμη και με διαφορά 3Μ ευρώ (στρατηγικές 3-5) αφήνει τον αποφασίζοντα αδιάφορο (κοινή θέση κατάταξη :3). Από την άλλη πλευρά, στα κριτήρια 6-12 υιοθετείται μια τεχνητή κλίμακα αξιολόγησης 0-20, η οποία είναι κλίμακα μέτρου και δεν φαίνεται να υπονοεί κατώφλια αδιαφορίας.

Ο οικονομικός σύμβουλος του συνεταιρισμού κλείνει ραντεβού με τον Πρόεδρο του διοικητικού συμβουλίου, προκειμένου να καθορίσουν από κοινού τις τιμές των παραμέτρων που απαιτούνται για να εφαρμοστούν οι μέθοδοι ELECTRE. Ο σύμβουλος γνώστης των μεθόδων αυτών, έχει κατά νου να εφαρμόσει έναν δικό του συνδυασμό μεταξύ ELECTRE I και II στα πλαίσια κυρίως της προβληματικής (α) επιλογής.

Στον διάλογο που ακολουθεί, ο Πρόεδρος ερωτάται πόσο σημαντικά είναι τα κριτήρια απόφασης , βαθμολογώντας τα από το 1 (λίγο σημαντικό) έως το 3 (πολύ σημαντικό), τόσο στο πλαίσιο του 1^{ου} Σεναρίου (ανθηρή οικονομική κατάσταση) όσο και στο πλαίσιο του 2^{ου} (προβληματική κατάσταση). Στον πίνακα που ακολουθεί περιλαμβάνονται οι απαντήσεις και υπολογίζονται τα σχετικά βάρη των κριτηρίων (άθροισμα η μονάδα).

Πίνακας : Βάρη κριτηρίων επιλογής συνεταιριστικής στρατηγικής στα πλαίσια δυο πιθανών σεναρίων.

α/α	Κριτήριο	Σενάριο 1°		Σενάριο 2°	
		Βάρος	Σχετικό βάρος	Βάρος	Σχετικό βάρος
1	Ετήσιο τζίρος	3	0.15	2	0.10
2	Μερίδιο αγοράς	2	0.10	1	0.05
3	Απόδοση επένδυσης	1	0.05	3	0.15
4	Δυναμικότητα	2	0.10	1	0.05
5	Εμπορικό ρίσκο	1	0.05	3	0.15
6	Δυναμικότητα χρηματοδότησης	1	0.05	2	0.10
7	Ευκαιρίες ανοίγματος	2	0.10	1	0.05
8	Λογιστικό κόστος	1	0.05	2	0.10
9	Ποσοστό συναιταίρων	1	0.05	2	0.10
10	Εικόνα συναιταιρισμού	2	0.10	1	0.05
11	Πώληση προϊόντων	1	0.05	1	0.05
12	Εξέλιξη διανομής	2	0.10	1	0.05
Σύνολο		20	1	20	1

Επόμενο βήμα του διαλόγου είναι ο προσδιορισμός των κατωφλίων βέτο. Ο Πρόεδρος ερωτάται, ποια είναι εκείνα τα ισχυρά κριτήρια που μπορούν να ανατρέψουν τη καθολική υπεροχή μιας στρατηγικής έναντι μιας άλλης σε όλα τα άλλα κριτήρια και για ποιες διαφορές. Μετά από τις απαραίτητες διευκρινήσεις οι δυο πρωταγωνιστές καταλήγουν σε τρία κριτήρια:

- **Ετήσιος τζίρος g1:** Για να υπερέχει συνολικά μια στρατηγική a μια άλλης b, ο λόγος της τιμής που παίρνει η στρατηγική a στο κριτήριο αυτό προς την τιμή της στρατηγικής b πρέπει να είναι τουλάχιστον 0.60 ($g1(a)/g1(b) \geq 0.6$) για την ισχυρή S^1 και τουλάχιστον 0.45 για την ασθενή υπεροχή S^2 .

- **Απόδοση επένδυσης g3:** Ομοίως ο λόγος τιμών στο κριτήριο αυτό πρέπει να είναι τουλάχιστον 0.70 για την ισχυρή υπεροχή S^1 και τουλάχιστον 0.50 για την ασθενή υπεροχή S^2 .

- **Δυνατότητα χρηματοδότησης g6:** Η διαφορά μεταξύ των βαθμών που παίρνουν οι στρατηγικές a και b πρέπει να είναι το πολύ 4 βαθμοί για την ισχυρή υπεροχή και $a S^1 b$ ($g6(b)-g6(a) \leq 4$) και το πολύ 7 βαθμοί για την ασθενή υπεροχή $a S^2 b$.

Σενάριο 1^ο

Οι τιμές του δείκτη συμφωνίας $C(a,b)$ για τις 72 συγκρίσεις μεταξύ των 9 στρατηγικών δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας : Δείκτης συμφωνίας $C(a,b)$ μεταξύ εννέα συνεταιριστικών στρατηγικών $A = \{1,2,\dots,9\}$.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.65	0.60	0.55	0.55
2	0.40	1	0.60	0.45	0.60	0.65	0.50	0.50	0.50
3	0.40	0.65	1	0.60	0.55	0.70	0.45	0.50	0.60
4	0.50	0.65	0.75	1	0.65	0.75	0.50	0.55	0.60
5	0.40	0.40	0.80	0.55	1	0.75	0.45	0.60	0.60
6	0.35	0.35	0.40	0.35	0.60	1	0.50	0.45	0.60
7	0.50	0.55	0.65	0.65	0.80	0.70	1	0.70	0.70
8	0.45	0.50	0.50	0.45	0.40	0.65	0.30	1	0.70
9	0.45	0.50	0.40	0.40	0.40	0.40	0.30	0.30	1

Ισχυρή υπεροχή

Παίρνοντας ως κατώφλι συμφωνίας $s = 0.65$ για την ισχυρή υπεροχή, ο σύμβουλος καταλήγει στα παρακάτω αποτελέσματα:

$$2 S^1 6,3 S^1 2,4 S^1 2,4 S^1 3,4 S^1 5,4 S^1 6,5 S^1 3,5 S^1 6,7 S^1 3,7 S^1 4,7 S^1 5,7 S^1 6,7 S^1 8,8 S^1 6.$$

Ας σημειωθεί ότι τέσσερις ισχυρές υπεροχές έχουν ανατραπεί από το βέτο ισχυρής υπεροχής. Αυτές είναι:

$$1 S^1 6,3 S^1 6,7 S^1 9,8 S^1 9.$$

Την προσοχή του οικονομικού αναλυτή αποσπά το υποσύνολο:

$$D^1 = \{1,4,7,9\}$$

Είναι φυσικά ένα καλό σύνολο στρατηγικών, αλλά δεν είναι ο πυρήνας $\Pi = \{1,2,7,9\}$. Η διαφορά βρίσκεται στις στρατηγικές 2 και 4, για τις οποίες ισχύει: $4 S^1 2$. Στην περίπτωση του D^1 λοιπόν, μια καλή στρατηγική μπορεί να είναι μια από τις παρακάτω:

- Μόνο υπεραγορές (1)
- Υπεραγορές + Μικρά σουπερμάρκετς (4)
- Μόνο μικρά σουπερμάρκετς (7)
- Μόνο μικρές επιφάνειες (9)

Η λύση << μόνο μικρά μαγαζιά >> (9) δεν μπορεί εύκολα να συγκριθεί με τις ακραίες στρατηγικές που ευνοούν το τζίρο και την εικόνα του συνεταιρισμού. Αντίθετα όλες οι λύσεις που περιλαμβάνουν μεγάλα σουπερμάρκετς πρέπει να αποκλείστουν διότι υπερέχονται από τις λύσεις << υπεραγορές >>.

Ο σύμβουλος προκειμένου να μειώσει το πλήθος των στοιχείων του συνόλου D^1 έχει δυο επιλογές:

- Να πείσει τον Πρόεδρο να χαλαρώσει το βέτο του κριτηρίου $g3$ << απόδοση επένδυσης >>, από την τιμή του λόγου 0,70 σε 0,55. Σε μια τέτοια περίπτωση η στρατηγική 9 αποκλείεται από το σύνολο D^1 των υποψήφιων επιλογών.
- Να χρησιμοποιήσει τη σχέση της ασθενούς υπεροχής.

Ασθενής υπεροχή

Εφαρμόζοντας τα πιο πάνω αναφερθέντα χαλαρά κατώφλια βέτο καθώς και $s = 0.55$ για το κατώφλι συμφωνίας. Τώρα όπως και προηγουμένος ο σύμβουλος κατακρατεί ωε καλές στρατηγικές το σύνολο :

$D^2 = \{1,7\}$ αντί του πυρήνα $\Pi = \{1,9\}$. Σημειωτέο είναι ότι η στρατηγική 1 << μόνο υπεραγορές>> δεν υπερέχει της 9, λόγω κατωβλίου βέτο, υπερέχει όμως της 7 η οποία με τη σειρά της υπερέχει της 9.

Υποστήριξη αποφάσεων του συνεταιρισμού

Ο σύμβουλος θα πρέπει να συζητήσει με τον Πρόεδρο και το διοικητικό συμβούλιο του συνεταιρισμού τα ακόλουθα σημεία :

- Εάν υπάρξει υπαναχώρηση στο αυστηρό κατώβλι βέτο του κριτηρίου << δυνατότητα χρηματοδότησης>> γβ, η στρατηγική 1 υπερέχει όλων ανεξάρτητα των σταρτηγικών και μπορεί ανεπιφύλακτα να επιλεγεί από τον συνεταιρισμό.
- Η υπεροχή της στρατηγικής 1 είναι κάπως εύθραστη δεδομένου ότι δεν περιλαμβάνει καμία ισχυρή υπεροχή. Συνεπώς το αποτέλεσμα αυτό είναι αρκετά ευαίσθητο στα βάρη που έχουν δοθεί στα κριτήρια.
- Η καλύτερη μικτή σταρτηγική 4 << υπεραγορές + μικρά σουπερμάρκετς>> έρχεται τρίτη στην κατάταξη. Δεν θα πρέπει λοιπόν να αποκλειστεί με μεγάλη ευκολία.
- Η στρατηγική 9 << μόνο μαγαζία>> δεν υπερέχει καμιάς άλλης ενώ υπερέχεται από όλες πλην της 1. Φαίνεται λοιπόν λογικό να μην απασχολήσει τον συνεταιρισμό.

Σενάριο 2^ο

Στο σενάριο αυτό δεν γίνεται αναλυτική αναφορά στα αποτελέσματα, αφού η μεθοδολογία του οικονομικού συμβούλου είναι πανομοιότυπη.

Ο αναλυτής εξάγει το σύνολο:

$$D^1 = \{1,4,7,8,9\}$$

πράγμα που καθιστά απαραίτητη την προσφυγή στην ασθενή υπεροχή οπότε:

$$D^2 = \{7,9\}$$

Δεν πρόκειται πάλι για τον πυρήνα αφού ισχύει : $9 \mathcal{S}^2 7$ αλλά αυτο δεν αρκεί για να αποκλειστεί τελείως η στρατηγική 7.

Υποστήριξη απόφασης

Πρέπει να σημειωθεί το γεγονός ότι η στρατηγική 9 υπερέχει των στρατηγικών 6,7 και 8 αλλά δεν υπερέχει των στρατηγικών 2,3,4,5 και 6 λόγω του περιορισμού του βέτο στο κριτήριο <<ετήσιος τσίρος>>. Μια ενδεχόμενη χαλάρωση αυτού του βέτο, θα επέτρεπε την επιλογή της στρατηγικής 9 αφού αυτή θα υπερείχε όλων των άλλων πλην της 1 (μη συγκρίσιμες).

Η εμπειρία του 2^ο σεναρίου επιτρέπει να διαπιστωθεί η μη συγκρισιμότητα των ακραίων στρατηγικών 1 και 9. Η στρατηγική 1 υπερέχεται από όλες τις άλλες πλην της 6, της 8 και της 9. Τούτο επιβάλλει στον συνεταιρισμό να μην αφήσει απαρατήρητη τη στρατηγική 7 << μόνο μικρά σουπερμάρκετς>>.

(*) Θέμα εμνευσμένο από τη μελέτη των Rohmer & Veret που δημοσιεύτηκε στο βιβλίο Jacquet-Lagrange, E. & J. Siskos (1983).

Επέκταση μετρό (*)

Η Αθηναίκο μετρό Α.Ε. επιθυμεί να ιεραρχήσει ορθολογικά τα έργα επέκτασης του υπάρχοντος δικτύου του μετρό της Αθήνας. Η ιεράρχηση θα πρέπει να βασίζεται στην αξιολόγηση των έργων με κριτήρια τεχνικο-κοινωνικο-οικονομικά και να υποστηρίζει με σαφήνεια την επίτευξη χρονοδιαγράμματος υλοποίησης των έργων. Τα κριτήρια αυτά ορίζονται ως εξής:

Κοινωνικά κριτήρια

- g1: Αριθμός κατοίκων και εργαζομένων που εξυπηρετούνται ανά χιλιόμετρο επέκτασης της γραμμής.

- g2: Αριθμός διακινούμενων επιβατών ανά χιλιόμετρο επέκτασης της γραμμής ανά μέρα.

Οικονομικά κριτήρια

- g3: Κόστος κατασκευής ανά χιλιόμετρο επέκτασης (σε εκατομμύρια ευρώ).
- g4: Δείκτης απόδοσης της επένδυσης (%).

Τεχνικο-οργανωσιακά κριτήρια

- g5: Δείκτης συνοχής του δικτύου (βαθμολογείται απο εμπειρογνώμονες με άριστα το 10)
- g6: Δείκτης αστικής αναβάθμισης (βαθμολογείται από εμπειρογνώμονες με άριστα το 10).

Μετά από μεγάλης διάρκειας μελέτες ο υπεύθυνος του τομέα προγραμματισμού της εταιρείας, κατέληξε στην αξιολόγηση των υπό ιεράρχηση επεκτάσεων που δίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας : Αξιολόγηση επεκτάσεων του μετρό από τερματικούς σταθμούς

Επέκταση	g1	g2	g3	g4	g5	g6
A	300.000	40.000	50	10	8	5
B	180.000	35.000	35	15	5	8
Γ	100.000	20.000	25	12	5	6
Δ	150.000	30.000	30	15	5	6

Στάδιο 1 : Αντικείμενο της απόφασης

Σύνολο δράσεων – Προβληματική

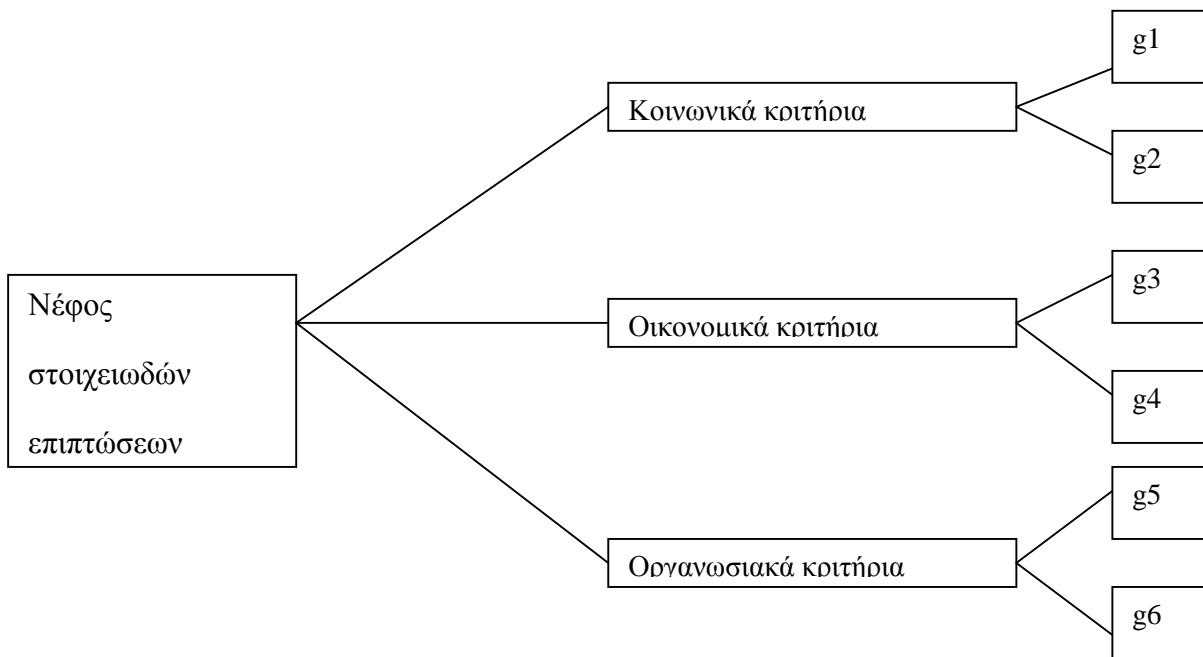
Ως σύνολο δράσεων πρέπει να εκληφθεί εδώ το σύνολο των υπό προγραμματισμό επεκτάσεων του μετρό:

$$A=\{A,B,\Gamma,\Delta\}$$

Το πρόβλημα της ιεράρχησης των έργων είναι άμεσα συνυφασμένο με τον προγραμματισμό των επενδύσεων της Αθηναικό μετρό Α.Ε. Κατά συνέπεια η προβληματική γ της κατάταξης θα επιτρέψει στον υπεύθυνο του τομέα προγραμματισμού να εκπονήσει πρόγραμμα χρηματοδότησης των νέων γραμμών στο άμεσο και απώτερο μέλλον.

Στάδιο 2: Συνεπής οικογένεια κριτηρίων

Η συνεπής οικογένεια των προτεινόμενων κριτηρίων αξιολόγησης έχει δομηθεί στη βάση των τριών αξόνων προτίμησης του παρακάτω σχήματος. Την συνθήκη της συνέπειας δεν ικανοποιεί μόνο το κριτήριο g3 του κόστους κατασκευής ανά χιλιόμετρο γραμμής, το οποίο πρέπει να αλλάξει πρόσημο (αρνητικό κόστος). Όλα τα κριτήρια είναι ποσοτικά.



Σχήμα: Διαδικασία κατασκευής συνεπούς οικογένειας κριτηρίων για την ιεράρχηση των επεκτάσεων του μετρό.

Ο τομεάρχης προγραμματισμού της Αθηναικό μετρό Α.Ε. σε ταυτόχρονο ρόλο αναλυτή και <<αποφασίζοντος>>, κρίνει ότι οι μελλοντικές επεκτάσεις μπορούν να ιεραρχηθούν με τη βοήθεια πολυκριτηρίων μεθόδων. Αφού συμβουλευτήκε τη σχετική βιβλιογραφία, αποφασίζει να χρησιμοποιήσει τη μέθοδο πλήρους κατάταξης PROMETHEE II. Ένα τέτοιο ενχέρημα τον υποχρεώνει να αντιμετωπίσει τα ακόλουθα δυο προβλήματα:

Πρόβλημα των μικρών διαφορών: Ορισμένοι αριθμητικοί δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν για τη μοντελοποίηση των κριτηρίων δεν δίνουν ενδεχομένως την πραγματική εικόνα της κατάστασης που θα επακολουθήσει της κατασκευής των επεκτάσεων, κάτι που δυσκολεύει τις συγκρίσεις που πρέπει να βασιστούν σε μικρές διαφορές αξιολογήσεων. Μπροστά στον κίνδυνο να βγουν λάθος συμπεράσματα ο τομέαρχης θεωρεί ότι τα δυο πρώτα κριτήρια – αποτελέσματα δημοσκοπήσεων πρέπει να μοντελοποιηθούν ως ψευδοκριτήρια με τα εξής κατώφλια αδιαφορίας q και προτίμησης p (άτομα/ χιλιόμετρο γραμμής):

$$q_1=20.000, \quad p_1=50.000$$

$$q_2=2.000, \quad p_2=8.000$$

Τα υπόλοιπα κριτήρια είναι πραγματικά κριτήρια. Οι διαπιστώσεις αυτές εντάσσουν τα κριτήρια g_1, g_2 στην κατηγορία 5, ενώ τα υπόλοιπα στην κατηγορία 1.

Πρόβλημα βαρύτητας κριτηρίων: Μετά από συνεννόηση με τα μέλη του διοικητικού συμβουλίου παίρνει ένα πακέτο με έξι κάρτες όσα και τα κριτήρια και ένα πακέτο με λευκές που θα εισχωρήσει ενδεχομένως ανάμεσα στις πρώτες για να αναδείξει το μέγεθος της διαφοράς βάρους που χωρίζει τα κριτήρια. Η διαδικασία αυτή αρχίζει με τα λιγότερο σημαντικά κριτήρια $\{g_5, g_6\}$, 1 λευκή κάρτα κτλ. και τελειώνει με το πιο σημαντικό κριτήριο $\{g_3\}$. Η όλη υπολογιστική διαδικασία περιγράφεται στις διαδοχικές στήλες του παρακάτω πίνακα, απ' όπου συνάγονται οι εξής συντελεστές βαρύτητας:

$$w_1=0.20, \quad w_2=0.20, \quad w_3=0.33, \quad w_4=0.15, \quad w_5=0.06, \quad w_6=0.06$$

Πίνακας: Υπολογισμός των βαρών των κριτηρίων πέκτασης του μετρό, με τη μέθοδο Simos.

Κλάση	Αριθ. καρτών	Θέσεις	Μη κανον. βάρος	Κανον. βάρος	Βάρος κλάσης
{g5,g6}	2	1,2	$\frac{1+2}{2} = 1,5$	$1.5 \times \frac{100}{27} = 5,6 \rightarrow 6$	12
Λευκή	1	(3)	-	-	-
{g4}	1	4	4	$4 \times \frac{100}{27} = 14,8 \rightarrow 15$	15
{g1,g2}	2	5,6	$\frac{5+6}{2} = 5,5$	$5,5 \times \frac{100}{27} = 20,4 \rightarrow 20$	40
Λευκή	2	(7,8)	-	-	-
{g3}	1	9	9	$9 \times \frac{100}{27} = 33,3 \rightarrow 33$	33
Άθροισμα	9	27	-	-	100

Η εφαρμογή των τύπων οδηγεί διαδοχικά στα αποτελέσματα των παρακάτω πινάκων. Ο υπολογισμός του δείκτη προτίμησης $\pi(A,B)$, για παράδειγμα, προκύπτει ως εξής:

$$\pi(A,B) = 0.2 \times 1 + 0.2 \times \frac{5.000 - 2.000}{8.000 - 2.000} + 0.33 \times 0 + 0.15 \times 0 + 0.06 \times 1 + 0.06 \times 0 = 0.36$$

Ακόμη :

$$f^+(A) = \frac{1}{3}(0.36 + 0.46 + 0.46) = 0.43$$

$$f^-(A) = \frac{1}{3}(0.54 + 0.54 + 0.54) = 0.54$$

$$f(A) = f^+(A) - f^-(A) = 0.43 - 0.54 = -0.11$$

Πίνακας: Πολυκριτήριος δείκτης προτίμησης μεταξύ επεκτάσεων του μετρό

	A	B	Γ	Δ
A	0	0.36	0.46	0.46
B	0.54	0	0.61	0.23
Γ	0.54	0.33	0	0.33
Δ	0.54	0.33	0.55	0

Πίνακας : Κατάταξη επεκτάσεων μετρό μέσω του δείκτη καθαρής ροής υπεροχής της PROMETHEE II

Επέκταση	Θετική ροή f^+	Αρνητική ροή f^-	Καθαρή ροή φ
A	0.43	0.54	-0.11
B	0.46	0.34	0.12
Γ	0.40	0.54	-0.14
Δ	0.47	0.34	0.13

Η PROMETHEE II οδηγεί σε μια κατάταξη ουσιαστικά δυο κλάσεων, της κλάσης (Δ,B) και της κλάσης (A,Γ), λόγω των ισχνών διαφορών:

Δ(0.13)

B(0.12)

Γ(-0.11)

Δ(-0.14)

Πρακτικά για τον τομεάρχη προγραμματισμού, τούτο σημαίνει ότι θα πρέπει να προηγηθούν ταυτόχρονα τα έργα των επεκτάσεων Δ και Β, ενώ οι επεκτάσεις Α και Γ να προγραμματιστούν αργότερα.

(*) Θέμα από τη μελέτη των Hugonnard & Roy που δημοσιεύτηκε στο βιβλίο : Jacquet-Lagreze, E. & J. Siskos (1983).

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ PROMETHEE

Νέα Μελέτη

Στο πλαίσιο της νέας διεύρυνσης της Ε.Ε., το Εργαστήριο Συστημάτων Χρηματοοικονομικής Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης πραγματοποίησε μια εκτίμηση των επιδόσεων των 25 χωρών της Ε.Ε. και των 4 υπό ένταξη Χωρών (Βουλγαρίας και Ρουμανίας όπου σύμφωνα με την απόφαση της Συνόδου του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου της Κοπεγχάγης το 2002 θα ενταχθούν το 2007 καθώς και της Τουρκίας, Κροατίας όπου έχουν ξεκινήσει οι προενταξιακές διαδικασίες με στόχο την εναρμόνισή τους με το «κοινοτικό κεκτημένο») λαμβάνοντας συγχρόνως υπόψη ένα πλήθος κριτηρίων όπως αυτά περιγράφονται στο πίνακα 1. Η εφαρμογή πραγματοποιήθηκε μέσω της πολυκριτήριας μεθόδου PROMETHEE (βλ. Ζοπουνίδης, 2001, «Ανάλυση χρηματοοικονομικών αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια», Εκδόσεις Ανικούλα, Θεσσαλονίκη), η οποία επιτρέπει τη σύνθεση πολλαπλών κριτηρίων για την εξαγωγή μιας συνολικής αξιολόγησης-κατάταξης των χωρών. Η μέθοδος PROMETHEE κάθε φορά συγκρίνει ανά δύο τις χώρες στα 6 κριτήρια εκτίμησης. Τα στοιχεία των κριτηρίων συγκεντρώθηκαν από την βάση δεδομένων Euromonitor International η οποία συλλέγει δεδομένα από διάφορες πηγές όπως η Παγκόσμια Τράπεζα, το Διεθνές Νομισματικό Ταμείο, ο Διεθνής Οργανισμός Εργασίας, Εθνικές Στατιστικές Υπηρεσίες κ.ά. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε για το έτος 2003. Για το έτος 2002 είχαν πραγματοποιηθεί δύο άλλες μελέτες από το Εργαστήριο Συστημάτων Χρηματοοικονομικής Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης με τίτλους «Εκτίμηση των μακροοικονομικών επιδόσεων των δέκα νέων χωρών της Ε.Ε.» και «Η πορεία προς την ανάπτυξη των παλαιών και νέων κρατών-μελών της Ε.Ε.» (βλ. Ζοπουνίδης et al., 2004, «Τεχνοοικονομικές Αποφάσεις με Πολλαπλά Κριτήρια», Εκδόσεις Κλειδάριθμος).

Αποτελέσματα

Ο πίνακας 2 παρουσιάζει τα αποτελέσματα της μεθόδου PROMETHEE, σχετικά με την κατάταξη των χωρών τα οποία προέκυψαν εξετάζοντας διάφορα σενάρια (500 τον αριθμό) σχετικά με τη βαρύτητα των 6 κριτηρίων αξιολόγησης, λαμβάνοντας υπόψη την Ε.Ε. των 15, των 10, των 25 αλλά και τις ΗΠΑ με την Ιαπωνία.

Από τον Πίνακα 2 παρατηρούμε ότι στην πρώτη θέση κατατάσσεται το Λουξεμβούργο το οποίο έχει την μικρότερη ανεργία 3,8%, το υψηλότερο κατά κεφαλήν ΑΕΠ (51.812,45 ευρώ) και την υψηλότερη καταναλωτική δαπάνη (22.214,61 ευρώ) στο σύνολο των 28 χωρών της Ευρώπης και Ιαπωνίας. Ακολουθούν η Δανία, Αυστρία, Ολλανδία και Σουηδία. Η Γερμανία κατατάσσεται στην 13 θέση και ακριβώς κάτω από το μέσο όρο των 15 κρατών μελών γεγονός που οφείλεται κυρίως στην έξοδο αρκετών επιχειρήσεων από την Γερμανία και την ύφεση που αυτό συνεπάγεται αρκεί να δει κανείς ότι η Γερμανία από χώρα υποδοχής εργατικού δυναμικού την δεκαετία 1960 και 1970 έχει ανεργία σήμερα 9,6%. Το ίδιο πρόβλημα ωστόσο αντιμετωπίζουν όλες οι βιομηχανικές χώρες της Ευρώπης με τον κλάδο της βιομηχανίας και κυρίως την κλωστοϋφαντουργία και την ένδυση (ο κλάδος της κλωστοϋφαντουργίας και ένδυσης καταλαμβάνει το 4% της συνολικής βιομηχανικής παραγωγής της Ε.Ε. των «15» και το 7% της βιομηχανικής απασχόλησης, με ετήσιο κύκλο εργασιών 200 δισ. ευρώ και πάνω από 177.000 μικρομεσαίες επιχειρήσεις). Η αδυναμία των καταναλωτών και η επιθετική εισβολή φθηνών προϊόντων από την 'πω Ανατολή επηρέασε περισσότερο τους προαναφερόμενους κλάδους και λιγότερο τις εταιρείες λιανικού εμπορίου. Το πρόβλημα εστιάζεται, όπως αναφέρεται και στην ετήσια έκθεση της creditreform (2004), στη μείωση της εγχώριας ζήτησης σε συνεχή βάση στις ευρωπαϊκές χώρες από το 2001. Ο παράγοντας αυτός έχει οδηγήσει αρκετές ξένες επιχειρήσεις στην αναζήτηση νέων αγορών. Η Ελλάδα καταλαμβάνει την 19 θέση κάτω από το μέσο όρο των 15 και 25 αντίστοιχα κρατών μελών της Ε.Ε. αλλά πάνω από το μέσο όρο των 10 νέων κρατών μελών όπου με εξαίρεση την Κύπρο καταλαμβάνουν χαμηλότερες θέσεις.

Τα 10 νέα κράτη μέλη καθώς και τα 4 υπό ένταξη κράτη καταλαμβάνουν τις τελευταίες θέσεις της κατάταξης. Επίσης, τα κράτη αυτά βρίσκονται κάτω και από τον μέσο όρο των 15 και 25 κρατών μελών. Από τα στατιστικά στοιχεία προκύπτει ότι το κατά κεφαλήν Α.Ε.Π.

στις 10 νέες χώρες της Ε.Ε. είναι αρκετά κάτω του ευρωπαϊκού μέσου όρου. Η ανεργία επίσης σε μερικές χώρες είναι αρκετά υψηλή 20,5% για τη Πολωνία και 18,5% για την Σλοβακία.

Αρκετοί ωστόσο ευρωσκεπτικιστές υποστηρίζουν ότι τα νέα μέλη θα χρειαστούν αρκετά χρόνια για να συγκλίνουν με τα παλαιότερα κράτη μέλη της Ε.Ε.. Το Economist Intelligence Unit (2004), αναφέρει ότι εάν υποθεθεί ότι οι 15 χώρες της τωρινής Ε.Ε εμφανίζουν ρυθμό ανάπτυξης της τάξης του 2% ετησίως και οι 10 χώρες που πρόκειται να ενταχθούν στο κοντινό μέλλον (συμπεριλαμβάνοντας και τις Βουλγαρία και Ρουμανία το 2007) αναπτύσσονται με ρυθμό της τάξης του 4% ετησίως, τα νέα μέλη θα χρειαστούν περίπου 56 χρόνια κατά μέσο όρο για να βρεθούν στο ίδιο επίπεδο με τα παλαιότερα. Ενώ, εάν τα νέα μέλη παρουσιάσουν ρυθμό ανάπτυξης της τάξεως του 3%, τότε θα χρειαστούν 90 χρόνια. Επίσης, στην ίδια μελέτη του Economist Intelligence Unit (2004), παρουσιάζεται και ο πίνακας 3 όπου γίνεται αναφορά στο χρόνο που εκτιμάται ότι θα χρειαστεί κάθε χώρα ξεχωριστά για να συγκλίνει με το μέσο κατά κεφαλήν εισόδημα της Ευρώπης των 15. Ο χρόνος σύγκλισης έχει υπολογιστεί βάσει μιας δεδομένης αύξησης του μέσου ετησίου κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. της Ε.Ε. των 15, της τάξης του 2%.

Παρόλο ωστόσο, που αρκετές από τις νέες χώρες τις τελευταίας διεύρυνσης ξεκινούν από μια αρκετά χαμηλή βάση, όπως είναι οι χώρες της βαλτικής που για τα σημερινά δεδομένα της κεντρικής Ευρώπης θεωρούνται φτωχές, θεωρείται ότι θα σημειώσουν ταχύτερους ρυθμούς ανάπτυξης χρησιμοποιώντας την τρέχουσα εμπειρία της Ε.Ε. Βέβαια, μερικές από τις χώρες αυτές είναι ήδη πιο προηγμένες σε τομείς όπου τα σημερινά κράτη μέλη υποβάλλονται ακόμα σε διαρθρωτικές αλλαγές.

Η Σλοβενία θεωρείται η πιο πλούσια και ευημερούσα χώρας της κεντρικής Ευρώπης. Το 1991 όπου διακήρυξε την ανεξαρτησία της από τη Γιουγκοσλαβία το κατά κεφαλήν εισόδημά της ανερχόταν περίπου στα 6.300 USD Αμερικής και το 2003 έφθασε στα 9.294,19 ευρώ. Οι χώρες της Βαλτικής (Εσθονία, Λετονία και Λιθουανία) πέτυχαν τόσο ικανοποιητικά βήματα κατά τη μεταβατική τους περίοδο στους περισσότερους τομείς ώστε τίποτα να μη θυμίζει το μισό αιώνα κυριαρχίας της Σοβιετικής Ένωσης. Αξιωματούχοι στο Λονδίνο ανέφεραν σε δημοσίευμα τους ότι οι τρεις χώρες της Βαλτικής είναι οι πλέον πιθανές για ένταξη στην

Ευρωζώνη το 2007. Στην Κεντρική και Ανατολική Ευρώπη και ειδικά στην Πολωνία, την Τσεχία και τη Σλοβενία ο χάλυβας είναι ο σημαντικότερος βιομηχανικός τομέας με ετήσια παραγωγή 45 εκατομμυρίων τόνων, που αποτελεί το 5% της συνολικής παγκόσμιας παραγωγής και παρέχει περίπου 220.000 θέσεις εργασίες στις χώρες αυτές. Η Ε.Ε. έχει ήδη χρηματοδοτήσει μέσω της προενταξιακής στρατηγικής του προγράμματος PHARE την αναδόμηση της βιομηχανίας σε αυτά τα κράτη.

Παρά το γεγονός ότι η Πολωνία τοποθετείται στην έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην 30ή θέση (πίνακας 2), κατέχει το μεγαλύτερο κομμάτι της κεντροευρωπαϊκής πίτας, αφού έχει περίπου το μισό πληθυσμό (38,2 εκατ.) και το μισό ΑΕΠ. Ωστόσο, παρόλο που η Πολωνία έχει ανακάμψει μετά την ύφεση της περιόδου 2000-01 και αναμένεται να καταγράψει ανάπτυξη 4,5%, έχει να αντιμετωπίσει ακόμη σοβαρά προβλήματα όπως την υψηλή ανεργία στην Ε.Ε. (20,5%) και ένα συνεχώς ανοδικό δημοσιονομικό έλλειμμα.

Η Κύπρος κατέχει την 17 θέση στην κατάταξη σημειώνοντας το υψηλότερο κατά κεφαλήν ΑΕΠ από της υπόλοιπες 10 νέες χώρες και τις 4 υπό ένταξη καθώς και το χαμηλότερο ποσοστό ανεργίας (4,14%).

Τα πλεονεκτήματα ωστόσο, είναι αρκετά περισσότερα από μια διευρυμένη Ε.Ε. Εξωτερικά, μια Ένωση 25 μελών θα φέρει μεγαλύτερο βάρος στις διεθνείς διαπραγματεύσεις, σηματοδοτώντας συγχρόνως το τέλος του ψυχρού πολέμου και της διχοτόμησης του ευρωπαϊκού χώρου. Εσωτερικά, η επέκταση της ενιαίας αγοράς, η ενσωμάτωση της επιχειρησιακής καινοτομίας και η χρήση δεικτών αξιολόγησης, η εφαρμογή των κανόνων της Ε.Ε., των τεχνικών προτύπων και πρακτικών, των κωδικών δεοντολογίας, της διασυνοριακής συνεργασίας και της ανταλλαγής ιδεών κ.λπ., θα δημιουργήσουν μια νέα δυναμική τόσο για τις επιχειρήσεις όσο και για τους καταναλωτές. Η μεγαλύτερη ανταγωνιστικότητα βαθμιαία θα οδηγήσει σε μεγαλύτερη αποδοτικότητα και θα ενθαρρύνει μια βιώσιμη ανάπτυξη, εκμεταλλευόμενη και τις οικονομίες κλίμακας.

**Καθηγητής Κωνσταντίνος Ζοπουνίδης, Πρόεδρος του Τμήματος Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης. Χρυσοβαλάντης Γαγάνης, MSc Υποψήφιος Διδάκτωρ και Μέλος του Εργαστηρίου Συστημάτων Χρηματοοικονομικής Διοίκησης του Πολυτεχνείου*

Κρήτης. Φώτιος Πατσούρας, MBA Υποψήφιος Διδάκτωρ στο Business School του Coventry University (UK), στο τμήμα ΜΠΔ και Μέλος του Εργαστηρίου Συστημάτων Χρηματοοικονομικής Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Πίνακας 1: Κριτήρια

- 1 Κατά Κεφαλήν Α.Ε.Π.
- 2 Καταναλωτική Δαπάνη
- 3 Κατά Κεφαλήν Εισόδημα
- 4 Δημόσιες Δαπάνες
- 5 Πληθωρισμός
- 6 Ανεργία

Πίνακας 2: Κατάταξη Χωρών

Κατάταξη Χώρα Βαθμολογία PROMETHEE

- 1 Λουξεμβούργο 12.267
- 2 Δανία 9.188
- 3 USA 8.792
- 4 Αυστρία 8.341
- 5 Ολλανδία 7.764
- 6 Σουηδία 7.628
- 7 Αγγλία 7.215
- 8 Ιαπωνία 6.833
- 9 Ιρλανδία 6.417
- 10 Βέλγιο 6.099
- 11 Γαλλία 5.837
- 12 Μ.Ο 15 5.591
- 13 Γερμανία 4.901
- 14 Φινλανδία 4.881
- 15 Ιταλία 3.415
- 16 Μ.Ο 25 1.089
- 17 Κύπρος 0.122

- 18 Ισπανία -0.631
- 19 Ελλάδα -1.461
- 20 Πορτογαλία -1.505
- 21 Μάλτα -1.649
- 22 Σλοβενία -2.609
- 23 Δημ. Της Τσεχίας -4.357
- 24 Ουγγαρία -4.796
- 25 Μ.Ο 10 -5.720
- 26 Εσθονία -6.387
- 27 Λιθουανία -6.721
- 28 Κροατία -7.320
- 29 Λετονία -8.184
- 30 Πολωνία -9.563
- 31 Βουλγαρία -10.250
- 32 Ρουμανία -10.918
- 33 Σλοβακία -11.404
- 34 Τουρκία -12.903

Πίνακας 3: Εκτιμώμενος χρόνος σύγκλισης με τα 15 κράτη μέλη της Ε.Ε.

Κράτη Μέση κατά κεφαλήν ετήσια ανάπτυξη Α.Ε.Π.(%) Απαιτούμενος χρόνος

- ΚΥΠΡΟΣ 3,4 21
- ΤΣΕΧΙΑ 3,7 39
- ΕΣΘΟΝΙΑ 4,8 31
- ΟΥΓΓΑΡΙΑ 4 34
- ΛΕΤΟΝΙΑ 3,9 58
- ΛΙΘΟΥΑΝΙΑ 3,8 53
- ΜΑΛΤΑ 4,1 29
- ΠΟΛΩΝΙΑ 3,8 59
- ΣΛΟΒΑΚΙΑ 4 38
- ΣΛΟΒΕΝΙΑ 3,2 31
- ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ 3,8 63
- ΡΟΥΜΑΝΙΑ 3,8 80

ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟΣ

ΜΕΣΟΣ □ ΟΡΟΣ,8 56

Πηγή: Economist Intelligence Unit

ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΣ ΜΕΘΟΔΟΥ PROMETHEE ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΑΓΩΓΗ ΜΙΑΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΤΩΝ ΠΙΣΤΩΤΙΚΩΝ ΥΔΡΥΜΑΤΩΝ

Μεθοδολογία έρευνας - Μέθοδος PROMETHEE

Σκοπός της έρευνας αυτής δεν είναι ο διαχωρισμός των Π.Ι. σε αξιόλογα και μη, αλλά η κατάταξή τους με βάση συγκεκριμένα κριτήρια που προέκυψαν από τις δημοσιευμένες οικονομικές καταστάσεις τους και αφορούν την εξαετία 2004-2009. Τα κριτήρια (χρηματοοικονομικοί δείκτες) που επιλέχθηκαν μετρούν τη ρευστότητα, τη φερεγγυότητα, την απόδοση επενδύσεων και την κερδοφορία των Π.Ι. για την ίδια περίοδο, δίνοντας παράλληλα έμφαση στους σχετικούς δείκτες προβλέψεων κεφαλαίων έναντι του Πιστωτικού Κινδύνου. Οι δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι ακόλουθοι:

Κριτήρια Αξιολόγησης (Χρηματοοικονομικοί Δείκτες)

1. Καθαρά Κέρδη προ Φόρων/Ίδια Κεφάλαια
2. Καθαρά Κέρδη προ Φόρων/Σύνολο Ενεργητικού
3. Γενικά Έξοδα Διοίκησης/Σύνολο Ενεργητικού
4. Λειτουργικά έσοδα/Σύνολο Ενεργητικού
5. Ίδια Κεφάλαια/Σύνολο Ενεργητικού
6. Δάνεια/Καταθέσεις
7. Προβλέψεις/Σύνολο Ενεργητικού
8. Προβλέψεις/Μεικτά Κέρδη
9. Καθαρά έσοδα προ Φόρων/(Δάνεια+Ομολογίες)
10. Καθαρά έσοδα από Τόκους/Κυκλοφορούν Ενεργητικό
11. Μεικτό Κέρδος/Σύνολο Ενεργητικού

Η επεξεργασία των παραπάνω κριτηρίων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της πολυκριτήριας μεθόδου Promethee (βλ. Ζοπουνίδης Κων/νος, «Βασικές Αρχές και Σύγχρονα Θέματα Χρηματοοικονομικού Μάνατζμεντ», εκδόσεις «Κλειδάριθμος», 2003), η οποία επιτρέπει τη σύνθεση πολλαπλών κριτηρίων για την εξαγωγή μιας συνολικής κατάταξης των Π.Ι., αξιολογώντας ταυτόχρονα 500 διαφορετικά σενάρια σχετικά με τη βαρύτητα των χρηματοοικονομικών κριτηρίων αξιολόγησης (χρηματοοικονομικοί δείκτες). Σημειώνεται ότι η κατάταξη κάποιων Π.Ι. στις τελευταίες θέσεις της κατάταξης δε σημαίνει ότι αντιμετωπίζουν χρηματοοικονομικά προβλήματα, αφού σκοπός της πολυκριτήριας μεθόδου Promethee δεν είναι η αξιολόγηση των Π.Ι. για το διαχωρισμό τους συνολικά, αλλά η αξιολόγησή τους βάσει σύγκρισης που πραγματοποιείται μεταξύ τους.

Πίνακας Νο 1: Αποτελέσματα κατάταξης μεγάλων Π.Ι. κατά τη χρήση 2009 - Μέθοδος Promethee.

1η Ομάδα (μεγάλα Π.Ι.) - Αποτελέσματα Κατάταξης		
Αποτελέσματα 2009		Βαθμολογία βάσει της Μεθόδου Promethee
Κατάταξης		
1η	ΕΘΝΙΚΗ	0,717798
2η	EUROBANK	0,684506
3η	ALPHA	0,404751
4η	ΠΕΙΡΑΙΩΣ	0,046683
5η	ΕΜΠΟΡΙΚΗ	-0,72737
6η	ΑΓΡΟΤΙΚΗ	-1,12637

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα Νο 1 και το Γράφημα Νο 4, που περιλαμβάνει την Ομάδα 1 του δείγματος (μεγάλα Π.Ι.), η Εθνική Τράπεζα καταλαμβάνει το έτος 2009 την πρώτη θέση στην κατάταξη, ενώ ακολουθούν η EFG Eurobank Ergasias στη δεύτερη θέση, η Alpha Bank στην τρίτη θέση, η Τράπεζα Πειραιώς στην τέταρτη θέση, στην πέμπτη η Εμπορική Τράπεζα και η Αγροτική Τράπεζα, που βρίσκεται στην έκτη θέση.

Πίνακας Νο 2: Αποτελέσματα κατάταξης Π.Ι. Ομάδας 2 κατά τη χρήση 2009 - Μέθοδος Promethee.

2η Ομάδα Τραπεζών-Αποτελέσματα Κατάταξης		
Αποτελέσματα	2009	Βαθμολογία
Κατάταξης		βάσει της
		Μεθόδου
		Promethee
1η	CYPRUS	0,452484
2η	ATTICA	0,350317
3η	ΤΤ	-0,2027
4η	GENIKI	-0,27823
5η	MARFIN	-0,32187

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα Νο 2 , που περιλαμβάνει την Ομάδα 2 του δείγματος (λοιπά Π.Ι.), η Τράπεζα Κύπρου καταλαμβάνει το έτος 2009 την πρώτη θέση στην κατάταξη, ενώ ακολουθούν η Τράπεζα Αττικής στη δεύτερη θέση, το Ταχυδρομικό Ταμιευτήριο (ΤΤ) στην τρίτη θέση, η Geniki Bank στην τέταρτη θέση και η Marfin Bank, που βρίσκεται στην πέμπτη θέση.

(Πηγή: Κωνσταντίνος Ζοπουνίδης και Χρήστος Λεμονάκης)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η λήψη αποφάσεων αποτελεί ένα πολύπλοκο πρόβλημα. Στην καρδιά του πλαισίου αντιμετώπισης των προβλημάτων λήψης αποφάσεων βρίσκονται οι μεθοδολογίες της πολυκριτήριας ανάλυσης. Η εγγενής υποκειμενικότητα των απόψεων των συμμετεχόντων καθορίζει σε μεγάλο βαθμό και το αποτέλεσμα διαδικασίας απόφασης. Παρόλα αυτά ο αναλυτής δύναται να χρησιμοποιήσει τις μεθόδους της πολυκριτήριας ανάλυσης για τη βελτίωση της ποιότητας των αποφάσεων και την όσο το δυνατόν ενίσχυση της διαδικασίας απόφασης.

Η φιλοσοφία των πολυκριτήριων μεθόδων στηρίζεται στους περιορισμούς που θέτονται και καθοδηγούν εκ του ασφαλούς την επιλογή των εναλλακτικών μέσω των σχέσεων υπεροχής. Πρέπει να επισημανθεί και ο υποκειμενικός παράγοντας βάση του οποίου επιλέγονται τα διάφορα κατώφλια τα οποία πολλές φορές καθορίζονται από καταστάσεις, απόψεις, εμπειρίες και καθαρά προσωπικούς παράγοντες του εκάστοτε λήπτη αποφάσεων. Προφανώς αυτές οι επιλογές παίζουν καθοριστικό ρόλο στην εξαγωγή του συμπεράσματος αλλά δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι εισάγοντας ένα πρόβλημα τις υποκειμενικές παραμέτρους, η λύση που θα προκύψει προφανώς θα ταιριάζει καλύτερα στις προσωπικές προτιμήσεις του λήπτη αποφάσεων. Ο αποφασίζων είναι αυτός που θα λάβει την τελική απόφαση σε συνδυασμό με τα εργαλεία της πολυκριτήριας ανάλυσης, μια επιστημονική προσέγγιση η οποία ακολουθείται σήμερα σε πολλά προβλήματα λήψης απόφασης και επαληθεύεται από τα ευρήματα της επιστημονικής μελέτης.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάστηκαν οι σημαντικότερες πολυκριτηριακές μέθοδοι λήψης αποφάσεων, όπως η θεωρία χρησιμότητας, το μοντέλο αναλυτικής ιεράρχησης, και τις οικογένειες των μεθόδων σχέσεων υπεροχής PROMETHEE και ELECTRE. Οι μέθοδοι της οικογένειας ELECTRE (ELECTRE I, ELECTRE II, ELECTRE III, ELECTRE IV,

ELECTRE- TRI, ELECTRE IS) παρουσιάστηκαν αναλυτικά και εξηγήθηκαν μέσω παραδειγμάτων.

Η συνεχώς αυξανόμενη πολυπλοκότητα των οργανισμών και των επιχειρήσεων δημιούργησε την ανάγκη για αποδοτικότερη και αποτελεσματικότερη χρήση της επιστήμης των αποφάσεων (Decision Science). Το φάσμα των μεθοδολογιών για τη στήριξη της λήψης αποφάσεων συνεχώς αυξάνεται και αναβαθμίζεται με καινούργιες μεθοδολογίες και με βελτιώσεις των ήδη καταξιωμένων μεθοδολογιών κάτι που αφήνει μια αίσθηση αισιόδοξων μελλοντικών προσεγγίσεων της επιστήμης των αποφάσεων για τη λύση σύγχρονων πολυκριτήριων προβλημάτων.

Συνοψίζοντας για να προσεγγιστεί επιστημονικά ένα πρόβλημα απόφασης η πολυκριτήρια ανάλυση αποτελεί μονόδρομο. Δεν υπάρχουν αποφάσεις των οποίων τα αποτελέσματα μπορούν να αξιολογηθούν μόνο με ένα δείκτη, ένα μόνο κριτήριο και αυτό απλά επειδή κάθε απόφαση δεν έχει μόνο οφέλη αλλά και κόστη, είτε αυτή αφορά νέες επενδύσεις είτε επιλογή ανθρώπων, είτε την προστασία του περιβάλλοντος. Ακόμα και όταν βελτιστοποιείται ένας μοναδικός δείκτης, ο δείκτης αυτός αποτελεί το συγκερασμό πολλαπλών κριτηρίων – δεικτών που αξιολογούν το σύνολο των επιπτώσεων που θα έχουν οι υποψήφιες αποφάσεις.

Κατά συνέπεια κάθε αναλυτής ενός προβλήματος απόφασης είναι υποχρεωμένος να καταγράψει, αναλύσει και μετρήσει κάθε δυνατή επίπτωση, κάθε πιθανό αποτέλεσμα, κάθε κριτήριο επιλογής εναλλακτικών λύσεων και δράσεων που εσωκλείει το πρόβλημα.

Το αποτελεσματικό μάνατζμεντ μέσα στην επιχείρηση προϋποθέτει την ύπαρξη συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων. Το περιβάλλον μέσα στο οποίο ζει μια επιχείρηση ή ένας οργανισμός μεταβάλλεται συνεχώς είτε αυτό λέγεται τεχνολογία, είτε δεδομένα αγοράς, είτε διεθνείς συγκυρίες, είτε προτιμήσεις στελεχών και αποφασισζόντων. Κάτω από τις συνθήκες αυτές η επιχείρηση πρέπει να διαθέτει ισχυρές βάσεις δεδομένων, πλούσιο και αξιόπιστο λογισμικό μοντέλων αποφάσεων και ανάλυσης δεδομένων καθώς και μηχανισμούς ευέλικτης πρόσβασης σε αυτά από μεγάλο αριθμό στελεχών της επιχείρησης. Όλα αυτά μπορούν να γίνουν πράξη μέσα από τη φιλοσοφία των συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων. Έχουν λοιπόν δίκιο όσοι υποστηρίζουν ότι ο δρόμος της επιτυχίας της επιχείρησης περνά σήμερα από τα συστήματα.

Το καλύτερο μοντέλο απόφασης είναι εκείνο που θα έχει την έγκριση του ατόμου που αποφασίζει. Αν για παράδειγμα βρεθεί τρόπος για να γράψει μόνο του ένα άτομο τη δική του συνάρτηση αξίας ο τρόπος αυτός αποτελεί και την πιο αποτελεσματική μέθοδο. Για να γίνει όμως κατορθωτό κάτι τέτοιο είναι απαραίτητο να γίνει διάγνωση της κουλτούρας και της συλλογιστικής εκείνου ή εκείνων που αποφασίζουν, να επαληθευτούν οι υποθέσεις που στηρίζουν μια μέθοδο, τέλος να δημιουργηθούν οι συνθήκες που θα επιτρέψουν στους αποφασίζοντες να συνεργαστούν με τους αναλυτές των αποφάσεων. Έτσι δεν υπάρχουν καλές και κακές μέθοδοι αλλά κατάλληλες και ακατάλληλες μέθοδοι σε σχέση με το πρόβλημα, τα δεδομένα και τους εμπλεκόμενους στη διαδικασία της απόφασης. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι ο οποιοσδήποτε νομιμοποιείται να χρησιμοποιεί αβασάνιστα οτιδήποτε.

Είναι προτιμότερο για έναν αποφασίζοντα να επιλέξει μοντέλο εξαγωγής λύσεων παρά τις ίδιες τις λύσεις. Στις περισσότερες πρακτικές εφαρμογές τίθεται από τους αναλυτές το κλασικό ερώτημα: <<δέχεστε τελικά την Α ή την Β λύση;>>. Σήμερα η θεωρία αλλά και η πράξη δείχνουν ότι η πλάστιγγα γέρνει προς την πλευρά της δεύτερης προβληματικής. Πολλές είναι οι προσπάθειες που καταβάλλουν οι άνθρωποι της Πληροφορικής και της επιχειρησιακής έρευνας να ανοίξουν στους μάνατζερς τα << μαύρα κουτιά>> της πολυκριτήριας ανάλυσης.

Κάθε επιλογή σε καθεστώς αβεβαιότητας απαιτεί να γίνει διάγνωση για το πόσο ριψοκίνδυνο ή συντηρητικό είναι το άτομο που αποφασίζει. Ο παράγοντας <<αβεβαιότητα>> που διέπει πολλές καταστάσεις λήψης αποφάσεων είναι η κύρια αιτία που επενδυτές χάνουν τα χρήματά τους, επιχειρήσεις πέφτουν έξω, κλπ. Τονίζεται η ανάγκη διάγνωσης της στάσης που κρατούν οι αποφασίζοντες απέναντι στον κίνδυνο. Οι αναλυτές των αποφάσεων αυτών έχουν μεγάλη ευθύνη στο επιτελικό τους έργο, μια ευθύνη που δεν εστιάζεται μόνο στην ανάλυση σεναρίων και την υποστήριξη επιλογής λύσεων αλλά κυρίως τις συνέπειες, καταστροφικές και μη αντιστρέψιμες μερικές φορές που μπορούν να επιφέρουν ριψοκίνδυνες συμπεριφορές.

Βιβλιογραφία

1. Γρηγορούδης, Ε. και Σίσκος, Ποιότητα Υπηρεσιών και Μέτρηση Ικανοποίησης του Πελάτη, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα, 2000.
2. Γρηγορούδης Ε., Μ. Δούμπος, Κ. Ζοπουνίδης και Ν. Ματσατσίνης , Πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων: Μεθοδολογικές προσεγγίσεις και εφαρμογές, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα, 2004.
3. Ζοπουνίδης, Κ., Ανάλυση και διαχείριση χρηματοοικονομικών κινδύνων: Πολυκριτήριες προσεγγίσεις, Κλειδάριθμος, Αθήνα, 1998.
4. Κοσμίδου, Κ.,Κ. Ζοπουνίδης και Μ. Δούμπος, Αποφάσεις με πολλαπλά κριτήρια, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα, 2005.
5. Ματσατσίνης, Ν. και Κ. Ζοπουνίδης, Συστήματα αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια, Κλειδάριθμος Αθήνα, 2007.
6. Μουρμούρης, Ι.Κ., Εφαρμογές θεωρίας αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων: Μεταφορές, χωροθέτηση και ανάπτυξη, Εκδόσεις Σταμούλη, Πειραιάς, 2007.
7. Πραστάκος, Γ.Π., Διοικητική επιστήμη στην πράξη: Εφαρμογές στη σύγχρονη επιχείρηση, Εκδόσεις Σταμούλη, Πειραιάς, 2002.
8. Πραστάκος, Γ.Π., Διοικητική επιστήμη: Λήψη επιχειρησιακών αποφάσεων στην κοινωνία της πληροφορίας, Εκδόσεις Σταμούλη, Πειραιάς, 2000.
9. Σίσκος, Ι., Γραμμικός Προγραμματισμός, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα, 1998.
10. Μιχάλης Δούμπος, Κων/νος Ζοπουνίδης, Πολυκριτήριες τεχνικές ταξινόμησης, Εκδόσεις Κλειδάριθμος, 2001.
11. Ζοπουνίδης Κ., Ανάλυση χρηματοοικονομικών αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια, Εκδόσεις Ανίκουλα, 2001.
12. Ζοπουνίδης Κ., Δούμπος Μ., Ματσατσίνης Ν., Πολυκριτήρια ευφυή συστήματα υποστήριξης αποφάσεων για την αξιολόγηση των επιδόσεων & της βιωσιμότητας των επιχειρήσεων, Εκδόσεις Ελλήν, 1996.
13. Ζοπουνίδης Κ., Πολυκριτήρια μεθοδολογία και χρηματοοικονομικό μάνατζμεντ, Εκδόσεις Ελλήν, 1996.
14. Βλαχάβας Ι., Θεωρία και Συστήματα Λήψης Απόφασης, 2005.

15. Δεσπότης Δ., Συστήματα υποστήριξης αποφάσεων,2002.
16. Bouyssou,D.,E. Jacquet-Lagrece,P.Perny,R.Slowinski,D.Vanderpooten and P.Vincke, Aiding decisionswith multiplecriteria: Essays in honor of Bernard Roy,Kluwer Academic Publishers,Dordrecht,2002.
17. Doumpos, M. and C. Zopounidis,Multicriteria secision aid classification methods,Kluwer Academic Publishers, Dordrecht,2002.
18. Figueira,J.,S.Greco, and M. Ehrgott, State-of –Art of Multiple Criteria Decision Analysis,Kluwer Academic Publishers,Dordrecht,2005.
19. Grigoroudis,E. and Y. Siskos, Customer satisfaction evaluation,Springer – Verlag,Berlin.
20. Matsatsinis ,N.F and Y. Siskos, Intelligent support systems for marketing decisions, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht,2003.
21. Pardalos, P.M., Y. Siskos and C. Zopounidis, Advances in multicriteria analysis, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht,1995.
22. <http://www.epistimonikomarketing.gr/>
23. http://www.google.gr/webhp?source=search_app

