

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ



**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ  
ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ  
ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΙΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ  
ΜΕ ΤΗΝ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΗΣ  
ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΣ Q-ΑΝΑΛΥΣΗΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΣΙΝΤΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Ν. ΜΑΤΣΑΤΣΙΝΗΣ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ : Αν. Καθηγ. Κ. ΖΟΠΟΥΝΙΔΗΣ  
Διδάσκων Ν. ΜΑΤΣΑΤΣΙΝΗΣ  
Διδάσκων Μ. ΜΙΧΑΛΟΠΟΥΛΟΣ

ΧΑΝΙΑ 1996

# **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

Πρόλογος	4
<b><u>Κεφάλαιο 1</u> : Εισαγωγή στην Πολυκριτήρια Λήψη Αποφάσεων</b>	<b>6</b>
1.1 Εισαγωγή	7
1.2 Γενική μεθοδολογία	7
1.3 Κατηγορίες μεθόδων	10
1.4 Περιγραφή διαδικασίας επίλυσης	11
<b><u>Κεφάλαιο 2</u> : Πολυκριτήρια Q-Ανάλυση</b>	<b>16</b>
2.1 Q-Ανάλυση	17
2.1.1 Εισαγωγή	17
2.1.2 Περιγραφή μεθόδου	17
2.1.3 Περιγραφή αλγοριθμικής διαδικασίας	19
2.2 Πολυκριτήρια Q-Ανάλυση	21
2.2.1 Εισαγωγή	21
2.2.2 Περιγραφή αλγοριθμικής διαδικασίας	22
2.3 Πολυκριτήρια Q-Ανάλυση με διαφορετικά επίπεδα διαχωρισμού	49
2.3.1 Εισαγωγή	49
2.3.2 Περιγραφή αλγοριθμικής διαδικασίας	50
<b><u>Κεφάλαιο 3</u> : Σχεδιασμός του Συστήματος Υποστήριξης Απόφασης και Εφαρμογή</b>	<b>68</b>
3.1 Εισαγωγή	69
3.2 Περιγραφή του Συστήματος Υποστήριξης Απόφασης	69
3.3 Εισαγωγή στην εφαρμογή	76
3.4 Περιγραφή των εναλλακτικών λύσεων	77
3.5 Περιγραφή των κριτηρίων	77
3.6 Περιγραφή της διαδικασίας	79
3.7 Εφαρμογή της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης για την εύρεση	

της βέλτιστης λύσης	83
3.7.1 Εκτέλεση της μεθόδου και περιγραφή των αποτελεσμάτων	83
3.7.2 Επιλογή της βέλτιστης λύσης	85
3.7.3 Αξιολόγηση των κριτηρίων	86
3.8 Εφαρμογή της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης για την ομαδοποίηση των εναλλακτικών λύσεων	87
3.8.1 Εισαγωγή	87
3.8.2 Εκτέλεση της μεθόδου και περιγραφή των αποτελεσμάτων	88
3.9 Σύγκριση της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης με άλλες μεθόδους	91
3.10 Εφαρμογή της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης με ξεχωριστά επίπεδα διαχωρισμού για την εύρεση της βέλτιστης λύσης	92
3.10.1 Εισαγωγή	92
3.10.2 Εκτέλεση της μεθόδου και περιγραφή των αποτελεσμάτων	93
Συμπεράσματα	96
Μελλοντικές Εξελίξεις	97
Παραρτήματα	98
Παράρτημα Α	99
Παράρτημα Β	100
Παράρτημα Γ	147
Παράρτημα Δ	157
Παράρτημα Ε	163
Παράρτημα Ζ	185
Βιβλιογραφία	207

## **ΠΡΟΛΟΓΟΣ**

Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας αυτής είναι ο πολυσύνθετος και πολυδιάστατος τομέας της Πολυκριτήριας Λήψης Αποφάσεων. Είναι γεγονός ότι είναι ένας τόσο εκτεταμένος τομέας, που περιλαμβάνει ένα μεγάλο πλήθος από θεωρίες, μεθοδολογίες και πρακτικούς κανόνες, που και μόνο η αναφορά τους θα απαιτούσε την εκπόνηση μιας αυτόνομης διπλωματικής εργασίας.

Μέσα από το σύνολο όλων των διαθεσίμων μεθοδολογιών έγινε επιλογή και θα γίνει παρουσίαση της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης, μιας όχι και τόσο γνωστής στην Ελλάδα μεθόδου, η οποία όμως με την εγκυρότητα και την αποτελεσματικότητά της έχει κερδίσει την εμπιστοσύνη της ακαδημαϊκής κοινότητας και του ερευνητικού κόσμου. Η παρουσίαση της μεθόδου θα υποστηριχτεί από την πρακτική της εφαρμογή σε ένα από τα συχνότερα πρόβλημα που η τράπεζα αναπτύξεως ΕΤΕΒΑ αντιμετωπίζει κατά τη διάρκεια του οικονομικού έτους.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια γενική αναφορά στην ιστορία, το παρόν και το μέλλον της Πολυκριτήριας Λήψης Αποφάσεων. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται αναλυτικά η μέθοδος της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης, καθώς και της καινοτομίας που υπάρχει σε αυτή τη διπλωματική εργασία με την εισαγωγή των διαφορετικών επιπέδων διαχωρισμού. Το τρίτο κεφάλαιο ασχολείται με την αναλυτική παρουσίαση του λογισμικού ενός Συστήματος Υποστήριξης Απόφασης που αναπτύχθηκε, έτσι ώστε να είναι δυνατή η εφαρμογή της μεθόδου σε μεγάλα σε όγκο προβλήματα. Η παρουσίαση του συστήματος θα γίνει μέσα από την εφαρμογή της μεθόδου στα πραγματικά δεδομένα του προβλήματος που αντιμετωπίζει η ΕΤΕΒΑ.

Ένα από τα προβλήματα που αντιμετωπίσαμε ήταν η δόκιμη μετάφραση στα Ελληνικά της Αγγλικής ορολογίας. Για το λόγο αυτό, πριν συνεχίσουμε θα πρέπει να τονίσουμε ότι η ορολογία που χρησιμοποιείται είναι στα Αγγλικά. Η μετάφραση των όρων στα Ελληνικά, δίνεται στο παράρτημα Α. Η χρήση της Αγγλικής ορολογίας γίνεται για δύο λόγους: i) Ανυπαρξίας δόκιμων όρων στην Ελληνική γλώσσα για την περιγραφή των πινάκων και των δεικτών που κατασκευάζονται, και ii) Η σχετική βιβλιογραφία

που υπάρχει για το αντικείμενο της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης είναι στην Αγγλική γλώσσα.

Κλείνοντας αυτό τον πρόλογο θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Νίκο Ματσατσίνη για την πολύτιμη βοήθεια που μου έδωσε στα δύσκολα σημεία της διπλωματικής αυτής εργασίας. Τον καθηγητή κ. Κωσταντίνο Ζοπουνίδη και το μεταπτυχιακό φοιτητή Μιχάλη Δούμπο για την παροχή των στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν στην εφαρμογή.

Τέλος Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλο το προσωπικό του Εργαστηρίου Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων για την τεχνική υποστήριξη και βοήθεια που μου παρείχαν κατά τη διάρκεια της συγγραφής αυτού του κειμένου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

# **ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ**

### **1.1 Εισαγωγή**

Η Πολυκριτήρια Λήψη Αποφάσεων και τα Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων είναι δύο τομείς στους οποίους έχει παρατηρηθεί μια αλματώδης εξέλιξη τις τελευταίες δεκαετίες. Ένας ικανός αριθμός από ερευνητές ασχολούνται με το θέμα. Πλήθος άρθρων σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά, διπλωματικές εργασίες, αλλά και διδακτορικές διατριβές, δίνουν λύσεις σε προβλήματα προτείνοντας διάφορες μεθοδολογίες που βοηθούν στην κατεύθυνση της λήψης απόφασης. Με τον όρο Πολυκριτήρια Λήψη Αποφάσεων αναφερόμαστε σε ένα σύνολο από μεθόδους με τις οποίες ο χρήστης μπορεί να αξιολογήσει και να επιλέξει, με βάση ένα σύνολο από κριτήρια, μια ή περισσότερες από τις εναλλακτικές λύσεις που έχει τη δυνατότητα να εκτελέσει μέσα από ένα πλήθος δυνατών αποφάσεων. Ο όρος συμπεριλαμβάνει και τη λειτουργία της υποστήριξης των επιλογών του αποφασίζοντα, μέσω διαφόρων βοηθητικών αναλύσεων και μελετών.

## 1.2 Γενική μεθοδολογία

Υπάρχουν τρία σημεία στα οποία προσανατολίζεται η έρευνα πάνω στις μεθόδους της Πολυκριτήριας Λήψης Αποφάσεων [Hair et al. 1987]:

1. Προσδιορισμός και επεξεργασία των μεταβλητών των προβλημάτων. Στον τομέα αυτό η έρευνα προσπαθεί να απαντήσει στο πως μπορούν να προσδιοριστούν με ακρίβεια οι εναλλακτικές λύσεις και τα κριτήρια εκείνα που θα χαρακτηρίζουν με πλήρη σαφήνεια και αντικειμενικότητα, αλλά και με ολοκληρωμένο τρόπο το πρόβλημα που κάθε φορά καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε. Στην ουσία δηλαδή αυτό που μας ενδιαφέρει είναι τι μπορούμε να κάνουμε ώστε να επιτύχουμε την καλύτερη δυνατή μοντελοποίηση του προβλήματος. Πως μπορούμε να σιγουρευτούμε ότι έχουμε λάβει υπόψη μας όλες τις πτυχές του προβλήματος, αλλά ταυτόχρονα έχουμε συμπεριλάβει στο μοντέλο μας και όλες τις εναλλακτικές λύσεις που μπορούν να υπάρξουν. Ένα σημείο στο οποίο επικεντρώνεται η έρευνα και το οποίο ενδιαφέρει τα μέγιστα τους επιστημονικούς ερευνητές αλλά και τους επιχειρηματικούς κύκλους, είναι ο προσδιορισμός των μη

απαραίτητων κριτηρίων ή αντικειμενικών συναρτήσεων και η εξάλειψή τους από το σύνολο των παραμέτρων του προβλήματος, χωρίς να αλλοιώνεται το αποτέλεσμα που θα προκύψει μετά την επεξεργασία των στοιχείων. Η μείωση δηλαδή του μεγέθους του προβλήματος χωρίς την αλλαγή του περιεχομένου του, ώστε να γίνει ευκολότερη και γρηγορότερη τόσο η κατανόηση του από τον αποφασίζοντα όσο και η επίλυση του με τα εργαλεία που διαθέτουμε. Η Πολυκριτήρια Q-Ανάλυση απαντά με ιδιαίτερη επιτυχία στην απαίτηση αυτή. Η αξιολόγηση των κριτηρίων απόφασης που υποστηρίζει είναι ένας εύκολος αλλά ταυτόχρονα και ιδιαίτερα αξιόπιστος τρόπος μείωσης των κριτηρίων και απαλοιφής εκείνων που δεν είναι σημαντικά στην αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων. Εκτεταμένη αναφορά στο χαρακτηριστικό αυτό θα γίνει στη συνέχεια, καθώς θα αναλύουμε λεπτομερώς τη μέθοδο της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης.

2. Κατασκευή και επίλυση προβλημάτων Πολυκριτήριας Λήψης Αποφάσεων που αφορούν ένα αποφασίζοντα. Σε αυτή την κατηγορία ανήκει και η Πολυκριτήρια Q-Ανάλυση. Η αξιολόγηση που προσφέρει είναι συγκεκριμένη και αντικειμενική, με αποτέλεσμα ένας μόνο αποφασίζων να είναι ικανός να καταλήξει σε λήψη απόφασης. Στην κατηγορία αυτή τα προβλήματα διαχωρίζονται από τους επιστήμονες σε Προβλήματα Πολλαπλών Στόχων και σε Προβλήματα Πολλαπλών Χαρακτηριστικών. Τα πρώτα χαρακτηρίζονται από την προσπάθεια για την ικανοποίηση ενός αριθμού αντικειμενικών συναρτήσεων υπό ορισμένους περιορισμούς και με πρακτικά άπειρο πλήθος δυνατών λύσεων. Ένα κλασσικό παράδειγμα μεθοδολογίας επίλυσης τέτοιων προβλημάτων είναι ο Γραμμικός Προγραμματισμός που όπως είναι γνωστό έχει άπειρο πλήθος δυνατών εναλλακτικών λύσεων μέσα από τις οποίες επιλέγεται, με τη συγκεκριμένη διαδικασία, η καλύτερη δυνατή. Τα δεύτερα ασχολούνται με την αξιολόγηση και ταξινόμηση κατά βέλτιστο τρόπο ενός συγκεκριμένου αριθμού εναλλακτικών λύσεων, οι οποίες πετυχαίνουν κάποια σκορ σε ορισμένα κριτήρια ή συναρτήσεις που μοντελοποιούν τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα. Η Πολυκριτήρια Q-Ανάλυση κατατάσσεται στην κατηγορία αυτή. Μετά την επίτευξη των βασικών στόχων της μεθοδολογίας και την εύρεση της βέλτιστης λύσης, μπορούν να γίνουν αναλύσεις ευαισθησίας,



επιτάχυνση των αλγορίθμων, μείωση των αντικειμενικών συναρτήσεων και των κριτηρίων, καθορισμός της σημαντικότητας των δεδομένων και ένα σύνολο από επικουρικές λειτουργίες που κάνουν την ανάλυση πιο έγκυρη και αξιόπιστη.

3. Κατασκευή και επίλυση προβλημάτων Πολυκριτήριας Λήψης Αποφάσεων που αφορούν περισσότερους του ενός αποφασίζοντες. Στον τομέα αυτό η έρευνα έχει προχωρήσει σε δύο διαφορετικές κατευθύνσεις: i) Στην επέκταση των μεθόδων που εφαρμόζονται για ένα αποφασίζοντα και για την περίπτωση των παραπάνω του ενός, με την προσθήκη ή σε μικρό βαθμό διαφοροποίηση των συνιστωσών, είτε του προβλήματος είτε της μεθόδου επίλυσής του. Η προσπάθεια δηλαδή επικεντρώνεται στην προσαρμογή των παλιών και αξιόπιστων μεθοδολογιών στα νέα δεδομένα και στον έλεγχο της ορθότητας των αποτελεσμάτων. ii) Στην χρησιμοποίηση εντελώς νέων εργαλείων για την αξιολόγηση των δυνατών λύσεων. Οι μεθοδολογίες αυτές είναι από την αρχή μελετημένες και κατασκευασμένες για τη χρησιμοποίησή τους από περισσότερους του ενός αποφασίζοντες. Λαμβάνουν από την αρχή υπόψη τις ιδιαιτερότητες που έχει η ομαδική λήψη απόφασης, προσπαθώντας να εξισορροπήσουν τις διαφορετικές απόψεις που μπορούν να υπάρξουν, σε μια κοινά αποδεκτή τελική λύση.

Πριν κάνουμε μια αναφορά στη γενική μεθοδολογία ενός προβλήματος Πολυκριτήριας Λήψης Αποφάσεων πρέπει να τονίσουμε το πόσο σημαντικό βήμα προόδου είναι αυτό που στα Αγγλικά αποκαλείται “Problem Oriented Application of MultiCriteria Decision Making”. Πολλές από τις μεθοδολογίες της Πολυκριτήριας Λήψης Αποφάσεων είχαν το μειονέκτημα ότι αναπτύσσονταν ξεκομμένα από το πεδίο εφαρμογής τους, με αποτέλεσμα να μη γίνεται προσαρμογή των αναπτυσσομένων μεθοδολογιών στις απαιτήσεις των προβλημάτων, αλλά αντίθετα να επιχειρείται τα προβλήματα να προσαρμόζονται πάνω στην πρακτική των μεθόδων. Αυτό έχει αλλάξει τα τελευταία χρόνια. Δηλαδή οι μελέτες που γίνονται πλέον σε τομείς όπως η πληροφορική, η επιχειρησιακή έρευνα, η διοίκηση, χρησιμοποιούν τις μεθόδους της Πολυκριτήριας Λήψης Αποφάσεων σαν ολοκληρωμένα εργαλεία και τις προσαρμόζουν ανάλογα με τις απαιτήσεις των εκάστοτε

προβλημάτων που αντιμετωπίζουν. Η εφαρμογή τους στους τομείς αυτούς δεν είναι απλώς μια επίδειξη των δυνατοτήτων των διαφόρων μεθόδων όπως γινόταν παλιότερα, αλλά αποτελούν πλέον ολοκληρωμένα περιβάλλοντα συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων. Συστήματα τα οποία χειρίζονται ειδικοί αναλυτές, με πείρα πάνω στα θέματα ανάλυσης αποφάσεων και τα οποία δίνουν κατευθύνσεις, που όταν εφαρμόζονται στην πράξη χωρίς αποκλίσεις, τα αποτελέσματά τους είναι από πολύ ενθαρρυντικά μέχρι απόλυτα επιτυχημένα. Την αντίφαση αυτή αποφεύγουμε και στην Πολυκριτήρια Q-Ανάλυση, καθώς η καταγραφή των σκορ, που κάθε εναλλακτική λύση πετυχαίνει σε κάθε κριτήριο, γίνεται πολύ απλά και χωρίς να απαιτείται κανενός είδους κωδικοποίηση. Αλλά και στα υπόλοιπα δεδομένα του προβλήματος καμιά τροποποίηση δεν είναι απαραίτητη, διευκολύνοντας κατά πολύ την κατανόηση του κάθε προβλήματος ακόμα και από ανθρώπους που δεν έχουν άμεση γνώση της μεθόδου και γενικότερα της Πολυκριτήριας Λήψης Αποφάσεων.

### 1.3 Κατηγορίες μεθόδων

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται από την Πολυκριτήρια Λήψη Αποφάσεων χωρίζονται σε πέντε κατηγορίες [Hair et al. 1987]:

1. Στις μεθόδους που χρησιμοποιούν τις συναρτήσεις χρησιμότητας. Αναπτύχθηκαν για πρώτη φορά τον 18ο αιώνα από το Bernoulli και προσπαθούν να μοντελοποιήσουν τη διαδικασία επιλογής που ακολουθεί ένα άτομο μέσα από ένα πλήθος εναλλακτικών ενεργειών.

2. Στις μεθόδους που χρησιμοποιούν τη θεωρία της κοινωνικής ευημερίας. Αναπτύχθηκαν για πρώτη φορά τον 18ο αιώνα από το Marquis de Condorcet και προσπαθούν να μοντελοποιήσουν τις ανεξάρτητες προτιμήσεις των ατόμων σε μία και μόνη διάταξη.

3. Στις μεθόδους που χρησιμοποιούν τη θεωρία της μέτρησης με ψυχοευαίσθητα κριτήρια. Αναπτύχθηκαν στις αρχές του 20ου αιώνα και ασχολούνται με τη μαθηματική μοντελοποίηση του τρόπου αξιολόγησης και

κρίσης του ανθρώπου, όταν αυτός καλείται να διαχωρίσει και να επιλέξει μεταξύ δύο ή περισσότερων ενεργειών που μπορεί να ακολουθήσει.

4. Στις μεθόδους επιχειρησιακής έρευνας και μαθηματικού προγραμματισμού. Αποτελούν τις παλαιότερες μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν και με τη βοήθεια των επιστημόνων βελτιώνονται συνεχώς. Η γενική τους μορφή αποτελείται από μια ή περισσότερες αντικειμενικές συναρτήσεις και ορισμένους περιορισμούς που μοντελοποιούν τα δεδομένα που υπάρχουν στο περιβάλλον που πραγματοποιείται η ανάλυση. Η πολύ γνωστή και επιτυχημένη μέθοδος του “προγραμματισμού κατά στόχους” είναι ένα κλασσικό παράδειγμα αυτής της κατηγορίας των μεθόδων.

5. Στις μεθόδους Ανάλυσης Δεδομένων και Πολυδιάστατης Κλιμακωτής Ανάλυσης. Είναι η τελευταία εξέλιξη στον τομέα της Πολυκριτήριας Λήψης Αποφάσεων και γνωρίζουν μεγάλη ανάπτυξη από τη δεκαετία του '80 και μετά. Η μεγάλη τους επιτυχία οφείλεται στην ικανότητά τους να ερμηνεύουν ικανοποιητικά τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά δεδομένα.

## **1.4 Περιγραφή διαδικασίας επίλυσης προβλημάτων**

Η διαδικασία επίλυσης των προβλημάτων Πολυκριτήριας Λήψης Απόφασης είναι μια ακολουθία έντεκα βημάτων που η γενική της μορφή είναι η ακόλουθη [Casti, 1992]:

1. Το πρώτο βήμα είναι η αναγνώριση του υπάρχοντος προβλήματος. Το περιβάλλον, οι απαιτήσεις και οι συνθήκες, δρούν σαν πυροδοτικός μηχανισμός και οδηγούν τον αποφασίζοντα στην συνειδητοποίηση της ύπαρξης του προβλήματος και της αναγκαιότητας ανάληψης δράσης από μέρους του για να επιλυθεί. Στην ιδανική περίπτωση ο ενδιαφερόμενος θα καθορίσει, έστω και προφορικά, έστω και σχετικά ασυναίσθητα, τα κριτήρια και τις εναλλακτικές λύσεις που θα τον εκφράζουν και θα πρέπει να περιληφθούν στη δημιουργία του μοντέλου.

2. Αφότου το πρόβλημα έχει καθοριστεί, το δεύτερο βήμα είναι να συλλεγούν οι κατάλληλες πληροφορίες που θα μας βοηθήσουν στην επίλυση

του. Υπάρχουν δύο είδη δεδομένων που χρησιμοποιούνται για την Πολυκριτήρια Λήψη Αποφάσεων: α) Τα αντικειμενικά δεδομένα τα οποία συλλέγονται είτε με δειγματοληψία, είτε με έρευνα και τα οποία είναι αδιαμφισβήτητα. Δεν εξαρτώνται από τη γνώμη κανενός και παραμένουν σταθερά καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας. β) Τα υποκειμενικά δεδομένα που εκφράζουν απόψεις είτε του αποφασίζοντα είτε άλλων εμπειρογνομόνων και τα οποία είναι αδύνατο να μετρηθούν με αντικειμενικότητα. Εκπορεύονται από την εμπειρία και τη διαίσθηση που μπορεί να έχουν άτομα με μακροχρόνια ενασχόληση με το συγκεκριμένο αντικείμενο. Τα ποιοτικά αυτά δεδομένα αρκετές φορές δεν είναι μετρήσιμα, περιλαμβάνοντας απόψεις και προτιμήσεις, οι οποίες μοντελοποιούνται με ειδικούς τρόπους μετατροπής τους σε μετρήσιμα μεγέθη.

3. Στο στάδιο αυτό ορίζονται από τον αποφασίζοντα με σαφήνεια και ακρίβεια τα στοιχεία του προβλήματος που είναι απαραίτητα για τη διαμόρφωσή του. Ο καθορισμός των κριτηρίων, η καταγραφή όλων των εναλλακτικών λύσεων, ο προσδιορισμός των περιορισμών και η επιλογή των υπολοίπων παραμέτρων, γίνονται στο στάδιο αυτό.

4. Στη συνέχεια, οι παράμετροι που έχουν καθοριστεί στο προηγούμενο βήμα, χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία των ποσοτικών σχέσεων μεταξύ των δεδομένων (εναλλακτικές λύσεις, κριτήρια, περιορισμοί) και των αποτελεσμάτων (σκορ στα κριτήρια). Αυτές οι ποσοτικές σχέσεις μπορούν να είναι είτε εξισώσεις, είτε πίνακες εκτιμήσεων.

5. Στο βήμα αυτό ασχολούμαστε με την επιλογή του μοντέλου που θα χρησιμοποιηθεί. Το μοντέλο αυτό μπορεί να είναι είτε κάποιο από τα ήδη υπάρχοντα, είτε να δημιουργηθεί σαν συνδυασμός αυτών. Εκείνο που είναι σημαντικό, είναι να εκφράζει με ακρίβεια τις πραγματικές απαιτήσεις του αποφασίζοντα, να είναι εύκολο στην προσαρμογή σε κάποιες μικρές μετατροπές που μπορεί να γίνουν στα δεδομένα και να είναι επιλύσιμο.

6. Ακολούθως γίνεται ο προσδιορισμός των δυνατών εναλλακτικών λύσεων. Από όλες τις προτεινόμενες λύσεις απορρίπτουμε εκείνες που έχουν κάποια τιμή ή κάποιο χαρακτηριστικό που είναι εντελώς ασυμβίβαστο με τους περιορισμούς του προβλήματος. Κάνουμε δηλαδή ένα είδος αρχικής

επιλογής, των λύσεων εκείνων που είναι μέσα στα όρια που ο αποφασίζων έχει θέσει.

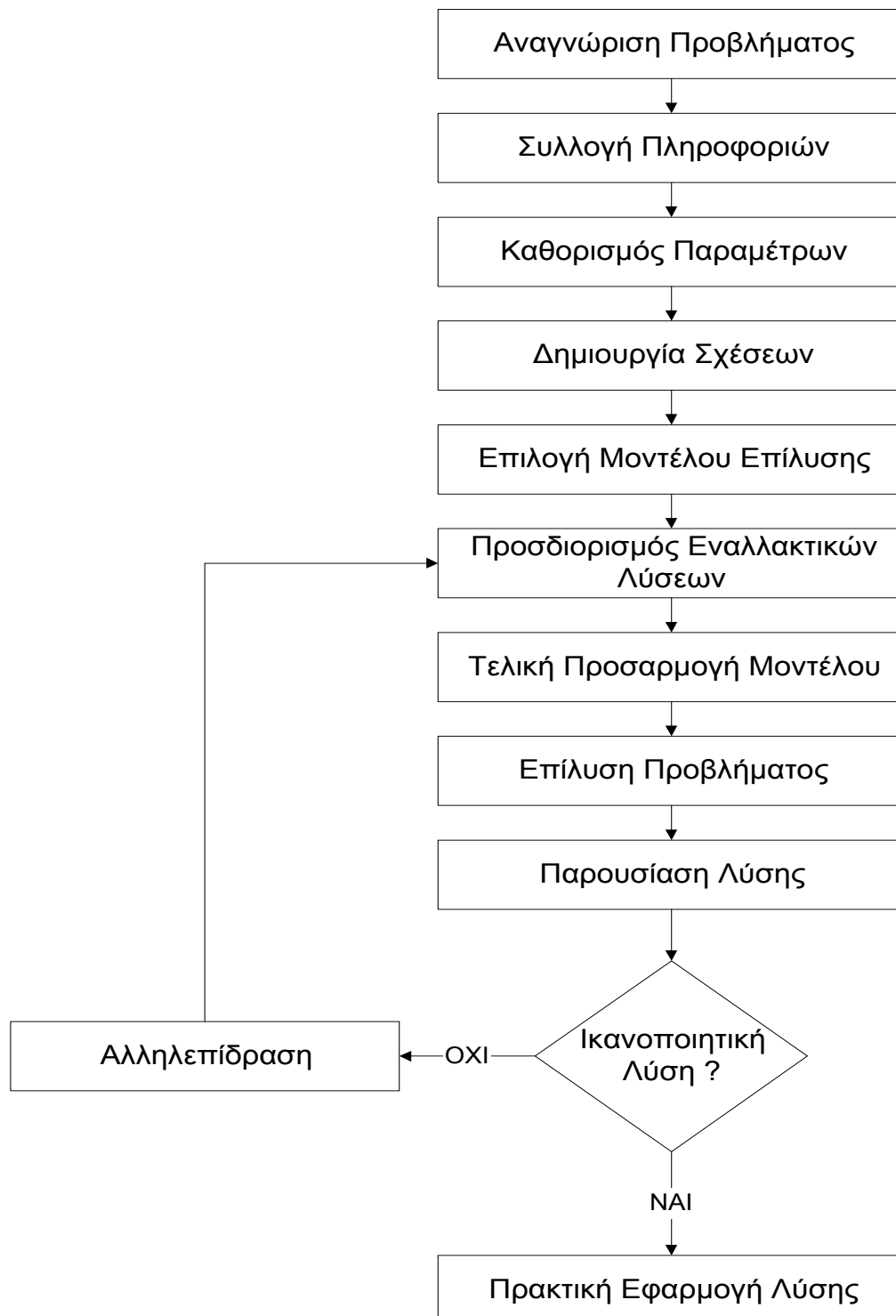
7. Στη συνέχεια γίνεται η τελική προσαρμογή του μοντέλου στις απαιτήσεις του προβλήματος. Γίνεται επίσης οποιαδήποτε μικρομετατροπή χρειάζεται στα δεδομένα ώστε να είναι επεξεργάσιμα από τη μέθοδο, με μεγάλη όμως προσοχή ώστε να μην υπάρξει κάποια αλλοίωση τους που θα οδηγήσει σε αλλοίωση των αποτελεσμάτων.

8. Το στάδιο αυτό είναι και το κυριότερο, καθώς εδώ εφαρμόζουμε τη μέθοδο στα δεδομένα που έχουμε και βασιζόμενοι στα αποτελέσματα που αυτή μας δίνει επιλέγουμε μια εναλλακτική λύση σαν την πιο συμφέρουσα.

9. Το βήμα αυτό περιλαμβάνει την παρουσίαση της βέλτιστης λύσης στον αποφασίζοντα, ο οποίος και θα αποφασίσει εάν τη δέχεται η όχι. Η επιλογή αυτή γίνεται από τον ενδιαφερόμενο με υποκειμενικά κριτήρια, λαμβάνοντας υπόψη διάφορες άλλες παραμέτρους όπως προσωπικές φιλοδοξίες και προτιμήσεις που είτε δεν έχουν τεθεί υπόψη του αναλυτή, είτε δεν είναι δυνατό να μοντελοποιηθούν από αυτόν. Εάν αποφασίσει ότι η λύση αυτή δεν είναι ικανοποιητική προχωράμε στο επόμενο βήμα το οποίο απαιτεί περαιτέρω επεξεργασία του προβλήματος. Εάν η λύση ικανοποιήσει τον αποφασίζοντα, παραλείπουμε το βήμα δέκα και συνεχίζουμε στο μεθεπόμενο, στο βήμα έντεκα.

10. Το βήμα αυτό περιέχει ένα αλληλεπιδραστικό χαρακτήρα μεταξύ αποφασίζοντα και αναλυτή του προβλήματος. Ο αναλυτής επικεντρώνει την προσπάθειά του στην καλύτερη κατανόηση της λογικής με την οποία ο αποφασίζων παίρνει τις αποφάσεις, καθώς και στην αναγνώριση της αιτίας που οδήγησε στην απόρριψη της προτεινόμενης λύσης. Στην συνέχεια η καινούργια αυτή πληροφόρηση που έχει συλλεγεί ενσωματώνεται στο μοντέλο και η διαδικασία αρχίζει πάλι από το βήμα έξι χρησιμοποιώντας τα νέα πλέον δεδομένα.

## ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ



Διάγραμμα 1

11. Το βήμα αυτό είναι το τελευταίο της διαδικασίας και το πιο μακροχρόνιο, καθώς είναι η στιγμή εκείνη που θα πρέπει να εκτελεστεί η απόφαση που ελήφθη. Η εκτέλεση θα πρέπει να γίνει με μεγάλη προσοχή και με συνεχή πληροφόρηση του αποφασίζοντα για τις αντιδράσεις που μπορεί αυτή να προκαλέσει στο όλο σύστημα. Εάν οι αντιδράσεις των υποκείμενων στην απόφαση είναι έντονες, ή τα αποτελέσματα της εφαρμογής της δεν είναι τα αναμενόμενα, διορθωτικές κινήσεις πρέπει να γίνουν αμέσως προς την κατεύθυνση της ομαλοποίησης της κατάστασης.

Εδώ πρέπει να τονίσουμε ότι η παραπάνω παρουσίαση της διαδικασίας επίλυσης ενός προβλήματος με τις μεθόδους της Πολυκριτήριας Λήψης Αποφάσεων, έγινε με μια πολύ μεγάλη δόση απλούστευσης. Σε πραγματικές εφαρμογές όλα αυτά τα βήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω απαιτούν από τη μεριά του αναλυτή πολύ μεγάλο χρόνο και προσπάθεια, ενώ από τη μεριά του αποφασίζοντα υπομονή, κατανόηση και πλήρη συνεργασία με τον αναλυτή. Κάτι το οποίο πολλές φορές είναι πιο δύσκολο ακόμα και από την ίδια τη μοντελοποίηση και επίλυση του προβλήματος. Στο διάγραμμα 1 φαίνεται παραστατικά η σειρά των βημάτων που ακολουθεί η Πολυκριτήρια Λήψη Αποφάσεων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### **ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑ Q-ΑΝΑΛΥΣΗ**

#### **2.1 Q-Ανάλυση**



### 2.1.1 Εισαγωγή

Η Πολυκριτήρια Q-Ανάλυση, όπως προδίδει και το όνομά της, βασίζεται στην Q-Ανάλυση. Η Q-Ανάλυση είναι μια μέθοδος που παρουσιάστηκε για πρώτη φορά από τον Atkin στο πανεπιστήμιο του Essex της Μεγάλης Βρετανίας [Atkin, 1974]. Από τότε έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλές εφαρμογές και έχει υποστεί πολλές βελτιώσεις. Έχει χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία νέων μεθόδων, πιο αποτελεσματικών, που όμως βασίζονται σε αυτή ή τη χρησιμοποιούν σαν εργαλείο για μια αρχική επεξεργασία των στοιχείων.

### 2.1.2 Περιγραφή της μεθόδου

Είναι γνωστό πως ο γεωμετρικός τρόπος αναπαράστασης των δεδομένων ενός συστήματος, έχει τόσο πλεονεκτήματα, όσο και μειονεκτήματα. Το κύριο μειονέκτημα του γεωμετρικού τρόπου αναπαράστασης ενός συστήματος είναι η δυσκολία που μας δημιουργεί στο να ανακαλύψουμε όλες τις πτυχές ενός συστήματος. Μάλιστα όσο πιο περίπλοκο είναι το σύστημά μας, τόσο λιγότερη πληροφόρηση μας προσφέρει η γεωμετρική του αναπαράσταση. Η Q-Ανάλυση είναι μια μαθηματική αναπαράσταση της γεωμετρικής μορφής ενός συστήματος. Μέσω της μαθηματικής αυτής αναπαράστασης γίνεται δυνατό να παρουσιαστούν όλες οι αλληλοσυσχετίσεις που μπορεί να υπάρχουν μεταξύ των παραγόντων ενός συστήματος και οι οποίες είναι αδύνατο να γίνουν εμφανείς όταν χρησιμοποιείται η γεωμετρική μορφή του.

Η Q-Ανάλυση είναι κατασκευασμένη για της επεξεργασία στοιχείων δύο καταστάσεων, 0 και 1 (0 για το όχι και 1 για το ναι). Ο πίνακας δεδομένων που χρησιμοποιεί η μέθοδος είναι ένα σύνολο από 0 και 1, που εκφράζουν τη σχέση που υπάρχει μεταξύ των αντιστοίχων γραμμών και στηλών του πίνακα. Γεωμετρικά ο παραλληλισμός που μπορεί να γίνει, είναι με ένα δίκτυο όπου οι κόμβοι του είναι οι μεταβλητές στις γραμμές και τις στήλες του πίνακα. Όταν οι μεταβλητές αυτές συσχετίζονται (είναι ένα) υπάρχει διαδρομή μεταξύ των αντιστοίχων κόμβων. Όπου οι μεταβλητές δε συσχετίζονται (είναι μηδέν) δεν υπάρχει διαδρομή. Ο Incidence Matrix και ο Conjugate Incidence

Matrix της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης είναι οι πίνακες δεδομένων που χρησιμοποιεί η Q-Ανάλυση.

Ο αλγόριθμος της Q-Ανάλυσης πραγματοποιεί δύο κυρίως εργασίες. Η πρώτη είναι η ιεράρχηση των μεταβλητών κάθε προβλήματος σύμφωνα με τον αριθμό των άσπων που κάθε μεταβλητή έχει. Ιεραρχώντας τις μεταβλητές με τον τρόπο αυτό μπορούμε εύκολα να κατανοήσουμε ποιες από αυτές είναι σημαντικότερες και να δημιουργήσουμε ένα πρώτο είδος αξιολόγησης σχετικά με τη σημαντικότητα όλων των παραμέτρων του συστήματος, καθώς η ιεράρχηση αυτή είναι ένα είδος σκορ που οι μεταβλητές παίρνουν με βάση τη συμφωνία τους ή όχι με τις απαιτήσεις του προβλήματος.

Η δεύτερη σημαντική εργασία που πραγματοποιεί ο αλγόριθμος είναι η ομαδοποίηση των μεταβλητών ανά δύο ή περισσότερες, ανάλογα με τον αριθμό των άσπων που έχουνε κοινούς. Η διαδικασία αυτή γίνεται σε διάφορα επίπεδα που ονομάζονται q-επίπεδα (q-levels) ή q-διαστάσεις (q-dimensions) των μεταβλητών. Τα επίπεδα αυτά εκφράζουν τον αριθμό των κοινών άσπων που έχουν οι μεταβλητές που ανήκουν σε αυτά, συν ένα. Δηλαδή εάν δύο, τρεις ή περισσότερες μεταβλητές ανήκουν π.χ. στο έξι q-επίπεδο, σημαίνει ότι έχουν επτά κοινούς άσπους. Η ομαδοποίηση αυτή ξεκινά από το μέγιστο δυνατό q-επίπεδο και καταλήγει στο ελάχιστο, μειούμενη κάθε φορά κατά ένα. Όσο πιο υψηλό είναι το q-επίπεδο τόσο πιο σημαντική είναι η πληροφορία που μας δίνει. Μια μεταβλητή που ανήκει σε υψηλό q-επίπεδο είναι πολύ σημαντική τόσο από πλευράς ιεράρχησης, καθώς υποδεικνύει πως η συγκεκριμένη μεταβλητή βρίσκεται σε πολύ μεγάλη συμφωνία με τα ζητούμενα του προβλήματος, όσο και από πλευράς αλληλοσυσχετίσεων, καθώς μια ομάδα που βρίσκεται σε υψηλό q-επίπεδο σημαίνει ότι οι αλληλοσυσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών της ομάδας είναι πολύ έντονες και στην ουσία η ομάδα αυτή αποτελεί ένα σύνολο από παράγοντες του συστήματος που έχουν ισχυρούς δεσμούς μεταξύ τους.

Οι ομάδες που δημιουργούνται είναι σύνολα ισχυρά δεμένα και η ύπαρξή τους στην διαδικασία της Q-Ανάλυσης υποδηλώνει ότι κάτι αντίστοιχο θα εμφανιστεί και κατά τη δημιουργία των δεικτών της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης, όπου μέσω της αναλυτικής επεξεργασίας των αποτελεσμάτων οι όποιες τάσεις ομαδοποίησης γίνονται εμφανέστερες.

### 2.1.3 Περιγραφή αλγοριθμικής διαδικασίας

Ο πίνακας μέσω του οποίου η Q-Ανάλυση εμφανίζει τα αποτελέσματά της είναι ο Shared-Face Matrix. Στον πίνακα αυτό περιέχεται σε συμπυκνωμένη μορφή όλο το φάσμα των πληροφοριών που μας δίνει η μέθοδος. Όπως θα δούμε και παρακάτω η σημαντικότητα του είναι πολύ μεγάλη και αποτελεί το θεμέλιο λίθο για τη δημιουργία των δεικτών της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης. Ο πίνακας αυτός είναι συμμετρικός και τα στοιχεία στην κύρια διαγώνιό του δείχνουν τα αποτελέσματα της πρώτης λειτουργίας της Q-Ανάλυσης. Είναι δηλαδή τα αθροίσματα των άσων κάθε μεταβλητής του προβλήματος. Με βάση αυτά τα στοιχεία γίνεται και η ιεράρχηση που προαναφέραμε. Τα στοιχεία που βρίσκονται κάτω από την κύρια διαγώνιο χρησιμοποιούνται για τη δεύτερη εργασία που επιτελεί η Q-Ανάλυση, την ομαδοποίηση. Τα στοιχεία αυτά εκφράζουν τα αθροίσματα των κοινών άσων που έχουν δύο μεταβλητές του προβλήματος. Εκφράζουν στην ουσία το μέγεθος της σύνδεσης που υπάρχει μεταξύ των μεταβλητών. Όσες από τις μεταβλητές έχουν τον ίδιο αριθμό κοινών άσων, μπορούν να ενταχτούν στην ίδια ομάδα, και να αποτελέσουν ένα q-επίπεδο. Κατά τη διάρκεια της παρουσίασης της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης θα δοθούν αρκετά παραδείγματα Shared-Face Matrices, καθώς είναι αναπόσπαστο στοιχείο αυτής.

Εδώ θα ορίσουμε για πρώτη φορά με μαθηματική μορφή τον τρόπο υπολογισμού του πίνακα αυτού. Για την εύρεση του Shared-Face Matrix πολλαπλασιάζουμε τον πίνακα δεδομένων με τον ανάστροφό του και από το νέο πίνακα που προκύπτει αφαιρούμε έναν ιδίων διαστάσεων που αποτελείται μόνο από άσσους. Το αποτέλεσμα της αφαίρεσης είναι ο Shared-Face Matrix. Η σειρά που γίνεται ο πολλαπλασιασμός των δύο πινάκων αλλάζει, ανάλογα με το αν θέλουμε να υπολογίσουμε τον Shared-Face Matrix των μεταβλητών που βρίσκονται στις γραμμές ή τις στήλες του αρχικού πίνακα δεδομένων. Η σειρά πολλαπλασιασμού που πρέπει κάθε φορά να ακολουθείται θα γίνει ξεκάθαρη παρακάτω, στην περιγραφή της

Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης. Σε μια γενική μορφή ο τύπος που χρησιμοποιείται είναι:

$$G = I \cdot I^T - \Omega \text{ ή } G = I^T \cdot I - \Omega$$

όπου

$I$  είναι ο αρχικός πίνακας δεδομένων.

$I^T$  είναι ο ανάστροφος πίνακας του αρχικού.

$$\Omega = [\omega(i, j)] \text{ με } \omega(i, j) = 1$$

Ο Shared-Face Matrix είναι:

$$G = [g(i, j)]$$

με

$$i, j = 1 \dots M$$

όπου

$M$  είναι ο αριθμός των μεταβλητών.

$g(i, j)$  είναι τα στοιχεία του Shared-Face Matrix.

Ανάλογα με την περίπτωση διαφοροποιείται και η ερμηνεία που μπορεί να δοθεί στα αποτελέσματα που προκύπτουν μετά την ιεράρχηση και ομαδοποίηση των μεταβλητών. Τόσο η ιεράρχηση όσο και η ομαδοποίηση των μεταβλητών μπορούν να είναι από απλά ενδεικτικά στοιχεία, μέχρι πολύ σημαντικά εργαλεία στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων της Q-Ανάλυσης. Ο αλγόριθμος της Q-Ανάλυσης θα καλυφθεί με αναλυτικό τρόπο στην παρουσίαση του αλγορίθμου της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης, καθώς αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι αυτής.

## 2.2 Πολυκριτήρια Q-Ανάλυση

### 2.2.1 Εισαγωγή

Η πολυκριτήρια Q-Ανάλυση είναι μια μέθοδος για τη μοντελοποίηση και την αξιολόγηση διακριτών προβλημάτων απόφασης με τη χρησιμοποίηση πολλαπλών κριτηρίων. Τα κριτήρια αυτά μπορούν να είναι τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά. Η μέθοδος παρουσιάστηκε για πρώτη φορά από τους Duckstein και Opricovic (1980). Η πρώτη αυτή προσπάθεια ονομάστηκε MCQA και MCQA-I και περιλάμβανε δείκτες που για την κατασκευή τους χρησιμοποιούνταν μόνο κριτήρια συμφωνίας των εναλλακτικών λύσεων με τις απαιτήσεις του αποφασίζοντα, καθώς η εύρεση της βέλτιστης λύσης βασίζεται μόνο στον βαθμό ικανοποίησης των κριτηρίων.

Οι Hiessl, Duckstein και Plate (1985) παρουσίασαν μια βελτιωμένη έκδοση της μεθόδου που ονομάστηκε MCQA-II. Τη φορά αυτή εκτός από την αύξηση του αριθμού των δεικτών, έχει αλλάξει και ο τρόπος υπολογισμού της βέλτιστης λύσης. Τώρα πλέον, μέσω της εισαγωγής των νέων δεικτών και του συγκερασμού του με τους παλιούς, λαμβάνονταν υπόψη και η αρνητική άποψη που πιθανόν ο αποφασίζοντα να έχει για κάποιες από τις εναλλακτικές λύσεις που του προτείνονται. Με τον τρόπο αυτό η αξιολόγηση έγινε πιο αντικειμενική και προσαρμόστηκε καλύτερα στις επιθυμίες του αποφασίζοντα.

Τέλος, πρόσφατα ο Eder (1993) παρουσίασε την MCQA-III όπου η καινοτομία βρίσκεται στη δυνατότητα της μεθόδου να καθορίζει μια σειρά αξιολόγησης, σχετικά με την ικανότητα του κάθε κριτηρίου να συνεισφέρει αποτελεσματικά στην ιεράρχηση των εναλλακτικών λύσεων. Έτσι δίνεται η δυνατότητα να διαχωριστούν τα κριτήρια σε σημαντικά και λιγότερο σημαντικά και να γίνει εφικτό, σε τελικό στάδιο, να εξαιρεθούν κάποια εκ των κριτηρίων που δεν παίζουν σημαντικό ρόλο στην λήψη απόφασης, μειώνοντας με τον τρόπο αυτό τον υπολογιστικό φόρτο που απαιτείται, αλλά και την πολυπλοκότητα του προβλήματος.

Η δυνατότητα αυτή της μεθόδου να αξιολογεί τόσο τις εναλλακτικές λύσεις όσο και τα κριτήρια του προβλήματος και να μας δίνει την ευχέρεια να μειώσουμε τον αριθμό των κριτηρίων που χρησιμοποιούμε στο βαθμό που θέλουμε και κρίνουμε εμείς δυνατό ότι θα μας δώσει αξιόπιστη λύση, είναι και το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της μεθόδου. Είναι ίσως η μοναδική μέθοδος, που το καταφέρνει αυτό με τη χρησιμοποίηση δεικτών και συνεπώς με την

αντικειμενική αξιολόγηση των κριτηρίων, χωρίς να χρειάζεται ο αποφασίζων να κάνει καμιά υπόθεση ή υποκειμενική αξιολόγηση.

### 2.2.2 Περιγραφή αλγοριθμικής διαδικασίας

Η διαδικασία που η μέθοδος ακολουθεί είναι αλγοριθμική. Τα βήματα που περιγράφουμε στη συνέχεια αποτελούν και τον αλγόριθμό της. Τα πρώτα έξι βήματα γίνονται μόνο μια φορά. Τα υπόλοιπα γίνονται για κάθε ένα επίπεδο διαχωρισμού όπως θα αναλύσουμε και παρακάτω.

#### 1. Εισαγωγή του Evaluation Matrix ή Impact Matrix

Ο πίνακας αυτός είναι ο κύριος πίνακας που η Πολυκριτήρια Q-Ανάλυση χρησιμοποιεί για τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων της. Περιέχει τα σκορ που κάθε εναλλακτική λύση πετυχαίνει σε κάθε ένα από τα κριτήρια, περιγράφοντας τις εναλλακτικές λύσεις από την οπτική γωνία των κριτηρίων. Οι γραμμές του πίνακα είναι τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων, ενώ οι στήλες του αποτελούν το σύνολο των εναλλακτικών λύσεων προς αξιολόγηση κατά τη διαδικασία. Εάν ονομάσουμε  $x(i, j)$  ένα στοιχείο του πίνακα, τότε η τιμή του στοιχείου αυτού αντιπροσωπεύει το σκορ που η εναλλακτική λύση  $i$  πετυχαίνει στο κριτήριο  $j$ . Η κλίμακα μέτρησης μπορεί να είναι είτε ποιοτική (π.χ. 1=άριστο, 2=πολύ καλό, 3=καλό, 4=μέτριο, 5=κακό, ή αντίθετα) είτε ποσοτική. Η μέθοδος χειρίζεται ακριβώς με τον ίδιο τρόπο και τα δύο είδη κλιμάκων μέτρησης και επειδή οι δείκτες κατασκευάζονται αφού πρώτα έχει γίνει η κανονικοποίηση των τιμών των εναλλακτικών λύσεων, δεν παίζει κανένα απολύτως ρόλο ο τρόπος με τον οποίο είναι εκφρασμένα τα σκορ στον πίνακα.

Ο Evaluation Matrix είναι:

$$X = [x(i, j)]$$

με

$$i = 1 \dots M$$

$$j = 1 \dots N$$

όπου

$M$  είναι ο αριθμός των εναλλακτικών λύσεων.

$N$  είναι ο αριθμός των κριτηρίων.

$x(i, j)$  είναι το σκορ που πετυχαίνει η εναλλακτική λύση  $i$  στο κριτήριο  $j$ .

## 2. Εισαγωγή του Order Matrix

Ο πίνακας αυτός μας δείχνει το είδος της ακολουθίας των τιμών κάθε κριτηρίου. Τα κελιά του πίνακα αυτού μπορούν να παίρνουν δύο τιμές. Αύξουσα (Ascending) όταν οι τιμές του κριτηρίου είναι αύξουσες, όταν δηλαδή το να έχει μια εναλλακτική λύση μεγαλύτερη τιμή από μια άλλη στο συγκεκριμένο κριτήριο σημαίνει ότι είναι και προτιμητέα. Φθίνουσα (Descending) όταν οι τιμές του κριτηρίου είναι φθίνουσες, όταν δηλαδή μια εναλλακτική λύση είναι προτιμητέα εάν έχει μικρότερη τιμή από μια άλλη στο συγκεκριμένο κριτήριο. Η χρησιμότητα του πίνακα αυτού είναι σημαντική αφού μας δείχνει εάν το βέλτιστο ενός κριτηρίου είναι το μέγιστο και χείριστο το ελάχιστο ή αντίθετα. Χρησιμοποιείται από τη διαδικασία για τον καθορισμό του PayOff Matrix που θα δούμε παρακάτω.

## 3. Εισαγωγή του Weights Matrix

Ο πίνακας αυτός αποτελείται από τα βάρη που ο αποφασίζων δίνει σε κάθε κριτήριο. Τα βάρη αυτά είναι εντελώς υποκειμενικά και το μόνο που εκφράζουν είναι η γνώμη του αποφασίζοντα και η σημασία που αυτός δίνει σε κάθε κριτήριο για την αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων. Το άθροισμα των βαρών δεν είναι απαραίτητο να υπακούει σε κάποιο συγκεκριμένο περιορισμό ή κανόνα, π.χ. να είναι ίσο με 100, αλλά μπορεί να βρίσκεται σε οποιοδήποτε μέγεθος. Αυτό συμβαίνει γιατί όπως και όλα τα άλλα στοιχεία που χρησιμοποιεί η μέθοδος, πριν χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό των δεικτών υπόκεινται σε κανονικοποίηση. Πρέπει να σημειώσουμε ότι τα βάρη

αυτά παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην αξιολόγηση των λύσεων και επειδή ακριβώς είναι εντελώς υποκειμενικά, πρέπει να καθορίζονται με μεγάλη προσοχή από τον αποφασίζοντα. Συνίσταται ισχυρά, τα βάρη να εκφράζουν κάποιες πραγματικές παραμέτρους του προβλήματος, ώστε να μη δημιουργούν σύγχυση ούτε στον αποφασίζοντα, αλλά ούτε και στον αναλυτή του προβλήματος. Η σωστή τοποθέτηση των βαρών είναι ένα θέμα που επαφίεται στην αντίληψη του αποφασίζοντα αλλά στο οποίο θα πρέπει να έχει τη μεγαλύτερη δυνατή υποστήριξη από την πλευρά του αναλυτή.

Ο **Weights Matrix** είναι:

$$W = [w(j)]$$

με

$$j = 1 \dots N$$

όπου

$N$  είναι ο αριθμός των κριτηρίων.

$w(j)$  είναι το βάρος που ο αποφασίζων καθορίζει για το κριτήριο  $i$ .

#### 4. Εισαγωγή του **Slicing Levels Matrix**

Ο πίνακας αυτός περιέχει τα επίπεδα διαχωρισμού που η μέθοδος χρησιμοποιεί για να κατασκευάσει τον αρχικό πίνακα που η Q-Ανάλυση χρησιμοποιεί σαν πίνακα δεδομένων, τον Incidence Matrix. Ο αριθμός των επιπέδων διαχωρισμού δεν είναι σταθερός. Όσο περισσότερα έχουμε τόσο πιο λεπτομερής είναι η Πολυκριτήρια Q-Ανάλυση. Η σημαντικότητα των επιπέδων διαχωρισμού είναι μεγάλη, καθώς ορίζουν τα κατώφλια εκείνα από τα οποία και κάτω το σκορ που κάποια εναλλακτική λύση έχει επιτύχει δε θεωρείται ικανό να τη θέσει υπό αξιολόγηση στο συγκεκριμένο κριτήριο. Εάν η κανονικοποιημένη τιμή της εναλλακτικής λύσης δεν ξεπερνά το δοθέν επίπεδο διαχωρισμού θεωρείται ανεπαρκή για τις απαιτήσεις του αποφασίζοντα στο αντίστοιχο κριτήριο. Η τιμή των επιπέδων διαχωρισμού μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ μηδέν και ένα  $[0..1]$ . Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή ενός επιπέδου διαχωρισμού τόσο πιο αυστηρός γίνεται ο αποφασίζων



σχετικά με την αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων, και συνεπώς τόσο λιγότερες θα είναι οι εναλλακτικές λύσεις που θα έχουν υψηλή βαθμολόγηση στους διάφορους δείκτες.

Ο Slicing Levels Matrix είναι:

$$L = [a(k)]$$

με

$$k = 1 \dots K$$

όπου

$K$  είναι ο αριθμός των επιπέδων διαχωρισμού.

$a(k)$  είναι κάθε ένα από τα επίπεδα διαχωρισμού.

### 5. Κατασκευή του Payoff Matrix

Ο πίνακας αυτός περιέχει τα ίδια ακριβώς στοιχεία με τον Evaluation Matrix με μια πολύ μικρή αλλά σημαντική διαφορά. Εδώ σε κάθε μία από τις γραμμές του πίνακα υπάρχουν δύο τιμές από τις οποίες η μία είναι μαρκαρισμένη με ένα B (Best) και η άλλη με ένα W (Worst). Οι δύο αυτές τιμές εκφράζουν τη βέλτιστη και τη χειρίστη τιμή κάθε κριτηρίου. Η βέλτιστη τιμή δε σημαίνει ότι είναι και η μέγιστη, όπως αντίστοιχα η χειρίστη τιμή δεν είναι αναγκαστικά και η ελάχιστη. Ο τρόπος με τον οποίο υπολογίζονται η βέλτιστη και η χειρίστη τιμή καθορίζεται από τον Order Matrix. Εάν η ακολουθία των σκορ που οι εναλλακτικές λύσεις έχουν σε ένα κριτήριο είναι αύξουσα, δηλαδή όσο μεγαλύτερο σκορ έχει η εναλλακτική τόσο πιο αξιόλογη είναι, τότε η βέλτιστη και η μέγιστη τιμή ταυτίζονται. Εάν η ακολουθία των σκορ είναι φθίνουσα, δηλαδή η εναλλακτική λύση είναι τόσο πιο συμφέρουσα όσο μικρότερο είναι το σκορ, τότε η βέλτιστη τιμή ισούται με την ελάχιστη τιμή του συνόλου.

Ο PayOff Matrix είναι:

$$B = [b(i, j)]$$

με

$$i = 1 \dots M$$

$$j = 1 \dots N$$

όπου

$M$  είναι ο αριθμός των εναλλακτικών λύσεων.

$N$  είναι ο αριθμός των κριτηρίων.

$b(i, j)$  είναι το σκορ που πετυχαίνει η εναλλακτική λύση  $i$  στο κριτήριο

$j$ .

## 6. Κατασκευή του Preference Matrix

Ο πίνακας αυτός προέρχεται από τον PayOff Matrix μετά από κανονικοποίηση των τιμών του. Μετατροπή τους δηλαδή σε τιμές που βρίσκονται στο διάστημα από μηδέν έως ένα [0..1]. Η κανονικοποίηση γίνεται κατά γραμμές χρησιμοποιώντας τις βέλτιστες και χειρίστες τιμές, όπως αυτές έχουν υπολογιστεί στο προηγούμενο βήμα και εμφανίζονται στον PayOff Matrix. Στους δύο προηγούμενους πίνακες όπως έχουμε τονίσει η μέγιστη τιμή δεν είναι αναγκαστικά και η βέλτιστη, εδώ όμως ισχύει ότι η βέλτιστη τιμή είναι και η μέγιστη. Αυτός εξάλλου είναι και ένας σημαντικός λόγος για τον οποίο πραγματοποιείται η κανονικοποίηση. Ο τύπος που χρησιμοποιείται είναι:

$$a(i, j) = \frac{b(i, j) - b_{\text{worst}}(j)}{b_{\text{best}}(j) - b_{\text{worst}}(j)}$$

όπου

$a(i, j)$  είναι τα στοιχεία του Preference Matrix.

$b(i, j)$  είναι τα στοιχεία του PayOff Matrix.

$b_{\text{best}}(j)$  είναι η βέλτιστη τιμή του κριτηρίου  $j$ .

$b_{\text{worst}}(j)$  είναι η χειρίστη τιμή του κριτηρίου  $j$ .

$j$  είναι ο αριθμός του κριτηρίου.

$i$  είναι ο αριθμός της εναλλακτικής λύσης.

Ο Preference Matrix είναι:

$$A = [a(i, j)]$$

με

$$i = 1 \dots M$$

$$j = 1 \dots N$$

όπου

$M$  είναι ο αριθμός των εναλλακτικών λύσεων.

$N$  είναι ο αριθμός των κριτηρίων.

$a(i, j)$  είναι τα στοιχεία του Preference Matrix.

Τα βήματα από το επτά έως και το δώδεκα αποτελούν μια επαναληπτική διαδικασία για κάθε ένα από τα επίπεδα διαχωρισμού του προβλήματος. Οι δείκτες που θα κατασκευαστούν στο τέλος της διαδικασίας θα λαμβάνουν υπόψη όλα τα επίπεδα διαχωρισμού και τους επιμέρους δείκτες που κατασκευάζονται σε κάθε επανάληψη. Έτσι για κάθε επίπεδο διαχωρισμού πραγματοποιούνται τα παρακάτω βήματα:

## 7. Κατασκευή του Incidence Matrix

Ο πίνακας αυτός προκύπτει μετά από επεξεργασία του Preference Matrix. Έχοντας καθορίσει τα επίπεδα διαχωρισμού από πριν, όσα από τα στοιχεία του Preference Matrix έχουν τιμή μεγαλύτερη ή ίση με την τιμή του επιπέδου διαχωρισμού παίρνουν την τιμή ένα στον πίνακα. Όσα από τα στοιχεία έχουν τιμή κάτω του επιπέδου διαχωρισμού παίρνουν την τιμή μηδέν. Έτσι ο πίνακας που προκύπτει είναι ένα σύνολο από μηδέν και ένα. Όπου υπάρχει ένα σημαίνει ότι η αντίστοιχη εναλλακτική λύση περνά το επίπεδο διαχωρισμού στο αντίστοιχο κριτήριο, ενώ όπου υπάρχει μηδέν σημαίνει ότι η τιμή της εναλλακτικής λύσης είναι μικρότερη από το επίπεδο διαχωρισμού και δεν είναι δυνατό να αξιολογηθεί με ένα.

Ο Incidence Matrix είναι:

$$I(k) = \left[ i(i, j)_k \right] \text{ με } i(i, j)_k = 0 \text{ εάν } a(i, j) \geq a(k) \\ i(i, j)_k = 1 \text{ εάν } a(i, j) < a(k)$$

με

$$i = 1 \dots M$$

$$j = 1 \dots N$$

όπου

$M$  είναι ο αριθμός των εναλλακτικών λύσεων.

$N$  είναι ο αριθμός των κριτηρίων.

$a(i, j)$  είναι τα στοιχεία του Preference Matrix.

$a(k)$  είναι το επίπεδο διαχωρισμού.

$i(i, j)_k$  είναι τα στοιχεία του Incidence Matrix.

## 8. Κατασκευή του Conjugate Incidence Matrix

Ο πίνακας αυτός προκύπτει από την αντίθετη μετατροπή του Preference Matrix. Είναι στην ουσία ο αντίθετος πίνακας του Incidence Matrix και η κατασκευή του αποσκοπεί στο να μπορέσουμε να εκφράσουμε όχι μόνο την ικανοποίηση του αποφασίζοντα από κάποιες εναλλακτικές λύσεις, αλλά και τη δυσαρέσκειά του από κάποιες άλλες. Όταν υπάρχει άσος σε κάποια από τις θέσεις του πίνακα, σημαίνει ότι η αντίστοιχη εναλλακτική λύση δεν ικανοποιεί το αντίστοιχο κριτήριο και άρα δεν ικανοποιεί την επιθυμία του αποφασίζοντα. Ο πίνακας δημιουργείται μετά τον καθορισμό των επιπέδων διαχωρισμού ως εξής: Όσα από τα στοιχεία του Preference Matrix έχουν τιμή μικρότερη ή ίση με την τιμή του επιπέδου διαχωρισμού παίρνουν την τιμή ένα στον πίνακα. Όσα από τα στοιχεία έχουν τιμή μεγαλύτερη του επιπέδου διαχωρισμού παίρνουν την τιμή μηδέν.

Ο Conjugate Incidence Matrix είναι:

$$I_c(k) = \left[ i_c(i, j)_k \right] \text{ με } i_c(i, j)_k = 0 \text{ εάν } a(i, j) \leq a(k)$$

$$i_c(i, j)_k = 1 \text{ εάν } a(i, j) > a(k)$$

με

$$i = 1 \dots M$$

$$j = 1 \dots N$$

όπου

$M$  είναι ο αριθμός των εναλλακτικών λύσεων.

$N$  είναι ο αριθμός των κριτηρίων.

$a(i, j)$  είναι τα στοιχεία του Preference Matrix.

$a(k)$  είναι το επίπεδο διαχωρισμού.

$i_c(i, j)_k$  είναι τα στοιχεία του Conjugate Incidence Matrix.

## 9. Κατασκευή του Shared-Face Matrix of Alternatives

Αφού κατασκευάστηκε ο Incidence Matrix που είναι και ο κατάλληλος πίνακας για να αποτελέσει τον πίνακα δεδομένων για την Q-Ανάλυση, ακολουθεί η εφαρμογή της μεθόδου. Όπως έχει αναφερθεί, η Q-Ανάλυση εκτελεί δύο λειτουργίες: την ιεράρχηση των μεταβλητών και την ομαδοποίησή τους. Και οι δύο αυτές εργασίες δείχνουν τα αποτελέσματά τους στους Share-Face Matrices. Εδώ ο πίνακας που δημιουργείται ονομάζεται Shared-Face Matrix of Alternatives καθώς εκφράζει την αξιολόγηση αλλά και τη σύνδεση που υπάρχει μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων. Ο πίνακας είναι συμμετρικός και χρησιμοποιείται για την εξαγωγή των δεικτών της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης. Στην κύρια διαγώνιο υπάρχουν οι q-διαστάσεις των εναλλακτικών λύσεων και οι οποίες εκφράζουν και τη σημαντικότητα τους. Με βάση το διάνυσμα αυτό γίνεται και η ιεράρχηση τους. Κάτω από την κύρια διαγώνιο υπάρχουν τα στοιχεία που εκφράζουν τις ομαδοποιήσεις που είναι δυνατό να γίνουν μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων. Όσο μεγαλύτερες είναι αυτές οι τιμές τόσο πιο σημαντικές ομαδοποιήσεις μπορούν να γίνουν μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων. Ο τύπος που χρησιμοποιείται για το σχηματισμό του πίνακα είναι:

$$G_A = I^T \cdot I - \Omega$$

όπου

$I$  είναι ο Incidence Matrix.

$I^T$  είναι ο ανάστροφος πίνακας του Incidence Matrix.

$$\Omega = [\omega(i, j)] \text{ με } \omega(i, j) = 1$$

Ο Shared-Face Matrix of Alternatives είναι:

$$G_A = [g_A(i, j)]$$

με

$$i, j = 1 \dots M$$

όπου

$M$  είναι ο αριθμός των εναλλακτικών λύσεων.

$g_A(i, j)$  είναι τα στοιχεία του Shared-Face Matrix of Alternatives.

## 10. Κατασκευή του Conjugate Shared-Face Matrix of Alternatives

Όπως φανερώνει και το όνομά του, ο πίνακας αυτός αποτελεί τον αντίθετο του προηγούμενου πίνακα. Ο πίνακας αυτός εκφράζει την ιεράρχηση και την ομαδοποίηση των εναλλακτικών λύσεων αλλά εκφράζοντας την αρνητική γνώμη του αποφασίζοντα. Προκύπτει με την ίδια διαδικασία, μόνο που αντί για τη χρησιμοποίηση του Incidence Matrix χρησιμοποιούμε τον Conjugate Incidence Matrix. Έτσι ο τύπος που χρησιμοποιείται για την κατασκευή του πίνακα αυτού είναι:

$$G_{A_c} = I_c^T \cdot I_c - \Omega$$

όπου

$I_c$  είναι ο Conjugate Incidence Matrix.

$I_c^T$  είναι ο ανάστροφος πίνακας του Conjugate Incidence Matrix.

$$\Omega = [\omega(i, j)] \text{ με } \omega(i, j) = 1$$

Ο Conjugate Shared-Face Matrix of Alternatives είναι:

$$G_{A_c} = [g_{A_c}(i, j)]$$

με

$$i, j = 1 \dots M$$

όπου

$M$  είναι ο αριθμός των εναλλακτικών λύσεων.

$g_{A_c}(i, j)$  είναι τα στοιχεία του Conjugate Shared-Face Matrix of Alternatives.

### 11. Κατασκευή του Shared-Face Matrix of Criteria

Ο πίνακας που δημιουργείται εδώ εκφράζει την αξιολόγηση αλλά και τη σύνδεση που υπάρχει μεταξύ όχι των εναλλακτικών λύσεων, αλλά των κριτηρίων ενός προβλήματος. Είναι συμμετρικός και χρησιμοποιείται για την εξαγωγή των δεικτών της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης. Στην κύρια διαγώνιο υπάρχουν τα αθροίσματα των άσσεων των κριτηρίων, που εκφράζουν και τη σημαντικότητα τους στη διαδικασία λήψης απόφασης. Με βάση το διάνυσμα αυτό γίνεται και η ιεράρχηση τους. Κάτω από την κύρια διαγώνιο υπάρχουν τα στοιχεία που εκφράζουν τις ομαδοποιήσεις που είναι δυνατό να γίνουν μεταξύ των κριτηρίων. Για την εύρεση του Shared-Face Matrix of Criteria χρησιμοποιείται μια παραπλήσια διαδικασία. Πολλαπλασιάζουμε το Incidence Matrix με τον ανάστροφο του και από τον πίνακα που προκύπτει αφαιρούμε έναν ιδίων διαστάσεων που αποτελείται μόνο από άσσους. Το αποτέλεσμα της αφαίρεσης είναι ο Shared-Face Matrix of Criteria. Ο τύπος που χρησιμοποιείται είναι:

$$G_c = I \cdot I^T - \Omega$$

όπου

$I$  είναι ο Incidence Matrix.

$I^T$  είναι ο ανάστροφος πίνακας του Incidence Matrix.

$$\Omega = [\omega(i, j)] \text{ με } \omega(i, j) = 1$$

Ο Shared-Face Matrix of Criteria είναι:

$$G_c = [g_c(i, j)]$$

με

$$i, j = 1 \dots N$$

όπου

$N$  είναι ο αριθμός των κριτηρίων.

$g_c(i, j)$  είναι τα στοιχεία του Shared-Face Matrix of Criteria.

## 12. Κατασκευή του Conjugate Shared-Face Matrix of Criteria

Όπως φανερώνει και το όνομά του, ο πίνακας αυτός αποτελεί τον αντίθετο του προηγούμενου πίνακα. Ο πίνακας αυτός εκφράζει την ιεράρχηση και την ομαδοποίηση των κριτηρίων αλλά εκφράζοντας την αρνητική γνώμη του αποφασίζοντα. Προκύπτει με την ίδια διαδικασία, μόνο που αντί για τη χρησιμοποίηση του Incidence Matrix χρησιμοποιούμε τον Conjugate Incidence Matrix. Πολλαπλασιάζουμε τον Conjugate Incidence Matrix με τον ανάστροφο του και από τον πίνακα που προκύπτει αφαιρούμε έναν ιδίων διαστάσεων που αποτελείται μόνο από άσσους. Το αποτέλεσμα της αφαίρεσης είναι ο Conjugate Shared-Face Matrix of Criteria. Ο τύπος που χρησιμοποιείται είναι:

$$G_{C_c} = I_c \cdot I_c^T - \Omega$$

όπου

$I_c$  είναι ο Conjugate Incidence Matrix.

$I_c^T$  είναι ο ανάστροφος πίνακας του Conjugate Incidence Matrix.

$$\Omega = [\omega(i, j)] \text{ με } \omega(i, j) = 1$$



Ο Conjugate Shared-Face Matrix of Criteria είναι:

$$G_{C_c} = [g_{C_c}(i, j)]$$

με

$$i, j = 1 \dots N$$

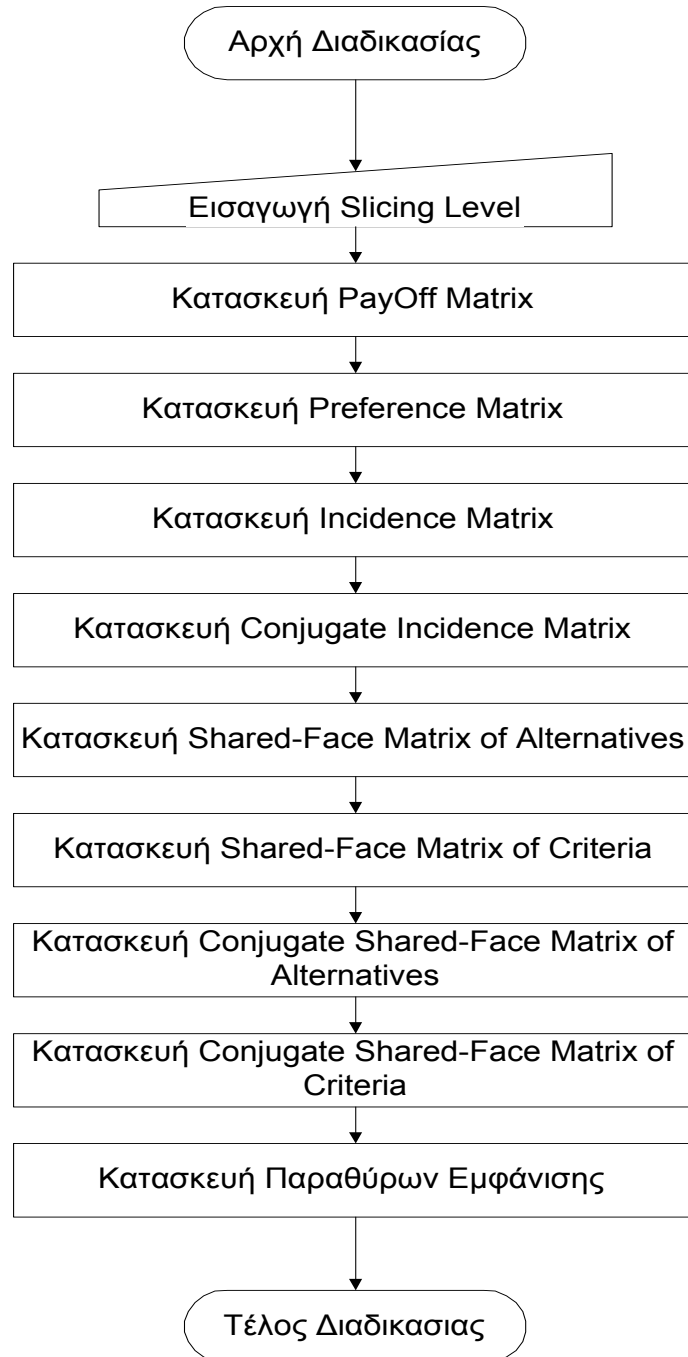
όπου

$N$  είναι ο αριθμός των κριτηρίων.

$g_{C_c}(i, j)$  είναι τα στοιχεία του Conjugate Shared-Face Matrix of Criteria.

Στο σημείο αυτό τελειώνει η επαναληπτική διαδικασία που απαιτείται για τη διενέργεια την Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης. Η διαδικασία που περιγράφηκε ως εδώ, αποτελεί και τον αλγόριθμο που ακολουθείται από το λογισμικό για την Q-Ανάλυση. Στην περίπτωση που πραγματοποιούμε απλή Q-Ανάλυση, η διαδικασία τελειώνει εδώ με την παρουσίαση των αποτελεσμάτων στους αντίστοιχους πίνακες, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 2 που ακολουθεί.

## Q-ΑΝΑΛΥΣΗ



**Διάγραμμα 2**

Ακολούθως θα περιγράψουμε την κατασκευή των δεικτών που η Πολυκριτήρια Q-Ανάλυση σχηματίζει για την αξιολόγηση των εναλλακτικών

λύσεων και των κριτηρίων. Η συντριπτική πλειοψηφία των δεικτών αυτών είναι το άθροισμα επιμέρους υπολογισμών που γίνονται σε κάθε επίπεδο διαχωρισμού μετά από την Q-Ανάλυση που πραγματοποιείται. Όπως έχουμε αναφέρει και στην εισαγωγή η Πολυκριτήρια Q-Ανάλυση χωρίζεται σε τρεις επιμέρους υπολογιστικές μεθόδους, τις MultiCriterion Q-Analysis, I, II και III. Τα βήματα που έως τώρα περιγράφηκαν είναι κοινά και για τις τρεις διαδικασίες. Από εδώ και πέρα αρχίζουν τα διαφορετικά βήματα και μάλιστα η μία συμπληρώνει την άλλη σε μία αλληλουχιακή μορφή.

### **13. MultiCriterion Q-Analysis (MCQA)**

Σαν μια πρώτη προσέγγιση του προβλήματος, χρησιμοποιούμε δύο δείκτες που μας φανερώνουν τις ομαδοποιήσεις που μπορούν να υφίστανται μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων. Οι ίδιοι δείκτες εφαρμόζονται και για την εύρεση των δυνατών ομαδοποιήσεων των κριτηρίων. Οι δείκτες αυτοί είναι η Eccentricity 1 και Eccentricity 2. Η Q-Ανάλυση μας δίνει κάποιες αρχικές πληροφορίες γύρω από την ομαδοποίηση των μεταβλητών του προβλήματος. Οι δείκτες αυτοί κάνοντας μια επεξεργασία των αποτελεσμάτων της Q-Ανάλυσης μας δίνουν περαιτέρω πληροφορίες σχετικά με τη συσχέτιση που υπάρχει. Εδώ πρέπει να τονίσουμε ότι και οι δύο δείκτες υπολογίζονται μόνο μια φορά για το χαμηλότερο δυνατό επίπεδο διαχωρισμού. Αυτό γίνεται γιατί μόνο στο χαμηλότερο επίπεδο διαχωρισμού μπορούμε να αξιολογήσουμε εάν κάποιες από τις μεταβλητές αποκόπτονται από την ομάδα, αφού στα υψηλά επίπεδα διαχωρισμού οι δεσμοί μεταξύ των μελών των ομάδων είναι εξασθενημένοι και η σύνδεση μεταξύ των μεταβλητών είναι ασθενική.

#### *i) ECC1 - Eccentricity 1*

Η έννοια της ECC1 παρουσιάστηκε για πρώτη φορά το 1979 από τους Casti, Kempf, Duckstein και Fogel. Η απλή Q-Ανάλυση δίνει μια άποψη για το ποιες από τις μεταβλητές του προβλήματος συνδέονται μεταξύ τους. Ο δείκτης ECC1 ποσοτικοποιεί τη σύνδεση αυτή, δίνοντας ένα μέτρο του πόσο ισχυρά ή όχι είναι ομαδοποιημένες οι εναλλακτικές λύσεις ή τα κριτήρια του προβλήματος. Ο τύπος υπολογισμού του είναι:

$$ECC1(\sigma) = \frac{\dim(\sigma) - q^*}{q^* + 1}$$

όπου

$\sigma$  είναι η μεταβλητή προς αξιολόγηση.

$\dim(\sigma)$  είναι το υψηλότερο q-επίπεδο στο οποίο η μεταβλητή  $\sigma$  είναι μόνη της στην κλάση ισοδυναμίας. Η τιμή αυτή βρίσκεται πάνω στην κύρια διαγώνιο του Shared-Face Matrix.

$q^*$  είναι το υψηλότερο q-επίπεδο στο οποίο η μεταβλητή  $\sigma$  βρίσκεται σε μια κλάση ισοδυναμίας με κάποια άλλη μεταβλητή.

Σε πρακτικό επίπεδο για τον υπολογισμό της ECC1 χρησιμοποιούμε σαν  $\dim(\sigma)$  το μεγαλύτερο q-επίπεδο της μεταβλητής  $\sigma$ , το οποίο και βρίσκεται πάνω στην κύρια διαγώνιο του Shared-Face Matrix και σαν  $q^*$  το μεγαλύτερο εκ των υπολοίπων q-επίπεδων που δε βρίσκονται πάνω στην κύρια διαγώνιο, αλλά είναι όμως πάνω στη γραμμή ή τη στήλη της μεταβλητής. Το  $q^*$  μπορεί πολλές φορές να είναι ίδιο με το  $\dim(\sigma)$  και έτσι η τιμή της ECC1 να είναι μηδέν. Κάτι τέτοιο συμβαίνει συνήθως στα χαμηλά επίπεδα διαχωρισμού, γι' αυτό και τις περισσότερες φορές η τιμή του δείκτη είναι μηδέν. Αυτό σημαίνει ότι στα χαμηλά επίπεδα διαχωρισμού όλες οι μεταβλητές είναι ενοποιημένες και πολύ σπάνια κάποια από αυτές ξεφεύγει από την ομάδα. Αλλά εάν κάτι τέτοιο συμβεί τότε σημαίνει ότι οι μεταβλητές αυτές διαχωρίζονται εμφανώς από τις υπόλοιπες του προβλήματος, αποτελώντας εντελώς ξεχωριστές περιπτώσεις.

## ii) ECC2 - Eccentricity 2

Όπως είδαμε για να έχει μη μηδενική τιμή η ECC1 πρέπει στο υψηλότερο q-επίπεδο, η μεταβλητή να βρίσκεται μόνη της στην κλάση ισοδυναμίας. Αυτό όμως στα χαμηλά επίπεδα διαχωρισμού στα οποία και υπολογίζεται η ECC1 είναι δύσκολο. Έτσι είναι σπάνιο το φαινόμενο η ECC1 να μας δώσει ικανοποιητική πληροφόρηση για την ομαδοποίηση των μεταβλητών. Για το λόγο αυτό καθορίζουμε ένα δεύτερο δείκτη που ονομάζεται ECC2 και μας δίνει μια πιο ξεκάθαρη εικόνα για τον τρόπο

δημιουργίας ομάδων στο πρόβλημά μας. Ο δείκτης αυτός υπολογίζεται για όλες τις μεταβλητές του προβλήματος, άσχετα με το εάν αυτές βρίσκονται σε απομονωμένες ή όχι κλάσεις ισοδυναμίας. Και οι δύο εκκεντρότητες μας πληροφορούν για την ομαδοποίηση των εναλλακτικών λύσεων ή των κριτηρίων, μόνο που η δεύτερη μας δίνει ποιοτικότερη πληροφόρηση. Στην πραγματικότητα, όπως θα δούμε και παρακάτω στην εφαρμογή με πραγματικά δεδομένα της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης, ο δείκτης ECC2 μας δίνει αξιολογητή πληροφόρηση, ικανή να διαχωρίσει τις ομάδες που δημιουργούνται. Εάν κάποια από τις μεταβλητές έχει υψηλή τιμή ECC2 σημαίνει ότι ξεχωρίζει από τις άλλες και βρίσκεται μόνη της. Την τιμή αυτή την πετυχαίνει γιατί ικανοποιεί κάποια από τα κριτήρια που οι υπόλοιπες δεν ικανοποιούν. Αυτό μπορεί να σημαίνει για τον αποφασίζων ότι έχει πετύχει την καλύτερη των εναλλακτικών λύσεων αφού ικανοποιεί πολλά ή όλα τα κριτήρια, αλλά ταυτόχρονα πρέπει και να τον βάλει σε υποψίες σχετικά με την αξιοπιστία των κριτηρίων που έχει θέσει καθώς εάν μια εναλλακτική λύση είναι η μόνη που ικανοποιεί ένα συγκεκριμένο κριτήριο, ίσως αυτό το κριτήριο να μην είναι ούτε αξιόπιστο ούτε χρήσιμο για τη συνολική αξιολόγηση του προβλήματος και να χρειάζεται ακόμα και κατάργηση καθώς αλλοιώνει τα αποτελέσματα της μεθόδου. Η παρατήρηση αυτή σε συνδυασμό με τη γενική αξιολόγηση των κριτηρίων που θα συζητήσουμε παρακάτω θέτουν τις βάσεις για τη διαδικασία μείωσης των κριτηρίων του προβλήματος. Ο τύπος της ECC2 είναι:

$$ECC2(\sigma) = \frac{\sum_i \frac{q_i}{\sigma_i}}{\frac{q_{\max} \cdot (q_{\max} + 1)}{2}}$$

όπου

$\sigma$  είναι η εναλλακτική λύση ή το κριτήριο προς αξιολόγηση.

$q_i$  είναι κάθε q-επίπεδο στο οποίο εμφανίζεται η μεταβλητή  $\sigma$ .

$\sigma_i$  είναι ο αριθμός των στοιχείων στην κλάση ισοδυναμίας του q-επιπέδου  $i$ .

$q_{\max}$  είναι το μέγιστο q-επίπεδο κατά την ανάλυση.

#### 14. MultiCriterion Q-Analysis-I (MCQA-I)

Η ανάλυση στο σημείο αυτό περιλαμβάνει δείκτες που λαμβάνουν υπόψη τους και εκφράζουν μόνο το βαθμό ικανοποίησης του αποφασίζοντα. Οι δείκτες αυτοί υπολογίζονται τόσο για τις εναλλακτικές λύσεις όσο και για τα κριτήρια. Οι δείκτες που κατασκευάζονται είναι:

##### i) *PSI - Project Satisfaction Index*

Ο δείκτης αυτός εκφράζει το άθροισμα των αποτελεσμάτων της Q-Ανάλυσης που σε κάθε επίπεδο διαχωρισμού πραγματοποιείται. Αντικατοπτρίζει το επίπεδο ικανοποίησης του αποφασίζοντα για κάθε μια από τις μεταβλητές του συστήματος με ένα εντελώς εσωτερικό τρόπο. Δηλαδή δε γίνεται καμία σύγκριση μεταξύ των μεταβλητών, αλλά κάθε μια από αυτές καταλαμβάνει ένα ανεξάρτητο σκορ. Ο τύπος που χρησιμοποιούμε για τον υπολογισμό του δείκτη όσον αφορά τις εναλλακτικές λύσεις είναι:

$$PSI(\sigma) = \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^N w(j) \cdot i(\sigma, j)_k \cdot a(k)$$

όπου

$N$  είναι ο αριθμός των κριτηρίων.

$K$  είναι ο αριθμός των επιπέδων διαχωρισμού.

$a(k)$  είναι κάθε ένα από τα επίπεδα διαχωρισμού.

$\sigma$  είναι η εναλλακτική λύση προς αξιολόγηση.

$w(i)$  είναι το βάρος που ο αποφασίζων καθορίζει για το κριτήριο  $i$ .

$i(\sigma, j)_k$  είναι τα στοιχεία του Incidence Matrix που έχει υπολογιστεί για το επίπεδο διαχωρισμού  $a(k)$ .

$PSI(\sigma)$  είναι ο Project Satisfaction Index για την εναλλακτική λύση  $\sigma$ .

Ο τύπος που χρησιμοποιούμε για τον υπολογισμό του δείκτη αυτού στα κριτήρια είναι λίγο διαφορετικός. Δεν υπάρχει πλέον το βάρος του κάθε

κριτηρίου και στο άθροισμα αντί για τον αριθμό των κριτηρίων χρησιμοποιούμε τον αριθμό των εναλλακτικών λύσεων. Έτσι ο τύπος μετατρέπεται σε:

$$PSI(\sigma) = \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^M i(i, \sigma)_k \cdot a(k)$$

όπου

$M$  είναι ο αριθμός των εναλλακτικών λύσεων.

$K$  είναι ο αριθμός των επιπέδων διαχωρισμού.

$a(k)$  είναι κάθε ένα από τα επίπεδα διαχωρισμού.

$\sigma$  είναι το κριτήριο προς αξιολόγηση.

$i(i, \sigma)_k$  είναι τα στοιχεία του Incidence Matrix που έχει υπολογιστεί για το επίπεδο διαχωρισμού  $a(k)$ .

$PSI(\sigma)$  είναι ο Project Satisfaction Index για το κριτήριο  $\sigma$ .

## ii) PCI - Project Comparison Index

Ο δείκτης αυτός, δημιουργείται βασιζόμενος στην σύνδεση που υπάρχει μεταξύ των μεταβλητών του προβλήματος και η οποία αποκαλύπτεται με την Q-Ανάλυση. Η αξιολόγηση που ο δείκτης αυτός προσφέρει είναι σχετική, καθώς για την εύρεσή του πραγματοποιείται σύγκριση μεταξύ της μεταβλητής προς αξιολόγηση και όλων των υπολοίπων. Ο τύπος που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία του δείκτη, ο οποίος σημειωτέων είναι ίδιος τόσο για τις εναλλακτικές λύσεις όσο και για τα κριτήρια, είναι:

$$PCI(\sigma) = \sum_{k=1}^K a(k) \cdot [q_{\max}(\sigma, k) - q^*(\sigma, k)]$$

όπου

$K$  είναι ο αριθμός των επιπέδων διαχωρισμού.

$a(k)$  είναι κάθε ένα από τα επίπεδα διαχωρισμού.

$\sigma$  είναι η μεταβλητή προς αξιολόγηση.

$q_{\max}(\sigma, k)$  είναι το μέγιστο q-επίπεδο της μεταβλητής  $\sigma$  στο επίπεδο διαχωρισμού  $a(k)$ . Η τιμή αυτή βρίσκεται πάνω στην κύρια διαγώνιο του Shared-Face Matrix.

$q^*(\sigma, k)$  είναι το υψηλότερο q-επίπεδο στο οποίο η μεταβλητή  $\sigma$  βρίσκεται σε μια κλάση ισοδυναμίας με κάποια άλλη μεταβλητή στο επίπεδο διαχωρισμού  $a(k)$  στον Shared-Face Matrix.

$PCI(\sigma)$  είναι ο Project Comparison Index για τη μεταβλητή  $\sigma$ .

Πριν συνεχίσουμε στην κατασκευή του επόμενου δείκτη, θα πρέπει να κανονικοποιήσουμε τις τιμές των δύο προηγούμενων δεικτών. Όλοι οι κανονικοποιημένοι δείκτες που χρησιμοποιούνται δεν παρέχουν καμία περαιτέρω πληροφορία, αλλά δημιουργούν μια κοινή κλίμακα μέτρησης για όλους στους κατασκευαζόμενους δείκτες ώστε να είναι δυνατός ο συγκερασμός τους σε ένα γενικότερο και κατατοπιστικό δείκτη. Έτσι έχουμε τη δημιουργία δύο δεικτών που δεν είναι νέοι, απλώς είναι οι κανονικοποιημένοι των προηγούμενων.

### iii) *PSIN - Project Satisfaction Index Normalized*

Ο τύπος που χρησιμοποιείται για την κανονικοποίηση του PSI είναι:

$$PSIN(\sigma) = \frac{PSI(\sigma)}{PSI_{\max}}$$

όπου

$PSI(\sigma)$  είναι η μη κανονικοποιημένη τιμή του δείκτη.

$PSI_{\max}$  είναι η μέγιστη τιμή του δείκτη.

$PSIN(\sigma)$  είναι ο κανονικοποιημένος δείκτης.

### iv) *PCIN - Project Comparison Index Normalized*

Ομοίως με τον προηγούμενο, ο τύπος που χρησιμοποιείται για την κανονικοποίηση του PCI είναι:



$$PCIN(\sigma) = \frac{PCI(\sigma)}{PCI_{\max}}$$

όπου

$PCI(\sigma)$  είναι η μη κανονικοποιημένη τιμή του δείκτη.

$PCI_{\max}$  είναι η μέγιστη τιμή του δείκτη.

$PCIN(\sigma)$  είναι ο κανονικοποιημένος δείκτης.

#### ν) *PRI1 - Project Rating Index 1*

Ο δείκτης αυτός είναι ο πιο σημαντικός της MCQA-I καθώς χρησιμοποιεί τους δύο προηγούμενους για το σχηματισμό του. Με βάση το δείκτη αυτό αξιολογούνται από τη μέθοδο οι μεταβλητές του εκάστοτε προβλήματός μας. Ο τύπος που δίνει την τιμή του δείκτη είναι:

$$PRI1(\sigma) = \left[ |1 - PSIN(\sigma)|^p + |1 - PCIN(\sigma)|^p \right]^{\frac{1}{p}}$$

με

$$p = 1, 2$$

όπου

$\sigma$  είναι η μεταβλητή προς αξιολόγηση.

$PSIN(\sigma)$  είναι ο Project Satisfaction Index Normalized.

$PCIN(\sigma)$  είναι ο Project Comparison Index Normalized.

$PRI1(\sigma)$  είναι ο προς υπολογισμό Project Rating Index 1.

$p$  είναι ένας δείκτης που όταν έχει τιμή ένα ο PRI1 εκφράζει τον αριθμητικό μέσο των δεικτών PSIN και PCIN. Όταν έχει την τιμή δύο εκφράζει την Ευκλείδεια απόσταση του πραγματικού διανύσματος  $(PSIN(\sigma), PCIN(\sigma))$  και του ιδεατού διανύσματος.

Το μειονέκτημα που έχει η MCQA-I είναι ότι χρησιμοποιεί μόνο δείκτες ικανοποίησης του αποφασίζοντα για την αξιολόγηση τόσο των εναλλακτικών λύσεων όσο και των κριτηρίων. Δε λαμβάνει δηλαδή καθόλου υπόψη τη

δυσaréσκεια που μπορεί σε κάποια σημεία να δημιουργεί στον αποφασίζοντα και η οποία εκφράζεται με το πολύ χαμηλό σκορ σε κάποιο κριτήριο. Έτσι για παράδειγμα μια εναλλακτική λύση μπορεί να αξιολογηθεί καλύτερα από μια άλλη παρότι σε κάποιο από τα κριτήρια το σκορ της βρίσκεται σε ανεπίτρεπτα χαμηλό βαθμό. Το μειονέκτημα αυτό έρχεται να καλύψει η MCQA-II που περιγράφεται παρακάτω.

### 15. MultiCriterion Q-Analysis-II (MCQA-II)

Η ανάλυση αυτή προχωρά ένα στάδιο παραπέρα από την MCQA-I περιλαμβάνοντας δείκτες που λαμβάνουν υπόψη τόσο το βαθμό ικανοποίησης, όσο και το βαθμό δυσaréσκειας του αποφασίζοντα. Οι δείκτες αυτοί υπολογίζονται τόσο για τις εναλλακτικές λύσεις όσο και για τα κριτήρια. Οι δείκτες που κατασκευάζονται είναι:

#### i) *PDI - Project Discordance Index*

Ο δείκτης αυτός εκφράζει την αρνητική γνώμη που ο αποφασίζων μπορεί να έχει για κάποια εναλλακτική λύση ή για κάποιο κριτήριο. Υπολογίζεται ακριβώς όπως και ο PCI, μόνο που αντί για τα στοιχεία του Incidence Matrix χρησιμοποιεί τα στοιχεία του Conjugate Incidence Matrix, του αντίθετου δηλαδή πίνακα. Ο τύπος υπολογισμού του, τόσο για τα κριτήρια, όσο και για τις εναλλακτικές λύσεις είναι:

$$PDI(\sigma) = \sum_{k=1}^K a(k) \cdot [q_{c,\max}(\sigma, k) - q_c^*(\sigma, k)]$$

όπου

$K$  είναι ο αριθμός των επιπέδων διαχωρισμού.

$a(k)$  είναι κάθε ένα από τα επίπεδα διαχωρισμού.

$\sigma$  είναι η μεταβλητή προς αξιολόγηση.

$q_{c,\max}(\sigma, k)$  είναι το μέγιστο q-επίπεδο της μεταβλητής  $\sigma$  στο επίπεδο διαχωρισμού  $a(k)$ . Η τιμή αυτή βρίσκεται πάνω στην κύρια διαγώνιο του Conjugate Shared-Face Matrix.

$q_c^*(\sigma, k)$  είναι το υψηλότερο q-επίπεδο στο οποίο η μεταβλητή  $\sigma$  βρίσκεται σε μια κλάση ισοδυναμίας με κάποια άλλη μεταβλητή στο επίπεδο διαχωρισμού  $a(k)$  στον Conjugate Shared-Face Matrix.

$PDI(\sigma)$  είναι ο Project Discordance Index για τη μεταβλητή  $\sigma$ .

Πριν συνεχίσουμε στην κατασκευή του επόμενου δείκτη, θα πρέπει να κανονικοποιήσουμε τις τιμές του δείκτη PDI. Έτσι έχουμε τη δημιουργία ενός δείκτη που δεν είναι νέος, απλώς είναι ο κανονικοποιημένος του προηγούμενου.

ii) *PDIN - Project Discordance Index Normalized*

Ο τύπος που χρησιμοποιείται για την κανονικοποίηση του PDI είναι:

$$PDIN(\sigma) = \frac{PDI(\sigma)}{PDI_{\max}}$$

όπου

$PDI(\sigma)$  είναι η μη κανονικοποιημένη τιμή του δείκτη.

$PDI_{\max}$  είναι η μέγιστη τιμή του δείκτη.

$PDIN(\sigma)$  είναι ο κανονικοποιημένος δείκτης.

iii) *PRI2 - Project Rating Index 2*

Ο δείκτης αυτός είναι ο πιο σημαντικός της MCQA-II καθώς για το σχηματισμό του χρησιμοποιεί τόσο τους δείκτες συμφωνίας από την MCQA-I όσο και τον καινούργιο δείκτη από την MCQA-II. Ο τύπος που δίνει την τιμή του δείκτη είναι:

$$PRI2(\sigma) = \left[ |1 - PSIN(\sigma)|^p + |1 - PCIN(\sigma)|^p + |PDIN(\sigma)|^p \right]^{\frac{1}{p}}$$

με

$$p = 1, 2$$

όπου

$\sigma$  είναι η μεταβλητή προς αξιολόγηση.

$PSIN(\sigma)$  είναι ο Project Satisfaction Index Normalized.

$PCIN(\sigma)$  είναι ο Project Comparison Index Normalized.

$PDIN(\sigma)$  είναι ο Project Discordance Index Normalized.

$PRI2(\sigma)$  είναι ο προς υπολογισμό Project Rating Index 2.

$p$  είναι ένας δείκτης που όταν έχει τιμή ένα ο  $PRI2$  εκφράζει τον αριθμητικό μέσο των δεικτών  $PSIN$ ,  $PCIN$  και  $PDIN$ . Όταν έχει την τιμή δύο εκφράζει την Ευκλείδεια απόσταση του πραγματικού διανύσματος  $(PSIN(\sigma), PCIN(\sigma), PDIN(\sigma))$  και του ιδεατού διανύσματος.

### 16. MultiCriterion Q-Analysis-III (MCQA-III)

Από εδώ και κάτω η μέθοδος είναι αφιερωμένη ειδικά στην αξιολόγηση των κριτηρίων που χρησιμοποιούνται από τον αποφασίζοντα για την αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων. Μέχρι τώρα όλοι οι δείκτες που κατασκευάζονταν χρησιμοποιούνταν τόσο για τα κριτήρια όσο και για τις εναλλακτικές λύσεις. Στη συνέχεια οι δείκτες που θα εξεταστούν είναι μόνο για την αξιολόγηση των κριτηρίων. Έχουμε τους παρακάτω δείκτες:

#### i) *CEI - Criterion Evaluation Index*

Ο δείκτης αυτός χρησιμοποιεί για τον υπολογισμό του, τις αλλαγές που υπάρχουν στον Incidence Matrix καθώς αυξάνει το επίπεδο διαχωρισμού, πηγαίνοντας στο επόμενο. Δεν υπάρχει σύγκριση μεταξύ των κριτηρίων, απλώς μια καταγραφή των διαφορών από επίπεδο σε επίπεδο. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να ποσοτικοποιηθεί η διακριτική ικανότητα κάθε κριτηρίου, υπολογίζοντας το πόσο ευαίσθητες είναι οι δυαδικές σχέσεις του Incidence Matrix στην αλλαγή των επιπέδων διαχωρισμού. Ο τύπος για τον υπολογισμό του δείκτη είναι:

$$CEI(j) = \sum_{i=1}^M \left[ i(i, j)_k - i(i, j)_{k-1} \right]$$

με

$$i = 1 \dots M$$

$$j = 1 \dots N$$

$$k = 2 \dots K$$

όπου

$M$  είναι ο αριθμός των εναλλακτικών λύσεων.

$N$  είναι ο αριθμός των κριτηρίων.

$K$  είναι ο αριθμός των επιπέδων διαχωρισμού.

$i(i, j)_k$  είναι τα στοιχεία του Incidence Matrix που έχει υπολογιστεί για το επίπεδο διαχωρισμού  $a(k)$ .

$CEI(j)$  είναι ο προς υπολογισμό δείκτης του κριτηρίου  $j$ .

Πριν συνεχίσουμε στην κατασκευή του επόμενου δείκτη, θα πρέπει να κανονικοποιήσουμε τις τιμές του δείκτη CEI. Έτσι έχουμε τη δημιουργία ενός δείκτη που δεν είναι νέος, απλώς είναι ο κανονικοποιημένος του προηγούμενου.

#### ii) *CEIN - Criterion Evaluation Index Normalized*

Ο τύπος που χρησιμοποιείται για την κανονικοποίηση του CEI είναι:

$$CEIN(j) = \frac{CEI(j)}{CEI_{\max}}$$

όπου

$CEI(j)$  είναι η μη κανονικοποιημένη τιμή του δείκτη.

$CEI_{\max}$  είναι η μέγιστη τιμή του δείκτη.

$CEIN(j)$  είναι ο κανονικοποιημένος δείκτης.

#### iii) *CDI - Criterion Discrimination Index*

Η επιδίωξή μας είναι μέσω του δείκτη αυτού να επιλέξουμε εκείνα τα κριτήρια που δεν έχουν καμία χρησιμότητα στην αξιολόγηση των κριτηρίων και να τα αξιολογήσουμε με χαμηλή βαθμολογία. Τέτοια κριτήρια είτε τα ικανοποιούν όλες οι εναλλακτικές λύσεις, είτε δεν τα ικανοποιεί καμία. Και στις

δύο περιπτώσεις δεν επιρεάζουν σε σημαντικό βαθμό τη διαδικασία αξιολόγησης, καθώς δε μας προσφέρουν κανένα είδος διαχωρισμού μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων. Ο τύπος που χρησιμοποιούμε για τον υπολογισμό του δείκτη είναι:

$CDI(j) = 10$  εάν το μέγιστο q-επίπεδο του κριτηρίου  $j$  στο χαμηλότερο επίπεδο διαχωρισμού είναι είτε  $M-1$  είτε  $-1$ . Η πληροφορία του q-επιπέδου του κριτηρίου μας δίνεται από τον Shared-Face Matrix of Criteria.

$CDI(j) = 0$  σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση.

με

$$j = 1 \dots N$$

όπου

$M$  είναι ο αριθμός των εναλλακτικών λύσεων.

$N$  είναι ο αριθμός των κριτηρίων.

$CDI(j)$  είναι ο προς υπολογισμό δείκτης του κριτηρίου  $j$ .

Η τιμή 10 επιλέχτηκε σχεδόν στην τύχη. Ο μόνος σκοπός που εξυπηρετεί είναι να βαθμολογήσει το κριτήριο τόσο άσχημα ώστε να μην πάρει καλή βαθμολογία στο γενικό δείκτη που θα υπολογιστεί παρακάτω.

#### iv) CRI - Criterion Rating Index

Ο δείκτης αυτός είναι ο σημαντικότερος της MCQA-III καθώς για τη δημιουργία του χρησιμοποιούνται δείκτες από όλα τα προηγούμενα βήματα της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης. Πρέπει να τονίσουμε ότι στο δείκτη αυτό το ζητούμενο είναι η ελαχιστοποίηση. Δηλαδή όσο μικρότερη τιμή έχει κάποιο κριτήριο στο δείκτη αυτό σε τόσο καλύτερη κατάσταση βρίσκεται. Τα κριτήρια με τις μεγαλύτερες τιμές είναι αυτά που παίζουν το μικρότερο ρόλο στην αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων. Ο τύπος που δίνει την τιμή του δείκτη είναι:

$$CRI(j) = \left[ |1 - CEIN(j)|^p + |1 - PCIN(j)|^p + |1 - PDIN(j)|^p + |CDI(j)|^p \right]^{\frac{1}{p}}$$

με

$$p = 1, 2$$

$$j = 1 \dots N$$

όπου

$N$  είναι ο αριθμός των κριτηρίων.

$p$  είναι ένας δείκτης που όταν έχει τιμή ένα ο CRI εκφράζει τον αριθμητικό μέσο των δεικτών CEIN, PCIN, PDIN και CDI. Όταν έχει την τιμή δύο εκφράζει την Ευκλείδεια απόσταση του πραγματικού διανύσματος  $(CEIN(j), PCIN(j), PDIN(j), CDI(j))$  και του ιδεατού διανύσματος.

$CEIN(j)$  είναι ο Criterion Evaluation Index Normalized του κριτηρίου  $j$ .

$PCIN(j)$  είναι ο Project Comparison Index Normalized του κριτηρίου  $j$ .

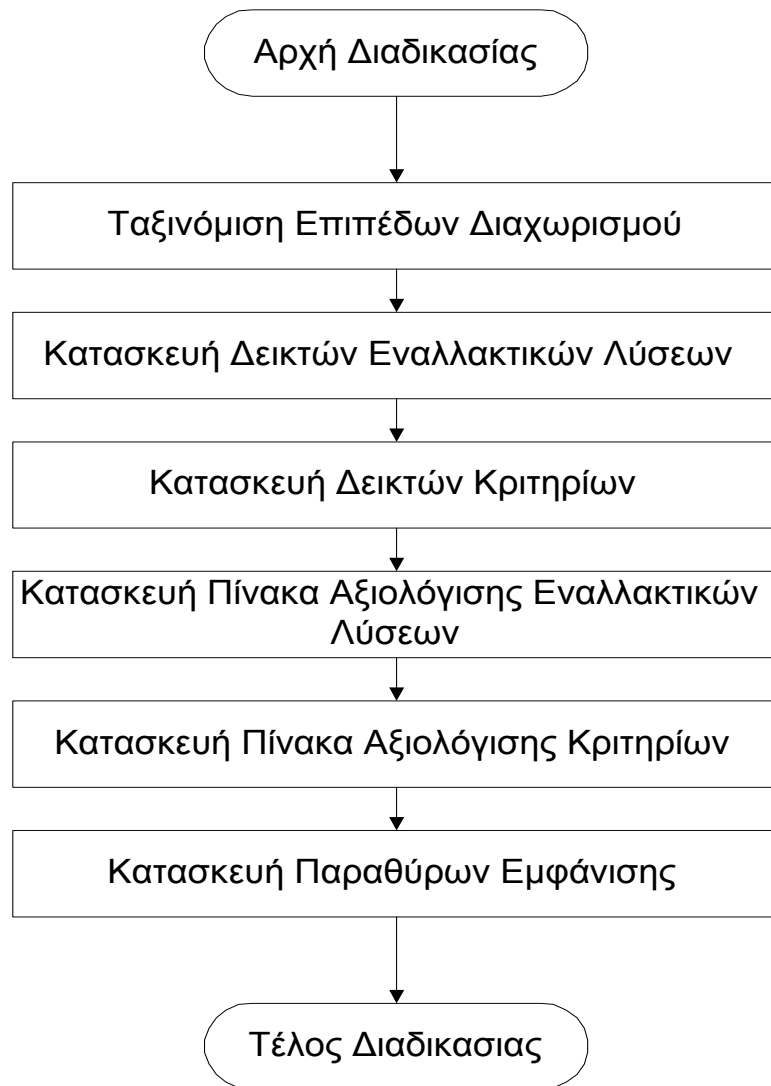
$PDIN(j)$  είναι ο Project Discordance Index Normalized του κριτηρίου  $j$ .

$CDI(j)$  είναι ο Criterion Discrimination Index του κριτηρίου  $j$ .

$CRI(j)$  είναι ο προς υπολογισμό δείκτης του κριτηρίου  $j$ .

Με την κατασκευή και αυτού του δείκτη τελειώνει η παρουσίαση της μεθοδολογίας της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης. Στο διάγραμμα 3 φαίνεται παραστατικά η πορεία που ακολουθείται για την εφαρμογή της μεθόδου από το Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων που κατασκευάστηκε.

## ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑ Q-ΑΝΑΛΥΣΗ



Διάγραμμα 3

### 2.3 Πολυκριτήρια Q-Ανάλυση με διαφορετικά επίπεδα διαχωρισμού.

#### 2.3.1 Εισαγωγή

Η Πολυκριτήρια Q-Ανάλυση είναι πραγματικά μια από τις πιο αξιόπιστες και καταξιωμένες μεθόδους στον τομέα της Πολυκριτήριας Λήψης



Απόφασης. Υπάρχουν όμως δύο σημεία στα οποία δέχεται κατά διαστήματα σοβαρή κριτική και αμφισβήτηση από την ερευνητική κοινότητα, αλλά και από τους επιχειρηματικούς κύκλους που τη χρησιμοποιούνε σαν εργαλείο στις δραστηριότητές τους.

Το πρώτο σημείο είναι ο καθορισμός επιπέδων διαχωρισμού που αναγκαστικά είναι κοινά για όλα τα κριτήρια. Έτσι δεν υπάρχει η δυνατότητα να ορίσουμε κατά τη διαδικασία αξιολόγησης των μεταβλητών του προβλήματος διαφορετικό επίπεδο διαχωρισμού π.χ. για το κριτήριο ένα απ' ότι για το κριτήριο τέσσερα. Θα πρέπει το επίπεδο διαχωρισμού που κάθε φορά χρησιμοποιούμε να είναι ενιαίο. Έχουμε μεν τη δυνατότητα να ορίσουμε περισσότερα του ενός επίπεδα διαχωρισμού, όμως αυτό δεν εξισορροπεί πλήρως την έλλειψη των διαφορετικών επιπέδων διαχωρισμού για κάθε κριτήριο.

Το δεύτερο σημείο είναι η απαίτηση της μεθόδου, η εισαγωγή των επιπέδων διαχωρισμού να γίνεται με κανονικοποιημένη μορφή. Οι τιμές δηλαδή των επιπέδων διαχωρισμού να κυμαίνονται μεταξύ μηδέν και ένα. Αυτό πολλές φορές δεν είναι βολικό για τον αποφασίζοντα, καθώς αυτός έχει στο μυαλό του την τιμή του κριτηρίου στην οποία θέλει να διαχωρίσει τις εναλλακτικές λύσεις και όχι την κανονικοποιημένη της μορφή.

Τα δύο αυτά μειονεκτήματα έρχεται να εξαλείψει η Πολυκριτήρια Q-Ανάλυση με διαφορετικά επίπεδα διαχωρισμού. Οι τιμές των επιπέδων διαχωρισμού εδώ είναι διαφορετικές για κάθε κριτήριο και δίνονται με βάση το εύρος των τιμών των εναλλακτικών λύσεων στο κριτήριο αυτό και όχι με τιμές από μηδέν έως ένα. Απαλείφονται έτσι και τα δύο μειονεκτήματα της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης.

Ένα επίσης πολύ θετικό χαρακτηριστικό της καινούργιας μεθόδου είναι η κατασκευή και η δυνατότητα εμφάνισης, τόσο των πινάκων που υπάρχουν στην Πολυκριτήρια Q-Ανάλυση, όσο και αυτών που δημιουργούνται στην απλή Q-Ανάλυση. Το γεγονός αυτό είναι ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα της μεθόδου, καθώς μας δίνει την ευκαιρία να παρακολουθήσουμε βήμα προς βήμα την πορεία αξιολόγησης των μεταβλητών του προβλήματος, αλλά μας προσφέρει και ένα είδος σύγκρισης μεταξύ αυτής και της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης. Διασταυρώνοντας τα αποτελέσματα των δύο διαδικασιών

μπορούμε να βγάλουμε συμπεράσματα για τη χρησιμότητα και των δύο, αλλά και για τις αλλαγές που πρέπει να γίνουν, κυρίως στα επίπεδα διαχωρισμού και τα βάρη, ώστε να έχουμε πιο αξιόπιστα αποτελέσματα.

### 2.3.2 Περιγραφή αλγοριθμικής διαδικασίας

Πριν αρχίσουμε τον υπολογισμό των δεικτών της μεθόδου θα πρέπει να έχουμε ορίσει ένα πίνακα που περιέχει τις τιμές των διαφορετικών επιπέδων διαχωρισμού.

Ο Separate Slicing Levels Matrix είναι:

$$S = [s(j)]$$

με

$$j = 1 \dots N$$

όπου

$N$  είναι ο αριθμός των κριτηρίων.

$s(j)$  είναι το επίπεδο διαχωρισμού στο κριτήριο  $j$ .

Όλοι οι δείκτες που έχουμε κατασκευάσει στην Πολυκριτήρια Q-Ανάλυση, με μικρές τροποποιήσεις που θα δούμε στη συνέχεια, υπολογίζονται και για την Πολυκριτήρια Q-Ανάλυση με διαφορετικά επίπεδα διαχωρισμού, εκτός από τους δείκτες της MCQA-III, καθώς εκεί είναι απαραίτητο να υπάρχουν περισσότερα του ενός επίπεδα διαχωρισμού για κάθε κριτήριο για να υπολογιστούν οι δείκτες. Αρχίζοντας την αναφορά μας στους δείκτες της νέας μεθόδου σε σύγκριση με αυτούς της κλασσικής Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης, έχουμε:

#### 1. Κατασκευή Payoff Matrix

Ο πίνακας αυτός υπολογίζεται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως και στην προηγούμενη διαδικασία.

Ο Payoff Matrix είναι:

$$B = [b(i, j)]$$

με

$$i = 1 \dots M$$

$$j = 1 \dots N$$

όπου

$M$  είναι ο αριθμός των εναλλακτικών λύσεων.

$N$  είναι ο αριθμός των κριτηρίων.

$b(i, j)$  είναι το σκορ που πετυχαίνει η εναλλακτική λύση  $i$  στο κριτήριο  $j$ .

Αφού υπολογίστηκε ο PayOff Matrix και πριν συνεχίσουμε στον υπολογισμό του Preference Matrix θα πρέπει να κανονικοποιήσουμε τις τιμές των διαφορετικών επιπέδων διαχωρισμού, καθώς οι τύποι υπολογισμού των δεικτών των μεταβλητών του προβλήματος, απαιτούν τα επίπεδα διαχωρισμού να παίρνουν τιμές από μηδέν έως ένα, να είναι δηλαδή κανονικοποιημένα. Για το λόγο αυτό κατασκευάζουμε ένα νέο πίνακα που περιέχει τις κανονικοποιημένες τιμές των διαφορετικών επιπέδων διαχωρισμού, ανάλογα με το εύρος των τιμών των εναλλακτικών λύσεων σε κάθε κριτήριο, όπως αυτό καθορίζεται από τον PayOff Matrix. Ο τύπος που χρησιμοποιούμε είναι:

$$s_n(j) = \frac{s(j) - b_{worst}(j)}{b_{best}(j) - b_{worst}(j)}$$

όπου

$s_n(j)$  είναι τα στοιχεία του Normalized Separate Slicing Levels Matrix.

$s(j)$  είναι το επίπεδο διαχωρισμού στο κριτήριο  $j$ .

$b_{best}(j)$  είναι η βέλτιστη τιμή του κριτηρίου  $j$ .

$b_{worst}(j)$  είναι η χειρίστη τιμή του κριτηρίου  $j$ .

$j$  είναι ο αριθμός του κριτηρίου.

$i$  είναι ο αριθμός της εναλλακτικής λύσης.

Ο Normalized Separate Slicing Levels Matrix είναι:

$$S_n = [s_n(j)]$$

με

$$j = 1 \dots N$$

όπου

$N$  είναι ο αριθμός των κριτηρίων.

$s_n(j)$  είναι τα στοιχεία του Normalized Separate Slicing Levels Matrix.

## 2. Preference Matrix

Και αυτός ο πίνακας παραμένει όπως έχει από την προηγούμενη διαδικασία. Ο τύπος που χρησιμοποιείται είναι:

$$a(i, j) = \frac{b(i, j) - b_{\text{worst}}(j)}{b_{\text{best}}(j) - b_{\text{worst}}(j)}$$

όπου

$a(i, j)$  είναι τα στοιχεία του Preference Matrix.

$b(i, j)$  είναι τα στοιχεία του PayOff Matrix.

$b_{\text{best}}(j)$  είναι η βέλτιστη τιμή του κριτηρίου  $j$ .

$b_{\text{worst}}(j)$  είναι η χειρίστη τιμή του κριτηρίου  $j$ .

$j$  είναι ο αριθμός του κριτηρίου.

$i$  είναι ο αριθμός της εναλλακτικής λύσης.

Ο Preference Matrix είναι:

$$A = [a(i, j)]$$

με

$$i = 1 \dots M$$

$$j = 1 \dots N$$

όπου

$M$  είναι ο αριθμός των εναλλακτικών λύσεων.

$N$  είναι ο αριθμός των κριτηρίων.

$a(i, j)$  είναι τα στοιχεία του Preference Matrix.

### 3. Incidence Matrix

Ο πίνακας αυτός διαφοροποιείται στον υπολογισμό του, καθώς το επίπεδο διαχωρισμού με το οποίο συγκρίνονται οι τιμές του Preference Matrix είναι διαφορετικά για κάθε ένα από τα κριτήρια. Έτσι ο πίνακας αλλάζει εντελώς σε σχέση με αυτόν της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης.

Ο Incidence Matrix είναι:

$$I = [i(i, j)] \text{ με } i(i, j) = 0 \text{ εάν } a(i, j) \geq s_n(j)$$

$$i(i, j) = 1 \text{ εάν } a(i, j) < s_n(j)$$

με

$$i = 1 \dots M$$

$$j = 1 \dots N$$

όπου

$M$  είναι ο αριθμός των εναλλακτικών λύσεων.

$N$  είναι ο αριθμός των κριτηρίων.

$a(i, j)$  είναι τα στοιχεία του Preference Matrix.

$i(i, j)$  είναι τα στοιχεία του Incidence Matrix.

$s_n(j)$  είναι τα στοιχεία του Normalized Separate Slicing Levels Matrix.

#### 4. Conjugate Incidence Matrix

Όπως και ο Incidence Matrix έτσι και ο αντίθετός του, διαφοροποιείται στην κατασκευή του από αυτόν της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης. Τα επίπεδα διαχωρισμού δεν είναι σταθερά για κάθε κριτήριο, με αποτέλεσμα να τροποποιείται ανάλογα και ο υπολογιζόμενος πίνακας.

Ο Conjugate Incidence Matrix είναι:

$$I_c = [i_c(i, j)] \text{ με } i_c(i, j) = 1 \text{ εάν } a(i, j) \leq s_n(j) \\ i_c(i, j) = 0 \text{ εάν } a(i, j) > s_n(j)$$

με

$$i = 1 \dots M$$

$$j = 1 \dots N$$

όπου

$M$  είναι ο αριθμός των εναλλακτικών λύσεων.

$N$  είναι ο αριθμός των κριτηρίων.

$a(i, j)$  είναι τα στοιχεία του Preference Matrix.

$i_c(i, j)$  είναι τα στοιχεία του Conjugate Incidence Matrix.

$s_n(j)$  είναι τα στοιχεία του Normalized Separate Slicing Levels Matrix.

#### 5. Shared-Face Matrix of Alternatives

Ο πίνακας αυτός δεν αλλάζει καθόλου στον τρόπο υπολογισμού του, απλώς αλλάζει σαν τελικό αποτέλεσμα, αφού πλέον χρησιμοποιεί το νέο Incidence Matrix. Ο τύπος που χρησιμοποιείται είναι:

$$G_A = I^T \cdot I - \Omega$$

όπου

$I$  είναι ο Incidence Matrix.

$I^T$  είναι ο ανάστροφος πίνακας του Incidence Matrix.

$$\Omega = [\omega(i, j)] \text{ με } \omega(i, j) = 1$$

Ο Shared-Face Matrix of Alternatives είναι:

$$G_A = [g_A(i, j)]$$

με

$$i, j = 1 \dots M$$

όπου

$M$  είναι ο αριθμός των εναλλακτικών λύσεων.

$g_A(i, j)$  είναι τα στοιχεία του Shared-Face Matrix of Alternatives.

## 6. Conjugate Shared-Face Matrix of Alternatives

Χρησιμοποιώντας τα καινούργια δεδομένα που υπάρχουν στον Conjugate Incidence Matrix, αλλά με την ίδια μεθοδολογία, κατασκευάζεται και αυτός ο πίνακας. Έτσι ο τύπος που χρησιμοποιείται είναι:

$$G_{A_c} = I_c^T \cdot I_c - \Omega$$

όπου

$I_c$  είναι ο Conjugate Incidence Matrix.

$I_c^T$  είναι ο ανάστροφος πίνακας του Conjugate Incidence Matrix.

$$\Omega = [\omega(i, j)] \text{ με } \omega(i, j) = 1$$

Ο Conjugate Shared-Face Matrix of Alternatives είναι:

$$G_{A_c} = [g_{A_c}(i, j)]$$

με

$$i, j = 1 \dots M$$

όπου

$M$  είναι ο αριθμός των εναλλακτικών λύσεων.

$g_{A_c}(i, j)$  είναι τα στοιχεία του Conjugate Shared-Face Matrix of Alternatives.

## 7. Shared-Face Matrix of Criteria

Ο πίνακας αυτός παραμένει ο ίδιος στην μεθοδολογία υπολογισμού του χρησιμοποιώντας φυσικά τα καινούργια δεδομένα. Ο τύπος που χρησιμοποιείται είναι:

$$G_c = I \cdot I^T - \Omega$$

όπου

$I$  είναι ο Incidence Matrix.

$I^T$  είναι ο ανάστροφος πίνακας του Incidence Matrix.

$$\Omega = [\omega(i, j)] \text{ με } \omega(i, j) = 1$$

Ο Shared-Face Matrix of Criteria είναι:

$$G_c = [g_c(i, j)]$$

με

$$i, j = 1 \dots N$$

όπου

$N$  είναι ο αριθμός των κριτηρίων.

$g_c(i, j)$  είναι τα στοιχεία του Shared-Face Matrix of Criteria.

## 8. Conjugate Shared-Face Matrix of Criteria

Ο τελευταίος αυτός πίνακας της Q-Ανάλυσης είναι ίδιος στον υπολογισμό του με τον αντίστοιχο της προηγούμενης μεθόδου. Ο τύπος που χρησιμοποιείται είναι:



$$G_{C_c} = I_c \cdot I_c^T - \Omega$$

όπου

$I_c$  είναι ο Conjugate Incidence Matrix.

$I_c^T$  είναι ο ανάστροφος πίνακας του Conjugate Incidence Matrix.

$$\Omega = [\omega(i, j)] \text{ με } \omega(i, j) = 1$$

Ο Conjugate Shared-Face Matrix of Criteria είναι:

$$G_{C_c} = [g_{C_c}(i, j)]$$

με

$$i, j = 1 \dots N$$

όπου

$N$  είναι ο αριθμός των κριτηρίων.

$g_{C_c}(i, j)$  είναι τα στοιχεία του Conjugate Shared-Face Matrix of Criteria.

## 9. Multicriterion Q-Analysis (MCQA)

### i) ECC1 - Eccentricity 1

Εδώ η μόνη διαφορά από την προηγούμενη μέθοδο είναι πως δε χρειάζεται να τονίσουμε ότι ο δείκτης υπολογίζεται μόνο για το χαμηλότερο επίπεδο διαχωρισμού, αφού το επίπεδο διαχωρισμού είναι ένα για κάθε κριτήριο. Έτσι η υπολογιζόμενη τιμή του δείκτη ανταποκρίνεται στο επίπεδο αυτό. Ο τύπος υπολογισμού της είναι:

$$ECC1(\sigma) = \frac{\dim(\sigma) - q^*}{q^* + 1}$$

όπου

$\sigma$  είναι η εναλλακτική λύση ή το κριτήριο προς αξιολόγηση.

$\dim(\sigma)$  είναι το υψηλότερο q-επίπεδο στο οποίο η μεταβλητή  $\sigma$  είναι μόνη της στην κλάση ισοδυναμίας. Η τιμή αυτή βρίσκεται πάνω στην κύρια διαγώνιο του Shared-Face Matrix.

$q^*$  είναι το υψηλότερο q-επίπεδο στο οποίο η μεταβλητή  $\sigma$  βρίσκεται σε μια κλάση ισοδυναμίας με κάποια άλλη μεταβλητή.

## ii) ECC2 - Eccentricity 2

Και η εκκεντρότητα αυτή παραμένει η ίδια. Ο τύπος της είναι:

$$ECC2(\sigma) = \frac{\sum_i \frac{q_i}{\sigma_i}}{\frac{q_{\max} \cdot (q_{\max} + 1)}{2}}$$

όπου

$\sigma$  είναι η εναλλακτική λύση ή το κριτήριο προς αξιολόγηση.

$q_i$  είναι κάθε q-επίπεδο στο οποίο εμφανίζεται η μεταβλητή  $\sigma$ .

$\sigma_i$  είναι ο αριθμός των στοιχείων στην κλάση ισοδυναμίας του q-επιπέδου  $i$ .

$q_{\max}$  είναι το μέγιστο q-επίπεδο κατά την ανάλυση.

## 10. Multicriterion Q-Analysis-I (MCQA-I)

### i) PSI - Project Satisfaction Index

Ο δείκτης PSI αλλάζει δραστικά τη μορφή του στη μέθοδο αυτή σε σχέση με την Πολυκριτήρια Q-Ανάλυση, καθώς δεν υπάρχουν πλέον πολλαπλά επίπεδα διαχωρισμού για κάθε ένα από τα κριτήρια. Ο τύπος που χρησιμοποιούμε για τον υπολογισμό του δείκτη όσον αφορά τις εναλλακτικές λύσεις είναι:

$$PSI(\sigma) = \sum_{j=1}^N w(j) \cdot i(\sigma, j)$$

όπου

$N$  είναι ο αριθμός των κριτηρίων.

$\sigma$  είναι η εναλλακτική λύση προς αξιολόγηση.

$w(j)$  είναι το βάρος που ο αποφασίζων καθορίζει για το κριτήριο  $j$ .

$i(\sigma, j)$  είναι τα στοιχεία του Incidence Matrix.

$PSI(\sigma)$  είναι ο Project Satisfaction Index για την εναλλακτική λύση  $\sigma$ .

Ο τύπος που χρησιμοποιούμε για τον υπολογισμό του δείκτη αυτού όσο αφορά τα κριτήρια είναι λίγο διαφορετικός. Στο άθροισμα αντί για τον αριθμό των κριτηρίων χρησιμοποιούμε τον αριθμό των εναλλακτικών λύσεων και φυσικά δεν υπάρχουν βάρη, καθώς μόνο τα κριτήρια έχουν τέτοια και όχι οι εναλλακτικές λύσεις. Επίσης υπάρχει ένας πολλαπλασιασμός ολόκληρου του αθροίσματος με το εκάστοτε επίπεδο διαχωρισμού του αντίστοιχου κριτηρίου. Έτσι ο τύπος μετατρέπεται σε:

$$PSI(\sigma) = s_n(\sigma) \cdot \sum_{i=1}^M i(i, \sigma)$$

όπου

$M$  είναι ο αριθμός των εναλλακτικών λύσεων.

$\sigma$  είναι το κριτήριο προς αξιολόγηση.

$s_n(\sigma)$  είναι το κανονικοποιημένο επίπεδο διαχωρισμού του κριτηρίου.

$i(i, \sigma)$  είναι τα στοιχεία του Incidence Matrix.

$PSI(\sigma)$  είναι ο Project Satisfaction Index για το κριτήριο  $\sigma$ .

## ii) PCI - Project Comparison Index

Και ο δείκτης αυτός επηρεάζεται από την ύπαρξη ενός και μοναδικού επιπέδου διαχωρισμού για κάθε κριτήριο. Και εδώ χρειάζεται να γίνει και ξεχωριστός υπολογισμός του δείκτη για την περίπτωση των εναλλακτικών λύσεων και την περίπτωση των κριτηρίων. Ο τύπος που χρησιμοποιούμε για τον υπολογισμό του δείκτη όσον αφορά τις εναλλακτικές λύσεις είναι:

$$PCI(\sigma) = q_{\max}(\sigma) - q^*(\sigma)$$

όπου

$\sigma$  είναι η εναλλακτική λύση προς αξιολόγηση.

$q_{\max}(\sigma)$  είναι το μέγιστο q-επίπεδο της εναλλακτικής λύσης  $\sigma$ . Η τιμή αυτή βρίσκεται πάνω στην κύρια διαγώνιο του Shared-Face Matrix of Alternatives.

$q^*(\sigma)$  είναι το υψηλότερο q-επίπεδο στο οποίο η εναλλακτική λύση  $\sigma$  βρίσκεται σε μια κλάση ισοδυναμίας με κάποια άλλη εναλλακτική λύση στον Incidence Matrix.

$PCI(\sigma)$  είναι ο Project Comparison Index για τη εναλλακτική λύση  $\sigma$ .

Ο τύπος που χρησιμοποιούμε στην περίπτωση των κριτηρίων διαφέρει στο ότι εισέρχεται στον υπολογισμό και το επίπεδο διαχωρισμού του κριτηρίου. Έτσι ο τύπος μετατρέπεται σε:

$$PCI(\sigma) = s_n(\sigma) \cdot [q_{\max}(\sigma) - q^*(\sigma)]$$

όπου

$\sigma$  είναι το κριτήριο προς αξιολόγηση.

$s_n(\sigma)$  είναι το κανονικοποιημένο επίπεδο διαχωρισμού του κριτηρίου.

$q_{\max}(\sigma)$  είναι το μέγιστο q-επίπεδο του κριτηρίου  $\sigma$ . Η τιμή αυτή βρίσκεται πάνω στην κύρια διαγώνιο του Shared-Face Matrix of Criteria.

$q^*(\sigma)$  είναι το υψηλότερο q-επίπεδο στο οποίο το κριτήριο  $\sigma$  βρίσκεται σε μια κλάση ισοδυναμίας με κάποιο άλλο κριτήριο στον Incidence Matrix.

$PCI(\sigma)$  είναι ο Project Comparison Index για το κριτήριο  $\sigma$ .

### iii) PSIN - Project Satisfaction Index Normalized

Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό ο δείκτης αυτός δεν αλλάζει τον τρόπο υπολογισμού του. Έτσι έχουμε:

$$PSIN(\sigma) = \frac{PSI(\sigma)}{PSI_{\max}}$$

όπου

$PSI(\sigma)$  είναι η μη κανονικοποιημένη τιμή του δείκτη.

$PSI_{\max}$  είναι η μέγιστη τιμή του δείκτη.

$PSIN(\sigma)$  είναι ο κανονικοποιημένος δείκτης.

iv) *PCIN - Project Comparison Index Normalized*

Όπως όλοι οι Normalized δείκτες, έτσι και ο τύπος υπολογισμού του PCIN παραμένει ο ίδιος όπως και στην Πολυκριτήρια Q-Ανάλυση:

$$PCIN(\sigma) = \frac{PCI(\sigma)}{PCI_{\max}}$$

όπου

$PCI(\sigma)$  είναι η μη κανονικοποιημένη τιμή του δείκτη.

$PCI_{\max}$  είναι η μέγιστη τιμή του δείκτη.

$PCIN(\sigma)$  είναι ο κανονικοποιημένος δείκτης.

v) *PRI1 - Project Rating Index 1*

Ίδιος στον υπολογισμό του παραμένει και αυτός ο δείκτης, αφού δημιουργείται με μαθηματικές σχέσεις μεταξύ των δεικτών PSIN και PCIN. Ο τύπος που δίνει την τιμή του δείκτη είναι:

$$PRI1(\sigma) = \left[ |1 - PSIN(\sigma)|^p + |1 - PCIN(\sigma)|^p \right]^{\frac{1}{p}}$$

με

$$p = 1, 2$$

όπου

$PSIN(\sigma)$  είναι ο Project Satisfaction Index Normalized.

$PCIN(\sigma)$  είναι ο Project Comparison Index Normalized.

$PRI1(\sigma)$  είναι ο προς υπολογισμό Project Rating Index 1.

$p$  είναι ένας δείκτης που όταν έχει τιμή ένα ο  $PRI1$  εκφράζει τον αριθμητικό μέσο των δεικτών  $PSIN$  και  $PCIN$ . Όταν έχει την τιμή δύο εκφράζει την Ευκλείδεια απόσταση του πραγματικού διανύσματος  $(PSIN(\sigma), PCIN(\sigma))$  και του ιδεατού διανύσματος.

## 11. Multicriterion Q-Analysis-II (MCQA-II)

### i) $PDI$ - Project Discordance Index

Ο δείκτης αυτός, ο οποίος έχει μια αναλογία με τον  $PCI$  αλλά χρησιμοποιεί τον Conjugate Incidence Matrix, τροποποιείται κατά τρόπο ανάλογο με τον  $PCI$ . Ο τύπος που χρησιμοποιούμε για τον υπολογισμό του δείκτη όσον αφορά τις εναλλακτικές λύσεις είναι:

$$PDI(\sigma) = q_{c,\max}(\sigma) - q_c^*(\sigma)$$

όπου

$\sigma$  είναι η εναλλακτική λύση προς αξιολόγηση.

$q_{c,\max}(\sigma)$  είναι το μέγιστο  $q$ -επίπεδο της εναλλακτικής λύσης  $\sigma$ . Η τιμή αυτή βρίσκεται πάνω στην κύρια διαγώνιο του Conjugate Shared-Face Matrix of Alternatives.

$q_c^*(\sigma)$  είναι το υψηλότερο  $q$ -επίπεδο στο οποίο η εναλλακτική λύση  $\sigma$  βρίσκεται σε μια κλάση ισοδυναμίας με κάποια άλλη εναλλακτική λύση στον Conjugate Shared-Face Matrix of Alternatives.

$PDI(\sigma)$  είναι ο Project Discordance Index για τη εναλλακτική λύση  $\sigma$ .

Ο τύπος που χρησιμοποιούμε στην περίπτωση των κριτηρίων διαφέρει στο ότι εισέρχεται στον υπολογισμό και το επίπεδο διαχωρισμού του κριτηρίου. Έτσι ο τύπος μετατρέπεται σε:

$$PDI(\sigma) = s_n(\sigma) \cdot [q_{c,\max}(\sigma) - q^*(\sigma)]$$

όπου

$\sigma$  είναι το κριτήριο προς αξιολόγηση.

$s_n(\sigma)$  είναι το κανονικοποιημένο επίπεδο διαχωρισμού του κριτηρίου.

$q_{c,\max}(\sigma)$  είναι το μέγιστο q-επίπεδο του κριτηρίου  $\sigma$ . Η τιμή αυτή βρίσκεται πάνω στην κύρια διαγώνιο του Shared-Face Matrix of Criteria.

$q_c^*(\sigma)$  είναι το υψηλότερο q-επίπεδο στο οποίο το κριτήριο  $\sigma$  βρίσκεται σε μια κλάση ισοδυναμίας με κάποιο άλλο κριτήριο στον Conjugate Shared-Face Matrix of Criteria.

$PDI(\sigma)$  είναι ο Project Discordance Index για το κριτήριο  $\sigma$ .

ii) *PDIN - Project Discordance Index Normalized*

Όπως όλοι οι κανονικοποιημένοι δείκτες, έτσι και αυτός δεν αλλάζει τον τρόπο υπολογισμού του. Έτσι ο τύπος που χρησιμοποιείται για την κανονικοποίηση του PDI είναι:

$$PDIN(\sigma) = \frac{PDI(\sigma)}{PDI_{\max}}$$

όπου

$PDI(\sigma)$  είναι η μη κανονικοποιημένη τιμή του δείκτη.

$PDI_{\max}$  είναι η μέγιστη τιμή του δείκτη.

$PDIN(\sigma)$  είναι ο κανονικοποιημένος δείκτης.

iii) *PRI2 - Project Rating Index 2*

Ο δείκτης αυτός υπολογίζεται από συνδυασμό κανονικοποιημένων δεικτών, χωρίς να χρησιμοποιεί κανένα άλλο στοιχείο. Άρα όπως είναι φυσικό ο τρόπος υπολογισμού του δε διαφοροποιείται. Ο τύπος που δίνει την τιμή του δείκτη είναι:

$$PRI2(\sigma) = \left[ |1 - PSIN(\sigma)|^p + |1 - PCIN(\sigma)|^p + |PDIN(\sigma)|^p \right]^{\frac{1}{p}}$$

με

$p = 1,2$

όπου

$PSIN(\sigma)$  είναι ο Project Satisfaction Index Normalized.

$PCIN(\sigma)$  είναι ο Project Comparison Index Normalized.

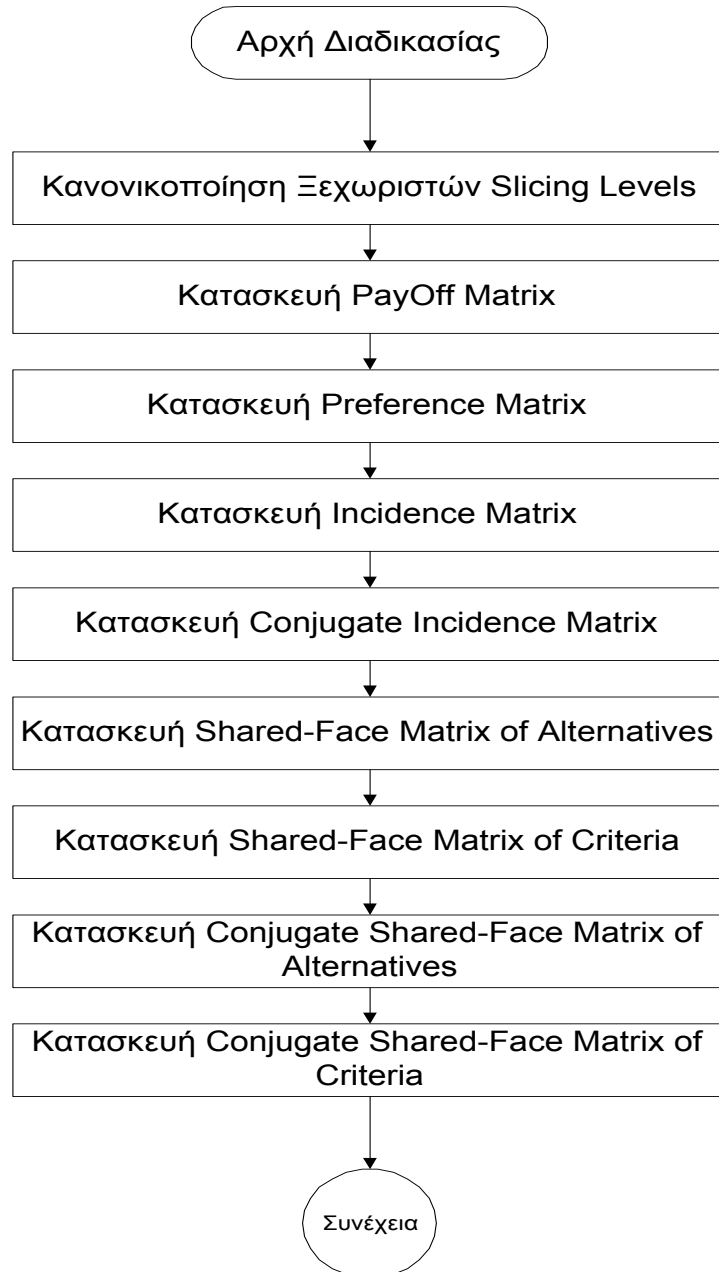
$PDIN(\sigma)$  είναι ο Project Discordance Index Normalized.

$PRI2(\sigma)$  είναι ο προς υπολογισμό Project Rating Index 2.

$p$  είναι ένας δείκτης που όταν έχει τιμή ένα ο  $PRI2$  εκφράζει τον αριθμητικό μέσο των δεικτών  $PSIN$ ,  $PCIN$  και  $PDIN$ . Όταν έχει την τιμή δύο εκφράζει την Ευκλείδεια απόσταση του πραγματικού διανύσματος  $(PSIN(\sigma), PCIN(\sigma), PDIN(\sigma))$  και του ιδεατού διανύσματος.

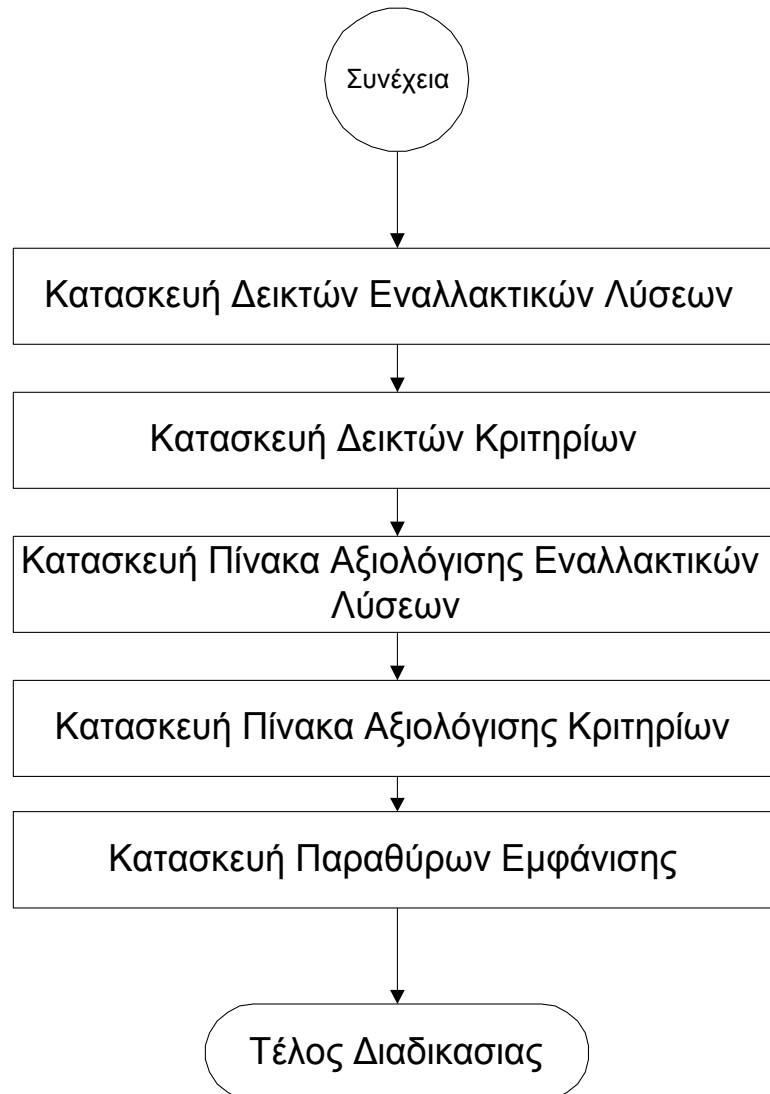


## ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑ Q-ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΞΕΧΩΡΙΣΤΑ SLICING LEVELS



Διάγραμμα 4

## ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑ Q-ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΞΕΧΩΡΙΣΤΑ SLICING LEVELS



**Διάγραμμα 4**

Στο σημείο αυτό τελειώνει η παρουσίαση του αλγόριθμου της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης με διαφορετικά επίπεδα διαχωρισμού, καθώς όπως ειπώθηκε εξαρχής δεν είναι δυνατό να δημιουργηθούν οι επιπλέον ειδικοί δείκτες για την αξιολόγηση των κριτηρίων που υπάρχουν στην Πολυκριτήρια Q-Ανάλυση.

Πρέπει εδώ να τονίσουμε ότι παρόλη την ομοιότητα που συναντούμε στις δύο τελευταίες μεθόδους, η διαφορά τόσο στον τρόπο υπολογισμού τους όσο και στην φιλοσοφία τους τις κάνουν να είναι ξεχωριστά και πολύτιμα εργαλεία στην υπηρεσία του αποφασίζοντα ή του αναλυτή του προβλήματος. Στο διάγραμμα 4 φαίνεται παραστατικά η πορεία που ακολουθείται από τον αλγόριθμο της μεθόδου για την κατασκευή όλων των δεικτών.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

# **ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ**

### **3.1 Εισαγωγή**

Στο σημείο αυτό θα χρησιμοποιήσουμε το Σύστημα Υποστήριξης Απόφασης που κατασκευάστηκε για την επεξεργασία προβλημάτων των οποίων η διάσταση περιορίζονται μόνο από τις δυνατότητες του εκάστοτε ηλεκτρονικού υπολογιστή στον οποίο είναι εγκατεστημένο. Η παρουσίαση του λογισμικού δε θα είναι σχολαστική, καθώς δεν κρίνεται σκόπιμο να περιγραφεί με μεγάλη λεπτομέρεια. Η πρακτική εξάσκηση στον υπολογιστή, είναι ο μόνος δρόμος μέσα από τον οποίο μπορεί ακόμα και ο απλός χρήστης, σε μικρό χρονικό διάστημα, να αποκτήσει την απαιτούμενη εξοικείωση με το πρόγραμμα. Αφού περατωθεί η περιγραφή του συστήματος, θα ακολουθήσει η εφαρμογή της μεθόδου στο πρόβλημα επιλογής που αντιμετωπίζει η τράπεζα αναπτύξεως ΕΤΕΒΑ.

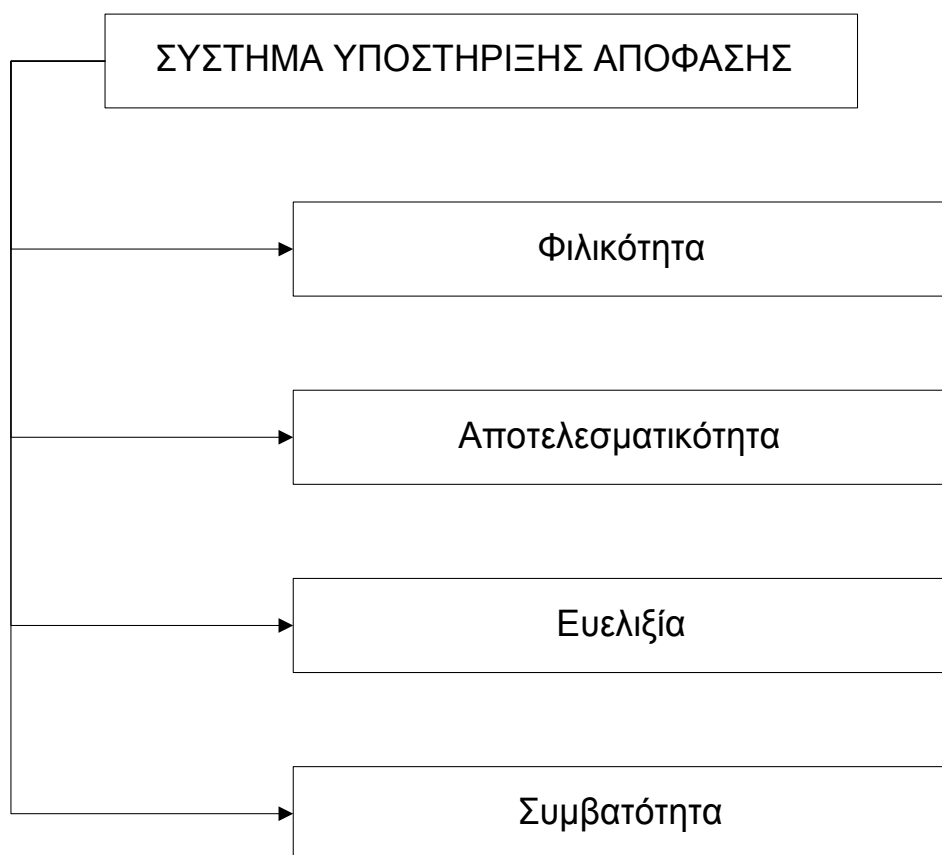
### **3.2 Περιγραφή του Συστήματος Υποστήριξης Απόφασης**

Το λογισμικό είναι κατασκευασμένο σε Visual Basic Version 4.0 Professional Edition και τρέχει μόνο κάτω από περιβάλλον Windows 95. Το πρόγραμμα πραγματοποιεί τις ακόλουθες τρεις βασικές λειτουργίες της θεωρίας:

1. Q-Ανάλυση με επίπεδο διαχωρισμού που εμείς ορίζουμε.
2. Πολυκριτήρια Q-Ανάλυση σύμφωνα με τη θεωρία.
3. Πολυκριτήρια Q-Ανάλυση με τη χρησιμοποίηση διαφορετικών επιπέδων διαχωρισμού για κάθε κριτήριο.

·Οι βασικές αρχές που θα πρέπει να διέπουν το λογισμικό του συστήματος υποστήριξης απόφασης, φαίνονται στο διάγραμμα 5.

## ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ



**Διάγραμμα 5**

Η φιλικότητα του προγράμματος ως προς το χρήστη είναι σημαντική, καθώς θα πρέπει να του δίνει τη δυνατότητα, μέσα από απλές διαδικασίες, να υπολογίζει οποιαδήποτε αποτελέσματα χρειάζεται, αλλά και να μπορεί εύκολα να έχει στην οθόνη του όποια πληροφορία θα τον ενδιέφερε. Η φιλικότητα αυτή επιτυγχάνεται με την κατασκευή του προγράμματος στο περιβάλλον των Windows, όπου είναι προσαρμοσμένο να παρέχει στον χρήστη με ένα απλό πάτημα του ποντικιού μέσα σε κάποια μενού όποια πληροφορία και αν αυτός επιθυμήσει. Η υλοποίηση του Συστήματος

Υποστήριξης Απόφασης έγινε στο περιβάλλον των Windows 95 ακριβώς για να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή φιλικότητα προς το χρήστη.

Αποτελεσματικότητα πρέπει να υπάρχει στο σύστημα ώστε να είναι δυνατή η υλοποίηση των αλγορίθμων της θεωρίας και να βρίσκονται πάντα οι δείκτες που απαιτούνται, οσοδήποτε μεγάλο και να είναι το πρόβλημα προς αντιμετώπιση. Η σωστή μετατροπή των θεωρητικών αλγορίθμων σε λογισμικό εξασφαλίζει αυτή τη συνοχή και αποτελεσματικότητα.

Η ευελιξία του συστήματος επιτυγχάνεται με την πλήρη παραμετροποίηση που υπάρχει στον αλγόριθμο με την αλλαγή τόσο των δεδομένων του προβλήματος, όσο και με τη δυνατότητα αλλαγής και των επιπέδων διαχωρισμού και των βαρών των κριτηρίων.

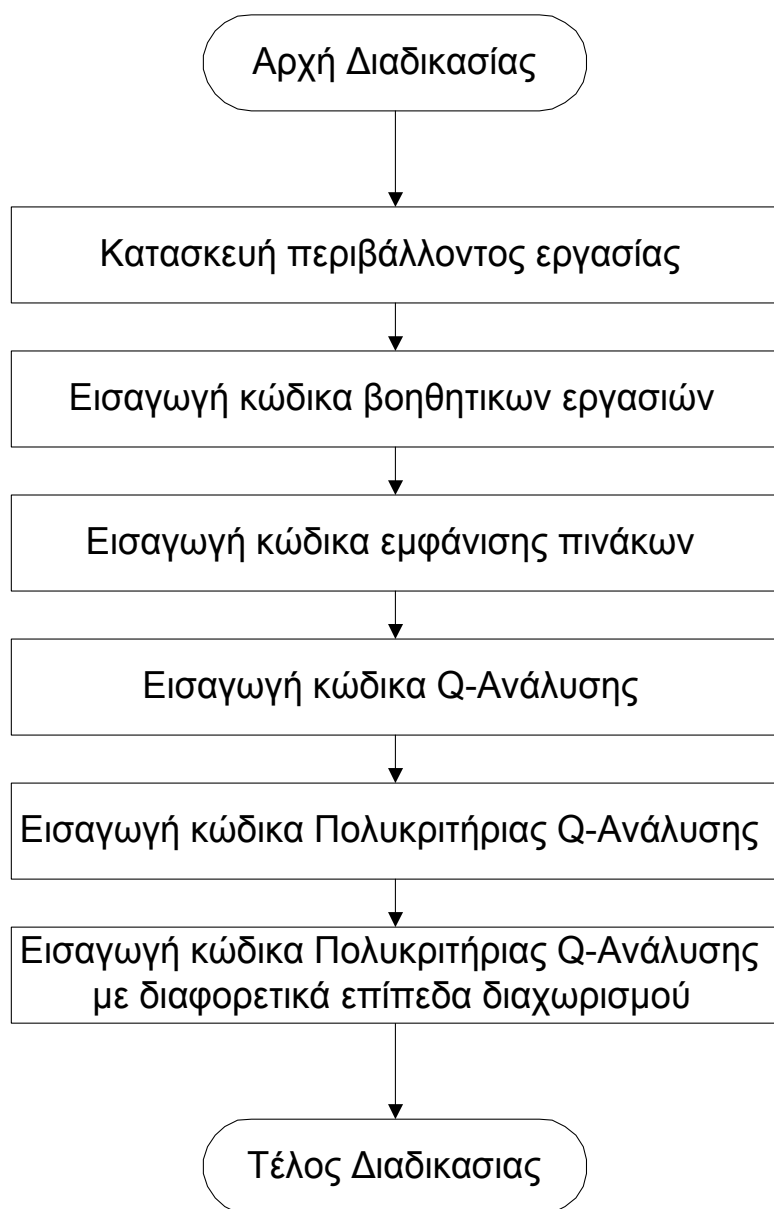
Ακολούθως το τέταρτο σημαντικό χαρακτηριστικό του συστήματος είναι η συμβατότητα με τις υπάρχουσες εφαρμογές Πολυκριτήριας Ληψης Απόφασης, αλλά και γενικότερα με το σύνολο των εφαρμογών που χρησιμοποιούνται ευρέως στις μέρες μας.. Αυτή επιτυγχάνεται με την ύπαρξη του γνωστού περιβάλλοντος των Windows 95, αλλά και με την απλότητα που υπάρχει από τη χρησιμοποίηση ευδιάκριτων και απλών πινάκων για την παρουσίαση των δεδομένων και των αποτελεσμάτων.

Στην συνέχεια θα αναλυθεί ο τρόπος ανάπτυξης του Συστήματος Υποστήριξης Απόφασης. Η διαδικασία αυτή παρουσιάζεται στο διάγραμμα 6. Το πρώτο από τα βήματα αυτά είναι η κατασκευή του γενικού περιβάλλοντος εργασίας, των φορμών στις οποίες θα παρουσιάζονται τα δεδομένα, των βοηθητικών οθονών, των μενού επιλογών και όλων των άλλων βοηθητικών σημείων του λογισμικού.

Το επόμενο βήμα είναι η εισαγωγή του κώδικα των βοηθητικών εργασιών. Οι διαδικασίες που απαιτείται να δημιουργηθούν για την αποθήκευση και ανάκληση των δεδομένων των προβλημάτων, οι διαδικασίες εκτύπωσης των αποτελεσμάτων στον εκτυπωτή και οι διαδικασίες για την αντιγραφή και επικόλληση δεδομένων στις φόρμες υλοποιούνται στο βήμα αυτό.

Ακολούθως, δημιουργείται ο κώδικας για την εμφάνιση όλων των πινάκων που χρησιμοποιούνται στην εφαρμογή και οι οποίοι ξεπερνούν τους είκοσι.

## ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ



**Διάγραμμα 6**

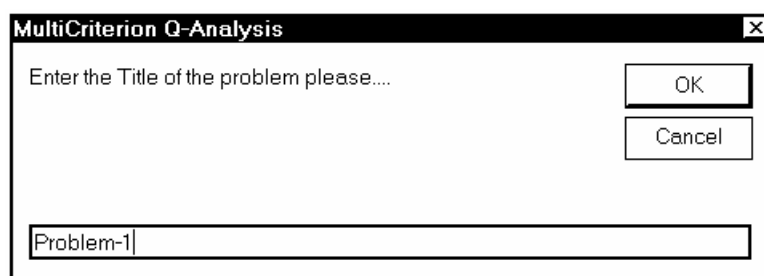
Τα τρία τελευταία βήματα στην προσπάθεια δημιουργίας του Συστήματος Υποστήριξης Απόφασης είναι παραπλήσια και περιλαμβάνουν τη συγγραφή του κυρίων κώδικα του λογισμικού που πραγματοποιεί σε



προγραμματιστικό επίπεδο τη δημιουργία των αλγορίθμων της Q-Ανάλυσης, της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης και της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης με διαφορετικά επίπεδα διαχωρισμού. Αποτελεί το πιο δύσκολο σημείο στην όλη διαδικασία κατασκευής του προγράμματος και απαιτεί από τον προγραμματιστή μεγάλη σχολαστικότητα και προσοχή, καθώς ουσιαστικά αποτελεί την καρδιά του λογισμικού και θα πρέπει να μην υπάρχει κανένα λάθος ή παράλειψη.

Το κάθε πρόβλημα που επιλύουμε με τη βοήθεια του Συστήματος Υποστήριξης Απόφασης, έχει μια συγκεκριμένη διαδικασία εισαγωγής και επίλυσης. Το πρώτο βήμα είναι φυσικά η εκτέλεση του προγράμματος από το λειτουργικό σύστημα των Windows 95.

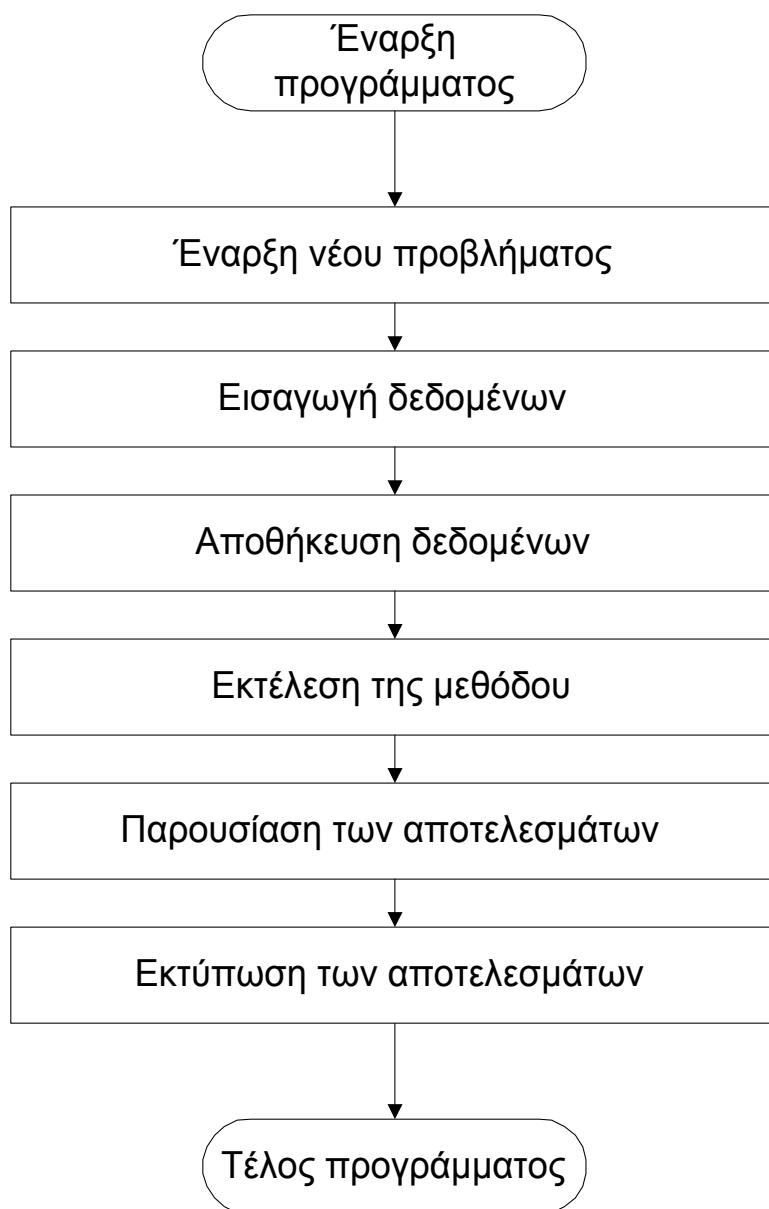
Στην συνέχεια από το περιβάλλον της εφαρμογής επιλέγουμε την έναρξη ενός νέου προβλήματος. Στο σημείο αυτό μας ζητείται από το πρόγραμμα, με μορφή κουτιών ερωτήσεων όπως αυτό της εικόνας 1, να εισάγουμε τον τίτλο του προβλήματος, τον αριθμό των εναλλακτικών λύσεων, τον αριθμό των κριτηρίων, και το πλήθος των επιπέδων διαχωρισμού που θα χρησιμοποιήσουμε στην Πολυκριτήρια Q-Ανάλυση.



Εικόνα 1

Το επόμενο βήμα στην ακολουθία των ενεργειών μας, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 7 είναι η εισαγωγή των δεδομένων του προβλήματος. Εδώ εισάγουμε στο πρόγραμμα τους Order Matrix, Evaluation Matrix, Weights Matrix, Slicing Levels Matrix και Separate Slicing Levels Matrix. Αυτοί είναι οι πίνακες που είναι απαραίτητοι για την επίλυση του όλου προβλήματος.

## ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

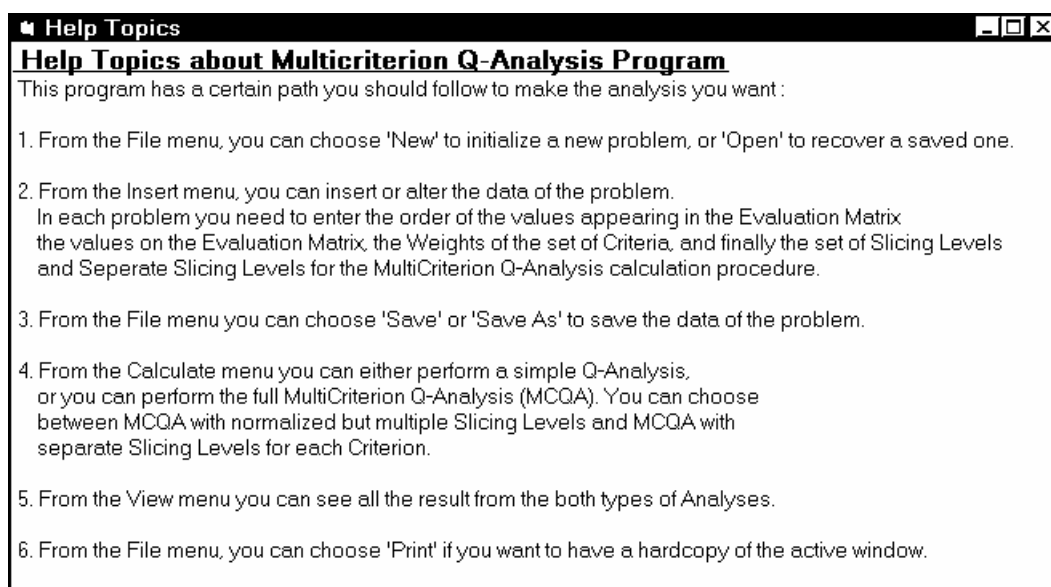


**Διάγραμμα 7**

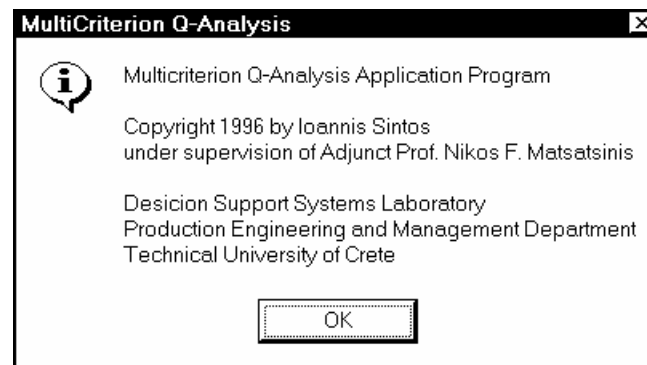
Ακολουθώς, πρέπει να αποθηκεύσουμε τα δεδομένα μας στο δίσκο ώστε να έχουμε την ευχέρεια την επανάκτησης όποτε τα χρειαστούμε. Η διαδικασία αυτή γίνεται μέσα από τα υπάρχοντα μενού επιλογών, όπως σε

όλες τις εφαρμογές που εργάζονται κάτω από το περιβάλλον των Windows 95.

Το σημαντικότερο σημείο είναι η εκτέλεση μιας εκ των τριών μεθόδων, μέσα από το αντίστοιχο μενού επιλογής και η παρουσίαση των αποτελεσμάτων είτε στην οθόνη, είτε στο χαρτί, ώστε να μπορέσει ο αποφασίζοντας να επιλέξει αντικειμενικά τη λύση που από το Σύστημα Υποστήριξης Απόφασης καταδείχτηκε ως η βέλτιστη. Η όλη διαδικασία εισαγωγής και επίλυσης ενός προβλήματος εμφανίζεται και στην βοηθητική οθόνη την οποία ο χρήστης μπορεί να δει κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος και η οποία εμφανίζεται στην εικόνα 2. Ενώ πληροφορίες για την κατασκευή του λογισμικού μπορεί να δει πάλι κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος, μέσα από το μενού βοήθειας. Η οθόνη πληροφόρησης του χρήστη απεικονίζεται στην εικόνα 3.



Εικόνα 2



Εικόνα 3

### 3.3 Εισαγωγή στην εφαρμογή

Η εφαρμογή της μεθόδου αφορά ένα πρόβλημα που είχε να αντιμετωπίσει η τράπεζα επενδύσεων ΕΤΕΒΑ. Όπως είναι γνωστό η ΕΤΕΒΑ χρηματοδοτεί Ελληνικές επιχειρήσεις στην προσπάθειά τους για ανάπτυξη. Είναι φυσικό λοιπόν η τράπεζα να ενδιαφέρεται να χρηματοδοτήσει τις εταιρίες εκείνες που έχουν τη μικρότερη πιθανότητα να οδηγηθούν στην χρεοκοπία και τις μεγαλύτερες προοπτικές ανάπτυξης στον κλάδο τους, ώστε κάποια στιγμή να μπορέσει να πάρει πίσω όλα ή μέρος από τα κεφάλαια που έχει δώσει ως δάνειο.

Στην προσπάθειά της αυτή, έχει αναθέσει σε ερευνητικές ομάδες [Zorounidis, 1995] να αναπτύξουν μοντέλα για την προσέγγιση με τον καλύτερο δυνατό τρόπο του προβλήματος που υπάρχει και να εκπονήσουν μια μελέτη που να καταλήγει σε μια απόφαση σχετικά με το ποιες από το σύνολο των επιχειρήσεων είναι σκόπιμο να χρηματοδοτηθούν. Απάντηση στο πρόβλημα αυτό θα προσπαθήσουμε να δώσουμε με τη χρησιμοποίηση της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης.

### 3.4 Περιγραφή των εναλλακτικών λύσεων

Η μέθοδος θα εφαρμοστεί σε ένα δείγμα τριάντα εννέα εταιριών από τις οποίες θέλουμε να προσδιορίσουμε δύο πράγματα:

1. Ποια από τις επιχειρήσεις αυτές είναι σε καλύτερη χρηματοοικονομική κατάσταση.

2. Με βάση τα δεδομένα που υπάρχουν, να τις κατατάξουμε σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα με την πιθανότητα που έχουν να οδηγηθούν στην πτώχευση. Η πρώτη κατηγορία θα περιέχει τις εταιρίες που χαρακτηρίζονται ως “Αποδεκτές”. Η δεύτερη κατηγορία θα είναι αυτές για τις οποίες δεν μπορεί να ληφθεί απόφαση για το χρηματοοικονομικό τους μέλλον και οι οποίες θα χαρακτηρίζονται ως “Αμφίβολες”. Η τρίτη κατηγορία θα είναι οι επιχειρήσεις εκείνες των οποίων το μέλλον διαγράφεται δυσοίωνο και οι οποίες χαρακτηρίζονται ως “Απορριπτές”.

Τις τριάντα εννέα αυτές επιχειρήσεις, θα τις εισάγουμε σαν εναλλακτικές λύσεις στο πρόγραμμά μας.

### **3.5 Περιγραφή των κριτηρίων**

Τα κριτήρια που θα χρησιμοποιήσουμε είναι δώδεκα. Τα πρώτα έξι είναι χρηματοοικονομικοί δείκτες, οι οποίοι εκφράζουν τη χρηματοοικονομική κατάσταση των προς αξιολόγηση επιχειρήσεων. Η επιλογή των κριτηρίων έγινε ώστε να ικανοποιούν δύο βασικά χαρακτηριστικά.

i) Να έχουν χρησιμοποιηθεί και στο παρελθόν για την αξιολόγηση επιχειρήσεων.

ii) Να είναι ικανοί να εκφράσουν κατά το καλύτερο δυνατό τη χρηματοοικονομική κατάσταση μιας επιχείρησης.

Από μελέτες που έχουν γίνει είναι γνωστό ότι οι δείκτες που παρουσιάζονται παρακάτω είναι οι καταλληλότεροι για την αξιολόγηση των επιχειρήσεων. Οι δείκτες αυτοί είναι:

1. Κέρδη προ Τόκων και Φόρων / Σύνολο Ενεργητικού
2. Καθαρά Κέρδη / Καθαρή Αξία
3. Σύνολο Παθητικού / Σύνολο Ενεργητικού

4. Σύνολο Παθητικού / Χρηματική Ροή
5. Έξοδα Τόκων / Πωλήσεις
6. Γενικά και Διοικητικά Έξοδα / Πωλήσεις

Τα επόμενα έξι κριτήρια από το επτά έως το δώδεκα εκφράζουν τη γενικότερη κατάσταση της επιχείρησης και χρησιμοποιούνται από τους αναλυτές της ΕΤΕΒΑ στην προσπάθειά τους να αποκτήσουν μια πιο ολοκληρωμένη άποψη για τη βιωσιμότητα της επιχείρησης. Παρέχουν περισσότερο ποιοτικές πληροφορίες για την επιχείρηση παρά ποσοτικές όπως τα χρηματοοικονομικά κριτήρια. Εκφράζονται σε ποιοτική κλίμακα την οποία και θα πρέπει να μετατρέψουμε σε ποσοτική για την εφαρμογή της μεθόδου. Η μετατροπή τους σε ποσοτικά γίνεται ως εξής:

#### 7. Εργασιακή Εμπειρία Managers

Αρνητική εμπειρία	1
Καμία εμπειρία	2
Θετική εμπειρία έως πέντε ετών	3
Θετική εμπειρία από πέντε έως δέκα ετών	4
Θετική εμπειρία μεγαλύτερη των δέκα ετών	5

#### 8. Θέση της Εταιρίας στην Αγορά

Ισχυρός ανταγωνισμός, ασθενής θέση	1
Ισχυρός ανταγωνισμός, ανταγωνιστική θέση	2
Μέτριος ανταγωνισμός, ισχυρή θέση	3
Ασθενής ανταγωνισμός, ισχυρή θέση	4
Μονοπώλιο	5

#### 9. Εγκαταστάσεις Παραγωγής

Παλιός εξοπλισμός, απαρχαιωμένες μέθοδοι παραγωγής	1
Μέτριος εξοπλισμός, ακριβή κατασκευή προϊόντος	2
Σχετικά εκμοντερνισμένες μέθοδοι παραγωγής	3
Ικανοποιητικός εξοπλισμός	4
Μοντέρνες μέθοδοι παραγωγής	5

#### 10. Οργάνωση Επιχείρησης

Έλλειψη οργάνωσης	1
Μέτρια οργάνωση	2
Μέτρια οργάνωση, πρόθεση βελτίωσης	3
Καλή οργάνωση	4

Άριστη οργάνωση	5
-----------------	---

## 11. Ειδικό Συγκριτικό Πλεονέκτημα της Επιχείρησης

Η επιχείρηση δεν έχει εμπειρία από τις μεθόδους παραγωγής που χρησιμοποιεί	1
Η επιχείρηση έχει μικρή εμπειρία από τις μεθόδους παραγωγής που χρησιμοποιεί	2
Η επιχείρηση έχει ικανοποιητική εμπειρία από τις μεθόδους παραγωγής που χρησιμοποιεί	3
Η επιχείρηση έχει την αποκλειστική εμπειρία από τις μεθόδους παραγωγής που χρησιμοποιεί	4

## 12. Ευελιξία στην Αγορά

Η επιχείρηση δεν ακολουθεί την αγορά, παράγει προϊόντα με μικρή ζήτηση	1
Η επιχείρηση έχει περιορισμένη ευελιξία	2
Η επιχείρηση έχει ικανοποιητική ευελιξία	3
Η επιχείρηση ακολουθεί τις τάσεις της αγοράς	4
Η επιχείρηση είναι ηγέτης στον τομέα της	5

### 3.6 Περιγραφή της διαδικασίας

Αφού έχουμε καθορίσει τα κριτήρια που θα χρησιμοποιηθούν, εισάγουμε τα δεδομένα στο πρόγραμμα, χρησιμοποιώντας τις εκτιμήσεις που έχουνε γίνει για κάθε επιχείρηση. Τα στοιχεία αυτά, τα έχουμε εισάγει στο πρόγραμμά μας, στον Evaluation Matrix, ο οποίος και φαίνεται στον πίνακα 1.

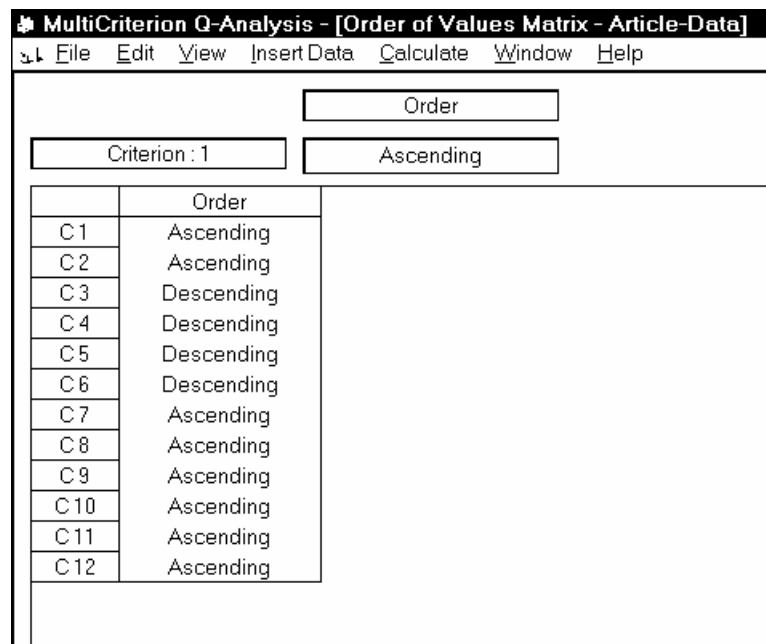
Πίνακας 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	16.4	14.5	59.8	2.5	7.5	5.2	5	3	5	4	2	4
2	35.8	67	64.9	1.7	2.1	4.5	5	4	5	5	4	5
3	20.6	61.7	75.7	3.6	3.6	8	5	3	5	5	3	5
4	11.5	17.1	57.1	3.8	4.2	3.7	5	2	5	4	3	4

5	22.4	25.1	49.8	2.1	5	7.9	5	3	5	5	3	5
6	23.9	34.5	48.9	1.7	2.5	8	5	3	4	4	3	4
7	29.9	44	57.8	1.8	1.7	2.5	5	4	4	5	3	5
8	8.7	5.4	17.4	3.3	4.5	4.5	5	2	4	4	1	4
9	25.7	29.7	46.8	1.7	4.6	3.7	4	2	4	3	1	3
10	21.2	24.6	64.8	3.7	3.6	8	4	2	4	4	1	4
11	18.3	31.6	69.3	4.4	2.8	3	4	2	4	4	3	4
12	20.7	19.3	19.7	0.7	2.2	4	4	3	4	4	1	3
13	9.9	3.5	53.1	4.5	8.5	5.3	4	2	4	4	1	4
14	10.4	9.3	80.9	9.4	1.4	4.1	4	2	4	4	3	3
15	17.7	19.8	52.8	3.2	7.9	6.1	4	2	4	4	2	5
16	14.8	15.9	27.9	1.3	5.4	1.8	4	4	4	3	2	3
17	16	14.7	53.5	3.9	6.8	3.8	4	2	4	4	2	4
18	11.7	10	42.1	3.9	12.2	4.3	5	4	4	2	1	3
19	11	4.2	60.8	5.8	6.2	4.8	4	2	4	4	2	4
20	15.5	8.5	56.2	6.5	5.5	1.8	4	2	4	4	2	4
21	13.2	9.1	74.1	11.2	6.4	5	2	2	4	4	2	3
22	9.1	4.1	44.8	4.2	3.3	10.4	3	4	4	4	3	4
23	12.9	1.9	65	6.9	14	7.5	4	3	3	2	1	2
24	5.9	-27.7	77.4	-32.2	16.6	12.7	3	2	4	4	2	3
25	16.9	12.4	60.1	5.2	5.6	5.6	3	2	4	4	2	3
26	16.7	13.1	73.5	7.1	11.9	4.1	2	2	4	4	2	3
27	14.6	9.7	59.5	5.8	6.7	5.6	2	2	4	4	2	4
28	5.1	4.9	28.9	4.3	2.5	46	2	2	3	3	1	2
29	24.4	22.3	32.8	1.4	3.3	5	3	4	4	4	3	4
30	29.7	8.6	41.8	1.6	5.2	6.4	2	3	4	4	2	3
31	7.3	-64.5	65.7	-2.2	30.1	8.7	3	3	4	4	2	3
32	23.7	31.9	63.6	3.5	12.1	10.2	3	2	3	4	1	3
33	18.1	13.5	74.5	10	12	8.4	3	3	3	4	3	4
34	13.9	3.3	78.7	25.5	14.7	10.1	2	2	3	4	3	4
35	-13.3	-31.1	63	-10	21.2	23.1	2	1	4	3	1	2
36	6.2	-32	46.1	5.1	4.8	10.5	2	1	3	3	2	3
37	4.8	-3.3	71.9	34.6	8.6	11.6	2	2	4	4	2	3
38	0.1	-9.6	42.5	-20	12.9	12.4	1	1	4	3	1	3
39	13.6	9.1	76	11.4	17.1	10.3	1	1	2	1	1	2

Αφού ορίσαμε τα σκορ των εναλλακτικών λύσεων στα διάφορα κριτήρια, πρέπει να ορίσουμε και το είδος της ακολουθίας των τιμών κάθε κριτηρίου. Πρέπει δηλαδή να ορίσουμε ποια από τα κριτήρια είναι αύξοντα και ποια φθίνοντα. Ο καθορισμός αυτός γίνεται όπως έχουμε αναφέρει μέσω του Order Matrix, που φαίνεται στην εικόνα 4.





Εικόνα 4

Η μέθοδος απαιτεί να εισάγουμε το βάρος του κάθε κριτηρίου. Τα βάρη όπως έχουμε ξαναπεί προδίδουν τη σημασία που ο αποφασίζων δίνει σε κάθε ένα από τα κριτήρια που έχει από πριν καθορίσει. Μπορούνε να είναι ίδια (ισοβαρή κριτήρια) είτε διαφορετικά (ανισοβαρή κριτήρια). Στην δική μας περίπτωση τα κριτήρια έχουν την ίδια ακριβώς βαρύτητα, έτσι και οι τιμές των βαρών τους θα πρέπει να είναι ίδιες. Κατά συνθήκη ορίζουμε την τιμή αυτή σε εκατό. Για τον καθορισμό αυτής και όχι κάποιας άλλης τιμής δεν υπήρχε κανένας ιδιαίτερος λόγος. Είναι εντελώς τυχαία η επιλογή. Στην εικόνα 5 φαίνονται οι καθορισμένες τιμές των κριτηρίων, όπως αυτές έχουνε εισαχθεί στο πρόγραμμα. Ο πίνακας αυτός είναι ο *Weights Matrix*.

**MultiCriterion Q-Analysis - [Weights Matrix - Article-Data]**

File Edit View Insert Data Calculate Window Help

Weight

Criterion : 1 100.0000

	Weights
C 1	100.0000
C 2	100.0000
C 3	100.0000
C 4	100.0000
C 5	100.0000
C 6	100.0000
C 7	100.0000
C 8	100.0000
C 9	100.0000
C 10	100.0000
C 11	100.0000
C 12	100.0000

Εικόνα 5

Τελευταίο σημείο που θα πρέπει να καθορίσουμε είναι ο πίνακας με τα επίπεδα διαχωρισμού. Ο Slicing Levels Matrix περιέχει τα επίπεδα διαχωρισμού που ο αναλυτής καθορίζει για τη διαδικασία. Στην δική μας περίπτωση, τα επίπεδα διαχωρισμού που καθορίζονται είναι αυτά που φαίνονται στην εικόνα 6.

**MultiCriterion Q-Analysis - [Slicing Levels Matrix - Article-Data]**

File Edit View Insert Data Calculate Window Help

Slicing Level

Level : 1 0.1000

	Slicing Levels
L 1	0.1000
L 2	0.8500
L 3	0.9200

Εικόνα 6

Η λογική με την οποία χρησιμοποιούνται τα συγκεκριμένα επίπεδα διαχωρισμού είναι απλή. Πρέπει από το σύνολο των εναλλακτικών λύσεων να απορρίπτονται από την αρχή αυτές που δεν έχουνε καθόλου καλή βαθμολογία. Έτσι το πρώτο εκ των επιπέδων διαχωρισμού (0.1), χρησιμοποιείται για να αποκόψει στην ουσία όλες εκείνες τις εναλλακτικές λύσεις που οι τιμές των οποίων βρίσκονται σε επίπεδα κάτω του δέκα τις εκατό της βέλτιστης τιμής του κάθε κριτηρίου. Το δεύτερο επίπεδο διαχωρισμού (0.85), σε συνδυασμό με το τρίτο (0.92), χρησιμοποιούνται για να αξιολογήσουν όσο το δυνατό πιο θετικά τις εναλλακτικές λύσεις που έχουν μεγάλη τιμή στα διάφορα κριτήρια. Ορίζοντας τις υψηλές αυτές τιμές δύο φορές (σαν δύο επίπεδα διαχωρισμού) δίνουμε τη δυνατότητα στον αλγόριθμο να βαθμολογήσει θετικά δύο φορές τις εναλλακτικές λύσεις που περνάνε τα επίπεδα αυτά, αυξάνοντας κατά πολύ τη συνολική τους βαθμολογία, δίνοντας έτσι την ευκαιρία στις εναλλακτικές αυτές λύσεις να αναδειχτούν από τις υπόλοιπες.

### **3.7 Εφαρμογή της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης για την εύρεση της βέλτιστης λύσης**

#### **3.7.1 Εκτέλεση της μεθόδου και περιγραφή των αποτελεσμάτων**

Αφού ορίσαμε και τα επίπεδα διαχωρισμού είμαστε έτοιμοι να προχωρήσουμε στην υλοποίηση της μεθόδου για τον υπολογισμό της βέλτιστης εναλλακτικής λύσης. Από το αντίστοιχο μενού επιλέγουμε την εκτέλεση της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης, και μετά από μερικά δευτερόλεπτα παίρνουμε τα αποτελέσματα της μεθόδου. Στον πίνακα 2 φαίνεται ταξινομημένη η σειρά με την οποία οι εναλλακτικές λύσεις αξιολογούνται από τη μέθοδο.

Πίνακας 2

α/α	Εναλλακτική Λύση
1	A 2
2	A 7
3	A 3
4	A 5
5	A 12
6	A 8
7	A 24
8	A 4
9	A 1
10	A 29
11	A 6
12	A 15
13	A 11
14	A 17
15	A 22
16	A 16
17	A 14
18	A 18
19	A 20
20	A 30
21	A 9
22	A 10
23	A 19
24	A 21
25	A 26
26	A 25
27	A 13
28	A 27
29	A 33
30	A 36
31	A 23
32	A 32
33	A 34
34	A 38
35	A 28
36	A 37
37	A 35
38	A 31
39	A 39

### 3.7.2 Επιλογή της βέλτιστης λύσης

Το σημείο αυτό είναι και το πιο ευαίσθητο, καθώς έχει φτάσει η στιγμή που θα πρέπει να γίνει η επιλογή εκείνης της επιχείρησης που βρίσκεται στην καλύτερη χρηματοοικονομική κατάσταση. Σε κανονικές συνθήκες το σημείο αυτό θα ήτανε και το πιο δύσκολο, όμως με την πολυκριτήρια Q-Ανάλυση, το σημείο αυτό έχει εξαλειφθεί, καθώς η αξιολόγηση που η μέθοδος μας προσφέρει είναι πλήρως αντικειμενική, χωρίς να μπορούμε να αμφισβητήσουμε τα σκορ που οι εναλλακτικές πετυχαίνουν στους διάφορους δείκτες. Εδώ πρέπει να τονίσουμε ότι εν γένει η αξιολόγησή μας θα πρέπει να βασιστεί περισσότερο στα αποτελέσματα των δεικτών PRI2 και λιγότερο στους δείκτες PRI1, καθώς οι πρώτοι περιλαμβάνουν και την ιδέα την ασυμφωνίας των εναλλακτικών λύσεων ως προς τα κριτήρια, ενώ οι δεύτεροι υπολογίζονται με βάση μόνο τη συμφωνία των εναλλακτικών λύσεων με τα κριτήρια. Η σειρά αξιολόγησης που εμφανίζεται στον πίνακα 5 είναι αυτή που μας δίνει ο δείκτης PRI1.

Από τα αποτελέσματα που η μέθοδος μας εμφανίζει, βλέπουμε ότι η εναλλακτική λύση δύο είναι η καλύτερη δυνατή που υπάρχει. Αυτό σημαίνει ότι η επιχείρηση με τον αύξοντα αριθμό δύο βρίσκεται στην καλύτερη χρηματοοικονομική κατάσταση από όλες τις υπόλοιπες, διατρέχοντας έτσι το μικρότερο κίνδυνο χρεοκοπίας. Αυτό φαίνεται εύκολα τόσο από τον ταξινομημένο πίνακα των εναλλακτικών λύσεων (Ranking Table of Alternatives), όσο και από τον πίνακα με τα σκορ που αυτές πετυχαίνουν στους δείκτες της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης (Indices of Alternatives Matrix) και τους οποίους μπορούμε να δούμε στο Παράρτημα Α. Βλέπουμε ότι η τιμή της εναλλακτικής λύσης δύο είναι και στους τέσσερις δείκτες της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης (PRI11, PRI12, PRI21, PRI22) μακράν η καλύτερη, και μάλιστα όχι απλώς καλύτερη των υπολοίπων, αλλά η καλύτερη δυνατή, δηλαδή μηδέν. Έτσι η επιλογή της ΕΤΕΒΑ για την καλύτερη επιχείρηση γίνεται πολύ εύκολη. Η επιχείρηση νούμερο δύο λοιπόν είναι αυτή που η τράπεζα θα πρέπει να επιλέξει σαν την καλύτερη από όλες τις υπόλοιπες εταιρίες. Στην συνέχεια, σε απόσταση όμως, ακολουθεί η επιχείρηση επτά, μετά η τρία κ.λ.π. Η χειριστη των επιχειρήσεων είναι η τελευταία επιχείρηση του δείγματος, αυτή δηλαδή με αύξοντα αριθμό τριάντα εννέα. Ρίχνοντας μια ματιά στον Evaluation Matrix μπορούμε εύκολα να δούμε

ότι η χρηματοοικονομική της κατάσταση είναι άσχημη με αποτέλεσμα να καταλαμβάνει τη χειρότερη βαθμολογία στην ανάλυσή μας, αφού σε όλους τους δείκτες έχει το χαμηλότερο σκορ.

### 3.7.3 Αξιολόγηση των κριτηρίων

Η μέθοδος, εκτός από την αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων που μας προσφέρει, μας δίνει και πληροφόρηση σχετικά με την αποδοτικότητα των κριτηρίων στην αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων. Η δυνατότητα αυτή είναι πολύ σημαντική καθώς μας επιτρέπει να κάνουμε μια προσπάθεια μείωσης των κριτηρίων, χωρίς φυσικά να αλλάξει η δομή του προβλήματος. Στην δική μας περίπτωση, στην εικόνα 7 φαίνεται ταξινομημένη η σειρά που τα κριτήρια αξιολογούνται από τη μέθοδο (Ranking Table of Criteria), ενώ τα σκορ που αυτά πετυχαίνουν στους δείκτες της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης (Indices of Criteria Matrix), μπορούμε να τους δούμε στο Παράρτημα.

MultiCriterion Q-Analysis - [Criteria Ranking Table - Article-Data]						
File Edit View Insert Data Calculate Window Help						
Index: 1						
Rank: 1 C 6						
	PRI11	PRI12	PRI21	PRI22	CRI1	CRI2
1	C 6	C 6	C 6	C 6	C 4	C 4
2	C 5	C 5	C 5	C 5	C 3	C 3
3	C 7	C 7	C 7	C 7	C 6	C 11
4	C 8	C 8	C 8	C 8	C 11	C 6
5	C 12	C 12	C 12	C 12	C 5	C 5
6	C 9	C 9	C 9	C 9	C 1	C 8
7	C 10	C 10	C 10	C 10	C 2	C 7
8	C 4	C 4	C 1	C 1	C 8	C 12
9	C 1	C 1	C 2	C 2	C 10	C 1
10	C 2	C 2	C 4	C 4	C 9	C 2
11	C 3	C 3	C 11	C 11	C 7	C 10
12	C 11	C 11	C 3	C 3	C 12	C 9

Εικόνα 7

Η αξιολόγηση που παρατίθεται βασίζεται στον δείκτη CRI1. Όπως ξέρουμε ο δείκτης CRI μετρά τη διακριτική ικανότητα των κριτηρίων στην αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων. Εμείς θέλουμε τα κριτήριά μας να

έχουν όσο είναι δυνατό μεγαλύτερη διακριτική ικανότητα ώστε να μπορούν να ξεχωρίζουν τις εναλλακτικές λύσεις. Σε συνδυασμό με τον Incidence Matrix, μπορούμε να προσπαθήσουμε να μειώσουμε τον αριθμό των κριτηρίων του προβλήματός μας.

## **3.8 Εφαρμογή της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης για την ομαδοποίηση των εναλλακτικών λύσεων**

### **3.8.1 Εισαγωγή**

Στην δεύτερη φάση της εφαρμογής μας θα προσπαθήσουμε να κάνουμε όχι πλέον αξιολόγηση από την καλύτερη προς τη χειρότερη των εναλλακτικών λύσεων, όπως κάναμε πριν, αλλά να ομαδοποιήσουμε τις επιχειρήσεις σε τρεις ομάδες. Η πρώτη κατηγορία θα περιέχει τις εταιρίες που χαρακτηρίζονται ως “Αποδεκτές”. Η δεύτερη κατηγορία θα αποτελείται από αυτές για τις οποίες δεν μπορεί να ληφθεί απόφαση για το χρηματοοικονομικό τους μέλλον και οι οποίες θα χαρακτηρίζονται ως “Αμφίβολες”. Η τρίτη και τελευταία κατηγορία είναι οι επιχειρήσεις εκείνες των οποίων το μέλλον διαγράφεται δυσοίωνα και οι οποίες χαρακτηρίζονται ως “Απορριπτές”.

Για την πραγματοποίηση της ομαδοποίησης αυτής θα εφαρμόσουμε μια τακτική που χρησιμοποιείται πολύ συχνά στην Πολυκριτήρια Λήψη Αποφάσεων και η οποία συνίσταται στην εισαγωγή δύο πρότυπων επιχειρήσεων οι οποίες και θα διαχωρίζουν τις εναλλακτικές λύσεις στις τρεις προηγούμενα αναφερθείσες κατηγορίες. Όσες των επιχειρήσεων στην τελική κατάταξη βρίσκονται πάνω από την πρότυπη επιχείρηση A θα τοποθετούνται στην κατηγορία των “Αποδεκτών” επιχειρήσεων, όσες βρίσκονται μεταξύ της πρότυπης επιχείρησης A και της πρότυπης επιχείρησης B θα ομαδοποιούνται στην κατηγορία των “Αμφιβόλων” επιχειρήσεων, και τέλος όσες έχουν βαθμολογία στους δείκτες μικρότερη αυτής της πρότυπης επιχείρησης B θα κατατάσσονται στην κατηγορία των “Απορριπτών” επιχειρήσεων.

Οι εμπειρογνώμονες της ΕΤΕΒΑ καθόρισαν τις δύο πρότυπες επιχειρήσεις όπως φαίνεται στον πίνακα 3.

Πίνακας 3

Κριτήριο	Επιχείρηση Α	Επιχείρηση Β
1	20	10
2	15	10
3	50	66.7
4	2	3
5	3	5
6	6	8
7	4	22
8	3	1
9	4	2
10	3	1
11	3	2
12	3	2

### 3.8.2 Εκτέλεση της μεθόδου και περιγραφή των αποτελεσμάτων

Τις πρότυπες αυτές επιχειρήσεις τις εισάγουμε στο πρόγραμμα σαν δύο οποιεσδήποτε εναλλακτικές λύσεις. Η πρότυπη επιχείρηση Α έχει τον αύξοντα αριθμό σαράντα και η πρότυπη επιχείρηση Β έχει τον αριθμό σαρανταένα. Εκτελούμε το πρόγραμμα χρησιμοποιώντας τα ίδια βάρη, τα ίδια επίπεδα διαχωρισμού, αλλά προσθέτοντας τις δύο νέες εναλλακτικές λύσεις. Στον πίνακα 4 παρατίθενται τα αποτελέσματα της μεθόδου και στον πίνακα 5 φαίνεται ο τρόπος με τον οποίο κατηγοριοποιούνται οι επιχειρήσεις, ανάλογα με τη θέση που καταλαμβάνουν στην αξιολόγηση.

Πίνακας 4

α/α	Εναλλακτική Λύση
1	A 2
2	A 7
3	A 3



4	A 5
5	A 12
6	A 8
7	A 24
8	A 4
9	A 1
10	A 29
11	A 6
12	A 15
13	A 11
14	A 17
15	A 22
16	A 16
17	A 14
18	A 18
19	A 20
20	A 40
21	A 30
22	A 9
23	A 10
24	A 19
25	A 21
26	A 26
27	A 25
28	A 13
29	A 41
30	A 27
31	A 33
32	A 36
33	A 23
34	A 32
35	A 34
36	A 38
37	A 28
38	A 37
39	A 35
40	A 31
41	A 39

Πίνακας 5

Κατηγορία	Εναλλακτικές Λύσεις
K1	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A11, A12, A14, A15, A16, A17, A18, A20, A22, A24, A29
K2	A9, A10, A13, A19, A21, A25, A26, A30
K3	A23, A27, A 28, A31, A32, A33, A34, A35, A36, A37, A38, A39

Αυτή τη φορά δε μας ενδιαφέρει ποια από τις λύσεις είναι η καλύτερη δυνατή, αλλά η ομαδοποίηση που γίνεται μέσω των προτύπων επιχειρήσεων. Από τον πίνακα 8 διαπιστώνουμε ότι οι δύο πρότυπες επιχειρήσεις τοποθετούνται από τον αλγόριθμο στις θέσεις είκοσι και εικοσιεννέα. Από πληροφορίες που οι ειδικοί της ΕΤΕΒΑ έχουν συλλέξει, καθώς τα δεδομένα αυτά είναι προηγούμενων ετών, ξέρουμε ότι από όλες αυτές τις επιχειρήσεις οι είκοσι πρώτες ανήκουν στην κατηγορία των “Αποδεκτών”, οι επόμενες δέκα στην κατηγορία των “Αμφιβόλων” και οι εννέα τελευταίες στην κατηγορία των “Απορριπτέων”. Έτσι μπορούμε να βρούμε το πλήθος και το είδος των λαθών που έχουν γίνει. Πόσες δηλαδή εκ των επιχειρήσεων έχουν τοποθετηθεί από τη μέθοδο σε διαφορετική κατηγορία από αυτή που πραγματικά ανήκουν. Τα λάθη αυτά φαίνονται στον πίνακα 6.

Πίνακας 6

Είδος Λάθους	Πλήθος Λαθών	Ποσοστό
$K1 \rightarrow K2$	4	20.00%
$K1 \rightarrow K3$	-	-
$K2 \rightarrow K1$	3	30.00%
$K2 \rightarrow K3$	3	30.00%
$K3 \rightarrow K1$	-	-
$K3 \rightarrow K2$	-	-
Σύνολο	10	25.64%

### 3.9 Σύγκριση της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης με άλλες μεθόδους

Είδαμε ότι το συνολικό λάθος που προκύπτει από την εφαρμογή της μεθόδου είναι 25%. Στον πίνακα 7 φαίνονται τα αποτελέσματα που δίνουν δύο άλλες μέθοδοι που έχουν χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση και ομαδοποίηση του συγκεκριμένου δείγματος, σε σύγκριση με την

Πολυκριτήρια Q-Ανάλυση. Η πρώτη από αυτές είναι η Electre Tri [Dimitras et al., 1995] και η δεύτερη είναι η UTA [Zorounidis et al., 1995].

Πίνακας 7

Μέθοδος	Πλήθος Λαθών	Ποσοστό
Electre Tri	7	17.95%
MultiCriterion Q-Analysis	10	25.64%
UTA	7	17.95 %

Συγκρίνοντας το αποτέλεσμα της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης με τα αποτελέσματα που δίνουν οι δύο άλλες μέθοδοι, βλέπουμε ότι η διαφορά που υπάρχει μεταξύ τους είναι σημαντική. Πρέπει όμως να επισημάνουμε ότι οι δύο αυτές μέθοδοι είναι ειδικά κατασκευασμένες για το διαχωρισμό σε ομάδες των εναλλακτικών λύσεων, σε αντίθεση με την Πολυκριτήρια Q-Ανάλυση που είναι κατά κύριο λόγο μέθοδος που ταξινομεί τις εναλλακτικές λύσεις από τη χειρότερη προς την καλύτερη. Τόσο η Electre Tri όσο και η UTA είναι μέθοδοι που στην συγκεκριμένη εφαρμογή ακολουθούν αλγορίθμους προσαρμοσμένους και βελτιστοποιημένους για την ομαδοποίηση των εναλλακτικών λύσεων. Υπό αυτή την έννοια είναι ενθαρρυντικό το ποσοστό επιτυχίας (75%) που η μέθοδος δίνει.

Το συμπέρασμα που μπορεί να εξαχθεί είναι ότι η μέθοδος χρησιμοποιείται για την ταξινόμηση από την καλύτερη προς τη χειρότερη με μεγάλη επιτυχία. Εάν τώρα θέλουμε να κάνουμε και ομαδοποίηση των εναλλακτικών λύσεων σε κατηγορίες, όπως στο παράδειγμά μας, τότε η μέθοδος δεν είναι η πιο αποδοτική που υπάρχει, καθώς ο αλγόριθμός της δεν είναι βελτιστοποιημένος για ομαδοποίηση, δίνει όμως μια πολύ καλή εικόνα για το πως πρέπει να γίνει η κατηγοριοποίηση αυτή.

### **3.10 Εφαρμογή της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης με διαφορετικά επίπεδα διαχωρισμού για την εύρεση της βέλτιστης λύσης.**

### 3.10.1 Εισαγωγή

Στο σημείο αυτό θα χρησιμοποιήσουμε την καινούργια μεθοδολογία που παρουσιάζεται για πρώτη φορά σε αυτή τη διπλωματική εργασία για να αξιολογήσουμε τις εναλλακτικές λύσεις και να βρούμε τη βέλτιστη δυνατή. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, με τη μέθοδο της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης με διαφορετικά επίπεδα διαχωρισμού, μπορούμε να εισάγουμε ανεξάρτητα επίπεδα διαχωρισμού για κάθε ένα από τα κριτήρια που υπάρχουν.

Θα χρησιμοποιήσουμε δύο σύνολα από επίπεδα διαχωρισμού, των οποίων οι τιμές ταυτίζονται με τις τιμές των πρότυπων επιχειρήσεων που χρησιμοποιήσαμε στην διαδικασία ομαδοποίησης των εναλλακτικών λύσεων. Η σκοπιμότητα αυτής της ομοιότητας είναι να υπάρχει ένα μέτρο σύγκρισης μεταξύ των μεθόδων. Ένας δεύτερος λόγος είναι ότι οι τιμές αυτές αντιπροσωπεύουν τη συσσωρευμένη πείρα των αναλυτών της ΕΤΕΒΑ για το συγκεκριμένο πρόβλημα.

Στον πίνακα 12 παρουσιάζονται τα δύο χρησιμοποιούμενα σύνολα επιπέδων διαχωρισμού. Το πρώτο σύνολο επιπέδων είναι πιο αυστηρό από το δεύτερο, καθώς οι τιμές του είναι μεγαλύτερες απ' αυτό του δευτέρου. Αυτό σημαίνει πως λιγότερες εκ των επιχειρήσεων να αξιολογηθούν καλά από το πρώτο σύνολο επιπέδων, απ' ότι από το δεύτερο.

Πίνακας 12

Κριτήριο	Σύνολο Επιπέδων Α	Σύνολο Επιπέδων Β
1	10	20
2	10	15
3	66.7	50
4	3	2
5	5	3
6	8	6
7	2	4
8	1	3
9	2	4
10	1	3
11	2	3

12	2	3
----	---	---

### 3.10.2. Εκτέλεση της μεθόδου και περιγραφή των αποτελεσμάτων

Αφού ορίσαμε τα διαφορετικά επίπεδα διαχωρισμού είμαστε έτοιμοι να προχωρήσουμε στην υλοποίηση της μεθόδου για τον υπολογισμό της βέλτιστης εναλλακτικής λύσης. Από το αντίστοιχο μενού του προγράμματος επιλέγουμε την εκτέλεση της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης με διαφορετικά επίπεδα διαχωρισμού και μετά από μερικά δευτερόλεπτα παίρνουμε τα αποτελέσματα της μεθόδου. Στον πίνακα 13 φαίνεται ταξινομημένη η σειρά με την οποία οι εναλλακτικές λύσεις αξιολογούνται από τη μέθοδο, τόσο χρησιμοποιώντας το πρώτο όσο και το δεύτερο επίπεδο διαχωρισμού. Με την παρουσίαση αυτή μπορούμε άμεσα να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα που μας δίνει η μέθοδος χρησιμοποιώντας τη μια φορά το αυστηρό πρώτο σύνολο επιπέδων διαχωρισμού και τη δεύτερη το πιο ελαστικό σύνολο.

Πίνακας 12

α/α	Σύνολο Επιπέδων Α	Σύνολο Επιπέδων Β
1	A 2	A 6
2	A 5	A 12
3	A 6	A 29
4	A 7	A 2
5	A 29	A 7
6	A 1	A 5
7	A 4	A 9
8	A 9	A 11
9	A 12	A 3
10	A 16	A 16
11	A 3	A 4
12	A 10	A 14

13	A 11	A 30
14	A 15	A 1
15	A 17	A 8
16	A 25	A 10
17	A 30	A 15
18	A 14	A 17
19	A 18	A 22
20	A 19	A 13
21	A 20	A 18
22	A 26	A 19
23	A 27	A 20
24	A 8	A 31
25	A 21	A 38
26	A 22	A 21
27	A 23	A 24
28	A 31	A 25
29	A 32	A 26
30	A 33	A 27
31	A 36	A 32
32	A 24	A 33
33	A 34	A 28
34	A 35	A 34
35	A 13	A 35
36	A 28	A 36
37	A 37	A 37
38	A 38	A 23
39	A 39	A 39

Μελετώντας τα αποτελέσματα, το συμπέρασμα που είναι πως όταν χρησιμοποιούμε τα ελαστικά επίπεδα διαχωρισμού η κατάταξη που η μέθοδος μας δίνει είναι στα περισσότερα σημεία παραπλήσια αυτών της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης. Αντίθετα όταν χρησιμοποιούμε τα αυστηρά επίπεδα διαχωρισμού, η κατάταξη διαφέρει σημαντικά. Πολλές από τις εναλλακτικές λύσεις που στην προηγούμενη περίπτωση είχαν τοποθετηθεί σε υψηλή θέση τώρα βρίσκονται να έχουν χάσει έδαφος, και αντίθετα άλλες που βρίσκονταν στο μεσαίο και χαμηλότερο επίπεδο της κατάταξης, εμφανίζονται τώρα να έχουν βελτιώσει τη θέση τους.

Η εξήγηση που δίνεται είναι ότι η απλή Πολυκριτήρια Q-Ανάλυση με τα επίπεδα διαχωρισμού που εμείς χρησιμοποιούμε δεν είναι τόσο αυστηρή στην αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων. Η χρησιμοποίηση του πρώτου

επιπέδου διαχωρισμού (0.1), αναγκάζει τη μέθοδο να δώσει αξία και στις εναλλακτικές λύσεις που έχουν μειωμένη απόδοση στα κριτήρια. Το γεγονός αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, η στάση του αποφασίζοντα να παρουσιάζεται επιεικής απέναντι στις όχι και τόσο αξιόλογες εναλλακτικές λύσεις. Έτσι η εντύπωση που δημιουργείται είναι πως ο αποφασίζων κρατά μια στάση αυστηρή μεν, αλλά όχι απαγορευτική για τις μέτριες εναλλακτικές λύσεις, δίνοντας τη δυνατότητα και σε επιχειρήσεις που έχουν χαμηλή βαθμολογία σε κάποια από τα κριτήρια να μη βρεθούν στο τέλος του πίνακα αξιολόγησης, αλλά να έχουν την ευκαιρία εάν σε κάποια άλλα από τα κριτήρια έχουν αξιόλογη βαθμολογία να αναδειχτούν ως βιώσιμες επιχειρήσεις.

## **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Από την παρουσίαση της μεθόδου και την πρακτική χρησιμοποίησή της με πραγματικά δεδομένα, μπορούμε να βγάλουμε χρήσιμα συμπεράσματα τόσο για τις δυνατότητες όσο και για τις αδυναμίες της μεθόδου της Πολυκριτήριας Q-Ανάλυσης.

### **Πλεονεκτήματα:**

1. Η ικανότητα της μεθόδου να χειρίζεται εξίσου καλά ποσοτικά και ποιοτικά δεδομένα.
2. Δυνατότητα πλήρους παραμετροποίησης με την αλλαγή των βαρών και των επιπέδων διαχωρισμού.
3. Δυνατότητα αξιολόγησης αλλά και ομαδοποίησης των εναλλακτικών λύσεων.
4. Δυνατότητα καθορισμού διαφορετικών επιπέδων διαχωρισμού για κάθε ένα από τα κριτήρια.

### **Μειονεκτήματα:**

1. Αδυναμία καθορισμού πολλαπλών διαφορετικών επιπέδων διαχωρισμού για κάθε κριτήριο
2. Μη ικανοποιητική ομαδοποίηση των εναλλακτικών λύσεων.
3. Μη ύπαρξη ανάλυσης ευαισθησίας.
4. Μη ύπαρξη δεικτών ποσοστού επιτυχίας της μεθόδου.



## **ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ**

Υπάρχει ένα πλήθος από σημεία στα οποία μπορούμε να επεμβούμε και να βελτιώσουμε και την ίδια τη μέθοδο, και το σύστημα υποστήριξης απόφασης που έχει κατασκευαστεί.

1. Πρόσθεση ικανότητας χρησιμοποίησης πολλαπλών διαφορετικών επιπέδων διαχωρισμού. Όπως ξέρουμε στην Πολυκριτήρια Q-Ανάλυση με ξεχωριστά επίπεδα διαχωρισμού, μπορούμε να καθορίσουμε μόνο ένα επίπεδο διαχωρισμού για κάθε κριτήριο. Σε επόμενη έκδοση της μεθόδου θα είναι δυνατή η χρησιμοποίηση πολλαπλών τέτοιων επιπέδων από τον αποφασίζοντα ώστε η επεξεργασία των δεδομένων να γίνει ακόμα πιο λεπτομερής και αποδοτική.

2. Αυτόματη ανάλυση ευαισθησίας. Η ανάλυση ευαισθησίας που μπορεί να γίνει με την παρούσα έκδοση του λογισμικού είναι δυνατή μόνο με την επέμβαση του αναλυτή και την αλλαγή των επιπέδων διαχωρισμού και των βαρών των κριτηρίων. Σε μελλοντική έκδοση μπορεί να προστεθεί η ανάλυση ευαισθησίας αυτόματα μέσω του λογισμικού, ώστε να δίνεται στον αναλυτή μια πιο σφαιρική εικόνα για την αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων.

3. Βελτίωση του κατασκευασθέντος Συστήματος Υποστήριξης Απόφασης με την προσθήκη της δυνατότητας γραφικής παρουσίασης των αποτελεσμάτων όλων των παραλλαγών της μεθόδου.

4. Ανάπτυξη μιας βάσης γνώσης η οποία θα χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία ενός Συστήματος Υποστήριξης Απόφασης, με σκοπό την αξιολόγηση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων που μας δίνει η Πολυκριτήρια Q-Ανάλυση.

5. Επέκταση της μεθόδου σε άλλους επιστημονικούς χώρους όπως η διοίκηση των επιχειρήσεων, η οργάνωση και διοίκηση της παραγωγής, οι επενδυτικές αποφάσεις επιχειρήσεων και το marketing.

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ**

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α :** ΟΡΟΛΟΓΙΑ

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β :** ΚΟΙΝΟΙ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ :** ΠΙΝΑΚΕΣ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΣ Q-ΑΝΑΛΥΣΗΣ  
ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΥΡΕΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ  
ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗΣ ΛΥΣΗΣ

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ :** ΠΙΝΑΚΕΣ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΣ Q-ΑΝΑΛΥΣΗΣ  
ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ  
ΤΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΛΥΣΕΩΝ

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε :** ΠΙΝΑΚΕΣ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΣ Q-ΑΝΑΛΥΣΗΣ  
ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΕΛΑΣΤΙΚΑ  
ΕΠΙΠΕΔΑ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ :** ΠΙΝΑΚΕΣ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΣ Q-ΑΝΑΛΥΣΗΣ  
ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΑΥΣΤΗΡΑ  
ΕΠΙΠΕΔΑ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α**

**Evaluation Matrix** : Πίνακας Αξιολόγησης

**Order Matrix** : Πίνακας Ακολουθιών

**Weights Matrix** : Πίνακας Βαρών

**Slicing Levels Matrix** : Πίνακας Επιπέδων Διαχωρισμού

**Separate Slicing Levels Matrix** : Πίνακας Διαφορετικών  
Επιπέδων Διαχωρισμού

**PayOff Matrix** : Πίνακας Αποτίμησης

**Preference Matrix** : Πίνακας Προτίμησης

**Incidence Matrix** : Πίνακας Ενδεχομένων

**Conjugate Incidence Matrix** : Αντίστροφος Πίνακας Ενδεχομένων

**Shared-Face Matrix Of Alternatives** : Διαγώνιος Πίνακας Εναλλακτικών

**Conjugate Shared-Face Matrix Of Alternatives** : Αντίστροφος Διαγώνιος  
Πίνακας Εναλλακτικών

**Shared-Face Of Criteria Matrix** : Διαγώνιος Πίνακας Κριτηρίων

**Conjugate Shared-Face Of Criteria Matrix** : Αντίστροφος Διαγώνιος  
Πίνακας Κριτηρίων

**Eccentricity - 1** : Εκκεντρότητα - 1

**Eccentricity - 2** : Εκκεντρότητα - 2

**Project Satisfaction Index** : Δείκτης Ικανοποίησης

**Project Comparison Index** : Δείκτης Σύγκρισης

**Project Rating Index - 1** : Δείκτης Αξιολόγησης - 1

**Project Discordance Index** : Δείκτης Δυσαρέσκειας

**Project Rating Index -2** : Δείκτης Αξιολόγησης - 2

**Criterion Evaluation Index** : Δείκτης Ικανότητας Αξιολόγησης

**Criterion Discrimination Index** : Δείκτης Ικανότητας Διάκρισης

**Criterion Rating Index** : Δείκτης Αξιολόγησης Κριτηρίου

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β**

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **A. ΕΛΛΗΝΙΚΗ**

- Κατσιμίχας Σ.** (1992) *Μελέτη της Ζήτησης Στελεχών Επιχειρήσεων με τη Βοήθεια της Ανάλυσης σε Κύριες Συνιστώσες (Principal Components Analysis) και της Q-Analysis*. Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης.
- Μάκιος Θ.** (1990) *Στατιστική Ανάλυση μιας Ελληνικής Χαρτοβιομηχανίας με τη Βοήθεια της Ανάλυσης σε Κύριες Συνιστώσες (Principal Components Analysis) και της Q-Analysis*. Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης.
- Ματσατσίνης Ν.** (1995) *Συμπληρωματικές Σημειώσεις Ανάλυσης Δεδομένων*. Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης.
- Σκιαδάς Χ.** (1991) *Σημειώσεις Ανάλυσης Δεδομένων*. Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης.

### **B. ΞΕΝΗ**

- Atkin R.** (1974) *Mathematical Structure in Human Affairs*. Heinemann Press. London, England.
- Atkin R., Casti J.** (1977) *Polyhedral Dynamics and the Geometry of Systems*. International Institute for Applied Systems Analysis. Luxenburg, Austria.
- Atkin R.** (1972) *From Cohomology in Physics to q-connectivity in Social Science*. International Journal of Man-Machine Studies. Vol. 4:139-167
- Casti J.** (1992) *Reality Rules: Picturing the World in Mathematics - The Frontier*. John Wiley & Sons Inc. New York, USA.
- Casti J., Kempf J., Duckstein L., Fogel M.** (1979) *Lake Ecosystems: A Polyhedral Dynamics Representation*. Ecological Modeling. Vol. 7:223-237
- Chamberlain A.** (1976) *A Study of Bechet's Disease by Q-Analysis*. International Journal of Man-Machine Studies. Vol. 8:549-565

- Chin C., Duckstein L., Wymore M.** (1991) *Factory Automation Project Selection Using Multicriterion Q-Analysis*. Applied Mathematics and Computation. Vol. 46:107-126
- Dimitras A., Zopounidis C., Hurson Ch.** (1995) *A Multicriteria Decision Aid Method for the Assessment of Business Failure Risk*. Working Paper #95-01 DSS Laboratory, Technical University of Crete
- Duckstein L., Eder G., Nachtnebel H.** (1994) *Ranking Water Resources Alternatives and Criteria by Multicriterion Q-Analysis: An Austrian Case Study*. Laboratoire d' Analyse et Modelisation de Systemes pour l' Aide a la Decision, Universite Paris-Dauphine.
- Duckstein L., Tecle A., Nachtnebel H., Hobbs B.** (1989) *Multicriterion Analysis of Hydropower Operation*. Journal of Energy Engineering. Vol. 115:132-151
- Duckstein L., Hiessl H., Becker M.** (1985) *Multicriterion Q-Analysis with a Discordance Concept: Application to River Basin Management*. Working Paper #85-017
- Duckstein L., Kempf J., Casti J.** (1982) *Design and Management of Regional Systems by Fuzzy Ratings and Polyhedral Dynamics (MCQA)*. Systems and Industrial Engineering Department, University of Arizona, Tuscon, AZ, USA.
- Duckstein L., Bobee B., Ashkar F.** (1991) *A Multiple Criteria Decision Modeling Approach to Selection of Estimation Techniques for Fitting Extreme Floods*. Stochastic Hydraulics and Hydrology. Vol. 5:227-238
- Duckstein L., Bartels P., Weber J.** (1988) *Organization of a Knowledge Base by Q-Analysis*. Applied Mathematics and Computation. Vol. 26:289-301
- Duckstein L., Robinson D.** (1986) *Polyhedral Dynamics as a Tool for Machine-Part Group Formation*. International Journal of Production Research. Vol. 24:1255-1266
- Duckstein L., Pfaff R.** (1981) *Ranking of Alternative Plans of the Santa Cruz River Basin by Q-Analysis*. Proceedings, Joint AZ Sector and Hydrology Sector, University of Arizona, Tuscon, AZ, USA.
- Duckstein L., Opricovic S.** (1980) *Multiojective Optimization in River Basin Development*. Water Resources Research. Vol. 16:14-20

- Eder G.** (1993) *Multicriterion Q-Analysis of Danube Water Resource Projects*. Department of Water Resource Management, Hydrology and Hydrological Engineering, Universitat fur Bodenkultur, Vienna, Austria.
- Everitt B.** (1993) *Cluster Analysis*. Halsted Press.
- Featherkile N., Duckstein L.** (1986) *A Structural Analysis of an Ecological System Using Polyhedral Dynamics*. Working Paper #86-019
- Gershon M., Duckstein L., McAniff R.** (1982) *Multiobjective River Basin Planning with Qualitative Criteria*. Water Resources Research. Vol. 18:193-202
- Gould P.** (1980) *Q-Analysis, or a Language of Structure: An Introduction for Social Scientists, Geographers and Planners*. International Journal of Man-Machine Studies. Vol. 13:169-199
- Gurewicz N., Gurewicz O.** (1995) *Εγχειρίδιο της Visual Basic 4.0*. Sams Publishing - Εκδόσεις Μ. Γκιούρδας.
- Hair J., Anderson R., Tatham R.** (1987) *Multivariate Data Analysis*. Macmillan Publishing Company.
- Heissl H., Duckstein L., Plate E.** (1985) *Multiobjective Q-Analysis with Concordance and Discordance Concepts*. Applied Mathematics and Computation. Vol. 17:107-122
- Jacobson T., Fusani D., Wenjie Y.** (1993) *Q-Analysis of User Database Interaction*. International Journal of Man-Machine Studies. Vol. 38:787-803
- Johnson J.** (1986) *Stars, Maximal Rectangles, Lattices: A New Perspective on Q-Analysis*. International Journal of Man-Machine Studies. Vol. 24:293-299
- Johnson J.** (1976) *The Q-Analysis of Road Intersections*. International Journal of Man-Machine Studies. Vol. 8:531-548
- Macgill S.** (1984) *Cluster Analysis and Q-Analysis*. International Journal of Man-Machine Studies. Vol. 20:595-604
- Nelson R.** (1993) *Ο Οδηγός της Microsoft για τη Visual Basic 3.0 for Windows*. Microsoft Press - Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
- Shea R.** (1981) *A Handbook of Polyhedral Dynamics*. Report. Systems and Industrial Engineering Department, University of Arizona, Tuscon, AZ, USA.
- Slowinski R., Zopounidis C.** (1995) *Application of the Rough Set Approach to Evaluation of Bankruptcy Risk*. Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management. Vol. 4:27-41

- Tecle A., Duckstein L., Fogel M.** (1987) *Multicriterion Decision Making in Waste Water Management: An Application and Comparison of Techniques*. Systems and Industrial Engineering Department, University of Arizona, SIE report #87-019, Tuscon, AZ, USA.
- Thomas Z., Peterson K., Petersen C., Shields J., Greenberg S., Waite M.** (1995) *Visual Basic 4.0 How - To*. Waite Group Press.
- Zopounidis C., Doumpos M., Matsatsinis N.** (1995) *Application of the FINEVA Multicriteria Knowledge-Based Decision Support System to the Assessment of Corporate Failure Risk*. Working Paper #95-0343443 DSS Laboratory, Technical University of Crete