



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ**  
**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΡΓΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ: «ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΣΤΟ ΔΗΜΟΣΙΟ ΤΟΜΕΑ  
ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΙΕΡΑΡΧΗΣΗΣ  
(ΑΗΡ)»**

**Φοιτήτρια: Γκουντούρα Ευαγγελία**

**Επιβλέπων καθηγητής: Γερογιάννης Βασίλειος**



Λάρισα, 2019

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ Πληκτρολογήστε την εξίσωση εδώ.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ABSTRACT .....	6
I. Εισαγωγικές έννοιες .....	7
II. Ευρωπαϊκή Νομοθεσία.....	7
III. Πολυκριτηριακή Ανάλυση Αποφάσεων.....	9
Στάδια πολυκριτηριακής Ανάλυσης Αποφάσεων .....	11
IV. Αναλυτική διαδικασία Ιεράρχησης (Analytic Hierarchy Process- AHP) .....	14
V. Διαδικασία δικτυακής ανάλυσης (ANP: Analytic Network Process) .....	18
VI. Πολυκριτήριο Μαθηματικός Προγραμματισμός.....	21
VII. Προγραμματισμός στόχων (goal programming) .....	23
VIII. Ασαφής λογική .....	26
IX. Ο Πολυκριτήριο Γραμμικός Προγραμματισμός.....	28
X. Η Πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας .....	29
XI. Θεωρία των σχέσεων υπεροχής.....	30
XII. Η αναλυτική-συνθετική προσέγγιση .....	32
XIII. Προσέγγιση της Επιλογής και Αξιολόγησης του Έργου .....	34
Επιλογή Κριτηρίων Επιλογής και Αξιολόγησης.....	35
Τεχνικές Επιλογής και Αξιολόγησης .....	35
1. Μη Αριθμητικά Μοντέλα.....	35
2. Αριθμητικά μοντέλα κερδοφορίας.....	36
3. Αριθμητικά Μοντέλα με Βαθμολόγηση .....	39
4. Ανάλυση του Νεκρού Σημείου .....	40
5. Ανάλυση Ευαισθησίας.....	41
XIV. Μέθοδοι Αξιολόγησης και Επιλογής Προσφορών .....	41
XV. Πρόταση ενός μοντέλου AHP για την αξιολόγηση προσφορών τεχνικών έργων .....	43

Δομή της ιεραρχίας του μοντέλου .....	43
XVI. Μελέτη Περίπτωσης - Κριτήρια επιλογής τεχνικών έργων στο Δήμο Ρήγα Φεραίου .....	46
Εφαρμογή του μοντέλου στο διαγωνισμό για συντήρηση-αναβάθμιση κτιριακών μονάδων νηπιαγωγείων του Δήμου Ρήγα Φεραίου .....	46
Το τελικό μοντέλο για την επίλυση με την μέθοδο της AHP .....	47
Διεξαγωγή συγκρίσεων μέσω ερωτηματολογίων .....	47
Σύγκριση παραγόντων επιρροής .....	48
Σύγκριση εταιρειών αναφορικά με την τεχνική ικανότητα .....	51
Σύγκριση εταιρειών αναφορικά με την ασφάλεια στα έργα .....	53
Σύγκριση εταιρειών αναφορικά με την τιμή προσφοράς .....	54
Σύγκριση εταιρειών αναφορικά με τη διοικητική ικανότητα .....	56
Σύγκριση εταιρειών αναφορικά με την προηγούμενη εμπειρία .....	57
Σύγκριση εταιρειών αναφορικά με την προηγούμενη συνεργασία .....	59
XVII. Συμπεράσματα .....	60
XVIII. Προτάσεις .....	62
Βιβλιογραφία-Πηγές .....	63
Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία .....	63
Ξενόγλωσση βιβλιογραφία .....	64
Παράρτημα .....	65

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον καθηγητή μου Γερογιάννη Βασίλειο για τη συνεργασία, την υποστήριξή του και την καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η εφαρμογή της Αναλυτικής Διαδικασίας Ιεράρχησης (AHP) ως εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων για την επιλογή τεχνικών έργων στο δημόσιο τομέα. Αρχικά, προσεγγίζεται θεωρητικά η έννοια της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης Λήψης Αποφάσεων και παρουσιάζεται το θεωρητικό πλαίσιο της AHP, προκειμένου να γίνει κατανοητή και η χρησιμότητα του εν λόγω εργαλείου λήψης αποφάσεων στα πολυκριτηριακά προβλήματα απόφασης. Στη συνέχεια παρουσιάζονται κλασικές και σύγχρονες μέθοδοι πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων, αναλύοντας το θεωρητικό υπόβαθρο της καθεμίας ξεχωριστά. Με βάση τις παραπάνω έννοιες κατασκευάζεται το προτεινόμενο μοντέλο για την ιεράρχηση έργων στον δημόσιο τομέα. Επιπρόσθετα, αφού παρουσιάζονται τα διαθέσιμα δεδομένα για το Δήμο Ρήγα Φεραίου, που αποτελεί τη μελέτη περίπτωσης της συγκεκριμένης μελέτης, εφαρμόζεται το προαναφερόμενο μοντέλο AHP στην επιλογή αναδόχου ενός έργου στον συγκεκριμένο Δήμο. Για την υλοποίηση του μοντέλου και την εκμείωση αποτελεσμάτων με βάση τις απαντήσεις των ερωτηθέντων - εμπλεκόμενων μερών στη διαδικασία λήψης αποφάσεων αναφορικά με την επιλογή αναδόχου ενός έργου στο Δήμο Ρήγα Φεραίου, εφαρμόστηκε η εννιαβάθμια κλίμακα του Saaty. Τέλος, αναλύεται ο απολογισμός της όλης διαδικασίας και περιγράφονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας.

**Λέξεις κλειδιά:** Πολυκριτηριακή ανάλυση αποφάσεων, Αναλυτική Διαδικασία Ιεράρχησης (AHP), Λήψη Αποφάσεων Επιχειρησιακή Έρευνα, τεχνικά έργα, δημόσιος τομέας, Δήμος Ρήγα Φεραίου

## ABSTRACT

The purpose of this thesis is to apply the Analytical Hierarchy Process (AHP) as a decisions' support tool for the selection of technical projects in the public sector. Initially, the concept of Multi-Criteria Decision Analysis is approached theoretically and the theoretical framework of the AHP is presented in order to understand the value of this decision-making tool in the multi-criteria decision-making problems. Following classic and modern methods of multi-criteria decision analysis are presented, analyzing the theoretical background of each one individually. Based on the above concepts, the proposed model for project hierarchy in the public sector is developed. In addition, after presenting the data available for the Municipality of Rigas Feraios, which is the case study of this thesis, the aforementioned AHP model is applied to the selection of a contractor for a project in that Municipality. In order to implement the model and obtain results, based on the responses of the participants - stakeholders in the decision-making process regarding the selection of a contractor for a project in the Municipality of Rigas Feraios, Saaty's nine-level scale was applied. Finally, the report of the whole process is analyzed and the conclusions drawn from the results of this research are described.

**Keywords:** *Multicriteria Decision Analysis, Analytical Hierarchy Process (AHP), Decision Making Business Research, Technical Projects, Public Sector, Municipality of Rigas Feraios*

## I. Εισαγωγικές έννοιες

Καθημερινά, οι άνθρωποι καλούνται να αποφασίσουν για προσωπικές ανάγκες ή ακόμα και για συλλογικά ή παγκόσμια ζητήματα. Η ικανότητα και ο τρόπος με τον οποίο παίρνουν αποφάσεις, τους ξεχωρίζει από τα υπόλοιπα όντα. Με την πάροδο των χρόνων, η σημασία των αποφάσεων αυξήθηκε και η διαδικασία λήψης μιας απόφασης έγινε πιο "επιστημονικοποιημένη" (Παρασκευόπουλος, 2008).

Ο Simon ορίζει ως "απόφαση" *"την πολύπλοκη και σύνθετη διαδικασία της επιλογής μεταξύ εναλλακτικών που παρουσιάζονται ως περισσότερο ή λιγότερο πρόσφορες για την επίτευξη ορισμένων στόχων"* (Janssen 1992, Andreoli & Tellarini 2000, Mendoza & Prabhu 2000). Η έννοια της απόφασης υπονοεί πάντα έναν λήπτη αποφάσεων, ο οποίος αποκαλείται «αποφασίζων». Η αγγλική ορολογία του λήπτη αποφάσεων είναι decision maker (DM)». Η λήψη αποφάσεων (decision making) αφορά τη μελέτη του εντοπισμού και της επιλογής εναλλακτικών λύσεων που βασίζονται στις αξίες και τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα (Harris, 1998). Αποτελεί αποτέλεσμα σύνθετων διαδικασιών, που έχουν ως στόχο, να μελετήσουν και να αναλύσουν διεξοδικά τις επιπτώσεις όλων των εναλλακτικών αποφάσεων, ώστε να προκύψει έπειτα από τη σύνθεση και τη σύγκλιση των απαιτήσεων των εμπλεκόμενων μερών η κοινά αποδεκτή λύση. (Ματσατσίνης, 2010)

Η ανάλυση αποφάσεων (decision analysis) είναι μια ορθολογική προσέγγιση στη λήψη αποφάσεων, η οποία χρησιμοποιεί υποδείγματα (models) για να αναπαραστήσει εναλλακτικά σχέδια δράσης, πιθανές καταστάσεις που σχετίζονται με το πρόβλημα που αναλύεται, καθώς και με τα αναμενόμενα αποτελέσματα με σκοπό να επιλεγεί μια βέλτιστη λήψη απόφασης (ό.π.).

## II. Ευρωπαϊκή Νομοθεσία

Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο θέσπισε το 2004, δημοσιεύοντας την Κοινοτική Οδηγία 2004/18/EK στην Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, διατάξεις κοινοτικού συντονισμού των εθνικών διαδικασιών για τη σύναψη δημοσίων συμβάσεων έργων. Ως δημόσια σύμβαση ορίζεται η σύμβαση, η οποία συνάπτεται γραπτώς μεταξύ ενός ή παραπάνω οικονομικών φορέων και μιας ή περισσότερων αναθετουσών αρχών, που έχουν ως αντικείμενο την εκτέλεση έργων, την προμήθεια προϊόντων ή την παροχή υπηρεσιών. Η

μελέτη και η εκτέλεση εργασιών τεχνικών έργων αποτελεί το αντικείμενο της δημόσιας σύμβασης έργων. Το κράτος, οι αρχές τοπικής αυτοδιοίκησης και οργανισμοί δημοσίου δικαίου είναι οι αναθέτουσες αρχές.

Ουσιαστικά, η Κοινοτική Οδηγία καθόρισε τους τρόπους με τους οποίους οι αναθέτουσες αρχές μπορούν να συνεισφέρουν στην προστασία του περιβάλλοντος, καθώς και στην προώθηση της αειφόρου ανάπτυξης και εγγυήθηκε στις αναθέτουσες αρχές τη δυνατότητα να επιτυγχάνουν με την καλύτερη σχέση ποιότητας τιμής στις συμβάσεις τους.

Σύμφωνα με την Κοινοτική Οδηγία, η ανάθεση της σύμβασης θα πρέπει να διέπεται από κάποια αντικειμενικά κριτήρια που εξασφαλίζουν την τήρηση της αρχής της διαφάνειας, της αρχής της αποφυγής των διακρίσεων, αλλά και της αρχής της ίσης μεταχείρισης. Ακόμα, η εκάστοτε ανάθεση της σύμβασης θα πρέπει να εγγυάται την αξιολόγηση των προσφορών υπό το πρίσμα συνθηκών πραγματικού ανταγωνισμού. Για αυτό τον λόγο προτείνεται να γίνεται δεκτή η εφαρμογή δύο κριτηρίων ανάθεσης: α) των κριτηρίων της χαμηλότερης τιμής και β) της πιο συμφέρουσας προσφοράς από οικονομική άποψη.

Στο άρθρο 53 της Κοινοτικής Οδηγίας αναφέρονται τα κριτήρια, με βάση τα οποία οι αναθέτουσες αρχές αναθέτουν τις δημόσιες συμβάσεις έργων:

1. στην περίπτωση που η σύμβαση ανατίθεται στην περισσότερη συμφέρουσα προσφορά από οικονομική άποψη κατά την κρίση της αναθέτουσας αρχής, διάφορα κριτήρια που συνδέονται με το αντικείμενο της συγκεκριμένης δημόσιας σύμβασης, όπως για παράδειγμα η ποιότητα, η τιμή, η τεχνική αξία, τα αισθητικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά, τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά, το κόστος λειτουργίας, η αποδοτικότητα, η εξυπηρέτηση μετά την πώληση, η τεχνική συνδρομή, η ημερομηνία παράδοσης και η προθεσμία παράδοσης ή εκτέλεσης του έργου
2. στην περίπτωση που υπάρχει χαμηλότερη τιμή.

Όσον αφορά τον ελλαδικό χώρο, το 2005 με τον νόμο 3316 θεσπίστηκε η εναρμόνιση με την Κοινοτική Οδηγία.



### III. Πολυκριτηριακή Ανάλυση Αποφάσεων

Η πολυκριτηριακή ανάλυση αποφάσεων (ΠΚΛΑ) (Multiple Criteria Decision Making, MCDM) αποτελεί έναν από τους τομείς της επιχειρησιακής έρευνας που αναπτύχθηκε για την επίλυση σύνθετων προβλημάτων, τα οποία περιλαμβάνουν πολλά και αλληλοσυγκρουόμενα κριτήρια. Εφόσον κριθεί ότι είναι απαραίτητο, οι πολυκριτήριες μέθοδοι λήψης αποφάσεων (Multiple Criteria Decision Methods - MCDM) βελτιώνουν το περιβάλλον λήψης απόφασης. Η έννοια της "βέλτιστης" λύσης δεν υφίσταται στα πολυκριτηριακά μοντέλα, δεν υπάρχει δηλαδή λύση που να βελτιστοποιεί συγχρόνως όλα τα κριτήρια. Στα πολυκριτηριακά μοντέλα η βέλτιστη λύση αναζητείται από τον αποφασίζοντα (Μαυρωτάς, 2000). Η πολυκριτηριακή ανάλυση έχει ως στόχο την αντιμετώπιση προβλημάτων που σχετίζεται με το σύστημα προτιμήσεων και αξιών του αποφασίζοντα, ώστε να παραχθεί ένα σύνολο πληροφοριών με έναν τρόπο ο οποίος θα κάνει τον αποφασίζοντα να νιώσει πιο σίγουρος σχετικά με την απόφασή του, ελαχιστοποιώντας την πιθανότητα να μετανιώσει. (Δούμπος & Ζοπουνίδης, 2001, Belton & Steward, 2002).

Σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη και διάδοση της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης Αποφάσεων (MDA: Multicriteria Decision Analysis) αποτέλεσε η διαπίστωση ότι η επίλυση ιδιαίτερα πολύπλοκων και μείζονος σημασίας προβλημάτων λήψης αποφάσεων δεν είναι δυνατό να πραγματοποιείται μέσω μιας μονοδιάστατης και μόνοπλευρης ανάλυσης. Βασικό αντικείμενο της εν λόγω ανάλυσης είναι η αντιμετώπιση ενός προβλήματος με γνώμονα την εξέταση όλων των παραμέτρων ενός προβλήματος και των κριτηρίων που επηρεάζουν τη λήψη της απόφασης. Η δυσκολία αναφορικά με τη λήψη ικανοποιητικών αποφάσεων έγκειται στη σύνθεση όλων των παραμέτρων του προβλήματος. (Δούμπος & Ζοπουνίδης, 2001).

Κατά τον Δούμπο (2007), το πεδίο της πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων έχει τρεις βασικούς στόχους:

- α) την ανάλυση της ανταγωνιστικής φύσης των κριτηρίων
- β) τη μοντελοποίηση των προτιμήσεων των αποφασιζόντων
- και γ) τον εντοπισμό ικανοποιητικών λύσεων.

Σύμφωνα με τον Roy (1996) το μεθοδολογικό πλαίσιο της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης Αποφάσεων κατηγοριοποιείται σε τέσσερα στάδια. Το πρώτο στάδιο αναφέρεται στον καθορισμό των εναλλακτικών δραστηριοτήτων και της προβληματικής της ανάλυσης. Οι εναλλακτικές δραστηριότητες αφορούν τις εκάστοτε πιθανές επιλογές, οι οποίες δύναται να αποτελέσουν λύσεις του προβλήματος που εξετάζεται και οι οποίες είναι απαραίτητο να αξιολογηθούν για την καταλληλότητά τους (Δούμπος, 2007). Στη συνέχεια, ακολουθεί ο καθορισμός των προβληματικών, οι οποίες είναι οι εξής:

**1. Προβληματική α (επιλογή, choice):** αναφέρεται στην επιλογή μίας ή περισσότερων εναλλακτικών οι οποίες θεωρούνται κατάλληλες.

**2. Προβληματική β (ταξινόμηση, classification/sorting):** αναφέρεται στην ταξινόμηση των εναλλακτικών σε προκαθορισμένες ομοιογενείς κατηγορίες.

**3. Προβληματική γ (κατάταξη, ranking):** αναφέρεται στην κατάταξη των εναλλακτικών από τις καλύτερες προς τις χειρότερες.

**4. Προβληματική δ (περιγραφή, description):** αναφέρεται στην περιγραφή των εναλλακτικών με βάση τις επιδόσεις τους στα επιμέρους κριτήρια, με τρόπο κατανοητό από τον αποφασίζοντα.

Στο επόμενο στάδιο της διαδικασίας καθορίζεται μια "οικογένεια κριτηρίων" (consistent family of criteria). Τα κριτήρια είναι τα χαρακτηριστικά ή οι απαιτήσεις που κάθε εναλλακτική επιλογή-λύση θα πρέπει να διαθέτει σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό και καθορίζονται σε συνδυασμό με τις σχέσεις προτιμήσεις ή αδιαφορίας του αποφασίζοντα με σκοπό να ληφθούν ορθολογικές αποφάσεις.

Η κατασκευή και η χρήση ενός μοντέλου προτίμησης είναι το τρίτο στάδιο της εν λόγω διαδικασίας και αναφέρεται στη σύνθεση όλων των κριτηρίων για την επίτευξη του στόχου της ανάλυσης, ανάλογα με την προβληματική που έχει καθοριστεί εξ αρχής. Η λήψη αποφάσεων αποτελεί μια διαδικασία, η οποία κάνει χρήση μαθηματικών μοντέλων για την εξαγωγή αποτελεσμάτων στο πρόβλημα που μελετάται. Η σύνθεση όλων των παραμέτρων, λαμβάνοντας υπόψη και πολλούς αντικρουόμενους στόχους που εμφανίζονται στο πρόβλημα οδηγεί σε περιορισμούς. Το βασικό πλεονέκτημα της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης και η σημαντική της διαφορά από άλλες εναλλακτικές προσεγγίσεις είναι ότι επιτυγχάνει να συμβάλλει στην επίλυση τέτοιων προβλημάτων, μέσω πολλών

μεθοδολογιών που έχουν αναπτυχθεί με μια τυποποιημένη μαθηματικά και συστηματική προσπάθεια, προσδίδοντας στον αποφασίζοντα έναν ενεργό ρόλο στη διαδικασία ανάπτυξης υποδειγμάτων. (Σπανός, 2004).

### **Στάδια πολυκριτηριακής Ανάλυσης Αποφάσεων**

Η πολυκριτηριακή ανάλυση αποφάσεων (MCDA) μπορεί να κατηγοριοποιηθεί στα παρακάτω στάδια με σκοπό την καλύτερη κατανόησή της. (Department for Communities & Local Government, 2009)

#### **Στάδιο 1<sup>ο</sup> : Καθορισμός του πλαισίου της απόφασης**

Στο πρώτο στάδιο καθιερώνεται μια κοινά αποδεκτή αντίληψη για το πλαίσιο της απόφασης. Το πλαίσιο της απόφασης αφορά το σύνολο των διοικητικών, πολιτικών και κοινωνικών δομών που περιβάλλουν την λήψη απόφασης. Το πιο σημαντικό στοιχείο του εν λόγω πλαισίου είναι ο καθορισμός των στόχων του φορέα λήψης της απόφασης, καθώς και η πλήρης κατανόηση. Ο καθορισμός εσφαλμένων στόχων μπορεί να οδηγήσει σε εσφαλμένα αποτελέσματα, άρα και σε άσκοπη ανάλυση. Οι στόχοι μπορεί να είναι μεταβλητοί κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της ανάλυσης. Ο αρχικός καθορισμός των στόχων είναι παρόλα αυτά απαραίτητος, ώστε να πραγματοποιηθεί η ανάλυση προς την σωστή κατεύθυνση. Ακόμα, είναι δυνατόν κάποιοι από τους στόχους να είναι αλληλοσυγκρουόμενοι μεταξύ τους.

Ο προσδιορισμός των εμπλεκόμενων μερών, που αποτελείται από τους αποφασίζοντες και τους ενδιαφερομένους είναι άλλο ένα σημαντικό στοιχείο του πλαισίου της απόφασης, καθώς οι τελευταίοι μπορούν να επηρεάσουν την απόφαση ή να επηρεαστούν από αυτήν. Είναι πιθανό σε κάποιες περιπτώσεις να συμμετέχουν στη διαδικασία λήψης της απόφασης και τρίτα μέρη, τα οποία θεωρούνται απαραίτητα λόγω της εξειδικευμένης γνώσης τους, χωρίς ωστόσο να έχουν άμεσο συμφέρον.

Το στάδιο αυτό καταλήγει στη διατύπωση του στόχου της πολυκριτηριακής ανάλυσης με σαφή τρόπο, ο οποίος είναι αποδεκτός από όλα τα εμπλεκόμενα μέρη.

#### **Στάδιο 2<sup>ο</sup> : Αναγνώριση των εναλλακτικών επιλογών**

Οι εναλλακτικές επιλογές αφορούν το σύνολο των πιθανών λύσεων για την επίτευξη των στόχων του προβλήματος. Είναι αναγκαία η συστηματική εργασία για την αναγνώρισή

τους για τον λόγο ότι δεν είναι δεδομένες. Σε περιπτώσεις που οι εναλλακτικές είναι δεδομένες, είναι απαραίτητο να πραγματοποιείται διερεύνηση καθώς είναι δυνατό να προκύψουν νέες εναλλακτικές, οι οποίες αρχικά δεν είναι εύκολα αναγνωρίσιμες.

Οι εναλλακτικές λύσεις που αναζητούνται κατά τη διαδικασία λήψης μιας απόφασης ορίζονται είτε με απαρίθμηση των στοιχείων τους (διακριτό σύνολο εναλλακτικών λύσεων), είτε με δήλωση των ιδιοτήτων που χαρακτηρίζουν τα στοιχεία τους (συνεχής χώρος εναλλακτικών λύσεων). Η παραπάνω διαδικασία μπορεί να επαναληφθεί και στα επόμενα στάδια της ανάλυσης.

### **Στάδιο 3<sup>ο</sup> : Αναγνώριση των κριτηρίων αξιολόγησης**

Αναφορικά με τα κριτήρια αξιολόγησης, εκφράζουν τον τρόπο με τον οποίο οι εναλλακτικές λύσεις μπορούν να επιφέρουν αξία και πρέπει σε κάθε περίπτωση να βασίζονται στους στόχους που έχουν τεθεί. Είναι αναγκαίο να οριστούν κριτήρια διάκρισης ως αντικειμενικά μέτρα των στόχων, για να αξιολογηθεί το κατά πόσο κάθε εναλλακτική λύση επιτυγχάνει τον στόχο. Οι στόχοι μπορούν να παρουσιαστούν με τη δημιουργία πολλών διαφορετικών κριτηρίων. Θεωρείται χρήσιμη η ομαδοποίηση των κριτηρίων σε μια σειρά συνόλων που αναφέρονται σε ευδιάκριτα στοιχεία του γενικού στόχου της απόφασης. Κατά τον Baker et al. (2002), τα κριτήρια πρέπει να είναι:

- ❖ ικανά να εισάγουν διακρίσεις μεταξύ των εναλλακτικών και να υποστηρίζουν τη σύγκριση των επιδόσεων των εναλλακτικών
- ❖ πλήρη, ώστε να περιλαμβάνονται όλοι οι στόχοι
- ❖ λειτουργικά και ουσιαστικά
- ❖ μη περιττά
- ❖ λίγα σε αριθμό.

### **Στάδιο 4<sup>ο</sup> : Βαθμολόγηση των εναλλακτικών σε κάθε κριτήριο**

Το επόμενο στάδιο είναι η βαθμολόγηση των εναλλακτικών σε κάθε κριτήριο. Οι εναλλακτικές λύσεις δημιουργούν διαφορετικές προσεγγίσεις για την αλλαγή των αρχικών συνθηκών στις επιθυμητές. Κάθε εναλλακτική λύση πρέπει οπωσδήποτε να πληρεί τις απαιτήσεις. Η διαδικασία της βαθμολόγησης των εναλλακτικών περιλαμβάνει:

α) την κατασκευή κλίμακας που να αντιπροσωπεύει τις εναλλακτικές αναφορικά με τις συνέπειες

β) τη δημιουργία κλιμάκων που να βασίζονται στη σημαντικότητα της εκάστοτε εναλλακτικής

γ) τον υπολογισμό μέσων όρων με βάση τις καθορισμένες κλίμακες

Η πιο διαδεδομένη τακτική βαθμολόγησης που χρησιμοποιείται πιο συχνά για να δηλώσει τον βαθμό προτίμησης σε κάποιο κριτήριο είναι η χρήση εκατοβάθμιας κλίμακας, καθώς θεωρείται ότι διευκολύνει τη διαδικασία της βαθμολόγησης.

#### **Στάδιο 5<sup>ο</sup> : Στάθμιση κριτηρίων**

Σε αυτό το στάδιο συντελείται η στάθμιση των κριτηρίων. Αναλυτικότερα, σε κάθε κριτήριο αντιστοιχίζεται μια τιμή ή η βαρύτητα του κριτηρίου σε σχέση με τα υπόλοιπα. Λαμβάνοντας υπόψη τη βαρύτητα ενός κριτηρίου, γίνεται πιο εύκολη η διαδικασία της στάθμισης των κριτηρίων, διότι σταθμίζεται η επιμέρους βαθμολογία κάθε εναλλακτικής και καθορίζεται η επίδρασή της στην τελική βαθμολογία, η οποία και θα οδηγήσει στην τελική εναλλακτική λύση ή στην ομάδα εναλλακτικών λύσεων.

#### **Στάδιο 6<sup>ο</sup> : Υπολογισμός των συνολικών σταθμισμένων βαθμολογιών**

Για να πραγματοποιηθεί με ορθό τρόπο ο υπολογισμός των συνολικών σταθμισμένων βαθμολογιών είναι αναγκαία η αμοιβαία ανεξαρτησία προτίμησης των κριτηρίων. Ειδικότερα, οι βαθμολογίες των εναλλακτικών σε ένα κριτήριο δεν πρέπει να επηρεάζονται από τις βαθμολογίες των εναλλακτικών άλλων κριτηρίων. Είναι πιθανό εξαρτώμενα κριτήρια να μπορούν να συνδυαστούν σε ένα.

#### **Στάδιο 7<sup>ο</sup> : Ανάλυση των αποτελεσμάτων και διατύπωση προτάσεων**

Μετά την ολοκλήρωση των προηγούμενων σταδίων και αφού χρησιμοποιηθεί το κατάλληλο λογισμικό προκύπτει μια φθίνουσα ταξινόμηση των εναλλακτικών επιλογών. Η σειρά προτίμησης εκφράζεται από τις εναλλακτικές επιλογές και σε κάθε μία από αυτές αντιστοιχεί η συνολική βαθμολογία της. Έτσι, προκύπτει ο σχετικός βαθμός προτίμησης της κάθε εναλλακτικής. Η ανάλυση ολοκληρώνεται με τη δημιουργία πρότασης μίας ή περισσότερων εναλλακτικών λύσεων.

## Στάδιο 8<sup>ο</sup> : Διεξαγωγή ανάλυσης ευαισθησίας

Τελικό στάδιο της διαδικασίας της πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων αποτελεί η ανάλυση ευαισθησίας. Χρησιμοποιείται για την εξέταση της σταθερότητας του τελικού αποτελέσματος. Με άλλα λόγια, αφορά το κατά πόσο το αποτέλεσμα επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις των επιμέρους στοιχείων. Σε αυτό το στάδιο είναι δυνατό να προσαρμοστεί η βαρύτητα των κριτηρίων και των εναλλακτικών, ώστε να αναγνωριστεί το σύνολο των εναλλακτικών με το μεγαλύτερο βαθμό προτίμησης και να εντοπιστούν τυχόν βελτιώσεις των εν λόγω επιλογών.

## IV. Αναλυτική διαδικασία Ιεράρχησης (Analytic Hierarchy Process- AHP)

Η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (AHP) προτάθηκε το 1977 από τον Αμερικάνο μαθηματικό Thomas Saaty και από τότε έχει καθιερωθεί ως μία από τις πιο δομημένες και εφαρμοσμένες τεχνικές ανάλυσης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια. Χρησιμοποιείται σε παγκόσμια κλίμακα σε ένα μεγάλο εύρος καταστάσεων απόφασης, σε τομείς όπως οι επιχειρήσεις, η κυβέρνηση, η βιομηχανία, η εκπαίδευση και η υγειονομική περίθαλψη (Ταρσένης, 2008). Η μέθοδος AHP βασίζεται σε μια ορισμένη μαθηματική δομή που παρέχει ένα ορθολογικό πλαίσιο για τη διαμόρφωση ενός προβλήματος απόφασης, αλλά και για την αναπαράσταση και την ποσοτικοποίηση των στοιχείων του, ώστε να συνδεθούν τα εν λόγω στοιχεία με γενικούς στόχους και για να αξιολογηθούν αντίστοιχα οι εναλλακτικές λύσεις.

Η εν λόγω μέθοδος έχει χρησιμοποιηθεί σε ένα ευρύ φάσμα προβλημάτων όπως: α) στην επιλογή μεταξύ εναλλακτικών λύσεων σε προβλήματα με πολλαπλούς στόχους, β) στην κατανομή πόρων σε ανεπάρκεια, γ) σε προβλέψεις. Πρόκειται για μια τεχνική, η οποία βασίζεται στην άμεση συμμετοχή του αποφασίζοντα. Όπως αναφέρουν οι Saaty & Vargas (2001), η AHP αποτελεί μια ανάλυση που συμβάλλει στο διαχωρισμό ενός προβλήματος στα επιμέρους στοιχεία του και στη μελέτη συμπεριφοράς τους, καθώς έχει υπάρξει το κυριότερο εργαλείο επιστημονικής έρευνας παγκοσμίως για τον έλεγχο υποθέσεων και την επίλυση προβλημάτων.

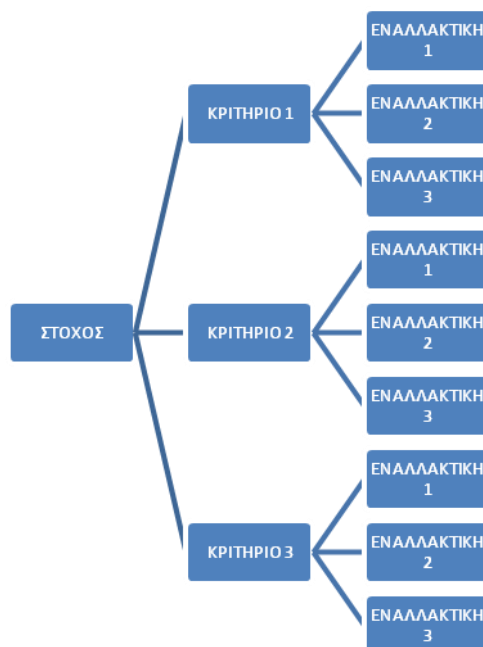
Η μέθοδος αντιμετωπίζει ένα πολυκριτήριο πρόβλημα μέσω μια διαδικασίας τεσσάρων σταδίων:

1. Την ιεραρχική ανάλυση του προβλήματος απόφασης σε στοιχεία απόφασης.
2. Την συλλογή προτιμήσεων από τον αποφασίζοντα αναφορικά με τα στοιχεία απόφασης (εισαγωγή δεδομένων).
3. Τον υπολογισμό των επιμέρους προτεραιοτήτων (με βάση τη βαρύτητα των κριτηρίων) για τα στοιχεία απόφασης.
4. Την σύνθεση των επιμέρους προτεραιοτήτων σε γενικές προτεραιότητες των εναλλακτικών λύσεων.

Το πρώτο στάδιο της διαδικασίας θεωρείται το σημαντικότερο για τον λόγο ότι καθορίζει την ποιότητα των αποτελεσμάτων. Ουσιαστικά, το αρχικό πρόβλημα απόφασης αναλύεται σε μια ιεραρχία επιμέρους υποπροβλημάτων (κριτήρια απόφασης), τα οποία εν συνεχεία αναλύονται ανεξάρτητα και όλο και περισσότερο στο πρότυπο ιεραρχικής δομής. Το πρόβλημα αποσυντίθεται δηλαδή σε μια ιεραρχία που συμπεριλαμβάνει τον επιδιωκόμενο στόχο, τα κριτήρια αξιολόγησης και τις εναλλακτικές επίτευξης του. (Γερογιάννης, 2018)

Με τη χρησιμοποίηση της AHP είναι δυνατό να εξαχθούν σχετικές προτεραιότητες σε απόλυτες κλίμακες, είτε διακριτές είτε συνεχείς ανά ζεύγη συγκρίσεις σε πολυεπίπεδες ιεραρχικές δομές. Οι συγκεκριμένες συγκρίσεις μπορεί να προκύψουν από πραγματικές μετρήσεις ή από μια θεμελιώδη κλίμακα, που αφορά τη σχετική δύναμη των προτιμήσεων και των συναισθημάτων. Η μέθοδος αυτή δίνει σημασία στην απόκλιση από τη συνεκτικότητα και στη μέτρηση της απόκλισης, αλλά και στην εξάρτηση ανάμεσα στις ομάδες των στοιχείων της. Εφαρμόζεται κατά κύριο λόγο στην πολυκριτηριακή ανάλυση λήψης αποφάσεων (Saaty, 2005). Το πλεονέκτημα της είναι ότι στο τελικό στάδιο τα κριτήρια με τα οποία γίνονται οι συγκρίσεις ώστε να προκύψει η τελική ιεράρχηση, δεν είναι αναγκαίο να είναι καθορισμένα. Επιπρόσθετα, το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της μεθόδου είναι ότι επιτρέπει τη χρήση ως κριτήριο ακόμα και ποιοτικών ή μη μετρήσιμων παραγόντων, όπως για παράδειγμα η εμπειρία και η υποκειμενική κρίση των αποφασιζομένων. Στο τελικό στάδιο της διαδικασίας, οι παράγοντες ή οι συντελεστές βαρύτητας που έχουν την υψηλότερη βαθμολογία θεωρούνται οι πιο σημαντικοί στη λήψη της απόφασης.

Ενδεικτικά παρατίθεται στην παρακάτω εικόνα ένα παράδειγμα μιας ιεραρχίας αυτού του είδους για ένα πρόβλημα απόφασης με τρία κριτήρια αξιολόγησης και τρεις εναλλακτικές επιλογές.



**Εικόνα 1: παράδειγμα ΑΗΡ**

Για την σύγκριση δύο παραγόντων, οι παράγοντες που θέλουμε να εξετάσουμε τοποθετούνται στα άκρα της κλίμακας αξιολόγησης. Αρχικά, εξάγεται το συμπέρασμα για το ποιος από τους δύο παράγοντες είναι πιο σημαντικός και σε δεύτερο στάδιο αναλύεται το κατά πόσο υπερτερεί ο ένας παράγοντας έναντι του άλλου. Για τη διευκόλυνση της συγκριτικής αξιολόγησης μεταξύ των παραγόντων, υπάρχει μία επιπλέον κλίμακα όπου χαρακτηρίζει αυτή η σχέση των παραγόντων ως εξής:

Τιμή	Ορισμός	Ερμηνεία
1	Ίση σημασία	Τα κριτήρια $i$ και $j$ είναι το ίδιο σημαντικά
3	Μέτρια προτίμηση	Το κριτήριο $i$ είναι ελαφρώς πιο σημαντικό από το $j$
5	Ισχυρή προτίμηση	Το κριτήριο $i$ είναι αρκετά πιο σημαντικό από το $j$
7	Πολύ ισχυρή προτίμηση	Το κριτήριο $i$ είναι πολύ πιο σημαντικό από το $j$
9	Απόλυτη προτίμηση	Το κριτήριο $i$ είναι εντελώς πιο σημαντικό από το $j$

Για να υπολογιστεί η βαρύτητα των κριτηρίων δημιουργείται σε πρώτη φάση ένας τετραγωνικός πίνακας γνωστός ως συγκριτικός ανά ζεύγη πίνακας. Η τιμή του πίνακα που αντιστοιχεί στη γραμμή  $i$  και τη στήλη  $j$ , η οποία συμβολίζεται με  $a_{ij}$ , δηλώνει τη



σπουδαιότητα του κριτηρίου  $i$  ως προς το κριτήριο  $j$ . Η σπουδαιότητα εκφράζεται με έναν ακέραιο αριθμό μεταξύ 0 και 9, η ερμηνεία του οποίου δίνεται στον πίνακα 1. (Γερογιάννης, 2018)

Για παράδειγμα, αν  $a_{12} = 3$  τότε το κριτήριο 1 είναι ελαφρώς πιο σημαντικό από το κριτήριο 2. Αν  $a_{12} = 4$ , μια τιμή που δεν εμφανίζεται στον πίνακα 2, τότε το κριτήριο 1 είναι μεταξύ του ελαφρώς και του αρκετά πιο σημαντικό από το 2. Αν το κριτήριο  $i$  είναι λιγότερο σημαντικό από το κριτήριο  $j$ , τότε χρησιμοποιείται η αντίστροφη τιμή του δείκτη. Για παράδειγμα αν το κριτήριο 2 είναι ελαφρώς λιγότερο σημαντικό από το κριτήριο 1, τότε  $a_{21} = 1/3$ . Τέλος, για όλα τα κριτήρια ισχύει η προφανής συνθήκη  $a_{ii} = 1$ . (Γερογιάννης, 2018)

Για λόγους συνέπειας είναι απαραίτητο να ισχύει η συνθήκη  $a_{ji} = 1/a_{ij}$ . Για παράδειγμα, αν το κριτήριο 1 είναι ελαφρώς πιο σημαντικό από το κριτήριο 2 ( $a_{12} = 3$ ) τότε το κριτήριο 2 πρέπει απαραίτητα να είναι ελαφρώς λιγότερο σημαντικό από το κριτήριο 1 ( $a_{21} = 1/3$ ). Συνήθως είναι ευκολότερος ο καθορισμός όλων των  $a_{ij}$  που είναι μεγαλύτερα της μονάδας και η χρήση της σχέσης  $a_{ji} = 1/a_{ij}$  για τον υπολογισμό των υπολοίπων στοιχείων του συγκριτικού ανά ζεύγη πίνακα. (Γερογιάννης, 2018)

Αξίζει να σημειωθεί πως κατά την διαδικασία της αξιολόγησης οι αποφασίζοντες χρησιμοποιούν σαφή δεδομένα για τα προς εξέταση στοιχεία. Ωστόσο, πρωταρχικό ρόλο στη προσέγγιση της σχετικής σημασίας των δεδομένων και επομένως στην λήψη της τελικής απόφασης έχει η ανθρώπινη κρίση, δηλαδή η κριτική ικανότητα των αποφασιζομένων. (Saaty & Vargas, 2001)

Εν κατακλείδι, για να δημιουργήσουμε την τελική κατάταξη των εναλλακτικών πρέπει να πολλαπλασιάσουμε τις κανονικοποιημένες προτεραιότητες των εναλλακτικών με τις αντίστοιχες κανονικοποιημένες προτεραιότητες των κριτηρίων και προσθέτουμε. Αυτό επίσης κάνουμε για τα κριτήρια χρησιμοποιώντας τις προτεραιότητες κριτηρίων υψηλότερου επιπέδου (πράγμα το οποίο κάνουμε σε γενικές γραμμές με τον ίδιο τρόπο κανονικοποιώντας). Αυτή η διαδικασία ονομάζεται κατάσταση διανομής (distributive mode) της AHP. Σε αυτήν υποθέτουμε, όπως συμβαίνει συχνά στην πράξη, ότι μία εναλλακτική εξαρτάται από τον αριθμό και την ποιότητα των άλλων εναλλακτικών με τις οποίες συγκρίνεται. Χρησιμοποιείται επίσης όταν τα κριτήρια εξαρτώνται επίσης από τις

εναλλακτικές όπως στην ANP. Αν θέλαμε να απαιτήσουμε για ευκολία στην πράξη ότι οι προτεραιότητες των εναλλακτικών δεν πρέπει να επηρεάζονται από τον αριθμό και την ποιότητα των άλλων εναλλακτικών, ή αν τα κριτήρια δεν είναι χαρακτηριστικά απευθείας σχετιζόμενα με τις εναλλακτικές, τότε χρησιμοποιούμε την ιδανική κατάσταση (ideal mode) κατά την οποία για κάθε κριτήριο διαιρούμε τις προτεραιότητες των εναλλακτικών με τη μεγαλύτερη τιμή μεταξύ τους και μετά πολλαπλασιάζουμε με την αντίστοιχη κανονικοποιημένη προτεραιότητα αυτού του κριτηρίου και προσθέτουμε για όλα τα κριτήρια. Αυτό είναι γνωστό ως η ιδανική κατάσταση της AHP. Η ιδανική κατάσταση χρησιμοποιείται επίσης στην ANP για κάθε κριτήριο ελέγχου, γιατί τα κριτήρια ελέγχου χρειάζονται για την υλοποίηση των ανά ζεύγη συγκρίσεων και δεν είναι χαρακτηριστικά των εναλλακτικών των οποίων οι προτεραιότητες εξαρτώνται από τις εναλλακτικές άμεσα όπως στην ANP ή έμμεσα (συγκρίνοντας τις με βάση ένα υψηλότερο κριτήριο ή στόχο που επηρεάζεται από οποιαδήποτε υπάρχουσα ή ιδανική εναλλακτική) όπως στην AHP.

## **V. Διαδικασία δικτυακής ανάλυσης (ANP: Analytic Network Process)**

Η Διαδικασία Ιεραρχικής Ανάλυσης (AHP: Analytic Hierarchy Process), καθώς και η Διαδικασία Δικτυακής Ανάλυσης (ANP: Analytic Network Process) αναπτύχθηκαν από τον από τον Saaty. Σήμερα υπάρχει μία διεθνής κοινότητα που ασχολείται με το θέμα αυτό, και ονομάζεται ISAHP (International Symposium on the Analytic Hierarchy Process).

Η Διαδικασία Δικτυακής Ανάλυσης (ANP) αποτελεί μια γενίκευση της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας (AHP: Analytic Hierarchy Process). Ουσιαστικά, αποτελεί μια πολυκριτήρια μέθοδο όσον αφορά την λήψη απόφασης που περιλαμβάνει κλίμακες σχετικής βαρύτητας και με την χρησιμοποίηση των τελευταίων ερμηνεύει τις κρίσεις των εμπλεκόμενων μερών στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, τόσο με ποιοτικά όσο και ποσοτικά κριτήρια (Λεώπουλος, Κηρυττόπουλος, Βουλγαρίδου, Διαμάντας). Οι εν λόγω κρίσεις εκφράζουν την επίδραση μεταξύ δύο στοιχείων, που προκύπτει από την σύγκριση των στοιχείων ανά ζεύγη ως προς ένα κριτήριο ελέγχου. Με αυτό τον τρόπο δημιουργούνται εσωτερικές και εξωτερικές συσχετίσεις μεταξύ των κριτηρίων (ό.π.). Συνεπώς, επιτυγχάνεται καλύτερη αναπαράσταση των προβλημάτων που τίθενται προς

επίλυση και ιδιαίτερα σε περιπτώσεις η αβεβαιότητα ή ο κίνδυνος διαδραματίζουν βασικό ρόλο. (Saaty & Vergas, 2006)

Στην Διαδικασία Δικτυακής Ανάλυσης απαιτείται η διερεύνηση και ο εντοπισμός των αντισταθμίσεων μεταξύ των κριτηρίων, που όπως προαναφέρθηκε είναι ποιοτικά ή ποσοτικά. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος είναι απαραίτητο να εκφραστούν οι κρίσεις των εμπλεκόμενων μερών με αριθμητικό τρόπο. Έτσι, μέσω της σύγκρισης που κάνει ο αποφασίζοντας για κάθε ένα από τα ζεύγη κριτηρίων, εκφράζεται η εμπειρία του και προκύπτει το επιθυμητό αποτέλεσμα. (ό.π.)

Τα βήματα που ακολουθούνται για την υλοποίηση της διαδικασίας είναι τα εξής:

1. Επιλογή κριτηρίων και εντοπισμός εναλλακτικών
2. Ομαδοποίηση κριτηρίων και καθορισμός εσωτερικών και εξωτερικών συσχετίσεων
3. Έλεγχος όσον αφορά τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των κριτηρίων και αν αυτές συμφωνούν με την λογική του προβλήματος
4. Εισαγωγή μέτρου συσχέτισης για τα ζεύγη κριτηρίων που δημιουργήθηκαν, προκειμένου να παρουσιάζονται οι προτιμήσεις του αποφασίζοντα μεταξύ των κριτηρίων
5. Σύνθεση των επιμέρους προτεραιοτήτων σε γενικές προτεραιότητες.

Για τον καθορισμό των σχέσεων μεταξύ των κριτηρίων είναι απαραίτητο να συμπληρωθεί ένας πίνακας που ονομάζεται "Πίνακας συσχετίσεων κριτηρίων" που αποτελείται από τα κριτήρια που έχουν οριστεί. Η τιμή 0 δηλώνει ότι τα κριτήρια δεν σχετίζονται μεταξύ τους, ενώ η τιμή 1 ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των κριτηρίων. (Saaty, 2006)

Τα αποτελέσματα εισάγονται σε έναν νέο πίνακα που ονομάζεται υπερπίνακας (supermatrix), που τα στοιχεία από τα οποία αποτελείται είναι πίνακες προτεραιοτήτων. Η Διαδικασία Δικτυακής Ανάλυσης συνθέτει το αποτέλεσμα της εξάρτησης και της ανάδρασης αναφορικά με τα στοιχεία του συστήματος. Με άλλα λόγια, η ANP αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο που συμβάλλει στη σχηματική αναπαράσταση ενός προβλήματος, όπου τα εμπλεκόμενα μέρη και ο αναλυτής είναι δυνατό να μην συμπεριλάβουν στην

ανάλυσή τους γραμμικές ιεραρχικές δομές. Στην εν λόγω μέθοδο δεν χρησιμοποιείται η δομή του δικτύου και δεν απαιτείται ο καθορισμός επιπέδων. Βασικές έννοιες της μεθόδου είναι η επικράτηση ή η σχετική προτεραιότητα. Στη Διαδικασία Δικτυακής Ανάλυσης οι εμπλεκόμενοι συγκρίνουν τα κριτήρια με βάση μια κλίμακα από το 1 έως το 9, προκειμένου να εξετάσουν ποιο κριτήριο είναι πιο σημαντικό έναντι του άλλου. (Λεώπουλος, Κηρυττόπουλος, Βουλγαρίδου, Διαμάντας)

Σε αρχικό στάδιο, αναλύεται ένα πολυσύνθετο πρόβλημα απόφασης με ποικίλες επιδράσεις μεταξύ των στοιχείων και έπειτα συντίθεται ξανά μέσω της βαρύτητας των επιδράσεων αυτών. Οι διαφορές ανάμεσα στην ιεραρχία και το δίκτυο φαίνονται στο παρακάτω σχήμα:

### **Σχήμα 1: Διαφορές μεταξύ ιεραρχίας και δικτύου**

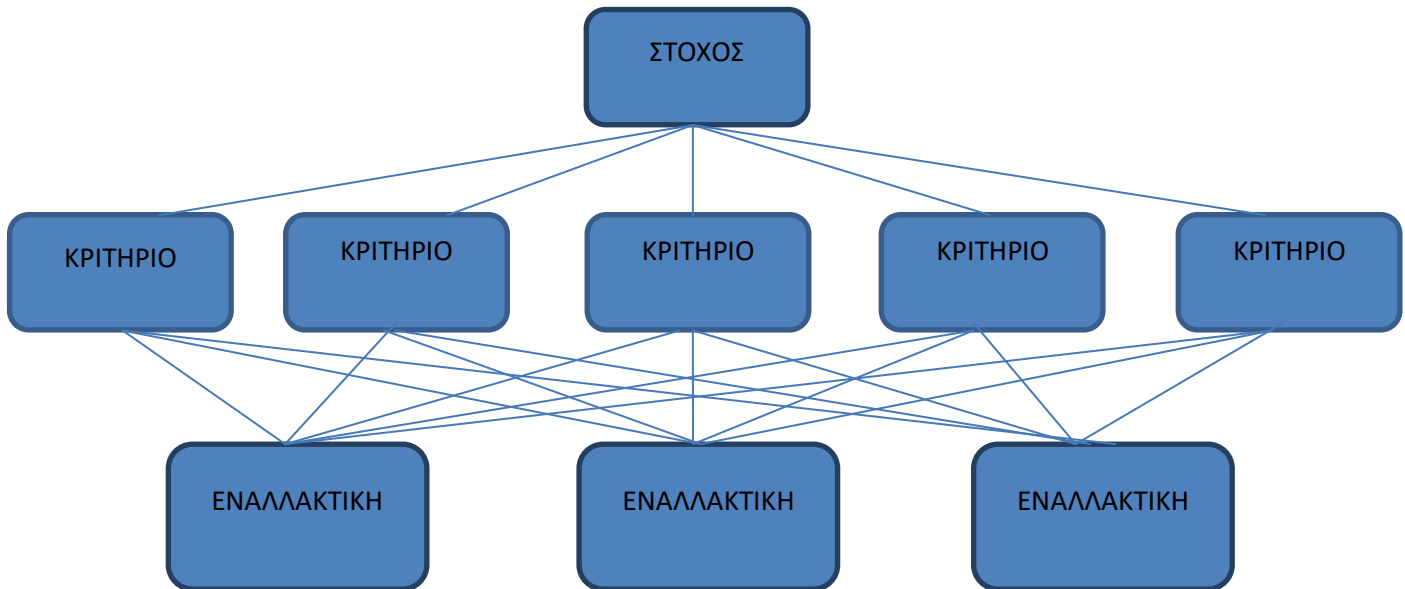
Ο βρόχος στο σχήμα που αναφέρεται στη γραμμική ιεραρχία δείχνει ότι κάθε στοιχείο εξαρτάται μόνο από τον εαυτό του. Αντίθετα, όσον αφορά το δίκτυο ανάδρασης όπου υπάρχει εσωτερική και εξωτερική εξάρτηση μεταξύ των στοιχείων, ο βρόχος δείχνει την εσωτερική εξάρτηση των στοιχείων της ομάδας ως προς κάποιο χαρακτηριστικό. (ό.π.)

Όπως προκύπτει από το παραπάνω σχήμα, στην ιεραρχία υπάρχει απώτερος στόχος, καθώς και μια ομάδα στοιχείων που αναπαριστούν τις εναλλακτικές της απόφασης. Ακόμα, αξίζει να σημειωθεί πως στη γραμμική ιεραρχία η δομή παρουσιάζεται από πάνω προς τα κάτω και δεν υπάρχει ανάδραση από τα κατώτερα στα ανώτερα επίπεδα. Ο τελευταίος βρόχος στο τελευταίο επίπεδο υποδηλώνει ότι η εκάστοτε εναλλακτική εξαρτάται μόνο από τον εαυτό της, ενώ τα υπόλοιπα στοιχεία είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους.

Στην περίπτωση του δικτύου μια ομάδα έχει έναν βρόχο, τα στοιχεία της οποίας είναι εξαρτώμενα μεταξύ τους. Αυτή η σχέση ονομάζεται εσωτερική εξάρτηση. Ακόμα, το δίκτυο "απλώνεται" προς όλες τις κατευθύνσεις και τα στοιχεία δεν είναι ταξινομημένα σε σειρά. Η δομή του δικτύου διευκολύνει την εξάρτηση μεταξύ των στοιχείων των ομάδων. Η σχέση αυτή ονομάζεται εξωτερική εξάρτηση. Οι αποφασίζοντες καθορίζουν τις εξαρτήσεις όσον αφορά τις συγκρίσεις μεταξύ των κριτηρίων και των εναλλακτικών ως προς κάποιο κριτήριο. Συνεπώς, όταν υπάρχει βέλος από μια ομάδα C3 σε μια ομάδα C2 σημαίνει ότι δύο (το λιγότερο) στοιχεία της C2 εξαρτώνται από τουλάχιστον ένα από τα στοιχεία της C3 και επομένως θα συγκριθούν μεταξύ τους ως προς το κριτήριο αυτό. Ωστόσο, ορισμένα

ζεύγη εναλλακτικών ή κριτηρίων είναι δυνατό να παραμείνουν μη συγκρίσιμα στην περίπτωση που οι πληροφορίες δεν επαρκούν. (ό.π.)

**Σχήμα 2: Μια ιεραρχία τριών επιπέδων**



## VI. Πολυκριτήριο Μαθηματικός Προγραμματισμός

Ο Πολυκριτήριο Μαθηματικός Προγραμματισμός αποτελεί το υποσύνολο δύο πεδίων της Επιχειρησιακής Έρευνας: του Μαθηματικού Προγραμματισμού και της Πολυκριτηριακής Λήψης Αποφάσεων, η οποία αφορά προβλήματα λήψης απόφασης όπου υπάρχουν πολλά κριτήρια απόφασης. Το χαρακτηριστικό των προβλημάτων Πολυκριτηρίου Μαθηματικού Προγραμματισμού είναι ότι η έννοια της βέλτιστης λύσης δεν έχει σημασία, καθώς δεν υπάρχει μια λύση που να βελτιστοποιεί ταυτόχρονα όλες τις αντικειμενικές συναρτήσεις, δηλαδή μια ιδανική λύση (ideal solution). (Δούμπος, 2007)

Η γενική μαθηματική διατύπωση ενός προβλήματος πολυκριτηρίου μαθηματικού προγραμματισμού έχει την ακόλουθη μορφή:

Μεγιστοποίηση:  $\{ f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x) \}$

Υπό περιορισμούς:  $x \in A$

Όπου  $x$  είναι το διάνυσμα των μεταβλητών απόφασης,  $f_1, f_2, \dots, f_n$  είναι οι αντικειμενικές συναρτήσεις του προβλήματος και  $A$  είναι το χώρος των εφικτών λύσεων, το οποίο οριοθετείται από ένα σύνολο περιορισμών.

Κατά τη διαδικασία βελτιστοποίησης πολλαπλών αντικειμενικών συναρτήσεων, δεν βρίσκεται συχνά μια εφικτή λύση, που να αποτελεί τη βέλτιστη λύση για όλες τις εξεταζόμενες αντικειμενικές συναρτήσεις. Επομένως, η επίλυση ενός προβλήματος πολυκριτήριου μαθηματικού προγραμματισμού έγκειται στην αναζήτηση μιας συμβιβαστικής λύσης. Η εκάστοτε εφικτή λύση ονομάζεται αποτελεσματική αν δεν υπάρχει καμία άλλη λύση, που να υπερτερεί σε σχέση με αυτή και σύμφωνα με τους προκαθορισμένους στόχους (αντικειμενικές συναρτήσεις). Μη αποτελεσματική θεωρείται κάθε άλλη λύση του χώρου των εφικτών λύσεων. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται το σύνολο των αποτελεσματικών λύσεων, το οποίο βρίσκεται μεταξύ της περιοχής ΑΕ.

### **Σχήμα 3: Γραφική αναπαράσταση του συνόλου των αποτελεσματικών λύσεων**

Η λύση  $Z$  είναι μη αποτελεσματική, καθώς υπάρχουν οι λύσεις  $\Gamma$  και  $\Delta$ , οι οποίες υπερέχουν της λύσης  $Z$ :  $f_1(\Gamma)=f_1(Z)$  και  $f_2(\Gamma)>f_2(Z)$ ,  $f_1(\Delta)>f_1(Z)$  και  $f_2(\Delta)=f_2(Z)$ .

Η βελτιστοποίηση ενός απλού γραμμικού συνδυασμού των αντικειμενικών συναρτήσεων δεν θεωρείται επαρκής για την αντιμετώπιση προβλημάτων πολυκριτήριου μαθηματικού προγραμματισμού. Όταν ο χώρος των εφικτών λύσεων δεν αποτελεί ένα κυρτό σύνολο (όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα), η χρήση ενός γραμμικού συνδυασμού της μορφής  $z = w_1 f_1 + w_2 f_2$  οδηγεί στον εντοπισμό των λύσεων  $B$  και  $\Delta$ , χωρίς να περιλαμβάνονται όλες οι άλλες λύσεις που ανήκουν στο σύνολο των αποτελεσματικών λύσεων ΑΕ. (Δούμπος, 2007)

Συνεπώς, θεωρείται απαραίτητη η χρήση διαδικασιών αναζήτησης λύσεων σε όλο το εύρος του συνόλου των αποτελεσματικών λύσεων για την επίλυση προβλημάτων πολυκριτήριου προγραμματισμού. Οι εν λόγω διαδικασίες λειτουργούν επαναληπτικά και αλληλεπιδραστικά. Αρχικά, αναζητείται μια αποτελεσματική λύση, εντοπίζεται και παρουσιάζεται στον αποφασίζοντα. Σε περίπτωση που ο αποφασίζοντας κρίνει πως η λύση είναι ικανοποιητική αναφορικά με τους προκαθορισμένους στόχους του προβλήματος, τότε η διαδικασία επίλυσης ολοκληρώνεται. Διαφορετικά, ο αποφασίζοντας είναι απαραίτητο να καθορίσει κάποιες πληροφορίες που αφορούν τις προτιμήσεις του

στους προκαθορισμένους στόχους του προβλήματος. Αυτές μπορεί να σχετίζονται με τον καθορισμό στόχων που πρέπει να βελτιωθούν, τις ανάλογες παραχωρήσεις που πρέπει να γίνουν στους υπόλοιπους στόχους, τον καθορισμό μιας λύσης "αναφοράς", την αξιολόγηση ορισμένων λύσεων κ.α.. Με βάση αυτά τα στοιχεία καθορίζεται η κατεύθυνση προς την οποία θα κινηθεί η διαδικασία διερεύνησης του αποτελεσματικού συνόλου. Έτσι, προκύπτει μια νέα βέλτιστη λύση, η οποία είναι αποδεκτή σύμφωνα με τις προτιμήσεις και την πολιτική του αποφασίζοντα. (ό.π.)

## VII. Προγραμματισμός στόχων (goal programming)

Ο προγραμματισμός στόχων (goal programming) αποτελεί μια αποτελεσματική μεθοδολογία που αφορά την ανάλυση και την αντιμετώπιση προβλημάτων με πολλαπλούς και συνήθως αντικρουόμενους στόχους. Θεμελιωτές της εν λόγω μεθοδολογίας υπήρξαν οι Abraham Charnes και William Cooper, οι οποίοι το 1955 χρησιμοποίησαν για πρώτη φορά τη μέθοδο αυτή (Δούμπος & Ζοπουνίδης, 2001). Ο προγραμματισμός στόχων θεωρείται ότι επιλύει προβλήματα σε μια πιο απλή βάση σε σχέση με τον πολυκριτήριο μαθηματικό προγραμματισμό. Ο πυρήνας αυτής της μεθόδου είναι η έννοια του στόχου, ενώ ο πολυκριτήριος μαθηματικός προγραμματισμός έχει ως βάση την έννοια της αντικειμενικής συνάρτησης. Στον πολυκριτήριο μαθηματικό προγραμματισμό κάθε αντικειμενική συνάρτηση υποδεικνύει την κατεύθυνση που πρέπει να ακολουθηθεί, προκειμένου να προκύψουν ικανοποιητικές λύσεις μέσω της διερεύνησης. Αντίθετα, ο προγραμματισμός στόχων αναφέρεται σε μια σαφή οριοθέτηση των στόχων ώστε να επιτρέπεται η αξιολόγηση του βαθμού στον οποίο η εκάστοτε λύση ανταποκρίνεται σε αυτούς. (Keeney & Raiffa, 1993)

Οι τεχνικές προγραμματισμού στόχων δεν αποσκοπούν στην άμεση βελτιστοποίηση κάθε αντικειμενικής συνάρτησης (κάτι το οποίο συμβαίνει στον πολυκριτήριο μαθηματικό προγραμματισμό), αλλά στη διερεύνηση και τον εντοπισμό λύσεων που να αφορούν τη βελτιστοποίηση μιας συνάρτησης αποκλίσεων από τους επιμέρους στόχους του προβλήματος. Η μαθηματική διατύπωση ενός προβλήματος προγραμματισμού στόχων είναι η ακόλουθη:

Μεγιστοποίηση:  $h(d_i^+, d_i^-)$

Υπό περιορισμούς:  $f_i(x) + d_i^+ - d_i^- = c_i \quad x \in A$

Όπου  $f_i$  είναι ο στόχος του προβλήματος, που εκφράζεται μέσω της συνάρτησης του διανύσματος των μεταβλητών απόφασης  $x$  και  $c_i$  είναι η ιδανική-επιθυμητή τιμή του στόχου. Οι αποκλίσεις από την τιμή  $c_i$  είναι οι  $f_i$ ,  $d_i^+$ ,  $d_i^-$  ( $d_i^+$ ,  $d_i^- = 0$ ) και  $h$  είναι μια συνάρτηση των αποκλίσεων.

Με αυτόν τον τρόπο κάθε αντικειμενική συνάρτηση ενός προβλήματος πολυκριτήριου μαθηματικού προγραμματισμού μετατρέπεται ουσιαστικά σε έναν περιορισμό, όπου εντάσσεται μια ιδανική τιμή ( $c_i$ ) της εκάστοτε αντικειμενικής συνάρτησης-του κάθε στόχου. Έτσι, μέσω της επίλυσης του προβλήματος βελτιστοποιούνται (ελαχιστοποιούνται) οι αποκλίσεις από τις προκαθορισμένες ιδανικές τιμές των στόχων του προβλήματος. Οι τιμές αυτές καθορίζονται από τον αποφασίζοντα και αναφέρονται στα ικανοποιητικά επίπεδα των στόχων του προβλήματος, που θεωρούνται από τον ίδιο ιδανικές λύσεις ή στις βέλτιστες δυνατές τιμές στους προκαθορισμένους στόχους. (Δούμπος & Ζοπουνίδης, 2001)

Η μέθοδος αυτή συχνά χαρακτηρίζεται ως κινητήριο δύναμη της πολυκριτηριακής βελτιστοποίησης, καθώς εφαρμόζεται σε μεγάλο βαθμό στην πράξη (Ignizio & Romero, 2003). Η απλότητα και η ευκολία στην χρήση της θεωρούνται από τα βασικά πλεονεκτήματα της μεθόδου. Η αδυναμία της έγκειται στην ικανότητα της να παράγει λύσεις, που δεν είναι αποτελεσματικές (ικανές - κατά Pareto άριστες λύσεις) (Romero, 1991). Κατά συνέπεια, παραβιάζεται μια θεμελιώδης αρχή που αφορά τη θεωρία αποφάσεων και αναφέρεται στην επιλογή της λύσης από τον αποφασίζοντα. Αναλυτικότερα, κανένας αποφασίζων δεν θα επέλεγε μια λύση, η οποία δεν είναι αποτελεσματική κατά Pareto. (Hwang & Masud, 1979)

Παρακάτω θα αναλυθούν τα δύο κυριότερα μοντέλα του προγραμματισμού στόχων που είναι (Tamiz, Jones & Romero, 1998):

- Ο Σταθμισμένος προγραμματισμός στόχων (Weighted Goal Programming)
- Ο Λεξικογραφικός προγραμματισμός στόχων (Lexicographic Goal Programming)



## Σταθμισμένος προγραμματισμός στόχων (Weighted Goal Programming)

Στον σταθμισμένο προγραμματισμό στόχων ο αποφασίζων αναθέτει βάρη στις μη επιθυμητές αποκλίσεις με βάση τη σπουδαιότητά τους. Η αλγεβρική διατύπωση του σταθμισμένου προγραμματισμού στόχων είναι η ακόλουθη:

$$\text{Min} \quad Z = \sum_{i=1}^k (u_i * n_i + v_i * p_i)$$

$$\text{s.t.} \quad f_i(x) + n_i - p_i = b_i, \quad x \in C_s$$

όπου:

$Z$  : η αντικειμενική συνάρτηση προς ελαχιστοποίηση

$f_i(x)$  : γραμμική αντικειμενική συνάρτηση του  $x$

$b_i$  : η τιμή - στόχος για τον σκοπό  $i$

$n_i$  : η θετική απόκλιση από την τιμή - στόχο  $b_i$

$p_i$  : η αρνητική απόκλιση από την τιμή - στόχο  $b_i$

$u_i$  : το βάρος της θετικής απόκλισης  $n_i$

$v_i$  : το βάρος της αρνητικής απόκλισης  $p_i$

$C_s$  : σύνολο περιορισμών όπως και στον γραμμικό προγραμματισμό

## Λεξικογραφικός προγραμματισμός στόχων (Lexicographic Goal Programming)

Στον λεξικογραφικό προγραμματισμό στόχων οι αποκλίσεις αφορούν έναν αριθμό επιπέδων και ελαχιστοποιούνται λεξικογραφικά. Λεξικογραφική ελαχιστοποίηση είναι μια διαδοχική ελαχιστοποίηση κάθε προτεραιότητας με την παράλληλη διατήρηση των επιτευχθέντων ελάχιστων τιμών για όλες τις ελαχιστοποιήσεις υψηλότερης προτεραιότητας.

Η αλγεβρική διατύπωση του λεξικογραφικού προγραμματισμού στόχων είναι η εξής:

$$\text{Lex min} \quad a = (g_1(n, p), g_2(n, p), \dots, g_l(n, p))$$

$$\text{s.t. } f_i(x) + n_i - p_i = b_i, \quad i = 1 \dots, Q$$

όπου:

L : ο αριθμός των επιπέδων προτεραιότητας

Q : ο αριθμός των στόχων

$\alpha$  : ένα ταξινομημένο διάνυσμα των επιπέδων προτεραιότητας

$n_i$ : η θετική απόκλιση από τον στόχο i

$p_i$ : η αρνητική απόκλιση από τον στόχο i

x: το ζητούμενο σύνολο των μεταβλητών απόφασης

g: συνάρτηση της μορφής  $g_i(n, p) = u_1 n_1 + \dots + u_q n_q + v_1 p_1 + \dots + v_q p_q$

όπου τα u, v εκφράζουν τα εσωτερικά βάρη των επιπέδων προτεραιότητας, όπως και στον σταθμισμένο προγραμματισμό στόχων.

## VIII. Ασαφής λογική

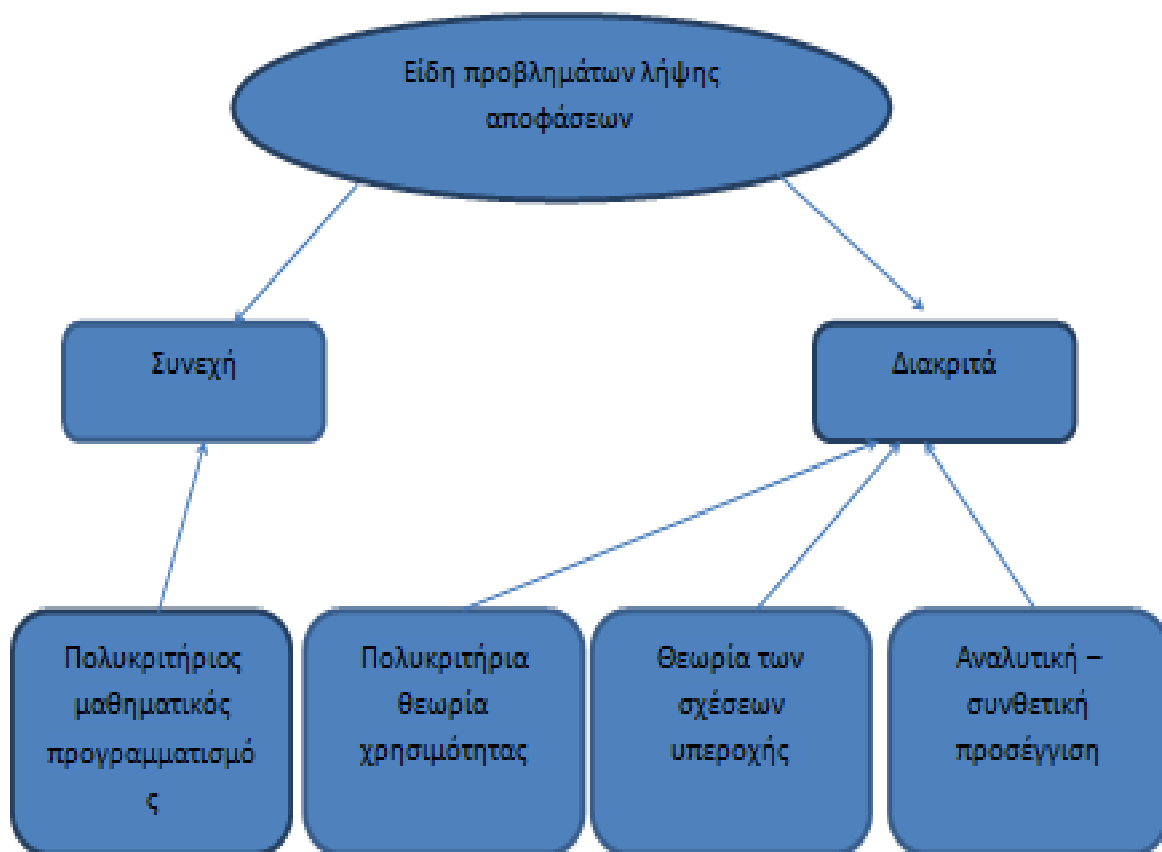
Η αντιμετώπιση προβλημάτων λήψης αποφάσεων εμπεριέχει συχνά την πραγματοποίηση εκτιμήσεων αβέβαιου και ασαφούς χαρακτήρα. Έννοιες όπως 'σχεδόν', 'συχνά', κυρίως' χρησιμοποιούνται συχνά από τους αποφασίζοντες κατά τη διαδικασία αξιολόγησης των εναλλακτικών δραστηριοτήτων ενός προβλήματος λήψης αποφάσεων. Η ασάφεια αυτών των χαρακτηρισμών υποδηλώνει παράλληλα την ασάφεια της διαδικασίας λήψης των αποφάσεων, αλλά και του τρόπου με τον οποίο αξιολογούνται οι εξεταζόμενες εναλλακτικές δραστηριότητες.

Η ασαφής λογική αποτελεί μια μορφή πλειονότιμης λογικής (επέκταση της Αριστοτέλειας λογικής) και έχει προέρχεται από την ανάπτυξη της θεωρίας των ασαφών συνόλων που ανέπτυξε ο L. Zadeh (1965). Αντίθετα με την Αριστοτέλεια λογική (κλασική λογική), όπου τα σύνολα έχουν δίτιμη λογική - δηλαδή μια λογική πρόταση είναι δυνατό να πάρει αποκλειστικά δύο τιμές (αληθής - 1 ή ψευδής - 0) -, οι μεταβλητές που αναφέρονται στην ασαφή λογική μπορούν να έχουν μια αληθινή τιμή, η οποία να κυμαίνεται σε ποσοστά αλήθειας μεταξύ 1 και 0. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται γλωσσικές μεταβλητές η αλήθεια αυτή παρουσιάζεται με ειδικές συναρτήσεις. (Τζιμόπουλος & Παπαδόπουλος, 2013)

Ουσιαστικά, τα ασαφή σύνολα λειτουργούν σε περιβάλλον ασάφειας και αβεβαιότητας και παρέχουν αποτελέσματα που τείνουν στον ανθρώπινο τρόπο σκέψης και έκφρασης (ό.π.). Η θεωρία της ασαφούς λογικής εφαρμόζεται σε ευρεία κλίμακα στα πεδία της τεχνητής νοημοσύνης, της επιστήμης των υπολογιστών, της λήψης αποφάσεων, της ρομποτικής κλπ. Τις τελευταίες δεκαετίες η μέθοδος χρησιμοποιείται κυρίως σε προβλήματα υδάτινων πόρων. Ο Xu & Goulter (1999) εφάρμοσαν ασαφή γραμμικό προγραμματισμό σε κλειστό δίκτυο (με βρόχους). Ασαφείς χαρακτηρίστηκαν από τους ίδιους η παροχή και οι απώλειες σε κάθε κλάδο και το φορτίο σε κάθε κόμβο του δικτύου. Οι Revelli & Ridolfi (2002) χρησιμοποίησαν την εν λόγω θεωρία για να αναλύσουν και να σχεδιάσουν κλειστά σωληνωτά δίκτυα.

Στον ελλαδικό χώρο, η συγκεκριμένη μέθοδος εφαρμόστηκε σε μεγάλο βαθμό. Οι Tsakiris & Spiliotis (2004) εφάρμοσαν ασαφή γραμμικό προγραμματισμό σε προβλήματα διανομής νερού σε πολλούς χρήστες (σε συνθήκες αβεβαιότητας), θεωρώντας ως ασαφείς τη μέγιστη ζήτηση νερού και τις απαιτήσεις ελάχιστου επιτρεπόμενου όγκου νερού στους κλάδους του δικτύου. Ο Μπαλλάς (2007) εφάρμοσε συστήματα ασαφών συνόλων στην υδρολογική λεκάνη Βόλβης, προκειμένου να επιτύχει την πρόβλεψη της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας σε μετεωρολογικούς σταθμούς με ελλείπουσες τιμές παρατηρήσεων και την έρευνα της διαχρονικής μεταβολής της στάθμης της λίμνης Βόλβης. Ο Χαλκίδης (2005) εφάρμοσε ασαφή γραμμικό προγραμματισμό σε προβλήματα διαχείρισης υπόγειων υδροφορέων στην περιοχή του Πυθίου Ελασσόνας του νομού Λάρισας.

**Σχήμα 4 : Η συμβολή των θεωρητικών ρευμάτων της πολυκριτήριας ανάλυσης στην επίλυση συνεχών και διακριτών προβλημάτων λήψης αποφάσεων**



## ΙΧ. Ο Πολυκριτήριος Γραμμικός Προγραμματισμός

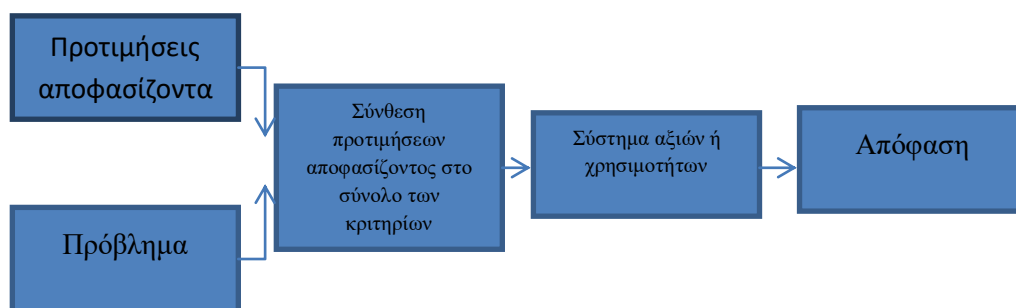
Ο Πολυκριτήριος Γραμμικός Προγραμματισμός (ΠΚΓΠ) αποτελεί γενίκευση του απλού Γραμμικού Προγραμματισμού (ΓΠ) και χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη πολλών αντικειμενικών συναρτήσεων. Το βασικότερο χαρακτηριστικό των προβλημάτων ΠΚΓΠ είναι ότι δεν υπάρχει μια αντικειμενικά βέλτιστη λύση η οποία προκύπτει από τη διαδικασία επίλυσης, αλλά ένα σύνολο υποψηφίων για αποδοχή λύσεων (ικανές λύσεις), μεταξύ των οποίων, καλείται ο αποφασίζων να επιλέξει εκείνη που είναι περισσότερο σύμφωνη με τις προτιμήσεις του (σχετικά βέλτιστη λύση). Τα πιο σύγχρονα πολύπλοκα προβλήματα λήψης αποφάσεων συνδυάζουν την αβεβαιότητα με την ύπαρξη πολλών αντικειμενικών συναρτήσεων. (Μαυρωτάς, 2000)

Τα προβλήματα ΠΚΓΠ ανήκουν στην κατηγορία των προβλημάτων χαμηλού βαθμού δόμησης (ill – structured problems), είναι δηλαδή προβλήματα όπου η ορθολογική λύση δεν καθορίζεται από το ίδιο το πρόβλημα, αλλά αποτελεί αντικείμενο προοδευτικής αναζήτησης, με εμπλοκή του αποφασίζοντα στη διαδικασία αυτή. (Σίσκος, 1998)

## Χ. Η Πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας

Η πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας (multiattribute utility theory), αποτελεί γενίκευση της κλασσικής θεωρίας χρησιμότητας. Ως σκοπό έχει τη μοντελοποίηση και την αναπαράσταση του συστήματος αξιών, που με ασυνείδητο ή συνειδητό τρόπο, ακολουθεί ο αποφασίζοντας μέσω μιας συνάρτησης αξιών-χρησιμότητας  $U$ . (Barlow, 1999)

**Σχήμα 5: Προσέγγιση συστημάτων αξιών ή χρησιμότητας**



Η εν λόγω συνάρτηση εκφράζεται με βάση το σύνολο των κριτηρίων αξιολόγησης, τα οποία εν τέλει καθορίζουν το αποτέλεσμα της αξιολόγησης:

$$U(G) = U(g_1, g_2, \dots, g_n).$$

Η συνηθισμένη μορφή συνάρτησης χρησιμοποιείται τόσο σε πρακτικό όσο και σε επιστημονικό επίπεδο είναι η ακόλουθη:

$$U(G) = \sum_{i=1}^n w_i u_i(g_i)$$

όπου:

$$g_1 = \text{Τα επιμέρους κριτήρια } p_i(w_i)$$

$\rho_i(w_i)$  = Οι βαρύτητες των κριτηρίων

$u_i(g_i)$  = Επιμέρους συναρτήσεις χρησιμότητας

$U(G)$  = Συνολική συνάρτηση χρησιμότητας

Η συνάρτηση αυτή αποτελεί το άθροισμα των γινομένων των συντελεστών στάθμισης των κριτηρίων με τις συναρτήσεις μερικών χρησιμοτήτων των κριτηρίων αξιολόγησης. Κάθε συνάρτηση μερικής χρησιμότητας  $u_i(g_i)$  καθορίζει την αξία-χρησιμότητα των εναλλακτικών βάσει των επιδόσεων τους στο κριτήριο  $g_i$ . Κάθε συντελεστής  $w_i$  υποδεικνύει την παραχώρηση (trade-off), την οποία ο εκάστοτε αποφασίζων διατίθεται να κάνει σε ένα κριτήριο αναφοράς ώστε να επιτευχθεί αύξηση μιας μονάδας στο κριτήριο  $g_i$ . Κατά τη διαδικασία ανάπτυξης μιας συνάρτησης χρησιμότητας πραγματοποιείται η συνεργασία ενός ειδικού αναλυτή με τον αποφασίζοντα. (Barlow, 1999)

Στη διεθνή βιβλιογραφία έχουν παρουσιαστεί ποικίλες αλληλεπιδραστικές τεχνικές που αφορούν τον καθορισμό των συναρτήσεων μερικής χρησιμότητας. Οι συγκεκριμένες τεχνικές "επιχειρούν" με άμεσο τρόπο να "αποσπασούν" από τον αποφασίζοντα τις πληροφορίες που απαιτούνται, προκειμένου να καθοριστεί ο τρόπος αξιολόγησης των εξεταζόμενων εναλλακτικών δραστηριοτήτων σε κάθε κριτήριο. (ό.π.)

Αντίστοιχα, με βάση την ολική χρησιμότητα των εναλλακτικών δραστηριοτήτων, ο αποφασίζοντας είναι δυνατό να κατατάξει τις εναλλακτικές δραστηριότητες από τις καλύτερες προς τις χειρότερες εναλλακτικές και να τις διαχωρίσει σε κατηγορίες (από εναλλακτικές με την υψηλότερη ολική χρησιμότητα προς τις εναλλακτικές με τη χαμηλότερη ολική χρησιμότητα). (ό.π.)

## **XI. Θεωρία των σχέσεων υπεροχής**

Η θεωρία των σχέσεων υπεροχής (outranking relations theory) αναπτύχθηκε από τον Roy (1968, 1991, 1996) και αποτελεί ένα ιδιαίτερο μεθοδολογικό ρεύμα της πολυκριτήριας ανάλυσης. Ουσιαστικά, παρέχει μια εναλλακτική μεθοδολογική προσέγγιση στη σύνθεση πολλαπλών κριτηρίων αξιολόγησης σε σχέση με την πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας. Στόχος της εν λόγω θεωρίας είναι η ανάπτυξη ενός μεθοδολογικού πλαισίου που επιτρέπει την πραγματοποίηση διμερών συγκρίσεων αναφορικά με τις εναλλακτικές δραστηριότητες.

Οι μέθοδοι σχέσεων υπεροχής επιχειρούν να πραγματοποιήσουν τη διάταξη των εναλλακτικών. Στην περίπτωση που δεν υπάρχουν επαρκείς πληροφορίες ώστε να γίνει η διάταξη μεταξύ των εναλλακτικών, επιτρέπουν σε ξεχωριστά ζεύγη απόψεων να είναι μη συγκρίσιμα. (Οικονόμου & Γεωργίου, 1999)

Οι προσθετικές μέθοδοι που αναφέρθηκαν παραπάνω, όπως η πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας και η μέθοδος αναλυτικής ιεράρχησης αποφάσεων, λειτουργούν με αντίθετο τρόπο καθώς από την εφαρμογή τους προκύπτει μόνο ένα "σκορ" για κάθε εναλλακτική και έχουν ως κανόνα όλες τους οι επιλογές να είναι συγκρίσιμες, ακόμα και στην περίπτωση που δεν υπάρχουν επαρκή- κατάλληλα στοιχεία και οι συγκρίσεις τίθενται υπό αμφισβήτηση. (ό.π.)

Με τη χρήση των μεθόδων των σχέσεων υπεροχής γίνεται πιο εύκολα η σύγκριση μεταξύ των εναλλακτικών με την αντίστοιχη αρχικών βαρών στα κριτήρια αποφάσεων και διευκολύνεται η μεταβολή αυτών των βαρών στο πλαίσιο της ανάλυσης ευαισθησίας, εφόσον δεν είναι γνωστή η ακριβή τιμή τους. Στη συνέχεια πραγματοποιείται η σύγκριση μεταξύ των εναλλακτικών ανά ζεύγη για κάθε κριτήριο απόφασης, η οποία καθορίζει το βαθμό επικράτησης-υπεροχής της κάθε επιλογής έναντι της άλλης. Το τελικό αποτέλεσμα αφορά η κατάταξη των διαφόρων επιλογών. Ως σχέση υπεροχής  $S$  ορίζεται μια διμερής σχέση οριζόμενη στο σύνολο των εναλλακτικών:

$x'Sx'' \leftrightarrow$  η εναλλακτική  $x'$  είναι τουλάχιστον εξίσου καλή όσο η  $x''$ . (ό.π.)

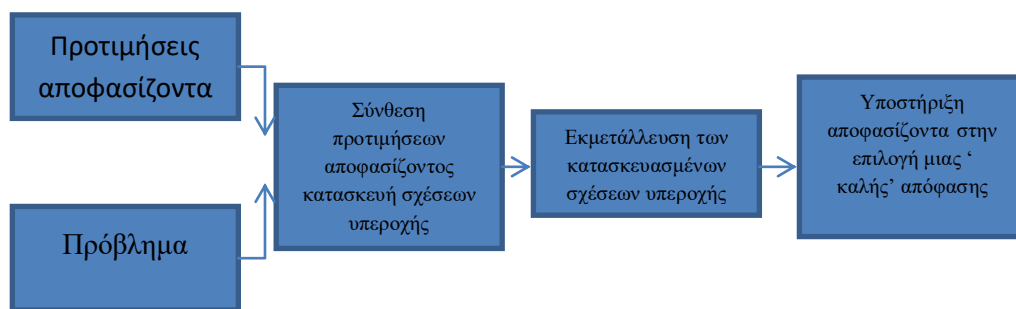
Η σύγκριση δύο εναλλακτικών  $x'$  και  $x''$  βασίζεται στην ισχύ των ενδείξεων, που αναφέρονται στον ισχυρισμό "η εναλλακτική  $x'$  είναι τουλάχιστον εξίσου καλή όσο η  $x''$ " (θετικές ενδείξεις), αλλά και στην ισχύ των ενδείξεων κατά του συγκεκριμένου ισχυρισμού (αρνητικές ενδείξεις). Όταν η ισχύς των θετικών ενδείξεων είναι υψηλή και παράλληλα η ισχύς των αρνητικών είναι χαμηλή, τότε ισχύει η σχέση  $x'Sx''$ .

Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της σχέσης υπεροχής είναι ότι δεν είναι πλήρης αναφορικά με την αξιολόγηση των συνολικών εναλλακτικών δραστηριοτήτων και την κατάταξή τους. Αντίθετα, η πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας αναπτύσσει κατάλληλες συναρτήσεις για να επιτευχθεί η πλήρης αξιολόγηση των εναλλακτικών και βασίζεται στις σχέσεις προτίμησης και αδιαφορίας, οι οποίες θεωρούνται μεταβατικές. Οι προτιμήσεις του λήπτη

αποφάσεων δεν είναι μεταβατικές στη θεωρία των σχέσεων υπεροχής, για αυτόν τον λόγο δεν είναι εφικτή η πλήρης αξιολόγηση όλων των εναλλακτικών. (ό.π.)

Όλες οι τεχνικές της θεωρίας των σχέσεων υπεροχής λειτουργούν σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο αναπτύσσεται μια σχέση υπεροχής (outranking relation) μεταξύ των εξεταζόμενων εναλλακτικών δραστηριοτήτων και με βάση τις πληροφορίες που παρέχει ο λήπτης αποφάσεων. Στο δεύτερο στάδιο πραγματοποιούνται διαδικασίες εύρεσης για την αξιολόγηση της σχέσης υπεροχής, προκειμένου να εξαχθεί το αποτέλεσμα της αξιολόγησης των εναλλακτικών δραστηριοτήτων ως προς την κατάταξη, την ιεράρχηση και την επιλογή. Οι δύο βασικές οικογένειες μεθόδων του τομέα της θεωρίας των σχέσεων υπεροχής είναι οι μέθοδοι της οικογένειας PROMETHEE και οι μέθοδοι της οικογένειας ELECTRE. Οι συγκεκριμένες οικογένειες μεθόδων χρησιμοποιούνται για την αντιμετώπιση κάθε είδους προβλήματος όσον αφορά την αξιολόγηση ενός πεπερασμένου συνόλου εναλλακτικών δραστηριοτήτων. (ό.π.)

**Σχήμα 6: Προσέγγιση σχέσεων υπεροχής**



## **XII. Η αναλυτική-συνθετική προσέγγιση**

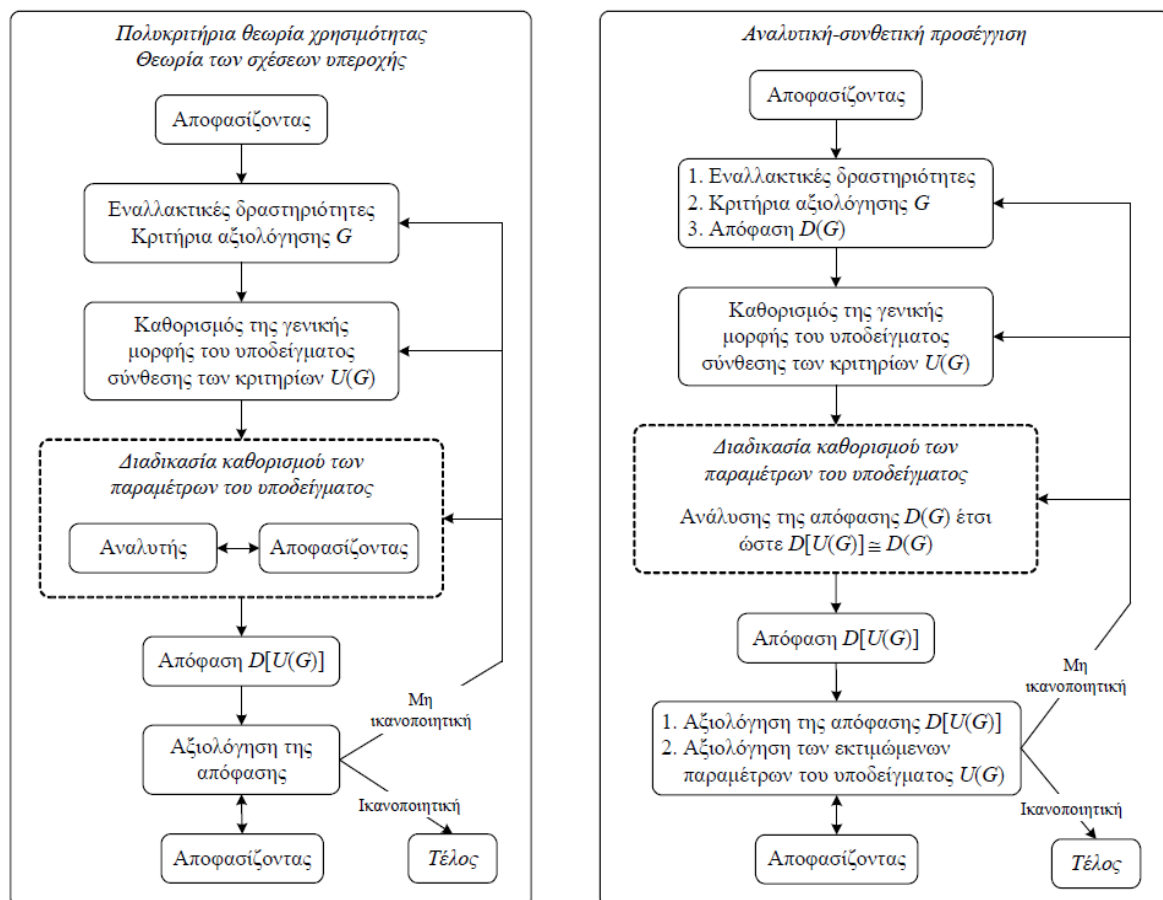
Όπως αναφέρθηκε στις προηγούμενες ενότητες, τα κύρια μεθοδολογικά ρεύματα της πολυκριτήριας ανάλυσης που επικεντρώνονται στην αντιμετώπιση προβλημάτων ενός πεπερασμένου συνόλου εναλλακτικών δραστηριοτήτων είναι η πολυκριτήρια θεωρία χρησιμότητας και η θεωρία σχέσεων υπεροχής, θεωρίες που προσανατολίζονται στην αναπαράσταση και μοντελοποίηση του συστήματος προτιμήσεων του αποφασίζοντα μέσω της χρήσης μιας μαθηματικής μορφής (συνάρτηση χρησιμότητας ή σχέση υπεροχής). (Δούμπος & Ζοπουνίδης, 2001)

Η αναλυτική-συνθετική προσέγγιση επικεντρώνεται στην ανάπτυξη ενός μεθοδολογικού πλαισίου, με τη χρήση του οποίου είναι δυνατό να αναλυθούν αποφάσεις που λαμβάνει ο αποφασίζοντας, προκειμένου να καθορίσει ένα αποδεκτό δείγμα



σύνθεσης των κριτηρίων το οποίο να ανταποκρίνεται στις αξίες και στις προτιμήσεις του (ό.π.). Σε αντίθεση με την πλειοψηφία των μοντέλων πολυκριτήριας ανάλυσης που βασίζονται στην αρχή της γραμμικότητας και στην αντίληψη του ορθολογισμού - δηλαδή στην παραδοχή ότι η απόφαση καθορίζεται από τα κριτήρια-η αναλυτική συνθετική προσέγγιση στηρίζεται στη λογική ότι η απόφαση και τα κριτήρια επιδέχονται προοδευτική επεξεργασία μέσα στο χρόνο (Σίσκος, 1986).

**Σχήμα 7: Η διαδικασία της αναλυτικής-συνθετικής προσέγγισης έναντι των διαδικασιών της πολυκριτήριας θεωρίας χρησιμότητας και της θεωρίας των σχέσεων υπεροχής**



Πηγή: (Ταρσένης Σ., Εφαρμογή πολυκριτηριακής ανάλυσης για τη χωροθέτηση μονάδας εναλλακτικής διαχείρισης ΑΕΚΚ)

Όπως φαίνεται στο σχήμα η αναλυτική-συνθετική προσέγγιση αναλύει τα ήδη υπάρχοντα δεδομένα, με σκοπό να εντοπιστεί το δείγμα που αναπαριστά με τον όσο το δυνατόν πιο πιστό τρόπο αναφορικά με τις προτιμήσεις και τις αξίες του αποφασίζοντα (Σπυριδάκος, 1996). Αυτό επιτυγχάνεται με τον εντοπισμό του τρόπου που λαμβάνονται οι αποφάσεις, καθώς μέσω της ανάλυσης των αποφάσεων και των επιδόσεων των εναλλακτικών δραστηριοτήτων στα κριτήρια αξιολόγησης (ό.π.). Η πολυκριτήρια θεωρία

χρησιμότητας και η θεωρία σχέσεων υπεροχής εστιάζουν στη σύνθεση των δεδομένων του προβλήματος για την δημιουργία του τελικού αποτελέσματος. (Δούμπος & Ζοπουνίδης, 2001)

Αξίζει να αναφερθεί ότι σε πολλές περιπτώσεις οι αποφασίζοντες είναι δύσκολο να παράξουν πληροφορίες αναφορικά με τις προτιμήσεις τους, λόγω της αδυναμίας τους να αποσαφηνίσουν επαρκώς τις παραμέτρους που συνείδητα ή ασυνείδητα λαμβάνουν υπόψη στη διαδικασία λήψης των αποφάσεών τους ή λόγω της έλλειψης χρόνου. Έτσι, συχνά λαμβάνουν τις αποφάσεις χωρίς να εισάγουν κάποια επιπλέον παράμετρο στη διαδικασία λήψης των αποφάσεών τους. (ό.π.)

Οι αποφάσεις της αναλυτικής-συνθετικής προσέγγισης εκφράζονται συνήθως με τη χρησιμοποίηση μιας μονότονης κλίμακας που αφορά την κατάταξη-ταξινόμηση των εναλλακτικών δραστηριοτήτων. Μπορούν όμως να διατυπωθούν και σε μορφή ενός δείκτη (δηλαδή κατά πόσες φορές μια εναλλακτική είναι προτιμότερη σε σχέση με την άλλη), αλλά και να παρέχουν περαιτέρω πληροφορίες αναφορικά με την ταξινόμηση των εναλλακτικών δραστηριοτήτων στο κάθε κριτήριο αξιολόγησης βάσει της σημαντικότητάς τους). (Lam & Choo, 1995, Cook & Kress, 1991)

Εν κατακλείδι, η αναλυτική – συνθετική προσέγγιση έχει το πλεονέκτημα της επαναχρησιμοποίησης των αποφάσεων και της ταξινόμησης του μοντέλου σε σαφώς ορισμένες κατηγορίες. Αντιθέτως, υπάρχει το μειονέκτημα της δυσκολίας στην κατανόηση του μοντέλου της απόφασης όπως επίσης και της υποκειμενικότητας στις κρίσεις. (Δούμπος & Ζοπουνίδης, 2001)

### **XIII. Προσέγγιση της Επιλογής και Αξιολόγησης του Έργου**

Είναι σαφές ότι κάθε έργο αποτελεί έναν οικονομικό μηχανισμό, ο οποίος αναλώνει και παράγει "χρήμα". Οι εμπλεκόμενοι φορείς έχουν ως βασικό στόχο "να αποκτήσουν χρήματα", δαπανώντας λιγότερα χρήματα και προσφέροντας κεφάλαια, εργασία, υλικά, γνώσεις και δεξιότητες. Λανθασμένες επιλογές κατά τη διαδικασία ανάληψης και υλοποίησης ενός έργου μπορεί να οδηγήσουν είτε σε οικονομική ζημία-κατοστροφή των εμπλεκόμενων μερών, είτε στη δημιουργία κοινωνικής αναταραχής στο ευρύτερο περιβάλλον. (Δημητριάδης, 2009)

Ο συνδυασμός απρόβλεπτων παραγόντων (νομικών, τεχνικών, περιβαλλοντικών, πολιτικών κ.α.) μπορεί συχνά να οδηγήσει στην αβεβαιότητα της απόλυτης επιτυχίας έκβασης του έργου, καθώς αυτοί οι παράγοντες είναι δυνατό να αλλάξουν τις εκτιμήσεις και τις προβλέψεις. Ωστόσο μια συστηματική και μεθοδική προσέγγιση της πραγματικότητας, η ύπαρξη εναλλακτικών λύσεων και το ευρύ πεδίο μέσα στο οποίο πραγματοποιούνται οι προβλέψεις, περιορίζουν σε σημαντικό βαθμό την επικινδυνότητα και την αβεβαιότητα του έργου. (ό.π.)

Η επιλογή και η αξιολόγηση ενός έργου προς υλοποίηση παρουσιάζει δύο οπτικές γωνίες, για τον κύριο του έργου (δημόσιος τομέας).

- Αξιολόγηση των προτάσεων των υποψηφίων αναδόχων
- Επιλογή αναδόχου

Το ζήτημα της επιλογής και αξιολόγησης ενός έργου θεωρείται ιδιαίτερα σύνθετο. Η μελλοντική εξέλιξη του έργου εξαρτάται σημαντικά από αυτήν την επιλογή. (ό.π.)

### Επιλογή Κριτηρίων Επιλογής και Αξιολόγησης

Αναφορικά με την αναζήτηση κριτηρίων αξιολόγησης ενός έργου ο Meredith (1995) αναφέρει ότι θα πρέπει να επικεντρώνεται σε βασικούς τομείς δραστηριότητας του εργολήπτη, όπως για παράδειγμα στην παραγωγή, στο μάρκετινγκ, στα χρηματοοικονομικά, στο προσωπικό και στη διοικητική υποστήριξη. Τα εν λόγω κριτήρια μπορεί να υπάρχουν είτε διαχρονικά, είτε να "δημιουργούνται" κατά τη διάρκεια εμφάνισης ενός έργου, είτε να αφορούν παλαιότερα κριτήρια στα οποία έχει πραγματοποιηθεί κάποια τροποποίηση. (Δημητριάδης, 2009)

### Τεχνικές Επιλογής και Αξιολόγησης

Στα έργα χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνικές για την εξαγωγή συμπερασμάτων. Οι βασικότερες από αυτές αναφέρονται στη συνέχεια.

#### 1. Μη Αριθμητικά Μοντέλα

**Μη αριθμητικά μοντέλα (Nonnumeric Models):** αποτελούν τρόπους επιλογής ενός έργου, που βασίζονται στην υποκειμενικότητα των ατόμων ενός φορέα, που λαμβάνουν αποφάσεις.

**1.1. Αυθαίρετη επιλογή:** όπου το έργο αποφασίζεται και επιλέγεται από κάποιους, που διαισθάνονται με δικό τους τρόπο την πραγματικότητα και μπορούν να κάνουν προβλέψεις για την επιτυχία μιας ενέργειας σε μελλοντικό πλαίσιο. Αυτή η απόφαση λαμβάνεται από άτομα που κατέχουν υψηλή επιρροή σε έναν οργανισμό.

**1.2. Επιχειρηματική ανάγκη:** όπου το έργο αποφασίζεται και επιλέγεται από κάποιους που θεωρούν ότι δε γίνεται διαφορετικά, όπως για παράδειγμα η ανασυγκρότηση εγκαταστάσεων παραγωγής βιομηχανίας για την βελτίωση των προβλημάτων που προκύπτουν στην διαδικασία της παραγωγής.

**1.3. Ανάγκες ανταγωνισμού:** όπου επιλέγεται, καθώς κρίνεται ότι το έργο αυτό θα συμβάλλει στο να "παραμείνει" ο οργανισμός στο παιχνίδι του ανταγωνισμού. Για παράδειγμα, μια βιομηχανία που έχει πολλούς ανταγωνιστές αποφασίζει τον εκσυγχρονισμό των εγκαταστάσεων παραγωγής της, προκειμένου να αυξήσει το μερίδιό της στην αγορά.

## 2. Αριθμητικά μοντέλα κερδοφορίας

**Αριθμητικά μοντέλα κερδοφορίας (Numeric Models – Profitability):** βασίζονται στην εξέταση του έργου από χρηματοοικονομική άποψη. Το έργο αξιολογείται με βάση χρηματοοικονομικές εκτιμήσεις των ευρημάτων αξιολόγησής του και τα αποτελέσματα που προκύπτουν συγκρίνονται με τις αρχικές επιδιώξεις του εργολήπτη (οργανισμού).

**1.4. Περίοδος αποπληρωμής ή περίοδος επανάκτησης ή περίοδος επανείσπραξης της επένδυσης (payback period):** δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στο χρόνο επιστροφής της επένδυσης, που απαιτεί ένα έργο.

Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι τα ακόλουθα:

- Είναι εύκολη στη χρήση.
- Βασίζεται σε απλό σύστημα λογιστικής.
- Περιορίζει τον κίνδυνο και την αβεβαιότητα της χρηματικής ροής.

- Εξυπηρετεί κατά βάση έργα, που στηρίζονται στην εξελισσόμενη τεχνολογία ή που εξαρτώνται από εποχιακές μεταβαλλόμενες προτιμήσεις, διότι μειώνουν τον κίνδυνο από το ξεπέραςμα της τεχνολογίας του υπάρχοντος εξοπλισμού.
- Η αξία των μετοχών του οργανισμού ευνοείται από την μικρότερη περίοδο επιστροφής.

Τα μειονεκτήματα της εν λόγω μεθόδου είναι ότι:

- Δε λαμβάνει υπόψη την πραγματική (χρονική) αξία του χρήματος.
- Δεν εξυπηρετεί έργα σε μακροχρόνιο πλαίσιο και στα οποία διαδραματίζουν βασικό ρόλο επιτόκια και πληθωρισμός.
- Εξετάζει μόνο τη χρηματική ροή και όχι άλλες οικονομικές παραμέτρους.
- Περιορίζει τους κινδύνους της επένδυσης, αλλά δεν αποτιμά το ύψος αυτών των κινδύνων.

**1.5. Επιστροφή επένδυσης (Return on investment – ROI):** εξετάζει συνολικά την επιστροφή της επένδυσης. Αυτή η μέθοδος ονομάζεται και **Μέσο Επιτόκιο Απόδοσης (average rate of return – ARR)**.

Αν οι δαπάνες είναι C και οι εισπράξεις E σε n χρόνια, τότε για να υπολογιστεί το μέσο ετήσιο κέρδος - MEK (average annual profit) χρησιμοποιείται ο ακόλουθος τύπος:

$$MEK = \frac{E - C}{n}$$

Για να υπολογιστεί η Επιστροφή της Επένδυσης χρησιμοποιείται ο παρακάτω τύπος:

$$\text{Επιστροφή επένδυσης (\%)} = \frac{MEK \times 100}{C}$$

Πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου θεωρούνται η εύκολη χρήση της και το γεγονός ότι οι εισροές διατυπώνονται ως επιστροφές, κέρδος και ποσοστό απόδοσης της

επένδυσης. Μειονέκτημα της τεχνικής θεωρείται το ότι παρουσιάζει το κέρδος ως μέσο όρο.

**1.6. Καθαρή παρούσα αξία (Net Present Value – NPV:)** αναφέρεται στην πραγματική αξία του χρήματος, συμπεριλαμβάνοντας τον πληθωρισμό, τις ανατιμήσεις και τα επιτόκια, δηλαδή το *Κόστος Κεφαλαίου (Cost of Capital)*. Έτσι η καθαρά παρούσα αξία ενός έργου, του οποίου οι χρηματικές εισροές  $R_i$  διαρκούν  $n$  έτη και του οποίου η αρχική επένδυση είναι  $C$ , εκφράζεται με τον τύπο:

$$\text{Καθαρή παρούσα αξία: } \sum_{i=1}^n \frac{R_i}{(1+k)^i} - C$$

όπου  $k$ , το προβλεπόμενο κόστος κεφαλαίου του έτους (πληθωρισμός, ανατιμήσεις, επιτόκια κ.α.)

και όπου  $n$ , ο αριθμός των ετών από την ημερομηνία έναρξης των εισροών.

Τα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης τεχνικής είναι τα ακόλουθα:

- Λαμβάνει υπόψη τη μεταβολή της αξίας του χρήματος, σε σχέση με το χρόνο.
- Εκφράζει τις μελλοντικές εισροές σε σημερινές αξίες.
- Λαμβάνει υπόψη τον πληθωρισμό, τα επιτόκια και τη μεταβολή των τιμών.
- Χρονικά αναφέρεται σε ολόκληρη τη διάρκεια του έργου.
- Αποτυπώνει με βέλτιστο τρόπο το μέγεθος κερδών και απωλειών, αλλά επιτρέπει ακόμα τη δημιουργία εναλλακτικών λύσεων, βασισμένων σε διαφορετικές υποθέσεις, σε σχέση με ανατιμήσεις, πληθωρισμό κλπ.

Τα μειονεκτήματα της τεχνικής είναι τα εξής:

- Η εφαρμογή της είναι χρονικά περιορισμένη, καθώς βασίζεται σε προβλέψεις εισροών και επιτοκίων, τα οποία μακροπρόθεσμα περικλείουν μεγάλο βαθμό επικινδυνότητας.

- Χρησιμοποιεί σταθερό κόστος κεφαλαίου καθ' όλη τη διάρκεια του έργου, το οποίο δεν κρίνεται ευσταθές.
- Εφαρμόζεται σε βραχύχρονα έργα.

### 1.7. Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης Επένδυσης (Internal Rate of Return – IRR):

αποτελεί τεχνική που αφορά τον υπολογισμό του συντελεστή προεξόφλησης, ο οποίος μηδενίζει την καθαρή παρούσα αξία, δηλαδή αναζητείται ο  $k$ , για τον οποίο ισχύει:

$$\sum_{i=1}^n \frac{R_i}{(1+k)^i} - C = 0$$

Όσο μεγαλύτερος είναι ο  $k$  τόσο πιο αποδοτική θεωρείται η επένδυση.

## 3. Αριθμητικά Μοντέλα με Βαθμολόγηση

Τα Αριθμητικά Μοντέλα με Βαθμολόγηση (numeric scoring models) έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Επιλέγονται διάφορα κριτήρια - όχι μόνο οικονομικά - με βάση τα οποία πραγματοποιείται η αξιολόγηση της εκάστοτε προτεινόμενης λύσης.
- Στην αξιολόγηση κάθε κριτήριο συμμετέχει ανάλογα με τη βαρύτητα που του αποδίδεται.
- Η εκάστοτε προτεινόμενη λύση βαθμολογείται ως προς τα κριτήρια αξιολόγησης.

Οι συγκεκριμένες τεχνικές έχουν πλεονεκτήματα, καθώς χρησιμοποιούν ένα εύρος και όχι μόνο οικονομικών κριτηρίων. Ακόμα, έχουν απλή μορφή και χρήση και παρουσιάζουν ευκολία στην αλλαγή των κριτηρίων και της βαρύτητάς τους. Τα κριτήρια τους επιλέγονται από στελέχη του οργανισμού και αντικατοπτρίζουν τους στόχους. Παράλληλα, οι μέθοδοι αυτοί αντικατοπτρίζουν τη βαρύτητα κάθε κριτηρίου, εφαρμόζονται τόσο σε βραχυχρόνια, όσο και σε μακροχρόνια έργα και χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της απώλειας από την ιδανική κατάσταση (όταν όλες οι βαθμολογίες είναι ίσες με άριστα). Κριτήρια που κρίνεται ότι έχουν χαμηλό συντελεστή στις εν λόγω

τεχνικές είναι δυνατό να απαλειφθούν, καθώς δεν διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην αξιολόγηση.

Μειονεκτήματα των συγκεκριμένων τεχνικών είναι η μη καλή εκτίμηση της βαρύτητας των συντελεστών η οποία ενδέχεται να αλλοιώσει το τελικό αποτέλεσμα, καθώς και η δημιουργία καταλόγων με δεκάδες κριτήρια που είναι πιθανό να απασχολήσει για μεγάλο σε χρονική διάρκεια διάστημα πολλά στελέχη υψηλόβαθμων θέσεων του οργανισμού.

Μια άλλη τεχνική που χρησιμοποιείται συχνά είναι η **Βαθμολόγηση με Συντελεστές Βαρύτητας (Weighted Scoring)**. Σε αυτή την τεχνική αρχικά γίνεται η επιλογή των βασικών κριτηρίων αξιολόγησης, στο κάθε ένα από τα οποία αντιστοιχεί ένας συντελεστής βαρύτητας που υποδηλώνει τη σημασία του στην αξιολόγηση. Εν συνεχεία, το έργο που επιλέγεται "προβάλλεται" στο σύνολο των κριτηρίων και τα χαρακτηριστικά του (που αναφέρονται στα κριτήρια) "βαθμολογούνται". Η κάθε βαθμολογία που προκύπτει πολλαπλασιάζεται με τον συντελεστή βαρύτητας και όλα γινόμενα που αθροίζονται αποτελούν την συνολική βαθμολογία. Στο τέλος, επιλέγεται η λύση με την υψηλότερη βαθμολογία. (ό.π.)

Αυτή η τεχνική έχει ως στόχο την εξασφάλιση μιας αποδεκτής διαδικασίας επιλογής των συντελεστών βάρους - που επηρεάζουν σημαντικά το σύστημα αξιολόγησης - και της βαθμολόγησης κριτηρίων. (ό.π.)

#### 4. Ανάλυση του Νεκρού Σημείου

Η εν λόγω τεχνική εξετάζει τη **μεταβολή του Σταθερού Κόστους (fixed cost) και του Μεταβλητού Κόστους (variable cost)** αναφορικά με την εξέλιξη της παραγωγής. Πρόκειται για τεχνική που εφαρμόζεται κατά κύριο λόγο σε έργα παραγωγής βιομηχανικών προϊόντων. Ουσιαστικά, το συνολικό κόστος της παραγωγής αποτελείται από:

- Το **σταθερό κόστος**, το οποίο είναι ανεξάρτητο από το ύψος της παραγωγής (π.χ. μισθοί διοικητικών υπαλλήλων, ενοίκια, αποσβέσεις ιδιόκτητου εξοπλισμού κ.α.)



- Το **μεταβλητό κόστος**, το οποίο είναι ανάλογο του ύψους της παραγωγής (π.χ. πρώτες ύλες, εργασία - εργατικά, κατανάλωση ενέργειας από τον εξοπλισμό κ.α.)

Η ανάλυση του **Νεκρού Σημείου** (*break – even analysis*) διευκολύνει την απεικόνιση της εξέλιξης του συνολικού κόστους, σχετικά με τα έσοδα από τις πωλήσεις. *Νεκρό σημείο* αποτελεί το ύψος των πωληθέντων μονάδων, για το οποίο το συνολικό κόστος ισούται με τα έσοδα αυτών των πωλήσεων.

## 5. Ανάλυση Ευαισθησίας

Η **ανάλυση ευαισθησίας** (*Sensitivity Analysis*) αποτελεί μια μέθοδο προσέγγισης της επιλογής λαμβάνοντας υπόψη την επικινδυνότητα του έργου. (ό.π.)

## XIV. Μέθοδοι Αξιολόγησης και Επιλογής Προσφορών

Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν πολλές αναφορές που αφορούν τεχνικές που υποστηρίζουν τη διαδικασία αξιολόγησης εναλλακτικών προσφορών. Οι Mustafa & Ryan (1990) επιχείρησαν πρώτοι να παρουσιάσουν μια σύνοψη των υπαρχόντων μεθόδων ανάλυσης αποφάσεων που αναφέρονται στην αξιολόγηση προσφορών. Οι κύριες κατηγορίες είναι οι ακόλουθες:

- οι μέθοδοι αξιολόγησης που βασίζονται αποκλειστικά στο κόστος (*pure monetary evaluation method*)
- οι μη δομημένες μέθοδοι αξιολόγησης, στις οποίες οι αποφάσεις λαμβάνονται με βάση την ομοφωνία των ατόμων που ανήκουν σε μια ομάδα ειδικών (*informal and intuitive method using group consensus*)
- οι μέθοδοι που βασίζονται στη χρήση της βαρύτητας και της βαθμολογίας (*wights and scores methods*)
- οι δομημένες θεωρητικές μέθοδοι (*theoretically founded methods*)
- η πολυκριτηριακή θεωρία χρησιμότητας (*multi-objective utility theory*)

- η θεωρία ασαφών συνόλων (theory of fuzzy sets approach)
- και η Αναλυτική Διαδικασία Ιεράρχησης (analytical hierarchy process-ahp).

Μεταγενέστερα, οι Liu et al. (2000) υποστήριξαν την ύπαρξη δύο ειδών συστημάτων αξιολόγησης προσφορών. Τα μονοκριτήρια και τα πολυκριτήρια συστήματα. Στα μονοκριτήρια συστήματα ανήκουν το μειοδοτικό (lower – bid) και οι παραλλαγές του, καθώς και συστήματα που βασίζονται σε μαθηματικό τύπο μέσης προσφοράς (average – bid). Όπως αναφέρουν οι Liu et al. η κατάταξη των προσφορών πραγματοποιείται με βάση τη βαθμολογία των κριτηρίων όπως είναι το κόστος, ο χρόνος και η ποιότητα. Ακόμα, οι ίδιοι προτείνουν και δύο νέα συστήματα που βασίζονται στην ΠΑΑ: το πολυκριτήριο σύστημα χαμηλότερης προσφοράς (general multi – attribute lower – bidder system) και το πολυκριτήριο σύστημα μέσης προσφοράς (general multi – attribute averaged – bid system), τα οποία αποτελούν ουσιαστικά επέκταση των παραδοσιακών αντίστοιχων μονοκριτηρίων συστημάτων. Ο Al Harbi (2001) προτείνει για την αξιολόγηση των προσφορών τη χρήση της κλασικής πολυκριτηρίας ανάλυσης. Ειδικότερα, αναφέρεται στην ένταξη της αναλυτικής ιεραρχικής διαδικασίας στις μεθόδους επιλογής προσφορών και διατυπώνει ένα παράδειγμα προκειμένου να εφαρμόσει την μέθοδο. Αντικρούει παράλληλα τις διατυπώσεις των Watson & Freeling, που αφορούν την απλοϊκότητα της μεθόδου και προτείνει την ευρεία εφαρμογή της ως κριτήριο επιτυχίας.

Οι Alguier et al. (2000) εξέτασαν από μια άλλη οπτική το πρόβλημα - από αυτή του εν δυνάμει αναδόχου- και εξέφρασαν μια μέθοδο επιλογής της καταλληλότερης προσφοράς, που βασίζεται στην ΠΑΑ και στη διαχείριση της γνώσης. Αναλυτικότερα, η συγκεκριμένη μέθοδος διευκολύνει την αξιολόγηση των εναλλακτικών προσφορών δίνοντας έμφαση στην καθορισμένα βαρύτητα των κριτηρίων. Ο Κηρυττόπουλος (2003) επιχειρώντας να επεκτείνει αυτόν τον συλλογισμό και να εξειδικεύσει τη χρήση της μεθόδου AHP στον κλάδο των κατασκευών, εισάγει την παράμετρο του κινδύνου στα κριτήρια απόφασης, προκειμένου να προκύψει η βέλτιστη προσφορά. Με ανάλογο τρόπο, οι Bertolini et al. (2006) κάνουν χρήση ενός απλοποιημένου μοντέλου AHP για να υποστηρίξουν τη διαδικασία της προετοιμασίας μια προσφοράς στα δημόσια τεχνικά έργα.

Παρόλο που διεθνώς υφίσταται ένας μεγάλος αριθμός μεθόδων ΠΑΑ, φαίνεται ότι τελικά δεν υπάρχει κάποια ιδανική μέθοδος για όλα τα προβλήματα απόφασης και ο

εντοπισμός της καταλληλότερης μεθόδου για την κάθε περίπτωση έχει απασχολήσει σημαντικά τους ερευνητές. Η επιλογή της μεθόδου, σύμφωνα με τους Pomeroi & Barba-Romero (2000), κρίνεται ως λιγότερο σημαντική σε σχέση με την αρχική πολυκριτήρια ανάλυση ενός προβλήματος και την επικοινωνία μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών στη διαδικασία της ανάλυσης. Εν κατακλείδι, η διατύπωση αυτή θεωρείται ευρέως αποδεκτή, αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι η μέθοδος επίλυσης ενός προβλήματος δεν είναι σημαντική, καθώς αποτελεί το βασικό εργαλείο της ΠΑΑ.

## **XV. Πρόταση ενός μοντέλου AHP για την αξιολόγηση προσφορών τεχνικών έργων**

Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν πολλές αναφορές ερευνητών και ειδικών για το θέμα της επιλογής των καταλληλότερων κριτηρίων στον κατασκευαστικό κλάδο. Οι περισσότεροι ερευνητές συγκλίνουν στην άποψη ότι οι εν δυνάμει ανάδοχοι-εταιρείες θα πρέπει να τηρούν κάποιες προϋποθέσεις αναφορικά με τα τεχνικά, τα οικονομικά και τα διοικητικά στοιχεία των εταιρειών τους, καθώς επίσης και με τα μέτρα ασφάλειας και υγείας και των επιδόσεων τους σε παρελθοντικά έργα.

Οι Wong, Holt & Cooper (2000) επιχειρώντας σε μια έρευνά τους να εντοπίσουν τα πιο σημαντικά κριτήρια για την αξιολόγηση προσφορών και την επιλογή του καταλληλότερου αναδόχου σε τεχνικά έργα τόσο στο δημόσιο όσο και στον ιδιωτικό τομέα, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι υπάρχουν 15 κριτήρια που μπορούν να καθιερωθούν διεθνώς και ανεξάρτητα από τη φύση του εκάστοτε έργου.

### **Δομή της ιεραρχίας του μοντέλου**

Τα εν λόγω κριτήρια ομαδοποιήθηκαν βάσει των χαρακτηριστικών τους σε πέντε ομάδες κριτηρίων-παράγοντες. Ουσιαστικά, τα κριτήρια της ιεραρχίας του μοντέλου είναι έξι, καθώς σε αυτά προστίθενται και η τιμή της προσφοράς. Έτσι, οι παράγοντες του μοντέλου είναι οι ακόλουθοι:

- Χρηματοοικονομικός παράγοντας

Ο χρηματοοικονομικός παράγοντας δίνει έμφαση στην οικονομική ευρωστία των υποψηφίων αναδόχων. Μια πιθανή ανεπάρκεια όσον αφορά την οικονομική κατάσταση του εκάστοτε εργολάβου είναι δυνατό να οδηγήσει σε μια μη επιθυμητή καθυστέρηση της ολοκλήρωσης του έργου ή σε μη αποδεκτή (χαμηλή) ποιότητα κατασκευής. Οι χρηματοοικονομικοί δείκτες εκφράζουν την χρηματοοικονομική θέση μιας επιχείρησης. Ακόμη, οι πιστωτικές αναφορές, η πιστοληπτική ικανότητα που αποτελούν υποκριτήρια του συγκεκριμένου κριτηρίου, αποτελούν ενδείξεις που αφορούν την αξιοπιστία και τη φερεγγυότητα της εκάστοτε εταιρείας σε ζητήματα αποπληρωμής χρεών ή της δυνατότητας του εν δυνάμει αναδόχου για δανεισμό.

- Τεχνικός παράγοντας (τεχνική ικανότητα)

Ο τεχνικός παράγοντας επικεντρώνεται στο επίπεδο κατάρτισης και εξειδίκευσης του τεχνικού προσωπικού της εκάστοτε εταιρείας- του υποψηφίου αναδόχου. Είναι σαφές ότι σε κάθε τεχνικό έργο είναι πιθανό να προκύψουν απρόβλεπτα προβλήματα. Η ικανότητα διαχείρισης και επίλυσης αυτών των προβλημάτων κρίνεται ως απαραίτητο προσόν για κάθε τεχνική εταιρεία. Ακόμη, ο εξοπλισμός αλλά και οι εγκαταστάσεις της εταιρείας αποτελούν ένα μέτρο που αφορά την εκτίμηση της τεχνικής ικανότητας της κατασκευής της. Τα χαρακτηριστικά πρωτοπορίας που διαθέτει η εκάστοτε εταιρεία και η μέθοδος κατασκευής που προτείνει αποτελούν στοιχεία τεκμηρίωσης σχετικά με το επίπεδο κατάρτισης του τεχνικού προσωπικού.

- Παράγοντας επιδόσεων (προηγούμενες επιδόσεις) και ποιότητα κατασκευής

Ο παράγοντας επιδόσεων αποτελεί έναν σημαντικό οδηγό που υποδεικνύει την ικανότητα του αναδόχου να εκτελέσει με ορθό τρόπο τη σύμβαση. Η ένδειξη αξιοπιστίας ενός εργολάβου μπορεί να προκύψει από το ιστορικό της εταιρείας του. Πιθανές καθυστερήσεις στην παράδοση παρελθοντικών έργων, καθώς και το μέγεθος, το είδος ή η ποιότητα των έργων στο παρελθόν υποδεικνύουν το κύρος που διαθέτει. Όπως αναφέρουν οι Wong, Holt & Cooper (2000) η διαχρονική παρουσία στον κλάδο των κατασκευών μιας εταιρείας υποδηλώνει εμπειρία, η οποία ωστόσο είναι απαραίτητο να συνδυάζεται με κατασκευαστική παρουσία στην περιοχή που

πραγματοποιείται το εκάστοτε έργο. Επιπρόσθετα, βασικοί παράγοντες είναι η ποιότητα των προηγούμενων έργων που βασίζεται σε ορθή διαχείριση ποιότητας των ανθρωπίνων πόρων και του διοικητικού προσωπικού, η σχέση του εργολάβου με το τοπικό εργατικό δυναμικό και τους τοπικούς προμηθευτές, καθώς και η γνώση των μετεωρολογικών συνθηκών της γεωγραφικής περιοχής του προς υλοποίηση έργου.

- Διοικητικός παράγοντας (διοικητική ικανότητα)

Η διοικητική ικανότητα του υποψηφίου αναδόχου είναι δυνατό να φανεί από την οργάνωση διαχείρισης του έργου. Η επιλογή των ατόμων που έχουν ορισθεί για το έργο, καθώς και η αδιάλειπτη παρουσία τους στο εργοτάξιο υποδηλώνει άριστη διαχείριση της γνώσης. Επίσης, οι σχέσεις του υποψηφίου αναδόχου με τους κρατικούς και τοπικούς φορείς, αλλά και με τους κυβερνητικούς και ελεγκτικούς μηχανισμούς, οι διαδικασίες ελέγχου όσον αφορά το κόστος, τα συστήματα αναφορών του έργου και οι διαδικασίες ελέγχου της προόδου του αποτελούν κριτήρια καλής διαχείρισης του έργου. Σημαντικό ρόλο ακόμα στην ολοκλήρωση του έργου σύμφωνα με το προτεινόμενο χρονοδιάγραμμα, τον εκτιμώμενο προϋπολογισμό και με τα απαραίτητα πρότυπα ποιότητας διαδραματίζουν οι διαδικασίες για την αύξηση της παραγωγικότητας, ο καλός συντονισμός μεταξύ των μηχανικών, η ύπαρξη εξειδικευμένου λογισμικού διαχείρισης έργου, αλλά και οι λήπτες αποφάσεων.

- Παράγοντας τιμή (τιμή προσφοράς)

Ο παράγοντας τιμή διαδραματίζει εξίσου βασικό ρόλο στην επιλογή υποψηφίου αναδόχου. Ενδεχόμενη σημαντική διαφορά (άνω του μέσου όρου όλων των προσφορών) στις προτεινόμενες τιμές των προσφορών των υποψηφίων αναδόχων ή από την εκτιμώμενη σύμφωνα με τη γνώμη των ειδικών υποδεικνύει αν η έκπτωση είναι εφικτή και αν υπάρχει η πιθανότητα αυτή να οδηγήσει σε χαμηλή ποιότητα κατασκευής, σε όχι τόσο καλή λειτουργικότητα ή σε ανεπαρκή ασφάλεια του έργου.

- Υγεία και ασφάλεια

Πιθανές ελλείψεις μέτρων ασφαλείας, πρόληψης ατυχημάτων και κακών στρατηγικών ασφαλείας μπορεί να οδηγήσουν στη δημιουργία μεγάλων δαπανών

και καθυστερήσεων. Το ιστορικό ατυχημάτων αποτελεί έναν δείκτη όσον αφορά την προσοχή που η κάθε εταιρεία δίνει σε ζητήματα υγείας και ασφάλειας του προσωπικού σε τεχνικά έργα. Η οργάνωση του εργοταξίου, οι κανόνες που πρέπει να τηρούνται σύμφωνα με το θεσμικό πλαίσιο και αφορούν την υγεία και την ασφάλεια, καθώς και η τήρησή αυτών σε καθημερινή βάση είναι σημαντικά στοιχεία ενός ολοκληρωμένου συστήματος υγείας και ασφάλειας.

## **XVI. Μελέτη Περίπτωσης - Κριτήρια επιλογής τεχνικών έργων στο Δήμο Ρήγα Φεραίου**

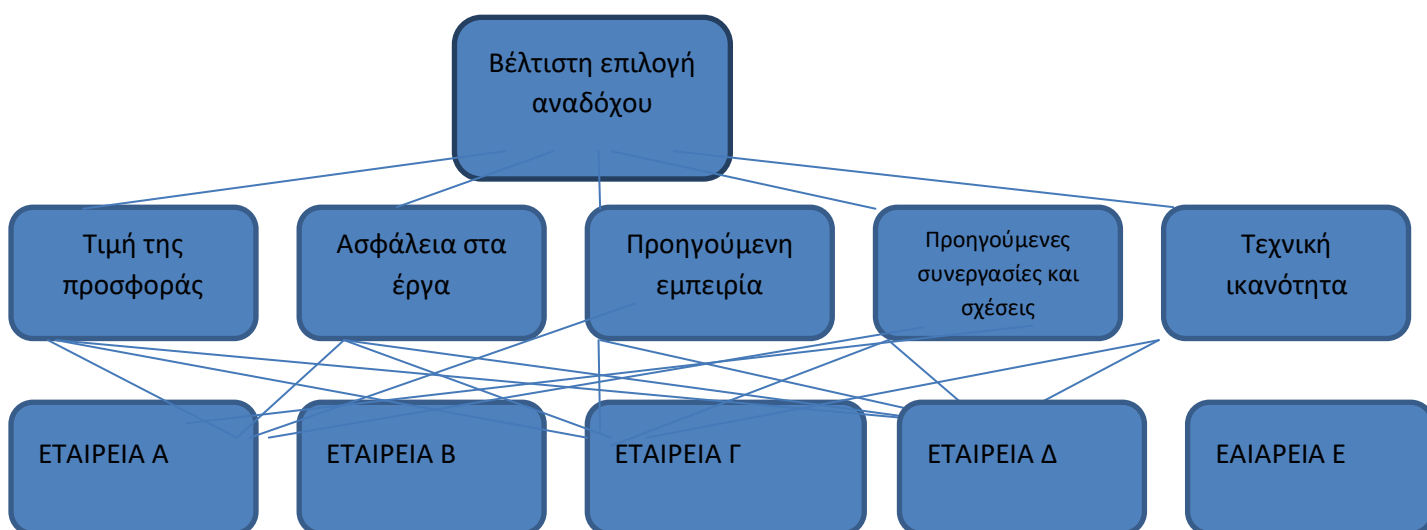
### **Εφαρμογή του μοντέλου στο διαγωνισμό για συντήρηση-αναβάθμιση κτιριακών μονάδων νηπιαγωγείων του Δήμου Ρήγα Φεραίου**

Η εφαρμογή του μοντέλου της Αναλυτικής Διαδικασίας Ιεράρχησης (ΑΗΡ) έγινε στο διαγωνισμό που προκηρύχθηκε για την επιλογή προσωρινού αναδόχου για την συντήρηση και αναβάθμιση κτιριακών μονάδων νηπιαγωγείων του Δήμου Ρήγα Φεραίου. Ο διαγωνισμός ανακοινώθηκε από το Δήμο Ρήγα Φεραίου.

<b>ΔΙΑΓΩΝΙΖΟΜΕΝΟΙ</b>	<b>ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΠΡΟΣΦΟΡΑ</b>	<b>ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΕΚΠΤΩΣΗ</b>
<b>ΕΤΑΙΡΕΙΑ Α</b>	20.688,16 ευρώ	3%
<b>ΕΤΑΙΡΕΙΑ Β</b>	20.261,60 ευρώ	5%
<b>ΕΤΑΙΡΕΙΑ Γ</b>	20.474,88 ευρώ	4%

ΕΤΑΙΡΕΙΑ Δ	20.700 ευρώ	2,8%
ΕΤΑΙΡΕΙΑ Ε	20.553,30 ευρώ	3,2%

### Το τελικό μοντέλο για την επίλυση με την μέθοδο της ΑΗΡ



### Διεξαγωγή συγκρίσεων μέσω ερωτηματολογίων

Για την επίλυση του μοντέλου αναζητήθηκαν άτομα από το δήμο Ρήγα Φεραίου με πολύχρονη εμπειρία στην τεχνική υπηρεσία και ανθρώπους που διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην επιλογή αναδόχου ενός έργου στο δημόσιο φορέα. Η ομάδα αποτελείται από τον Δήμαρχο του Ρήγα Φεραίου - καθηγητή φυσικής - κύριο Νασίκα Δημήτριο, την διευθύντρια Τεχνικής υπηρεσίας - πολιτικό μηχανικό - κυρία Κατσιούρα Αποστολία, τον προϊστάμενο της Τεχνικής υπηρεσίας - μηχανικό δομικών έργων - κύριο Λάβδα Λεωνίδα και την ειδικό συνεργάτη Τεχνικής υπηρεσίας - πολιτικό μηχανικό - κυρία Παπαδάμ Ανδρομάχη.

Στους ερωτώμενους παρουσιάστηκαν σύντομα στοιχεία των πέντε εταιρειών-υποψηφίων αναδόχων, ενώ δόθηκε και χρόνος κάποιων ημερών για όποιον επιθυμούσε να εμβαθύνει περαιτέρω, προκειμένου η απάντηση των ερωτήσεων να είναι εμπεριστατωμένη.

Στη συνέχεια δόθηκαν σε έντυπη μορφή, οι ερωτήσεις, καθώς και οι συγκρίσεις στην εννιαβάθμια κλίμακα του Saaty, οπότε αποφάσιζαν σαν ομάδα και δήλωναν την προτίμηση τους με τον αντίστοιχο αριθμό (1 έως 9). Ακολούθησε ο υπολογισμός του γεωμετρικού μέσου των κρίσεων της ομάδας των ερωτηθέντων ειδικών με τη χρήση του προγράμματος Excel. Έτσι, από τις συγκρίσεις προέκυψαν οι γεωμετρικοί μέσοι και υπολογίστηκαν οι βαρύτητες όλων των στοιχείων.

### **Σύγκριση παραγόντων επιρροής**

Οι ερωτηθέντες απάντησαν στο ερώτημα: **‘Ποιον παράγοντα θεωρείτε σημαντικότερο στην ζευγαρωτή σύγκρισή του με τον άλλον, για τη βέλτιστη επιλογή αναδόχου για το έργο Συντήρηση και Αναβάθμιση κτιριακών μονάδων νηπιαγωγείων Δήμου Ρήγα Φεραίου;’**

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται τα κριτήρια κατατάσσονται ανά σημαντικότητα, ενώ στον Πίνακα 2 τα αποτελέσματα των συγκρίσεων.



**Πίνακας 1:** Κατάταξη ανά σημαντικότητα των παραγόντων επιρροής

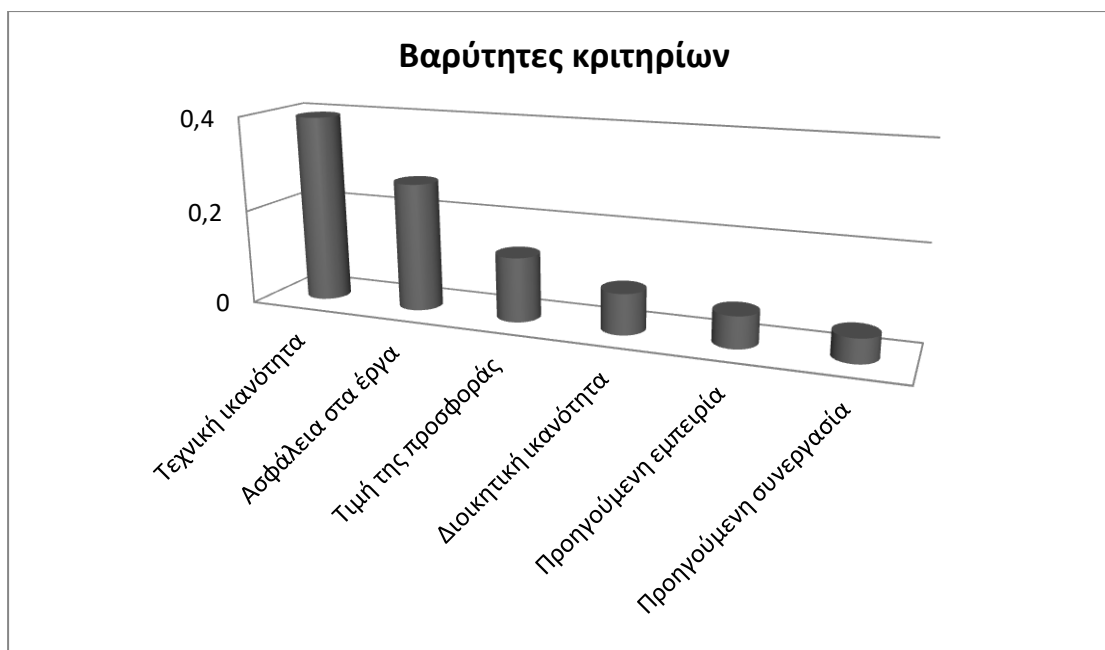
<b>ΚΡΙΤΗΡΙΑ</b>	<b>ΒΑΡΗ</b>
<b>ΤΕΧΝΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ</b>	<b>0,395</b>
<b>ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΤΑ ΕΡΓΑ</b>	<b>0,269</b>
<b>ΤΙΜΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΦΟΡΑΣ</b>	<b>0,135</b>
<b>ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ</b>	<b>0,085</b>
<b>ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ</b>	<b>0,066</b>
<b>ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ</b>	<b>0,050</b>

	<b>ΤΙΜΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΦΟΡΑΣ</b>	<b>ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΤΑ ΕΡΓΑ</b>	<b>ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ</b>	<b>ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ</b>	<b>ΤΕΧΝΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ</b>	<b>ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ</b>
<b>ΤΙΜΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΦΟΡΑΣ</b>	<b>1,00</b>	0,25	3,00	4,00	0,20	2,00
<b>ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΤΑ ΕΡΓΑ</b>	4,00	<b>1,00</b>	4,00	4,00	0,50	4,00
<b>ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ</b>	0,33	0,25	<b>1,00</b>	2,00	0,20	0,50
<b>ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ</b>	0,25	0,25	0,50	<b>1,00</b>	0,20	0,50
<b>ΤΕΧΝΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ</b>	5,00	2,00	5,00	5,00	<b>1,00</b>	5,00
<b>ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ</b>	0,50	0,25	2,00	2,00	0,20	<b>1,00</b>

**Πίνακας 2:** Αποτελέσματα συγκρίσεων παραγόντων επιρροής

Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα, η τεχνική ικανότητα κρίνεται από τους ερωτηθέντες φορείς ως ο σημαντικότερος παράγοντας. Στη συνέχεια ακολουθούν η ασφάλεια στα έργα, η τιμή προσφοράς, η διοικητική ικανότητα, η εμπειρία σε προηγούμενα έργα και η προηγούμενη εμπειρία. Αξίζει να αναφερθεί πως στην εν λόγω έρευνα οι ερωτηθέντες φορείς δεν έκριναν ως σημαντικό τον χρηματοοικονομικό παράγοντα, καθώς το προς εξέταση έργο αποτελεί έργο χαμηλού προϋπολογισμού και η οικονομική κατάσταση των υποψηφίων εταιρειών-αναδόχων δεν διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο.

Η ασφάλεια στα έργα ακολουθεί σε σημαντικότητα και οφείλεται στον υψηλό κίνδυνο του συγκεκριμένου έργου. Οι ερωτηθέντες φορείς θεωρούν πως η χρήση σύγχρονων μηχανημάτων και η διασφάλιση της τήρησης των απαραίτητων μέτρων που αναφέρονται στην υγεία και την ασφάλεια του εργατικού δυναμικού παίζουν μείζονα ρόλο στο συγκεκριμένο έργο. Η τιμή προσφοράς κατατάσσεται τρίτη. Η διοικητική ικανότητα κρίνεται λιγότερο σημαντική, λαμβάνοντας το 8,5% της ολικής βαρύτητας. Οι προηγούμενες επιδόσεις και η προηγούμενη συνεργασία του κάθε υποψηφίου αναδόχου με τον Δήμο Ρήγα Φεραίου παρουσιάζουν μειωμένη σημαντικότητα σε αυτό το έργο υποδομής και κατατάσσονται ως τελευταίοι παράγοντες. Γεγονός το οποίο οφείλεται στην ύπαρξη πολλών σημαντικότερων κριτηρίων για το εν λόγω έργο.



**Διάγραμμα 1:** Βαρύτητες παραγόντων για την βέλτιστη επιλογή αναδόχου

### Σύγκριση εταιρειών αναφορικά με την τεχνική ικανότητα

Έπειτα η ομάδα των ειδικών κλήθηκε να απαντήσει στην ερώτηση: **‘Ποια από τις εταιρείες στην ζευγαρωτή σύγκρισή της με την άλλη, υπερτερεί όσον αφορά την τεχνική ικανότητα;’** Στον πίνακα 3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των συγκρίσεων ενώ στον πίνακα 4 ακολουθεί η βαθμολογία των εταιρειών σε σχέση με αυτό το κριτήριο.

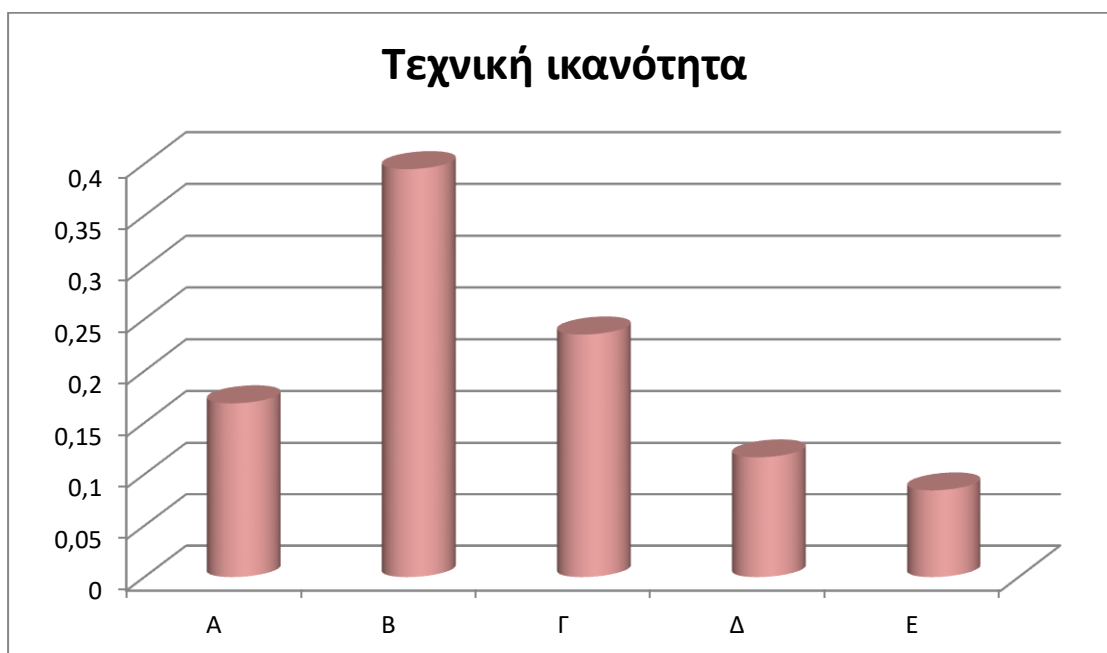
	A	B	Γ	Δ	Ε
A	1,00	0,25	0,50	3,00	2,00
B	4,00	1,00	2,00	3,00	3,00
Γ	2,00	0,50	1,00	2,00	3,00
Δ	0,33	0,33	0,50	1,00	2,00
Ε	0,50	0,33	0,33	0,50	1,00

**Πίνακας 3:** Αποτελέσματα συγκρίσεων εταιρειών σε σχέση με τεχνική ικανότητα

ΕΤΑΙΡΕΙΕΣ	ΒΑΡΗ
<i>B</i>	0,395
<i>Γ</i>	0,235
<i>A</i>	0,169
<i>Δ</i>	0,117
<i>E</i>	0,084

**Πίνακας 4:** Βαθμολογία εταιρειών σε σχέση με την τεχνική ικανότητα

Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι η εταιρεία B κατέχει τα ηνία αναφορικά με το κριτήριο της τεχνικής ικανότητας με βαρύτητα που φτάνει το 0,395. Δεύτερη κατατάσσεται η εταιρεία Γ με βαρύτητα 0,235 και τελευταίες ακολουθούν οι εταιρείες A, Δ και E με αντίστοιχες βαρύτητες 0,169, 0,117 και 0,084.



**Διάγραμμα 2:** Βαρύτητες εταιρειών αναφορικά με την τεχνική ικανότητα

## Σύγκριση εταιρειών αναφορικά με την ασφάλεια στα έργα

Στη συνέχεια, η ομάδα των ειδικών κλήθηκε να απαντήσει στην ερώτηση: **‘Ποια από τις εταιρείες στην ζευγαρωτή σύγκρισή της με την άλλη, υπερτερεί όσον αφορά την ασφάλεια στα έργα;’** Στον πίνακα 5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των συγκρίσεων ενώ στον πίνακα 6 ακολουθεί η βαθμολογία των εταιρειών σε σχέση με αυτό το κριτήριο.

	A	B	Γ	Δ	Ε
A	1,00	0,33	3,00	2,00	2,00
B	3,00	1,00	4,00	2,00	2,00
Γ	0,33	0,25	1,00	3,00	2,00
Δ	0,50	0,50	0,33	1,00	2,00
Ε	0,50	0,50	0,50	0,50	1,00

**Πίνακας 5:** Αποτελέσματα συγκρίσεων εταιρειών σε σχέση με την ασφάλεια στα έργα

ΕΤΑΙΡΕΙΕΣ	ΒΑΡΗ
B	0,372
A	0,223
Γ	0,170
Δ	0,133
Ε	0,103

**Πίνακας 6:** Βαθμολογία εταιρειών σε σχέση με την ασφάλεια στα έργα

Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι η εταιρεία B θεωρείται ως η πιο αξιόπιστη στο θέμα ασφάλειας στα τεχνικά έργα με βαρύτητα 0,372. Ακολουθούν οι εταιρείες A, Γ και Δ με ανάλογες βαρύτητες 0,223, 0,170 και 0,133. Τελευταία κατατάσσεται η εταιρεία Ε που συγκεντρώνει βαρύτητα 0,103.



**Διάγραμμα 3:** Βαρύτητες εταιρειών αναφορικά με την ασφάλεια στα έργα

### Σύγκριση εταιρειών αναφορικά με την τιμή προσφοράς

Εν συνεχεία η ομάδα των ειδικών κλήθηκε να απαντήσει στην ερώτηση: **‘Ποια από τις εταιρείες στην ζευγαρωτή σύγκρισή της με την άλλη, υπερτερεί όσον αφορά την τιμή της προσφοράς;’** Στον πίνακα 7 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των συγκρίσεων ενώ στον πίνακα 8 ακολουθεί η βαθμολογία των εταιρειών σε σχέση με αυτό το κριτήριο.

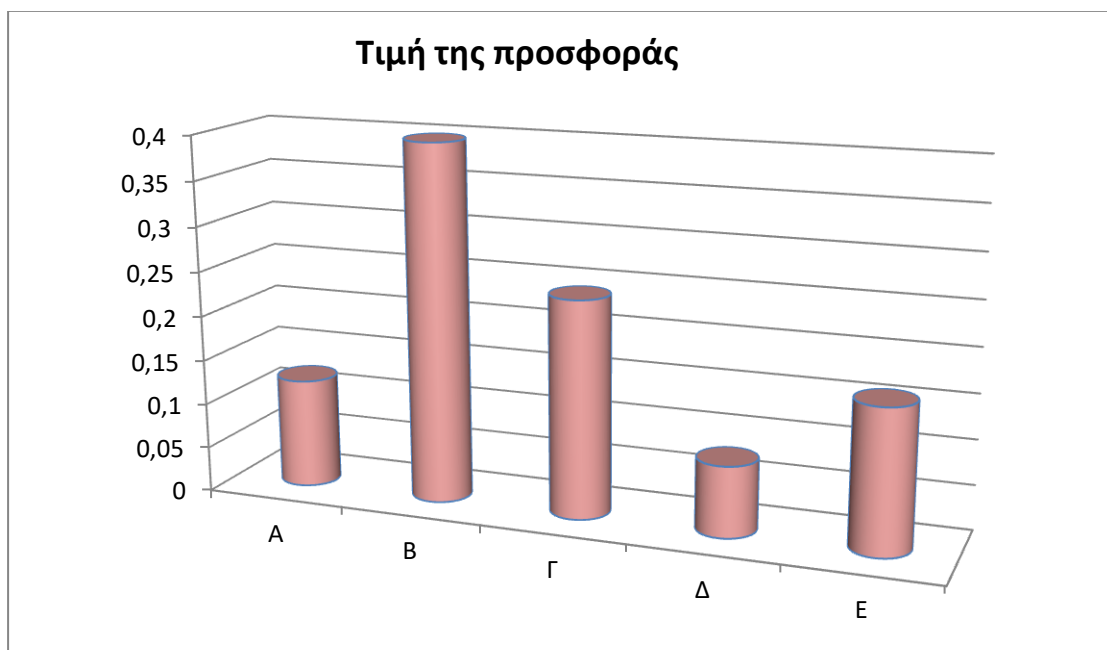
	A	B	Γ	Δ	Ε
A	1,00	0,33	0,50	2,00	0,50
B	3,00	1,00	2,00	4,00	3,00
Γ	2,00	0,50	1,00	3,00	2,00
Δ	0,50	0,25	0,33	1,00	0,50
Ε	2,00	0,33	0,50	2,00	1,00

**Πίνακας 7:** Αποτελέσματα συγκρίσεων εταιρειών σε σχέση με την τιμή της προσφοράς

ΕΤΑΙΡΕΙΕΣ	ΒΑΡΗ
Β	0,398
Γ	0,242
Ε	0,160
Α	0,122
Δ	0,079

**Πίνακας 8:** Βαθμολογία εταιρειών σε σχέση με την τιμή της προσφοράς

Από τα αποτελέσματα η εταιρεία Δ κατατάσσεται τελευταία (0,079 τοπική βαρύτητα), ενώ η πρώτη είναι η εταιρεία Β με την εταιρεία Γ να ακολουθεί με τοπική βαρύτητα 0,242. Τέταρτη κατατάσσεται η εταιρεία Ε και πέμπτη η εταιρεία Α .



**Διάγραμμα 4:** Βαρύτητες εταιρειών αναφορικά με την τιμή της προσφοράς

## Σύγκριση εταιρειών αναφορικά με τη διοικητική ικανότητα

Αναφορικά με το κριτήριο της διοικητικής ικανότητας, η ομάδα των ειδικών κλήθηκε να απαντήσει στην ερώτηση: **‘Ποια από τις εταιρείες στην ζευγαρωτή σύγκρισή της με την άλλη, υπερτερεί όσον αφορά την διοικητική ικανότητα;’** Στον πίνακα 9 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των συγκρίσεων ενώ στον πίνακα 10 ακολουθεί η βαθμολογία των εταιρειών σε σχέση με αυτό το κριτήριο.

	A	B	Γ	Δ	Ε
A	1,00	2,00	2,00	3,00	3,00
B	0,50	1,00	0,50	2,00	2,00
Γ	0,50	2,00	1,00	3,00	3,00
Δ	0,33	0,50	0,33	1,00	0,33
Ε	0,33	0,50	0,33	3,00	1,00

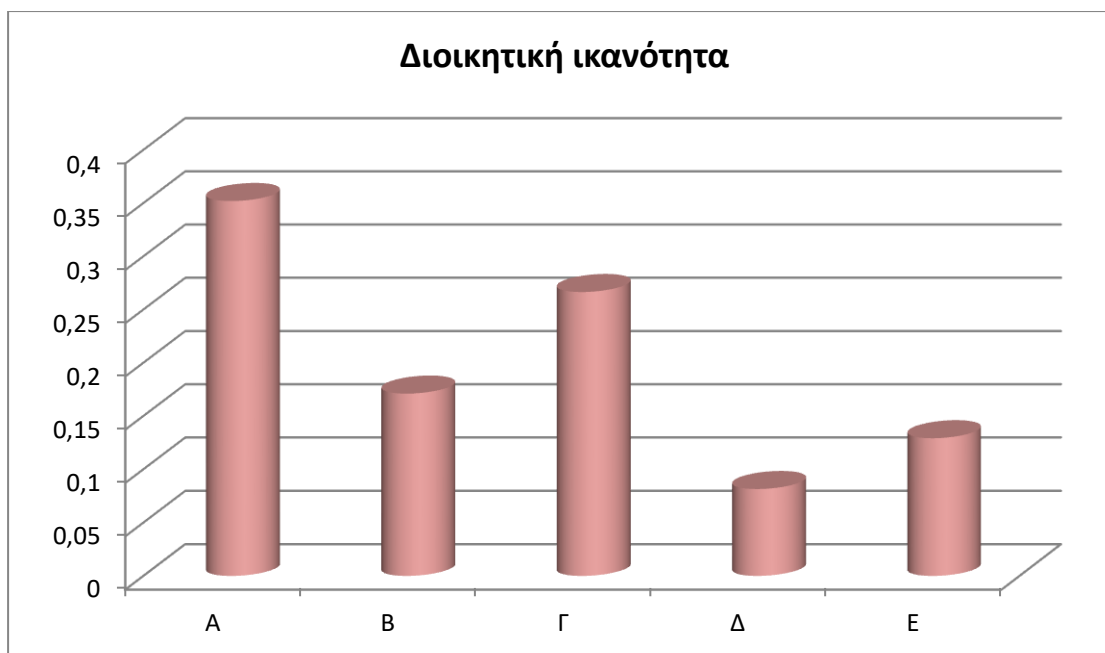
**Πίνακας 9:** Αποτελέσματα συγκρίσεων εταιρειών σε σχέση με διοικητική ικανότητα

ΕΤΑΙΡΕΙΕΣ	ΒΑΡΗ
A	0,352
Γ	0,266
B	0,171
E	0,129
Δ	0,081

**Πίνακας 10:** Βαθμολογία εταιρειών σε σχέση με την διοικητική ικανότητα

Όπως φαίνεται από τους πίνακες 9, 10 στο κριτήριο της διοικητικής ικανότητας κυριαρχεί η εταιρεία A με βαρύτητα 0,352. Δεύτερη ακολουθεί η εταιρεία Γ με βαρύτητα 0,266 και η εταιρεία B με βαρύτητα 0,171. Τελευταίες παρουσιάζονται οι εταιρείες E και Δ με βαρύτητες 0,129 και 0,081 αντίστοιχα.





**Διάγραμμα 5:** Βαρύτητες εταιρειών αναφορικά με την διοικητική ικανότητα

### Σύγκριση εταιρειών αναφορικά με την προηγούμενη εμπειρία

Έπειτα, η ομάδα των ειδικών κλήθηκε να απαντήσει στην ερώτηση: **‘Ποια από τις εταιρείες στην ζευγαρωτή σύγκρισή της με την άλλη, υπερτερεί όσον αφορά την προηγούμενη εμπειρία;’** Στον πίνακα 11 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των συγκρίσεων ενώ στον πίνακα 12 ακολουθεί η βαθμολογία των εταιρειών σε σχέση με αυτό το κριτήριο.

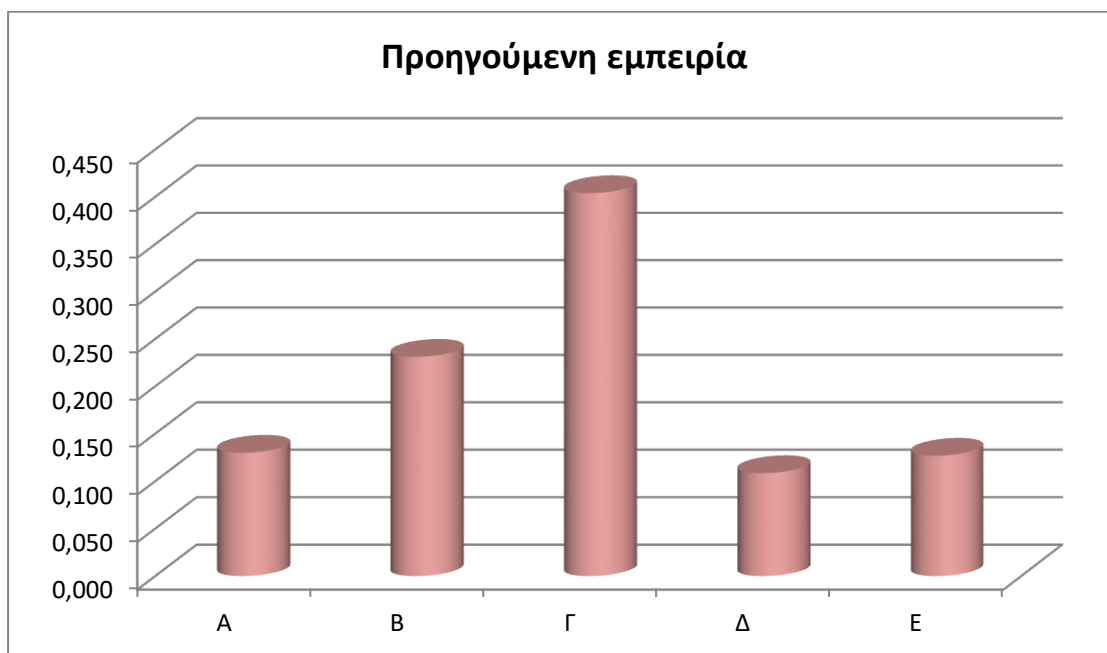
	A	B	Γ	Δ	Ε
A	1,00	0,50	0,25	3,00	0,50
B	2,00	1,00	0,50	3,00	2,00
Γ	4,00	2,00	1,00	4,00	3,00
Δ	0,33	0,33	0,25	1,00	2,00
Ε	2,00	0,50	0,33	0,50	1,00

**Πίνακας 11:** Αποτελέσματα συγκρίσεων εταιρειών σε σχέση με την προηγούμενη εμπειρία

ΕΤΑΙΡΕΙΕΣ	ΒΑΡΗ
<b>Γ</b>	<b>0,404</b>
<b>Β</b>	<b>0,231</b>
<b>Α</b>	<b>0,130</b>
<b>Ε</b>	<b>0,127</b>
<b>Δ</b>	<b>0,108</b>

**Πίνακας 12:** Βαθμολογία εταιρειών σε σχέση με την προηγούμενη εμπειρία

Από τα αποτελέσματα προκύπτει η εταιρεία Γ ως η κυρίαρχη στο κριτήριο της προηγούμενης εμπειρίας με βαρύτητα 0,404. Ακολουθούν η εταιρεία Β με βαρύτητα 0,231 και η εταιρεία Α με βαρύτητα 0.130. Όπως φαίνεται στον πίνακα 10, τελευταίες όσον αφορά το εν λόγω κριτήριο παρουσιάζονται οι εταιρείες Ε και Δ με αντίστοιχες βαρύτητες 0,127 και 0,108.



**Διάγραμμα 6:** Βαρύτητες εταιρειών αναφορικά με την προηγούμενη εμπειρία

## Σύγκριση εταιρειών αναφορικά με την προηγούμενη συνεργασία

Τέλος, η ομάδα των ειδικών κλήθηκε να απαντήσει στην ερώτηση: **‘Ποια από τις εταιρείες στην ζευγαρωτή σύγκρισή της με την άλλη, υπερτερεί όσον αφορά την προηγούμενη συνεργασία;’** Στον πίνακα 13 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των συγκρίσεων ενώ στον πίνακα 14 ακολουθεί η βαθμολογία των εταιρειών σε σχέση με αυτό το κριτήριο.

	A	B	Γ	Δ	Ε
A	1,00	3,00	3,00	2,00	2,00
B	0,33	1,00	0,50	0,50	2,00
Γ	0,33	2,00	1,00	2,00	0,50
Δ	0,50	2,00	0,50	1,00	0,50
Ε	0,50	0,50	2,00	2,00	1,00

**Πίνακας 13:** Αποτελέσματα συγκρίσεων εταιρειών σε σχέση με την προηγούμενη συνεργασία

ΕΤΑΙΡΕΙΕΣ	ΒΑΡΗ
A	0,351
E	0,193
Γ	0,171
B	0,143
Δ	0,142

**Πίνακας 14:** Βαθμολογία εταιρειών σε σχέση με την προηγούμενη συνεργασία

Από τα αποτελέσματα προκύπτει ως επικρατέστερη στο κριτήριο της προηγούμενης συνεργασίας η εταιρεία A με βαρύτητα 0,351. Ακολουθούν η εταιρεία E με βαρύτητα 0,193 και η εταιρεία Γ με βαρύτητα 0,171. Τελευταίες κατατάσσονται οι εταιρείες B και Δ με ανάλογες βαρύτητες 0,143 και 0,142, καθώς δεν κρίθηκαν τόσο αξιόπιστες από τους ερωτηθέντες φορείς σε σχέση με τις άλλες εταιρείες λόγω προηγούμενης συνεργασίας τους με το Δήμο Ρήγα Φεραίου.



**Διάγραμμα 7:** Βαρύτητες εταιρειών αναφορικά με την προηγούμενη συνεργασία

## XVII. Συμπεράσματα

Οι κύριοι στόχοι της παρούσας διπλωματικής εργασίας, οι οποίοι αφορούν τον προσδιορισμό και την κατηγοριοποίηση κριτηρίων ιεράρχησης έργων σε ένα Δήμο και στην κατασκευή ενός αποτελεσματικού μοντέλου λήψης αποφάσεων μέσω της Αναλυτικής Διαδικασίας Ιεράρχησης (AHP), επιτεύχθηκαν από την εφαρμογή του εν λόγω μοντέλου στο Δήμο Ρήγα Φεραίου. Στην έρευνα σημαντική παράμετρο αποτέλεσε η υποστήριξη του δημάρχου και των προϊσταμένων του Δήμου Ρήγα Φεραίου, οι οποίοι συνέβαλαν τόσο στη συλλογή δεδομένων όσο και στην εφαρμογή του μοντέλου λήψης απόφασης.

Μέσω της έρευνας διαπιστώθηκε ότι η αποδοχή της οικονομικότερης προσφοράς πολλές φορές είναι άστοχη επιλογή, καθώς σε μακροχρόνιο πλαίσιο μια τέτοιου είδους επιλογή επιφέρει προβλήματα στην ολοκλήρωση ενός έργου, όπως είναι η κακή ποιότητα κατασκευής ή οι καθυστερήσεις σε σχέση με το προβλεπόμενο χρονοδιάγραμμα του έργου. Συνεπώς, μπορούμε να καταλήξουμε στη διαπίστωση ότι σε παγκόσμιο επίπεδο υπάρχει πλέον μια στροφή σε πολυκριτήριες τακτικές επιλογής αναδόχου ή αξιολόγησης προσφορών που εντάσσουν στην αξιολόγηση και άλλα κριτήρια με σκοπό να επιτευχθεί η

μέγιστη αξία παράλληλα με την εμπλοκή των αποφασιζόντων στη διαμόρφωση της βέλτιστης (τελικής) λύσης.

Αναφορικά με την εφαρμογή του μοντέλου απόφασης στο Δήμο Ρήγα Φεραίου από τα αποτελέσματα των συγκρίσεων έγινε φανερό πως η τιμή προσφοράς στην επιλογή αναδόχου δημοσίου έργου δεν αποτελεί το πιο σημαντικό κριτήριο, καθώς κατατάσσεται στην τρίτη θέση, επιβεβαιώνοντας με αυτόν τον τρόπο την τάση για στροφή από την οικονομικότερη προσφορά στην επίτευξη της μέγιστης αξίας μέσω του συνδυασμού πολλών παραγόντων.

Ο τεχνικός παράγοντας (τεχνική ικανότητα) κρίθηκε ως ο σημαντικότερος παράγοντας για την επιτυχία ενός έργου, αφού η ελλιπής εξειδίκευση του τεχνικού προσωπικού καθώς και η μη ύπαρξη κατάλληλου εξοπλισμού μπορεί να οδηγήσουν σε καθυστέρηση ολοκλήρωσης του έργου ή στη ματαίωση του. Δεύτερο σε βαρύτητα κατατάσσεται το κριτήριο που αφορά την ασφάλεια στα έργα, καθώς το έργο στο οποίο εφαρμόστηκε το μοντέλο απόφασης θεωρείται έργο υψηλού κινδύνου. Ακολουθεί το κριτήριο που αναφέρεται στην τιμή προσφοράς και το κριτήριο που αναφέρεται στην διοικητική ικανότητα λόγω ύπαρξης σημαντικότερων κριτηρίων σύμφωνα με την κρίση των εμπλεκόμενων φορέων στην έρευνα. Σε επίπεδο προτίμησης, τελευταία κατατάσσονται το κριτήριο των προηγούμενων επιδόσεων και το κριτήριο της προηγούμενης συνεργασίας. Τα συγκεκριμένα κριτήρια δεν κρίθηκαν ότι διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην επιτυχή ολοκλήρωση του έργου, για τον λόγο ότι το προαναφερθέν έργο αποτελεί έργο χαμηλού προϋπολογισμού.

Το προτεινόμενο μοντέλο απόφασης αντιμετωπίζει με σφαιρικό τρόπο το ζήτημα της βέλτιστης επιλογής αναδόχου και με την εφαρμογή της μεθόδου AHP συμπεριλαμβάνονται στην έρευνα τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά κριτήρια όσον αφορά την τελική αξιολόγηση της προσφοράς. Αυτό αποδεικνύει πως η προσέγγιση του εν λόγω θέματος είναι αξιόπιστη με την αξιολόγηση των προσφορών, που αναφέρονται στις διαγωνιστικές διαδικασίες, με κριτήρια πλήρως αντικειμενικά και ορισμένα με διάφανο τρόπο.

Εν κατακλείδι, στα πλαίσια της εργασίας αναλύθηκε σε επαρκές βάθος το θεωρητικό και μαθηματικό υπόβαθρο του μοντέλου λήψης απόφασης που επιλέχθηκε και μελετήθηκαν τα κριτήρια διάκρισης των έργων του δημοσίου τομέα. Με την εφαρμογή του

προτεινόμενου μοντέλου για την επιλογή αναδόχου σε ένα έργο και με βάση τις προσεγγίσεις που εφαρμόζονται διεθνώς στη βιβλιογραφία της Αναλυτικής Διαδικασίας Ιεράρχησης (ΑΗΡ) αποδείχτηκε ότι η μέθοδος που μελετήθηκε αποτελεί εφαρμοσμένη μέθοδο για την αντιμετώπιση προβλημάτων μεγάλου μεγέθους από την πλευρά του αριθμού των κριτηρίων και των εναλλακτικών.

### **XVIII. Προτάσεις**

Όπως φαίνεται από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε, πολλά από τα κριτήρια της Αναλυτικής Διαδικασίας Ιεράρχησης (ΑΗΡ) δεν είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους, αλλά έχουν αλληλοεξαρτήσεις. Θα μπορούσε να αναφερθεί ότι η εφαρμογή της Διαδικασίας Δικτυακής Ανάλυσης (ΑΝΡ) θα αύξανε σε μεγάλο βαθμό τον αριθμό των ερωτήσεων, γεγονός που θα έκανε πιο δύσκολη τη διαδικασία για την ομάδα των ερωτηθέντων φορέων. Παρόλα αυτά κρίνεται ως απαραίτητος ο συνδυασμός της Αναλυτικής Διαδικασίας Ιεράρχησης (ΑΗΡ) με άλλες πολυκριτήριες μεθόδους, όπως η μέθοδος της Διαδικασίας Δικτυακής Ανάλυσης (ΑΝΡ). Παράλληλα, η ενσωμάτωση του κινδύνου θα οδηγούσε σε μια σαφή εικόνα σχετικά με τις ικανότητες των υποψηφίων αναδόχων προκειμένου να ολοκληρώσουν ένα έργο, καθώς ακόμα θα υπήρχε καλύτερη εκτίμηση αναφορικά με τους κινδύνους που υποκρύπτονται κατά την υλοποίηση ενός έργου.

## Βιβλιογραφία-Πηγές

### Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία

Δούμπος, Μ. (2007), Πολυκριτήρια Συστήματα Αποφάσεων, Σημειώσεις μαθήματος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά

Δούμπος, Μ. & Ζοπουνίδης, Κ. (2001), Πολυκριτηριακές τεχνικές ταξινόμησης-Θεωρία και εφαρμογές

Ματσατσίνης, Ν. (2010), Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων, Νέες Τεχνολογίες, Αθήνα

Μαυρωτάς, Γ., (2000), Πολυκριτηριακός προγραμματισμός σε συνθήκες αβεβαιότητας. Κατασκευή συστήματος υποστήριξης αποφάσεων και εφαρμογή στον ενεργειακό σχεδιασμό. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ

Λεώπουλος, Β., Κηρυττόπουλος, Κ., Βουλγαρίδου, Δ. και Διαμάντας, Β. (2007), Η διαδικασία δικτυακής ανάλυσης για την επιλογή της βέλτιστης προσφοράς στην κατασκευαστική βιομηχανία, κεφάλαιο στο Ματσατσίνης, Ν. και Ζοπουνίδης, Κ. (2007), Συστήματα Αποφάσεων με Πολλαπλά Κριτήρια, Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα σελ. 23-40

Οδηγία 2004/18/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 31ης Μαρτίου 2004 περί συντονισμού των διαδικασιών σύναψης δημόσιων συμβάσεων έργων, προμηθειών και υπηρεσιών

Οικονόμου, Γ. & Γεωργίου, Α. (1999), Ποσοτική ανάλυση για τη λήψη διοικητικών αποφάσεων, 1η έκδοση, Αθήνα

Σίσκος, Γ. (1998), Γραμμικός Προγραμματισμός, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών

Σπανός, Σ. (2004), Αναλυτική Μελέτη Πολυκριτηριακών Μεθόδων Λήψης Αποφάσεων, Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Αθήνα

Ταρσένης Σ., (2008), Εφαρμογή πολυκριτηριακής ανάλυσης για τη χωροθέτηση μονάδας εναλλακτικής διαχείρισης ΑΕΚΚ, Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη

## Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

Andreoli, M. and Tellarini, V. (2000) 'Farm sustainability evaluation: methodology and practice', *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 77 (1–2): 43–52

Baker, D., Bridges, D., Hunter, R., Johnson, G., Krupa, J., Murphy, J. and Sorenson, K. (2002) *Guidebook to Decision Making Methods*, Department of Energy, USA

Belton, V. and Stewart, T.J. (2002) *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*. Springer-Science + Business Media, B.V., Berlin, Heidelberg

Department for Communities and Local Government (2009), *Multi-criteria analysis: a manual*, London

Harris, R. (1998) *Introduction to Decision Making*, VirtualSalt

Janssen, R. (1992) *Multiobjective Decision Support for Environmental Management*, Dordrecht: Kluwer Academic

Mendoza, G.A. and Prabhu, R. (2000) 'Multiple criteria decision making approaches to assessing forest sustainability using criteria and indicators: a case study', *Forest Ecology and Management*, 131(1–3): 107–26

Roy, B. (1996) *Multicriteria Methodology Goes Decision Aiding*. Kluwer Academic Publishers, Berlin

Saaty, T.L. (2005), *Analytic Hierarchy Process*

Saaty, T.L. and Vargas, L.G. (2001) *Models, Methods, Concepts and Applications of the Analytic Hierarchy Process*, Kluwer Academic Publishers, Norwell



## Παράρτημα

Ποιον παράγοντα θεωρείται σημαντικότερο στη σύγκρισή του με τον άλλον (ανά ζεύγος συγκρίσεως), για τη βέλτιστη επιλογή για το έργο;																		
Τιμή της προσφοράς	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	<u>4</u>	5	6	7	8	9	Ασφάλεια στα έργα
Τιμή της προσφοράς	9	8	7	6	5	4	<u>3</u>	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Προηγούμενη εμπειρία
Τιμή της προσφοράς	9	8	7	6	5	<u>4</u>	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Προηγούμενη συνεργασία
Τιμή της προσφοράς	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	<u>5</u>	6	7	8	9	Τεχνική ικανότητα
Τιμή της προσφοράς	9	8	7	6	5	4	3	<u>2</u>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Διοικητική ικανότητα
Ασφάλεια στα έργα	9	8	7	6	5	<u>4</u>	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Προηγούμενη εμπειρία
Ασφάλεια στα έργα	9	8	7	6	5	<u>4</u>	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Προηγούμενη συνεργασία
Ασφάλεια στα έργα	9	8	7	6	5	4	3	2	1	<u>2</u>	3	4	5	6	7	8	9	Τεχνική ικανότητα
Ασφάλεια στα έργα	9	8	7	6	5	<u>4</u>	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Διοικητική ικανότητα
Προηγούμενη εμπειρία	9	8	7	6	5	4	3	<u>2</u>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Προηγούμενη συνεργασία
Προηγούμενη εμπειρία	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	<u>5</u>	6	7	8	9	Τεχνική ικανότητα
Προηγούμενη εμπειρία	9	8	7	6	5	4	3	2	1	<u>2</u>	3	4	5	6	7	8	9	Διοικητική ικανότητα
Προηγούμενη συνεργασία	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	<u>5</u>	6	7	8	9	Τεχνική ικανότητα
Προηγούμενη συνεργασία	9	8	7	6	5	4	3	2	1	<u>2</u>	3	4	5	6	7	8	9	Διοικητική ικανότητα
Τεχνική ικανότητα	9	8	7	6	<u>5</u>	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Διοικητική ικανότητα

Ποια από τις εταιρείες στην σύγκρισή της (ανά ζεύγος συγκρίσεως) με την άλλη υπερτερεί στην τεχνική ικανότητα;																			
Εταιρεία Α	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	<u>3</u>	4	5	6	7	8	9	Εταιρεία Β	
Εταιρεία Α	9	8	7	6	5	4	3	2	1	<u>2</u>	3	4	5	6	7	8	9	Εταιρεία Γ	
Εταιρεία Α	9	8	7	6	5	4	3	<u>2</u>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Εταιρεία Δ	
Εταιρεία Α	9	8	7	6	5	4	3	2	1	<u>2</u>	3	4	5	6	7	8	9	Εταιρεία Ε	
Εταιρεία Β	9	8	7	6	5	4	3	<u>2</u>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Εταιρεία Γ	
Εταιρεία Β	9	8	7	6	5	<u>4</u>	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Εταιρεία Δ	
Εταιρεία Β	9	8	7	6	5	4	<u>3</u>	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Εταιρεία Ε	
Εταιρεία Γ	9	8	7	6	5	4	<u>3</u>	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Εταιρεία Δ	
Εταιρεία Γ	9	8	7	6	5	4	3	<u>2</u>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Εταιρεία Ε	
Εταιρεία Δ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	<u>2</u>	3	4	5	6	7	8	9	Εταιρεία Ε	