ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

Διπλωματική Εργασία

ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΣΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΥΠΕΡΓΟΛΑΒΟΥ ΜΕΓΑΛΩΝ ΕΡΓΩΝ ΓΙΑ ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ

του

ΦΙΛΙΠΠΟΥ ΔΟΜΑΖΙΝΑΚΗ
ΑΜ: 53/08

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΑΝΔΡΕΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΥ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Υποβλήθηκε ως απαιτούμενο για την απόκτηση του μεταπτυχιακού διπλώματος ειδίκευσης στη Διοίκηση Επιχειρήσεων

Φεβρουάριος 2010

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΣΥΝΟΨΗ 1
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 2
1.1. Γενικά 2
1.2. Λήψη Αποφάσεων 2
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ 5
2.1. Γενικά 5
2.2. Διαδικασία επιλογής υπεργολάβου 5
2.3. Μέθοδοι Αξιολόγησης 9
2.4. Η διαδικασία της πολυκριτηριακής ανάλυσης 10
2.4.1. Καθορισμός συντελεστών βαρύτητας 13
2.4.2. Επιλογή του βέλτιστου σεναρίου 14
2.5. Πολυκριτηριακή θεωρία αξίας ή χρησιμότητας - Multi – Attribute Value or Utility Theory (MAUT) 14
2.6. Προσέγγιση σχέσεων υπεροχής - Outranking approaches 16
2.7. Ανασκόπηση μεθόδων επιλογής υπεργολάβων 23
3. ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΙΕΡΑΡΧΗΣΗΣ (AHP) 25
3.1. Γενικά 25
3.2. Ιστορική αναδρομή της μεθόδου AHP 26
3.3. Εισαγωγή στο μαθηματικό υπόβαθρο της AHP 27
3.4. Οι λειτουργίες της AHP 28
3.4.1 Η Δόμηση της Πολυπλοκότητας 28
3.4.2. Η μέτρηση σε αναλογική κλίμακα 29
3.4.3. Σύνθεση 30
3.5. Αρχές και αξιώματα της AHP 30
3.6. Μετρήσεις και Αναλογικές Κλίμακες στην AHP 32
3.6.1. Αναλογικές κλίμακες, αριθμητικές και γραφικές συγκρίσεις ανά ζεύγη 32
3.6.2. Φραστικές συγκρίσεις ανά ζεύγη 34
3.7. Στάθμιση κριτηρίων / εναλλακτικών επιλογών 36
3.8. Ανάλυση της AHP με τη βοήθεια παραδείγματος 37
3.8.1. Έλεγχος ασυνέπειας 43
3.9. Εφαρμογές της AHP 44
3.9.1. Προβλήματα επιλογής 45
3.9.2. Προβλήματα προτεραιότητας/αξιολόγησης 46
3.9.3. Προβλήματα Κατανομής Πόρων 47
3.9.4. Προβλήματα μέτρησης απόδοσης (Benchmarking) 48
3.9.5. Προβλήματα διαχείρισης ποιότητας 49
3.9.6. Προβλήματα αποφάσεων στο δημόσιο τομέα (Public Policy) 50
3.9.7. Προβλήματα στον τομέα της υγείας 50
3.9.8. Προβλήματα στρατηγικού σχεδιασμού (Strategic Planning) 51
3.10. Η κριτική της AHP 52
3.10.1. Η μέθοδοι DEAHP και LP-GFW 54
4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ 58
4.1. Γενικά 58
4.2. Σκοπός της δημιουργίας του μοντέλου AHP 58
4.3. Δόμηση της Ιεραρχίας 60
4.3.1. Τζίρος Υπεργολάβου 61
4.3.2. Πληρότητα μηχανολογικού εξοπλισμού 62
4.3.3. Τεχνική κατάρτιση και εμπειρία 62
4.3.4. Πνεύμα συνεργασίας 63

4.3.5. Ποιότητα κατασκευών 63
4.3.6. Αποκλειστικότητα 64
4.4. Το ιεραρχικό Μοντέλο 64
4.5. Περιγραφή της διαδικασίας 65
4.5.1. Βήμα 1^{ο} – Επιλογή στελεχών 65
4.5.2. Βήμα 2^{ο} – Διαμόρφωση ερωτηματολογίων, διανομή 66
4.5.3. Βήμα 3^{ο} – Έλεγχος ασυνέπειας 72
4.5.4. Βήμα 4^{ο} – Εύρεση Γεωμετρικών Μέσων 72
4.5.5. Εισαγωγή δεδομένων στο SuperDecisions 73
5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ 74
5.1. Εισαγωγή των δεδομένων στο SuperDecisions 74
5.2. Έλεγχος Ασυνέπειας 75
5.3. Εξαγωγή Γεωμετρικού Μέσου 79
5.3.1. Γενικά 79
5.3.2. Συμπλήρωση ερωτηματολογίου τζίρου 80
5.3.3. Συμπλήρωση ερωτηματολογίων σε επίπεδο γεωμετρικού μέσου 83
5.3.4. Έλεγχος ασυνέπειας σε επίπεδο δείγματος 85
5.3.5. Επίλυση του μοντέλου 90
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 97
6.1. Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων 97
6.2. Ανάλυση Ευαισθησίας 98
6.3. Θέματα προς περεταίρω διερεύνηση 102
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 104
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι 111
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ 119

ΣΥΝΟΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη των πολυκριτηριακών μεθόδων, η διεξαγωγή μια εις βάθος περιγραφής και επεξήγησης της μεθόδου της αναλυτικής ιεράρχησης (Analytical Hierarchy Process ή AHP) του Saaty 1980, καθώς και η πρακτική εφαρμογή της σε βιομηχανική μονάδα με σκοπό τον προσδιορισμό και την επιλογή του καταλληλότερου υπεργολάβου για ανάληψη κατασκευαστικών εργασιών για λογαριασμό της επιχείρησης.

Αρχικά γίνεται εκτενής αναφορά στη μέθοδο της αναλυτικής ιεράρχησης και στο μαθηματικό υπόβαθρο το οποίο την διέπει. Για την καλύτερη κατανόηση της μεθόδου δίνεται παράδειγμα εφαρμογής της AHP, ενώ τέλος επιχειρείται η μοντελοποίηση του προβλήματος προς επίλυση για λογαριασμό της βιομηχανικής μονάδας. Το λογισμικό το οποίο χρησιμοποιείται για την εφαρμογή της μεθόδου και την επεξεργασία των ερωτηματολογίων είναι το Super Decisions.

Με την μέθοδο της αναλυτικής ιεράρχησης θα επιχειρηθεί η ιεράρχηση των κριτηρίων μέσω των οποίων θα γίνει η τελική επιλογή του υπεργολάβου, με βάση τις υποκειμενικές εκτιμήσεις στελεχών της βιομηχανικής μονάδας, συμπληρώνοντας ειδικά διαμορφωμένα ερωτηματολόγια. Οι ζευγαρωτές συγκρίσεις των κριτηρίων και ο έλεγχος της ασυνέπειας των κρίσεων, όπως υπολογίζεται από την μέθοδο AHP, θα δώσουν τελικά μια αντικειμενικά αξιόπιστη απάντηση ως προς την τελική επιλογή του υπεργολάβου.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Γενικά

Όλοι οι άνθρωποι κάποια στιγμή έρχονται αντιμέτωποι στη ζωή τους με κάποια κρίσιμη απόφαση. Ακόμα και για τα πιο απλά θέματα τα οποία καθημερινά χειριζόμαστε, χρειάζεται να πάρουμε κάποιου είδους απόφαση, είτε συνειδητά είτε όχι. Έτσι, διαρκώς συγκεντρώνουμε πληροφορίες, τις οποίες χρησιμοποιούμε σαν δεδομένα για να μας βοηθήσουν να αποφασίσουμε για κάθε ζήτημα που αντιμετωπίζουμε στην καθημερινότητά μας (Saaty, 2008).

Δεν είναι όμως όλες οι πληροφορίες χρήσιμες για την βελτίωση της κατανόησής μας περί διαφόρων θεμάτων και επίσης δεν είναι όλες απαραίτητες για την λήψη μιας απόφασης. Αν οι αποφάσεις λαμβάνονται μόνο διαισθητικά, τότε είναι λογική η εκτίμηση ότι όσες περισσότερες πληροφορίες υπάρχουν τόσο καλύτερες αποφάσεις μπορούν να παρθούν. Αυτή όμως η εκτίμηση δεν είναι σωστή. Υπάρχουν πολλά παραδείγματα, στα οποία αποδεικνύεται ότι μεγάλος όγκος πληροφορίας είναι εξίσου αρνητικό στοιχείο με την ελλιπή πληροφόρηση. Εν κατακλείδι, η γνώση περισσότερων ζητημάτων περί ενός θέματος δεν εξασφαλίζει και την καλύτερη κατανόηση του θέματος.

Για να παρθεί μια απόφαση θα πρέπει να είναι γνωστό το πρόβλημα το οποίο τίθεται προς επίλυση, η ανάγκη καθώς και ο σκοπός για τον οποίο θα ληφθεί η συγκεκριμένη απόφαση. Επίσης θα πρέπει να είναι γνωστά τα κριτήρια της απόφασης, τα υποκριτήρια, οι συμμετέχοντες και οι άμεσα εμπλεκόμενες ομάδες καθώς και οι εναλλακτικές ενέργειες που μπορούν να παρθούν και στη συνέχεια επιχειρείται να καθοριστεί η καλύτερη εναλλακτική ενέργεια.

1.2. Λήψη Αποφάσεων

Η λήψη αποφάσεων αποτελεί πλέον μια διαδικασία, η οποία κάνει χρήση των μαθηματικών για την εξαγωγή αποτελεσμάτων (Figuera et al., 2005). Τυποποιεί και επισημοποιεί τη σκέψη μας, εξαλείφοντας μη διαφανείς διεργασίες, προσδίδοντας έτσι μια εμφανή αντικειμενικότητα στο αποτέλεσμα της απόφασης. Είναι απαραίτητο να

γνωρίζουμε τα βασικά σημεία αυτής της πολύτιμης διαδικασίας, με την οποία η φύση μας έχει προικίσει, δίνοντάς μας την ικανότητα να επιβιώνουμε.

Η διαδικασία λήψης αποφάσεων εμπεριέχει πολλά κριτήρια και υποκριτήρια, τα οποία είναι απαραίτητα για την κατάταξη των εναλλακτικών επιλογών – ενεργειών. Έτσι όχι μόνο χρειάζεται να δημιουργηθούν προτεραιότητες (priorities) για τις εναλλακτικές επιλογές σε σχέση με τα κριτήρια ή τα υποκριτήρια που χρησιμοποιούνται για να καταταχθούν αυτές οι εναλλακτικές επιλογές, αλλά και για τα ίδια τα κριτήρια σε σχέση με έναν υψηλότερο στόχο που είναι ο τελικός στόχος μιας επιτυχημένης απόφασης. Τα κριτήρια ενδέχεται να είναι ασαφή και ακαθόριστα, κάτι το οποίο συμβαίνει συχνά όταν δεν υπάρχει ποσοτικοποίηση του κριτηρίου. Αυτή η ασάφεια είναι που προσδίδει ένα ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην διαδικασία λήψης απόφασης, αφού η απόφαση θα πρέπει να στηρίζεται σε μια αντικειμενική διαδικασία το αποτέλεσμα της οποίας δεν θα επιδέχεται αμφισβήτηση.

Η μέτρηση άυλων (intangible) παραγόντων προβληματίζει για πολλά χρόνια τώρα την ανθρώπινη κατανόηση. Οι αριθμοί και οι μετρήσεις αποτελούν τον πυρήνα των μαθηματικών και τα μαθηματικά είναι απαραίτητα για την επιστήμη. Μέχρι σήμερα, τα μαθηματικά υποθέτουν ότι σε όλα τα πράγματα μπορούν να ανατεθούν αριθμοί σε ένα εύρος από το μείων έως το συν άπειρο και ότι η μαθηματική μοντελοποίηση της πραγματικότητας μπορεί να περιγραφεί με την χρήση των αξόνων και της γεωμετρίας. Βέβαια, όλα αυτά στοιχειοθετούνται στην υπόθεση ότι είναι διαθέσιμοι οι απαραίτητοι παράγοντες για την σωστή μοντελοποίηση και ότι οι παράγοντες αυτοί είναι μετρήσιμοι (Saaty, 2008).

Το πρόβλημα όμως έγκειται στο ότι υπάρχουν πολλοί περισσότεροι και σημαντικοί μη μετρήσιμοι παράγοντες από αυτούς που είναι εύκολο να μετρηθούν. Γνωρίζοντας τον τρόπο να μετρηθούν αυτοί οι μη συγκεκριμενοποιημένοι παράγοντες θα οδηγούσε στην ανάπτυξη νέων θεωριών, πολύ χρήσιμων για την ποσοτικοποίηση τέτοιων παραγόντων και έτσι θα υπήρχε η δυνατότητα για εξήγηση πολλών περισσοτέρων θεμάτων με τη βοήθεια ενός μεγάλου όγκου παραγόντων ποσοτικών αλλά και ποιοτικών (intangible). Οι αριθμητικές μετρήσεις με τη σειρά τους είναι σημαντικές αλλά με βάση την προτεραιότητα που τους δίνουμε ανάλογα με το πώς εκτιμούμε ότι αυτές συνεισφέρουν

στο τελικό αποτέλεσμα. Έτσι, οι μετρήσεις αυτές δεν έχουν την ίδια βαρύτητα για όλα τα προβλήματα, αλλά υπάρχει μια σχετικότητα. Είναι λοιπόν απαραίτητο να υπάρχει γνώση γύρω από την εξαγωγή σχετικών προτεραιοτήτων κατά την διαδικασία της λήψης αποφάσεων.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1. Γενικά

Είναι χρήσιμο να περιγραφεί ο τρόπος με τον οποίο ανατίθενται τα έργα στον σύγχρονο κόσμο από ιδιώτες, το δημόσιο και τις τεχνικές εταιρίες. Οι προαναφερθέντες, όταν πρόκειται να ξεκινήσουν την κατασκευή κάποιου έργου θα πρέπει να αναθέσουν τις επιμέρους εργασίες σε διάφορους υπεργολάβους, οι οποίοι με τη σειρά τους δεσμεύονται μέσω συμβολαίου να εκτελέσουν το έργο τους μέσα στον προκαθορισμένο χρόνο και προϋπολογισμό που έχει τεθεί εξ' αρχής, διατηρώντας παράλληλα την ποιότητα μέσα στις απαιτούμενες προδιαγραφές.

2.2. Διαδικασία επιλογής υπεργολάβου

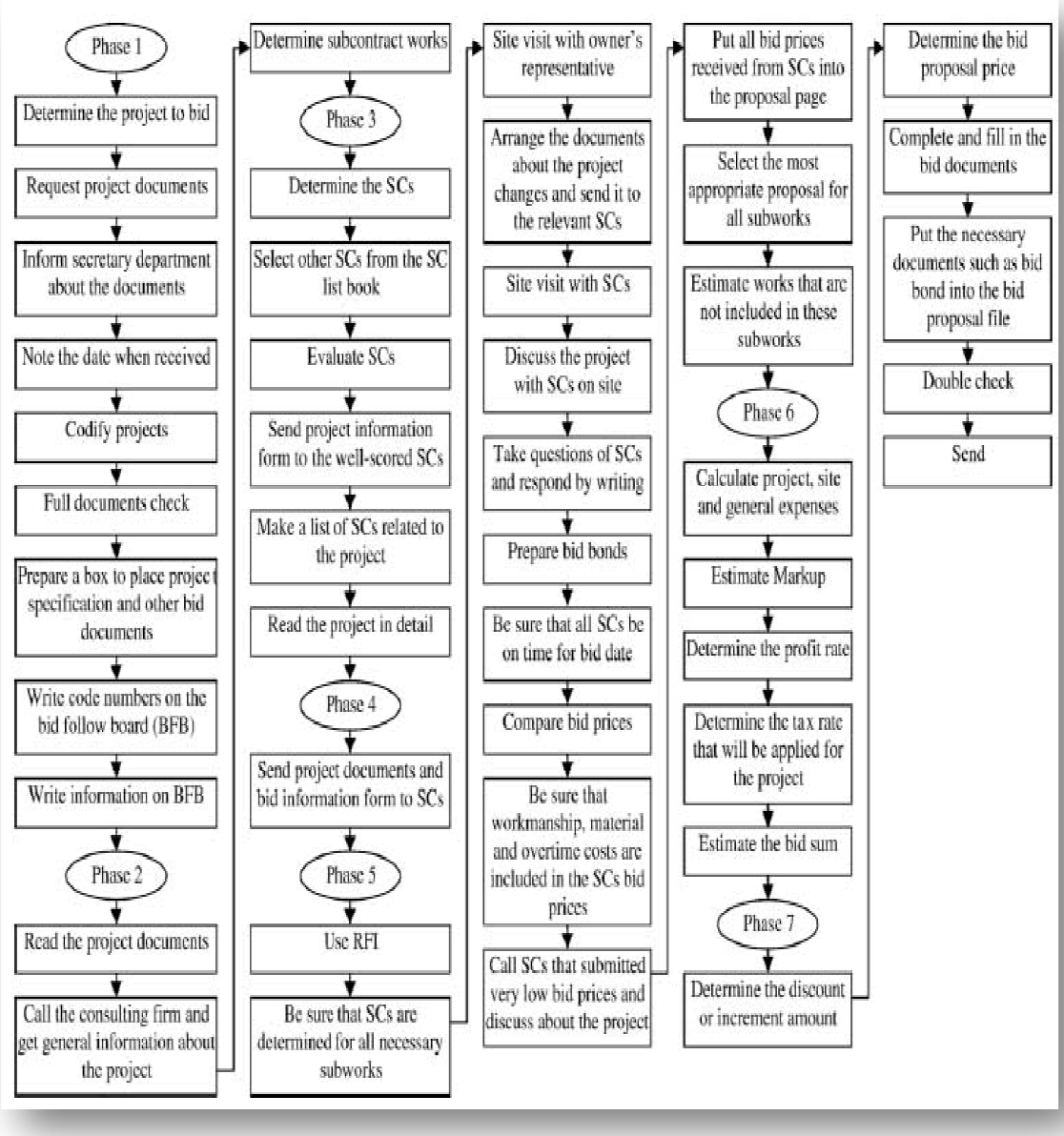
Μια από τις πιο σημαντικές φάσεις στην κατασκευαστική βιομηχανία αποτελεί η διαδικασία υποβολής και έγκρισης προσφορών υπεργολάβων (bidding process). Κατά την διαδικασία αυτή, η επιλογή των πλέον κατάλληλων υπεργολάβων που θα αναλάβουν την διεκπεραίωση των επιμέρους εργασιών ενός έργου, κρίνεται ως εξαιρετικά κρίσιμη απόφαση, καθότι επηρεάζει την συνολική εκτέλεση του έργου. Προκειμένου μια κατασκευαστική εταιρία να ετοιμάσει μια σωστή διαδικασία για την επιλογή υπεργολάβων θα πρέπει να έχει στη διάθεσή της χρηματοοικονομικά και τεχνικά στοιχεία των υποψήφιων υπεργολάβων. Είναι σαφές δηλαδή ότι θα πρέπει να συμπεριλάβει αρκετούς παράγοντες κατά την διαδικασία της επιλογής. Αυτοί οι παράγοντες μπορεί να περιλαμβάνουν την ποιότητα της παραγωγής, την παραγωγικότητα, την ύπαρξη έμπειρων στελεχών, την φήμη του υπεργολάβου, την πρόσβαση στην εταιρία, την έγκαιρη ολοκλήρωση του έργου, κλπ.

Η μέθοδος της υπεργολαβίας χρησιμοποιείται σε μεγάλη έκταση στην κατασκευαστική βιομηχανία. Επιτρέπει στους ανάδοχους εργολάβους την πρόσληψη του ελάχιστου δυνατού προσωπικού, καθώς επίσης προωθεί την εξειδίκευση (Maturama et al., 2005). Πολλοί ανάδοχοι ασκούν μόνο το ρόλο του συμβούλου, προσλαμβάνοντας υπεργολάβους για σχεδόν ολόκληρο τον όγκο της δουλειάς ενός έργου (Shash, 1998).

Η αξιολόγηση των υπεργολάβων αποτελεί στάδιο ζωτικής σημασίας στον κύκλο ζωής ενός έργου. Όσο τα κατασκευαστικά έργα γίνονται ολοένα και πιο σύνθετα, η ανάγκη για αξιολόγηση της επίδοσης των υπεργολάβων εξελίσσεται σε ιδιαίτερα κρίσιμο παράγοντα επιτυχίας. Ισχύει σαφώς και το αντίστροφο, ότι δηλαδή η υποβολή προσφορών από υπεργολάβους σε ανάδοχες κατασκευαστικές εταιρίες, αποτελεί κρίσιμο σημείο διαφοροποίησης από τους ανταγωνιστές υπεργολάβους, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για επιχείρηση με διεθνείς βλέψεις και στόχους διεθνοποίησης (Dikmen and Birgonul, 2004). Αυτό σημαίνει ότι ο υποψήφιος υπεργολάβος θα πρέπει να ετοιμάσει μια όσο το δυνατόν τελειότερη προσφορά σε όσο το δυνατόν μικρότερο χρονικό διάστημα. Σε αυτή τη φάση καθορίζεται και το κέρδος του υπεργολάβου εφόσον του ανατεθεί η υπεργολαβία. Είναι εμφανές ότι η σωστή κοστολόγηση και η γνώση όλων των παραμέτρων που συνοδεύουν το έργο αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες ως προς το δυνητικό κέρδος του υπεργολάβου.

Αυτό που συνήθως συμβαίνει στον κατασκευαστικό τομέα, είναι ότι οι ανάδοχες εταιρίες αναθέτουν τις υπεργολαβίες με βάση την τιμή, έτσι ο μειοδότης υπεργολάβος αναλαμβάνει το έργο. Αυτή η πρακτική όμως ενέχει σημαντικούς κινδύνους. Δεν είναι λίγες οι φορές που κατασκευαστικά έργα έχουν αποτύχει λόγω λανθασμένης επιλογής υπεργολάβου, επιλογή η οποία βασίστηκε αποκλειστικά στην τιμή. Οι ανάδοχες εταιρίες θα πρέπει να είναι δίκαιες και να αντιμετωπίζουν τους υποψήφιους υπεργολάβους με αντικειμενικότητα. Η ατυχείς επιλογές υπεργολάβων είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε απαξίωση του κατασκευαστικού τομέα γενικότερα, αφού έτσι θα εκλείψει το ενδιαφέρον για ποιοτική εργασία. Οι «φθηνοί» υπεργολάβοι είναι δυνατόν να βλάψουν την ανάδοχη εταιρία με μια ενδεχόμενη αδυναμία τους ως προς την ολοκλήρωση του έργου που τους έχει ανατεθεί, για αυτόν το λόγο απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή κατά την ανάθεση της υπεργολαβίας.

Στην *Εικόνα 2.1* διακρίνεται μια τυπική διαδικασία προετοιμασίας προσφοράς (bidding process) εκ μέρους της αναδόχου εταιρίας. Στο διάγραμμα ροής της εικόνας διακρίνονται όλες οι φάσεις της διαδικασίας (Gokhan et al., 2008).

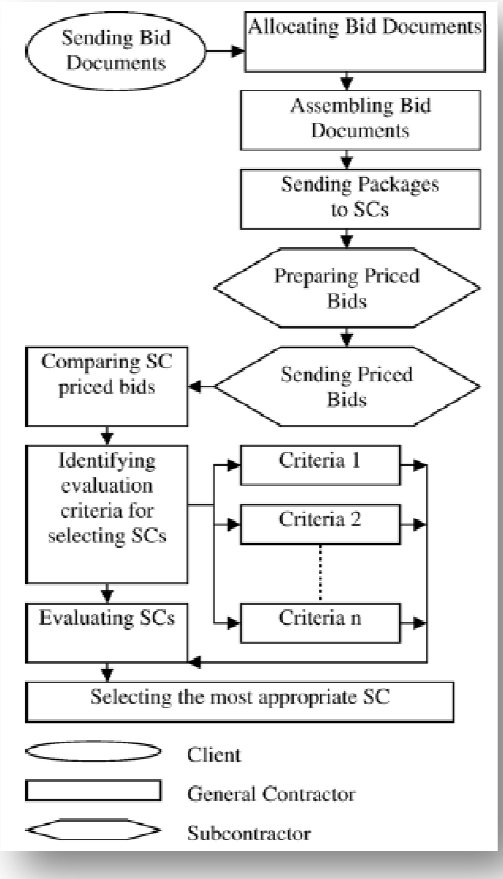


Εικόνα 2.1

Στην *Εικόνα 2.2* παριστάνεται το αντίστοιχο διάγραμμα ροής της διαδικασίας όσον αφορά την αποστολή της προσφοράς του υπεργολάβου προς την ανάδοχη εταιρία. (Gokhan et al., 2008). Το σύνηθες κριτήριο επιλογής κατά την παραδοσιακή αντιμετώπιση των προσφορών είναι η ανάθεση στον μειοδότη.

Μια τέτοια όμως επιλογή, βασιζόμενη μόνο σε αυτό το κριτήριο, μπορεί να δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα στον ανάδοχο με αρνητικές μακροπρόθεσμες προοπτικές. Είναι σχετικά εύκολο για τους υπεργολάβους να εισέλθουν στην κατασκευαστική βιομηχανία αλλά δυστυχώς πολλοί από αυτούς δεν έχουν την απαραίτητη εμπειρία και τεχνογνωσία

για να ανταπεξέλθουν ικανοποιητικά στα έργα, αλλά λόγω του μοναδικού κριτηρίου της τιμής, αναλαμβάνουν τελικά υπο-έργα που δεν μπορούν να ολοκληρώσουν. Η επιλογή λοιπόν υπεργολάβων χωρίς μια συστηματική προσέγγιση είναι δυνατόν να προξενήσει προβλήματα στην ποιότητα της δουλειάς, καθυστερήσεις στην ολοκλήρωση του έργου καθώς και επιπρόσθετα κόστη. Γίνεται λοιπόν σαφές, ότι η παραδοσιακή προσέγγιση κατά την επιλογή υπεργολάβου με γνώμονα μόνο το κόστος της προσφοράς, κρίνεται ανεπαρκής και ενδεχομένως επικίνδυνη.



Εικόνα 2.2

Συνοψίζοντας, κατά την παραδοσιακή προσέγγιση ανάθεσης της υπεργολαβίας, τα παρακάτω προβλήματα συνήθως παρουσιάζονται (Shiau et al., 2000):

- Οι μηχανικοί τις περισσότερες φορές προτιμούν να επιλέξουν γνωστούς υπεργολάβους με τους οποίους έχουν συνεργαστεί στο παρελθόν και έτσι δεν ωφελείται στο μέγιστο η ανάδοχη εταιρία.
- Η πρόσκληση για συμμετοχή στην διαδικασία κατάθεσης προσφορών πολλές φορές δεν φτάνει σε όλους τους πιθανούς υπεργολάβους, με αποτέλεσμα πολλοί από αυτούς να μην έχουν την δυνατότητα κατάθεσης προσφοράς προς την ανάδοχη εταιρία.
- Πολλές φορές λόγω του κλειστού κύκλου των συμμετεχόντων υπεργολάβων, ενδεχομένως να παρουσιάζονται φαινόμενα σκευωρίας ή χρηματισμού, μειώνοντας έτσι το κέρδος της αναδόχου κατασκευαστικής εταιρίας.

2.3. Μέθοδοι Αξιολόγησης

Όπως προκύπτει από τη σχετική βιβλιογραφία (Rossi and Freeman, 1993), δεν υπάρχει μία μόνο μέθοδος αξιολόγησης ικανή να αντιμετωπίσει με συνέπεια πολλά και διαφορετικού περιεχομένου προγράμματα, σχέδια ή πολιτικές, που αφορούν στη λήψη σχετικών αποφάσεων. Η επιλογή της μεθόδου εξαρτάται από το ίδιο το αντικείμενο, τις συγκεκριμένες συνθήκες διαμόρφωσής του, το υπάρχον πληροφοριακό υπόβαθρο κ.λπ.

Την τελευταία τεσσαρακονταετία έχουν αναπτυχθεί πολυκριτηριακές μέθοδοι για την αντιμετώπιση σύνθετων προβλημάτων λήψης αποφάσεων, στα οποία πολλές εναλλακτικές δράσεις (παρεμβάσεις, έργα, προτάσεις, σενάρια) πρέπει να αξιολογηθούν ως προς διάφορα ποσοτικού ή/και ποιοτικού χαρακτήρα κριτήρια (Keeney and Raiffa, 1976). Η πλειονότητα αυτών των μεθόδων ανήκει στις δύο μεγάλες σχολές των πολυκριτηριακών μεθόδων, την αμερικανική και την ευρωπαϊκή.

Με αφετηρία την αξιωματική θεμελίωση των αποφάσεων από τους Neumann et al. (1944) και θεμελιωμένη από τους Keeney and Raiffa (1976), η αμερικανική σχολή πρότεινε διάφορες πρακτικές μεθόδους στη βάση της MAUT (Multiattribute Utility Theory), όπως την οικογένεια των μεθόδων SMART (Edwards and Barron, 1994). Η αμερικανική προσέγγιση εστιάστηκε στις σταθμιστικές μεθόδους οι οποίες ανάγουν μια πολυδιάστατη αξιολόγηση σε μονοδιάστατη μέσω της ανάπτυξης μιας συνθετικής συνάρτησης χρησιμότητας (composite utility function), με την οποία τα κριτήρια εξισορροπούνται μεταξύ τους. Ο προσδιορισμός της συνθετικής συνάρτησης χρησιμότητας προϋποθέτει ότι θα καθοριστούν συναρτήσεις χρησιμότητας για κάθε κριτήριο, καθώς και βάρη για κάθε τέτοια συνάρτηση. Ο λήπτης αποφάσεων διατυπώνει τις προτιμήσεις του όσον αφορά στις εναλλακτικές δράσεις με τις επιμέρους συναρτήσεις χρησιμότητας, η δε συνθετική συνάρτηση χρησιμότητας παρέχει δείκτες, οι οποίοι εκφράζουν τη συνολική αποτίμηση των εναλλακτικών δράσεων. Στα υπέρ αυτής της προσέγγισης πρέπει να αναφερθούν, πρώτον, ότι εδράζεται σε αξιωματική θεμελίωση που εξασφαλίζει συνέπεια στις αξιολογήσεις και, δεύτερον, ότι επιτρέπει την εύκολη εισαγωγή νέων κριτηρίων και νέων εναλλακτικών δράσεων. Από την άλλη, σοβαρές δυσκολίες έχουν επισημανθεί όσον αφορά στη δυνατότητα διατύπωσης των συναρτήσεων χρησιμότητας, επειδή οι λήπτες των αποφάσεων δεν έχουν σαφή εικόνα των προτιμήσεων και των αξιών τους (Αναγνωστόπουλος et al., 2001).

Η ευρωπαϊκή σχολή, με αφετηρία το έργο του Γάλλου Roy (1985) και συνεισφορές από επιστήμονες άλλων ευρωπαϊκών χωρών, ανέπτυξε μη σταθμιστικές μεθόδους (όπως τις οικογένειες των μεθόδων ELECTRE, PROMETHEE, REGIME) στις οποίες η εξισορρόπηση των κριτηρίων είναι περιορισμένη (Brans et al., 1986). Η φιλοσοφία της ευρωπαϊκής σχολής είναι εντελώς διαφορετική από εκείνη της αμερικανικής, δεδομένου ότι οι προτεινόμενες μέθοδοι:

1. Αποβλέπουν να βοηθήσουν τη λήψη των αποφάσεων και όχι να εντοπίσουν τη βέλτιστη επιλογή.
2. Δεν στηρίζονται μεν σε ισχυρή αξιωματική θεμελίωση, αλλά ο πραγματιστικός τους χαρακτήρας επέτρεψε να ενσωματώσουν πολλές διαστάσεις της πραγματικής λήψης των αποφάσεων.

Οι μέθοδοι εδράζονται στην έννοια του «outranking»: η εναλλακτική δράση Α υπερισχύει της Β, όταν αφενός υπερτερεί της Β ως προς αρκετά κριτήρια επαρκούς σπουδαιότητας και αφετέρου δεν υστερεί σημαντικά της Β ως προς τα άλλα κριτήρια. Η αξιολόγηση ενδέχεται να καταλήξει στο συμπέρασμα ότι δύο εναλλακτικές δράσεις δεν είναι συγκρίσιμες μεταξύ τους, χαρακτηριστικό των μεθόδων που καταγράφεται στα θετικά τους, αφού ένα τέτοιο συμπέρασμα παρέχει πρόσθετες πληροφορίες στο λήπτη των αποφάσεων. Από την άλλη, οι μέθοδοι αυτές γενικά θεωρούνται δυσνόητες, επειδή απαιτούν από το λήπτη των αποφάσεων να εκτιμήσει τις τιμές παραμέτρων κεντρικής μεν σημασίας αλλά τεχνικού χαρακτήρα, των οποίων η επιρροή στα αποτελέσματα δεν γίνεται πάντοτε κατανοητή.

2.4. Η διαδικασία της πολυκριτηριακής ανάλυσης

Η πολυκριτηριακή ανάλυση μπορεί να ορισθεί ως μία συστηματική και μαθηματικά τυποποιημένη προσπάθεια επίλυσης προβλημάτων που προκύπτουν από αντικρουόμενους στόχους. Η ικανοποίηση των στόχων αυτών δεν μπορεί να είναι πλήρης. Οι διαθέσιμες επιλογές σε ένα τέτοιο πρόβλημα παρουσιάζουν άριστη επίδοση μόνο ως προς έναν ή περισσότερους – αλλά ποτέ ως προς όλους – τους στόχους, γιατί τότε δεν θα υπήρχε πρόβλημα απόφασης: η επιλογή που θα ικανοποιούσε μια τέτοια συνθήκη θα ήταν η άριστη. Είναι αναγκαίος λοιπόν ένας συμβιβασμός μεταξύ των αλληλοσυγκρουόμενων στόχων. Πρέπει δηλαδή ο υπεύθυνος για τη λήψη της απόφασης, να επιλέξει τον ή τους

στόχους, τους οποίους επιθυμεί να βελτιστοποιήσει, καθώς και τις αντισταθμιστικές απώλειες που είναι διατεθειμένος να αποδεχθεί ως προς τους υπόλοιπους στόχους. Η έννοια του συμβιβασμού και κατ' επέκταση της συμβιβαστικής λύσης – σε αντιδιαστολή προς την άριστη λύση – δηλώνει το χαρακτήρα των αποφάσεων – λύσεων, που αναζητούνται στα πολυκριτηριακά προβλήματα. Οι λύσεις αυτές είναι άριστες μόνο κατά την άποψη του ατόμου που αποφασίζει για την επιλογή και χαρακτηρίζονται συχνά ως ικανοποιητικές (satisfactory) αντί άριστες (optimal) (Yeh et al., 1999).

Η επιστημονική περιοχή της πολυκριτηριακής ανάλυσης περιλαμβάνει κατ' αρχήν ένα θεωρητικό υπόβαθρο, στο οποίο αναπτύσσεται η βασική λογική για την προσέγγιση τέτοιου είδους προβλημάτων. Ακόμη προσδιορίζονται τα κύρια δομικά στοιχεία του προβλήματος και αναλύονται οι βασικές τους ιδιότητες. Με βάση αυτό το θεωρητικό υπόβαθρο έχει αναπτυχθεί ένα πλήθος τεχνικών, κατάλληλων για την αντιμετώπιση ενός μεγάλου εύρους προβλημάτων που προκύπτουν στην πράξη. Αν και η ταξινόμηση των τεχνικών αυτών σε ιδιαίτερες κατηγορίες δεν είναι αυστηρή, διακρίνονται τρεις βασικές ομάδες μεθόδων:

- Πολυκριτηριακή ιεράρχηση επιλογών
- Πολυκριτηριακός μαθηματικός προγραμματισμός
- Πολυκριτηριακή θεωρία χρησιμότητας

Το βασικό στοιχείο που διαφοροποιεί τις δύο πρώτες κατηγορίες είναι το είδος του συνόλου των επιλογών. Συγκεκριμένα, η πρώτη κατηγορία εφαρμόζεται σε προβλήματα που εξετάζουν ένα πεπερασμένο σύνολο διακριτών επιλογών, ενώ η δεύτερη κατά κανόνα σε προβλήματα με συνεχές σύνολο άπειρου αριθμού επιλογών, στα οποία κατ' αναλογία με τα προβλήματα γραμμικού μονοκριτηριακού προγραμματισμού, οι μεταβλητές απόφασης μπορεί να παίρνουν οποιαδήποτε τιμή εντός ενός καθορισμένου πεδίου. Τέλος, η τρίτη κατηγορία μεθόδων εφαρμόζεται και σε συνεχές και σε διακριτό σύνολο επιλογών και στηρίζεται στη λογική της αναγωγής του πολυκριτηριακού σε μονοκριτηριακό πρόβλημα μέσω του προσδιορισμού μιας συνολικής συνάρτησης χρησιμότητας που συνθέτει τις επιμέρους (ανά κριτήριο) προτιμήσεις που αποφασίζονται σε ένα ενιαίο μέτρο με βάση το οποίο προχωράει στη λήψη της απόφασης.

Όσον αφορά στην ταυτοποίηση προβλημάτων πολυκριτηριακής ανάλυσης επισημαίνεται το εξής: Κάθε πρόβλημα προσδιορίζεται από ορισμένα δομικά χαρακτηριστικά, που απορρέουν είτε από την ίδια τη φύση του προβλήματος είτε από τις απόψεις και τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα. Η ταυτοποίηση του αντικειμένου της πολυκριτηριακής ανάλυσης ως προς τα χαρακτηριστικά αυτά αποτελεί ένα πρώτο στάδιο της αναλυτικής διαδικασίας, που διευκολύνει την κατανόηση του προβλήματος και επιτρέπει την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου επίλυσης. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται:

1. Στο στάδιο δόμησης του προβλήματος:

- καθορισμός του προβλήματος και επιλογή των πιθανών εναλλακτικών σεναρίων,
- επιλογή των κριτηρίων,
- μέτρηση των επιδόσεων και ταξινόμηση των κριτηρίων,
- εκτίμηση της βαρύτητας του κάθε κριτηρίου,
- δημιουργία του μοντέλου αξιολόγησης,
- καθορισμός των πιθανών περιοριστικών παραμέτρων ανάλογα με το αντικείμενο του εξεταζόμενου προβλήματος,
- τελική ταξινόμηση των εξεταζόμενων σεναρίων κατά σειρά βαθμολογίας με βάση τα χαρακτηριστικά του μοντέλου που θα επιλεχθεί (το σενάριο με την υψηλότερη βαθμολογία αντιστοιχεί στην ευνοϊκότερη περίπτωση).

2. Στο στάδιο ανάλυσης των αποτελεσμάτων:

- ανάλυση ευαισθησίας της λύσης,
- προσδιορισμός της σύγκρουσης των κριτηρίων.

Το μαθηματικό μοντέλο υποβοηθά τον λήπτη της απόφασης στην αναζήτηση της βέλτιστης λύσης και στην καλύτερη κατανόηση της διαδικασίας και των συνεπειών της απόφασής του.

Ορισμένα χαρακτηριστικά σημεία που πρέπει να αναφερθούν σε σχέση με το πρόβλημα είναι τα εξής:

- Τα βασικά στοιχεία του προβλήματος είναι ο πίνακας αξιολόγησης που περιλαμβάνει ένα σύνολο διακριτών επιλογών, ένα σύνολο κριτηρίων αξιολόγησης και την επίδοση της κάθε επιλογής στο αντίστοιχο κριτήριο και το σύστημα προτιμήσεων του λήπτη της απόφασης που εμπεριέχει τη σχετική βαρύτητα των

κριτηρίων, την κατεύθυνση προτίμησης των επιδόσεων (ελάχιστο ή μέγιστο) και τα όρια ανοχής.

Το ζητούμενο από την επίλυση του προβλήματος είναι:

- ο προσδιορισμός της σχετικά βέλτιστης λύσης,
- η ιεράρχηση του συνόλου των λύσεων,
- η ταξινόμηση των λύσεων σε ομάδες.

Σχετικά με τις μεθόδους επίλυσης του προβλήματος έχουμε τα παρακάτω:

- μέθοδοι σύνθεσης των επιδόσεων: αναγωγή σε μονοκριτηριακό πρόβλημα, όπου το ένα κριτήριο εκφράζει τη συνολική χρησιμότητα της επιλογής,
- μέθοδοι ιεράρχησης των επιλογών: δυαδική σύγκριση των επιλογών σε κάθε κριτήριο και διατύπωση σχέσεων επικράτησης.

2.4.1. Καθορισμός συντελεστών βαρύτητας

Ο βαθμός σπουδαιότητας των εφαρμοζόμενων κριτηρίων για την αξιολόγηση των διαφόρων εναλλακτικών σεναρίων καθορίζεται από το συντελεστή βαρύτητας που αποδίδεται στα κριτήρια αυτά. Ανάλογα με την περίπτωση, χρησιμοποιούνται είτε άμεσοι συντελεστές βαρύτητας είτε έμμεσοι. Οι άμεσοι συντελεστές βαρύτητας χρησιμοποιούνται στην περίπτωση που ο αριθμός των κριτηρίων είναι μικρός και είναι δυνατή η επιλογή τέτοιων συντελεστών. Οι έμμεσοι συντελεστές βαρύτητας προσδιορίζονται με την ταξινόμηση των κριτηρίων κατά σειρά σπουδαιότητας, την απόδοση ενός συνολικού συντελεστή ή ενός μέγιστου συντελεστή βαρύτητας και στη συνέχεια τον προσδιορισμό των συντελεστών σε σχέση με το άθροισμα όλων μαζί ή σε σχέση με το μεγαλύτερο συντελεστή. Επιπλέον, είναι δυνατή η χρήση κριτηρίων, στα οποία δεν έχει αποδοθεί συντελεστής βαρύτητας (Poyhonen and Hamalaien, 2001).

Οι συντελεστές βαρύτητας αντικατοπτρίζουν το σύστημα αξιών και προτιμήσεων του λήπτη αποφάσεων. Δηλαδή, ο προσδιορισμός της σπουδαιότητας του κάθε κριτηρίου βασίζεται στην ιδιαίτερη σημασία που δίνουν οι ενδιαφερόμενοι φορείς για κάθε κριτήριο. Συνεπώς, ανάλογα με το είδος του προβλήματος είναι δυνατό να παρουσιάζουν μεγαλύτερη σημασία για τους ενδιαφερόμενους φορείς τα περιβαλλοντικά κριτήρια σε σχέση με τα οικονομικά ή το αντίστροφο. Έτσι, για τον προσδιορισμό των συντελεστών βαρύτητας απαιτείται η προσεκτική ιεραρχική ταξινόμηση των διαφόρων κριτηρίων από

τους ενδιαφερόμενους φορείς.

2.4.2. Επιλογή του βέλτιστου σεναρίου

Έχει αναπτυχθεί μεγάλος αριθμός μεθόδων και υπολογιστικών προγραμμάτων, τα οποία είναι δυνατό να προσδιορίσουν το βέλτιστο σενάριο για κάθε πρόβλημα. Οι μέθοδοι αυτές βασίζονται στην εκτίμηση της συνολικής απόδοσης ενός σεναρίου με βάση τις επιμέρους επιδόσεις σε κάθε κριτήριο και μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής:

1. Υπολογισμός της συνολικής προτίμησης για κάθε σενάριο. Στην περίπτωση αυτή, η επιλογή του βέλτιστου σεναρίου βασίζεται στην επιλογή του σεναρίου, που παρουσιάζει την υψηλότερη βαθμολογία ανεξάρτητα από τα επιμέρους κριτήρια.
2. Προσέγγιση της προτίμησης ενός σεναρίου σε σχέση με ένα άλλο, η οποία βασίζεται στη δοκιμή της υπόθεσης, ότι ένα σενάριο (α) είναι καλύτερο από ένα σενάριο (β), εφόσον το σενάριο (α) είναι τουλάχιστον τόσο καλό (ή όχι χειρότερο) από το σενάριο (β). Η προσέγγιση αυτή στηρίζεται στη δυαδική σύγκριση των επιλογών σε κάθε μεμονωμένο κριτήριο. Στην περίπτωση αυτή, πριν τη συγκριτική ταξινόμηση των κριτηρίων ανάλογα με τη βαθμολογία τους τίθενται κάποιοι περιοριστικοί όροι, οι οποίοι εκφράζουν την προτίμηση σε κάποια κριτήρια σε σχέση με άλλα. Με τη χρήση της μεθόδου αυτής η εύρεση του βέλτιστου σεναρίου βασίζεται εν μέρει στον προσδιορισμό της συνολικής βαθμολογίας για κάθε σενάριο και περισσότερο στη σύγκριση μεταξύ των επιμέρους σεναρίων.
3. Διαδραστική προσέγγιση, όπου τα μοντέλα, που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση του βέλτιστου σεναρίου, βασίζονται σε επαναληπτικές μεθόδους.

Ακολουθούν μερικές από τις κυριότερες πολυκρητιριακές μεθόδους.

2.5. Πολυκριτηριακή θεωρία αξίας ή χρησιμότητας - Multi – Attribute Value or Utility Theory (MAUT)

Σ' αυτό το σύστημα της πολυκριτηριακής ανάλυσης η συγκριτική αξιολόγηση των εναλλακτικών σεναρίων ακολουθεί τα εξής στάδια (Johnson et al, 2007):

1^{ο} Στάδιο: Αρχικά, γίνεται η επιλογή των κριτηρίων, τα οποία θα πρέπει να καλύπτουν όλες τις πλευρές του εξεταζόμενου προβλήματος και να μπορούν να βαθμολογηθούν σε

κατάλληλη κλίμακα. Μετά, ακολουθεί η ταξινόμηση των κριτηρίων σε ομάδες. Καθεμιά από αυτές τις ομάδες χαρακτηρίζεται από ένα συντελεστή βαρύτητας, που δηλώνει το "βάρος" της στο κάθε σενάριο και προσδιορίζεται μετά από συζητήσεις με όλους τους εμπλεκόμενους φορείς, λαμβάνοντας υπόψη και δεδομένα ανάλογων περιπτώσεων. Το άθροισμα των συντελεστών αυτών θα πρέπει να είναι ίσο με 100%. Κατόπιν, βάσει των παραπάνω προκύπτει η αντίστοιχη αθροιστική συνάρτηση, η οποία θα έχει τη μορφή:

$$\mathbf{F\ (O)} = \sum Ai * Oi$$

όπου:

O_i είναι οι επιμέρους ομάδες κριτηρίων

A_i είναι ο συντελεστής βαρύτητας κάθε μίας από τις ομάδες κριτηρίων O_i και το άθροισμα των συντελεστών βαρύτητας πρέπει να ισούται με 1 (100%), $\Sigma\ A_i = 1$

2° Στάδιο: Οι ομάδες κριτηρίων αναλύονται στα επιμέρους κριτήρια αξιολόγησης, για τα οποία επίσης καθορίζεται η σχετική σπουδαιότητά τους μέσα στην ομάδα κριτηρίων με τη βοήθεια κατάλληλων συντελεστών βαρύτητας. Το άθροισμα των συντελεστών βαρύτητας των επιμέρους κριτηρίων μέσα σε κάθε ομάδα είναι επίσης 100%.

3° Στάδιο: Πραγματοποιείται ανάλυση όλων των εναλλακτικών χαρακτηριστικών κάθε επιμέρους κριτηρίου τα οποία στη συνέχεια ποσοτικοποιούνται βάσει κλίμακας 1-10, όπου οι μικρότερες τιμές αφορούν στις δυσμενέστερες αποδόσεις των χαρακτηριστικών του κριτηρίου και οι μεγαλύτερες τιμές στις ευνοϊκότερες (καλύπτοντας με τον τρόπο αυτό όλες τις πιθανές περιπτώσεις).

4° Στάδιο: Αρχικά γίνεται αποτύπωση των χαρακτηριστικών κάθε επιμέρους κριτηρίου για κάθε εναλλακτικό σενάριο και αφού γίνει σύγκριση τους με την κλίμακα που αναπτύσσεται στο 3° στάδιο, λαμβάνει μία συγκεκριμένη τιμή απόδοσης σε κλίμακα από 1 –10. Στη συνέχεια, οι τιμές που προκύπτουν, πολλαπλασιάζονται με το σχετικό συντελεστή βαρύτητας που έχει καθένα από τα κριτήρια σε κάθε ομάδα. Ακολούθως, προστίθενται τα αντίστοιχα γινόμενα για την κάθε ομάδα και με τον τρόπο αυτό ποσοτικοποιείται κάθε ομάδα κριτηρίων. Μετά, ο βαθμός κάθε ομάδας πολλαπλασιάζεται με τον αντίστοιχο συντελεστή βαρύτητάς της, κι έτσι προκύπτει μέσω της αθροιστικής συνάρτησης ένα μέτρο της συνολικής αποτελεσματικότητας κάθε εναλλακτικής επιλογής.

Με βάση τη βαθμολογία αυτή γίνεται κατάταξη των εναλλακτικών σεναρίων, με ευνοϊκότερο, αυτό που έχει την υψηλότερη επίδοση.

2.6. Προσέγγιση σχέσεων υπεροχής - Outranking approaches

Η προσέγγιση των σχέσεων υπεροχής (Roy, 1985) βασίζεται στην ανά ζεύγη σύγκριση των επιλογών σε κάθε μεμονωμένο κριτήριο με βάση τις επιδόσεις τους και τις ενδοκριτηριακές προτιμήσεις του αποφασίζοντα, όπως αυτές εκφράζονται με τα κατώφλια αδιαφορίας ή/και προτίμησης. Χαρακτηριστικό των μεθόδων υπεροχής είναι ότι η σύγκριση γίνεται στην αρχική κλίμακα μέτρησης των επιδόσεων (ποσοτική ή ποιοτική) χωρίς αναγωγή στο διάστημα [0,1]. Ο δείκτης που προκύπτει από την ανά κριτήριο σύγκριση συντίθεται στη συνέχεια σε ένα συνολικό δυαδικό δείκτη λαμβάνοντας υπόψη τους συντελεστές βαρύτητας των κριτηρίων.

Οι δυαδικοί δείκτες χαρακτηρίζουν ζεύγη επιλογών (α, b) και προσδιορίζουν στο διάστημα [0,1] το βαθμό στον οποίο ισχύει η υπόθεση: *«η λύση α είναι τουλάχιστον τόσο καλή όσο και η λύση b»*. Ανάλογα με την μέθοδο και τον ακριβή τρόπο υπολογισμού τους, οι δείκτες αυτοί ονομάζονται δείκτες προτίμησης ή δείκτες συμφωνίας (ως προς την υπόθεση). Μια λύση α που εμφανίζει υψηλές τιμές δεικτών προτίμησης σε σχέση με τις υπόλοιπες εναλλακτικές λύσεις χαρακτηρίζεται από μία σχετική υπεροχή, ενώ αντίθετα άλλες λύσεις που δεν επιβεβαιώνουν την υπόθεση σε σημαντικό βαθμό, κρίνονται ως υποδεέστερες. Επομένως, το τελικό στάδιο στις μεθόδους υπεροχής είναι η επεξεργασία των δυαδικών δεικτών έτσι ώστε να προκύψουν σχέσεις υπεροχής και η τελική κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων.

Αυτό που διαφοροποιεί τις μεθόδους υπεροχής από τις μεθόδους πολυκριτηριακής ανάλυσης αθροιστικής συνάρτησης, είναι ότι το μέτρο χαρακτηρισμού και αξιολόγησης των λύσεων δεν είναι μία συνολική σταθμισμένη «επίδοση», αλλά ένας δείκτης σύνθεσης των προτιμήσεων του αποφασίζοντα. Αυτό σημαίνει ότι και οι συντελεστές βαρύτητας στις μεθόδους υπεροχής παίζουν ένα διαφορετικό ρόλο. Ειδικότερα, δεν έχουν το χαρακτήρα των συντελεστών αντιστάθμισης μεταξύ των επιδόσεων στα επιμέρους κριτήρια, γι' αυτό και δεν χρησιμοποιείται η μέθοδος αντιστάθμισης για την εξαγωγή τους.

Αντίθετα, υποδηλώνουν το βαθμό συμβολής κάθε κριτηρίου στη διαμόρφωση του συνολικού δείκτη προτίμησης ή συμφωνίας (Siskos, 1983).

Λόγω του διευρυμένου μοντέλου προτιμήσεων που ακολουθείται, δεν ισχύει η υπόθεση της μεταβατικότητας των σχέσεων υπεροχής. Δηλαδή, αν ο αποφασίζων κρίνει ότι η λύση α υπερέχει της b, και η λύση b της c, αυτό δεν σημαίνει απαραίτητα ότι η λύση α υπερέχει της c. Αυτό συμβαίνει όταν η πρόταση *«η λύση α είναι τουλάχιστον τόσο καλή όσο και η λύση c»*, δεν επιβεβαιώνεται επαρκώς λόγω των αντιφάσεων που προκύπτουν κατά τη δυαδική τους σύγκριση στα επιμέρους κριτήρια. Επομένως, η αρχική κατάταξη των επιλογών στις μεθόδους υπεροχής δεν είναι πλήρης, καθώς περιλαμβάνει και μη συγκρίσιμες επιλογές. Αν και το χαρακτηριστικό αυτό από πρώτη άποψη μπορεί να θεωρηθεί ως αρνητικό, στην πραγματικότητα παρέχει χρήσιμη πληροφορία στον αποφασίζοντα εντοπίζοντας λύσεις, μεταξύ των οποίων η επιλογή απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή και αξιολόγηση των ισχυρών και αδύνατων επιδόσεων τους.

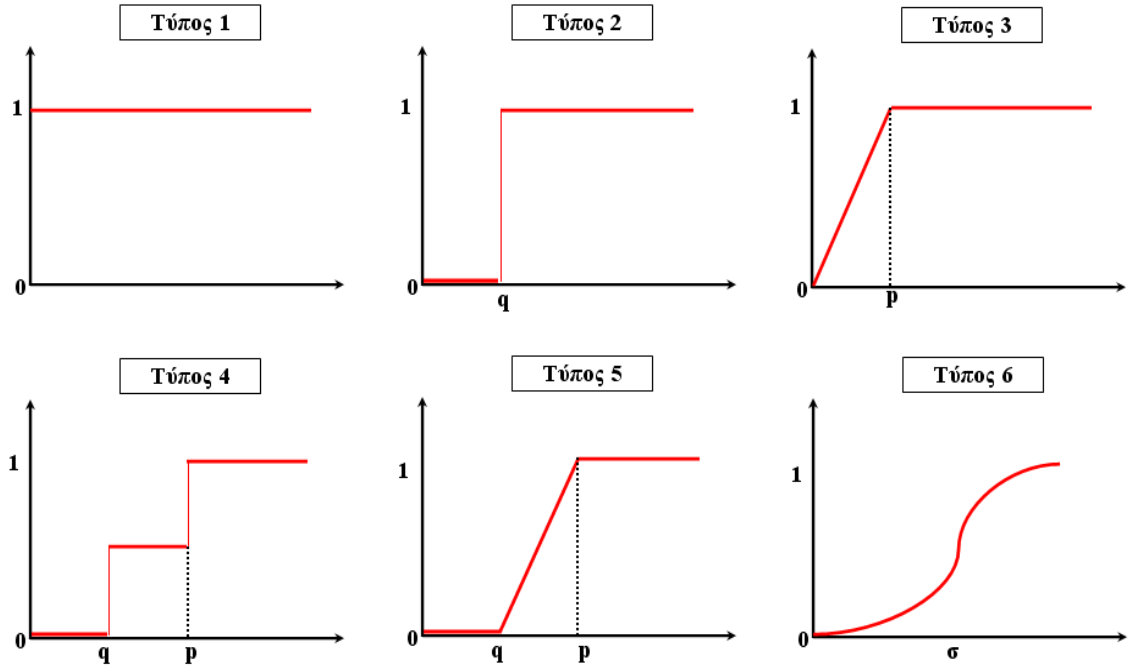
Οι πιο γνωστές μέθοδοι υπεροχής είναι η ομάδα των μεθόδων ELECTRE, και PROMETHEE.

Οι μέθοδοι προσέγγισης σχέσεων υπεροχής (Preference Ordering Method) χρησιμοποιούν για τη δυαδική σύγκριση των επιλογών ένα από τα εξής 6 κριτήρια (Brans and Vincke, 1985):

1. Κανονικό κριτήριο (usual type): δεν περιλαμβάνει κατώφλια (thresholds) και υποθέτει απότομη μετάβαση από την κατάσταση αδιαφορίας στην κατάσταση προτίμησης.
2. Κριτήριο με κατώφλι αδιαφορίας (U – type): περιλαμβάνει μόνο κατώφλι αδιαφορίας q.
3. Κριτήριο με κατώφλι προτίμησης (V – type): περιλαμβάνει μόνο κατώφλι προτίμησης p.
4. Βαθμωτό κριτήριο (level type): περιλαμβάνει κατώφλι αδιαφορίας q, και κατώφλι προτίμησης p, που ορίζει ένα μόνο επίπεδο ενδιάμεσης προτίμησης μεταξύ αδιαφορίας και σαφούς προτίμησης.

5. Γραμμικό κριτήριο (linear type): περιλαμβάνει κατώφλι αδιαφορίας q, και γραμμική μετάβαση στην κατανόηση σαφούς που ορίζεται από το κατώφλι προτίμησης p.
6. Κριτήριο Gauss (Gauss type): υποθέτει σταδιακή μετάβαση από την κατάσταση αδιαφορίας προς την κατάσταση σαφούς προτίμησης (που θεωρητικά προσεγγίζεται στο άπειρο) ακολουθώντας τη συνάρτηση μιας κατανομής Gauss και προσδιορίζεται από την τυπική απόκλιση της κατανομής σ.

Οι έξι αυτοί τύποι κριτηρίων απεικονίζονται στην *Εικόνα 2.3*.



Εικόνα 2.3

Η ομάδα μεθόδων ELECTRE χρησιμοποιούν, εκτός των κατωφλίων αδιαφορίας και προτίμησης, και κατώφλι απαγόρευσης (veto), που σημαίνει ότι αν η διαφορά επιδόσεων μεταξύ δύο επιλογών υπερβαίνει κάποιο συγκεκριμένο όριο, η υποδεέστερη επιλογή δεν μπορεί να υπερέχει ανεξάρτητα από τις επιδόσεις της στα άλλα κριτήρια.

Η επίλυση του πολυκριτηριακού προβλήματος με τις μεθόδους αυτές ακολουθεί τα εξής διαδοχικά στάδια (Brans and Vincke, 1985):

1^{ο} Στάδιο: Αρχικά, γίνεται η επιλογή των κριτηρίων, τα οποία θα πρέπει να καλύπτουν όλες τις πλευρές του εξεταζόμενου προβλήματος και να μπορούν να βαθμολογηθούν σε κατάλληλη κλίμακα.

2^{ο} Στάδιο: Για όλα τα κριτήρια αξιολόγησης καθορίζεται η σπουδαιότητά τους με τη βοήθεια κατάλληλων συντελεστών βαρύτητας. Το άθροισμα των συντελεστών βαρύτητας των κριτηρίων είναι 100%.

3^{ο} Στάδιο: Πραγματοποιείται ανάλυση όλων των εναλλακτικών χαρακτηριστικών κάθε επιμέρους κριτηρίου τα οποία στη συνέχεια ποσοτικοποιούνται βάσει κλίμακας 1-10, όπου οι μικρότερες τιμές αφορούν στις δυσμενέστερες αποδόσεις των χαρακτηριστικών του κριτηρίου και οι μεγαλύτερες τιμές στις ευνοϊκότερες (καλύπτοντας με τον τρόπο αυτό όλες τις πιθανές περιπτώσεις).

4^{ο} Στάδιο: Αρχικά γίνεται αποτύπωση των χαρακτηριστικών κάθε επιμέρους κριτηρίου για κάθε εναλλακτικό σενάριο και αφού γίνει σύγκριση τους με την κλίμακα που αναπτύσσεται στο 3^{ο} στάδιο, λαμβάνει μία συγκεκριμένη τιμή απόδοσης σε κλίμακα από 1 –10.

5^{ο} Στάδιο: Εφαρμογή του μοντέλου πολυκριτηριακής ανάλυσης
Η ανάπτυξη και εφαρμογή του μοντέλου πολυκριτηριακής ανάλυσης της ομάδας αυτής περιλαμβάνει τα εξής διακριτά επιμέρους βήματα:

Βήμα 1: Δυαδική σύγκριση επιλογών ανά κριτήριο: στο στάδιο αυτό εξετάζονται διαδοχικά σε κάθε κριτήριο j όλα τα ζεύγη επιλογών α και b και με βάση τη διαφορά των επιδόσεων $d_j(α,b)$ τους και τον τύπο του κριτηρίου υπολογίζονται οι δείκτες προτίμησης $p_j(α,b)$. Οι δείκτες αυτοί παίρνουν τιμές στο διάστημα [0,1] και δείχνουν το βαθμό στον οποίο η επιλογή α προτιμάται από την επιλογή b στο συγκεκριμένο κριτήριο.

Όπως φαίνεται στην *Εικόνα 2.3*, στην περίπτωση των κριτηρίων τύπου (1) και (2), ο δείκτης $p_j(α,b)$ παίρνει τιμές 0 και 1, ενώ στην περίπτωση του τύπου (4), παίρνει και την ενδιάμεση τιμή 0,5. Στην περίπτωση της γραμμικής μεταβολής που ακολουθείται στα κριτήρια τύπου (3) και (5) η τιμή του δείκτη προκύπτει από γραμμική παρεμβολή μεταξύ

των ορίων. Έτσι για παράδειγμα στην περίπτωση ενός κριτηρίου τύπου (5) με τιμές κατωφλίων q και p, και διαφορά επιδόσεων των δύο επιλογών $q\langle d_j(\alpha,b)\langle p$, η τιμή του δείκτη προτίμησης θα είναι:

$$p_j(\alpha,b) = \frac{d_j(\alpha,b) - q}{p - q}$$

Το αποτέλεσμα της δυαδικής σύγκρισης όλων των ζευγών των εξεταζόμενων επιλογών σε ένα κριτήριο αποτυπώνεται σε έναν τετραγωνικό πίνακα διαστάσεων $n \times n$ (n: ο αριθμός των λύσεων). Ο πίνακας δεν είναι συμμετρικός καθώς αν $p_j(\alpha,b)>0$, τότε εξ ορισμού $p_j(\alpha,b)=0$, δηλαδή η κατάσταση μη προτίμησης προσδιορίζεται με μηδενική τιμή του δείκτη προτίμησης.

Το πρώτο βήμα ολοκληρώνεται όταν εξετασθούν και τα m κριτήρια αξιολόγησης, δηλαδή κατασκευασθούν m τετραγωνικοί πίνακες $n \times n$.

Βήμα 2: Υπολογισμός συνολικών δεικτών προτίμησης: για κάθε ζεύγος επιλογών α και b υπολογίζεται ένας συνολικός δείκτης προτίμησης P(α,b) ως άθροισμα των μερικών σχέσεων προτίμησης σε κάθε κριτήριο $p_j(\alpha,b)$, σταθμισμένο ανάλογα με τους συντελεστές βαρύτητας των κριτηρίων:

$$P(a,b) = \sum_{j=1}^{m} w_j \cdot p_j(\alpha,b)$$

Όπου m, ο αριθμός των κριτηρίων

Οι δείκτες συνολικής προτίμησης P(α,b) παίρνουν τιμές επίσης στο διάστημα [0,1] και υποδηλώνουν αν και σε τι βαθμό η επιλογή α επαληθεύει τον ισχυρισμό ότι υπερέχει έναντι της επιλογής b λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των κριτηρίων. Τα αποτελέσματα του υπολογισμού των συνολικών δεικτών προτίμησης αποτυπώνονται σε έναν τελικό πίνακα διαστάσεων $n \times n$. Το κελί (i, j) του πίνακα περιλαμβάνει την τιμή του συνολικού δείκτη προτίμησης της επιλογής i έναντι της επιλογής j.

Βήμα 3: Υπολογισμός θετικών και αρνητικών ροών: στο στάδιο αυτό υπολογίζονται για κάθε λύση α, δύο μέτρα αξιολόγησης που δείχνουν σε ποιό βαθμό η λύση αυτή υπερέχει ή υπολείπεται έναντι όλων των υπολοίπων επιλογών. Τα μέτρα αυτά ονομάζονται θετική και αρνητική ροή αντίστοιχα, και ορίζονται ως εξής:

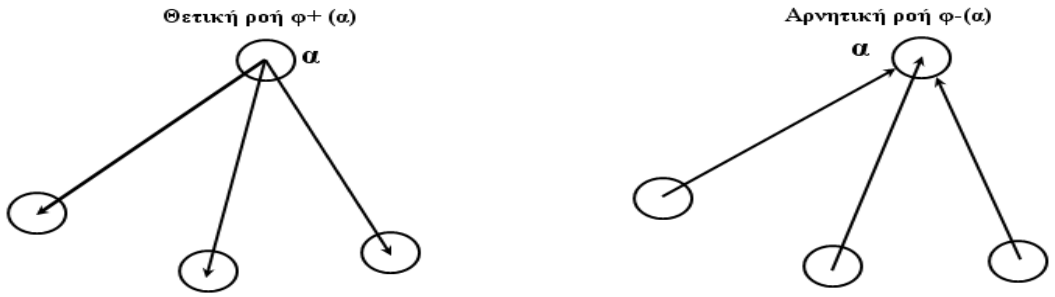
Θετική ροή: $\phi^{+}(\alpha) = \dfrac{\sum_{j=1}^{n} P(a, j)}{n-1}$

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

Αρνητική ροή**:** $\phi^{-}(\alpha) = \dfrac{\sum_{j=1}^{n} P(j, a)}{n-1}$

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

Στην *Εικόνα 2.4* παρουσιάζεται γραφικά η έννοια της θετικής και αρνητικής υπεροχής ή κυριαρχίας (LIFE, 2005).



Εικόνα 2.4

Βήμα 4: Μερική κατάταξη των επιλογών: στο στάδιο αυτό κατασκευάζονται αρχικά δύο πλήρεις κατατάξεις (χωρίς ασυγκρισιμότητες) με βάση τις τιμές των θετικών και αρνητικών ροών (Brans and Vincke, 1985):

<u>Κατάταξη με βάση τις θετικές ροές:</u>

- **$\alpha\ S^{+}\ b$** **Αν $\varphi^{+}(\alpha) > \varphi^{+}(b)$** **Θετική υπεροχή**
- **$\alpha\ I^{+}\ b$** **Αν $\varphi^{+}(\alpha) = \varphi^{+}(b)$** **Θετική αδιαφορία**

<u>Κατάταξη με βάση τις αρνητικές ροές:</u>

- **$\alpha\ S^{-}\ b$** **Αν $\varphi^{-}(\alpha) < \varphi^{-}(b)$** **Αρνητική υπεροχή**
- **$\alpha\ I^{-}\ b$** **Αν $\varphi^{-}(\alpha) = \varphi^{-}(b)$** **Αρνητική αδιαφορία**

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

Προτίμηση:	**$\alpha\ P_I\ b$**	**αν**	**$\alpha\ S^{+}\ b$**	**και**	**$\alpha\ S^{-}\ b$**	**ή**
			$\alpha\ S^{+}\ b$	**και**	**$\alpha\ I^{-}\ b$**	**ή**
			$\alpha\ I^{+}\ b$	**και**	**$\alpha\ S^{-}\ b$**	
Αδιαφορία:	**$\alpha\ I_I\ b$**	**αν**	**$\alpha\ I^{+}\ b$**	**και**	**$\alpha\ I^{-}\ b$**	
Ασυγκρισιμότητα:	**$\alpha\ R_I\ b$**	**αν**	**$\alpha\ S^{+}\ b$**	**και**	**$\alpha\ S^{-}\ b$**	

Βήμα 5: Πλήρης κατάταξη των επιλογών: στο τελικό αυτό στάδιο της μεθόδου κατασκευάζεται μια μοναδική πλήρης κατάταξη των επιλογών με βάση ένα καθαρό μέτρο υπεροχής κάθε επιλογής. Το μέτρο αυτό ονομάζεται καθαρή ροή και προκύπτει ως η διαφορά μεταξύ θετικής και αρνητικής ροής:

Καθαρή ροή: $\varphi(\alpha) = \varphi^{+}(\alpha) - \varphi^{-}(\alpha)$

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

Προτίμηση:	$\alpha\ P_{II}\ b$	**αν**	$\varphi(\alpha) > \varphi(b)$
Αδιαφορία:	$\alpha\ P_{II}\ b$	**αν**	$\varphi(\alpha) = \varphi(b)$

2.7. Ανασκόπηση μεθόδων επιλογής υπεργολάβων

Πολλές μέθοδοι επιλογής εργολάβων και υπεργολάβων έχουν προταθεί κατά καιρούς σε διάφορες μελέτες στην υπάρχουσα βιβλιογραφία. Μελέτες οι οποίες αφορούν επιλογή εργολάβων μπορούν να επεκταθούν και να ισχύσουν χωρίς καμία μετατροπή και σε περιπτώσεις υπεργολάβων καθότι η διαδικασία που ακολουθείται δεν αλλάζει.

Έτσι έχουν προταθεί μέθοδοι που χρησιμοποιούν προσεγγίσεις όπως τα μοντέλα πολυκριτηριακής θεωρίας χρησιμότητας (multicriteria utility theory models) (Hatush and Skitmore, 1998), την μέθοδο της επαγωγικής συλλογιστικής (evidential reasoning) (Sonmez et al., 2002), κριτήρια αποφάσεων (Russel and Skibniewski, 1988), η θεωρία ασαφών συνόλων (fuzzy sets theory) (Singh and Tiong, 2005) και ο γραμμικός προγραμματισμός (Elazouni and Metwally, 2000).

Οι Rahman and Kumaraswamy (2004), έδειξαν τη σημαντικότητα παραγόντων όπως η εμπιστοσύνη και η σχέση με τον υπεργολάβο σχετικά με την απόφαση για επιλογή διαφορετικών υποψηφίων. Οι Edum-Fotwe et al (1995), πρότειναν μοντέλα μετασχηματισμένων χρηματοοικονομικών δεικτών για μια βελτιωμένη αξιολόγηση εργολάβων και κατ' επέκταση και υπεργολάβων. Οι Palaneeswaran and Kumaraswamy (2000), εστίασαν στην ανάπτυξη ενός μοντέλου για την προαξιολόγηση των εργολάβων καθώς και την αξιολόγηση των προσφορών τους σε κτιριακά έργα. Επιπροσθέτως, οι Jaselskis και Russel (1992), οι Crowley and Hancher (1995), ο Russel (1996), ο Kumaraswany (1996), και Alsugair (1999) χρησιμοποίησαν κριτήρια που εφαρμόζονται ως επί το πλείστον για την προαξιολόγηση και την αξιολόγηση των προσφορών και πρότειναν μεθοδολογίες για την επιλογή εργολάβου.

Οι Alarcon and Mourgues (2002), πρότειναν ένα σύστημα επιλογής εργολάβου το οποίο εμπεριέχει την πρόβλεψη της επίδοσης του εργολάβου ως ένα από τα κριτήρια επιλογής. Ανέπτυξαν ένα εννοιολογικό μοντέλο που βοηθά στην αναγνώριση χρήσιμης πληροφορίας για μια εκτενή αξιολόγηση και το χρησιμοποίησαν για το προτεινόμενο σύστημα επιλογής εργολάβου. Οι Russel and Skibniewski (1990), ανέπτυξαν ένα πρόγραμμα λογισμικού το Qualifier-1 με σκοπό να βοηθήσουν τους λήπτες αποφάσεων προς σωστές και αντικειμενικές αποφάσεις. Στη συνέχεια ο Russel (1996) εξέλιξε το πρόγραμμα στην έκδοση Qualifier-2 προσθέτοντας μερικές επιπλέον συναρτήσεις στο αρχικό πρόγραμμα.

Οι Holt et al. (1993), έδωσαν παραδείγματα εφαρμογών πολυδιάστατης ανάλυσης για την αξιολόγηση των προσφορών των εργολάβων. Επιπλέον, ο Holt (1999) στο άρθρο του ανασκοπεί και αναλύει την χρήση των διαφόρων μεθοδολογιών επιλογής εργολάβων και αναφέρει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των μεθόδων αυτών. Οι Albino and Garavelli (1998), πρότειναν μια προσέγγιση με την χρήση νευρωνικών δικτύων στοχεύοντας στην βαθμολόγηση των υπεργολάβων. Το νευρωνικό δίκτυο που ανέπτυξαν βασίστηκε σε μια εφαρμογή συναρμολόγησης σε πραγματικό εργοτάξιο.

3. ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΙΕΡΑΡΧΗΣΗΣ (AHP)

3.1. Γενικά

Η μέθοδος της αναλυτικής ιεράρχησης (AHP) έχει χρησιμοποιηθεί σε ένα μεγάλο εύρος προβλημάτων όπως,

- Στη επιλογή μεταξύ εναλλακτικών λύσεων σε περιβάλλοντα με πολλαπλούς στόχους,
- Στη κατανομή πόρων σε ανεπάρκεια (scarce resources)
- Στις προβλέψεις

Αν και το εύρος της μεθόδου είναι αρκετά μεγάλο, η θεμελίωση της αναλυτικής ιεράρχησης πάνω σε αξιώματα, ουσιαστικά οριοθετεί και περιορίζει το περιβάλλον του προβλήματος προς επίλυση, καθιστώντας έτσι πιο εύκολη και αντικειμενική την επιλογή της καταλληλότερης λύσης. Η μέθοδος βασίζεται στην πολύ καλά ορισμένη μαθηματική δομή των συνεπών πινάκων (consistent matrices) και την ικανότητα των χαρακτηριστικών διανυσμάτων τους (eigenvectors) να παράγουν αληθείς ή με πολύ καλή προσέγγιση σχετικές βαρύτητες.

Η κύρια χρήση της μεθόδου της αναλυτικής ιεράρχησης είναι η επίλυση προβλημάτων επιλογής μέσα σε ένα πολυκριτηριακό περιβάλλον. Υπό αυτήν την έννοια, η μεθοδολογία εμπεριέχει συγκρίσεις μεταξύ των κριτηρίων και των εναλλακτικών επιλογών με ένα τρόπο που επιτρέπει τις ανά ζεύγη συγκρίσεις (pair wise comparisons). Η μέθοδος μετατρέπει τις προσωπικές προτιμήσεις και κρίσεις σε βαρύτητες βαθμονομημένης κλίμακας, οι οποίες στη συνέχεια μετατρέπονται σε αθροιστικές γραμμικές βαρύτητες για τις συσχετιζόμενες εναλλακτικές επιλογές. Αυτές οι προκύπτουσες βαρύτητες χρησιμοποιούνται για να κατατάξουν τις διάφορες εναλλακτικές επιλογές και έτσι υποβοηθούν το σύστημα λήψης αποφάσεων στο να πάρει τη σωστή απόφαση ή να προβλέψει με μεγαλύτερη ακρίβεια κάποιο αποτέλεσμα.

Εκτός από το χαρακτηριστικό διάνυσμα (eigenvector) του Saaty, το οποίο χρησιμοποιεί η μέθοδος AHP για να προσδιορίσει τις βαρύτητες του μοντέλου, υπάρχει στην βιβλιογραφία μια πληθώρα άλλων μεθόδων που έχουν χρησιμοποιηθεί και εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή προτεραιοτήτων κριτηρίων και εναλλακτικών επιλογών μέσω των πινάκων ζευγαρωτών συγκρίσεων. Στον *Πίνακα 3.1* αναφέρονται

περιληπτικά οι διάφορες μέθοδοι με αντίστοιχη αναφορά στον ερευνητή και εφευρέτη της μεθόδου (Wang et al, 2008).

Ερευνητής	**Μέθοδος**
Chu et al	Weighted Least-Sqaures Method (WLSM)
Crawford	Logarithmic Least-Squares Method (LLSM)
Saaty and Vargas	Least Squares Method (LSM)
Cogger and Yu	1. Gradient Eigenweight Method (GEM) 2. Least Distance Method
Islei and Lockett	Geometric Least Squares Method (GLSM)
Bryson	Goal Programming Method
Bryson and Joseph	Logarithmic Goal Programming Approach (LGPA)
Mikhailov	Fuzzy Programming Method (FPM)
Lipovetski and Conklin	Robust Estimation Method (REM)
Beynon	DS/AHP Method
Gass and Rapcsak	Singular Value Decomposition Approach (SVD)
Laininen and Hamalainen	Robust Regresion
Stam and Silva	Multiplicative Priority Rating Method
Sugihara et al.	Possibilistic AHP for Crisp Data (PAHPC)
Chandran et al.	Linear Programming (LP)
Wang et al.	Correlation Coefficient Maximization Approach (CCMA)

Πίνακας 3.1

3.2. Ιστορική αναδρομή της μεθόδου AHP

Στα τέλη της δεκαετίας του 1960, ο Thomas L. Saaty, πρωτοπόρος στην επιχειρησιακή έρευνα, ηγούταν διαφόρων ερευνητικών προγραμμάτων στην υπηρεσία του ελέγχου όπλων και αφοπλισμού του υπουργείου εξωτερικών των ΗΠΑ. Λόγω της ερευνητικής του δικαιοδοσίας και λόγω του γενναιόδωρου προϋπολογισμού των προγραμμάτων αυτών, είχε την δυνατότητα να προσλάβει μερικούς από τους καλύτερους και παγκοσμίου φήμης επιστήμονες στην θεωρία των παιγνίων καθώς και τους καλύτερους οικονομολόγους. Μερικοί από τους ταλαντούχους επιστήμονες ήταν οι Gerard Debreu, John Harsanyi και Reinhard Selten, οι οποίοι και κέρδισαν βραβείο Nobel εκείνη την περίοδο. Παρά όμως

την άκρως επιστημονική κατάρτιση της ομάδας του Saaty, ο τελευταίος δήλωνε απογοητευμένος από τα αποτελέσματα των προσπαθειών της ομάδας. Τα επιχειρήματά του βασίζονταν στο ότι τα μοντέλα τα οποία πρότειναν οι επιστήμονες ήταν πολύ γενικά και αφηρημένα, αδυνατώντας να προσαρμοστούν στο πρόβλημα που έπρεπε να επιλυθεί και επιπλέον κανείς από την ομάδα δεν ήταν σε θέση να αξιολογήσει τα οπλικά συστήματα πάνω στα οποία γινόταν η έρευνα.

Χρόνια μετά και κατά την διάρκεια της διδασκαλίας του στο Wharton Business School, ο Saaty εξακολουθούσε να προβληματίζεται με την εμφανή έλλειψη μιας συστηματικής και πρακτικής προσέγγισης για τον καθορισμό προτεραιοτήτων και την λήψη αποφάσεων. Έτσι, παρακινούμενος ανέπτυξε έναν απλό τρόπο για να μπορέσει να βοηθήσει τους λήπτες αποφάσεων κατά την λήψη σύνθετων αποφάσεων. Το αποτέλεσμα αυτής της προσπάθειας ήταν η επινόηση της μεθόδου της αναλυτικής ιεράρχησης. Υπάρχουν απτές αποδείξεις ότι η απλότητα και συνάμα η ισχύς της μεθόδου AHP, οδήγησε στην εκτενέστατη εφαρμογή και υιοθέτησή της σε όλον τον κόσμο. Πολλές φημισμένες επιχειρήσεις στον τομέα της πληροφορικής χρησιμοποιούν την μέθοδο της αναλυτικής ιεράρχησης στα μοντέλα λήψης αποφάσεων που αναπτύσσουν. Η γνωστή Αμερικανική εταιρία Δοκιμών και Υλικών (ASTM – American Society for Testing and Materials) χρησιμοποιεί την μέθοδο AHP ως κοινή πρακτική κατά την λήψη αποφάσεων σε πολυκριτηριακό περιβάλλον όσον αφορά στις επενδύσεις που σχετίζονται με κτιριακά έργα και δομικά συστήματα κτιρίων. Η μέθοδος βρίσκεται σήμερα σχεδόν σε όλα τα εγχειρίδια Επιχειρησιακής Έρευνας και διδάσκεται σε πολλά πανεπιστήμια. Αξίζει τέλος να σημειωθεί ότι ακόμα και η CIA έχει μελετήσει σε βάθος την μέθοδο της αναλυτικής ιεράρχησης και την χρησιμοποιεί συχνά κατά τη λήψη αποφάσεων.

3.3. Εισαγωγή στο μαθηματικό υπόβαθρο της AHP

Η μέθοδος βασίζεται σε τρία κοινά αποδεκτά στάδια (Froman and Gass, 1999). Αυτά είναι τα εξής:

1. Δεδομένου ότι $i = 1,\ldots,m$ αποτελούν τα κριτήρια της απόφασης, πρέπει να υπολογιστούν οι αντίστοιχες βαρύτητές τους w_i
2. Για κάθε κριτήριο i, θα πρέπει να συγκριθούν οι εναλλακτικές επιλογές j, όπου $j = 1,\ldots n$ και να καθοριστούν οι βαρύτητές τους (w_{ij} σε σχέση με το κριτήριο i.

3. Τέλος θα πρέπει να καθοριστούν οι τελικές ή ολικές βαρύτητες των εναλλακτικών επιλογών W_j σε σχέση με όλα τα κριτήρια μέσω της διανυσματικής εξίσωσης $W_j = w_{1j}w_1 + w_{2j}w_2 + \ldots + w_{mj}w_m$

Οι εναλλακτικές επιλογές στη συνέχεια κατηγοριοποιούνται μέσω του διανύσματος W_j που προκύπτει, με την επικρατέστερη επιλογή να έχει την μεγαλύτερη τιμή W_j.

Οι διάφορες μεθοδολογίες που έχουν αναπτυχθεί σχετικά με τη λήψη αποφάσεων διαφέρουν μεταξύ τους στον τρόπο με τον οποίο υπολογίζονται οι βαρύτητες των κριτηρίων και των εναλλακτικών επιλογών. Στην μέθοδο AHP όμως και σε αντίθεση με τις άλλες μεθόδους, υπάρχει μια γενική ομολογία περί της ισχύος και αντικειμενικότητας της μεθόδου αφού έχει χρησιμοποιηθεί σε πάρα πολλές περιπτώσεις και συνεχίζει να χρησιμοποιείται σε ποικίλες εφαρμογές με αξιοπιστία, γεγονός που ισχυροποιεί και εδραιώνει ακόμα περισσότερο την χρήση της μεθόδου ως το καθεαυτό εργαλείο λήψης αποφάσεων.

3.4. Οι λειτουργίες της AHP

Η μέθοδος AHP παρά την ευρεία αποδοχή της από την επιστημονική κοινότητα και την εκτεταμένη χρήση της σε ποικίλες εφαρμογές, αποτελεί μία μέθοδο που δεν είναι πλήρως κατανοητή από όλους αυτούς που την χρησιμοποιούν κατά τη λήψη διαφόρων αποφάσεων. Η μέθοδος αυτή δεν αποτελεί απλά ένα ακόμη εργαλείο ανάλυσης. Ο καλύτερος τρόπος για να εξηγηθεί σαφέστερα, είναι μέσω της περιγραφής των τριών βασικών της λειτουργιών. Μέσω της κατανόησης αυτών των λειτουργιών γίνεται αντιληπτό το γιατί αυτή η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μια ευρεία γκάμα εφαρμογών. Αυτές οι τρείς λειτουργίες είναι (Forman and Gass, 1999):

1. Η δόμηση της πολυπλοκότητας (Structuring Complexity)
2. Η μέτρηση σε αναλογική κλίμακα (Measuring on a Ratio Scale), και
3. Η σύνθεση (Synthesizing)

3.4.1 Η Δόμηση της Πολυπλοκότητας

Ο Saaty έψαχνε να βρει έναν απλό τρόπο για να χειριστεί την πολυπλοκότητα που εμπεριέχεται κατά την διαδικασία της λήψης αποφάσεων. Βρήκε ένα κοινό μοτίβο σχετικά με τον τρόπο με τον οποίον οι άνθρωποι χειρίζονται την πολυπλοκότητα. Αυτό το μοτίβο

αποτελεί την ιεραρχική δόμηση της πολυπλοκότητας σε ομογενείς ομάδες παραγόντων. Εκτός από τον Saaty βέβαια και άλλοι επιστήμονες έχουν εντοπίσει την σπουδαιότητα της ιεραρχικής δόμησης. Έτσι ο Simon (1972) παρατήρησε ότι στις μεγάλες επιχειρήσεις παγκοσμίως παρατηρείται το φαινόμενο της ιεραρχίας. Τμήματα χωρίζονται σε υποτμήματα και ούτω καθεξής. Επίσης αποτελεί κοινό φαινόμενο σε όλα τα συστήματα που παρουσιάζουν πολυπλοκότητα. Ο Whyte (1960) εξέφρασε τις σκέψεις του λέγοντας ότι η ιεραρχική κατηγοριοποίηση είναι η πιο ισχυρή μέθοδος κατηγοριοποίησης που χρησιμοποιείται από τον ανθρώπινο νου για να κατατάξει εμπειρίες, παρατηρήσεις ή πληροφορίες.

3.4.2. Η μέτρηση σε αναλογική κλίμακα

Σύμφωνα με τον Stevens (1946), υπάρχουν τέσσερις βαθμίδες μέτρησης. Οι βαθμίδες κυμαίνονται σε ένα εύρος από χαμηλό έως υψηλό ανάλογα με τις ιδιότητες. Έτσι οι βαθμίδες αυτές είναι:

- η Ονομαστική (nominal).
- η Βαθμωτή (ordinal).
- η Διαστηματική (interval).
- η Αναλογική (ratio).

Η κάθε βαθμίδα έχει όλες τις ιδιότητες των επιπέδων κάτω από αυτήν συν κάποιες επιπρόσθετες. Έτσι για παράδειγμα, ένα αναλογικό μέτρο (ratio measure) έχει ιδιότητες αναλογικές, διαστηματικές, βαθμωτές και ονομαστικές. Ένα διαστηματικό μέτρο έχει ιδιότητες διαστηματικές, βαθμωτές και ονομαστικές αλλά όχι αναλογικές. Η αναλογική μέτρηση όμως είναι απαραίτητη για να εκφραστεί η αναλογικότητα και αυτή η διαπίστωση μαζί με την ανάγκη ύπαρξης μιας μαθηματικά σωστής και βασιζόμενης σε αξιώματα μεθόδου, οδήγησε τον Saaty στην χρήση των συγκρίσεων ανά ζεύγη των ιεραρχικών παραγόντων, ώστε να εξαχθούν αναλογικά μέτρα κλίμακας τα οποία θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως οι τελικές προτεραιότητες κατάταξης, δηλαδή οι βαρύτητες.

Κάθε μεθοδολογία που βασίζεται στην ιεραρχία θα πρέπει να χρησιμοποιεί αναλογικές προτεραιότητες για τα στοιχεία του κατωτάτου επιπέδου της ιεραρχίας. Αυτό είναι αναγκαίο διότι οι προτεραιότητες (βαρύτητες) των στοιχείων σε κάθε επίπεδο της ιεραρχίας καθορίζονται πολλαπλασιάζοντας τι προτεραιότητες του συγκεκριμένου

επιπέδου με αυτές ενός επιπέδου ψηλότερα (Forman and Gass, 1999). Λόγω του ότι το γινόμενο δύο διαστηματικών μέτρων μαθηματικά δεν έχει κάποιο νόημα, οι αναλογικές κλίμακες αποδεικνύονται πολύ χρήσιμες για τον εν λόγω πολλαπλασιασμό. Η μέθοδος AHP χρησιμοποιεί αναλογικές κλίμακες ακόμα και για τα στοιχεία του κατώτατου επιπέδου της ιεραρχίας (όπως οι εναλλακτικές σε ένα μοντέλο επιλογής), καθιστώντας έτσι τις προτεραιότητες των εναλλακτικών που προκύπτουν, μέτρα που εμπίπτουν επίσης στην αναλογική κλίμακα. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο και σημαντικό, ειδικά αν οι προτεραιότητες δεν προορίζονται μόνο για εναλλακτικές μοντέλων επιλογής, αλλά και για άλλου τύπου εφαρμογές όπως οι προβλέψεις και η κατανομή πόρων.

3.4.3. Σύνθεση

Όπως περιγράφεται και από την πρώτη λέξη της μεθόδου AHP (analytic), η μέθοδος παρέχει τη δυνατότητα του διαχωρισμού μια οντότητας στα μέρη που την απαρτίζουν. Η AHP όμως παρέχει και την αντίστροφη δυνατότητα, αυτή της σύνθεσης, καταφέρνει δηλαδή και συνδυάζει μεμονωμένα στοιχεία δημιουργώντας ένα σύνολο ή μια οντότητα. Οι σύνθετες αποφάσεις, οι προβλέψεις και η κατανομή των πόρων αποτελούν πεδία εφαρμογών στα οποία εμπεριέχονται πολλές μεταβλητές και πολλά στοιχεία, τα οποία δεν είναι εύκολο ο ανθρώπινος νους εμπειρικά και διαισθητικά να τα συνθέσει. Η AHP λοιπόν, έχει την δύναμη να μετρήσει και να συνθέσει το μεγάλο όγκο των παραγόντων που υπεισέρχονται σε μια ιεραρχία. Προς το παρόν δεν είναι γνωστή κάποια άλλη μέθοδος που να καταφέρνει να συνθέτει με καλύτερο τρόπο.

3.5. Αρχές και αξιώματα της AHP

Η μέθοδος AHP εμπεριέχει τρεις βασικές αρχές (Saaty, 1994b). Αυτές είναι:

1. Αποδόμηση (Decomposition)
2. Συγκριτικές κρίσεις (Comparative Judgments)
3. Ιεραρχική αποδόμηση ή σύνθεση προτεραιοτήτων (Hierarchic Composition or Synthesis of Priorities)

Η αρχή της αποδόμησης επιτρέπει σε ένα σύνθετο πρόβλημα να δομηθεί σε μια ιεραρχία κατηγοριών, υποκατηγοριών, κλπ. Η αρχή των συγκριτικών κρίσεων επιτρέπει την πραγματοποίηση συγκρίσεων ανά ζεύγη όλων των δυνατών συνδυασμών των στοιχείων

μιας ομάδας ή υποομάδας σε σχέση με το στοιχείο ή την ομάδα του αμέσως προηγουμένου επιπέδου. Αυτές οι συγκρίσεις ανά ζεύγη χρησιμοποιούνται για να εξαχθούν οι «τοπικές» βαρύτητες των στοιχείων της ομάδας σε σχέση με το ανώτερο επίπεδο της ιεραρχίας. Η αρχή της ιεραρχικής αποδόμησης ή σύνθεσης, επιτρέπει τον πολλαπλασιασμό των «τοπικών» προτεραιοτήτων των στοιχείων μιας ομάδας με την ολική (global) βαρύτητα του ανωτέρου επιπέδου, παράγοντας έτσι ολικές βαρύτητες σε ολόκληρη την ιεραρχία.

Όσον αφορά στα αξιώματα πάνω στα οποία η AHP στηρίζεται, αυτά είναι τα εξής σύμφωνα με τους Forman and Gass, 1999 και τους Pogarcic et al, 2008:

1. Αξίωμα της αμοιβαιότητας (reciprocal axiom)
2. Αξίωμα της ομοιογένειας (homogeneity axiom)
3. Αξίωμα της σύνθεσης (synthesis axiom)

Το αξίωμα της αμοιβαιότητας υπονοεί ότι αν $P_c(A,B)$ είναι μία σύγκριση ανά ζεύγη των στοιχείων A και B σε σχέση με το στοιχείο C του ανωτέρου επιπέδου, παριστάνοντας το πόσες φορές περισσότερο το στοιχείο A κατέχει μια ιδιότητα σε σχέση με το στοιχείο B, τότε θα πρέπει να ισχύει ότι $P_c(B,A) = 1 / P_c(A,B)$. Για παράδειγμα, αν το A είναι πέντε φορές μεγαλύτερο από το B, τότε το B είναι το ένα πέμπτο του μεγέθους του A.

Κατά το αξίωμα της ομοιογένειας, τα στοιχεία τα οποία συγκρίνονται δεν θα πρέπει να διαφέρουν κατά πολύ όσον αφορά στις ιδιότητες στις οποίες γίνεται η σύγκριση. Αν κάτι τέτοιο δεν εφαρμόζεται, τότε τα λάθη στις κρίσεις μπορεί να είναι πολύ μεγάλα. Όταν δομείται επομένως μια ιεραρχία, θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή κατά την ταξινόμηση των στοιχείων ώστε αυτά να μην διαφέρουν πολύ όταν βρίσκονται μαζί μέσα σε μια ομάδα.

Το αξίωμα της σύνθεσης αναφέρει ότι οι βαρύτητες των στοιχείων σε μια ιεραρχία δεν εξαρτώνται από στοιχεία κατωτέρων επιπέδων. Αυτό το αξίωμα είναι απαραίτητο για να μπορέσει να εφαρμοστεί η αρχή της ιεραρχικής σύνθεσης. Επιπλέον, τα δύο πρώτα αξιώματα είναι πλήρως σύμφωνα με πραγματικές εφαρμογές. Το τρίτο αξίωμα της σύνθεσης πάντως, απαιτεί προσεκτική εξέταση καθότι είναι σύνηθες να παραβιάζεται. Σε προβλήματα επιλογής είναι δυνατόν η επιλογή των εναλλακτικών να εξαρτάται από στοιχεία υψηλότερου επιπέδου, ενώ ταυτόχρονα η σημαντικότητα των στοιχείων αυτών να

εξαρτάται ταυτόχρονα από τις εναλλακτικές. Όταν υπάρχει τέτοιου είδους εξάρτηση, το αξίωμα της σύνθεσης δεν είναι εφαρμόσιμο.

3.6. Μετρήσεις και Αναλογικές Κλίμακες στην AHP

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, οι μετρήσεις σε αναλογική κλίμακα είναι ο πιο σωστός και ακριβής τρόπος μέτρησης. Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθεί ο τρόπος με τον οποίο η μέθοδος AHP παράγει αναλογικά μέτρα για αντικειμενικές αλλά και υποκειμενικές πληροφορίες.

Η AHP παρέχει έναν απλό και προηγμένο τρόπο μέτρησης αντικειμενικών αλλά και υποκειμενικών παραγόντων. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της διεξαγωγής συγκρίσεων ανά ζεύγη, οι οποίες παράγουν αδιάστατες αναλογικές προτεραιότητες. Ο λήπτης της απόφασης ερωτάται για να καταθέσει τις εκτιμήσεις του σχετικά με τη σχετική σημαντικότητα, προτίμηση, ή πιθανότητα (ανάλογα με το αν αξιολογούνται αντίστοιχα κριτήρια, εναλλακτικές ή σενάρια). Οι εκτιμήσεις αυτές μπορούν να γίνουν αριθμητικά, γραφικά ή λεκτικά. Πέραν του πλεονεκτήματος της παραγωγής αδιάστατων αναλογικών προτεραιοτήτων σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει κλίμακα, οι σχετικές εκτιμήσεις τείνουν να είναι πιο ακριβείς από τις απόλυτες εκτιμήσεις (Martin, 1973). Για να γίνει περισσότερο κατανοητή η συγκεκριμένη δήλωση αρκεί το παρακάτω παράδειγμα. Μια απόλυτη εκτίμηση παραδείγματος χάρη θα ήταν το μήκος ενός σκάφους, το οποίο για παράδειγμα θα μπορούσε να εκτιμηθεί στα 10 μέτρα. Αυτή η εκτίμηση βέβαια για να είναι σωστή θα πρέπει να μετρηθεί το σκάφος με κάποιο μέτρο. Αν όμως συγκριθεί ένα σκάφος 20 μέτρων με αυτό των 10 μέτρων και λεχθεί ότι το πρώτο είναι 2 φορές μεγαλύτερο από το δεύτερο τότε έχουμε τον ορισμό της σχετικής εκτίμησης, ο οποίος είναι πολύ πιο ακριβής από τον απόλυτο. Έτσι, οι μετρήσεις δεν χρειάζεται να γίνονται με προσυμφωνημένα στάνταρ.

3.6.1. Αναλογικές κλίμακες, αριθμητικές και γραφικές συγκρίσεις ανά ζεύγη

Η μέθοδος AHP έχει προκαλέσει πλήθος ερωτήσεων σχετικά με το αν όντως παράγει προτεραιότητες τα μέτρα των οποίων είναι αναλογικά. Μια διαστηματική κλίμακα (interval scale) ορίζεται ως η κλίμακα η οποία ακολουθεί την εξίσωση της μορφής $y=ax+b$, ενώ η αναλογική κλίμακα ακολουθεί την μορφή της εξίσωσης $y=ax$. Λόγω του ότι δεν υπάρχει το μέρος b στην εξίσωση, λέγεται ότι η αναλογική κλίμακα έχει ένα

«καθαρό» μηδέν (Forman and Gass, 1999). Η αμφισβήτηση ορισμένων σχετικά με την αναλογικότητα έγκειται στο ότι δεν υπάρχει πουθενά το μηδέν, ούτε στις συγκρίσεις μεταξύ των στοιχείων των επιπέδων ούτε και στις τελικές προτεραιότητες που προκύπτουν. Αυτό όμως συμβαίνει λόγω του ότι οι συγκρίσεις είναι σχετικές και όχι απόλυτες και αυτός είναι ο μόνος τρόπος για να έχουμε αντικειμενικές συγκρίσεις.

Για να γίνει περισσότερο κατανοητή η έννοια της αναλογικής κλίμακας εξετάζεται το εξής παράδειγμα. Έστω ότι ζητείται να βρεθεί το σχετικό βάρος του αντικειμένου i σε σχέση με το αντικείμενο j. Τα δύο αυτά αντικείμενα είτε θα έχουν το ίδιο βάρος (δηλαδή ο λόγος των βαρών τους θα είναι 1) είτε το αντικείμενο i θα είναι x φορές πιο βαρύ από το αντικείμενο j. Αντιστρόφως το αντικείμενο j θα είναι 1/x φορές πιο βαρύ από το αντικείμενο i. Σε αυτό το σημείο ορίζεται ως α_{ij} το αποτέλεσμα αυτής της σύγκρισης. (Δεν υπάρχει κάτι που να οριοθετεί την τιμή του x αλλά λόγω του αξιώματος της ομογένειας που περιγράφηκε νωρίτερα, δεν θα πρέπει τα στοιχεία που συγκρίνονται μεταξύ τους να είναι τελείως διαφορετικά και ασυσχέτιστα.

Για N τέτοια αντικείμενα, ο παρατηρητής θα εξήγαγε παρόμοια αποτελέσματα από τις συγκρίσεις και έτσι θα προέκυπτε ένας πίνακας ζευγωτών συγκρίσεων $A = (\alpha_{ij})$, στον οποίον θα ισχύει ότι $\alpha_{ii} = 1$ και $\alpha_{ij} = 1/\alpha_{ji}$. Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι αρκεί να συμπληρωθούν μόνο τα N(N-1)/2 στοιχεία του πίνακα που βρίσκονται πάνω από την διαγώνιο, λόγω της συμμετρικής ιδιότητας του πίνακα. Για τον πίνακα A, η AHP χρησιμοποιεί το κανονικοποιημένο χαρακτηριστικό διάνυσμα (eigenvector) (Saaty, 1980). Λόγω του ότι ήδη κάθε μία σύγκριση ανά ζεύγη αποτελεί μια αναλογία, οι προκύπτουσες προτεραιότητες θα είναι επίσης αναλογικές. Ο Forman (1990) διενήργησε πειράματα τα οποία απέδειξαν ότι οι προκύπτουσες αναλογικές βαρύτητες είναι πιο ακριβείς απ'ότι οι μεμονωμένες συγκρίσεις.

Αριθμητικές και γραφικές διαδικασίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εξαχθούν κρίσεις κατά τη σύγκριση δύο στοιχείων. Έτσι μπορούν να εξαχθούν κρίσεις π.χ. για το σχετικό μέγεθος γεωμετρικών σχημάτων, τη σχετική φωτεινότητα αντικειμένων, την σχετική σημαντικότητα στόχων, ή την σχετική προτίμηση εναλλακτικών σε σχέση με κάποιον δεδομένο στόχο. Ενώ οι κρίσεις αυτές είναι υποκειμενικές, τα αποτελέσματα που θα προέκυπταν από συγκρίσεις μεγεθών ή φωτεινότητας αντικειμένων, μπορούν να

θεωρηθούν ως αντικειμενικές λόγω των ιδιοτήτων που συγκρίνονται. Όμως δεν υπάρχουν αντικειμενικά μέτρα για την σύγκριση της σημαντικότητας δύο στόχων ή της προτίμησης δύο εναλλακτικών. Παρόλα αυτά, είναι απαραίτητη η ύπαρξη αναλογικών μέτρων που να μετρούν αντικειμενικά την σημαντικότητα και τις προτιμήσεις κατά την λήψη αποφάσεων και την κατανομή πόρων. Η μέθοδος AHP είναι σε θέση να παράγει τέτοιου είδους μέτρα.

3.6.2. Φραστικές συγκρίσεις ανά ζεύγη

Η θεμελιώδης κλίμακα συγκρίσεων που αρχικά προτάθηκε από τον Saaty για την μέθοδο AHP αποτελούνταν από τις λέξεις «ίσο», «ασθενές», «δυνατό», «πολύ δυνατό», και «απόλυτο» (η λέξη «ασθενές» αντικαταστάθηκε αργότερα από τη λέξη «μέτριο» και η λέξη «απόλυτο» από τη λέξη «ακραίο»). Βασισμένος σε εμπειρική έρευνα, ο Saaty πρότεινε την αντιστοίχηση αυτών των λέξεων με τους αριθμούς 1,3,5,7,9 αντίστοιχα. Οι ενδιάμεσοι ακέραιοι 2,4,6,8, χρησιμοποιούνταν για να δηλώσουν ενδιάμεσες καταστάσεις. Έτσι για παράδειγμα το 6 βρίσκεται κάπου μεταξύ του «δυνατό» και «πολύ δυνατό». Η αντιστοίχηση αυτή παρουσιάζεται στην *Εικόνα 3.1*. Σε αντίθεση με τις αριθμητικές και γραφικές διαδικασίες που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, οι φραστικές συγκρίσεις δεν αποτελούν διαστηματικά (interval) ή αναλογικά (ratio) μέτρα, αλλά μόνο βαθμωτά (ordinal) μέτρα. Η θεμελιώδης αυτή φραστική κλίμακα είναι βαθμωτή λόγω του ότι τα διαστήματα που υπάρχουν μεταξύ των φράσεων δεν είναι απαραίτητα ίσα. Αυτό για παράδειγμα σημαίνει ότι η απόσταση από το «δυνατό» στο «πολύ δυνατό» να είναι πολύ μικρότερη απ'ότι η απόσταση από το «πολύ δυνατό» στο «ακραίο».

Ένταση σημαντικότητας	Ορισμός	Επεξήγηση
1	Ίδια σημαντικότητα	**Οι δυο δραστηριότητες συνεισφέρουν ισοδύναμα στο στόχο**
3	Μικρή σημαντικότητα του ενός σε σχέση με το άλλο	**Η εμπειρία και η κρίση ευνοούν ελαφρώς μια δραστηριότητα έναντι μιας άλλης**
5	Σημαντική ή δυνατή σημαντικότητα	**Η εμπειρία και η κρίση ευνοούν σημαντικά μια δραστηριότητα έναντι μιας άλλης**
7	Πολύ δυνατή ή αποδεδειγμένη σημαντικότητα	**Μια δραστηριότητα ευνοείται πολύ έντονα έναντι μιας άλλης / η επικράτησή της φαίνεται στην πράξη**
9	Απόλυτη σημαντικότητα	**Οι ενδείξεις που ευνοούν μια δραστηριότητα έναντι μιας άλλης, είναι στο μέγιστο δυνατό επίπεδο βεβαιότητας**
2, 4, 6, 8	**Ενδιάμεσες τιμές μεταξύ γειτονικών τιμών**	**Όταν χρειάζεται συμβιβασμός**

Εικόνα 3.1

Παρά το γεγονός όμως ότι αυτή η βαθμωτή κλίμακα που χρησιμοποιείται για την εξαγωγή των κρίσεων αποτελεί ένα βαθμωτό μέτρο, η εμπειρική έρευνα του Saaty έδειξε ότι το κύριο χαρακτηριστικό διάνυσμα που προκύπτει από ένα πίνακα φραστικών συγκρίσεων συχνά δίνει προτεραιότητες που προσεγγίζουν τις πραγματικές προτεραιότητες που παράγονται από αναλογικές συγκρίσεις μετρήσινων στοιχείων όπως το μήκος ή η φωτεινότητα. Αυτό συμβαίνει διότι όπως ο Saaty (1980), απέδειξε μαθηματικά, ο υπολογισμός του χαρακτηριστικού διανύσματος έχει μια εξομαλυντική επίδραση. Έτσι, αν υπάρχει αρκετή ποικιλία και πλεονάζοντα στοιχεία στην ιεραρχία, τα λάθη κατά την

κρίση, όπως αυτά που υπεισέρχονται όταν χρησιμοποιείται η βαθμωτή κλίμακα, μειώνονται δραστικά.

Επιπλέον μπορεί να δειχθεί ότι για ένα πίνακα ζευγωτών συγκρίσεων $A = (\alpha_{ij})$, αν είναι συνεπής (consistent), που σημαίνει ότι $\alpha_{ij} = \alpha_{ik}\alpha_{kj}$, τότε οι συνιστώσες του χαρακτηριστικού διανύσματος δίνουν τις πραγματικές και αληθινές προτεραιότητες των στοιχείων που συγκρίνονται (Mirkin, 1979, Saaty, 1980). Αν πάλι δεν υπάρχει συνέπεια στον πίνακα ζευγωτών συγκρίσεων, η ανάλυση των λαθών δείχνει ότι το χαρακτηριστικό διάνυσμα δίνει βαρύτητες οι οποίες εξακολουθούν να είναι κοντά στις πραγματικές τιμές με αποδεκτή ακρίβεια, υπό την προϋπόθεση βέβαια ότι ο λήπτης των αποφάσεων δεν διενεργεί τυχαίες συγκρίσεις (Saaty, 1980).

3.7. Στάθμιση κριτηρίων / εναλλακτικών επιλογών

Η μέθοδος AHP διαθέτει τρεις τεχνικές εξαγωγής συμπερασμάτων όσον αφορά στον καθορισμό της σχετικής σημαντικότητας μεταξύ διαφόρων κριτηρίων ή εναλλακτικών επιλογών, την λεκτική, την αριθμητική και την γραφική. Οι συγκρίσεις γίνονται πάντα ανά ζεύγη. Για παράδειγμα, κατά την σύγκριση δύο κριτηρίων όπως το κόστος και η επίδοση, κατά την λεκτική τεχνική, ένα πιθανό αποτέλεσμα μιας τέτοιας σύγκρισης θα μπορούσε να εκφραστεί με το ότι «η επίδοση είναι αρκετά πιο σημαντική από το κόστος». Κατά την αριθμητική τεχνική όμως θα μπορούσε αυτή η σύγκριση να απαντηθεί με το ότι «η επίδοση είναι 2,5 φορές πιο σημαντική από το κόστος». Τέλος, ακολουθώντας την γραφική τεχνική, η απάντηση στην συγκεκριμένη σύγκριση θα αποτελούταν από δύο μπάρες, με το λόγο των υψών τους να δίνει 2,5.

Μερικοί θεωρητικοί έχουν αμφισβητήσει την ικανότητα των ανθρώπων που λαμβάνουν αποφάσεις όσον αφορά στη διεξαγωγή εποικοδομητικών συμπερασμάτων κατά την σύγκριση των κριτηρίων πάνω στα οποία βασίζεται μια απόφαση. Παρόλα αυτά η μακροχρόνια χρήση της μεθόδου έχει δείξει ότι οι λήπτες αποφάσεων δεν αντιμετωπίζουν πρόβλημα κατά την σύγκριση κριτηρίων (Forman and Gass, 1999). Ενδεχομένως ορισμένοι να αντιμετωπίζουν κάποιου είδους δυσκολία με την λεκτική τεχνική, διότι δεν μπορούν να εκφράσουν το μέγεθος της σημαντικότητας, αλλά κανείς δεν έχει συναντήσει ουσιαστικά προβλήματα με την αριθμητική ή την γραφική τεχνική, όπου εκεί

ποσοτικοποιείται άμεσα το μέγεθος της σύγκρισης. Πάνω σε αυτή την ικανότητα του ανθρώπινου νου να διεξάγει συγκρίσεις τέτοιου είδους βασίζεται η μέθοδος AHP και από αυτό αντλεί τη δύναμή της.

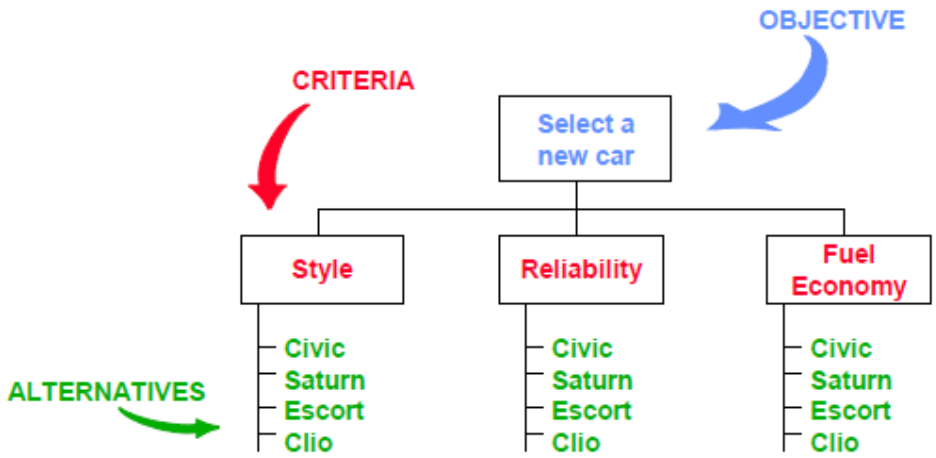
3.8. Ανάλυση της AHP με τη βοήθεια παραδείγματος

Για την καλύτερη κατανόηση της μεθόδου της AHP θα επιχειρηθεί η ανάπτυξη ενός παραδείγματος μαζί με τα στάδια που εμπεριέχονται μέχρι την τελική απόφαση. Τα εξής τρία ερωτήματα θα πρέπει να απαντηθούν:

1. Ποιος είναι ο αντικειμενικός στόχος (objective)
2. Ποια είναι τα κριτήρια της απόφασης (criteria)
3. Ποιες είναι οι διαθέσιμες εναλλακτικές επιλογές (alternatives)

Το παράδειγμα θα δομηθεί πάνω στην υπόθεση ότι ο λήπτης της απόφασης επιθυμεί να αποφασίσει σχετικά με το ποιο αυτοκίνητο θα πρέπει να αγοράσει. Ορίζεται έτσι με αυτόν τον τρόπο ο αντικειμενικός στόχος, ο οποίος είναι η αγορά του αυτοκινήτου. Στη συνέχεια ορίζονται τα κριτήρια πάνω στα οποία θα βασιστεί αυτή η απόφαση. Ο λήπτης της απόφασης επιθυμεί παραδείγματος χάρη να χρησιμοποιήσει τρία κριτήρια, το στυλ, την αξιοπιστία και την οικονομία καυσίμου. Πρέπει να τονιστεί ότι η επιλογή των κριτηρίων έγκειται αποκλειστικά στην υποκειμενική αντίληψη του λήπτη της απόφασης σχετικά με το ποια κριτήρια θεωρεί ως πλέον σημαντικά. Τέλος, γίνεται η υπόθεση ότι οι διαθέσιμες εναλλακτικές επιλογές αυτοκινήτων είναι, Civic Coupe, Saturn Coupe, Ford Escort, Renault Clio (Haas and Meixner)

Έχοντας απαντήσει λοιπόν στα τρία αυτά ερωτήματα, χτίζεται αυτομάτως η ιεραρχία της απόφασης η οποία απεικονίζεται διαγραμματικά στην *Εικόνα 3.2*.



Εικόνα 3.2

Στο επόμενο βήμα θα πρέπει να γίνει η κατηγοριοποίηση των κριτηρίων με βάση την σπουδαιότητά τους. Εκφράζονται λοιπόν κάποιες κρίσεις σχετικά με την σχετική σημαντικότητα των κριτηρίων μεταξύ τους και οι συγκρίσεις αυτές γίνονται ανά ζεύγη (pair wise comparisons). Έτσι, υποθέτουμε στο παράδειγμα ότι,

- Η αξιοπιστία είναι δύο (2) φορές πιο σημαντική από το στυλ
- Το στυλ είναι τρεις (3) φορές πιο σημαντικό από την οικονομία καυσίμου
- Η αξιοπιστία είναι τέσσερις (4) φορές πιο σημαντική από την οικονομία καυσίμου

Με βάση την αναλογική κλίμακα του Saaty, η οποία έχει εύρος από το 1 έως το 9 είναι εφικτό να έχουμε τον πρώτο πίνακα των κριτηρίων. Ο πίνακας αυτός είναι συμμετρικός και η διαγώνιός του αποτελείται από μονάδες.

$$\begin{array}{c} \\ \text{Στυλ} \\ \text{Αξιοπιστία} \\ \text{Οικονομία} \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} \text{Στυλ} & \text{Αξιοπιστία} & \text{Οικονομία} \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1/1..... & 1/2..... & 3/1 \\ 2/1..... & 1/1..... & 4/1 \\ 1/3..... & 1/4..... & 1/1 \end{bmatrix} \end{array}$$

Μετατρέπουμε τα κλάσματα σε δεκαδικούς αριθμούς και ο πίνακας αποκτά την ακόλουθη μορφή:

$$\begin{bmatrix} 1{,}000 & 0{,}500 & 3{,}000 \\ 2{,}000 & 1{,}000 & 4{,}000 \\ 0{,}333 & 0{,}250 & 1{,}000 \end{bmatrix}$$

Στο πρώτο βήμα θα πρέπει να υπολογιστούν οι σχετικές προτεραιότητες των κριτηρίων. Το ζητούμενο είναι ο υπολογισμός του χαρακτηριστικού διανύσματος (eigenvector) το

οποίο θα δώσει την κατάταξη αυτών των κριτηρίων. Οι υπολογισμοί που θα ακολουθήσουν απαιτούν στοιχειώδεις γνώσεις άλγεβρας πινάκων. Έτσι, συνεχίζοντας με την ανάπτυξη του παραδείγματος εκτελούμε τετραγωνισμό του πίνακα των συγκρίσεων,

$$\begin{bmatrix} 1,000 & 0,500 & 3,000 \\ 2,000 & 1,000 & 4,000 \\ 0,333 & 0,250 & 1,000 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1,000 & 0,500 & 3,000 \\ 2,000 & 1,000 & 4,000 \\ 0,333 & 0,250 & 1,000 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,000 & 1,750 & 8,000 \\ 5,333 & 3,000 & 14,000 \\ 1,166 & 0,666 & 3,000 \end{bmatrix}$$

Στη συνέχεια προσθέτουμε τις σειρές των πινάκων και αθροίζουμε τα σύνολα των σειρών .

$$\begin{bmatrix} 3,000+ & 1,750+ & 8,000 \\ 5,333+ & 3,000+ & 14,000 \\ 1,166+ & 0,666+ & 3,000 \end{bmatrix} \begin{matrix} =12,750 \\ =22,333 \\ = 4,833 \end{matrix}$$

Το σύνολο των αθροισμάτων των σειρών προκύπτει ίσο με 39,916.

Με βάση αυτό το σύνολο κανονικοποιούνται τα αθροίσματα των σειρών και έτσι προκύπτει το χαρακτηριστικό διάνυσμα. Έτσι, το διάνυσμα προκύπτει από τις διαιρέσεις

12,750/39,916=0,3194

22.333/39,916=0,5595

4,833/39,916=0,1211

Και είναι το εξής: $\begin{bmatrix} 0,3194 \\ 0,5595 \\ 0,1211 \end{bmatrix}$

Η διαδικασία αυτή θα πρέπει να επαναληφθεί έως ότου το προκύπτον χαρακτηριστικό διάνυσμα δεν αλλάζει. Για την καλύτερη κατανόηση θα επιχειρηθεί ακόμα μία επανάληψη της διαδικασίας. Έτσι, τετραγωνίζοντας τον πίνακα του προηγούμενου βήματος έχουμε τα εξής:

$$\begin{bmatrix} 3,000 & 1,750 & 8,000 \\ 5,333 & 3,000 & 14,000 \\ 1,166 & 0,666 & 3,000 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 3,000 & 1,750 & 8,000 \\ 5,333 & 3,000 & 14,000 \\ 1,166 & 0,666 & 3,000 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 27,6653 & 15,8330 & 72,4984 \\ 48,3311 & 27,6662 & 126,6642 \\ 10,5547 & 6,0414 & 27,6653 \end{bmatrix}$$

Αθροίζοντας τις σειρές του πίνακα και στη συνέχεια παίρνοντας το σύνολο που προκύπτει, κανονικοποιούμε τα αθροίσματα και προκύπτει το νέο χαρακτηριστικό διάνυσμα της μορφής:

$$\begin{bmatrix} 0,3196 \\ 0,5584 \\ 0,1220 \end{bmatrix}$$

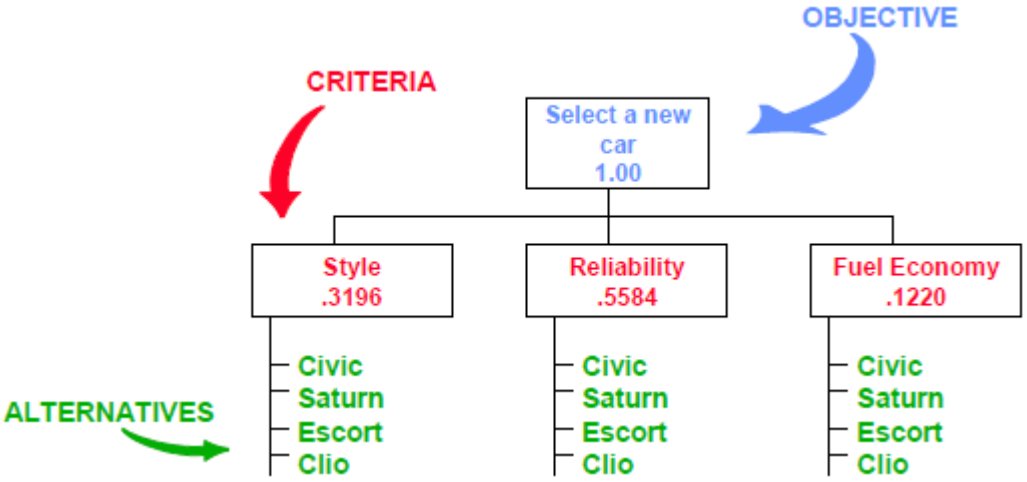
Η διαφορά του νέου διανύσματος από το προηγούμενο είναι πολύ μικρή, ήτοι

$$\begin{bmatrix} 0{,}3194 \\ 0{,}5595 \\ 0{,}1211 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0{,}3196 \\ 0{,}5584 \\ 0{,}1220 \end{bmatrix} = \begin{matrix} -0{,}0002 \\ 0{,}0011 \\ -0{,}009 \end{matrix}$$

Επομένως κρατάμε το χαρακτηριστικό διάνυσμα που έχει προκύψει, το οποίο απεικονίζει την σχετική κατάταξη των κριτηρίων ως εξής.

$$\begin{matrix} \Sigma\tau\upsilon\lambda \\ \text{Α}\xi\iota\sigma\pi\iota\sigma\tau\acute{\iota}\alpha \\ \text{Ο}\iota\kappa\sigma\nu\sigma\mu\acute{\iota}\alpha \end{matrix} \begin{bmatrix} 0{,}3196 \\ 0{,}5584 \\ 0{,}1220 \end{bmatrix}$$

Το διάνυσμα αυτό καταδεικνύει ότι η αξιοπιστία είναι το πιο σημαντικό κριτήριο και δίνει επίσης και τις σχετικές αποστάσεις μεταξύ των κριτηρίων. Η δομή της ιεραρχίας πλέον μπορεί να απεικονιστεί όπως φαίνεται στην *Εικόνα 3.3*.



Εικόνα 3.3

Στη συνέχεια χρειάζεται η συλλογή των κρίσεων σε σχέση με κάθε κριτήριο ξεχωριστά και σύμφωνα με τις διαθέσιμες εναλλακτικές επιλογές. Έτσι αφού γίνουν οι απαραίτητες συγκρίσεις ανά ζεύγη προκύπτουν τρεις συμμετρικοί πίνακες συγκρίσεων για κάθε ένα από τα τρία κριτήρια του στυλ, της αξιοπιστίας και της οικονομίας καυσίμου. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι τα δύο πρώτα κριτήρια του στυλ και της αξιοπιστίας είναι ποιοτικά κριτήρια και ο μόνος τρόπος για να γίνει η κατάταξη των εναλλακτικών επιλογών των διαθέσιμων αυτοκινήτων είναι μέσω κρίσεων, ενώ η οικονομία καυσίμου αποτελεί κριτήριο ποσοτικού χαρακτήρα που δεν επιδέχεται υποκειμενικές κρίσεις, αφού υπάρχουν στοιχεία κατανάλωσης καυσίμου από το εργοστάσιο παραγωγής του κάθε αυτοκινήτου.

Υποθέτουμε λοιπόν ότι οι συγκρίσεις ανά ζεύγη για τα δύο πρώτα κριτήρια παράγουν τους εξής πίνακες συγκρίσεων:

Κριτήριο ΣΤΥΛ:

$$\begin{array}{c} \\ CIVIC \\ SATURN \\ ESCORT \\ CLIO \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} CIVIC & SATURN & ESCORT & CLIO \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1/1..... & 1/4..... & 4/1..... & 1/6 \\ 4/1..... & 1/1..... & 4/1..... & 1/4 \\ 1/4..... & 1/4..... & 1/1..... & 1/5 \\ 6/1..... & 4/1..... & 5/1..... & 1/1 \end{bmatrix} \end{array}$$

Κριτήριο ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ:

$$\begin{array}{c} \\ CIVIC \\ SATURN \\ ESCORT \\ CLIO \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} CIVIC & SATURN & ESCORT & CLIO \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1/1..... & 2/1..... & 5/1..... & 1/1 \\ 1/2..... & 1/1..... & 3/1..... & 2/1 \\ 1/5..... & 1/3..... & 1/1..... & 1/4 \\ 1/1..... & 1/2..... & 4/1..... & 1/1 \end{bmatrix} \end{array}$$

Εφαρμόζοντας ακριβώς την ίδια μεθοδολογία είναι δυνατόν να εξαχθούν τα χαρακτηριστικά διανύσματα για αυτά τα δύο κριτήρια. Οι τιμές που προκύπτουν μετά την κανονικοποίηση είναι οι εξής:

Κριτήριο ΣΤΥΛ:

$$\begin{array}{c} CIVIC \\ SATURN \\ ESCORT \\ CLIO \end{array} \begin{bmatrix} 0{,}1160 \\ 0{,}2470 \\ 0{,}0600 \\ 0{,}5770 \end{bmatrix}$$

Κριτήριο ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ:

$$\begin{array}{c} CIVIC \\ SATURN \\ ESCORT \\ CLIO \end{array} \begin{bmatrix} 0{,}3790 \\ 0{,}2900 \\ 0{,}0740 \\ 0{,}2570 \end{bmatrix}$$

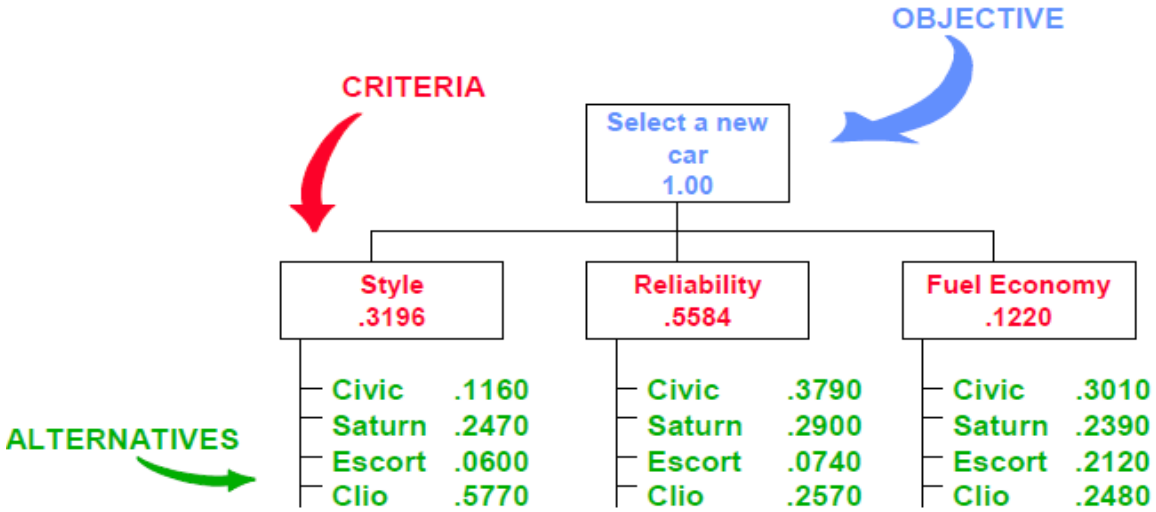
Εδώ θα πρέπει να τονιστεί ότι τα κριτήρια του στυλ και της αξιοπιστίας είναι ποιοτικά κριτήρια, ενώ το τρίτο και τελευταίο κριτήριο του παραδείγματος, η οικονομία καυσίμου είναι ποσοτικό κριτήριο. Πρόκειται επίσης περί αντικειμενικού μετρήσιμου κριτηρίου αφού ο κατασκευαστής του αυτοκινήτου μπορεί να μας παρέχει με την συγκεκριμένη πληροφορία. Οι αυτονομίες των αυτοκινήτων του παραδείγματος απεικονίζονται στον πίνακα που ακολουθεί και αντιστοιχούν στα μίλια που μπορεί το κάθε ένα αυτοκίνητο να διανύσει με ένα γαλόνι βενζίνης.

$$\begin{array}{c} CIVIC \\ SATURN \\ ESCORT \\ CLIO \end{array} \begin{bmatrix} 34 \\ 27 \\ 24 \\ 28 \end{bmatrix}$$

Η κανονικοποίηση των αυτονομιών αυτών, δίνει και την σχετική κατάταξη των αυτοκινήτων με βάση το κριτήριο της οικονομίας καυσίμου. Έτσι έχουμε τα εξής:

$$\begin{array}{c} CIVIC \\ SATURN \\ ESCORT \\ CLIO \end{array} \begin{bmatrix} 0{,}3010 \\ 0{,}2390 \\ 0{,}2120 \\ 0{,}2480 \end{bmatrix}$$

Έχοντας λοιπόν υπολογίσει και τις βαρύτητες των κατωτέρων επιπέδων σε σχέση με τα κριτήρια της ιεραρχίας είναι δυνατόν να απεικονιστεί η ιεραρχία της απόφασης όπως φαίνεται στην *Εικόνα 3.4*.



Εικόνα 3.4

Το αποτέλεσμα της παραπάνω ιεραρχίας προκύπτει από το γινόμενο των πινάκων:

$$\begin{bmatrix} 0{,}1160 & 0{,}3790 & 0{,}3010 \\ 0{,}2470 & 0{,}2900 & 0{,}2390 \\ 0{,}0600 & 0{,}0740 & 0{,}2120 \\ 0{,}5770 & 0{,}2570 & 0{,}2480 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0{,}3196 \\ 0{,}5584 \\ 0{,}1220 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0{,}3060 \\ 0{,}2720 \\ 0{,}0940 \\ 0{,}3280 \end{bmatrix}$$

Δηλαδή η κατάταξη των αυτοκινήτων έχει ως εξής:

$$\begin{array}{c} CIVIC \\ SATURN \\ ESCORT \\ CLIO \end{array} \begin{bmatrix} 0{,}3060 \\ 0{,}2720 \\ 0{,}0940 \\ 0{,}3280 \end{bmatrix}$$

Προκύπτει ότι το CLIO προκρίνεται με την υψηλότερη βαθμολογία και ακολουθεί το CIVIC. Στην τρίτη θέση έρχεται το SATURN και με διαφορά την τελευταία θέση καταλαμβάνει το ESCORT.

3.8.1. Έλεγχος ασυνέπειας

Σε κάθε πίνακα ζευγαρωτών συγκρίσεων θα πρέπει να εκτελείται και ένας έλεγχος συνέπειας μέσω του υπολογισμού του συντελεστή συνέπειας (consistency ratio CR). Σύμφωνα με τον Saaty 1980, ένας πίνακας κρίσεων που προκύπτει από τις συγκρίσεις ανά ζεύγη θεωρείται ως συνεπής (consistent) όταν ο συντελεστής CR είναι μικρότερος από 10%.

Για τον υπολογισμό του εν λόγω συντελεστή γίνεται χρήση του δείκτη συνέπειας (Consistency Index CI) όπου,

$$\mathrm{CI} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

και n ο αριθμός των στηλών και γραμμών του πίνακα. Το $\lambda_{\max}$ υπολογίζεται για κάθε πίνακα αθροίζοντας τις στήλες και πολλαπλασιάζοντας το διάνυσμα που προκύπτει με το χαρακτηριστικό διάνυσμα (eigenvector) που ήδη έχει υπολογιστεί. Τέλος, διαιρείται το CI με το RCI (Random Consistency Index) και προκύπτει ο συντελεστής ασυνέπειας CR. Οι τιμές του RCI φαίνονται στην *Εικόνα 3.5* ανάλογα με το μέγεθος του πίνακα.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RCI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

Εικόνα 3.5

Επιχειρώντας στο παράδειγμα που αναλύουμε να εκτελέσουμε τον έλεγχο ασυνέπειας για τον πρώτο πίνακα συγκρίσεων των κριτηρίων μεταξύ τους έχουμε τα εξής:

$$\begin{array}{c} \\ \Sigma\tau\upsilon\lambda \\ \text{Αξιοπιστία} \\ \text{Οικονομία} \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} \text{Στυλ} & \text{Αξιοπιστία} & \text{Οικονομία} \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1/1..... & 1/2..... & 3/1 \\ 2/1..... & 1/1..... & 4/1 \\ 1/3..... & 1/4..... & 1/1 \end{bmatrix} \end{array}$$

Για τον πίνακα αυτόν έχει ήδη υπολογιστεί το χαρακτηριστικό διάνυσμα το οποίο προκύπτει ίσο με:

$$\begin{array}{c} \Sigma\tau\upsilon\lambda \\ \text{Αξιοπιστία} \\ \text{Οικονομία} \end{array} \begin{bmatrix} 0{,}3196 \\ 0{,}5584 \\ 0{,}1220 \end{bmatrix}$$

Αθροίζοντας τις στήλες του πίνακα προκύπτει το εξής διάνυσμα:

$$\begin{bmatrix} 3{,}3333 & 1{,}75 & 8 \end{bmatrix}$$

Ο πολλαπλασιασμός των δύο αυτών πινάκων δίνει:

$$\begin{bmatrix} 0{,}3196 \\ 0{,}5584 \\ 0{,}1220 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 3{,}3333 & 1{,}75 & 8 \end{bmatrix} = 3{,}018$$

Άρα λ_{max}=3,018

n=3

$$CI = \frac{3{,}018 - 3}{3 - 1} = 0{,}009$$

$$CR = \frac{0{,}009}{0{,}58} = 0{,}0155$$

Λόγω του ότι το CR<0,10 δεν υπάρχει βάσιμη υποψία ασυνέπειας του πίνακα. Αυτό σημαίνει ότι στην περίπτωση αυτή δεν χρειάζεται να επανεξεταστούν οι συγκρίσεις ανά ζεύγη που έγιναν διότι ο πίνακας είναι ήδη συνεπής. Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για τους υπόλοιπους πίνακες συγκρίσεων των εναλλακτικών επιλογών των αυτοκινήτων σε σχέση με το κάθε ένα κριτήριο.

3.9. Εφαρμογές της AHP

Η μέθοδος AHP έχει εφαρμοστεί από πάρα πολλές επιχειρήσεις στον κόσμο και για διάφορα προβλήματα. Σε αυτό το κεφάλαιο θα επιχειρηθεί μια περιληπτική αναφορά σε μερικές τέτοιες εφαρμογές. Οι περιοχές εφαρμογής της μεθόδου από τις διάφορες επιχειρήσεις ποικίλουν ανάλογα με το πρόβλημα που τίθεται προς επίλυση. Οι Forman and

Gass (1999), αναφέρουν διάφορες τέτοιες εφαρμογές της μεθόδου AHP από διάφορες επιχειρήσεις, όπως περιγράφονται στη συνέχεια.

3.9.1. Προβλήματα επιλογής

Υπάρχουν διάφορα προβλήματα στα οποία χρειάζεται η λήψη μιας απόφασης σχετικά με το πια εναλλακτική επιλογή θα πρέπει να εφαρμοστεί μεταξύ πολλών άλλων εναλλακτικών. Το περιβάλλον στο οποίο γίνεται η λήψη μιας τέτοιας απόφασης είναι συνήθως πολυκριτηριακό και τυπικές περιπτώσεις τέτοιων προβλημάτων αποτελούν η επιλογή προϊόντος, η επιλογή προμηθευτή, η επιλογή για την διαμόρφωση της δομής μιας επιχείρησης, η απόφαση για το ποιες πολιτικές θα πρέπει να ακολουθήσει ένας οργανισμός.

Xerox Corporation. Η επιχείρηση έχει χρησιμοποιήσει τη μέθοδο AHP σε πάνω από 50 προβλήματα αποφάσεων. Αυτά τα προβλήματα περιείχαν αποφάσεις του τμήματος έρευνας και ανάπτυξης περί της σύνθεσης του χαρτοφυλακίου των προϊόντων της επιχείρησης, την εφαρμογή διάφορων τεχνολογικών επενδύσεων και την επιλογή των σχεδίων των προϊόντων. Η μέθοδος βοήθησε επίσης την επιχείρηση στη λήψη αποφάσεων σχετικών με το μάρκετινγκ, όπως η επιλογή στόχευσης της αγοράς, η εναρμόνιση των προϊόντων με την αγορά και η δόμηση των απαιτήσεων των πελατών.

British Columbia Ferries. Η μέθοδος εφαρμόστηκε για την επιλογή προϊόντων, προμηθευτών και συμβούλων. Ο διευθυντής αγορών, σχεδιασμού και τεχνικής υποστήριξης χρησιμοποίησε την AHP σε διάφορες εφαρμογές όπως για παράδειγμα τον καθορισμό της καλύτερης πηγής για καύσιμα (καθότι τα καύσιμα αποτελούν τη μεγαλύτερη πηγή κόστους για τέτοιου είδους επιχειρήσεις), την επιλογή συνεργάτη για νομικά και χρηματοοικονομικά θέματα καθώς και για τον σχεδιασμό πλοίων, την επιλογή προμηθευτών ηλεκτρονικών παιχνιδιών για τα πλοία της επιχείρησης και την αξιολόγηση διάφορων προσφορών προϊόντων.

Edgewood Research Development and Engineering Center (ERDEC). Η επιχείρηση μαζί με την υπηρεσία άμυνας χημικού και βιολογικού πολέμου του αμερικανικού στρατού χρησιμοποίησαν την μέθοδο AHP για να επιλέξουν τη δομή της νέας διοικητικής δομής

της ERDEC. Εξετάστηκαν διάφορα σενάρια δομών με ήδη υπάρχον δυναμικό όπως και με άλλο εξειδικευμένο ανθρώπινο δυναμικό από την αγορά εργασίας καθώς και διάφορα είδη ιεραρχίας της διοικητικής οργάνωσης (Heitz and Miller, 2005)

NASA. Εδώ η μέθοδος χρησιμοποιήθηκε για την επιλογή του καταλληλότερου συστήματος προώθησης για την σεληνιακό όχημα Lunar Lander. Δεκατρείς (13) διαφορετικές συνθέσεις της σεληνακάτου συγκρίθηκαν σε σχέση με ένα όχημα αναφοράς, με σκοπό να εξεταστεί η επίδραση των διάφορων συνδυασμών προώθησης και τρόπου εισόδου του καυσίμου στις παραμέτρους της αποστολής και του οχήματος (Moreland and Sanders, 1993)

3.9.2. Προβλήματα προτεραιότητας/αξιολόγησης

Η θέσπιση προτεραιοτήτων εμπεριέχει τον καθορισμό της σχετικής αξίας ενός συνόλου εναλλακτικών επιλογών, σε αντίθεση με τα προβλήματα επιλογής όπου εκεί επιλέγεται μια μόνο εναλλακτική λύση. Όταν υπολογίζονται οι βαρύτητες των εναλλακτικών λύσεων, έχει ενδιαφέρον να γνωρίζουμε ποια από αυτές έχει τη μεγαλύτερη προτεραιότητα καθώς και τις αποστάσεις μεταξύ τους. Λόγω του ότι η AHP παράγει βαρύτητες που είναι αναλογικά μέτρα (ratio measures), αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επιλογή ενός συνδυασμού εναλλακτικών λύσεων καθώς και για τον καταμερισμό πόρων.

Σε γενικές γραμμές, μια αξιολόγηση συνεπάγεται την διαμόρφωση μιας εκτίμησης ή την διεξαγωγή μιας μέτρησης. Η διαμόρφωση προτεραιοτήτων αφορά στην σύγκριση δύο αντικειμένων ενώ η αξιολόγηση αφορά κάτι πιο γενικό, μια εκτίμηση η οποία προϋποθέτει την ανάλυση πολλών διαστάσεων ενός προβλήματος. Λόγω όμως του ότι η αξιολόγηση πραγματοποιείται μέσω της σύγκρισης με κάποιο στάνταρ ή με κάποια άλλα δεδομένα, μπορεί να λεχθεί ότι η αξιολόγηση γίνεται μέσω της θέσπισης προτεραιοτήτων.

Πανεπιστήμιο Santiago στην Χιλή. Το 1991 το πανεπιστήμιο αιτήθηκε την κυβερνητική χρηματοδότηση δέκα έργων με αρνητικό όμως αποτέλεσμα. Οι προτάσεις για χρηματοδότηση που κατέθεσε δεν εγκρίθηκαν και ως εκ τούτου, το πανεπιστήμιο στην προσπάθειά του να βρει κάποιον τρόπο για την κατάθεση εύστοχων αιτήσεων οι οποίες θα είχαν μεγαλύτερη πιθανότητα επιτυχίας, εφάρμοσε την μέθοδο AHP με σκοπό την

ανάπτυξη των ερευνητικών αυτών προτάσεων. Το μοντέλο χρησιμοποιήθηκε για να κατατάξει τις προτάσεις σύμφωνα με την πιθανότητα επιτυχίας βασιζόμενο στο ποια κριτήρια θεωρεί η κυβέρνηση ως πιο σημαντικά προς αυτήν την κατεύθυνση. Το αποτέλεσμα της μεθόδου έδωσε μια κατάταξη με βάση τα κριτήρια αυτά και στη συνέχεια με τη βοήθεια συμβούλου επιλέχθηκαν και τροποποιήθηκαν οι τρεις επικρατέστερες προτάσεις, επιτυγχάνοντας και οι τρείς την έγκριση χρηματοδότησης (Forman and Gass, 1999).

Fulcrum Ingenieria Ltd. Στην Χιλή. Η εν λόγω επιχείρηση χρησιμοποίησε την μέθοδο AHP για να αξιολογήσει την περιβαλλοντική επίδραση των έργων αυτοκινητοδρόμου, καθώς και για την κατάταξη και επιλογή έργων σύμφωνα με το ποσοστό ρύπανσης που αυτά τα έργα προκαλούν. Σε ένα έργο κατασκευής αυτοκινητόδρομου, η Fulcrum χώρισε το έργο σε τομείς των 100 μέτρων και για τον κάθε ένα τομέα ξεχωριστά αξιολόγησε την επίδραση στο φυσικό περιβάλλον μαζί με τις επιπτώσεις του κάθε τομέα του έργο στον άνθρωπο, ώστε να μπορέσει να χαράξει την βέλτιστη διαδρομή (Forman and Gass, 1999).

3.9.3. Προβλήματα Κατανομής Πόρων

Η αποτελεσματική κατανομή των πόρων μέσα σε μια επιχείρηση, αποτελεί ουσιαστικό παράγοντα επιτυχίας όσον αφορά στην επίτευξη των στρατηγικών και αντικειμενικών στόχων της επιχείρησης. Είναι σχετικά εύκολο να καθοριστεί το μέγεθος και το ποιόν των πόρων που διαθέτει μια επιχείρηση. Αυτό που είναι όμως δύσκολο να καθοριστεί, είναι η σχετική αποτελεσματικότητα των πόρων αυτών ως προς την επίτευξη των στόχων της επιχείρησης, καθώς οι εταιρίες έχουν πολλαπλούς και διαφορετικούς στόχους. Η κατανομή των πόρων αποτελεί μια από τις σημαντικότερες αποφάσεις της οργανωσιακής συμπεριφοράς. Λόγω του ότι υπάρχουν πολλές προοπτικές αντίληψης των πραγμάτων, πολλοί αντικειμενικοί στόχοι προς επίτευξη και πολλές εναλλακτικές επιλογές κατανομής των πόρων, μια διαδικασία σαν την AHP κρίνεται ιδιαίτερα απαραίτητη για να μετρήσει και να συνθέσει τις συχνά αντικρουόμενες αντικειμενικές και υποκειμενικές πληροφορίες. Έτσι ένας οργανισμός θα πρέπει να είναι σε θέση να:

- Αναγνωρίζει τις εναλλακτικές επιλογές στον σχεδιασμό
- Αναγνωρίσει και να δομήσει τους εταιρικούς στόχους σε αντικειμενικούς στόχους, υποστόχους και ούτω καθεξής.

- Μετρήσει (σε μια αναλογική κλίμακα) πόσο καλά η κάθε εναλλακτική επιλογή συνεισφέρει σε κάθε ένα από τα κατώτερα επίπεδα των στόχων
- Εντοπίσει τον βέλτιστο συνδυασμό των εναλλακτικών σύμφωνα με τους περιορισμούς που τίθενται σε επίπεδο προϋπολογισμού, περιβαλλοντικών και οργανωσιακών παραγόντων.

Northeast Fisheries Science Center (NEFSC). Το εν λόγω κέντρο είναι ένας κυβερνητικός οργανισμός που διενεργεί ερευνητικές αποστολές στις βορειοανατολικές ακτές της Αμερικής. Η μέθοδος AHP χρησιμοποιήθηκε με σκοπό να αξιολογήσει και να κατηγοριοποιήσει τις ήδη υπάρχουσες αποστολές ώστε να εξασφαλίσει την επαρκή υποστήριξη εκείνων, των οποίων η εκτέλεση θεωρείται ζωτικής σημασίας ως προς το όραμα και την αποστολή του οργανισμού. Αφού οι αποστολές κατηγοριοποιήθηκαν και σταθμίστηκαν με βαρύτητες που εξήχθησαν από την AHP, στη συνέχεια εισήχθησαν σε ένα μοντέλο βελτιστοποίησης με βάση το οποίο έγινε η κατανομή των πόρων του προϋπολογισμού. Έτσι η μέθοδος βοήθησε τα διοικητικά στελέχη να συνδέσουν ποσοτικά στοιχεία όπως οι πόροι του προϋπολογισμού με τις ποιοτικές εκτιμήσεις τους σχετικά με το ποιες αποστολές θα έπρεπε να προχωρήσουν (Forman and Gass, 1999).

Korea Telecommunication Authority (KTA). Στον οργανισμό τηλεπικοινωνιών της Κορέας, η AHP χρησιμοποιήθηκε για να καθορίσει τις προτεραιότητες, να εκτιμήσει τους απαραίτητους πόρους και να οδηγήσει τελικά σε μια επιτυχημένη κατανομή των πόρων αυτών της επιχείρησης. Η διαδικασία χωρίστηκε σε δύο κύρια στάδια. Στο πρώτο, δημιουργήθηκε ένα ιεραρχικό μοντέλο έξι επιπέδων απαρτιζόμενο από όλους τους σχετικούς παράγοντες και αναγνωρίστηκαν όλες οι κρίσιμες κατηγορίες κάθε επιπέδου καθώς και οι σχέσεις μεταξύ τους. Κατά το δεύτερο στάδιο, σαράντα (40) στελέχη της επιχείρησης από το τμήμα έρευνας και ανάπτυξης και άλλα σχετικά τμήματα με αυτό, βοήθησαν στην εξαγωγή των πινάκων προτεραιοτήτων (priority matrix) για κάθε επίπεδο (Suh et al., 1994)

3.9.4. Προβλήματα μέτρησης απόδοσης (Benchmarking)

Η σύγκριση και η μέτρηση διάφορων σημαντικών διαδικασιών μιας επιχείρησης με τις αντίστοιχες διαδικασίες άλλων ομοειδών επιχειρήσεων αποτελεί ενέργεια που μπορεί να

δώσει το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στον οργανισμό που αποφασίζει να προβεί σε αυτήν την μέτρηση (Eyrich, 1991). Η σύγκριση αυτή πρέπει πάντα να γίνεται με τις καλύτερες και πιο επιτυχημένες ανταγωνιστικές επιχειρήσεις ώστε το αποτέλεσμα της μέτρησης να μπορεί πραγματικά να βοηθήσει την επιχείρηση να διατηρήσει ή να αποκτήσει το ανταγωνιστικό της πλεονέκτημα.

IBM Rochester, Minnesota. Η ομάδα CIM (Computer Intergated Manufacturing) της IBM χρησιμοποίησε την μέθοδο AHP για να αξιολογήσει την διαδικασία CIM που χρησιμοποιεί στην παραγωγή της σε σχέση με τις διαδικασίες άλλων φημισμένων και μεγάλων επιχειρήσεων παραγωγής ηλεκτρονικών υπολογιστών στον κόσμο. Αυτή η προσπάθεια οδήγησε στην επιτυχημένη έκβαση του project AS400 της IBM και επιπλέον η επιχείρηση κέρδισε το βραβείο Malcom Baldridge (Eyrich, 1991).

3.9.5. Προβλήματα διαχείρισης ποιότητας

Οι βασικές λειτουργίες της μεθόδου AHP (δόμηση πολυπλοκότητας, μέτρηση σε αναλογική κλίμακα, σύνθεση), βρίσκουν επίσης εφαρμογή στην διαχείριση της ποιότητας καθώς και της διαχείριση της ολικής ποιότητας (total quality management). Η ποιότητα είναι πολυδιάστατη, καθώς τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για να την αξιολογήσουν είναι και ποσοτικά αλλά και ποιοτικά. Η AHP έχει την τρόπο να συνθέσει τέτοιου είδους ποιοτικά και ποσοτικά κριτήρια.

Lartobe Steel Company. Η επιχείρηση χρησιμοποιεί την μέθοδο AHP στο συνεχές πρόγραμμα βελτίωσης της ποιότητάς της. Με την βοήθεια πληροφόρησης από τους ειδικούς της επιχείρησης, στήθηκε ένα ιεραρχικό μοντέλο πάνω στην AHP με σκοπό να εστιάσει στις περιοχές όπου χρειαζόταν επέμβαση για να βελτιωθεί η ποιότητα της παραγωγής του τελικού προϊόντος. Ο στόχος ήταν να αυξηθεί η απόδοση κατά την μετατροπή της πρώτης ύλης (ingot) σε μπιγιέτα (billet). Η μέθοδος βοήθησε στην αλληλοσυσχέτιση των παραγόντων που επιδρούν στην απόδοση της παραγωγής και το αποτέλεσμα ήταν η σημαντική βελτίωση των δεικτών απόδοσης. Επιπροσθέτως, το μοντέλο χρησίμευσε και ως εργαλείο μάθησης, διότι έδωσε έμφαση στην ομαδική εργασία, παρείχε δόμηση στις ομαδικές αποφάσεις και τέλος αποτέλεσε την απαραίτητη

πλατφόρμα πάνω στην οποία θα μπορούσαν να γίνονται συνεχείς συζητήσεις και αλλαγές για την περεταίρω βελτίωση της παραγωγικής δυνατότητας (Forman and Gass, 1999).

3.9.6. Προβλήματα αποφάσεων στο δημόσιο τομέα (Public Policy)

Οι αποφάσεις που σχετίζονται με την δημόσια πολιτική είναι εξαιρετικά πολύπλοκες, όχι μόνο επειδή εμπεριέχουν αντικρουόμενους στόχους αλλά γιατί έχουν επίδραση σε πολλούς οικονομικούς τομείς και πολλές φορές σε επικαλυπτόμενες περιοχές αρμοδιοτήτων. Οι παραδοσιακοί διάλογοι γύρω από τέτοιου είδους θέματα συνήθως εστιάζουν στις διάφορες εναλλακτικές επιλογές αλλά όχι στους στόχους προς επίτευξη. Η δομή της AHP επιτρέπει στους υποστηρικτές των αντικρουόμενων στόχων να καταλάβουν καλύτερα ο ένας τον άλλον και έτσι να βρεθεί μια win-win λύση .

Alaska Department of Fish and Game. Ο οργανισμός αυτός στην Αλάσκα εφάρμοσε την μέθοδο AHP για να πάρει κάποιες αποφάσεις σχετικά με τις ενέργειες που θα έπρεπε να παρθούν σχετικά με το σπορ του ψαρέματος του σολομού σον ποταμό Kenai. Η διαχείριση του ψαρέματος αποτελεί δύσκολο εγχείρημα διότι εμπλέκονται διαφορετικές ομάδες με διαφορετικές επιθυμίες και συμφέροντα. Έτσι για την καλύτερη υποστήριξη του σπορ αυτού, έχουν αναπτυχθεί από επιχειρηματίες, ιδιώτες και κράτος καταλύματα και εγκαταστάσεις στην περιοχή, αποκομίζοντας οφέλη από την προσέλευση ατόμων. Από την άλλη πρέπει να αναλογιστεί κανείς και τους μόνιμους κάτοικους της περιοχής καθώς και την πανίδα της περιοχής που πλήττεται από την αθρόα προσέλευση ψαράδων. Έτσι δημιουργήθηκε ένα μοντέλο AHP το οποίο έλαβε υπόψη του 15 διαφορετικές συνεντεύξεις ατόμων από όλες τις εμπλεκόμενες ομάδες και για μια σειρά 10 διαφορετικών κατηγοριών ενδιαφέροντος. Παρά τις διαφορές ανάμεσα στις εμπλεκόμενες ομάδες, η μελέτη κατέδειξε μερικές αποφάσεις γενικότερης αποδοχής που θα μπορούσαν να παρθούν χωρίς τη δημιουργία σημαντικών προβλημάτων (Forman and Gass, 1999).

3.9.7. Προβλήματα στον τομέα της υγείας

Η μέθοδος βρίσκει εφαρμογή ακόμα και στον τομέα της υγείας με μελέτες που έχουν γίνει σε διάφορα νοσοκομεία.

University of Rochester School of Medicine. Μια στάνταρ θεραπεία για τις περιπτώσεις αιμορραγίας των άνω εντερικών οργάνων, είναι ικανή να σταματήσει την αιμορραγία στο 75-80% των περιπτώσεων. Παρατηρήθηκε όμως αντί για την στάνταρ θεραπεία, χρησιμοποιείται πάρα πολύ συχνά η ακριβή μέθοδος της άμεσης ενδοσκόπησης. Το πανεπιστήμιο εφάρμοσε την μέθοδο AHP για να διερευνήσει αν όντως η μέθοδος της ενδοσκόπησης χρησιμοποιούταν χωρίς ουσιαστικό λόγο ή αν παρείχε κάποιου είδους σημαντικές πληροφορίες που δικαιολογούσαν την χρήση της. Σαν δείγμα χρησιμοποιήθηκαν 25 ασθενείς που ανάρρωναν και 22 επιβλέποντες ιατροί των ασθενών αυτών. Το 92% των ασθενών προτιμούσαν την άμεση ενδοσκόπηση σε αντίθεση με το 55% των ιατρών και ο υψηλός ρυθμός (85%) χρήσης της ενδοσκόπησης αποδείχτηκε ότι οφείλεται στην θέληση του ασθενή να μάθει το ακριβές σημείο της αιμορραγίας (Donald et al., 1993).

3.9.8. Προβλήματα στρατηγικού σχεδιασμού (Strategic Planning)

Η AHP μπορεί να βοηθήσει έναν οργανισμό να επιλέξει μεταξύ διαφορετικών αποστολών, να επιλέξει μεταξύ εναλλακτικών στρατηγικών και να κατανείμει πόρους με σκοπό την εφαρμογή της επιλεχθείσας στρατηγικής. Ο στρατηγικός σχεδιασμός εμπεριέχει μια διαδικασία (forward process) προβολής των πιθανών και λογικών μελλοντικών σεναρίων και μια διαδικασία (backward process) καθορισμού προτεραιοτήτων για αυτά τα σενάρια που προκύπτουν. Η "backward" διαδικασία δίνει στον λήπτη των αποφάσεων την δυνατότητα να αντιληφθεί ποιο μελλοντικό σενάριο είναι περισσότερο επιθυμητό για την επιχείρηση και με ποια προτεραιότητα. Χρησιμοποιώντας αυτήν τη διαδικασία (backward process), οι υπεύθυνοι για τον στρατηγικό σχεδιασμό μπορούν να αναγνωρίσουν τις ευκαιρίες αλλά και τα εμπόδια και να επιλέξουν τελικά αποτελεσματικές πολιτικές με σκοπό να διευκολυνθεί η επίτευξη του επιθυμητού επιχειρηματικού μέλλοντος.

Διαχείριση της υπηρεσίας του Εθνικού Πάρκου. Το National Park Service και το USDA Forest Service, χρησιμοποίησαν την AHP στον στρατηγικό σχεδιασμό για να ενσωματώσουν πολλαπλούς στόχους κατά την ανάπτυξη ενός αποθέματος φυσικών πόρων και τον προγραμματισμό παρακολούθησης για τα εθνικά πάρκα. Στόχοι αποθεμάτων και προγραμμάτων παρακολούθησης καθώς και κριτήρια αποφάσεων συμπεριλήφθηκαν στην ιεραρχία της AHP, η οποία στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε για να καταταχθούν οι δυνατές

επιλογές αποθέματος και προγραμμάτων παρακολούθησης. Οι βαρύτητες των δυνατών επιλογών μαζί με τους περιορισμούς προϋπολογισμού και προσωπικού, ενσωματώθηκαν στη συνέχεια σε ένα μοντέλο ακέραιου προγραμματισμού, του οποίου η λύση κατέδειξε το βέλτιστο συνδυασμό ενεργειών σε σχέση με την μέγιστη αποκόμιση οφέλους από αυτές τις ενέργειες (Forman and Gass, 1999).

3.10. Η κριτική της AHP

Στην βιβλιογραφία περιγράφονται πέντε τύποι κριτικής επί της μεθόδου AHP (Saaty et al., 2008). Η πρώτη κριτική της μεθόδου έχει να κάνει με τις μη αποδεκτές αλλαγές στην κατάταξη των εναλλακτικών επιλογών μιας ιεραρχίας. Αυτές οι αλλαγές χαρακτηρίζονται στην βιβλιογραφία ως "rank reversal" (Saaty, 2008). Το rank reversal θεωρούταν αποδεκτό όταν υπήρχαν αλλαγές στις κρίσεις. Τέτοιες ανατροπές στην κατηγοριοποίηση συμβαίνουν, όταν η χρήση των συγκρίσεων και των σχετικών μετρήσεων που είναι αναγκαίες για την κατάταξη των κριτηρίων γίνεται με τους εξής δύο τρόπους: Πρώτον, όταν νέες εναλλακτικές επιλογές προστίθενται στην ιεραρχία ή παλαιότερες εξαλείφονται και δεύτερον, όταν νέα κριτήρια προστίθενται ή παλαιότερα αφαιρούνται με τον περιορισμό όμως ότι οι προτεραιότητες των εναλλακτικών επιλογών είναι συνδεδεμένες με αυτά τα κριτήρια και έτσι τα κριτήρια δεν θα είχαν καμία επίδραση κατά την κατάταξη των εναλλακτικών επιλογών. Η κατάταξη των εναλλακτικών επιλογών ξεχωριστά για κάθε μια, σε σχέση με τα κριτήρια της ιεραρχίας οδηγεί πάντα στην διατήρηση της κατάταξης και έτσι εξαλείφεται το φαινόμενο του rank reversal (Perez et al., 2006).

Πολλοί συγγραφείς ανάμεσά τους και οι Watson and Freeling (1982,1983), Belton and Gear (1983) και Dyer (1990a,1990b) έχουν εκφράσει την κριτική τους ως προς αυτό το σημείο του rank reversal. Οι εν λόγω συγγραφείς αποδίδουν την αδυναμία της μεθόδου ως προς αυτό το σημείο, στο ότι η βαρύτητα του κάθε κριτηρίου είναι ανεξάρτητη από τις αξιολογήσεις των διαθέσιμων εναλλακτικών επιλογών σε σχέση με το συγκεκριμένο κριτήριο, κάτι το οποίο οφείλεται στον τρόπο με τον οποίο η μέθοδος AHP εκμαιεύει τις βαρύτητες από τους λήπτες των αποφάσεων. Ποιο πρόσφατα οι Salo and Hamalainen (1997) και Weber (1997) έχουν εκφράσει την ίδια ακριβώς κριτική για το θέμα του rank reversal.

Ο δεύτερος τύπος κριτικής επί της μεθόδου της AHP έγκειται στις ασυσχέτιστες ή ασυνεπείς κρίσεις (inconsistent judgments) και στην επίδραση που αυτές έχουν ως προς την άθροιση τους ή στην εξαγωγή προτεραιοτήτων από αυτές. Στις υπόλοιπες θεωρίες και μοντέλα, η έστω και μικρή έλλειψη μεταβατικότητας (intransitivity) όπως και η αριθμητική ασυνέπεια (numerical inconsistency) δεν είναι επιτρεπτές, αλλά στην AHP επιτρέπονται, έτσι ώστε οι αποφάσεις να είναι ρεαλιστικές και να μην πέφτουν θύματα αξιωματικών περιορισμών και παραμορφώσεων. Μια συνθήκη όμως που δεν δύναται να ισχύσει όταν υπάρχουν ασυνεπείς κρίσεις είναι η συνθήκη του "Pareto optimality". Σύμφωνα με αυτή την συνθήκη, αν όλα τα μέλη μιας ομάδας προτιμούν για παράδειγμα την εναλλακτική επιλογή A έναντι της B, τότε και η συνολική απόφαση της ομάδας θα είναι υπέρ της εναλλακτικής επιλογής A (Honert and Lootsma, 1995). Λόγω του ότι στην AHP οι κρίσεις δεν είναι βαθμωτές (ordinal), είναι εφικτό να αθροιστούν όλες οι μεμονωμένες κρίσεις σε μια αντιπροσωπευτική κρίση της ομάδας με ή χωρίς την χρήση της συνθήκης του Pareto optimality.

Μια άλλη κατάσταση που επίσης προκύπτει από την "expected utility theory" έχει να κάνει με μια σχέση που ονομάζεται Condition of Order Preservation (COP) (Korhonen, 2008). Σύμφωνα με αυτή τη σχέση, για όλες τις εναλλακτικές επιλογές x_1, x_2, x_3, x_4 όπου η x_1 υπερισχύει της x_2 και η x_3 υπερισχύει της x_4, αν οι κρίσεις του αξιολογητή μπορούν να ορίσουν το κατά πόσο περισσότερο υπερισχύει η x_1 έναντι της x_2 από την x_3 έναντι της x_4, τότε το διάνυσμα προτεραιοτήτων w θα πρέπει να είναι τέτοιο ώστε, όχι μόνο $w(x_1) > w(x_2)$ και $w(x_3) > w(x_4)$ (preservation of order of preference) αλλά θα πρέπει επίσης να ισχύει ότι $\frac{w(x_1)}{w(x_2)} > \frac{w(x_3)}{w(x_4)}$ (preservation of order of intensity of preference). Θα πρέπει δηλαδή να διατηρείται όχι μόνο η σειρά κατάταξης αλλά και η σχετική ισχύς των προτιμήσεων της κατάταξης. Αυτή η συνθήκη είναι αληθής όταν οι κρίσεις είναι συνεπείς αλλά είναι αβέβαιο για το αν ισχύει στην περίπτωση ασυνεπών κρίσεων.

Σχετικά με την κατάσταση του COP έχει γίνει κριτική και από τους Bana e Costa and Vansnick, 2008, όπου αμφισβητούν την εγκυρότητα της μεθόδου ως προς την διατήρηση της κατάταξης και επιπροσθέτως αμφισβητούν επίσης την χρήση του συντελεστή CR (Consistency Ratio) ως προς την ικανότητά του να ανιχνεύει πιθανότητα ασυνέπειας η οποία μπορεί τελικά να οδηγήσει στην παραβίαση της COP. Οι υποστηρικτές όμως της

μεθόδου AHP (Wang et al., 2009) αποδεικνύουν σε άρθρο τους την μη εγκυρότητα των ισχυρισμών των Bana e Costa και Vansnick, μέσω παραδειγμάτων όπου οι ισχυρισμοί περί αδυναμίας του συντελεστή CR και της μεθόδου υπολογισμού προτεραιοτήτων μέσω του eigenvector καταρρίπτονται.

Έρχεται λοιπόν σε αντίθεση με την πρόθεση της AHP να εξάγει προτεραιότητες ρεαλιστικές που αντιπροσωπεύονται από κρίσεις και για να το κάνει αυτό θα έπρεπε να διατηρήσει μια χαλαρότητα ως προς την συνέπεια των κρίσεων, κάτι όμως που αξιωματικά δεν μπορεί να ισχύσει. Η σχετική ανησυχία εκφράζεται και στο άρθρο των Anderlini et. al, (2008), όπου επιχειρηματολογείται η ενδεχόμενη έλλειψη ικανότητας του μοναδιαίου διανύσματος (eigenvector) της μεθόδου για την εξαγωγή προτεραιοτήτων λόγω της μη τήρησης της συνθήκης του Condition of Order Preservation (COP).

Η επόμενη κριτική που ασκείται στην AHP έχει να κάνει με τις προσπάθειες για την διατήρηση της κατάταξης από μη σχετικές εναλλακτικές επιλογές που υπεισέρχονται στο μοντέλο, μέσω της σύνδεσης των αποτελεσμάτων των συγκρίσεων ενός ατόμου χρησιμοποιώντας τον γεωμετρικό μέσο για την εξαγωγή προτεραιοτήτων όπως επίσης και μέσω της σύνδεσης των εξαχθέντων προτεραιοτήτων για διαφορετικά κριτήρια, χρησιμοποιώντας την σύνθεση πολλαπλασιαστικών προτεραιοτήτων (multiplicative weighting synthesis) (Saaty, 2008). Ένα τέταρτο σημείο κριτικής έγκειται στην διαμόρφωση της κλίμακας των κρίσεων, όπως έχει προταθεί από τον Saaty. Πολλοί αμφισβητούν την ορθότητα αυτής της κλίμακας παρά το γεγονός ότι η κλίμακα έχει ελεγθεί και επαληθευτεί σε πολλά παραδείγματα και εφαρμογές. Τέλος, υπάρχει και μια μερίδα αντιφρονούντων ως προς την ορθότητα των συγκρίσεων ανά ζεύγη. Θεωρούν ότι οι ανά ζεύγη συγκρίσεις δεν αποτελούν αυθόρμητη διαδικασία του ανθρώπινου νου και έτσι δεν μπορούν να εξαχθούν αληθή συμπεράσματα.

3.10.1. Η μέθοδοι DEAHP και LP-GFW

Το πρόβλημα του “rank reversal” φαίνεται ότι μπορεί να αντιμετωπιστεί μέσω της μεθόδου DEAHP (Data Envelopment Analytic Hierarchy Process) όπως προτείνεται από τον Ramanathan, 2004. Η μέθοδος αυτή αποτελεί έναν συνδυασμό της DEA (Data Envelopment Analysis) και της AHP. Ο Ramanathan, 2004 αποδεικνύει ότι η μέθοδος

DEAHP δεν πάσχει από το φαινόμενο του “rank reversal” και έτσι ικανοποιεί τον κανόνα του IIR (Independence of Irrelevant Alternatives).

Στην DEAHP, οι βαρύτητες των εναλλακτικών επιλογών υπολογίζονται ξεχωριστά για κάθε εναλλακτική, μέσω χρήσης ενός μοντέλου γραμμικού προγραμματισμού. Αυτός ο τρόπος έρχεται σε αντίθεση με την μέθοδο του μοναδιαίου διανύσματος (Eigenvector Method), όπου οι βαρύτητες όλων των εναλλακτικών εξάγονται ταυτόχρονα. Επιπροσθέτως, η AHP κάνει χρήση της αριθμητικής κανονικοποίησης ενώ η DEAHP δεν χρησιμοποιεί αυτή την διαδικασία. Η DEAHP υπολογίζει την κάθε μια βαρύτητα της εναλλακτικής επιλογής σε σχέση με την μεγαλύτερη βαρύτητα της εναλλακτικής που έχει υπολογιστεί. Έτσι αν μια μη αποδοτική (inefficient) εναλλακτική επιλογή επιλεχθεί για να αποχωρήσει από το μοντέλο (δηλαδή μια εναλλακτική επιλογή που δεν σχετίζεται με τις υπόλοιπες), η νέα κατάταξη που θα υπολογιστεί θα είναι σε σχέση με την εναλλακτική που κατέχει την μεγαλύτερη βαρύτητα και συνεπώς η κατάταξη των εναλλακτικών επιλογών δεν θα μεταβληθεί. Το μοντέλο που χρησιμοποιεί η DEAHP είναι το εξής:

$$\text{Max } w_0 = \sum_{j=1}^{n} a_{0j} v_j$$

$$s.t. \begin{cases} u_1 = 1, \\ \sum_{j=1}^{n} a_{ij} v_j - u_1 \le 0, \\ u_1, v_j \ge 0 \end{cases}$$

Όπου i = 1,….n και j = 1,….n

Παρόλο που η μέθοδος DEAHP φαίνεται να αποδίδει καλύτερα σε σχέση με την εξαγωγή του μοναδιαίου διανύσματος (Eigenvector) κατά την AHP, η κριτική που ασκείται στην συγκεκριμένη μέθοδο είναι ότι δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε περιπτώσεις μη συνεπών πινάκων διότι εκεί τα αποτελέσματα που προκύπτουν δεν είναι έγκυρα. Μία νέα βελτιωμένη μεθοδολογία DEA βασίζεται σε δύο ειδικά μοντέλα που κατασκευάστηκαν και είναι σε θέση να παράγουν βαρύτητες από πίνακες ζευγαρωτών συγκρίσεων, ανεξάρτητα από το αν οι συγκρίσεις αυτές είναι συνεπείς ή όχι (Wang and Chin, 2009). Τα πλεονεκτήματα της νέας αυτής βελτιωμένης μεθόδου αναφέρονται ως εξής:

- Η μέθοδος παράγει πραγματικές βαρύτητες (true weights) για απόλυτα συνεπείς πίνακες ζευγαρωτών συγκρίσεων.
- Παράγει τις καλύτερες δυνατές τοπικές (local) προτεραιότητες, οι οποίες είναι λογικές και συνεπείς με τις υποκειμενικές κρίσεις του λήπτη της απόφασης (DM) όταν πρόκειται για μη συνεπείς πίνακες ζευγαρωτών συγκρίσεων.
- Κάνει χρήση της μεθόδου SAW (Simple Additive Weighting) για την εξαγωγή των καλύτερων δυνατών τοπικών προτεραιοτήτων χωρίς την ανάγκη χρήσης της κανονικοποίησης όπως γίνεται στην περίπτωση της AHP.
- Η μέθοδος είναι εφαρμόσιμη στην AHP είτε για συγκρίσεις που προέρχονται από ένα υποκείμενο είτε για συγκρίσεις που προέρχονται από ένα μεγάλο δείγμα απαντήσεων.

Το μοντέλο αυτής της βελτιωμένης μεθόδου της DEAHP έχει ως εξής:

$$\text{Max } w_0 = \frac{s_0}{\sum_{k=1}^{n} s_k}$$

$$s.t. \begin{cases} s_i = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} v_j \leq 1 \\ 0 \leq v_i \leq \frac{s_i}{n} \end{cases}$$

Όπου i = 1,…n

Μια αντίστοιχη μέθοδος που μπορεί να παράγει ακριβείς βαρύτητες για συνεπείς πίνακες ζευγαρωτών συγκρίσεων και βαρύτητες κατά προσέγγιση όταν πρόκειται για μη συνεπείς πίνακες, είναι η μέθοδος LP-GFW (Linear Programming method for Generating the most Favorable Weights) (Wang et al., 2008). Πάντως στην περίπτωση μη συνεπών πινάκων, οι βαρύτητες που προκύπτουν μέσω της μεθόδου LP-GFW είναι πολύ κοντά στις βαρύτητες που εξάγονται με την χρήση του χαρακτηριστικού διανύσματος (eigenvector) του Saaty. Το μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού που χρησιμοποιείται στην εν λόγω μέθοδο για τον υπολογισμό της μεγαλύτερης βαρύτητας του κριτηρίου ή της εναλλακτικής επιλογής είναι το εξής:

Max w_i

$$S.t.\begin{cases}(A-nI)W \geq 0,\\ e^T W = 1\\ W \geq 0\end{cases}$$

Όπου,

I είναι ένας πίνακας n X n στοιχείων, με διαγώνιο ίση με 1 και όλα τα υπόλοιπα στοιχεία ίσα με μηδέν (0),

$W = (w_1,\ldots,w_n)^T$ είναι το διάνυσμα βαρύτητας του πίνακα A

$e^T = (1,\ldots.,1)$

$$A = (\alpha_{ij})_{nxn} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \ldots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \ldots & a_{2n} \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ a_{n1} & a_{n2} & \ldots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Το μοντέλο LP-GFW ψάχνει για την μέγιστη τιμή του w_i για κάθε κριτήριο και εναλλακτική επιλογή ξεχωριστά. Το μοντέλο λύνεται για όλες τις n μεταβλητές βαρύτητας και παράγει n τιμές βαρύτητας για κάθε μια εναλλακτική και κάθε ένα κριτήριο. Όμως η μεγαλύτερη τιμή που προκύπτει για κάθε μια εναλλακτική και κριτήριο είναι η αποδεκτή και η προτιμητέα (most favorable). Αριθμητικά παραδείγματα αποδεικνύουν την υπεροχή της LP-GFW έναντι άλλων μεθόδων υπολογισμού προτεραιοτήτων όπως οι DEAHP, WLSM, LSM, GLSM, GEM και άλλες (Wang et al., 2008).

4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

4.1. Γενικά

Όπως αναφέρθηκε και στην Σύνοψη της παρούσας εργασίας, θα επιχειρηθεί η κατασκευή ενός μοντέλου το οποίο θα δίνει τη δυνατότητα στο λήπτη της απόφασης να επιλέγει με έναν αντικειμενικό τρόπο για λογαριασμό της βιομηχανικής μονάδας τον υπεργολάβο που θα αναλάβει την εκτέλεση των εργασιών. Για να γίνει κατανοητή η ανάγκη δημιουργίας ενός τέτοιου μοντέλου θα πρέπει να δοθεί μια πλήρης περιγραφή της κατάστασης και του περιβάλλοντος εργασιών της εν λόγω βιομηχανικής μονάδας.

4.2. Σκοπός της δημιουργίας του μοντέλου AHP

Η βιομηχανική μονάδα για την οποία θα γίνει χρήση της μεθόδου AHP είναι μια καθετοποιημένη μονάδα παραγωγής συστημάτων αλουμινίου για κουφώματα, κελύφη κτιρίων, καθώς και διάφορες άλλες βιομηχανικές χρήσεις. Η μονάδα παραγωγής διαθέτει μηχανολογικό εξοπλισμό για την παραγωγή επιμηκών προφίλ αλουμινίου, τα οποία χρησιμοποιούνται κυρίως για αρχιτεκτονικές χρήσεις. Τα προφίλ παράγονται συνήθως σε βέργες των έξι (6) μέτρων και στη συνέχεια οδηγούνται σε ειδικά διαμορφωμένο βαφείο ηλεκτροστατικής βαφής για τον χρωματισμό των προφίλ ανάλογα με τις απαιτήσεις του πελάτη. Εναλλακτικά, η βιομηχανική μονάδα έχει τη δυνατότητα να παραδώσει στο πελάτη και χρώματα ανοδίωσης, υπηρεσία που επίσης παρέχεται σε ένα από τα στάδια της παραγωγής της βιομηχανικής μονάδας. Εκτός από τα επιμήκη προφίλ, η μονάδα είναι σε θέση να διαθέτει και όλα τα παρεμφερή εξαρτήματα και μηχανισμούς που είναι απαραίτητοι για την λειτουργία ενός κουφώματος.

Όλα τα απαραίτητα υλικά, αφού έχουν παραχθεί και συλλεχθεί, αποστέλλονται στον πελάτη κατασκευαστή αλουμινίου, ο οποίος με χρήση του κατάλληλου μηχανολογικού εξοπλισμού που διαθέτει, είναι σε θέση να κατασκευάσει ένα λειτουργικό τελικό προϊόν (κούφωμα) και να το τοποθετήσει στη συνέχεια στο κτίριο του πελάτη του. Πολλές φορές βέβαια, παρεμβάλλονται και ενδιάμεσοι έμποροι στην αλυσίδα, οι οποίοι είναι και αυτοί πελάτες της βιομηχανικής μονάδας. Οι έμποροι αυτοί αναλαμβάνουν να εξυπηρετήσουν μικρότερους κατασκευαστές αλουμινίου, ενώ οι πιο μεγάλοι κατασκευαστές εξυπηρετούνται απευθείας από την βιομηχανική μονάδα.

Όπως γίνεται αντιληπτό, όσο περισσότερες παραγγελίες τοποθετούν οι κατασκευαστές αλουμινίου, τόσο περισσότερο θα αυξάνονται οι πωλήσεις και τα κέρδη της βιομηχανικής μονάδας. Άρα σε τελική ανάλυση, το ενδιαφέρον της επιχείρησης επικεντρώνεται στα κτιριακά έργα που υπάρχουν στην αγορά. Αποτελούν την μοναδική πηγή εσόδων αλλά λόγω της αρνητικής οικονομικής συγκυρίας η βιομηχανική μονάδα πρέπει να επικεντρώσει άμεσα το ενδιαφέρον της στην προσκομιδή περισσοτέρων έργων. Οι επιχειρήσεις του ανταγωνισμού λειτουργούν με παρόμοιο τρόπο και παρόμοιο δίκτυο, οπότε γίνεται σαφές ότι τα υπό κατασκευή έργα που υπάρχουν στην αγορά ενδιαφέρουν όλους.

Πρέπει να σημειωθεί εδώ, ότι το έργο το κλείνει ο κατασκευαστής αλουμινίου καθώς το συμβόλαιο υπογράφεται μεταξύ του κατασκευαστή και του ιδιώτη πελάτη. Η βιομηχανική μονάδα δεν έχει ιδιαίτερη συμμετοχή σε αυτή τη διαδικασία, παρά μόνο στην προσπάθεια να πείσει τον τελικό πελάτη (ιδιώτη) για την επιλογή του. Η βιομηχανική μονάδα εν τέλει δεν συντάσσει προσφορά και δεν υπογράφει έτσι ιδιωτικό συμφωνητικό με τον τελικό πελάτη. Το κλείσιμο λοιπόν ενός έργου έγκειται στις ικανότητες του εκάστοτε κατασκευαστή αλουμινίου.

Η εν λόγω βιομηχανική μονάδα επιδιώκοντας λοιπόν να πάρει τον έλεγχο των έργων, επιθυμεί να εμπλακεί στην διαδικασία της απευθείας σύναψης συμφωνητικού με τον τελικό πελάτη (ιδιώτη) ώστε να αυξηθεί έτσι ο αριθμός των έργων που έρχονται υπό την κατοχή της. Η διαδικασία αυτή απαιτεί την κατάθεση οικονομικής προσφοράς για το έργο έχοντας λάβει υπόψη όλες τις παραμέτρους κόστους που υπεισέρχονται. Με αυτή τη διαδικασία παρακάμπτονται οι πελάτες κατασκευαστές αλουμινίου, κάτι το οποίο θα μπορούσε να δημιουργήσει έντονες ανησυχίες και αναταράξεις στις σχέσεις βιομηχανικής μονάδας – κατασκευαστή αλουμινίου. Για αυτόν τον λόγο η βιομηχανική μονάδα δεν επιθυμεί να εμπλακεί σε μικρά έργα, αλλά ενδιαφέρεται μόνο για τα πολύ μεγάλα κτιριακά έργα, τα οποία θα μπορούσαν να συμβάλλουν ουσιαστικά στην κερδοφορία της επιχείρησης. Σημειωτέον, ότι είναι λίγοι οι εγχώριοι κατασκευαστές αλουμινίου που θα μπορούσαν να αναλάβουν πολύ μεγάλης έκτασης έργα.

Σε μια τέτοιου είδους κίνηση, η βιομηχανική μονάδα έχει δύο επιλογές. Η πρώτη επιλογή είναι να επενδύσει σε μηχανολογικό εξοπλισμό και να δημιουργήσει μια ξεχωριστή εταιρία, εξειδικευμένη σε κατασκευές κουφωμάτων και κελυφών. Η δεύτερη επιλογή είναι να χρησιμοποιήσει τους ήδη υπάρχοντες πελάτες της και να μισθώνει την εργασία τους. Η δεύτερη επιλογή δεν απαιτεί νέες επενδύσεις και συγκεντρώνει τον ελάχιστο δυνατό κίνδυνο. Με αυτόν τον τρόπο, ο κατασκευαστής αλουμινίου μετατρέπεται από πελάτης σε προμηθευτής. Η βιομηχανική μονάδα πλέον θα τον χρησιμοποιεί ως εξωτερικό συνεργάτη, ο οποίος απλά θα διεκπεραιώνει την εντολή εργασίας που θα του μεταβιβάζει η βιομηχανική μονάδα με το αντίστοιχο βέβαια τίμημα. Μέσω αυτής της διαδικασίας, η επιχείρηση έχει πλέον τον έλεγχο του έργου και είναι σε θέση να προσφέρει ανταγωνιστικότερες τιμές.

Το πρόβλημα που θα πρέπει να επιλυθεί είναι ο τρόπος με τον οποίο θα επιλεχθεί ο κατάλληλος κατασκευαστής αλουμινίου ως προμηθευτής της βιομηχανικής μονάδας. Σε αυτό το σημείο θα γίνει χρήση της μεθόδου AHP και θα δομηθεί η κατάλληλη ιεραρχία ώστε η τελική απόφαση να είναι όσο το δυνατόν αντικειμενικότερη και ορθή. Θα πρέπει να ορισθούν τα κριτήρια βάση των οποίων θα γίνεται η επιλογή του υπεργολάβου, καθώς και οι υποψήφιοι κατασκευαστές αλουμινίου.

4.3. Δόμηση της Ιεραρχίας

Κατά το αρχικό στάδιο της μοντελοποίησης, είναι αναγκαία η δόμηση της ιεραρχίας με τα κριτήρια και τις εναλλακτικές επιλογές. Τα κριτήρια βάσει των οποίων ο λήπτης της απόφασης θα οδηγηθεί σε κάποια επιλογή θα πρέπει να έχουν μελετηθεί και να έχουν επιλεγεί σωστά, ώστε να καλύπτουν από όλες τις απόψεις το πρόβλημα της επιλογής. Για την επιλογή των κριτηρίων διενεργήθηκαν συνεντεύξεις με στελέχη της εταιρίας ώστε να καταλήξουμε σε αυτά που θεωρούμε ως πιο σημαντικά. καθότι αποτελούν δομικό στοιχείο της ιεραρχίας. Προκειμένου να είμαστε σίγουροι ότι τα επιλεχθέντα κριτήρια είναι και τα αντιπροσωπευτικότερα, πραγματοποιήθηκε σύσκεψη με διάφορα στελέχη και η επιλογή τους έγινε μετά από εξονυχιστικό έλεγχο.

Έτσι η απόφαση για επιλογή κάποιου υπεργολάβου θα βασιστεί στα εξής επιλεχθέντα κριτήρια:

1. Τζίρος υπεργολάβου
2. Πληρότητα μηχανολογικού εξοπλισμού
3. Τεχνική κατάρτιση & εμπειρία
4. Πνεύμα συνεργασίας
5. Ποιότητα κατασκευών
6. Αποκλειστικότητα

Θα πρέπει να σημειωθεί σε αυτό το σημείο ότι τα κριτήρια αυτά επιλέχθηκαν έτσι ώστε να μην υπερκαλύπτονται και να μην συνδέονται μεταξύ τους με οποιαδήποτε τρόπο διότι τα ασυσχέτιστα κριτήρια οδηγούν σε ορθότερες αποφάσεις.

Ως υποψήφιοι υπεργολάβοι έχουν επιλεγεί πέντε (5) κατασκευαστές αλουμινίου, οι οποίοι θα πρέπει να κριθούν ανάλογα με το κάθε κριτήριο ξεχωριστά. Οι κατασκευαστές αυτοί θα ονομαστούν σε αυτό το στάδιο ως:

- Κατασκευαστής 1
- Κατασκευαστής 2
- Κατασκευαστής 3
- Κατασκευαστής 4
- Κατασκευαστής 5

4.3.1. Τζίρος Υπεργολάβου

Οι συμμετέχοντες κατά την διαδικασία επιλογής των κριτηρίων έκριναν ομοφώνως ότι ο τζίρος του υπεργολάβου θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη. Ο κύκλος πωλήσεων του υποψήφιου υπεργολάβου της βιομηχανικής μονάδας θα πρέπει να παρουσιάζει έναν σοβαρό ετήσιο τζίρο, λόγω του ότι τα έργα τα οποία θα χρειαστεί να αναλάβει θα έχουν σημαντικό μέγεθος και όγκο εργασίας. Ο ετήσιος όγκος πωλήσεων είναι ένα στοιχείο που μπορεί να ταξινομήσει τους υποψήφιους υπεργολάβους ανάλογα με το μέγεθός τους.

Άλλα υποψήφια κριτήρια που αξιολογήθηκαν με σκοπό να αντικατοπτρίζουν το μέγεθος του υπεργολάβου ήταν το εμβαδόν της καλυμμένης επιφάνειας των παραγωγικών εγκαταστάσεων και ο αριθμός των ατόμων, αλλά κρίθηκαν λιγότερο σημαντικά σε σχέση με τον τζίρο. Ο τζίρος υπερκαλύπτει τα δύο αυτά στοιχεία μεγέθους και ομοφώνως επιλέχθηκε ως το σημαντικότερο κριτήριο μεγέθους του υποψήφιου υπεργολάβου.

Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι το κριτήριο αυτό δεν χρειάστηκε να συμπεριληφθεί στα ερωτηματολόγια που μοιράστηκαν στα στελέχη της εταιρίας στο σημείο όπου οι υποψήφιοι υπεργολάβοι κρίνονται με βάση τον τζίρο τους, διότι αποτελεί ένα αντικειμενικό και ποσοτικό κριτήριο με την έννοια ότι δεν υπάρχει ανάγκη κρίσεων σχετικά με αυτό, αφού ο κύκλος εργασιών δημοσιεύεται και είναι γνωστός σε όλους τους ενδιαφερόμενους. Συμπεριλαμβάνεται όμως στις ζευγαρωτές συγκρίσεις των κριτηρίων μεταξύ τους αφού εκεί κρίνεται η σχετική σημαντικότητα των κριτηρίων.

4.3.2. Πληρότητα μηχανολογικού εξοπλισμού

Το επόμενο κριτήριο που επιλέχθηκε για την κατάταξη των υποψήφιων υπεργολάβων είναι ποιοτικό. Ο μηχανολογικός εξοπλισμός μιας βιοτεχνικής μονάδας κατασκευών αλουμινίου πρέπει να διαθέτει συγκεκριμένα μηχανήματα. Υπάρχουν όμως μονάδες που αναλαμβάνουν έργα έχοντας στην διάθεσή τους περισσότερο μηχανολογικό εξοπλισμό και άλλες τα καταφέρνουν με λιγότερα μηχανήματα. Ο μηχανολογικός εξοπλισμός που ένας κατασκευαστής αλουμινίου θεωρούμε ότι θα πρέπει να έχει για βαθμολογηθεί με εννέα (9) στην αναλογική κλίμακα του Saaty, είναι ο παρακάτω:

- Διπλό πριόνι
- Απλό πριόνι
- Γωνιάστρα
- Πρεσσάκια αέρος
- Router
- Πάγκος περιμετρικού μηχανισμού
- Ξυλουριστικό

Με αυτά τα μηχανήματα, θεωρούμε ότι ένας κατασκευαστής αλουμινίου είναι σε θέση να φέρει εις πέρας όλες τις πιθανές κατασκευές που μπορεί να προκύψουν σε διάφορα έργα. Όπως όμως ήδη προαναφέρθηκε, δεν διαθέτουν όλοι οι κατασκευαστές όλα αυτά τα μηχανήματα ταυτόχρονα. Αφήνεται λοιπόν στην κρίση των στελεχών της βιομηχανικής μονάδας να κρίνουν τον κάθε υποψήφιο υπεργολάβο ανάλογα με το μίγμα του μηχανολογικού εξοπλισμού που διαθέτει.

4.3.3. Τεχνική κατάρτιση και εμπειρία

Το ποιοτικό αυτό κριτήριο θεωρείται επίσης πολύ σημαντικός παράγοντας επιτυχίας. Τα κατασκευαστικά έργα απαιτούν εμπειρία και μεγάλη τεχνική κατάρτιση του προσωπικού

σε θέματα κατασκευών αλουμινίου. Παρατηρείται πολλές φορές επιχειρήσεις που ασχολούνται με άλλου είδους κατασκευαστικές εργασίες, όπως π.χ. μεταλλικές κατασκευές, να επεκτείνονται και σε εργασίες κατασκευών αλουμινίου με το σκεπτικό ότι έτσι αυξάνουν το κέρδος τους. Κάτι τέτοιο είναι μεν θεμιτό, αλλά η επιχείρηση αυτή δεν θα μπορεί να ανταποκριθεί σωστά όσον αφορά στην τεχνική κατάρτιση και στην εμπειρία που απαιτείται σε εξειδικευμένες κατασκευές αλουμινίου.

Η τεχνική κατάρτιση και η εμπειρία δεν είναι προϊόν πληρότητας μηχανολογικού εξοπλισμού, ούτε τζίρου. Δεν σχετίζεται με τα υπόλοιπα κριτήρια της ιεραρχικής δομής που σχηματίσαμε, αλλά αποτελεί από μόνο του ένα σημαντικό στοιχείο διαφοροποίησης των υπεργολάβων μεταξύ τους.

4.3.4. Πνεύμα συνεργασίας

Όσον αφορά στο κριτήριο του πνεύματος συνεργασίας, εννοούμε την ικανότητα και δυνατότητα του κατασκευαστή αλουμινίου να μπορεί να συνεργαστεί εποικοδομητικά και αρμονικά με την βιομηχανική μονάδα. Εξετάζοντας αυτό το κριτήριο αναζητούμε ποιοτικά στοιχεία της γενικότερης συμπεριφοράς και λειτουργίας του υπεργολάβου.

Η ευκολία επικοινωνίας και η άμεση διαθεσιμότητα του επιχειρηματία – υπεργολάβου είναι στοιχεία που συμβάλλουν θετικά στην διαμόρφωση ενός καλού κλίματος συνεργασίας. Η ικανότητα του υπεργολάβου να δέχεται υποδείξεις από την βιομηχανική μονάδα, να είναι ευέλικτος ως προς την προσαρμογή του στα χρονικά πλαίσια του έργου και γενικότερα η άμεση και έγκυρη πληροφόρηση που διοχετεύει προς την μονάδα, συντελούν σε ένα άριστο πνεύμα συνεργασίας που είναι ικανό να οδηγήσει σε πολύ σωστό κατασκευαστικό αποτέλεσμα.

4.3.5. Ποιότητα κατασκευών

Η ποιότητα των κατασκευών του υποψήφιου υπεργολάβου αποτελεί μείζον θέμα όταν πρόκειται περί ανάθεσης εργασιών. Η βιομηχανική μονάδα σκοπεύει να χρησιμοποιήσει τους υποψήφιους υπεργολάβους για μεγάλα και σοβαρά έργα, οπότε θα πρέπει να είναι σίγουρη όσον αφορά στην ποιότητα του τελικού προϊόντος. Η ποιότητα είναι ιδιαιτέρως καθοριστική για την επιλογή του υπεργολάβου καθώς είναι πολύ πιθανό λόγω κακής ποιότητας κατασκευής να μην γίνει αποδεκτό το έργο από τον πελάτη. Κάτι τέτοιο θα σήμαινε μεγάλες ζημίες για την βιομηχανική μονάδα σε περίπτωση που κατά την

παράδοση ο ιδιοκτήτης του έργου αποφάσιζε να μην την κάνει αποδεκτή. Βέβαια η ποιότητα κατασκευής είναι αντιστρόφως ανάλογη με το κόστος και την τελική τιμή πώλησης κάτι το οποίο θα πρέπει η βιομηχανική μονάδα να σταθμίσει κατά την επιλογή του τελικού υπεργολάβου. Η στάθμιση αυτή μπορεί να γίνει εφόσον έχουν βρεθεί οι τελικές προτεραιότητες των υποψηφίων και συγκριθούν με το κόστος του κάθε υπεργολάβου.

4.3.6. Αποκλειστικότητα

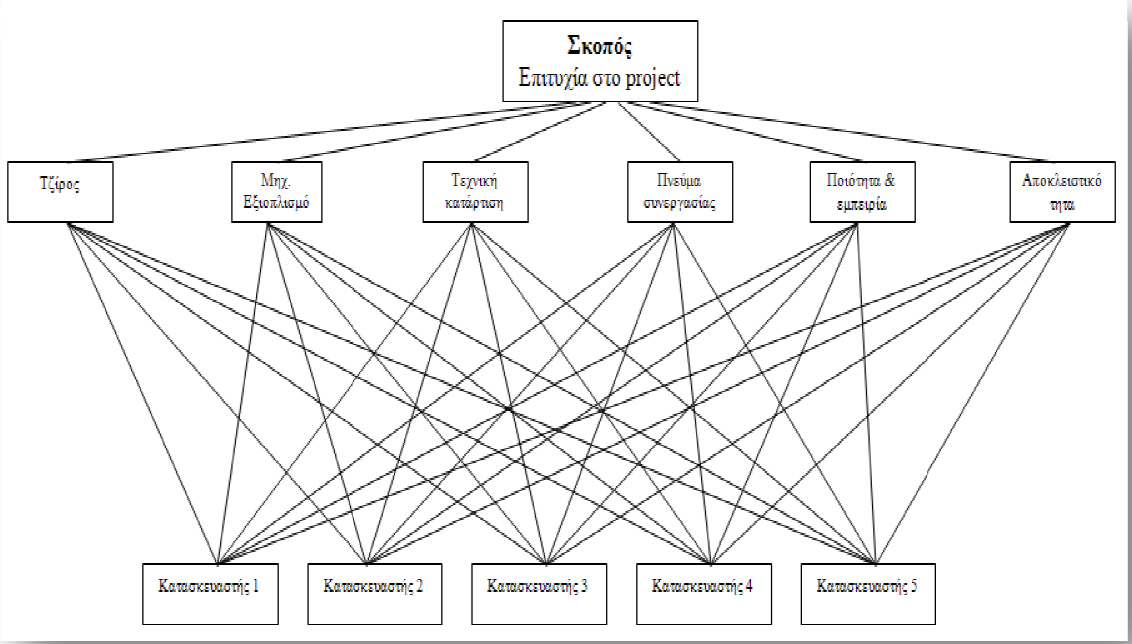
Με τον όρο αυτόν εννοείται η αποκλειστική συνεργασία του υπεργολάβου με την βιομηχανική μονάδα. Υπάρχουν κατασκευαστές αλουμινίου που δουλεύουν αποκλειστικά με την συγκεκριμένη βιομηχανική μονάδα λόγω πεποιθήσεως αλλά υπάρχουν και πολλοί άλλοι που δεν αισθάνονται διόλου συνδεδεμένοι με την προμηθεύτρια εταιρία και μπορούν ανά πάσα στιγμή να προμηθευτούν συστήματα αλουμινίου από ανταγωνιστικές βιομηχανίες. Το πόσο συναισθηματικά δεμένος είναι κάποιος κατασκευαστής αλουμινίου με την βιομηχανική μονάδα και το κατά πόσο θα ήταν διατεθειμένος να προμηθευτεί προφίλ αλουμινίου και παρελκόμενα εξαρτήματα και μηχανισμούς από άλλες βιομηχανίες είναι ένα θέμα το οποίο εξετάζουμε με το συγκεκριμένο κριτήριο της αποκλειστικότητας.

Η αποκλειστικότητα αποτελεί κατά γενική ομολογία ένα σημαντικό κριτήριο επιλογής. Αν κάποιος υπεργολάβος έχει την τάση εκ πεποιθήσεως να μην συνεργάζεται αποκλειστικά με μια βιομηχανική μονάδα, αυτό σημαίνει ότι ενδεχόμενη συνεργασία με τη μορφή υπεργολαβίας έχει λίγες πιθανότητες να ευοδωθεί σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα. Η επιθυμία της βιομηχανικής μονάδας είναι να συνάπτει μακροχρόνιες σχέσεις με πελάτες και προμηθευτές καθώς έτσι πιστεύει ότι επενδύει καλύτερα στο μέλλον και στην πορεία της επιχείρησης.

4.4. Το ιεραρχικό Μοντέλο

Σύμφωνα με τα κριτήρια που έχουν επιλεγεί και τους υποψήφιους υπεργολάβους που έχουν οριστεί, είναι δυνατόν να σχηματίσουμε το ιεραρχικό μοντέλο πάνω στο οποίο θα εφαρμοστεί η μέθοδος AHP. Το μοντέλο αυτό έχει ως σκοπό την επιτυχή έκβαση του έργου από μέρους της βιομηχανικής μονάδας όπως φαίνεται στην κορυφή της ιεραρχίας κα στο πρώτο επίπεδο. Στο δεύτερο επίπεδο φαίνονται τα κριτήρια της ιεραρχίας ενώ στο

τρίτο επίπεδο κάτω από τα κριτήρια εμφανίζονται οι εναλλακτικές επιλογές, οι υποψήφιοι κατασκευαστές αλουμινίου. Η ιεραρχική δομή παρουσιάζεται στην *Εικόνα 4.1*.



Εικόνα 4.1

4.5. Περιγραφή της διαδικασίας

Σε αυτό το κεφάλαιο θα επιχειρηθεί η περιγραφή της διαδικασίας που ακολουθείται με σκοπό την τελική επιλογή του υπεργολάβου για λογαριασμό της βιομηχανικής μονάδας. Έχοντας ήδη διαμορφώσει την ιεραρχία που φαίνεται στην Εικόνα *4.1*, είμαστε σε θέση να προχωρήσουμε στα επόμενα βήματα.

4.5.1. Βήμα 1^{ο} – Επιλογή στελεχών

Στο πρώτο βήμα της διαδικασίας θα πρέπει να γίνει προσεκτική επιλογή των στελεχών στους οποίους θα μοιραστούν τα ερωτηματολόγια προς συμπλήρωση. Τα στελέχη αυτά θα πρέπει να γνωρίζουν καταρχήν πολύ καλά τους υποψήφιους υπεργολάβους – κατασκευαστές αλουμινίου ώστε να μπορούν να έχουν γνώμη κατά την συμπλήρωση των ερωτηματολογίων. Θα πρέπει να γνωρίζουν όχι μόνο τον επιχειρηματία και το προσωπικό αλλά και να έχουν γνώμη επί τεχνικών θεμάτων ώστε να μπορούν να απαντήσουν στα ερωτήματα που σχετίζονται με τα κριτήρια της πληρότητας του μηχανολογικού εξοπλισμού, της τεχνικής κατάρτισης και της ποιότητας κατασκευής. Επίσης πρέπει να

δωθεί ιδιαίτερη προσοχή ώστε κανένα από τα στελέχη να μην παρουσιάζει κάποια ιδιαίτερη προτίμηση προς συγκεκριμένο κατασκευαστή, ώστε οι απαντήσεις στα ερωτηματολόγια να είναι όσο το δυνατόν φυσικές και απροκατάληπτες.

Με βάση αυτούς τους περιορισμούς, τα στελέχη που επιλέχθηκαν και μπορούν με ορθό και εμπεριστατωμένο τρόπο να συμπληρώσουν τα εν λόγω ερωτηματολόγια είναι οι:

- Προϊστάμενος Υποστήριξης Πελατών
- Διευθυντής Πωλήσεων
- Διευθυντής Τεχνικής Υποστήριξης
- Μηχανικός Υποστήριξης Πελατών
- Μηχανικός Ανάπτυξης Πελατών

Αφού διεξήχθη συζήτηση με όλα αυτά τα στελέχη της βιομηχανικής μονάδας, θεωρούμε ότι αποτελούν τα αντιπροσωπευτικότερα άτομα για να απαντήσουν στα ερωτηματολόγια.

4.5.2. Βήμα 2^{ο} – Διαμόρφωση ερωτηματολογίων, διανομή

Κατά την κατασκευή και διαμόρφωση των ερωτηματολογίων θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή ώστε να καθίσταται σαφές στο στέλεχος της επιχείρησης σχετικά με το πώς θα πρέπει να συμπληρωθούν. Στο *Παράρτημα Ι* παρουσιάζεται η μορφή του ερωτηματολογίου που διανεμήθηκε στους εμπλεκόμενους.

Έτσι η ιεραρχική δομή η οποία κατασκευάστηκε και παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 4.4. έχει ως σκοπό να προσδιορίσει τον καταλληλότερο υπεργολάβο – κατασκευαστή αλουμινίου ώστε να υπάρξει επιτυχής έκβαση του project που έχει αναλάβει η βιομηχανική μονάδα. Αυτή η επιτυχής έκβαση του project βρίσκεται στο πρώτο επίπεδο της ιεραρχίας, στην κορυφή και αποτελεί τον λόγο για τον οποίο στήθηκε η εν λόγω ιεραρχία.

Στο δεύτερο επίπεδο της ιεραρχίας παρουσιάζονται τα βασικότερα κριτήρια βάση των οποίων θα γίνει η τελική επιλογή του υπεργολάβου. Όσον αφορά στα κριτήρια της απόφασης, το κάθε στέλεχος καλείται να συμπληρώσει τον *Πίνακα 1* του ερωτηματολογίου. Στον πίνακα αυτόν, γίνονται οι ζευγαρωτές συγκρίσεις των κριτηρίων μεταξύ τους με σκοπό την εξαγωγή ενός διανύσματος προτεραιότητας, το οποίο θα δίνει

την σχετική βαρύτητα των κριτηρίων αυτών σε σχέση με τον τελικό στόχο του προβλήματος, την επιτυχή έκβαση του project.

Στον πίνακα αυτόν, βρίσκονται όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί συγκρίσεων μεταξύ των κριτηρίων. Για τα έξι (6) κριτήρια που επιλέχθηκαν οι πιθανοί συνδυασμοί μεταξύ τους ανέρχονται σε δεκαπέντε (15), οπότε ο *Πίνακας 4.1* θα περιέχει δεκαπέντε (15) σειρές.

Συγκρίσεις σημαντικότητας σχετικά με την επίτευξη του τελικού στόχου ***Επιτυχία στο Project***																		
Τζίρος	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Μηχ/κός εξοπλισμός
Τζίρος	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Τεχνική κατάρτιση
Τζίρος	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Πνεύμα συνεργασίας
Τζίρος	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ποιότητα & εμπειρία
Τζίρος	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Αποκλειστικότητα
Μηχ/κός εξοπλισμός	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Τεχνική κατάρτιση
Μηχ/κός εξοπλισμός	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Πνεύμα συνεργασίας
Μηχ/κός εξοπλισμός	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ποιότητα & εμπειρία
Μηχ/κός εξοπλισμός	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Αποκλειστικότητα
Τεχνική κατάρτιση	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Πνεύμα συνεργασίας
Τεχνική κατάρτιση	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ποιότητα & εμπειρία
Τεχνική κατάρτιση	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Αποκλειστικότητα
Πνεύμα συνεργασίας	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ποιότητα & εμπειρία
Πνεύμα συνεργασίας	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Αποκλειστικότητα
Ποιότητα & εμπειρία	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Αποκλειστικότητα

Πίνακας 4.1

Αφού τα στελέχη της επιχείρησης έχουν συμπληρώσει τον *Πίνακα 4.1*, καλούνται στη συνέχεια να συμπληρώσουν τους επόμενους πίνακες (*Πίνακας 4.2 - 4.6*). Στους πίνακες αυτούς κρίνονται πλέον οι υποψήφιοι υπεργολάβοι – κατασκευαστές αλουμινίου σε σχέση με το κάθε ένα κριτήριο της απόφασης ξεχωριστά. Έτσι, στον *Πίνακα 4.2*, τα στελέχη καλούνται να απαντήσουν στην εξής ερώτηση: «Ποιός κατασκευαστής θεωρείτε ότι βαθμολογείται περισσότερο σε σχέση με το κριτήριο του μηχανολογικού εξοπλισμού;». Όμοιες ερωτήσεις γίνονται και για τους υπόλοιπους πίνακες. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι και στους πίνακες αυτούς (*Πίνακας 4.2 – 4.6*), εξετάζονται όλοι πιθανοί συνδυασμοί των υποψήφιων υπεργολάβων μεταξύ τους. Έτσι, για τους πέντε (5) υποψήφιους κατασκευαστές αλουμινίου, οι συνδυασμοί μεταξύ τους ανέρχονται σε δέκα (10). Τέλος, δεν διενεργούνται συγκρίσεις ανά ζεύγη για το κριτήριο του τζίρου διότι όπως έχουμε ήδη αναφέρει στο Κεφάλαιο 4.3.1. δεν χρειάζονται υποκειμενικές κρίσεις για τον κάθε κατασκευαστή, αφού ο τζίρος είναι ένα χρηματοοικονομικό στοιχείο το οποίο είναι δημοσίως γνωστό.

Συγκρίσεις σημαντικότητας κατασκευαστών σχετικά με τον ***Μηχ/κό Εξοπλισμό***																		
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 2
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 3
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 3
ΚΑΤ/ΤΗΣ 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 4	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4

Πίνακας 4.2

Συγκρίσεις σημαντικότητας κατασκευαστών σχετικά με την ***Τεχνική Κατάρτιση***																		
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 2
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 3
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 3
ΚΑΤ/ΤΗΣ 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 4	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4

Πίνακας 4.3

Συγκρίσεις σημαντικότητας κατασκευαστών σχετικά με το *Πνεύμα Συνεργασίας*																		
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 2
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 3
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 3
ΚΑΤ/ΤΗΣ 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 4	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4

Πίνακας 4.4

Συγκρίσεις σημαντικότητας κατασκευαστών σχετικά με την *Ποιότητα & Εμπειρία*																		
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 2
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 3
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 3
ΚΑΤ/ΤΗΣ 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 4	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4

Πίνακας 4.5

Συγκρίσεις σημαντικότητας κατασκευαστών σχετικά με την ***Αποκλειστικότητα***																		
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 2
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 3
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 3
ΚΑΤ/ΤΗΣ 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 4	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4

Πίνακας 4.6

4.5.3. Βήμα 3^{ο} – Έλεγχος ασυνέπειας

Αφού όλα τα επιλεχθέντα στελέχη της επιχείρησης έχουν συμπληρώσει τα ερωτηματολόγια, θα πρέπει να διενεργηθεί ο έλεγχος ασυνέπειας που αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 3.8.1. Μέσω του ελέγχου αυτού εξετάζονται ένας προς ένας οι συμπληρωμένοι πίνακες των ερωτηματολογίων. Έτσι για το κάθε στέλεχος διενεργούνται έξι (6) έλεγχοι ασυνέπειας. Συνολικά και για τα πέντε (5) στελέχη θα πρέπει να διενεργηθούν τριάντα (30) έλεγχοι ασυνέπειας. Αν κάποιος έλεγχος δώσει συντελεστή ασυνέπειας (Consistency Ratio) μεγαλύτερο από 0,10 θα πρέπει να επανεξετασθεί το ερωτηματολόγιο του συγκεκριμένου στελέχους και να διορθωθεί ώστε ο συντελεστής αυτός να μειωθεί κάτω από το 0,10. Πρόκειται περί σημαντικού βήματος της διαδικασίας της μεθόδου AHP, καθώς μη συνεπείς πίνακες τείνουν να δώσουν εσφαλμένες κρίσεις και τελικές κατατάξεις. Ο έλεγχος της ασυνέπειας διεξάγεται μέσω του λογισμικού SuperDecisions.

4.5.4. Βήμα 4^{ο} – Εύρεση Γεωμετρικών Μέσων

Σε αυτό το σημείο έχουν ήδη υπολογιστεί τα χαρακτηριστικά διανύσματα προτεραιοτήτων για το κάθε στέλεχος ξεχωριστά και υπό την προϋπόθεση ότι δεν υπάρχουν ασυνεπείς κρίσεις, θα πρέπει να συνδυαστούν όλες οι κρίσεις των στελεχών ώστε να προκύψει η συνολική μέση κρίση του συνόλου των στελεχών. Αυτό το αποτέλεσμα θα πρέπει να αντιπροσωπεύει την ομάδα των ερωτηθέντων στελεχών και αποτελεί και το δεδομένου εισόδου στο πρόγραμμα SuperDecisions.

Η ιδιότητα της αντιστροφής (reciprocal property) παίζει σημαντικό ρόλο στο συνδυασμό των κρίσεων διαφορετικών ατόμων, για την εξαγωγή της ομαδικής κρίσης. Οι κρίσεις πρέπει να συνδυαστούν με τέτοιο τρόπο, ώστε ο αντίστροφος των συνδυασμένων κρίσεων να ισούται με το συνδυασμό των αντιστρόφων των κρίσεων αυτών. Έχει αποδειχθεί ότι ο γεωμετρικός μέσος είναι ο μόνος τρόπος για να επιτευχθεί αυτό (Saaty 2005). Ο γεωμετρικός μέσος είναι η n–οστή ρίζα του γινομένου n αριθμών και δείχνει την κεντρική τάση ή την τυπική τιμή μιας ομάδας αριθμών. Ο γεωμετρικός μέσος ενός συνόλου δεδομένων $[a_1, a_2, ..., a_n]$ δίνεται ως: $\left(\prod_{i=1}^{n} a_i\right)^{1/n} = \sqrt[n]{a_1 \cdot a_2 \cdot \cdots \cdot a_n}$. Ο υπολογισμός των γεωμετρικών μέσων των διαφορετικών κρίσεων, πραγματοποιείται με τη βοήθεια της εντολής GEOMEAN στο λογισμικό EXCEL.

4.5.5. Εισαγωγή δεδομένων στο SuperDecisions

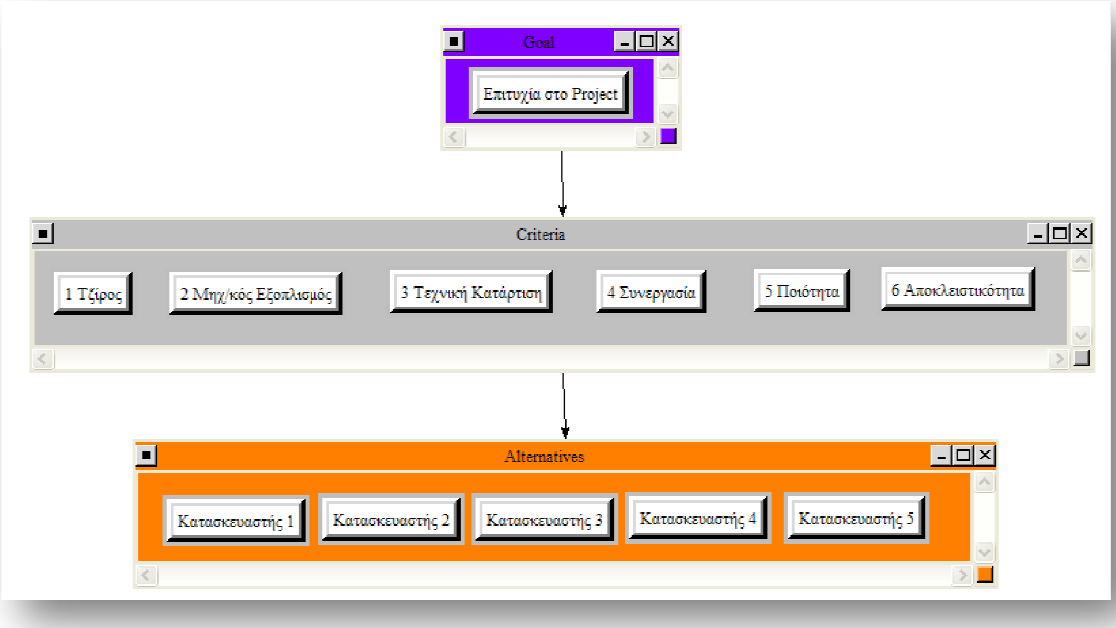
Εφόσον έχουν υπολογιστεί και οι Γεωμετρικοί Μέσοι, είμαστε πλέον έτοιμοι να εισάγουμε τα δεδομένα στο λογισμικό το οποίο θα υπολογίσει αυτόματα τις προτεραιότητες των κριτηρίων καθώς και την τελική κατάταξη των υποψήφιων κατασκευαστών αλουμινίου. Επίσης, θα δώσει και τις ασυνέπειες σε επίπεδο συνδυασμένων κρίσεων. Είναι πιθανό, ακόμα και αν οι μεμονωμένες κρίσεις των στελεχών δεν παρουσιάζουν ασυνέπειες, η τελική συνδυασμένη κρίση που λαμβάνεται μέσω του γεωμετρικού μέσου να παρουσιάζει ασυνέπεια. Σε αυτό το σημείο δεν γίνεται καμία διόρθωση. Είναι πιθανό σε ατομικό επίπεδο οι κρίσεις να είναι συνεπείς, αλλά πολλές φορές διαφορετικοί άνθρωποι έχουν διαφορετικές απόψεις οπότε οι συνδυασμένες κρίσεις τους οδηγούν σε ασυνέπεια.

Το λογισμικό έχει επίσης την δυνατότητα διεξαγωγής ανάλυσης ευαισθησίας, μέσω της οποίας μπορούμε να αναλύσουμε περεταίρω τα αποτελέσματα της κατάταξης των υποψήφιων υπεργολάβων.

5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

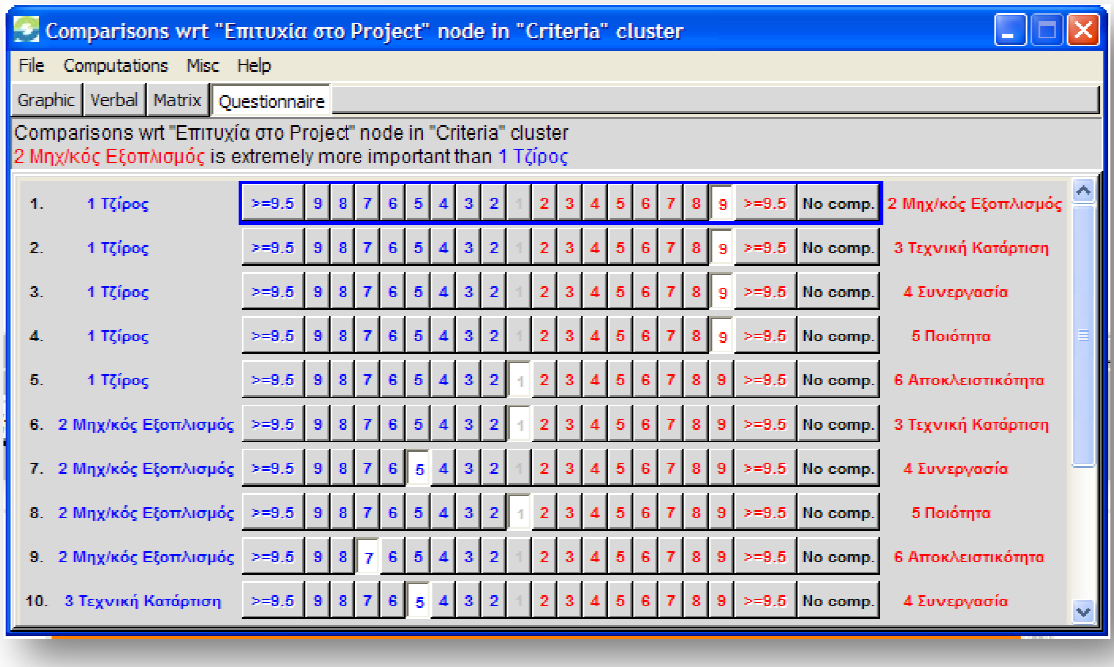
5.1. Εισαγωγή των δεδομένων στο SuperDecisions

Κατά το πρώτο βήμα της εφαρμογής του μοντέλου στο λογισμικό SuperDecisions θα πρέπει να εισαχθεί η ιεραρχική δομή του προβλήματος επιλογής. Η εισαγωγή των τριών επιπέδων της ιεραρχίας είναι μια αρκετά απλή διαδικασία. Το λογισμικό χρησιμοποιεί τον αγγλικό όρο «cluster» για τα επίπεδα της ιεραρχίας και τον όρο «node» για τα στοιχεία του κάθε επιπέδου. Στην *Εικόνα 5.1* παριστάνεται η ιεραρχική δομή στην τελική της μορφή όπως εισήχθη στο λογισμικό αφού ορίστηκαν οι συνδέσεις μεταξύ των επιπέδων.

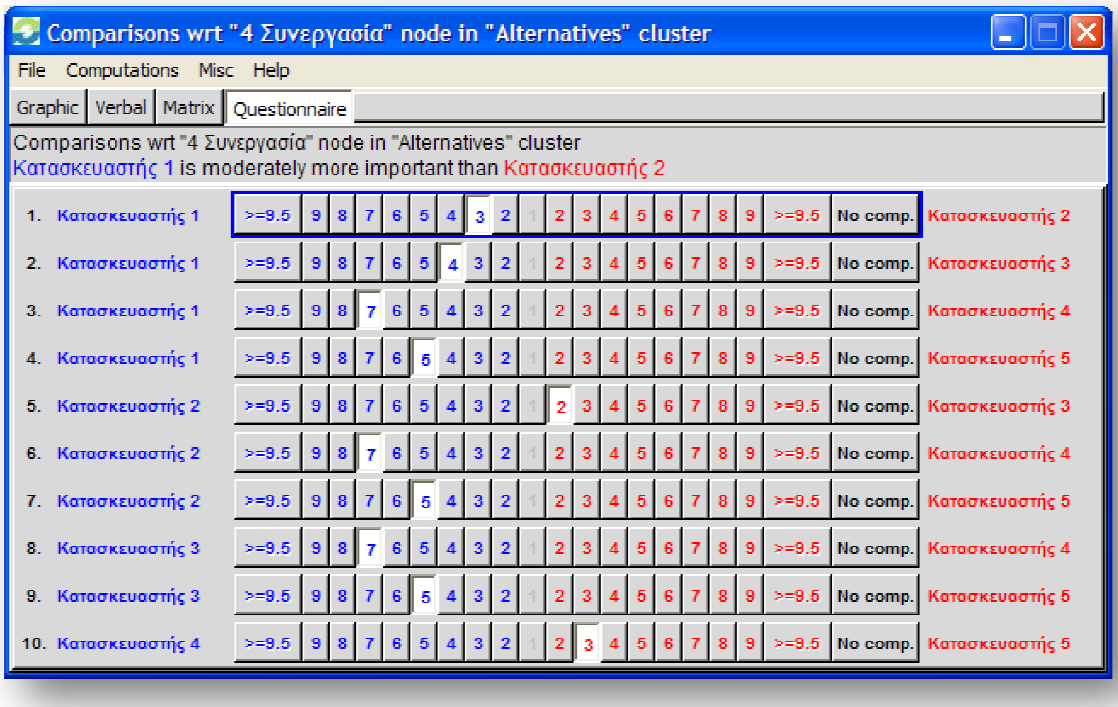


Εικόνα 5.1

Για το κάθε επίπεδο υπάρχει διαθέσιμη η μορφή του ερωτηματολογίου του Παραρτήματος και έτσι εισάγονται οι απαντήσεις των στελεχών. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η διαδικασία εισαγωγής των ερωτηματολογίων στο λογισμικό έγινε για το κάθε στέλεχος ξεχωριστά για να ελεγχθεί ο βαθμός ασυνέπειας. Η μορφή των ερωτηματολογίων φαίνεται στην *Εικόνα 5.2*, όπου απεικονίζεται το ερωτηματολόγιο για τις ζευγαρωτές συγκρίσεις των κριτηρίων μεταξύ τους. Στην *Εικόνα 5.3* καταδεικνύεται και το αντίστοιχο ερωτηματολόγιο για τις ζευγαρωτές συγκρίσεις των εναλλακτικών επιλογών (υπεργολάβοι) σε σχέση με κάποιο από τα κριτήρια.



Εικόνα 5.2



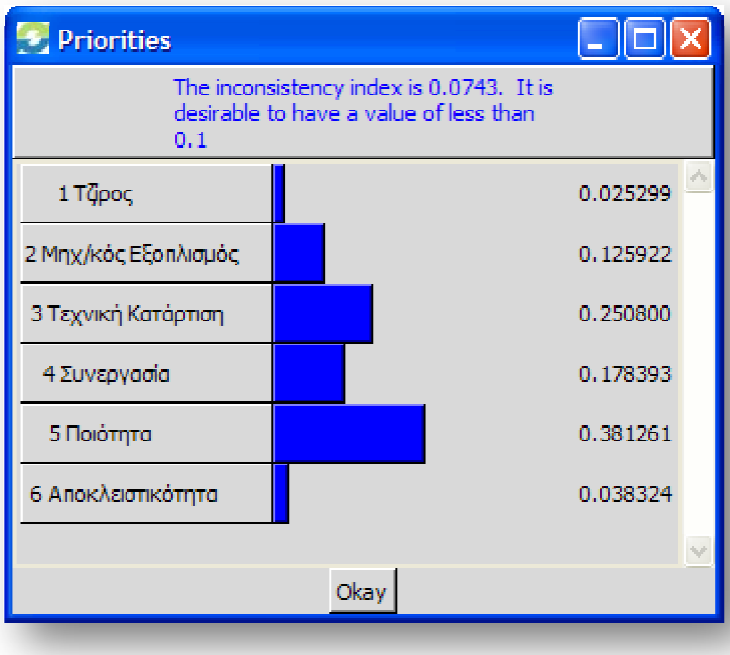
Εικόνα 5.3

5.2. Έλεγχος Ασυνέπειας

Αφού έχουν συμπληρωθεί όλα τα ερωτηματολόγια των πέντε επιλεχθέντων στελεχών της βιομηχανικής μονάδας, θα πρέπει να ελεγθούν όλες οι απαντήσεις για κάθε ένα στέλεχος

ξεχωριστά ώστε να υπάρξει η δυνατότητα βελτίωσης των απαντήσεων σε περίπτωση που διαπιστωθούν ασυνέπειες κρίσεων.

Η ασυνέπεια των κρίσεων μέσω του λογισμικού είναι εφικτή μέσα από την κατάσταση του ερωτηματολογίου και δια της επιλογής της εντολής «Show new priorities». Το αποτέλεσμα που λαμβάνεται μέσω αυτής της διαδικασίας φαίνεται ενδεικτικά στην *Εικόνα 5.4* και απεικονίζει τον συντελεστή ασυνέπειας. Επίσης εμφανίζονται και οι προτεραιότητες του κάθε στοιχείου, είτε πρόκειται για κριτήρια είτε για εναλλακτικές επιλογές.



Εικόνα 5.4

Οι δείκτες ασυνέπειας για όλα τα ερωτηματολόγια ανά στέλεχος απεικονίζονται στον *Πίνακα 5.1.* Με πράσινο χρώμα καταδεικνύουμε τους συντελεστές που είναι κάτω από το όριο του 0,10 ενώ με κόκκινο χρώμα αυτούς που ξεπερνούν αυτό το όριο. Στις περιπτώσεις που το όριο του 0,10 παραβιάζεται, γίνεται διόρθωση του αντίστοιχου ερωτηματολογίου από το ίδιο το στέλεχος, αφού του έχει γίνει σαφές ο λόγος για τον οποίο οδηγήθηκε σε ασυνέπεια κρίσεων.

	Επίπεδο Συγκρίσεων	Ασυνέπεια
Προϊστάμενος Υποστήριξης Πελατών	Κριτήρια σε σχέση με στόχο	0,147
	Κατασκευαστές σε σχέση με μηχ/κό εξοπλισμό	0,0286
	Κατασκευαστές σε σχέση με τεχνική κατάρτιση	0,0591
	Κατασκευαστές σε σχέση με πνεύμα συνεργασίας	0,0347
	Κατασκευαστές σε σχέση με ποιότητα	0,0394
	Κατασκευαστές σε σχέση με αποκλειστικότητα	0,1435
Διευθυντής Πωλήσεων	Κριτήρια σε σχέση με στόχο	0,2056
	Κατασκευαστές σε σχέση με μηχ/κό εξοπλισμό	0,1354
	Κατασκευαστές σε σχέση με τεχνική κατάρτιση	0,0305
	Κατασκευαστές σε σχέση με πνεύμα συνεργασίας	0,0916
	Κατασκευαστές σε σχέση με ποιότητα	0,0829
	Κατασκευαστές σε σχέση με αποκλειστικότητα	0,0541
Διευθυντής Τεχνικής Υποστήριξης	Κριτήρια σε σχέση με στόχο	0,0743
	Κατασκευαστές σε σχέση με μηχ/κό εξοπλισμό	0,0439
	Κατασκευαστές σε σχέση με τεχνική κατάρτιση	0,1427
	Κατασκευαστές σε σχέση με πνεύμα συνεργασίας	0,129
	Κατασκευαστές σε σχέση με ποιότητα	0,0515
	Κατασκευαστές σε σχέση με αποκλειστικότητα	0,1663
Μηχανικός Υποστήριξης Πελατών	Κριτήρια σε σχέση με στόχο	0,0755
	Κατασκευαστές σε σχέση με μηχ/κό εξοπλισμό	0,0314
	Κατασκευαστές σε σχέση με τεχνική κατάρτιση	0,1014
	Κατασκευαστές σε σχέση με πνεύμα συνεργασίας	0,0496
	Κατασκευαστές σε σχέση με ποιότητα	0,0369
	Κατασκευαστές σε σχέση με αποκλειστικότητα	0,0225
Μηχανικός Ανάπτυξης Πελατών	Κριτήρια σε σχέση με στόχο	0,6946
	Κατασκευαστές σε σχέση με μηχ/κό εξοπλισμό	0,2226
	Κατασκευαστές σε σχέση με τεχνική κατάρτιση	0,2573
	Κατασκευαστές σε σχέση με πνεύμα συνεργασίας	0,1051
	Κατασκευαστές σε σχέση με ποιότητα	0,128
	Κατασκευαστές σε σχέση με αποκλειστικότητα	0,0004

Πίνακας 5.1

Από τα αποτελέσματα του πίνακα είναι σαφές ότι πρέπει να επανεξεταστούν τα συγκεκριμένα ερωτηματολόγια που παρουσιάζουν αποκλίσεις από το άνω όριο ασυνέπειας. Αφού έγιναν οι απαραίτητες διευκρινήσεις στα στελέχη και ο τρόπος με τον

οποίο θα πρέπει να συμπληρώνονται τα ερωτηματολόγια, οι νέοι δείκτες ασυνέπειας που προέκυψαν απεικονίζονται στον *Πίνακα 5.2*.

	Επίπεδο Συγκρίσεων	Ασυνέπεια
Προϊστάμενος Υποστήριξης Πελατών	Κριτήρια σε σχέση με στόχο	0,0849
	Κατασκευαστές σε σχέση με μηχ/κό εξοπλισμό	0,0286
	Κατασκευαστές σε σχέση με τεχνική κατάρτιση	0,0591
	Κατασκευαστές σε σχέση με πνεύμα συνεργασίας	0,0347
	Κατασκευαστές σε σχέση με ποιότητα	0,0394
	Κατασκευαστές σε σχέση με αποκλειστικότητα	0,0758
Διευθυντής Πωλήσεων	Κριτήρια σε σχέση με στόχο	0,071
	Κατασκευαστές σε σχέση με μηχ/κό εξοπλισμό	0,0755
	Κατασκευαστές σε σχέση με τεχνική κατάρτιση	0,0305
	Κατασκευαστές σε σχέση με πνεύμα συνεργασίας	0,0916
	Κατασκευαστές σε σχέση με ποιότητα	0,0829
	Κατασκευαστές σε σχέση με αποκλειστικότητα	0,0541
Διευθυντής Τεχνικής Υποστήριξης	Κριτήρια σε σχέση με στόχο	0,0743
	Κατασκευαστές σε σχέση με μηχ/κό εξοπλισμό	0,0439
	Κατασκευαστές σε σχέση με τεχνική κατάρτιση	0,0639
	Κατασκευαστές σε σχέση με πνεύμα συνεργασίας	0,0934
	Κατασκευαστές σε σχέση με ποιότητα	0,0515
	Κατασκευαστές σε σχέση με αποκλειστικότητα	0,0755
Μηχανικός Υποστήριξης Πελατών	Κριτήρια σε σχέση με στόχο	0,0755
	Κατασκευαστές σε σχέση με μηχ/κό εξοπλισμό	0,0314
	Κατασκευαστές σε σχέση με τεχνική κατάρτιση	0,0227
	Κατασκευαστές σε σχέση με πνεύμα συνεργασίας	0,0496
	Κατασκευαστές σε σχέση με ποιότητα	0,0369
	Κατασκευαστές σε σχέση με αποκλειστικότητα	0,0225
Μηχανικός Ανάπτυξης Πελατών	Κριτήρια σε σχέση με στόχο	0,0779
	Κατασκευαστές σε σχέση με μηχ/κό εξοπλισμό	0,0978
	Κατασκευαστές σε σχέση με τεχνική κατάρτιση	0,0744
	Κατασκευαστές σε σχέση με πνεύμα συνεργασίας	0,0719
	Κατασκευαστές σε σχέση με ποιότητα	0,0784
	Κατασκευαστές σε σχέση με αποκλειστικότητα	0,0004

Πίνακας 5.2

Οι ασυνέπειες των κρίσεων έχουν μειωθεί ικανοποιητικά μετά τις διορθωτικές κινήσεις. Οι κρίσεις των στελεχών είναι πλέον σωστά δομημένες, οπότε το επόμενο βήμα είναι η εξαγωγή μιας κοινής συνισταμένης όλων αυτών των κρίσεων.

5.3. Εξαγωγή Γεωμετρικού Μέσου

5.3.1. Γενικά

Το λογισμικό Super Decisions προκειμένου να υπολογίσει τις τελικές βαρύτητες των κριτηρίων και των εναλλακτικών επιλογών χρειάζεται τους πίνακες των ζευγαρωτών συγκρίσεων. Το δείγμα το οποίο επεξεργαστήκαμε αποτελείται από πέντε (5) στελέχη, επομένως είναι απαραίτητη η εξαγωγή ενός γεωμετρικού μέσου, ο οποίος θα αποτελεί και το δεδομένο εισόδου στο λογισμικό. Το Super Decisions δεν έχει τη δυνατότητα να υπολογίσει γεωμετρικούς μέσους και για αυτό το λόγο χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Excel και η εντολή GEOMEAN μέσω της οποίας υπολογίζεται ο γεωμετρικός μέσος ενός συνόλου αριθμών. Ο γεωμετρικός μέσος ενός συνόλου αριθμών υπολογίζεται ως εξής:

$$GM_y = \sqrt[n]{y_1 y_2 .... y_n}$$

Οι συμμετρικοί πίνακες όλων των ζευγαρωτών συγκρίσεων παρατίθενται στο *Παράρτημα ΙΙ*. Για κάθε στοιχείο του πίνακα και για όλους τους όμοιους πίνακες (από πλευράς συγκρίσεως) εξάγεται ο γεωμετρικός μέσος, έτσι ώστε να προκύψει ένας νέος αντιπροσωπευτικός πίνακας ο οποίος θα αποτελέσει και το δεδομένο εισόδου στο λογισμικό Super Decisions.

Έτσι, βάσει του δείγματος των ερωτηματολογίων των πέντε (5) στελεχών, θα πρέπει να δημιουργηθούν έξι (6) νέοι πίνακες οι οποίοι ως στοιχεία θα έχουν τους γεωμετρικούς μέσους των αντίστοιχων ερωτηματολογίων. Οι νέοι αυτοί πίνακες θα αντιπροσωπεύουν:

1. Τον πίνακα ζευγαρωτών συγκρίσεων των κριτηρίων
2. Τον πίνακα ζευγαρωτών συγκρίσεων των υπεργολάβων σε σχέση με το πρώτο κριτήριο (μηχανολογικό εξοπλισμό)
3. Τον πίνακα ζευγαρωτών συγκρίσεων των υπεργολάβων σε σχέση με το δεύτερο κριτήριο (τεχνική κατάρτιση)
4. Τον πίνακα ζευγαρωτών συγκρίσεων των υπεργολάβων σε σχέση με το τρίτο κριτήριο (πνεύμα συνεργασίας)

5. Τον πίνακα ζευγαρωτών συγκρίσεων των υπεργολάβων σε σχέση με το τέταρτο κριτήριο (ποιότητα)
6. Τον πίνακα ζευγαρωτών συγκρίσεων των υπεργολάβων σε σχέση με το πέμπτο κριτήριο (αποκλειστικότητα)

5.3.2. Συμπλήρωση ερωτηματολογίου τζίρου

Σε αυτό το σημείο δεν θα πρέπει να παραληφθεί και ο έβδομος πίνακας που αντιπροσωπεύει τις ζευγαρωτές συγκρίσεις των υπεργολάβων σε σχέση με τον τζίρο τους, όπως έχει συμπεριληφθεί στο ιεραρχικό μοντέλο. Λόγω της ποσοτικής και μετρήσιμης κατάστασης αυτού του κριτηρίου, δεν έχει συμπεριληφθεί αντίστοιχο ερωτηματολόγιο ζευγαρωτών συγκρίσεων, διότι αυτό θα συμπληρωθεί αντικειμενικά με βάση τους ισολογισμούς των υποψήφιων υπεργολάβων.

Οι κύκλοι εργασιών των υποψήφιων υπεργολάβων έχουν όπως φαίνεται στον *Πίνακα 5.3*.

Υποψήφιος Υπεργολάβος	Τζίρος
Κατασκευαστής 1	4,5 εκατ €
Κατασκευαστής 2	3,2 εκατ €
Κατασκευαστής 3	1,3 εκατ €
Κατασκευαστής 4	6,3 εκατ €
Κατασκευαστής 5	3,8 εκατ €

Πίνακας 5.3

Βάση αυτών των στοιχείων μπορεί να συμπληρωθεί το αντίστοιχο ερωτηματολόγιο των ζευγαρωτών συγκρίσεων μεταξύ των υποψήφιων υπεργολάβων σε σχέση με τον τζίρο τους. Προκειμένου η συμπλήρωση των ερωτηματολογίων να είναι αντικειμενική και να παρουσιάζει μηδενική ασυνέπεια θα ακολουθηθεί η παρακάτω διαδικασία.

Ο μεγαλύτερος τζίρος υποψήφιου υπεργολάβου ανέρχεται σε 6,3 εκατ. € και ο μικρότερος τζίρος σε 1,3 εκατ. €. Άρα, η ζευγαρωτή σύγκριση με την ισχυρότερη βαθμολογία θα είναι η σύγκριση μεταξύ του Κατασκευαστή 4 και του Κατασκευαστή 3. Ο λόγος των κύκλων εργασιών αυτών των δύο κατασκευαστών ανέρχεται σε 6,3/1,3 = 4,846. Αυτό σημαίνει ότι ο Κατασκευαστής 4 παρουσιάζει 4,846 φορές μεγαλύτερο τζίρο από τον Κατασκευαστή 3. Αποφασίζουμε αυθαίρετα να δώσουμε την μέγιστη βαθμολογία 9 σε αυτή τη σύγκριση.

Επομένως με γνώμονα αυτήν την ακραία σύγκριση οι υπόλοιπες ζευγαρωτές συγκρίσεις θα βαθμολογούνται σύμφωνα με τον τύπο:

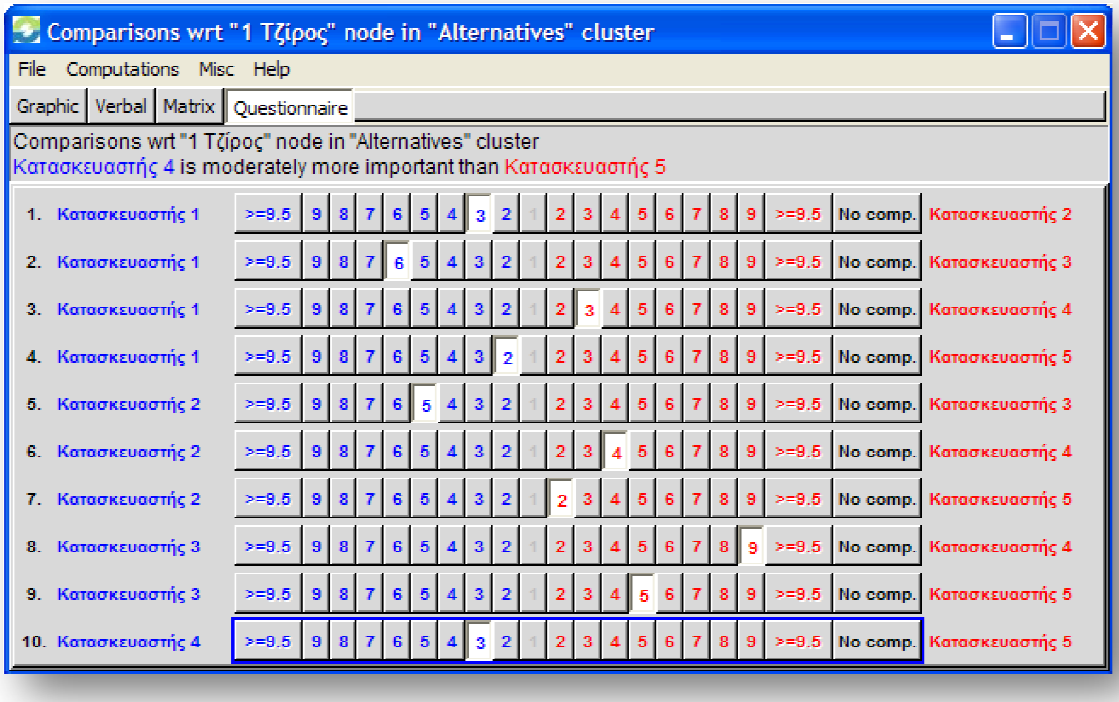
$$\text{Comparison} = 9\frac{\frac{\text{Τ}\zeta\acute{\iota}\rho o\varsigma_i}{\text{Τ}\zeta\acute{\iota}\rho o\varsigma_j}}{4{,}846}$$

Όπου i και j οι κατασκευαστές που συγκρίνονται. Θα πρέπει επίσης πάντα κατά την εφαρμογή αυτού του τύπου ο $\text{Τζίρος}_i > \text{Τζίρος}_j$ ώστε να γίνεται σωστή αντιστοίχηση της βαθμολογίας. Οι ζευγαρωτές συγκρίσεις των υποψήφιων υπεργολάβων σε σχέση με τον τζίρο τους εμφανίζονται στον *Πίνακα 5.4*. Στην στήλη «Βαθμολογία» εκτελείται ο τύπος που αναλύσαμε και στην στήλη «Rounded» στρογγυλοποιούμε το αποτέλεσμα ώστε να έχουμε την κατάλληλη βαθμολογία για την συμπλήρωση του ερωτηματολογίου. Το μπλε χρώμα σημαίνει ότι η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου γίνεται από την αριστερή πλευρά του, ενώ το κόκκινο χρώμα δηλώνει την από δεξιά πλευρά συμπλήρωσή του. Τα χρώματα επιλέχθηκαν με αυτόν τον τρόπο για να διευκολυνθεί η συμπλήρωση του λογισμικού καθώς και αυτό χρησιμοποιεί τα ίδια χρώματα.

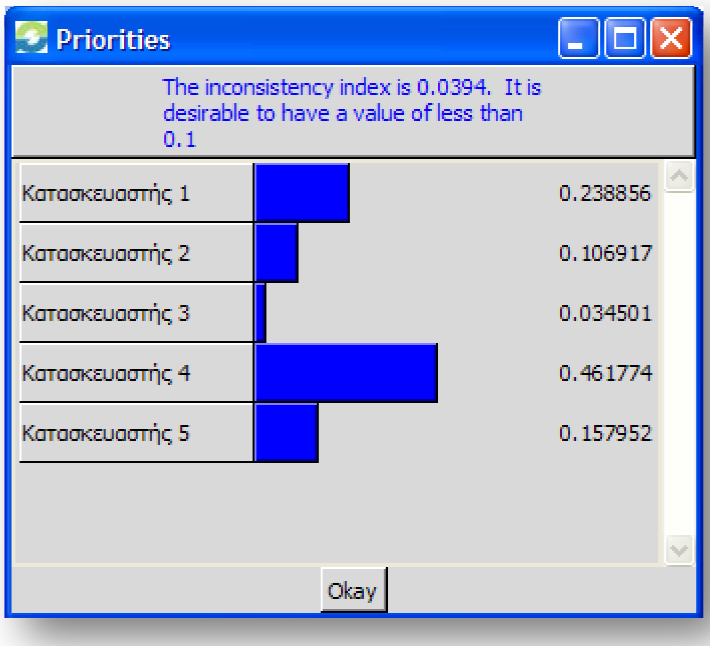
i	j	Τζίρος i	Τζίρος j	Βαθμολογία	Rounded
Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	4,5	3,2	2,61	3
Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 3	4,5	1,3	6,43	6
Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 4	4,5	6,3	2,60	3
Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 5	4,5	3,8	2,20	2
Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	3,2	1,3	4,57	5
Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 4	3,2	6,3	3,66	4
Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 5	3,2	3,8	2,21	2
Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	1,3	6,3	9,00	9
Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 5	1,3	3,8	5,43	5
Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5	6,3	3,8	3,08	3

Πίνακας 5.4

Εισάγοντας στο λογισμικό τις βαθμολογίες αυτές όπως φαίνεται στην *Εικόνα 5.5* υπολογίζουμε και τον βαθμό συνέπειας (Consistency Ratio), ο οποίος εμφανίζεται στην *Εικόνα 5.6*.



Εικόνα 5.5



Εικόνα 5.6

Πράγματι, όπως φαίνεται και από τον συντελεστή 0,0394, είναι κατά πολύ μικρότερος του 0,10 οπότε δεν υπάρχει θέμα ασυνέπειας. Η όποια ασυνέπεια σε αυτές τις συγκρίσεις προκύπτει λόγω της στρογγυλοποίησης για την συμπλήρωση του ερωτηματολογίου.

5.3.3. Συμπλήρωση ερωτηματολογίων σε επίπεδο γεωμετρικού μέσου

Στο *Παράρτημα ΙΙ* υπάρχουν όλοι οι πίνακες ζευγαρωτών συγκρίσεων για κάθε στέλεχος ξεχωριστά. Μέσω της εντολής GEOMEAN του Excel είμαστε σε θέση να εξάγουμε τους γεωμετρικούς μέσους για κάθε ένα στοιχείο των πινάκων. Έτσι, οι πίνακες που προκύπτουν, *Πίνακας 5.5* έως *Πίνακας 5.10*, αποτελούν τους πίνακες ζευγαρωτών συγκρίσεων για όλα τα στελέχη. Μπορεί να θεωρηθεί ότι ο κάθε ένας πίνακας είναι ένας μέσος όρος και δίνει την τάση του συνόλου του δείγματος ως προς τις προτιμήσεις του.

Συγκρίσεις Κριτηρίων - GEOMEAN						
	Τζίρος	Μηχ/κός Εξοπλισμός	Τεχνική Κατάρτιση	Συνεργασία	Ποιότητα	Αποκλειστικότητα
Τζίρος	1,000	0,221	0,145	0,180	0,120	0,276
Μηχ/κός Εξοπλισμός	4,521	1,000	0,425	0,731	0,401	1,251
Τεχνική Κατάρτιση	6,892	2,352	1,000	2,460	0,699	2,569
Συνεργασία	5,556	1,369	0,407	1,000	0,243	1,864
Ποιότητα	8,360	2,491	1,431	4,112	1,000	3,780
Αποκλειστικότητα	3,630	0,799	0,389	0,536	0,265	1,000

Πίνακας 5.5

Συγκρίσεις εναλλακτικών επιλογών σε σχέση με Μηχ/κο Εξοπλισμό - GEOMEAN					
	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
Κατασκευαστής 1	1,000	3,677	3,898	3,104	2,787
Κατασκευαστής 2	0,272	1,000	1,683	1,217	1,217
Κατασκευαστής 3	0,257	0,594	1,000	0,731	0,699
Κατασκευαστής 4	0,322	0,822	1,369	1,000	1,149
Κατασκευαστής 5	0,359	0,822	1,431	0,871	1,000

Πίνακας 5.6

Συγκρίσεις εναλλακτικών επιλογών σε σχέση με Τεχνική Κατάρτιση - GEOMEAN					
	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
Κατασκευαστής 1	1,000	0,708	0,486	2,141	2,112
Κατασκευαστής 2	1,413	1,000	0,401	3,438	2,297
Κατασκευαστής 3	2,056	2,491	1,000	4,373	3,519
Κατασκευαστής 4	0,467	0,291	0,229	1,000	0,803
Κατασκευαστής 5	0,474	0,435	0,284	1,246	1,000

Πίνακας 5.7

Συγκρίσεις εναλλακτικών επιλογών σε σχέση με Συνεργασία - GEOMEAN					
	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
Κατασκευαστής 1	1,000	1,933	4,580	7,950	6,284
Κατασκευαστής 2	0,517	1,000	1,719	7,068	6,093
Κατασκευαστής 3	0,218	0,582	1,000	5,261	4,573
Κατασκευαστής 4	0,126	0,141	0,190	1,000	0,922
Κατασκευαστής 5	0,159	0,164	0,219	1,084	1,000

Πίνακας 5.8

Συγκρίσεις εναλλακτικών επιλογών σε σχέση με Ποιότητα - GEOMEAN					
	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
Κατασκευαστής 1	1,000	0,660	0,844	3,201	1,731
Κατασκευαστής 2	1,516	1,000	0,784	4,129	3,866
Κατασκευαστής 3	1,185	1,275	1,000	4,536	2,491
Κατασκευαστής 4	0,312	0,242	0,220	1,000	0,561
Κατασκευαστής 5	0,578	0,259	0,401	1,783	1,000

Πίνακας 5.9

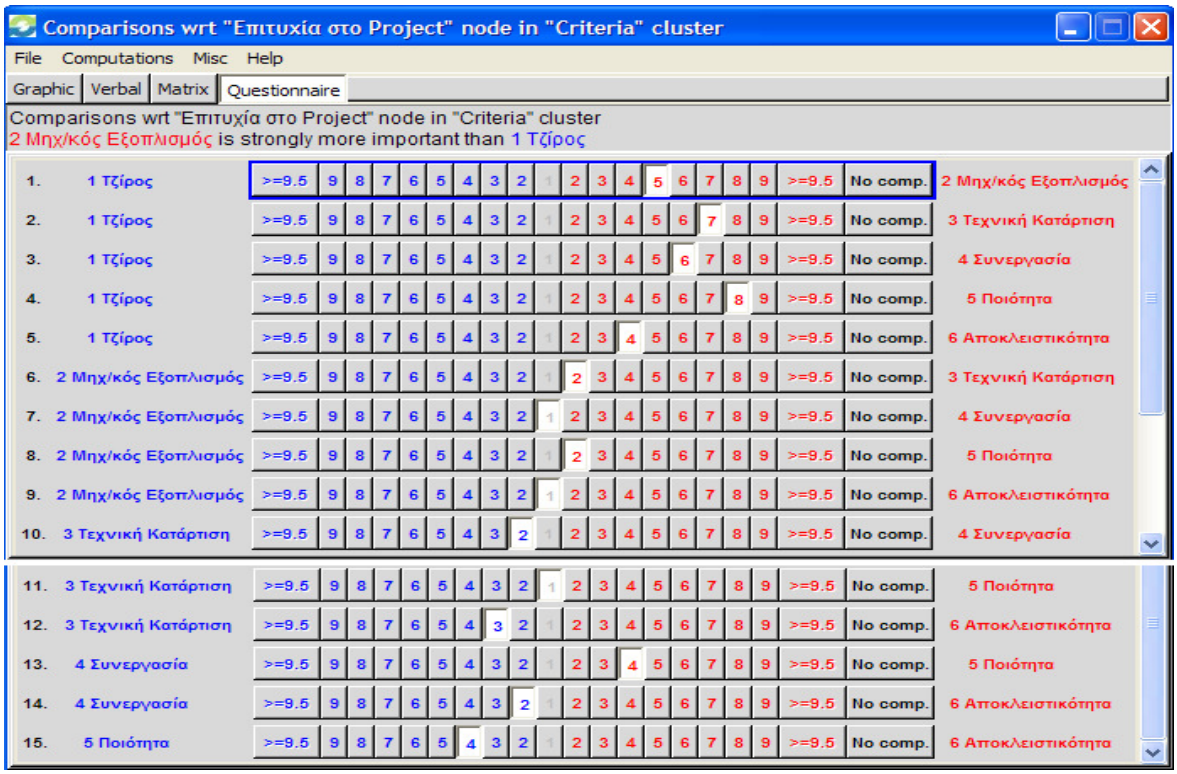
Συγκρίσεις εναλλακτικών επιλογών σε σχέση με Αποκλειστικότητα - GEOMEAN					
	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
Κατασκευαστής 1	1,000	4,183	4,441	8,586	7,160
Κατασκευαστής 2	0,239	1,000	0,944	4,043	2,930
Κατασκευαστής 3	0,225	1,059	1,000	3,987	3,245
Κατασκευαστής 4	0,116	0,247	0,251	1,000	0,461
Κατασκευαστής 5	0,140	0,341	0,308	2,169	1,000

Πίνακας 5.10

Τα στοιχεία των πινάκων που είναι σκιασμένο με πράσινο χρώμα είναι τα στοιχεία εκείνα που θα χρησιμοποιηθούν για την συμπλήρωση των ερωτηματολογίων στο λογισμικό Super Decisions. Έχουν επιλεχθεί τα στοιχεία που είναι μεγαλύτερα της μονάδας, καθώς αυτά δείχνουν τον βαθμό προτίμησης σε μια ζευγαρωτή σύγκριση. Έτσι για παράδειγμα, στον Πίνακα 5.10 η σύγκριση Κατασκευαστή 1 – Κατασκευαστή 2 δίνει 4,183, που σημαίνει ότι ο Κατασκευαστής 1 είναι 4,183 φορές ισχυρότερος από τον Κατασκευαστή 2 σε σχέση με το κριτήριο της αποκλειστικότητας. Ανάλογα θα πρέπει να συμπληρωθεί και το ερωτηματολόγιο του λογισμικού. Βέβαια για λόγους ευκολίας συμπλήρωσης των ερωτηματολογίων ι αριθμοί αυτοί που προέκυψαν ως γεωμετρικοί μέσοι θα πρέπει να στρογγυλοποιηθούν στον πλησιέστερο ακέραιο. Με βάση αυτήν την προϋπόθεση και αφού συμπληρωθούν όλα τα αντίστοιχα ερωτηματολόγια είμαστε πλέον σε θέση να λύσουμε το πρόβλημα της επιλογής.

5.3.4. Έλεγχος ασυνέπειας σε επίπεδο δείγματος

Αφού έγιναν οι απαραίτητες στρογγυλοποιήσεις, οι ζευγαρωτές συγκρίσεις των κριτηρίων μεταξύ τους και των εναλλακτικών επιλογών σε σχέση με κάθε ένα κριτήριο ξεχωριστά εισήχθησαν στο λογισμικό στη μορφή ερωτηματολογίων όπως φαίνεται στις *Εικόνες 5.7* έως *5.12*.



Εικόνα 5.7

Comparisons wrt "2 Μηχ/κός Εξοπλισμός" node in "Alternatives" cluster

File Computations Misc Help

Graphic | Verbal | Matrix | Questionnaire

Comparisons wrt "2 Μηχ/κός Εξοπλισμός" node in "Alternatives" cluster
Κατασκευαστής 1 is moderately to strongly more important than Κατασκευαστής 2

1.	Κατασκευαστής 1	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 2
2.	Κατασκευαστής 1	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 3
3.	Κατασκευαστής 1	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 4
4.	Κατασκευαστής 1	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 5
5.	Κατασκευαστής 2	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 3
6.	Κατασκευαστής 2	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 4
7.	Κατασκευαστής 2	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 5
8.	Κατασκευαστής 3	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 4
9.	Κατασκευαστής 3	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 5
10.	Κατασκευαστής 4	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 5

Εικόνα 5.8

Comparisons wrt "3 Τεχνική Κατάρτιση" node in "Alternatives" cluster

File Computations Misc Help

Graphic | Verbal | Matrix | Questionnaire

Comparisons wrt "3 Τεχνική Κατάρτιση" node in "Alternatives" cluster
Κατασκευαστής 1 is equally as important as Κατασκευαστής 2

1.	Κατασκευαστής 1	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 2
2.	Κατασκευαστής 1	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 3
3.	Κατασκευαστής 1	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 4
4.	Κατασκευαστής 1	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 5
5.	Κατασκευαστής 2	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 3
6.	Κατασκευαστής 2	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 4
7.	Κατασκευαστής 2	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 5
8.	Κατασκευαστής 3	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 4
9.	Κατασκευαστής 3	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 5
10.	Κατασκευαστής 4	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 5

Εικόνα 5.9

Comparisons wrt "4 Συνεργασία" node in "Alternatives" cluster

File Computations Misc Help

Graphic | Verbal | Matrix | Questionnaire

Comparisons wrt "4 Συνεργασία" node in "Alternatives" cluster

Κατασκευαστής 1 is equally to moderately more important than Κατασκευαστής 2

1. Κατασκευαστής 1	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 2
2. Κατασκευαστής 1	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 3
3. Κατασκευαστής 1	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 4
4. Κατασκευαστής 1	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 5
5. Κατασκευαστής 2	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 3
6. Κατασκευαστής 2	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 4
7. Κατασκευαστής 2	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 5
8. Κατασκευαστής 3	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 4
9. Κατασκευαστής 3	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 5
10. Κατασκευαστής 4	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 5

Εικόνα 5.10

Comparisons wrt "5 Ποιότητα" node in "Alternatives" cluster

File Computations Misc Help

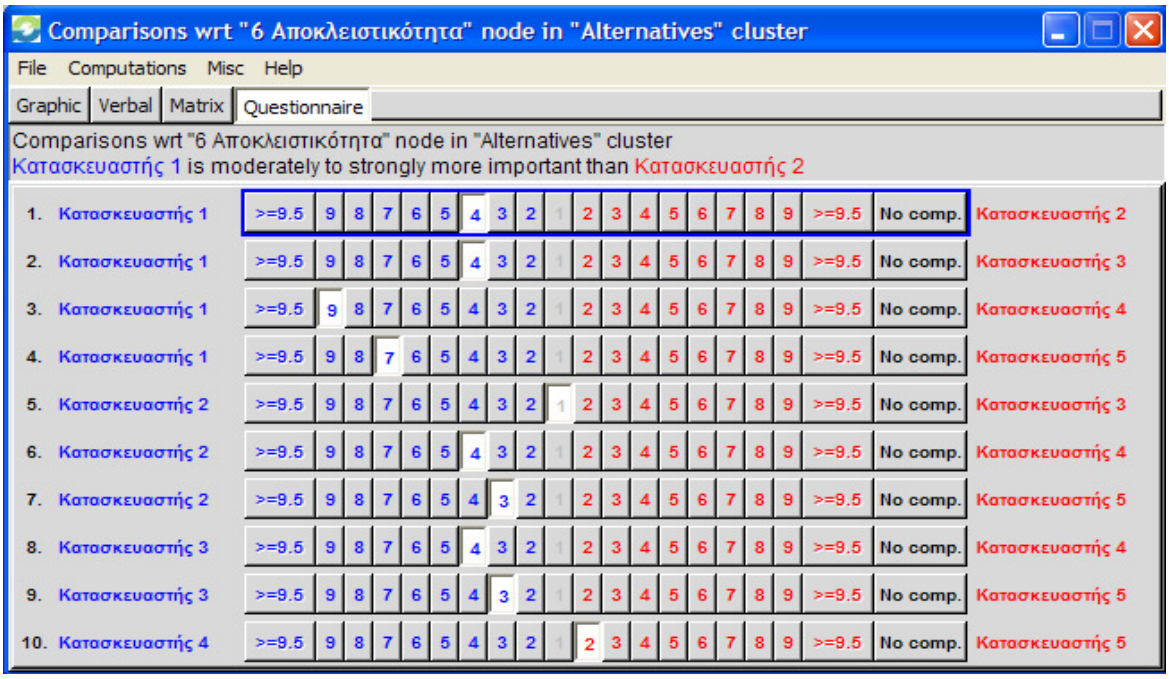
Graphic | Verbal | Matrix | Questionnaire

Comparisons wrt "5 Ποιότητα" node in "Alternatives" cluster

Κατασκευαστής 2 is equally to moderately more important than Κατασκευαστής 1

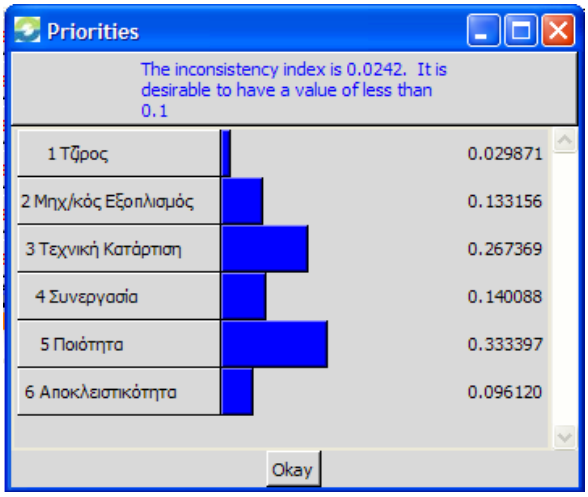
1. Κατασκευαστής 1	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 2
2. Κατασκευαστής 1	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 3
3. Κατασκευαστής 1	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 4
4. Κατασκευαστής 1	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 5
5. Κατασκευαστής 2	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 3
6. Κατασκευαστής 2	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 4
7. Κατασκευαστής 2	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 5
8. Κατασκευαστής 3	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 4
9. Κατασκευαστής 3	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 5
10. Κατασκευαστής 4	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Κατασκευαστής 5

Εικόνα 5.11

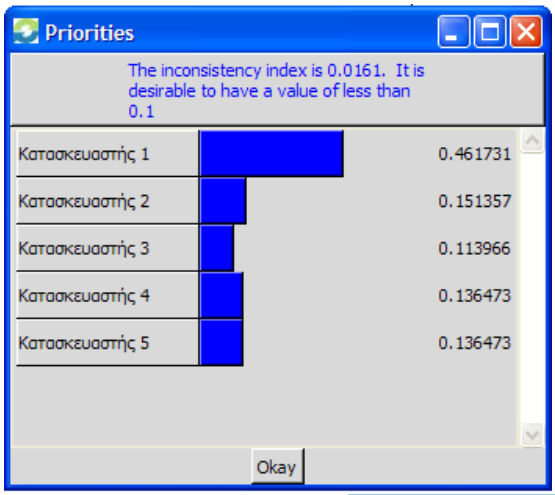


Εικόνα 5.12

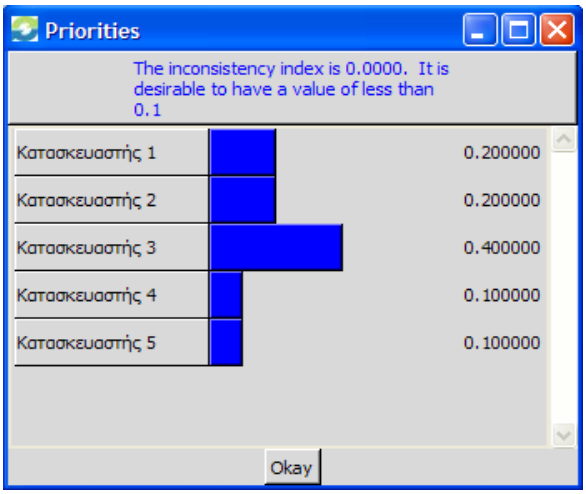
Βάση αυτών των ερωτηματολογίων εξάγονται και οι τελικοί συντελεστές συνέπειας για κάθε ένα πίνακα ξεχωριστά. Συνοπτικά, τα αποτελέσματα των ασυνεπειών περιγράφονται στις *Εικόνες 5.13* έως *5.18* όπως εξάγονται από το λογισμικό Super Decisions.



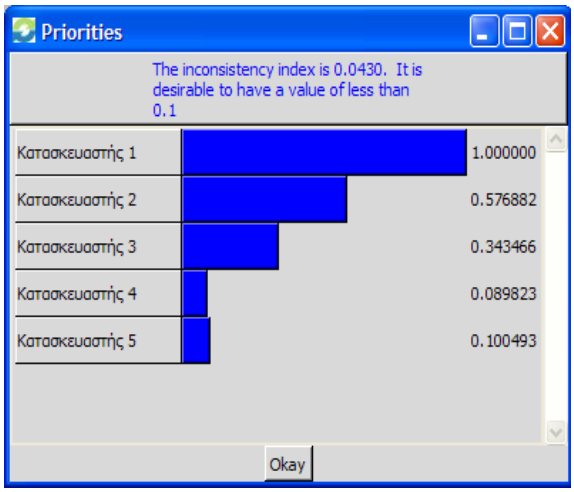
Εικόνα 5.13



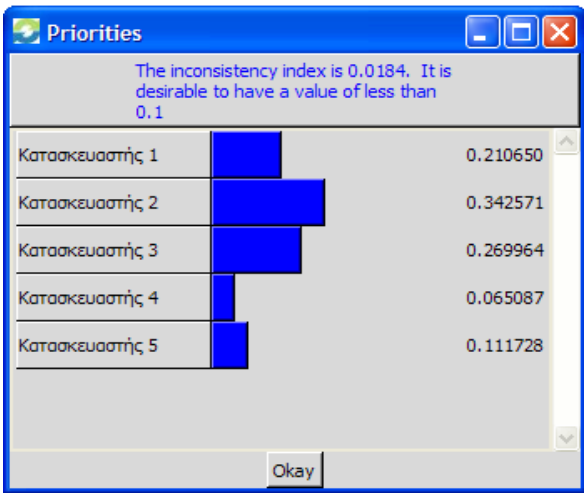
Εικόνα 5.14



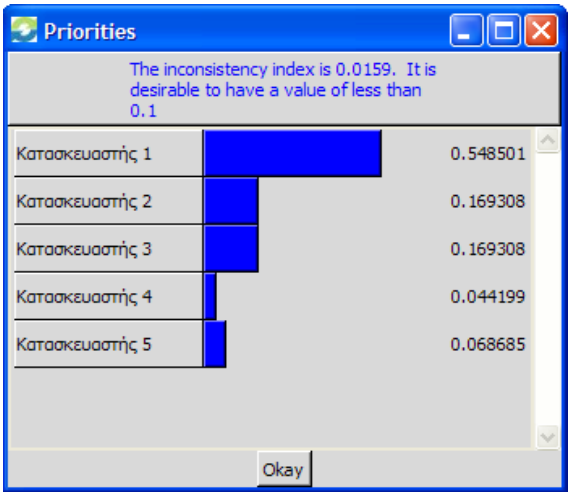
Εικόνα 5.15



Εικόνα 5.16



Εικόνα 5.17



Εικόνα 5.18

Παρατηρούμε ότι οι συντελεστές συνέπειας είναι πολύ μικροί κάτι το οποίο σημαίνει ότι ο συνδυασμός των κρίσεων και των πέντε στελεχών οδήγησε σε ένα συνεπές συνολικό αποτέλεσμα. Κάτι τέτοιο σημαίνει ότι οι κρίσεις και των πέντε στελεχών κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση χωρίς σημαντικές διαφοροποιήσεις.

Έχοντας ολοκληρώσει την εισαγωγή των στοιχείων στο λογισμικό και έχοντας ελέγξει τις ασυνέπειες των κρίσεων σε επίπεδο δείγματος, είναι πλέον εφικτό να ολοκληρώσουμε την διαδικασία και να εξάγουμε τις τελικές προτεραιότητες των κριτηρίων και των εναλλακτικών επιλογών, έτσι ώστε να είμαστε σε θέση να επιλέξουμε τον τελικό υπεργολάβο για την συνεργασία με την βιομηχανική μονάδα.

5.3.5. Επίλυση του μοντέλου

Η επίλυση του μοντέλου επιτυγχάνεται μέσω της εντολής “synthesize”. Εκτελώντας την συγκεκριμένη εντολή το λογισμικό λύνει το πρόβλημα σύμφωνα με την διαδικασία που αναλύθηκε στην παράγραφο 3.8 και έτσι προκύπτουν οι προτεραιότητες των εναλλακτικών επιλογών (υποψήφιων υπεργολάβων) όπως διακρίνεται στην *Εικόνα 5.19*.

Here are the overall synthesized priorities for the alternatives. You synthesized from the network Super Decisions Main Window: ΤΕΛΙΚΟ.mod

Name	Graphic	Ideals	Normals	Raw
Κατασκευαστής 1		1.000000	0.311414	0.155707
Κατασκευαστής 2		0.788647	0.245596	0.122798
Κατασκευαστής 3		0.809945	0.252228	0.126114
Κατασκευαστής 4		0.290972	0.090613	0.045306
Κατασκευαστής 5		0.321594	0.100149	0.050074

Εικόνα 5.19

Η επίλυση του μοντέλου δίνει στον Κατασκευαστή 1 την μεγαλύτερη βαθμολογία και τον προκρίνει ουσιαστικά για συνεργασία με την βιομηχανική μονάδα. Στην στήλη Ideals, ο Κατασκευαστής 1 βαθμολογείται με το μέγιστο (1) και τα υπόλοιπα ποσοστά μεταφράζονται ως εξής:

- Ο Κατασκευαστής 2 είναι κατά 78,86% σημαντικός σε σχέση με τον Κατασκευαστή 1, υπολείπεται δηλαδή του Κατασκευαστή 1 κατά 21,14%
- Ο Κατασκευαστής 3 είναι κατά 80,99% σημαντικός σε σχέση με τον Κατασκευαστή 1, υπολείπεται δηλαδή του Κατασκευαστή 1 κατά 19,01%
- Ο Κατασκευαστής 4 είναι κατά 29,09% σημαντικός σε σχέση με τον Κατασκευαστή 1, υπολείπεται δηλαδή του Κατασκευαστή 1 κατά 70,91%
- Ο Κατασκευαστής 5 είναι κατά 32,15% σημαντικός σε σχέση με τον Κατασκευαστή 1, υπολείπεται δηλαδή του Κατασκευαστή 1 κατά 67,85%

Στην *Εικόνα 5.20* αναλύονται οι προτεραιότητες των εναλλακτικών επιλογών καθώς και των κριτηρίων σχετικά με την βαρύτητά τους.

Here are the priorities.

Icon	Name	Normalized by Cluster	Limiting
No Icon	Κατασκευαστής 1	0.31141	0.155707
No Icon	Κατασκευαστής 2	0.24560	0.122798
No Icon	Κατασκευαστής 3	0.25223	0.126114
No Icon	Κατασκευαστής 4	0.09061	0.045306
No Icon	Κατασκευαστής 5	0.10015	0.050074
No Icon	1 Τζιρος	0.02987	0.014936
No Icon	2 Μηχ/κός Εξοπλισμός	0.13316	0.066578
No Icon	3 Τεχνική Κατάρτιση	0.26737	0.133685
No Icon	4 Συνεργασία	0.14009	0.070044
No Icon	5 Ποιότητα	0.33340	0.166698
No Icon	6 Αποκλειστικότητα	0.09612	0.048060
No Icon	Επιτυχία στο Project	0.00000	0.000000

Εικόνα 5.20

Έτσι η κατάταξη των υποψήφιων υπεργολάβων όπως προκύπτει από τη λύση του προβλήματος είναι με φθίνουσα σειρά αυτή που φαίνεται στον *Πίνακα 5.11*.

Υποψήφιος Υπεργολάβος	Κατάταξη
Κατασκευαστής 1	0,31141
Κατασκευαστής 3	0,25223
Κατασκευαστής 2	0,24560
Κατασκευαστής 5	0,10015
Κατασκευαστής 4	0,09061

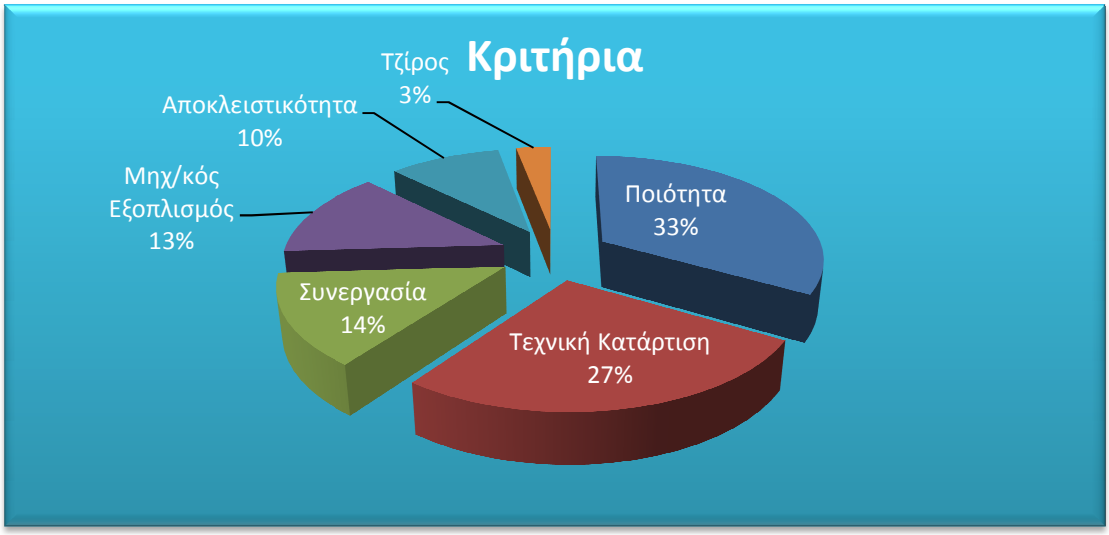
Πίνακας 5.11

Όσον αφορά στην κατάταξη των κριτηρίων, αυτή απεικονίζεται στον *Πίνακα 5.12*, και γραφικά η συνεισφορά του κάθε κριτήριου στην *Εικόνα 5.21*, όπου διαπιστώνεται ότι η ποιότητα αποτελεί το κριτήριο μεγίστης σημασίας για την επιλογή υπεργολάβου και ακολουθείται από την τεχνική κατάρτιση. Ο τζίρος του κατασκευαστή στην βιομηχανική

μονάδα δεν θεωρείται σημαντικό κριτήριο και λαμβάνει την τελευταία θέση στην κατάταξη.

Κριτήρια επιλογής	Κατάταξη
Ποιότητα	0,33340
Τεχνική Κατάρτιση	0,26737
Συνεργασία	0,14009
Μηχ/κός Εξοπλισμός	0,13316
Αποκλειστικότητα	0,09612
Τζίρος	0,02987

Πίνακας 5.12



Εικόνα 5.21

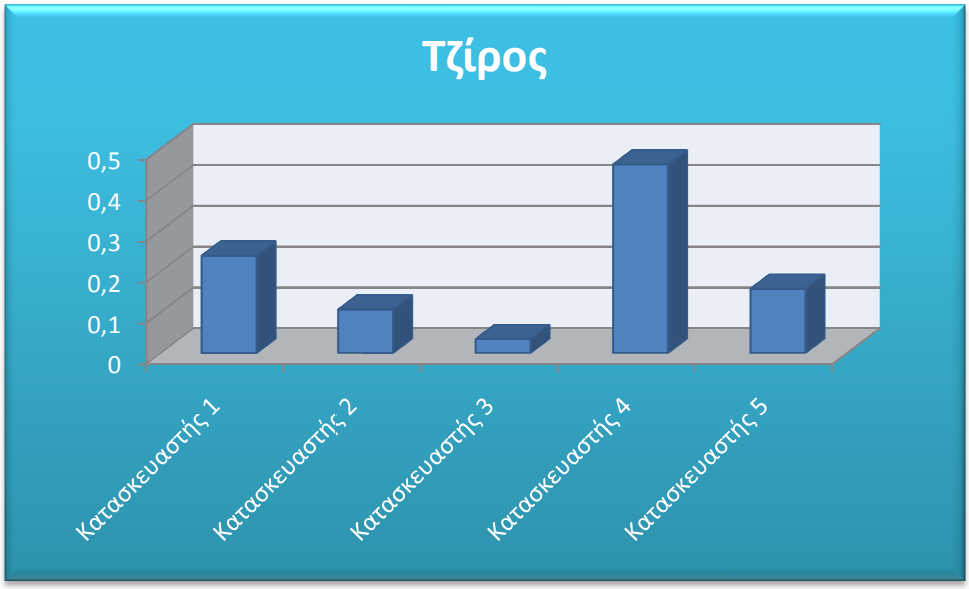
Ένας άλλος χρήσιμος πίνακας που εξάγεται με το λογισμικό είναι ο οριακός πίνακας ο οποίος απεικονίζεται στον *Πίνακα 5.13* όπως προκύπτει από το Super Decisions. Σε αυτόν τον πίνακα μπορούμε να δούμε αναλυτικά τις κατατάξεις των κατασκευαστών σε σχέση με κάθε κριτήριο ξεχωριστά. Στις εικόνες *Εικόνα 5.21* έως *5.26* παριστάνουμε γραφικά την κατάταξη του κάθε κατασκευαστή για κάθε ένα κριτήριο. Τα γραφήματα αυτά προέρχονται από τον *Πίνακα 5.13* μετά από κατάλληλη επεξεργασία στο Excel.

Cluster Node Labels		Alternatives		Criteria					
		Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5	1 Τζιρος	2 Μηχ/κός Εξοπλισμός	3 Τεχνική Κατάρτιση	4 Συνεργασία	5 Ποιότητα	6 Αποκλειστικότητα
Alternatives	Κατασκευαστής 1	0.000000	0.000000	0.238856	0.461731	0.200000	0.473785	0.210650	0.548501
	Κατασκευαστής 2	0.000000	0.000000	0.106917	0.151357	0.200000	0.273318	0.342571	0.169308
	Κατασκευαστής 3	0.000000	0.000000	0.034501	0.113966	0.400000	0.162729	0.269964	0.169308
	Κατασκευαστής 4	0.000000	0.000000	0.461774	0.136473	0.100000	0.042557	0.065087	0.044199
	Κατασκευαστής 5	0.000000	0.000000	0.157952	0.136473	0.100000	0.047612	0.111728	0.068685
Criteria	1 Τζιρος	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	2 Μηχ/κός Εξοπλισμός	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	3 Τεχνική Κατάρτιση	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

Πίνακας 5.13

Παρατηρούμε λοιπόν σύμφωνα με τον *Πίνακα 5.13* ότι:

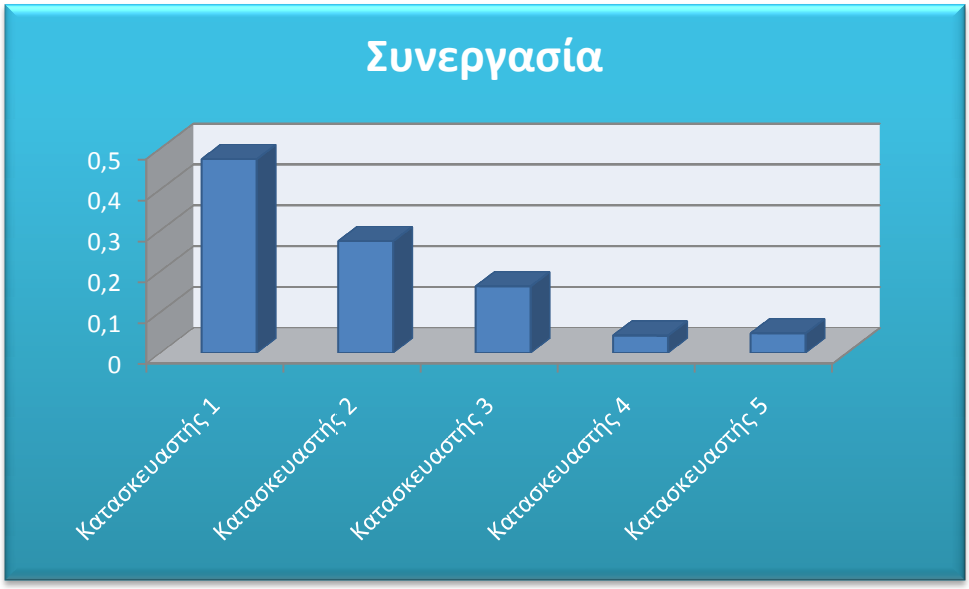
1. Όσον αφορά στον Τζίρο υπερισχύει ο Κατασκευαστής 4
2. Όσον αφορά στον Μηχ/κό Εξοπλισμό υπερισχύει ο Κατασκευαστής 1
3. Όσον αφορά στην Τεχνική Κατάρτιση υπερισχύει ο Κατασκευαστής 4
4. Όσον αφορά στην Συνεργασία υπερισχύει ο Κατασκευαστής 1
5. Όσον αφορά στην Ποιότητα υπερισχύει ο Κατασκευαστής 2
6. Όσον αφορά στην Αποκλειστικότητα υπερισχύει ο Κατασκευαστής 1



Εικόνα 5.21

Εικόνα 5.22

Εικόνα 5.23



Εικόνα 5.24

Εικόνα 5.25

Αποκλειστικότητα
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
Κατασκευαστής 1
Κατασκευαστής 2
Κατασκευαστής 3
Κατασκευαστής 4
Κατασκευαστής 5

Εικόνα 5.26

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1. Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων

Η βιομηχανική μονάδα μέσω της εφαρμογής της μεθόδου AHP, όπως επιχειρήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία, έχει στην κατοχή της ένα σημαντικό εργαλείο σχετικά με τη λήψη της απόφασης περί της επιλογής υποψήφιου υπεργολάβου για να αναλάβει την κατασκευή και τοποθέτηση συστημάτων αλουμινίου για λογαριασμό της.

Η επίλυση του μοντέλου κατέδειξε και πρότεινε συγκεκριμένο κατασκευαστή αλουμινίου για συνεργασία με την βιομηχανική μονάδα, αφού έλαβε υπόψη της όλα τα σχετικά κριτήρια επιλογής και με βάση αυτά κατέταξε τους πέντε (5) υποψήφιους υπεργολάβους. Το πιο σημαντικό στάδιο της διαδικασίας ήταν η επιλογή των κριτηρίων επιλογής καθώς και η επιλογή του δείγματος στελεχών που κλήθηκαν να απαντήσουν στα ερωτηματολόγια.

Η επίλυση του μοντέλου δεν κατέδειξε μόνο τον επιλεχθέντα υπεργολάβο αλλά έδωσε επίσης τις σχετικές αποστάσεις μεταξύ τους. Έτσι, μπορεί ο Κατασκευαστής 1 να είναι ο επικρατέστερος αλλά ακολουθεί ο Κατασκευαστής 3 με μια διαφορά της τάξης του 19,1% από τον πρώτο. Αυτή η διαφορά ενδέχεται να μην είναι υπερβολικά μεγάλη και είναι πλέον στην διακριτική ευχέρεια της διοίκησης να αποφασίσει αν τελικά θα επιλέξει τον Κατασκευαστή 1 ή τον Κατασκευαστή 3.

Το μοντέλο επίσης μας παρείχε τις σχετικές βαρύτητες των κριτηρίων μεταξύ τους. Μέσω του *Πίνακα 5.12* αντλήσαμε πληροφορίες σχετικά με αυτές τις βαρύτητες και τις σχετικές αποστάσεις μεταξύ τους. Έτσι μπορεί η ποιότητα να αποτελεί το πιο σημαντικό κριτήριο επιλογής αλλά ακολουθεί σε μικρή απόσταση και η τεχνική κατάρτιση. Αντίθετα, η αποκλειστικότητα του υπεργολάβου στην βιομηχανική μονάδα όπως και ο τζίρος του κατασκευαστή δεν θεωρούνται τόσο σημαντικά κριτήρια για την επιλογή κατασκευαστή και έτσι λαμβάνουν τις τελευταίες θέσεις στην κατάταξη.

Ο σκοπός του μοντέλου είναι να καταδείξει τον επικρατέστερο υπεργολάβο σύμφωνα πάντα με τις κρίσεις έμπειρων και καταρτισμένων στελεχών. Αν το δείγμα των στελεχών έχει κύρος και τα κριτήρια επιλογής είναι ισχυρά, τότε το μοντέλο αποκτά ισχύ και

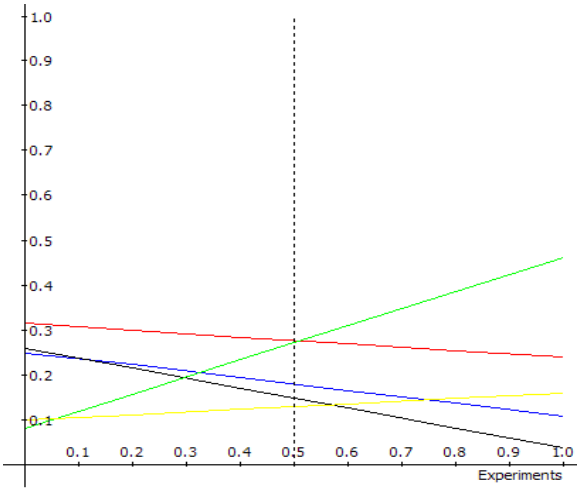
βαρύτητα κατά την κατάδειξη του υποψήφιου υπεργολάβου. Οι ασυνέπειες των κρίσεων μετά από τις διορθωτικές κινήσεις που έγιναν κατά τη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων από τα επιλεχθέντα στελέχη, δηλώνουν με βεβαιότητα ότι τα στελέχη κατανόησαν πλήρως τον τρόπο συμπλήρωσης. Επιπροσθέτως, παρατηρήθηκε ότι και ο συνδυασμός των κρίσεων των στελεχών μεταξύ τους (μέσω της διαδικασίας εξαγωγής του γεωμετρικού μέσου) δίνει μια σαφή τάση. Η ασυνέπεια που προήλθε από τον συνδυασμό των κρίσεων των στελεχών ήταν ικανοποιητικά μικρή, και αυτό σημαίνει ότι όλες οι κρίσεις των στελεχών ήταν προς την ίδια κατεύθυνση. Αυτό ενισχύει ακόμα περισσότερο το αποτέλεσμα της επίλυσης του μοντέλου που δημιουργήσαμε.

Παραμένει, παρόλα αυτά ένα εργαλείο, το οποίο θα πρέπει να συμπεριληφθεί στην agenda της διοίκησης κατά την λήψη της απόφασης. Πάντως η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων του ιεραρχικού μοντέλου δεν θα πρέπει να αμφισβητηθεί, εφόσον ο λήπτης της απόφασης έχει συμφωνήσει με τα επιλεχθέντα κριτήρια και τις προτεραιότητες που προκύπτουν για αυτά.

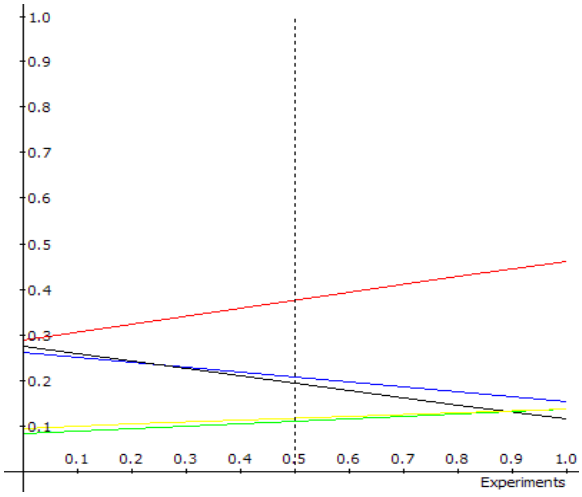
6.2. Ανάλυση Ευαισθησίας

Το λογισμικό SuperDecisions δίνει επιπλέον την δυνατότητα ανάλυσης ευαισθησίας στα αποτελέσματα του μοντέλου. Έτσι είμαστε σε θέση να δούμε πως μεταβάλλεται η κατάταξη των υπεργολάβων αν αλλάξουν οι βαρύτητες των κριτηρίων. Οι πίνακες και τα γραφήματα των εικόνων που ακολουθούν (*Πίνακας 6.1* έως *Πίνακας 6.6* και *Εικόνα 6.1* έως *Εικόνα 6.6*) δίνουν τις κατατάξεις των υπεργολάβων κατασκευαστών σύμφωνα με τις αλλαγές σε κάθε κριτήριο ξεχωριστά. Έτσι, καθώς μεταβάλλεται η βαρύτητα του κάθε κριτηρίου, αντίστοιχα μεταβάλλεται και η συνολική βαθμολογία του κάθε κατασκευαστή. Τα διαφορετικά χρώματα στις ευθείες γραμμές αντιπροσωπεύουν τους πέντε διαφορετικούς κατασκευαστές ως εξής:

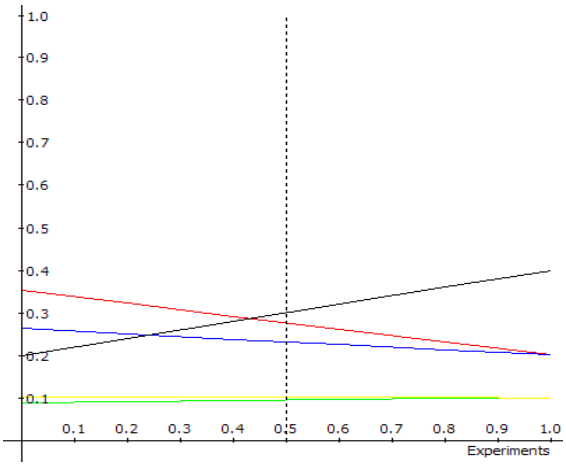
- Κατασκευαστής 1: Κόκκινο χρώμα
- Κατασκευαστής 2: Μπλε χρώμα
- Κατασκευαστής 3: Μαύρο χρώμα
- Κατασκευαστής 4: Πράσινο χρώμα
- Κατασκευαστής 5: Κίτρινο χρώμα



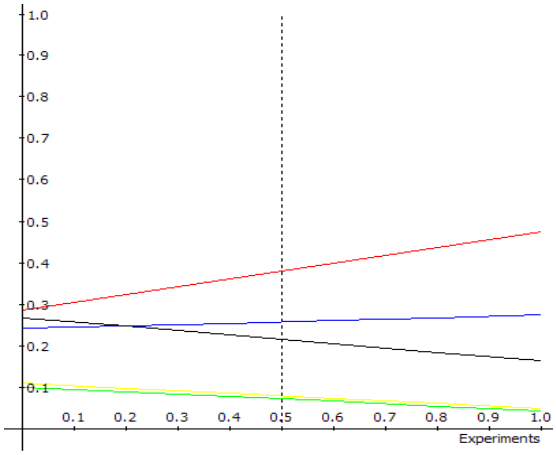
Εικόνα 6.1 – Τζίρος



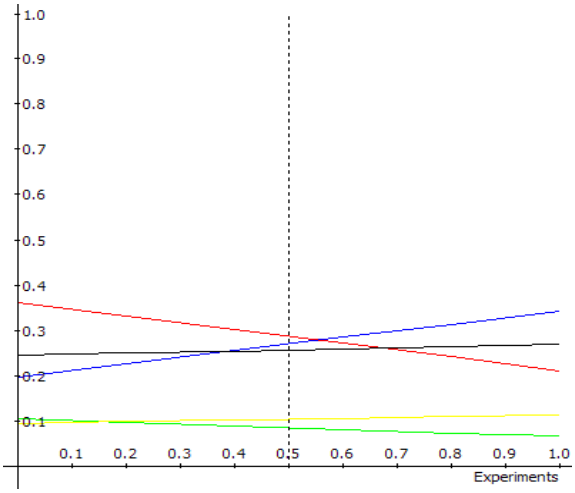
Εικόνα 6.2 – Μηχ/κός Εξοπισμός



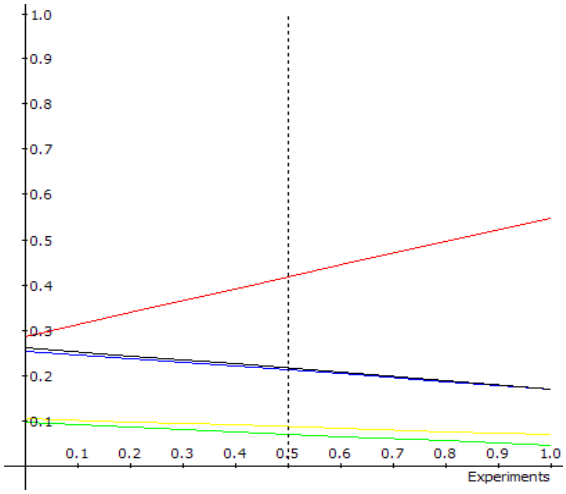
Εικόνα 6.3 – Τεχνική Κατάρτιση



Εικόνα 6.4 – Συνεργασία



Εικόνα 6.5 – Ποιότητα



Εικόνα 6.6 – Αποκλειστικότητα

Input Value	Matrix: Επιτυχία στο Project 1 Τζίρος	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
0	1,00E-04	0,3136	0,2499	0,2589	0,0792	0,0984
0,2	2,00E-01	0,2987	0,2213	0,2140	0,1557	0,1103
0,4	4,00E-01	0,2837	0,1927	0,1692	0,2322	0,1222
0,6	6,00E-01	0,2688	0,1641	0,1243	0,3087	0,1341
0,8	8,00E-01	0,2538	0,1355	0,0794	0,3852	0,1460
1	1,00E+00	0,2389	0,1069	0,0345	0,4617	0,1579

Πίνακας 6.1

Input Value	Matrix: Επιτυχία στο Project 2 Μηχ/κός Εξοπλισμός	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
0	1,00E-04	0,2883	0,2601	0,2735	0,0836	0,0946
0,2	2,00E-01	0,3230	0,2383	0,2416	0,0942	0,1030
0,4	4,00E-01	0,3577	0,2166	0,2097	0,1047	0,1113
0,6	6,00E-01	0,3924	0,1948	0,1778	0,1153	0,1197
0,8	8,00E-01	0,4270	0,1731	0,1459	0,1259	0,1281
1	1,00E+00	0,4617	0,1514	0,1140	0,1365	0,1365

Πίνακας 6.2

Input Value	Matrix: Επιτυχία στο Project 3 Τεχνική Κατάρτιση	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
0	1,00E-04	0,3521	0,2622	0,1983	0,0872	0,1002
0,2	2,00E-01	0,3217	0,2498	0,2387	0,0898	0,1002
0,4	4,00E-01	0,2912	0,2373	0,2790	0,0923	0,1001
0,6	6,00E-01	0,2608	0,2249	0,3193	0,0949	0,1001
0,8	8,00E-01	0,2304	0,2125	0,3596	0,0974	0,1000
1	1,00E+00	0,2000	0,2000	0,4000	0,1000	0,1000

Πίνακας 6.3

Input Value	Matrix: Επιτυχία στο Project 4 Συνεργασία	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
0	1,00E-04	0,2850	0,2411	0,2668	0,0984	0,1087
0,2	2,00E-01	0,3227	0,2475	0,2460	0,0873	0,0965
0,4	4,00E-01	0,3605	0,2540	0,2252	0,0761	0,0843
0,6	6,00E-01	0,3983	0,2604	0,2044	0,0649	0,0721
0,8	8,00E-01	0,4360	0,2669	0,1836	0,0537	0,0598
1	1,00E+00	0,4738	0,2733	0,1627	0,0426	0,0476

Πίνακας 6.4

Input Value	Matrix: Επιτυχία στο Project 5 Ποιότητα	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
0	1,00E-04	0,3618	0,1971	0,2434	0,1034	0,0944
0,2	2,00E-01	0,3316	0,2262	0,2487	0,0957	0,0978
0,4	4,00E-01	0,3013	0,2553	0,2540	0,0881	0,1013
0,6	6,00E-01	0,2711	0,2844	0,2593	0,0804	0,1048
0,8	8,00E-01	0,2409	0,3135	0,2646	0,0727	0,1083
1	1,00E+00	0,2107	0,3426	0,2700	0,0651	0,1117

Πίνακας 6.5

Input Value	Matrix: Επιτυχία στο Project 6 Αποκλειστικότητα	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
0	1,00E-04	0,2862	0,2537	0,2610	0,0955	0,1035
0,2	2,00E-01	0,3387	0,2368	0,2427	0,0853	0,0965
0,4	4,00E-01	0,3911	0,2199	0,2243	0,0750	0,0896
0,6	6,00E-01	0,4436	0,2031	0,2060	0,0647	0,0826
0,8	8,00E-01	0,4960	0,1862	0,1877	0,0545	0,0756
1	1,00E+00	0,5485	0,1693	0,1693	0,0442	0,0687

Πίνακας 6.6

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να ανακαλέσουμε την *Εικόνα 5.20* του Κεφαλαίου 5, όπου παριστάνονται οι βαρύτητες των κριτηρίων του μοντέλου. Η βαρύτητα του κριτηρίου του τζίρου ανέρχεται σε 0,02987 και αποτελεί την τελευταία σε κατάταξη προτεραιότητα. Παρόλα αυτά, αν για κάποιο λόγο θεωρηθεί ότι ο τζίρος τελικά θα πρέπει να έχει μεγαλύτερη βαρύτητα στο μοντέλο επιλογής, είμαστε σε θέση από την *Εικόνα 6.1* και τον *Πίνακα 6.1* όπως προκύπτει από την ανάλυση ευαισθησίας, να βγάλουμε σημαντικά συμπεράσματα. Έτσι φαίνεται ότι ο Κατασκευαστής 1 διατηρεί την πρώτη θέση στην κατάταξη μέχρι το σημείο όπου η βαρύτητα του κριτηρίου του τζίρου αυξάνεται πέραν του 0,5. Από αυτό το σημείο και έπειτα, ο Κατασκευαστής 4 κρίνεται ως ο επικρατέστερος. Θα πρέπει βέβαια να σημειωθεί ότι μια τέτοια μεταβολή της προτεραιότητας του κριτηρίου του τζίρου είναι υπερβολικά μεγάλη και ανατρέπει τη συνολική κρίση των στελεχών που επιλέχθηκαν.

Όσον αφορά στο κριτήριο του Μηχανολογικού Εξοπλισμού, σύμφωνα με τη λύση του μοντέλου, η βαρύτητα που προκύπτει για αυτό ανέρχεται σε 0,13316. Από την *Εικόνα 6.2* και τον *Πίνακα 6.2* προκύπτει ότι ο Κατασκευαστής 1 διατηρεί την πρώτη θέση στην κατάταξη της επιλογής και η διαφορά από τους υπόλοιπους κατασκευαστές αυξάνει συνεχώς όσο αυξάνει και η βαρύτητα του κριτηρίου αυτού.

Σχετικά με το κριτήριο της Τεχνικής Κατάρτισης, η επίλυση του μοντέλου έδωσε μια βαρύτητα της τάξης του 0,26737. Αλλαγές παρατηρούνται όταν η βαρύτητα αυτή αυξηθεί πέραν του 0,4 οπότε και ο Κατασκευαστής 1 κατέρχεται στην δεύτερη θέση της κατάταξης αφήνοντας τον Κατασκευαστή 3 να ανέρθει στην κορυφή. Όσο η βαρύτητα του κριτηρίου συνεχίζει και αυξάνει η απόσταση του Κατασκευαστή 3 από τον Κατασκευαστή 1 αυξάνει διαρκώς.

Το κριτήριο της Συνεργασίας είχε πάρει την τιμή του 0,14009. Παρατηρείται και εδώ ότι ο Κατασκευαστής 1 όσο και αν αυξηθεί η βαρύτητα του κριτηρίου αυτού συνεχίζει και παραμένει στην πρώτη θέση και ταυτόχρονα αυξάνει και την απόστασή του από τους υπόλοιπους.

Όσον αφορά στο κριτήριο της Ποιότητας, η αρχική βαρύτητα σύμφωνα με την επίλυση του μοντέλου είναι 0,33340. Παρατηρώντας όμως την Εικόνα 6.5 διακρίνουμε ότι η

απόσταση του Κατασκευαστή 1 από τον Κατασκευαστή 2 και τον Κατασκευαστή 3 είναι πολύ μικρή. Επίσης, όσο αυξάνει περεταίρω η βαρύτητα του κριτηρίου της Ποιότητας μειώνεται η βαρύτητα του Κατασκευαστή 1 ενώ ταυτόχρονα αυξάνονται οι βαρύτητες του Κατασκευαστή 2 και 3. Πολύ σύντομα, γύρω στο επίπεδο του 0,55, ο Κατασκευαστής 1 χάνει την πρώτη θέση στη κατάταξη, την οποία λαμβάνει πλέον ο Κατασκευαστής 2. Όσο η βαρύτητα του κριτηρίου της Ποιότητας συνεχίζει και αυξάνει ο Κατασκευαστής 1 χάνει ακόμα περισσότερο έδαφος και στο επίπεδο του 0,65 περίπου περνάει στην τρίτη θέση, διότι ο Κατασκευαστής 3 ανεβαίνει στην δεύτερη θέση της κατάταξης μετά από αυτό το σημείο.

Τέλος, η μεταβολή του κριτηρίου της Αποκλειστικότητας δεν κρύβει κάποια σοβαρή αλλαγή στην κατάταξη, αφού ο Κατασκευαστής 1 διατηρεί και αυξάνει την απόστασή του από τους υπόλοιπους όσο η βαρύτητα του κριτηρίου αυτού αυξάνει. Οι βαρύτητες των υπόλοιπων κατασκευαστών κινούνται όλες ελαφρά καθοδικά χωρίς να υπάρχουν κάποιες διακριτές αλλαγές στην κατάταξη.

6.3. Θέματα προς περεταίρω διερεύνηση

Η παρούσα διπλωματική εργασία συντάχθηκε με σκοπό να δώσει λύση σε ένα υπαρκτό πρόβλημα που αντιμετωπίζει η βιομηχανική μονάδα κατά την επιλογή υποψήφιου υπεργολάβου με γνώμονα πάντα την ανάπτυξη των πωλήσεων και την προσκομιδή μεγαλύτερου κέρδους.

Θα είχε όμως επίσης μεγάλο ενδιαφέρον να εφαρμοστεί η μέθοδος AHP σε ένα μεγάλο εύρος κατασκευαστών αλουμινίου προκειμένου να πάρουμε κάποιες ενδείξεις σχετικά με τα κριτήρια των ίδιων των κατασκευαστών με βάση τα οποία επιλέγουν την βιομηχανική μονάδα για προμήθεια πρώτης ύλης. Θα μπορούσαμε να αποταθούμε σε εκατοντάδες κατασκευαστές σε όλη την Ελλάδα και με αυτό τον τρόπο να δούμε σε ποια κατάταξη μπαίνουν οι διάφορες ανταγωνίστριες βιομηχανικές μονάδες. Με αυτόν τον τρόπο, θα είμαστε σε θέση να αποκομίσουμε χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με το τι θεωρούν σημαντικό οι πελάτες μας και θα μας δοθεί η δυνατότητα να βελτιώσουμε τα σημεία στα οποία υστερούμε σε σχέση με τους ανταγωνιστές μας, ώστε να αυξήσουμε τελικά τις πωλήσεις μας.

Ένα τέτοιο εγχείρημα βέβαια δεν είναι εύκολο, διότι πρέπει να διασφαλιστεί ότι οι κατασκευαστές αλουμινίου θα έχουν κατανοήσει πλήρως τον τρόπο συμπλήρωσης των ερωτηματολογίων. Το δείγμα θα είναι πανελλαδικό και εν τέλει θα κριθεί απαραίτητη η παρουσία ατόμου κατά την συμπλήρωση του ερωτηματολογίου από τον κάθε ένα κατασκευαστή. Η συλλογή πάντως ενός μεγάλου δείγματος ερωτηματολογίων αυξάνει περεταίρω τον χρόνο επεξεργασίας των δεδομένων, καθώς θα χρειαστούν διορθωτικές κινήσεις σε όσα ερωτηματολόγια ανιχνευθούν ασυνέπειες κρίσεων.

Το εν λόγω εγχείρημα πάντως θα βοηθήσει πάρα πολύ στην πληρέστερη κατανόηση των κριτηρίων με βάση τα οποία οι πελάτες μας κρίνουν και μας επιλέγουν ως προμηθευτή. Από την ανάλυση των δεδομένων θα προκύψουν σαφή στοιχεία σχετικά με τους λόγους για τους οποίους κάποιοι πελάτες στρέφονται στον ανταγωνισμό. Έτσι η βιομηχανική μονάδα θα μπορέσει να διαμορφώσει την στρατηγική της έτσι ώστε να αυξήσει το πελατολόγιο των κατασκευαστών – πελατών της.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Alarcon L.F., Mourgues, C. (2002), *Performance Modeling for contractor selection,* ASCE Journal of Management in Engineering 18 (2), pp. 52-60
2. Albino, V., Garacelli, A.C. (1998), *A neural network application to subcontractor rating in construction firms,* International Journal of Project Management 16 (1), pp.35-40
3. Alsugair, A.M. (1999), *Framework for evaluating bids of construction contractors,* ASCE Journal of Management in Engineering 18 (2), pp. 52-60
4. Anderlini, C.G., Salomon, V.P., Gonzalez, I.S., (2008), *A systematic Rebuttal to the Criticism of using the eigenvector for priority assessment in the Analytic Hierarchy Process for Decision Making,* Computacion y Sistemas Vol 12. No.2, pp.192-207
5. Bana e Costa, C.A., Vansnick, J.C. (2008), *A critical analysis of the eigenvalue method used to derive priorities in AHP,* European Journal of Operational Research 187 (3), pp.1422-1428
6. Belton, V., Gear, T., (1983), *On a Short-coming of Saaty's Method of Analytic Hierarchies,* Omega 11,3, pp.228-230
7. Beynon, M. (2005), *Understanding local ignorance and non-specificity within the DS/AHP method of multi-criteria decision making,* European Journal of Operational Research 163, pp.403-417
8. Brans, J.P., Vincke, P., Mareschal, B. (1986), *How to Select and How to Rank Projects: The Promethee Method,* European Journal of Operational Research, vol 24, pp. 228-238
9. Brans, J.P., Vincke, Ph. (1985), *A Preference Ranking Organization Method: (The Promethee Method for Multiple Criteria Decision Making),* Management Science, vol.31, No.6., pp. 647-656
10. Bryson, N. (1995), *A goal programming method for generating priority vectors,* Journal of Operational Research Society 46, pp.641-648
11. Bryson, N., Joseph, A. (1999), *Generating consensus priority point vectors: a logarithmic goal programming approach,* Computers & Operations Research 26, pp. 537-643
12. Chandran, B., Golden, B., Wasil, E. (2005), *Linear programming models for estimating weights in the analytic hierarchy process,* Computers & Operations Research 32, pp.2235-2254

13. Chu, ATW., Kalaba, RE., Spingarn, K. (1979), *A comparison of two methods for determining the weights of belonging to fuzzy sets,* Journal of Optimizations Theory and Applications 27 (4), pp.531-538
14. Cogger K., Yu, P. (1985), *Eigenweight vectors and least distance approximation for revealed preference in pairwise weight ratios,* Journal of Optimization Theory and Applications 46, pp.483-491
15. Crawford, G. (1987), *The geometric mean procedure for estimating the scale of a judgment matrix,* Mathematical Modeling 9, pp. 327-334
16. Crowley, L.G., Hancher, D.E. (1995), *Evaluation of competitive bids,* ASCE Journal of Construction Engineering and Management 121 (2), pp. 238-245
17. Dikmen, I., Birgonul, M., T. (2004), *Neural Network model to support international market entry decisions,* ASCE Journal of Construction Engineering and Management 130 (1), pp. 59-66
18. Donald G.J., Bordley, R.D., Miller, H., (1993), *Diagnostic Strategies in Management of Acute Upper Gastrointestinal Bleeding: Patient and Physician Preferences,* Journal of General Internal Medicine, vol.8
19. Dyer, J.S., (1990a), *Remarks on the Analytic Hierarchy Process,* Management Science, 36,3, pp.249-258
20. Dyer, J.S., (1990b), *A clarification of Remarks on the Analytic Hierarchy Process,* Management Science 36,3 pp. 274-275
21. Edum-Fotwe, F., E., A.D.F. Price, Thorpe, A. (1995), *Transformed financial ratio models for improved contractor evaluation,* Proc. 1st International Conference in Construction Project Management, Nanyang Technological University, Singapore, pp. 559-567
22. Edwards, W., Barron, F.H., *SMARTS and SMARTER: Improved Simple Methods for Multiattribute Utility Measurement,* Organizational and Human Decision Processes, vol 60, pp. 306-325
23. Elazoumi, A., Metwally, F. (2000), *D-SUB: decision support system for subcontracting construction works,* ASCE Journal of Construction Engineering and Management 126 (3), pp. 191-200
24. Eyrich, H.G., (1991), *Benchmarking to become the best of breed,* Manufacturing Systems Magazine

25. Figuera, J., Greco. S. and Ehrgott, M. (Eds) (2005), *Multiple Decision Analysis, State of the Art Surveys,* New York: Springer
26. Forman, E.H., Gass, S.I., (1999), *The Analytic Hierarchy Process – An Exposition,* Operations Resaearch, Vol 49, No.4, pp.469-486
27. Gass, S., Rapcsak, T. (2004), *Singular value decomposition in AHP,* European Journal of Operational Resarch 154, pp.573-584
28. Haas R., Meixner O., *An Illustrated Guide to the Analytic Hierarchy Process,* Institute of Marketing and Innovation, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, www.boku.ac.at/mi/
29. Hatush, Z., Skitmore, M. (1998), *Contractor Selection using multicriteria utility theory: an additive model,* Building and Environment 33 (2-3), pp.105-115
30. Heitz H.J., Miller, C.M., *Selection of Best Reorganizational Arrangement for the Research and Technology Directorate Using the Expert Choice Decision Program,* Report #ERDEC-SP-005, Aberdeen Proving Ground, Maryland 21010
31. Holt D.G., Olomolaiye, P.O., Harris, F.C. (1993), *A conceptual alternative to current tendering practice,* Building Research and Information 21(3), pp.167-172
32. Holt, D.G. (1998), *Which contractor selection methodology?,* International Journal of Project Management 16 (3), pp.153-164
33. Islei, G., Lockett, A. (1988), *Judgmental Modeling based on geometric least square,* European Journal of Operational Research 36, pp.27-35
34. Jaselskis, E., J., Russel, J., S. (1992), *Risk analysis approach to selection of contractor evaluation method,* ASCE Journal of Construction Engineering and Management 118 (4), pp. 814-821
35. Johnson, B.B., Gratz, E., Rust, K.L., Smith, R.O. (2007), *ATOMS Project Technical Report – Multiattribute Utility Theory: Summarizing a Methodology and an Evolving Instrument for AT Outcomes,* University of Wisconsin
36. Keeney, R.L., Raiffa, H. (1976), *Decisions with Multiple Objective Performances and Value Trade-Offs,* Wiley, New York
37. Korhonen, P., (2008), *Setting "condition of order preservation" requirements for the priority vector estimate in AHP is not justified,* Quantitative Methods of Economics and Management Science, Helsinki School of Economics Working Papers, W-449
38. Kumaraswamy, M.M. (1996), *Contractor evaluation and selection – a Hong Kong perspective,* Building Environment 31 (3), pp.273-282

39. Laininen, P., Hamalainen, R. (2003), *Analyzing AHP matrices by regression,* European Journal of Operational Research 148, pp.514-524
40. Lipovetsky, S., Conklin, W. (2002), *Robust estimation of priorities in the AHP,* European Journal of Operational Research 137, pp.110-122
41. Martin, J., (1073), *Design of Man-Computer Dialogues,* Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ
42. Maturama, S., Alarcon, L., Gazmuri, P., Vrsalovi, M. (2005), *Achieving collaboration in the construction supply chain: an on-site subcontractor evaluation method,* Pontificia Universidad Catolica de Chile, No.177
43. Mikhailov, L. (2000), *A fuzzy programming method for deriving priorities in the analytic hierarchy process,* Journal of the Operational Research Society 51, pp.341-349
44. Mirkin, B.G., (1979), *Group Choice,* John Wiley & Sons, New York
45. Moreland J.R., Sanders, B.J., (1993), *Lunar Lander and Return Propulsion System Trade Study: Methodology with Results,* American Institute of Aeronautics and Astronautics 93-2606, AIAA/SAE/ASME/ASEE, 29th Joint Propulsion Conference
46. Palaneeswaran, E., Kumaraswamy, M. M. (2000), *Contractor selection for design build projects,* ASCE Journal of Construction Engineering and Management 132 (2), pp. 331-339
47. Perez, J., Jimeno, J.L., Mokotoff, E., (2006), *Another Potential Strong Shortcoming of AHP,* Departamento de Fundamentos de Economia e Historia Economica, Universidad de Alcala, Spain
48. Pogarcic I., Francic, M., Davidovic, V., (2008), *Application of AHP Method in Traffic Planning,* Business Dept, Study of Information Systems, Polytechnic of Rijeka
49. Poyhonen, M., Hamalainen, R.P. (2001), *Theory and Methodology: On the convergence of multiattribute weighting methods,* European Journal Of Operational Research (129), pp. 569-585
50. Rahman, M., Kumaraswamy M., M. (2004), *Potential for implementing relational contracting and joint risk management,* ASCE Journal of Management in Engineering 20 (4), pp. 178-189
51. Ramanathan, R. (2006), *Data Envelopment Analysis for weight derivation and aggregation in the Anaytic Hierarchy Process*, Computers and Operational Research 33, pp. 1289-1307

52. Rossi, P.H., Freeman, H.E. (1993), *Evaluation: A Systematic Approach,* Sage Publications, Bev. Hills, California
53. Roy, B. (1985), *Methodologie Multicritere d'Aide a la Decision,* Economica, Paris
54. Russel J.S., Skibniewski, M.J. (1990), *QUALIFIER-1: contractor prequalification model,* ASCE Journal of Computing in Civil Engineering 4 (1), pp.77-90
55. Russel J.S., Skibniewski, M.J., Cozier D.R. (1990), *QUALIFIER-2: knowledge-based system or contractor prequalification,* ASCE Journal of Construction Engineering and Management 116 (1), pp. 157-171
56. Russel, J.S. (1996), *Constructor prequalification-choosing the best contractor and avoiding constructor failure,* ASCE Press, New York
57. Russel, J.S., Skibniewski, M., J. (1998), *Decision Criteria in contractor prequalification,* ASCE Journal of Management in Engineering 4 (2), pp. 148-164
58. Saaty, L., Thomas (2008), *Decision making with the analytic hierarchy process,* Int. J. Services, Vol. 1, No.1
59. Saaty, T., Vargas, L. (1984), *Comparison of eigenvalue, logarithmic least squares and least squares methods in estimating ratios,* Mathematical Modeling 5, pp.309-324
60. Saaty, T.L., (1980), *The Analytic Hierarchy Process,* McGraw-Hill Book Co., New York
61. Saaty, T.L., (1994b), *Fundamentals of Decision Making,* RWS Publications, Pittsburg, PA
62. Saaty, T.L., (2008), *Relative Measurement and its Generalization in Decision Making: Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors. The Analytic Hierarchy/Network Process,* RACSAM, Vol. 102 (2), pp. 251-318
63. Saaty, T.L., Vargas, L.G., Whitaker, R., (2008), *Addressing Criticisms of the Analytic Hierarchy Process*
64. Salo, A.A., Hamalainen, R.P., (1997), *On the Measurement of Preferences in the Analytic Hierarchy Process,* Journal of Multicriteria Decision Analysis 6, pp. 309-319
65. Shash, A.A. (1998), *Bidding prices for subcontractors in Colorado,* ASCE Journal of Construction Engineering and Management 123 (3), pp. 219-225
66. Simon, H., (1972), *Theories of bounded rationality in Decision and Organization,* C. B. Radner and R. Radner (eds.), North Holland, Amsteradm, pp.161-167

67. Singh, D., Tiong, R. (2005), *A fuzzy decision framework for contractor selection,* ASCE Journal of Construction Engineering and Management 131 (1), pp. 62-70
68. Siskos, J. (1983), *Outranking Approaches versus MAUT in MCDM,* Lamside University of Paris
69. Sonmez, M., Holt, G., Yang, J., B., Graham, G. (2002), *Applying evidential reasoning to prequalifying construction contractors,* ASCE Journal of Management in Engineering 18 (3) pp.111-119
70. Stam, A., Silva, A. (2003), *On multiplicative priority rating methods for the AHP,* European Journal of Operational Research 145, pp.92-108
71. Stevens, S.S., (1946), *On the Theory of Scales of Measurement,* Science 103, pp.677-680
72. Sugihara, K., Ishii, H., Tanaka, H. (2004), *Interval priorities in AHP by interval regression analysis,* European Journal of Operational Research 158 ,pp.745-754
73. Suh, C.K., Suh, E.H., Baek, K.C. (1994), *Prioritizing Telecommunications Technologies for Long Range R&D Planning to the Year 2006,* IEEE Transactions on Engineering Management, Vol 41, No3., pp. 264-274
74. Van Den Honert, R.C., Lootsma, F.A., (1993), *Group preference aggregation in the multiplicative AHP. The model of the group decision process and Pareto optimality,* European Journal of Operational Research 96, pp.363-370
75. Wang, Y., Chin, K. (2009), *A new data envelopment analysis method for priority determination and group decision making in the analytic hierarchy process*, European Journal of Operational Research 195, pp. 239-250
76. Wang, Y., Chin, K., Luo, Y. (2009), *Aggregation of direct and indirect judgments in pairwise comparison matrices with a re-examination of the criticisms by Bana e Costa and Vansnick,* Information Sciences 179, pp.329-337
77. Wang, Y., Parkan, C., Luo, Y. (2008), *A linear programming method for generating the most favorable weights from a pair wise comparison matrix,* Computers and Operational Research 35, pp.3918-3930
78. Watson, S.R., Freeling A.N.S. (1983), *Comment on: Assessing Attribute Weights by Ratios,* Omega,11,3
79. Weber, M. (1997), *Remarks on the paper "On the Measurement of Preferences in the Analytic Hierarchy Process",* Journal of Multicriteria Decision Analysis 6, pp. 320-321

80. Whyte, L.L., (1969), *Hierarchical Structures,* American Elsevier, New York
81. Yan-Chyuan, S., Tsung-Pin, T., Wen-Chian, W., Miao-Ling, H. (2000), *Use Questionnaire and AHP Techniques to develop Subcontractor Selection System,* Department of Construction Engineering, Chung Hua University
82. Yeh, C.H. , Willis, R. J., Deng, H., Pan, H. (1999), *Theory and Methodology: Task oriented weighting in multi-criteria analysis,* European Journal Of Operational Research (119), pp. 130-146
83. Αναγνωστόπουλος Κ.Π., Γιαννοπούλου Μ., Λουκάκης Π., Ρουκούνης Ι., Βαβάτσικος Α. (2001), *Πολυκριτηριακή Αξιολόγηση Αναπτυξιακών Έργων σε Υπερτοπική Κλίμακα,* Τεχν. Χρον. Επιστ. Εκδ. ΤΕΕ, ΙΙ, τευχ. 1-2

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

Ακαδημαϊκό έτος 2009-2010 / Δ' Εξάμηνο

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Δομαζινάκη Φίλιππου

Υπόθεση Εργασίας

Η βιομηχανική μονάδα (ALUMIL) σκοπεύει να εμπλακεί στην απευθείας κατάθεση προσφορών στα έργα των τεχνικών εταιριών. Σκοπεύει δηλαδή να καταθέτει η ίδια οικονομική προσφορά για την κατασκευή των συστημάτων αλουμινίου των έργων. Σε αυτό το πλαίσιο θα χρειαστεί την συνεργασία με κάποιον υπεργολάβο για την μίσθωση των εργασιών του όσον αφορά στην κατασκευή και τοποθέτηση των συστημάτων αλουμινίου στα έργα (outsourcing).

Το πρόβλημα που πρέπει να λυθεί είναι η επιλογή του κατάλληλου υπεργολάβου κατασκευαστή αλουμινίου που θα αναλαμβάνει την κατασκευή των έργων που θα κλείνει η βιομηχανική μονάδα. Στον Πίνακα 1, καλείστε να διενεργήσετε συγκρίσεις ανά ζεύγη μεταξύ των κριτηρίων επιλογής του υπεργολάβου. Καλείστε να απαντήσετε στην ερώτηση «**Ποιο κριτήριο θεωρείτε πιο σημαντικό για την επίτευξη του τελικού στόχου που είναι η επιτυχία στο project;**». Τα κριτήρια αυτά είναι:

1. Τζίρος κατασκευαστή αλουμινίου
2. Μηχ/κός εξοπλισμός κατασκευαστή αλουμινίου
3. Τεχνική κατάρτιση κατασκευαστή αλουμινίου
4. Πνεύμα συνεργασίας κατασκευαστή αλουμινίου
5. Ποιότητα & εμπειρία κατασκευαστή αλουμινίου
6. Αποκλειστικότητα κατασκευαστή αλουμινίου στην ALUMIL

Η βαθμολόγηση των κριτηρίων να γίνει με βάση την κλίμακα του Πίνακα Βαθμολόγησης.

Πίνακας Βαθμολόγησης

Ένταση σημαντικότητας	Ορισμός	Επεξήγηση
1	Ίδια σημαντικότητα	**Οι δυο δραστηριότητες συνεισφέρουν ισοδύναμα στο στόχο**
3	Μικρή σημαντικότητα του ενός σε σχέση με το άλλο	**Η εμπειρία και η κρίση ευνοούν ελαφρώς μια δραστηριότητα έναντι μιας άλλης**
5	Σημαντική ή δυνατή σημαντικότητα	**Η εμπειρία και η κρίση ευνοούν σημαντικά μια δραστηριότητα έναντι μιας άλλης**
7	Πολύ δυνατή ή αποδεδειγμένη σημαντικότητα	**Μια δραστηριότητα ευνοείται πολύ έντονα έναντι μιας άλλης / η επικράτησή της φαίνεται στην πράξη**
9	Απόλυτη σημαντικότητα	**Οι ενδείξεις που ευνοούν μια δραστηριότητα έναντι μιας άλλης, είναι στο μέγιστο δυνατό επίπεδο βεβαιότητας**
2, 4, 6, 8	**Ενδιάμεσες τιμές μεταξύ γειτονικών τιμών**	**Όταν χρειάζεται συμβιβασμός**

Πίνακας 1

Συγκρίσεις σημαντικότητας σχετικά με την επίτευξη του τελικού στόχου ***Επιτυχία στο Project***																		
Τζίρος	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Μηχ/κός εξοπλισμός
Τζίρος	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Τεχνική κατάρτιση
Τζίρος	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Πνεύμα συνεργασίας
Τζίρος	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ποιότητα & εμπειρία
Τζίρος	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Αποκλειστικότητα
Μηχ/κός εξοπλισμός	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Τεχνική κατάρτιση
Μηχ/κός εξοπλισμός	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Πνεύμα συνεργασίας
Μηχ/κός εξοπλισμός	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ποιότητα & εμπειρία
Μηχ/κός εξοπλισμός	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Αποκλειστικότητα
Τεχνική κατάρτιση	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Πνεύμα συνεργασίας
Τεχνική κατάρτιση	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ποιότητα & εμπειρία
Τεχνική κατάρτιση	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Αποκλειστικότητα
Πνεύμα συνεργασίας	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ποιότητα & εμπειρία
Πνεύμα συνεργασίας	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Αποκλειστικότητα
Ποιότητα & εμπειρία	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Αποκλειστικότητα

Στους πίνακες 2 – 6 καλείστε να συγκρίνετε ανά ζεύγη τους υποψήφιους κατασκευαστές μεταξύ τους σχετικά με το κάθε κριτήριο. Έτσι για τον Πίνακα 2 πρέπει να απαντήσετε στην ερώτηση «**Σε σχέση με την πληρότητα του Μηχ/κού εξοπλισμού ποιος κατασκευαστής αλουμινίου υπερισχύει?**»

Πίνακας 2

Συγκρίσεις σημαντικότητας κατασκευαστών σχετικά με τον *Μηχ/κό Εξοπλισμό*																		
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 2
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 3
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 3
ΚΑΤ/ΤΗΣ 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 4	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4

Για τον Πίνακα 3, η ερώτηση που πρέπει να απαντηθεί είναι «**Σε σχέση με το επίπεδο τεχνικής κατάρτισης, ποιος κατασκευαστής αλουμινίου υπερισχύει?**»

Πίνακας 3

Συγκρίσεις σημαντικότητας κατασκευαστών σχετικά με την *Τεχνική Κατάρτιση*																		
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 2
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 3
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 3
ΚΑΤ/ΤΗΣ 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 4	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4

Για τον Πίνακα 4, η ερώτηση που πρέπει να απαντηθεί είναι «**Σε σχέση με το πνεύμα συνεργασίας μεταξύ της βιομηχανικής μονάδας και του κατασκευαστή, ποιος κατασκευαστής αλουμινίου υπερισχύει?**»

Πίνακας 4

Συγκρίσεις σημαντικότητας κατασκευαστών σχετικά με το *Πνεύμα Συνεργασίας*																		
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 2
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 3
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 3
ΚΑΤ/ΤΗΣ 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 4	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4

Για τον Πίνακα 5, η ερώτηση που πρέπει να απαντηθεί είναι «**Σε σχέση με το επίπεδο της ποιότητας και το μέγεθος της εμπειρίας, ποιος κατασκευαστής αλουμινίου υπερισχύει?**»

Πίνακας 5

Συγκρίσεις σημαντικότητας κατασκευαστών σχετικά με την *Ποιότητα & Εμπειρία*																		
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 2
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 3
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 3
ΚΑΤ/ΤΗΣ 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 4	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4

Για τον Πίνακα 6, η ερώτηση που πρέπει να απαντηθεί είναι «**Σε σχέση με την αποκλειστικότητα ποιος κατασκευαστής πιστεύετε ότι θα μπορούσε να παραμείνει σε αποκλειστική συνεργασία με την ALUMIL?**»

Πίνακας 6

Συγκρίσεις σημαντικότητας κατασκευαστών σχετικά με την *Αποκλειστικότητα*																		
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 2
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 3
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 3
ΚΑΤ/ΤΗΣ 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4
ΚΑΤ/ΤΗΣ 4	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ΚΑΤ/ΤΗΣ 4

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

Πίνακες ζευγαρωτών συγκρίσεων **Προϊσταμένου Τεχνικής Υποστήριξης**

Κριτήρια						
	Τζίρος	Μηχ/κός Εξοπλισμός	Τεχνική Κατάρτιση	Συνεργασία	Ποιότητα	Αποκλειστικότητα
Τζίρος	1,000	0,143	0,111	0,143	0,111	0,143
Μηχ/κός Εξοπλισμός	6,998	1,000	0,500	1,000	1,000	0,250
Τεχνική Κατάρτιση	9,000	2,000	1,000	1,000	1,000	0,250
Συνεργασία	7,000	1,000	1,000	1,000	0,250	0,250
Ποιότητα	9,000	1,000	1,000	4,000	1,000	0,250
Αποκλειστικότητα	7,000	4,000	4,000	4,000	4,000	1,000

Συγκρίσεις εναλλακτικών επιλογών σε σχέση με Μηχ/κο Εξοπλισμό					
	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
Κατασκευαστής 1	1,000	4,000	2,000	6,000	7,000
Κατασκευαστής 2	0,250	1,000	0,500	1,000	4,000
Κατασκευαστής 3	0,500	2,000	1,000	4,000	4,000
Κατασκευαστής 4	0,167	1,000	0,250	1,000	2,000
Κατασκευαστής 5	0,143	0,250	0,250	0,500	1,000

Συγκρίσεις εναλλακτικών επιλογών σε σχέση με Τεχνική Κατάρτιση					
	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
Κατασκευαστής 1	1,000	4,000	4,000	6,000	7,000
Κατασκευαστής 2	0,250	1,000	0,250	2,000	2,000
Κατασκευαστής 3	0,250	4,000	1,000	4,000	3,000
Κατασκευαστής 4	0,167	0,500	0,250	1,000	2,000
Κατασκευαστής 5	0,143	0,500	0,333	0,500	1,000

Συγκρίσεις εναλλακτικών επιλογών σε σχέση με Συνεργασία					
	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
Κατασκευαστής 1	1,000	1,000	4,000	7,000	7,000
Κατασκευαστής 2	1,000	1,000	5,000	7,000	7,000
Κατασκευαστής 3	0,250	0,200	1,000	3,000	4,000
Κατασκευαστής 4	0,143	0,143	0,333	1,000	2,000
Κατασκευαστής 5	0,143	0,143	0,250	0,500	1,000

Συγκρίσεις εναλλακτικών επιλογών σε σχέση με Ποιότητα					
	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
Κατασκευαστής 1	1,000	4,000	3,000	6,000	7,000
Κατασκευαστής 2	0,250	1,000	0,333	2,000	4,000
Κατασκευαστής 3	0,333	3,000	1,000	4,000	4,000
Κατασκευαστής 4	0,167	0,500	0,250	1,000	2,000
Κατασκευαστής 5	0,143	0,250	0,250	0,500	1,000

Συγκρίσεις εναλλακτικών επιλογών σε σχέση με Αποκλειστικότητα					
	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
Κατασκευαστής 1	1,000	8,000	8,000	8,000	8,000
Κατασκευαστής 2	0,125	1,000	0,333	3,000	1,000
Κατασκευαστής 3	0,125	3,000	1,000	4,000	4,000
Κατασκευαστής 4	0,125	0,333	0,250	1,000	0,500
Κατασκευαστής 5	0,125	1,000	0,250	2,000	1,000

Πίνακες ζευγαρωτών συγκρίσεων **Μηχανικού Υποστήριξης Πελατών**

Συγκρίσεις Κριτηρίων						
	Τζίρος	Μηχ/κός Εξοπλισμός	Τεχνική Κατάρτιση	Συνεργασία	Ποιότητα	Αποκλειστικότητα
Τζίρος	1,000	0,200	0,167	0,250	0,143	0,200
Μηχ/κός Εξοπλισμός	5,000	1,000	0,500	0,500	0,250	1,000
Τεχνική Κατάρτιση	6,000	2,000	1,000	3,000	2,000	4,000
Συνεργασία	4,000	2,000	0,333	1,000	0,333	3,000
Ποιότητα	7,000	4,000	0,500	3,000	1,000	7,000
Αποκλειστικότητα	5,000	1,000	0,250	0,333	0,143	1,000

Συγκρίσεις εναλλακτικών επιλογών σε σχέση με Μηχ/κο Εξοπλισμό					
	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
Κατασκευαστής 1	1,000	3,000	5,000	1,000	2,000
Κατασκευαστής 2	0,333	1,000	5,000	1,000	1,000
Κατασκευαστής 3	0,200	0,200	1,000	0,250	0,250
Κατασκευαστής 4	1,000	1,000	4,000	1,000	1,000
Κατασκευαστής 5	0,500	1,000	4,000	1,000	1,000

Συγκρίσεις εναλλακτικών επιλογών σε σχέση με Τεχνική Κατάρτιση					
	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
Κατασκευαστής 1	1,000	0,200	0,167	0,500	0,500
Κατασκευαστής 2	5,000	1,000	0,500	5,000	2,000
Κατασκευαστής 3	6,000	2,000	1,000	5,000	4,000
Κατασκευαστής 4	2,000	0,200	0,200	1,000	1,000
Κατασκευαστής 5	2,000	0,500	0,250	1,000	1,000

Συγκρίσεις εναλλακτικών επιλογών σε σχέση με Συνεργασία					
	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
Κατασκευαστής 1	1,000	3,000	3,000	8,000	5,000
Κατασκευαστής 2	0,333	1,000	2,000	5,000	5,000
Κατασκευαστής 3	0,333	0,500	1,000	6,000	5,000
Κατασκευαστής 4	0,125	0,200	0,167	1,000	1,000
Κατασκευαστής 5	0,200	0,200	0,200	1,000	1,000

Συγκρίσεις εναλλακτικών επιλογών σε σχέση με Ποιότητα					
	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
Κατασκευαστής 1	1,000	0,250	0,333	1,000	0,333
Κατασκευαστής 2	4,000	1,000	1,000	3,000	3,000
Κατασκευαστής 3	3,000	1,000	1,000	5,000	1,000
Κατασκευαστής 4	1,000	0,333	0,200	1,000	0,333
Κατασκευαστής 5	3,000	0,333	1,000	3,000	1,000

Συγκρίσεις εναλλακτικών επιλογών σε σχέση με Αποκλειστικότητα					
	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
Κατασκευαστής 1	1,000	4,000	4,000	8,000	6,000
Κατασκευαστής 2	0,250	1,000	1,000	2,000	2,000
Κατασκευαστής 3	0,250	1,000	1,000	4,000	3,000
Κατασκευαστής 4	0,125	0,500	0,250	1,000	0,500
Κατασκευαστής 5	0,167	0,500	0,333	2,000	1,000

Πίνακες ζευγαρωτών συγκρίσεων **Μηχανικού Ανάπτυξης Πελατών**

Συγκρίσεις Κριτηρίων						
	Τζίρος	Μηχ/κός Εξοπλισμός	Τεχνική Κατάρτιση	Συνεργασία	Ποιότητα	Αποκλειστικότητα
Τζίρος	1,000	1,000	0,250	0,333	0,111	0,167
Μηχ/κός Εξοπλισμός	1,000	1,000	0,167	0,167	0,167	0,250
Τεχνική Κατάρτιση	4,000	6,000	1,000	3,000	0,250	2,000
Συνεργασία	3,000	6,000	0,333	1,000	0,143	1,000
Ποιότητα	9,000	6,000	4,000	7,000	1,000	7,000
Αποκλειστικότητα	6,000	4,000	0,500	1,000	0,143	1,000

Συγκρίσεις εναλλακτικών επιλογών σε σχέση με Μηχ/κο Εξοπλισμό					
	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
Κατασκευαστής 1	1,000	2,000	9,000	6,000	1,000
Κατασκευαστής 2	0,500	1,000	9,000	8,000	1,000
Κατασκευαστής 3	0,111	0,111	1,000	0,167	0,167
Κατασκευαστής 4	0,167	0,125	6,000	1,000	0,167
Κατασκευαστής 5	1,000	1,000	6,000	5,999	1,000

Συγκρίσεις εναλλακτικών επιλογών σε σχέση με Τεχνική Κατάρτιση					
	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
Κατασκευαστής 1	1,000	0,111	0,143	1,000	4,000
Κατασκευαστής 2	9,000	1,000	1,000	8,000	8,000
Κατασκευαστής 3	7,000	1,000	1,000	5,000	5,000
Κατασκευαστής 4	1,000	0,125	0,200	1,000	1,000
Κατασκευαστής 5	0,250	0,125	0,200	1,000	1,000

Συγκρίσεις εναλλακτικών επιλογών σε σχέση με Συνεργασία					
	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
Κατασκευαστής 1	1,000	1,000	6,000	9,000	7,000
Κατασκευαστής 2	1,000	1,000	3,000	9,000	8,000
Κατασκευαστής 3	0,167	0,333	1,000	4,000	4,000
Κατασκευαστής 4	0,111	0,111	0,250	1,000	3,000
Κατασκευαστής 5	0,143	0,125	0,250	0,333	1,000

Συγκρίσεις εναλλακτικών επιλογών σε σχέση με Ποιότητα					
	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
Κατασκευαστής 1	1,000	0,125	1,000	4,000	5,000
Κατασκευαστής 2	8,000	1,000	8,000	8,000	8,000
Κατασκευαστής 3	1,000	0,125	1,000	4,000	4,000
Κατασκευαστής 4	0,250	0,125	0,250	1,000	1,000
Κατασκευαστής 5	0,200	0,125	0,250	1,000	1,000

Συγκρίσεις εναλλακτικών επιλογών σε σχέση με Αποκλειστικότητα					
	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
Κατασκευαστής 1	1,000	1,000	9,000	9,000	8,000
Κατασκευαστής 2	1,000	1,000	9,000	9,000	9,000
Κατασκευαστής 3	0,111	0,111	1,000	1,000	1,000
Κατασκευαστής 4	0,111	0,111	1,000	1,000	1,000
Κατασκευαστής 5	0,125	0,111	1,000	1,000	1,000

Πίνακες ζευγαρωτών συγκρίσεων **Διευθυντή Πωλήσεων**

Συγκρίσεις Κριτηρίων						
	Τζίρος	Μηχ/κός Εξοπλισμός	Τεχνική Κατάρτιση	Συνεργασία	Ποιότητα	Αποκλειστικότητα
Τζίρος	1,000	0,111	0,111	0,111	0,111	1,000
Μηχ/κός Εξοπλισμός	9,001	1,000	1,000	5,000	1,000	7,000
Τεχνική Κατάρτιση	9,000	1,000	1,000	5,000	1,000	7,000
Συνεργασία	9,000	0,200	0,200	1,000	0,143	5,000
Ποιότητα	9,000	1,000	1,000	7,000	1,000	9,000
Αποκλειστικότητα	1,000	0,143	0,143	0,200	0,111	1,000

Συγκρίσεις εναλλακτικών επιλογών σε σχέση με Μηχ/κο Εξοπλισμό					
	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
Κατασκευαστής 1	1,000	7,000	2,000	4,000	4,000
Κατασκευαστής 2	0,143	1,000	0,200	0,333	0,333
Κατασκευαστής 3	0,500	5,000	1,000	5,000	4,000
Κατασκευαστής 4	0,250	3,000	0,200	1,000	3,000
Κατασκευαστής 5	0,250	3,000	0,250	0,333	1,000

Συγκρίσεις εναλλακτικών επιλογών σε σχέση με Τεχνική Κατάρτιση					
	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
Κατασκευαστής 1	1,000	4,000	2,000	5,000	3,000
Κατασκευαστής 2	0,250	1,000	0,333	3,000	1,000
Κατασκευαστής 3	0,500	3,000	1,000	4,000	3,000
Κατασκευαστής 4	0,200	0,333	0,250	1,000	0,333
Κατασκευαστής 5	0,333	1,000	0,333	3,000	1,000

Συγκρίσεις εναλλακτικών επιλογών σε σχέση με Συνεργασία					
	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
Κατασκευαστής 1	1,000	3,000	4,000	7,000	5,000
Κατασκευαστής 2	0,333	1,000	0,500	7,000	5,000
Κατασκευαστής 3	0,250	2,000	1,000	7,000	5,000
Κατασκευαστής 4	0,143	0,143	0,143	1,000	0,333
Κατασκευαστής 5	0,200	0,200	0,200	3,000	1,000

Συγκρίσεις εναλλακτικών επιλογών σε σχέση με Ποιότητα					
	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
Κατασκευαστής 1	1,000	5,000	3,000	7,000	4,000
Κατασκευαστής 2	0,200	1,000	0,333	5,000	3,000
Κατασκευαστής 3	0,333	3,000	1,000	4,000	2,000
Κατασκευαστής 4	0,143	0,200	0,250	1,000	0,333
Κατασκευαστής 5	0,250	0,333	0,500	3,000	1,000

Συγκρίσεις εναλλακτικών επιλογών σε σχέση με Αποκλειστικότητα					
	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
Κατασκευαστής 1	1,000	5,000	3,000	9,000	7,000
Κατασκευαστής 2	0,200	1,000	1,000	5,000	4,000
Κατασκευαστής 3	0,333	1,000	1,000	7,000	5,000
Κατασκευαστής 4	0,111	0,200	0,143	1,000	0,333
Κατασκευαστής 5	0,143	0,250	0,200	3,000	1,000

Πίνακες ζευγαρωτών συγκρίσεων **Διευθυντή Τεχνικής Υποστήριξης**

Συγκρίσεις Κριτηρίων						
	Τζίρος	Μηχ/κός Εξοπλισμός	Τεχνική Κατάρτιση	Συνεργασία	Ποιότητα	Αποκλειστικότητα
Τζίρος	1,000	0,167	0,125	0,143	0,125	0,333
Μηχ/κός Εξοπλισμός	5,999	1,000	0,333	0,500	0,250	7,000
Τεχνική Κατάρτιση	8,000	3,000	1,000	2,000	0,333	8,000
Συνεργασία	7,000	2,000	0,500	1,000	0,500	6,000
Ποιότητα	8,000	4,000	3,000	2,000	1,000	7,000
Αποκλειστικότητα	3,000	0,143	0,125	0,167	0,143	1,000

Συγκρίσεις εναλλακτικών επιλογών σε σχέση με Μηχ/κο Εξοπλισμό					
	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
Κατασκευαστής 1	1,000	4,000	5,000	2,000	3,000
Κατασκευαστής 2	0,250	1,000	3,000	1,000	2,000
Κατασκευαστής 3	0,200	0,333	1,000	0,250	0,250
Κατασκευαστής 4	0,500	1,000	4,000	1,000	2,000
Κατασκευαστής 5	0,333	0,500	4,000	0,500	1,000

Συγκρίσεις εναλλακτικών επιλογών σε σχέση με Τεχνική Κατάρτιση					
	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
Κατασκευαστής 1	1,000	0,500	0,143	3,000	1,000
Κατασκευαστής 2	2,000	1,000	0,250	2,000	2,000
Κατασκευαστής 3	7,000	4,000	1,000	4,000	3,000
Κατασκευαστής 4	0,333	0,500	0,250	1,000	0,500
Κατασκευαστής 5	1,000	0,500	0,333	2,000	1,000

Συγκρίσεις εναλλακτικών επιλογών σε σχέση με Συνεργασία					
	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
Κατασκευαστής 1	1,000	3,000	7,000	9,000	8,000
Κατασκευαστής 2	0,333	1,000	1,000	8,000	6,000
Κατασκευαστής 3	0,143	1,000	1,000	8,000	5,000
Κατασκευαστής 4	0,111	0,125	0,125	1,000	0,333
Κατασκευαστής 5	0,125	0,167	0,200	3,000	1,000

Συγκρίσεις εναλλακτικών επιλογών σε σχέση με Ποιότητα					
	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
Κατασκευαστής 1	1,000	0,200	0,143	2,000	0,333
Κατασκευαστής 2	5,000	1,000	0,333	5,000	3,000
Κατασκευαστής 3	7,000	3,000	1,000	6,000	3,000
Κατασκευαστής 4	0,500	0,200	0,167	1,000	0,250
Κατασκευαστής 5	3,000	0,333	0,333	4,000	1,000

Συγκρίσεις εναλλακτικών επιλογών σε σχέση με Αποκλειστικότητα					
	Κατασκευαστής 1	Κατασκευαστής 2	Κατασκευαστής 3	Κατασκευαστής 4	Κατασκευαστής 5
Κατασκευαστής 1	1,000	8,000	2,000	9,000	7,000
Κατασκευαστής 2	0,125	1,000	0,250	4,000	3,000
Κατασκευαστής 3	0,500	4,000	1,000	9,000	6,000
Κατασκευαστής 4	0,111	0,250	0,111	1,000	0,250
Κατασκευαστής 5	0,143	0,333	0,167	4,000	1,000