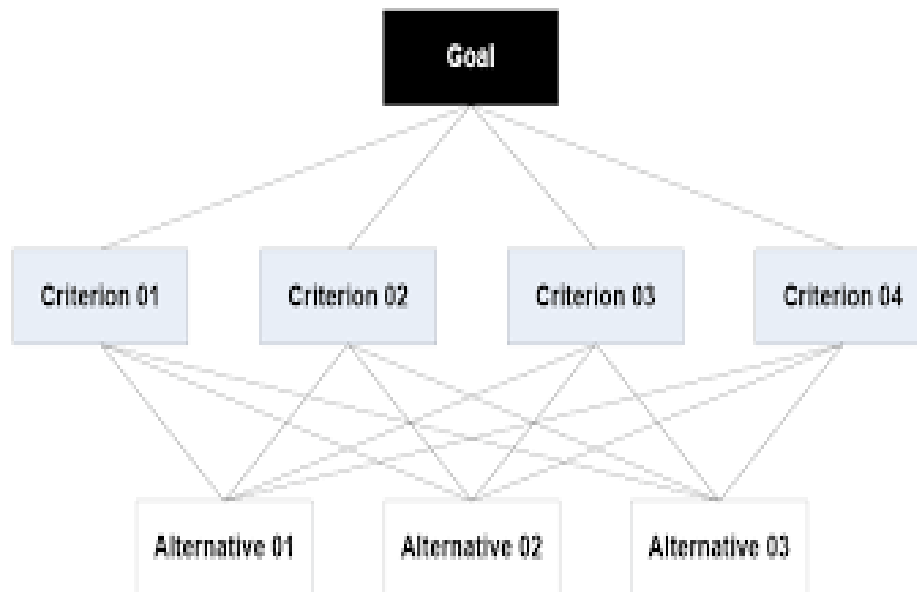


Τεχνικές εφαρμογής της αναλυτικής ιεραρχικής αξιολόγησης

(AHP)



Όνομα Εμμανουηλίδης Γεώργιος

2011010103

Περιεχόμενα

Εισαγωγή	4
Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	6
Η Μέθοδος Ιεραρχικής Αξιολόγησης και η Θεμελίωση της	6
Η ανάπτυξη της μεθόδου ιεραρχικής αξιολόγησης	8
Οι τρεις βασικές λειτουργίες της μεθόδου ιεραρχικής αξιολόγησης	10
Δομώντας την πολυπλοκότητα.....	10
Μετρήσεις σε κλίμακα αναλογίας.....	11
Σύνθεση.....	13
Αρχές της μεθόδου ιεραρχικής αξιολόγησης	13
Οι επτά πυλώνες της Μεθόδου Ιεραρχικής Αξιολόγησης.....	17
Κλίμακες αναλογίας	21
Συγκρίσεις και βασική κλίμακα.....	26
Η ευαισθησία του βασικού ιδιοσκευάσματος	30
Σε μια προσέγγιση πρώτης τάξεως, η διατάραξη Dw_1 στο κύριο ιδιοδιανυσμα w_1 λόγω μιας διαταραχής DA στο A όπου το A είναι συνεπής δίνεται από.....	30
Ομαδοποίηση και επέκταση της κλίμακας από 1-9 σε 1-;.....	31
Σύνθεση και συνδυασμός υλικών	34
Κατάταξη Διατήρηση και αναστροφή.....	39
Οδηγίες για την επιλογή της διανομής ή της ιδανικής λειτουργίας	41
Εφαρμογές	46

Συγκριτική ανάλυση των δημοτικών συστημάτων στερεών αποβλήτων: Μελέτη περίπτωσης της Κρακοβίας	47
Ανάλυση πολυκριτηρίων των συστημάτων MSW της Κρακοβίας.....	48
Μέθοδος ενσωμάτωσης των αποτελεσμάτων του IWM-1	51
Περιγραφή των συγκριθέντων συστημάτων MSWM.....	54
Συζήτηση.....	58
Συμπεράσματα	61
Βιβλιογραφία	63

Εισαγωγή

Οποιαδήποτε κατάσταση που απαιτεί δομή, μέτρηση και σύνθεση είναι ένας καλός υποψήφιος για την εφαρμογή της μεθόδου ιεραρχικής αξιολόγησης. Οι ευρύτεροι τομείς στους οποίους έχει χρησιμοποιηθεί επιτυχώς περιλαμβάνουν την επιλογή μιας εναλλακτικής λύσης από πολλές, την κατανομή των πόρων, την πρόβλεψη, την πλήρη διαχείριση ποιότητας, την επιχειρηματική διαδικασία ανασχεδιασμού, την ποιοτική ανάπτυξη των λειτουργιών και την ισορροπημένη κάρτα αποτελεσμάτων. Η μέθοδος ιεραρχικής αξιολόγησης, ωστόσο, σπάνια χρησιμοποιείται μεμονωμένα. Αντίθετα, χρησιμοποιείται μαζί με άλλες μεθοδολογίες.

Η λήψη αποφάσεων σήμερα συνιστά σημαντικό πεδίο έρευνας τόσο στον επιστημονικό κλάδο, όσο και στην παγκόσμια αγορά. Είναι λοιπόν, καίριας σημασίας να χρησιμοποιούνται και να αναπτύσσονται μέθοδοι λήψης αποφάσεων τέτοιες ώστε να οδηγούν με ασφάλεια στη λήψη ορθολογικών αποφάσεων. Κάθε άτομο έρχεται καθημερινά αντιμέτωπο με ένα πλήθος αποφάσεων που πρέπει να ληφθούν συνειδητά ή μη, άλλες απλές και άλλες εξαιρετικά πολύπλοκες. Η πολυπλοκότητα κατά την λήψη μιας απόφασης έχει συνήθως να κάνει με τις αλληλεπιδράσεις που προκύπτουν. Στην πραγματικότητα για την λήψη ορθών αποφάσεων πρέπει να εξετάζονται σε βάθος οι επιπτώσεις της απόφασης στην καθημερινότητα και την ζωή του αποφασίζοντα. Αναλογιζόμενοι σε ατομικό επίπεδο για παράδειγμα, η επιλογή κατοικίας συνιστά μια πολύπλοκη απόφαση, διότι επηρεάζει σημαντικά πολλούς τομείς της διαβίωσης ενός ατόμου. Εάν εν συνεχεία αναλογιστεί κανείς ότι το άτομο δεν ζει μόνο αλλά με την

οικογένεια του, τότε οι αποφάσεις του ατόμου αλληλεπιδρούν ταυτόχρονα και με τις προτιμήσεις των υπολοίπων μελών της οικογένειας. Πρόκειται για ένα απλό παράδειγμα, με το οποίο γίνεται όμως κατανοητή η πολυπλοκότητα των αποφάσεων της καθημερινότητας ακόμη και σε ατομικό επίπεδο. Ακριβώς λόγω της πολυπλοκότητας των αποφάσεων, έχουν αναπτυχθεί και διαρκώς εξελίσσονται, μέθοδοι-εργαλεία για να διευκολύνουν την λήψη μιας απόφασης, λαμβάνοντας υπόψιν όλους τους παράγοντες που επηρεάζουν τον αποφασίζοντα κατά την λήψη της απόφασης. Ένα τέτοιο εργαλείο είναι η μέθοδος που δημιούργησε ο Saaty στις αρχές της δεκαετίας του 1970 με την ονομασία Analytical Hierarchy Process (AHP) – Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (Saaty, 1980). Η Λήψη Αποφάσεων σε γενικές γραμμές στοχεύει, μέσα από ανάλυση και στάθμιση των δεδομένων του προβλήματος, στην επιλογή κάποιας από τις εναλλακτικές ενέργειες. Όταν πρόκειται για προβλήματα πολλαπλών κριτηρίων όπως αυτά τα οποία θα πραγματευτούμε στην παρούσα εργασία, η Λήψη Αποφάσεων γίνεται μια εξαιρετικά πολύπλοκη διαδικασία αφού υπάρχει πληθώρα παραγόντων και κριτηρίων που επηρεάζουν το πρόβλημα.

Η Μέθοδος Ιεραρχικής Αξιολόγησης προσεγγίζει με απλότητα την πολυπλοκότητα των αποφάσεων, γεγονός που κάνει την εννοιολογικά απλή προσέγγιση της μεθόδου εξαιρετικά ισχυρή. Στην πορεία της εργασίας θα παρουσιάσουμε το μαθηματικό υπόβαθρο της μεθόδου μέσα από την αξιωματική θεμελίωση όπως δόθηκε από τον Thomas L. Saaty. Τέλος, θα αναλύσουμε προβλήματα επιλογής και τις εφαρμογές της σε διεθνές επίπεδο.

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Η Μέθοδος Ιεραρχικής Αξιολόγησης και η Θεμελίωση της

Η Μέθοδος ιεραρχικής αξιολόγησης (ΜΙΑ) είναι μια μεθοδολογία για τη δομή, τη μέτρηση και τη σύνθεση, η οποία εφαρμόστηκε σε ένα ευρύ φάσμα προβληματικών καταστάσεων: επιλογή μεταξύ ανταγωνιστικών εναλλακτικών λύσεων σε ένα περιβάλλον πολλαπλών αντικειμένων, κατανομή ανεπαρκών πόρων και πρόβλεψη. Παρόλο που έχει ευρεία εφαρμογή, η αξιωματική θεμελίωση μεθόδου ιεραρχικής αξιολόγησης οριοθετεί προσεκτικά το πεδίο του προβληματικού περιβάλλοντος. Βασίζεται στη σαφώς καθορισμένη μαθηματική δομή συνεκτικών πινάκων και στη συσχετιζόμενη ικανότητα των ίδιων ιδιοτήτων τους να παράγουν αληθινά ή κατά προσέγγιση αποτελέσματα (Budescu, Zwick, and Rapoport, 1986).

Η πρωταρχική χρήση της μεθόδου ιεραρχικής αξιολόγησης είναι η επίλυση προβλημάτων επιλογής σε περιβάλλον πολλαπλών κριτηρίων. Σε αυτή, η μεθοδολογία της περιλαμβάνει συγκρίσεις στόχων και εναλλακτικών επιλογών με φυσικό, ζευγαρωτό τρόπο. Η μέθοδος ιεραρχικής αξιολόγησης μετατρέπει τις μεμονωμένες προτιμήσεις σε στοιχεία κλίμακας αναλογίας που συνδυάζονται σε πρόσθετα γραμμικά στοιχεία για τις αντίστοιχες εναλλακτικές λύσεις. Αυτά τα στοιχεία χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση των εναλλακτικών επιλογών και, συνεπώς, βοηθούν τον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων στην επιλογή ή την πρόβλεψη ενός αποτελέσματος.

Η μέθοδος ιεραρχικής αξιολόγησης απασχολεί τρία κοινώς αποδεκτά στάδια λήψης αποφάσεων:

Για κάθε στόχο $i=1, m$ καθορίζονται οι εναλλακτικές του w_i , για κάθε στόχο i συγκρίνονται οι $j = 1, \dots, n$ εναλλακτικές και καθορίζονται οι μεταβλητές τους w_{ij} σε σχέση με το στόχο i , και προσδιορίζονται τα τελικά (παγκόσμια) εναλλακτικά στοιχεία (προτεραιότητες) W_j σε σχέση με όλους τους στόχους με $W_j = w_{1j}w_1 + w_{2j}w_2 + \dots + w_{mj}w_m$.

Οι εναλλακτικές λύσεις κατόπιν διατάσσονται από το W_j , με την πλέον προτιμώμενη εναλλακτική λύση να έχει το μεγαλύτερο W_j . Οι διάφορες μεθοδολογίες λήψης αποφάσεων (AHP, Electre, Multi-Attribute Utility Theory) διαφοροποιούνται από τον τρόπο με τον οποίο καθορίζουν τα αντικειμενικά και εναλλακτικά βάρη, όπως προδιαγράφονται από την αξιωματική δομή ή τη δομή που βασίζεται σε κανόνες. Η γενική εγκυρότητα της μεθόδου ιεραρχικής αξιολόγησης και η εμπιστοσύνη στην ικανότητά της να επιλύει πολυδιάστατες καταστάσεις αποφάσεων βασίζονται στις εκατοντάδες χιλιάδες διαφορετικές εφαρμογές στις οποίες τα αποτελέσματα της μεθόδου ιεραρχικής αξιολόγησης έγιναν δεκτά και χρησιμοποιήθηκαν από τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων (Dyer, 1990b).

Η πραγματική ουσία της μεθόδου ιεραρχικής αξιολόγησης δεν είναι γενικά κατανοητή. Η μέθοδος ιεραρχικής αξιολόγησης είναι κάτι περισσότερο από μια μεθοδολογία για τις καταστάσεις επιλογής. Δεν είναι μόνο ένα άλλο εργαλείο ανάλυσης. Ο καλύτερος τρόπος με τον οποίο μπορούμε να εξηγήσουμε τη μέθοδο ιεραρχικής αξιολόγησης είναι να περιγράψουμε τις τρεις βασικές λειτουργίες της που είναι η δομή της πολυπλοκότητας, η μέτρηση σε κλίμακα αναλογίας, και η σύνθεση. Συζητάμε λεπτομερώς αυτές τις

λειτουργίες, αφού πρώτα εξετάσαμε ορισμένες από τις ιστορίες της μεθόδου ιεραρχικής αξιολόγησης. Συζητάμε επίσης μερικές από τις αντιπαραθέσεις σχετικά με τη μέθοδο ιεραρχικής αξιολόγησης που εμφανίστηκε στην ακαδημαϊκή βιβλιογραφία. Δεν συζητάμε τις λεπτομέρειες σχετικά με τον τρόπο εφαρμογής της συγκεκριμένης μεθόδου.

Η ανάπτυξη της μεθόδου ιεραρχικής αξιολόγησης

Στα τέλη της δεκαετίας του 1960, ο Thomas L. Saaty, διεύθυνε ερευνητικά έργα για την υπηρεσία ελέγχου όπλων και αφοπλισμού στο Υπουργείο Εξωτερικών των ΗΠΑ. Η ερευνητική ατζέντα του Saaty και ο πολύ γενναιόδωρος προϋπολογισμός του επέτρεψαν να προσλάβει μερικούς από τους κορυφαίους θεωρητικούς και οικονομολόγους. Παρά τα talέντα των ανθρώπων που προσλήφθηκαν (τρία μέλη της ομάδας, ο Gerard Debreu, ο John Harsanyi και ο Reinhard Selten, έχουν κερδίσει το βραβείο Νόμπελ), ο Saaty απογοητεύτηκε από τα αποτελέσματα των προσπαθειών της ομάδας. Ο Saaty αργότερα υπενθύμισε ότι δύο πράγματα ξεχωρίζουν στο μυαλό του από αυτή την εμπειρία. Το πρώτο είναι ότι οι θεωρίες και τα μοντέλα των επιστημόνων ήταν συχνά υπερβολικά γενικά και αφηρημένα ώστε να προσαρμόζονται στις ιδιαίτερες ανάγκες των εμπόρων όπλων. Ήταν δύσκολο για όσους προετοιμάζαν τη θέση των ΗΠΑ να συμπεριλάβουν τις διαφορετικές ανησυχίες τους και να βρουν πρακτικές και καινοτόμες απαντήσεις. Το δεύτερο είναι ότι η θέση των Ηνωμένων Πολιτειών προετοιμάστηκε από δικηγόρους που είχαν μεγάλη κατανόηση των νομικών θεμάτων, αλλά οι οποίοι δεν ήταν καλύτεροι από τους επιστήμονες που είχαν πρόσβαση στην αξία των συστημάτων όπλων που θα μπορούσαν να διατεθούν (Bajwa, Choo, and Wedley, 2008).

Χρόνια αργότερα, ενώ δίδασκε στη σχολή Wharton, ο Saaty εξακολουθούσε να ανησυχεί για την προφανή έλλειψη πρακτικής συστηματικής προσέγγισης για τον καθορισμό προτεραιοτήτων και τη λήψη αποφάσεων. Ήταν έτσι κίνητρο να αναπτύξει έναν απλό τρόπο να βοηθήσει τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να πάρουν πολύπλοκες αποφάσεις. Το αποτέλεσμα ήταν η μέθοδος ιεραρχικής αξιολόγησης. Υπάρχουν πολλές αποδείξεις ότι η δύναμη και η απλότητα αυτής της μεθόδου οδήγησε σε ευρεία χρήση της σε όλο τον κόσμο. Εκτός από το δημοφιλές λογισμικό επιλογής εμπειρογνομόνων, υπήρξαν πολλές άλλες εμπορικές εφαρμογές της. Πολλές από τις κορυφαίες εταιρείες τεχνολογίας πληροφορικής παγκοσμίως χρησιμοποιούν τώρα αυτή τη μέθοδο με τη μορφή μοντέλων αποφάσεων που παρέχονται από τους οδηγούς απόφασης της ομάδας. (Peniwati K 1996)

Η Αμερικανική Εταιρεία Δοκιμών και Υλικών (ASTM) έχει υιοθετήσει την μέθοδο ιεραρχικής αξιολόγησης ως συνήθη πρακτική για την ανάλυση αποφάσεων πολλαπλών χαρακτηριστικών των επενδύσεων που σχετίζονται με τα κτίρια και τα συστήματα κτιρίων σε ανάλυση πολλαπλών χαρακτηριστικών αποφάσεων των επενδύσεων που σχετίζονται με τα κτίρια και τα δομικά συστήματα. Η μέθοδος ιεραρχικής αξιολόγησης περιλαμβάνεται τώρα στα περισσότερα κείμενα και διδάσκεται σε πολλά πανεπιστήμια. Χρησιμοποιείται εκτενώς σε οργανισμούς που έχουν διερευνήσει προσεκτικά τις θεωρητικές βάσεις αυτής της μεθόδου, όπως η Κεντρική Υπηρεσία Πληροφοριών.

Οι τρεις βασικές λειτουργίες της μεθόδου ιεραρχικής αξιολόγησης

Η κατανόηση των τριών βασικών λειτουργιών της μεθόδου ιεραρχικής αξιολόγησης δηλαδή της δομής της πολυπλοκότητας, της μέτρησης και της σύνθεσης, βοηθάει κάποιον να καταλάβει γιατί η μέθοδος ιεραρχικής αξιολόγησης πρέπει να θεωρηθεί ως μια γενική μεθοδολογία που μπορεί να εφαρμοστεί σε μια ευρεία ποικιλία εφαρμογών (Bana e Costa, and Vansnick, 2008).

Δομώντας την πολυπλοκότητα

Ο Saaty επεδίωξε έναν απλό τρόπο αντιμετώπισης της πολυπλοκότητας. Βρήκε ένα κοινό θέμα στον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι ασχολούνται με την πολυπλοκότητα, δηλαδή την ιεραρχική δόμηση της πολυπλοκότητας σε ομοιογενείς δέσμες παραγόντων. Άλλοι έχουν επίσης παρατηρήσει τη σημασία της ιεραρχικής δομής. Για παράδειγμα, ο Simon έγραψε ότι οι μεγάλες οργανώσεις είναι σχεδόν καθολικά ιεραρχικές ως προς τη δομή τους, δηλαδή χωρίζονται σε μονάδες που υποδιαιρούνται σε μικρότερες μονάδες, οι οποίες με τη σειρά τους υποδιαιρούνται και ούτω καθεξής. Η ιεραρχική υποδιαίρεση δεν είναι ένα χαρακτηριστικό των ανθρώπινων οργανώσεων, είναι σύννηθες για σχεδόν όλα τα πολύπλοκα συστήματα που γνωρίζουμε, η σχεδόν καθολικότητα της ιεραρχίας στη δημιουργία σύνθετων συστημάτων υποδηλώνει ότι υπάρχει κάτι θεμελιώδες σε αυτή τη διαρθρωτική αρχή που ξεπερνά τις ιδιαιτερότητες της ανθρώπινης οργάνωσης. Ένας οργανισμός θα έχει την τάση να αποκτά ιεραρχική μορφή όποτε το περιβάλλον εργασίας

είναι πολύπλοκο σε σχέση με τις αρμοδιότητες επίλυσης προβλημάτων και επικοινωνίας των μελών της οργάνωσης και των εργαλείων τους (Kumar, and Vaidya, 2006).

Ο Whyte εξέφρασε τη σκέψη του θεωρώντας ότι το τεράστιο εύρος της ιεραρχικής ταξινόμησης είναι σαφές, είναι η πιο ισχυρή μέθοδος ταξινόμησης που χρησιμοποιείται από τον ανθρώπινο εγκέφαλο για να διατάξει την εμπειρία, τις παρατηρήσεις, τις έννοιες και τις πληροφορίες. Η χρήση της ιεραρχικής τάξης πρέπει να είναι τόσο παλιά όσο και η ανθρώπινη σκέψη, σε συνειδητό επίπεδο και σε ασυνείδητο επίπεδο.

Μετρήσεις σε κλίμακα αναλογίας

Σύμφωνα με τον Stevens υπάρχουν τέσσερις κλίμακες μέτρησης. Οι κλίμακες, που κυμαίνονται από το χαμηλότερο προς το υψηλότερο επίπεδο όσον αφορά τις ιδιότητες, είναι ονομαστικές, κανονικές, με διαστήματα και αναλογίες. Κάθε κλίμακα έχει όλες τις ιδιότητες των παραπάνω επιπέδων, μπορεί όμως να έχει και επιπλέον ιδιότητες. Για παράδειγμα, ένα αναλογικό μέτρο έχει αναλογία, διάστημα, κανονικές και ονομαστικές ιδιότητες. Ένα μέτρο διαστήματος δεν έχει ιδιότητες αναλογίας, αλλά έχει διαστήματα, κανονικές και ονομαστικές ιδιότητες. Το μέτρο του λόγου είναι απαραίτητο για να αντιπροσωπεύει την αναλογία και είναι θεμελιώδες για τη φυσική μέτρηση. Αυτή η αναγνώριση, καθώς και η ανάγκη για μια μαθηματικά σωστή και αξιωματική μεθοδολογία, οδήγησε τον Saaty να χρησιμοποιήσει συγκρίσεις σε ζεύγη των ιεραρχικών

παραγόντων για να αντλήσει μέτρα κλίμακας αναλογίας που μπορούν να ερμηνευτούν ως τελικές προτεραιότητες ταξινόμησης (Ishizaka, and Lusti, 2004).

Οποιαδήποτε ιεραρχική μεθοδολογία πρέπει να χρησιμοποιεί προτεραιότητες κλίμακας αναλογίας για στοιχεία πάνω από το χαμηλότερο επίπεδο της ιεραρχίας. Αυτό είναι απαραίτητο επειδή οι προτεραιότητες (ή τα βάρη) των στοιχείων σε οποιοδήποτε επίπεδο της ιεραρχίας καθορίζονται πολλαπλασιάζοντας τις προτεραιότητες των στοιχείων σε αυτό το επίπεδο από τις προτεραιότητες του γονικού στοιχείου. Δεδομένου ότι το προϊόν των δύο μέτρων σε επίπεδο διαστήματος δεν έχει μαθηματικό νόημα, απαιτούνται κλίμακες αναλογίας για αυτόν τον πολλαπλασιασμό. Η μέθοδος ιεραρχικής αξιολόγησης χρησιμοποιεί κλίμακες αναλογίας ακόμα και για το χαμηλότερο επίπεδο ιεραρχίας (οι εναλλακτικές λύσεις σε ένα μοντέλο επιλογής), οι προτεραιότητες που προκύπτουν για εναλλακτικές λύσεις σε ένα μοντέλο της μεθόδου ιεραρχικής αξιολόγησης θα είναι μέτρα κλίμακας αναλογίας. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό εάν οι προτεραιότητες πρέπει να χρησιμοποιούνται όχι μόνο σε εφαρμογές επιλογής, αλλά και σε άλλους τύπους εφαρμογών όπως η πρόβλεψη και η κατανομή των πόρων. Μια λεπτομερής συζήτηση σχετικά με τις κλίμακες αναλογίας που αναπτύχθηκαν από τη μέθοδο ιεραρχικής αξιολόγησης παρουσιάζεται παρακάτω (Kwiesielewicz, and van Uden, 2004).

Σύνθεση

Η σύνθεση περιλαμβάνει τη συναρμολόγηση ή το συνδυασμό των μερών σε ένα σύνολο. Οι σύνθετες αποφάσεις ή οι προβλέψεις ή οι κατανομές πόρων περιλαμβάνουν συχνά πάρα πολλά στοιχεία για τον άνθρωπο που η σύνθεση τους γίνεται διαισθητικά. Απαιτείται ένας τρόπος για να συνθέσουμε πολλές διαστάσεις. Αν και η ιεραρχική δομή της μεθόδου ιεραρχικής αξιολόγησης διευκολύνει την ανάλυση, μια εξίσου σημαντική λειτουργία είναι η ικανότητα της μεθόδου αυτής να μετρά και να συνθέτει τον αριθμό των παραγόντων σε μια ιεραρχία. Δεν γνωρίζουμε καμία άλλη μεθοδολογία που να διευκολύνει τη σύνθεση όπως η μέθοδος ιεραρχικής αξιολόγησης.

Αρχές της μεθόδου ιεραρχικής αξιολόγησης

Στρέφουμε τώρα την προσοχή μας στις τρεις συναφείς βασικές αρχές της μεθόδου ιεραρχικής αξιολόγησης: αποσύνθεση, συγκριτικές κρίσεις και ιεραρχική σύνθεση ή σύνθεση προτεραιοτήτων. Η αρχή της αποσύνθεσης επιτρέπει ένα πολύπλοκο πρόβλημα να δομηθεί σε μια ιεραρχία ομάδων, υποστοιχείων, υποκατηγοριών και ούτω καθεξής. Η αρχή των συγκριτικών κρίσεων επιτρέπει σε κάποιον να δημιουργεί ζεύγη συγκρίσεων όλων των συνδυασμών στοιχείων σε ένα σύμπλεγμα σε σχέση με τον γονέα του

συμπλέγματος. Αυτές οι συγκρίσεις σε ζεύγη χρησιμοποιούνται για να εξάγουν "τοπικές" προτεραιότητες (βάρη) των στοιχείων ενός συμπλέγματος σε σχέση με τον γονέα τους. Η αρχή της ιεραρχικής σύνθεσης ή σύνθεσης μας επιτρέπει να πολλαπλασιάσουμε τις τοπικές προτεραιότητες των στοιχείων σε ένα σύμπλεγμα με την «παγκόσμια» προτεραιότητα του γονικού στοιχείου, παράγοντας έτσι παγκόσμιες προτεραιότητες σε όλη την ιεραρχία. (Cho, E. and Wedley, W. 2004)

Η μέθοδος ιεραρχικής αξιολόγησης βασίζεται σε τρία σχετικά απλά αξιώματα. Πρώτον, το αμοιβαίο αξίωμα απαιτεί ότι αν $PC(A, B)$ είναι ζεύγη σύγκρισης των στοιχείων A και B σε σχέση με το γονικό τους στοιχείο C, που αντιπροσωπεύει πόσες φορές το στοιχείο A διαθέτει μια ιδιότητα από ότι το στοιχείο B, τότε $PC(B, A) = 1 / PC(A, B)$. Για παράδειγμα, εάν το A είναι 5 φορές μεγαλύτερο από το B, τότε το B είναι κατά ένα πέμπτο μεγαλύτερο από το A.

Δεύτερον, το αξίωμα της ομοιογένειας, δηλώνει ότι τα στοιχεία που συγκρίνονται δεν πρέπει να διαφέρουν πολύ. Εάν δεν συμβαίνει αυτό, θα μπορούσαν να προκύψουν μεγάλα λάθη στην κρίση. Κατά την κατασκευή μιας ιεραρχίας στόχων, κάποιος θα πρέπει να προσπαθήσει να οργανώσει στοιχεία σε συστάδες έτσι ώστε να μην διαφέρουν περισσότερο από μια τάξη μεγέθους σε οποιοδήποτε ομάδα. (Η λεκτική κλίμακα της μεθόδου ιεραρχικής αξιολόγησης κυμαίνεται από 1 έως 9, ενώ οι αριθμητικοί και γραφικοί τρόποι της Expert Choice είναι σχεδόν δύο τάξεις μεγέθους, επιτρέποντας μια χαλάρωση αυτού του αξιώματος.) Αποφάσεις πέρα από μια τάξη μεγέθους γενικά καταλήγουν σε λιγότερο ακριβείς και μεγαλύτερες ασυνέπειες στις προτεραιότητες.)

Τρίτον, το αξίωμα της σύνθεσης, δηλώνει ότι οι κρίσεις ή οι προτεραιότητες των στοιχείων σε μια ιεραρχία δεν εξαρτώνται από στοιχεία χαμηλότερου επιπέδου. Αυτό το

αξίωμα απαιτείται για την εφαρμογή της αρχής της ιεραρχικής σύνθεσης. Τα πρώτα δύο αξιώματα είναι, σύμφωνα με την εμπειρία μας, απόλυτα συμβατά στις εφαρμογές του πραγματικού κόσμου. Το τρίτο αξίωμα, ωστόσο, απαιτεί προσεκτική εξέταση, καθώς δεν είναι ασυνήθιστο να παραβιάζεται. Σε εφαρμογές επιλογής, η προτίμηση για εναλλακτικές λύσεις εξαρτάται σχεδόν πάντα από στοιχεία ανώτερου επιπέδου (στόχοι), ενώ η σημασία των στόχων μπορεί να εξαρτάται από τα στοιχεία χαμηλότερου επιπέδου (εναλλακτικές λύσεις). Όταν υπάρχει τέτοια εξάρτηση, δεν εφαρμόζεται το τρίτο αξίωμα.

Περιγράφουμε τέτοιες καταστάσεις λέγοντας ότι υπάρχει ανατροφοδότηση από παράγοντες χαμηλότερου επιπέδου σε παράγοντες υψηλότερου επιπέδου στην ιεραρχία. Υπάρχουν δύο βασικοί τρόποι εφαρμογής της μεθόδου ιεραρχικής αξιολόγησης στις καταστάσεις επιλογής όπου αυτό το τρίτο αξίωμα δεν ισχύει, δηλαδή όταν υπάρχει ανατροφοδότηση. Το πρώτο περιλαμβάνει έναν υπολογισμό supermatrix για τη σύνθεση, αντί της ιεραρχικής σύνθεσης της μεθόδου ιεραρχικής αξιολόγησης. Για την απλή ανατροφοδότηση (μόνο μεταξύ παρακείμενων επιπέδων), αυτό ισοδυναμεί με την εξαγωγή προτεραιοτήτων για τους στόχους σε σχέση με κάθε εναλλακτική λύση, εκτός από την εκπόνηση προτεραιοτήτων για τις εναλλακτικές λύσεις σε σχέση με κάθε στόχο. (Ishizaka, A. and Lusti, M. 2006)

Οι προτεραιότητες που προκύπτουν επεξεργάζονται σε ένα supermatrix, το οποίο είναι ισοδύναμο με τη σύγκλιση των επαναληπτικών ιεραρχικών συνθέσεων. Παρόλο που αυτή η προσέγγιση είναι εξαιρετικά ισχυρή και ευέλικτη, μια απλούστερη προσέγγιση που λειτουργεί καλά στην πράξη είναι να κάνει κρίσεις για χαμηλότερα επίπεδα της ιεραρχίας πριν από τα ανώτερα επίπεδα ή, εναλλακτικά, να επανεξετάσει τις κρίσεις στα ανώτερα επίπεδα αφού κάνει κρίσεις στο κατώτερο επίπεδο . Σε κάθε μία από τις δύο

προσεγγίσεις, ο εγκέφαλος εκτελεί τη λειτουργία ανατροφοδότησης, εξετάζοντας τι έμαθε στα χαμηλότερα επίπεδα της ιεραρχίας όταν κάνει κρίσεις για ανώτερα επίπεδα. Ένας σημαντικός κανόνας είναι να κάνουμε κρίσεις σε μια ιεραρχία από κάτω προς τα πάνω, εκτός αν κάποιος είναι σίγουρος ότι δεν υπάρχει ανατροφοδότηση, ή κάποιος ήδη έχει καλή κατανόηση των εναλλακτικών λύσεων τους (Barzilai, 2005).

Ένα τέταρτο αξίωμα της μεθόδου ιεραρχικής αξιολόγησης, που εισήχθη αργότερα από τον Saaty, λέει ότι τα άτομα που έχουν λόγους για τις πεποιθήσεις τους θα πρέπει να διασφαλίσουν ότι οι ιδέες τους θα εκπροσωπούνται επαρκώς ώστε το αποτέλεσμα να ταιριάζει με αυτές τις προσδοκίες. Ενώ αυτό το αξίωμα της προσδοκίας μπορεί να ακούγεται λίγο αόριστο, είναι σημαντικό επειδή η γενικότητα της μεθόδου ιεραρχικής αξιολόγησης καθιστά δυνατή την εφαρμογή του με ποικίλους τρόπους και η τήρηση αυτού του αξιώματος εμποδίζει την εφαρμογή του με ακατάλληλους τρόπους.

Σε σχέση με την επιστημονική αρχή του ξυραφιού Occam, οι περισσότεροι θεωρητικοί της μεθόδου ιεραρχικής αξιολόγησης αλλά και όσοι την εφαρμόζουν στην πράξη θεωρούν ότι τα αξιώματα της μεθόδου είναι απλούστερα και πιο ρεαλιστικά από εκείνα άλλων θεωριών αποφάσεων. Οι προτεραιότητες κλίμακας αναλογίας που παράγονται από μια μελέτη μεθόδου ιεραρχικής αξιολόγησης την καθιστούν ισχυρότερη από άλλες θεωρίες που βασίζονται σε τακτικά ή διαλειμματικά μέτρα.

Οι επτά πυλώνες της Μεθόδου Ιεραρχικής Αξιολόγησης

Η Μέθοδος Ιεραρχικής Αξιολόγησης (ΜΙΑ) παρέχει τα αντικειμενικά μαθηματικά για την επεξεργασία των αναπόφευκτα υποκειμενικών και προσωπικών προτιμήσεων ενός ατόμου ή μίας ομάδας κατά τη λήψη κάποιας απόφασης. Με τη ΜΙΑ και τη γενίκευσή της, τη Μέθοδο Αναλυτικού Δικτύου (ΜΑΔ), μπορεί κάποιος να κατασκευάσει ιεραρχίες ή δίκτυα ανατροφοδότησης, μετά να κάνει κρίσεις ή να πραγματοποιήσει μετρήσεις σε ζεύγη στοιχείων σε σχέση με ένα στοιχείο ελέγχου για να προκύψουν κλίμακες αναλογίας που στη συνέχεια συντίθενται μέσα από τη δομή για να επιλεγεί η καλύτερη εναλλακτική λύση.

Βασικά, η ΜΙΑ εργάζεται αναπτύσσοντας προτεραιότητες για τις εναλλακτικές λύσεις και τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για να κρίνουν τις εναλλακτικές λύσεις. Συνήθως τα κριτήρια, των οποίων η επιλογή έγκειται στην κατανόηση του υπεύθυνου λήψης αποφάσεων (άσχετα κριτήρια είναι εκείνα που δεν περιλαμβάνονται στην ιεραρχία), μετρούνται σε διαφορετικές κλίμακες, όπως το βάρος και το μήκος, ή είναι ακόμη και άυλα για τα οποία δεν υπάρχουν κλίμακες. Φυσικά, μετρήσεις σε διαφορετικές κλίμακες δεν μπορούν να συνδυαστούν άμεσα.

Πρώτον, προκύπτουν προτεραιότητες για τα κριτήρια όσον αφορά τη σημασία τους για την επίτευξη του στόχου και μετά προκύπτουν προτεραιότητες για την απόδοση των εναλλακτικών επιλογών για κάθε κριτήριο. Αυτές οι προτεραιότητες βασίζονται σε αξιολογήσεις ανά ζεύγη χρησιμοποιώντας εκτιμήσεις ή αναλογίες μετρήσεων από μια κλίμακα, εάν υπάρχει. Η διαδικασία ιεράρχησης επιλύει το πρόβλημα του να πρέπει να ασχοληθεί κανείς με διαφορετικών ειδών κλίμακες, ερμηνεύοντας τη σημασία τους για τις αξίες του χρήστη ή των χρηστών. Τέλος, χρησιμοποιείται μια διαδικασία στάθμισης και προσθήκης να αποκτηθούν γενικές προτεραιότητες για τις εναλλακτικές λύσεις ως προς τον τρόπο με τον οποίο συμβάλλουν στο στόχο.

Αυτή η στάθμιση και η προσθήκη παραλληλίζεται με όσα θα κάναμε κάποτε αριθμητικά πριν από τη ΜΙΑ για να συνδυάσουμε εναλλακτικές λύσεις που μετρούνται βάσει διαφόρων κριτηρίων που έχουν την ίδια κλίμακα (μια κλίμακα που είναι συχνά κοινή σε

πολλά κριτήρια είναι τα χρήματα) για να αποκτηθεί ένα συνολικό αποτέλεσμα. Με τη ΜΙΑ μετατρέπεται λοιπόν ένα πολυδιάστατο πρόβλημα σε μονοδιάστατο.

Οι επτά πυλώνες της ΜΙΑ είναι:

1) Οι **κλίμακες αναλογίας**, η αναλογικότητα, και οι κανονικοποιημένες κλίμακες αναλογίας είναι κεντρικές για την παραγωγή και σύνθεση προτεραιοτήτων, είτε στη ΜΙΑ είτε σε οποιαδήποτε μέθοδο πολλαπλών κριτηρίων που χρειάζεται να ενσωματώσει υπάρχουσες μετρήσεις κλίμακας αναλογίας με τις δικές της παράγωγες κλίμακες. Επιπλέον, οι κλίμακες αναλογίας είναι ο μόνος τρόπος να γενικεύσουμε μια θεωρία αποφάσεων στην περίπτωση της εξάρτησης και της ανατροφοδότησης επειδή οι κλίμακες αναλογίας μπορούν να πολλαπλασιαστούν και να προστεθούν όταν ανήκουν στην ίδια κλίμακα, όπως μια κλίμακα προτεραιότητας. Όταν δύο κριτές καταλήγουν σε δύο διαφορετικές κλίμακες αναλογίας για το ίδιο πρόβλημα πρέπει να κάποιος να ελέγξει τη συμβατότητα των απαντήσεων και να αποδεχθεί ή να απορρίψει την εγγύτητά τους. Η ΜΙΑ έχει ένα μη στατιστικό δείκτη για να το κάνει αυτό. Κλίμακες αναλογίας μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τη λήψη αποφάσεων μέσα σε ένα ακόμη πιο γενικό πλαίσιο που περιλαμβάνει ιεραρχίες για οφέλη, κόστος, ευκαιρίες και κινδύνους, και χρησιμοποιώντας ένα κοινό κριτήριο, όπως το οικονομικό, για να εξασφαλιστεί η ευελιξία. Οι κλίμακες αναλογίας είναι απαραίτητες στην αναλογική κατανομή των πόρων όπως στον γραμμικό προγραμματισμό, πρόσφατα γενικευμένες για να ασχοληθούν με τη σχετική μέτρηση τόσο για την αντικειμενική λειτουργία όσο και για τους περιορισμούς.

2) Οι **αμοιβαίες συνδυασμένες συγκρίσεις** χρησιμοποιούνται για να εκφράσουν τις κρίσεις συνδέοντάς τις αυτομάτως με μια θεμελιώδη αριθμητική κλίμακα απόλυτων αριθμών (που προέρχονται από σχέσεις ερεθίσματος-ανταπόκρισης), από τις οποίες στη συνέχεια προκύπτει το κύριο ιδιοδιάνυσμα των προτεραιοτήτων. (Budescu, D., Zwick, R. and Rapoport, A. 1986)

Το ιδιοδιάνυσμα δείχνει την κυριαρχία κάθε στοιχείου σε σχέση με τα άλλα στοιχεία. Σε ένα στοιχείο που δεν έχει συγκεκριμένη ιδιότητα, αντιστοιχεί αυτόματα τιμή μηδέν στο ιδιοδιάνυσμα χωρίς να συμπεριλαμβάνεται στις συγκρίσεις. Επικράτηση κατά μήκος όλων των δυνατών διαδρομών επιτυγχάνεται με την αύξηση της δομής στις δυνάμεις και την ομαλοποίηση του αθροίσματος των σειρών. Η ασυνέπεια στην κρίση επιτρέπεται και δίνεται ένα μέτρο γι' αυτήν την περίπτωση ώστε να μπορεί να κατευθύνει τον υπεύθυνο

λήψης αποφάσεων τόσο στις βελτιώσεις της κρίσης όσο και σε μια καλύτερη κατανόηση του προβλήματος.

Η ΜΙΑ έχει τουλάχιστον τρεις μεθόδους για την κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων:

- τη σχετική, η οποία κατατάσσει μερικές εναλλακτικές λύσεις συγκρίνοντάς τις σε ζεύγη και είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε νέες και διερευνητικές αποφάσεις
- την απόλυτη, η οποία υπολογίζει απεριόριστο αριθμό εναλλακτικών επιλογών μία κάθε φορά σε κλίμακες έντασης που κατασκευάζονται χωριστά για κάθε κριτήριο και είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε αποφάσεις όπου υπάρχει σημαντική γνώση για να κρίνει τη σχετική σημασία των εντάσεων και να αναπτύξει προτεραιότητες για αυτές. Εάν είναι επιθυμητό, μερικές από τις κορυφαίες εναλλακτικές λύσεις μπορούν στη συνέχεια να συγκριθούν με την καθεμία από τις άλλες με τη χρήση της σχετικής μεθόδου για την περαιτέρω βελτίωση των προτεραιοτήτων.
- τη συγκριτική αξιολόγηση, η οποία κατατάσσει τις εναλλακτικές λύσεις, συμπεριλαμβάνοντας μια γνωστή εναλλακτική λύση στην ομάδα και συγκρίνοντάς τη με την άλλη. .(Buede D, Maxwell DT 1995)

3) Η **ευαισθησία** του κύριου δεξιού **ιδιοδιανύσματος** σε διαταραχές στην κρίση περιορίζει στο ελάχιστο τον αριθμό των στοιχείων σε κάθε σειρά συγκρίσεων και απαιτεί την ομοιογένεια τους. Το αριστερό ιδιοδιάνυσμα έχει νόημα μόνο ως αμοιβαίο. Λόγω της επιλογής μιας μονάδας ως ενός από τα δύο στοιχεία σε κάθε συνδυασμένη σύγκριση για να προσδιοριστεί η σχετική κυριαρχία του δεύτερου στοιχείου, δεν είναι δυνατή η εξαγωγή του κύριου αριστερού ιδιοδιανύσματος απευθείας από τις ζευγαρωμένες συγκρίσεις δεδομένου ότι το κυρίαρχο στοιχείο δεν μπορεί να αποσυντεθεί εκ των προτέρων. Ως αποτέλεσμα, για να ρωτήσει κανείς πόσο μικρότερο είναι ένα στοιχείο από το άλλο, πρέπει να πάρει την αμοιβαιότητα του τι λαμβάνει ρωτώντας πόσο περισσότερο είναι το μεγαλύτερο στοιχείο. (Fichtner, J. 1986)

4) Η **ομοιογένεια και η ομαδοποίηση** χρησιμοποιείται για να επεκτείνει βαθμιαία τη βασική κλίμακα από το σύμπλεγμα σε γειτονικό σύμπλεγμα, αυξάνοντας τελικά την κλίμακα από 1-9 σε 1- άπειρο.

5) Η **σύνθεση** που μπορεί να επεκταθεί στην εξάρτηση και την ανατροφοδότηση εφαρμόζεται στις κλίμακες των παράγωγων αναλογιών για να δημιουργηθεί μια μονοδιάστατη κλίμακα αναλογιών για να αντιπροσωπεύει το συνολικό αποτέλεσμα. Η σύνθεση των κλιμάκων που προκύπτουν στη δομή της απόφασης μπορεί να γίνει μόνο για να αποδώσει σωστές εκβάσεις σε γνωστές κλίμακες με προσθήκη βάρους. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η προσθήκη βάρους σε μια ιεραρχική δομή οδηγεί σε μια πολυγραμμική μορφή και ως εκ τούτου είναι μη γραμμική. Είναι γνωστό ότι υπό πολύ γενικές συνθήκες τέτοιες πολυγραμμικές μορφές είναι πυκνές σε χώρους γενικής λειτουργίας (διακριτές ή συνεχείς) και έτσι οι γραμμικοί συνδυασμοί αυτών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προσεγγίσουν αυθαίρετα κοντά σε οποιοδήποτε μη γραμμικό στοιχείο σε αυτό το χώρο. Το πολλαπλασιαστικό βάρος, με την αύξηση των προτεραιοτήτων των εναλλακτικών επιλογών στις εξουσίες των προτεραιοτήτων των κριτηρίων και στη συνέχεια πολλαπλασιάζοντας τα αποτελέσματα, έχει τέσσερις σημαντικές αδυναμίες. Δε δίνει πίσω βάρη των υπαρχόντων μετρήσεων κλίμακας αναλογίας με διάφορα κριτήρια όπως θα έπρεπε. Υποθέτει ότι ο πίνακας των κρίσεων είναι πάντοτε συνεπής, θυσιάζοντας έτσι την ιδέα της ασυνέπειας και του τρόπου αντιμετώπισης του και μη επιτρέποντας την αποβολή κρίσεων προκειμένου να βελτιωθεί η εγκυρότητα σχετικά με τον πραγματικό κόσμο. Κυρίως, δε γενικεύεται στην περίπτωση αλληλεξάρτησης και ανατροφοδότησης, όπως γενικεύει η MIA στη ΜΑΔ και τέλος, διατηρεί πάντοτε κατάταξη η οποία οδηγεί σε παράλογες συνέπειες και αντιφάσκει με τα πολλά αντεστραμμένα δείγματα που δείχνουν ότι πρέπει να επιτραπεί η αντιστροφή της κατάταξης. (Jones, D. and Mardle, S. 2004)

6) Η **διατήρηση και αντιστροφή της κατάταξης** μπορεί να αποδειχθεί χωρίς την προσθήκη ή τη διαγραφή κριτηρίων, όπως με την απλή εισαγωγή αρκετών αντιγράφων μιας εναλλακτικής λύσης ή για πολλούς άλλους λόγους. Αυτό δεν αφήνει καμία αμφιβολία ότι η αντιστροφή της κατάταξης είναι τόσο εγγενής στη λήψη αποφάσεων όσο και η διατήρηση της κατάταξης. Προκύπτει ότι οποιαδήποτε θεωρία αποφάσεων πρέπει να έχει τουλάχιστον δύο μεθόδους σύνθεσης. Στη MIA ονομάζονται διανεμητικοί και ιδανικοί τρόποι λειτουργίας, με οδηγίες για το ποια μέθοδος να χρησιμοποιηθεί. Η κατάταξη μπορεί πάντοτε να διατηρείται με τη χρήση της ιδανικής μεθόδου τόσο σε απόλυτη μέτρηση όσο και σε σχετική μέτρηση. (Leskinen, P. and Kangas, J. 2005)

7) Οι κρίσεις των ομάδων πρέπει να ενσωματώνονται μία κάθε φορά με προσοχή και μαθηματικά, λαμβάνοντας υπόψη, όταν είναι επιθυμητό, την εμπειρία, τη γνώση και την εξουσία κάθε ατόμου που εμπλέκεται στην απόφαση, χωρίς να χρειάζεται η επιβολή συναίνεσης, ή η χρήση της πλειοψηφίας ή άλλων συνηθισμένων τρόπων ψηφοφορίας. Το θεώρημα σχετικά με την αδυναμία κατασκευής μιας συνάρτησης κοινωνικής χρησιμότητας από μεμονωμένες επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας που ικανοποιεί τέσσερις εύλογες συνθήκες που βρήκαν την εγκυρότητά τους με συνηθισμένες προτιμήσεις δεν ισχύει πια όταν χρησιμοποιούνται οι προτιμήσεις αναλογίας κλίμακας όπως στη ΜΙΑ. Αντ' αυτού, έχει κανείς τη δυνατότητα να κατασκευάσει μια τέτοια λειτουργία. Για την αντιμετώπιση μιας μεγάλης ομάδας απαιτείται η χρήση ερωτηματολογίων και στατιστικών διαδικασιών για μεγάλα δείγματα.

Κλίμακες αναλογίας

Μια αναλογία είναι η σχετική τιμή ή το πηλίκο A/B των δύο ποσοτήτων A και B του ίδιου είδους. Καλείται ανάλογη εάν είναι ένας λογικός αριθμός, ειδικά είναι δυσανάλογη. Μια δήλωση της ισότητας των δύο αναλογιών A/B και Γ/Δ ονομάζεται αναλογικότητα. Η κλίμακα αναλογίας είναι ένα σύνολο αριθμών που είναι αμετάβλητος στο πλαίσιο ενός μετασχηματισμού ομοιότητας (πολλαπλασιασμός από μια θετική σταθερά). Η σταθερά ακυρώνει όταν σχηματίζεται η αναλογία των δύο αριθμών. Είτε λίβρες ή χιλιόγραμμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μέτρηση του βάρους, αλλά η αναλογία του βάρους των δύο αντικειμένων είναι το ίδιο και για τις δύο κλίμακες.

Σε γενικές γραμμές, αν οι αναγνώσεις από μια κλίμακα αναλογίας είναι aw_i^* , $i = 1, \dots, n$, η τυποποιημένη μορφή δίνεται από $w_i = aw_i^* / aw_i^*$ ως αποτέλεσμα του οποίου έχουμε $w_i = 1$, και τα w_i , $i = 1, \dots, n$, λέγεται ότι είναι κανονικοποιημένα. Δεν χρειάζεται πλέον να καθορίζουμε αν το βάρος παρέχεται π.χ. σε λίβρες ή σε χιλιόγραμμα ή σε άλλο είδος μονάδας. Τα βάρη σε λίβρες και σε χιλιόγραμμα, και τα δύο δίδονται στην τυποποιημένη κλίμακα.

Η κλίμακα σχετικής αναλογίας προκύπτει από την παρακάτω επίλυση:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} w_j = \lambda_{max} w_i$$

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

με το $a_{ji} = 1 / a_{ij}$ ή $a_{ij} a_{ji} = 1$ (η αντίστροφη ιδιότητα), $a_{ij} = 0$ (έτσι το A είναι γνωστό ως μια θετική δομή) όπου η λύση, που είναι γνωστή ως το κύριο σωστό ιδιοδιάνυσμα, κανονικοποιείται όπως στο παραπάνω δεύτερο σχήμα. Μια κλίμακα σχετικής αναλογίας δεν χρειάζεται μονάδα μέτρησης.

Όταν $a_{ij} a_{jk} = a_{ik}$, η δομή $A = (a_{ij})$ λέγεται ότι είναι συνεπής και το κύριο ιδιοδιάνυσμά της είναι ίσο με n . Διαφορετικά, είναι απλώς αμοιβαία. (Alonso, J. and Lamata, T. 2006)

Το γενικό ιδιοδιάνυσμα που δίνεται στο παραπάνω πρώτο σχήμα λαμβάνεται με διαταραχή της ακόλουθης συνεπούς σύνθεσης:

$$Aw = \begin{matrix} & A_1 & \dots & A_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} & = n \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = nw.$$

όπου το A έχει πολλαπλασιαστεί στα δεξιά με τη μετατροπή του φορέα των βαρών $w = (w_1, \dots, w_n)$. Το αποτέλεσμα αυτού του πολλαπλασιασμού είναι nw . Έτσι, για να ανακτηθεί η κλίμακα από τη δομή των αναλογιών, πρέπει να λυθεί το πρόβλημα

$$Aw = nw \text{ ή } (A - nI)w = 0.$$

Αυτό είναι ένα σύστημα ομοιογενών γραμμικών εξισώσεων. Έχει μια μη τετριμμένη λύση αν και εάν και μόνο αν ο καθοριστικός παράγοντας του $A - nI$ εξαφανιστεί, δηλαδή, το n είναι ένα ιδιοδιάνυσμα του A . Τώρα το A έχει κατάταξη μονάδων αφού κάθε σειρά είναι ένα σταθερό πολλαπλάσιο της πρώτης σειράς. Έτσι όλα τα ιδιοδιανύσματα εκτός από ένα είναι μηδέν. Το άθροισμα των ιδιοδιανυσμάτων μίας δομής είναι ίσο με το ίχνος του, δηλαδή το άθροισμα των διαγώνιων στοιχείων του. Σε αυτή την περίπτωση το ίχνος του A είναι ίσο με n . Επομένως το n είναι ένα ιδιοδιάνυσμα του A , και έχουμε μια μη τετριμμένη λύση. Η λύση αποτελείται από θετικές καταχωρήσεις και είναι μοναδική σε μια πολλαπλασιαστική σταθερά. (Bana e Costa, C. and Vansnick, J. 2008)

Η διακριτή σύνθεση που δίνεται στα πιο πάνω σχήματα γενικεύει στη συνεχή περίπτωση μέσω της ενιαίας εξίσωσης του Fredholm του δεύτερου είδους και δίνεται από :

$$\int_a^b K(s, t)w(t)dt = \lambda_{\max} w(s)$$

$$\lambda \int_a^b K(s, t)w(t)dt = w(s)$$

$$\int_a^b w(s)ds = 1$$

όπου αντί της δομής A έχουμε ως θετικό πυρήνα, $K(s, t) \geq 0$. Σημειώστε ότι οι καταχωρήσεις σε μια δομή εξαρτώνται από τις δύο μεταβλητές i και j που παίρνουν διακριτές τιμές. Έτσι, η ίδια η δομή εξαρτάται από αυτές τις διακριτές μεταβλητές, και η γενίκευση της, η λειτουργία του πυρήνα εξαρτάται επίσης από δύο (συνεχείς) μεταβλητές. Ο λόγος για τον οποίο ονομάζεται πυρήνας είναι ο ρόλος που παίζει στο ολοκλήρωμα, όπου χωρίς να το γνωρίζουμε δεν μπορούμε να καθορίσουμε την ακριβή μορφή της λύσης. Ο τυποποιημένος τρόπος με τον οποίο γράφεται είναι να μετακινήσουμε το ιδιοδιάνυσμα στην αριστερή πλευρά που του δίνει την αμοιβαία μορφή. Γενικά, με την κατάχρηση της συμβολής, συνεχίζει να χρησιμοποιείται το σύμβολο k για να αντιπροσωπεύει την αμοιβαία αξία. (Bajwa, G., Choo, E. and Wedley, W.C. 2008)

Η εξίσωση μας για την απόκριση σε ένα ερέθισμα γράφεται τώρα στην τυποποιημένη μορφή με την κατάσταση κανονικοποίησης. Επίσης έχουμε την αντίστροφη ιδιότητα και όπως στην πεπερασμένη περίπτωση ο πυρήνας $K(s, t)$ είναι συνεπής αν ικανοποιεί τη σχέση

$$K(s, t)K(t, s) = 1$$

$$K(s, t)K(t, u) = K(s, u), \text{ for all } s, t, \text{ and } u$$

Ένα παράδειγμα αυτού του τύπου πυρήνα είναι το $K(s, t) = e^{s-t} = e^s / e^t$

Ακολουθεί η τοποθέτηση

$s = t = u$, ότι το $K(s, s) = 1$ για όλα τα s που είναι ανάλογο με εκείνα που είναι κάτω από το διαγώνιο της δομής στη διακριτή περίπτωση. Μια τιμή του k για την οποία

Fredholm = η ακολουθία έχει μη μηδενική λύση $w(t)$ ονομάζεται χαρακτηριστική τιμή

(ή η αμοιβαιότητα του ονομάζεται ιδιοδιάνυσμα) και η αντίστοιχη λύση

μια ιδιοσυνάρτηση. Μια ιδιοσυνάρτηση προσδιορίζεται μέσα σε μια πολλαπλασιαστική σταθερά.

Αν $w(t)$ είναι μια ιδιοσυνάρτηση που αντιστοιχεί στη χαρακτηριστική τιμή k και αν

C είναι μια αυθαίρετη σταθερά, μπορούμε εύκολα να δούμε υποκαθιστώντας στην εξίσωση ότι το $Cw(t)$ είναι επίσης μια ιδιοσυνάρτηση που αντιστοιχεί στο ίδιο k . Η τιμή

$k = 0$ δεν είναι μια χαρακτηριστική τιμή επειδή έχουμε την αντίστοιχη λύση $w(t) = 0$ για κάθε τιμή t , η οποία είναι η ασήμαντη περίπτωση που αποκλείστηκε.

Μια δομή είναι συνεπής αν και μόνο αν έχει τη μορφή $A = (w_i / w_j)$ η οποία είναι ισοδύναμη για τον πολλαπλασιασμό ενός φορέα στήλης που είναι η μεταφορά των

(w_1, \dots, w_n) από τον φορέα γραμμών $(1/w, \dots, 1/w_n)$. (Stein, W. and Mizzi, P. (2007)

Όπως βλέπουμε παρακάτω, ο πυρήνας $K(s, t)$ είναι διαχωρίσιμος και μπορεί να γραφτεί ως

$$K(s, t) = k_1(s)k_2(t).$$

Theorem $K(s, t)$ is consistent if and only if it is separable of the form:

$$K(s, t) = k(s)/k(t).$$

Theorem If $K(s, t)$ is consistent, the solution of (2.4) is given by

$$w(s) = \frac{k(s)}{\int_s k(s)ds}.$$

Στη διακριτή περίπτωση, το κανονικοποιημένο ιδιοδιάνυσμα ήταν ανεξάρτητο από το αν όλα τα στοιχεία της συνδυασμένης σύγκρισης ζεύγους A πολλαπλασιάζονται με την ίδια σταθερά a ή όχι, και έτσι μπορούμε να αντικαταστήσουμε το A με aA και να αποκτήσουμε το ίδιο ιδιοδιάνυσμα. (Lin, C. (2007)

Γενικεύοντας αυτό το αποτέλεσμα έχουμε:

$$K(as, at) = aK(s, t) = k(as)/k(at) = a k(s)/k(t)$$

που σημαίνει ότι το K είναι μια ομοιογενής λειτουργία της τάξης ένα. Γενικά, όταν $f(ax_1, \dots, ax_n) = \text{ένα } f(x_1, \dots, x_n)$ ισχύει, το f λέγεται ότι είναι ομοιογενές της τάξης n .

Επειδή

K είναι ένας εκφυλισμένος πυρήνας, μπορούμε να αντικαταστήσουμε το $k(s)$ παραπάνω με $k(as)$ και να πάρουμε $w(as)$.

Έχει τώρα προκύψει από εξέταση κλίμακων αναλογίας ότι ακόλουθη προϋπόθεση ικανοποιείται από μια κλίμακα αναλογίας:

Θεώρημα Μια απαραίτητη και επαρκής συνθήκη για το $w(s)$ να είναι μια ιδιοσυνάρτηση λύση της εξίσωσης του Fredholm του δεύτερου είδους, με έναν σταθερό πυρήνα που είναι ομοιογενής της τάξης του ενός, είναι να ικανοποιεί τη λειτουργική εξίσωση

$$w(as) = bw(s) \quad \text{όπου } b=aa$$

Έχουμε για τη γενική συνάρτηση απόσβεσης περιοδικής απόκρισης $w(s)$,

$$w(s) = Ce^{\log b \frac{\log s}{\log a}} P\left(\frac{\log s}{\log a}\right)$$

όπου P είναι περιοδική της περιόδου 1 και $P(0) = 1$.

Μπορούμε να γράψουμε αυτή τη λύση ως

$$v(u) = C_1 e^{-bu} P(u)$$

όπου $P(u)$ είναι περιοδικό της περιόδου 1, $u = \log s / \log a$ και $\log ab / -b$, $b \in [0, \infty)$.

Συγκρίσεις και βασική κλίμακα

Αντί να αναθέσουμε δύο αριθμούς w_i και w_j και να σχηματίσουμε τον λόγο w_i / w_j , αναθέτουμε έναν μοναδικό αριθμό που προέρχεται από τη βασική κλίμακα 1-9 των απόλυτων αριθμών για να αναπαριστά την αναλογία $(w_i / w_j) / 1$. Πρόκειται για μια πλησιέστερη ακέραια προσέγγιση με την αναλογία w_i / w_j . Η παραγόμενη κλίμακα θα αποκαλύψει τι είναι w_i και w_j . Αυτό είναι ένα κεντρικό στοιχείο σχετικά με τη σχετική προσέγγιση μέτρησης του AHP και την ανάγκη για μια θεμελιώδη κλίμακα.

Το 1846 ο Weber βρήκε, ότι οι άνθρωποι, κρατώντας στο χέρι τους διαφορετικά βάρη, μπορούσαν να διακρίνουν μεταξύ βάρους 20 g και βάρους 21 g, αλλά δεν μπορούσαν αν

το δεύτερο βάρος ήταν μόνο 20,5 g. Από την άλλη πλευρά, αν και δεν μπορούσαν να διακρίνουν μεταξύ 40 και 41 g, θα μπορούσαν να κυμαίνονται μεταξύ 40 και 42 g, και ούτω καθεξής σε υψηλότερα επίπεδα. Πρέπει να αυξήσουμε ένα ερέθισμα με ένα ελάχιστο ποσό D_s για να φτάσουμε σε ένα σημείο όπου οι αισθήσεις μας μπορούν πρώτα να κάνουν διάκριση μεταξύ s και s ; D_s . Το D_s ονομάζεται η μόλις αισθητή διαφορά (jnd).

Ο λόγος $r = D_s / s$ δεν εξαρτάται από το s . Ο νόμος του Weber δηλώνει ότι η αλλαγή στην αίσθηση παρατηρείται όταν το ερέθισμα αυξάνεται από ένα σταθερό ποσοστό του ίδιου του ερεθίσματος. Αυτός ο νόμος ισχύει σε περιοχές όπου το D_s είναι μικρό σε σύγκριση με το s και επομένως στην πράξη αποτυγχάνει να κρατήσει όταν το s είναι είτε πολύ μικρό είτε πολύ μεγάλο. Η συγκέντρωση ή η αποσύνθεση ερεθισμάτων, όπως απαιτείται, σε επίπεδα συστάδων ή ιεραρχίας είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος για την επέκταση των χρήσεων αυτού του νόμου. Το 1860 ο Fechner θεωρούσε μια ακολουθία απλών αισθητά αυξανόμενων ερεθισμάτων. Δηλώνει το πρώτο από το s_0 . Το επόμενο μόλις αξιοσημείωτο ερέθισμα δίνεται από

$$s_1 = s_0 + \Delta s_0 = s_0 + \frac{\Delta s_0}{s_0} s_0 = s_0(1 + r)$$

Έτσι τα ερεθίσματα των αξιοσημείωτων διαφορών ακολουθούνται διαδοχικά σε μια γεωμετρική εξέλιξη. Ο Fechner σημείωσε ότι οι αντίστοιχες αισθήσεις πρέπει να ακολουθούν η μία την άλλη σε μια αριθμητική ακολουθία στα διακριτά σημεία στα οποία συμβαίνουν μόλις αισθητές διαφορές. Αλλά τα τελευταία λαμβάνονται όταν λύσουμε το n .

Έτσι τα ερεθίσματα των αξιοσημείωτων διαφορών ακολουθούν ακολουθία σε μια γεωμετρική εξέλιξη. Ο Fechner σημείωσε ότι οι αντίστοιχες αισθήσεις πρέπει να ακολουθούν η μία την άλλη σε μια αριθμητική ακολουθία στα διακριτά σημεία στα

οποία συμβαίνουν μόλις αισθητές διαφορές. Αλλά τα τελευταία λαμβάνονται όταν λύσουμε για n .

$$n = \frac{(\log s_n - \log s_0)}{\log \alpha}$$

και η αίσθηση είναι μια γραμμική συνάρτηση του λογαρίθμου του ερεθίσματος. Έτσι, εάν το M υποδηλώνει την αίσθηση και το ερέθισμα, ο ψυχοφυσικός νόμος του Weber-Fechner δίνεται από

$$M = a \log s + b, \quad a \neq 0.$$

Υποθέτουμε ότι τα ερεθίσματα προκύπτουν κατά την πραγματοποίηση ζευγαριών συγκρίσεων συγκρίσιμων δραστηριοτήτων. Μας ενδιαφέρουν οι απαντήσεις των οποίων οι αριθμητικές τιμές έχουν τη μορφή αναλογιών. Έτσι $b = 0$, από το οποίο πρέπει να έχουμε $\log s_0 = 0$ ή $s_0 = 1$, το οποίο είναι εφικτό με τη βαθμονόμηση ενός ερεθίσματος μονάδας. Εδώ το ερέθισμα μονάδας είναι s_0 . Το επόμενο αξιοσημείωτο ερέθισμα είναι $s_1 = \frac{1}{4} s_0$ ή $\frac{1}{4} a$ το οποίο δίνει τη δεύτερη αισθητή απόκριση ένα $\log a$. Το τρίτο αξιοσημείωτο ερέθισμα είναι $s_2 = \frac{1}{4} s_0$ ή $\frac{1}{4} a^2$ το οποίο δίνει απόκριση $2a \log a$.

Έτσι έχουμε τις διαφορετικές απαντήσεις:

$$M_0 = a \log s_0, \quad M_1 = a \log \alpha, \quad M_2 = 2a \log \alpha, \dots, \quad M_n = na \log \alpha.$$

Ενώ το αισθητό ερέθισμα αναλογίας αυξάνεται γεωμετρικά, η απόκριση σε αυτό το ερέθισμα αυξάνεται αριθμητικά. Σημειώστε ότι $M_0 = 0$ και δεν υπάρχει απόκριση.

Διαχωρίζοντας κάθε M_i από το M_1 λαμβάνουμε την ακολουθία των απόλυτων αριθμών 1, 2, 3, ... της βασικής κλίμακας 1-9.

Οι ζευγαρωμένες συγκρίσεις γίνονται με τον προσδιορισμό της μικρότερης κυριαρχίας των δύο στοιχείων και τη χρήση της ως μονάδας μέτρησης. Στη συνέχεια, καθορίζεται, χρησιμοποιώντας την κλίμακα 1-9 ή το λεκτικό ισοδύναμο του, πόσες φορές το κυρίαρχο μέλος του ζεύγους είναι από αυτή τη μονάδα. Κατά την πραγματοποίηση ζευγαρωμένων συγκρίσεων, χρησιμοποιούμε την πλησιέστερη ακέραια προσέγγιση από την κλίμακα, στηριζόμενοι στην ανυπαρξία του ιδιοσκευάσματος σε μικρές διαταραχές (που αναφέρονται παρακάτω). Η αμοιβαία τιμή χρησιμοποιείται στη συνέχεια για τη σύγκριση του λιγότερο κυρίαρχου στοιχείου με το πιο κυρίαρχο στοιχείο.

Παρά την προηγούμενη εξαγωγή της κλίμακας με τη μορφή ακέραιων αριθμών, κάποιος μπορεί να πιστεύει ότι άλλες τιμές κλίμακας θα ήταν καλύτερες, για παράδειγμα χρησιμοποιώντας 1.3 αντί για 2. Φανταστείτε τη σύγκριση του μεγέθους των δύο ανθρώπων σε σχέση με το μέγεθος ενός ατόμου και χρησιμοποιώντας 1.3 για πόσες υπάρχουν αντί για 2.

Σημειώνουμε ότι μπορεί να υπάρχουν στοιχεία που είναι πιο κοντά από τα 2 στην κλίμακα 1-9 και χρειαζόμαστε μια παραλλαγή των παραπάνω. Μεταξύ των στοιχείων που είναι κοντά, επιλέγουμε το μικρότερο. Παρατηρήστε τις αυξητικές αυξήσεις μεταξύ εκείνης της μικρότερης και των υπόλοιπων στοιχείων της στενής ομάδας. Θεωρούμε τώρα αυτές τις αυξήσεις ως νέα στοιχεία και ζευγαρώνουμε τις συγκρίνουμε στην κλίμακα 1-9.

Εάν δύο από τις αυξήσεις είναι οι ίδιες πιο κοντά σε 2, τις αντιμετωπίζουμε ως ίδιες, αποδίδοντας 1 (θα μπορούσαμε να το μεταφέρουμε στο *ad infinitum* - αλλά δεν θα το κάνουμε). Στο τέλος κάθε στοιχείου του ιδιοσκευάσματος των συγκρίσεων των αυξήσεων προστίθεται στην ενότητα για να αποδώσει τις μη κανονικοποιημένες προτεραιότητες των στενών στοιχείων για το κριτήριο αυτό. Σημειώστε ότι μόνο τα ελάχιστα από αυτά τα στενά στοιχεία χρησιμοποιούνται σε συγκρίσεις με τα άλλα στοιχεία που μπορούν να συγκριθούν απευθείας χρησιμοποιώντας την κανονική κλίμακα 1-9.

Η προτεραιότητά του χρησιμοποιείται για τον πολλαπλασιασμό των προτεραιοτήτων αυτών των στενών στοιχείων και τελικά επαναπροσδιορίζονται οι προτεραιότητες όλων

των στοιχείων. Πόσο μεγάλη θα πρέπει να είναι η ανώτερη τιμή της κλίμακας; Ποιοτικά, οι άνθρωποι έχουν την ικανότητα να διαιρούν την ανταπόκρισή τους σε ερεθίσματα σε τρεις κατηγορίες: υψηλή, μεσαία και χαμηλή. Έχουν επίσης την ικανότητα να εξειδικεύουν αυτή τη διαίρεση, υποδιαιρώντας περαιτέρω κάθε μία από αυτές τις εντάσεις απαντήσεων σε υψηλή, μεσαία και χαμηλή, αποδίδοντας έτσι και στις εννέα υποδιαιρέσεις. Αποδεικνύεται, από την απαίτηση της ομοιογένειας που αναπτύσσεται παρακάτω, ότι για να διατηρηθεί η σταθερότητα, το μυαλό μας λειτουργεί με λίγα στοιχεία τη φορά. Η χρήση ενός μεγάλου αριθμού στοιχείων σε ένα πλέγμα οδηγεί σε μεγαλύτερη ασυνέπεια.

Η ευαισθησία του βασικού ιδιοσκευάσματος

Σε μια προσέγγιση πρώτης τάξεως, η διατάραξη Dw_1 στο κύριο ιδιοδιάνυσμα w_1 λόγω μιας διαταραχής DA στο A όπου το A είναι συνεπές δίνεται από

$$\Delta w_1 = \sum_{j=2}^n (v_j^T \Delta A w_1 / (\lambda_1 - \lambda_j) v_j^T w_j) w_j .$$










το ιδιοδιάνυσμα w_1 δεν είναι ευαίσθητος σε διαταραχή στην A , εάν η κύρια ιδιοτιμή λ_1 διαχωρίζεται από τις άλλες ιδιοτιμές λ_j , εδώ θεωρείται ότι είναι ξεχωριστή και κανένα από τα προϊόντα $v_j^T w_j$ των αριστερών και δεξιών ιδιοκυμάτων δεν είναι μικρό.

Πρέπει να υπενθυμίσουμε ότι τα μη βασικά ιδιοσκευάσματα δεν χρειάζεται να είναι θετικά σε όλα τα συστατικά και μπορεί να είναι πολύπλοκα. Μπορούμε να δείξουμε ότι όλα τα $v_j^T w_j$ είναι της ίδιας τάξης και ότι $v_1^T w_1$, το προϊόν των κανονικοποιημένων αριστερών και δεξιών κύριων ιδιογεωτών είναι ίσο με n . Αν το n είναι σχετικά μικρό και

τα στοιχεία που συγκρίνονται είναι ομοιογενή, κανένα από τα συστατικά του w_1 είναι αυθαίρετα μικρό και αντίστοιχα κανένα από τα συστατικά του v_1T είναι αυθαίρετα μικρό. Το προϊόν τους δεν μπορεί να είναι αυθαίρετα μικρό και επομένως w δεν είναι ευαίσθητο στις μικρές διαταραχές του συνεκτικού πίνακα A . Το συμπέρασμα είναι ότι το n πρέπει να είναι μικρό και πρέπει να συγκρίνουμε ομοιογενή στοιχεία. Αργότερα συζητούμε να θέσουμε ένα όριο στην τιμή του n .

Ομαδοποίηση και επέκταση της κλίμακας από 1-9 σε 1-;

Στην παρακάτω εικόνα, μια ντομάτα και ένα κεράσι συγκρίνεται τελικά και έμμεσα με ένα μεγάλο καρπούζι, πρώτα συγκρίνοντάς την με μια μικρή ντομάτα και ένα lime, το lime στη συνέχεια χρησιμοποιείται και πάλι σε ένα δεύτερο σύμπλεγμα με γκρέιπφρουτ και μέλι όπου διερέθηκε με το βάρος του lime και στη συνέχεια πολλαπλασιάζεται με το βάρος του στην πρώτη συστάδα και, στη συνέχεια, χρησιμοποιήστε ξανά το μέλι σε μια τρίτη ομάδα και ούτω καθεξής. Στο τέλος έχουμε μία σύγκριση της άγουρης κερασιάς με το μεγάλο καρπούζι και θα ήταν κατά συνέπεια επέκταση της κλίμακα από 1-9 σε 1-721.

 .07 Unripe Cherry Tomato	 .28 Small Green Tomato	 .65 Large Lime
 .08 Large Lime $\frac{.08}{.08} = 1$.65x1=.65	 .22 Unripe Grapefruit $\frac{.22}{.08} = 2.75$.65x2.75=1.79	 .70 Honeydew $\frac{.70}{.08} = 8.75$.65x8.75=5.69
 .10 Honeydew $\frac{.10}{.10} = 1$ 5.69x1=5.69	 .30 Sugar Baby Watermelon $\frac{.30}{.10} = 3$ 5.69x3=17.07	 .60 Oblong Watermelon $\frac{.60}{.10} = 6$ 5.69x6=34.14
This means that $\frac{34.14}{.07} = 487.7$ unripe cherry tomatoes are equal to the oblong watermelon.		

Αυτή η ομαδοποίηση είναι απαραίτητη και πρέπει να γίνεται χωριστά για κάθε κριτήριο. Πρέπει να σημειωθεί ότι στα περισσότερα προβλήματα αποφάσεων μπορεί να υπάρχουν ένα ή δύο επίπεδα ομάδων και πιθανώς μπορεί να φτάσει μέχρι τρεις ή τέσσερις γειτονικές σειρές ομοιογενών (Maslow τα βάζει σε επτά ομαδοποιήσεις).

Μείωση σειράς σπουδαιότητας:

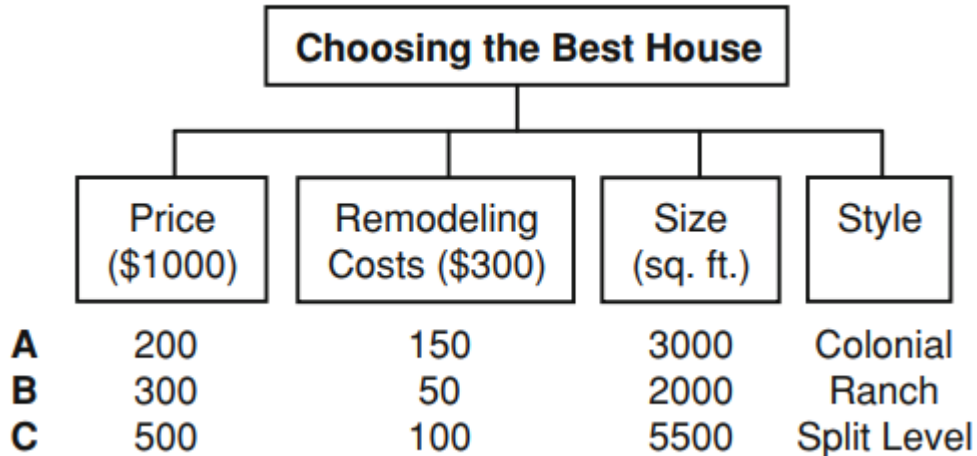
- (1) Επιβίωση, υγεία, οικογένεια, φίλοι και βασικές θρησκευτικές πεποιθήσεις
- (2) Καριέρα, εκπαίδευση, παραγωγικότητα και τρόπος ζωής.
- (3) Πολιτικές και κοινωνικές πεποιθήσεις και συνεισφορές.
- (4) Πίστewος, ιδέες και πράγματα που είναι ευέλικτα και δεν έχει σημασία ακριβώς πώς κάποιος υποστηρίζει ή τις χρησιμοποιεί.

Αυτές οι κατηγορίες μπορούν να γενικευτούν σε μια ομάδα, ή εταιρία ή κυβέρνηση. Για πολύ σημαντικές αποφάσεις, μπορεί να χρειαστούν δύο κατηγορίες να ληφθούν υπόψη. Σημειώστε ότι οι προτεραιότητες σε δύο γειτονικές κατηγορίες θα είναι επαρκείς

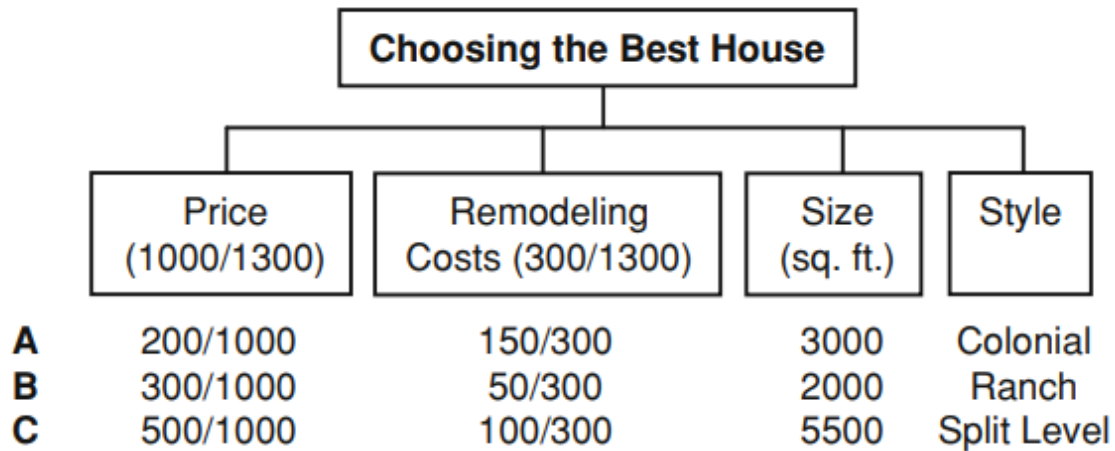
διαφορετικά, η μία είναι μια τάξη μεγέθους μικρότερη από την άλλη, οι προτεραιότητες των στοιχείων στο μικρότερο σετ έχουν μικρή επίδραση στην απόφαση. (Belton, V. and Stewart, T.J. (2002)

Δεν έχουμε χώρο για να δείξουμε πώς μπορεί να υπάρχουν κάποια ανεπιθύμητα στοιχεία συγκρίνονται μεταξύ τους και σταδιακά επεκτείνονται για να τα συγκρίνουν με επιθυμητά όπως παραπάνω. Έτσι μπορεί κανείς να πάει από αρνητικά σε θετικά, αλλά να κρατήσει τη μέτρηση των δύο θετικών τύπων, τελικά συγκεντρώνοντάς τα ξεχωριστά.

Κατάταξη σπιτιών σε τέσσερα κριτήρια



Κανονικοποίηση των μετρήσεων



Σύνθεση και συνδυασμός υλικών

Ο συνδυασμός των υλικών με τα άυλα και πρόσθετα υλικά έναντι πολλαπλασιασμού είναι μια ολοκληρωμένη ιεραρχία με τα επίπεδα h .

Έστω ότι το H είναι μια ολοκληρωμένη ιεραρχία με τα επίπεδα h . Έστω ότι το B_k είναι η μήτρα προτεραιότητας του k th επίπεδο, $k = 2, \dots, h$.

Αν το W_0 είναι το διάνυσμα παγκόσμιας προτεραιότητας του p th επίπεδο με σε σχέση με κάποιο στοιχείο z στο $(p - 1)$ επίπεδο, τότε το διάνυσμα προτεραιότητας W του q th επίπεδο $(p \setminus q)$ σε σχέση με το z δίνεται από την πολυγραμμική (και συνεπώς μη γραμμική)

$$W = B_q B_{q-1} \dots B_{p+1} W'.$$

Το διάνυσμα παγκόσμιας προτεραιότητας του χαμηλότερου επιπέδου σε σχέση με το στόχο δίνεται από,

$$W = B_h B_{h-1} \dots B_2 W'.$$

Γενικά, $W_0 \approx 1$: Η ευαισθησία των εναλλακτικών λύσεων στο κάτω επίπεδο σε σχέση με το οι μεταβολές των βαρών των στοιχείων σε οποιοδήποτε επίπεδο μπορούν να μελετηθούν μέσω αυτού πολυγραμμική μορφή.

Ας υποθέσουμε ότι μια οικογένεια σκέφτεται να αγοράσει ένα σπίτι και υπάρχουν τρία σπίτια να εξετάσει το A, B και Γ.

Τέσσερις παράγοντες κυριαρχούν στη σκέψη τους:

- η τιμή του
- τα έξοδα αναδιαμόρφωσης,
- το μέγεθος του σπιτιού όπως αντανακλάται από τα πλάνα του
- το στυλ του σπιτιού που είναι άυλο.

Έχουν εξετάσει τρία σπίτια με τα αριθμητικά δεδομένα που φαίνονται παρακάτω στα ποσοτικοποιήσιμα

Αν προσθέσουμε το κόστος στην τιμή και το μοντελοποίηση και κανονικοποιηθεί, αποκτούμε αντίστοιχα

$$(A, B, C) = (0.269, 0.269, 0.462).$$

Τώρα ας δούμε τι χρειάζεται για την εξομάλυνση για να αποδώσει το ίδιο αποτέλεσμα. Αρχικά κανονικοποιούμε για κάθε έναν από τους μετρήσιμους παράγοντες. Τότε πρέπει να ομαλοποιήσουμε τους συντελεστές που μετρώνται σε σχέση με μία μόνο κλίμακα.

Συνδυάζοντας τα δύο κόστη μέσω προσθέτων ή πολλαπλασιαστικών συνθέσεων

Choosing the Best House						
Economic Factors (combining Price and Remodeling Cost)			Additive Synthesis	Multiplicative Synthesis	Size (sq. ft.)	Style
A	350/1300	=	.269	.256	3000/10500	Colonial
B	350/1300	=	.269	.272	2000/10500	Ranch
C	600/1300	=	.462	.472	5500/10500	Split Level

Εδώ μαθαίνουμε δύο σημαντικά μαθήματα που πρέπει να χρησιμοποιηθούν στη γενική προσέγγιση.

Κανονικοποίηση των εναλλακτικών λύσεων για τα δύο κριτήρια που αφορούν τα χρήματα όσον αφορά το τα χρήματα που εμπλέκονται και στα δύο κριτήρια οδηγούν σε σχετικό βάθος σπουδαιότητας για τα κριτήρια.

Εδώ, για παράδειγμα, η τιμή είναι σε αναλογία περίπου τριών προς μία όταν συγκρίνεται με το κόστος αναδιαμόρφωσης και σε σύγκριση με την τελευταία σε σχέση με το στόχο της επιλογής του καλύτερου σπιτιού, είναι πιθανό να του δοθεί η τιμή, όπου είναι σχεδόν τριπλάσια, όπως φαίνεται από τις μετρήσεις. Εδώ τα κριτήρια, η τιμή και το κόστος αναδιαμόρφωσης αποδίδουν τις προτεραιότητές τους μόνο από τις εναλλακτικές λύσεις επειδή είναι εξίσου σημαντικοί παράγοντες, αν και μπορούν επίσης να αποκτήσουν προτεραιότητες από κριτήρια υψηλότερου επιπέδου ως προς τη λειτουργική τους σημασία σε σχέση με την ευκολία και τη διαθεσιμότητα διαφορετικών χρηματικών ποσών.

Τώρα συνδυάζοντας τους δύο συντελεστές με κοινή κλίμακα με τη στάθμιση και την προσθήκη. Έχουμε

Η αριστερή στήλη και οι δεκαδικές της τιμές στη δεύτερη στήλη δίνουν το ακριβές αξία των κανονικοποιημένων χρηματικών ποσών που ξοδεύονται σε κάθε σπίτι που λαμβάνεται με σύνθεση προσθέτων (στάθμιση και προσθήκη).

Με τη συγκέντρωση των δύο συντελεστών που μετρούνται με χρήματα σε ένα παράγοντα, ο ένας τότε αποφασίζει για το ποιο σπίτι να αγοράσει συγκρίνοντας τα τρία κριτήρια όσον αφορά τη σημασία τους σε σχέση με το στόχο.

Το δεύτερο μάθημα είναι ότι όταν τα κριτήρια έχουν διαφορετικές μετρήσεις, η δική τους σημασία δεν μπορεί να καθοριστεί από κάτω προς τα πάνω μέσω της μέτρησης των εναλλακτικών λύσεων, αλλά από την κορυφή προς τα κάτω, από την άποψη του στόχου.

Η ίδια διαδικασία σύγκρισης των κριτηρίων σε σχέση με το στόχο εφαρμόζεται σε όλα τα κριτήρια εάν, παρά το γεγονός ότι η παρουσία μιας φυσικής κλίμακας, θεωρείται ότι είναι μετρήσιμη σε διαφορετικές

κλίμακες που θα μπορούσαν όταν οι οι δεν αντικατοπτρίζει τη σχετική σημασία των εναλλακτικών μεθόδων όσον αφορά το συγκεκριμένο κριτήριο.

Μπορούμε να σημειώσουμε διαδοχικά ότι το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας σύγκρισης σε σχέση με τα κριτήρια υψηλότερου επιπέδου παράγουν σημαντικά (όχι αυθαίρετα) αποτελέσματα όπως σημειώνεται από τις δύο διακεκριμένες υποστηρικτές της θεωρίας αξίες πολλαπλών χαρακτηριστικών (MAVT) Buede και Maxwell, ο οποίος έγραψε για τα δικά τους πειράματα στη λήψη αποφάσεων:

Η πολλαπλασιαστική σύνθεση, όπως στην τρίτη στήλη των αριθμών παραπάνω, γίνεται με την αύξηση κάθε αριθμού στις δύο στήλες του προηγούμενου πίνακα στην ισχύ του κριτηρίου του που μετράται στα σχετικά συνολικά χρημάτων κάτω από αυτό, πολλαπλασιάζοντας τα δύο αποτελέσματα για κάθε μία

εναλλακτική και κανονικοποίηση, μη παρέχοντας την ακριβή απάντηση που προκύπτει από την προσθήκη.

Επιπλέον, τα A και B θα πρέπει να έχουν την ίδια τιμή, αλλά χωρίς πολλαπλασιαστική σύνθεση. Η πολλαπλασιαστική "λύση" που σχεδιάστηκε για την πλάνη του διατηρώντας πάντα την τάξη και αποφεύγοντας την ασυνέπεια αποτυγχάνουν, επειδή παραβιάζει τις μέγιστες βασικές απαιτήσεις που αναφέρονται στην εισαγωγή του παρόντος εγγράφου.

Οι πολλαπλασιαστικές και πρόσθετες συνθέσεις σχετίζονται αναλυτικά μέσω της προσέγγισης. Αν υποδηλώνουμε με a_i την προτεραιότητα του i -κριτηρίου, $i = 1, \dots, n$, και από το x_i , τότε η προτεραιότητα της εναλλακτικής x σε σχέση με το i th κριτήριο.

$$\begin{aligned} \prod x_i^{a_i} &= \exp \log \prod x_i^{a_i} = \exp\left(\sum \log x_i^{a_i}\right) = \exp\left(\sum a_i \log x_i\right) \\ &\approx 1 + \sum a_i \log x_i \approx 1 + \sum (a_i x_i - a_i) = \sum a_i x_i \end{aligned}$$

Εάν είναι επιθυμητό, μπορεί να συμπεριληφθεί ένας όρος υπολοίπου για την εκτίμηση του σφάλματος. Όσο αφορά τα πρόσθετα και τις πολλαπλασιαστικές συνθέσεις, μπορεί κανείς να σκεφτεί ότι στο τέλος αυτό δεν έχει σημασία ποια χρησιμοποιείται. Οι Saaty και Hu έχουν δείξει αυτό παρά την εγγύτητα σε κάθε μήτρα συνεκτικών κρίσεων σε μια απόφαση, η τα συνθετικά αποτελέσματα των δύο μεθόδων δεν οδηγούν μόνο σε διαφορετικές τελικές προτεραιότητες (που μπορεί να προκαλέσει εσφαλμένη κατανομή πόρων), αλλά πιο σημαντικά διαφορετικές κατατάξεις των εναλλακτικών λύσεων. Για όλα αυτά τα προβλήματα, είναι πιο σημαντικά γιατί δεν γενικεύει την εξάρτηση και την ανάδραση ακόμα και με συνέπεια εγγυημένη, και λόγω της φύσης πρόσθετου πολλαπλασιασμού μήτρας που απαιτείται

υπολογίστε την ανατροφοδότηση στα κυκλώματα δικτύου για να επεκτείνετε το AHP στο ANP, δεν το συνιστούμε πάντα να χρησιμοποιείτε πολλαπλασιαστική σύνθεση, γιατί μπορεί να οδηγήσει σε ανεπιθύμητη κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων μιας απόφασης.

Κατάταξη Διατήρηση και αναστροφή

Δεδομένης της παραδοχής ότι οι εναλλακτικές λύσεις μιας απόφασης είναι εντελώς ανεξάρτητες μεταξύ τους, μπορεί και πρέπει η εισαγωγή (διαγραφή) νέων (παλαιών) εναλλακτικών λύσεων να αλλάξει την κατάταξη ορισμένων εναλλακτικών λύσεων χωρίς να εισαχθούν νέα (διαγραφή παλαιών) κριτηρίων, έτσι ώστε μια λιγότερο προτιμώμενη εναλλακτική λύση γίνεται η προτιμώμενη;

Παρεμπιπτόντως, ο τρόπος με τον οποίο δίδεται προτεραιότητα στα κριτήρια και τα υποκείμενα είναι ακόμη πιο σημαντική από το πώς κανείς κάνει τις εναλλακτικές λύσεις που είναι τα ίδια σύνθετα κριτήρια. Μπορεί να κατατάσσεται αντίστροφα στα ίδια τα κριτήρια εάν εισάγονται νέα κριτήρια; Γιατί δεν πρέπει να είναι τόσο κρίσιμη μια ανησυχία; Η απάντηση είναι απλή. Στην αρχική της θεωρία χρησιμότητας θεωρούσε ότι τα κριτήρια δεν μπορούσαν να σταθμιστούν και τα μόνα σημαντικά στοιχεία μιας απόφασης ήταν οι εναλλακτικές λύσεις και οι υπηρεσίες κοινής ωφέλειας με βάση τα διάφορα κριτήρια. Οι σημερινοί θεωρητικοί χρησιμότητας μιμούνται την αξιολόγηση AHP και ορισμένοι ακόμη και συγκρίνοντας τα κριτήρια με κάποιο τρόπο. Δεν υπήρχε καμία ανησυχία σχετικά με το τι θα συμβεί στις τάξεις των εναλλακτικών επιλογών αν τα ίδια τα κριτήρια σταθμίσουν, καθώς δεν υπάρχουν. Η τάση, ακόμη και σήμερα, είναι να μην ενδιαφέρεται για τη θεωρία της διατήρησης και αντιστροφής της κατάταξης μεταξύ των ίδιων των κριτηρίων. Το παράδειγμα κατοικίας του προηγούμενου τμήματος μας διδάσκει ένα σημαντικό μάθημα. Εάν προσθέσουμε ένα τέταρτο σπίτι στη συλλογή, τα βάρη προτεραιότητας των κριτηρίων τιμής και κόστους αναδιαμόρφωσης θα αλλάξουν αναλόγως. Έτσι οι μετρήσεις των εναλλακτικών λύσεων και ο αριθμός τους, που ονομάζουμε διαρθρωτικούς παράγοντες, επηρεάζουν πάντα τη σημασία των κριτηρίων. (Vargas LG (1994)

Όταν τα κριτήρια είναι ανεπαρκή και οι λειτουργικές προτεραιότητές τους καθορίζονται βάσει κριτηρίων ή στόχων υψηλότερου επιπέδου, πρέπει να σταθμίσουμε ακόμη τη λειτουργική σημασία των κριτηρίων βάσει του διαρθρωτικού αποτελέσματος των

εναλλακτικών λύσεων. Αυτό που είναι σημαντικό σε όλα αυτά είναι ότι η σημασία των κριτηρίων εξαρτάται πάντα από τις μετρήσεις των εναλλακτικών λύσεων. Αν υποθέσουμε ότι οι εναλλακτικές λύσεις μετρούνται σε διαφορετική κλίμακα για κάθε κριτήριο, γίνεται φανερό ότι η εξομάλυνση είναι το μέσο που παρέχει το δομικό αποτέλεσμα για να επικαιροποιηθεί η σημασία των κριτηρίων όσον αφορά τις εναλλακτικές λύσεις που υπάρχουν. Τέλος, οι προτεραιότητες των εναλλακτικών λύσεων σταθμίζονται από τις προτεραιότητες των κριτηρίων που εξαρτώνται από τις μετρήσεις των εναλλακτικών λύσεων. Αυτό σημαίνει ότι η συνολική κατάταξη οποιασδήποτε εναλλακτικής λύσης εξαρτάται από τη μέτρηση και τον αριθμό όλων των εναλλακτικών λύσεων. Η διατήρηση πάντα της κατάταξης σημαίνει ότι οι προτεραιότητες των κριτηρίων δεν θα πρέπει να εξαρτώνται από τις μετρήσεις των εναλλακτικών επιλογών αλλά θα πρέπει να προέρχονται μόνο από τη δική τους λειτουργική σημασία σε σχέση με υψηλότερους στόχους. Αυτό συνεπάγεται ότι οι εναλλακτικές λύσεις δεν πρέπει να εξαρτώνται από τις μετρήσεις άλλων εναλλακτικών λύσεων. Έτσι ένας τρόπος για να διατηρήσετε πάντα την κατάταξη είναι να αξιολογήσετε τις εναλλακτικές λύσεις μία φορά. Στο AHP αυτό γίνεται με απόλυτη μέτρηση σε σχέση με ένα πλήρες σύνολο περιοχών έντασης με την μεγαλύτερη τιμή έντασης αξίας ίση με μία. Είναι επίσης δυνατό να διατηρηθεί η κατάταξη σε σχετική μέτρηση χρησιμοποιώντας μια ιδανική εναλλακτική λύση με πλήρη αξία ενός για κάθε κριτήριο. (Triantaphyllou, E. (2001))

Η λογική για το τι μπορεί ή πρέπει να συμβεί όταν οι εναλλακτικές λύσεις εξαρτώνται ο ένας από τον άλλο ήταν πάντα ότι μπορεί να συμβεί τίποτα. Έτσι, όταν τα κριτήρια εξαρτώνται λειτουργικά από τις εναλλακτικές λύσεις, πράγμα που σημαίνει ότι οι εναλλακτικές λύσεις, οι οποίες φυσικά εξαρτώνται από τα κριτήρια, εξαρτώνται από τις ίδιες τις εναλλακτικές λύσεις, μπορεί να επιτραπεί η αντιστροφή της κατάταξης. Η Μέθοδος Αναλυτικού Δικτύου (ANP) είναι η γενίκευση του AHP για την αντιμετώπιση εναλλακτικών επιλογών όταν υπάρχει λειτουργική εξάρτηση και ανατροφοδότηση οποιουδήποτε είδους. Ακόμη και εδώ, μπορεί κανείς να λάβει ένα πρόβλημα απόφασης με την εξάρτηση μεταξύ των κριτηρίων, αλλά χωρίς να εξαρτάται από τα κριτήρια για τις εναλλακτικές λύσεις και την κατάταξη μπορεί ακόμα να διατηρηθεί. Το ANP φροντίζει για τη λειτουργική εξάρτηση, αλλά αν τα κριτήρια δεν εξαρτώνται από τις εναλλακτικές λύσεις, τα τελευταία παραμένουν εκτός της υπερμαρκείας και ταξινομούνται ακριβώς

όπως αντιμετωπίζονται σε μια ιεραρχία. Παραδείγματα αντιστροφής της κατάταξης είναι στην πλειοψηφία στην πράξη και δεν συμβαίνουν επειδή εισάγονται νέα κριτήρια. Η απαίτηση να διατηρείται πάντα η κατάταξη ή να διατηρείται σε σχέση με άσχετες εναλλακτικές λύσεις. Σε κάθε κανόνα ή γενίκευση που κάποιος μπορεί να θέλει να καθορίσει σχετικά με την κατάταξη, είναι δυνατό να βρεθεί ένα αντίθετο παράδειγμα που παραβιάζει αυτόν τον κανόνα. Εδώ είναι η τελευταία και πιο ακραία μορφή των τεσσάρων παραλλαγών μιας προσπάθειας να προσδιοριστεί τι πρέπει να συμβεί στην κατάταξη που δίνουν οι Luce και Raiffa, καθένα από τα οποία ακολουθείται από ένα αντίτυπο. Το δηλώνουν, αλλά και οι δύο επτά πυλώνες της διαδικασίας της αναλυτικής ιεραρχίας το απορρίπτουν. Η προσθήκη νέων πράξεων σε ένα πρόβλημα απόφασης κάτω από αβεβαιότητα ποτέ δεν αλλάζει παλιές, αρχικά μη βέλτιστες πράξεις σε βέλτιστες. Το χαρακτηριστικό όλων ή οποιωνδήποτε από την τελευταία μορφή μπορεί να φαίνεται λίγο πολύ αυστηρό ... μια σοβαρή κριτική είναι ότι αποδίδει Βιβλιογραφία αδικαιολόγητα αποτελέσματα. Το AHP έχει μια θεωρία και διαδικασίες εφαρμογής και κατευθυντήριες γραμμές για το πότε πρέπει να διατηρηθεί η κατάταξη και πότε θα επιτρέψει την αντιστροφή της. Μία λειτουργία του AHP επιτρέπει μια άσχετη εναλλακτική λύση να προκαλεί αναστροφή μεταξύ των τάξεων των αρχικών εναλλακτικών λύσεων.

Οδηγίες για την επιλογή της διανομής ή της ιδανικής λειτουργίας

Ο τρόπος διανομής του AHP παράγει βαθμολογίες προτιμήσεων με την ομαλοποίηση των βαθμολογιών απόδοσης, παίρνει το βαθμό απόδοσης που λαμβάνεται από κάθε εναλλακτική λύση και το διαιρεί με το άθροισμα των επιδόσεων όλων των εναλλακτικών επιλογών κάτω από αυτό κριτήριο. Αυτό σημαίνει ότι με τη λειτουργία Διανομής η προτίμηση για κάθε δεδομένη εναλλακτική λύση θα ανέβει αν μειώσουμε το αποτέλεσμα από μια άλλη εναλλακτική λύση ή αν καταργήσουμε κάποιες εναλλακτικές λύσεις. Η ιδανική λειτουργία συγκρίνει κάθε βαθμολογία απόδοσης με ένα σταθερό σημείο αναφοράς, όπως π.χ. την απόδοση της καλύτερης εναλλακτικής λύσης βάσει αυτού του κριτηρίου. Αυτό σημαίνει ότι με την ιδανική λειτουργία η προτίμηση για οποιαδήποτε

δεδομένη εναλλακτική λύση είναι ανεξάρτητη από την απόδοση από άλλες εναλλακτικές λύσεις, εκτός από την εναλλακτική λύση που έχει επιλεγεί ως σημείο αναφοράς. Οι Saaty και Vargas έδειξαν χρησιμοποιώντας προσομοίωση, ότι υπάρχουν μόνο ελάχιστες διαφορές που παράγονται από τους δύο τρόπους σύνθεσης. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να ληφθεί η απόφαση επιλογής του ενός ή το άλλου εάν τα αποτελέσματα αποκλίνουν πέρα από ένα δεδομένο σύνολο αποδεκτών δεδομένων. (Saaty TL, Vargas LG (1993)

Οι ακόλουθες κατευθυντήριες γραμμές αναπτύχθηκαν από τους Millet και Saaty για να αντικατοπτρίσουν τις βασικές διαφορές στη μετάφραση των μέτρων απόδοσης σε μέτρα προτίμησης των εναλλακτικών λύσεων. (Millet I, Saaty TL 1999)

Η λειτουργία διανεμητικής(δεσπόζουσας θέσης) σύνθεσης θα πρέπει να χρησιμοποιείται όταν ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων ασχολείται με το βαθμό στον οποίο κυριαρχεί η κάθε εναλλακτική πάνω στις άλλες εναλλακτικές λύσεις βάσει του κριτηρίου. Ο Ιδανικός τρόπος σύνθεσης (απόδοσης) θα πρέπει να χρησιμοποιείται όταν ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων ενδιαφέρεται για το πόσο καλά αποδίδει κάθε εναλλακτική λύση σε σχέση με ένα σταθερό σημείο αναφοράς. Προκειμένου η κυριαρχία να αποτελεί ένα ζήτημα ο υπεύθυνος για τη λήψη αποφάσεων πρέπει να θεωρεί τις κατώτερες εναλλακτικές λύσεις ως σχετικές ακόμη και μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας κατάταξης. Αυτό υποδηλώνει μια απλή δοκιμή για τη χρήση της λειτουργίας διανομής: εάν ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων δηλώσει ότι η προτίμηση μιας εναλλακτικής λύσης που κατατάσσεται στην κορυφή κάτω από ένα δεδομένο κριτήριο θα βελτιωνόταν εάν η απόδοση οποιασδήποτε χαμηλότερου βαθμού εναλλακτικής λύσης προσαρμοζόταν προς τα κάτω, τότε θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί η διανεμητική λειτουργία σύνθεσης. Για να καταστήσουμε πιο αποτελεσματική αυτή τη δοκιμασία, μπορούμε να ζητήσουμε από τον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων να φανταστεί το ποσό των χρημάτων που θα ήταν διατεθειμένο να πληρώσει για την κορυφαία εναλλακτική λύση. Εάν ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων θα ήταν πρόθυμος να πληρώσει περισσότερα για μια κορυφαία εναλλακτική λύση μετά γνωρίζοντας ότι η απόδοση μιας από τις χαμηλότερες κατατάξεις άλλαξε προς τα κάτω, τότε θα πρέπει να χρησιμοποιείται η λειτουργία Διανομής. Εάν πάρουμε σαν παράδειγμα την επιλογή ενός αυτοκινήτου, δύο διαφορετικοί υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων μπορούν να προσεγγίσουν το ίδιο πρόβλημα από δύο διαφορετικές απόψεις ακόμη και αν τα κριτήρια και τα πρότυπα είναι τα ίδια. Αυτός που ενδιαφέρεται για " να

πάρει ένα καλό αυτοκίνητο " πρέπει να χρησιμοποιήσει τον Ιδανικό τρόπο λειτουργίας. Αυτός που ενδιαφέρεται να «πάρει ένα αυτοκίνητο που ξεχωρίζει» ανάμεσα στις εναλλακτικές λύσεις που αγοράζονται από συναδέλφους ή γείτονες, πρέπει να χρησιμοποιήσει τη λειτουργία Διανομής. (Luce RD, Raiffa H 1957)

Ομαδική λήψη αποφάσεων

Σε αυτό το σημείο εξετάζονται δύο θέματα στη λήψη αποφάσεων μιας ομάδας. Το πρώτο είναι πώς να αθροίζουμε ατομικές κρίσεις και το δεύτερο είναι πώς να κατασκευάσουμε την επιλογή μιας ομάδας από μεμονωμένες επιλογές.

Συγκέντρωση μεμονομένων κρίσεων

Έστω ότι η συνάρτηση $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ για τη σύνθεση των κρίσεων που δίδονται από n κριτές, ικανοποιεί τα παρακάτω

1. Συνθήκη διαχωρισμού (S): $f(x_1, x_2, \dots, x_n) = g(x_1)g(x_2) \dots g(x_n)$

για κάθε x_1, x_2, \dots, x_n σε ένα διάστημα P θετικών αριθμών, όπου g είναι μια χαρτογράφηση συνάρτησης P σε ένα σωστό διάστημα J και είναι συνεχής, συνεταιριστική και ακυρωτική λειτουργία. (Το (S) σημαίνει ότι οι επιδράσεις των μεμονωμένων κρίσεων μπορούν να διαχωρίζονται ως ανωτέρω.)

2. Συνθήκη ομοφωνίας (U): $f(x, x, \dots, x) = x$ για όλα τα x στο P . (το (U) σημαίνει ότι αν όλα τα άτομα δίνουν την ίδια κρίση x , αυτή η κρίση θα πρέπει επίσης να είναι η συνθετική κρίση.)

3. Συνθήκη ομοιογένειας (H): $f(ux_1, ux_2, \dots, ux_n) = uf(x_1, x_2, \dots, x_n)$ όπου $U > 0$ και

x_k, ux_k ($k = 1, 2, \dots, n$) είναι όλα σε P . (Για λόγους κρίσης το (H) σημαίνει ότι αν όλα τα άτομα κρίνουν μια αναλογία u φορές τόσο μεγάλη όσο μια άλλη αναλογία, τότε η συνθετική η κρίση θα πρέπει επίσης να είναι U φορές μεγάλη.)

4. Συνθήκες ισχύος (P_p): $f(x_1^p, x_2^p, \dots, x_n^p) = f^p(x_1, x_2, \dots, x_n)$ (το (P2) για παράδειγμα

σημαίνει ότι εάν το k άτομο κρίνει ότι το μήκος μιας πλευράς ενός τετραγώνου είναι X_k , η συνθετική κρίση στην περιοχή του τετραγώνου θα δοθεί από το τετράγωνο της συνθετικής κρίσης για το μήκος της πλευράς του.)

Ειδική περίπτωση ($R = P_{-1}$): $f(1/x_1, 1/x_2, \dots, 1/x_n) = 1/f(x_1, x_2, \dots, x_n)$

(το (R) είναι ιδιαίτερης σημασίας στις εκτιμήσεις αναλογίας. Σημαίνει ότι η συντιθέμενη αξία της αμοιβαιότητας των ατομικών κρίσεων θα πρέπει να είναι η αμοιβαιότητα της συντιθέμενης αξίας των αρχικών αποφάσεων.)

Οι Aczel και Saaty απέδειξαν το παρακάτω θεώρημα

Οι γενικές, διαχωρίσιμες (S) συνθετικές λειτουργίες ικανοποιούν την ομοφωνία (U) και οι συνθήκες ομοιογένειας (H) είναι ο γεωμετρικός μέσος όρος και η ισχύς της ρίζας. Εάν επιπλέον η αμοιβαία ιδιότητα (R) θεωρείται ακόμη και για μία μόνο n -πλειάδα (X_1, X_2, \dots, X_n) των κρίσεων n ατόμων, όπου όλα τα X_k δεν είναι ίσα, τότε μόνο ο γεωμετρικός μέσος ικανοποιεί όλες τις παραπάνω συνθήκες.

Σε οποιαδήποτε λογική συναίνεση, όσοι γνωρίζουν περισσότερα πρέπει επομένως να επηρεάσουν τη συναίνεση πιο έντονα από εκείνους που είναι λιγότερο ενημερωμένοι. Μερικοί άνθρωποι είναι σαφώς σοφότεροι και πιο λογικοί σε τέτοια θέματα από άλλους, άλλοι μπορεί να είναι ισχυρότεροι και οι απόψεις τους θα πρέπει να έχουν το κατάλληλο βάρος. Για μια τέτοια άνιση βαρύτητα των ψηφοφόρων δεν είναι όλα τα g στο (S) η ίδια λειτουργία. Στη θέση του (S) , η σταθμισμένη ιδιότητα διαχωρισμού (WS) είναι τώρα:

$$f(X_1, X_2, \dots, X_n) = g_1(X_1)g_2(X_2) \dots g_n(X_n)$$

(το (WS) σημαίνει ότι όλα τα άτομα που κρίνουν δεν έχουν το ίδιο βάρος όταν συντίθενται οι κρίσεις και οι διαφορετικές οι επιδράσεις αντικατοπτρίζονται στις διάφορες λειτουργίες.) (Saaty TL (1999–2000))

Σε αυτή την περίπτωση οι Aczel and Alsina απέδειξαν το παρακάτω θεώρημα

Οι λειτουργίες συνθέσεως γενικής σταθμίσεως-διαχωρίσιμων (WS) με τις ιδιότητες ομοφωνίας (U) και ομοιογένειας (H) είναι ο σταθμισμένος γεωμετρικός μέσος όρος $f(x_1, x_2, \dots, x_n) = x_1^{q_1} x_2^{q_2} \dots x_n^{q_n}$ και οι σταθμισμένες ρίζες μέσης ισχύος

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sqrt[\gamma]{q_1 x_1^\gamma + q_2 x_2^\gamma + \dots + q_n x_n^\gamma}, \quad \text{όπου}$$

$$q_1 + q_2 + \dots + q_n = 1,$$

$$q_k > 0 \ (k = 1, 2, \dots, n), \ \gamma > 0,$$

αλλά διαφορετικά τα $q_1, q_2, \dots, q_n, \gamma$ είναι αυθαίρετες σταθερές.

Εάν το f έχει επίσης την αντίστροφη ιδιότητα (R) και για ένα ενιαίο σύνολο καταχωρήσεων (X_1, X_2, \dots, X_n) των κρίσεων n ατόμων, όπου δεν είναι όλες οι X_k ίσες, τότε μόνο εφαρμόζεται ο σταθμισμένος γεωμετρικός μέσος όρος. Δίνεται το ακόλουθο θεώρημα που είναι μία ρητή δήλωση του προβλήματος σύνθεσης που προκύπτει από τα προηγούμενα αποτελέσματα, και ισχύει για τη δεύτερη και την τρίτη περίπτωση της ντετερμινιστικής προσέγγισης:

Εάν $x_1^{(i)}, \dots, x_n^{(i)} \ i = 1, \dots, m$ είναι κατατάξεις των n εναλλακτικών λύσεων από m ανεξάρτητους κριτές και αν το α_i είναι η σημασία του κριτή i που αναπτύχθηκε από μια ιεραρχία για την αξιολόγηση των κριτών, και ως εκ τούτου

$$\sum_{i=1}^m \alpha_i = 1 \quad \text{τότε} \quad \left(\prod_{i=1}^m x_l^{\alpha_i} \right), \dots, \left(\prod_{i=1}^m x_n^{\alpha_i} \right)$$

είναι οι συνδυασμένοι βαθμοί των εναλλακτικών επιλογών για τους κριτές m .

Η ισχύς ή η προτεραιότητα του κριτή i είναι απλώς μια αναπαραγωγή της κρίσης αυτού του κριτή, που συνεπάγεται τον πολλαπλασιασμό της αναλογίας του με τον εαυτό της α_i φορές και το αποτέλεσμα ακολουθεί.

Το πρώτο απαιτεί γνώση των λειτουργιών που η συγκεκριμένη εναλλακτική λύση εκτελεί και πόσο καλά συγκρίνεται με ένα πρότυπο ή σημείο αναφοράς. Το δεύτερο απαιτεί σύγκριση με τις άλλες εναλλακτικές λύσεις για να καθοριστεί η σημασία του.

Δημιουργία της ομαδικής επιλογής από τις μεμονωμένες επιλογές

Έχοντας μια ομάδα ατόμων, μια σειρά εναλλακτικών λύσεων και ατομικές συνηθισμένες προτιμήσεις για τις εναλλακτικές λύσεις, ο Αργου απέδειξε με το δικό του Θεώρημα του Αδύνατου ότι είναι αδύνατο να αντληθεί μια ορθολογική επιλογή ομάδας από τις συνηθισμένες προτιμήσεις των ατόμων που πληρούν τις ακόλουθες τέσσερις προϋποθέσεις, π.χ. τουλάχιστον μία από αυτές παραβιάζεται:

Αποφασιστικότητα: Η διαδικασία συγκέντρωσης πρέπει γενικά να παράγει μια τάξη στην ομάδα.

Ομοφωνία: αν όλα τα άτομα προτιμούν την εναλλακτική λύση Α από την εναλλακτική λύση Β, τότε η διαδικασία συγκέντρωσης πρέπει να παράγει μια τάξη στην ομάδα που να δείχνει ότι η ομάδα προτιμά το Α από το Β.

Ανεξαρτησία άσχετων εναλλακτικών λύσεων: όταν δίνονται δύο σύνολα εναλλακτικών λύσεων, τα οποία και τα δύο συμπεριλαμβάνουν τα Α και Β, εάν όλα τα άτομα προτιμούν το Α από το Β και στα δύο σύνολα, τότε η συγκεντρωτική διαδικασία πρέπει να φτιάξει μια τάξη στην ομάδα που να δείχνει ότι η ομάδα, λαμβάνοντας υπόψη και τα δύο σύνολα εναλλακτικών λύσεων, προτιμά το Α από το Β.

Κανένας δικτάτορας: καμία μεμονωμένη προτίμηση δεν καθορίζει την τάξη της ομάδας.

Χρησιμοποιώντας την προσέγγιση της κλίμακας αναλογίας του ΑΗΡ, μπορεί να αποδειχθεί ότι επειδή τώρα οι ατομικές προτιμήσεις είναι απόλυτες και όχι τακτικές, είναι δυνατόν να αντληθεί μία ορθολογική επιλογή ομάδας που ικανοποιεί τις παραπάνω τέσσερις προϋποθέσεις.

Εφαρμογές

Η εφαρμογή της μεθόδου πραγματοποιείται στην υγεία, την άμυνα, τις τεχνολογικές προβλέψεις, στις οικονομικές προβλέψεις κ.α.. Επιπρόσθετα οι εφαρμογές της στις έρευνες που αφορούν τις στρατιωτικές επιχειρήσεις, στους τοπικούς και αστικούς σχεδιασμούς, και στον τομέα του ερευνητικού και αναπτυξιακού μάνατζμεντ, την καθιστούν ιδιαίτερα διαδεδομένη μέθοδο όπου λαμβάνονται οι αποφάσεις. Η εξέλιξη της μέσα στα χρόνια είναι σημαντική και η εφαρμογή της πραγματοποιείται μέσω του συνδυασμού του μαθηματικού προγραμματισμού και των διαφόρων τεχνικών ανάλυσης. Το σύνολο των ισχυρών της σημείων και των αδυναμιών της είναι ζητήματα συζητήσεων

μεταξύ των ειδικών που ασχολούνται με την πολυκριτήρια ανάλυση, Είναι δεδομένη η γνώμη των χρηστών για την κατά ζεύγη σύγκριση ως βολικής και ευθείας όμως υπάρχει αμφιβολία ως προς την θεωρητική θεμελίωση της μεθόδου και σε ένα μέρος των ιδιοτήτων της. Το πιο ανυσηχτικό σημείο είναι η αντιστροφή της κατάταξης. Αυτό θεωρείται ως ασυνέπεια της λογικής αξιολόγησης των επιλογών.

Συγκριτική ανάλυση των δημοτικών συστημάτων στερεών αποβλήτων: Μελέτη περίπτωσης της Κρακοβίας

Υπάρχει ανάγκη να αναπτυχθεί, να κυριαρχήσει και να εφαρμοστεί ένα απλό αλλά αξιόπιστο εργαλείο που θα βοηθήσει τους φορείς λήψης αποφάσεων να επιλέξουν το σύστημα διαχείρισης των αστικών στερεών αποβλήτων (MSWM). Υπάρχουν ορισμένα μαθηματικά μοντέλα δημοτικών στερεών αποβλήτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επίλυση του προβλήματος, όπου η αντικειμενική λειτουργία είναι το κόστος απόρριψης αποβλήτων. Τα περιβαλλοντικά στοιχεία (τα συστήματα ανακύκλωσης) εμφανίστηκαν στα μοντέλα που ξεκίνησαν τη δεκαετία του 1980. Επίσης, υπάρχει μια ομάδα μοντέλων που περιλαμβάνουν τους περιβαλλοντικούς παράγοντες υπό τη μορφή περιορισμών των οικονομικών μοντέλων. Ορισμένα από τα μοντέλα βασίζονται στην έννοια της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (LCA), ενώ άλλα εστιάζουν μόνο σε διαφορετικά περιβαλλοντικά στοιχεία όπως η κυκλοφορία, ο θόρυβος ή οι εκπομπές CO₂ από τα οχήματα που μεταφέρουν απόβλητα. Μέχρι στιγμής κανένα μοντέλο δεν ανταποκρίνεται πλήρως στις προσδοκίες των υπευθύνων λήψης αποφάσεων (Stein, W. and Mizzi, P. 2007).

Πιθανώς η ομάδα μοντέλων που, με τον καλύτερο τρόπο, αντικατοπτρίζει την ιδέα της βιώσιμης ανάπτυξης είναι μια ομάδα μοντέλων Ανάλυσης Κύκλου Ζωής. Τα παραδείγματα τέτοιων μοντέλων είναι τα συστήματα US-EPA, WISARD, MIMES / Waste, ORWARE, το εργαλείο ISWM του Καναδά, LCA-IWM και Integrated Waste Model (IWM). Το IWM (Ολοκληρωμένο Μοντέλο Αποβλήτων) δημοσιεύθηκε για πρώτη φορά το 1995 ως IWM-1 (με τη μορφή ενός υπολογιστικού φύλλου Excel). Το IWM-2 αναπτύχθηκε για να βελτιώσει ορισμένες πτυχές του IWM-1 και να καταστήσει το μοντέλο πιο παγκόσμιο, συμπεριλαμβάνοντας νέα σύνολα δεδομένων. Το IWM-1 ήταν μάλλον μια ευρωπαϊκή ανάπτυξη. Το IWM-2 δημοσιεύθηκε σε ένα φιλικό προς το

χρήστη περιβάλλον SQL-Database, το οποίο δυστυχώς είναι λιγότερο διαφανές, ως εκ τούτου λιγότερο χρήσιμο για εις βάθος ανάλυση. Οι συγγραφείς επέλεξαν το μοντέλο IWM-1, θεωρώντας ότι είναι διαφανές, ευέλικτο και απλό.

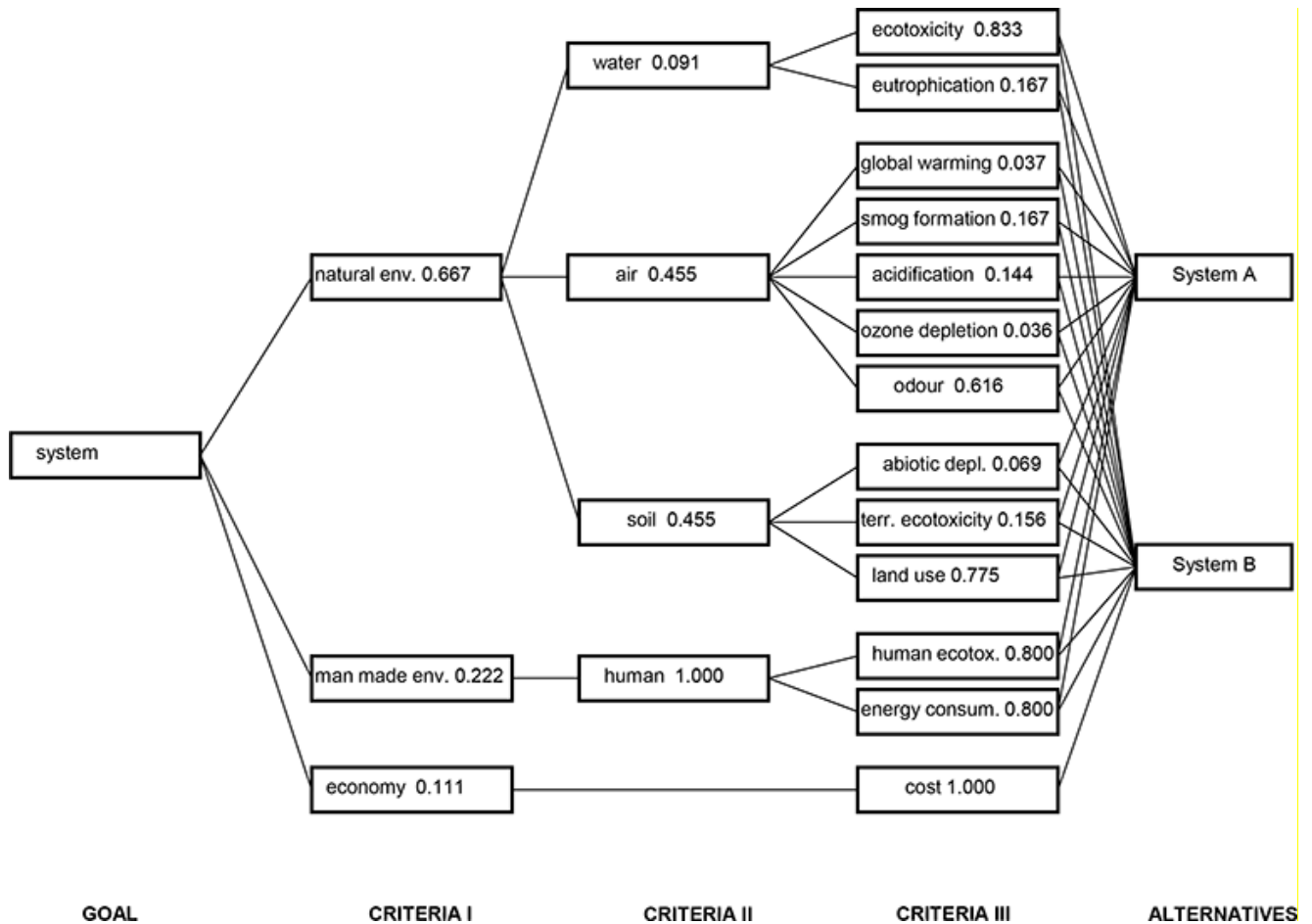
Τα αποτελέσματα του μοντέλου IWM-1 είναι πολυάριθμα και λεπτομερή, γεγονός που τα καθιστά ακατάλληλα για τους άπειρους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων, οι οποίοι ενδιαφέρονται για τη σαφή και απλή απάντηση που το σύστημα MSWM είναι το καλύτερο. Για να βοηθήσουν με αυτό το ζήτημα, οι συγγραφείς ενσωμάτωσαν τα αποτελέσματα IWM-1 χρησιμοποιώντας τις κατηγορίες επιπτώσεων LCA και αργότερα, εφαρμόζοντας απλή αλλά υγιή μέθοδο πολλαπλών αντικειμένων AHP. Η περιγραφόμενη μεθοδολογία βοήθησε τη σύγκριση δύο συστημάτων MSWM για την πόλη Κρακοβία της Πολωνίας (πληθυσμός: 742.000).

Ανάλυση πολυκριτηρίων των συστημάτων MSW της Κρακοβίας

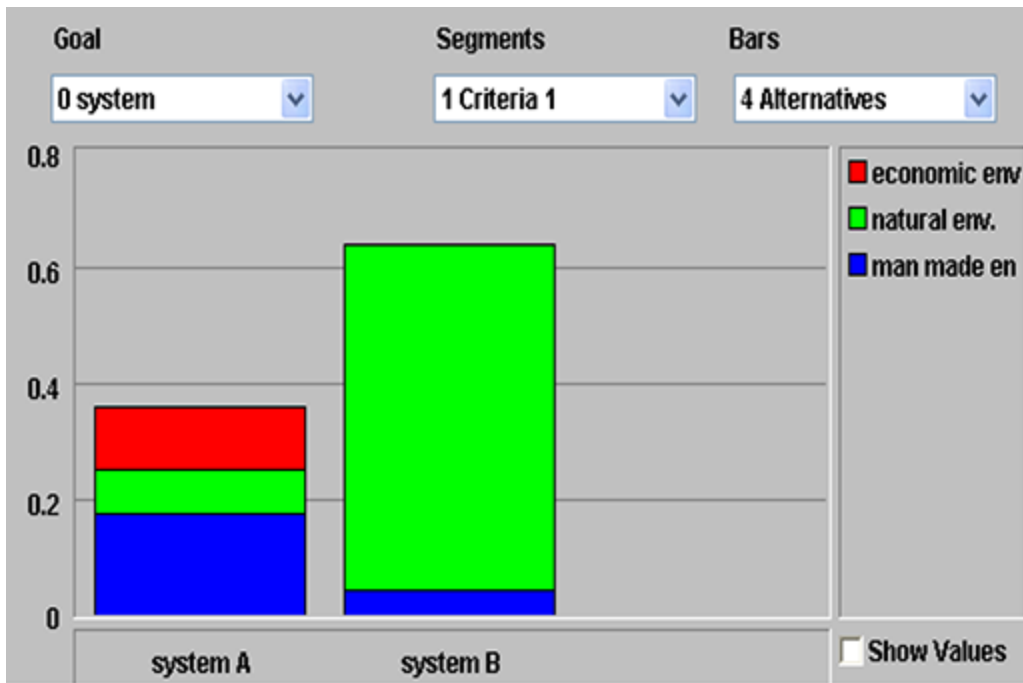
Η Μέθοδος Αναλυτικής Ιεραρχίας (AHP) χρησιμοποιήθηκε στις μελέτες ως μέθοδος περαιτέρω ανάλυσης με το λογισμικό που εκπόνησε το Πανεπιστήμιο Τεχνολογίας του Ελσίνκι. Η προετοιμασμένη ιεραρχία των κριτηρίων και οι καθορισμένες βαθμολογίες παρουσιάζονται στο Σχήμα 1. Τα κριτήρια αναπτύχθηκαν με βάση την ανάλυση IWM-1 και οι αξιολογήσεις ορίστηκαν αυθαίρετα βάσει εμπειρίας. Ο στόχος του μοντέλου ήταν να βρεθεί η πιο βιώσιμη λύση και η επιλεγμένη ιεραρχία κριτηρίων αντικατόπτριζε αυτήν την προσέγγιση. Οι μελετητές αντιπροσώπευαν ολόκληρο το φάσμα της εμπειρογνωμοσύνης στην περιβαλλοντική μηχανική, την περιβαλλοντική διαχείριση και τον χειρισμό των αποβλήτων. Οι τελικές βαθμολογίες επιτεύχθηκαν σε κάποιο σημείο της κοινής συζήτησης.

Το σχήμα 2 παρουσιάζει τα τελικά αποτελέσματα της ανάλυσης. Το γράφημα δείχνει ότι το σύστημα B αξιολογείται καλύτερα από το σύστημα A. Η συνολική βαθμολογία του συστήματος A είναι 0,362 και του συστήματος B είναι 0,638. Αυτό σημαίνει ότι το σύστημα B είναι σχεδόν δύο φορές καλύτερο από το σύστημα A και, με άλλα λόγια, ικανοποιεί όλες τις προσδοκίες στο 64%. Το σύστημα B είναι ανώτερο από το σύστημα A, χάρη στις πολύ καλύτερες περιβαλλοντικές επιδόσεις. Η πιο λεπτομερής σύγκριση

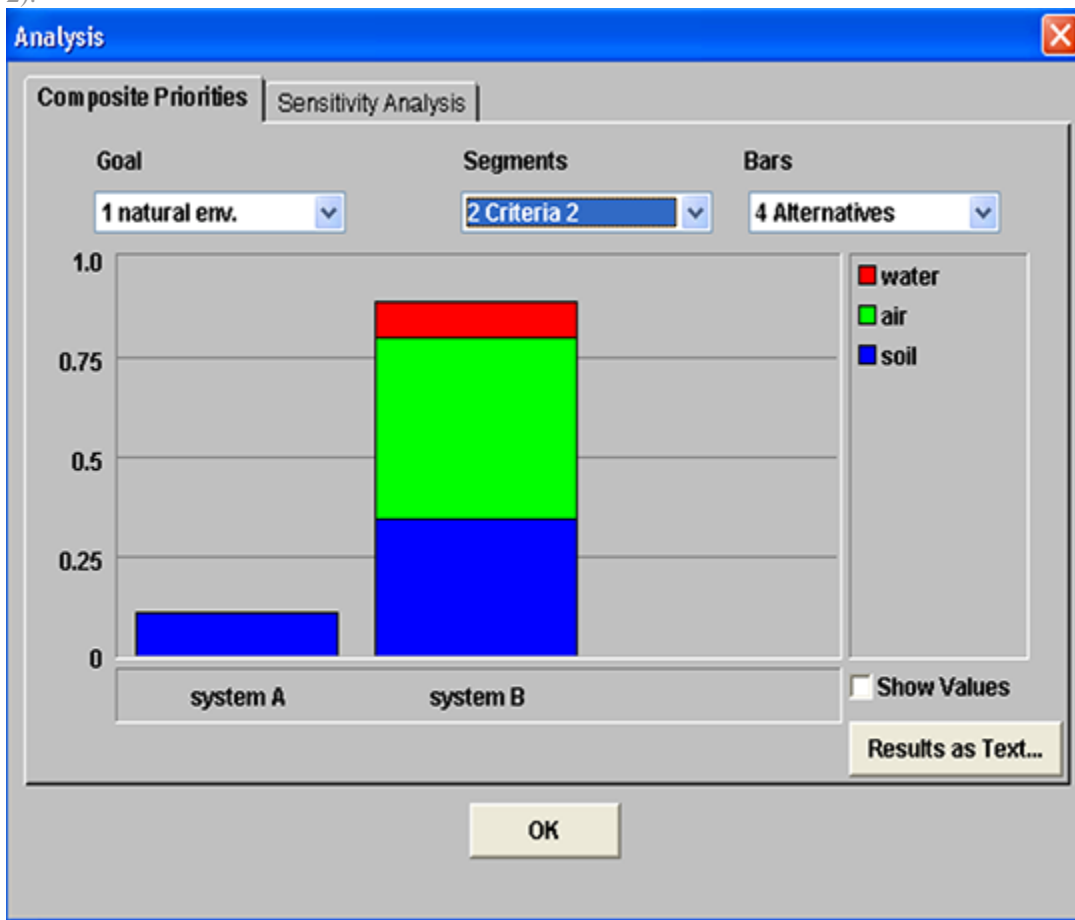
των περιβαλλοντικών επιδόσεων των δύο συστημάτων MSW παρουσιάζεται στο Σχήμα 3. Το σύστημα Β είναι πιο φιλικό προς τα τρία συστατικά του περιβάλλοντος: το νερό, το έδαφος και τον αέρα. Είναι ανώτερο από το σύστημα Α σε όλες τις υποκατηγορίες κριτηρίων αέρα και νερού. Η περιβαλλοντική υπεροχή του συστήματος Β στην υποκατηγορία "προστασία του εδάφους" δεν είναι τόσο κυρίαρχη. Το σύστημα Β είναι καλύτερο μόνο στο υποκριτήριο "χρήσης γης", αλλά επειδή αυτό το δευτερεύον κριτήριο είναι τόσο σημαντικό, η συνολική αξιολόγηση του συστήματος Β στην υποκατηγορία "προστασία του εδάφους" είναι καλύτερη από την απόδοση του συστήματος Α.



ΣΧΗΜΑ 1. Αντικειμενική ιεραρχία και βαθμολογίες για την ανάλυση της Κρακοβίας.



ΣΧΗΜΑ 2. Αποτελέσματα της ανάλυσης AHP για τα δύο σενάρια MSWM της Κρακοβίας (κριτήρια 2).



ΣΧΗΜΑ 3. Αποτελέσματα της ανάλυσης AHP για τα δύο σενάρια MSWM της Κρακοβίας (κριτήρια 2).

Μια λεπτομερέστερη ανάλυση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν επιτρέπει την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την αύξηση της περιβαλλοντικής απόδοσης του συστήματος Β με την αντικατάσταση της υγειονομικής ταφής από την αποτέφρωση και την επέκταση του συστήματος συλλογής αποβλήτων. Επίσης, μπορούν να διακριθούν οι τοπικές και παγκόσμιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η ανάλυση AHP δίνει πολύ σαφή απάντηση ότι το σύστημα Β είναι ανώτερο του συστήματος Α. Μια τέτοια απλή απάντηση αναμένεται από τους υπεύθυνους για τη λήψη αποφάσεων, αλλά η ανάλυση AHP σε συνδυασμό με το μοντέλο IWM-1 παρέχει επίσης πιο λεπτομερή αποτελέσματα που δικαιολογούν τη συνολική βαθμολογία, η οποία είναι χρήσιμη για περαιτέρω ανάλυση (Triantaphyllou, E. 2001).

Μέθοδος ενσωμάτωσης των αποτελεσμάτων του IWM-1

Το μοντέλο IWM-1 παρέχει αποτελέσματα που υπολογίζουν τις εκπομπές αερίων 22 ενώσεων και την εκπομπή 23 ενώσεων στο νερό. Επιπλέον, παρουσιάζονται τα βασικά στατιστικά και οικονομικά δεδομένα για τις επιδόσεις των συστημάτων. Πρόκειται για πολλές λεπτομερείς πληροφορίες που δεν είναι χρήσιμες για τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων και πρέπει να συνδυαστούν πριν από την εφαρμογή. Η προτεινόμενη μέθοδος ενσωμάτωσης βασίζεται στην εκτίμηση των επιπτώσεων της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής. Για τον υπολογισμό αυτών των δεικτών, η γενική παραδοχή ήταν να εκτιμηθεί ο μέγιστος δυνατός αριθμός κατηγοριών Ανάλυσης Κύκλου Ζωής, ο οποίος θα μπορούσε να υπολογιστεί βάσει των αποτελεσμάτων του IWM-1. Ο Πίνακας 3 παρουσιάζει τον κατάλογο των επιλεγμένων κατηγοριών.

Κατηγορίες επιπτώσεων	Χαρακτηριστικός παράγοντας	Μονάδα
------------------------------	-----------------------------------	---------------

Κατηγορίες επιπτώσεων	Χαρακτηριστικός παράγοντας	Μονάδα
Βασικές κατηγορίες		
Εξάντληση των αβιοτικών πόρων	Δυναμικό αβιοτικής εξάντλησης (ADP)	kg (ισοδύναμο αντιμονίου)
Κλιματικές αλλαγές	Δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη (GWP 100)	kg (ισοδύναμο διοξειδίου του άνθρακα)
Τοξικότητα για τον άνθρωπο	Δυναμικό Τοξικότητας για τον άνθρωπο (HTP 100)	kg (ισοδύναμο 1,4-διχλωροβενζολίου)
Οικοτοξικότητα: υδατική οικοτοξικότητα γλυκού νερού	Δυναμικό υδατικής οικοτοξικότητας γλυκού νερού (FAETP 100)	kg (ισοδύναμο 1,4-διχλωροβενζολίου.)
Οικοτοξικότητα: οικοτοξικότητα εδάφους	Δυναμικό οικοτοξικότητας εδάφους (TETP 100)	kg (ισοδύναμο 1,4-διχλωροβενζολίου)
Φωτο-οξειδωτικός σχηματισμός	Δυναμικό δημιουργίας φωτοχημικού όζοντος (POCP)	kg (ισοδύναμο αιθυλενίου)
Οξύνιση	Δυναμικό οξύνισης (AP)	kg (ισοδύναμο SO ₂)
Ευτροφισμός	Δυναμικό ευτροφισμού (EP)	kg (ισοδύναμο PO ₄ ³⁻ .)
Στρωματοσφαιρική μείωση του όζοντος	Δυναμικό εξάντλησης του όζοντος (ODP steady state)	kg (ισοδύναμο CFC-11)
Ανταγωνισμός γης	Χρήση Γης	m ² έτος
Άλλες κατηγορίες επιπτώσεων		
Δύσοςμος αέρας	Οριακή τιμή αμοιβαιότητας οσμής (1/OTV)	m ³ (αέρας)

Πίνακας 3. Επιλεγμένες κατηγορίες αξιολόγησης επιπτώσεων κύκλου ζωής

Οι δείκτες για τις διάφορες κατηγορίες επιπτώσεων επιλέχθηκαν με βάση τη βιβλιογραφία. Δυστυχώς, όλες οι συνιστώμενες κατηγορίες επιπτώσεων δεν μπορούν να υπολογιστούν απευθείας από τον πίνακα αποτελεσμάτων IWM-1. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι, με βάση την υγειονομική ταφή, το σύστημα Α είναι ανώτερο όταν αναλύονται τα ακόλουθα κριτήρια: αβιοτική εξάντληση, ανθρώπινη τοξικότητα, υδατική οικοτοξικότητα γλυκού νερού, οικοτοξικότητα του εδάφους, οξύνιση και ευτροφισμός. Το δεύτερο σενάριο, το σύστημα Β, με προηγμένη διαλογή και αποτέφρωση αποβλήτων, αποδείχθηκε καλύτερο σε κατηγορίες κατανάλωσης ενέργειας, κλιματικής αλλαγής, φωτοχημικής δημιουργίας νέφους και δημιουργίας οσμών.

		Σύστημα Α	Σύστημα Β
Ενεργειακό ισοζύγιο	GJ th	-102,500	-702,530
Εξάντληση των αβιοτικών πόρων	kg (ισοδύναμο αντιμόνιο)	-8.77E + 00	1.12E + 02
Κλιματικές μεταβολές k	kg ισοδύναμο CO ₂	2.68E + 08	2.11E + 08
Τοξικότητα για τον άνθρωπο	kg (ισοδύναμο 1,4-διχλωροβενζολίου)	3.67E + 05	3.49E + 08
Υδατική οικοτοξικότητα σε γλυκό νερό	kg (ισοδύναμο 1,4-διχλωροβενζολίου)	-7.19E + 04	-3.01E + 05
Οικοτοξικότητα εδάφους	kg (ισοδύναμο 1,4-διχλωροβενζολίου)	-1.89E + 02	3.65E + 05
Φωτο-οξειδωτικός σχηματισμός	kg (ισοδύναμο αιθυλενίου)	6.19E + 04	-2.51E + 04
Οξύνιση	kg (ισοδύναμο SO ₂ .)	4.81E + 04	2.21E + 05
Ευτροφισμός	kg (ισοδύναμο PO ₄ ³)	1.36E + 04	1.34E + 03
Δύσσοσμος αέρας	m ³	1.07E + 13	-9.83E + 11
Ανταγωνισμός γης	m ² ετος	7.49E + 05	2.07E + 05
Κόστος	1000 ευρώ	20586.23	37298.27

Πίνακας 4. Αποτελέσματα ανάλυσης της ολοκληρωμένης διαχείρισης αποβλήτων (IWM-1)

Τα επιτευχθέντα συγκεντρωτικά αποτελέσματα εξακολουθούν να μην δίνουν μια σαφή απάντηση σχετικά με την ανωτερότητα ενός συγκεκριμένου συστήματος. Υπάρχουν

πολλές κατηγορίες, μετρούμενες από διαφορετικές μονάδες, και τα συστήματα που έχουν αναλυθεί πληρούν διάφορα κριτήρια σε διαφορετικό βαθμό. Ορισμένες από τις κατηγορίες μετρούνται χρησιμοποιώντας τις ίδιες μονάδες, αλλά ακόμη και σε αυτήν την περίπτωση, η σύγκριση μεταξύ των διαφόρων κατηγοριών είναι αδύνατη. Για παράδειγμα, η τοξικότητα για τον άνθρωπο, η υδατική οικοτοξικότητα και η οικοτοξικότητα του γλυκού νερού μετριοούνται με ισοδύναμα 1,4-διχλωροβενζολίου σε προοπτική 100 ετών. Ακόμη και σε αυτή την περίπτωση, η σύγκριση μεταξύ αυτών των κατηγοριών είναι δυνατή μόνο όταν χρησιμοποιούνται οι επιπτώσεις.

Η τελική αξιολόγηση των σεναρίων που αναλύθηκαν έγινε με τη μέθοδο αναλυτικής ιεραρχίας (AHP)

Περιγραφή των συγκριθέντων συστημάτων MSWM

Συγκρίθηκαν δύο συστήματα MSWM. Το πραγματικό σύστημα που εφαρμόστηκε στην Κρακοβία της Πολωνίας το 2001 με βάση τον χώρο υγειονομικής ταφής ως την κύρια επιλογή απόρριψης αποβλήτων (σύστημα Α) και το υποθετικό σύστημα που βασίζεται στην υπόθεση ότι η ανακύκλωση των αποβλήτων βελτιώνεται και ο κύριος τρόπος απόρριψης αποβλήτων είναι η αποτέφρωση. Αυτό ήταν το σχεδιαζόμενο σύστημα για την Κρακοβία εκείνη την εποχή. Στην ανάλυση, το σύστημα αυτό ονομάζεται "σύστημα Β". Η μελέτη βασίζεται σε πραγματικά δεδομένα. Οι πληροφορίες σχετικά με την περιγραφή των αποβλήτων και των συστημάτων σημειώθηκαν σύμφωνα με τον Koracz. Τα βασικά δεδομένα για την ανάλυση MSWM είναι η ποσότητα και η σύνθεση των αποβλήτων. Τα δεδομένα εισόδου αποβλήτων, τα ίδια για το σύστημα Α και το σύστημα Β, χωρισμένα σε κατηγορίες που απαιτούνται από το μοντέλο IWM-1 παρουσιάζονται στον πίνακα.

ποσό/έτος	Σύνθεση οικιακών αποβλήτων (βάρος%)								
	χαρτί	γυαλί	Μέταλλο		πλαστικό		υφάσματα	οργανικά	άλλα
169,346	19.9	7.8	2.9		14.4		6.1	36.2	12.7
			σιδηρούχα	Μη σιδηρούχα	μεμβράνες	άκαμπτα			
			65	35	44	56			
ποσό/έτος	Σύνθεση εμπορικών αποβλήτων (βάρος%)								
	χαρτί	γυαλί	Μέταλλο		πλαστικό		υφάσματα	οργανικά	άλλα
107,806	45.0	5.0	4.1		12.0		1.0	30.0	2.9
			σιδηρούχα	Μη σιδηρούχα	μεμβράνες	άκαμπτα			
			60	40	80	20			

Σύνθεση διαφόρων τμημάτων των αστικών στερεών αποβλήτων στην αναλυθείσα υπόθεση της Κρακοβίας.

Στο σύστημα Α, η υγειονομική ταφή είναι η κύρια μέθοδος απόρριψης και υπάρχουν επίσης 150 τράπεζες ανακυκλώσιμων υλικών για μέταλλο χαρτί και γυαλί. Επιπρόσθετα στο σύστημα ανακύκλωσης των τραπεζών υπάρχει ένα σύστημα σημείων συλλογής και μια εγκατάσταση λιπασματοποίησης με δυναμικότητα 6000 τόνων ετησίως. Ορισμένες φιλανθρωπικές οργανώσεις διαχειρίζονται το σύστημα των σημείων συλλογής των αποβλήτων υφαντουργίας.

Στο σύστημα Β, ένας ετήσιος όγκος των 200.000 τόνων αποβλήτων υπολογίζεται για τον αποτεφρωτήρα. Ο αποτεφρωτήρας παράγει μόνο ηλεκτρική ενέργεια με απόδοση 20%. Σε αντίθεση με τα πραγματικά σχέδια της Κρακοβίας, η ανάκτηση θερμότητας δεν χρησιμοποιείται, επειδή το μοντέλο IWM-1 δεν έχει αυτή την επιλογή. Αυτό εξαλείφει τα τελικά αποτελέσματα, αλλά στην πραγματικότητα ο αποτεφρωτήρας παράγει τη

θερμότητα για το δημοτικό σύστημα θέρμανσης, αντικαθιστώντας την απόβλητη θερμότητα από τις μονάδες παραγωγής ενέργειας. Εάν η πόλη αποφασίσει να χρησιμοποιήσει τη θερμότητα από τον αποτεφρωτήρα, οι μονάδες ηλεκτροπαραγωγής έχουν το πρόβλημα του τι πρέπει να κάνουν με το παραπροϊόν τους, συνεπώς τα περιβαλλοντικά οφέλη από την αξιοποίηση της απορριπτόμενης θερμότητας του αποτεφρωτήρα είναι προβληματικά. Επιπλέον, στο σύστημα B ο αριθμός των τραπέζων συλλογής αυξάνεται σε 450 και χάρη στην αύξηση της ευαισθητοποίησης του κοινού, το ποσό των ανακυκλώσιμων υλικών που συλλέγονται σε κάθε τράπεζα αυξάνεται κατά 25%. Το σύστημα B αναλαμβάνει την ανάπτυξη του προγράμματος ανακύκλωσης. Τίθεται σε λειτουργία εγκατάσταση ανάκτησης υλικών, έτοιμη για χειρισμό 20.000 τόνων ανακυκλώσιμων υλικών μαζί με δύο μονάδες λιπασματοποίησης για 6000 και 9000 τόνους οικολογικών αποβλήτων. Επίσης, σε ορισμένα μέρη της πόλης, εισάγονται τα συστήματα "υγρής" και "ξηρής" συλλογής απορριμμάτων.

Ως αποτέλεσμα αυτών των αλλαγών, η ποσότητα και η ποιότητα των αποβλήτων που διατίθενται στον χώρο υγειονομικής ταφής μεταβάλλονται σημαντικά. Τα ακριβή αποτελέσματα, και για τα δύο συστήματα, που υπολογίστηκαν με τη χρήση του μοντέλου IWM-1, παρουσιάζονται στον Πίνακα 2. Στο σύστημα B, η ποσότητα των αποβλήτων που έχουν διατεθεί στον χώρο υγειονομικής ταφής μειώνεται κατά πέντε φορές (από 247 κιλοτόνοι στο σύστημα A σε 49 κιλοτόνους στο σύστημα B). Επίσης, στο σύστημα B, η εκτροπή από την υγειονομική ταφή είναι οκτώ φορές υψηλότερη από ό, τι στο σύστημα A, και το ποσό των ανακυκλώσιμων αυξάνεται περισσότερο από δύο φορές. Τα οικονομικά και περιβαλλοντικά αποτελέσματα των δύο συστημάτων είναι επίσης πολύ διαφορετικά.

Τελικά στερεά απόβλητα	Σύστημα A	Σύστημα B
Ακίνδυνα (kt)	246.98	48.67
Επικίνδυνα (kt)	0.39	6.57

Τελικά στερεά απόβλητα	Σύστημα Α	Σύστημα Β
Συνολικό βάρος (kt)	247.37	55.24
Συνολικός όγκος (m ³)	160,590	44,410
Αναλογία ανάκτησης υλικών		
Μέσος όρος	17%	36%
Χαρτί	25%	54%
Γυαλί	6%	20%
Μέταλλο σιδηρούχο	40%	56%
Μέταλλο μη σιδηρούχο	15%	21%
Πλαστικό μεμβράνες	4%	5%
Πλαστικό άκαμπτο	1%	22%
Υφάσματα	6%	11%
Αναλογία ανάκτησης οργανικών	1%	4%
Συνολική αναλογία ανάκτησης	10%	22%
Απόκλιση από την υγειονομική ταφή	10%	80%
Δευτερογενή υλικά (κιλοτόνοι/έτος)		
Χαρτί	20.77	44.09
Γυαλί	1.12	3.66
Μέταλλο σιδηρούχο	2.36	3.25
Μέταλλο μη σιδηρούχο	0.53	0.74
Πλαστικό μεμβράνες	0.92	1.10
Πλαστικό άκαμπτο	0.14	3.65
Υφάσματα	0.71	1.25

Τελικά στερεά απόβλητα	Σύστημα Α	Σύστημα Β
Λίπασμα	1.02	3.58
Σύνολο	27.56	61.33

Συζήτηση

Η μέθοδος της Ιεραρχικής Ανάλυσης Αποφάσεων μολονότι είναι ευρύτατα διαδεμένος και χρησιμοποιείται σε πολλές ειδικότητες υφίσταται πολλές κριτικές και αμφισβητήσεις εκ μέρους των ακαδημαϊκών και των ερευνητών. Υπάρχει αναφορά από τον Saaty με συνοπτικό και με εκτενή τρόπο για τα θέματα στα οποία υπάρχει αμφισβήτηση της μεθόδου. Ένα από τα παραδείγματα που αφορούν την κριτική της μεθόδου αποτελούν οι Hill και Zammit που στην παρουσίαση μιας εργασίας τους κατά τη διάρκεια συνεδρίου που πραγματοποιήθηκε στην Αυστραλία, στην πόλη της Καμπέρρας το 2000, έκαναν χρήση τεσσάρων βασικών λόγων για να αμφισβητηθεί η Ιεραρχική Ανάλυση Αποφάσεων (Budescu, D., Zwick, R. and Rapoport, A. 1986):

1. Δεν υπάρχει θεωρητική βάση για να διαμορφωθούν οι ιεραρχίες πράγμα το οποίο οδηγεί αυτόν που αποφασίζει όταν αντιμετωπίσει πανομοιότυπο πρόβλημα να αντλήσει διαφορετικές ιεραρχίες άρα διαφορετικές λύσεις.
2. Όταν χρησιμοποιείται η Ιεραρχική Ανάλυση Αποφάσεων βαθμολογείται αυθαίρετα επειδή στηρίζεται στον υποκειμενικό τρόπο κρίσης και πραγματοποιείται βασιζόμενη σε μια θεμελιώδη κλίμακα. Ο αυθαίρετος τρόπος ταξινόμησης ενδεχομένως να έχει το αποτέλεσμα της αντίστροφης βαθμολόγησης (rank reversal).
3. Η χρήση των μεθόδων που εφαρμόζονται για να συγκεντρωθούν τα επιμέρους βάρη σε σύνθετη μορφή είναι ατελείς.
4. Είναι ελλειπείς κάποιες αρχές από τις οποίες διέπεται ο τομέας της στατιστικής θεωρίας. Το έτος 2008 οι Saaty, ο Vargas και ο Whitaker προχώρησαν στη δημοσίευση ενός άρθρου με την ονομασία “Addressing with brevity criticisms of the Analytic Hierarchy Process” στοχεύοντας στην κάλυψη των βασικών σημείων εξ αιτίας των

οποίων αμφισβητείται η Ιεραρχική Ανάλυση Αποφάσεων, με σκοπό να δοθούν απαντήσεις από το άρθρο με ξεκάθαρο τρόπο στο σύνολο των σημείων που θεωρούνται υπεύθυνα για την κριτική που υφίσταται η μέθοδος.

Η Ιεραρχική Ανάλυση Αποφάσεων αμφισβητείται βασιζόμενη σε ένα σύνολο πέντε σημείων των οποίων ακολουθεί σύντομη περιγραφή :

Α. Αντιστροφή Τάξης (Rank Reversal): Αφορά το γεγονός της λανθασμένης μεταβολής στην κατάταξη που προκύπτει σχετικά με τις εναλλακτικές αποφάσεις όταν δομείται η απόφαση. Όσοι επέκριναν αναφέρθηκαν στην ύπαρξη δύο βασικών σημείων όπου εμφανίζεται Αντιστροφή Τάξης: Κατά την προσθήκη νέων εναλλακτικών ή διαγραφής των παλαιών κι κατά την προσθήκη νέων κριτηρίων ή διαγραφής παλαιών, εφόσον το να καταταγούν οι εναλλακτικές έχει σχέση με το αποτέλεσμα της βαθμολόγησης που δέχονται τα κριτήρια. Επί της ουσίας έχουν την άποψη πως αν βαθμολογούνται τα κριτήρια χρησιμοποιώντας σχετικές συγκρίσεις και κανονικοποιηθεί το μετρήσιμο αποτέλεσμα ενδεχομένως να πραγματοποιηθεί διατάραξη της κατάταξης στις εναλλακτικές.

Β. Η έλλειψη συνέπεια στις κρίσεις και το σύνολο των επιπτώσεων που θα προκύψουν όταν διαμορφώνονται οι προτεραιότητες. Σ' αυτό το σημείο αμφισβητείται η μέθοδος καθώς θεωρείται πως δεν υπολογίζει ένα σύνολο μικρών αριθμητικών ασυνεπειών. Θεωρείται πως αν μέσω της μεθόδου δεν είναι συνεπείς οι κρίσεις σε όλα τα στάδια που εφαρμόζεται αυτή προκύπτει ασυνέπεια βάσει της αρχής βελτιστοποίησης του Pareto. Οι κριτικές αυτές εστιάζονται κυρίως στις ομαδικές αποφάσεις. Σχετικά με την αρχή βελτιστοποίησης του Pareto πρόκειται για ένα όρο που αναφέρεται στις αριθμητικές μετρήσεις που αφορούν τις προτιμήσεις και εκτιμά πως αν κάθε άτομο από μία ομάδα έχει προτίμηση στο Α από το Β συνάγεται πως και το σύνολο της ομάδας θα πρέπει να έχει προτίμηση στο Α . Η αρχή βελτιστοποίησης του Pareto είναι γνωστή και ως συνθήκη ομοφωνίας. Στη μέθοδο της Ιεραρχικής Ανάλυσης Αποφάσεων υφίσταται η αρχή του αξιώματος για την αμοιβαιότητα (reciprocal axiom). Στη λήψη αποφάσεων. Η χρήση του γεωμετρικού μέσου είναι αποδεδειγμένο πως αποτελεί τη μοναδική μέθοδο για να αντληθούν ομαδικές αποφάσεις από το σύνολο των μεμονωμένων κρίσεων. Επιπρόσθετα η εκφραση των προτιμήσεων πραγματοποιείται μέσω των προτεραιοτήτων

και όχι μέσω αριθμητικής δήλωσης στις προτιμήσεις. Με αυτούς τους όρους υφίσταται ισχύς της αρχής του Pareto.

Γ. Η αμφισβήτηση της μεθόδου εδώ σχετίζεται με την προσπάθεια διατήρησης της κατάταξης στις εναλλακτικές σε σχέση με αυτές της μικρότερης σημασίας. Η πρόταση είναι πραγματοποιείται συνδυασμός των σχετικών συγκρίσεων που δίνει ο χρήστης και εφαρμόζοντας του γεωμετρικό μέσο να πραγματοποιείται ο υπολογισμός των συνολικών προτεραιοτήτων και έπειτα να γίνεται συνδυασμός των προτεραιοτήτων αυτών χρησιμοποιώντας πολλαπλασιαστικά βάρη για να συντεθεί η τελική κατάταξη στις εναλλακτικές και με την ύπαρξη ασυνέπειας των κρίσεων.

Δ. Σ' αυτό το σημείο η μέθοδος δέχεται επίκριση στο θέμα της θεμελιώδους κλίμακας του Saaty αν και υπάρχει απόδειξη της θεωρητικής της βάσης (κεφάλαιο 2ο) και επιπροσθέτως γνωρίζουμε πως έχουν γίνει δοκιμές πολλών κλιμάκων επί πολλών παραδειγμάτων για να επιλεγεί. Υπάρχει πρόταση εκ μέρους αρκετών ερευνητών για τη χρήση διαφορετικών κλιμάκων όμως είναι αναπόδεικτο το γεγονός πως βελτιώνουν λειτουργικά την μέθοδο παρέχοντας εγκυρότερο αποτέλεσμα.

Ε. Τέλος η μέθοδος δέχεται επίκριση στον τομέα των συγκρίσεων ανά ζεύγος και αν ο υποκειμενικός τρόπος και ο αυθορμητισμός κρίνονται ως κατάλληλα για την παροχή έγκυρων αποτελεσμάτων. Αρκετοί σπουδαίοι μελετητές ιδιαίτερα στην ψυχολογία έχουν κάνει αναφορές για τη μορφή λειτουργίας του ανθρώπινου νου κατά τη διάρκεια της κριτικής σκέψης και το συμπέρασμα της πλειονότητας είναι πως στηρίζεται στη συνειδητή και ασυνείδητη σύγκριση.

Η Ιεραρχική Ανάλυση Αποφάσεων ενώ αμφισβητείται και δέχεται πολλές κριτικές εφαρμόζεται σε πολλές περιπτώσεις και έχει μεγάλη διάδοση. Μολονότι η κρίση και η προτεραιότητα έχουν υποκειμενική υφή δεν συνάγεται πως υστερεί πρακτικά και δεν υπάρχει λόγος ακύρωσης της αξιοπιστίας της. Είναι μια μορφή ψυχοφυσικής μεθόδου που βασίζεται σε ψυχομετρικές μεθόδους όταν εφαρμόζεται και η επικύρωση της πραγματοποιείται μέσω των μετρήσεων της.

Συμπεράσματα

Μέσω της βιβλιογραφικής έρευνας που έγινε για να συγγραφεί αυτή η εργασία φαίνεται πως η μέθοδος είναι χρήσιμη για να αντιμετωπιστούν πολύπλοκες αποφάσεις. Η εφαρμογή της πραγματοποιήθηκε σε ένα σύνολο υποθετικών και πραγματικών παραδειγμάτων. Την χρησιμοποιούν οργανισμοί και επιχειρήσεις αλλά και ακαδημαϊκοί φορείς ολόένα και περισσότερο αφού οι αποφάσεις τη σημερινή εποχή είναι πολυπλοκότερες. Το μέγεθος της σημασίας της υπογραμμίζεται από το γεγονός πως η πρόταση για τη χρήση της έγινε πριν από μια τριακονταπενταετία υπάρχει πληθώρα βιβλιογραφίας που αναφέρεται σ' αυτήν. Το πόσο αποτελεσματική είναι έχει γίνει αποδεκτό κάποιες φορές ακόμα και από αυτούς που την έχουν αμφισβητήσει. Η λίστα που εφαρμόζεται η μέθοδος είναι μεγάλη και εδώ χρησιμοποιήθηκε ένα μικρό μέρος (κεφάλαιο 1ο , παρ. 1.2).. Βεβαίως υπήρξαν περιπτώσεις της βιβλιογραφίας όπου κατόπιν ερευνών στη μέθοδο προτείνονται εναλλακτικοί τρόποι καθώς και βελτίωση ορισμένων σημείων. Σε γενικές γραμμές είναι μια μέθοδος που λειτουργεί στην πράξη αποτελεσματικά και γίνεται αντικείμενο ευρενητικού ενδιαφέροντος . Υπήρξαν δημοσιεύματα που αναφέρονται οι λόγοι που κάποιοι εκ των ερευνητών έκαναν επιλογή της μεθόδου όταν χρειάστηκε. Αποτελεί τη μοναδική μέθοδο που προσφέρει τη δυνατότητα μέτρησης στο βαθμό συνέπειας ως προς τις αποφάσεις και με το δεδομένο που έχουν ως πραγματοποιούνται μέσω εκτιμήσεων και υποκειμενικών κρίσεων. Δεν θα μπορούσε να παραβλεφθεί η σημασία της χρησιμότητας του Expert Choice κατά τη διάρκεια εφαρμογής της και το γεγονός της δυνατότητας χρήσης του στη λήψη ομαδικών αποφάσεων(team expert choice). Η χρήση του λογισμικού αυτού δεν χρειάζεται εξειδικευμένη γνώση στους υπολογιστές και αποτελεί ένα σημαντικό βοήθημα για την μέθοδο αυτή, Η χρήση του πραγματοποιήθηκε για πρώτη φορά πρό εικοσιπενταετίας.

Βεβαίως έχει γίνει ανάπτυξη και άλλων λογισμικών κατά την εξάπλωση της μεθόδου, π.χ. το AHP Calculation Software της CGI, το AHP Project - Make It Rational, το Qualica Planning Suite και μερικά άλλα, που είτε έχουν να κάνουν αποκλειστικά και μόνο με την AHP, ή αφορούν και άλλες μεθόδους για λήψη αποφάσεων. Κατά την υλοποίηση του παραδείγματος για την εταιρεία, το λογισμικό δε λειτούργησε ανασταλτικά σε κανένα σημείο. Το μόνο που θα μπορούσε να αναφερθεί είναι ότι δεν

υποστηριζόταν η ελληνική γλώσσα με αποτέλεσμα να μην είναι καλή η εμφάνιση ορισμένων διαγραμμάτων, αλλά επί της ουσίας αυτό δεν είναι πρόβλημα ούτε καν για κάποιον που χρησιμοποιεί την ελληνική γλώσσα, καθώς υπάρχουν αρκετές επιλογές διαγραμμάτων ώστε να μπορούν να αποφευχθούν αυτά που ενδεχομένως δεν έχουν καλή εμφάνιση. Εν κατακλείδι, θα μπορούσε κανείς να σημειώσει πως η ΑΗΡ ως μέθοδος, αλλά και το λογισμικό για την εφαρμογή της είναι ευκολονόητα και ιδιαίτερα βοηθητικά εργαλεία για να αντιμετωπίζονται οι αποφάσεις με πολλαπλά κριτήρια και έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν σε αρκετούς τομείς, προσφέροντας σημαντική διευκόλυνση σε ανθρώπους μη «ειδικούς» στην αποτελεσματική αντιμετώπιση περίπλοκων ζητημάτων. Είναι απαραίτητο ο κάθε χρήστης να δίνει μεγάλη προσοχή όταν πραγματοποιεί τις συγκρίσεις, δηλαδή όταν ο ίδιος αξιολογεί τη βαρύτητα των παραγόντων που επηρεάζουν την εκάστοτε απόφαση που καλείται να λάβει. Οφείλει να είναι εξ' ολοκλήρου εστιασμένος στο πρόβλημα και φυσικά να διαθέτει και τις απαραίτητες γνώσεις ώστε να υπάρχει συνέπεια στις αξιολογήσεις του, καθώς διαφορετικά η μέθοδος μπορεί να κουράσει το χρήστη διότι θα είναι αναγκασμένος να γυρίζει διαρκώς πίσω στη διαδικασία.

Βιβλιογραφία

Alonso, J. and Lamata, T. (2006) Consistency in the analytic hierarchy process: A new approach. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems* 14 (4): 445–459.[CrossRefGoogle Scholar](#)

Bana e Costa, C. and Vansnick, J. (2008) A critical analysis of the eigenvalue method used to derive priorities in AHP. *European Journal of Operational Research* 187 (3): 1422–1428.[CrossRefGoogle Scholar](#)

Belton, V. and Stewart, T.J. (2002) *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*. Boston: Kluwer Academic Publishers.[CrossRefGoogle Scholar](#)

Budescu, D., Zwick, R. and Rapoport, A. (1986) A comparison of the eigenvalue method and the geometric mean procedure for ratio scaling. *Applied psychological measurement* 10 (1): 69–78.[CrossRefGoogle Scholar](#)

Cho, E. and Wedley, W. (2004) A common framework for deriving preference values from pairwise comparison matrices. *Computers and Operations Research* 31 (6): 893–908.[CrossRefGoogle Scholar](#)

Dyer, J. (1990a) A clarification of ‘Remarks on the Analytic Hierarchy Process’. *Management Science* 36 (3): 274–275.[CrossRefGoogle Scholar](#)

Dyer, J. (1990b) Remarks on the analytic hierarchy process. *Management Science* 36 (3): 249–258.[CrossRefGoogle Scholar](#)

Fichtner, J. (1986) On deriving priority vectors from matrices of pairwise comparisons. *Socio-Economic Planning Sciences* 20 (6): 341–345.[CrossRefGoogle Scholar](#)

Ishizaka, A. and Lusti, M. (2004) An expert module to improve the consistency of AHP matrices. *International Transactions in Operational Research* 11 (1): 97–105.[CrossRefGoogle Scholar](#)

Ishizaka, A. and Lusti, M. (2006) How to derive priorities in AHP: A comparative study. *Central European Journal of Operations Research* 14 (4): 387–400.[CrossRefGoogle Scholar](#)

Ishizaka, A., Balkenborg, D. and Kaplan, T. (2006) Influence of aggregation and preference scale on ranking a compromise alternative in AHP. Jones, D. and Mardle, S. (2004) A distance-metric methodology for the derivation of weights from a pairwise comparison matrix. *Journal of the Operational Research Society* 55 (8): 869–875.[CrossRefGoogle Scholar](#)

Kwiesielewicz, M. and van Uden, E. (2004) Inconsistent and contradictory judgements in pairwise comparison method in AHP. *Computers and Operations Research* 31 (5): 713–719.[CrossRefGoogle Scholar](#)

Leskinen, P. and Kangas, J. (2005) Rank reversal in multi-criteria decision analysis with statistical modelling of ratio-scale pairwise comparisons. *Journal of the Operational*

Lin, C. (2007) A revised framework for deriving preference values from pairwise comparison matrices. *European Journal of Operational Research* 176 (2): 1145–1150.[CrossRefGoogle Scholar](#)

Saaty, T.L., 1980. “The Analytic Hierarchy Process.” McGraw-Hill, New York.

Stein, W. and Mizzi, P. (2007) The harmonic consistency index for the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research* 177 (1): 488–497.[CrossRef](#)

Triantaphyllou, E. (2001) Two new cases of rank reversals when the AHP and some of its additive variants are used that do not occur with the multiplicative AHP.

Buede D, Maxwell DT (1995) Rank disagreement: a comparison of multi-criteria methodologies. *J Multi-Criteria Decis Anal* 4:1–21

Peniwati K (1996) The analytic hierarchy process: the possibility for group decision making. In: *Proceedings of the 4th international symposium on the analytic hierarchy process*, Vancouver, Canada. (Obtainable from RWS Publications, 4922 Ellsworth Avenue, Pittsburgh, PA 15213.), pp 202–214

Vargas LG (1994) Reply to Schenkerman's avoiding rank reversal in AHP decision support models. *Eur J Oper Res* 74:420–425

Luce RD, Raiffa H (1957) *Games and decisions*. Wiley, New York

Millet I, Saaty TL (1999) On the relativity of relative measures—accommodating both rank preservation and rank reversal in the AHP. *Eur J Oper Res*

Saaty TL, Vargas LG (1993) Experiments on rank preservation and reversal in relative measurement. *Math Comput Model* 17(4/5):13–18

Saaty TL (1999–2000) (ed) *Decision making for leaders*. RWS Publications, 4922 Ellsworth Avenue, Pittsburgh, 15213