

ΠΟΣΟΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Τμήμα Διοίκησης Συστημάτων Εφοδιασμού
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών



ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΙΕΡΑΡΧΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ (ANALYTIC HIERARCHY PROCESS)



Εισαγωγικά στοιχεία

- Συνήθως οι επιλογές που κάνουμε επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες.
- Όταν μια επιλογή υπερέχει των υπολοίπων σε όλους τους παράγοντες τότε η επιλογή είναι προφανής. Συνήθως όμως δεν είναι αυτή η κατάσταση οπότε και η επιλογή γίνεται δύσκολη.
- Κάποιες επιλογές υπερέχουν έναντι κάποιων άλλων σε συγκεκριμένους παράγοντες και υστερούν σε κάποιους άλλους.
- Οι παράγοντες δεν είναι όλοι το ίδιο σημαντικοί.
- Η επιλογή της συνολικά καλύτερης επιλογής είναι λοιπόν σύνθετο πρόβλημα.
- Κάποιοι παράγοντες ενδεχομένως να είναι ποιοτικοί και ως εκ τούτου δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν (έχουμε λοιπόν και το υποκειμενικό στοιχείο αυτών που αποφασίζουν).



Εισαγωγικά στοιχεία

Έστω ότι καλούμαστε να αποφασίσουμε ανάμεσα σε κάποιες εναλλακτικές επιλογές σε σχέση με ένα έργο. Η επιλογή που θα κάνουμε βασίζεται σε διαφορετικά κριτήρια. Η κεντρική ιδέα της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας (Analytic Hierarchy Process) είναι η ιεράρχηση των κριτηρίων ως προς τη σημαντικότητά τους και εν συνεχεία η ιεράρχηση των διαφορετικών επιλογών σε σχέση με καθένα από τα κριτήρια. Οι ιεραρχήσεις πραγματοποιούνται με διαδοχικές συγκρίσεις κατά ζεύγη (pairwise comparisons).



Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία

Analytic Hierarchy Process (AHP)

- Μεθοδολογία που εμπίπτει στο χώρο της Ανάλυσης Αποφάσεων και πιο συγκεκριμένα στον τομέα της Πολύ-κριτήριας Ανάλυσης (Multicriteria Decision Analysis)
- Μοντελοποιεί σύνθετες αποφάσεις με βάση συγκρίσιμα/βαθμολογίσιμα στοιχεία.
- Παρουσιάστηκε από τον Saaty (1972 και 1977)
- Γνωρίζει ευρεία αποδοχή με πολλές εφαρμογές στους χώρους της βιομηχανίας, των κατασκευών, της υγείας, της οικολογίας/περιβάλλοντος, των στρατιωτικών, κτλ.



ΑΗΡ

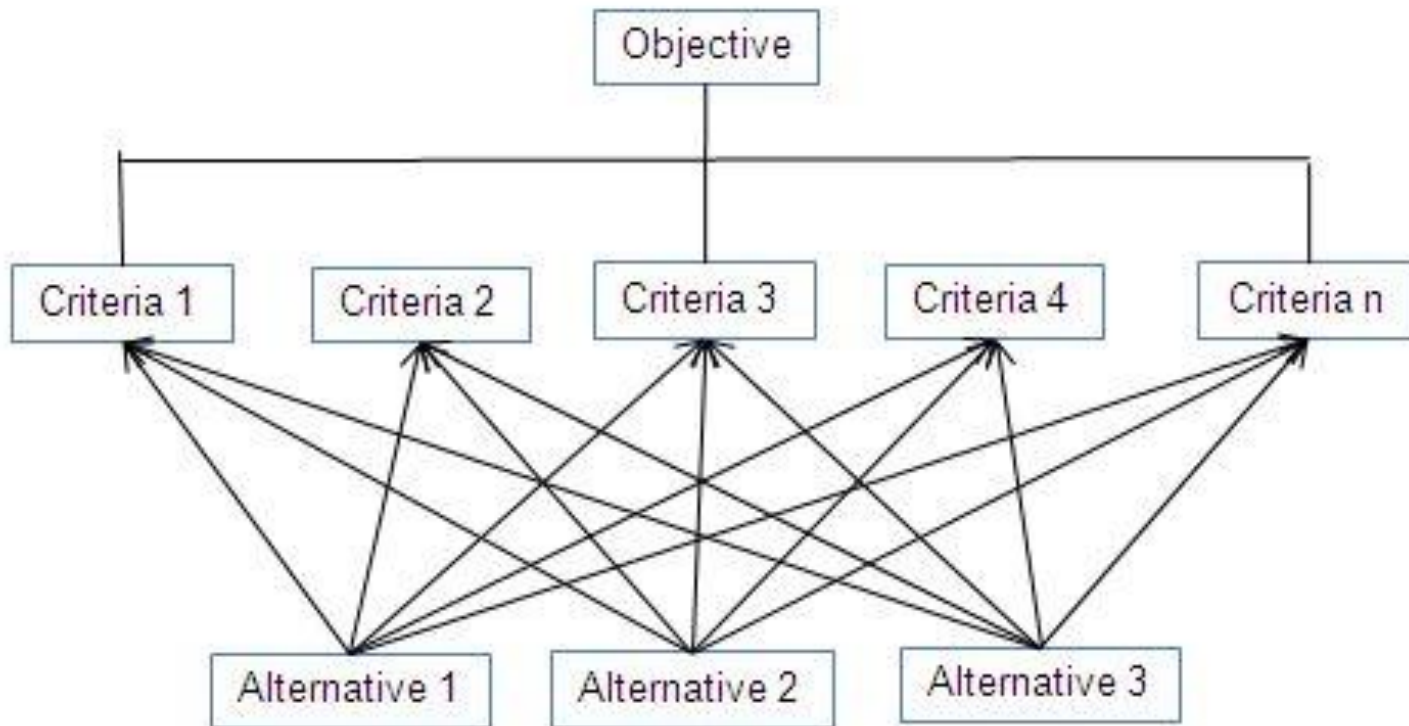
Το πρόβλημα αναλύεται σε:

- Σκοπό
- Κριτήρια (μπορεί να περιλαμβάνονται υπο-κριτήρια, δημιουργώντας ακόμη ένα επίπεδο στην ιεραρχία)
- Επιλογές

Η παραπάνω ιεραρχία δομεί το πρόβλημα. Στο 1^ο επίπεδο βρίσκεται ο σκοπός, στο 2^ο επίπεδο τοποθετούνται τα κριτήρια και στο τρίτο επίπεδο οι επιλογές. Πραγματοποιούμε κατά ζεύγη συγκρίσεις ώστε να κατατάξουμε τα κριτήρια σε σειρά σημαντικότητας (υπολογίζουμε τα σχετικά βάρη). Πραγματοποιούμε κατά ζεύγη συγκρίσεις μεταξύ των επιλογών σε σχέση με τα βάρη. Η τελική επιλογή γίνεται συνθέτοντας τα παραπάνω αποτελέσματα.



AHP



ΑΗΡ

Γενικές αρχές:

- Οι εναλλακτικές επιλογές ενός ρεαλιστικού προβλήματος απόφασης είναι αδύνατο να συγκριθούν ως προς το γενικό στόχο.
- Ο βαθμός λεπτομέρειας της ιεραρχικής δομής (βάθος/επίπεδα και εύρος) εξαρτάται από την πολυπλοκότητα του προβλήματος.
- Η ιεραρχική δομή κατασκευάζεται συνήθως με brainstorming sessions από ομάδες ειδικών/stakeholders έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η κατά το δυνατό συνολική αποτίμηση του προβλήματος απόφασης.



ΑΗΡ

Κατά ζεύγη συγκρίσεις

- Με τις συγκρίσεις κατά ζεύγη αποφασίζουμε πόσο σημαντικότερη είναι η μία επιλογή από την άλλη για το εκάστοτε κριτήριο.
- Αυτές γίνονται με βάση τον πίνακα που ακολουθεί.
- Από τις συγκρίσεις υπολογίζεται ο δείκτης συνοχής (Consistency Index) του προβλήματος.



Ένταση της σχετικής σημασίας	Ορισμός	Ερμηνεία
1	Ίση βαρύτητα	Δύο δραστηριότητες συνεισφέρουν εξίσου στο στόχο.
3	Μέτρια βαρύτητα του ενός στοιχείου ως προς ένα άλλο	Η εμπειρία και η κρίση ευνοούν ελαφρώς μια δραστηριότητα έναντι της άλλης.
5	Σημαντική βαρύτητα του ενός στοιχείου ως προς ένα άλλο	Η εμπειρία και η κρίση ευνοούν σημαντικά μια δραστηριότητα έναντι της άλλης.
7	Εκδηλωμένη βαρύτητα	Μια δραστηριότητα ευνοείται ισχυρά και η κυριαρχία της εκδηλώνεται στην πράξη.
9	Μέγιστη βαρύτητα	Οι λόγοι που ευνοούν τη μια δραστηριότητα έναντι της άλλης είναι του υψηλότερου δυνατού βαθμού επιβεβαίωσης.
2,4,6,8	Ενδιάμεσες τιμές ανάμεσα σε δύο παρακείμενες κρίσεις	Όταν απαιτείται συμβιβασμός.
Αντίστροφοι των παραπάνω αριθμών	Αν σε μια δραστηριότητα αντιστοιχίζεται ένας από τους παραπάνω αριθμούς, όταν αυτή συγκρίνεται με δεύτερη δραστηριότητα, τότε η δεύτερη έχει την αντίστροφη τιμή όταν συγκρίνεται με την πρώτη.	Δεν υπάρχει καμία ερμηνεία
Ρητοί αριθμοί	Αναλογίες που προκύπτουν από την κλίμακα.	Αν επιβαλλόταν η συνέπεια λαμβάνοντας η αριθμητικές τιμές για το σχηματισμό του πίνακα.



Δεδομένων των συγκρίσεων που έχουν πραγματοποιηθεί υπολογίζεται ο δείκτης συνοχής (ή συνέπειας) (C.I.)

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

και στη συνέχεια ο λόγος συνέπειας (Consistency Ratio)

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Η τιμή του CR πρέπει να διατηρείται μεταξύ $0 \leq CR \leq 0.10$, δηλαδή για τιμές του CR μεγαλύτερες του 0.10, ο λόγος θεωρείται μη συνεπής.



Το RI (Random Consistency Index ή Δείκτης Τυχαίας Συνέπειας) είναι ανάλογο με τον αριθμό των επιλογών του πίνακα. Δίνεται από τον παρακάτω πίνακα:

Μέγεθος πίνακα	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R.I.	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Ο πίνακας αυτός δημιουργήθηκε από μια επαναληπτική διαδικασία δημιουργίας τυχαίων πινάκων συγκρίσεων και τη λήψη του Μέσου Όρου.

Συγκρίνουμε δηλαδή το δικό μας αποτέλεσμα (CI) με ένα Μέσο Όρο από πίνακες συγκρίσεων και ζητάμε μία πολύ χαμηλότερη τιμή.



Επιγραμματικά τα βήματα

Για τα κριτήρια

- Κατασκευάζουμε τον πίνακα των συγκρίσεων κατά ζεύγη, εισάγοντας μια επιπλέον γραμμή με το άθροισμα κάθε στήλης.
- Κατασκευάζουμε τον κανονικοποιημένο πίνακα και υπολογίζουμε τα βάρη για κάθε γραμμή (ο μέσος όρος για κάθε γραμμή).
- Υπολογίζουμε τα CI και CR από τον προηγούμενο πίνακα (όριο για το CR είναι το 0.10).



Για τις επιλογές σε καθένα από τα κριτήρια

- Κατασκευάζουμε τον πίνακα των συγκρίσεων κατά ζεύγη.
- Κατασκευάζουμε τον κανονικοποιημένο πίνακα και υπολογίζουμε τα βάρη για κάθε γραμμή.
- Υπολογίζουμε τα CI και CR από τον προηγούμενο πίνακα.

Τελικά

- Υπολογίζουμε την τελική σειρά προτίμησης με βάση τα παραπάνω βάρη.



Εναλλακτικές Μέθοδοι για τον υπολογισμό των βαρών:

- Μέθοδος Ιδιοδιανυσμάτων (Μέσος όρος κανονικοποιημένων τιμών του πίνακα ή Μέθοδος του μέγιστου λ).
- Μέθοδος Γεωμετρικού Μέσου
- Μέθοδος των Ασαφών Βαρών (Fuzzy Weights)
- ...



Παράδειγμα

Καλούμαστε να επιλέξουμε πανεπιστήμιο ανάμεσα στα Swarthmore College, Northwestern University, University of Michigan, Vanderbilt University και Carnegie-Mellon University. Το συνολικό κόστος φοίτησης είναι περίπου ίσο για τα παραπάνω ιδρύματα οπότε δεν συμπεριλαμβάνεται ως κριτήριο. Τα κριτήρια που λαμβάνουμε υπόψη στην αξιολόγηση είναι της τοποθεσίας (LOCATION), της φήμης (REPUTATION), της ατμόσφαιρας (AMBIENCE) και το ακαδημαϊκό κριτήριο (ACADEMICS).



Focus:

CHOOSE BEST COLLEGE

Criteria:

LOCATION

AMBIENCE

REPUTATION

ACADEMICS

Alter-
natives:

SWARTHMORE

NORTHWESTERN

U. MICH.

VANDERBILT

CMU



Η ιεράρχηση των κριτηρίων σε σχέση με τις προτιμήσεις του φοιτητή αποδίδονται στον παρακάτω πίνακα:

FOCUS	LOCATION	AMBIENCE	REPUTATION	ACADEMICS
LOCATION	1	1/7	1/5	1/5
AMBIENCE	7	1	2	3
REPUTATION	5	1/2	1	1
ACADEMICS	5	1/3	1	1

Τα βάρη για καθένα από τα κριτήρια προκύπτουν από την κανονικοποίηση του πίνακα.

- Διαιρούμε κάθε στοιχείο με το άθροισμα της αντίστοιχης στήλης.
- Βρίσκουμε το Μέσο Όρο κάθε γραμμής.



- Για κάθε σύγκριση i με j αποδίδουμε μία από τις τιμές της κλίμακας 1-9, σύμφωνα με το σχετικό πίνακα.
- Οπότε στη σύγκριση j με i θα αντιστοιχίζεται η αντίστροφη της τιμής της σύγκρισης i με j .
- Επαναλαμβάνουμε τις συγκρίσεις για όλα τα κριτήρια και όλα τα ζεύγη επιλογών του προβλήματος.
- Πιθανώς να χρειαστεί αναπροσαρμογή των συντελεστών σύγκρισης ώστε να διατηρηθεί το CR σε αποδεκτό επίπεδο.



LOCATION	SWARTH	NORTHW	U. MICH	VANDERB	CMU	Wt
SWARTH	1	1/4	1/3	1/3	7	0.115
NORTHW	4	1	2	3	7	0.402
U. MICH	3	1/2	1	3	6	0.283
VANDERB	3	1/3	1/3	1	4	0.163
CMU	1/7	1/7	1/6	1/4	1	0.037

(1) (SWARTH, NORTHW, U. MICH, VANDERB, CMU) = (0.115, 0.402, 0.283, 0.163, 0.037).

(2) (SWARTH, NORTHW, U. MICH, VANDERB, CMU) = (0.034, 0.539, 0.250, 0.121, 0.056);

(3) (SWARTH, NORTHW, U. MICH, VANDERB, CMU) = (0.521, 0.235, 0.147, 0.038, 0.059);

(4) (SWARTH, NORTHW, U. MICH, VANDERB, CMU) = (0.564, 0.209, 0.132, 0.040, 0.055).



$$\begin{pmatrix} 0.115 & 0.034 & 0.521 & 0.564 \\ 0.402 & 0.539 & 0.235 & 0.209 \\ 0.284 & 0.250 & 0.147 & 0.132 \\ 0.163 & 0.121 & 0.038 & 0.040 \\ 0.037 & 0.056 & 0.059 & 0.055 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.053 \\ 0.491 \\ 0.238 \\ 0.218 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.270 \\ 0.387 \\ 0.201 \\ 0.086 \\ 0.055 \end{pmatrix} .$$

Άρα η επιλογή που καταλήγουμε είναι η δεύτερη το Northwestern University.



Περιορισμοί της ΑΗΡ

- Ο αριθμός των επί μέρους επιλογών είναι καλό να μην υπερβαίνει το εννέα.
- Η ΑΗΡ είναι μέθοδος υποστήριξης αποφάσεων την οποία εφαρμόζει συνήθως ομάδα ειδικών. Σε κάποιες εφαρμογές δεν υπάρχει ξεκάθαρη (αντικειμενική) κρίση ανάμεσα στις επιλογές αλλά υπεισέρχεται το υποκειμενικό κριτήριο. Διαφορετικές ομάδες πιθανώς καταλήγουν σε διαφορετικά συμπεράσματα ...
- Η ΑΗΡ δεν μπορεί να υποκαταστήσει άλλες μεθόδους που κατασκευάζουν και ελέγχουν επιστημονικές υποθέσεις.



Περιορισμοί της ΑΗΡ

- Δεν είναι πάντα εφικτή η ανοικτή συζήτηση σχετικά με στόχους, κριτήρια και επιλογές. Σε αποφάσεις που διέπονται από κάποιο βαθμό απορρήτου συχνά απαιτείται η διαδικασία λήψης της απόφασης από ένα πρόσωπο, ακριβώς για να εξασφαλιστεί το απόρρητο. Οπότε και το υποκειμενικό στοιχείο γίνεται πολύ έντονο.
- Η εφαρμογή της διαδικασίας είναι εύκολη και γίνεται δελεαστικό να προχωρούμε σε μη ώριμες αποφάσεις καθώς δεν απαιτείται ελάχιστο επίπεδο πληροφορίας. Η διαδικασία της λήψης απόφασης όταν περιλαμβάνει συλλογή πληροφοριών πρέπει να γίνεται με τρόπο μη-πιεστικό και πρόχειρο. Πρέπει να εξασφαλίζεται ότι οι απαραίτητες πληροφορίες είναι στη διάθεση της ομάδας-απόφασης ώστε τα αποτελέσματα της διαδικασίας να είναι αξιόπιστα.



Εφαρμογές της ΑΗΡ

- Λογιστική και Χρηματοοικονομικά
- Συστήματα Μεταφορών
- Αρχιτεκτονική και Κατασκευές
- Υπολογιστικά Συστήματα
- Επενδύσεις Κεφαλαίων, Έρευνα Συμβολαίων Μελλοντικής Εκπλήρωσης, Επιλογή Χαρτοφυλακίου
- Ανάλυση Σύγκρουσης, Στρατιωτικές Εφαρμογές
- Δομές Ενέργειας
- Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων (Οικονομικά)
- Δομές Υγείας, Εκπαίδευσης, Δημοσίου Τομέα; Αθλητικές Εγκαταστάσεις
- Πολιτική
- Marketing
- Βιομηχανία και Παραγωγή
- Έρευνα και Ανάπτυξη
- ...



Ενδεικτική Βιβλιογραφία:

1. Saaty, T.H. (1972). "Priorities and Hierarchies: Eigenvalue Structure", Working Paper, University of Pennsylvania.
2. Saaty, T.H. (1977). "A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures", Journal of Mathematical Psychology 15 (3), 234-281.
3. Saaty, T.H. (1987). "The Analytic Hierarchy Process-What it is and how it is used", Mathematical Modelling 9 (3-5), 161-176.
4. Golden, B.L., Wasil, E.A. and Harker, P.T. (1989). The Analytic Hierarchy Process, Springer.



Ερωτήσεις ???

Ευχαριστώ για την προσοχή σας

