

---

# ΕΝΟΤΗΤΑ 1

## Εισαγωγή & Βασικές Αρχές

---

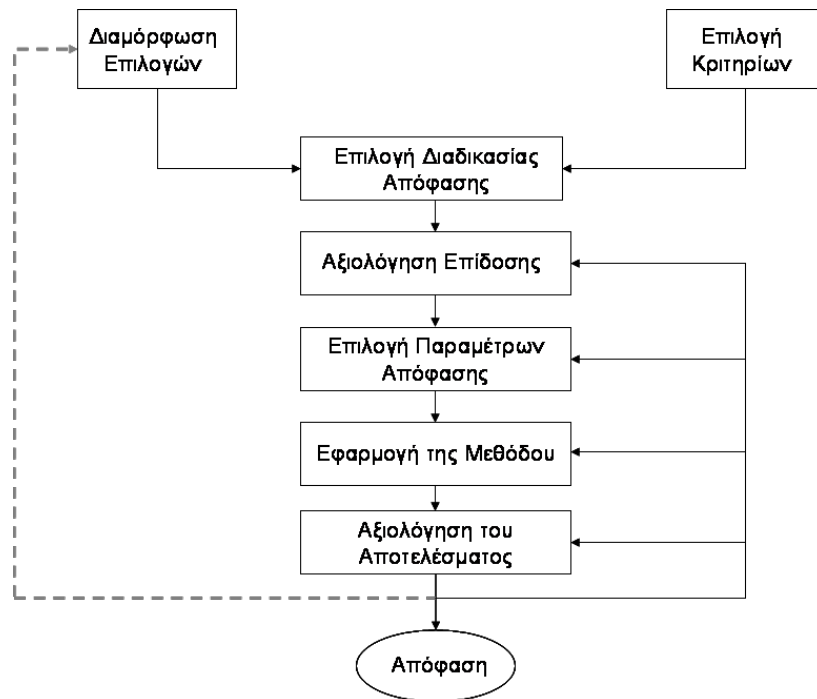
### Φιλοσοφία Υποστήριξης Αποφάσεων Πολλαπλών Κριτηρίων

Τα μεθοδολογικά πλαίσια που βασίζονται στην Πολυκριτήρια Ανάλυση Αποφάσεων (ΠΑΑ) συμπεριλαμβάνουν διάφορα κριτήρια στη διαδικασία υποστήριξης αποφάσεων ενεργειακής πολιτικής και κατά συνέπεια, προσφέρουν μια εναλλακτική λύση στις υποθέσεις που κρύβονται κάτω από τις συμβατικές μεθόδους οικονομικής ανάλυσης. Οι μέθοδοι ΠΑΑ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να φιλτράρουν εναλλακτικές λύσεις και να προσδιορίσουν ιδανικά ένα σύνολο βέλτιστων λύσεων, έτσι ώστε καμία άλλη εφικτή επιλογή να μην υπάρχει που να είναι εξίσου καλή στο σύνολο των στόχων που έχουν τεθεί. Κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας, οι εκτιμήσεις που γίνονται για την αποτίμηση μιας πολιτικής μπορούν να συμπεριλάβουν κοινωνικές, περιβαλλοντικές και οικονομικές ιδιότητες. Επομένως, οι μέθοδοι ΠΑΑ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προσδιορίσουν τις ανταλλαγές, τα οφέλη και τις λύσεις συμβιβασμού στα σύνθετα προβλήματα πολιτικής και σχεδιασμού [1].

Οι ΠΑΑ μπορούν να ποικίλουν από απλές προσεγγίσεις που χρειάζονται πολύ λίγες πληροφορίες σε αρκετά περίπλοκες μεθόδους βασισμένες σε μαθηματικές τεχνικές προγραμματισμού, που χρειάζονται εκτενείς πληροφορίες για κάθε ιδιότητα και τις προτιμήσεις των υπεύθυνων για τη λήψη αποφάσεων. Εντούτοις, τα προβλήματα πολλαπλών κριτηρίων έχουν ένα σύνολο κοινών χαρακτηριστικών [2, 3] που περιλαμβάνει:

- Πεπερασμένους αριθμούς εναλλακτικών λύσεων, οι οποίες μπορούν να επεξεργαστούν, να δοθούν προτεραιότητες, να επιλεγούν, ή/ και να ταξινομηθούν.
- Αριθμούς ιδιοτήτων που εξαρτώνται από τη φύση του προβλήματος.
- Σύνολα μονάδων συγκεκριμένων για τη μέτρηση κάθε ιδιότητας.
- Δυνατότητα για το χαρακτηρισμό ανάλογης σπουδαιότητας κάθε ιδιότητας, μέσω μιας κλίμακας.
- Ένα σχήμα μητρώων, όπου οι στήλες δείχνουν τις ιδιότητες στο συγκεκριμένο πρόβλημα και οι σειρές τις ανταγωνιστικές εναλλακτικές λύσεις.

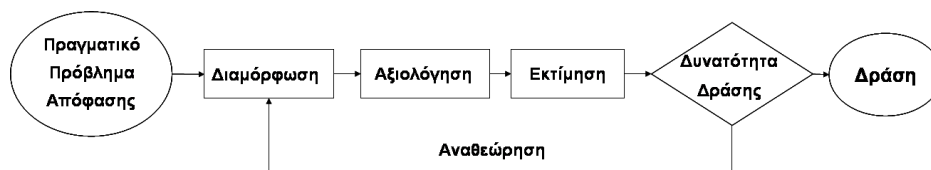
Ουσιαστικά, ένας αποφασίζων πρέπει να επιλέξει μεταξύ ποσοτικά προσδιορίσιμων ή μη-ποσοτικά προσδιορίσιμων πολλαπλών κριτηρίων. Οι στόχοι είναι συνήθως συγκρουόμενοι και επομένως, η λύση εξαρτάται ιδιαίτερα από τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα και πρέπει να είναι ένας συμβιβασμός. Στις περισσότερες από τις περιπτώσεις, διαφορετικές ομάδες αποφασιζόντων εμπλέκονται στη διαδικασία. Κάθε ομάδα φέρνει διαφορετικά κριτήρια και απόψεις, τα οποία πρέπει να επιλυθούν μέσα σε ένα πλαίσιο κατανόησης και αμοιβαίου συμβιβασμού. Η διαδικασία πολυκριτήριας υποστήριξης αποφάσεων απεικονίζεται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1 Διαδικασία Υποστήριξης Αποφάσεων Πολλαπλών Κριτηρίων

Πηγή: Climaco (1997)

Η υποστήριξη αποφάσεων με μεθόδους ΠΑΑ, όπως και η υποστήριξη αποφάσεων γενικότερα, είναι μία επαναλαμβανόμενη διαδικασία όπως φαίνεται στο Σχήμα 2. Σε κάθε επανάληψη, το μοντέλο υποστήριξης αποφάσεων αναθεωρείται ως προς την καταλληλότητα και την πληρότητά του, έως ότου καμία άλλη βελτίωση στο μοντέλο δεν είναι αναγκαία προτού ληφθεί μία σαφής πορεία δράσης [4].



Σχήμα 2 Επαναλαμβανόμενη διαδικασία

Πηγή: Huang et al. (1995)

### Συνεπής Οικογένεια Κριτηρίων

Στο στάδιο του προσδιορισμού και οργάνωσης της ΠΑΑ, ο εντοπισμός των παραγόντων που επιδρούν στη υποστήριξη απόφασης αποτελεί ουσιαστικά τον καθορισμό των κριτηρίων στα οποία θα αξιολογηθούν οι εναλλακτικές. Ένα κριτήριο είναι ένα εργαλείο για τη σύγκριση και αξιολόγηση των εναλλακτικών [2, 3]. Ένα κριτήριο θα πρέπει να αντιπροσωπεύει, όσο είναι δυνατό, μια σαφή και ξεκάθαρη έννοια.

Έστω ότι το σύνολο  $A$  των εναλλακτικών. Ένα κριτήριο ορίζεται ως μια απεικόνιση  $g$  από το σύνολο των  $A$  των εναλλακτικών σε ένα σύνολο  $B$  το οποίο είναι εφοδιασμένο με μια διάταξη, δηλαδή ορίζονται δυο σχέσεις, η προτίμηση ( $>$ ) και η ισοδυναμία ( $=$ ) στο  $B$ . Η ( $>$ ) είναι αντισυμμετρική και μεταβατική (αν  $a > b$  και  $b > a \Rightarrow a = b$ ,  $\forall a, b \in B$  και αν  $a > b$  και  $b > c \Rightarrow a > c$ ,  $\forall a, b, c \in B$ ). Η ( $=$ ) είναι συμμετρική ( $a = b \Rightarrow b = a$ ,  $\forall a, b \in B$ ) και μεταβατική. Επίσης, η διάταξη είναι πλήρης, δηλαδή αν  $a, b \in B$  θα είναι είτε  $a > b$ , είτε  $b > a$ , είτε  $a = b$ . Άρα, ένα κριτήριο είναι η απεικόνιση  $g: A \rightarrow B$ , όπου  $a \in A$ . Η  $g(a)$  λέγεται η επίδοση της εναλλακτικής  $a$  στο κριτήριο  $g$ . Κοινώς, το σύνολο  $B$  λέγεται η κλίμακα μέτρησης του κριτηρίου  $g$ . Για την ανάλυση, υποθέτουμε ότι τα κριτήρια ορίζονται έτσι που μεγαλύτερες επιδόσεις σε αυτά είναι προτιμότερες.

Σύμφωνα με τις σχέσεις ( $>$ ) και η ( $=$ ) θα πρέπει για δυο εναλλακτικές  $a$  και  $b$  και για το κριτήριο  $g$  να ισχύει:

- ο αν  $g(a) > g(b) \Leftrightarrow a \succ b$ , η  $a$  προτιμάται της  $b$  στο κριτήριο  $g$  και
- ο αν  $g(a) = g(b) \Leftrightarrow a \sim b$ , η  $a$  είναι αδιάφορη της  $b$  στο κριτήριο  $g$ .

Το σύνολο των κριτηρίων  $G = \{g_1, g_2, \dots, g_n\}$  θα πρέπει να αποτελεί μια συνεπή οικογένεια κριτηρίων δηλαδή να ικανοποιεί τις ιδιότητες [2, 3]:

- ο *Μονοτονία*: Το σύνολο των κριτηρίων θεωρείται ότι υπακούει στην ιδιότητα της μονοτονίας εάν και μόνο εάν:  
για κάθε ζεύγος εναλλακτικών δραστηριοτήτων  $x$  και  $x'$  για τις οποίες υπάρχει κριτήριο  $g_j$ , έτσι ώστε  $g_j(x) > g_j(x')$  για κάθε  $g_i \neq g_j$  και  $g_i(x) = g_i(x')$ , τότε αληθεύει το συμπέρασμα ότι η  $x$  προτιμάται της  $x'$ .
- ο *Επάρκεια*: Ένα σύνολο κριτηρίων λέγεται ότι είναι επαρκές αν και μόνον αν για κάθε ζεύγος εναλλακτικών  $x$  και  $x'$  για τις οποίες  $g_i(x) = g_i(x')$  για κάθε κριτήριο  $g_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , τότε αληθεύει το συμπέρασμα ότι η  $x$  είναι ισοδύναμη της  $x'$ . Αν για κάθε κριτήριο  $g_i$  ισχύει  $g_i(x) = g_i(x')$  αλλά η  $x$  δεν είναι ισοδύναμη της  $x'$ , τότε αυτό αποδεικνύει ότι το σύνολο των εξεταζόμενων κριτηρίων δεν επαρκεί για τη σωστή ανάλυση των εναλλακτικών του συνόλου  $A$  και κάποιο ή κάποια επιπλέον κριτήρια είναι αναγκαία.
- ο *Μη πλεονασμός*: Ο πλεονασμός προκύπτει αν υπάρχουν περισσότερα από ένα κριτήρια, τα οποία μετρώνε τον ίδιο παράγοντα ή εκφράζουν την ίδια έννοια. Εάν η διαγραφή ενός οποιουδήποτε κριτηρίου από το σύνολο των εξεταζόμενων κριτηρίων ανατρέψει κάποια από τις παραπάνω δύο βασικές ιδιότητες, τότε θεωρείται ότι το σύνολο των κριτηρίων δεν είναι πλεονασματικό.

## Τεχνικές Πολυκριτήριας Ανάλυσης

Οι τεχνικές Πολυκριτήριας Ανάλυσης σε διακριτά προβλήματα απόφασης χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες [5, 6]:

- *Θεωρία Αξίας (Multi Attribute Utility Theory - MAUT)*: Πρόκειται για την «Αμερικάνικη Σχολή» στην πολυκριτήρια ανάλυση που στοχεύει ακριβώς στην κατασκευή ενός συστήματος αξίας το οποίο προκύπτει από τη σύνθεση των προτιμήσεων/ αξιών των ληπτών αποφάσεων σε ότι αφορά τα κριτήρια (Keeney & Raiffa, 1976 [7]). Στη βιβλιογραφία συναντάται και σαν «θεωρία χρησιμότητας».
- *Θεωρία Σχέσεων Υπεροχής (Outranking Relations Theory)*: Πρόκειται για την «Γαλλική ή Ευρωπαϊκή Σχολή» στην πολυκριτήρια ανάλυση και στοχεύει στην αντιμετώπιση του προβλήματος της μη-συγκρισιμότητας μεταξύ των εναλλακτικών [8]. Οι μέθοδοι ELECTRE (Roy, 1985 [8]) και PROMETHEE (Brans and Vincke, 1985 [9]), είναι οι δημοφιλέστερες τεχνικές σχέσεων υπεροχής. Επιπλέον, η μέθοδος TOPSIS (the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) αναπτύχθηκε από τους Hwang και Yoon (1981) [10] σαν άλλη μία εναλλακτική μέθοδο σε αυτή την κατηγορία.
- *Αναλυτική-Συνθετική Προσέγγιση (preference disaggregation approach)*. Προσανατολίζεται στην ανάπτυξη ενός γενικού μεθοδολογικού πλαισίου, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση αποφάσεων που λαμβάνει ο αποφασίζων, ώστε να καθορισθεί το κατάλληλο υπόδειγμα σύνθεσης των κριτηρίων, το οποίο ανταποκρίνεται στο σύστημα αξιών και προτιμήσεων του αποφασίζοντα. Πρόκειται ουσιαστικά για την ακριβώς αντίθετη διαδικασία από αυτή στην Θεωρία Αξίας (Jacquet - Lagrèze & Siskos, 1982, 2001 [11, 12]).

Στη μονογραφία του Σίσκου (2008) [13], έρχονται για πρώτη φορά στο φως η καθοριστική ορολογία της θεωρίας της πολυκριτήριας ανάλυσης καθώς και τα βασικά θεωρητικά αποτελέσματα. Σημαντικά βιβλία σε πολυκριτήρια συστήματα αποφάσεων είναι και τα βιβλία των Γρηγορούδης, Ε., Μ. Δούμπος, Κ. Ζοπουνίδης και Ν Ματσατσίνης (2004) [5] και Ματσατσίνης Ν και Κ. Ζοπουνίδης (2007) [6].

Σημαντικές εργασίες από για τη χρήση μεθόδων ΠΑΑ για ενεργειακό σχεδιασμό και κλιματική πολιτική είναι διαθέσιμες στην επιστημονική βιβλιογραφία [14-16].

Όσον αφορά τα συνεχή προβλήματα, μία από τις πρώτες εφαρμογές του Πολυκριτήριου Μαθηματικού Προγραμματισμού, σε ενεργειακά συστήματα παρουσιάστηκε στη διδακτορική διατριβή του Ψαρρά (1989) [17]. Σημαντική εφαρμογή Πολυκριτήριου Προγραμματισμού στον ενεργειακό σχεδιασμό μετέπειτα είναι και η διδακτορική διατριβή του Μαυρωτά το 2000 [18], ενώ έκτοτε έχουν υπάρξει πλείστες εφαρμογές στη βιβλιογραφία [19-21].

## Βιβλιογραφία

- [1] Carlsson C, Kochetkov Y. (1983), “Theory and Practice of Multiple Criteria Decision Making”, North-Holland Publishing, New York.
- [2] Cohon JL. (1978), “Multiobjective Programming and Planning”, Academic Press, New York.
- [3] Climaco J. (1997), “Multicriteria analysis”, New York: Springer-Verlag.

- [4] Huang JP, Pho KL, Ang BW. (1995), “Decision analysis in energy and environmental modelling”, *Energy—The International Journal*, 20(9), 843-855.
- [5] Γρηγορούδης, Ε., Μ. Δούμπος, Κ. Ζοπουνίδης και Ν Ματσατσίνης (2004). “Πολυκριτήρια Ανάλυση Αποφάσεων: Μεθοδολογικές προσεγγίσεις και εφαρμογές”, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα.
- [6] Ματσατσίνης Ν και Κ. Ζοπουνίδης (2007). “Συστήματα αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια”, Κλειδάριθμος, Αθήνα.
- [7] Keeney, R. L., H. Raiffa. (1976). “Decisions with Multiple Objectives”. John Wiley and Sons, New York.
- [8] Roy B. (1985). *Méthodologie multicritère d’aide à la décision*, Economica, Paris.
- [9] Brans, J.P. and Vincke, Ph. (1985), “A Preference ranking organization method”, *Management Science* 31 (6), 647-656.
- [10] Huang CL, Yoon K. (1981), “Multi attribute decision making: methods and applications”, New York: Springer-Verlag.
- [11] Jacquet -Lagrèze, E. & Siskos, Y. (1982), “Assessing a set of additive utility functions for multicriteria decision making: The UTA method”, *European Journal of Operational Research*, 10, 151-164.
- [12] Jacquet -Lagrèze, E. & Siskos, Y. (2001), “Preference Disaggregation: Twenty years of MCDA experience”, *European Journal of Operational Research*, 130 (2), 233-245.
- [13] Σίσκος, Ι. (2008). *Μοντέλα Αποφάσεων*, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα.
- [14] Diakoulaki, D., Antunes, C. H., & Martins, A. G. (2005). MCDA and energy planning. In: "State of the Art of Multiple Criteria Decision Analysis", J. Figueira, S. Greco, M. Erghott (Eds.). *Int. Series in Operations Research and Management Science*, vol. 78, 859-897, Springer.
- [15] Doukas, H., & Nikas, A. (2020). Decision support models in climate policy. *European Journal of Operational Research*, 280(1), 1-24.
- [16] Nikas, A., Doukas, H., & López, L. M. (2018). A group decision making tool for assessing climate policy risks against multiple criteria. *Heliyon*, 4(3), e00588.
- [17] Ψαρράς Ι, (1989). “Πολυκριτηριακός Μαθηματικός Προγραμματισμός, Εφαρμογή σε Ενεργειακά Συστήματα”, Διδακτορική Διατριβή, Αθήνα.
- [18] Μαυρωτάς Γ, (2000). “Πολυκριτηριακος Προγραμματισμός σε Συνθήκες Αβεβαιότητας. Κατασκευή Συστήματος Υποστήριξης Αποφάσεων και Εφαρμογή στον Ενεργειακό Σχεδιασμό. Διδακτορική Διατριβή, Αθήνα.
- [19] Forouli, A., Gkonis, N., Nikas, A., Siskos, E., Doukas, H., & Tourkolias, C. (2019). Energy efficiency promotion in Greece in light of risk: Evaluating policies as portfolio assets. *Energy*, 170, 818-831.
- [20] Forouli, A., Doukas, H., Nikas, A., Sampedro, J., & Van de Ven, D. J. (2019). Identifying optimal technological portfolios for European power generation towards climate change mitigation: A robust portfolio analysis approach. *Utilities Policy*, 57, 33-42.
- [21] Van de Ven, D. J., Sampedro, J., Johnson, F. X., Bailis, R., Forouli, A., Nikas, A., Yu, S., Pardo, G., de Jalón, S.G., Wise, M., & Doukas, H. (2019). Integrated policy

assessment and optimisation over multiple sustainable development goals in Eastern Africa. *Environmental Research Letters*, 14(9), 094001.