

ΜΙΑ ΝΕΑ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΕ ΘΕΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

Βασίλογλου Βασίλειος^{1,2}, Λόκκας Φιλόθεος², Γραβάνης Γεώργιος²

¹ Τμήμα Υδραυλικής και Τεχνικής Περιβάλλοντος, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ.
² Τμήμα Πολιτικών Έργων Υποδομής, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, ΤΕΙ Λάρισας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μια νέα πολυκριτήρια μέθοδος λήψης απόφασης (Multiple Criteria Decision Making), η οποία μπορεί να εφαρμοστεί αποτελεσματικά στην επιλογή πολιτικών διαχείρισης υδατικών πόρων. Η προτεινόμενη μέθοδος ανήκει στην κατηγορία των μεθόδων υπεροχής (Outranking methods), συσχετίζεται με την προβληματική αναφοράς I (Επιλογή) και μπορεί να εφαρμοστεί είτε αυτόνομα είτε να ενταχθεί σε ένα πολυκριτήριο σύστημα λήψης απόφασης. Ειδικότερα, παρουσιάζεται η φιλοσοφία και τα βασικά στοιχεία της μεθόδου, η διαδικασία μοντελοποίησης της και αναλύεται ο τρόπος εφαρμογής της στην αξιολόγηση και επιλογή νέων πολιτικών διαχείρισης υδατικών πόρων.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η επιλογή μιας πολιτικής διαχείρισης υδατικών πόρων εξαρτάται από μια σειρά τεχνικών, περιβαλλοντικών και οικονομικών όρων. Έτσι, για την αντικειμενικοποίηση της επιλογής εφαρμόζονται κυρίως μέθοδοι πολυκριτήριας ανάλυσης. Παρόλο που σήμερα είναι γνωστές αρκετές τέτοιες μεθοδολογίες, η γενικότερη απαίτηση για μια πραγματικά ορθολογική και πλήρως αντικειμενική διαδικασία μας οδήγησε στην ανάπτυξη και εφαρμογή μιας νέας μεθόδου, της «Καθαρής Εκτίμησης»: EP+ [1].

Η προτεινόμενη μέθοδος δεν καλύπτει μόνο το πρόβλημα της επιλογής μιας πολιτικής διαχείρισης υδατικών πόρων, αλλά θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί με την ίδια επιτυχία σε οποιαδήποτε δραστηριότητα της κοινωνικής και οικονομικής ζωής για την αντιμετώπιση των προβλημάτων λήψης απόφασης.

ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ – ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Η μέθοδος της «Καθαρής Εκτίμησης, EP+» στηρίζεται στη θεωρία των μεθόδων ELECTRE I [2], [3] και PROMETHEE II [4], αποτελεί σύνθεση και επέκταση αυτών και συνεπώς διατηρεί αναλλοίωτες αρκετές από τις θεμελιώδεις αρχές των μεθόδων αυτών. Επομένως, η προτεινόμενη μέθοδος ανήκει στην κατηγορία των μεθόδων υπεροχής (outranking methods), και συσχετίζεται άμεσα με την Προβληματική Αναφοράς I (Επιλογής).

Ειδικότερα, η μοντελοποίηση των προτιμήσεων γίνεται με τρόπο συσχετιστικό (relational), συγκρίνονται δηλαδή οι δραστηριότητες κατά ζεύγη. Επιτυγχάνεται έτσι η μοντελοποίηση μιας επιπλέον ρεαλιστικής σχέσης μεταξύ των δραστηριοτήτων, της ασυγκριτικότητας (incomparability).

Όλη η διαδικασία μοντελοποίησης της νέας μεθοδολογίας παρουσιάζεται συνοπτικά στο σχήμα 1.

ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Για την κατανόηση το τρόπο εφαρμογής της παραπάνω μεθοδολογίας στην επιλογή μιας πολιτικής διαχείρισης υδατικών πόρων θα αναλύσουμε τον κάθε όρο συνοπτικά [1].

- **Σύνολο Δραστηριοτήτων A:** Είναι το σύνολο των υποψηφίων πολιτικών και καθορίζεται από τους αρμόδιους φορείς, μελετητές και λήπτες απόφασης.
- **Συνολική κανονικότητα κριτηρίων F:** Είναι το σύνολο των κριτηρίων αξιολόγησης.
- **Πίνακας Πολυκριτηρίων Κανονικοποιημένων Εκτιμήσεων $g_i(a_j)$:** Είναι το σύνολο των εκτιμήσεων – βαθμολογιών των ληπτών απόφασης για κάθε μια πολιτική και για κάθε κριτήριο. Οι ποσοτικές εκτιμήσεις θα πρέπει να είναι κανονικοποιημένες και για το λόγο αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα έξι γενικευμένα κριτήρια που περιγράφονται στη μέθοδο PROMETHEE [4], ή οποιαδήποτε άλλη μαθηματικά αποδεκτή τεχνική.
- **Συντελεστής σημαντικότητας των κριτηρίων p_1, p_2, \dots, p_n :** Προκύπτουν από τα βάρη των κριτηρίων αξιολόγησης και υπακούουν στη σχέση κανονικότητας, δηλαδή: $\sum p_i = 1$
- **Δείκτης «Καθαρής Εκτίμησης» $V_c(a, b)$:** Ορίζεται ως δείκτης «Καθαρής Εκτίμησης» για κάθε διατεταγμένο ζεύγος δραστηριοτήτων (a, b) η συνάρτηση V_c :

$$V_c(a, b) = \sum p_j [g_j(a) - g_j(b)] \quad \forall j \text{ όπου } g_j(a) > g_j(b),$$

δηλαδή ο συντελεστής $V_c(a, b)$ ισούται με το άθροισμα των γινομένων των συντελεστών σημαντικότητας των κριτηρίων για τα οποία η βαθμολογία της πολιτικής a υπερέρχει της b επί τη διαφορά των βαθμολογιών των πολιτικών.

- **Κατώφλι ελέγχου υπεροχής u_i :** Πρόκειται για καθαρό αριθμό και εισάγεται στη μέθοδο αυτή προκειμένου να καθοριστεί η διαφορά εκείνη με βάση την οποία δεχόμαστε την υπεροχή μιας πολιτικής έναντι της άλλης.
- **Κατώφλια Ασυμφωνίας v_1, v_2, \dots, v_n :** Πρόκειται για n αριθμούς, όσα και τα κριτήρια, και έχουν ως στόχο τον έλεγχο των μεγάλων διαφορών μεταξύ των εκτιμήσεων – βαθμολογιών των υποψηφίων πολιτικών για κάθε κριτήριο.
- **Δείκτης συνολικής ασυμφωνίας $V_D(a, b)$:** Ορίζεται ως δείκτης συνολικής ασυμφωνίας για κάθε διατεταγμένο ζεύγος δραστηριοτήτων (a, b) η συνάρτηση V_D :

$$V_D(a, b) = \sum v_j \quad \forall j \text{ όπου } g_j(b) - g_j(a) > v_j \text{ όταν } g_j(a) < g_j(b), \quad v_j: \text{κατώφλι ασυμφωνίας}$$

δηλαδή ο συντελεστής $V_D(a, b)$ ισούται με το άθροισμα των συντελεστών σημαντικότητας των κριτηρίων για τα οποία η διαφορά των βαθμολογιών υπέρ της πολιτικής b υπερβαίνει το κατώφλι ασυμφωνίας των κριτηρίων.

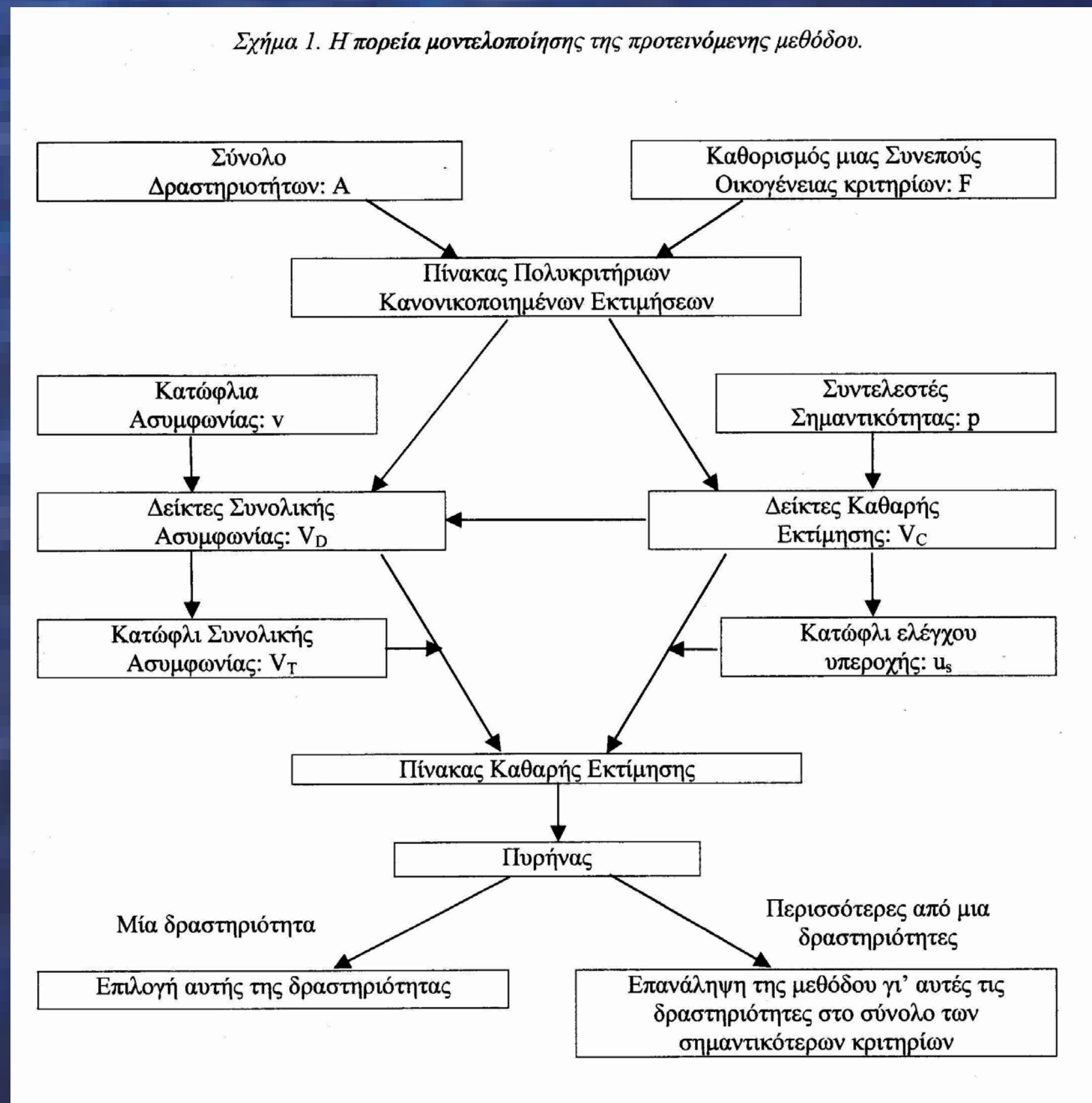
- **Κατώφλι συνολικής ασυμφωνίας V_T :** Είναι καθαρός αριθμός ο οποίος δίνεται με σκοπό το συνολικό έλεγχο των μεγάλων διαφορών μεταξύ των εκτιμήσεων – βαθμολογιών των υποψηφίων πολιτικών. Ως ένα κατώφλι συνολικής ασυμφωνίας προτείνεται το άθροισμα του βάρους των σημαντικότερων κριτηρίων. Συγκεκριμένα, στην περίπτωση κατά την οποία ο δείκτης συνολικής ασυμφωνίας δύο υποψηφίων περιοχών a και b , $V_D(a, b)$ υπερβαίνει τη τιμή V_T , τότε η υπεροχή της a έναντι της b δεν θα γίνεται αποδεκτή, καθώς θα παρατηρείται μια αρκετά μεγάλη διαφορά εκτιμήσεων – βαθμολογιών υπέρ της b που να υπερβαίνει τα κατώφλια βέτο μιας σημαντικής ομάδας κριτηρίων.

- **Πίνακας Καθαρής Εκτίμησης:** Είναι το σύνολο των διμερών σχέσεων «Καθαρής Εκτίμησης», για κάθε ζεύγος δραστηριοτήτων (a, b) δηλαδή:
 $a S_v b \Leftrightarrow V_c(a, b) - V_c(b, a) > u_i$ και ικανοποιείται η συνθήκη συνολικής ασυμφωνίας

- **Πυρήνας:** Είναι το σύνολο των καλύτερων δραστηριοτήτων (εδώ πολιτικών) που θα πρέπει στη συνέχεια να απασχολήσουν τους λήπτες απόφασης. Ο πυρήνας του γραφήματος υπεροχής είναι ένα υποσύνολο P του F για το οποίο θα ισχύουν οι δύο παρακάτω ιδιότητες:

- $b \in (F-P) \Rightarrow a \in P$ για το οποίο $a S_v b$
- $\forall a \in P$ και $a' \in P, a S_v a'$ και $a' S_v a$

- **Υποσύνολο των σημαντικότερων κριτηρίων F' :** Είναι το σύνολο των κριτηρίων των οποίων η τιμή του βάρους τους είναι μεγαλύτερη ή ίση από μια τιμή που θα καθοριστεί από τους λήπτες απόφασης.



A NEW METHODOLOGY OF MULTICRITERIA ANALYSIS IN WATER RESOURCES MANAGEMENT

Vasiloglou Vasilios^{1,2}, Lokkas Filotheos², Gravanis George²

¹ Hydraulic and Environmental Engineering Division, Department of Civil Engineering, Aristotle University of Thessalonica

² Department of Infrastructure Engineering, School of Technological Applications, Technological Education Institute of Larissa

ABSTRACT

A new Multiple Criteria Decision Making method, which can be applied effectively in the choice of water resources management policies, is presented in this paper. The suggested method belongs to the category of outranking methods and is related to the Problem statement I (Selection). Furthermore, it can be applied either independently or inclusively in a Multi-criteria Decision Making system. Specifically, the philosophy, the main elements of method and the process of modeling are presented. Finally, the application of this method in the evaluation and choice of new water resources management policies are analyzed.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Η εφαρμογή της παραπάνω μεθοδολογίας είναι μια σταδιακή διαδικασία σύμφωνα με την οποία:

- i. Αναγνωρίζονται αρχικά οι υποψήφιοι πολιτικές διαχείρισης.
- ii. Καθορίζονται τα κριτήρια αξιολόγησης των πολιτικών διαχείρισης
- iii. Προσδιορίζεται ο πίνακας των κανονικοποιημένων εκτιμήσεων για τα προτεινόμενα κριτήρια και καθορίζονται οι συντελεστές σημαντικότητας, το κατώφλι ελέγχου υπεροχής, τα κατώφλια ασυμφωνίας και συνολικής ασυμφωνίας.
- iv. Αναλύονται οι πολιτικές διαχείρισης και βαθμολογούνται από τους αποφασίζοντες για κάθε κριτήριο ξεχωριστά.
- v. Υπολογίζονται οι δείκτες καθαρής εκτίμησης, συνολικής ασυμφωνίας και γίνονται οι έλεγχοι υπεροχής και ασυμφωνίας.
- vi. Προσδιορίζεται ο πίνακας καθαρής εκτίμησης και μέσω αυτού ο πυρήνας των προτεινόμενων πολιτικών διαχείρισης
- vii. Επιλέγεται η βέλτιστη, βάσει των κριτηρίων που τέθηκαν, πολιτική διαχείρισης.

Γίνεται επομένως φανερό ότι η προτεινόμενη μέθοδος προϋποθέτει τη συνεργασία μελετητών (στάδια i, ii, iii, v, vi, vii) και ληπτών απόφασης (στάδια i, iv).

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της προτεινόμενης μεθοδολογίας είναι:

- ❖ Είναι αρκετά απλή και ρεαλιστική.
- ❖ Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιαδήποτε δραστηριότητα της κοινωνικής και οικονομικής ζωής για την αντιμετώπιση των προβλημάτων λήψης απόφασης
- ❖ Επιτρέπει τη χρησιμοποίηση πολλών – διαφορετικών και ανισοβαρών κριτηρίων.
- ❖ Μπορεί να αντιμετωπίσει – καλύψει τη βασική Προβληματική Αναφοράς I.
- ❖ Αντιμετωπίζει προβλήματα που περιλαμβάνουν κριτήρια ποσοτικών διαστάσεων.
- ❖ Επιτρέπει τον καθορισμό των εκτιμήσεων των δραστηριοτήτων σε οποιαδήποτε κλίμακα.
- ❖ Επιτρέπει επίσης τον καθορισμό διαφορετικής τιμής για κάθε κατώφλι ασυμφωνίας.
- ❖ Δεν ορίζει μονοσήμαντα την τιμή του κατώφλιου συνολικής ασυμφωνίας, επιτρέποντας τον καθορισμό αυτής σύμφωνα με τις εκάστοτε απαιτήσεις του εξεταζόμενου προβλήματος.
- ❖ Προβλέπει και επιτρέπει τη σύγκριση των δραστηριοτήτων στο σύνολο των κριτηρίων.
- ❖ Για την εξέταση της υπεροχής μιας δραστηριότητας έναντι μιας άλλης λαμβάνει υπόψη της τη διαφορά των εκτιμήσεων των δύο δραστηριοτήτων σε κάθε κριτήριο.
- ❖ Εισάγει το κατώφλι ελέγχου υπεροχής το οποίο δεν ορίζεται μονοσήμαντα, επιτρέποντας τον καθορισμό του σύμφωνα με τις εκάστοτε απαιτήσεις του εξεταζόμενου προβλήματος.
- ❖ Με τον τρόπο αυτό καθορίζεται η διαφορά εκείνη με βάση την οποία δεχόμαστε την υπεροχή μιας δραστηριότητας έναντι της άλλης.
- ❖ Επανεξετάζει την υπεροχή μιας δραστηριότητας έναντι μιας άλλης μέσω του ελέγχου συνολικής ασυμφωνίας, λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις και τις επιθυμίες των ενδιαφερομένων όσο αφορά τις διαφορές των εκτιμήσεων.
- ❖ Επιτρέπει τον έλεγχο των μεγάλων διαφορών μεταξύ των εκτιμήσεων των δραστηριοτήτων.
- ❖ Περιορίζει την ενδεχόμενη φυσική σημασία των συντελεστών σημαντικότητας των κριτηρίων.
- ❖ Επιτρέπει τη σύγκριση των δραστηριοτήτων στο σύνολο των σημαντικότερων κριτηρίων, για τις δραστηριότητες εκείνες οι οποίες στο σύνολο των κριτηρίων υπερέρχουν των υπολοίπων.
- ❖ Έχει τα χαρακτηριστικά των λεγόμενων αλληλεπιδραστικών μεθόδων (interactive methods).
- ❖ Μπορεί εύκολα να «προγραμματιστεί».
- ❖ Παρέχει ασφαλέστερα αποτελέσματα όσο αφορά την επιλογή των δραστηριοτήτων.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότεροι ερευνητές ασχολούνται με το πρόβλημα της επιλογής νέων πολιτικών διαχείρισης υδατικών πόρων, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη διάφορων μεθοδολογιών επιλογής. Στην παρούσα εργασία αναπτύχθηκε μια νέα μεθοδολογία πολυκριτήριας ανάλυσης που μπορεί να εφαρμοστεί αποτελεσματικά στην επιλογή νέων πολιτικών διαχείρισης αξιοποιώντας μια σειρά κριτηρίων. Ενεπιστούμε η προτεινόμενη μεθοδολογία να αποτελέσει ένα σημαντικό βοήθημα στα χέρια των αρμοδίων μελετητών, συμβάλλοντας στην ορθολογικοποίηση και αντικειμενικοποίηση της διαδικασίας λήψης απόφασης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Βασίλογλου Β. (2000), «Εργαλείο για αντικειμενικοποίηση της επιλογής νέων χώρων διάθεσης απορριμμάτων», Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΑΠΘ.
2. Roy B. (1968), “Classement et choix en presence de points de vue multiples (la methode ELECTRE)”, RIRO, n° 8, 57 – 75..
3. Roy B. (1990), “The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods”, Readings in Multiple Criteria Decision Aid, Carlos A. Bana e Costa (Ed.), 155 – 183.
4. Brans J. P., Vincke Ph., (1985), “A preference ranking organisation method: The PROMETHEE method for multiple criteria decision making”, Management Science, 31, 6, 647 – 656.
5. Bana e Costa, C. A., Vincke, P. (1990), “Multiple Criteria Decision Aid: An overview”, Readings in Multiple Criteria Decision Aid, Carlos A. Bana e Costa (Ed.), 101 – 118.
6. Bouyssou D. (1990), “Building criteria: A prerequisite for MCDA”, Readings in Multiple Criteria Decision Aid, Carlos A. Bana e Costa (Ed.), 58 – 80.
7. Roy B. (1985), “Methodologie d’ aide a la decision multicritere”, Economica, Paris.
8. Σίσκος Ι. (1997), “Πολυκριτήρια ανάλυση”, Πολυκριτήρια Συστήματα Αποφάσεων, Μεταπτυχιακό Μάθημα – Πολυτεχνείο Κρήτης.

KEYWORDS: Διαχείριση υδατικών πόρων, Πολυκριτήρια ανάλυση, Μέθοδος καθαρής εκτίμησης EP+, Λήψη απόφασης, Μέθοδοι ELECTRE, Μέθοδοι PROMETHEE