

CONDUCERE DECIZIONALĂ MULTICRITERIALĂ ÎN AMENAJĂRILE DE IRIGAȚII

Nicolae Constantin

nicu@cib.pub.ro

Universitatea Politehnica București

Silviu Dumitriu

dumitriu@cib.pub.ro

Universitatea Politehnica București

Gheorghe Iordache

infanifct@rdsct.ro

Administrația Națională de Îmbunătățiri Funciare RA, Sucursala Dobrogea, Constanța

Marian Dordescu

dordescu@yahoo.com

Administrația Națională de Îmbunătățiri Funciare RA, Sucursala Dobrogea, Constanța

Rodica Savu

savuro@xnet.ro

Administrația Națională de Îmbunătățiri Funciare RA, Sucursala Dobrogea, Constanța

Rezumat: În această lucrare, este prezentată o abordare multicriterială a tehnicilor de decizie, utilizate în managementul amenajărilor de irigații. Analiza economică a fost realizată utilizând metoda Electre III în cadrul căreia se cuantifică importanța relativă a criteriilor considerate. Alegerea pragurilor este determinată de specificitatea fiecărui criteriu, astfel încât să reflecte preferința factorului de decizie. Prin relevarea zonelor cu eficiență economică scăzută, analiza realizată contribuie la îmbunătățirea deciziilor care trebuie luate, constituind un important punct de plecare pentru alegerea celor mai bune metode de modernizare a amenajărilor de irigații. Lucrarea prezintă o analiză a unor importante criterii de evaluare a eficienței sistemelor de irigații în Sistemul hidrotehnic „Nicolae Bălcescu”, component al amenajării pentru irigații Valea Carasu, județul Constanța.

Cuvinte cheie: tehnici de decizie multicriterială, optimizare, sisteme de irigații.

1. Introducere

Marile schimbări care au intervenit în agricultura României după anul 1989 au afectat activitatea din sistemele de irigații, determinând reducerea procentului suprafețelor irigate din total amenajare. Reabilitarea acestei activități presupune asigurarea unei eficiente distribuiri a apei printr-o judicioasă analiză a costurilor, ținând seama de condițiile de mediu și de relief, metoda de udare, treptele de pompare.

În [7] se prezintă o analiză a criteriilor de eficiența irigațiilor, cum ar fi cea energetică și cea economică și financiară, a distribuirii apei pentru irigații, din punctul de vedere al societății care distribuie apa, folosind metoda ELECTRE (Elimination et Choix Traduisant la Réalité). Prin relevarea zonelor critice, cu eficiență economică scăzută, acest tip de analiză contribuie la îmbunătățirea deciziilor care trebuie luate în administrarea sistemelor de irigații, constituind, de asemenea, un important punct de plecare pentru alegerea celor mai bune metode de modernizare.

2. Metode și tehnici decizionale

Reabilitarea și modernizarea sistemelor de irigații din țara noastră cu scopul asigurării unor irigații eficiente, se poate face atât prin mijloace tehnice, cât și prin mijloace organizatorice. În ceea ce privește sistemele de irigații deja existente, cum este cazul sistemului din studiul de caz, mijloacele organizatorice sunt preponderente, în comparație cu posibilitățile financiare actuale de a acționa asupra mijloacelor tehnice.

Plecând de la problemele cu care se confruntă sistemele de irigații în lume, numeroase studii publicate prezintă o imagine defavorabilă în ceea ce privește realizarea criteriilor de performanță.

Asigurarea unei irigații eficiente, prin măsuri tehnice și organizatorice, constituie obiectivul-țintă al activității de reabilitare și de modernizare a sistemelor de irigații. Atenția cercetătorilor este îndreptată, prioritar, spre îmbunătățirea managementului sistemelor de irigații, și nu spre extinderea acestora.

Utilizarea metodelor și tehnicilor decizionale determină o sporire a gradului de rigurozitate și, implicit, de eficacitate a deciziilor adoptate, diferențiate, însă, în funcție de tipul situațiilor decizionale implicate: de certitudine, de incertitudine și de situații decizionale de risc.

Dacă se ia în considerare tipologia deciziilor, pot fi delimitate metode și tehnici decizionale pe tipuri de decizii, astfel: amplasarea decidentului conduce la decizii individuale și de grup; în funcție de orizontul de timp și implicațiile decizionale sunt: strategice, tactice și curente.

Indiferent de clasificări, important este conținutul lor și maniera de utilizare în practica managerială.

Propunerile de măsuri pentru modernizarea sistemelor de irigații trebuie să se sprijine pe analize riguroase, efectuate pe baza unui set de criterii principale de evaluare:

- a). randamentul hidraulic de funcționare al amenajării – balanța între volumele de apă admise și cele utilizate în sistem;
- b). randamentul energetic al sistemului – consumurile specifice de energie realizate;
- c). randamentul decizional în conducerea operativă a sistemului și a subunităților sale;
- d). randamentul economico-financiar atât al unității care distribuie apa de irigații la utilizatori (reflectat prin profitul obținut), cât și al beneficiarului (reflectat prin sporul de venit realizat ca urmare a creșterii producției agricole la culturile irigate).

O utilizare eficientă a unui sistem de irigații implică acțiuni de influențare favorabilă a tuturor factorilor determinanți în optimizarea acestor criterii de evaluare.

În general, principalele costuri implicate în procesul tehnologic de irigații depind de următorii factori:

- a) condițiile naturale ale amplasamentului;
- a) corectitudinea schemei de amenajare, adoptată la proiectare;
- a) soluțiile constructive și tehnologice adoptate și modul lor de realizare;
- a) menținerea parametrilor proiectați ai amenajărilor, cel puțin pe perioada de funcționare normată.

Pentru sistemele aflate în exploatare, asupra primelor trei categorii de factori se poate interveni numai în măsura în care sistemul este supus unei reabilitări majore.

Fiabilitatea instalațiilor determină în mod esențial costul total al amenajării, apariția unor defecțiuni conducând la creșteri ale cheltuielilor de exploatare suportate de unitatea care distribuie apa de irigații la utilizatori. În condițiile reducerii ponderii suprafeței irigate din totalul suprafeței amenajate, sistemele de irigații din țara noastră se confruntă cu mari dificultăți.

Menținerea amenajărilor de irigații în stare bună de funcționare poate asigura obținerea unor randamente hidraulice și energetice la valori apropiate de valorile previzionate. Determinarea acestor randamente prin măsurători sistematice ale elementelor primare (consumul de apă, pierderile de apă din sistem, consumul de energie) constituie o condiție esențială atât pentru îmbunătățirea randamentului decizional în conducerea operativă a sistemului și a subunităților sale, cât și pentru constituirea unei baze de date, absolut necesară în vederea stabilirii soluțiilor de modernizare ale unui sistem de irigații.

Randamentul energetic al sistemului de irigații reprezintă un criteriu care înglobează atât randamentul de pompare a apei, cât și randamentul rețelei de aducțiune – distribuție a apei și cel al udării în câmp. Randamentul energetic al pomparei apei, respectiv al consumului de energie electrică, este deosebit de important deoarece cheltuielile pentru energie au ponderea cea mai mare în totalul cheltuielilor efectuate pentru irigații.

Randamentul economico-financiar reprezintă un criteriu care înglobează atât randamentul unității care distribuie apa de irigații la utilizatori, reflectat prin profitul obținut, cât și randamentul beneficiarului, reflectat prin sporul de venit realizat ca urmare a creșterii producției agricole la culturile irigate.

Una dintre categoriile de metode și tehnici manageriale utilizate în practica managerială a unităților economice o constituie *metodele și tehnicile decizionale*. Sfera de aplicabilitate a acestora se delimitează la fundamentarea și adoptarea deciziilor și, ca atare, astfel de instrumente manageriale intervin în desfășurarea proceselor decizionale și asigură un grad ridicat al fundamentării științifice a deciziilor adoptate.

În practica managerială a unităților de exploatare a lucrărilor de îmbunătățiri funciare, găsirea unor instrumente care să reflecte laturile particulare ale acestui domeniu și să preîntâmpine folosirea nejudicioasă din punct de vedere economic a resurselor financiare și a resurselor naturale prezintă o însemnătate deosebită.

3. Metoda Electre

În procesul de luare a deciziilor, metoda ELECTRE (în diferitele sale variante) a fost propusă în [9]. Variantele metodei ELECTRE (I, II, III, IV și TRI) prezintă aceleași concepte de bază, dar diferă din punct de vedere operațional în acord cu specificul problemelor de decizie. ELECTRE I este destinată problemelor de selecție, ELECTRE TRI pentru probleme de alocare, iar ELECTRE III și IV - pentru probleme de ordonare. Prezentarea din această lucrare utilizează varianta ELECTRE III pentru cuantificarea importanței relative a criteriilor considerate.

ELECTRE a fost dezvoltată, inițial, pentru a considera imprecizia și incertitudinea asociate procesului de decizie prin utilizarea pragurilor pentru indiferență și preferință. ELECTRE reprezintă o metodă necompensatorie, în particular, un scor foarte slab pentru un criteriu nu poate fi compensat de scoruri bune pentru alte criterii. Modelele ELECTRE permit incomparabilitatea. Aceasta apare între alternativele a și b atunci când nu există o evidență clară în favoarea lui a sau b. Există aplicații interesante ale acestei metode în teoria deciziilor multicriteriale [3,4,]. Conceptele principale ale metodei ELECTRE sunt: pragurile (thresholds) și ordonarea (ranking). Se consideră definite criteriile $g(j)$, $j = 1, 2, \dots, r$ și o mulțime specificată de alternative A. Modelarea preferințelor presupune că următoarele două relații sunt îndeplinite pentru două alternative $(a, b) \in A$:

$$a P b \text{ (a este preferat lui b) } g(a) > g(b) \quad (1)$$

$$a I b \text{ (a este indiferent cu b) } g(a) = g(b) \quad (2)$$

Se introduce, în plus, conceptul de *prag de indiferență*, q , iar relațiile precedente sunt redefinite:

$$a P b \text{ (a este preferat lui b) } g(a) > g(b) + q \quad (3)$$

$$a I b \text{ (a este indiferent lui b) } |g(a) - g(b)| \leq q. \quad (4)$$

Există un punct la care factorul de decizie își modifică opțiunea de la indiferență la preferință strictă. Se introduce o zonă intermediară unde factorul de decizie se află între preferință și indiferență. Această zonă se numește „preferință slabă” (weak preference) și este tot o relație binară ca și P și I de mai înainte, modelată prin introducerea unui prag de preferință, p . Astfel, se obține un model cu două praguri și cu o relație suplimentară Q care măsoară preferința slabă. Astfel:

$$a P b \text{ (a este preferat lui b) } g(a) - g(b) > p \quad (5)$$

$$a Q b \text{ (a este slab preferat lui b) } q < g(a) - g(b) \leq p \quad (6)$$

$$a I b \text{ (a este indiferent lui b; și b lui a) } |g(a) - g(b)| \leq q \quad (7)$$

În majoritatea situațiilor, valorile pentru pragurile p și q sunt alese pozitive și sunt considerate constante. Se pot considera și situații când aceste praguri sunt variabile. Prin utilizarea acestor praguri, metoda ELECTRE încearcă să construiască o relație de ordonare S (outranking relation S). aSb înseamnă „a este cel puțin la fel de bun ca și b” sau „a nu este mai rău decât b”. Se testează fiecare pereche de alternative a și b pentru a vedea dacă aserțiunea aSb este validă. Această testare conduce la una din următoarele patru situații:

$$aSb \text{ and not}(bSa); \quad (8)$$

$$\text{not}(aSb) \text{ and } bSa; \quad (9)$$

$$aSb \text{ and } bSa; \quad (10)$$

$$\text{not}(aSb) \text{ and not}(bSa). \quad (11)$$

A treia situație corespunde indiferenței, iar ultima noțiunii de incomparabilitate. Acceptarea aserțiunii aSb se realizează utilizând următoarele două principii:

- principiul concordanței - *concordance* principle – majoritatea criteriilor, după considerarea importanței relative, să fie în favoarea aserțiunii;
- principiul nediscordanței - *non discordance* principle - în interiorul minorității criteriilor care nu susțin aserțiunea să nu se afle nici unul care să se opună puternic aserțiunii.

Implementarea acestor două principii este prezentată în accepțiunea că toate criteriile trebuie să fie maximizate.

Se consideră, pentru început, relația de ordonare definită pentru fiecare din cele r criterii. aS_jb înseamnă că „a este cel puțin la fel de bun ca și b în raport cu criteriul j”, $j = 1, \dots, r$.

Criteriul j este în concordanță cu aserțiunea aS_jb dacă și numai dacă aS_jb , adică, dacă $g_j(a) \geq g_j(b) - q_j$.

Astfel, chiar dacă $g_j(a)$ este mai mic decât $g_j(b)$ cu o anumită valoare până la q_j , nu se încalcă aserțiunea aS_jb și deci avem concordanță. Criteriul j este în discordanță cu aserțiunea aS_jb dacă și numai dacă aP_jb , adică, dacă $g_j(b) \geq g_j(a) + p_j$.

Astfel, dacă b este strict preferat lui a pentru un criteriu j, atunci este clar că nu este în concordanță cu aserțiunea aS_jb .

În mod obișnuit, aceste concepte concordanța și discordanța pot fi considerate ca și conceptele „armonie”, „dezarmonie”. Pentru fiecare criteriu j, se testează dacă pentru fiecare pereche de alternative $(a,b) \in A$, există armonie sau dezarmonie cu aserțiunea, adică dacă a este cel puțin la fel de bun ca b. Cu ajutorul acestor două concepte, devine acum posibilă aprecierea intensității aserțiunii aS_jb . În primul rând, trebuie găsită o măsură a concordanței, conținută în matricea de concordanță $C(a,b)$, pentru fiecare pereche de alternative $(a,b) \in A$. Fie k_j coeficientul de importanță sau ponderea criteriului j.

Se definește relația de ordonare cu expresia:

$$C(a,b) = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^r k_j c_j(a,b), \quad (12)$$

unde

$$k = \sum_{j=1}^r k_j \quad (13)$$

$$c_j(a,b) = \begin{cases} 1, & g_j(a) + q_j \geq g_j(b) \\ 0, & g_j(a) + p_j \leq g_j(b), \\ \frac{p_j + g_j(a) - g_j(b)}{p_j - q_j}, & \text{in rest} \end{cases} \quad (14)$$

Pentru fiecare criteriu j, $j = 1, \dots, r$ se definesc praguri de indiferență q_j și preferință p_j astfel încât concordanța $c_j(a,b)$, poate fi apreciată din figura 1.

Pragurile și ponderile reprezintă intrările subiective, furnizate de factorul de decizie. În metodele analitice de decizie, ponderile sunt rate de înlocuire și arată preferința relativă în raport cu diferitele criterii considerate. În metoda ELECTRE III, ponderile reprezintă coeficienți de importanță. Alegerea pragurilor trebuie făcută în raport cu specificitatea fiecărui criteriu astfel încât să reflecte preferința factorului de decizie. În cazul ponderilor egale, valoarea de concordanță reprezintă procentul criteriilor pentru care o alternativă este cel puțin la fel de bună ca celelalte.

Pentru evaluarea discordanței se definește un nou prag v_j . Acest prag permite ca aserțiunea aS_jb să fie eliminată din condițiile în care pentru un criteriu j se îndeplinește relația $g_j(b) > g_j(a) + v_j$. Indexul de discordanță pentru fiecare criteriu j, notat $d_j(a,b)$ se calculează după relația:

$$d_j(a,b) = \begin{cases} 0, & g_j(a) + p_j \geq g_j(b) \\ 1, & g_j(a) + v_j \leq g_j(b) \\ \frac{g_j(b) - g_j(a) - p_j}{v_j - p_j}, & \text{in rest} \end{cases} \quad (15)$$

Gradul de credibilitate pentru fiecare pereche (a,b) din A este definit astfel:

$$S(a,b) = \begin{cases} C(a,b), & d_j(a,b) \leq C(a,b) \forall j \\ C(a,b) \times \prod_{j \in J(a,b)} \frac{1 - d_j(a,b)}{1 - C(a,b)}, & d_j(a,b) > C(a,b) \end{cases} \quad (16)$$

unde $J(a,b)$ reprezintă mulțimea criteriilor astfel încât: $d_j(a,b) > C(a,b)$.

Aceasta relație arată că, dacă valoarea concordanței o depășește pe cea a discordanței, atunci valoarea concordanței nu va suferi modificări. Altfel, se modifică $C(a,b)$ după relația de mai sus. Dacă discordanța este unitară pentru orice (a,b) din A și orice criteriu j , atunci nu putem fi siguri că aSb și deci $S(a,b)=0$.

Datele obiective sunt înglobate în matricea de performanță. Datele subiective care provin de la factorul de decizie sunt încorporate sub forma pragurilor și a ponderilor. Următorul pas constă în evaluarea modelului și furnizarea unei clasificări – ordonări a strategiilor din matricea de credibilitate. Pentru aceasta, se construiesc două subierarhii Z_1 și Z_2 utilizând un proces de distilare descrescătoare și, respectiv, crescătoare. Se obține, apoi, o ordonare parțială Z considerând $Z_1 \cap Z_2$. Se consideră $\lambda = \max_{a,b \in A} S(a,b)$. Se definește matricea T sub forma:

$$T(a,b) = \begin{cases} 1, & \text{dacă } S(a,b) > \lambda - s(\lambda) \\ 0, & \text{in rest} \end{cases} \quad (17)$$

În continuare, de definește $Q(a)$ calitatea unui proiect a – ca fiind numărul de proiecte întrecute de proiectul a din care se scade numărul de proiecte care depășește proiectul a . $Q(a)$ este suma liniilor minus suma coloanelor din matricea T . Mulțimea alternativelor având cea mai mare calitate reprezintă primul filtru D_1 . Dacă D_1 conține doar o singură alternativă, se repetă procedura anterioară cu $A \setminus D_1$. Altfel, se aplică aceeași procedură în interiorul lui D_1 . Dacă D_2 conține doar o singură alternativă, procedura se va relua în $D_2 \setminus D_1$ (dacă nu este vidă); altfel se aplică în D_2 până când D_1 este complet utilizat. Procedura se reia apoi pornind cu $A \setminus D_1$. Rezultatul va fi prima preordonare Z_1 proces de filtrare descrescătoare. Filtrarea ascendentă se efectuează în aceeași manieră cu deosebirea că acum proiectele cu cea mai redusă calitate sunt reținute la început. Rezultatul va fi o preordonare Z_1 . În cadrul aceluiași grup, proiectele sunt ordonate în mod egal.

4. Considerații de implementare a metodei Electre III

Se iau în considerare următoarele tipuri de criterii:

- criterii compuse: economic;hidro; energetic.
- criterii primare: costuri modernizare și readaptare;costuri întreținere și reparații; eficiența udărilor; importanța subvențiilor primite; volume de apă nete; volume de apă pierdute; suprafața amenajată; suprafața contractată; consum energie activă/reactivă; consum specific realizat.

Pentru a putea defini un set de politici care să includă aspectele *economic*, *hidro* și *energetic* s-au definit o serie de *factori* care pot fi supuși unor influențe exterioare și care pot fi modificați funcție scopul analizei, de starea și cerințele sistemului. Aceștia sunt: metoda de amenajare a sistemului de irigații (notată cu A), prețul apei (B), treptele de udare (C), care influențează în mod radical atât consumul de energie, cât și volumul de apă pierdut, planul de culturi (D), echipamentul de udare (E), subvențiile (F); Dintre aceștia exemplificam:

A. Diferite metode de amenajare a sistemului de irigații

Prezentarea diferitelor metode de irigare se realizează comparativ din punctul de vedere al eficienței, costurilor de investiție, întreținere și reparare;impact asupra mediului.

B. Prețul apei

Politica prețului apei pentru irigații se bazează pe două tipuri de tarife: O *taxă fixă* pentru asigurarea apei la cerere; o *taxă variabilă*, de obicei foarte mică în funcție de volumele de apă folosite.

În acest moment, se studiază posibilitatea introducerii acestui tip de tarify și în țara noastră, dar probleme vor exista și în continuare din cauza lipsei de contorizare atât la prelevarea din sursă, cât și la utilizator sau a preluării apei fără contract. Pe plan european, se încearcă, în prezent, introducerea unui management integrat, planificarea la scara bazinelor hidrografice prin introducerea în calcul a tuturor consumatorilor de apă (industrie, agricultură, administrație locală), apa ca resursă economică urmând să fie administrată ca un ecosistem ce trebuie protejat.

C. Treptele de pompare

În figura 1, este redată variația consumului specific pe trepte de pompare pentru diferite grade de utilizare ale sistemului de irigații.

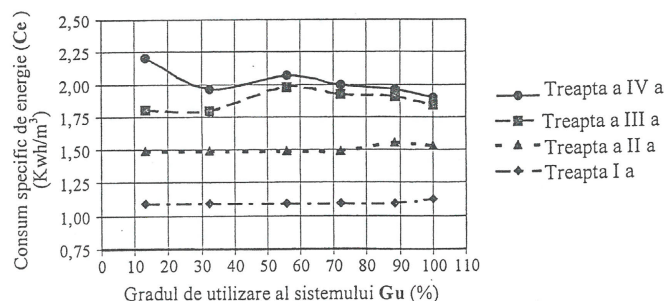


Figura 1. Consumul specific de energie pe trepte energetice

D. Planul de culturi

Importanța planului de culturi în această lucrare rezidă din nevoia de apă diferită a culturilor, unele dintre ele sunt mari consumatoare de apă – orezul sau porumbul, legume și cartofi, altele răspunzând mult mai bine la secetă – sfecla de zahăr sau orzul.

E. Echipamentul de udare

Una din cauzele cele mai importante ale eficienței scăzute a aplicării udărilor, în prezent, în cadrul sistemului studiat (dar și la nivelul întregii țări), o reprezintă lipsa echipamentului de udare – asigurat doar în proporție de 45%, gradul avansat de uzură fizică și tehnologia învechită a celui existent.

F. Subvenții

Subvenția acordată de stat pentru energia electrică, necesară transportului apei până la punctul de livrare către beneficiar, are o mare importanță asupra criteriilor luate în calcul în prezenta lucrare. Ponderea cheltuielilor subvenționate (cuprinzând atât costurile din activitatea de întreținere – reparații, cât mai ales costurile cu consumul de energie electrică) în total cheltuieli, poate fi de 73% - 90%, în funcție de gradul de utilizare al sistemului. În figura 2, sunt prezentate variațiile cheltuielilor subvenționate și ale cheltuielilor nesubvenționate, în funcție de gradul de utilizare al sistemului.

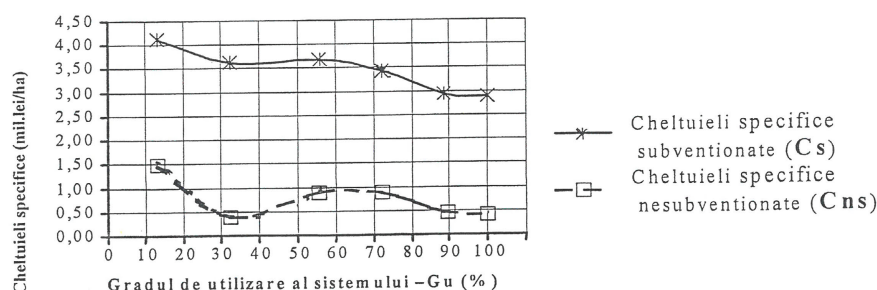


Figura 2. Cheltuieli specifice funcție de gradul de utilizare

Reducerea/anularea subvențiilor, fără ca ele să fie înlocuite cu orice altă formă de susținere a activităților agricole poate reprezenta un factor de reducere drastică a suprafețelor irigate. În cadrul aplicării metodei ELECTRE III, s-au considerat următoarele etape:

- calcul matrice calitativă:** factorii și consecințele directe ale diferitelor criterii compuse sunt mixați și evaluați în vederea obținerii matricei „pay - off”;
- definirea setului de politici.** Scopul analizei este de a pune în evidență o serie de politici diferite, după cele trei criterii (*economic, hidro și energetic*), dintre care să o putem alege pe cea care este cea mai bună, profitabilă din punctual de vedere al distribuitorului de apă. Fiecare dintre factorii aleși (și componentele lor) au fost evaluați din punct de vedere economic, energetic și de mediu. Pentru evaluare, au fost folosite aprecierile: A, B, C, D, E – A fiind cea mai bună calificare – nota 5; E - cea mai slabă calificare – nota 1. Obiectivul a fost compararea rezultatelor între cele zece criterii primare și cele trei criterii compuse. Pentru fiecare factor de decizie, pot exista diferite seturi de ponderi în funcție de importanța pe care acesta o acordă aspectelor economice sau celor legate de mediu. Se pot formula diferite ipoteze: ECONOMIC, interesat de toate implicațiile economice, HIDRO, interesat de toate implicațiile asupra mediului, ENERGETIC, interesat de toate implicațiile pe plan energetic, ID, interesat în mod egal de cele trei aspecte.

b1) calcul matrice „pay-off” - asociată cu un set de valori. 18 elemente, cu 3 criterii primare compuse și 10 criterii simple.

b2) definirea pragurilor pentru fiecare criteriu Deoarece s-a optat pentru criterii de tip adevăr, pragurile sunt nule astfel încât $c_j(a,b)$ poate lua doar două valori: 0 sau 1.

b3) Tabel global al indicilor de concordanță: Pentru fiecare criteriu j , $c_j(a,b)$ poate lua orice valoare între 0 și 1. Aceste valori se determină prin interpolare liniară, apoi toate tabelele sunt unite într-unul singur ținând seama de ponderea fiecărui criteriu. $c(a,b)$ sumează ponderile p_j pentru care $g_j(a) \geq g_j(b)$.

b4) Tabel global de discordanță $C_j(a,b)$ este 0 sau 1. Dacă $D_j(a,b) = 1$, atunci $g_j(a)$ și $g_j(b)$ sunt prea diferite pentru a putea spune ceva despre $c(a,b)$ (care măsoară cât de mult îl devansează pe b).

b5) Tabel de „credibilitate” Indicele de discordanță, în cazul în care $C_j(a,b)$ și $D_j(a,b)$ sunt 0 sau 1, $d(a,b)$, va fi egal cu $1/C(a,b)$ (incluzând ponderile) sau zero (în cazul în care există un j pentru care $D_j(a,b) = 1$, indiferent de importanța pe care o are acest criteriu). Dacă nu există o mulțime de discordanță, tabelul de „credibilitate” este identic cu tabelul de concordanță.

c) Evaluare preordine finală Se calculează două grafice: unul ascendent, de la cea mai slabă acțiune la cea mai bună, și unul descendent și se recomandă un rezultat final pe baza acestora și a claselor de preferință.

5. Studiu de caz

În suprafață totală de 28 125 ha, Sistemul de irigații „Nicolae Bălcescu” este dispus pe patru trepte energetice, astfel: treapta I ($H_{pompă}=65\text{mCA}$, Suprafața =3310ha); - treapta II ($H_p=91\text{mCA}$, $S=4560\text{ha}$); - treapta III ($H_p=113\text{mCA}$, $S=16640\text{ha}$); - treapta IV ($H_p=143\text{mCA}$, $S=3585\text{ha}$).

Disponerea suprafețelor irigabile pe cele patru trepte energetice conduce la ideea că Sistemul de irigații „Nicolae Bălcescu” este un important consumator de energie, cu implicații asupra indicatorilor economici ai unității care livrează apă la consumatori, S.N.I.F. S.A. – Sucursala Constanța.

Distribuția apei la plante se face prin aspersiune pe 24.049 ha (86%) și pe brazde pe 4.076 ha (14%). O suprafață de 21.990 ha este amenajată cu conducte îngropate, iar suprafața de 6.135 ha este amenajată gravitațional din canale în rambleu sau jgheaburi care asigură cotele de comandă necesare funcționării echipamentului de brazde.

Necesarul de apă a fost calculat la proiectare în baza unui plan de cultură în care ponderea o are porumbul cu un procent de 40% din suprafață, urmează cereale cu 30%, floarea soarelui și lucerna cu câte 8%, soia 7%, sfecla de zahăr cu 3%, legume și plantații viti-pomicole cu 2%.

Pentru evaluarea factorilor aleși, au fost folosite aprecieri: A = foarte bine; B = bine; C = mediu; D = suficient; E = insuficient, în timp ce pentru evaluarea criteriilor au fost folosite note de la 5 (pentru A) până la 1 (pentru E).

a). **Evaluarea irigațiilor.** Prima metodă evaluată este cea a scurgerii la suprafață. Din punct de vedere economic acestui tip de irigații i s-a dat calificativul „C” în ceea ce privește costurile de modernizare și readaptare deoarece numai 14% din suprafața sistemului luat în calcul este amenajată prin această metodă, dar totuși valoarea investiției nu ar fi foarte mare, comparativ cu celelalte metode. O notă „bine” a fost acordată lucrărilor de întreținere-reparații, deoarece acest tip de amenajare necesită mână de lucru slab calificată pentru întreținerea-repararea canalelor. A rezultat din punctul de vedere al profitabilității o notă „mediu”. Din punct de vedere al criteriului hidro a fost calificată „mediu” ținându-se cont de suprafețele amenajate și de suprafețele precontractate, iar pentru criteriul energetic obține calificativul „f. bine”.

Metoda prin aspersiune a obținut un calificativ „bine” din punct de vedere al profitului deoarece costurile de modernizare și readaptare sunt cotate cu „f. bine” (86% din suprafață este deja amenajată pentru aspersiune) iar costurile de întreținere-reparații sunt relativ mari (C). Calificativul „bine” a rezultat pentru criteriul hidro, iar pentru criteriul energetic obține calificativul „suficient”.

b). **Prețul apei.** În ceea ce privește evaluarea acțiunii „preț apă” a fost stabilit calificativul „bine” pentru prețul actual, care răspunde, în general atât necesităților distribuitorului de apă, dar nici nu încarcă în mod suplimentar cheltuielile producătorilor agricoli. Pentru scenariul creșterii prețului apei cu 150%, a fost acordat calificativul „insuficient”, acest preț fiind luat în considerare în cazul reducerii/anulării subvențiilor.

c). **Treptele de pompare.** Calificativele au fost date pentru cost întreținere direct proporțional cu treapta de pompare, în funcție de lungimea canalelor și a caracteristicilor constructive și tehnologice ale stațiilor de repompare, treapta I primind calificativul „bine”, iar treapta IV calificativul insuficient. În ceea ce privește importanța subvenției calificativele au fost acordate invers proporțional cu treapta de pompare, pentru

treapta I – „insuficient” iar pentru ultima treaptă „foarte bine”. *Volumul de apă pierdut* a fost notat cu „foarte bine” pe treapta I și cu „insuficient pe treapta IV”, *consumul de energie* fiind de asemenea notat proporțional cu treapta energetică.

- d). **Planul de culturi.** Au fost considerate patru scenarii. Scenariul *conform precontracte* ia în considerare actuala distribuie a culturilor în cadrul sistemului. Notele au fost: „mediu” pentru criteriul *economic*, „bine” din perspectiva criteriului *hidro* și „mediu” din perspectiva criteriului *energie*.

Scenariul *păioase*, ia în considerare faptul că acestea sunt culturi care răspund bine la secetă, ele fiind de altfel după porumb, cultura cu ponderea cea mai mare în cadrul planului de culturi în baza căruia a fost făcută dimensionarea sistemului de irigații, ca urmare calificativele acordate au fost notele obținute au fost „mediu” din punct de vedere economic, „suficient” din punct de vedere al consumului de apă și „mediu” din punct de vedere al energiei.

Scenariul *porumb* ia în calcul cultura cea mai răspândită în prezent și care a fost notată cu „f. bine” din punct de vedere *economic* cu „bine” din punct de vedere *hidro* și cu „bine” din punct de vedere *energetic*.

Scenariul *floarea soarelui* a primit calificativul „bine” la toate cele trei criterii compuse.

- e). **Echipamentul de udare.** S-au considerat două scenarii situația actuală și situația în care ar acoperi necesarul (fără reînnoirea tehnologică totală). În cadrul criteriului *economic* s-a obținut calificativul „mediu” pentru situația existentă și „bine” la nivelul necesarului, din punctul de vedere al criteriului *hidro* s-a obținut calificativul „insuficient” pentru situația actuală și „f. bine” pentru situația asigurării necesarului, în timp ce pentru criteriul *energie* calificativele sunt „mediu” și „bine”.
- f). **Subvenții.** Subvenția acordată de stat pentru energia electrică necesară aducțiunii apei până la punctul de livrare către beneficiar are o importanță maximă asupra criteriilor luate în calcul în prezenta lucrare. Din punct de vedere *economic* situația actuală a primit calificativul „bine”, în timp ce impactul reducerii/anulării subvențiilor a fost notat cu „insuficient”, din punct de vedere *hidro* ambele scenarii au fost notate cu „mediu” iar din punct de vedere *energetic* cu „insuficient” pentru situația actuală și „bine” în cazul în care nu vor mai exista subvenții.

În funcție de fiecare factor de decizie, s-au formulat următoarele patru ipoteze:

1. $p_{ECO} = 0,6 / p_{HIDRO} = 0,2 / p_{ENG} = 0,2$;
2. $p_{ECO} = 0,2 / p_{HIDRO} = 0,6 / p_{ENG} = 0,2$;
3. $p_{ECO} = 0,2 / p_{HIDRO} = 0,2 / p_{ENG} = 0,6$;
4. $p_{ECO} = 0,334 / p_{HIDRO} = 0,333 / p_{ENG} = 0,333$.

Plecând de la matricea calitativă, care pune în evidență cele 6 seturi de factori și subdiviziunile lor (18), au fost selectați 3 factori (acțiuni) a căror pondere este dublă în aprecierea valorii criteriilor. Aceștia sunt: „B- Prețul apei”, „C- Trepte de udare” și „E- Echipamente de udare”. Toți acești factori au fost sortați și analizați unul față de celălalt obținându-se setul de politici alternative. Din totalitatea acestora, ținând cont de anumite criterii de selectare, se obțin un număr de 18 politici de interes și realiste. Criteriile de selecție sunt: metoda de sortare numită „analiza favorabilă” (*screening method*); alocarea unor note evaluărilor criteriilor globale: *profit net*, *criterii hidro*, *criterii energetice*, cu efect restrictiv, astfel: A = B = C = 0; D = 1; E = 2; declararea unor politici *incompatibile* sau *iraționale*, în număr de 9, cum ar fi: incompatibilitatea (A1) „Irigarea prin brazde” cu D2 „Cultura păioase”; incompatibilitatea B1 „Preț apă actual” cu F2 „Reducerea/anularea subvențiilor”. Totuși, în alegerea celor 18 politici, există și elemente ale analizei care sunt influențate de decizii arbitrare (subiective). S-au obținut 8 ordonări finale (Id3, Id10, Eco3, Eco10, Hidro3, Hidro10, Eng3, Eng10). În tabelul următor, pentru fiecare strategie sunt date ordonările în conformitate cu diferitele moduri de combinare și de alegere a ponderilor, valorile de ordonare mai mari decât 5 fiind considerate slabe.

Tabel nr. 1.

Nr-Politică	Alternative	ID		ECO		HIDRO		ENG	
		Id 3	Id10	Eco 3	Eco 10	Hidro 3	Hidro10	Eng 3	Eng 10
1	1 1 1 1 1 1	1	4	2	2	5	5	1	3
2	1 1 1 3 2 1	3	6	1	6	4	8	3	9
3	1 2 1 2 2 2	3	4	3	2	3	5	3	4
4	1 2 2 4 2 2	5	6	4	4	5	7	5	7
5	1 2 3 3 2 2	7	8	5	9	9	9	8	10
6	1 2 3 4 2 2	3	2	4	2	4	3	3	4
7	1 2 1 3 1 2	9	2	7	5	8	4	5	2
8	2 1 1 1 2 1	2	3	2	2	3	5	1	1
9	2 1 1 4 2 1	1	1	1	1	2	2	2	2
10	2 1 1 5 2 1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	2 2 1 5 1 2	11	5	7	4	10	5	7	5
12	2 2 3 2 1 2	8	3	6	3	9	4	7	6
13	2 2 2 4 1 2	5	6	4	7	3	4	5	5
14	3 1 1 3 2 1	10	2	8	3	7	3	6	3
15	3 2 2 3 2 2	7	7	5	8	5	5	4	8
16	3 2 2 2 2 2	6	5	3	6	4	3	6	7
17	3 2 3 5 1 2	8	7	6	9	6	6	6	10
18	3 2 3 3 2 2	4	4	3	8	2	2	4	9

Există diferențe mari între ordonările obținute utilizând cele trei criterii (economic, hidro, energetic) și cele cu zece criterii (incluzând costuri, volum apă, etc.). De exemplu, strategia numărul 7 este ordonată a doua în raport cu Id10, în timp ce aceeași strategie este foarte slab clasificată, a noua în raport cu Id3.

Politicele 9 și 10 (2-1-1-4-2-1 și 2-1-1-5-2-1) apar drept cele mai bune în 8 ordonări. Ele reprezintă compromisuri între aspectele economice și cele hidro.

Metoda de udare prin aspersiune – în ambele politici, permite economii de apă. Nu există modificări în prețul apei, nici în nivelul subvențiilor, dar este modificat planul de culturi: se propune extinderea culturii de floarea soarelui și a celor cu legume+cartofii care pot reprezenta o soluție privind condițiile de mediu aducând și un profit bun, notate cu C, respectiv A. Astfel, aceste politici sunt foarte bine plasate în 4 cazuri. Totuși, din punct de vedere practic, ele nu apar ca fiind soluția cea mai potrivită, legumele+cartofii nefiind cultivate, în prezent, pe suprafețe extinse în sistemul „Nicolae Bălcescu”, iar fermierii ar întâmpina dificultăți financiare la înființarea și întreținerea acestor culturi.

ELECTRE păstrează diversitatea celor trei criterii astfel încât, chiar dacă o strategie are o foarte bună performanță în cadrul unui criteriu și una slabă în alt criteriu, ambele sunt luate în considerare. Deși locul întâi este ocupat de politicile 9 și 10, metoda relevă lucruri interesante asupra rangurilor 2,3 și 4.

- a). ECO 10 : factorul de decizie interesat de toate implicațiile economice: $p_{ECO} = 0,6 / p_{HIDRO} = 0,2 / p_{ENG} = 0,2$
(0.1/0.2/0.1/0.2 0.1/0.04/0.04/0.02 0.1/0.1)

Tabel nr. 2

Nr. Crt.	Nr. Politică	Alternative A B C D E F
1	P9	2 1 1 4 2 1
	P10	2 1 1 5 2 1
2	P1	1 1 1 1 1 1
	P8	2 1 1 1 2 1
3	P12	2 2 3 2 1 2
	P14	3 1 1 3 2 1
4	P4	1 2 2 4 2 2
	P11	2 2 1 2 1 2

Cadrul instituțional nu suferă modificări: subvențiile se mențin (F1); treapta de udare este cea mai favorabilă (C1). Criteriul economic preponderent, conduce la opoziție față de progres și modernizare. Apare bine situată

metoda de irigare prin aspersiune, putându-se avea în vedere extinderea ei pe întreaga suprafață; Din punctul de vedere al planului de culturi, fiecare dintre strategiile propuse apar în această variantă.

- b). HIDRO 10: factorul de decizie interesat de toate implicațiile distribuția apei: $p_{ECO} = 0,2 / p_{HIDRO} = 0,6 / p_{ENG} = 0,2$ ($0.04/0.06/0.04/0.06 \quad 0.3/0.12/0.12/0.06 \quad 0.1/0.1$).

Tabel nr. 3

Nr. Crt.	Nr. Politică	Alternative A B C D E F
1	P10	2 1 1 5 2 1
2	P9 P18	2 1 1 4 2 1 3 2 3 3 2 2
3	P6 P14 P16	1 2 3 4 2 2 3 1 1 3 2 1 3 2 2 2 2 2
4	P7 P12 P13	1 2 1 3 1 2 2 2 3 2 1 2 2 2 2 4 1 2

Setul de acțiuni B: aproape toate politicile selectate includ creșteri ale prețului apei și reducerea/anularea subvențiilor, dar P9 și P10 tind, în continuare, puternic către alternativa hidro. Aceasta arată clar influența lipsei contorizării apei care să ducă la combaterea risipei, volumul mare de apă pierdut și eficiența scăzută în folosirea apei datorată lipsei de echipamente de udare performante, criteriile care în cazul reducerii/anulării subvențiilor ar deveni extrem de important de modificat.

Setul de acțiuni D: rezultă că îmbunătățirea distribuției apei impune o majoră modificare a structurii culturilor, fiind de preferat oricare dintre strategii în afara planului de culturi actual (din precontract).

P18 este surprinzător de bine clasificat, această politică propune schimbări în toate sectoarele, ca urmare în această acțiune nu se mai regăsește nimic din starea inițială. Este necesară o puternică intervenție în următoarele direcții: creșterea prețului apei cu 150%, stabilirea unui consum strict de apă, anularea subvențiilor, ceea ce conduce la micșorarea drastică a suprafețelor irigate. Chiar dacă are consecințe benefice importante asupra distribuirii apei, această politică nu poate fi luată în considerare.

P16, politica ce obține cea mai bună clasificare în acest scenariu propune renunțarea la subvenții, ceea ce nu are efect practic, aceasta arată slaba semnificație a unei acțiuni singulare în cadrul întregii politici de evaluare.

- c). ENG 10: factorul de decizie interesat de toate implicațiile energetice: $p_{ECO} = 0,2 / p_{HIDRO} = 0,2 / p_{ENG} = 0,6$ ($0.04/0.06/0.04/0.06 \quad 0.1/0.04/0.04/0.02 \quad 0.3/0.3$).

Tabel nr. 4

Nr. Crt.	Nr. politici	Alternative A B C D E F
1	P8 P10	2 1 1 1 2 1 2 1 1 5 2 1
2	P9 P7	2 1 1 4 2 1 1 2 1 3 1 2
3	P1 P14	1 1 1 1 1 1 3 1 1 3 2 1
4	P3 P6	1 2 1 2 2 2 1 2 3 4 2 2
5	P11 P13	2 2 1 2 1 2 2 2 2 4 1 2

Criteriile includ aspecte privind consumurile specifice și energia consumată. Rezultă clar că, cel mai favorabil criteriu, este treapta I-a de pompare (C1 însemnând treapta I-a), și nu ia în considerare o renunțare la subvenții (F1). Metoda de irigare prin picurare (A3), care ar fi dus la o economie substanțială de energie, nu poate fi luată în considerare, solicitând un mare efort tehnologic și financiar inițial.

- d) ID 10: factorul de decizie interesat în mod egal de toate cele trei criterii $p_{ECO} = 0,33 / p_{HIDRO} = 0,33 / p_{ENG} = 0,34$ ($0.06/0.1/0.06/0.11 \quad 0.17/0.07/0.06/0.03 \quad 0.17/0.17$).

Tabel nr. 5

Nr. Crt.	Nr. politici	Alternative
		A B C D E F
1	P9	2 1 1 4 2 1
	P10	2 1 1 5 2 1
2	P6	1 2 3 4 2 2
	P7	1 2 1 3 1 2
	P14	3 1 1 3 2 1
3	P8	2 1 1 1 2 1
	P12	2 2 3 2 1 2

Factorul de decizie are de ales între diverse politici: unele dintre politici nu propun modificări radicale, spre exemplu, cea mai bine situată dintre metodele de amenajare este aspersiunea, cea care de fapt deține ponderea în cadrul sistemului studiat. Planul de culturi cuprinde toate strategiile propuse, cu precădere porumb care este și în prezent cultura dominantă, dar și floarea soarelui și legume +cartofi, care răspund foarte bine la irigat. În ceea ce privește majorarea prețului apei, 60% din variante îl mențin pe cel actual, la fel ca în cazul subvențiilor. Dominanta politicilor medii reflectă multitudinea de probleme dintre care trebuie să aleagă factorul de decizie.

În continuare, se prezintă o analiză transversală pentru unele strategii identificate din tabelele de mai sus:

P1 - 1 1 1 1 1 1 -: „Starea actuală” (clasări: Id10: 4 / Eco10: 2 / Hidro10: 5 / Eng10: 3)

Majoritatea criteriilor 1 reflectă starea actuală din cadrul sistemului studiat. P1 este bine evaluat din punct de vedere economic, dar are o clasare slabă din punct de vedere hidro și energetic ținând cont că ia în considerare doar treapta I. Per total, locul 4 obținut după ordonarea politicilor nu este satisfăcător.

P4 - 1 2 2 4 3 2 -: „Fără subvenții, pro floarea soarelui (clasări: Id10: 6 / Eco10: 4 / Hidro10: 7 / Eng 10: 7)

Această strategie prea liberală (renunțarea la subvenții și creșterea prețului apei) are cost ridicat atât din punct de vedere economic, cât și energetic, fără nici-un fel de compensații la nivel hidro. Acestea sunt motivele clasificărilor slabe în fiecare sistem de ponderi.

P9 - 2 1 1 4 2 1 -: „Compromisuri” (clasări: Id10: 1 / Eco10: 1 / Hidro10: 2 / Eng10: 2)

Strategia numărul 9 oferă compromisuri pentru cele trei domenii economic, de mediu și energetic astfel încât obține clasificări foarte bune în fiecare sistem de ponderi. Din punct de vedere al amenajării, opțiunea este „aspersiune” (A2), propune extinderea culturii de floarea soarelui (D4) și, cum era și firesc, asigurarea echipamentului de irigații necesar (E2).

P12 - 2 2 3 2 1 1 -: „Pro trapta a III-a” (clasări: Id 10: 3 / Eco 10: 3 / Hidro10: 4 / Eng10: 6)

Prima pereche 2 2 reprezintă o strategie potrivită pentru economisirea apei: sistem de irigații prin aspersiune (A2), creșterea prețului apei (B2), însă funcționarea pe treapta a III-a (C3) duce la un cost mare hidro și energetic astfel încât, în final, strategia nu obține o clasificare satisfăcătoare.

P13 - 2 2 2 4 1 2 -: „Revoluție” (clasări: Id10: 6 / Eco10: 7 / Hidro10: 4 / Eng10: 5)

Aceasta strategie implică prea multe schimbări – în particular chiar schimbări la nivel instituțional: reducerea/anularea subvențiilor, creșterea semnificativă a prețului apei. Deși este foarte eficientă pentru criteriul hidro, totuși, din punct de vedere economic, obține o clasificare slabă, nu este realistă.

P17 - 3 2 3 5 1 2 -: „Pro Legume + cartofi” (cotări: Id 10: 7 / Eco 10: 9 / Hidro10: 6 / Eng10: 10)

Această strategie implică, de asemenea, importante schimbări la nivel instituțional, are în vedere extinderea culturii legume+cartofi, dar cu costuri prea mari la nivel economic și energetic. Nu este acceptabilă.

6. Concluzii

Tipul de abordare a problemei decizionale, folosit în această lucrare, duce la obținerea unor rezultate orientative pentru factorul de decizie. Urmează dezvoltarea acestei probleme cu introducerea valorilor în loc de criterii, rezultatele în acest caz fiind mult mai precise și mai ușor de interpretat.

Ca o concluzie, putem aprecia că cea mai bună strategie din punct de vedere hidro este departe de a lăsa lucrurile în starea în care se află, impunând modificări majore atât în ceea ce privește volumele de apă (contorizare, impermeabilizarea canalelor, majorarea suprafețelor amenajate cu conducte îngropate ș.a.), structura de culturi

(îndrumarea fermierilor către culturi cu un randament maxim atât pentru irigații, cât și pentru producător), cât și prețul apei și subvențiile (menținerea prețului actual al apei prin investiții în reabilitarea sistemului).

Bibliografie

1. **ARONDEL, C., P. GIRARDIN:** Sorting Cropping Systems on the Basis of their Impact on Groundwater Quality. În: European Journal of Operational Research, 1998.
2. **CISMARU C., V. GABOR, T.V. BLIDARU, D. SCRIPCARIU:** Studii privind eficiența lucrărilor de reabilitare și de modernizare a sistemelor de irigații cu mai multe trepte de pompare, Ovidius University Annals of Constructions Vol. 1, Nr. 2, 2000.
3. **CONSTANTIN N., S. DUMITRIU:** Multimodel Approach for Electrical Actuator Control. În: Proc. 4th Int. Conf. on Electromechanical and Power Systems, SIELMEN, 2003, pp. 139-143.
4. **IORDACHE, GH., L. ROȘU, C. MAFTEI, C. GHERGHINA:** Cercetări privind eficiența sistemelor de irigații din zone colinare, în corelație cu suprafața irigată pe trepte energetice și studiu de caz. În: Bul. Inst. Politehnic din Iași, Seria Hidrotehnică, XLVII (LI), Fasc. 1-4, (II), Iași, România, 2001, pp. 213-218.
5. **NICOLAESCU, I.:** Bazele modernizării sistemelor de irigații în România. Partea a II-a. În: Rev. Hidrotehnică, nr. 10, 1993, pp. 17-26.
6. **OEZELKAN, E.C., L. DUCKSTEIN:** Analysing Water Resources Alternatives and Handling Criteria by Multi Criterion Decision Techniques. În: Journal of Environmental Management. 48, 1996, pp. 69-96.
7. **ROȘU, L., C. MAFTEI, C. GHERGHINA, L. ȘERBAN, M. IOSIF:** On a Method of the Major Economic Indicators Analysis in the Irrigation Systems. În: Proc. of the Int. Conf. "Constructions 2003", Vol. 3 - Civil Engineering&Building Services, Cluj-Napoca, România, 2003, pp. 411-418.
8. **ROȘU L., C. MAFTEI, M. DOBRE, A. ȘERBAN, GH. IORDACHE:** ELECTRE Method Used in the Economical Analysis of Romanian Irrigation Systems. În: 6th International Congress on Advances in Civil Engineering, 6-8 October, Istanbul, Turkey, 2004.
9. **ROY, B.** The Outranking Approach and the Foundations of ELECTRE Methods. În: Theory and Decision, Volume 31, France, 1991, pp. 49-73.