

UN INSTRUMENT SOFTWARE PENTRU SELECȚIA PROIECTELOR DE CERCETARE - DEZVOLTARE

mat. Constanța Zoie Rădulescu

Institutul Național de Cercetare Dezvoltare în Informatică, București

email: radulescu@u3.ici.ro

Rezumat: În articol este prezentat un instrument software pentru asistarea deciziei în procesul de selecție a proiectelor de cercetare dezvoltare (C-D) ținând cont, în principal, de criterii de evaluare prestatibile și de evaluări făcute de referenți de specialitate. Instrumentul software pune la dispoziția managerului mai multe metode de decizie multiatribut, menite să-l asiste în analiza problemelor ce implică evaluarea cu mai multe criterii.

Cuvinte cheie: metode de decizie multiatribut, evaluare, selecție, peer review, sistem de competiție.

1. Introducere

Managementul cercetării științifice pune în fața decidenților probleme complexe, care au un caracter multicriterial. Procesul de selecție a proiectelor trebuie să ia în considerare un număr de criterii care, adesea, intră în conflict. Se întâlnesc astfel, proiecte care sunt foarte bune din punct de vedere al unora din criterii și slabe din alte puncte de vedere. Alte proiecte sunt slabe din punct de vedere al primei mulțimi de criterii și foarte bune din punctul de vedere al celui de-al doilea set de criterii. Problema decidențului este de a "împăca" aceste criterii și de a alege cel (cele) mai bune proiecte. Acest lucru poate fi făcut numai pe baza unei analize multicriteriale a proiectelor.

Problemele de decizii multicriteriale sunt împărțite, adesea, în continue sau discrete aceasta depinzând de domeniul în care variază parametrii care caracterizează variantele de decizie. Metodele de rezolvare a acestor probleme au fost clasificate în [9] în metode de decizie multiatribut (Multiple Attribute Decision Making - MADM) și metode de decizie multiobiectiv (Multiple Objective Decision Making - MODM).

Metodele de decizie multiatribut (MADM) au ca obiect alegerea variantei optime dintr-o mulțime finită de variante care se compară între ele în raport cu un număr finit de criterii.

Metodele de decizie multiobiectiv (MODM) urmăresc maximizarea sau minimizarea unor funcții de mai multe variabile. Variabilele sunt supuse unui sistem de restricții formulate, în general, sub forma unor inegalități și/sau egalități. Se urmărește determinarea valorilor variabilelor care verifică sistemul de restricții și optimizează fiecare funcție

în parte. Metodele MODM se aplică în cazul când spațiul variabilelor de decizie este infinit, discret sau continuu, cât și în cazul când spațiul variabilelor de decizie este finit, dar are un număr foarte mare de elemente.

În acest articol, ne vom ocupa numai de metode MADM.

În literatură, termenul MCDM -Multicriteria Decision Making- este utilizat, adesea, pentru a indica atât metode MADM, cât și metode MODM.

Churchman și alții [3] au fost primii cercetători care au privit formal problema MADM folosind metoda ponderării simple aditive. Peste ani, alți cercetători și teoreticieni ai deciziei au propus o varietate de metode ce descriu cum ajunge un decident la o judecată de preferință, când alege între mai multe variante multiatribut.

Principala critică adusă metodelor MADM este că tehnici diferite conduc la rezultate diferite, când se aplică la aceeași problemă, aparent în aceleași condiții și cu un singur decident.

Metodele MADM pot fi împărțite în (i) metodele teoriei utilității multiatribut, (ii) metode fără ordonare (outranking) și (iii) metode interactive [23]. Există, însă, multe alte clasificări ale acestor metode.

În cazul când numărul de proiecte și de criterii este mare, este necesară elaborarea unui sistem suport de decizie interactiv, care să asiste decidențul în selecția unui portofoliu de proiecte de C-D adecvat preferințelor sale.

Problema selecției proiectelor de C-D prin metode de decizie multiatribut a fost cercetată pe larg în literatura de specialitate [2], [4-5], [8], [10], [10-12], [14], [21-22].

În 1996, au demarat în Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Informatică, București cercetări privind realizarea unui sistem pentru asistarea deciziilor într-un sistem de competiție. În această lucrare, elementele de interes pentru sistemul de acordare a finanțării prin competiție în cercetare [6] sunt: "grant" - proiectul acceptat pentru finanțare și "peer review" modul de evaluare

de către specialiști cu competență egală a propunerilor de proiecte.

În urma acestor cercetări, s-a realizat un produs-program pentru asistarea deciziilor într-un sistem de

Adesea însă, problema poate fi prezentată ca o combinație de doi pași: construirea și exploatarea. Privind din această perspectivă, considerăm că o metodă MCDM poate fi descrisă ca în figura 1.

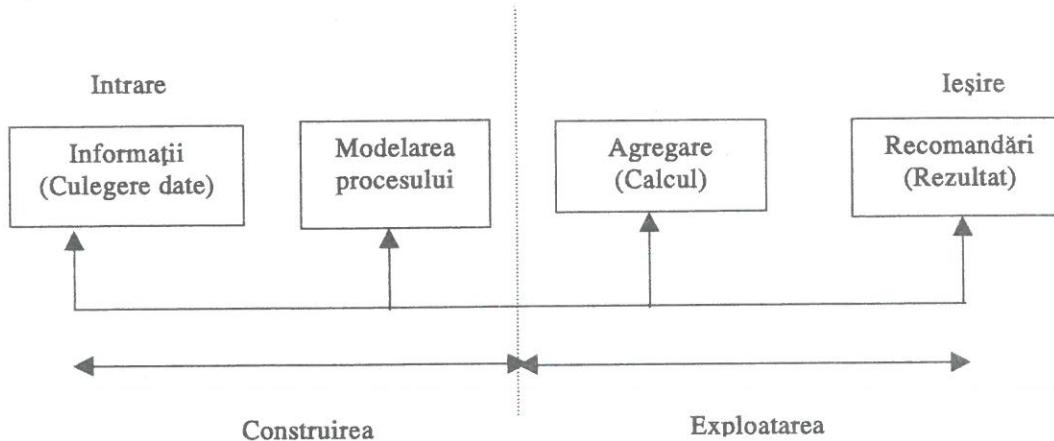


Figura 1. Schematizarea unei metode MCDA

competiție [16-18]. În acest produs-program este inclus un instrument software pentru selecția proiectelor de C-D prin metode de decizie multiatribut - MULTICRIT. El pune la dispoziția managerului un set de metode de decizie multiatribut, cu scopul de a oferi acestuia un ajutor în ordonarea și selecția proiectelor de C-D, propuse spre finanțare. Metodele incluse în MULTICRIT sunt metode MADM, care furnizează ca rezultat o ordonare a tuturor proiectelor de C-D. Unele dintre aceste metode și module program realizate pentru tratarea acestora au fost prezentate în [19].

Scopul acestei lucrări este de a prezenta un instrument software pentru asistarea deciziei, în procesul de selecție a proiectelor de cercetare dezvoltare (C-D) ținând cont, în principal, de criterii de evaluare prestabilite și de evaluări făcute de referenți de specialitate. Instrumentul software pune la dispoziția managerului mai multe metode de decizie multiatribut, menite să-l asiste în analiza problemelor ce implică evaluarea cu mai multe criterii.

Lucrarea este organizată după cum urmează: în capitolul doi, se prezintă formularea problemei de decizie multiatribut pentru selecția proiectelor de C-D, iar în capitolul trei, se prezintă instrumentul software MULTICRIT.

2. Formularea problemei

Metodologia MCDM poate fi privită ca un proces recursiv neliniar, constituit din patru pași [7] (i) structurarea problemei de decizie, (ii) clasificarea și modelarea preferințelor (evaluărilor), (iii) agregarea variantelor de evaluare (preferințelor), (iv) furnizarea de recomandări.

Un model de decizie bazat pe metode de decizie multiatribut, pentru problema de selecție a proiectelor de C-D, presupune existența unei mulțimi de proiecte (oferte, teme, grant-uri de C-D), factorului de decizie revenindu-i sarcina de a alege o submulțime de proiecte pentru a fi finanțate. Pentru această abordare, el trebuie să ierarhizeze mulțimea de proiecte, adică să aranjeze proiectele într-o ordine, astfel încât proiectul cel mai bun să fie primul, iar proiectul cel mai slab să fie ultimul, restul proiectelor situându-se între aceste două proiecte în ordine descrescătoare.

Modelul de decizie multiatribut este definit de următoarele elemente:

1. Mulțimea proiectelor de C-D:
 $P = \{P_1, P_2, \dots, P_m\}$;
2. Mulțimea criteriilor de evaluare:
 $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$;
3. Mulțimea referenților de specialitate:
 $R = \{R_1, R_2, \dots, R_s\}$ ce evaluatează mulțimea proiectelor;
4. Vectorul ponderilor (coeficienților de importanță)
 $p = (p_1, p_2, \dots, p_n)$ asociat mulțimii criteriilor de evaluare. Se presupune că $\sum_{j=1}^n p_j = 1$. Vom spune

că criteriile au aceeași importanță dacă $p_1 = p_2 = \dots = p_n$. Metodele care propun alegerea celui mai bun proiect pe baza coeficienților de ponderare au un anumit grad de subiectivitate. Aceasta rezultă din alegerea sistemului de ponderi p .

5. Vectorul ponderilor (coeficientilor de importanță) $q = (q_1, q_2, \dots, q_s)$ asociat mulțimii referenților de specialitate. La fel ca mai sus, vom presupune că $\sum_{j=1}^s q_j = 1$.

6. Vectorul tipurilor criteriilor - de maxim sau de minim. Vom spune că un criteriu este un criteriu de maxim dacă la nota cea mai mare corespunde proiectul cel mai bun, iar la nota cea mai mică corespunde proiectul cel mai slab;

7. Matricea limitelor superioare și inferioare ale scării folosite: $L = \begin{pmatrix} l_{11} & l_{12} & \dots & l_{1n} \\ l_{21} & l_{22} & \dots & l_{2n} \end{pmatrix}$

unde: l_{1j} - limita superioară a scării pentru criteriul j ; $l_{1j} > 0$

l_{2j} - limita inferioară a scării pentru criteriul j ;

8. Suma de bani alocată pentru finanțare: S , $S > 0$.

9. Matricea $B = (b_{ij})$, $i = 1, 2, \dots, m$, $j = 1, 2, \dots, n$, proiecte / criterii.

3. MULTICRIT - Instrument software pentru selecția proiectelor de C-D prin metode de decizie multiatribut (MADM)

MULTICRIT definește ca un instrument software suport de decizie multiatribut ce asistă decidentul în analiza și rezolvarea problemelor de selecție a proiectelor de C-D. MULTICRIT este alcătuit din: baza de date, baza de metode MADM și baza de metode de normalizare. Toate acestea sunt legate și controlate prin intermediul unui MONITOR.

Baza de date MULTICRIT

Mulțimea informațiilor privind selecția proiectelor de C-D a fost structurată într-o bază de date, ce conține mai multe fișiere: PROIECT, CRITERII, REFER, EVALCRIT, REZULT, COMPAR și SELEC. Vom descrie în continuare, pe scurt, fiecare din aceste fișiere.

Fisierul PROIECT conține mulțimea P a proiectelor de C-D. Fiecare proiect este caracterizat

printr-o mulțime de atribute. Acestea pot fi: denumire (titlu), cost, durată, responsabil, domeniul (program de C-D), etape de desfășurare, echipă de realizare, etc.

Fisierul CRITERII conține mulțimea C a criteriilor de evaluare. Fiecare criteriu este definit prin nume, tip (de maxim sau de minim), scară folosită, limita superioară și inferioară a scării folosite, ponderea criteriului în evaluare, etc.

Fisierul REFER conține mulțimea R a referenților de specialitate (experti). Fiecare referent de specialitate este caracterizat prin atribute ca: nume și prenume, titlul științific, profesie, funcție, unitatea în care lucrează, domeniul pentru care face evaluarea, ponderea asociată referentului, etc.

Fisierul DOMENII conține mulțimea domeniilor (programelor) de C-D. Fiecare domeniu este caracterizat prin denumire, pondere, suma disponibilă pentru finanțare, etc.

Fisierul EVALCRIT conține evaluările făcute de referenți de specialitate, proiectelor, pentru setul de criterii specificat. Pentru fiecare proiect asociat lui un referent acordă note pentru fiecare dintre criteriile de evaluare specificate.

Fisierul REZULT conține rezultatele aplicării unei metode de decizie multiatribut - MADM, cu o metodă de normalizare aleasă.

Fisierul COMPAR conține diverse ordonări ale mulțimii proiectelor de C-D în raport cu diverse metode MADM selectate și salvate de decident. El poate fi folosit pentru a se face comparații între diverse metode MADM pentru a se găsi o metodă mai apropiată de preferințele decidentului.

Fisierul SELEC ce conține mulțimea proiectelor selectate pentru finanțare.

Structura MULTICRIT

Tinând cont de formularea problemei de selecție a proiectelor de C-D, MULTICRIT a fost împărțit în următoarele module:

1. Repartizare proiecte la referenți - REPREF;
2. Evaluare proiecte - EVALPRO;
3. Agregare (calcul) - AGREGA;
4. Normalizare - NORMALIZ;
5. Analiză multicriterială - ANALCRIT;
6. Rezultate - REZULT;

7. Comparări - COMPAR;

8. Selecție - SELEC.

În modulul REPREF se asociază mulțimi de proiecte fiecărui referent ales. În acest modul, se construiesc submulțimile V_i , $i = 1, 2, \dots, s$ de proiecte asociate referenților și mulțimile W_k , $k = 1, 2, \dots, m$ de referenți asociate proiectului P_k .

Intrările sunt constituite din fișierele PROIECT, REFER și DOMENII, iar ieșirea din fișierul EVALCRIT (completat cu proiectele asociate referenților).

Modulul EVALPRO are ca scop construirea matricilor de evaluare A_i , $i = 1, 2, \dots, s$. Fiecare referent R_i evaluatează mulțimea V_i de proiecte asociate lui în funcție de mulțimea C de criterii de evaluare. Un referent acordă note unui proiect, după o scară de notare și un tip de criteriu de maxim sau de minim, pentru fiecare criteriu.

Intrările sunt constituite din fișierele REFER, CRITERII și EVALCRIT, iar ieșirea din fișierul EVALCRIT (cu notele acordate proiectelor după criteriile specificate).

Modulul AGREGA asigură calculul matricii B (proiecte / criterii) din matricile de evaluare A_i .

Intrarea este constituită din fișierul EVALCRIT, iar ieșirea este matricea B .

Modulul NORMALIZ realizează alegerea metodei de normalizare din "Baza de metode de normalizare" și asigură normalizarea matricii B în funcție de metoda de normalizare aleasă.

Intrările în modul sunt constituite din matricea B și fișierul CRITERII, iar ieșirea este matricea R . În cazul când există ponderi asociate criteriilor de evaluare se calculează matricea normalizată ponderată R' .

Modulul ANALCRIT asigură alegerea metodei MADM din setul de metode pus la dispoziție de "Baza de metode MADM". În funcție de metoda aleasă, se rezolvă problema și se furnizează rezultatul.

Intrările sunt fie matricea R , fie matricea R' , iar ieșirea este matricea REZ.

Modulul RESULT pune la dispoziția decidentului rezultatul obținut din rezolvarea problemei printr-o metodă MADM aleasă. Aceasta este reprezentat de o ordine pe mulțimea proiectelor

de C-D și poate fi salvat, listat la imprimantă sau pe ecran.

Intrarea în modul este constituită din matricea REZ, iar ieșirile sunt constituite din liste la imprimantă sau pe ecran. Aceste liste conțin ordinea totală sau parțială a proiectelor, bazată pe mulțimea criteriilor de evaluare, ordine obținută în urma aplicării unei metode de normalizare, aleasă din "Baza de metode de normalizare" și a unei metode MADM din "Baza de metode MADM". Normalizarea ca și metoda MADM aleasă reflectă ordinea obținută.

Dacă decidentul dorește salvarea rezultatului obținut în vederea comparării lui cu rezultatele obținute din alegerea unei alte metode de normalizare sau a unei alte metode MADM, atunci acesta se salvează în fișierul REZULT.

Modulul COMPAR permite consultarea fișierului COMPAR și asigură compararea a diferite ordonări obținute ca urmare a alegerii a cel puțin două metode MADM.

Intrarea este constituită din fișierul COMPAR, iar ieșirea este ilustrată printr-o listă pe ecran sau imprimantă. Această listă conține metodele MADM alese din "Baza de metode MADM" precum și ordinea proiectelor, obținută ca urmare a rezolvării metodei MADM selectate.

Modulul SELEC are ca scop selecția proiectelor ce vor fi finanțate din mulțimea totală a proiectelor. Aceasta este făcută de decident, ținând cont de ordinea obținută în urma aplicării unei metode MADM și de suma totală alocată pentru finanțare.

Intrările în acest modul sunt fișierele PROIECT, DOMENII, REZULT iar ieșirea este fișierul SELEC.

În afara de aceste module, MULTICRIT se compune din "Baza de metode de normalizare" și din "Baza de metode MADM".

"Baza de metode de normalizare" este alcătuită din cinci module: NORM1, NORM2, NORM3, NORM4, NORM5. Aceste module corespund celor cinci metode de normalizare de tip von Neuman Morgenstern. Descrierea acestor metode și a modulelor aferente este făcută în [1].

"Baza de metode MADM" conține, în această versiune mai multe module: HURWALD, LEXIC, MEDPOND, ONICESCU, TOPSIS. Aceste module corespund metodelor MADM:

- HURWALD - metoda maximin [1], [9], [15] sau metoda pesimistă a lui Wald și metoda maximax [15], [20] sau metoda optimistă a lui Hurwitz, legate prin intermediul coeficientului de aversiune la risc;
- LEXIC - metoda lexicografică [1], [9];

- MEDGEO - metoda mediei geometrice [9];
- MEDPOND - metoda mediei aritmetice (neponderată) și metoda ponderării simple additive (variantă ce ține cont de ponderi asociate criteriilor) [1], [9];
- ONICESCU - metoda Onicescu [1], [13];
- TOPSIS - metoda Topsis (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) [1], [9].

ACESTE metode se aplică în versiune ponderată sau neponderată în funcție de existența ponderilor asociate criteriilor de evaluare.

Baza de modele MADM poate fi largită cu alte metode MADM în special din clasa teoriei utilității multiatribut și care pot să reflecte mai bine preferințele decidentului.

De remarcat este faptul că MULTICRIT dă

posibilitatea decidentului să folosească nu numai o singură metodă MADM. El poate alege o singură metodă care să-i reflecte mai bine preferințele sau poate alege mai multe metode în vederea comparării lor. Se pot alege pe rând metode din "Baza de modele MADM" și se pot obține pentru fiecare câte o ordonare a proiectelor. Rezultatul este apoi salvat pentru fiecare nouă metodă aleasă. În final, decidentul obține o comparare a ierarhiilor obținute pentru metodele alese. Acest mod de a privi problema selecției proiectelor de C-D a fost ales ca urmare a ideii că nu există o metodă "cea mai bună" care să o rezolve. Rezultatele furnizate de folosire interactivă a diverselor metode MADM oferă decidentului un ajutor în selecția finală, decizia de a finanța sau nu un proiect, fiind luată în funcție de diverse rațiuni avute în vedere.

Structura MULTICRIT este ilustrată în figura 2.

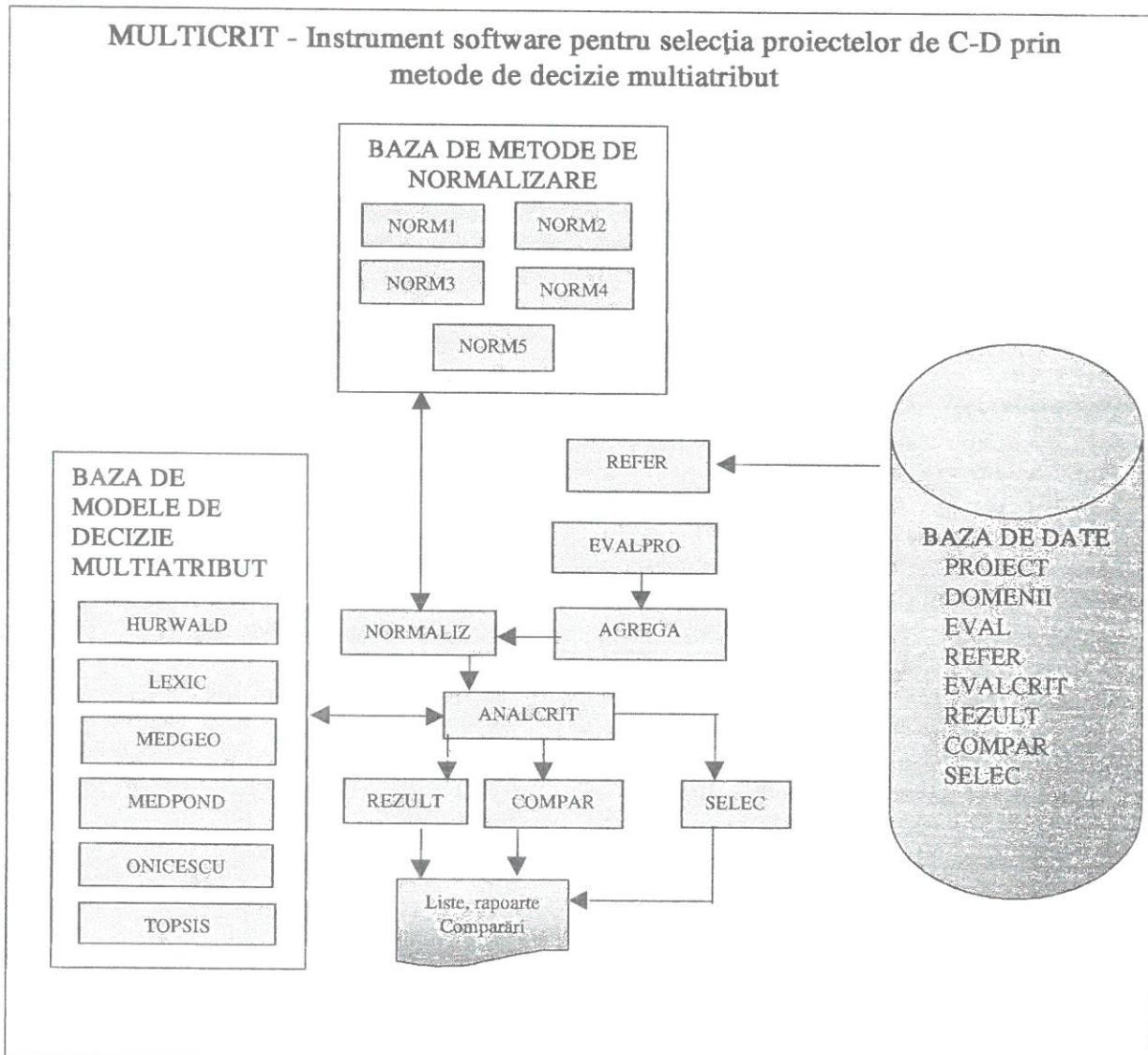


Figura 2. Instrument software de decizie multiatribut

4. Concluzii

În lucrare, se prezintă o primă versiune a unui instrument software dedicat problemelor de selecție a proiectelor de C-D prin metode multiatribut. Modelul de decizie multiatribut, care stă la baza instrumentului software consideră că proiectele supuse selecției sunt independente și că acestea sunt notate fiecare conform unei mulțimi prestabilite de criterii. Fiecarui criteriu îi este asociată o pondere care exprimă importanța sa.

În această primă versiune, se folosesc un număr redus de metode MADM: Hurwicz - Wald, metoda lexicografică, metoda mediei aritmetice și a mediei geometrice, metoda Onicescu și metoda TOPSIS. Într-o versiune ulterioară, se intenționează lărgirea clasei de metode MADM, bazate sau nu pe funcții de utilitate și care să exprime mai bine preferințele decidentului.

Bibliografie

- Application: A State of the Art Survey, Springer, New York, 1981.
10. KYPARISIS G., S. GUPTA, IP CHI-MING: Project Selection with Discounted Returns and Multiple Constraints, European Journal of Operational Research, vol. 94 (1), 1996, pp. 87-96.
 11. LOCKET A.G., P. FREEMAN: Probabilistic Networks and R&D Portfolio Selection, Operational Research Quarterly, vol.21, no.3, 1970, pp.353-359.
 12. LOOTSMA, L. A., T. A. MENSCH, F.A. VOS: Multicriteria Analysis and Budget Reallocation in Long-term Research Planning, European Journal of Operational Research 47, 1990, pp. 293-305.
 13. ONICESCU, O.: Procedee de estimare comparativă a unor obiecte purtătoare de mai multe caracteristici, Revista de Statistică, nr. 4, 1970.
 14. PETERSEN, C.: Computational Experience with variants of the Balas Algorithm applied to the selection of the R&D projects, Management Science vol. 13(9), 1967, pp. 736-750.
 15. PURCARU, I., F. BERBEC, D. SORIN: Matematici financiare & Decizii în afaceri, Editura Economică, 1996, pp. 527-538.
 16. RĂDULESCU, C. Z.: Un sistem de management electronic pentru procesul de competiție în cercetare, Revista Română de informatică și Automatică, vol. 7, nr. 3, 1997, pp. 5-12.
 17. RĂDULESCU, C. Z.: Asistarea deciziilor într-un proces de peer review, Informatică Economică, nr. 2, 1997, pp. 95-99.
 18. RĂDULESCU, C. Z.: Metodologie de evaluare și selecție, Raport de cercetare I.C.I., București, iunie 1997.
 19. RĂDULESCU, C. Z.: Selecția proiectelor de cercetare - dezvoltare prin metode de decizie multiatribut, Studii și Cercetări de Calcul Economic și Cibernetică Economică (în curs de publicare).
 20. RENDER, B., R.M. STAIR: Quantitative Analysis for Management, Allyn and Bacon, Inc, 1982, pp. 108-119.
 21. SHPAK A., D. ZAPOROJAN: Working Out R&D Programs via Multicriteria Analysis, Computer Science Journal of Moldova, vol.4, no.2(11), 1996, pp. 239-259.
 22. STEWART, T. J.: A Multicriteria Decision Support System for R&D Project Selection, Journal of Operational Research Soc. 42, No.1, 1991, pp. 17-26.
 23. VINCKE, PH.: L'aide Multicritérie, Edition de l' Université de Bruxelles, 1989.