

Actualitatea cercetării operaționale (The novelty of the operational research)

GHEORGHE BOLDUR-LĂȚESCU

Academia de Studii Economice, București

The operational research was born during the years of the World War II out of the need to use scientific methods in the organization of the logistics of the military operations. After the war, the methods of the operational research proved to be extremely efficient in the social-economical decision-making. In the present paper, we present the main chapters of the operational research: Transportation issues, Linear Programming, the Analysis of the Critical Path, the Theory of Wait, the Theory of Supplies, the Theory of the Strategy Games, the Theory of the Decision, Multicriteria Structures. The paper presents as well, the relationship with the connected fields of the operational research: Informatics, the Systems Analysis, and Cybernetics. In the final part of the paper, we show the importance of the operational research in the rational decision-making.

1. Succintă rememorare

În anii 1940-1941, în plin război, Statul Major al armatei britanice a înființat echipe mixte de specialiști (matematicieni, ingineri, economiști, psihologi), cu scopul de a cerceta posibilitatea ameliorării aspectelor logistice și organizatorice ale problemelor conexe celor pur militare. A luat, astfel, naștere Cercetarea operațională. Printre primele probleme pe care le-au abordat echipele de Cercetare operațională, au fost amplasarea optimă a baloanelor captive deasupra cerului Londrei, supusă bombardamentelor germane, dimensionarea convoaielor pe mare care tranzitau Oceanul Atlantic, și care erau expuse torpilării de către submarinele germane, efectuarea unor transporturi cât mai economice ale materialelor strategice de la furnizori către unitățile militare etc.

Foarte curând, soluțiile propuse de echipele de Cercetare operațională s-au dovedit deosebit de eficiente, ceea ce a determinat extinderea activității lor nu numai în Anglia, ci și în Statele Unite ale Americii (SUA) și Canada.

La sfârșitul războiului, existau câteva sute de specialiști ce lucrau în echipele de Cercetare operațională, aportul lor la îmbunătățirea soluțiilor pentru probleme de tipul celor arătate mai sus fiind unanim recunoscut.

Odată cu încheierea operațiilor militare, în anul 1945, s-a crezut, pentru un moment, că specialiștii în Cercetare operațională vor rămâne fără activitate. N-a fost însă așa, fiindcă, foarte repede, ei și-au găsit întrebuințare în viața social-economică pașnică. Numărul specialiștilor în Cercetare operațională a

crescut spectaculos în toate țările dezvoltate, eficiența activității lor fiind considerabil amplificată de apariția și dezvoltarea calculatoarelor electronice.

S-a estimat că, spre sfârșitul anilor '60, existau, în întreaga lume, aproape un milion de specialiști lucrând în domeniul Cercetării operaționale și aplicării practice ale calculatoarelor electronice, domeniu ce căpătase numele de Informatică.

2. Principalele capitole și aplicații ale Cercetării operaționale

Diversitatea extraordinară a problemelor din viața social-economică, care se pretează a fi abordate cu ajutorul metodelor Cercetării operaționale, face imposibilă enumerarea lor exhaustivă. Disciplina, nou-născută a Cercetării operaționale, devenită materie de studiu în universități și subiect principal al multor publicații de specialitate, poate fi descrisă, rezumativ, prin capitolele de bază, pe care le vom enumera în cele ce urmează.

2.1 Probleme de transport și repartiție

Acestea apar în situațiile în care există mai mulți furnizori (F_1, F_2, \dots, F_m), de la care trebuie să se repartizeze un produs (sau mai multe), spre niște beneficiari (B_1, B_2, \dots, B_n). Fiecare furnizor posedă un disponibil limitat, iar fiecare beneficiar are un necesar precizat. Costul transportului unei unități de produs de la furnizorul F_i la beneficiarul B_j este c_{ij} . Dacă se notează cu x_{ij} cantitatea (deocamdată necunoscută), ce trebuie transportată de la F_i la B_j ,

soluția optimă a problemei constă în găsirea valorilor x_{ij} ($i = 1, \dots, m$) ($j = 1, \dots, n$), care conduc la un cost total minim.

$$C_{\min} = \min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

Modelul matematic al problemei reprezintă un sistem de $m + n$, ecuații cu $m - n$ necunoscute, care, teoretic, admite o infinitate de soluții, dificultatea crescând în găsirea acelei soluții care minimizează valoarea

$$C = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

Rezolvarea problemei a fost dată, pentru prima oară, de matematicianul rus, Kantorovici în anul 1940.

Aplicațiile practice cu ajutorul informaticii, ale problemei de transport sunt nenumărate în ceea ce privește eficiența aplicării modelelor cercetării operaționale.

3. Programarea lineară

Orice unitate de producție posedă un nomenclator de produse pe care le poate executa, fiecare având un profit unitar antecalculat. Totodată, fiecare produs necesită un consum specific din resursele pe care le utilizează. Dacă se dorește optimizarea producției pe o perioadă dată, trebuie stabilită cantitatea din fiecare produs, care se poate realiza în limita disponibilului de resurse, astfel că, valoarea totală a profitului să fie maximă.

Din punct de vedere matematic, ne aflăm în fața unei probleme de Programare Lineară care, la fel ca problema de transport, comportă o infinitate de soluții. Tehnicile utilizate pentru rezolvarea problemei de transport nu mai funcționează, în cazul problemei de Programare Lineară, fiind necesară elaborarea unei noi metode (Metoda Simplex) propusă de matematicianul American G. Dantzig în anul 1950. Aplicațiile practice ale Programării Lineare sunt foarte numeroase, nu numai în probleme de determinare a structurii optime a planului de producție, ci și în probleme cu o structură matematică similară.

3.1 Metoda "drumului critic"

Conceptul de "proiect" trebuie înțeles, în sens larg, ca un produs conceptual, vizând realizarea unui obiectiv fizico-științific sau chiar artistic (o mare construcție civilă sau industrială, aplicația unei teorii științifice importante, un monument artistic de mari dimensiuni etc).

Orice proiect este alcătuit din activități care se înlănțuiesc și se interconstrucționează, după o logică anticipată de autorii proiectului. De exemplu, fundația unei clădiri reprezintă o activitate care condiționează execuția structurii de rezistență care, la rândul ei, condiționează execuția instalațiilor elec-trice, sanitare etc., ulimele activități fiind cele de finisaje.

Activitățile unui proiect nu se interconstrucționează linear, ci arborescent, în sensul existenței mai multor activități A_1, A_2, \dots, A_n , care condiționează începerea activității A^* dar, și în sensul existenței activității A^{**} , care condiționează începerea mai multor activități A'_1, A'_2, \dots, A'_n .

Ideea de a construi arborescențe aferente activităților unui proiect, de la începerea sa până la terminare, a aparținut unui grup de cercetători de la Compania Dupont de Nemour, ce urma să construiască un gigantic complex petrochimic. Arborescența, astfel elaborată, a primit numele de Graf (analogia cu noțiunea de graf din algebră) și i s-a asociat un tabel de interconstrucționări dintre activități cu un graphic (graf) asociat.

Pentru a utiliza eficient grafurile, este esențială estimarea corectă a duratelor activităților cu eventuala asociere a probabilităților de realizare.

Cu ajutorul grafului și a estimării duratelor, metoda oferă posibilitatea estimării duratei totale a proiectului. Ea este dată de cea mai mare sumă a duratelor succesiunilor (drumurilor) posibile de activități dintre începutul și sfârșitul grafului. Aceste succesiuni din graf au căpătat denumirea de "drum critic", de unde și metoda a dobândit denumirea de "metoda a drumului critic". "Drumul critic", dintr-un graf, reprezintă durata minimă posibilă de execuție a proiectului, iar activitățile de pe acest drum se numesc "activități critice". Există și activități care nu sunt pe drumul critic (activități necritice), ele fiind caracterizate de existența unor "rezerve de timp".

Posibilitatea de a determina durata minimă de execuție a proiectului, a activităților critice și a celor necritice, oferă avantaje remarcabile pentru conducerea unui proiect. Atenția managerilor se concentrează, în special, asupra activităților critice, iar cunoașterea celor necritice le permite o distribuire a resurselor în funcție de nevoile cele mai stricte.

Un exemplu semnificativ de utilizare a "metodei "drumului critic" îl reprezintă managementul proiect-

tului Apollo de trimitere a primului om pe lună. Graficul acestui proiect a avut aproximativ 300 de mii de activități, iar analiștii au considerat că utilizarea “metodei drumului critic” a contribuit substanțial la succesul proiectului. Se înțelege că toate calculele au fost executate de calculatoare de mare putere.

3.2 Probleme de așteptare

Vom ilustra structura unei probleme de așteptare prin următorul exemplu: un mare port maritim urmează să fie dotat cu macarale de mare capacitate. Pentru a calcula corect câte macarale trebuie instalate se estimează, în primul rând, costul amortizării dotării fiecărei macarale. Pe de altă parte, macaralele vor deservi vase maritime ce vor veni la descărcare. Dacă sunt prea multe macarale, unele din ele vor fi nefolosite, ceea ce înseamnă pierderi, dacă sunt prea puține, vor rezulta cozi de vase care așteaptă la descărcare, ceea ce antrenează, de asemenea, costuri (de penalizare). Problema-tip de așteptare constă în determinarea numărului optim de macarale ce se vor instala, astfel că, suma costului nefolosirii (așteptării) macaralelor împreună cu costul așteptării vaselor să fie minim.

Modelele matematice ale problemelor de așteptare pot fi complexe, un element esențial al lor fiind estimarea probabilistică a numărului de unități ce urmează a primi un serviciu (în exemplul de mai sus, numărul de vase ce vin la descărcare în unitatea de timp).

Aplicațiile practice ale problemelor de așteptare sunt numeroase, de la unele de dimensiuni reduse – dimensionarea numărului de ghișee ce deservește publicul care solicită un serviciu, până la altele de mare anvergură – cazul exemplului de mai sus.

3.3 Probleme de stocare

Existența stocurilor de resurse, în desfășurarea diverselor probleme economice, constituie o realitate pe care o întâlnim în viața de zi cu zi. Abordarea științifică a acestei probleme constă în determinarea costului minim al acestor stocuri: cât de mult trebuie să fie acestea, pentru a putea asigura fluiditatea proceselor de producție, dar cu costuri minime ale cheltuielilor aferente stocării.

Problema optimizării stocurilor seamănă, întrucâtva, cu cea a așteptării, fiindcă se dimensionează acea cantitate-stoc, care duce la un cost minimal procesului de stocare, la care se adaugă costul aferent posibilei întreruperi ale proceselor productive, din cauza lipsei de stoc.

Aplicațiile economice ale teoriei stocurilor sunt numeroase, unele fiind legate de aprovizionarea

tehnic-materială a proceselor de producție, altele, de utilizarea modelelor de stocare în domenii înrudite, cum ar fi teaurizarea sumelor de bani în sistemul financiar.

3.4 Jocuri strategice, utilități

Competiția reprezintă o caracteristică a vieții moderne, ea manifestându-se în cele mai diverse domenii, cum ar fi cel economic, cel politic sau chiar cel militar.

Matematicianul, de origine română, John von Neumann, împreună cu economistul Oskar Morgenstern au elaborat, în anul 1945, o carte intitulată “Theory of Games and Economic Behavior” (Teoria Jocurilor și Comportamentul Economic) [18], care a deschis drumul unor numeroase dezvoltări teoretice și practice în domeniul atât de complex al competițiilor.

Remarcabil este faptul că, lucrarea lor începe cu definiția axiomatice a “conceptului de utilitate” – necesar măsurării efectelor acțiunilor competitive. Conceptul de utilitate nu era nou, dar definiția axiomatice propusă de cei doi autori i-a conferit precizie și rigoare. John von Neumann și Oskar Morgenstern denumesc competiția drept “un joc” cu doi sau mai mulți parteneri. Jocurile cu doi parteneri se caracterizează, de regulă, prin soluția cu “sumă-nulă”, valoarea utilității câștigate de unul din jucători fiind pierdută de celălalt.

Jocurile cu mai mulți parteneri conduc, inevitabil, la formarea unor coaliții: jucătorii se coalizează astfel, că, în final, se ajunge la un joc cu numai doi jucători. (George Orwell, în celebrul său roman “1984”, descrie mecanismul coalițiilor schimbătoare, într-o lume cu trei jucători - state comuniste mamut, care sunt în permanent război, schimbând permanent alianțele).

Ideile și chiar modelele din Teoria Jocurilor sunt utilizate în deciziile politice și militare, internaționale, în care se fac și se desfac alianțe.

3.5 Decizii, criterii multiple

Problema generală a luării deciziilor în viața social-economică a apărut, ca preocupare științifică, încă din secolul al XVIII-lea, cu mult înainte de nașterea Cercetării operaționale. Astfel, matematicianul francez Nicolas de Condorcet (1743-1794) a fost preocupat de problema luării deciziilor colective corecte și, cu ajutorul unor exemple de mici dimensiuni, a arătat cât de discutabilă este raționalitatea unor astfel de decizii.

Problema a fost reluată, pe baza unor fundamentări axiomatice, de economistul american Kenneth Arrow care a obținut premiul Nobel pentru economie

în 1972. Vom reveni asupra temei lui Arrow, la finele acestui paragraf.

Teoria generală a luării unor decizii raționale, nu neaparat în legătură cu caracterul lor colectiv, se constituie, în mod sistematic, la jumătatea secolului trecut. Schema generală a unui proces decizional poate fi reprezentată prin tabelul de mai jos:

Criteria	C_1	C_2	...	C_n
Variante				
V1	c_{11}	c_{12}	...	c_{1n}
V2	c_{21}	c_{22}	...	c_{2n}
.
Vm	c_{m1}	c_{m2}	...	c_{mn}

Se observă că fiecare variantă decizională are o consecință aferentă criteriului luat în considerare (c_{ij}). Luarea în considerare în procesul decizional a mai multor criterii reprezintă cea mai importantă contribuție a cercetătorilor de specialitate din ultimele decenii. A luat naștere, astfel, “teoria deciziilor” multicriteriale în care cercetătorii români au avut contribuții cunoscute pe plan internațional [13,18].

Se cunosc două direcții principale de abordare în problemele deciziilor multicriteriale:

1) școala americană care utilizează, în principal, conceptul de utilitate definit de von Neumann și Morgenstern, pentru a asocia fiecărei consecințe c_{ij} o utilitate $u(x_{ij})$, și apoi pentru a determina, prin însumare, maximul sumei utilităților;

2) școala franceză, condusă de Profesorul Bernard Roy de la Paris, care a propus metode mai rafinate de luare a metodelor multicriteriale, cu luarea în considerare a mai multor elemente intuitive.

Ambele orientări sunt aplicate cu prudență, reprezentând, deocamdată, încercări teoretice cu perspective practice în viitor. Ideea luării în considerare a mai multor criterii în procesul decizional constituie, însă, o contribuție practică importantă îmbogățind considerabil procedeele de luare a deciziilor.

“Teoria lui Arrow”, privind deciziile de grup, se concretizează în celebra sa teorie în care demonstrează că nu există o metodă rațională de luare a deciziilor de grup. Această teoremă, denumită și “paradoxul lui Arrow”, a fost mult discutată și chiar contestată, printre cei care au arătat inconsistența “teoriei lui Arrow” aflându-se și semnatarul prezentului articol [13]. Critica “teoriei lui Arrow” constă în a arăta că axiomele sale defineau un domeniu în care nu se poate opera o mulțime vidă. El propune, deci, un mecanism contradictoriu al deciziilor de grup ca și cum ar fi vrut să demonstreze ceva despre care a știut de la bun început că nu e

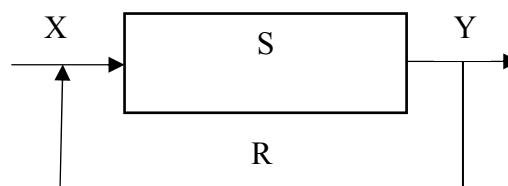
adevărat. Decizii de grup (mai bune sau mai rele^{*)}, s-au luat și se vor lua, în ciuda “teoriei lui Arrow”.

4. Domenii conexe

Cercetarea operațională nu poate fi despărțită de o serie de discipline, recent apărute, și cu care posedă numeroase legături. Astfel, după cum am arătat, Informatica [4] ajută, în mod decisiv, la rezolvarea modelelor matematice, uneori de dimensiuni foarte mari, ale Cercetării operaționale.

Analiza sistemelor [23^{**}] reprezintă ansamblul operațiilor de cunoaștere a mecanismelor informațional-decizionale ale unui sistem. Există metodologii care exploatează aceste tehnici, care, în mod obligatoriu, trebuie să precedă elaborarea modelelor Cercetării operaționale [23].

Cibernetica [20], știința reglării și autoreglării sistemelor, reprezintă o supradisciplină înglobând Cercetarea operațională, Analiza de sistem și Informatica.



Schema cibernetică, generală, este cea din figura sus-menționată, în care vectorul intrărilor într-un ciclu (procesul X) determină procesele din sistem având drept efect ieșirile (Y). Mecanismul reglării (R) constă în acțiunea pe care Y o are asupra intrărilor din ciclul următor (X) și poartă numele de “feed-back”. Viziunea cibernetică are o deosebită importanță în aplicarea metodelor Cercetării operaționale, prin aceea că, o anumită soluție optimă obținută într-un sistem, la un moment dat t_i , trebuie luată în considerare în comportamentul sistemelor la momentul t_{i+1} . În ultimă instanță, este viziunea dinamică a mecanismului sistemelor, asupra cărora intervenim cu soluții științifice.

^{*)} Alegerile din țările cu regim democratic reprezintă un exemplu semnificativ.

^{**}) Conceptul de “sistem” poate fi definit ca un ansamblu de resurse materiale și umane care desfășoară o multitudine de activități în vederea realizării unui scop bine precizat.

5. Cercetarea operațională și raționalitatea deciziilor

Cercetarea operațională, Informatica și Analiza sistemelor, în general, metodele moderne de luare a deciziilor au fost, în ultimele decenii, criticate de unii specialiști de renume: J. Kornai, Georgescu Roegen, K. Arrow, B. Roy, K. Popper etc.

Criticile acestora, expuse adesea în limbajul matematic, se pot rezuma la idea că, în practica decizională din viața social-economică, metodele de tip logico-matematic nu sunt și nici nu pot fi folosite. Demersul lor critic suferă de inconsistență logică, întrucât ei utilizează metode de tip logico-matematic pentru a demonstra non-valabilitatea acestor metode. Cercetarea operațională, ca și celelalte metode pe care le-am amintit, sunt și vor rămâne profund raționale, contribuind substanțial la progresul vieții social-economice moderne.

Bibliografie

- [1] Aristotel, *Respingerile sofistice*, în vol. Organon IV, Editura Științifică, 1963, București.
- [2] K. Arrow, *Social Choice and Individual Value*, Wiley, 1951, New York.
- [3] A. Kaufmann, *Metode și Modele de Cercetări operaționale*, Editura Științifică, 1977, București.
- [4] Gh. Dodescu ș.a., *Informatica*, Editura Științifică și Enciclopedică, 1975, București.
- [5] J. Moder, S. Elmaghraby, *Handbook of Operations Research*, von Nostrand, 1983, New York.
- [6] Gheorghe Boldur-Lătescu, *Logica Decizională și Conducerea Sistemelor*, Editura Academiei Române, 1992, București.
- [7] B. Roy, *Critique et dépassement de la problématique de l'optimisation*, în Cahiers SEMA nr. 1, 1977, Paris.
- [8] J. Kornai, *Anti-equilibrium*, Editura Științifică și Enciclopedică, 1974, București.
- [9] K. Popper, *Logica cercetării*, Editura Științifică și Enciclopedică, 1981, București.
- [10] N. Georgescu Roegen, *Logica entropică și procesul economic*, Editura Politică, 1979, București.
- [11] P. C. Fishburn, *Decision and Value Theory*, Wiley, 1964, New York.
- [12] Gheorghe Boldur-Lătescu, *Fundamentarea complexă a procesului decizional*, Editura Științifică, 1973, București.
- [13] Gheorghe Boldur-Lătescu, *La structure logique des decisions multicriteries*, Comunicare Chania, Grecia, 1985.
- [14] R. D. Luce, N. Raiffa, *Games and Decisions*, Wiley, 1958, New York.
- [15] Gheorghe Boldur-Lătescu, *Aspects logiques et metodologiques de la théorie des decision collectives*, în volumul *Analgie et agregation des preferences*, Economica, 1981, Paris.
- [16] A. N. Prior, *Formal Logic*, Clarendon Press, 1982, Oxford.
- [17] Gh. Enescu, *Dicționar de logică*, Editura Științifică și Enciclopedică, 1985, București.
- [18] J. von Neumann, O. Morgenstern, *Theory of games and Economic Behavior*, Wiley, New York, 1945.
- [19] Gheorghe Boldur-Lătescu, ș.a., *Curs de Cercetare Operațională*, A.S.E., 1988, București.
- [20] O. Lange, *Introducere în Cibernetica Economică*, Editura Științifică, 1967, București.
- [21] S. Lazăr, *Analiza drumului critic*, Editura Științifică, 1967, București.
- [22] Gh. Enescu, *Teoria Sistemelor logice*, Editura Științifică și Enciclopedică, 1976, București;
- [23] Gheorghe Boldur-Lătescu, ș.a., *Analiza sistemelor complexe*, Editura Științifică, 1980, București.

Autor corespondent: abalutaem@yahoo.com