

MODALITĂȚI DE ESTIMARE A ACTIVITĂȚII ȘTIINȚIFICE

Prof.univ., dr.hab. Vasile MARINA

ON MODALITIES OF THE ESTIMATION OF THE SCIENTIFIC ACTIVITY

The notion of the relative performance index is defined on the bases of the notions of standard, reference standard and performance index. The evolution correlation for the indexes of the institution in time is described by a matrix function. In addition the methodology of estimation of the influence of the administrative structure to the scientific units substructures (laboratory, section, scientific group) is elaborated on the basis of the fundamental properties of the matrix function. A common index for all type of publications is defined.

Posibilitatea de estimare cantitativă a activității științifice și fundamentarea în baza ei a deciziilor adoptate stârnește unele îndoieli și suspiciuni. În astfel de condiții este rațional să apelăm la metode flexibile care impun, pe de o parte, accente nu numai pe conformarea unei instituții la un set predominant de condiții cantitative și calitative, ci și pe angajarea deliberată, voluntară a instituției în realizarea anumitor performanțe demonstrabile prin rezultate efective, iar, pe de altă parte, utilizarea unor mărimi prin intermediul cărora se pot exprima obiecte de orice natură. În acest scop pot fi utilizate concepte și instrumente de lucru cunoscute, precum sisteme de criterii, standarde și indicatori de performanță și obiecte matematice prin intermediul cărora pot fi conversate multiple surse de informații.

Standardele se formulează în termeni de reguli sau rezultate, definesc nivelul minim obligatoriu de realizare a unei activități în cercetare/educație și le vom nota prin S . Standardele sunt diferențiate pe criterii și domenii. Standardele de referință, notate prin SR , sunt acele standarde care definesc un nivel optim de realizare a unei activități de către o organizație furnizoare de cercetare/educație, pe baza bunelor practici existente la nivel național, european sau mondial. Standardele de referință pot varia de la o instituție la alta și există posibilitatea ca, în timp, instituțiile să-și formuleze standarde de referință la niveluri național și european cât mai înalte și competitive. Opțiunea pentru un nivel al

standardului de referință se face prin raportare la un standard, iar în cadrul acestuia prin raportare la niveluri opționale ale indicatorilor de performanță. Indicatorul de performanță reprezintă un instrument de măsurare a gradului de realizare a unei activități desfășurate de o organizație furnizoare de cercetare/educație prin raportare la un standard. Indicatorii de performanță identifică acele rezultate care variază de la un nivel minim acceptabil până la un nivel maxim identificabil și îl vom nota prin I .

Deoarece sistemele de standarde și indicatori reprezintă obiecte de diferită natură aflate în raporturi neîntâmplătoare și care interacționează în vederea realizării unui obiectiv comun, este rațional să le prezentăm sub formă matricială

$$S = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \dots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \dots & S_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_{m1} & S_{m1} & \dots & S_{mn} \end{bmatrix},$$

$$SR = \begin{bmatrix} SR_{11} & SR_{12} & \dots & SR_{1n} \\ SR_{21} & SR_{22} & \dots & SR_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ SR_{m1} & SR_{m1} & \dots & SR_{mn} \end{bmatrix},$$

$$I = \begin{bmatrix} i_{11} & i_{12} & \dots & i_{1n} \\ i_{21} & i_{22} & \dots & i_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ i_{m1} & i_{m1} & \dots & i_{mn} \end{bmatrix}.$$

Sistemele de standarde și indicatori de performanță desemnează o realitate oarecare sau un ansamblu de activități constituit din entități sau părțile componente între care există anumite conexiuni.

Correspondența între cele două tipuri de standarde și indicatori de performanță se va reflecta printr-o mărime adimensională, care variază în intervalul $0 \div 1$, definită prin relația

$$e_{pq} = \begin{cases} 0, & i_{pq} \leq s_{pq} \\ \frac{i_{pq} - s_{pq}}{SR_{pq} - s_{pq}}, & i_{pq} < s_{pq} \end{cases}, \quad (1)$$

$$p = 1, 2, \dots, m; q = 1, 2, \dots, n.$$

În cele ce urmează componentele matricei $E = [e_{pq}]_{n \times m}$ o să le numim *indicatori relativi de performanță*. Avantajele introducerii în analiză a matricei adimensionale E constau nu numai în posibilitatea de a estima sistemul de criterii sub forma unei singure cifre, dar ce este și mai important – de a examina funcții care reflectă interconexiunea indicatorilor asupra evoluției instituției sau asupra unui rezultat final.

Fie E matricea resurselor umane, financiare, informaționale, etc., care corespund eforturilor depuse, și F – matricea efectelor obținute ca urmare a transformării cercetării în bunuri. Atunci activitatea desfășurată se poate considera eficientă numai dacă funcția matricială

$$F = f(E, t) \quad (2)$$

este crescătoare, unde prin t este notat timpul desfășurării activității de cercetare.

Prin relația eforturi depuse – efecte obținute sunt anticipate stările viitoare pornind de la informații sau cunoștințe disponibile despre trecut și prezent. Structura funcției poate fi concretizată în baza unui ansamblu coerent de principii, metode și tehnici specifice, cu ajutorul cărora se exploatează și cunoaște viitorul.

În cazul legii cauzale (2) se admite că funcționarea instituției depinde de starea inițială, reflectată prin sistemul de indicatori, adică $(e \rightarrow f)$. În eventualitatea în care acestei legități cauzale, fundamentale pentru orice sistem, i se adaugă o nouă lege, ceea ce face ca și intrările să fie influențate de ieșiri, atunci apare conexiunea inversă, cunoscută sub denumirea de *feedback*. În funcție de natura efectelor pe care le produce, conexiunea inversă poate fi pozitivă (ieșirea influențează intrarea, în sensul accentuării cauzalității între cele două mulțimi) și negativă – conexiunea inversă îndeplinește funcția de echilibrare a mărimilor, limitând cauzalitatea intrare-ieșire. Este evident că modificarea relațiilor dintre elementele componente atrage după sine și schimbarea stării (Z) instituției, exprimând transformarea resurselor cu ajutorul colaboratorilor și al tehnologiilor, în bunuri și servicii. Din punct de vedere practic, prezintă interes modificarea stării, produsă în anumit scop, exprimată prin (ΔX) , în acest caz acționează mecanismul de autoreglare de tip cibernetic

$$F = f(E, t), E = \varphi(F, Z, t).$$

Se pot indica și alte tipuri de relații efort-efect. Este important ca ansamblul instituției, percepută ca întreg, să fie formalizat în limbaj matematic. Problema complexă ce ține de abordările funcționale, clasificarea criteriilor și indicatorilor de performanță se află în afara obiectivului lucrării.

Din punct de vedere matematic, indicatorii e_{nm} pot fi clasificați în trei categorii: variabile care influențează alte variabile, fără a fi influențate, la rândul lor, de către acestea; variabile care influențează și sunt influențate de alte variabile; variabile care sunt influențate, dar nu influențează alte vari-

abile. Astfel de relații cauzale pot fi reflectate prin intermediul unor relații matriciale.

Pentru a familiariza un spectru mai larg de specialiști cu particularitățile funcțiilor matriciale, vom menționa câteva noțiuni și proprietăți fundamentale din calculul matricial, necesare la modelarea efort-efect. Orice matrice are valori proprii care se exprimă printr-o matrice diagonală Λ și direcții proprii exprimate prin matricea modală H , adică

$$E = H\Lambda H^{-1} \quad (3)$$

unde prin H^{-1} este notată inversa matricei modale. Valorile proprii se determină din ecuația caracteristică

$$\det|E - \lambda I| = 0 \quad (4)$$

numită și ecuație seculară (denumirea provine de la importanța extrem de mare a acestei relații). Menționăm că prin I , în ecuația seculară, este notată matricea unitară.

În baza expresiei (3) se definește noțiunea de funcție matricială

$$f(E) = H \begin{bmatrix} f(\lambda_1) & 0 & \dots & 0 \\ 0 & f(\lambda_2) & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & f(\lambda_n) \end{bmatrix} H^{-1} \quad (5)$$

unde prin $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ sunt notate valorile proprii ale matricei E , care se obțin din ecuația seculară (4).

Orice funcție matricială poate fi determinată și în cazul în care matricea modală H este necunoscută; în acest scop se poate utiliza formula lui Lagrange – Sylvester

$$f(E) = \sum_{k=1}^n \frac{f(\lambda_k)}{\prod_{i \neq k} (\lambda_k - \lambda_i)} \prod_{i \neq k} (E - \lambda_i I) \quad (6)$$

Modul, în care sunt influențate componentele funcției matriciale de către componentele matricei argument, îl vom ilustra pornind de la funcția matricială elementară $Y = \sin X$, în care X și Y sunt matrice pătrate. În acest scop, vom calcula valoarea funcției $\sin X$ pentru două argumente $(X)_{3 \times 3}$, care se deosebesc unul de altul numai prin componenta x_{21} (calculule se efectuează în baza formulei lui Lagrange – Sylvester)

$$\sin \begin{bmatrix} 0,5 & 0,4 & 0,2 \\ \mathbf{0,6} & 0,7 & 0,2 \\ 0,3 & 0,7 & 0,6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,388 & 0,269 & 0,137 \\ 0,444 & 0,520 & 0,116 \\ 0,125 & 0,486 & 0,495 \end{bmatrix}$$

$$\sin \begin{bmatrix} 0,5 & 0,4 & 0,2 \\ 0,1 & 0,7 & 0,2 \\ 0,3 & 0,7 & 0,6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,449 & 0,278 & 0,142 \\ 0,063 & 0,585 & 0,147 \\ 0,227 & 0,502 & 0,503 \end{bmatrix}.$$

Se observă că schimbarea valorii unei singure componente în matricea argument conduce la modificarea tuturor componentelor funcției. De astfel de proprietăți se bucură oricare altă funcție matricială. Menționăm că gradul de influență a variațiilor funcției matriciale depinde nu numai de valoarea modificării componente, dar și de poziția pe care o ocupă în matricea argument. În cazul unei matrice diagonale se realizează numai influențe individuale. Elementele matricelor se pot aranja în așa mod încât numai unele componente să se influențeze reciproc. Anume din aceasta cauză, cu ajutorul funcțiilor matriciale se pot modela procese și fenomene de orice complexitate.

După cum am menționat, abordările cantitative ale activităților științifice, și mai ales, cele ce țin de calitatea conducerii, managementului, strategia institutului, resursele umane, infrastructura sunt privite cu o bună doză de scepticism. Cu toate că o problemă mai complicată decât cea enunțată este greu de imaginat, totuși, în prima aproximație, vom indica unele estimări cantitative. O simplificare esențială a problemei se obține prin trecerea naturală din domeniul mărimilor scalare și al algebrei accesibile către mărimi cu mult mai interesante ale lumii reale (matrice/tensori), în care pot conviețui obiecte de orice natură, înzestrate cu proprietăți specifice.

Pentru că valorile și direcțiile proprii au aplicații în toate domeniile științelor naturii, merită să fie examinată și posibilitatea extinderii în domeniul estimării cantitative a influenței managementului conducerii unei instituții de cercetare sau a altei activități ce ține de cercetare, asupra rezultatelor obținute de unitățile primare.

Să admitem că în matricea E componentele diagonale exprimă performanțele laboratoarelor, iar cele nediagonale se referă la structurile administrative și auxiliare. În acest context se impune clarificarea rostului componentelor nediagonale, care nu țin nemijlocit de cercetare. Prezintă interes interpretarea care poate fi făcută pornind de la două proprietăți fundamentale: 1) orice matrice poate fi adusă la formă diagonală; 2) suma componentelor diagonale rămâne invariantă după orice transformare

$$e_{11} + e_{22} + \dots + e_{nn} = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n, \quad (7)$$

unde indicii de pe lângă valorile proprii se alege în așa mod ca să fie satisfăcută inegalitatea

$$\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_n.$$

Din aceste proprietăți rezultă că același efect al instituției poate fi obținut și în lipsa aparatului administrativ. Însă proprietățile indică o nuanță fundamentală: $\lambda_1 > \max(e_{11}, e_{22}, \dots, e_{nn}) = \bar{e}$

$\lambda_n < \min(e_{11}, e_{22}, \dots, e_{nn}) = \bar{e}$, Adică în cazul variantei funcționării izolate a laboratoarelor se impune existența unui laborator mai performant decât cel mai performant din cadrul instituției, furnizoare de cercetare. Din a doua inegalitate rezultă că în cazul laboratoarelor autonome, în mod automat vom depista laboratoare „parazite”. Astfel, din analiza proprietăților generale ale unei matrice pătratice, concludem că factorii de organizare și administrare a laboratoarelor au menirea de omogenizare a performanțelor, adică excluderea variantei în care unele laboratoare parazitează pe contul laboratoarelor performante. Concluzia făcută este naturală și, prin urmare, varianta matricială de estimare a activității științifice exprimă în mod logic fenomenul de organizare. În continuare vom examina un exemplu numeric. Presupunem că activitatea de cercetare a instituției examinate este reflectată prin intermediul următoarei matrice simetrice a indicatorilor relativi de performanță

$$E = \begin{bmatrix} 0,6 & 0,3 & 0,2 & 0,3 \\ 0,3 & 0,7 & 0,2 & 0,3 \\ 0,2 & 0,2 & 0,5 & 0,4 \\ 0,3 & 0,3 & 0,4 & 0,8 \end{bmatrix}.$$

Cu ajutorul relației (4) se obțin următoarele valori proprii: $\lambda_1 = 1,528$; $\lambda_2 = 0,509$; $\lambda_3 = 0,34$; $\lambda_4 = 0,223$. Din calcule rezultă că pentru a asigura același efect în sistemul de laboratoare autonome este nevoie de un laborator cu mult mai performant ($\lambda_1 = 1,528$;) decât laboratorul cel mai performant din cadrul instituției examinate ($\bar{e} = 0,8$). Deoarece performanța $\lambda_1 > 1$ nu poate fi realizată (este în contradicție cu expresia (1)), rezultă că efectul scontat nu poate să fie obținut în cadrul unei activități pur individuale a laboratorului.

În calcul matricial se demonstrează că valorile proprii pentru orice matrice simetrică $e_{ij} = e_{ji}$ sunt mărimi reale. În cazul matricelor asimetrice se pot obține valori proprii imaginare, lipsite de sens (în contextul problemei studiate). Astfel conceptul de simetrie trebuie să joace un rol important în administrație.

În baza mărimilor ($\lambda_1, \lambda_n; \bar{e}, \bar{e}$) se pot formula criterii măsurabile de apreciere a activităților ce țin de calitatea conducerii, managementului, strategia institutului, infrastructura, etc. Fie $a = a(\lambda_1, \lambda_n; \bar{e}, \bar{e})$ indicatorul de performanță prin intermediul căruia se apreciază influența structurilor administrative asupra rezultatelor obținute de o instituție furnizoare de cercetare. La stabilirea structurii funcției de patru variabile $a(\lambda_1, \lambda_n; \bar{e}, \bar{e})$, se pot aduce argumente în favoarea unei structuri în care variabilele figurează numai în combinațiile $\bar{e} + \bar{e}$, $\frac{\bar{e} - \bar{e}}{\lambda_1 - \lambda_n}$. Merită interes următoarea structură elementară

$$a = k \sqrt{\frac{\bar{e} + \check{e}}{2}} \left[1 - \frac{\bar{e} - \check{e}}{\lambda_1 - \lambda_n} \right], \quad (8)$$

unde k este o constantă. Ținând seama de valorile calculate ale mărimilor $(\lambda_1, \lambda_n; \bar{e}, \check{e})$, în expresia (8), pentru $k = 2$, vom obține, $a = 0,0708$.

În cazul unei matrice simetrice 2×2 , adică $E = \begin{bmatrix} e_{11} & e_{12} \\ e_{12} & e_{22} \end{bmatrix}$, indicatorul a poate fi direct exprimat, sub formă analitică, prin componentele e_{ij} ; se obține relația

$$a(e_{11}, e_{22}, e_{12}) = \sqrt{\frac{e_{11} + e_{22}}{2}} \left(1 - \frac{|e_{11} - e_{22}|}{\sqrt{(e_{11} - e_{22})^2 + 4e_{12}^2}} \right). \quad (9)$$

Variația lui a în funcție de componentele e_{12}, e_{22} în cazul $e_{11} + e_{22} = 1,4$ este prezentată în *fig. 1*

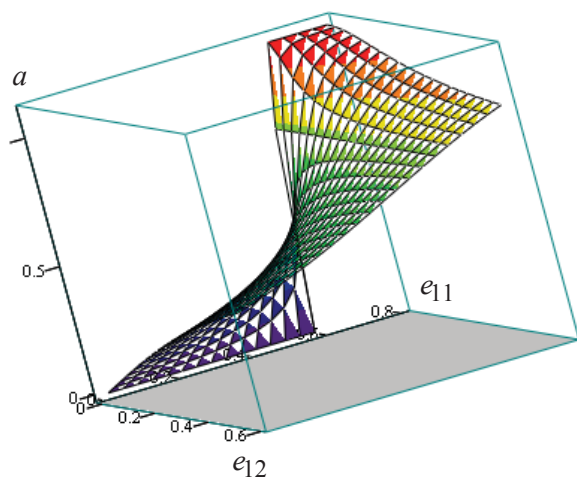


Fig. 1

Pentru matrice de dimensiuni arbitrare nu sunt posibile reprezentări geometrice, însă legitățile de natură calitativă, evidențiate în *fig. 1*, se păstrează.

A doua problemă fundamentală se referă la unificarea indicatorilor care aparțin unui domeniu oarecare. Orice indicator unificat trebuie să reprezinte o imagine comprehensivă a performanței unui institut sau grup de cercetare; el poate să fie similar pentru instituțiile de cercetare, dar să difere ca scop și profunzime. În cele ce urmează o să analizăm indicatorul prin intermediul căruia se estimează publicațiile științifice.

La definirea indicatorului publicațiilor științifice trebuie să se țină seama de cel puțin trei factori: numărul publicațiilor notat prin n , numărul colilor de tipar – c , popularitatea revistei sau editurii în care a fost publicată lucrarea – p (o lucrare publicată într-o revistă de prestigiu oferă mai multă informație despre valoarea lucrării decât una publicată, de exemplu,

în revistă nerecensată). Astfel, indicatorul ce ține de publicațiile rezultatelor științifice poate fi exprimat prin trei variabile independente $e_p = \varphi(n, c, p)$.

Structura cea mai simplă a funcției $\varphi(n, c, p)$ se obține, dacă admitem că factorul de prestigiu p se echivalează cu ponderea publicației, adică $\varphi(n, c, p) = \varphi_1(p) \varphi_2(n, c)$, iar funcția $\varphi_2(n, c)$ se precizează în aproximație liniară. În astfel de condiții avem

$$e_p = \psi(k_1 n + k_2 c), \quad (10)$$

unde prin $\psi = \varphi_1(p)$ este notată ponderea publicației, iar prin k_1 și k_2 constante care pot să difere de la un domeniu la altul. Dacă admitem că $k_1 = 0,5$, iar $k_2 = 0,083$, atunci o monografie ce cuprinde, de exemplu, 354p. va fi echivalentă după valoare cu 30 de articole expuse pe 180 de pagini sau cu 60 de articole publicate pe 120p. Relația (10) se referă la condiții omogene. Dacă instituția a publicat articole, monografiile și manuale în edituri estimate cu pondere diferită, atunci relația (10) se va scrie sub forma

$$e_p = \sum_{i=1}^k \psi_i(k_1 n_i + k_2 c_i), \quad (11)$$

unde prin i este notată categoria editurii sau a revistei. În acest context ψ_i reprezintă ponderea revistei sau editurii „ i ”; n_i, c_i – respectiv numerele de publicații și coli de tipar în reviste sau edituri de tip „ i ”. Probabil, prin intermediul expresiei (11) se poate estima, cu suficientă precizie, activitatea editorială a instituției. Problema constă în modul de cuantificare a mărimilor ψ_i, k_1, k_2 . La prima etapă ar fi rațional ca instituțiile să își cuantifice în mod individual parametrii ψ_i, k_1, k_2 . În baza mai multor variante se vor putea defini standarde acceptabile pentru toată comunitatea științifică.

Cu ajutorul indicatorului e_p vom reuși să trecem de la sisteme de cifre, prin intermediul cărora se reflectă activitățile editoriale ale instituțiilor, la mărimi scalare, care permit comparații cantitative obiective și univoce ale rezultatelor obținute.

Bibliografie

1. Popescu I., Comșa M., Ungureanu L., Previțiunea – premisă a dezvoltării durabile. București, 2003, 268p.
2. Metodologia de evaluare, standarde, standarde de referință și lista indicatorilor de performanță a Agenției Române de Asigurare a Calității în Învățământul Superior, București, 2006, 71p.