

Utilizarea mulțimilor subtile la stabilirea diagnosticului unui sistem

Rezumat

Pentru stabilirea diagnosticului medical se definește o dependență subtilă, condiționată de ipoteza expertului. În continuare, se efectuează o serie de adaptări asupra acestui tip de dependență, pentru diferite genuri de diagnostic (economic, social, tehnic, psihologic etc.). Definitivarea diagnosticului presupune cel puțin două etape: ipoteza și confirmarea ipotezei.

Ipoteza constă în a explica, din punct de vedere cauzal, starea de anormalitate a sistemului. Confirmarea ipotezei implică diferite metode: investigarea prin mijloace mai riguroase, aplicarea unei terapeutici și urmărirea efectelor etc. Fiecărei metode i se asociază un anumit grad de încredere. Acest grad de încredere crește pe măsură ce experții au un palmares mai bogat.

Metodele prezentate permit stabilirea diagnosticului, chiar în cazul în care patologia sistemului este slab definită sau chiar nedefinită. Pe măsură ce se aplică metoda propusă, se poate ajunge la situația unei patologii și a unei terapeutici progresiv mai bine definite.

1. Introducere

Tehnicile de utilizare a mulțimilor subtile permit unificarea concepției de abordare a problemelor privind studiul general al sistemelor biologice, economice, sociale, tehnice etc. În acest sens, sistemul S poate fi reprezentat cu ajutorul unui triplet (C_i, f_j, μ_{ij}^0) , adică:

$$S_p = \{(C_i, f_j, \mu_{ij}^0), i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}\} \quad (1)$$

în care: C_i = componenta de rang i a sistemului; f_j = funcția de rang j a componentei i ; μ_{ij}^0 = gradul de apartenență a componentei C_i la proprietatea de a satisface funcția j , evaluat de observatorul O; $\mu_{ij}^0 \in [0, 1]$; n = numărul de componente ale sistemului S; m_i = numărul de funcții ale componentei C_i ; S_p = reprezentarea primală a sistemului S.

De asemenea, sistemul S poate avea o reprezentare duală, dacă se folosește un triplet (f_h, C_k, χ_{hk}^0) , adică:

$$S_d = \{(f_h, C_k, \chi_{hk}^0), h \in \overline{1, m}, k \in \overline{1, n}\} \quad (2)$$

în care: χ_{hk}^0 = gradul de apartenență evaluat al funcției f_h la proprietatea de a fi satisfăcută componenta C_k , component evaluat de observatorul O.

$\chi_{hk}^0 \in [0, 1]$; $\chi_{hk}^0 = \mu_{kh}^0$; $\chi_{ji}^0 = \mu_{ij}^0$; m_k = numărul de funcții ale componentei C_k ; S_d = reprezentarea duală a sistemului S.

În reprezentarea matricială, sistemul primal este:

$$S_p = \begin{pmatrix} C_1, & C_2, & \dots, & C_i, & \dots, & C_n \\ f_1 & \mu_{11}^0 & \mu_{21}^0, & \dots, & \mu_{i1}^0, & \dots, & \mu_{n1}^0 \\ f_2 & \mu_{12}^0 & \mu_{22}^0, & \dots, & \mu_{i2}^0, & \dots, & \mu_{n2}^0 \\ \cdot & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \cdot & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \cdot & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ f_j & \mu_{1j}^0 & \mu_{2j}^0, & \dots, & \mu_{ij}^0, & \dots, & \mu_{nj}^0 \\ \cdot & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \cdot & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \cdot & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ f_m & \mu_{1m}^0 & \mu_{2m}^0, & \dots, & \mu_{im}^0, & \dots, & \mu_{nm}^0 \end{pmatrix} \quad (3)$$

iar sistemul dual devine:

$$S_d = \begin{pmatrix} f_1 & f_2, & \dots, & f_j, & \dots, & f_m \\ C_1 & \chi_{11}^0 & \chi_{21}^0, & \dots, & \chi_{j1}^0, & \dots, & \chi_{m1}^0 \\ C_2 & \chi_{12}^0 & \chi_{22}^0, & \dots, & \chi_{j2}^0, & \dots, & \chi_{m2}^0 \\ \cdot & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \cdot & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \cdot & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_k & \chi_{1k}^0 & \chi_{2k}^0, & \dots, & \chi_{jk}^0, & \dots, & \chi_{mk}^0 \\ \cdot & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \cdot & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \cdot & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_n & \chi_{1n}^0 & \chi_{2n}^0, & \dots, & \chi_{jn}^0, & \dots, & \chi_{mn}^0 \end{pmatrix} \quad (4)$$

Se observă că sistemul dual S_d este reprezentat cu ajutorul matricei transpuse S_p^* al matricei care reprezintă sistemul primal și invers, adică:

$$S_d = S_p^* \text{ și } S_p = S_d^* \quad (5)$$

Principiul antitezei, care este specific mulțimilor subtile, este foarte simplu de aplicat funcțiilor. În acest sens, fiecărei funcții f_j i se poate atașa funcția antitetică \overline{f}_j , care în practica medicală, tehnică etc. se numește *disfuncție*. De exemplu:

- un sistem biologic are o componentă C_i = plămân, care are funcția f_j = respirație, iar disfuncția este \overline{f}_j = astm (respirație cu dificultate);
- un sistem microeconomic S_e are o componentă C_h = serviciu de marketing, care are funcția de a oferi informații referitoare la cererea de produse din profilul fabricației realizate de sistemul S_e : disfuncția \overline{f}_k = obținerea unor informații nerelevante din punctul de vedere al fabricației sistemului S_e etc.

2. Estimarea stării sistemului

Pentru fiecare componentă C_i și funcție f_j se stabilesc, de către observatorul O, o serie de criterii, directe K_p^0 și antitetică \overline{K}_p^0 , de apreciere a stării de normalitate a componentei C_i , respectiv criterii directe Γ_q^0 și antitetică $\overline{\Gamma}_q^0$, pentru a aprecia starea de normalitate a funcției f_j^0 . Se evaluează:

- gradele de apartenență v_{ip}^0 ale componentei C_i la proprietatea de a satisface criteriul K_p^0 , respectiv v_{ip}^0 , de a satisface criteriile antitetică \overline{K}_p^0 ; $p = \overline{1}, v_i^0$, v_i^0 = numărul de criterii de apreciere a stării componentei C_i ;
- gradele de apartenență v_{jq}^0 ale funcției f_j de a satisface criteriul Γ_q^0 , respectiv v_{jq}^0 de a satisface criteriul antitetic $\overline{\Gamma}_q^0$, $q = \overline{1}, q_j^0$; g_j^0 = numărul de criterii de apreciere a stării funcției f_j .

Se efectuează corecțiile legate de:

- eliminarea redundanței criteriilor K_p și Γ_q ;
- eliminarea incompatibilității dintre criteriile K_p și Γ_q ;

Se calculează gradul de apartenență global g_i^0 al stării componentei C_i apreciată de observatorul O, utilizând un operator de compunere (aditiv, multiplicativ, mixt etc.):

$$g_i^0 = \Psi_0(v_{i1}^0, v_{i2}^0, \dots, v_{ip}^0, \dots, v_{iv_i}^0) \quad (6)$$

respectiv, gradul de apartenență global antitetic \overline{g}_i^0 , adică:

$$\overline{g}_i^0 = \Psi_0(v_{i1}^0, v_{i2}^0, \dots, v_{ip}^0, \dots, v_{iv_i}^0) \quad (7)$$

Similar se estimează gradul de apartenență globală h_j^0 al stării funcției f_j apreciată de observatorul O, precum și gradul de apartenență global antitetic \overline{h}_j^0 al stării antitetică \overline{f}_j ($j \in \overline{1, m}$).

În continuare, observatorul, pornind de la cunoștințele de care dispune, își reprezintă modul de funcționare a întregului sistem, conținând n componente, care îndeplinesc cele m funcții. Reprezentarea poate fi efectuată cu ajutorul unei descrieri lingvistice sau al unor grafe „multicolore” (nodurile sunt componentele, iar arcele reprezintă fie legături informaționale, fie transferuri materiale, fie condiționări). Este evident că modul de funcționare conceput de observator va determina operatorul de agregare Ψ_0 al stării componentelor, precum și operatorul de agregare Φ_0 al stării de funcționalitate. Se obțin doi indicatori globali ai sistemului:

- gradul de apartenență global G^0 al componentelor sistemului la proprietatea de a avea o stare bună, adică:

$$G^0 = \Psi_0(g_1^0, g_2^0, \dots, g_n^0) \quad (8)$$

- gradul de apartenență global H^0 al funcțiilor sistemului la proprietatea de a avea o stare bună:

$$H^0 = \Phi_0(h_1^0, h_2^0, \dots, h_m^0) \quad (9)$$

Similar, se pot calcula gradele globale de apartenență la o stare generală rea, atât a componentelor, cât și a funcțiilor, adică:

$$\overline{G}^0 = \Psi_0(\overline{g}_1^0, \overline{g}_2^0, \dots, \overline{g}_n^0) \in [0.1] \quad (10)$$

respectiv

$$\overline{H}^0 = \Phi_0(\overline{h}_1^0, \overline{h}_2^0, \dots, \overline{h}_m^0) \in [0.1] \quad (11)$$

Rezultă, astfel, o discrepanță Δ_c^0 evaluată prin intermediul stării componentelor:

$$\Delta_c^0 = G^0 - \overline{G}^0 \in [-1.1] \quad (12)$$

și o discrepanță Δ_j^0 evaluată prin intermediul stării funcțiilor:

$$\Delta_j^0 = H^0 - \overline{H}^0 \in [-1.1] \quad (13)$$

Apropierea de 1 dovedește o stare de normalitate, către „bună”, iar apropierea de -1 o stare de anormalitate, către „rea”. De asemenea, se poate calcula un indicator al intensității discrepanțelor din sistem, evaluat prin componente I_{ic} , respectiv un indicator al intensității discrepanțelor din sistem evaluat prin funcții I_{ij}^0 :

$$I_{dc}^0 = \frac{1 + \Delta_c^0}{2} \in [0.1] \quad (14)$$

respectiv

$$I_{df}^0 = \frac{1 + \Delta_f^0}{2} \in [0.1] \quad (15)$$

Dacă această intensitate tinde către 1, rezultă o stare „bună”, iar dacă tinde către 0 rezultă o stare „rea”.

3. Definirea stării de anormalitate („afecțiune”) a sistemului

Pentru un anumit sistem S_u , se efectuează diferite investigații care permit evaluarea stării la un moment dat t și se calculează indicatorii de sinteză, arătați anterior, adică:

$$\Delta_{uc}^{t0} = \text{discrepanța stării globale din sistemul } S_u$$

apreciată prin intermediul componentelor, la momentul t , de către observatorul O ;

$$\Delta_{uf}^{t0} = \text{discrepanța stării globale din sistemul } S_u$$

apreciată prin intermediul funcțiilor, la momentul t , de către observatorul O ;

I_{udc}^{t0} = indicatorul intensității discrepanțelor din sistemul S_u evaluat prin intermediul componentelor, la momentul t , de către observatorul O ;

I_{udf}^{t0} = indicatorul intensității discrepanțelor din sistemul S_u evaluat prin intermediul funcțiilor la momentul t , de către observatorul O .

Pentru fiecare grupă de sisteme (biologice, economice, tehnice etc.) se stabilesc clase de anomalii (numite „boli” sau „maladii” în medicină, „căderi” sau „pene” în tehnică etc.). Aceste anomalii pot fi descrise cu ajutorul indicatorilor generali (ai întregului sistem) sau al indicatorilor elementari (specifci unei anumite componente, unei anumite funcții, unui accident etc.). Rezultă o primă clasificare a diagnosticului:

- diagnostic general;
- diagnostic pe componente ale sistemului (diagnostic de structură);
- diagnostic pe funcțiile sistemului;
- diagnostic specific unui anumit accident.

În cazul diagnosticului general al sistemului S_u , se urmăresc discrepanțele Δ_{uc}^{t0} și Δ_{uf}^{t0} pe un orizont de timp T (în lipsa acestei urmăririi, adică a lipsei unui istoric al sistemului, se efectuează estimări la momentul t , când este solicitat diagnosticul). În cazul diagnosticului pe componente/funcții se urmăresc aceleași discrepanțe, calculate pentru elementul considerat relevant (componentă, funcție sau combinație, dacă există supoziția că sunt posibile anumite „complicații”).

Se efectuează testul de normalitate:

$$\Delta_{inf}^c \leq \Delta_{uc}^{t0} \leq \Delta_{sup}^c \quad (16)$$

respectiv

$$\Delta_{inf}^f \leq \Delta_{uf}^{t0} \leq \Delta_{sup}^f \quad (17)$$

în care: $\Delta_{inf}^c, \Delta_{sup}^c$ = limitele admisibile, inferioară și superioară, ale componenteii studiate; $\Delta_{inf}^f, \Delta_{sup}^f$ = limitele admisibile, inferioară și superioară, ale funcției studiate (stabilite fie de observator, fie de către un expert consultat în mod special, fie de literatura de specialitate).

Se definesc variabilele booleene δ_{cu}^{t0} , respectiv, δ_{fu}^{t0} care exprimă starea de anormalitate/normalitate a

sistemului S_u și care iau valoarea 1 dacă starea este bună și 0 în caz contrar.

În cazul unui diagnostic instantaneu (accident, lipsă de istoric), starea sistemului care reflectă o stare acută este decisă pe baza unei singure valori. În cazul existenței unui istoric al sistemului care reflectă o stare cronică, se efectuează media $\bar{\delta}_{cu}^0$ (respectiv $\bar{\delta}_{fu}^0$) a stărilor care caracterizează sistemul, precum și abaterile medii pătratice ale acestei stări σ_{cu}^0 , respectiv, σ_{fu}^0 .

Testul de normalitate este:

$$\bar{\delta}_{cu}^0 - k\sigma_{cu}^0 \geq 0, \text{ respectiv} \quad (18)$$

$$\bar{\delta}_{fu}^0 - k\sigma_{fu}^0 \geq 0 \quad (19)$$

în care: k = coeficient de verosimilitate, care asigură faptul că probabilitatea stării de normalitate depășește $1 - \frac{1}{k^2}$.

Cu aceeași probabilitate se consideră că sistemul este în stare de anormalitate, dacă:

$$\bar{\delta}_{cu}^0 + k\sigma_{cu}^0 \leq 0, \text{ respectiv} \quad (20)$$

$$\bar{\delta}_{fu}^0 + k\sigma_{fu}^0 \leq 0 \quad (21)$$

Dacă nu sunt îndeplinite nici condițiile (18), respectiv (19), nici (20), respectiv (21), sistemul este considerat în stare „suspectă”.

De regulă, diagnosticul trebuie formulat în situația dată de relația (20), respectiv (21), pentru stări cronice, observate de-a lungul unui istoric (desfășurat pe o perioadă T suficient de mare ca să se asigure precizia necesară). În cazul accidentelor sau intervenirii neașteptate a unei stări acute, se determină δ_{cu}^{t0} , respectiv, δ_{fu}^{t0} , în funcție de evaluarea la momentul t a discrepanței Δ_{uc}^{t0} respectiv, Δ_{uf}^{t0} și se consideră că media este egală cu nivelul instantaneu: $\bar{\delta}_{cu}^0 = \delta_{cu}^{t0}$, respectiv, $\bar{\delta}_{fu}^0 = \delta_{fu}^{t0}$, iar pentru abaterea medie pătratică se efectuează următoarele estimări: $\sigma_{cu}^0 = 0.2\bar{\delta}_{cu}^0$, respectiv, $\sigma_{fu}^0 = 0.2\bar{\delta}_{fu}^0$.

În cazul folosirii indicatorilor de intensitate a discrepanței I_{ude}^{t0} , respectiv I_{udf}^{t0} , în relațiile (18), respectiv (19) și (20) respectiv (21), se înlocuiește comparația cu 0 care reprezintă centrul intervalului $[-1,1]$, prin comparația cu 0,5 (care reprezintă centrul domeniului de existență al indicatorilor situați în intervalul $[0,1]$).

4. Stabilirea diagnosticului unui sistem

Pentru a stabili „boala”, în cazul stării de anormalitate, se folosesc, în afară de indicatorii sintetici de mai sus, cunoștințele analitice pe baza cărora aceștia au fost determinați (simptome, dependențe, riscuri etc.). În acest scop, se poate construi un cuplaj între mulțimea cauzelor $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ și a simptomelor $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$. Un al doilea cuplaj se construiește între simptomele s_1, s_2, \dots, s_m și anomaliile („bolile”).

$A = \{a_1, a_2, \dots, a_p\}$, așa cum se arată în figura 1.

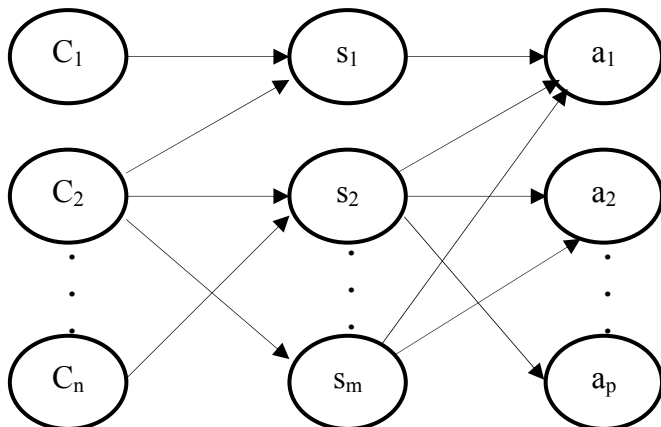


Figura 1

De fapt, cele două cuplaje reprezintă două aplicații (vezi figura 1), și anume:

- aplicația $A_1: P(C) \Rightarrow S$;
- aplicația $A_2: P(S) \Rightarrow A$.

Aceste aplicații sunt cunoscute fie total, fie parțial din tratatele de medicină, tratate de economie, cărți tehnice ale mașinilor etc. Dacă nu se dispune de cunoștințele din aceste cărți, se recurge la consultarea experților și/sau la ipoteze care completează cunoștințele lacunare (lipsă), din aplicația A_1 .

În continuare, se trece la aplicația A_2 . Se pornește de la starea de anormalitate, determinată cu ajutorul relațiilor (20), respectiv (21), care reflectă o stare globală. Parcurgând analiza efectuată „înapoi”, se poate ajunge la criteriile analitice care au stat la baza efectuării calculului global. Dacă lipsesc arce, atunci se stabilesc simptomele care au generat starea de anormalitate. În acest mod, pentru fiecare stare de anormalitate, se pot stabili *simptomele* (sau submulțimea simptomelor) și *cauzele* (sau submulțimea cauzelor) care au provocat-o, deci se poate da o primă soluție a problemei diagnosticului, adică un diagnostic inițial.

Pentru a valida diagnosticul este necesară completarea grafului din figura 1 cu mulțimea terapiilor $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_q$ ($q =$ numărul de terapii) și aplicarea acestora pe sistemele reale. Eșecul/succesul unei terapii duce la reducerea/creșterea gradului de încredere în diagnosticul inițial.

5. Validarea și perfecționarea diagnosticului inițial

În funcție de urgența cu care trebuie aplicată terapia, se pot aplica anumite corecții ale diagnosticului. Evident că, în situație de extremă urgență, este necesar să se intervină cu terapii decise pe baza diagnosticului inițial. Dacă sistemul nu reacționează pozitiv, diagnosticul este validat și se consemnează în istoricul cazurilor soluționate.

Dacă reacționează negativ, diagnosticul trebuie revizuit pe baza informațiilor obținute prin urmărirea comportării față de terapia aplicată. Rezultă un nou diagnostic, corectat, care necesită o nouă terapie, evident îmbunătățită.

Dacă nu este o situație de urgență, se aplică o terapie incipientă, pentru a testa reacția sistemului.

Dacă reacția este favorabilă, se procedează ca și în cazul când diagnosticul a fost validat. Dacă reacționează defavorabil, fie se corectează diagnosticul, fie se menține vechiul diagnostic, dar se avansează mai lent în aplicarea terapiei propuse. Rezultatele se înscriu în două fișiere de lucru: istoricul succeselor și istoricul insucceselor (vezi figura 2). Aceste fișiere ajută la completarea bazei de cunoștințe, iar în unele cazuri, chiar la modificarea unor cunoștințe care au fost invalidate. În acest scop, se creează un fișier de cunoștințe invalidate, care rămân provizorii în sistemul informatic pentru stabilirea diagnosticului și aplicarea terapiilor corespunzătoare. Decizia de a șterge aceste cunoștințe din sistem nu se ia decât dacă și cercetările ulterioare, pe plan mondial, le invalidează.

6. Concluzii

Problema diagnosticului este interdisciplinară (mai multe discipline profită de experiența unui domeniu care progresează), dar și transdisciplinară (toate disciplinele care înregistrează un anumit succes evoluează pozitiv, cu influențe favorabile asupra celorlalte).

Diagnosticul trebuie precizat pentru sisteme individuale. Deși fiecare sistem prezintă particularități, totuși, se pot desprinde caracteristici comune care permit generalizării (există o *unitate* în diversitate). Experiența obținută într-un sistem informatic de stabilire a diagnosticului și aplicarea tratamentelor poate fi generalizată.

Aplicarea mulțimilor subtile permite rafinarea metodelor de stabilire a diagnosticului. Prin confruntarea rezultatelor obținute printr-un diagnostic pe bază de componente, cu cele precizate pe bază de *funcții*, crește *gradul de încredere* în acuratețea sistemului informatic. Trebuie remarcat mai ales că decizia umană este, de fapt, doar asistată de sistemul informatic. Ipotezele sunt emise de decident, numai calculele și *inferențele* revenind sistemului informatic.

*Prof. Marcel STOICA,
Medic primar Corina GRIGORIU
Spitalul Universitar, București*

BIBLIOGRAFIE

- | | |
|---|--|
| 1 STOICA, M.,
HÎNCU, D.,
SPIRIDON, L. | <i>Utilizarea mulțimilor subtile la evaluarea fenomenelor socio-economice. Studii și Cercetări de Calcul Economic și Cibernetică Economică</i> , nr. 2/2004, București |
| 2 BASARAB,
NICOLESCU | <i>Transdisciplinaritatea. Manifest</i> , București, Editura Polirom, 1999 |

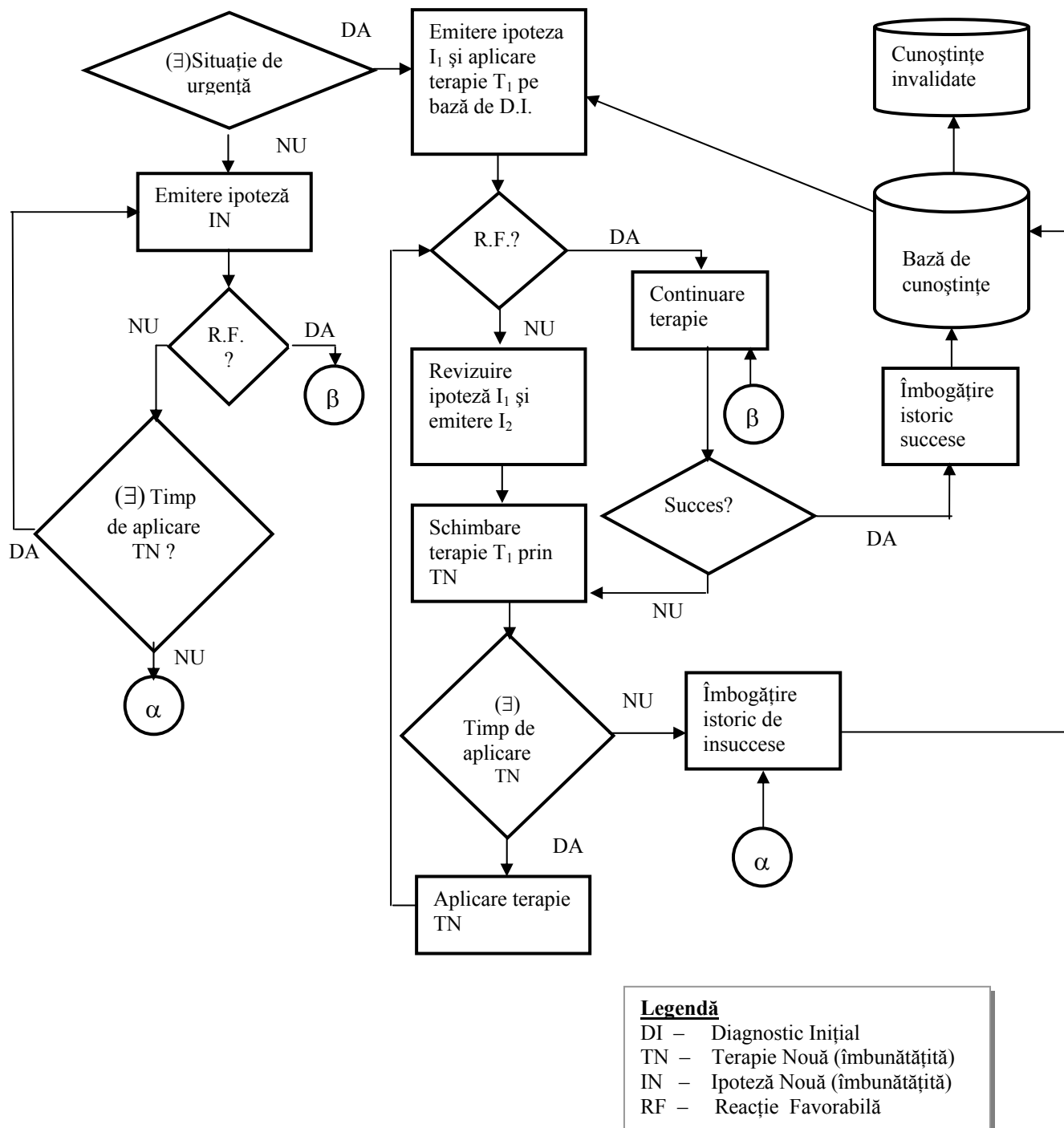


Figura 2 Schema logică a aplicării diagnosticului prin aplicarea terapilor corespunzătoare