



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2009 00373**

(22) Data de depozit: **12.05.2009**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **28.11.2014** BOPI nr. **11/2014**

(41) Data publicării cererii:
30.06.2010 BOPI nr. **6/2010**

(73) Titular:
• **UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN
BUCUREȘTI, SPLAIUL INDEPENDENȚEI
NR.313, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:
• **ULRICH ROLAND ANDREI,
BD.IULIU MANIU NR.166, BL.38, SC.2,
AP.71, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **DOBRESCU RADU NICOLAE,
STR.EMIL RACOVIȚĂ NR.23, BL.E M 1,
AP.36, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **HOSSU DANIELA, BD.UNIRII NR.66,
BL.K 3, SC.1, AP.18, SECTOR 3,
BUCUREȘTI, B, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**R.DOBRESCU, R.ULRICH, "ON THE
FRACTAL NATURE OF INTERNET",
ANNALS OF THE ACADEMY OF
ROMANIAN SCIENTISTS, SERIES ON
SCIENCE AND TECHNOLOGY OF
INFORMATION, ISSN 2066-8562, VOL.1,
NR.2/2008, on-line edition, ED.ACADAMIEI
OAMENILOR DE ȘTIINȚĂ DIN ROMÂNIA,
PP.15-26; Z.SAHINOGLU, S.TEKINAY, "
ON MULTIMEDIA NETWORKS:
SELF-SIMILAR TRAFFIC AND NETWORK
PERFORMANCE", IEEE
COMMUNICATIONS MAGAZINE, JANUARY
1999, PP.48-52; W.E.LELAND, M.S.TAQQU,
W.WILLINGER, D.V.WILSON, "ON THE
SELF-SIMILAR NATURE OF ETHERNET
TRAFFIC", IEEE/ACM TRANSACTIONS
ON NETWORKING, VOL.2, NR.1,
FEBRUARY 1994, PP.1-15; EP 1983687 A1**

(54) **METODĂ DE EVIDENȚIERE A AUTOSIMILARITĂȚII
TRAFICULUI DIN INTERNET**



RO 125569 B1

1 Invenția se referă la o metodă de evidențiere a autosimilarității traficului din Internet,
folosită în domeniul rețelelor de calculatoare, pentru proiectarea arhitecturilor de rețele, în
3 vederea asigurării garanției calității serviciilor de transmisii de date, de la un capăt la celălalt al
rețelei.

5 Se face uz de conceptul matematic cunoscut, de graf și de elementele caracteristice
ale grafului. După cum se cunoaște, grafurile sunt reprezentări punctuale ale unui set de obiec-
7 te, fiecare punct corespunzând unui nod, dintre care unele perechi de puncte sunt unite (legate)
printr-o linie, situație în care nodurile se numesc conectate. În particular, nodurile unui graf
9 pot reprezenta stații dintr-o rețea de calculatoare.

11 În general, prin gradul unui nod dintr-un graf se înțelege numărul de conexiuni k , ale
acestuia, cu alte noduri din graf, iar funcția de distribuție a gradelor unei rețele $P(k)$ este pro-
babilitatea ca un nod ales aleatoriu să aibă exact k conexiuni. Coeficientul de clusterizare este
13 o măsură a tendinței de grupare prin interconectare a nodurilor unui graf.

15 Cercetarea empirică a rețelelor de calculatoare a demonstrat că multe rețele mari sunt
libere de scară, adică sunt rețele pentru care funcția de distribuție a gradelor urmează o lege
de putere: $P(k) \sim k^{-\lambda}$, unde uzual (dar nu neapărat necesar) $2 < \lambda < 3$.

17 Rețelele libere de scară au două proprietăți remarcante: creșterea prin atașament
preferențial (un nod nou preferă să se conecteze la noduri care au deja multe legături) și
19 distribuția coeficientului de clusterizare care scade pe măsură ce gradul nodului crește. Studiile
de trafic de pachete din numeroase rețele au dezvăluit atribute noi ale traficului, ce au implicații
21 serioase în proiectarea, ingineria și controlul rețelelor de mare viteză. Este demonstrat deja că
traficul de pachete poate fi statistic autosimilar, adică poate fi privit ca un proces care prezintă
23 similarități structurale pe o plajă largă de scări de o dimensiune specifică. Structura de referință
se repetă pe o plajă largă de scări de diverse dimensiuni, iar statisticile procesului nu se
25 schimbă. Cu alte cuvinte, este de natură fractală.

27 Autosimilaritatea, fractalii și dependența pe rază lungă (LRD) au devenit unelte
puternice, pentru modelarea comportamentelor proceselor și a sistemelor reale. Există multe
lucrări care dezbat motivele aparentei autosimilarități în traficul rețelelor de comunicație
29 moderne, începând cu lucrarea seminală Leland et al., on the self-similar nature of Ethernet
traffic, IEEE/ACM Transactions on Networking, Volume 2, Issue 1, Februarie 1994, în care se
31 utilizează, pentru prima dată, parametrul Hurst, ca estimator al nivelului autosimilarității într-o
serie de timp. Acest parametru H are plaja de valori cuprinsă între $0,5 \leq H \leq 1,0$, iar autosimila-
33 ritatea puternică indică valori mari ale lui H (apropiate de 1).

35 Dintre lucrările de referință pentru stadiul actual în domeniu menționam ca reprezen-
tative: B. Sikdar, K. S. Vastola, on the Contribution of TCP to the Self-Similarity of Network
Traffic, Evolutionary Trends of the Internet, Springer-Verlag Lecture Notes in Computer Science,
37 pp. 596-613, September 2001; W. Willinger, V. Paxson, R. H. Riedi, Ivi. S. Taqqu, Long-Range
Dependence and Data Network Traffic, in Long-Range Dependence: Theory and Applications,
39 P. Doukhan, G. Oppenheim and M. S. Taqqu, eds., Birkhauser, 2002. Metodele prezentate în
aceste lucrări au la bază modele de trafic de tip Poisson.

41 Chiar dacă procesele autosimilare au fost observate și analizate în mai multe domenii,
cercetările relatate în majoritatea lucrărilor privitoare la dinamica fractală a traficului în rețele
43 s-au concentrat aproape exclusiv pe caracteristicile statistice și practice ale modelelor fractale
(de exemplu: analiza datelor și modelarea matematică), impactul acestora asupra performanței
45 și analizei fiind redus, probabil datorită dificultăților legate de abilitatea folosirii modelelor
autosimilare în controlul rețelei. Autosimilaritatea implică o structură corelațională specifică, care
47 se păstrează pe o plajă mare de scări de timp.

RO 125569 B1

În articolul On the Fractal Nature of Internet, R. Dobrescu, Roland Ulrich, 2008, se descrie o metodă de analiză ce stabilește nivelul de autosimilaritate, pentru diferite tipuri de trafic, într-o rețea liberă de scară.	1 3
În ultima perioadă, s-a observat un interes crescut pentru modelele de rețele cu creștere. Totuși, încă nu s-a încercat găsirea unei legături între caracteristicile topologice ale unei rețele și influența acestora asupra traficului aferent existent.	5
Metoda de evidențiere a autosimilarității traficului dintr-o rețea de calculatoare, folosind modelarea rețelei prin grafuri, implementată pe un sistem de calcul, conform invenției, constă într-o serie de pași, ce se execută secvențial, începând prin construcția topologiei libere de scară a nodurilor rețelei, apoi se construiește topologia surselor de trafic, după care se execută simularea de trafic propriu-zisă, datele capturate în urma simulării fiind agregate într-o serie de timp, apoi estimându-se parametrul de autosimilaritate Hurst. În funcție de valoarea acestui parametru, se determină, într-un bloc decizional, dacă traficul are natură autosimilară sau nu, și se stochează informația într-o bază de date.	7 9 11 13
Problema tehnică, pe care o rezolvă invenția, este reprezentată de estimarea nivelului de autosimilaritate, cu ajutorul căruia se pot face comparații între diferitele tipuri de topologii și diferitele tipuri de trafic simulate.	15 17
Prin aplicarea metodei conform invenției, se obțin următoarele avantaje:	
- metoda poate fi aplicată la orice rețea de calculatoare, nu neapărat la rețeaua Internet;	19
- metoda furnizează informații necesare pentru creșterea performanțelor rețelei atât la proiectarea, cât și la mentenanța acesteia, deoarece se pot efectua, prin simulare, evaluări ale indicilor de calitate a serviciilor pentru combinații (asocieri) între diferite tipuri de topologii și diferite tipuri de trafic, se pot determina cauzele apariției unor evenimente nedorite în trafic (congestie, blocaje, anomalii) și se pot efectua prognoze privind încărcarea optimă a rețelei;	21 23
- se poate implementa pe o varietate mare de sisteme de calcul (atât hardware, cât și software).	25
Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu fig. 1...3, care reprezintă:	27
- fig. 1, construcția topologiei nodurilor rețelei Internet;	29
- fig. 2, algoritmul de calcul detaliat de generare a rețelei globale cu toate nodurile;	
- fig. 3, reprezintă organigrama algoritmului de construcție a rețelei surselor de trafic (ca parte componentă a rețelei globale).	31
Pentru a putea controla procesele de transmisii de date (pachete) în rețele libere de scară, metoda prezentată prin această invenție evidențiază mecanismele responsabile de generarea autosimilarității într-o rețea reală. În acest scop, invenția propune renunțarea la modelele de trafic de tip Poisson și înlocuirea acestora cu modele bazate pe legi de putere, similare cu cele care determină distribuția gradelor nodurilor într-o topologie de rețea liberă de scară. Prin această abordare, se poate determina influența exercitată de topologia rețelei asupra traficului aferent, din inspecția diagramelor comparative ale valorilor estimate ale parametrului Hurst. Deoarece estimatorii grafici, în ciuda dimensiunii mari a seriilor de timp analizate, dau totuși valori diferite pentru parametrul Hurst. Pentru estimarea exactă a acestuia, s-a elaborat o etapă originală de selecție a variantei care dă cea mai bună estimare (din trei variante implementate). O altă noutate o reprezintă modul de a combina topologii cu caracteristici distincte, prin suprapunerea de topologii distincte pe niveluri distincte în ierarhia unei rețele. Această abordare care sesizează interdependența între caracteristicile fractale statice ale topologiei rețele și caracteristicile fractale dinamice ale traficului reprezintă principala contribuție originală, tehnică, a invenției.	33 35 37 39 41 43 45 47

RO 125569 B1

1 Invenția de față se referă la o metodă de a pune în evidență autosimilaritatea traficului
de pachete în rețeaua Internet. Metoda se poate implementa pe un sistem de calcul (calculator)
3 și este compusă din mai mulți pași, ce se execută secvențial (fig. 1).

5 *Construcția topologiei nodurilor rețelei Internet, Pasul 1* se bazează pe elaborarea, sub
formă de graf, a modelului topologic, în funcție de legea de creștere dorită (în exemplificări, s-au
7 luat în considerație trei tipuri: modelul unei rețele libere de scară (R. Albert și A. Barabasi);
modelul de tip lume mică (Watts-Strogatz) și modelul random (Erdos-Renyie). Algoritmul de
calcul detaliat de generare a rețelei nodurilor este dat în fig. 2. Funcția RND () generează
9 aleator un număr real între 0 și 1. Parametrii de intrare ai algoritmului sunt: numărul total de
noduri al rețelei N , numărul de laturi sau de muchii adăugate la fiecare pas de iterație m și
11 numărul inițial de noduri m_0 . Rezultatul obținut este o bază de date care conține graful format
din cele N noduri, precum și laturile dintre acestea.

13 *Construcția topologiei surselor de trafic, Pasul 2* folosește modelul rețelei Internet,
paradigma client-server. Sursele de trafic reprezintă clienții și sunt calculatoare care inițiază
15 cereri către alte calculatoare numite servere. Serverele nu inițiază cereri. Pentru a se putea
simula corect rețeaua Internet, a fost nevoie de separarea logică a topologiei nodurilor de
17 topologia surselor. Astfel, au fost folosiți algoritmi diferiți de construcție a celor două topologii.
Pentru construcția topologiei surselor de trafic, a fost folosit modelul Erdos-Reyni, model ce
19 vizează construcția de grafuri aleatoare. Algoritmul de calcul detaliat de construcție al rețelei
surselor de trafic este dat în fig. 3. Funcția RND () generează aleator un număr real între 0 și
21 1. Parametrii de intrare ai algoritmului sunt: numărul total de noduri al rețelei N și probabilitatea
de conectare p cu valori pozitive reale subunitare. Rezultatul obținut este o bază de date care
23 conține graful format din cele N noduri, precum și laturile dintre acestea.

25 *Simularea de trafic în rețeaua Internet, Pasul 3* este pasul unde se execută algoritmul
de simulare de trafic pe rețeaua Internet, având cele două topologii construite anterior. La
topologia surselor de trafic, au fost asociate generatoare de trafic cu rată constantă de biți, puse
27 la dispoziție de simulatorul *ns-2* (The Network Simulator). Simulatorul *ns-2* este un pachet de
programe de calcul, având diverse componente și obiecte necesare simulărilor de trafic.
29 Generatorul de trafic cu rată constantă de biți este un asemenea program orientat obiect. Rezul-
tatul obținut în urma simulării este o bază de date care conține captura pachetelor recepționate
31 de nodurile rețelei pe toată durata simulării.

33 *Estimarea parametrului Hurst, Pasul 4* reprezintă pasul unde se calculează informația
necesară evaluării naturii traficului de pachete. Pentru a se putea calcula parametrul Hurst, este
nevoie ca datele furnizate în urma simulării să fie prelucrate. Astfel, se calculează numărul de
35 pachete recepționate de toate nodurile rețelei într-un interval de timp de 10 milisecunde.
Rezultatul formează seria de timp ce caracterizează traficul și este păstrat într-o bază de date.
37 Nivelul autosimilarității într-o serie de timp este dat de parametrul Hurst, notat, în fig. 1, cu H .
Pentru estimarea lui H , s-au folosit trei variante (metode) de estimare statistică: analiza statis-
39 tică R/S , analiza dispersie-timp și periodograma. Rezultatele acestor variante de analiză sunt
cele trei valori Hurst estimate (numere reale pozitive). Acestea sunt păstrate într-o bază de date,
41 fiind folosite de către blocul decizional în pasul următor.

43 *Blocul de decizie, Pasul 5* este pasul unde se determină natura traficului de pachete din
rețea. Parametrul Hurst este adimensional și are plaja de valori cuprinsă între 0,5 și 1,0, iar
45 autosimilaritatea puternică indică valori mari ale lui H (aproprate de 1,0) și tipic peste 0,8. O
valoare a lui H de 0,5 indică absența autosimilarității. Astfel, dacă pentru o simulare de trafic,
47 toți cei trei indicatori de autosimilaritate, corespunzători celor trei variante, dau valori peste 0,8,
atunci traficul are caracter autosimilar. Dacă, dimpotrivă, cei trei indicatori dau valori sub 0,7,
49 atunci traficul nu prezintă fenomenul de autosimilaritate. Rezultatul obținut se stochează într-o
bază de date, **Pasul 6**.

RO 125569 B1

Înțelegerea și confirmarea autosimilarității într-o rețea reală este importantă, atunci când se dezvoltă arhitecturi de rețele integrate în cadrul cărora există garanția calității serviciilor de la un capăt la celălalt al rețelei. Datorită prezenței fenomenului de autosimilaritate, sunt afectate o serie de metrici de performanță ale rețelei. Această abordare poate deschide un nou drum în cercetarea rețelelor din perspectiva analizei fractale. Altfel spus, este introdusă o metodă de analiză a unei rețele informatice care ia în considerare un ansamblu de perspective, în loc să focalizeze doar componenta topologică sau de trafic. În acest fel, sunt puse împreună atât caracteristicile statice, cât și cele dinamice, iar analiza capătă astfel o perspectivă globală, în loc de una locală.

Definiții

Definiția 1

Grafurile sunt reprezentări punctuale ale unui set de obiecte, fiecare punct corespunzând unui nod, dintre care unele perechi de puncte sunt unite (legate) printr-o linie, situație în care nodurile se numesc conectate. În particular, nodurile unui graf pot reprezenta stații dintr-o rețea de calculatoare.

Definiția 2

Gradul unui nod dintr-un graf este numărul de conexiuni k ale acestuia cu alte noduri din graf, iar funcția de distribuție a gradelor unei rețele $P(k)$ este probabilitatea ca un nod ales aleatoriu să aibă exact k conexiuni. Coeficientul de clusterizare este o măsură a tendinței de grupare, prin interconectare, a nodurilor unui graf.

Definiția 3

Rețelele libere de scară sunt rețele pentru care funcția de distribuție a gradelor urmează o lege de putere: $P(k) \sim k^{-\lambda}$, unde uzual (dar nu neapărat necesar) $2 < \lambda < 3$.

Definiția 4

Un fenomen autosimilar reprezintă un proces care prezintă similarități structurale pe o plajă largă de scări de o dimensiune specifică. Structura de referință se repetă pe o plajă largă de scări de diverse dimensiuni, iar statisticile procesului nu se schimbă.

RO 125569 B1

Revendicări

1

3

1. Metodă de evidențiere a autosimilarității traficului dintr-o rețea de calculatoare, folosind modelarea rețelei prin grafuri, implementată pe un sistem de calcul, **caracterizată prin aceea că**, pentru asigurarea unei cât mai bune combinații dintre topologia rețelei și natura traficului informațional, și implicit asigurarea calității serviciilor de la un capăt la celălalt al rețelei, constă într-o serie de pași ce se execută secvențial, începând prin construcția topologiei nodurilor rețelei (**Pasul 1**), apoi se construiește topologia surselor de trafic (**Pasul 2**), după care se execută simularea de trafic propriu-zisă (**Pasul 3**), datele capturate în urma simulării fiind agregate într-o serie de timp, estimându-se apoi parametrul de autosimilaritate Hurst (**Pasul 4**) și deteminându-se, într-un bloc decizional, natura autosimilară a traficului (**Pasul 5**), după care se stochează informația într-o bază de date (**Pasul 6**).

13

2. Metodă conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că**, pentru construcția topologiei libere de scară a nodurilor rețelei, se pornește cu un număr dat mic de noduri, iar la fiecare iterație sau unitate de timp, se adaugă un nou nod, cu m laturi, care leagă noul nod la m noduri diferite, deja prezente în rețea, astfel încât atunci când se alege nodurile la care se va conecta noul nod, probabilitatea cea mai mare este ca acesta să se conecteze la nodurile care au cel mai mare grad, obținându-se o bază de date care conține graful format din N noduri, precum și legăturile dintre acestea.

15

17

19

21

3. Metodă conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că**, pentru construcția topologiei surselor de trafic, se folosește paradigma client-server și separarea logică a topologiei nodurilor de topologia surselor, fiind folosit modelul Erdos-Reyni, ce vizează construcția de grafuri aleatoare.

23

25

4. Metodă conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că**, pentru estimarea parametrului de autosimilaritate Hurst, se folosesc trei variante de estimare statistică: analiza statistică R/S, analiza dispersie-timp și periodograma, și atunci când cei trei indicatori de autosimilaritate, corespunzători celor trei variante, au toți valori peste 0,8, se decide că traficul are caracter autosimilar.

27

29

5. Metodă conform revendicărilor 1...4, **caracterizată prin aceea că** se utilizează în rețeaua Internet.

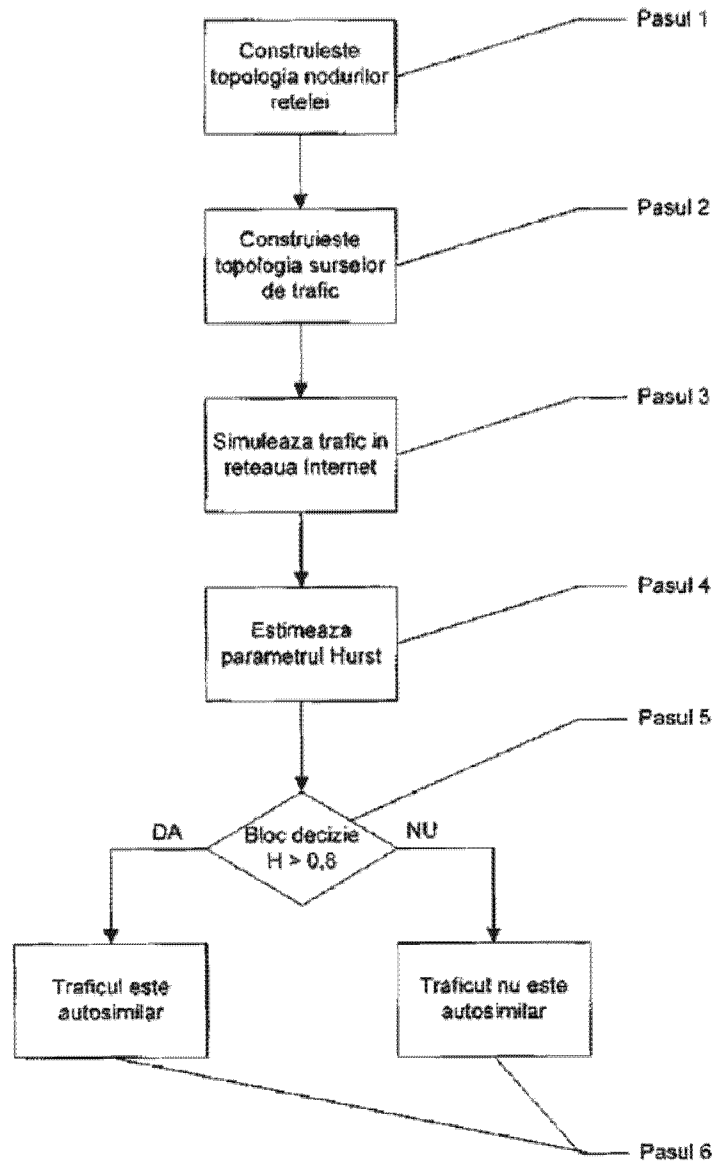


Fig. 1

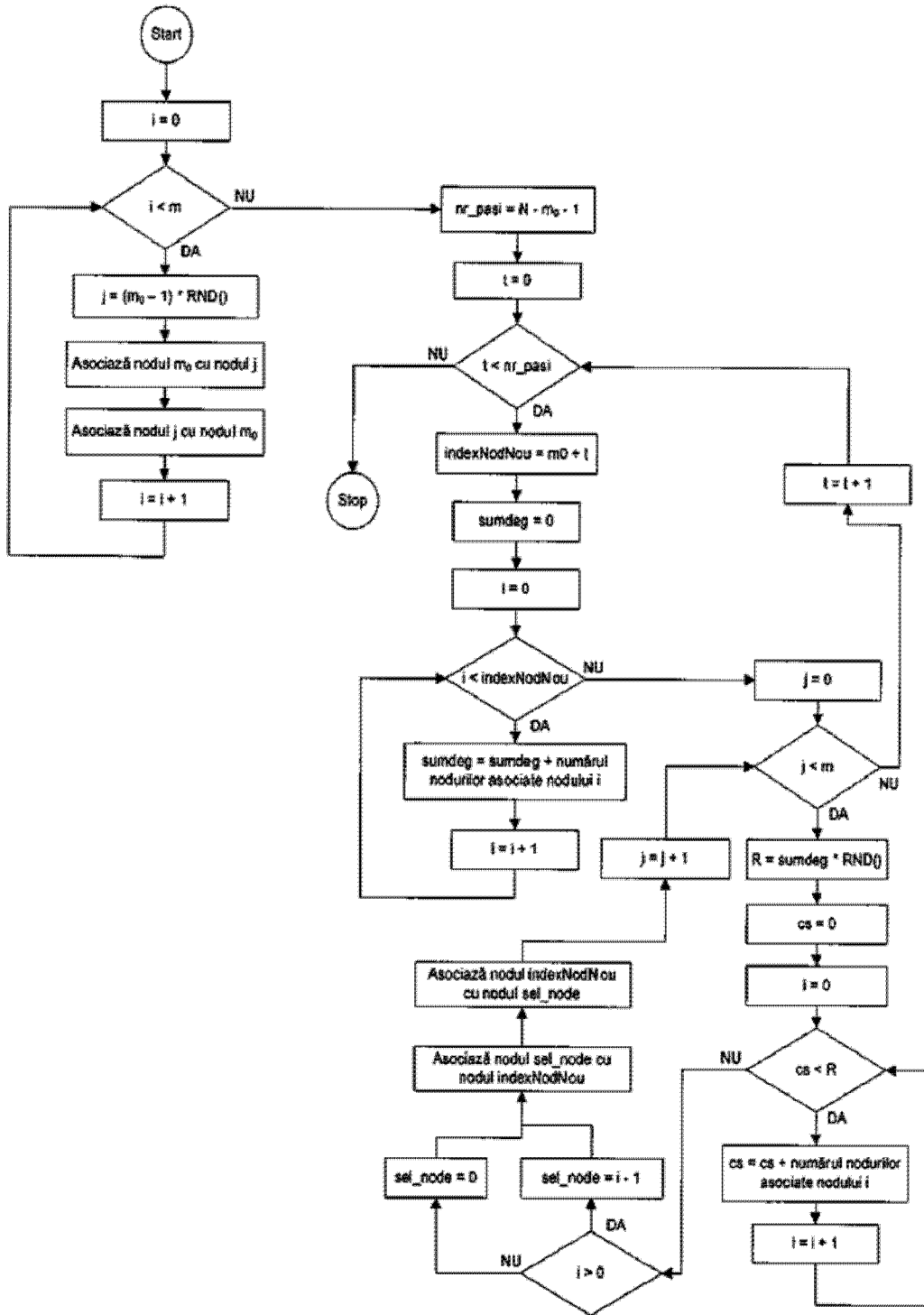


Fig. 2

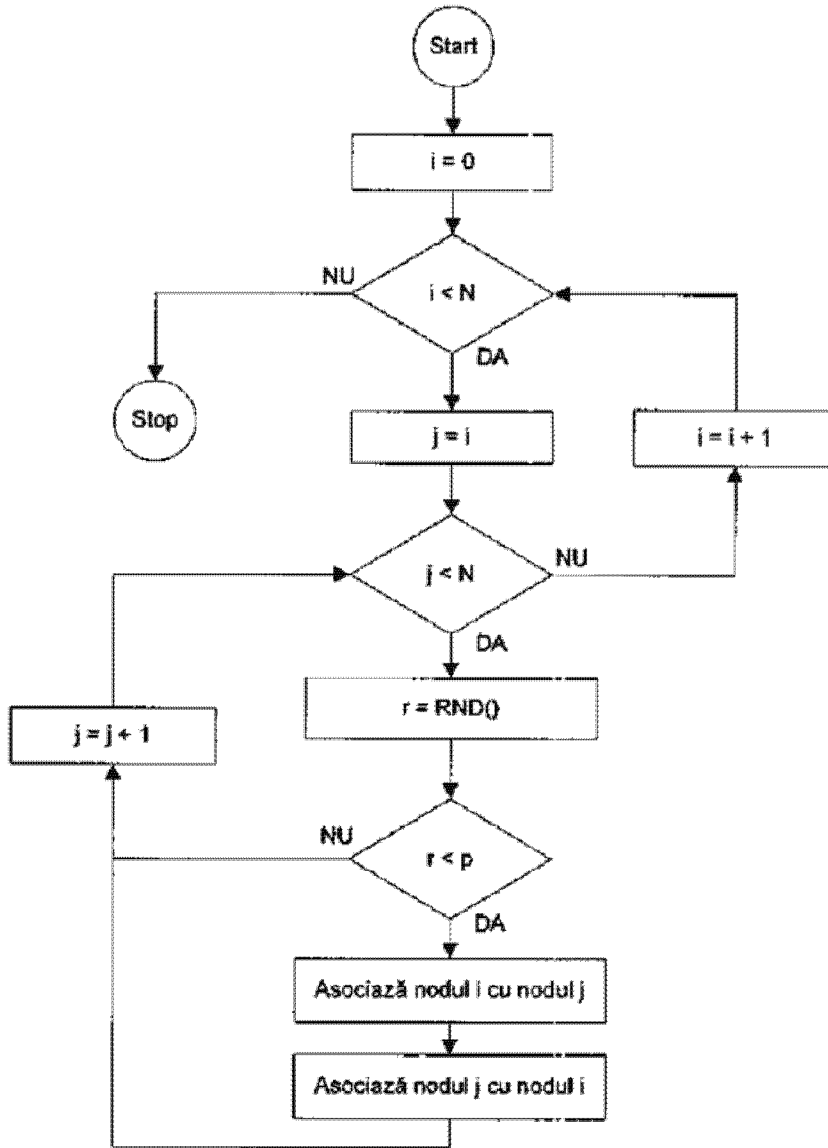


Fig. 3

