



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2012 00658

(22) Data de depozit: 14.09.2012

(41) Data publicării cererii:  
30.05.2013 BOPI nr. 5/2013

(71) Solicitant:  
• IONESCU GHEORGHE CONSTANTIN,  
STR. CANTONULUI NR. 2A, ORADEA, BH,  
RO

(72) Inventatori:  
• IONESCU GHEORGHE CONSTANTIN,  
STR. CANTONULUI NR. 2A, ORADEA, BH,  
RO

(74) Mandatar:  
CABINET INDIVIDUAL NEACȘU CARMEN  
AUGUSTINA, STR. ROZELOR NR. 12/3,  
BAIA MARE, JUDEȚUL MARAMUREȘ

(54) PROCEDEU DE OPTIMIZARE A CONFIGURAȚIEI  
REȚELELOR DE DISTRIBUȚIE A APEI

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu de creștere a eficienței sistemelor de alimentare cu apă, prin configurarea optimă a rețelelor de distribuție a apei, utilizând algoritmi genetici. Procedeu conform invenției constă din reprezentarea soluțiilor admisibile, numite cromozomi, corespunzătoare debucării unei rețele prin deconectarea unor tronsoane (4, 7, 15 și 8, 13 și 19, respectiv, 3, 9 și 18), evaluarea soluțiilor cu ajutorul unei funcții obiectiv (f), reproducerea soluțiilor potrivit formulei:

$$\frac{f_i}{\sum_j f_j} \quad (I)$$

unde  $f_i$  reprezintă funcția de adaptare a cromozomului  $i$ , după care se realizează recombinarea prin încrucișare și apoi soluționarea mutațiilor cu ajutorul unui operator specific, de mutație, care alege, la întâmplare, unul dintre cromozomi, după care generează un număr

aleatoriu, cuprins între 1 și lungimea (L) lanțului cromozomial, și realizează bascularea între 0 și 1 a elementului cu numărul de ordine respectiv din lanț.

Revendicări: 1  
Figuri: 3

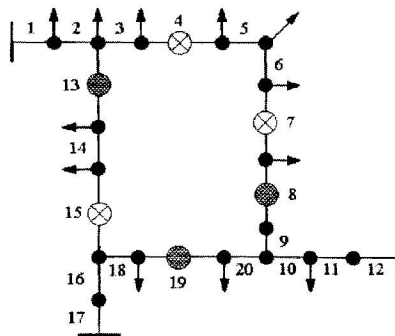


Fig. 1



**PROCEDEU DE OPTIMIZARE A CONFIGURATIEI****RETELELOR DE DISTRIBUTIE A APEI**

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. <i>a 2012 00658</i>
Data depozit <i>..14..09..2012....</i>

Prezenta invenție se referă la un mod de creștere a eficienței sistemelor de alimentare cu apă, prin configurarea optimă a rețelelor de distribuție a apei, utilizând metoda algoritmilor genetici. Domeniul de utilizare al invenției este, în mod evident, foarte larg și cuprinde tot ceea ce presupune rețele de distribuție pentru apă, fie aceasta potabilă, fie menajeră sau industrială.

Se știe că algoritmi genetici AG sunt algoritmi adaptivi, care determină soluția optimă a unei probleme de optimizare pe baza unor mecanisme specifice geneticii și selecției naturale. În acest scop, AG folosesc un set de soluții, denumite frecvent  *Cromozomi* care, în cursul evoluției de la o generație la alta, își schimbă structura, orientându-se către o soluție acceptabilă (optimă sau suboptimă). Populația inițială are o componență stabilită aleatoriu, iar evoluția ei are loc după principiul „cel mai adaptat supraviețuiește”.

Aplicarea metodelor tradiționale de optimizare, care asigură minimizarea unei funcții obiectiv, ținând seama de toate cele trei aspecte menționate, este laborioasă și presupune adoptarea unor ipoteze simplificatoare, care influențează în bună măsură soluția selectată.

Parametrii utilizați în cadrul unui algoritm genetic determină eficiența algoritmului și calitatea soluțiilor furnizate.

Algoritmii genetici (AG) au fost utilizați până în prezent mai ales pentru determinarea configurației optime a rețelelor de distribuție urbană a curentului electric.

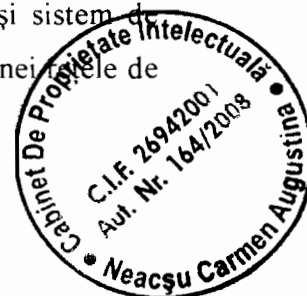
Se cunosc și soluții de aplicare a algoritmilor genetici în domeniul rețelelor de apă, cum ar fi:

Documentul de brevet cu numărul US 7,593,839 B1, cu titlul “Metodă de optimizare a proiectării și reabilitării sistemelor de distribuție a apei”, la care criteriile alese pentru optimizare sunt: costul minim, calitate maximă și raport minim cost / calitate.

Respectiva metodă prezintă dezavantajul că nu oferă detalii clare despre modul de implementare al acestor algoritmi, cum ar fi funcțiile de recombinare, de mutație și de ierarhizare a soluțiilor candidat. De asemenea, soluția nu oferă detalii nici despre structura  *Cromozomilor* și nici nu prezintă exemple concrete de aplicare.

Un alt procedeu cunoscut care utilizează algoritmi genetici este prezentată în documentul de brevet cu numărul US 2003/ 0093236 A1, cu titlul „Metodă și sistem de calibrare automată a unui model de distribuție a apei”, care, permite calibrarea unei rețele de

**IONESCU GHEORGHE - CONSTANTIN**



apă pe baza datelor introduse de către utilizator. Procedul folosește algoritmi genetici pentru a efectua această calibrare, dar prezintă dezavantajul că nu dă detalii despre parametrii acestora.

Un alt document de brevet, cu numărul US 4,562,552 având titlul «Metodă și aparat pentru controlul debitului și al presiunii în rețelele de distribuție a apei» folosește algoritmi genetici pentru optimizarea debitului și a presiunii într-o rețea și nicidecum nu face referire la optimizarea configurației rețelei de distribuție a apei. Dezavantajul acestei soluții este acela că nu detaliază modul de implementare a algoritmilor.

Problema tehnică pe care își propune să o rezolve invenția revendicată este de a realiza un procedeu concret, perfect aplicabil practic, care să permită optimizarea configurației rețelelor de distribuție a apei, precizând inclusiv modul de implementare a algoritmilor.

Invenția rezolvă această problemă tehnică prin faptul că utilizează metoda algoritmilor genetici deja consacrată pentru circuitele electrice, pentru identificarea configurațiilor optime de funcționare ale rețelelor inelare de distribuție a apei cu o structură complex buclată.

Procedul de optimizare a configurației rețelelor de distribuție a apei, conform invenției revendicate, pretinde următoarele avantaje:

- Stabilește un sens de circulație rațional a apei, astfel încât apa să circule pe drumul cel mai scurt spre consumator;
- Dimensionează rețeaua prin stabilirea numărului de noduri, a numărului de tronsoane și a diametrelor aferente tronsoanelor;
- Determină secționarea cea mai avantajoasă prin stabilirea punctelor optime de secționare care asigură funcționarea într-o schemă ramificată;
- Optimizează eficiența sistemelor de alimentare cu apă și ușurează managementul acestora;
- Reduce pierderile de sarcină odată cu creșterea numărului de generații luate în calcul;
- Asigură alimentarea cu apă a unui număr maxim de consumatori în cazul apariției unei avarii în rețeaua inelară.

Se prezintă, în continuare, un exemplu de realizare practică a procedurii, conform invenției, de optimizare a configurației unei rețele de distribuție a apei inelare, cu o structură complex buclată, în legătură și cu:

- Fig. 1: exemplu de configurație complex buclată pentru distribuția apei;
- Fig. 2: lanțurile *cromozomiale* corespunzătoare debuclării rețelei din Fig. 1.
- Fig. 3: lanțul *cromozomilor urmași*, proveniți din încrucișarea *cromozomilor* părinți din Fig. 2.

25

Procedeul de optimizare a configurației rețelelor de distribuție a apei cu ajutorul algoritmilor genetici necesită parcurgerea a cinci etape și anume:

- Reprezentarea soluțiilor admisibile
- Evaluarea soluțiilor
- Reproducerea
- Recombinarea
- Inducerea unor mutații

Dintre cele cinci etape enumerate mai sus, ultimele patru se reiau de o manieră iterativă până la satisfacerea unei condiții de oprire.

Pentru proiectarea unei rețele de distribuție a apei în configurație complex buclată, de tipul celei din fig. 1, este necesară rezolvarea următoarelor probleme:

- Stabilirea unui sens de circulație rațional a apei, astfel încât apa să circule pe drumul cel mai scurt spre consumator;
- Dimensionarea rețelei (stabilirea numărului de noduri, a numărului de tronsoane și a diametrelor aferente tronsoanelor);
- Determinarea secționării celei mai avantajoase (stabilirea punctelor de secționare care asigură funcționarea într-o schemă ramificată).

Pentru selectarea soluției optime conform unui criteriu dat, este necesară analiza simultană tuturor problemelor amintite. Numărul combinațiilor posibile privind alegerea traseelor este, de regulă, foarte mare, iar dimensionarea rețelei și secționarea acesteia este destul de laborioasă.

### **Reprezentarea soluțiilor admisibile**

O soluție admisibilă, care în contextul AG poartă numele de *cromozom*, se reprezintă printr-un lanț cromozomial de lungime finită. În majoritatea studiilor din literatura de specialitate, valorile elementelor din lanțul cromozomial au o codificare binară.

Pentru rețeaua de distribuție a apei din fig. 1, lanțurile cromozomiale din fig. 2 reprezintă soluții admisibile, corespunzătoare debuclării rețelei prin deconectarea tronsoanelor 4, 7, 15 și 8, 13, 19, respectiv 3, 9, 18.

### **Evaluarea soluțiilor**

Soluțiile admisibile vor fi evaluate cu ajutorul funcției obiectiv, care descrie problema de optimizare analizată. Pe baza acestei evaluări se stabilește gradul în care soluția respectivă se adaptează problemei, de unde și denumirea încetățenită pentru funcția respectivă de

„funcție de adaptare”. Este necesar a fi menționat faptul că, prin însuși specificul lor, AG evoluează în sensul maximizării funcției de adaptare  $f$ . Prin urmare, dacă problema considerată urmărește minimizarea funcției obiectiv  $F$  (așa cum este cazul la numeroase probleme din energetică), funcția de adaptare se definește ca inversă a acesteia  $f = F^{-1}$ .

În cursul acestei etape, informația înscrisă în fiecare cromozom este decodificată și, pe baza ei, se procedează la evaluarea funcției de adaptare pentru fiecare cromozom.

### Reproducerea

În cadrul acestei etape, are loc crearea unei noi populații pe baza gradului de adaptare a fiecărui cromozom, stabilit în etapa anterioară. Noua populație este generată pe baza unor copii exacte ale cromozomilor existenți: cromozomul cu cea mai mare valoare a funcției de adaptare va produce cele mai multe copii, iar cromozomul cu funcția de adaptare cea mai mică, va produce cele mai puține copii.

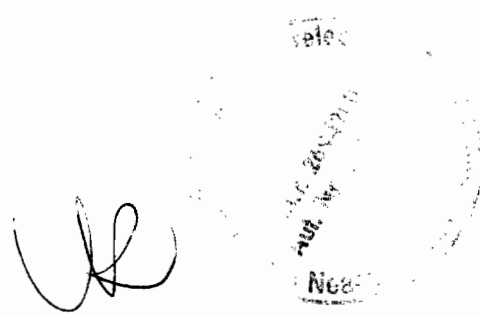
Cea mai răspândită cale de aplicare a operatorului de reproducere o reprezintă așa-numita reproducere proporțională. În acest caz, fiecare cromozom produce un număr de copii proporțional cu raportul:

$$\frac{f_i}{\sum_j f_j} \quad (1)$$

unde  $f_i$  reprezintă funcția de adaptare a cromozomului  $i$ .

### Recombinarea (încrucișarea)

Soluția optimă a problemei analizate este diseminată în informația conținută de toți cromozomii populației. Pentru agregarea diferitelor segmente ale informației corespunzătoare soluției optime, AG apelează la etapa recombinării. Cea mai frecvent utilizată tehnică de recombinare este „încrucișarea”. În acest caz, din populația curentă se aleg doi *cromozomi* „părinți”, prin a căror încrucișare vor rezulta alți doi *cromozomi* „urmași”. Pentru o lungime  $L$  a *cromozomilor*, încrucișarea se realizează într-un punct  $M$  generat aleatoriu în intervalul  $(1, L)$ . De exemplu, pentru primii doi *cromozomi* „părinți” din fig. 2, dacă încrucișarea se produce în punctul 6, rezultă *cromozomii* „urmași” reprezentați în fig. 3. Se constată că ambii *cromozomi* „urmași” reprezintă soluții admisibile ale problemei, conducând la noi debuclări 4,8,13 și 7,8,15, care nu existau în populația anterioară.



### Mutații

Cu toate că etapa de recombinare asigură îmbogățirea informației esențiale înmagazinate în lanțurile *cromozomiale*, este totuși posibil ca, pornind de la o generație inițială cu o structură relativ deficitară, orice recombinare între *cromozomi* să nu poată duce la soluția optimă.

De exemplu: dacă pentru rețeaua din figura 1 debuclarea optimă corespunde unei triplete care conține și tronsonul 11, soluția globală a problemei de optimizare nu va putea fi atinsă dacă generația inițială conține numai cei trei *cromozomi* din figura 2, deoarece nici unul dintre ei nu are bitul 11 setat la valoarea 1. Eliminarea acestui neajuns este posibilă dacă unora dintre *cromozomi* li se aplică, cu o anumită probabilitate, un operator specific, de mutație care, alege la întâmplare unul din *cromozomi*, după care generează un număr aleatoriu cuprins între 1 și L (lungimea lanțului cromozomial) și realizează bascularea între 0 și 1 a elementului cu numărul de ordine respectiv din lanț.



## REVENDICARE

Procedeu de optimizare a configurației rețelelor de distribuție a apei **caracterizat prin aceea că** utilizează algoritmi genetici și constă în 5 etape, și anume: reprezentarea soluțiilor admisibile corespunzătoare debucării rețelei prin deconectarea tronsoanelor **(4, 7, 15)** și **(8, 13, 19)**, respectiv **(3, 9, 18)**, evaluarea soluțiilor cu ajutorul funcției obiectiv **(f)**, reproducerea soluțiilor potrivit formulei (1), recombinarea prin încrucișare și apoi soluționarea mutațiilor cu ajutorul unui operator specific, de mutație care, alege la întâmplare unul din  *Cromozomi*, după care generează un număr aleatoriu cuprins între 1 și lungimea **(L)** a lanțului cromozomial și realizează bascularea între 0 și 1 a elementului cu numărul de ordine respectiv din lanț.



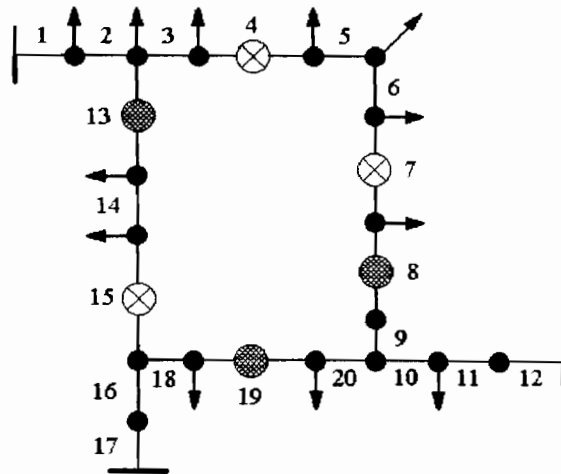


Fig. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Fig. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Fig. 3

IONESCU GHEORGHE - CONSTANTIN

