FUNCŢIE MATLAB PENTRU DETERMINAREA LEGĂTURILOR UNEI REŢELE DE FIABILITATE

Dr. ing. **Paul VASILIU**, Dr. ing. **Florenţiu DELIU**

Academia Navală „Mircea cel Bătrân”, Constanţa, România

REZUMAT.O legătură a unui sistem în stare de funcţionare, este un subansamblu de elemente în care toate elementele sunt în stare de funcţionare, restul elementelor sistemului fiind defecte. Orice sistem are cel puţin o legătură. Problema determinării legăturilor unui sistem joacă un rol important în exploatarea, întreţinerea şi repararea sistemului respectiv. În aceată lucrare este prezentat un algoritm şi o funcţie Matlab pentru determinarea legăturilor unei reţele de fiabilitate. În final este prezentat un studiu de caz şi un exemplu de rulare a funcţiei.

Cuvinte cheie: fiabilitate, reţea, legătură, algoritm, funcţie.

ABSTRACT. A connection of an operating system is a subset of elements where all elements are in the running state, the rest of the system elements being defective. Any system has at least one connection. The problem of linking a system plays an important role in the operation, maintenance and repair of the system. In this paper is presented an algorithm and a Matlab function for determining the links of a reliability network. Finally, there is a case study and an example of how the function works.

Keywords: reliability, network, link, algorithm, function.

1.INTRODUCERE

Mulţimea tuturor legăturilor ansamblului de elemente care reflectă modul în care starea unui sistem S depinde de stările componentelor sale se numește structură.

În analiza fiabilităţii structurile joacă un rol important. Într-o primă etapă se analizează structura echipamentului urmată de stabilirea expresiei algebrice a funcţiei de structură și apoi de construcţia unei reţele de fiabilitate asociată echipamentului respectiv.

Consideraţiile referitoare la sistemele sau echipamentele complexe se bazează pe următoarele ipoteze:

Echipamentul considerat se poate afla numai în una dintre următoarele stări: stare de funcţionare sau stare de defect (sistem bivalent).

Echipamentul considerat poate fi descompus în n componente (elemente) e_i, $i = 1,2,\cdots,n$. Mulţimea tuturor acestor elemente este: $E = \{e_1, e_2, \cdots, e_n\}$.

Fiecărei componente e_i, $i = 1,2,\cdots,n$, i se asociază o variabilă de stare x_i definită prin: $x_i = = \begin{cases} 1 & \text{dacă } e_i \text{ funcționează} \\ 0 & \text{dacă } e_i \text{ este defect} \end{cases}$.

Mulţimea stărilor $X = \{x_1, x_2, \cdots, x_n\}$ caracterizează mulţimea stărilor posibile ale ansamblului de elemente. Evident, $\mathrm{card}(X) = 2^n$.

Sistemului S i se asociază o variabilă de stare y definită astfel:

$$y = \begin{cases} 1 & \text{dacăS funcționează} \\ 0 & \text{dacăS nu funcționează} \end{cases}.$$

Fie $Y = \{y\} = \{0,1\}$. Variabila de stare y depinde de mulţimea stărilor X.

Se poate defini o funcţie $\varphi: X \to Y$, definită prin: $y = \varphi(x_1, x_2, \cdots, x_n)$. Funcţia φ se numește funcţie de structură. Deoarece funcţia φ depinde de n variabile independente, ea se numește funcţie de structură de ordinul n. Sistemul S poate fi identificat cu perechea (E, φ): $S = (E, \varphi)$.

Fie sistemul $S = (E, \varphi)$. Subansamblul $L = \{e_i \mid i \in I \subset \{1,2,\cdots,n\}\} \subset E$ se numește legătură dacă pentru orice $x_i = 1$, $i \in I$ și pentru orice $x_i = 0$, $i \notin I$ rezultă:

$$y = \varphi(x_1, x_2, \cdots, x_n) = 1.$$

Altfel spus, o legătură a unui sistem în stare de funcţionare $(y = 1)$, este un subansamblu de elemente în care toate elementele sunt în stare de funcţionare, restul elementelor fiind defecte.

Reformulând, o legătură este un subansamblu de elemente care sunt în stare de funcţionare și care asigură funcţionarea sistemului în cazul în care celelalte elemente sunt defecte.

Orice sistem are cel puţin o legătură.

Pentru determinarea tuturor legăturilor sistemului se calculează valorile funcţiei de structură în toate punctele$(x_1, x_2, \cdots, x_n)$. Dacă $f(x_1, x_2, \cdots, x_n) = 1$ pentru$x_{i_1} = x_{i_2} = \cdots = x_{i_p} = 1$și$x_i = 0$ pentru orice $i \in \{1,2,\cdots,n\} \backslash \{i_1, i_2, \cdots, i_p\}$ atunci subansamblul de elemente $\{e_{i_1}, e_{i_2}, \cdots, e_{i_p}\}$ este o legătură.

Studiul legăturilor unui sistem aduce informaţii importante referitoare la funcţionarea sistemului în condiţiile în care o parte dintre elementele componente sunt defecte.

Dificultatea determinării manuale a legăturilor crește pe măsură ce crește numărul elementelor din sistem. Apare astfel necesitatea simplificării și automatizării determinării legăturilor sistemelor. Din acest motiv autorii au scris funcţiile Matlab prezentate în secţiunea 2.

2. IMPLEMENTARE ÎN MATLAB

Funcţia Matlab cu semnătura *function legaturi(n)* primeşte la intrare valoarea numărului n. Funcţia generează toate legăturile reţelei de fiabilitate. Funcţia *function w=conversie(n,v)* converteşte valoarea argumentului de intrare n din baza 10 în baza 2 şi memorează rezultatul conversiei în variabila w. Funcţia *function val=fstruct(x)* primeşte la intrare vectorul x al variabilelor funcţiei de structură şi returnează valoarea funcţiei de structură. Afişarea legăturilor este făcută de funcţia *function scrie(n,w,tip).*

Prezentăm mai jos codul Matlab pentru implementarea algoritmului.

```
% Determinare legaturi
function legaturi(n)
clc;
k=2^n;
for i=1:n
v(i)=0;
end
for i=0:k-1
w=conversie(i,v);
val=fdstruct(w);
if val==1
fprintf('Valoarea %d :\n y = f ( ',i);
for j=1:length(w)-1
fprintf(' %d , ',w(j));
end
fprintf(' %d ',w(length(w)));
fprintf(' ) = %d \n',val);
scrie(i,w,'l');
end
end
end

% Conversie din b=10 in b=2
function w=conversie(n,v)
i=1;
while n ~= 0
uc=mod(n,2);
v(i)=uc;
i=i+1;
n=floor(n/2);
end
w=inverse(v);
end
% Inversare vector v
function w=inverse(v)
n=length(v);
for i=1:n
w(i)=v(n-i+1);
end
end
% Functia de afisare legaturi
function scrie(n,w,tip)
p=length(w);
if tip=='l'
fprintf('Subansamblul L = { ');
for i=1:p
if w(i)==1
fprintf(' e%d ',i);
end
end
fprintf(' } este o legatura \n');
end
end
% Functia de structura a sistemului S
function val=fstruct(x)
val=1-(1-x(3))*(1-x(5)*(1-(1-x(4))*(1-
        x(1)*x(2))));
end
```

3.STUDIU DE CAZ

Considerăm sistemul $S = (E, \varphi)$ cu proprietăţile:

$n = 5$,
$E = \{e_1, e_2, e_3, e_4, e_5\}$,
$X = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}$.

Graful sistemului este prezentat în figura 3.1.

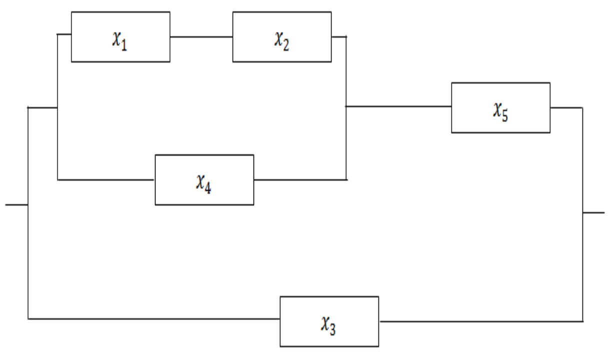

Fig. 3.1. Sistemul $S = (E, \varphi)$.

Evident, funcţia de structură a sistemului este funcţia:

$$\boldsymbol{\varphi}: \mathbf{X} \to \{\mathbf{0}, \mathbf{1}\}, \qquad \boldsymbol{\varphi}(\mathbf{x_1}, \mathbf{x_2}, \mathbf{x_3}, \mathbf{x_4}, \mathbf{x_5}) = \mathbf{1} - (\mathbf{1} - \mathbf{x_3}) \cdot \left(\mathbf{1} - \mathbf{x_5} \cdot \left(\mathbf{1} - (\mathbf{1} - \mathbf{x_4}) \cdot (\mathbf{1} - \mathbf{x_1} \cdot \mathbf{x_2})\right)\right) = \mathbf{x_3} + \mathbf{x_4} \cdot \mathbf{x_5} + \mathbf{x_1} \cdot \mathbf{x_2} \cdot \mathbf{x_5} - \mathbf{x_3} \cdot \mathbf{x_4} \cdot \mathbf{x_5} - \mathbf{x_1} \cdot \mathbf{x_2} \cdot \mathbf{x_3} \cdot \mathbf{x_5} - \mathbf{x_1} \cdot \mathbf{x_2} \cdot \mathbf{x_4} \cdot \mathbf{x_5} + \mathbf{x_1} \cdot \mathbf{x_2} \cdot \mathbf{x_3} \cdot \mathbf{x_4} \cdot \mathbf{x_5}.$$

Pentru determinarea manuală a tuturor legăturilor sistemului se calculează valorile funcţiei de structură în toate punctele $(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$. Dacă pentru $x_{i_1} = x_{i_2} = \cdots = x_{i_p} = 1$ și $x_i = 0$ pentru orice $i \in \{1,2,\cdots,n\} \backslash \{i_1, i_2, \cdots, i_p\}$ şi $\varphi(x_1, x_2, \cdots, x_n) = 1$ atunci subansamblul de elemente $\{e_{i_1}, e_{i_2}, \cdots, e_{i_p}\}$ este o legătură. Se completează tabelul 1 și se obţin toate legăturile sistemului.

Tabelul 1. **Legăturile sistemului** $S = (\mathbf{E}, \boldsymbol{\varphi})$

x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	φ	Legături
0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	1	0	
0	0	0	1	0	0	
0	0	0	1	1	0	
0	0	1	0	0	0	
0	0	1	0	1	1	{ e3 e5 }
0	0	1	1	0	0	
0	0	1	1	1	1	{ e3 e4 e5 }
0	1	0	0	0	0	
0	1	0	0	1	0	
0	1	0	1	0	0	
0	1	0	1	1	0	
0	1	1	0	0	0	
0	1	1	0	1	1	{ e2 e3 e5 }
0	1	1	1	0	1	{ e2 e3 e4 }
0	1	1	1	1	1	{ e2 e3 e4 e5 }
1	0	0	0	0	0	
1	0	0	0	1	0	
1	0	0	1	0	0	
1	0	0	1	1	0	
1	0	1	0	0	0	
1	0	1	0	1	1	{ e1 e3 e5 }
1	0	1	1	0	1	{ e1 e3 e4 }
1	0	1	1	1	1	{ e1 e3 e4 e5 }
1	1	0	0	0	0	
1	1	0	0	1	0	
1	1	0	1	0	0	
1	1	0	1	1	0	
1	1	1	0	0	0	
1	1	1	0	1	1	{ e1 e2 e3 e5 }
1	1	1	1	0	1	{ e1 e2 e3 e4 }
1	1	1	1	1	1	{ e1 e2 e3 e4 e5 }

Folosind funcţia Matlab de mai sus, vom determina toate legăturile acestui sistem. Funcţia de structură notată cu **φ** coincide cu funcţia notată cu ***f*** în codul Matlab. Un exemplu de rulare este:

```
>> n=5
n =
5
>> legaturi(n)
y = f ( 0 , 0 , 1 , 0 , 1 ) = 1
Subansamblul L = { e3 e5 } este o legatura
y = f ( 0 , 0 , 1 , 1 , 1 ) = 1
Subansamblul L = { e3 e4 e5 } este o legatura
y = f ( 0 , 1 , 1 , 0 , 1 ) = 1
Subansamblul L = { e2 e3 e5 } este o legatura
y = f ( 0 , 1 , 1 , 1 , 0 ) = 1
Subansamblul L = { e2 e3 e4 } este o legatura
y = f ( 0 , 1 , 1 , 1 , 1 ) = 1
Subansamblul L = { e2 e3 e4 e5 } este o legatura
y = f ( 1 , 0 , 1 , 0 , 1 ) = 1
Subansamblul L = { e1 e3 e5 } este o legatura
y = f ( 1 , 0 , 1 , 1 , 0 ) = 1
Subansamblul L = { e1 e3 e4 } este o legatura
y = f ( 1 , 0 , 1 , 1 , 1 ) = 1
Subansamblul L = { e1 e3 e4 e5 } este o legatura
y = f ( 1 , 1 , 1 , 0 , 1 ) = 1
Subansamblul L = { e1 e2 e3 e5 } este o legatura
y = f ( 1 , 1 , 1 , 1 , 0 ) = 1
Subansamblul L = { e1 e2 e3 e4 } este o legatura
y = f ( 1 , 1 , 1 , 1 , 1 ) = 1

Subansamblul L = { e1 e2 e3 e4 e5 } este o legatura.
```

Este uşor de observat că legăturile generate de funcţia Matlab coincid cu legăturile determinate manual în tabelul 1.

4. CONCLUZII

Fie $n \in N^*$, $E = \{e_1, e_2, \cdots, e_n\}$, $X = \{x_1, x_2, \cdots, x_n\}$, funcţia $\varphi: X \to \{0,1\}$, $y = \varphi(x_1, x_2, \cdots, x_n)$, sistemul $S = (E, \varphi)$, submulţimea $J \subset \{1,2,\cdots,n\}$ şi subansamblul $T \subset E$, $T = \{e_j | \, j \in J\}$. Subansamblul T se numeşte tăietură dacă $y = \varphi(x_1, x_2, \cdots, x_n) = 0$ pentru orice $x_j = 0$ cu $j \in J$ şi pentru orice $x_k = 1$ pentru $k \in \{1,2,\cdots,n\} - J$.

Altfel spus, subansamblul T se numeşte tăietură dacă, în condiţiile în care T are toate elementele defecte, iar $E - T$ are toate elementele în stare de funcţionare, sistemul nu funcţionează.

O tăietură este orice subansamblu T cu proprietăţile:

$a)$ $E - T$ are toate elementele în stare de funcţionare;

b) sistemul nu funcţionează.

Autorii își propun, ca un următor pas, determinarea automată a tăieturilor unui sistem dat prin scrierea unui cod care să genereze toate tăieturile unui sistem.

BIBILOGRAFIE

[1] Cătuneanu, V.,M., Mihalache, A.,*Bazele teoretice ale fiabilităţii*, Ed. Academiei, 1983, Bucureşti, România.

[2] Deliu, F.,*Fenomene tranzitorii în echipamenele navale, alimentate hibrid,* 2011, Timişoara, România.

[3] Deliu, F., Gheorghiu S.,*Exploatarea, întreţinerea şi repararea instalaţiilor electrice navale,* Ed. ANMB, 2009, Constanţa, România.

[4] Panaite, V., Popescu, M.,O.,*Calitatea produselor şi fiabilitate*, Ed. Matrix Rom, 2003, Bucureşti, România.

[5] Ţârcolea, C., Filipoiu, A., Bontaş, S.,*Tehnici actuale în teoria fiabilităţii*, Ed. Ştiinţifică şi Enciclopedică, 1989, Bucureşti, România.

[6] Vasiliu, P.,*Programare în Matlab*, Ed. ANMB, 2015, Constanţa, România.

Despre autori

Dr. ing. **Paul VASILIU**
Academia Navală „Mircea cel Bătrân", Constanţa, România

Şef lucrări la Departamentul Inginerie Electrică şi Electronică Navală din Facultatea de Inginerie Marină a Academiei Navale „Mircea cel Bătrân", disciplinele: Informatică aplicată, Reţele de calculatoare şi baze de date, Calitate şi fiabilitate, Metode numerice.

Dr. ing. **Florenţiu DELIU**
Academia Navală „Mircea cel Bătrân", Constanţa, România

Conferenţiar la Departamentul Inginerie Electrică şi Electronică Navală din Facultatea de Inginerie Marină a Academiei Navale „Mircea cel Bătrân", disciplinele: Maşini electrice, Acţionări electrice navale, Mentenanţa sistemelor electrice navale.