

# EVALUAREA CALITATIVĂ ȘI CANTITATIVĂ A ELEMENTELOR SISTEMELOR CU STRUCTURĂ COMPLEXĂ

# THE QUALITATIVE AND QUANTITATIVE EVALUATION OF THE ELEMENTS OF SYSTEMS WITH COMPLEX STRUCTURE

**Ionel MARTINESCU**

"Transilvania" University of Braşov, Romania

**Rezumat.** Lucrarea prezintă evaluarea cantitativă și cantitativă a elementelor unui sistem cu structură complexă format din nouă elemente, luând în considerare cazul în care fiabilitatea acestora este dependentă de timp. Evaluarea se face prin prisma relațiilor de calcul, tabelelor și diagramelor.

**Abstract.** The paper presents the qualitative and quantitative evaluation of the elements of systems with complex structure, demonstrated on a system with nine elements, taking into account the cases of reliability parameters specification time dependent. The evaluations are realized through calculus relations, tables and diagrams.

**Cuvinte cheie:** sistem, fiabilitate, structură complexă

**Key words:** system, reliability, complex structure

## 1. Introducere

Determinarea importanței elementelor unui sistem reprezintă o cerință majoră în procesul de optimizare sau de îmbunătățire a fiabilității acestuia. Odată întocmită diagrama de fiabilitate a unui sistem, se ridică problema determinării elementelor „slabe” sau mai puțin fiabile, astfel încât să se poată lua măsurile necesare atingerii fiabilității specificate sau de îmbunătățire a fiabilității sistemului. Sarcina analistului nu este deloc ușoară, având în vedere complexitatea și dimensiunile unor sisteme industriale. Dacă pentru sistemele cu structură elementară identificarea și cuantificarea importanței elementelor reprezintă o problemă relativ simplă, în cazul sistemelor de mari dimensiuni sunt necesare, chiar, o serie de aproximări matematice.

Importanța elementelor reprezintă un indicator care specifică contribuția fiecărui element la totalul fiabilității sistemului. Acest aspect prezintă o importanță deosebită, deoarece indică elementele asupra cărora trebuie acționat în vederea îmbunătățirii fiabilității sistemului.

Evaluarea importanței elementelor se face în „spațiul succesului” sistemului, spre deosebire de evaluarea importanței elementelor în arborele de defectare, care se efectuează în „spațiul defectelor”, reflectând importanța elementelor sistemului la pana acestuia.

Studiul importanței elementelor trebuie să se facă pentru fiecare caz în parte, luând în considerare modul de exprimare a fiabilității acestora: constantă sau dependentă de timp.

Pentru optimizarea importanței elementelor sistemelor este necesar să se aibă în vedere și costul acestora, caz ne luat în considerare în analiza de față.

## 1. Introduction

The determination of the significance of the elements of a system represents a major prerequisite in the process of optimizing and improvement of its reliability. Once the reliability diagram is drawn up, the problem of determining the „weaker” or less reliable elements occurs, in order to take the necessary measures to achieving the specified reliability or to improving the system's reliability. The analyst's task is not easy, considering the complexity and the scale of industrial systems. If in the case of simple systems the detection and quantification of the elements' importance represents a relatively easy problem, in the case of large scale systems is necessary a series of mathematical approximations.

Considering the fact that the systems act in the „success space”, the importance of the system's elements refers to their contribution to the proper operation of the system (not to be confused with the importance of events in the fault tree, which quantifies their importance in the generation of the system's breakdown).

Assessing the importance of the items is done in "the success space" system, unlike assessing the importance of elements in failure tree, which is made in "the flaws" space, reflecting the importance of the system items at failure.

The study of the elements' importance is being done individually for every case, depending of the way their reliability is specified: constant or time dependent.

For optimizing the importance of the systems' elements it is necessary to take into account their cost also, which it is not the case in the present paper.

## 2. Fiabilitatea sistemului cu structură complexă

Pentru determinarea fiabilității sistemelor cu structură complexă se pot utiliza trei metode, și anume:

- metoda factorizării;
- metoda ansamblurilor minimale;
- metoda modularizării.

În cele ce urmează se prezintă metoda factorizării, luând în considerare un sistem complex format din nouă elemente, figura 1.

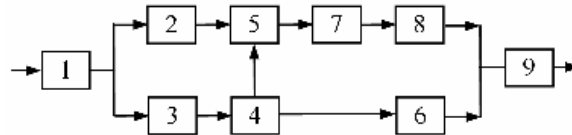


Figura 1. Sistem complex cu nouă elemente  
Figure 1. Complex system with nine elements

Pentru rezolvarea sistemului cu structură complexă se utilizează metoda factorizării, bazată pe teorema lui Bayes [1]. Astfel, dacă se consideră un ansamblu de elemente  $S$  și un subsansamblu particular  $S_A$  al acestuia, făcând notațiile:

- $S$  – ansamblul să fie în stare de funcționare;
- $S_A$  – subsansamblul să fie în stare de funcționare;
- $\overline{S_A}$  – subsansamblul să fie în stare de pană,

atunci probabilitatea de funcționare ansamblului se poate exprima cu ajutorul relației:

$$P(S) = P(S|S_A)P(S_A) + P(S|\overline{S_A})P(\overline{S_A}), \quad (1)$$

unde:

- $P(S/S_A)$  și  $P(S/\overline{S_A})$  reprezintă probabilitatea condiționată de funcționare a ansamblului  $S$ , subsansamblul  $S_A$  fiind în stare de funcționare, respectiv, probabilitatea condiționată de funcționare a ansamblului  $S$ , subsansamblul  $S_A$  fiind în stare de pană;
- $P(S_A)$  și  $P(\overline{S_A})$  – probabilitatea funcționare a subsansamblului  $S_A$ , respectiv, probabilitatea de pană a acestuia.

Având în vedere că:

- $P(S) = R_S$  - fiabilitatea ansamblului;
  - $P(S_A) = R_{S_A}$  - fiabilitatea subsansamblului;
  - $P(\overline{S_A}) = 1 - R_{S_A}$  - nonfiabilitatea subsansamblului;
  - $P(S|S_A) = R_S|S_A$  - fiabilitatea ansamblului  $S$ , condiționată de starea de funcționare a subsansamblului  $S_A$ ;
  - $P(S|\overline{S_A}) = R_S|\overline{S_A}$  - fiabilitatea ansamblului  $S$ , condiționată de starea de pană a subsansamblului  $S_A$ ,
- relația (1) se scrie sub forma:

## 2. The system's reliability with complex structure

To determine the reliability of system with complex structure we can use three methods, namely:

- the factorization method;
- the minimal assemblies method;
- the modulation method.

In the next paragraph, is presented the factorization method, taking to account a complex system of nine elements, figure 1.

In order to solve the complex structure system it is used the factorization method based on Bayes's theorem [1]. Let us consider an assembly of elements  $S$  and a particular subassembly  $S_A$ . The notations are as following:

- $S$  – the working state of the assembly;
- $S_A$  – the working state of the subassembly;
- $\overline{S_A}$  – the failure state of the subassembly.

Then, the assembly's probability of operation can be written:

where:

- $P(S/S_A)$  and  $P(S/\overline{S_A})$  represent the conditional probability of operation for the assembly  $S$ , the subassembly  $S_A$  being in state of operation, and the conditional probability of operation for the assembly  $S$ , the subassembly  $S_A$  being in state of failure, respectively;
- $P(S_A)$  and  $P(\overline{S_A})$ . – the probability of operation of the subassembly  $S_A$ , and the probability of its failure respectively.

Taking into consideration that:

- $P(S) = R_S$  - the assembly's reliability;
  - $P(S_A) = R_{S_A}$  - the subassembly's reliability;
  - $P(\overline{S_A}) = 1 - R_{S_A}$  - the subassembly's non-reliability;
  - $P(S|S_A) = R_S|S_A$  - the reliability of the assembly  $S$ , conditioned by the operation state of subassembly  $S_A$ ;
  - $P(S|\overline{S_A}) = R_S|\overline{S_A}$  - the reliability of the assembly  $S$ , conditioned by the failure state of subassembly  $S_A$ ,
- the relation (1) can be written:

$$R_S = (R_S|S_A)R_{S_A} + (R_S|\overline{S_A})(1 - R_{S_A}), \quad (2)$$

care reprezintă *factorizarea* sistemului în raport cu subansamblul  $S_A$ .

Relația (2) raportată la elementul  $A$  se poate scrie sub următoarea formă:

$$R_S = (R_S|A_F)R_A + (R_S|A_P)(1 - R_A), \quad (3)$$

în care  $A_F$  reprezintă faptul ca elementul  $A$  se află în stare de funcționare;  $A_P$  – elementul  $A$  se află în stare de pană;  $R_A$  – fiabilitatea elementului  $A$ .

Dacă factorii  $R_S|A_F$  și  $R_S|A_P$  nu pot fi exprimați direct, atunci factorizarea sistemului se poate face, în continuare, în raport cu un alt element, de exemplu elementul  $B$ , și anume:

$$R_S = (R_S|B_F|A_F)R_B + (R_S|B_P|A_P)(1 - R_A). \quad (4)$$

Procedura se poate continua până când fiecare factor al fiabilității sistemului poate fi exprimat direct ca expresie a fiabilității elementelor componente.

În cazul cel mai general expresia fiabilității sistemului complex are forma:

$$R_S = \sum_{i=1}^n P(R_S|\text{Elementul } A \text{ se află în starea } S_i) \cdot P(\text{Elementul } A \text{ se află în starea } S_i) \quad (5)$$

$$R_S = \sum_{i=1}^n P(R_S|\text{The element } A \text{ is in the state } S_i) P(\text{The element } A \text{ is in the state } S_i)$$

unde  $n$  reprezintă numărul de elemente ale sistemului.

Sistemul din figura 1 nu poate fi decompozat în subsisteme cu structură elementara serie sau paralele. Din această cauză, se adoptă factorizarea în raport cu elementul 4, figura 2. Dacă elementul 4 se află în stare de funcționare el poate fi înlocuit printr-un fir în scurtcircuit, iar sistemul se poate reduce la subsistemul  $S_1$ . Dacă elementul 4 este în stare de pană, atunci el este eliminat din sistem, iar sistemul se reduce la subsistemul  $S_2$ .

Fiabilitatea sistemului complex, determinată prin metoda factorizării, are expresia:

$$R_S = R_{S_1}R_4 + R_{S_2}(1 - R_4), \quad (6)$$

unde  $R_{S_1}$  și  $R_{S_2}$  reprezintă fiabilitățile subsistemului  $S_1$  și, respectiv,  $S_2$ , iar  $R_4$  reprezintă fiabilitatea elementului 4.

Factorizarea sistemului, conform celor prezentate mai sus, conduce la un subsistem  $S_1$  a cărui structură este, de asemenea, complexă. Ca

which represents the system's factorization versus the subassembly  $S_A$ .

The relation (2) reported to the element  $A$  can be written as follows:

where  $A_F$  represents the operation state of element;  $A_P$  – represents the failure state;  $R_A$  – the reliability of element  $A$ .

If the factors  $R_S|A_F$  and  $R_S|A_P$  can't be determined directly, the factorization of system can be calculated in rapport with another element, for example element  $B$ , namely:

The procedure can continue until every factor of the system's reliability may be determined directly as an expression of the reliability of the component elements.

In general, the expression of the reliability of the complex system has the next formula:

where  $n$  represents the number of elements of the system.

The system in figure 1 cannot be decomposed into series/parallel elementary subsystems. Because of this, it is adopted its factorization versus the element 4, figure 2. In the case when the element 4 is working, it can be replaced by a short circuit binding, and the system will be reduced to the subsystem  $S_1$ . If the element 4 fails, then it will be eliminated, and the system will be reduced to the subsystem  $S_2$ .

The complex system's reliability, determined using its factorization, has the expression:

when  $R_{S_1}$  and  $R_{S_2}$  represent the reliabilities of the subsystems  $S_1$  and, respectively,  $S_2$ ;  $R_4$  – the reliability of the element 4.

The factorization of the system, according to the data presented above, leads to a subassembly which also has a complex structure. As a result, a

urmare, se face o nouă factorizare, luând în considerare elementul 3, iar fiabilitatea sistemului se poate scrie sub forma:

$$R_S = [R_{S_3} R_3 + R_{S_4} (1 - R_3)] R_4 + R_{S_2} (1 - R_4), \quad (7)$$

în care  $R_{S_3}$  și  $R_{S_4}$  reprezintă fiabilitățile subsistemelor  $S_3$  și  $S_4$ . Aceste două subsisteme pot fi evaluate pe baza relațiilor cunoscute pentru sistemele cu structură elementară [2].

new factorization is being done, taking into account the element 3, and the system's reliability can be written like this:

where  $R_{S_3}$  and  $R_{S_4}$  represent the reliability of subassembly  $S_3$  and  $S_4$ . These two subsystems can be using the known relations for the system with elementary structure [2].

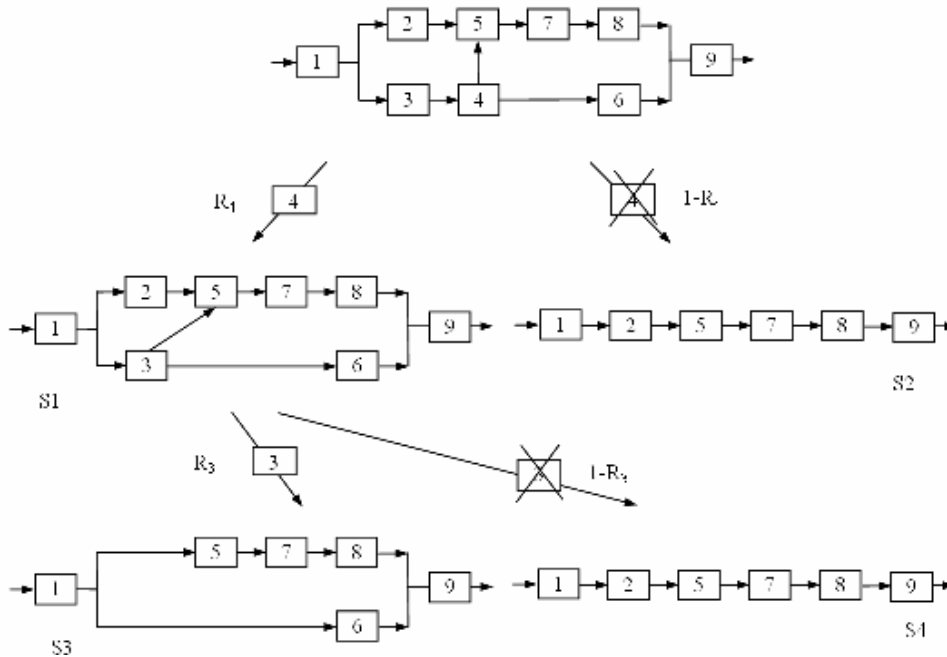


Figura 2. Dubla factorizare a sistemului cu structură complexă  
Figure 2. The double factorization of the system with complex structure

Fiabilitatea subsistemului  $S_3$ , având structură elementară, poate fi scrisă:

$$R_{S_3} = R_1 (R_5 R_7 R_8 + R_6 - R_5 R_6 R_7 R_8) R_9 = R_1 R_5 R_7 R_8 R_9 + R_1 R_6 R_9 - R_1 R_5 R_6 R_7 R_8 R_9, \quad (8)$$

iar fiabilitatea subsistemului  $S_4$ , egală cu cea a subsistemului  $S_2$ , având o structură serie, se poate scrie sub forma [1]:

$$R_{S_4} = R_{S_2} = R_1 R_2 R_5 R_7 R_8 R_9, \quad (9)$$

Ținând seama de relațiile (8) și (9), fiabilitatea sistemului, dată de relația (6), devine:

$$R_S = [(R_1 R_5 R_7 R_8 R_9 + R_1 R_6 R_9 - R_1 R_5 R_6 R_7 R_8 R_9) R_3 + R_1 R_2 R_5 R_7 R_8 R_9 (1 - R_3)] R_4 + R_1 R_2 R_5 R_7 R_8 R_9 (1 - R_4), \quad (10)$$

care se poate scrie și sub forma:

$$R_S = R_1 R_3 R_4 R_5 R_7 R_8 R_9 + R_1 R_3 R_4 R_6 R_9 - R_1 R_3 R_4 R_5 R_6 R_7 R_8 R_9 - R_1 R_2 R_3 R_4 R_5 R_7 R_8 R_9 + R_1 R_2 R_5 R_7 R_8 R_9. \quad (11)$$

În cazul în care fiabilitățile elementelor componente ale sistemului sunt dependente de timp, tabelul 1, fiabilitatea sistemului are expresia:

The reliability of subsystems  $S_3$ , with a elementary structure, can be written:

and the reliabilities of subsystem  $S_4$ , equal to that of subsystem  $S_2$ , having a series structure, can be expressed as follows: [1]:

Considering the relations (8) and (9), the reliabilities of the system (relation (6)), translates into:

which can be also be written like this:

If the reliabilities of the component elements of the system are time dependent, table 1, the reliability of the system has the expression:

$$R_S(t) = R_1(t)R_3(t)R_4(t)R_5(t)R_7(t)R_8(t)R_9(t) + R_1(t)R_3(t)R_4(t)R_6(t)R_9(t) - R_1(t)R_3(t)R_4(t)R_5(t)R_6(t)R_7(t)R_8(t)R_9(t) + R_1(t)R_2(t)R_5(t)R_7(t)R_8(t)R_9(t) - R_1(t)R_2(t)R_3(t)R_4(t)R_5(t)R_7(t)R_8(t)R_9(t). \quad (12)$$

Tabelul 1. Parametrii de fiabilitate ai elementelor sistemului  
Table 1. The reliability parameters of the system's elements

Element <i>i</i>	Live distribution	Parameter's values		Reliability's element
1	Weibull	$\beta_1 = 1.5$	$\eta_1 = 200$	$R_i(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta_i}\right)^{\beta_i}}$
2	Weibull	$\beta_2 = 4$	$\eta_2 = 1000$	
3	Weibull	$\beta_3 = 2$	$\eta_3 = 150$	
4	Weibull	$\beta_4 = 2$	$\eta_4 = 150$	
5	Weibull	$\beta_5 = 2$	$\eta_5 = 400$	
6	Weibull	$\beta_6 = 1.7$	$\eta_6 = 400$	
7	Weibull	$\beta_7 = 2.5$	$\eta_7 = 100$	
8	Weibull	$\beta_8 = 0.8$	$\eta_8 = 500$	
9	Weibull	$\beta_9 = 1.5$	$\eta_9 = 10000$	

Luând în considerare expresiile fiabilităților elementelor componente ale sistemului, atunci fiabilitatea acestuia devine:

Taking into account the expression of reliabilities of the component elements of the system, its reliability becomes:

$$R_S(t) = e^{-\left[\left(\frac{t}{\eta_1}\right)^{\beta_1} + \left(\frac{t}{\eta_3}\right)^{\beta_3} + \left(\frac{t}{\eta_4}\right)^{\beta_4} + \left(\frac{t}{\eta_5}\right)^{\beta_5} + \left(\frac{t}{\eta_7}\right)^{\beta_7} + \left(\frac{t}{\eta_8}\right)^{\beta_8} + \left(\frac{t}{\eta_9}\right)^{\beta_9}\right]} + e^{-\left[\left(\frac{t}{\eta_1}\right)^{\beta_1} + \left(\frac{t}{\eta_3}\right)^{\beta_3} + \left(\frac{t}{\eta_4}\right)^{\beta_4} + \left(\frac{t}{\eta_6}\right)^{\beta_6} + \left(\frac{t}{\eta_9}\right)^{\beta_9}\right]} - e^{-\left[\left(\frac{t}{\eta_1}\right)^{\beta_1} + \left(\frac{t}{\eta_3}\right)^{\beta_3} + \left(\frac{t}{\eta_4}\right)^{\beta_4} + \left(\frac{t}{\eta_5}\right)^{\beta_5} + \left(\frac{t}{\eta_6}\right)^{\beta_6} + \left(\frac{t}{\eta_7}\right)^{\beta_7} + \left(\frac{t}{\eta_8}\right)^{\beta_8} + \left(\frac{t}{\eta_9}\right)^{\beta_9}\right]} + e^{-\left[\left(\frac{t}{\eta_1}\right)^{\beta_1} + \left(\frac{t}{\eta_2}\right)^{\beta_2} + \left(\frac{t}{\eta_5}\right)^{\beta_5} + \left(\frac{t}{\eta_7}\right)^{\beta_7} + \left(\frac{t}{\eta_8}\right)^{\beta_8} + \left(\frac{t}{\eta_9}\right)^{\beta_9}\right]} - e^{-\left[\left(\frac{t}{\eta_1}\right)^{\beta_1} + \left(\frac{t}{\eta_2}\right)^{\beta_2} + \left(\frac{t}{\eta_3}\right)^{\beta_3} + \left(\frac{t}{\eta_4}\right)^{\beta_4} + \left(\frac{t}{\eta_5}\right)^{\beta_5} + \left(\frac{t}{\eta_7}\right)^{\beta_7} + \left(\frac{t}{\eta_8}\right)^{\beta_8} + \left(\frac{t}{\eta_9}\right)^{\beta_9}\right]}. \quad (13)$$

### 3. Importanța elementelor sistemului

Evaluarea importanței unui element al sistemului se face cu o relație generală, de forma [3, 4, 5]:

### 3. The importance of the system's elements

The evaluation of the importance of a system's element is being done with a general relationship, looking like this [3, 4, 5]:

$$I_{E_i} = \frac{\partial R_S(t)}{\partial R_i(t)}, \quad (14)$$

unde  $R_S(t)$  reprezintă fiabilitatea sistemului, iar  $R_i(t)$  fiabilitatea elementului  $i$ .

where  $R_S(t)$  represents the system's reliability, and  $R_i(t)$  - reliability of the  $i$  element.

Relația (12) arată importanța sau contribuția unui element la defectarea sau pana întregului sistem.

Relation (12) shows the importance or the contribution of an element to the break down or the damage of the entire system.

Importanța celor nouă elemente ale sistemului se determină luând în considerare relațiile (12) și (14). Astfel, pentru elementul 1, importanța acestuia are expresia:

$$I_{E_1} = \frac{\partial R_S(t)}{\partial R_1(t)} = R_3(t)R_4(t)R_5(t)R_7(t)R_8(t)R_9(t) + R_3(t)R_4(t)R_6(t)R_9(t) - R_3(t)R_4(t)R_5(t)R_6(t)R_7(t)R_8(t)R_9(t) + R_2(t)R_5(t)R_7(t)R_8(t)R_9(t) - R_2(t)R_3(t)R_4(t)R_5(t)R_7(t)R_8(t)R_9(t), \quad (15)$$

The importance of the nine elements of the system is determined considering the relations (12) and (14). So, for the element 1, its importance has the expression:

sau, luând în considerare și relația (14):

or, considering the relation (14):

$$I_{E_1} = \frac{\partial R_S(t)}{\partial R_1(t)} = e^{-\left[\left(\frac{t}{\eta_3}\right)^{\beta_3} + \left(\frac{t}{\eta_4}\right)^{\beta_4} + \left(\frac{t}{\eta_5}\right)^{\beta_5} + \left(\frac{t}{\eta_7}\right)^{\beta_7} + \left(\frac{t}{\eta_8}\right)^{\beta_8} + \left(\frac{t}{\eta_9}\right)^{\beta_9}\right]} \left[ \left(\frac{t}{\eta_3}\right)^{\beta_3} + \left(\frac{t}{\eta_4}\right)^{\beta_4} + \left(\frac{t}{\eta_6}\right)^{\beta_6} + \left(\frac{t}{\eta_5}\right)^{\beta_5} \right] - e^{-\left[\left(\frac{t}{\eta_3}\right)^{\beta_3} + \left(\frac{t}{\eta_4}\right)^{\beta_4} + \left(\frac{t}{\eta_5}\right)^{\beta_5} + \left(\frac{t}{\eta_6}\right)^{\beta_6} + \left(\frac{t}{\eta_7}\right)^{\beta_7} + \left(\frac{t}{\eta_8}\right)^{\beta_8} + \left(\frac{t}{\eta_9}\right)^{\beta_9}\right]} + e^{-\left[\left(\frac{t}{\eta_2}\right)^{\beta_2} + \left(\frac{t}{\eta_5}\right)^{\beta_5} + \left(\frac{t}{\eta_7}\right)^{\beta_7} + \left(\frac{t}{\eta_8}\right)^{\beta_8} + \left(\frac{t}{\eta_9}\right)^{\beta_9}\right]} - e^{-\left[\left(\frac{t}{\eta_2}\right)^{\beta_2} + \left(\frac{t}{\eta_3}\right)^{\beta_3} + \left(\frac{t}{\eta_4}\right)^{\beta_4} + \left(\frac{t}{\eta_5}\right)^{\beta_5} + \left(\frac{t}{\eta_7}\right)^{\beta_7} + \left(\frac{t}{\eta_8}\right)^{\beta_8} + \left(\frac{t}{\eta_9}\right)^{\beta_9}\right]} \quad (16)$$

În figura 3 se prezintă variația importanței celor nouă elemente ale sistemului, obținută prin rezolvarea cu ajutorul calculatorului a ecuațiilor (14).

The variation of importance the system's nine elements, obtained by solving the equations (14) using a computer, is presented in figure 3.

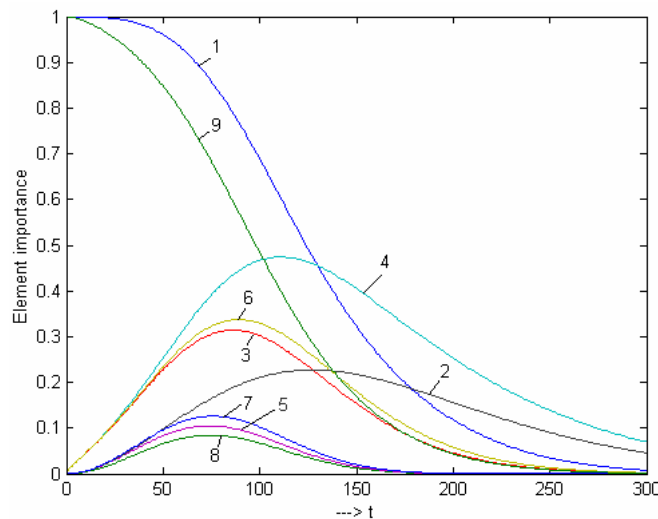
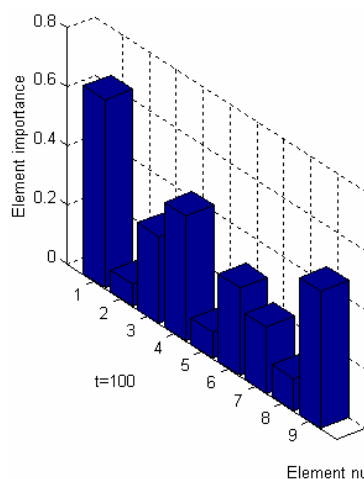


Figura 3. Variația importanței elementelor sistemului în funcție de timp  
Figure 3. The variation of the importance of the system's elements depending on time

Pentru o valoare a timpului de funcționare, de exemplu  $t = 100$ , importanța celor nouă elemente ale sistemului se prezintă în figura 4.

For a value of the lifetime, for example  $t = 100$ , the importance of the system's elements is represented in figure 4.

Figura 4. Importanța elementelor sistemului la  $t = 100$ Figure 4. The importance of the system's elements at the time  $t = 100$ 

#### 4. Concluzii

Importanța elementelor sistemului măsoară gradul în care aceste elemente contribuie la defectarea sau pana sistemului. Determinarea și evaluarea importanței elementelor sistemului cu structură complexă depinde de modul în care sunt specificați parametrii de fiabilitate. În plus, trebuie luată în considerare și poziția pe care elementul o are în diagrama de fiabilitate a sistemului. Ca o consecință, în cazul în care elementele sistemului prezintă aceeași fiabilitate, importanța lor la pana sistemului depinde numai de modul în care sunt conectate în sistem.

#### 4. Conclusions

The importance of the system's elements measures the degree in which they contribute to the system's failure/breakdown. The determination and evaluation of the importance of the elements of systems with complex structure depends on the manner of specification of the reliability parameters. In addition, we take into account the position that the elements have in the system's structure or in the logical reliability diagram. As a consequence, in the case when all the elements of the system have the same reliability, their importance to the system's failure depends on the way they are connected in the system.

#### References

1. Martinescu, I.: *Reliability and security of systems*. Lux Libris Publishing House, ISBN 973-9458-42-4 Brasov, Romania, 2005, (in Romanian)
2. \* \* \*: *Using Reliability Importance Measures to Guide Component Improvement Efforts*. Reliability EDGE, Vol. 1, Issue 1, Quarter 2, 2000
3. \* \* \*: *Reliability Importance Measure of Components in a Complex System – Identifying the 20% in the 80/20 Rule*. The eMagazine for the Reliability Professional, Issue 66, July 2006
4. Martinescu, I.: *Determination of the importance of the complex structure systems' elements by factorization method*. 3<sup>rd</sup> International Conference "Mechanics and Machine Elements", 2...4 November, 2006, Sofia, Bulgaria, p. 293-298, ISBN-10: 954-438-587-8, ISBN-13: 978-954-438-587-3
5. Martinescu, I.: *Systems with parallel structure*. International Conference at Technical University of Sofia, Bulgaria, 4-6 November, 2005, vol. II, p. 302-305. ISBN-10: 954-323-181-8, ISBN-13: 978-954-323-181-5

Lucrare primită în Octombrie 2007

Received in October 2007