

MODEL PENTRU ANALIZA DEFECȚIUNILOR APLICABIL ÎN MENTENANȚĂ CA DOMENIU AL PLANIFICĂRII SPRIJINULUI LOGISTIC

Lt.col.dr.ing. Gheorghe NEGRU*
U.N. 02512 Bucureștii

Articolul prezintă un model pentru analiza defecțiunilor precum și aplicarea acestuia pentru un studiu de caz din domeniul managementului planificării logistice.

Cuvinte cheie: fiabilitate; planificare logistică; mentenanță.

Mentenanța, ca parte a managementului planificării logistice, este o combinație de acțiuni cu intenția de a menține sau a reface starea unui sistem care să îi permită acestuia executarea funcțiilor și operațiunilor pentru care a fost proiectat. Acest concept conduce la o clasificarea a acțiunilor de mentenanță astfel:

- acțiuni orientate spre menținerea capabilităților tehnico-operaționale ale unui sistem;
- acțiuni orientate spre refacerea capabilităților tehnico-operaționale ale unui sistem.

Menținerea și refacerea sunt definiții ale tipurilor de acțiuni care sunt concretizate prin mentenanța preventivă respectiv corectivă. Pe baza acestor criterii standardul pentru mentenanță al Uniunii Europene¹ prezintă o serie de tipuri de mentenanță conform celor din figura nr. 1.

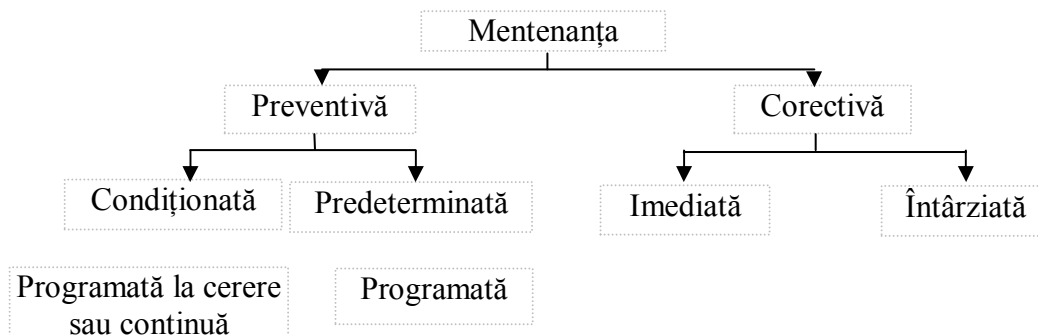


Fig. 1 Tipuri de mentenanță conform EN 13306: 2001

* e-mail: gnegru@acttm.ro

¹ EN 13306:2001, Maintenance Terminology. European Standard. CEN (European Committee for Standardization), Brussels, 2001.

Funcții de bază pentru modelul defectiunii

Se vor lua în considerare următoarele funcții de bază referitoare la defectiunile sistemelor/echipamentelor:

Tabelul 1

Semnificația notațiilor

<i>Mărime</i>	<i>Semnificație</i>
$f(t)$	Funcția densității probabilității de defectare
$F(t)$	Funcția de distribuție a probabilității de defectare (Funcția distribuției cumulate a probabilității de defectare)
$R(t)$	Funcția de fiabilitate
$\lambda(t)$	Rata de defectare

Fie funcțiile:

$$f(t) = R(t-1) - R(t), \quad 1)$$

$$\lambda(t) = f(t) / R(t-1) \quad 2)$$

$$F(t) = 1 - R(t), \quad 3)$$

Pentru intervale discrete de timp prin transformarea funcțiilor de bază în funcții de probabilitate continue se obțin următoarele:

- $R(t)$ este probabilitatea de a funcționa până la momentul de timp t .
- $\lambda(t)dt$ este probabilitatea de defectare în intervalul $[t, t+dt]$ presupunând că sistemul/echipamentul funcționează până la momentul de timp t .

Astfel vom avea ²

$$\lambda(t)dt = f(t)dt / R(t) \quad 4)$$

unde $f(t)dt$ este probabilitatea de defectare în intervalul $[t, t+dt]$ cu $f(t)$ funcția densității probabilității timpului de defectare.

² Adolfo Crespo Márquez, *The Maintenance Management Framework*, Springer-Verlag London Limited, 2007.

Probabilitatea de defectare (rata de defectare) se va determina cu formula:

$$\lambda(t) = f(t) / R(t) \quad 5)$$

Prin integrare pe intervalul $[0, t]$ vom avea

$$\int_0^t f(t) dt = 1 - R(t) \quad 6)$$

Derivând ecuația anterioară obținem³

$$f(t) = \frac{-dR(t)}{dt} \quad 7)$$

Înlocuind ecuația (7) în ecuația (5) obținem

$$-\lambda(t) = \frac{dR(t)}{dt} \frac{1}{R(t)} \quad 8)$$

Integrând ecuația (8) se obține

$$-\int_0^t \lambda(t) dt = \int_1^{R(t)} \frac{dR(t)}{R(t)} \quad 9)$$

Limitele de integrare ale ratei de defectare sunt cuprinse în intervalul $[0, t]$. La momentul $t=0$, $R(t)=1$ iar în t fiabilitatea va fi $R(t)$. Dacă vom integra ecuația (9) rezultatul va fi

$$-\int_0^t \lambda(t) dt = \ln R(t) \Big|_1^{R(t)} = \ln R(t) - \ln 1 = \ln R(t) \quad 10)$$

Astfel⁴

$$R(t) = \exp \left\{ - \int_0^t \lambda(t) dt \right\} \quad 11)$$

În acest context putem observa faptul că în situația în care avem o rată de defectare constantă distribuția defecțiunilor este aleatorie fiind definită de

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad 12)$$

³ *Ibidem.*

⁴ *Idem.*

Studiu de caz

Date de intrare

O structură de sprijin logistic dislocată într-un teatru de operații efectuează misiuni cu 5 camioane identice achiziționate la aceeași dată și intrate în exploatare la aceeași dată. După aproximativ 10 luni se efectuează analiza defecțiunilor la camioane. S-a constatat faptul că anumite componente de cauciuc ale motorului au avut un număr semnificativ de defecțiuni. Acestea sunt sintetizate în tabelul 2.

Tabelul 2
Centralizatorul defecțiunilor elementelor de cauciuc

<i>Luna</i>	<i>Camion 1</i>	<i>Camion 2</i>	<i>Camion 3</i>	<i>Camion 4</i>	<i>Camion 5</i>
1		Defecțiune		Defecțiune	
2			Defecțiune	Defecțiune	
3					Defecțiune
4	Defecțiune	Defecțiune		Defecțiune	Defecțiune
5			Defecțiune		
6			Defecțiune		
7	Defecțiune		Defecțiune		
8		Defecțiune		Defecțiune	Defecțiune
9					
10	Defecțiune	Defecțiune			

Date de ieșire

Ne propunem să evaluăm prin intermediul funcțiilor de bază ale modelului defecțiunii nivelul fiabilității componentelor de cauciuc ale camioanelor aflate în înzestrarea structurii de sprijin logistic.

Vom parcurge următoarele etape:

- estimarea funcției de distribuție a defecțiunilor;
- estimarea ratei de defectare a componentelor de cauciuc;
- reprezentarea grafică a funcțiilor de bază ale modelului defecțiunilor.

Rezultatul estimărilor referitoare la funcția de distribuție a defecțiunilor precum și a ratei de defectare a componentelor de cauciuc este prezentat în tabelul 3. Rezultatele din tabelul 3 au fost obținute pe baza datelor cuprinse în tabelul 4. Tabelul 4 se obține din tabelul 2 prin gruparea defecțiunilor din baza de date pe baza duratei de viață estimate a componentelor de cauciuc. În situația analizată conform recomandărilor producătorului componentelor de cauciuc acestea se pot afla în următoarele situații:

- Perioada 1: rezervă de funcționare de 90%;
- Perioada 2: rezervă de funcționare de 70%;
- Perioada 3: rezervă de funcționare de 50%;
- Perioada 4 : rezervă de funcționare sub 30%.

Încadrarea în fiecare categorie, din cele menționate anterior, se face conform numărului de ore de funcționare înscrise în cărțile tehnice ale camioanelor.

Tabelul 3

Obținerea funcțiilor de bază

<i>Perioada din durata de viață a componentelor de cauciuc</i>	$f(t)$	$F(t)$	$R(t)=1-F(t)$	$\lambda(t)=\frac{f(t)}{R(t-1)}$
Perioada 1	6/18=1/3	1/3	12/18=2/3	1/3
Perioada 2	3/18=1/6	1/2	9/18=1/2	1/4
Perioada 3	5/18	7/9	4/18=2/9	5/9
Perioada 4	4/18=2/9	1	0	1

Tabelul 4

Numărul de defecțiuni pe timpul duratei de viață pe camion

Numărul de defecțiuni pe camion și perioada din durata de viață. Se presupune că există aceeași cauză a defecțiunilor						
<i>Perioada din durata de viață a componentelor de cauciuc</i>	<i>Camion 1</i>	<i>Camion 2</i>	<i>Camion 3</i>	<i>Camion 4</i>	<i>Camion 5</i>	<i>Total</i>
Perioada 1		1	2	2	1	6
Perioada 2		1	1	1		3
Perioada 3	2	1	1		1	5
Perioada 4	1	1		1	1	4
						18

Detaliile pentru obținerea funcției $F(t)$ (conform datelor din tabelul nr. 2) sunt prezentate în tabelul nr. 5.

Tabelul 5

Obținerea funcției $F(t)$

	<i>Perioada 1</i>	<i>Perioada 2</i>	<i>Perioada 3</i>	<i>Perioada 4</i>
Număr defecțiuni	6	3	5	4
Număr cumulat de defecțiuni	6	9	14	18
$F(t)$	$6/18=1/3$	$9/18=1/2$	$14/18=7/9$	$18/18=1$

Conform datelor prezentate în tabelul 3 se obține reprezentarea grafică a funcțiilor $f(t)$, $F(t)$, $R(t)$, $\lambda(t)$ din figura nr. 1.

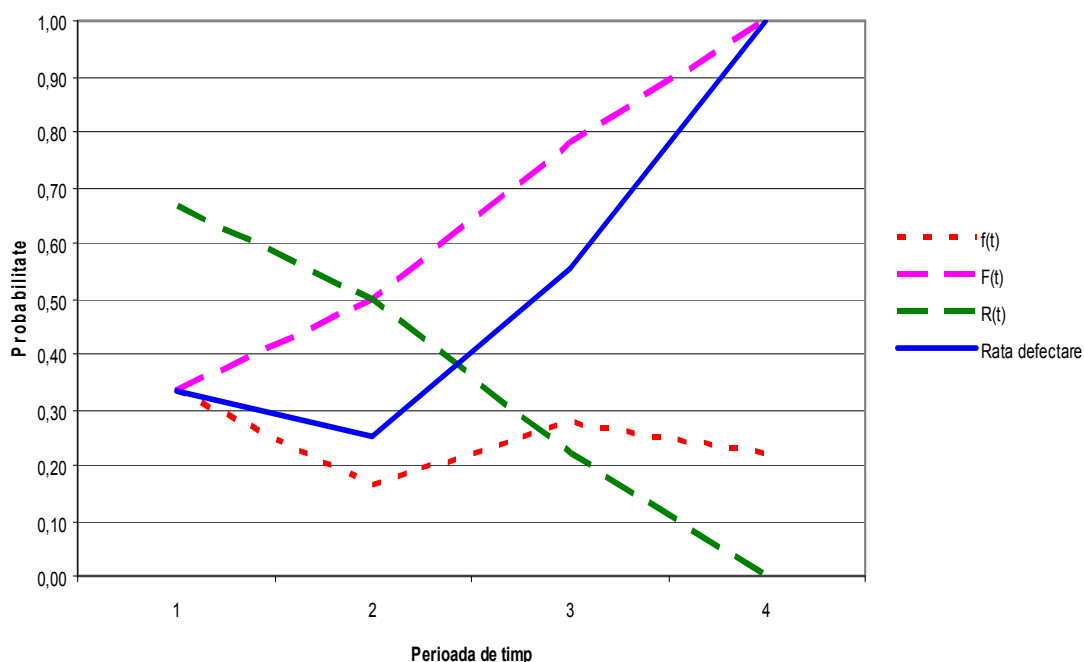


Fig. 2 *Reprezentarea funcțiilor de bază*

Interpretarea rezultatelor

Conform calculelor efectuate și a reprezentării grafice din figura 2 identificăm următoarele:

1. Probabilitatea de defectare a componentelor de cauciuc, $F(t)$, este ridicată deoarece predomină componente aflate în perioadele 3 și 4 care sunt la limita ciclului normat de funcționare.

2. Fiabilitatea la nivelul componentelor de cauciuc, $R(t)$, este extrem de scăzută fapt ce confirmă observația referitoare la valorile funcției $F(t)$.

3. Rata de defectare, $\lambda(t)$, la nivelul componentelor de cauciuc este ridicată fapt ce constituie o confirmare în plus a valorilor obținute pentru $F(t)$ și $R(t)$.

Concluzii

Prin intermediul studiului de caz a fost pusă în evidență utilitatea funcțiilor de bază pentru modelul defecțiunii în domeniul managementului planificării logistice. Acestea permit identificarea cu precizie a subsistemelor/componentelor care pot influența nivelul fiabilității sistemelor tehnice complexe și implicit starea de operativitate a acestora. În egală măsură în condițiile restricțiilor bugetare pot constitui un suport eficient pentru justificarea menținerii/renunțării la un sistem tehnic.

BIBLIOGRAFIE

- Barlow RE, Hunter LC, *Optimum preventive maintenance policies. Operations Research*, 1960.
- Barlow RE, Hunter LC, Proschan F, *Optimum checking procedures. Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics*, 4:1978-1095, 1963.
- Duffuaa SO, *Mathematical Models in Maintenance planning and scheduling*, in Ben-Daya M, Duffuaa SO, Raouf A (eds.), *Maintenance Modeling and Optimization*, Kluwer, Boston, USA, 2000.
- Duffuaa SO, Raouf A, Campbell JD *Planning and control of maintenance systems: modeling and analysis*. Wiley, NY, 1999.
- Woodhouse J, *Managing industrial risk*. London: Chapman Hill, 1993.
- Woodward DG, *Life cycle costing theory. Information, acquisition and application*. *International Journal of Project Management*, 15(6): 335- 344, 1997.