

PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH ĐẠI LƯỢNG ĐẶC TRƯNG ĐỘ TIN CẬY TRONG KHAI THÁC Ô TÔ QUÂN SỰ

METHOD FOR DETERMINING THE CHARACTERISTIC QUANTITY OF RELIABILITY IN AUTOMOBILE OPERATION

Lê Quang Minh¹, Vũ Mạnh Cường²

¹Học viện Kỹ thuật Quân sự

²Trường Đại học Trần Quốc Tuấn

TÓM TẮT

Bài báo trình bày phương pháp tính toán xác định các đại lượng đặc trưng của độ tin cậy, làm cơ sở để có những phương pháp dự báo hư hỏng, từ đó có kế hoạch khai thác ô tô hiệu quả. Mỗi một tính chất thành phần của độ tin cậy cũng được đặc trưng bằng hàm phân bố, mật độ phân bố mà chúng được xác định trên cơ sở các số liệu thống kê trong quá trình khai thác. Khi biết hàm mật độ phân bố có nghĩa là biết dạng quy luật phân bố lý thuyết của đại lượng ngẫu nhiên. Từ đó có thể xác định được các chỉ tiêu độ tin cậy mong muốn. Một vài chỉ tiêu thành phần của độ tin cậy có thể được xác định trực tiếp qua những kết quả thống kê mà không cần sử dụng hàm phân bố.

Từ khóa: Độ tin cậy; Tính không hỏng; Quy luật phân bố; Cường độ hỏng hóc.

ABSTRACT

This article presents a calculation method to determine the characteristic quantities of reliability, as a basis for damage prediction methods, from which there is an effective car exploitation plan. Each component property of reliability is also characterized by a distribution function and distribution density that are determined on the basis of statistical data during the exploitation process. Knowing the distribution density function means knowing the form of the theoretical distribution law of the random quantity. From there, the desired reliability criteria can be determined. Some component criteria of reliability can be determined directly through statistical results without using a distribution function.

Keywords: Reliability; Non-failure; Distribution law; Failure intensity.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Độ tin cậy cũng có thể coi là xác suất hoạt động của sản phẩm trong các điều kiện khai thác xác định [3]. Trong cơ sở lý thuyết độ tin cậy, hệ thống các khái niệm của môn khoa học này có một khái niệm quan trọng là “hồng học”. Đây là một sự kiện ngẫu nhiên, vì vậy theo lý thuyết xác suất, các chỉ số độ tin cậy rõ ràng là cần được xác định như các đại lượng xác suất toán học bằng phương pháp giải tích hay số hoặc nhận được nhờ việc xử lý các số liệu thống kê [2]. Lý thuyết xác suất và toán học thống kê là nền tảng cơ bản của khoa học ứng dụng về độ tin cậy sản phẩm, đối tượng của nó chính là sản phẩm (các thiết bị, hệ thống kỹ thuật). Đây là nội dung khoa học tương đối mới mặc dù các nhà sáng chế và người sử dụng các hệ thống kỹ thuật đã nghiên cứu chúng ngay từ bước đầu tiên sáng tạo và phát triển kỹ thuật ở các mức độ khác nhau.

2. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN ĐỘ TIN CẬY CỦA PHẦN TỬ VÀ HỆ THỐNG

2.1. Xác định quy luật phân bố thời gian làm việc không hỏng của TBVK

2.1.1. Kiểm tra chất lượng của các số liệu ban đầu

Mục đích là đánh giá mức độ tin cậy và sàng lọc thông tin kém tin cậy.

Giả sử khi quan sát thời gian làm việc đến hỏng của một chi tiết nào đó, ta nhận được một dãy các số liệu thống kê đã sắp xếp theo thứ tự tăng dần $t_1, t_2, \dots, t_i, \dots, t_n$. Thông thường, các giá trị $t_{\max}$ và $t_{\min}$ là các giá trị bất thường và chứa các sai số thô. Như vậy, cần phải biết giá trị $t_{\min}$ (hoặc $t_{\max}$) có chứa sai số thô hay không. Có hai trường hợp phân bố được nêu cụ thể

trong tài liệu [2].

* Trường hợp phân bố chuẩn:

Xét đại lượng thống kê phụ:

$$R = \frac{t_{\max} - \bar{T}}{\bar{\sigma}} \text{ hoặc } R = \frac{\bar{T} - t_{\min}}{\bar{\sigma}} \quad (2.1)$$

Trong đó, $\bar{T}$ là giá trị trung bình, $\bar{\sigma}$ là ước lượng độ lệch tiêu chuẩn của đại lượng T. Miền bác bỏ giả thiết A_0 với mức tin cậy p được xác định bởi tiêu chuẩn:

$$\frac{t_{\max} - \bar{T}}{\bar{\sigma}} > R_{n,p} \text{ hoặc } \frac{\bar{T} - t_{\min}}{\bar{\sigma}} > R_{n,p} \quad (2.2)$$

Trong đó, $R_{n,p}$ là giá trị giới hạn của đại lượng R, phụ thuộc vào số liệu còn lại n và mức tin cậy p của kết luận.

* Trường hợp phân bố mũ:

Nếu đại lượng T_i có phân bố mũ với tham số λ , thì đại lượng $2\lambda T_i$ có phân bố χ^2 với hai bậc tự do. Khi cộng hai đại lượng hay nhiều đại lượng ngẫu nhiên độc lập có phân bố χ^2 , đại lượng ngẫu nhiên mới cũng có phân bố χ^2 với bậc tự do bằng tổng số bậc tự do của các đại lượng ngẫu nhiên thành phần. Do đó, đại lượng

ngẫu nhiên $2\lambda \cdot \sum_{i=1}^n T_i$ có phân bố χ^2 với $2n$ bậc tự do.

Trong trường hợp phân bố mũ này, $2\lambda \cdot t_{\min}$ có phân bố χ^2 với hai bậc tự do, còn $2\lambda \sum_{i=1}^n T_i$ có phân bố χ^2 với $2n$ bậc tự do. Trong đó, n là số liệu trong dãy không kê $t_{\min}$. Đại lượng:

$$F_{qs} = \frac{t_{\min}}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i} = \frac{n \cdot t_{\min}}{\sum_{i=1}^n T_i} \quad (2.3)$$

Có phân bố Fisher với $(2n;2)$ bậc tự do. Nếu $t_{\min}$ là giá trị nhỏ bất thường thì tỷ số (2.3) sẽ nhỏ một cách không tỷ lệ. Do đó, miền bác bỏ giả thiết A_0 xác định bởi tiêu chuẩn:

$$\frac{n.t_{\min}}{\sum_{i=1}^n T_i} < F_{\alpha, 2n, 2} \quad (2.4)$$

Nghĩa là, nếu (2.4) thỏa mãn thì $t_{\min}$ có chứa sai số thô, $F_{\alpha, 2n, 2}$ là giá trị tới hạn của đại lượng F được tra theo bảng hoặc tính trực tiếp trên máy tính.

Để tiện sử dụng bảng của phân bố Fisher, (2.4) được viết lại dưới dạng:

$$F_{qs} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n.t_{\min}} > F_{\alpha, 2n, 2} \quad (2.5)$$

Và cũng tương tự như trên, khi kiểm tra giá trị $t_{\max}$ của dãy số có phân bố mũ. Miền bác bỏ giả thiết A_0 bây giờ là:

$$F_{qs} = \frac{n.t_{\max}}{\sum_{i=1}^n T_i} > F_{\alpha, 2n, 2} \quad (2.6)$$

Nghĩa là, nếu (2.6) thỏa mãn thì $t_{\max}$ có sai số thô cần loại bỏ ra khỏi số liệu ban đầu trước khi xem xét tiếp theo.

2.1.2. Xây dựng quy luật phân bố thực nghiệm

Trong trường hợp số lượng mẫu quan sát lớn sẽ đủ điều kiện để xác định một quy luật phân bố liên tục. Trong trường hợp này, có hai phương pháp để xác định quy luật phân bố của các mẫu quan sát được [1]: Phương pháp dựa vào lưới đồ thị mẫu của các phân bố và phương pháp xây dựng biểu đồ thống kê tần suất hồng học.

Phương pháp thứ nhất có ưu điểm rất lớn là đơn giản, thực hiện nhanh chóng, có độ chính xác khá cao, nhưng nó lại có nhược điểm không kém phần quan trọng là phải có đủ các lưới đồ thị mẫu của các phân bố lý thuyết được vẽ trên nền giấy tỷ lệ chuyên dùng. Nhược điểm này là vấn đề khó khăn nhất trong thực tế. Chính vì vậy, trong khuôn khổ của bài báo này sẽ đề cập đến phương pháp thứ hai. Theo các số liệu thống kê, chúng ta tiến hành theo trình tự sau:

1) Xác định khoảng lệch lớn nhất T của các số liệu thống kê thu được theo biểu thức:

$$T = t_{\max} - t_{\min} \quad (2.7)$$

Trong đó: $t_{\max}$ – Thời gian lớn nhất khi quan sát sản phẩm;

$t_{\min}$ – Thời gian nhỏ nhất khi quan sát sản phẩm.

2) Chia khoảng lệch lớn nhất T thành k khoảng bằng nhau, thông thường có thể sơ bộ tính k theo biểu thức kinh nghiệm sau:

$$k = 1 + 3,3.\lg n \quad (2.8)$$

Trong đó: k – Số khoảng chia chỉ nhận các giá trị nguyên dương;

n – Tổng số các số liệu thống kê.

3) Xác định độ lớn của mỗi khoảng chia Δt_i theo biểu thức:

$$\Delta t_i = \frac{T}{k}, \quad i = \overline{1, k} \quad (2.9)$$

4) Lập dãy thống kê các hồng học và tần suất hồng theo mỗi khoảng chia. Dãy này được lập thành bảng có dạng như bảng 1.

Bảng 1. Dãy thống kê các hỏng hóc và tần suất hỏng theo mỗi khoảng chia

Δt_i	Δt_1	Δt_2	...	...	...	...	...	Δt_k
n_i	n_1	n_2	...	...	...	...	...	n_k
$p_i = \frac{n_i}{n}$	...	...	...	...	...	...	...	...

n_i – Tổng số hỏng hóc; $\bar{p}_i$ – Tần suất hỏng hóc.

5) Theo các số liệu của bảng 1, dựng biểu đồ khối của tần suất hỏng.

6) Nối điểm giữa của các cạnh ngang phía trên với nhau được đường cong mật độ hỏng thực tế, từ đó chọn sơ bộ một đường cong lý thuyết có dạng gần giống nhất với dạng đường cong thực tế.

7) Kiểm tra sự phù hợp giữa quy luật phân bố lý thuyết với quy luật phân bố thực nghiệm theo các tiêu chuẩn phù hợp. Nếu quy luật phân bố lý thuyết đã chọn phù hợp với quy luật phân bố thực nghiệm thì đi đến kết luận và kết thúc bài toán. Còn nếu quy luật phân bố lý thuyết đã chọn không phù hợp với quy luật phân bố thực nghiệm thì tiến hành chọn lại cho đến khi chọn được quy luật phân bố lý thuyết phù hợp thì mới dừng lại.

8) Kết luận về các số liệu thực nghiệm thu nhận được trong quá trình khai thác sẽ tuân theo quy luật phân bố nào.

2.2. Tính các chỉ tiêu tính không hỏng của chi tiết không phục hồi

Các chỉ tiêu tính không hỏng đối với chi tiết không phục hồi đang trong giai đoạn khai thác được xác định như sau:

1) Lập bảng tổng hợp tất cả các chi tiết hỏng như mẫu bảng 1, xác định thời gian Δt_i trong mỗi khoảng, sau đó tìm tổng số hỏng hóc

n_i và tần suất hỏng hóc $\bar{p}_i$ trong mỗi khoảng tương ứng.

2) Lập dãy biến phân số lượng các hỏng hóc, đồng thời kiểm tra lại chất lượng của các thành phần trong dãy.

3) Tính cường độ hỏng hóc của các chi tiết $\lambda(\Delta t_i)$ theo các biểu thức sau :

$$\lambda(\Delta t_i) = \frac{n_i}{N_{itb} \Delta t_i} \quad (2.10)$$

Trong đó: n_i – Số các chi tiết bị hỏng trong khoảng thời gian Δt_i ;

N_{itb} – Số trung bình các chi tiết làm việc tốt trong khoảng thời gian Δt_i tương ứng được tính theo biểu thức sau:

$$N_{itb} = \frac{N(t_i) + N(t_i + \Delta t_i)}{2} \quad (2.11)$$

Trong đó: $N(t_i)$ – Số chi tiết làm việc tốt trong khoảng thời gian t_i ;

$N(t_i + \Delta t_i)$ – Số chi tiết làm việc tốt trong khoảng thời gian $(t_i + \Delta t_i)$.

4) Tính xác suất làm việc không hỏng tương ứng với mỗi một khoảng chia:

$$p(\Delta t_i) = \frac{N - \sum_{i=1}^k n_i}{N} \quad (2.12)$$

5) Tính thời gian trung bình làm việc tới hỏng hóc:

$$T_{TB} = \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{n}, \quad (2.13)$$

Trong đó: t_i – Thời gian làm việc tới hỏng của chi tiết thứ i (thuộc khoảng thời gian quan sát);

n – Số các chi tiết hỏng hóc.

Thời gian trung bình làm việc tới hỏng tính theo tần suất hỏng hóc $\bar{p}_i$:

$$\bar{T}_{TB} = \sum_{i=1}^k (\bar{p}_i \cdot \bar{t}_i) = \sum_{i=1}^k \left[\bar{p}_i \cdot \left(t_{i-1} + \frac{\Delta t_i}{2} \right) \right] \quad (2.14)$$

Trong đó: $\bar{t}_i$ – Thời gian trung bình của khoảng thứ i tính từ khi bắt đầu quan sát t_0 .

2.3. Tính chỉ tiêu độ tin cậy chi tiết phục hồi

Phương pháp tính gồm những bước như sau:

1) Lập bảng thống kê các hỏng hóc của sản phẩm dạng như bảng 2.

Bảng 2. Thống kê các hỏng hóc

Tên sản phẩm	Thời gian làm việc					Tổng số hỏng hóc n
	Δt_1	...	Δt_i	...	Δt_k	
Sản phẩm 1	...	...	...	...	...	...
Tổng hỏng hóc	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
Sản phẩm thứ N	...	...	...	...	...	...
Tổng hỏng hóc	...	...	...	...	...	...
Tổng hỏng hóc của tất cả sản phẩm n_i	...	...	...	...	...	...

2) Tính tham số luồng hỏng $\omega(\Delta t_i)$ trong mỗi khoảng Δt_i theo các số lần hỏng n_i và số sản phẩm được quan sát N như sau:

$$\omega(\Delta t_i) = \frac{n_i}{N \cdot \Delta t_i} \quad (2.15)$$

Trong đó: n_i – Số lần hỏng (số lần sửa chữa) trong khoảng Δt_i ;

N – Số sản phẩm được quan sát.

3) Dựng biểu đồ phân bố tham số luồng hỏng của sản phẩm trong thời gian quan sát:

Theo đặc tính của biểu đồ nhận được,

thiết lập khoảng làm việc tiếp theo, bỏ qua các hỏng hóc mới trong khoảng đó không tính tới nữa.

4) Tính tham số luồng hỏng trung bình sau khi đã bị loại bỏ các khoảng không ổn định ở bước tính trên.

$$\bar{\omega}_{TB} = \bar{\omega}_0 \quad (2.16)$$

5) Theo đặc tính biến thiên của $\bar{\omega}_0$, chọn một quy luật phân bố thời gian làm việc tới hỏng có dạng như quy luật phân bố hàm số mũ:

$$\omega(t) = a \cdot e^{b \cdot t} + c \quad (2.17)$$

Trong đó: a, b, c – Các hệ số được xác định từ các số liệu thực nghiệm tương ứng với – .

6) Tính thời gian làm việc trung bình đến hỏng hóc đầu tiên của sản phẩm theo biểu thức:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \omega(t) = \frac{1}{T_{TB}} \quad (2.18)$$

7) Từ hàm tham số dòng hỏng hóc $\omega(t)$ tìm biến đổi ngược Laplace của nó là $\omega(s)$ theo biểu thức:

$$\omega(s) = \int_0^{\infty} \omega(t) \cdot e^{-s \cdot t} \cdot dt \quad (2.19)$$

8) Tìm biến đổi ngược Laplace $a(s)$ của hàm tần số hỏng hóc $a(t)$ theo biểu thức:

$$a(s) = \frac{\omega(s)}{1 + \omega(s)} \quad (2.20)$$

9) Tìm hàm tần số hỏng hóc $a(t)$ theo biến đổi ngược Laplace $a(s)$.

10) Xác định hàm xác suất làm việc không hỏng $p(t)$ của sản phẩm theo biểu thức:

$$p(t) = 1 - \int_0^t a(t) \cdot dt \quad (2.21)$$

11) Xác định hàm cường độ hỏng hóc $\lambda(t)$ của sản phẩm theo biểu thức:

$$\lambda(t) = \frac{a(t)}{p(t)} \quad (2.22)$$

12) Tính thời gian trung bình phục hồi

sau khi hỏng $\bar{T}_{SC}$ theo giá trị t_{sci} lấy trong bảng 2 theo biểu thức:

$$\bar{T}_{SC} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m t_{sci} \quad (2.23)$$

Trong đó: m – Tổng số lần sửa chữa;
 t_{sci} – Thời gian phục hồi khả năng làm việc sau lần hỏng thứ i.

13) Tính hệ số sẵn sàng K_{SS} theo biểu thức:

$$K_{SS} = \frac{T_{TB}}{T_{TB} + \bar{T}_{SC}} \quad (2.24)$$

3. ÁP DỤNG PHƯƠNG PHÁP VÀO KHẢO SÁT ĐỘ TIN CẬY HỆ THỐNG PHANH

3.1. Xác định đối tượng khảo sát và thu thập số liệu thống kê

Đối tượng nghiên cứu là hệ thống phanh xe ô tô KRAZ-255B với yêu cầu là khảo sát độ tin cậy trong quá trình khai thác. Quá trình thu thập số liệu thống kê tại đơn vị, nhà máy Z151, đối chiếu số liệu thực tế trên sổ lý lịch trang thiết bị của 10 xe ô tô KRAZ-255B có thống kê, ghi chép số liệu hỏng hóc của hệ thống trong khoảng hành trình hoạt động là 20000 km, với 05 thông số trạng thái điển hình của hệ thống phanh: 1 – Hành trình tự do bàn đạp phanh; 2 – Khe hở má phanh và tang trống; 3 – Chiều dày má phanh; 4 – Độ võng dây đai máy nén khí; 5 – Áp suất máy nén khí.

Các thông số trên được mắc theo kiểu nối tiếp, do đó khi một thông số vượt qua giá trị tới hạn thì hệ thống phanh coi như bị hỏng. Các hỏng hóc này đều phục hồi được nên ta tính toán theo chỉ tiêu độ tin cậy đối với sản phẩm có khả năng phục hồi. 

Bảng 3. Các số liệu ban đầu

Tên xe	Tên thông số	Số km hoạt động tới hỏng	Thời gian phục hồi (giờ)	Tên xe	Tên thông số	Số km hoạt động tới hỏng	Thời gian phục hồi (giờ)
X1	1	4410, 6630, 12520, 18410	1, 1, 1, 1	X6	1	4990, 8170, 19860	1, 1, 1
	2	9640, 15650	2, 2		2	5630, 17390	2, 2
	3	750, 14240	3, 3		3	3100, 12070	3, 3
	4	5560, 13690, 17150	1, 1, 1		4	1120, 14710	1, 1
	5	19470	3		5	15350	3
X2	1	1290, 14810	1, 1	X7	1	7510, 16450	1, 1
	2	4790, 12560	2, 2		2	3140, 12590	2, 2
	3	2560, 11320	3, 3		3	1440, 9200	3, 3
	4	6790	1		4	11870	1
	5	16440	3		5	5760	3
X3	1	1380, 7940, 19980	1, 1, 1	X8	1	13500	1
	2	3860, 9980, 19980	2, 2, 2		2	6310, 17340	2, 2
	3	4710, 19980	3, 3		3	4040, 8360, 19020	3, 3, 3
	4	11990	1		4	0	0
	5	2460, 17310	3, 3		5	0	0
X4	1	3430, 10660	1, 1	X9	1	3160, 10150	1, 1
	2	890, 7400	2, 2		2	7630, 14330	2, 2
	3	1670, 15950	3, 3		3	1560, 9540, 15410	3, 3, 3
	4	17740	1		4	5140	1
	5	0	0		5	16930	3
X5	1	5630, 10990	1, 1	X10	1	1010, 8660, 16550	1, 1, 1
	2	4030, 12470	2, 2		2	12320	2
	3	450, 8260, 14560	3, 3, 3		3	3550, 11240	3, 3
	4	0	0		4	0	0
	5	2480	3		5	5850	3

3.2. Xây dựng quy luật phân bố thực nghiệm

Kiểm tra giá trị bất thường của các số liệu: kiểm tra số liệu nhỏ nhất 450 với sai số $\alpha = 0,05$ theo biểu thức:

$$F_{qs} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n \cdot t_{\min}} = \frac{\sum_{i=1}^{85} t_i}{85 \cdot t_i} = \frac{750 + 890 + \dots + 19980}{85 \cdot 450} = 16,85$$

Tính trực tiếp điểm phân vị của phân bố Fisher với $(2n; 2)$ bậc tự do và sai số $\alpha = 0,05$, ta được: $F_{\alpha, 2n, 2} = F_{0,01; 170; 2} = 19,49$. Do $F_{qs} = 16,85 < F_{0,01; 170; 2} = 19,49$ nên không mâu thuẫn với giả thiết A_0 , tức là số liệu nhỏ nhất 450 hoàn

toàn phù hợp với các số liệu khác của mẫu thử nghiệm đã cho.

Xác định số khoảng chia k và độ rộng Δt của mỗi khoảng: $t_{\max} = 19980 \text{ km}$; $t_{\min} = 450 \text{ km}$.

Số khoảng chia k bằng: $k = 1 + 3,32 \cdot \lg n = 1 + 3,32 \cdot \lg(86) = 7,5 \approx 8$.

Độ rộng Δt của mỗi khoảng bằng:

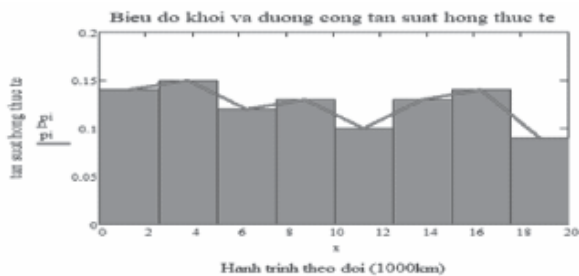
$$\Delta t = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{k} = \frac{19980 - 450}{8} = 2441,25 \approx 2,5 \text{ (1000 km)}$$

Lập dãy thống kê các hỏng hóc và tần suất hỏng theo mỗi khoảng chia.

Bảng 4. Dãy thống kê các hỏng hóc và tần suất hỏng theo mỗi khoảng chia

Δt_i	0÷2,5	2,5÷5	5÷7,5	7,5÷10	10÷12,5	12,5÷15	15÷17,5	17,5÷20
n_i	12	13	10	11	9	11	12	8
$p_i = \frac{n_i}{n}$	0,14	0,15	0,12	0,13	0,1	0,13	0,14	0,09

Xây dựng biểu đồ khối qua phần mềm Mathcad như hình 1:



Hình 1. Biểu đồ khối và đường biểu diễn tần suất hư hỏng

Tính giá trị p_{TB} và độ lệch lớn nhất:

$$p_{TB} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k p(\Delta t_i) = \frac{1}{8} (0,14 + 0,15 + 0,12 + 0,13 + 0,10 + 0,13 + 0,14 + 0,09) = 0,125$$

$$D_{\max} = 0,15 - 0,125 = 0,025$$

Kiểm tra sự phù hợp giữa phân bố lý thuyết và phân bố thực nghiệm bằng tiêu chuẩn phù hợp Kônmôgôrôv:

$$\lambda_0 = D_{\max} \sqrt{n} = 0,025 \sqrt{86} = 0,232.$$

Do $\lambda_0 = 0,232 < 1$ nên theo tiêu chuẩn phù hợp Kônmôgôrôv, phân bố lý thuyết phù hợp với phân bố thực nghiệm, có nghĩa là các số liệu thống kê trên bảng 1 tuân theo quy luật phân bố hàm số mũ.

3.3. Xác định độ tin cậy thông qua các chỉ tiết phục hồi

Lập bảng thống kê hỏng hóc như bảng 5:

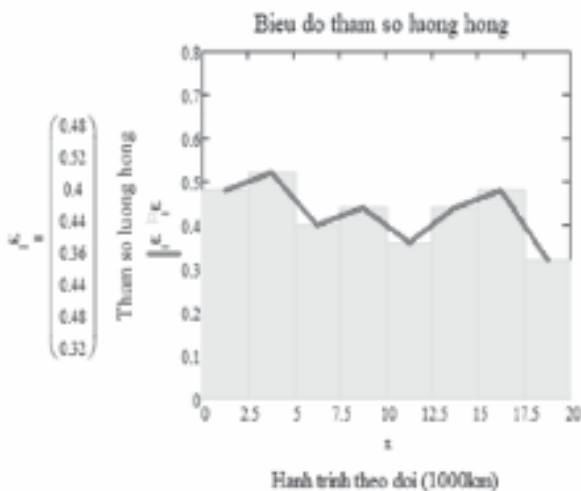
Bảng 5. Bảng thống kê hỏng hóc theo khoảng chia của 10 xe KRAZ-255B

Tên xe	Số km làm việc tới hỏng theo khoảng chia, [1000km]								Σ hỏng hóc n
	0÷2,5	2,5÷5	5÷7,5	7,5÷10	10÷12,5	12,5÷15	15÷17,5	17,5÷20	
X1	750	4410	5560 6630	9640		12520 13690 14240	15650 17150	18410 19470	
Σ	1	1	2	1		3	2	2	12
X2	1290	2560 4790	6790		11320	12560 14810	16440		
Σ	1	2	1		1	2	1		8
X3	1380 2460	3860 4710		7940 9980	11990		17310	19980 19980 19980	
Σ	2	2		2	1		1	3	11
X4	890 1670	3430	7400		10660		15950	17740	
Σ	2	1	1		1		1	1	7
X5	450 2480	4030	6630	8260	12470	12990 14560			
Σ	2	1	1	1	1	2			8
X6	1120	3100 4990	5630	8170	12070	14710	15350 17390	19860	
Σ	1	2	1	1	1	1	2	1	10
X7	1440	3140	5760	7510 9920	11870	12590	16450		
Σ	1	1	1	2	1	1	1		8
X8		4040	6310	8360		13500	17340	19020	
Σ		1	1	1		1	1	1	6
X9	1560	3160	5140	7630 9540	10150	14330	15410 16930		
Σ	1	1	1	2	1	1	2		9
X10	1010	3550	5850	8660	11240 12320		16550		
Σ	1	1	1	1	2		1		7
Σ 10 xe	12	13	10	11	9	11	12	8	86

Tính tham số hỏng $\omega(\Delta t_i)$ theo biểu thức (2.15): $\omega(\Delta t_i) = \frac{n(\Delta t_i)}{N \cdot \Delta t_i}$

$\omega(\Delta t_1)$	$\omega(\Delta t_1)$	$\omega(\Delta t_2)$	$\omega(\Delta t_3)$	$\omega(\Delta t_4)$	$\omega(\Delta t_5)$	$\omega(\Delta t_6)$	$\omega(\Delta t_7)$	$\omega(\Delta t_8)$
$\frac{n(\Delta t_i)}{N \cdot \Delta t_i}$	0,48	0,52	0,4	0,44	0,36	0,44	0,48	0,32

Dựng biểu đồ tham số hỏng và chọn quy luật phân bố tham số hỏng có dạng theo biểu thức (2.17) được giải trên phần mềm Mathcad như hình 2.



Số hỏng hóc trên các khoảng chia:

$$n := (12 \ 13 \ 10 \ 11 \ 9 \ 11 \ 12 \ 8)^T$$

Tham số hỏng hóc:

$$\omega := \frac{n}{N \cdot \Delta t}$$

Xác định hệ số a, b, c bằng phương pháp hồi quy:

$$g := (10^{-3} \ 10^{-3} \ 10^{-3})^T$$

$$M := \text{expfit}(x, \omega, g)$$

$$M^T = (0.173 \ -0.063 \ 0.332)$$

$$a := 0.173 \quad b := -0.063 \quad c := 0.332$$

Ta được hàm tham số hỏng hóc:

$$\omega(t) := a \cdot \exp(b \cdot t) + c \quad \omega(t) \rightarrow 0.173 \cdot e^{-0.063 \cdot t} + 0.332$$

Hình 2. Biểu đồ tham số hỏng hóc và chương trình tính hệ số tham số hỏng hóc

Tính hành trình trung bình làm việc giữa hai lần hỏng liên tiếp theo biểu thức (2.18):

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \omega(t) = \frac{1}{T_{TB}}; \text{ trong đó}$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \omega(t) = \lim_{t \rightarrow \infty} (0.173 \cdot e^{-0.063 \cdot t} + 0.332) = 0.332$$

$$T_{TB} = \frac{1}{\lim_{t \rightarrow \infty} \omega(t)} = \frac{1}{0.332} = 3,012 \text{ (1000km)}$$

Tìm biến đổi ngược Laplace của tham số hỏng hóc $\omega(t)$ là $\omega(s)$ theo biểu thức (2.19):

$$\begin{aligned} \omega(s) &= \int_0^{\infty} \omega(t) \cdot e^{-s \cdot t} \cdot dt = \int_0^{\infty} (0.173 \cdot e^{-0.063 \cdot t} + 0.332) \cdot e^{-s \cdot t} \cdot dt \\ &= 0.173 \cdot \int_0^{\infty} e^{-(s+0.063) \cdot t} \cdot dt + 0.332 \cdot \int_0^{\infty} e^{-s \cdot t} \cdot dt = \frac{0.505 \cdot s + 0.021}{s \cdot (s + 0.063)} \end{aligned}$$

Tìm biến đổi ngược Laplace $a(s)$ của hàm tần số hỏng hóc $a(t)$ theo biểu thức (2.20):

$$a(s) = \frac{\omega(s)}{1 + \omega(s)} = \frac{0.505 \cdot s + 0.021}{(s + 0.04)(s + 0.528)}$$

Ta có: $a(t) = 0.002 \cdot e^{-0.04 \cdot t} + 0.503 \cdot e^{-0.528 \cdot t}$.

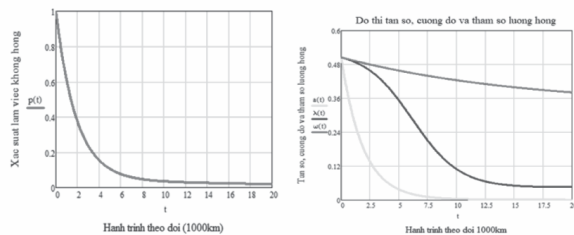
Xác định hàm xác suất làm việc không hỏng $p(t)$ của sản phẩm theo biểu thức (2.21):

$$\begin{aligned} p(t) &= 1 - \int_0^t a(t) \cdot dt = 1 - 0.002 \cdot \int_0^t e^{-0.04 \cdot t} \cdot dt - 0.503 \cdot \int_0^t e^{-0.528 \cdot t} \cdot dt \\ &= 0.05 \cdot e^{-0.04 \cdot t} + 0.953 \cdot e^{-0.528 \cdot t} - 0.0027 \end{aligned}$$

Xác định hàm cường độ hỏng hóc $\lambda(t)$ của sản phẩm theo biểu thức (2.22):

$$\lambda(t) = \frac{a(t)}{p(t)} = \frac{0,77 \cdot e^{-1,1 \cdot t} + 0,065 \cdot e^{-0,217 \cdot t}}{0,7 \cdot e^{-1,1 \cdot t} + 0,3 \cdot e^{-0,217 \cdot t} - 1,685}$$

Xây dựng đồ thị xác suất làm việc không hỏng và đồ thị tần số hỏng $a(t)$, cường độ hỏng $\lambda(t)$ và tham số luồng hỏng $\omega(t)$ trên cùng một đồ thị như hình 3.



Hình 3. Đồ thị xác suất làm việc không hỏng (1) và đồ thị tần số hỏng $a(t)$, cường độ hỏng $\lambda(t)$ cùng tham số luồng hỏng $\omega(t)$ trên cùng một đồ thị (2)

Tính thời gian trung bình phục hồi sau khi hỏng theo biểu thức (2.23):

$$\overline{T_{SC}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_{sci} = \frac{1}{86} \sum_{i=1}^{86} t_{sci} = 1,942 \text{ giờ}$$

Tính hệ số sẵn sàng K_{ss} theo biểu thức

$$(2.24): K_{ss} = \frac{T_{TB}}{T_{TB} + \overline{T_{SC}}}$$

Vì T_{TB} chúng ta tính theo hành trình (km), do vậy để tính được K_{ss} , chúng ta quy T_{TB} ra giờ theo vận tốc hành quân trung bình của xe KRAZ-255B (lấy $v_{TB} = 40 \text{ km/h}$).

Ta có:

$$T_{TB} = \frac{3012}{40} = 75,3 \text{ giờ}; K_{ss} = \frac{75,3}{75,3 + 1,942} = 0,975$$

Ta thấy hành trình trung bình giữa hai lần hỏng liên tiếp là: $T_{TB} = 3012 \text{ km}$, nghĩa là

cứ trung bình khoảng 3000 km thì sẽ có 1 trong 5 thông số đạt giá trị tới hạn. Thực tế, theo điều lệ công tác kỹ thuật đối với KRAZ-255B thì 2500km phải tiến hành bảo dưỡng kỹ thuật 1 và qua kết quả tính toán thì giữa hai lần hư hỏng có hành trình trung bình thấp hơn so với quy định. Vì vậy, để nâng cao độ tin cậy hệ thống phanh thì trong khoảng T_{TB} , chúng ta phải kiểm tra, thay thế và điều chỉnh các thông số này hoặc điều chỉnh thời gian tiến hành bảo dưỡng kỹ thuật phù hợp, nâng cao tuổi thọ cho xe.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đưa ra phương pháp tính toán, xác định các đại lượng đặc trưng độ tin cậy cho ô tô quân sự dựa trên các cơ sở lý thuyết độ tin cậy, chú trọng vào xác định thông qua các thông số thống kê. Việc tính toán các chỉ tiêu tổng hợp độ tin cậy là thời gian trung bình làm việc tới hỏng T_{TB} để xác định các khoảng thời gian tới hỏng để tiến hành bảo dưỡng, sửa chữa và hệ số sẵn sàng K_{ss} để xác định khả năng làm việc của ô tô, từ đó đơn vị có kế hoạch khai thác ô tô quân sự phù hợp. Ngoài ra, bài báo nêu ra các phương pháp tính toán làm cơ sở xác định đại lượng độ tin cậy cho các trang bị kỹ thuật khác.

Ngày nhận bài: **23/02/2024**

Ngày phản biện: **25/3/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Lê Thị Hải Yến (2012); *Các phương pháp đánh giá độ tin cậy của hệ thống tính toán qua cấu trúc hệ thống*.
- [2]. Nguyễn Ngọc Dư (1995); *Ứng dụng lý thuyết xác suất trong xác định độ tin cậy*.
- [3]. Phan Văn Khôi (2001), *Cơ sở đánh giá độ tin cậy*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội.