

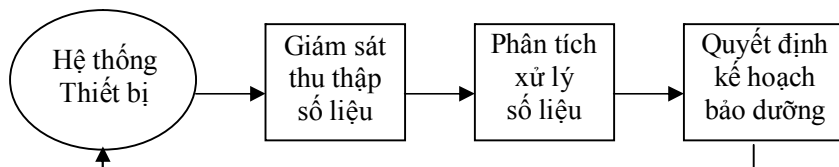
DỰ BÁO THỜI HẠN LÀM VIỆC CỦA THIẾT BỊ ĐIỆN TỬ TRONG BẢO DƯỠNG THEO TRẠNG THÁI

HOÀNG LONG, NGUYỄN XUÂN HUY

I. MỞ ĐẦU

Cùng với sự phát triển của khoa học kỹ thuật, các thiết bị khí tài trong quân sự ngày càng hiện đại, trở thành những hệ thống kỹ thuật có mức độ phức tạp cao. Nhiều nước đã áp dụng phương pháp bảo dưỡng kỹ thuật theo trạng thái (CBM - Condition based maintenance) nhằm nâng cao khả năng sẵn sàng chiến đấu và tăng hạn sử dụng các thiết bị quân sự. Bản chất của phương pháp là giám sát, chuẩn đoán và dự báo được tình trạng kỹ thuật của trang thiết bị để dựa vào đó lập kế hoạch bảo dưỡng trước khi sự cố xảy ra, nhờ đó tối ưu hóa kế hoạch bảo dưỡng cũng như ngăn chặn các hỏng hóc bất ngờ [3, 4].

Chương trình theo phương pháp CBM gồm 03 bước (hình 1):



Hình 1. Sơ đồ bảo dưỡng theo trạng thái

Trong giám sát thu thập dữ liệu trạng thái, thiết bị được mô hình hóa là một tập biến các thông số đặc trưng cho thông tin khác nhau về trạng thái. Xác định tập biến số đầu vào x_i ($i = 1 \div N$) từ các tham số kỹ thuật của thiết bị được thu thập, thống kê trong quá trình bảo dưỡng và đo đạc kiểm tra trong N lần. Trạng thái của thiết bị thu được trong mỗi lần kiểm tra được xác định như sau:

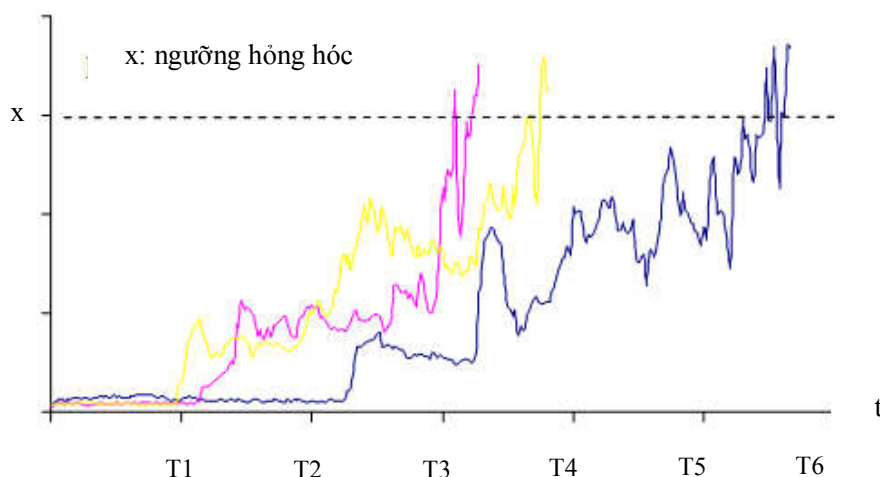
$$S = f(x_i, T_i) \quad (1)$$

Một số tham số đặc trưng được sử dụng để giám sát đánh giá khả năng làm việc của thiết bị điện tử (bảng 1)

Bảng 1. Một số tham số trạng thái kỹ thuật đặc trưng

Thiết bị điện tử	Tham số đặc trưng
Thiết bị điều khiển	Mức Logic, nhiệt độ làm việc.
Thiết bị quan sát Rada	Điện áp cao áp
Động cơ điện	Độ rung
Bộ cấp nguồn, Máy biến áp	Dòng điện, điện áp
Máy phát	Công suất, tín hiệu phát
Máy thu	Độ nhạy

Tập biến số đầu vào là dãy số theo thời gian x_i ($i = 1 \div N$) phản ánh quy luật suy thoái của thiết bị điện tử. Quá trình suy thoái thiết bị được quan sát trên cơ sở kiểm soát tham số, ghi lại các giá trị tham số đặc trưng thể hiện như đồ thị. Tín hiệu biến đổi đến một mức ngưỡng sẽ dẫn đến trạng thái hỏng của thiết bị (hình 2). Dựa vào quá trình kiểm soát tham số có thể ước lượng được thời gian dẫn đến sự cố hỏng thiết bị để có kế hoạch bảo dưỡng phòng ngừa.



Hình 2. Đồ thị tham số thiết bị trong quá trình lão hóa

Hiện nay có rất nhiều các nghiên cứu tập trung vào tăng tính hiệu quả của phương pháp CBM bằng cách áp dụng các phương pháp dự báo trong xử lý dữ liệu. Bài báo này đề xuất mô hình dự báo thời hạn làm việc của thiết bị điện tử quân sự trên cơ sở các phương pháp hồi quy, làm trơn hàm mũ và một số kết quả thực tiễn, nhằm góp phần vào việc nâng cao hiệu quả khai thác, bảo dưỡng các trang thiết bị điện tử quân sự thế hệ mới.

II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Mục đích và yêu cầu xây dựng mô hình toán học dự báo là phải xác định được quy luật biến đổi của các tham số với sai số nhỏ nhất. Dựa vào quy luật phân bố tham số có thể dự báo được sự biến đổi của chúng tại một thời điểm trong tương lai. Phương pháp dự báo làm trơn mũ được Robert Goodell Brown đề xuất vào năm 1956 và sau đó Charles C. Holt mở rộng vào năm 1957. Từ đó đến nay có nhiều mô hình dự báo hiệu quả dựa trên nghiên cứu cải tiến phương pháp này. Bản chất phương pháp làm trơn mũ là thực hiện san trung bình trượt có quyền số [1, 2] như sau:

*** Phương trình làm trơn mũ bậc 1**

$$s_t = \alpha \cdot y_t + (1 - \alpha) \cdot s_{t-1}, \quad t > 1 \quad (2)$$

$$s_0 = \frac{\sum_{t=1}^n y_t}{n} \quad (3)$$

Thực hiện đệ quy liên tiếp công thức (2) ta có:

$$\begin{aligned} s_t &= \alpha \cdot y_t + (1 - \alpha) \cdot s_{t-1} \\ &= \alpha \cdot y_t + \alpha \cdot (1 - \alpha) y_{t-1} + \alpha \cdot (1 - \alpha)^2 y_{t-2} + \dots + (1 - \alpha)^n s_0 \\ &= \alpha \sum_{i=0}^{n-1} (1 - \alpha)^i y_{t-i} + (1 - \alpha)^n s_0 \end{aligned}$$

trong đó: y - chuỗi giá trị dữ liệu quan sát thu thập;

n - số phần tử của chuỗi;

s, s_0 - chuỗi giá trị dự báo và giá trị trung bình mũ ban đầu;

α - tham số làm trơn mũ bậc 1 ($0 < \alpha < 1$).

*** Phương trình làm trơn mũ nhiều bậc**

Mở rộng công thức làm trơn mũ với P bậc, ta có công thức tổng quát:

$$s_t^P = \alpha \cdot s_t^{P-1} + (1 - \alpha) \cdot s_{t-1}^P \quad (4)$$

Giả sử xu thế của chuỗi dự thời gian là một đa thức n bậc thì phương pháp làm trơn mũ cho phép ta tính toán các hệ số của đa thức thông qua giá trị trung bình mũ nhiều bậc. Công thức như sau:

$$S_t^P = \sum_{k=0}^n (-1)^k \frac{y_t^{(k)} \alpha^P}{k!(P-1)!} \sum_{j=0}^{\infty} j^k \beta^j \frac{(P-1+j)!}{j!} \quad (5)$$

trong đó: $s_0^1, s_0^2, \dots, s_0^P$ là giá trị ban đầu của trung bình mũ bậc 1, 2, ..., P ;

$y_t^{(k)}$: đạo hàm bậc k ; $\beta = 1 - \alpha$; $s_t^0 = y_t$; $P = 1 \div n$.

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

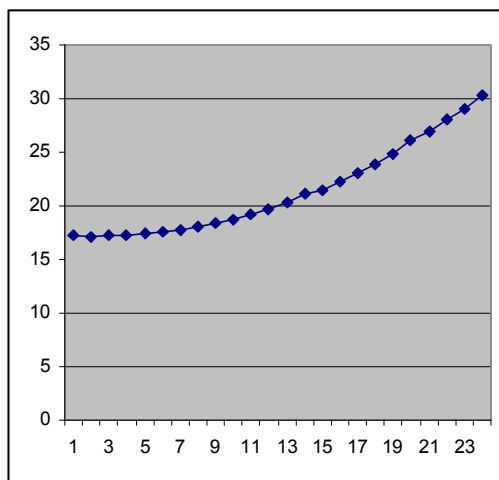
Đối với khí tài thông tin được chọn để áp dụng phương pháp này, thông số kỹ thuật đặc trưng trong quá trình bảo dưỡng là độ nhạy máy thu, điện áp ra bộ kích thích và công suất máy phát. Các số liệu thông số đặc trưng cho các khối điển hình của khí tài thông tin P934Y được thu thập bằng đo kiểm tra định kỳ (hàng tuần).

Số liệu độ nhạy máy thu AIII-404 (mức danh định $< 30 \mu V$) ghi nhận được trong 24 tuần trình bày trong bảng 2 và thể hiện trong đồ thị hình 3.

Bảng 2. Độ nhạy (μV) máy thu AIII-404 theo tuần (1 - 24)

Tuần	Độ nhạy	Tuần	Độ nhạy
1	17,2	13	20,4
2	17,1	14	21,1
3	17,3	15	21,5
4	17,2	15	22,2
5	17,4	17	23,1
6	17,6	18	23,9
7	17,8	19	24,8
8	18,1	20	26,1
9	18,4	21	26,9
10	18,7	22	28,0
11	19,2	23	29,1
12	19,7	24	29,8

Hình 3. Đồ thị độ nhạy (μV) máy thu AIII-404 theo tuần (1 - 24)

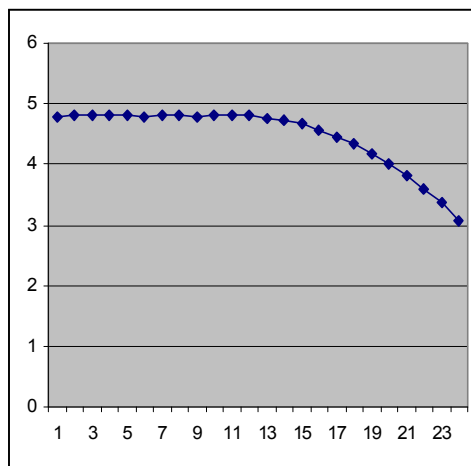


Điện áp bộ kích thích RJD-400 (mức danh định 3,5-5,6V) theo dõi trong 24 tuần liên tục được trình bày trong bảng 3 và thể hiện trong đồ thị hình 4.

Bảng 3. Điện áp (V) bộ kích thích RJD-400 theo tuần (1 - 24)

Tuần	Điện áp	Tuần	Điện áp
1	4,79	13	4,76
2	4,80	14	4,73
3	4,81	15	4,66
4	4,80	15	4,55
5	4,80	17	4,46
6	4,79	18	4,33
7	4,80	19	4,18
8	4,80	20	4,02
9	4,79	21	3,82
10	4,80	22	3,59
11	4,81	23	3,37
12	4,80	24	3,08

Hình 4. Đồ thị điện áp (V) bộ kích thích RJD-400 theo tuần (1 - 24)

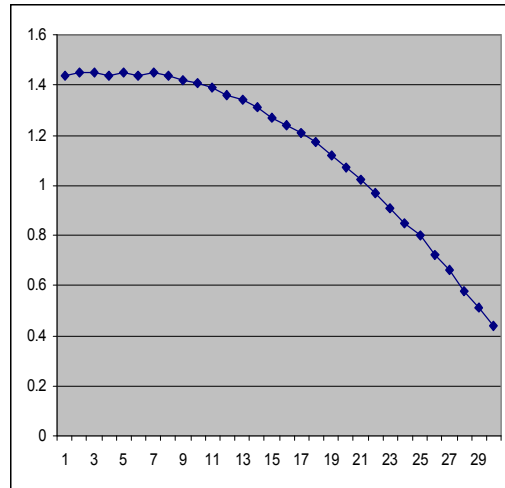


Công suất máy phát đài thông tin P934Y (mức danh định > 1W) giai đoạn hỏng 30 ngày được trình bày trong bảng 4 và hình 5.

Bảng 4. Công suất (W) máy phát giai đoạn hỏng (30 ngày)

Tuần	Công suất	Tuần	Công suất
1	1,44	16	1,24
2	1,45	17	1,21
3	1,45	18	1,17
4	1,44	19	1,12
5	1,45	20	1,07
6	1,44	21	1,02
7	1,45	22	0,97
8	1,44	23	0,91
9	1,42	24	0,85
10	1,41	25	0,80
11	1,39	26	0,72
12	1,36	27	0,66
13	1,34	28	0,58
14	1,31	29	0,51
15	1,27	30	0,44

Hình 5. Đồ thị công suất máy phát giai đoạn hỏng (30 ngày)



Nhận thấy các chuỗi thời gian của tham số biến đổi theo xu hướng tăng hoặc giảm theo một tỷ lệ biến đổi chậm, ta có thể hồi quy phân bố của chuỗi theo hàm tuyến tính $y_t = a.t + b + \beta$. Trong đó: a, b là hằng số mô tả thành phần xu hướng; β là thành phần bất thường.

Đề xuất áp dụng mô hình dự báo làm trơn mũ bậc 2 như sau:

Bước 1: Nhập số liệu: nhập chuỗi tham số $y_1, y_2, \dots, y_n$ và thời gian: $t_1, t_2, \dots, t_n$

Bước 2: Hồi quy lớn hơn 50% số các số liệu để xác định hàm phân bố:

$$y(t) = s_0 + b_0 * t$$

Bước 3: Với $\alpha =$ từ 0,1 đến 1, bước 0,01; với $\beta =$ từ 0,01 đến 1, bước 0,01

Tính trung bình mũ với $t =$ từ 1 đến n

$$\text{Thành phần cơ bản: } s_t = \alpha \cdot y_{t-1} + (1 - \alpha) \cdot (s_{t-1} + b_{t-1})$$

$$\text{Thành phần xu hướng: } b_t = \beta \cdot (s_t - s_{t-1}) + (1 - \beta) b_{t-1}$$

$$\text{Tính kết quả dự báo: } y_{db}(t) = \hat{y}_t(t) = s_t + b_t$$

$$\text{Tính sai số: } SSE = \sum_{t=1}^T (y_t(t) - \hat{y}_t(t))^2$$

Bước 4: Kết luận mô hình dự báo tối ưu với α, β có kết quả sai số SSE nhỏ nhất

$$\text{Bước 5: Xác định kết quả dự báo: } \hat{y}_{t+p}(t) = s_t + p \cdot b_t$$

Chạy thử nghiệm chương trình trên ngôn ngữ VBA với các số liệu tham số thiết bị của khí tài P934Y như trình bày trong các bảng trên, kết quả nhận được trình bày trong các bảng 5, 6 và 7.

Các kết quả dự báo được tô đậm so với giá trị quan sát $y(t)$ có sai số SSE nhỏ. Dựa trên giá trị dự báo có thể ước lượng được thời gian tham số tiến đến giá trị ngưỡng hỏng. Ví dụ: Quan sát giá trị tham số độ nhảy máy thu AIII-404 đến tuần 22 có thể dự báo tham số chạm ngưỡng tại tuần 25. Quan sát giá trị tham số điện áp bộ kích thích RJD-400 đến tuần 21 có thể dự báo tham số chạm ngưỡng tại tuần 23.

Bảng 5. Dự báo độ nhảy máy thu AIII-404 và kết quả hồi quy

N	α	β	SSE	y_{db}	$y(t)-y_{db}$	$[y(t)-y_{db}]^2$	SUMMARY OUTPUT	
t	y(t)	S	b				Regression Statistics	
		15,84	0,564	16,40			Multiple R	0,976507
5	17,4	16,92	0,605	17,52	-0,12	0,01494	R Square	0,953566
6	17,6	17,56	0,609	18,17	-0,57	0,32602	Adjusted R Square	0,950249
7	17,8	17,98	0,593	18,57	-0,77	0,59796	Standard Error	0,612825
8	18,1	18,33	0,574	18,90	-0,80	0,64513	Observations	16
9	18,4	18,64	0,553	19,20	-0,80	0,63483		
10	18,7	18,94	0,532	19,47	-0,77	0,59744	ANOVA	
11	19,2	19,33	0,521	19,85	-0,65	0,42638		df
12	19,7	19,77	0,514	20,29	-0,59	0,34621	Regression	1
13	20,4	20,35	0,519	20,86	-0,46	0,21591	Residual	14
14	21,1	20,99	0,529	21,51	-0,41	0,17175	Total	15
15	21,5	21,51	0,528	22,04	-0,54	0,28625		
16	22,2	22,12	0,535	22,65	-0,45	0,20688		Coefficients
17	23,1	22,88	0,553	23,44	-0,34	0,11386	S	15,835
18	23,9	23,68	0,573	24,25	-0,35	0,12128	b	0,563529
19	24,8	24,53	0,596	25,13	-0,33	0,10756		
20	26,1	25,63	0,636	26,26	-0,16	0,02707		
21	26,9	26,59	0,663	27,25	-0,35	0,12553		
22	28,0	27,64	0,694	28,33	-0,33	0,11014		
23	29,1			29,03	0,07	0,00549		
24	29,8			29,72	0,08	0,00642		

Bảng 6. Dự báo điện áp bộ kích thích RJD-400 và kết quả hồi quy

N	α	β	SSE	y_{ab}	$y(t)-y_{ab}$	$[y(t)-y_{ab}]^2$	SUMMARY OUTPUT	
t	y(t)	S	b				Regression Statistics	
		4,95	-0,09	4,86			Multiple R	0,974889
12	4,80	4,84	-0,101	4,74	0,06	0,00337	R Square	0,950409
13	4,76	4,75	-0,098	4,65	0,11	0,01220	Adjusted R Square	0,942144
14	4,73	4,67	-0,083	4,59	0,14	0,01971	Standard Error	0,053313
15	4,66	4,61	-0,070	4,54	0,12	0,01452	Observations	8
16	4,55	4,54	-0,068	4,47	0,08	0,00577	ANOVA	
17	4,46	4,47	-0,071	4,40	0,06	0,00372		df
18	4,33	4,38	-0,083	4,30	0,03	0,00117	Regression	1
19	4,18	4,26	-0,104	4,16	0,02	0,00048	Residual	6
20	4,02	4,12	-0,129	3,99	0,03	0,00095	Total	7
21	3,82	3,94	-0,160	3,78	0,04	0,00154		
22	3,59			3,62	-0,03	0,00095		Coefficients
23	3,37			3,46	-0,09	0,00824	S	4,955714
24	3,08			3,30	-0,22	0,04875	b	-0,08821

Bảng 7. Dự báo công suất máy phát khí tài P934Y và kết quả hồi quy

N	α	β	SSE	y_{ab}	$y(t)-y_{ab}$	$[y(t)-y_{ab}]^2$	SUMMARY OUTPUT	
t	y(t)	S	b				Regression Statistics	
		1,478	-0,029	1,45			Multiple R	0,996539
12	1,45	1,45	-0,029	1,42	0,03	0,00087	R Square	0,99309
13	1,44	1,43	-0,027	1,40	0,04	0,00161	Adjusted R Square	0,992322
14	1,42	1,41	-0,024	1,38	0,04	0,00145	Standard Error	0,008616
15	1,41	1,39	-0,021	1,37	0,04	0,00162	Observations	11
16	1,39	1,38	-0,018	1,36	0,03	0,00104		
17	1,36	1,36	-0,018	1,34	0,02	0,00038	ANOVA	
18	1,34	1,34	-0,018	1,32	0,02	0,00031		df
19	1,31	1,32	-0,019	1,30	0,01	0,00012	Regression	1
20	1,27	1,29	-0,023	1,27	0,00	0,00001	Residual	9
21	1,24	1,26	-0,026	1,23	0,01	0,00005	Total	10
22	1,21	1,23	-0,029	1,20	0,01	0,00018		
23	1,17	1,19	-0,032	1,16	0,01	0,00019		Coefficients
24	1,12	1,15	-0,037	1,11	0,01	0,00013	S	1,478182
25	1,07	1,10	-0,041	1,06	0,01	0,00021	b	-0,02955
26	1,02	1,04	-0,046	1,00	0,02	0,00044		
27	0,97			0,95	0,02	0,00029		
28	0,91			0,91	0,00	0,00001		
29	0,85			0,86	-0,01	0,00012		
30	0,8			0,82	-0,02	0,00023		

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. V. P Luscasin, *Các phương pháp thích nghi trong dự báo ngắn hạn, thống kê*, Moskva, 1982.
2. *NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods*, 6.4.3.3. Double Exponential Smoothing,
<http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/pmc/section4/pmc433.htm>
3. R. Keith Mobley, *An Introduction to Predictive Maintenance*, Second Edition, 2002.
4. Mike DiLeo, Charles Manker and John Cadick, P.E., *Condition Based Maintenance*, Cadick Corporation - Revised, October, 1999.

Nhận bài ngày 12 tháng 9 năm 2013

Hoàn thiện ngày 27 tháng 11 năm 2013

Viện Độ bền Nhiệt đới, Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga