

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 11842:2017

IES TM-21-11

Xuất bản lần 1

**DỰ ĐOÁN ĐỘ DUY TRÌ QUANG THÔNG DÀI HẠN CỦA
NGUỒN SÁNG LED**

Projecting Long Term Lumen Maintenance of LED Light Sources

HÀ NỘI - 20017

Mục lục

	Trang
Lời nói đầu	4
Lời giới thiệu	5
1 Phạm vi áp dụng	7
2 Tài liệu viện dẫn	7
3 Thuật ngữ và định nghĩa	7
4 Dữ liệu thử nghiệm và cỡ mẫu.....	8
5 Dự đoán tuổi thọ duy trì quang thông	8
6 Nội suy dữ liệu nhiệt độ	11
7 Báo cáo	13
Phụ lục A (tham khảo) – Cơ sở phương pháp khuyến cáo để ngoại suy dữ liệu	15
Phụ lục B (quy định) – Chọn cỡ mẫu để ngoại suy dữ liệu.....	18
Phụ lục C (quy định) – Công thức bình phương cực tiểu	19
Phụ lục D (quy định) – Giới hạn của khoảng thời gian dự đoán	20
Phụ lục E (tham khảo) – Tập dữ liệu thử nghiệm để kiểm tra xác nhận tính toán – Các ví dụ	22
Phụ lục F (tham khảo) – Xem xét các mô hình dự đoán của nhà chế tạo	35
Phụ lục G (tham khảo) – Phân tích mô hình toán học như một phương pháp dự đoán tuổi thọ duy trì quang thông.....	36
Thư mục tài liệu tham khảo	47

Lời nói đầu

TCVN 11842:2017 hoàn toàn tương đương với IES TM-21-11;

TCVN 11842:2017 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC/E11
Chiếu sáng biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề
nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Lời giới thiệu

Một trong những lợi ích mà các nguồn sáng LED có thể cung cấp là tuổi thọ hữu ích rất dài. Không giống như các công nghệ chiếu sáng khác, LED thường không bị hỏng nghiêm trọng trong quá trình sử dụng. Tuy nhiên, quang thông sẽ bị giảm dần theo thời gian. Tại một thời điểm nào đó, ánh sáng phát ra từ LED bị suy giảm đến mức không còn được coi là đủ cho ứng dụng cụ thể nữa. Quan trọng là trong thiết kế chiếu sáng hiệu được khi nào thì đạt đến "tuổi thọ có ích" của nguồn LED.

TCVN 10887 (IES LM-80-08) là phương pháp được chấp nhận để đo độ duy trì quang thông của các nguồn sáng LED. Tiêu chuẩn này xác định các bố trí, điều kiện và quy trình thực hiện thử nghiệm đo độ duy trì quang thông của gói LED, dây LED và môđun LED. TCVN 10887 (IES LM-80-08) được sử dụng rộng rãi để đặc trưng cho tác động suy giảm quang thông của LED. Nhà chế tạo LED thường xuyên cung cấp các báo cáo theo TCVN 10887 (IES LM-80-08) cho các sản phẩm của họ với các dữ liệu được thu thập trong thử nghiệm 6 000 h hoặc dài hơn. Tuy nhiên, cách thu thập dữ liệu từ thử nghiệm theo TCVN 10887 (IES LM-80-08) để xác định tốt nhất tuổi thọ hữu ích của sản phẩm được thử nghiệm thì lại chưa được xác định tốt.

Tuổi thọ duy trì quang thông danh định của LED là thời gian hoạt động mà ở đó nguồn nguồn sáng LED duy trì phần trăm quang thông ban đầu của nó. Tuổi thọ này được xác định là L_p , trong đó p là giá trị phần trăm. Ví dụ, L_{70} là thời gian (tính bằng giờ) khi quang thông từ LED giảm đến 70 % quang thông ban đầu. Thời gian khi đạt đến tuổi thọ duy trì quang thông của nguồn sáng LED phụ thuộc vào nhiều biến số, kể cả nhiệt độ làm việc, dòng điện điều khiển và công nghệ và vật liệu sử dụng để kết cấu sản phẩm. Thông thường, độ duy trì quang thông của LED không chỉ thay đổi giữa các nhà chế tạo mà còn giữa các kiểu gói LED được cung cấp từ cùng một nhà chế tạo.

Tiêu chuẩn này khuyến nghị phương pháp dự đoán độ duy trì quang thông từ các dữ liệu có được từ thử nghiệm TCVN 10887 (IES LM-80-08).

Các phân tích dữ liệu thử nghiệm TCVN 10887 (IES LM-80-08) được các nhà chế tạo LED cung cấp và được sử dụng làm cơ sở và hỗ trợ cho tiêu chuẩn này. Dữ liệu trong TCVN 10887 (IES LM-80-08) có được từ thử nghiệm kéo dài đến 10 000 h hoặc dài hơn.

Dự đoán độ duy trì quang thông dài hạn của nguồn sáng LED

Projecting long term lumen maintenance of LED light sources

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này cung cấp các khuyến nghị để dự đoán độ duy trì quang thông dài hạn của các nguồn sáng LED sử dụng dữ liệu có được khi thử nghiệm theo TCVN 10887:2015 (IES LM-80-08).

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn dưới đây là cần thiết để áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn có ghi năm công bố thì áp dụng các bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất (kể cả các sửa đổi).

TCVN 10887:2015 (IES LM-80-08), *Phương pháp đo độ duy trì quang thông của nguồn sáng LED*

3 Thuật ngữ và định nghĩa

3.1

Nguồn sáng LED (LED light source)

Gói, dây hoặc môđun LED hoạt động được thông qua bộ điều khiển phụ trợ.

3.2

Thiết bị cần thử nghiệm (DUT)

Thiết bị cần thử nghiệm là nguồn sáng LED.

3.3

Tuổi thọ duy trì quang thông danh định (rated lumen maintenance life)

L_p

Thời gian hoạt động trong đó nguồn sáng LED sẽ duy trì phần trăm, p , của quang thông ban đầu, ví dụ:

L_{70} (h): Thời gian đến độ duy trì quang thông 70 %

L_{50} (h): Thời gian đến độ duy trì quang thông 50 %

4 Dữ liệu thử nghiệm và cỡ mẫu

4.1 Dữ liệu cần sử dụng

Dữ liệu được sử dụng trong phương pháp dự đoán phải được thu thập theo các phương pháp trong TCVN 10887 (IES LM-80-08).

4.2 Khuyến cáo về cỡ mẫu

Tất cả các dữ liệu từ bộ mẫu ở nhiệt độ để cho trước và dòng điện điều khiển cho trước trong báo cáo thử nghiệm của TCVN 10887 (IES LM-80-08) đối với một model sản phẩm cụ thể cần được sử dụng để dự đoán tuổi thọ duy trì quang thông. Số lượng bộ mẫu khuyến cáo tối thiểu là 20 mẫu có thể sử dụng hệ số nhân 6 lần thời gian thử nghiệm, như quy định trong 5.2.5 để dự đoán tuổi thọ duy trì quang thông.

Cho phép sử dụng số mẫu nhỏ hơn 20 khi có quy định bởi người yêu cầu sử dụng phương pháp dự đoán. Khi quy định và sử dụng cỡ mẫu nhỏ hơn 20, cỡ mẫu phải được ghi lại trong báo cáo bất kỳ về sự sử dụng phương pháp này. Bất cứ sự thay đổi nào cũng dẫn đến sự thay đổi trong độ không đảm bảo đo và khoảng thời gian để dự đoán tuổi thọ duy trì quang thông. Đối với cỡ mẫu từ 10 đến 19 mẫu, phải sử dụng hệ số nhân 5,5 lần khoảng thời gian thử nghiệm như quy định trong 5.2.5 để dự đoán tuổi thọ duy trì quang thông. Đối với cỡ mẫu nhỏ hơn 10, không được sử dụng phương pháp này để dự đoán tuổi thọ duy trì quang thông.

4.3 Thu thập dữ liệu quang thông

Khuyến khích thực hiện các phép đo bổ sung sau 1 000 h đầu ở các khoảng thời gian nhỏ hơn 1 000 h (kể cả các điểm cứ sau 1 000 h). Các phép đo bổ sung sau 6 000 h được khuyến khích thực hiện và sẽ cung cấp cơ sở cho việc dự đoán chính xác hơn độ duy trì quang thông.

5 Dự đoán tuổi thọ duy trì quang thông

5.1 Phương pháp

Phương pháp khuyến cáo để dự đoán tuổi thọ duy trì quang thông là sử dụng đường cong phù hợp với các dữ liệu thu thập được, để ngoại suy giá trị độ duy trì quang thông theo các điểm thời gian khi quang thông giảm theo mức tối thiểu chấp nhận được (ví dụ 70 % quang thông ban đầu). Điểm thời gian đó chính là tuổi thọ duy trì quang thông. Đường cong phù hợp với các dữ liệu thu thập này cũng có thể được sử dụng để xác định mức quang thông ở các điểm thời gian cho trước (ví dụ 25 000 h, 35 000 h).

Phương pháp này được áp dụng riêng rẽ cho từng bộ dữ liệu thử nghiệm DUT thu thập được ở từng điều kiện hoạt động (ví dụ dòng điện điều khiển) và điều kiện môi trường (ví dụ nhiệt độ để) quy định trong TCVN 10887 (IES LM-80-08).

5.2 Quy trình

5.2.1 Chuẩn hóa

Chuẩn hóa tất cả các dữ liệu về giá trị 1 (100 %) ở 0 h đối với từng DUT được thử nghiệm.

5.2.2 Lấy trung bình

Lấy trung bình các dữ liệu đo được đã được chuẩn hóa của tất cả các mẫu trong cùng bộ dữ liệu xác định trong 5.1 đối với từng điều kiện thử nghiệm ở từng điểm đo.

5.2.3 Dữ liệu sử dụng cho đường cong

Đối với tập dữ liệu của khoảng thời gian thử nghiệm, D, từ 6 000 h đến 10 000 h, dữ liệu sử dụng cho đường cong phải là dữ liệu của 5 000 h cuối cùng. Dữ liệu trước 1 000 h không được sử dụng để dựng đường cong.

Đối với các bộ dữ liệu của khoảng thời gian thử nghiệm lớn hơn 10 000 h, dữ liệu của 50 % cuối cùng của khoảng thời gian thử nghiệm phải được sử dụng để dựng đường cong. Nói cách khác, phải sử dụng tất cả các điểm dữ liệu từ D/2 đến D. Ví dụ, nếu khoảng thời gian thử nghiệm là 13 000 h thì sử dụng tất cả các điểm dữ liệu từ 6 500 h đến 13 000 h. Nếu không có điểm dữ liệu ở D/2 thì sử dụng điểm thời gian nhỏ hơn tiếp theo. Ví dụ đối với D là 13 000 h, dữ liệu được lấy sau mỗi 1 000 h, sử dụng tất cả các dữ liệu từ 6 000 h đến 13 000 h.

5.2.4 Đường cong

Dựng đường cong theo mô hình bình phương tối thiểu theo hàm mũ thông qua các giá trị được lấy trung bình như quy định trong 5.2.3 đối với công thức sau (xem Phụ lục E về ví dụ tính toán):

$$\Phi(t) = B \exp(-\alpha t)$$

trong đó

t là thời gian làm việc, tính bằng giờ

$\Phi(t)$ là quang thông chuẩn hóa được lấy trung bình tại thời điểm t

B hằng số ban đầu được dự đoán suy ra từ đường cong bình phương tối thiểu

α là hằng số tốc độ suy giảm suy ra từ đường cong bình phương tối thiểu

Sử dụng các công thức dưới đây để dự đoán tuổi thọ duy trì quang thông.

$$L_{70} = \frac{\ln\left(\frac{B}{0,7}\right)}{\alpha}$$

hoặc

$$L_{50} = \frac{\ln\left(\frac{B}{0,5}\right)}{\alpha}$$

Đối với các mức duy trì quang thông bất kỳ, sử dụng dạng công thức chung như sau :

$$L_p = \frac{\ln\left(100 \times \frac{B}{p}\right)}{\alpha}$$

trong đó

L_p là tuổi thọ duy trì quang thông, tính bằng giờ, p là phần trăm quang thông ban đầu được duy trì.

Khi $\alpha > 0$ thì đường cong hàm số mũ suy giảm về không và L_p dương. Khi $\alpha < 0$ thì đường cong hàm số mũ tăng theo thời gian và L_p âm.

Bất cứ khi nào đạt được giá trị L_p bằng thực nghiệm trong thời gian thử nghiệm theo TCVN 10887 (IES LM-80-08), giá trị ghi lại được phải đạt được bằng cách nội suy tuyến tính giữa hai điểm thử nghiệm gần nhất và ưu tiên giá trị bất kỳ được dự đoán bởi các công thức trên.

5.2.5 Điều chỉnh các kết quả

Đối với cỡ mẫu 20 hoặc nhiều hơn, các giá trị quang thông không được dự đoán quá 6 lần tổng thời gian thực hiện thử nghiệm (tính bằng giờ) của dữ liệu đo được. Đối với cỡ mẫu từ 10 đến 19, các giá trị quang thông không được dự đoán quá 5,5 lần tổng thời gian thực hiện thử nghiệm (tính bằng giờ) của dữ liệu đo được.

Khi tuổi thọ duy trì quang thông tính được (ví dụ L_{70}) là dương và nhỏ hơn hoặc bằng 6 lần (5,5 đối với cỡ mẫu từ 10 đến 19) khoảng thời gian thử nghiệm tổng thì giá trị tuổi thọ duy trì quang thông tính được chính là giá trị tuổi thọ duy trì quang thông ghi lại được.

Khi tuổi thọ duy trì quang thông tính được (ví dụ L_{70}) là dương và lớn hơn hoặc bằng 6 lần (5,5 đối với cỡ mẫu từ 10 đến 19) khoảng thời gian thử nghiệm tổng thì giá trị tuổi thọ duy trì quang thông ghi lại được phải được giới hạn ở 6 lần (5,5 đối với cỡ mẫu từ 10 đến 19) thời gian thử nghiệm tổng.

Khi tuổi thọ duy trì quang thông tính được (ví dụ L_{70}) là âm thì giá trị tuổi thọ duy trì quang thông ghi lại được sẽ là 6 lần (5,5 đối với cỡ mẫu từ 10 đến 19) khoảng thời gian thử nghiệm tổng, và dự đoán bất kỳ của quang thông được chuẩn hóa ở các thời gian làm việc cụ thể vượt quá khoảng thời gian thử nghiệm phải được ghi lại là quang thông được chuẩn hóa ở điểm đo cuối cùng.

5.2.6 Ký hiệu đối với tuổi thọ duy trì quang thông dự đoán

Tuổi thọ duy trì quang thông được dự đoán trong phương pháp này phải được biểu diễn bằng cách sử dụng ký hiệu sau:

$$L_p (Dk)$$

trong đó p là phần trăm của quang thông ban đầu được duy trì, và D là tổng thời gian của thử nghiệm, tính bằng giờ, chia cho 1 000 và được làm tròn về số nguyên gần nhất. Ví dụ

$L_{70}(6k)$ đối với dữ liệu thử nghiệm 6000 h;

$L_{70}(10k)$ đối với dữ liệu thử nghiệm 10000 h.

Nếu giá trị L_p tính được được giảm theo quy luật 6 lần (5,5 lần đối với cỡ mẫu từ 10 đến 19) (xem 5.2.5), giá trị tuổi thọ duy trì quang thông phải được biểu diễn bằng ký hiệu ">". Ví dụ

$L_{70}(6k) > 36\,000\text{ h}$ (ở $T_s = 55\text{ °C}$, $I_F = 350\text{ mA}$).

Nếu giá trị L_p đạt được từ thực nghiệm trong thử nghiệm theo TCVN 10887 (IES LM-80-08) thì tuổi thọ duy trì quang thông phải được biểu diễn với giá trị D bằng giá trị L_p , tính bằng giờ, chia cho 1 000 và làm tròn đến số nguyên gần nhất. Ví dụ

$L_{70}(4k) = 4\,400\text{ h}$ (ở $T_s = 55\text{ °C}$, $I_F = 350\text{ mA}$).

6 Nội suy dữ liệu nhiệt độ

Khi nhiệt độ để của DUT thực tế, $T_{s,i}$, khác với nhiệt độ sử dụng cho các thử nghiệm của TCVN 10887 (IES LM-80-08) (ví dụ 55 °C , 85 °C và nhiệt độ thứ ba được nhà chế tạo cung cấp), cần sử dụng các quy trình để dự đoán tuổi thọ duy trì quang thông của DUT ứng với nhiệt độ để thực tế với điều kiện làm việc tương tự hoặc thấp hơn (ví dụ dòng điện điều khiển).

6.1 Chọn nhiệt độ để thử nghiệm

Các nhiệt độ để thử nghiệm được sử dụng cho nội suy tuổi thọ duy trì quang thông từ nhiệt độ để thực tế phải có nhiệt độ thấp hơn gần nhất, $T_{s,1}$, và nhiệt độ cao hơn gần nhất, $T_{s,2}$, với nhiệt độ để thực tế cần nội suy.

6.2 Chuyển tất cả các nhiệt độ sang độ kelvin

Công thức dưới đây phải được sử dụng để chuyển các nhiệt độ sang đơn vị độ kelvin:

$$T_s [\text{K}] = T_s [\text{°C}] + 273,15$$

Chỉ được sử dụng các giá trị nhiệt độ theo đơn vị độ kelvin trong các tính toán tiếp theo thể hiện trong các điều dưới đây.

6.3 Sử dụng phương trình Arrhenius để tính tuổi thọ duy trì quang thông nội suy

Phương trình Arrhenius thể hiện dưới đây phải được sử dụng để tính hằng số tốc độ suy giảm thực tế α_i :

$$\alpha_i = A \exp\left(\frac{-E_a}{k_B T_{s,i}}\right)$$

trong đó

A là hệ số trước số mũ;

E_a là năng lượng kích hoạt, tính bằng eV;

$T_{s,i}$ là nhiệt độ tuyệt đối thực tế, tính bằng độ K;

k_B là hằng số Boltzmann ($8,6173 \times 10^{-5}$ eV/K).

Các bước tính toán trung gian dưới đây cần được thực hiện để tìm hằng số tốc độ suy giảm α_i ở nhiệt độ thực tế $T_{s,i}$ từ $T_{s,1}$ đến $T_{s,2}$.

Bước 1: Có được α_1 và α_2 đối với hai nhiệt độ $T_{s,1}$ đến $T_{s,2}$, được tính theo đường cong thực hiện trong 5.2.4. Tính tỷ số E_a/k_B như sau:

$$\frac{E_a}{k_B} = \frac{\ln \alpha_1 - \ln \alpha_2}{\frac{1}{T_{s,2}} - \frac{1}{T_{s,1}}}$$

Bước 2: Sử dụng tỷ số trên, lắp $T_{s,1}$ vào để tính hệ số trước số mũ A:

$$A = \alpha_i \exp\left(-\frac{E_a}{k_B T_{s,1}}\right)$$

Bước 2 ở trên cũng có thể được sử dụng thay α_2 và $T_{s,2}$ cho α_1 và $T_{s,1}$.

Bước 3: Tính B_0 , trong đó

$$B_0 = \sqrt{B_1 B_2}$$

B_1 là hằng số ban đầu dự đoán với nhiệt độ để thấp hơn;

B_2 là hằng số ban đầu dự đoán với nhiệt độ để cao hơn.

Bước 4: Sử dụng kết quả B_0 ở trên, tính tuổi thọ duy trì quang thông L_p đối với nhiệt độ để thực tế $T_{s,i}$ như sau:

$$L_p = \frac{\ln\left(100 \times \frac{B_0}{p}\right)}{\alpha_i}$$

Kết quả có được từ các bước tính toán trên cũng như tham số sử dụng trong các phép tính được ghi lại trong Bảng 2.

Bước 5: Tính quang thông phát ra tại thời điểm $\Phi_i(t)$ đối với $T_{s,i}$ như sau:

$$\Phi_i(t) = B_0 \exp(-\alpha_i t)$$

Xem Phụ lục E về các ví dụ tính toán.

6.4 Khả năng áp dụng của phương trình Arrhenius

Phương trình Arrhenius chỉ có thể được sử dụng nếu cả hai hằng số tốc độ suy giảm α_1 và α_2 đều có giá trị dương. Trong các trường hợp khi một hoặc cả hai giá trị α đều âm (tức là quang thông tăng theo thời gian) thì dự đoán bảo toàn phải được sử dụng như quy định dưới đây.

Nếu chỉ một giá trị α dương thì các dự đoán độ duy trì quang thông tương ứng và các giá trị L_p (như quy định trong 5.2.4 đến 5.2.5) phải được sử dụng cho $T_{s,i}$.

Nếu không có giá trị nào của α dương thì tuổi thọ duy trì quang thông, L_{70} , ở $T_{s,1}$ sẽ là 6 lần (5,5 lần đối với cỡ mẫu từ 10 đến 19) tổng thời gian thử nghiệm của dữ liệu đo được, và dự đoán bất kỳ về quang thông đầu ra đã chuẩn hóa ở các thời gian làm việc cụ thể vượt quá khoảng thời gian thử nghiệm, phải bằng với quang thông chuẩn hóa thấp hơn ở điểm đo cuối cùng giữa $T_{s,1}$ và $T_{s,2}$.

6.5 Giới hạn đối với ngoại suy

Không được thực hiện việc ngoại suy giá trị L_p bất kỳ quá nhiệt độ làm việc được sử dụng trong thử nghiệm TCVN 10887 (IES LM-80-08). Ví dụ, nếu nhiệt độ thử nghiệm trong TCVN 10887 (IES LM-80-08) cao nhất là 85 °C thì không được ngoại suy L_p ở nhiệt độ 100 °C.

Nếu nhiệt độ làm việc thực tế thấp hơn nhiệt độ thấp nhất được sử dụng trong thử nghiệm của TCVN 10887 (IES LM-80-08) thì giá trị L_p ghi lại được phải sử dụng nhiệt độ thấp nhất trong thử nghiệm của TCVN 10887 (IES LM-80-08). Ví dụ, nếu nhiệt độ thấp nhất trong thử nghiệm của TCVN 10887 (IES LM-80-08) là 55 °C thì L_p ở 45 °C phải sử dụng giá trị L_p ở 55 °C.

7 Báo cáo

Báo cáo dự đoán tuổi thọ duy trì quang thông phải có các thông tin sau được thể hiện trong Bảng 1. Các giá trị L_{70} tính được và ghi lại phải được làm tròn đến 3 chữ số có nghĩa, các giá trị α và B phải được làm tròn đến 4 chữ số có nghĩa.

Bảng 1 – Thông tin cần có trong báo cáo ở từng điều kiện thử nghiệm của

TCVN 10887 (IES LM-80-08)

Mô tả nguồn sáng LED được thử nghiệm (nhà chế tạo, model, số catalo)	
Cỡ mẫu	
Số lượng hỏng	
Dòng điện điều khiển DUT được sử dụng trong thử nghiệm	mA
Thời gian thử nghiệm	h
Khoảng thời gian thử nghiệm được sử dụng để dự đoán	h-h
Nhiệt độ để được thử nghiệm	°C

Bảng 1 (kết thúc)

α	
B	
$L_{70}(Dk)$ tính được	h
$L_{70}(Dk)$ ghi lại	h

Khi sử dụng nội suy, phải thể hiện thêm các thông tin trong Bảng 2.

Bảng 2 – Thông tin cần đưa vào báo cáo đối với nội suy (Xem định nghĩa trong Điều 6)

$T_{s,1} (^{\circ}\text{C})$	
$T_{s,1} (\text{K})$	
α_1	
B_1	
$T_{s,2} (^{\circ}\text{C})$	
$T_{s,2} (\text{K})$	
α_2	
B_2	
E_a/k_B	
A	
B_2	
$T_{s,i} (^{\circ}\text{C})$	
$T_{s,i} (\text{K})$	
α_i	
$L_{70}(Dk)$ dự đoán	
$L_{70}(Dk)$ ghi lại	

Phụ lục A

(tham khảo)

Cơ sở cho phương pháp khuyến cáo để ngoại suy dữ liệu

Các phân tích thống kê đã được thực hiện trên 40 bộ dữ liệu thử nghiệm của TCVN 10887 (IES LM-80-08) được thu thập từ bốn nhà chế tạo LED chính, trong đó hơn 20 bộ dữ liệu có khoảng thời gian thử nghiệm lớn hơn hoặc bằng 10 000 h. Một vài mô hình toán học đã được đề xuất để dự đoán tuổi thọ duy trì quang thông dựa trên dữ liệu duy trì quang thông thực của LED, và đưa ra một vài xu hướng khác nhau. Các nghiên cứu đã được thực hiện kỹ lưỡng trong một số khía cạnh. Trước hết, một vài mô hình có thể có thể hiện các đáp ứng suy giảm tiềm ẩn quang thông vật lý của LED được nhận biết và đề xuất, và nghiên cứu đã được thực hiện cho đại lượng đo có thể có và có thể được sử dụng để đánh giá và chọn mô hình chính xác nhất đối với tập dữ liệu TCVN 10887 (IES LM-80-08) cho trước với giả thiết thời gian là 6 000 h. Thứ hai, đáp ứng duy trì quang thông LED đã được đánh giá thể hiện trong hơn 40 tập dữ liệu, và lưu ý là nhiều LED bộc lộ một số thay đổi nhanh trong 1 000 h đầu tiên hoặc nhiều hơn. Các lựa chọn khác nhau đã được nghiên cứu kể cả chỉ sử dụng dữ liệu sau 1 000 h hoặc chỉ sau điểm gãy đầu tiên của đường cong duy trì quang thông. Điều này nhằm kiểm tra xác nhận xem mô hình toán học đã chọn có thể được sử dụng tin cậy hơn. Thứ ba, độ chính xác của dự đoán đã được xem xét sử dụng các mô hình đề xuất khác nhau bằng cách xem xét các dữ liệu TCVN 10887 (IES LM-80) được mở rộng ra số giờ nhiều hơn, ví dụ 10 000 h đến 15 000 h. Các ngoại suy này cho thấy rằng thống kê của các mô hình chỉ sử dụng 6 000 h của dữ liệu TCVN 10887 (IES LM-80-08) không đủ để giúp nhận biết mô hình thích hợp nhất để thể hiện sự suy giảm quang thông. Các ngoại suy này cũng cho thấy rằng xu hướng suy giảm quang thông LED thường thay đổi sau 6 000 h theo cách này hay cách khác và không có tiếp cận nào đủ tin cậy và nhất quán để dự đoán các xu hướng này từ các điểm dữ liệu 6 000 h. Cuối cùng, tập tự nhiên trong dữ liệu thực có thể chỉ thị sai xu hướng suy giảm trong thử nghiệm 6 000 h, cái mà dữ liệu thử nghiệm dài hơn dữ liệu 6 000 h là không có thực. Một số điểm dữ liệu tập là không thể tránh khỏi do độ không đảm bảo đo của phép đo quang thông trong khoảng thời gian dài và thích hợp nhất với các điểm dữ liệu 6 000 h có thể không đảm bảo rằng dự đoán đối với các điểm thời gian dài hơn sẽ chính xác.

Vấn đề cũng được thảo luận thêm nếu mô hình tốt hơn có thể có (không phải dạng số mũ) có thể được sử dụng cho các dữ liệu thử nghiệm dài hơn 6 000 h. Ngoài ra, một số dữ liệu LED thực tế cũng cho thấy những thay đổi trong xu hướng suy giảm quang thông sau 10 000 h và quan sát được các vấn đề tương tự.

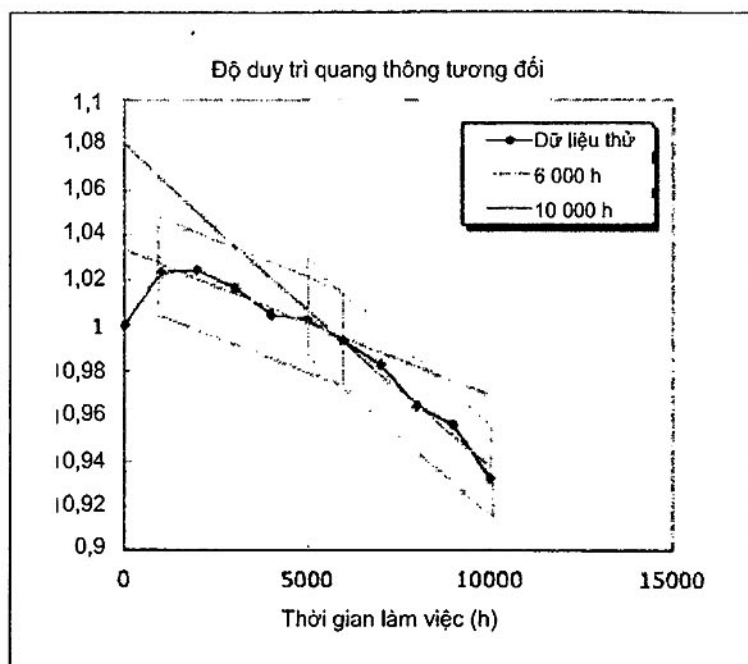
Nhà chế tạo cần hiểu rằng đường cong suy giảm quang thông LED có xu hướng thay đổi phụ thuộc vào công nghệ và vật liệu sử dụng trong các gói LED. Một số thay đổi này xuất hiện ở thời gian sớm

(trước 1 000 h), và một số muộn hơn 6 000 h hoặc thậm chí 10 000 h. Phân tích trên các tập dữ liệu khẳng định rằng việc chọn mô hình toán học tốt hơn không thích hợp ngay cả với dữ liệu 10 000 h.

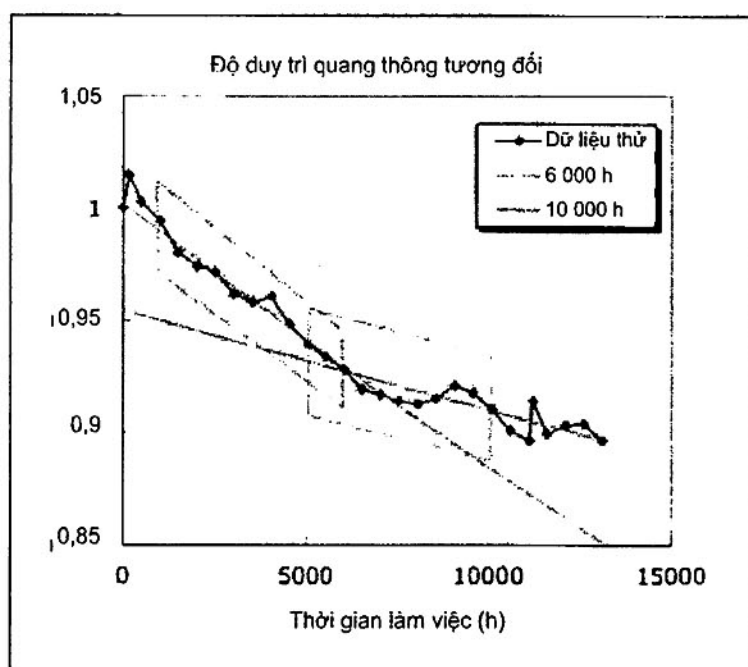
Trong nhiều trường hợp, dữ liệu thống kê đối với nhiều mô hình đã cho thấy có sai khác nhỏ, chỉ ra rằng nhiều hơn một mô hình có thể hợp lý hơn các mô hình khác để xác định độ suy giảm quang thông dự kiến của LED. Có một cách hiểu chung trong ngành công nghiệp LED là độ suy giảm liên quan đến các ảnh hưởng không phải của bản thân chip bán dẫn có xu hướng bộc lộ sớm hơn là muộn. Do đó, suy giảm quang thông ổn định hơn trong khoảng thời gian muộn hơn thường liên quan đến suy giảm chip và điều này được xem là liên quan đến suy giảm hàm số mũ kinh điển. Do đó, kết luận rằng cách tiếp cận hợp lý nhất để ngoại suy độ suy giảm quang thông khi dịch chuyển dữ liệu ban đầu (liên quan đến điểm gãy của dữ liệu) là việc sử dụng hàm số mũ đơn giản. Với phân tích sâu thêm về các dữ liệu thử nghiệm thu thập được, nhận thấy rằng đối với thời gian thử nghiệm dài hơn, ví dụ 10 000 h hoặc hơn nữa, sử dụng dữ liệu của 5 000 h cuối cùng (từ 5 000 h đến 10 000 h) cho kết quả nhất quán và tin cậy hơn so với việc sử dụng dữ liệu của toàn bộ thời gian thử nghiệm (1 000 h đến 10 000 h). Tuy nhiên, mối quan tâm nữa là 5 000 h cuối cùng chỉ có 6 điểm đo (giả thiết khoảng thời gian thử nghiệm là 1 000 h) và các kết quả nhạy với các điểm dữ liệu tập. Sau khi phân tích và thảo luận thêm, xác định rằng 50 % cuối cùng của dữ liệu thử nghiệm, với tối thiểu là 5 000 h cuối cùng, sẽ là cách sử dụng thích hợp nhất các dữ liệu thử nghiệm sẵn có để ngoại suy. Việc kiểm tra xác nhận các ngoại suy này đã được thực hiện và cho thấy rằng phương pháp này làm việc khá tốt mà không gây ra vấn đề nghiêm trọng nào đối với tất cả các dữ liệu thử nghiệm LED thu được. Lưu ý là các dữ liệu thử nghiệm này được sử dụng để kiểm tra xác nhận đều được giới hạn đến xấp xỉ 15 000 h.

Một số ví dụ về dữ liệu thử nghiệm LED thực và đường cong duy trì quang thông được thể hiện trong Hình A.1 và Hình A.2. Hình A.1 là ví dụ trong trường hợp đường cong hàm số mũ đối với 1 000 đến 6 000 h rất tốt nhưng xu hướng thay đổi sau 6 000 h. Hình A.2 là một ví dụ khác khi dữ liệu 1 000 h đến 6 000 h phù hợp rất tốt trong khoảng thời gian đó nhưng xu hướng thay đổi sau 6 000 h theo hướng khác. Trong trường hợp này, $L_{70}(6k)$ là 30 000 h, nhưng $L_{70}(10k)$ là 60 000 h (bị giới hạn bởi giá trị 6 lần khoảng thời gian thử nghiệm tổng), mà được xem là chính xác hơn. Trong cả hai trường hợp, không thể dự đoán sự thay đổi theo xu hướng nào chỉ từ các điểm dữ liệu 6 000 h.

Từ các ví dụ thể hiện trên các Hình A.1 và Hình A.2, dự đoán L_{70} bằng dữ liệu thử nghiệm 6 000 h thường cho thấy là không tin cậy và thỏa đáng. Khoảng thời gian thử nghiệm càng dài thì độ chính xác của dự đoán càng cao. Do đó, khuyến cáo là các thử nghiệm của TCVN 10887 (IES LM-80-08) cần được tiếp tục sau 6 000 h và dự đoán L_{70} cần được cập nhật khi dữ liệu thử nghiệm có sẵn ở các khoảng thời gian dài hơn. Để khuyến khích thực tế này và cho phép người sử dụng biết được chiều dài của các dữ liệu thử nghiệm để xác định L_{70} , đưa ra ký hiệu $L_{70}(D_k)$ sao cho khoảng thời gian thử nghiệm luôn được ghi lại cùng với giá trị tuổi thọ. Khoảng thời gian thử nghiệm tính bằng giờ giúp chỉ ra độ tin cậy của tuổi thọ duy trì quang thông ghi lại. Nhà chế tạo nên đưa cả ngày báo cáo vào.



Hình A.1 – Dữ liệu LED



Hình A.2 – Dữ liệu LED

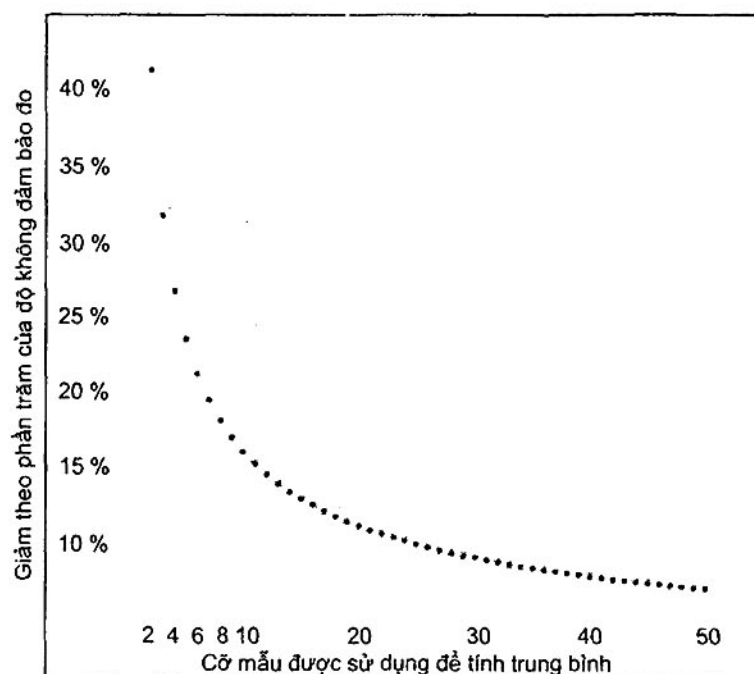
Phụ lục B

(tham khảo)

Chọn cỡ mẫu để ngoại suy dữ liệu

Như được giải thích trong Phụ lục A, các giá trị trung bình được mô hình hóa theo hàm số mũ được sử dụng để thiết lập kết cấu suy giảm nguồn sáng LED. Khi đó mô hình hàm số mũ thích hợp được sử dụng để ngoại suy quang thông dự kiến. Khi sử dụng kết cấu đơn giản hóa phù hợp với các giá trị trung bình ở từng giai đoạn thử nghiệm thì điều quan trọng là nhận biết đã thử bao nhiêu mẫu. Tăng số lượng mẫu thử trong một khoảng thời gian sẽ tạo ra cơ sở chắc chắn hơn cho mô hình hàm số mũ. Hình B.1 dưới đây cho thấy sự giảm theo phần trăm của độ không đảm bảo đo (trục y) ở từng bước tăng của số lượng mẫu được sử dụng để tính toán giá trị trung bình (cỡ mẫu). Như có thể thấy, việc giảm theo phần trăm của độ không đảm bảo đo sẽ giảm xuống khi số lượng mẫu tăng lên.

Mối quan tâm khác trong việc lập mô hình là dựa vào giả thiết về sự chuẩn hóa sai số độ không đảm bảo đo kết hợp với mô hình thích hợp. Trong ứng dụng này, đánh giá tương tự của việc đo số lượng mẫu đủ ở từng giai đoạn thời gian có thể cung cấp cơ sở quan trọng cho sự chuẩn hóa các giá trị trung bình. Hầu hết các dữ liệu thử nghiệm LED thu được đều có phân bố xấp xỉ đối xứng xung quanh giá trị trung bình của dữ liệu. Sự đối xứng này và do đó độ lệch được hạn chế sẽ cung cấp cơ sở để các giả thiết về sự chuẩn hóa có thể được chấp nhận một cách hợp lý với cỡ 20 mẫu cho mỗi giai đoạn thử nghiệm. Do đó, khuyến cáo cỡ mẫu phải như yêu cầu trong 4.2.



Hình B.1 – Cỡ mẫu theo độ không đảm bảo đo

Phụ lục C

(tham khảo)

Công thức bình phương cực tiểu

Đối với tập các điểm dữ liệu thử nghiệm thực $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$, đường thẳng đi qua các điểm bình phương tối thiểu được sử dụng để lập đường cong theo 5.2.4 là

$$y = mx + b$$

trong đó m là độ dốc:

$$m = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

b là một chặn

$$b = \frac{\sum y - m \sum x}{n}$$

trong đó

Σ là tổng của n hạng mục như sau:

$$\sum xy = x_1 y_1 + x_2 y_2 + \dots + x_n y_n$$

$$\sum x = x_1 + x_2 + \dots + x_n$$

$$\sum y = y_1 + y_2 + \dots + y_n$$

$$\sum x^2 = x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2$$

Sau đó thay

$$x_k = t_k \quad k = 1, 2, \dots, n, \text{ và}$$

$$y_k = \ln \Phi_k \quad k = 1, 2, \dots, n,$$

vào công thức trên có thể suy ra:

$$B = e^b$$

và $\alpha = -m$

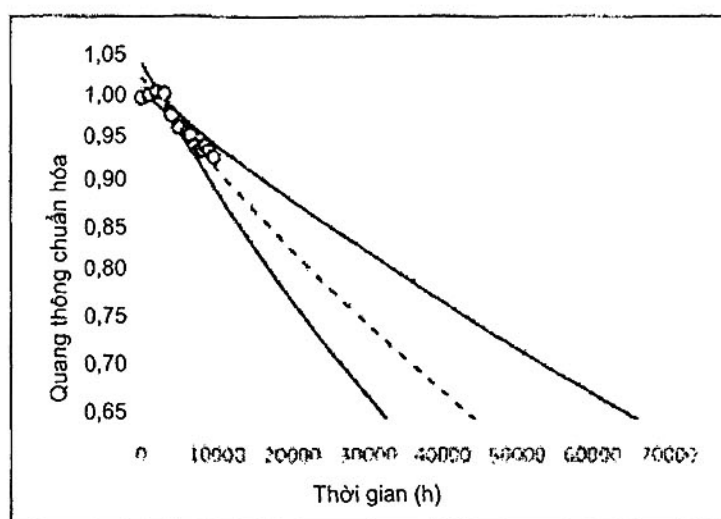
Phụ lục D

(quy định)

Giới hạn của khoảng thời gian dự đoán

Phụ lục này mô tả sự phân tích để xác định hệ số nhân đối với giới hạn trên của L_{70} .

Các phân tích đã được thực hiện trên hơn 40 tập dữ liệu thử nghiệm theo TCVN 10887 (IES LM-80-08) thu thập từ một vài nhà chế tạo LED. Để xác định độ không đảm bảo đo của đường cong hàm số mũ thích hợp với các tập dữ liệu này, dải độ tin cậy được tính toán để thể hiện một vùng mà trong đó mô hình được kỳ vọng là nằm trong vùng đó với mức xác suất nhất định. Dải độ tin cậy được tính bằng sử dụng hàm t, các hệ số của mô hình, và độ không đảm bảo đo ước lượng trong các hệ số đó; do đó, cần có ma trận hiệp phương sai của mô hình dự đoán. Do vậy để tính dải độ tin cậy, cần ước lượng độ không đảm bảo đo đối với từng điểm dữ liệu. Ví dụ về dải độ tin cậy tính được được thể hiện trên Hình D.1.



Hình D.1 – Các hình tròn là các dữ liệu được chuẩn hóa.

Đường nét đứt là đường cong tối ưu đối với dữ liệu từ 1 000 h đến 6 000 h.

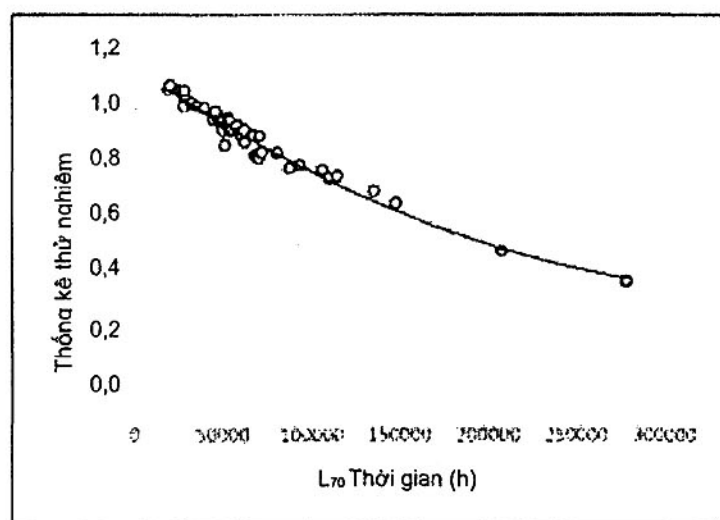
Đường nét liền là dải độ tin cậy tương ứng với đường cong tối ưu

Hai thành phần được kết hợp lại thành căn bậc hai của tổng các bình phương. Thành phần thứ nhất là độ lệch chuẩn của tập dữ liệu riêng rẽ đối với thời gian cho trước chia cho căn bậc hai của số lượng điểm dữ liệu, ta có độ lệch chuẩn của giá trị trung bình. Thành phần thứ hai là độ không đảm bảo đo của hệ thống đo đối với các phép đo tương đối theo khung thời gian của các phép đo (khoảng thời gian thử nghiệm). Đây là đặc trưng của độ tái lập của hệ thống đo. Ma trận của hai thành phần này được phân tích. Số lượng điểm sử dụng để xác định độ lệch chuẩn trung bình thay đổi giữa các điểm 5, 10, 20, 50 và 100 điểm. Độ không đảm bảo đo kết hợp tương đối của hệ thống đo được thay đổi giữa 0 %,

10 %, 0,25 %, 0,40 %, 0,50 %, 0,75 % và 1,0 %. Độ không đảm bảo đo kết hợp tương đối của hệ thống đo là độ không đảm bảo đo giữa các phép đo đối với cùng một thiết bị trong khoảng thời gian thử nghiệm. Điều này không bao gồm hiệu chuẩn tuyệt đối của hệ thống đo. Độ không đảm bảo đo mở rộng với hệ số phủ $k = 2$ sẽ thể hiện khoảng phủ 95 % là 0,2 %, 0,5 %, 0,8 %, 1,0 %, 1,5 % và 2,0 %. Mức xác suất đối với phân tích này được đặt ở 90 % sử dụng phân bố một phía đối với dải độ tin cậy thấp hơn.

Để xác định hệ số nhân đối với giới hạn trên của L_{70} cần được ghi lại với độ tin cậy 90 %, giả thiết được tạo ra là nếu thống kê lớn hơn một, giả thiết được coi là đúng. Để tính thống kê, cần chọn số nhân cần thử nghiệm, ví dụ là 6. Đối với tập dữ liệu cho trước, tính L_{70} và dải độ tin cậy thấp hơn. Thời gian tới hạn đối với số nhân là 6 là khoảng thời gian (6 000 h) nhân với số nhân cộng 1, là 42 000 h. Nếu dải độ tin cậy nhỏ dưới lớn hơn ngưỡng 36 000 h thì giả thiết là đúng. Để vẽ thống kê này, chia dải độ tin cậy dưới cho giá trị L_{70} , nhân với số nhân cộng 1 và chia cho số nhân.

Hình D.2 thể hiện thống kê có giá trị là một ở thời gian thử nghiệm 36 000 h trong phạm vi độ không đảm bảo đo của đường cong phù hợp. Thống kê thử nghiệm sẽ giảm theo thời gian vì ở 6 000 h và L_{70} là 200 000 h, các điểm dữ liệu cung cấp đường cong rất nhỏ để phù hợp với hàm số mũ. Kết luận của việc phân tích này là đối với độ không đảm bảo đo kết hợp 0,40 % của hệ thống đo (là điển hình cho khả năng của ngành công nghiệp hiện nay, dựa trên phân tích các dữ liệu thu được. Hệ số nhân 5,5 lần cũng được chấp nhận về thống kê đối với các tập dữ liệu có 10 – 19 điểm dữ liệu (số lượng mẫu).



Hình D.2 – Thống kê thử nghiệm được vẽ theo L_{70} tính được cho từng tập dữ liệu sử dụng độ không đảm bảo đo kết hợp tương đối 0,40 % cho hệ thống đo và 20 điểm dữ liệu. Toàn phương được sử dụng cho thống kê thử nghiệm mà thống kê này dựa trên số nhân 6 lần

Phụ lục E

(tham khảo)

Tập dữ liệu thử nghiệm để kiểm tra xác nhận tính toán – Các ví dụ

Để hỗ trợ người sử dụng tiêu chuẩn này thực hiện các tính toán theo các quy trình liệt kê trong Điều 5 và Điều 6, ví dụ về các tính toán này dựa trên dữ liệu của TCVN 10887 (IES LM-80-08) được đưa ra trong Phụ lục F. Dữ liệu sử dụng trong các tính toán được chọn từ cơ sở dữ liệu của nhà chế tạo LED. Khuyến cáo rằng người sử dụng nên sử dụng dữ liệu và các kết quả tính toán trong Phụ lục E để so sánh trong các tính toán của mình để đảm bảo các bước tính được thực hiện bởi người sử dụng là đúng.

E.1 Ví dụ về chuẩn hóa 6 000 h của dữ liệu TCVN 10887 (IES LM-80-08)

Bảng E.1 thể hiện các tập dữ liệu từ 20 mẫu được thử nghiệm trong 6 000 h của thử nghiệm TCVN 10887 (IES LM-80-08) ở nhiệt độ để 55 °C. Bảng E.2 thể hiện 6 000 h của thử nghiệm TCVN 10887 (IES LM-80-08) ở nhiệt độ để là 85 °C.

Bảng E.1 – Dữ liệu thử nghiệm 6 000 h theo TCVN 10887 (IES LM-80-08) ở điểm nhiệt độ để $T_{s,1} = 55\text{ °C}$

Mẫu số	0	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000
1	1,000	0,970	0,957	0,962	0,957	0,950	0,944	0,947
2	1,000	0,987	0,973	0,976	0,971	0,967	0,960	0,960
3	1,000	0,984	0,966	0,967	0,960	0,954	0,947	0,949
4	1,000	0,990	0,977	0,980	0,976	0,970	0,967	0,965
5	1,000	0,981	0,963	0,969	0,965	0,959	0,953	0,953
6	1,000	0,988	0,975	0,979	0,974	0,968	0,964	0,966
7	1,000	0,990	0,978	0,978	0,974	0,962	0,958	0,954
8	1,000	0,988	0,973	0,974	0,968	0,962	0,957	0,955
9	1,000	0,989	0,975	0,978	0,974	0,968	0,964	0,966
10	1,000	0,982	0,965	0,964	0,957	0,948	0,942	0,936
11	1,000	0,977	0,956	0,960	0,956	0,950	0,946	0,946
12	1,000	0,988	0,975	0,980	0,977	0,970	0,967	0,961
13	1,000	0,985	0,969	0,971	0,965	0,956	0,949	0,945
14	1,000	0,976	0,960	0,966	0,962	0,957	0,953	0,953
15	1,000	0,985	0,971	0,978	0,975	0,969	0,965	0,966
16	1,000	0,977	0,962	0,969	0,964	0,958	0,956	0,952
17	1,000	0,966	0,950	0,954	0,944	0,938	0,935	0,937
18	1,000	0,998	0,983	0,989	0,984	0,977	0,972	0,971
19	1,000	0,985	0,970	0,976	0,969	0,963	0,958	0,957
20	1,000	0,975	0,961	0,967	0,961	0,952	0,948	0,944
Trung bình	1,0000	0,9831	0,9680	0,9719	0,9667	0,9599	0,9553	0,9542
Ln (trung bình)	0,00000	-0,01704	-0,03252	-0,02850	-0,03387	-0,04093	-0,04573	-0,04688

Bảng E.2 – Dữ liệu thử nghiệm 6 000 h theo TCVN 10887 (IES LM-80-08)

ở điểm nhiệt độ để $T_{s,2} = 85\text{ °C}$

Mẫu số	0	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000
1	1,000	0,995	0,969	0,972	0,957	0,944	0,933	0,929
2	1,000	0,986	0,961	0,968	0,958	0,946	0,938	0,937
3	1,000	0,969	0,951	0,951	0,938	0,923	0,918	0,917
4	1,000	0,988	0,972	0,973	0,959	0,950	0,948	0,947
5	1,000	0,971	0,950	0,950	0,936	0,922	0,911	0,907
6	1,000	0,974	0,956	0,953	0,941	0,927	0,919	0,914
7	1,000	0,988	0,971	0,974	0,966	0,956	0,950	0,950
8	1,000	0,985	0,969	0,976	0,965	0,956	0,951	0,950
9	1,000	0,986	0,967	0,969	0,954	0,938	0,930	0,924
10	1,000	0,949	0,922	0,921	0,907	0,894	0,885	0,885
11	1,000	0,993	0,978	0,982	0,974	0,966	0,961	0,959
12	1,000	0,991	0,976	0,977	0,970	0,959	0,953	0,949
13	1,000	0,981	0,963	0,972	0,966	0,956	0,950	0,952
14	1,000	0,992	0,976	0,982	0,972	0,962	0,958	0,958
15	1,000	0,967	0,947	0,943	0,932	0,920	0,914	0,914
16	1,000	0,984	0,967	0,973	0,965	0,941	0,940	0,940
17	1,000	0,992	0,977	0,982	0,971	0,962	0,956	0,957
18	1,000	0,984	0,967	0,967	0,952	0,939	0,932	0,928
19	1,000	0,981	0,964	0,964	0,953	0,939	0,933	0,929
20	1,000	0,982	0,966	0,970	0,960	0,951	0,948	0,941
Trung bình	1,0000	0,9819	0,9635	0,9660	0,9548	0,9426	0,9364	0,9344
ln (trung bình)	0,00000	-0,01827	-0,03718	-0,03459	-0,04625	-0,0591 1	-0,0657 1	-0,06785

Kết quả của bình phương tối thiểu sử dụng tập dữ liệu này được thể hiện trong Bảng E.3 đối với nhiệt độ để 55 °C và Bảng E.4 đối với nhiệt độ để 85 °C . Lưu ý là dữ liệu từ 1 000 h đến 6 000 h được sử dụng để tính tuổi thọ duy trì quang thông.

Bảng E.3 – Đường cong bình phương tối thiểu đối với dữ liệu thử nghiệm 6 000 h
theo TCVN 10887 (IES LM-80-08) ở điểm nhiệt độ để $T_{s,1} = 55\text{ °C}$

Điểm thứ	Thời gian (h)	ln (trung bình)	xy	x	y	x^2
1	1000	-0,03252	-32,5	1000	-0,0325	1,000E+06
2	2000	-0,02850	-57,0	2000	-0,0285	4,000E+06
3	3000	-0,03387	-101,6	3000	-0,0339	9,000E+06
4	4000	-0,04093	-163,7	4000	-0,0409	1,600E+07
5	5000	-0,04573	-228,7	5000	-0,0457	2,500E+07
6	6000	-0,04688	-281,3	6000	-0,0469	3,600E+07
	Tổng	-0,2284	-864,8	21000	-0,2284	9,100E+07
	Độ dốc	-3,730E-06				
	Giao điểm	-2,502E-02				
	α_1	3,730E-06				
	B_1	9,753E-01				
	$L_{70}(6k)$ tính được	88.916				
	$L_{70}(6k)$ ghi lại	>36.000				

Bảng E.4 – Đường cong bình phương tối thiểu đối với dữ liệu thử nghiệm 6 000 h
theo TCVN 10887 (IES LM-80-08) ở điểm nhiệt độ để $T_{s,2} = 85\text{ °C}$

Điểm thứ	Thời gian [h]	ln (trung bình)	xy	x	y	x^2
1	1000	-0,03718	-37,2	1000	-0,0372	1,000E+06
2	2000	-0,03459	-69,2	2000	-0,0346	4,000E+06
3	3000	-0,04625	-138,	3000	-0,0463	9,000E+06
4	4000	-0,05911	-236,4	4000	-0,059 1	1,600E+07
5	5000	-0,06571	-328,6	5000	-0,0657	2,500E+07
6	6000	-0,06785	-407,1	6000	-0,0679	3,600E+07
	Tổng	-0,31069	-1217 2	2 1000	-0,3107	9,100E+07
	Độ dốc	-7,416E-06				
	Giao điểm	-2,582E-02				
	α_1	7,416E-06				
	B_1	9,745E-01				
	$L_{70}(6k)$ tính được	44.611				
	$L_{70}(6k)$ ghi lại	>36.000				

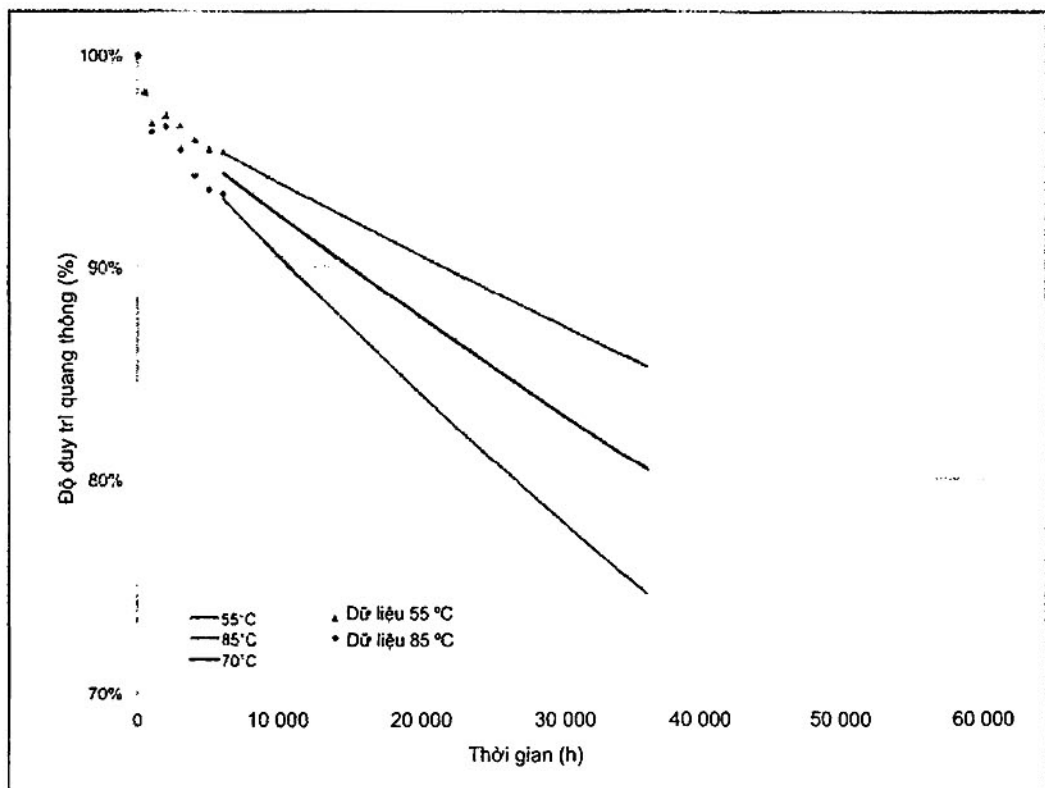
E.2 Ví dụ về nội suy Arrhenius sử dụng 6 000 h của dữ liệu TCVN 10887 (IES LM-80-08)

Ví dụ, nếu nhiệt độ để thực tế $T_{s,1} = 70\text{ °C}$, dữ liệu trong Bảng E.1 ($T_{s,1} = 55\text{ °C}$) và Bảng E.2 ($T_{s,2} = 85\text{ °C}$) được sử dụng để nội suy và dự đoán tuổi thọ duy trì quang thông đối với $T_{s,1} = 70\text{ °C}$. Các tham số được thể hiện như trong Bảng E.5.

Bảng E.5 – Tham số nội suy bằng cách sử dụng 6 000 h của dữ liệu TCVN 10887 (IES LM-80-08) đối với nhiệt và thực tế $T_{s,i} = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$

$T_{s,1}$ ($^{\circ}\text{C}$)	55	$T_{s,i}$ ($^{\circ}\text{C}$)	70
$T_{s,1}$ (K)	328,15	$T_{s,i}$ (K)	343,15
α_1	3,730E-06	α_i	5,339E-06
B_1	0,9753	$L_{70}(6k)$ tính được	62.043
$T_{s,2}$ ($^{\circ}\text{C}$)	85	$L_{70}(6k)$ ghi lại	>36.000
$T_{s,2}$ (K)	358,15		
α_2	7,416E-06		
B_2	0,9745		
E_d/k_b	2692		
A	1,365E-02		
B_0	9,749E-01		

Thể hiện bằng đồ thị các kết quả dự đoán tuổi thọ duy trì quang thông đối với $T_{s,1} = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{s,2} = 85\text{ }^{\circ}\text{C}$, và nhiệt độ thực tế $T_{s,i} = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ được thể hiện trên Hình E.1.



Hình E.1 – Thể hiện bằng đồ thị dự đoán tuổi thọ duy trì quang thông sử dụng 6 000 h của dữ liệu TCVN 10887 (IES LM-80-08)

Thể hiện dưới dạng số của các kết quả dự đoán tuổi thọ duy trì quang thông đối với $T_{s,1} = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{s,2} = 85\text{ }^{\circ}\text{C}$, và nhiệt độ thực tế $T_{s,i} = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ được thể hiện trên Bảng E.6.

**Bảng E.6 – Kết quả dự đoán tuổi thọ duy trì quang thông sử dụng 6 000 h
của dữ liệu thử nghiệm theo TCVN 10887 (IES LM-80-08)**

Thời gian [h]	55°C	70°C	85°C
6.000	0,954	0,944	0,932
7.000	0,950	0,939	0,925
8.000	0,947	0,934	0,918
9.000	0,943	0,929	0,912
10.000	0,940	0,924	0,905
11.000	0,936	0,919	0,898
12.000	0,933	0,914	0,892
13.000	0,929	0,910	0,885
14.000	0,926	0,905	0,878
15.000	0,922	0,900	0,872
16.000	0,919	0,895	0,865
17.000	0,915	0,890	0,859
18.000	0,912	0,886	0,853
19.000	0,909	0,881	0,846
20.000	0,905	0,876	0,840
21.000	0,902	0,871	0,834
22.000	0,898	0,867	0,828
23.000	0,895	0,862	0,822
24.000	0,892	0,858	0,816
25.000	0,888	0,853	0,810
26.000	0,885	0,849	0,804
27.000	0,882	0,844	0,798
28.000	0,879	0,840	0,792
29.000	0,875	0,835	0,786
30.000	0,872	0,831	0,780
31.000	0,869	0,826	0,774
32.000	0,866	0,822	0,769
33.000	0,862	0,817	0,763
34.000	0,859	0,813	0,757
35.000	0,856	0,809	0,752
36.000	0,853	0,804	0,746

E.3 Ví dụ về về chuẩn hóa 10 000 h của dữ liệu TCVN 10887 (IES LM-80-08)

Ví dụ thể hiện trong điều này dùng cho dữ liệu được thu thập trong 10 000 h của thử nghiệm theo TCVN 10887 (IES LM-80-08). Bảng E.7 thể hiện các tập dữ liệu từ 20 mẫu được thử nghiệm trong thời gian 10 000 h của thử nghiệm TCVN 10887 (IES LM-80-08) ở nhiệt độ đến 55 °C. Bảng E.8 thể hiện 10 000 h của thử nghiệm TCVN 10887 (IES LM-80-08) ở nhiệt độ đến là 85 °C.

Bảng E.7 – Dữ liệu thử nghiệm 10 000 h theo TCVN 10887 (IES LM-80-08)

ở điểm nhiệt độ để $T_{s,1} = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$

Mẫu thử	0	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
1	1,000	0,970	0,957	0,962	0,957	0,950	0,944	0,947	0,947	0,943	0,940	0,943
2	1,000	0,987	0,973	0,976	0,971	0,967	0,960	0,960	0,960	0,956	0,951	0,956
3	1,000	0,984	0,966	0,967	0,960	0,954	0,947	0,949	0,946	0,941	0,936	0,941
4	1,000	0,990	0,977	0,980	0,976	0,970	0,967	0,965	0,967	0,964	0,961	0,964
5	1,000	0,981	0,963	0,969	0,965	0,959	0,953	0,953	0,953	0,948	0,945	0,948
6	1,000	0,988	0,975	0,979	0,974	0,968	0,964	0,966	0,963	0,959	0,954	0,958
7	1,000	0,990	0,978	0,978	0,974	0,962	0,958	0,954	0,961	0,949	0,948	0,951
8	1,000	0,988	0,973	0,974	0,968	0,962	0,957	0,955	0,956	0,952	0,948	0,951
9	1,000	0,989	0,975	0,978	0,974	0,968	0,964	0,966	0,964	0,960	0,957	0,960
10	1,000	0,982	0,965	0,964	0,957	0,948	0,942	0,936	0,939	0,934	0,930	0,930
11	1,000	0,977	0,956	0,960	0,956	0,950	0,946	0,946	0,950	0,946	0,943	0,947
12	1,000	0,988	0,975	0,980	0,977	0,970	0,967	0,961	0,965	0,961	0,959	0,962
13	1,000	0,985	0,969	0,971	0,965	0,956	0,949	0,945	0,946	0,939	0,933	0,933
14	1,000	0,976	0,960	0,966	0,962	0,957	0,953	0,953	0,953	0,950	0,947	0,950
15	1,000	0,985	0,971	0,978	0,975	0,969	0,965	0,966	0,963	0,960	0,957	0,959
16	1,000	0,977	0,962	0,969	0,964	0,958	0,956	0,952	0,956	0,955	0,952	0,953
17	1,000	0,966	0,950	0,954	0,944	0,938	0,935	0,937	0,937	0,932	0,928	0,931
18	1,000	0,998	0,983	0,989	0,984	0,977	0,972	0,971	0,972	0,966	0,960	0,963
19	1,000	0,985	0,970	0,976	0,969	0,963	0,958	0,957	0,956	0,951	0,946	0,949
20	1,000	0,975	0,961	0,967	0,961	0,952	0,948	0,944	0,946	0,942	0,939	0,941
Trung bình	1,0000	0,9831	0,9680	0,9719	0,9667	0,9599	0,9553	0,9542	0,9550	0,9504	0,9467	0,9495
Ln (trung bình)	0,00000	0,001704	0,03252	0,02850	0,03387	0,04093	0,04573	0,04688	0,04604	0,05087	0,05477	0,05182

Bảng E.8 – Dữ liệu thử nghiệm 10 000 h theo TCVN 10887 (IES LM-80-08)

ở điểm nhiệt độ để $T_{s,2} = 85\text{ }^{\circ}\text{C}$

Mẫu thứ	0	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
1	1,000	0,995	0,969	0,972	0,957	0,944	0,933	0,929	0,924	0,918	0,913	0,914
2	1,000	0,986	0,961	0,968	0,958	0,946	0,938	0,937	0,932	0,924	0,918	0,922
3	1,000	0,969	0,951	0,951	0,938	0,923	0,918	0,917	0,911	0,902	0,898	0,902
4	1,000	0,988	0,972	0,973	0,959	0,950	0,948	0,947	0,949	0,942	0,938	0,941
5	1,000	0,971	0,950	0,950	0,936	0,922	0,911	0,907	0,903	0,894	0,888	0,889
6	1,000	0,974	0,956	0,953	0,941	0,927	0,919	0,914	0,913	0,905	0,900	0,902
7	1,000	0,988	0,971	0,974	0,966	0,956	0,950	0,950	0,950	0,944	0,939	0,942
8	1,000	0,985	0,969	0,976	0,965	0,956	0,951	0,950	0,948	0,942	0,935	0,936
9	1,000	0,986	0,967	0,969	0,954	0,938	0,930	0,924	0,921	0,911	0,905	0,905
10	1,000	0,949	0,922	0,921	0,907	0,894	0,885	0,885	0,880	0,876	0,873	0,878
11	1,000	0,993	0,978	0,982	0,974	0,966	0,961	0,959	0,958	0,952	0,949	0,953
12	1,000	0,991	0,976	0,977	0,970	0,959	0,953	0,949	0,949	0,944	0,939	0,941
13	1,000	0,981	0,963	0,972	0,966	0,956	0,950	0,952	0,951	0,947	0,944	0,950
14	1,000	0,992	0,976	0,982	0,972	0,962	0,958	0,958	0,956	0,949	0,943	0,948
15	1,000	0,967	0,947	0,943	0,932	0,920	0,914	0,914	0,909	0,903	0,900	0,906
16	1,000	0,984	0,967	0,973	0,965	0,941	0,940	0,940	0,938	0,931	0,927	0,931
17	1,000	0,992	0,977	0,982	0,971	0,962	0,956	0,957	0,955	0,947	0,942	0,949
18	1,000	0,984	0,967	0,967	0,952	0,939	0,932	0,928	0,925	0,917	0,913	0,916
19	1,000	0,981	0,964	0,964	0,953	0,939	0,933	0,929	0,928	0,923	0,919	0,923
20	1,000	0,982	0,966	0,970	0,960	0,951	0,948	0,941	0,943	0,937	0,932	0,933
Trung bình	1,0000	0,9819	0,9635	0,9660	0,9548	0,9426	0,9364	0,9344	0,9322	0,9254	0,9208	0,9241
ln (trung bình)	0,00000	-0,01827	-0,03718	-0,03459	-0,04625	-0,05911	-0,06571	-0,06785	-0,07021	-0,07753	-0,08251	-0,07893

Kết quả của bình phương tối thiểu sử dụng tập dữ liệu này được thể hiện trong Bảng E.9 đối với nhiệt độ để $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ và Bảng E.10 đối với nhiệt độ để $85\text{ }^{\circ}\text{C}$. Lưu ý là trong ví dụ này, theo hướng dẫn trong 5.2.3, dữ liệu từ 5 000 h đến 10 000 h được sử dụng để tính tuổi thọ duy trì quang thông.

Bảng E.9 – Đường cong bình phương tối thiểu đối với dữ liệu thử nghiệm 10 000 h
theo TCVN 10887 (IES LM-80-08) ở điểm nhiệt độ để $T_{s,1} = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$

Điểm thứ	Thời gian (h)	ln (trung bình)	xy	x	y	x^2
1	5000	-0,04573	-228,7	5000	-0,0457	2,500E+07
2	6000	-0,04688	-281,3	6000	-0,0469	3,600E+07
3	7000	-0,04604	-322,3	7000	-0,0460	4,900E+07
4	8000	-0,05087	-407,0	8000	-0,0509	6,400E+07
5	9000	-0,054n	-492,9	9000	-0,0548	8,100E+07
6	10000	-0,05182	-518,2	10000	-0,0518	1,000E+08
	Tổng	-0,296 11	-2250,3	45000	-0,2961	3,550E+08
	Độ dốc	-1,684E-06				
	Giao điểm	-3,672E-02				
	α_1	1,684E-06				
	B_1	9,639E-01				
	$L_{70}(10k)$ tính được	189.965				
	$L_{70}(10k)$ ghi lại	> 60.000				

Bảng E.10 – Đường cong bình phương tối thiểu đối với dữ liệu thử nghiệm 10 000 h
theo TCVN 10887 (IES LM-80-08) ở điểm nhiệt độ để $T_{s,2} = 85\text{ }^{\circ}\text{C}$

Điểm thứ	Thời gian (h)	ln (trung bình)	xy	x	y	x^2
1	5000	-0,06571	-328,6	5000	-0,0657	2,500E+07
2	6000	-0,06785	-407,1	6000	-0,0679	3,600E+07
3	7000	-0,07021	-491,5	7000	-0,0702	4,900E+07
4	8000	-0,07753	-620,2	8000	-0,0775	6,400E+07
5	9000	-0,08251	-742,6	9000	-0,0825	8,100E+07
6	10000	-0,07893	-789,3	10000	-0,0789	1,000E+08
	Tổng	-0,44274	-3379,3	45000	-0,4427	3,550E+08
	Độ dốc	-3,354E-06				
	Giao điểm	-4,863E-02				
	α_1	3,354E-06				
	B_1	9,525E-01				
	$L_{70}(10k)$ tính được	91.835				
	$L_{70}(10k)$ ghi lại	> 60.000				

E.4 Ví dụ về nội suy Arrhenius sử dụng 10 000 h của dữ liệu thử nghiệm theo TCVN 10887 (IES LM-80-08)

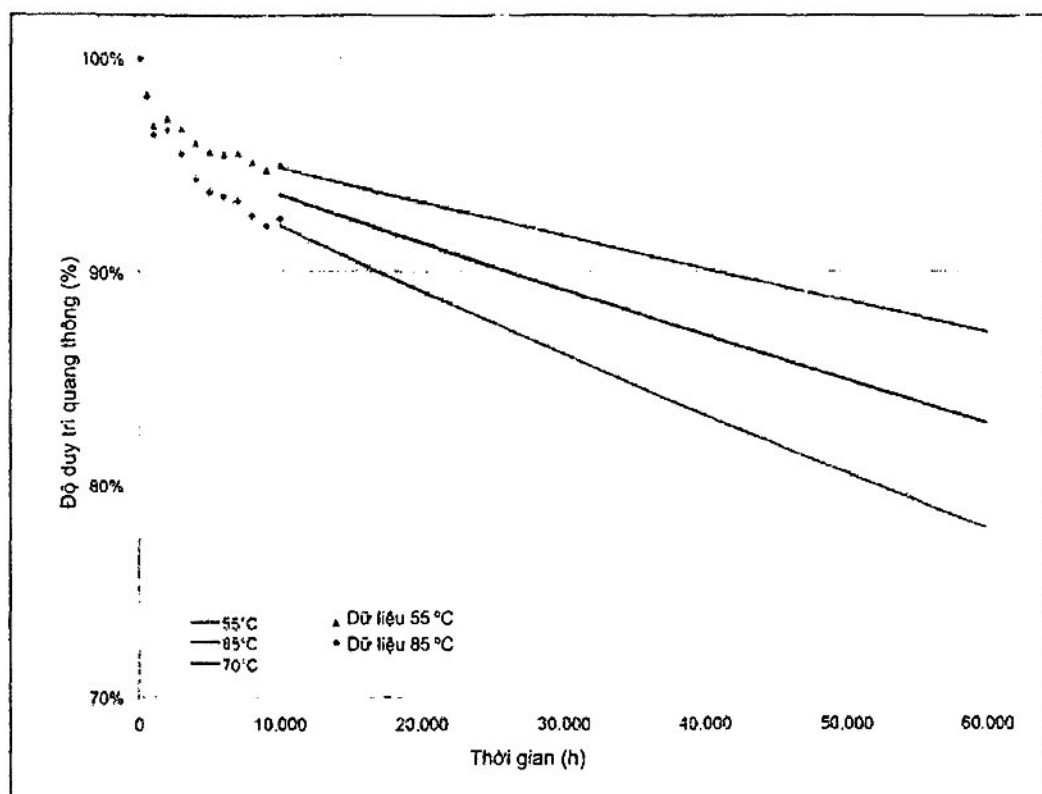
Nếu nhiệt độ để thực tế $T_{s,i} = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$, dữ liệu trong Bảng E.9 ($T_{s,1} = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$) và Bảng E.10 ($T_{s,2} = 85\text{ }^{\circ}\text{C}$) được sử dụng để nội suy và dự đoán tuổi thọ duy trì quang thông đối với $T_{s,i} = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Các tham số được thể hiện như trong Bảng E.11.

Bảng E.11 – Tham số nội suy bằng cách sử dụng 10 000 h của dữ liệu thử nghiệm theo

TCVN 10887 (IES LM-80-08) đối với nhiệt độ thực tế $T_{s,i} = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$

$T_{s,1}$ ($^{\circ}\text{C}$)	55	$T_{s,i}$ ($^{\circ}\text{C}$)	70
$T_{s,1}$ (K)	328,15	$T_{s,i}$ (K)	343,15
α_1	1,684E-06	α_i	2,413E-06
B_1	0,9639	$L_{70}(10k)$ tính được	130,131
$T_{s,2}$ ($^{\circ}\text{C}$)	85	$L_{70}(10k)$ ghi lại	>60.000
$T_{s,2}$ (K)	358,15		
α_2	3,354E-06		
B_2	0,9525		
E_a/k_b	2699		
A	6,283E-03		
B_0	9,582E-01		

Thể hiện bằng đồ thị các kết quả dự đoán tuổi thọ duy trì quang thông đối với $T_{s,1} = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{s,2} = 85\text{ }^{\circ}\text{C}$, và nhiệt độ thực tế $T_{s,i} = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ được thể hiện trên Hình E.2. đối với 10 000 h của dữ liệu TCVN 10887 (IES LM-80-08).



Hình E.2 – Thể hiện bằng đồ thị dự đoán tuổi thọ duy trì quang thông sử dụng 10 000 h của dữ liệu thử nghiệm theo TCVN 10887 (IES LM-80-08)

Thể hiện dưới dạng số của các kết quả dự đoán tuổi thọ duy trì quang thông đối với $T_{s,1} = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{s,2} = 85\text{ }^{\circ}\text{C}$, và nhiệt độ thực tế $T_{s,i} = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ được thể hiện trên Bảng E.12.

Bảng E.12 – Kết quả dự đoán tuổi thọ duy trì quang thông sử dụng 10 000 h của dữ liệu thử nghiệm theo TCVN 10887 (IES LM-80-08)

Thời gian (h)	55 °C	70 °C	85 °C
10.000	0,948	0,935	0,921
11.000	0,946	0,933	0,918
12.000	0,945	0,931	0,915
13.000	0,943	0,929	0,912
14.000	0,941	0,926	0,909
15.000	0,940	0,924	0,906
16.000	0,938	0,922	0,903
17.000	0,937	0,920	0,900
18.000	0,935	0,917	0,897
19.000	0,934	0,915	0,894
20.000	0,932	0,913	0,891
21.000	0,930	0,911	0,888
22.000	0,929	0,909	0,885
23.000	0,927	0,906	0,882
24.000	0,926	0,904	0,879
25.000	0,924	0,902	0,876
26.000	0,923	0,900	0,873
27.000	0,921	0,898	0,870
28.000	0,920	0,896	0,867
29.000	0,918	0,893	0,864
30.000	0,916	0,891	0,861
31.000	0,915	0,889	0,858
32.000	0,913	0,887	0,856
33.000	0,912	0,885	0,853
34.000	0,910	0,883	0,850
35.000	0,909	0,881	0,847
36.000	0,907	0,878	0,844
37.000	0,906	0,876	0,841
38.000	0,904	0,874	0,839
39.000	0,903	0,872	0,836
40.000	0,901	0,870	0,833
41.000	0,900	0,868	0,830
42.000	0,898	0,866	0,827
43.000	0,897	0,864	0,825
44.000	0,895	0,862	0,822
45.000	0,894	0,860	0,819
46.000	0,892	0,858	0,816
47.000	0,891	0,855	0,814
48.000	0,889	0,853	0,811
49.000	0,888	0,851	0,808
50.000	0,886	0,849	0,805
51.000	0,885	0,847	0,803
52.000	0,883	0,845	0,800

Bảng E.12 (kết thúc)

Thời gian (h)	55 °C	70 °C	85 °C
53.000	0,882	0,843	0,797
54.000	0,880	0,841	0,795
55.000	0,879	0,839	0,792
56.000	0,877	0,837	0,789
57.000	0,876	0,835	0,787
58.000	0,874	0,833	0,784
59.000	0,873	0,831	0,782
60.000	0,871	0,829	0,779

Phụ lục F

(tham khảo)

Xem xét các mô hình dự đoán của nhà chế tạo

Để phát triển và sản xuất các gói LED, nhà chế tạo đã sử dụng các công nghệ khác nhau để chế tạo nền, kết cấu, vỏ bọc, vật liệu thấu kính và phát pho. LED được sản xuất bởi các nhà chế tạo khác nhau thường bộc lộ sự khác nhau lớn trong đáp ứng suy giảm quang thông. Sự suy giảm này được gia tốc theo độ khắc nghiệt của điều kiện làm việc và điều kiện môi trường. Nhìn chung, yếu tố gia tốc có thể là: a) nhiệt độ gây ra gia tốc; b) mật độ dòng điện gây ra gia tốc; c) bức xạ quang gây ra gia tốc; d) độ ẩm gây ra gia tốc; e) kết hợp bức xạ quang và nhiệt độ gây ra gia tốc; f) các yếu tố khác. Dựa trên các cách tiếp cận phân tích và sự thu thập dữ liệu thử nghiệm, nhà chế tạo LED đã phát triển các mô hình toán học để dự đoán tuổi thọ duy trì quang thông của các sản phẩm của họ. Mô hình có thể là phương trình toán học hoặc đa thức, và các tham số được sử dụng trong biểu diễn toán học có thể được chọn dựa trên kinh nghiệm hoặc phán đoán của kỹ sư.

Xem xét chấp nhận các mô hình dự đoán được các nhà chế tạo LED cung cấp. Các tiếp cận đề xuất là yêu cầu các nhà chế tạo cung cấp các mô hình toán học, dữ liệu thử nghiệm và dự đoán tuổi thọ duy trì quang thông. Khi đó người sử dụng tiêu chuẩn cần có khả năng kiểm tra xác nhận tính hợp lệ của mô hình của nhà chế tạo bằng cách so sánh với mô hình hàm số mũ đơn giản sử dụng cùng các dữ liệu được nhà chế tạo cung cấp, và nhận thấy rằng mô hình của nhà chế tạo có độ chính xác về mô hình và độ chính xác dự đoán cao hơn. Do đó phải phát triển phương pháp nhất quán và tin cậy để chấp nhận tính hợp lệ của dự đoán của các nhà chế tạo LED. Đây là điều quan trọng và cần thiết để đảm bảo tính toàn vẹn của tài liệu.

Trong suốt gần 3 năm xây dựng tiêu chuẩn, các phân tích thống kê đã được thực hiện trên hơn 40 tập dữ liệu thử nghiệm TCVN 10887 (IES LM-80-08) được thu thập từ bốn nhà chế tạo LED chính và hơn 20 tập dữ liệu được thu thập trong khoảng thời gian thử nghiệm trên 10 000 h. Để xác định xem mô hình của nhà chế tạo có phù hợp với dữ liệu tốt hơn mô hình mô tả trong Điều 5 không (mô hình hàm số mũ đơn giản), RMSE (sai số quân phương) và biện pháp khác được sử dụng trong các phân tích. Tuy nhiên, không tìm thấy biện pháp tin cậy để phân biệt mô hình nào trong hai mô hình của nhà chế tạo và mô hình hàm số mũ đơn giản cung cấp dự đoán chính xác hơn trong khi sử dụng dữ liệu 6 000 h hoặc dữ liệu đến 10 000 h. Do đó, quyết định là cần có những nghiên cứu thêm để tìm ra phương pháp kiểm tra xác nhận mô hình do nhà chế tạo LED cung cấp.

Phụ lục G

(tham khảo)

**Phân tích mô hình toán học
như một phương pháp dự đoán tuổi thọ duy trì quang thông**

G.1 Cách tiếp cận phân tích

Các tiếp cận ban đầu đến vấn đề của dự đoán tuổi thọ duy trì quang thông là việc xem xét nhiều mô hình toán học. Biết rằng nhiều bộ phận khác nhau của sản phẩm LED điển hình có thể có ảnh hưởng đến quang thông theo thời gian và nếu các ảnh hưởng này có thể được đặc trưng bằng toán học thì chúng có thể cung cấp phương pháp dự đoán có ích. Tập các mô hình ban đầu được gợi ý là có liên quan đến tính vật lý của độ suy giảm quang thông đối với các phần khác nhau và/hoặc các điều kiện làm việc khác nhau. Mô hình bổ sung và kết hợp các mô hình được đưa thêm vào trong quá trình phân tích.

Tất cả các nghiên cứu ban đầu trong việc lập mô hình để giải thích độ suy giảm LED đều dựa trên tính vật lý của bán dẫn (phản ứng và chuyển động của các khuyết tật khác nhau). Một nguyên cứu [5] đã quy cho sự suy giảm quang thông của các khuyết tật điểm sọc trong vùng gần trung tính của thạch anh, dẫn đến sự phụ thuộc tuyến tính theo thời gian trong các điều kiện nhất định. Phân tích khác [2] giới thiệu mô hình hàm số mũ đơn giản cho sự suy giảm quang thông LED theo thời gian. Mô hình khác [6] đã dựa trên phản ứng cận hóa học của các khuyết tật, dẫn đến đường cong suy giảm hàm mũ, nhanh hơn hàm mũ hoặc chậm hơn hàm mũ. Công việc của Ptashchenko [1] là xác định tốc độ suy giảm của LED bằng công thức sau:

$$S = \frac{\left(\frac{d\Phi}{dt} \right)}{\Phi} \quad (G.1)$$

trong đó Φ là quang thông của LED. Việc xuất hiện các LED trắng có độ sáng cao đã khởi đầu các vấn đề về độ duy trì quang thông theo thời gian, với các nghiên cứu được xuất bản gần đây [3, 7-10]. Một số nghiên cứu này [3,9] đã đánh dấu tầm quan trọng của sự suy giảm các bộ phận nhỏ không phải các chip trong gói LED. Chất bao được coi là đặc biệt quan trọng. Sự suy giảm của chất bao theo nhiệt độ dẫn đến mất quang thông đã được quan sát trong những trường hợp lưu giữ ở nhiệt độ cao [10]. Hàm số mũ thực nghiệm của đường cong suy giảm quang thông theo thời gian hoạt động (không kể 1 000 h ban đầu) được đề xuất [3]. Các kết quả thể hiện sự thay đổi lớn trong tốc độ suy giảm quang thông trong số các gói khác nhau, có thể là do sự sử dụng các kỹ thuật và vật liệu tản nhiệt khác nhau. Bộ

mô hình cuối cùng được xem xét trong các phân tích này được liệt kê trong Bảng G.1, và tổng hợp các tham số suy giảm, giải pháp toán học và cơ chế suy giảm đối với các mô hình suy giảm.

Bảng G.1 – Mô hình trên cơ sở kỹ thuật được sử dụng trong phân tích mô hình phù hợp với dự đoán tuổi thọ suy giảm quang thông LED

Mô hình	Tốc độ suy giảm	Nghiệm	Nhận xét
1	$\frac{dI_v}{dt} = k_1$	$I_v = I_v^0 + k_1 (t - t^0)$	
2	$\frac{dI_v}{dt} = k_2 \cdot I_v$	$I_v = I_v^0 \exp[k_2 (t - t^0)]$	
3	$\frac{dI_v}{dt} = k_3 I_v + k_4 I_v$	$I_v = \left[I_v^0 + \frac{k_4}{k_3} \right] \exp[k_3 (t - t^0)] - \frac{k_4}{k_3}$	Model 1 + Model 2
4	$\frac{dI_v}{dt} = \frac{k_5}{t}$	$I_v = I_v^0 + k_5 \ln \left(\frac{t}{t^0} \right)$	
5	$\frac{dI_v}{dt} = k_1 + \frac{k_5}{t}$	$I_v = I_v^0 + k_1 (t - t^0) + k_5 \ln \left(\frac{t}{t^0} \right)$	Model 1 + Model 4
6	$\frac{dI_v}{dt} = k_6 I_v^2$	$I_v = \frac{I_v^0}{1 + I_v^0 k_6 (t - t^0)}$	
7	$\frac{dI_v}{dt} = k_7 \frac{I_v}{t}$	$I_v = I_v^0 (t/t^0)^{k_7}$	
8	$\frac{dI_v}{dt} = k_2 I_v + \frac{k_5 I_v}{t}$	$I_v = I_v^0 \exp[k_2 (t - t^0)] (t/t^0)^{k_5}$	Model 2 + Model 7
9		$I_v = I_v^0 \exp \left[- \frac{(t - t^0)^n}{k_8} \right]$	

Trong các mô hình tốc độ suy giảm, k_1 dựa trên kỳ vọng về sự phụ thuộc tuyến tính của quang thông theo thời gian đối với một số trường hợp. k_2 có thể có được bằng cách đặt $S = k_2$ trong công thức G1 ở trên. Hệ số k_3 được đưa vào để tính đến các hiệu ứng oxy hóa hoặc ăn mòn có thể có của kim loại sử dụng để chế tạo bộ phận xạ xung quanh hoặc bên dưới chip trong gói LED. Các hiệu ứng này được cho là tuân theo luật logarit trong một số trường hợp [11]. Các ký hiệu này cũng được kết hợp trong các công thức về tốc độ, để tìm ra kịch bản suy giảm hỗn hợp (Mô hình 3 và 5). Ký hiệu bổ sung (k_4 và k_5) cũng được tìm ra để lập mô hình các quá trình thứ hai và độ suy giảm quang hóa tương ứng.

Cách tiếp cận để xem xét các mô hình này liên quan đến việc xem xét ở sự phù hợp có thể có của nhiều mô hình của nhiều loại dữ liệu suy giảm quang thông LED đã biết và dự kiến khác nhau. Bằng cách phân loại và so sánh các đường cong này, cho rằng mô hình hoặc tập mô hình có thể được nhận

biết như là sự suy giảm quang thông dự kiến đại diện hiệu quả nhất, dữ liệu cho trước và do đó được sử dụng để dự đoán tuổi thọ duy trì quang thông.

Tiêu chí thống kê tiêu chuẩn ví dụ như hệ số xác định (R^2), tổng dư bình phương (SSE) và sai số trung bình bình phương nhìn chung được sử dụng để làm đường cho sự phù hợp của các mô hình. Các tiêu chí này đo sự khác nhau giữa các giá trị được dự đoán bởi mô hình và các giá trị quan sát trên thực tế. Sự khác nhau riêng rẽ, được gọi là dư, được lũy tích cùng với phép đo công suất dự đoán. Lợi ích của RMSE so với SSE là RMSE đại diện cho mỗi quan hệ giữa số lượng tham số (p) trong mô hình và số lượng các lần quan sát dữ liệu (n), được thể hiện trong công thức 2. RMSE tính đến độ phức tạp của mô hình chính xác hơn.

$$RMSE(\theta) = \sqrt{MSE(\theta)} = \sqrt{\frac{SSE(\theta)}{(n-p)}}$$

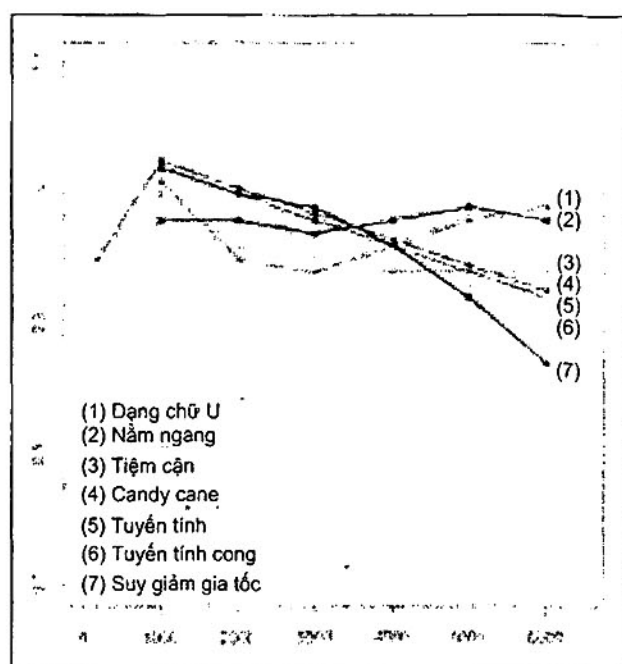
Các kết quả nghiên cứu sơ bộ chỉ ra rằng đối với hầu hết các dữ liệu suy giảm LED, sự khác nhau giữa R^2 , SSE và RMSE trong số nhiều mô hình là không đáng kể để đề xuất được mô hình tuyệt đối thích hợp. Do đó, độ không đảm bảo đo (tạp) là cố hữu cho các dữ liệu đo do độ chính xác của thiết bị, hệ số phụ thuộc thời gian, độ tải lặp của phép đo, v.v... Các phân tích thống kê ban đầu trên các ảnh hưởng của tạp dữ liệu đã gợi ý rằng lượng tạp dữ liệu nhỏ có thể gây ra sự sai khác về mô hình và sự thay đổi lớn trong dự đoán tuổi thọ. Do đó, để có được cái nhìn từ bên trong các đáp ứng của mô hình toán học khác nhau của sự suy giảm LED, dự đoán tuổi thọ, và ảnh hưởng của các điều kiện liên quan đến thử nghiệm, cách tiếp cận phân tích thống kê được xây dựng.

G.2 Dữ liệu lý thuyết và thực tế

Để dễ dàng nhận biết và khả thi sự thích hợp của các mô hình khác nhau, các phân tích thống kê được thực hiện trên cả hai dữ liệu lý thuyết và dữ liệu suy giảm thực của LED có được từ nhà chế tạo.

Dữ liệu lý thuyết dưới dạng bảy tập dữ liệu mô phỏng đáp ứng suy giảm LED điển hình được xây dựng để đại diện cho nhiều dữ liệu suy giảm LED dự kiến và được thể hiện trên Hình G.1. Kịch bản "candy cane" đưa ra điểm gấp khúc trong dữ liệu ban đầu mà đặc trưng cho hiệu ứng quá độ trong quang thông LED trong giai đoạn "khởi động". Kịch bản tuyến tính và kịch bản tuyến tính cong đại diện cho hai profin suy giảm LED khác thường gặp trong dữ liệu thử nghiệm LED sẵn có. Suy giảm gia tốc được quan sát với một số sản phẩm LED trong đó quang thông sụt giảm nhanh. Trong giai đoạn thử nghiệm tối thiểu bị giới hạn trong TCVN 10887 (IES LM-80-08), quang thông của một số sản phẩm LED có thể không cho thấy dấu hiệu suy giảm, một số quang thông có thể không suy giảm sau khi giảm một chút, và một số thì có thể còn tăng lên cao hơn mức quang thông ban đầu sau lần giảm đầu tiên. Các hiện tượng này được bắt gặp trong các kịch không suy giảm, tiệm cận hoặc chữ U, tương ứng. Để có được các kết quả mô phỏng này áp dụng cho dữ liệu thực được lấy từ phương pháp thử nghiệm TCVN 10887 (IES LM-80-08), dữ liệu lý thuyết được thiết kế với các khoảng 1 000 h và tổng thời gian là 6 000 h. Trong hầu hết các phân tích này, 500 tập dữ liệu mô phỏng được tạo ra bằng cách thêm 1 % tạp để thể hiện độ

không đảm bảo của phép đo và của thiết bị thử nghiệm. Mức tạp 1 % này được coi là thích hợp bằng cách đưa cả hệ thống đo và biên độ không đảm bảo về môi trường theo thời gian và được làm chứng bởi việc thực hiện trên độ không đảm bảo đo ở phòng thử nghiệm tiêu chuẩn ở NIST. Thành phần dữ liệu được mô tả trong phần dưới đây.



Hình G.1 – Kịch bản suy giảm theo lý thuyết phản ánh profin suy giảm nguồn sáng LED

diễn hình/có thể xảy ra

Việc khảo sát thích hợp sự đáp ứng của việc lựa chọn mô hình cùng sử dụng các dữ liệu suy giảm của các sản phẩm LED thực do các nhà chế tạo cung cấp với tên sản phẩm, tên nhà chế tạo và điều kiện làm việc chi tiết được xóa đi để không thiên vị. Dữ liệu suy giảm này được đo sử dụng phương pháp thử nghiệm TCVN 10887 (IES LM-80-08), với một số tập dữ liệu chứa các phép đo bổ sung được lấy ở các khoảng thời gian ngắn hơn (nhỏ hơn mỗi 1 000 h) và/hoặc vượt quá 6 000 h. Tất cả các dữ liệu chưa được xử lý trước khi phân tích trừ việc được chuẩn hóa tại điểm dữ liệu đầu tiên. Đã có các dữ liệu suy giảm của 29 sản phẩm LED khác nhau từ các nhà chế tạo khác nhau cho nghiên cứu này. Trong số chúng cỡ mẫu của từng dải sản phẩm từ 6 đến 30 mẫu.

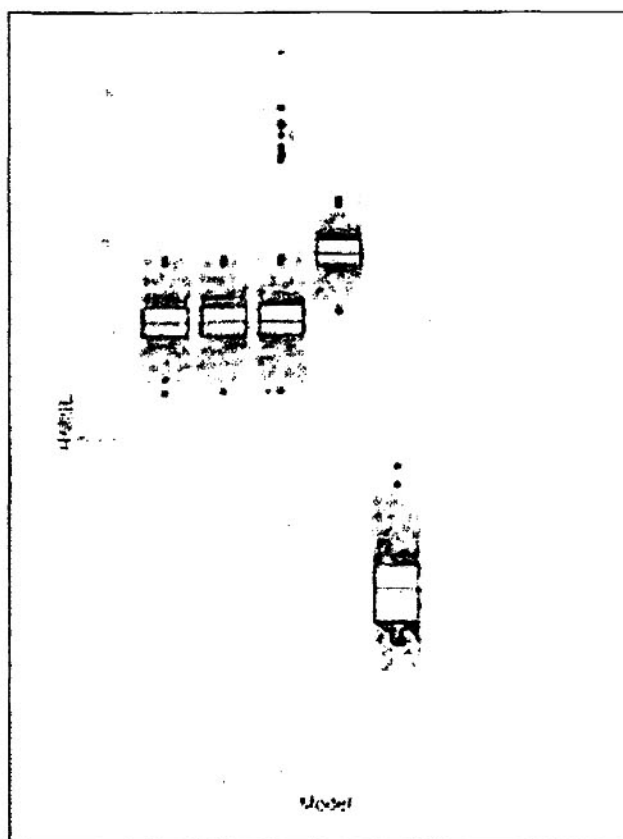
G.3 Phân tích và kết quả

Mô hình được liệt kê trong Bảng G.1 được lập trình trong phần mềm thống kê, R, và phù hợp với từng tập dữ liệu được mô phỏng mô tả ở trên. Các đánh giá được thực hiện trên tập dữ liệu mô phỏng dựa trên các phân tích thống kê của sự phù hợp đối với từng mô hình. Các phân bố dự đoán L_{70} hoặc dải

dự đoán được xây dựng bằng cách kết hợp các sai số chuẩn của mô hình của tất cả các mô phỏng đối với từng mô hình. Các phần dưới đây mô tả các phân tích chi tiết và kết quả cho từng loại dữ liệu.

G.3.1 Kết quả từ dữ liệu lý thuyết

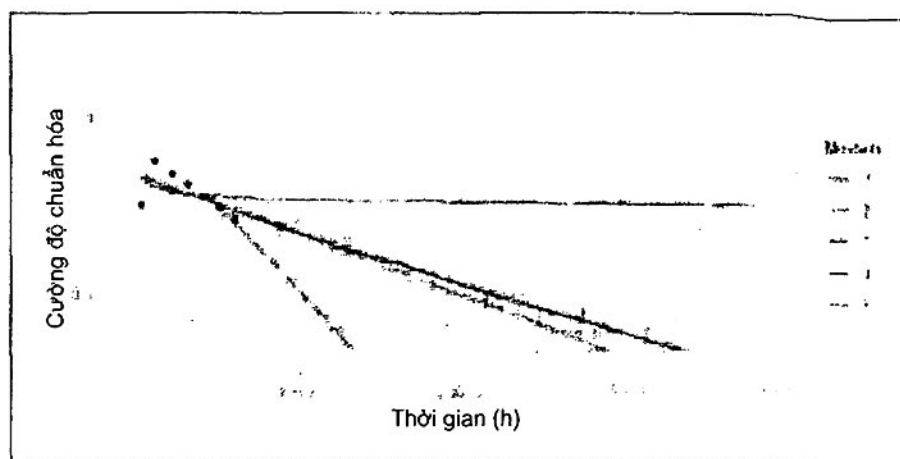
Trong nghiên cứu dữ liệu suy giảm theo lý thuyết (xem Hình G.1), phân bố thống kê các giá trị RMSE được chọn để thể hiện bức tranh tổng thể của sự phù hợp đối với từng mô hình ở tập dữ liệu cho trước về dữ liệu suy giảm. Sử dụng dữ liệu candy cane làm ví dụ, như thể hiện trên Hình G.2, trục X là số lượng mô hình (xem Bảng G.1 đối với các thông tin chi tiết của mô hình) và từng điểm là giá trị RMSE tính được từ từng mô phỏng. Ô và đường kẻ hỗ trợ việc mô tả phân bố các điểm RMSE, trong đó các đường dưới cùng và trên cùng của ô thể hiện các phần trăm thứ 25 và thứ 75 của giá trị RMSE.



Hình G.2 – Khối hộp của các giá trị RMSE đối với từng mô hình – dữ liệu “Candy Cane”

Profin suy giảm của các mô hình khác nhau đối với cùng tập dữ liệu được vẽ trên Hình G.3. Phân bố dự đoán L_{70} đối với từng mô hình được thể hiện sử dụng trung bình (đường nét đậm) và sai số thể hiện phần trăm thứ 25 và 75 của các giá trị L_{70} trên trục x của Hình G.3. Trong ví dụ này, mô hình 5 (kết hợp các mô hình tuyến tính và loga) có các giá trị RMSE nhỏ hơn đáng kể so với các mô hình khác (xem Hình F.2). Đây là lựa chọn hiển nhiên cho mô hình thích hợp đối với dữ liệu này. Các giá trị L_{70} dự đoán được có thể là giá trị ở đâu đó trong phân bố tính được cho mô hình 5. Do đó cách tiếp cận cho việc dự đoán tuổi thọ cần sử dụng dữ liệu phần trăm thứ 25 của giá trị L_{70} vì dự đoán tuổi thọ

cuối cùng đối với dữ liệu này. Theo cách đó độ không đảm bảo đo do sự phù hợp của mô hình được xem xét tối thiểu trong nỗ lực cung cấp ước lượng khi sử dụng ngoại suy này.



Hình G.3 – Dự đoán mô hình – dữ liệu “Candy Cane”

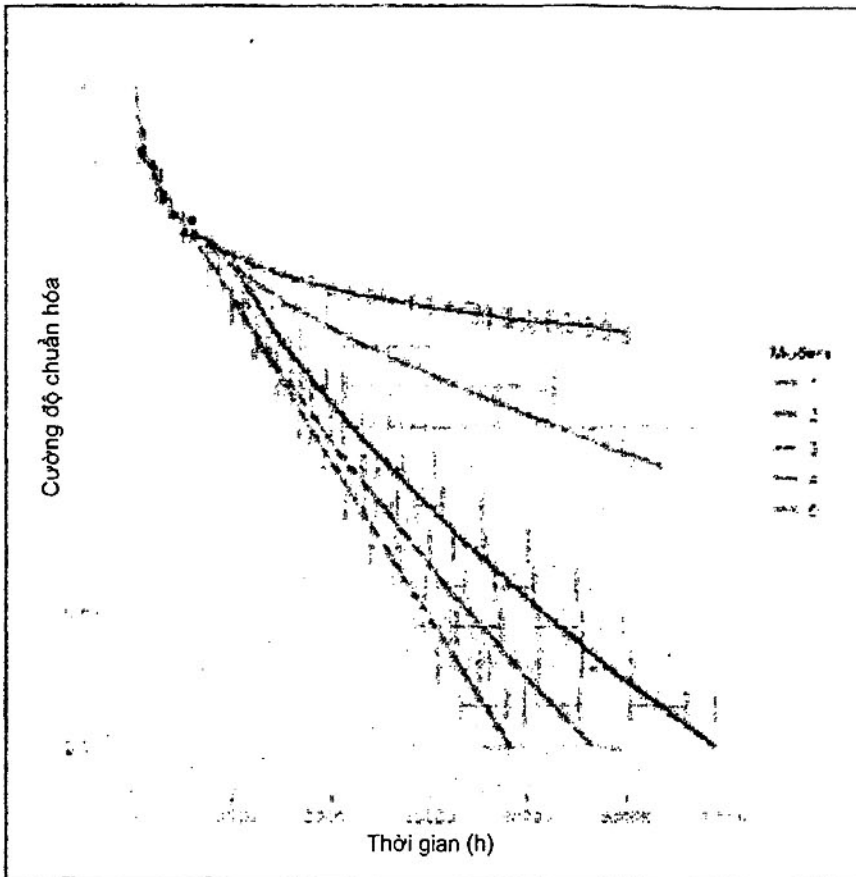
G.3.2 Kết quả từ dữ liệu thực của nhà chế tạo LED

Trong nhiều kịch bản suy giảm, sự khác nhau về các giá trị RMSE trong số một vài mô hình có thể không đủ để có được mô hình hiển nhiên thắng. Trong ví dụ về tập số liệu suy giảm LED thực, được thể hiện trên Hình G.4, sự khác nhau của các giá trị RMSE trong số tất cả các mô hình không đủ lớn để chọn mô hình nào phù hợp nhất. Phương pháp áp dụng trong nghiên cứu này đã sử dụng phần trăm thứ 10 và thứ 90 của hai mô hình liền kề làm tiêu chí để phân biệt các mô hình trong việc chọn mô hình. Mô hình chỉ được chọn nếu phần trăm thứ 90 bằng hoặc nhỏ hơn phần trăm thứ 10 của các mô hình liền kề.

Trong trường hợp này, mô hình thắng có thể không được chọn theo tiêu chí đề cập ở trên vì các mô hình có các kết quả RMSE giống nhau. Giá trị dự đoán L_{70} tính được bằng 5 mô hình đối với tập dữ liệu này là khác nhau rất lớn, như thể hiện trên Hình G.5. Để hiện thực trong việc dự đoán tuổi thọ LED và bảo vệ lợi ích của khách hàng, khi không có mô hình nào là tốt nhất thì coi là thích hợp khi chọn dự đoán tuổi thọ L_{70} bảo toàn nhất từ các mô hình này với RMSE thấp nhất (chứng tỏ là phù hợp nhất). Trong trường hợp này, mô hình 1 dự đoán tuổi thọ L_{70} ngắn nhất với phần trăm thứ 25 của phân bố ở xấp xỉ 36 000 h. Sản phẩm LED này có thể có tuổi thọ dài hơn dự đoán của mô hình 1 nhưng ở khoảng thời gian thử nghiệm 6 000 h và mô hình phù hợp tìm được thì không đủ bằng chứng để cung cấp dự đoán dài hơn một cách chính xác.

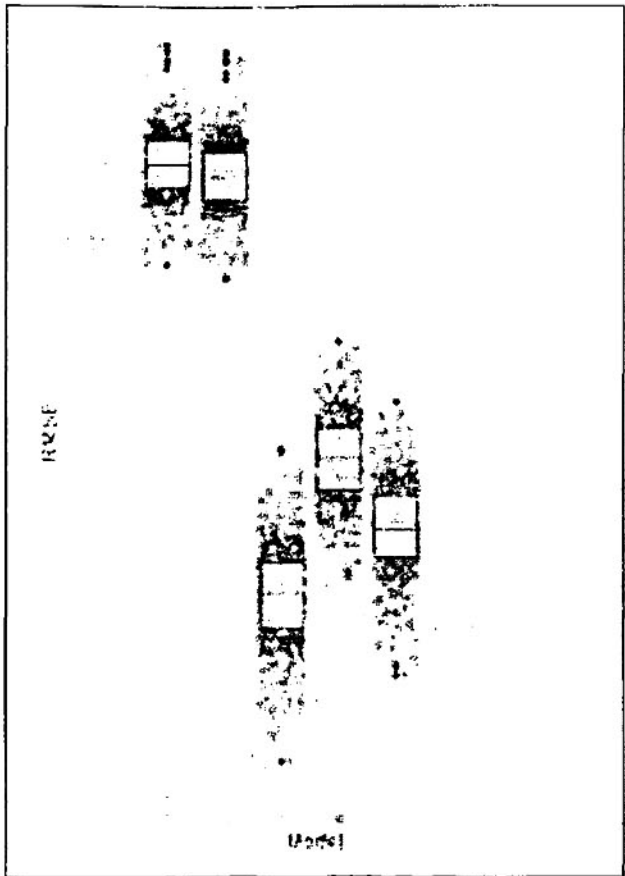


Hình G.4 – Khối hộp của các giá trị RMSE đối với từng mô hình – dữ liệu LED thực

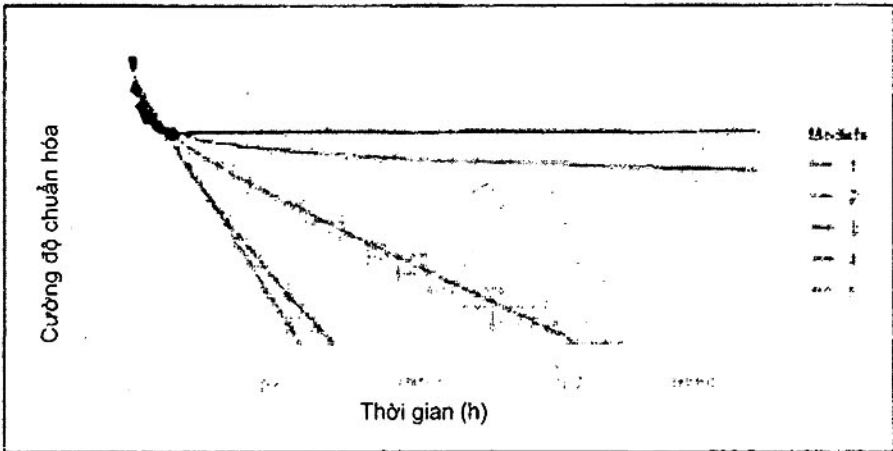


Hình G.5 – Dự đoán mô hình – dữ liệu LED thực

Tác động của tập do sự thay đổi của điều kiện thử nghiệm trên số lượng nhỏ các điểm dữ liệu không có lợi cho sự phù hợp của mô hình và luôn có các sai số lớn hơn, và chuyển thành sự thay đổi lớn hơn trong các dự đoán L_{70} đối với mô hình cho trước. Ngoài ra, profin suy giảm thực của LED cụ thể này có thể không bộc lộ với chỉ 6 000 h dữ liệu. Khi sản phẩm tương tự này được đo cứ 1 000 h cho đến 15 000 h thì profin suy giảm thực sẽ đại diện tốt hơn bởi một số mô hình được xem xét (xem Hình G.7). Điều này được thể hiện trên Hình G.6, trong đó mô hình 3, 4 và 5 rõ ràng là phù hợp với dữ liệu tốt hơn khi được chỉ ra bởi các giá trị RMSE thấp hơn của chúng so với giá trị của mô hình 1 và 2. Điều này cũng gợi ý rằng loại bỏ mô hình 1 và 2 khỏi việc chọn mô hình sẽ là hợp lý vì thiếu phù hợp. Do sự chồng lên nhau của các giá trị RMSE giữa mô hình 3, 4 và 5 là lớn hơn 10 % phân bố của chúng, nên một mô hình trong số chúng không chiếm ưu thế đối với ước lượng L_{70} . Thay vào đó, dự đoán L_{70} được chọn vì bảo toàn nhất trong nhóm này. Mô hình 5 có ước lượng L_{70} nhỏ nhất trong ba mô hình khi nhìn trên Hình G.7 và vì vậy tuổi thọ L_{70} của sản phẩm LED được coi là 13 000 h. Khi so sánh, các kết quả với chỉ 6 000 h dữ liệu cho thấy phân bố thay đổi nhiều hơn rất nhiều của dự đoán L_{70} và với 36 000 h thì thay đổi ít hơn. Các dữ liệu trong thử nghiệm dài hơn đã chứng tỏ việc suy giảm được giảm đi theo thời gian, giảm sự thay đổi các tham số mô hình và do đó làm tăng tranh cãi trong việc sử dụng các tiêu chí phù hợp tốt.



Hình G.6 – Khối hộp của các giá trị RMSE đối với từng mô hình – dữ liệu LED thực với khoảng thời gian thử nghiệm dài hơn



Hình G.7 – Dự đoán mô hình – dữ liệu LED thực với khoảng thời gian thử nghiệm dài hơn

Mô hình bổ sung sử dụng dữ liệu sản phẩm thực được thực hiện trên các tập dữ liệu dài hơn để nỗ lực đánh giá tính hợp lệ của RMSE dựa trên việc chọn hoặc không chọn mô hình sử dụng điểm dữ liệu thực trong tương lai. Đối với phân tích này, các dữ liệu dài hơn (10 000 h hoặc dài hơn) được phù hợp với 6 000 h đầu tiên (hoặc dài hơn nếu tập dữ liệu lớn hơn 10 000 h). Quang thông dự kiến ở cuối dòng dữ liệu này sử dụng dữ liệu 6000h đầu tiên được so sánh với quang thông thực để xác định nếu (các) mô hình có RMSE tốt nhất có sự phù hợp sát nhất với điểm dữ liệu thực. Không may, với các tập dữ liệu sẵn có, việc kiểm tra xác nhận này không được khẳng định. Mô hình tốt nhất phù hợp với các dữ liệu thực không phải luôn là mô hình có RMSE tốt nhất ở 6 000 h và trong một số trường hợp đến 10 000 h.

Kỹ thuật thống kê khác có thể được sử dụng để xác định mô hình thắng cuộc gồm việc sử dụng thống kê PRESS. Tuy nhiên, các phương pháp này chỉ tìm thấy sự liên quan một phần đến vấn đề của chúng ta. Chúng sẽ hữu ích trong dự đoán trong không gian dữ liệu (vùng có sẵn các dữ liệu ví dụ như từ 0 đến 6 000 h) mà thường không áp dụng được khi ngoại suy ra bên ngoài các giới hạn của dải dữ liệu.

G.4 Tổng kết và kết luận

Các phát hiện từ các nghiên cứu này cho thấy phương pháp thống kê như RMSE (hoặc SSE, R^2) không phải lúc nào cũng có khả năng nhận biết mô hình hợp lý mà có thể cung cấp sự thích hợp nhất và do đó dự đoán tốt nhất (ngoại suy) sự suy giảm quang thông LED. Các điều kiện cụ thể gồm:

- a) RMSE (hoặc R^2 , SSE, v.v.) so với sự phù hợp của mô hình sẽ không đủ ý nghĩa để có mô hình thích hợp với chỉ 6 000 h dữ liệu thực.
- b) RMSE có thể giúp nhận biết nhóm mô hình ở các khoảng dữ liệu dài hơn ví dụ 15 000 h trong trường hợp cấu trúc suy giảm trở nên hiển nhiên hơn.
- c) Một số mô hình có thể cho thấy sự phù hợp tốt ở 6 000 h hoặc 15 000 h là không hiện thực.
- d) Độ không đảm bảo đo trong dữ liệu có thể tạo ra mô hình tồi và sự ước lượng tuổi thọ sai lệch. Để có ước lượng thích hợp, sai số tiêu chuẩn trên tham số của mô hình được sử dụng để tạo ra dải độ tin cậy quanh dự đoán trung bình. Điều này đưa ra sự thể hiện dự đoán dựa trên độ tin cậy mà mẫu cụ thể sẽ nằm trong dải nhất định xung quanh giá trị trung bình.
- e) Độ tái lập của phép đo, chiều dài dữ liệu, tần số đo có thể hỗ trợ tốt hơn, mặc dù chiều dài dữ liệu là cách dễ nhất để cải thiện việc chọn mô hình (bằng cách xem nhiều hơn đến đường cong suy giảm).
- f) Sử dụng các mô hình chỉ phù hợp với 6 000 h của tập dữ liệu, mô hình có RMSE phù hợp nhất không ước lượng nhất quán L_{70} thực sát nhất ở điểm kết thúc của tập dữ liệu (đến 15 000 h) – điều này là vì ở 6000 h thường sản phẩm không bộc lộ cấu trúc suy giảm (cấu trúc suy giảm có xu hướng thay đổi xung quanh 5 000 h đến 6 000 h vì vậy các dự đoán sẽ không phù hợp với kỳ vọng nếu không có đủ số giờ quan sát).

g) Có thể hợp lý khi sử dụng RMSE để chọn nhóm các mô hình có thể có, mà có thể có ích trong việc loại bỏ các mô hình tồi.

h) Các mô hình khác có thể thích hợp để phát hiện, nhưng tất cả (đặc biệt là các mô hình phức tạp hơn) sẽ phải chịu một số hạn chế khi chúng đã được phát hiện.

i) Đối với âm thanh chính xác và thống kê, các dự đoán, mô hình có thể thích hợp với tất cả các khối của sản phẩm (không chỉ là trung bình) để giảm sự thay đổi trong các dự đoán vì thông lệ của mô hình tiêu chuẩn.

j) RMSE có thể hợp lý để chọn một mô hình tốt nhất với các tập dữ liệu dài hơn nhiều so với 6 000 h nhưng hầu hết thường tốt với trên 10 000 h. Tuy nhiên, đối với công nghiệp LED tích hợp nhanh, thử nghiệm dài hơn là không được tin là khả thi mặc dù rất quan trọng.

G.5 Tài liệu tham khảo của Phụ lục G

- [1] A. A. Ptashchenko, Degradation of Light-Emitting Diodes (Review). Translated from Zhurnal Prikladnoi Spektroskopii, Vol. 33, No. 5, pp. 781-803, November, 1980.
- [2] C.Lanza, K. L. Konnerth, and C. E. Kelly, Solid State Electron., v 10, n 1, p 21-31, Jan, 1967.
- [3] Y. Gu, N. Narendran and J-P. Freyssonier, Proc. SPOE 5530, 119-124 (2004).
- [4] DOE CALIPER program 2010 report, <http://www1.eere.energy.gov/buildings/ssl/reports.html>
- [5] A. A. Ptashchenko et al., Zh. Prikl. Spektrosk., 30, 751-752 (1979).
- [6] P. G. Eliseev, Fiz. Tekh. Poluprovodn. 6, No. 9, 1655-1661 (1972).
- [7] N. Narendran et al., Proc. SPIE 5187, 267-275 (2003).
- [8] N. Narendran and Y. Gu, Journal of Display Technology 1 (1), 167-171 (2005).
- [9] Sh. Ishizaki, H. Kimura and M. Sugimoto, J. Light & Vis. Env. 31, No. 1 (2007).
- [10] L.-R. Trevisanello et al., Proc. SPIE 6669, 666913 (2007).
- [11] O. H. Hamilton et al., J. Electrochem. Soc. 81, 413 (1942).

Thư mục tài liệu tham khảo

[1] ANSI/IES RP-16-2010, *Nomenclature and Definitions for Illuminating Engineering*
