



DEVELOPMENT OF SOFTWARE TO EVALUATE THE RELIABILITY AND SAFETY OF ROLLING STOCK IN OPERATION ON THE CAT LINH - HA DONG URBAN RAILWAY LINE

Nguyen Duc Toan, Do Duc Tuan*

University of Transport and Communications, No 3 Cau Giay Street, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 25/06/2024

Revised: 07/10/2024

Accepted: 10/10/2024

Published online: 15/10/2024

<https://doi.org/10.47869/tcsj.75.8.5>

* *Corresponding author*

Email: ddtuan@utc.edu.vn; Tel: +84-913905814

Abstract: Currently, it is still all-new in evaluating the reliability and safety of urban railway systems in Vietnam which needs to be gradually researched. To resolve the issue, it is necessary to establish a model to evaluate the reliability and safety of rolling stock, and then develop calculation programs or software. Based on the model to evaluate the reliability and safety of urban rail rolling stock established, the article presents the software development process to evaluate the reliability and safety of rolling stock in operation on the Cat Linh - Ha Dong urban railway line. The software is created in Java programming language with many customizable functions, pure Vietnamese interfaces, and can evaluate conveniently, quickly and accurately the reliability and safety of rolling stock on the Cat Linh - Ha Dong line. This is the first software in Vietnam in the field of urban rail rolling stock that is a reference for developing evaluation software for other subjects of the Cat Linh - Ha Dong line in particular and urban railway lines in Vietnam in general.

Keywords: software, reliability evaluation, safety, urban rail rolling stock, Cat Linh - Ha Dong.

@ 2024 University of Transport and Communications



XÂY DỰNG PHẦN MỀM ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY VÀ AN TOÀN CỦA PHƯƠNG TIỆN ĐƯỜNG SẮT ĐÔ THỊ TUYẾN CÁT LINH - HÀ ĐÔNG TRONG QUÁ TRÌNH KHAI THÁC

Nguyễn Đức Toàn, Đỗ Đức Tuấn*

Trường Đại học Giao thông vận tải, số 3 Cầu Giấy, Hà Nội

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 25/06/2024

Ngày nhận bài sửa: 07/10/2024

Ngày chấp nhận đăng: 10/10/2024

Ngày xuất bản Online: 15/10/2024

<https://doi.org/10.47869/tcsj.75.8.5>

* Tác giả liên hệ

Email: ddtuan@utc.edu.vn; Tel: +84-903905814

Tóm tắt: Hiện nay vấn đề đánh giá độ tin cậy và an toàn của hệ thống đường sắt đô thị trong điều kiện Việt Nam còn hoàn toàn mới mẻ, do đó cần được từng bước nghiên cứu và hoàn thiện. Để giải quyết vấn đề đặt ra, cần thiết lập mô hình đánh giá độ tin cậy và an toàn của phương tiện, sau đó xây dựng các chương trình hoặc phần mềm tính toán. Trên cơ sở mô hình đánh giá độ tin cậy và an toàn của phương tiện đường sắt đô thị đã được nhóm tác giả thiết lập, bài báo trình bày quá trình xây dựng phần mềm đánh giá độ tin cậy và an toàn của phương tiện đường sắt đô thị tuyến Cát Linh-Hà Đông trong quá trình khai thác. Phần mềm được xây dựng trên cơ sở ngôn ngữ lập trình Java với nhiều chức năng tùy biến, có giao diện thuần Việt, cho phép đánh giá độ tin cậy và an toàn của phương tiện đường sắt đô thị tuyến Cát Linh-Hà Đông một cách thuận lợi, nhanh chóng và chính xác. Đây là phần mềm lần đầu tiên được xây dựng ở Việt Nam trong lĩnh vực phương tiện đường sắt đô thị, là cơ sở tham khảo cho việc xây dựng phần mềm đánh giá cho các đối tượng khác của tuyến Cát Linh-Hà Đông nói riêng và các tuyến đường sắt đô thị ở Việt Nam nói chung.

Từ khóa: phần mềm, đánh giá độ tin cậy, an toàn, phương tiện đường sắt đô thị, Cát Linh – Hà Đông.

@2024 Trường Đại học Giao thông vận tải

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cho đến nay, tại Hà Nội đã có hai tuyến đường sắt đô thị được triển khai xây dựng, đó là tuyến Cát Linh - Hà Đông (tuyến 2A) và tuyến Nhôn - Ga Hà Nội (tuyến số 3); trong đó tuyến Cát Linh - Hà Đông đã được đưa vào khai thác ngày 6 tháng 11 năm 2021, tuyến Nhôn - Ga Hà Nội (đoạn trên cao Nhôn - Cầu Giấy) đã được đưa vào khai thác ngày 8 tháng 8 năm 2024. Tại thành phố Hồ Chí Minh tuyến Bến Thành - Suối Tiên (tuyến số 1) cũng đang được gấp rút hoàn thành và sẽ đưa vào khai thác cuối năm 2024. Các dự án đường sắt đô thị ở Việt Nam đều do các nhà thầu nước ngoài thực hiện, chỉ làm nhiệm vụ xây dựng và bàn giao cho Việt Nam sử dụng và khai thác. Vấn đề đánh giá độ tin cậy và an toàn của hệ thống đường sắt đô thị nói chung trong điều kiện Việt Nam là hoàn toàn mới mẻ, chưa có tiền lệ và kinh nghiệm, do đó cần được từng bước nghiên cứu và hoàn thiện. Để đánh giá độ tin cậy và an toàn của hệ thống đường sắt đô thị, trước hết cần đánh giá độ tin cậy và an toàn của các phân hệ trong hệ thống, trong đó có phương tiện đường sắt đô thị hay đoàn tàu metro. Các bước thực hiện bao gồm: xây dựng mô hình đánh giá độ tin cậy của phương tiện, trên cơ sở đó xây dựng công cụ đánh giá độ tin cậy và an toàn dưới dạng các chương trình máy tính hoặc phần mềm và cuối cùng là đánh giá độ tin cậy và an toàn của phương tiện trên cơ sở số liệu thống kê về trở ngại chạy tàu trên tuyến, số liệu thống kê về bảo dưỡng, sửa chữa tại depo v.v. Việc xây dựng mô hình đánh giá độ tin cậy và an toàn của phương tiện đường sắt đô thị nói chung và phương tiện đường sắt đô thị tuyến Cát Linh - Hà Đông nói riêng đã được thực hiện trong [1,2]. Trong bài báo này trình bày quá trình xây dựng phần mềm đánh giá độ tin cậy và an toàn của phương tiện đường sắt đô thị tuyến Cát Linh - Hà Đông.

2. XÂY DỰNG PHẦN MỀM ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY VÀ AN TOÀN PHƯƠNG TIỆN ĐƯỜNG SẮT ĐÔ THỊ TUYẾN CÁT LINH - HÀ ĐÔNG

2.1. Ngôn ngữ lập trình

Phần mềm được xây dựng trên cơ sở ngôn ngữ lập trình Java, là ngôn ngữ lập trình phổ biến và mạnh mẽ, được phát triển bởi Sun Microsystems (nay là một phần của Oracle Corporation) với một số đặc điểm nổi bật như [3-5]: Đa nền tảng; Cú pháp đơn giản và dễ hiểu; Hỗ trợ đa luồng; Bảo mật cao; Thư viện phong phú; Hỗ trợ mã nguồn mở; Tính nhất quán và bảo trì dễ dàng. Bên cạnh đó, phần mềm sử dụng hệ quản trị cơ sở dữ liệu SQLite, là hệ quản trị cơ sở dữ liệu quan hệ mã nguồn mở, được phát triển bởi Dwayne Richard Hipp vào năm 2000 với một số đặc điểm nổi bật như [6-9]: Mã nguồn mở và miễn phí; Không cần máy chủ; Nhẹ và nhanh; Khả năng di động; Hỗ trợ chuẩn SQL; Dễ triển khai.

2.2. Một số chức năng cơ bản của phần mềm

Căn cứ Hồ sơ kỹ thuật [10], tuyến đường sắt đô thị Cát Linh-Hà Đông có 13 đoàn tàu, cấu hình mỗi đoàn tàu là Tc1 + M0 + M1 + Tc2, như vậy có tổng số 52 toa xe với 26 toa xe động lực (M) và 26 toa xe kéo theo (T). Đồng thời theo [1-2], phương tiện đường sắt đô thị (đoàn tàu metro) tuyến Cát Linh-Hà Đông được phân chia thành 6 phân hệ, mỗi phân hệ lại được phân chia thành các tiểu phân hệ, mỗi tiểu phân hệ lại được phân chia thành các phần tử, cụ thể như sau: 1. Phân hệ Thân xe được phân chia thành 6 Tiểu phân hệ với tổng số 11 phần tử. 2. Phân hệ Bộ phận chạy phân chia thành 1 Tiểu phân hệ và 13 phần tử. 3. Phân hệ truyền động phân chia thành 1 Tiểu phân hệ và 10 phần tử. 4. Phân hệ Thiết bị hãm phân chia thành 1 Tiểu phân hệ và 15 phần tử. 5. Phân hệ Điều khiển phân chia thành 1 Tiểu phân hệ và 10 phần tử. 6. Phân hệ Thiết bị phụ được phân chia thành 6 Tiểu phân hệ với tổng số 30 phần tử. Như vậy trong tổng số 6 phân hệ có 16 tiểu phân hệ và 89 phần tử. Phần mềm được cấu thành từ các mô đun phần tử, tiểu phân hệ, phân hệ, đồng thời các mô đun được tích hợp để tạo ra nhiều chức năng

khác nhau cho toàn bộ hệ thống.

2.1.2. Các chức năng tổng quát

1. Đánh giá độ tin cậy và tính sẵn sàng của phương tiện trong quá trình vận hành trên tuyến. 2. Đánh giá tính sẵn sàng và khả năng bảo dưỡng của phương tiện trong quá trình bảo dưỡng, sửa chữa tại depo. 3. Đánh giá độ tin cậy và thời hạn làm việc của bộ trục bánh xe do hao mòn trong quá trình vận hành trên tuyến. 4. Đánh giá độ an toàn của phương tiện trong quá trình vận hành trên tuyến. 5. Đánh giá trạng thái xác suất giới hạn của phương tiện trong quá trình vận hành trên tuyến.

2.1.2. Các chức năng cụ thể

a. Chức năng đánh giá độ tin cậy của đối tượng

a1. Đối với đối tượng hư hỏng đột ngột có phục hồi

1. Nhập số liệu đầu vào cho từng phần tử cụ thể, từ đó xác định các chỉ tiêu độ tin cậy của phần tử đang xét: hàm mật độ phân bố thời gian làm việc giữa các lần hỏng $f(t)$ và đồ thị, hàm mật độ phân bố thời gian phục hồi $f(\tau)$ và đồ thị, thời gian làm việc trung bình giữa các lần hỏng $a(t)$, thời gian phục hồi $a(\tau)$, cường độ hỏng λ , cường độ phục hồi μ , hàm sẵn sàng $S(t)$ và đồ thị, hệ số sẵn sàng S , hàm không sẵn sàng $K(t)$ và đồ thị, hệ số không sẵn sàng S . 2. Tích hợp và tính toán các chỉ tiêu độ tin cậy và an toàn cho tiểu phân hệ: thời gian làm việc trung bình giữa các lần hỏng $E(T_s)$, thời gian phục hồi trung bình $E(\tau_s)$, cường độ hỏng λ_s , cường độ phục hồi μ_s , hàm sẵn sàng $S_s(t)$ và đồ thị, hệ số sẵn sàng S_s , hàm không sẵn sàng $K_s(t)$ và đồ thị, hệ số không sẵn sàng K_s . 3. Tích hợp và tính toán các chỉ tiêu độ tin cậy cho phân hệ. Các chỉ tiêu độ tin cậy của phân hệ được xác định tương tự như đối với tiểu phân hệ. 4. Tích hợp và tính toán các chỉ tiêu độ tin cậy cho hệ thống (phương tiện). Các chỉ tiêu độ tin cậy của hệ thống được xác định tương tự như đối với tiểu phân hệ và phân hệ.

a2. Đối với đối tượng có hư hỏng do hao mòn

Nhập số liệu đầu vào cho từng phần tử cụ thể, từ đó xác định các chỉ tiêu độ tin cậy của phần tử đang xét: kỳ vọng toán cường độ hao mòn $a(c)$, độ lệch chuẩn của cường độ hao mòn $\sigma(c)$, hệ số biến động của cường độ hao mòn $v(c)$, hàm mật độ phân bố cường độ hao mòn $f(c)$ và đồ thị, hàm tin cậy $P(t)$ và đồ thị, hàm xác suất hỏng $Q(t)$ và đồ thị và thời hạn làm việc gamma phần trăm $t_{\gamma\%}$.

b. Chức năng đánh giá độ an toàn của đối tượng

1. Căn cứ hướng dẫn trong [11-12], nhập số liệu đầu vào cho từng phần tử cụ thể, gồm: tổng số người chết, tổng số người bị thương nặng, tổng số người bị thương nhẹ, tổng thiệt hại tài sản (triệu đồng); từ đó xác định các chỉ tiêu độ an toàn của phần tử đang xét: tổng số tai nạn đặc biệt nghiêm trọng (mức 1), tần suất tai nạn đặc biệt nghiêm trọng (1/h); tổng số tai nạn rất nghiêm trọng (mức 2), tần suất tai nạn rất nghiêm trọng (1/h); tổng số tai nạn nghiêm trọng (mức 3), tần suất tai nạn nghiêm trọng (1/h); tổng số tai nạn ít nghiêm trọng (mức 4), tần suất tai nạn ít nghiêm trọng (1/h); tổng số tai nạn không nghiêm trọng (mức 5), tần suất tai nạn không nghiêm trọng (1/h). 2. Tích hợp và tính toán các chỉ tiêu độ an toàn cho tiểu phân hệ; 3.

Tích hợp và tính toán các chỉ tiêu độ an toàn cho phân hệ; 4. Tích hợp và tính toán các chỉ tiêu độ an toàn cho hệ thống (phương tiện).

c. Chức năng đánh giá xác suất giới hạn chuyển tiếp của đối tượng

Tích hợp số liệu thống kê về hư hỏng đột ngột có phục hồi của các phần tử, tiến hành xác định xác suất giới hạn chuyển tiếp trạng thái của các phân hệ và hệ thống (phương tiện).

d. Chức năng lựa chọn các tổ hợp phương án tính toán, hiển thị và lưu trữ dữ liệu

1. Lựa chọn việc đánh giá độ tin cậy và an toàn cho từng loại toa xe cụ thể như Tc1, M0, M1 và Tc2. 2. Lựa chọn việc đánh giá độ tin cậy và an toàn cho từng nhóm toa xe, chẳng hạn nhóm toa xe động lực (M0+M1) và nhóm toa xe kéo theo (Tc1+Tc2) hoặc bất kỳ tổ hợp nào khác. 3. Lựa chọn việc đánh giá độ tin cậy và an toàn cho từng đoàn tàu (từ HN001 đến HN013) hoặc các nhóm đoàn tàu bất kỳ. 4. Lựa chọn việc đánh giá độ tin cậy và thời hạn làm việc của bộ trục bánh xe theo hao mòn mặt lăn, hao mòn gờ bánh, độ gia tăng chiều cao gờ bánh có xét tới các bánh xe bên phải, bánh xe bên trái một cách riêng rẽ đối với từng loại toa xe, từng nhóm toa xe động lực và toa xe kéo theo, từng đoàn tàu hoặc nhóm đoàn tàu hoặc bất kỳ tổ hợp nào khác. 5. Lựa chọn việc đánh giá độ tin cậy và an toàn cho các đối tượng nêu trên theo thời gian: theo tháng, theo quý, theo năm hoặc cho một giai đoạn bất kỳ nào đó. 6. Phần mềm có chức năng hiển thị và lưu trữ các số liệu đã nhập, hiển thị kết quả tính toán dưới dạng đồ thị của các hàm số, các bảng kết quả tính toán được lưu trữ và có thể sao chép ra file word hoặc excel.

2.3. Xây dựng các lưu đồ thuật toán

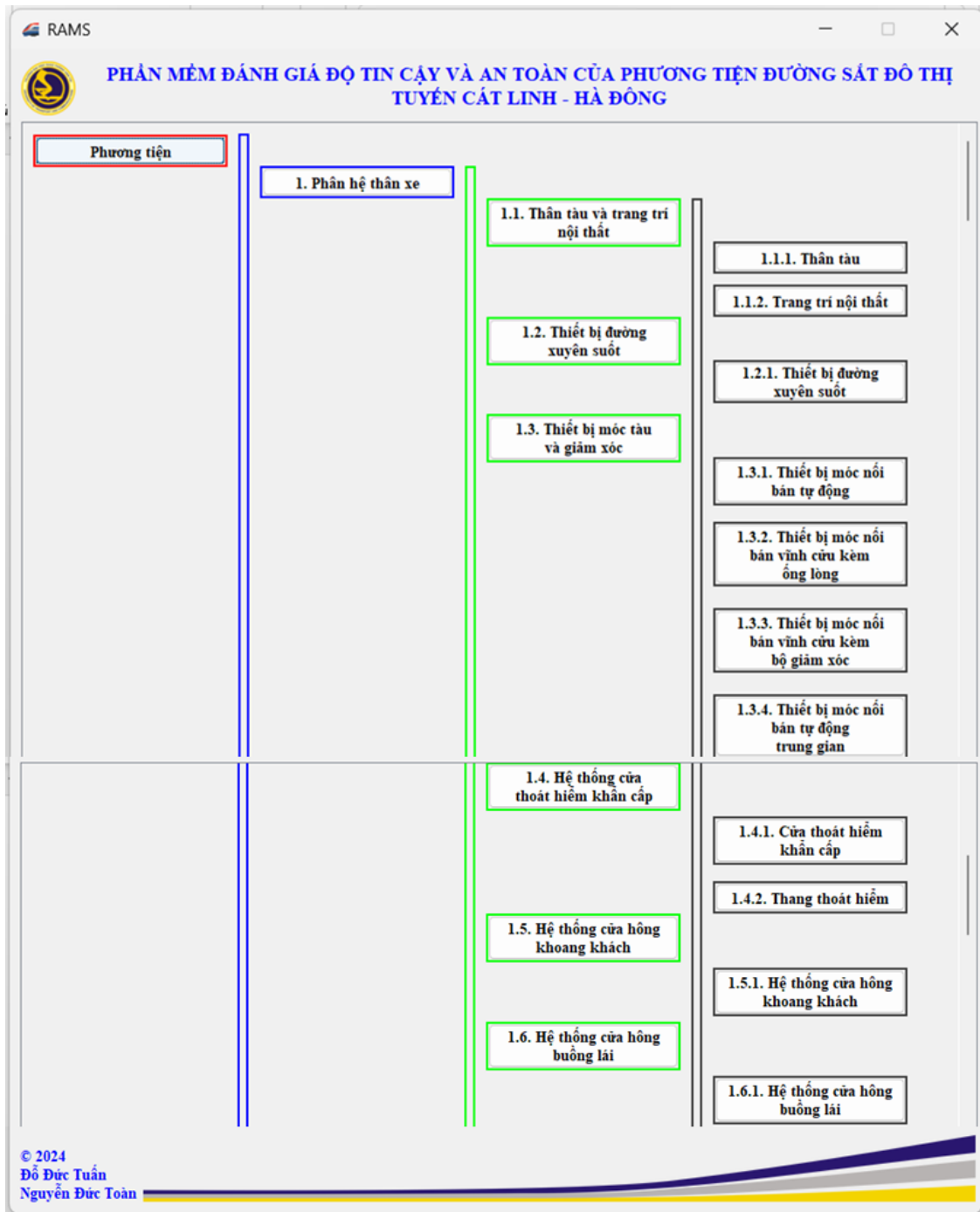
Phần mềm gồm 13 lưu đồ thuật toán như sau.

1. Lưu đồ thuật toán tính toán các chỉ tiêu độ tin cậy của phương tiện; 2. Lưu đồ thuật toán tính toán trạng thái giới hạn của phương tiện; 3. Lưu đồ thuật toán tính toán các chỉ tiêu độ tin cậy của phân hệ; 4. Lưu đồ thuật toán tính toán các chỉ tiêu độ tin cậy của tiểu phân hệ; 5. Lưu đồ thuật toán tính toán các chỉ tiêu độ tin cậy của phần tử; 6. Lưu đồ thuật toán tính toán độ tin cậy và thời hạn làm việc của bộ trục bánh xe theo hao mòn mặt lăn; 7. Lưu đồ thuật toán tính toán độ tin cậy và thời hạn làm việc của bộ trục bánh xe theo hao mòn gờ bánh; 8. Lưu đồ thuật toán tính toán độ tin cậy và thời hạn làm việc của bộ trục bánh xe theo độ gia tăng chiều cao gờ bánh; 9. Lưu đồ thuật toán xử lý số liệu thống kê; 10. Lưu đồ thuật toán tính toán các chỉ tiêu về an toàn của phương tiện; 11. Lưu đồ thuật toán tính toán các chỉ tiêu về an toàn của phân hệ; 12. Lưu đồ thuật toán tính toán các chỉ tiêu về an toàn của tiểu phân hệ; 13. Lưu đồ thuật toán tính toán các chỉ tiêu về an toàn của phần tử. Do khuôn khổ bài báo có hạn, không thể trình bày được sơ đồ của 13 lưu đồ thuật toán đã nêu.

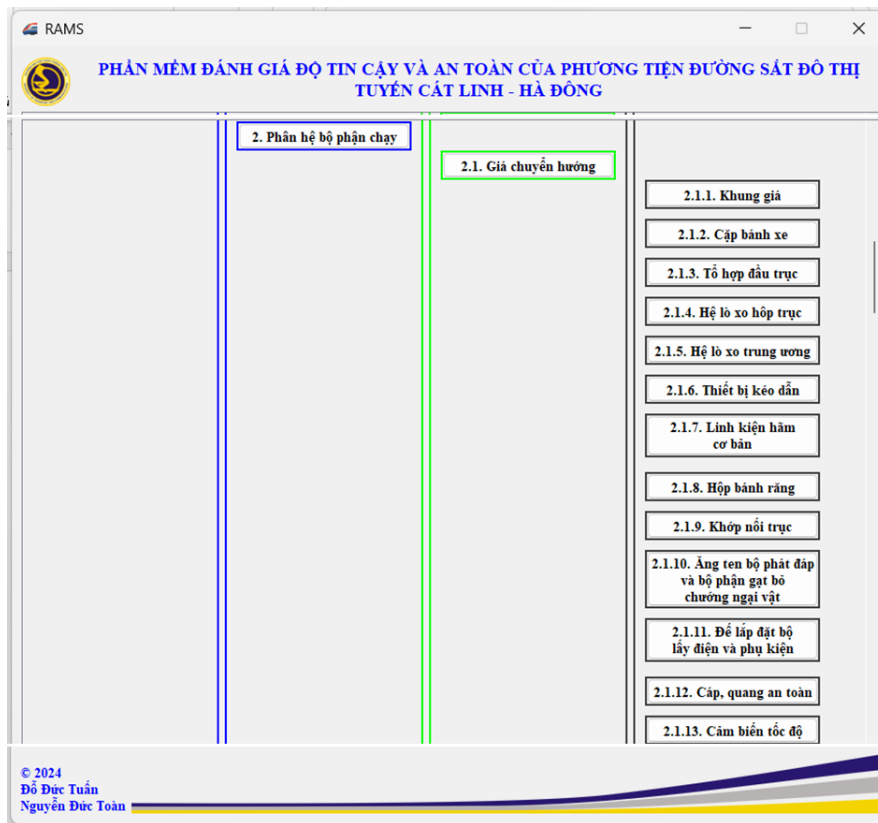
2.4. Xây dựng các giao diện của phần mềm

2.4.1. Giao diện tổng quát đánh giá độ tin cậy và an toàn của các phân hệ, tiểu phân hệ và phần tử

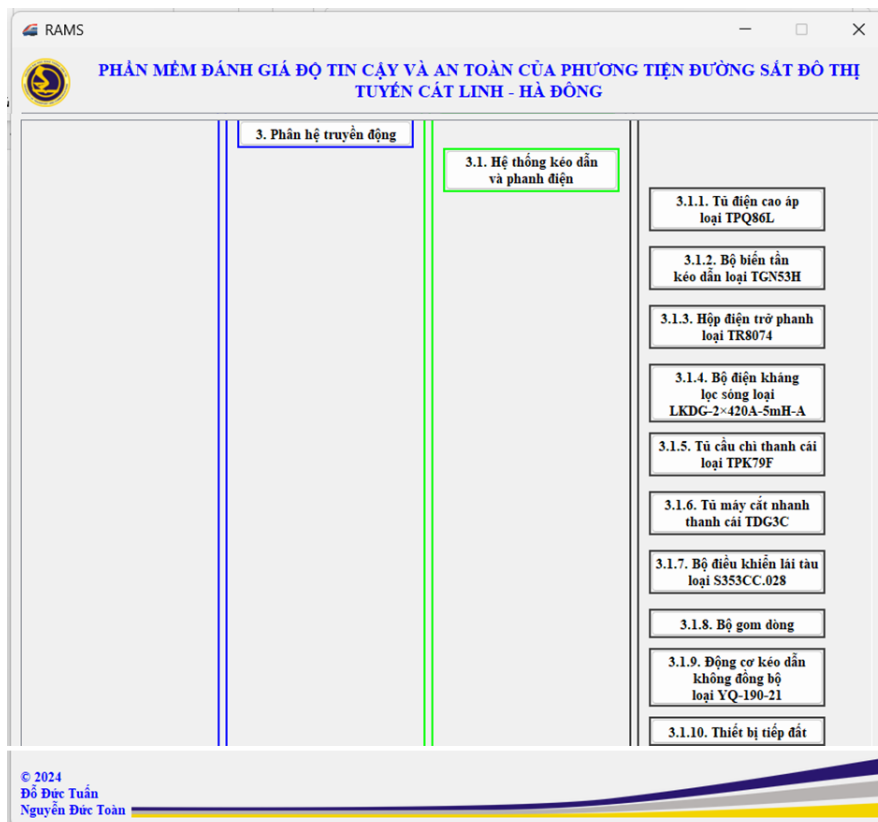
Các giao diện tổng quát đánh giá độ tin cậy và an toàn của các phân hệ, tiểu phân hệ và phần tử đối với các phân hệ thân xe, phân hệ bộ phận chạy, phân hệ truyền động, phân hệ thiết bị hãm, phân hệ điều khiển và phân hệ thiết bị phụ hiện trên các hình 1-6.



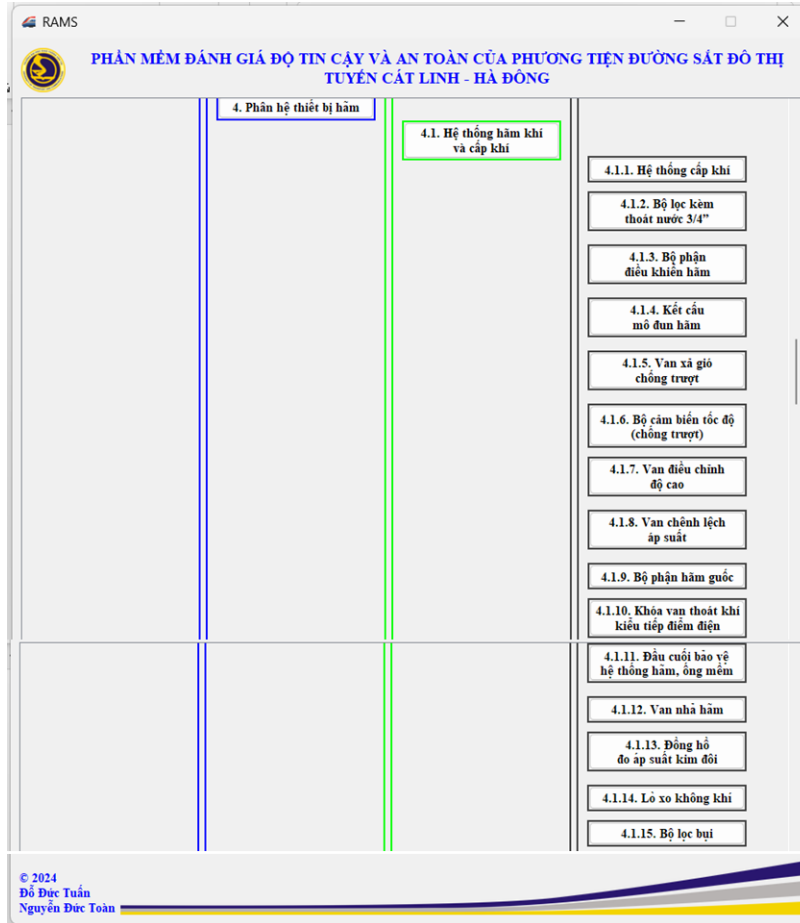
Hình 1. Giao diện phân hệ thân xe.



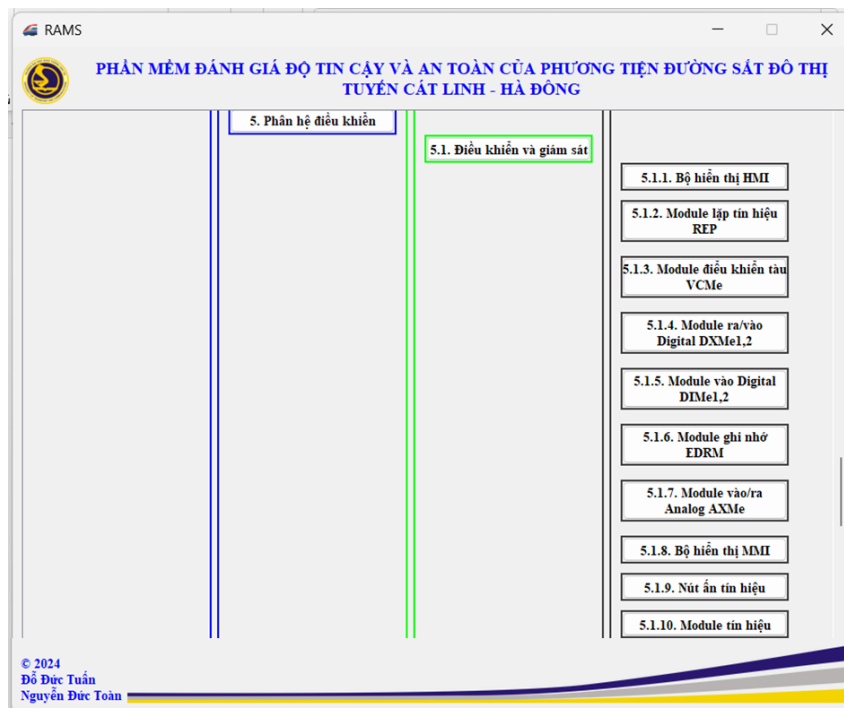
Hình 2. Giao diện phân hệ bộ phận chạy.



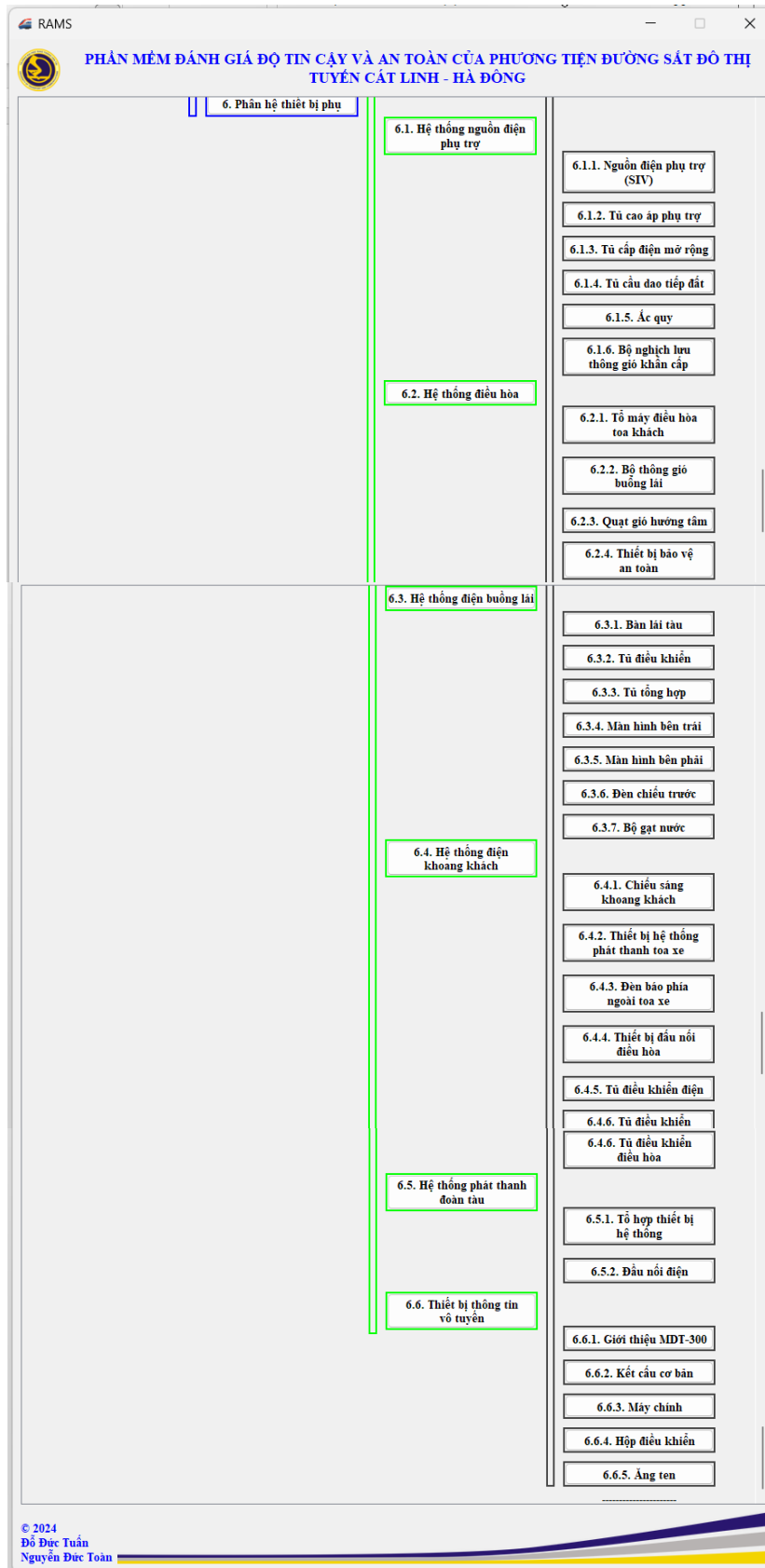
Hình 3. Giao diện phân hệ truyền động.



Hình 4. Giao diện phân hệ thiết bị hãm.



Hình 5. Giao diện phân hệ điều khiển.



Hình 6. Giao diện phân hệ thiết bị phụ.

2.4.2. Giao diện tổng quát đánh giá độ tin cậy và an toàn của phương tiện

Các giao diện tổng quát đánh giá độ tin cậy và an toàn của phương tiện thể hiện trên các hình 7 - 12.

The screenshot shows a software window titled 'PHƯƠNG TIỆN'. On the left, there is a list of train units (Độ tin cậy) with checkboxes next to them, ranging from HN001 to HN013. The main area contains a form for entering reliability evaluation parameters. The parameters are:

- Thời gian làm việc trung bình $E(T_s)$ (h)
- Thời gian phục hồi trung bình $E(\tau_s)$ (h)
- Cường độ hỏng λ_s (1/h)
- Cường độ phục hồi μ_s (1/h)
- Hệ số sẵn sàng S_s
- Hệ số không sẵn sàng K_s
- Hàm sẵn sàng $S_s(t)$ with a dropdown menu showing 'S' and 'Đồ thị $S_s(t)$ '
- Hàm không sẵn sàng $K_s(t)$ with a dropdown menu showing 'K' and 'Đồ thị $K_s(t)$ '

Hình 7. Giao diện tổng quát đánh giá độ tin cậy của các đoàn tàu.

The screenshot shows a software window titled 'PHƯƠNG TIỆN'. On the left, there is a list of train types (Độ tin cậy) with checkboxes next to them, including Tc1, M0, M1, and Tc2. The main area contains a form for entering reliability evaluation parameters, with numerical values displayed in the input fields. The parameters and their values are:

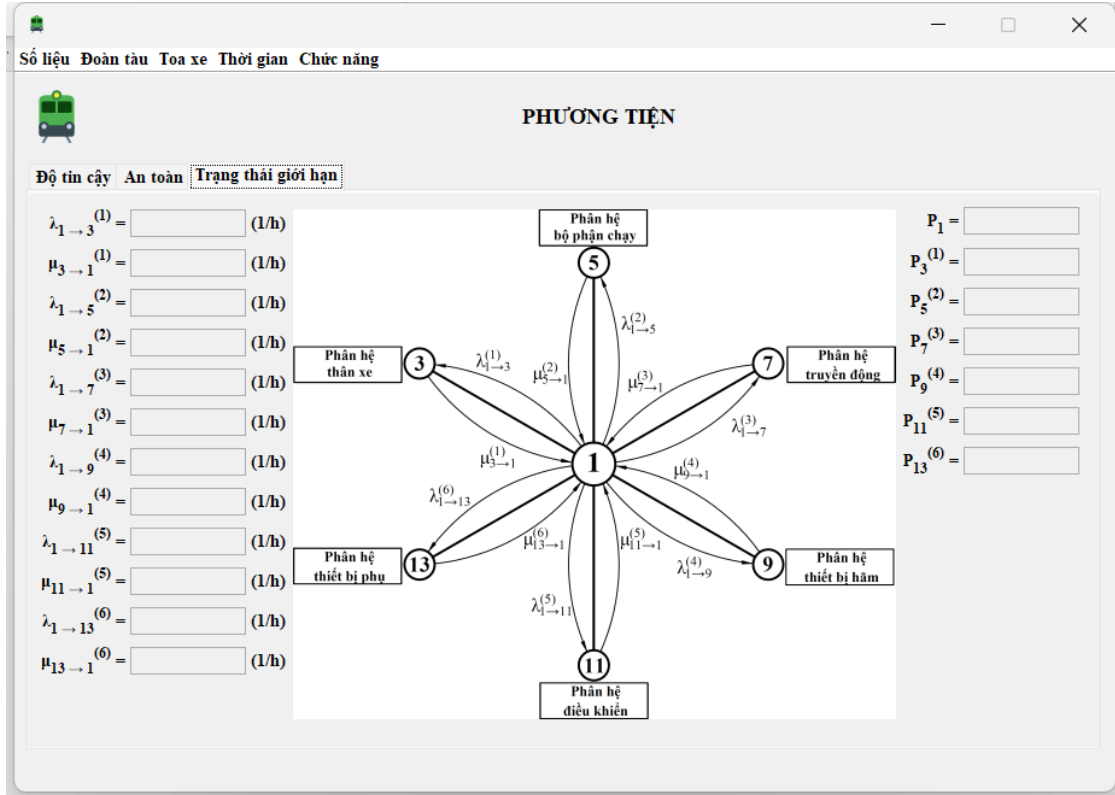
- Thời gian làm việc trung bình $E(T_s)$ (h): 303.277
- Thời gian phục hồi trung bình $E(\tau_s)$ (h): 2.50608
- Cường độ hỏng λ_s (1/h): 0.00329731
- Cường độ phục hồi μ_s (1/h): 0.399029
- Hệ số sẵn sàng S_s : 0.991804
- Hệ số không sẵn sàng K_s : 0.00819562
- Hàm sẵn sàng $S_s(t)$ with a dropdown menu showing 'S' and 'Đồ thị $S_s(t)$ '
- Hàm không sẵn sàng $K_s(t)$ with a dropdown menu showing 'K' and 'Đồ thị $K_s(t)$ '

At the bottom right of the window, there is a note: 'Đã tính toán và cập nhật số liệu'.

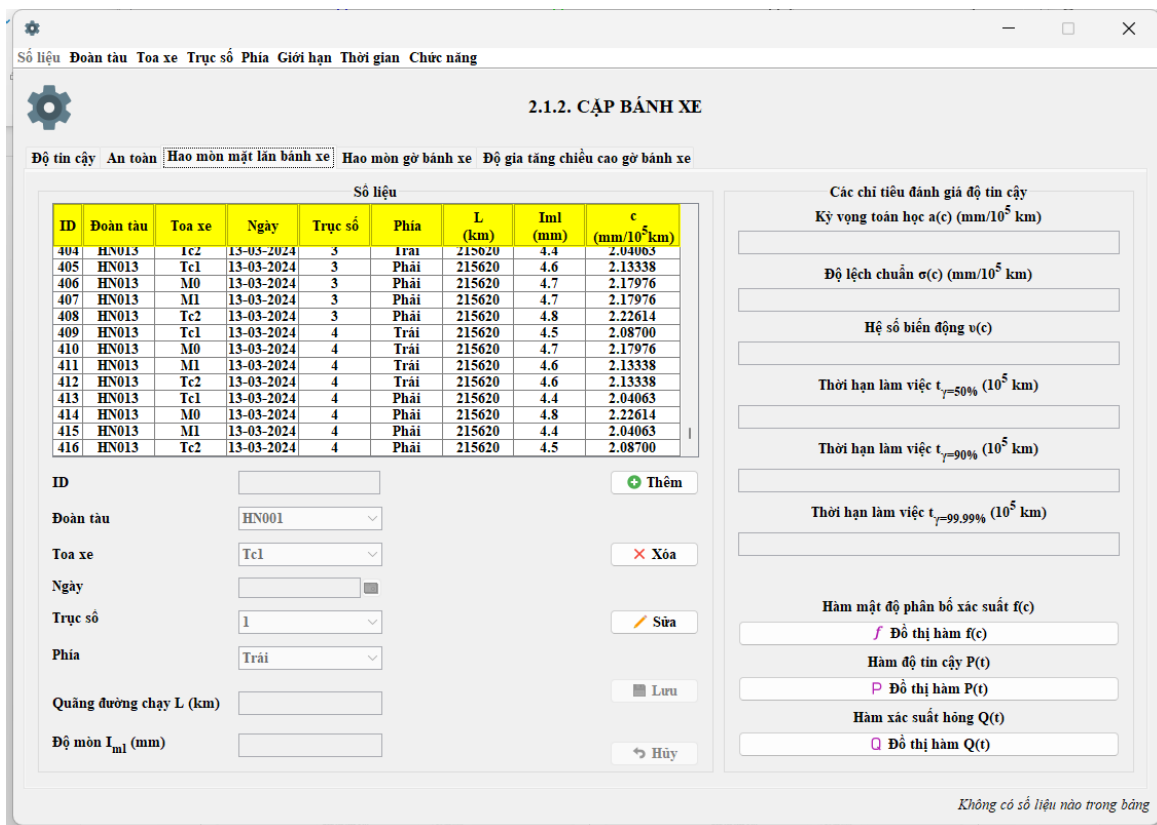
Hình 8. Giao diện tổng quát đánh giá độ tin cậy của các loại toa xe.

Hình 9. Giao diện tổng quát đánh giá độ tin cậy của phương tiện với các tính năng hiển thị số liệu và kết quả tính toán.

Hình 10. Giao diện tổng quát đánh giá độ an toàn của phương tiện.



Hình 11. Giao diện tổng quát đánh giá trạng thái xác suất giới hạn của phương tiện.



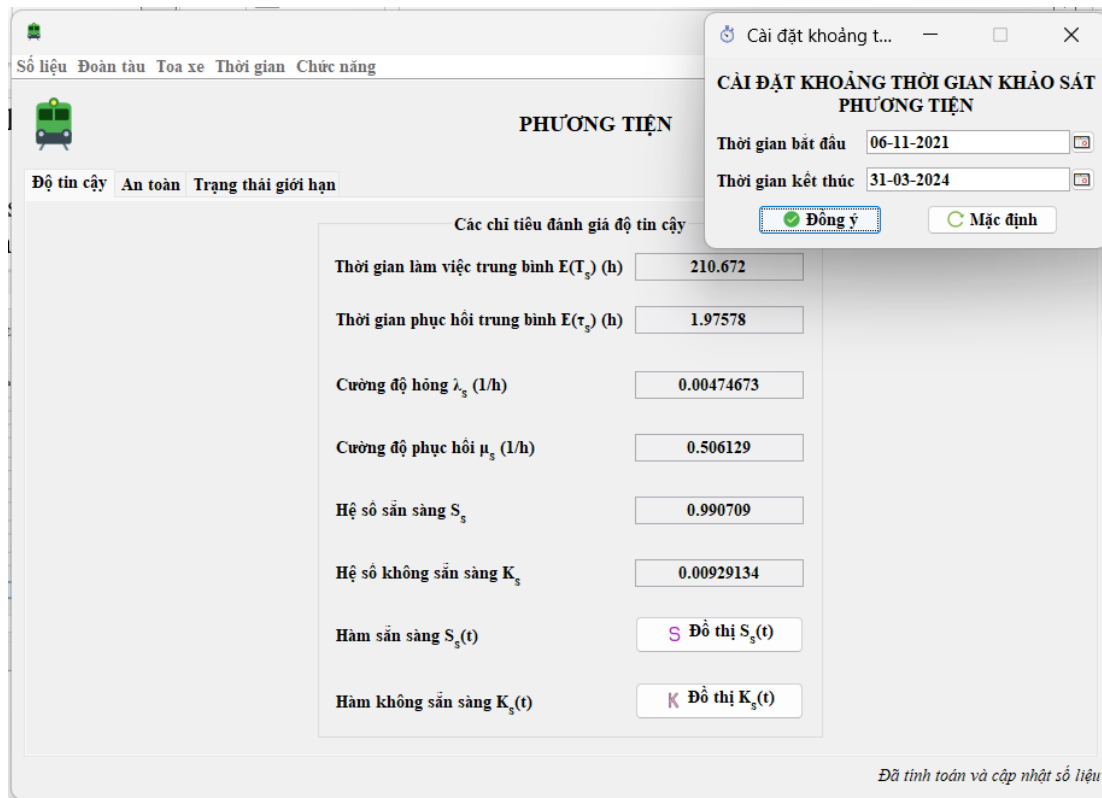
Hình 12. Giao diện tổng quát đánh giá độ tin cậy và thời hạn làm việc của bộ trục bánh xe theo hao mòn mặt lăn.

Giao diện tổng quát đánh giá độ tin cậy và thời hạn làm việc của bộ trục bánh xe theo hao gờ bánh và theo độ gia tăng chiều cao gờ bánh cũng tương tự như đối với giao diện đánh giá độ tin cậy và thời hạn làm việc theo hao mòn mặt lăn.

3. GIỚI THIỆU MINH HỌA MỘT SỐ KẾT QUẢ TÍNH TOÁN BẰNG PHẦN MỀM

Như trên đã nói, tuyến đường sắt đô thị Cát Linh-Hà Đông có 13 đoàn tàu với tổng số 26 toa xe được đưa vào khai thác từ ngày 06/11/2021. Từ ngày bắt đầu đưa vào khai thác đã tiến hành thu thập số liệu thống kê về các sự cố trở ngại chạy tàu (gián đoạn chạy tàu hay chậm tàu) trên tuyến, số liệu thống kê về các sự cố cần khắc phục (bảo dưỡng, sửa chữa) tại depo và số liệu thống kê về hao mòn bánh xe trong quá trình khai thác. Các số liệu thống kê đã được chốt vào thời điểm ngày 31/3/2024 gồm 01 sự cố gây trở ngại chạy tàu trên tuyến (chậm tàu 5 phút) và 264 sự cố dẫn đến cần thay thế và sửa chữa tại depo. Các số liệu này đã được cập nhật đầy đủ vào phần mềm và đã chạy thử thành công. Dưới đây đơn cử giới thiệu có tính chất minh họa một số kết quả tính toán.

1. Kết quả tính toán độ tin cậy của phương tiện (đoàn tàu metro) tuyến Cát Linh-Hà Đông trong quá trình bảo dưỡng, sửa chữa tại depo từ ngày ngày 06/11/2021 đến ngày 31/3/2024 thể hiện trên giao diện hình 13.

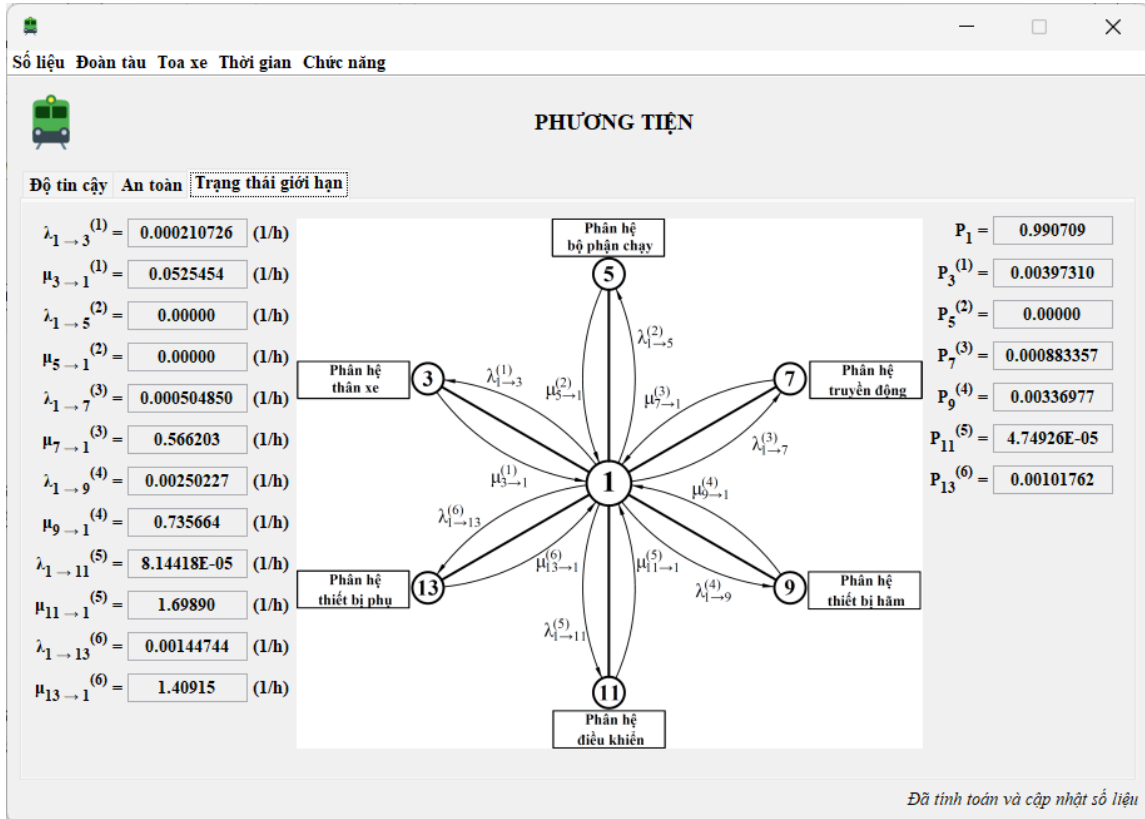


Hình 13. Giao diện hiển thị kết quả đánh giá độ tin cậy của phương tiện giai đoạn 06-11-2021 đến 31-03-2023.

Như vậy, các chỉ tiêu độ tin cậy của phương tiện (13 đoàn tàu metro) trong quá trình bảo dưỡng, sửa chữa tại depo được xác định bao gồm: thời gian làm việc trung bình giữa các lần hỏng $E(T_s) = 210,672$ h, thời gian phục hồi trung bình $E(\tau_s) = 1,97578$ h, cường độ hỏng $\lambda_s = 0,00474673h^{-1}$, cường độ phục hồi $\mu_s = 0,506129$ h⁻¹, hàm sẵn sàng $S_s(t) = 0,990709 +$

$0,00929134\exp(-0,510876t)$, hệ số sẵn sàng $S_s = 0,990709$, Hàm không sẵn sàng $K_s(t) = 0,00929134 - 0,00929134\exp(-0,510876t)$ và hệ số không sẵn sàng $K_s = 0,00929134$.

2. Kết quả đánh giá xác suất giới hạn chuyển tiếp trạng thái của các phân hệ trên phương tiện giai đoạn 06-11-2021 đến 31-03-2023 trong quá trình bảo dưỡng, sửa chữa tại depo thể hiện trên giao diện hình 14.



Hình 14. Giao diện hiển thị kết quả đánh giá xác suất giới hạn chuyển tiếp trạng thái của các phân hệ trên phương tiện giai đoạn 06-11-2021 đến 31-03-2023.

4. KẾT LUẬN

Phần mềm “Đánh giá độ tin cậy và an toàn cho phương tiện đường sắt đô thị tuyến Cát Linh - Hà Đông” được xây dựng trên cơ sở ngôn ngữ lập trình Java với nhiều chức năng tùy biến, có giao diện thuần Việt, thân thiện, dễ sử dụng, cho phép đánh giá độ tin cậy và an toàn của các phân hệ và của toàn bộ phương tiện đường sắt đô thị tuyến Cát Linh - Hà Đông một cách thuận lợi, nhanh chóng và chính xác. Đây là phần mềm lần đầu tiên được xây dựng ở Việt Nam trong lĩnh vực phương tiện đường sắt đô thị, là cơ sở tham khảo cho việc xây dựng phần mềm đối với các phân hệ khác của tuyến Cát Linh-Hà Đông nói riêng và các tuyến đường sắt đô thị ở Việt Nam nói chung.

Từ các số liệu thống kê cập nhật, đã tính toán và đánh giá được các chỉ tiêu độ tin cậy của các phần tử, các tiểu phân hệ, các phân hệ và tổng thể phương tiện theo nhiều tổ hợp phương án khác nhau. Do khuôn khổ bài báo này có hạn, các nội dung về đánh giá độ tin cậy và an toàn của các phân hệ, của phương tiện gồm các toa xe và đoàn tàu sẽ được trình bày trong các bài báo tiếp theo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Đức Toàn, Đỗ Đức Tuấn, Xây dựng mô hình đánh giá độ tin cậy của hệ thống kỹ thuật phức hợp, Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải, 74 (2023) 329-345. <https://doi.org/10.47869/tcsj.74.3.8>
- [2]. Nguyễn Đức Toàn, Đỗ Đức Tuấn, Xây dựng mô hình đánh giá độ tin cậy của phương tiện đường sắt đô thị tuyến Cát Linh – Hà Đông trong quá trình khai thác, Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải, 74 (2023) 896-912. <https://doi.org/10.47869/tcsj.74.8.4>
- [3]. Đoàn Văn Ban, Đoàn Văn Trung, Giáo trình Lập trình Java, Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam, Hà Nội, 2011.
- [4]. Allen Downey, Chris Mayfield, Think Java - How to Think Like a Computer Scientist, Green Tea Press, The United States, 2016.
- [5]. David Salter, Rhawi Dantas, NetBeans IDE 8 Cookbook, Packt Publishing Ltd, The United Kingdom, 2011.
- [6]. Lê Văn Phùng, Cơ sở dữ liệu quan hệ và công nghệ phân tích - thiết kế, Nhà xuất bản Thông tin và Truyền thông, Hà Nội, 2010.
- [7]. Phạm Đức Nhiệm, Giáo trình Cơ sở dữ liệu quan hệ, Nhà xuất bản Hà Nội, 2005.
- [8]. Ramez Elmasri, Shamkant Navathe, Fundamentals of Database Systems - 7th Edition, Pearson, The United States, 2015.
- [9]. Jay A. Kreibich, Using SQLite, O'Reilly Media, Inc., The United States, 2010.
- [10]. Công ty TNHH Thiết bị đoàn tàu đường sắt Bắc Kinh, Hướng dẫn sử dụng và bảo trì tàu điện Dự án đường sắt đô thị tuyến Cát Linh - Hà Đông, Quyển 3 (Chương 14: Hệ thống hãm khí và cấp khí; Chương 15: Hệ thống nguồn điện phụ trợ; Chương 16: Hệ thống phát thanh đoàn tàu; Chương 17: Thiết bị vô tuyến gắn trên tàu; Chương 18: Giá chuyển hướng), 2018.
- [11]. Bộ Giao thông vận tải, Thông tư 29/2013/TT-BGTVT, ngày 07/10/2013 của Bộ Giao thông vận tải về việc sửa đổi, bổ sung một số điều của Thông tư 15/2009/TT-BGTVT ngày 04/08/2009 của Bộ trưởng Bộ Giao thông vận tải quy định về giải quyết sự cố, tai nạn giao thông đường sắt, Hà Nội, 2013.
- [12]. Chính phủ, Nghị định số 39/2016/NĐ-CP ngày 15/5/2016, Quy định chi tiết thi hành một số điều của Luật an toàn, vệ sinh lao động, Hà Nội, 2016.