



ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF TECHNICAL EQUIPMENT RELIABILITY ON THE PERFORMANCE OF RAILWAY TRANSPORT SYSTEM

Do Duc Tuan¹, Vu Van Hiep², Than Duc Nam³

¹University of Transport and Communications, No 3 Cau Giay Street, Hanoi, Vietnam

²University of Transport Technology, No 54 Trieu Khuc Street, Hanoi, Vietnam

³Gia Lam Train joint stock Company, No 551 Nguyen Van Cu, Ngoc Lam Street, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 5/4/2020

Revised: 8/9/2020

Accepted: 8/9/2020

Published online: 28/10/2020

<https://doi.org/10.47869/tcsj.71.8.7>

* *Corresponding author*

Email: ddtuan@utc.edu.vn; Tel: 0913905814

Abstract: The railway transport system is considered as a complex system composed of static technical equipment (infrastructure) such as railways, bridges, tunnels, signal information (TTTH) and mobile technical equipment such as rolling stock. The equipment is considered as modules of the system. During the operation, the failure of one of these modules will lead to breaking the timetable and interrupting the train operation. At that time, the operation criteria and the reliability of the system will decline and the system performance will also decline eventually. In order to solve the above problem, an operation model of a railway section has been established and a basis for assessing the influence of technical equipment reliability on the system performance has been also proposed. Based on the proposed model and theoretical basis, we carried out assess quantitatively the influence of technical equipment reliability on the performance of a specific railway section.

Keywords: reliability, technical equipment, performance, railway section, railway transport.



ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ TIN CẬY CÁC THIẾT BỊ KỸ THUẬT TỚI HIỆU QUẢ HOẠT ĐỘNG CỦA HỆ THỐNG VẬN TẢI ĐƯỜNG SẮT

Đỗ Đức Tuấn¹, Vũ Văn Hiệp², Thân Đức Nam³

¹Trường Đại học Giao thông vận tải, số 3 Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

²Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải, số 54 Triều Khúc, Hà Nội, Việt Nam

³Công ty Cổ phần Xe lửa Gia Lâm, 551 Nguyễn Văn Cừ, Ngọc Lâm, Long Biên, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 5/4/2020

Ngày nhận bài sửa: 8/9/2020

Ngày chấp nhận đăng: 8/9/2020

Ngày xuất bản Online: 28/10/2020

<https://doi.org/10.47869/tcsj.71.8.7>

* Tác giả liên hệ

Email: ddtuan@utc.edu.vn; Tel: 0903905814

Tóm tắt: Hệ thống vận tải đường sắt được coi là một hệ thống phức hợp cấu thành từ các thiết bị kỹ thuật cố định (cơ sở hạ tầng) là đường sắt, cầu hầm, thông tin tín hiệu (TTTH) và các thiết bị kỹ thuật di động là phương tiện đầu máy, toa xe. Các thiết bị này được coi là các phân hệ của hệ thống. Trong quá trình hoạt động, nếu một trong các phân hệ bị hư hỏng sẽ dẫn đến phá vỡ biểu đồ chạy tàu và gây gián đoạn chạy tàu, khi đó các chỉ tiêu vận dụng và độ tin cậy của hệ thống sẽ bị suy giảm và cuối cùng hiệu quả hoạt động của toàn hệ thống cũng bị suy giảm. Để giải quyết vấn đề đã nêu, đã thiết lập mô hình hoạt động của một khu đoạn đường sắt và đề xuất cơ sở đánh giá ảnh hưởng của độ tin cậy các thiết bị kỹ thuật tới hiệu quả hoạt động của toàn bộ hệ thống. Từ mô hình và cơ sở lý thuyết đề xuất, đã tiến hành đánh giá ảnh hưởng độ của tin cậy các thiết bị kỹ thuật một cách định lượng tới hiệu quả hoạt động của một khu đoạn đường sắt cụ thể.

Từ khóa: độ tin cậy, thiết bị kỹ thuật, hiệu quả hoạt động, khu đoạn đường sắt, vận tải đường sắt.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hệ thống vận tải đường sắt được coi là một hệ thống phức hợp được cấu thành từ các trang thiết bị cố định: đường sắt, cầu hầm, thông tín tín hiệu, và các trang thiết bị động: phương tiện đầu máy, toa xe. Trong quá trình hoạt động, các thiết bị kỹ thuật có thể bị hư hỏng, dẫn đến quá trình chạy tàu bị gián đoạn hay nói khác, biểu đồ chạy tàu bị phá vỡ. Mặt khác, khi xảy ra hư hỏng, các chỉ tiêu độ tin cậy của chúng bị suy giảm và ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả hoạt động của hệ thống vận tải đường sắt. Vì vậy, cần nghiên cứu xây dựng mô hình hoạt động của khu đoạn đường sắt và tiến hành đánh giá ảnh hưởng độ tin cậy của các thiết bị kỹ thuật đến hiệu quả hoạt động của nó một cách định lượng.

Biết mức độ ảnh hưởng của các hư hỏng của các thiết bị kỹ thuật tới chất lượng hoạt động và hiệu quả của khu đoạn cũng như mối tương quan giữa những chỉ tiêu đó với kỳ vọng toán của thời gian làm việc tới hỏng và thời gian khôi phục chạy tàu, có thể lập kế hoạch và tiến hành các giải pháp kinh tế-kỹ thuật hợp lý cho việc nâng cao mức độ tin cậy của các thiết bị kỹ thuật. Ngoài ra, xuất phát từ các đặc điểm sử dụng các thiết bị kỹ thuật của đường sắt, có thể đề ra các yêu cầu đối với các đơn vị trong ngành về việc đảm bảo mức tin cậy cho trước của các thiết bị kỹ thuật trong các điều kiện kỹ thuật khai thác cụ thể.

Ở nước ngoài đã có một số công trình liên quan đến vấn đề đánh giá ảnh hưởng của độ tin cậy các thiết bị kỹ thuật tới hiệu quả hoạt động của các hệ thống khác nhau [1,2,3] và của hệ thống vận tải đường sắt nói riêng [4].

Ở Việt Nam, mới chỉ có một công trình bước đầu đề cập đến vấn đề này [5], nhưng chưa đầy đủ và toàn diện. Vì vậy, nghiên cứu này nhằm kế thừa và bổ sung về lý thuyết cũng như thực tiễn, nhằm từng bước áp dụng vào thực tế sản xuất của ngành đường sắt Việt Nam.

2. MÔ HÌNH HOẠT ĐỘNG TỔNG QUÁT CỦA MỘT KHU ĐOẠN ĐƯỜNG SẮT

Năng lực thông qua của các khu đoạn đường sắt phụ thuộc vào mặt trắc dọc của đường, trang thiết bị kỹ thuật, phương pháp tổ chức chạy tàu và được tính bằng số đôi tàu trong một ngày đêm.

Khu đoạn đường sắt nằm giữa hai ga khu đoạn hoặc giữa ga khu đoạn và ga lập tàu được coi là một hệ thống phức hợp, bao gồm các trang thiết bị cố định và di động, có chức năng vận chuyển hành khách và hàng hóa. Các trang thiết bị nói trên được coi là các phân hệ của hệ thống, có chức năng thực hiện khối lượng vận chuyển cho trước trong một khoảng thời gian xác định mà không xảy ra gián đoạn (trở ngại) chạy tàu. Đây là hệ thống đơn chức năng, hoạt động rời rạc trong không gian và liên tục trong thời gian, ở đó sự mất khả năng làm việc có thể là hoàn toàn (H_{ht}) hoặc một phần (H_{mp}), điều đó dẫn đến sự giảm tương ứng mức chất lượng hoạt động và hiệu quả đầu ra của hệ thống.

Do sự hư hỏng của các phân hệ riêng biệt cấu thành hệ thống vận tải đường sắt, dẫn đến phải phong toả những khu gian nhất định, biểu đồ chạy tàu trên khu đoạn bị phá vỡ, năng lực thông qua và năng lực vận chuyển của nó giảm xuống, dẫn đến chất lượng hoạt động và hiệu quả cuối cùng giảm xuống. Mức độ chất lượng hoạt động của khu đoạn đường sắt được xác định bằng tỷ số chỉ tiêu chất lượng hoạt động của hệ thống ở trạng thái đang xét của nó với chỉ tiêu chất lượng hoạt động trong trạng thái làm việc lý tưởng.

Trong trường hợp này, độ tin cậy làm việc của một khu đoạn đường sắt được hiểu là độ ổn định của các chỉ tiêu chất lượng và hiệu quả hoạt động của nó. Độ ổn định của các chỉ tiêu này ảnh hưởng tới chất lượng hoạt động chung của khu đoạn đường sắt, nó phụ thuộc vào độ tin cậy của các trang thiết bị kỹ thuật và đặc trưng cho độ tin cậy tổng thể của cả khu đoạn.

Đối với một khu đoạn đường sắt, chỉ tiêu tương đối của chất lượng hoạt động được xác

định bằng tỷ số giữa năng lực thông qua thực tế của nó với năng lực thông qua ở độ tin cậy tuyệt đối của các thiết bị kỹ thuật, còn hiệu quả cuối cùng chính là khối lượng vận chuyển, doanh thu hoặc lợi nhuận thu được do vận chuyển hành khách và hàng hoá.

Theo quan điểm của lý thuyết độ tin cậy [1-3, 5-10], tất cả các phân hệ trong hệ thống này được coi là liên kết nối tiếp với nhau, có nghĩa là sự hư hỏng hoàn toàn của một trong số các phân hệ nào đó sẽ làm cho toàn bộ hệ thống bị hư hỏng (ngừng hoạt động). Thời gian làm việc giữa các lần hư hỏng của các phân hệ của hệ thống và thời gian phục hồi khả năng làm việc của chúng là các đại lượng ngẫu nhiên.

Ở đây cần có một số giả thiết như sau [4,8]:

- Các dòng hỏng và dòng phục hồi của hệ thống là dòng đơn trị, có nghĩa là tại mỗi thời điểm không có quá một phân hệ có thể bị hư hỏng hoặc có thể được phục hồi xong;

- Quá trình hoạt động của hệ thống và các phân hệ của nó là quá trình xác lập (quá trình dừng), có nghĩa là cường độ xuất hiện các hư hỏng của các thiết bị kỹ thuật là không đổi theo thời gian, hay nói khác nó tuân theo luật phân bố mũ.

- Trên thực tế, các hư hỏng của các thiết bị kỹ thuật này cũng có thể ảnh hưởng tới khả năng làm việc của các thiết bị kỹ thuật khác, tuy nhiên ở đây hư hỏng của các phân hệ được coi là các đại lượng ngẫu nhiên độc lập.

- Việc phân chia các phân hệ trong hệ thống hoàn toàn có tính chất tương đối, nó phụ thuộc vào mục đích nghiên cứu cụ thể do bài toán ban đầu đặt ra

Khu đoạn đường sắt (hệ thống) có thể nằm ở trạng thái làm việc (LV) và đảm bảo thực hiện 100% biểu đồ chạy tàu, có thể ở trạng thái làm việc với hiệu quả giảm thấp do một trong các phân hệ bị hư hỏng một phần (H_{mp}), và cuối cùng là nằm ở trạng thái không làm việc do một trong các phân hệ bị hư hỏng hoàn toàn (H_{ht}); hoặc khi cần tiến hành bảo dưỡng kỹ thuật và sửa chữa định kỳ cho các thiết bị cố định, và khi đó khả năng thực hiện biểu đồ chạy tàu là 0%. Ở đây không xét đến các trạng thái mà ở đó tiến hành sửa chữa định kỳ cho các thiết bị cố định mà chỉ xem xét các trạng thái hư hỏng của chúng.

Xét một khu đoạn đường sắt không điện khí hóa, một cách tương đối, có thể phân chia các trang thiết bị kỹ thuật của nó thành 5 phân hệ:

- Phân hệ 1: Đầu máy; Phân hệ 2: Toa xe; Phân hệ 3: Đường sắt; Phân hệ 4: Cầu, hầm; Phân hệ 5: Thông tin tín hiệu (TTTH).

Trong quá trình hoạt động, khu đoạn đường sắt có thể nằm ở một trong các trạng thái sau đây:

Trạng thái 1. Trạng thái làm việc của hệ thống: tất cả các thiết bị kỹ thuật (các phân hệ) đều hoàn hảo (không hỏng) và sẵn sàng thực hiện quá trình vận chuyển. Trạng thái 2. Hệ thống làm việc với hiệu quả thấp vì phân hệ 1 (đầu máy) bị mất một phần khả năng làm việc (làm việc kém chất lượng). Trạng thái 3. Hệ thống không làm việc vì phân hệ 1 (đầu máy) hoàn toàn mất khả năng làm việc (bị hư hỏng). Trạng thái 4. Hệ thống làm việc với hiệu quả thấp vì phân hệ 2 (toa xe) bị mất một phần khả năng làm việc (làm việc kém chất lượng). Trạng thái 5. Hệ thống không làm việc vì phân hệ 2 (toa xe) hoàn toàn mất khả năng làm việc (bị hư hỏng). Trạng thái 6. Hệ thống làm việc với hiệu quả thấp vì phân hệ 3 (đường sắt) bị mất một phần khả năng làm việc (làm việc kém chất lượng). Trạng thái 7. Hệ thống không làm việc vì phân hệ 3 (đường sắt) mất hoàn toàn khả năng làm việc (bị hư hỏng). Trạng thái 8. Hệ thống làm việc với hiệu quả thấp do phân hệ 4 (cầu, hầm) bị mất một phần khả năng làm việc (làm việc kém chất lượng). Trạng thái 9. Hệ thống không làm việc vì phân hệ 4 (cầu, hầm) hoàn toàn mất khả năng làm việc (bị hư hỏng). Trạng thái 10. Hệ thống không làm việc

vì phân hệ 5 (thông tin tín hiệu) hoàn toàn mất khả năng làm việc (bị hư hỏng).

Việc chuyển tiếp của hệ thống từ trạng thái này sang trạng thái khác được đặc trưng bởi hư hỏng hoặc phục hồi chỉ của một phân hệ của hệ thống. Mỗi phân hệ thứ k nào đó được đặc trưng bởi thời gian làm việc trung bình giữa các lần hỏng $a_i^{(k)}$ và cường độ hỏng chuyển tiếp trạng thái $\lambda_{ij}^{(k)}$, bởi thời gian phục hồi trung bình $a_r^{(k)}$ và cường độ phục hồi chuyển tiếp trạng thái $\mu_{ji}^{(k)}$ của nó. Theo lý thuyết độ tin cậy, đối với một hệ thống các phần tử liên kết nối tiếp có phục hồi, hàm phân bố thời gian làm việc giữa các lần hỏng của các phân hệ và thời gian phục hồi của chúng tuân theo luật phân bố mũ và có dạng [1-3, 5-10]:

$$F_h^{(k)} = 1 - \exp(-\lambda_{ij}^{(k)}), \quad (1)$$

$$F_{ph}^{(k)} = 1 - \exp(-\mu_{ji}^{(k)}), \quad (2)$$

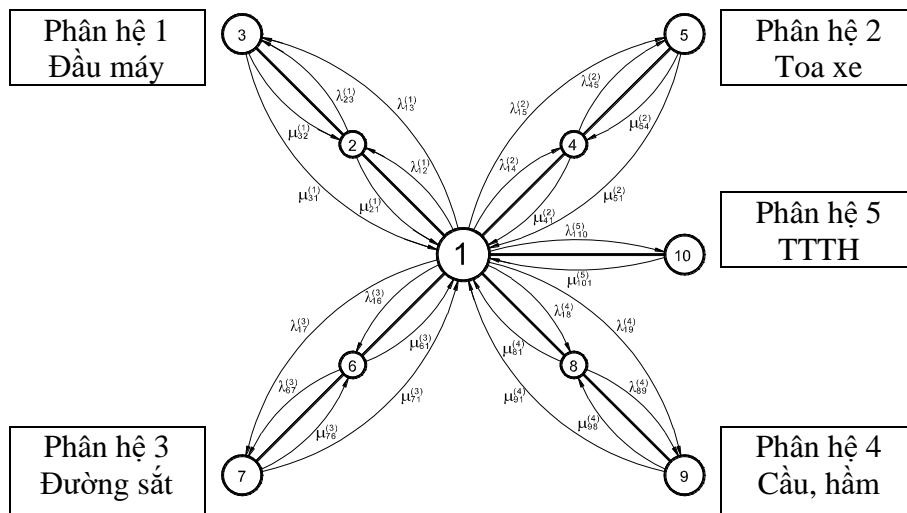
với:
$$\lambda_{ij}^{(k)} = \frac{1}{a_i^{(k)}}; \quad (3)$$

$$\mu_{ji}^{(k)} = \frac{1}{a_r^{(k)}}. \quad (4)$$

trong đó:

$F_h^{(k)}$ - hàm phân bố thời gian làm việc giữa các lần hỏng của phân hệ thứ k ; $F_{ph}^{(k)}$ - hàm phân bố thời gian phục hồi của phân hệ thứ k ; $a_i^{(k)}$ - thời gian làm việc trung bình giữa các lần hỏng của phân hệ thứ k ; $a_r^{(k)}$ - thời gian phục hồi trung bình của phân hệ thứ k ; $\lambda_{ij}^{(k)}$ - cường độ hỏng chuyển tiếp từ trạng thái i sang trạng thái j của phân hệ thứ k ; $\mu_{ji}^{(k)}$ - cường độ phục hồi chuyển tiếp từ trạng thái j sang trạng thái i của phân hệ thứ k .

Mô hình trạng thái đầy đủ của một khu đoạn đường sắt được thể hiện trên hình 1.



Hình 1. Mô hình trạng thái đầy đủ của một khu đoạn đường sắt.

Khi đó cường độ chuyển tiếp các trạng thái của khu đoạn (của hệ thống) như sau:

1. Đối với phân hệ 1 (đầu máy):

$\lambda_{12}^{PH1} = \lambda_{12}^{(1)}$ - cường độ hỏng của phân hệ 1 (đầu máy) chuyển tiếp từ trạng thái 1 (LV) sang trạng thái 2 (H_{mp}); $\lambda_{23}^{PH1} = \lambda_{23}^{(1)}$ - cường độ hỏng của phân hệ 1 (đầu máy) chuyển tiếp từ trạng thái 2 (H_{mp}) sang trạng thái 3 (H_{ht}); $\lambda_{13}^{PH1} = \lambda_{13}^{(1)}$ - cường độ hỏng của phân hệ 1 (đầu máy) chuyển tiếp từ trạng thái 1 (LV) sang trạng thái 3 (H_{ht}).

$\mu_{21}^{PH1} = \mu_{21}^{(1)}$ - cường độ phục hồi của phân hệ 1 (đầu máy) chuyển tiếp từ trạng thái 2 (H_{mp}) sang trạng thái 1 (LV); $\mu_{32}^{PH1} = \mu_{32}^{(1)}$ - cường độ phục hồi của phân hệ 1 (đầu máy) chuyển tiếp từ trạng thái 3 (H_{ht}) sang trạng thái 2 (H_{mp}); $\mu_{31}^{PH1} = \mu_{31}^{(1)}$ - cường độ phục hồi của phân hệ 1 (đầu máy) chuyển tiếp từ trạng thái 3 (H_{ht}) sang trạng thái 1 (LV).

2. Đối với phân hệ 2 (toa xe):

$\lambda_{14}^{PH2} = \lambda_{14}^{(2)}$ - cường độ hỏng của phân hệ 2 (toa xe) chuyển tiếp từ trạng thái 1 (LV) sang trạng thái 4 (H_{mp}); $\lambda_{45}^{PH2} = \lambda_{45}^{(2)}$ - cường độ hỏng của phân hệ 2 (toa xe) chuyển tiếp từ trạng thái 4 (H_{mp}) sang trạng thái 5 (H_{ht}); $\lambda_{15}^{PH2} = \lambda_{15}^{(2)}$ - cường độ hỏng của phân hệ 2 (toa xe) chuyển tiếp từ trạng thái 1 (LV) sang trạng thái 5 (H_{ht}).

$\mu_{41}^{PH2} = \mu_{41}^{(2)}$ - cường độ phục hồi của phân hệ 2 (toa xe) chuyển tiếp từ trạng thái 4 (H_{mp}) sang trạng thái 1 (LV); $\mu_{54}^{PH2} = \mu_{54}^{(2)}$ - cường độ phục hồi của phân hệ 2 (toa xe) chuyển tiếp từ trạng thái 5 (H_{ht}) sang trạng thái 4 (H_{mp}); $\mu_{51}^{PH2} = \mu_{51}^{(2)}$ - cường độ phục hồi của phân hệ 2 (toa xe) chuyển tiếp từ trạng thái 5 (H_{ht}) sang trạng thái 1 (LV).

3. Đối với phân hệ 3 (đường sắt):

$\lambda_{16}^{PH3} = \lambda_{16}^{(3)}$ - cường độ hỏng của phân hệ 3 (đường sắt) chuyển tiếp từ trạng thái 1 (LV) sang trạng thái 6 (H_{mp}); $\lambda_{67}^{PH3} = \lambda_{67}^{(3)}$ - cường độ hỏng của phân hệ 3 (đường sắt) chuyển tiếp từ trạng thái 6 (H_{mp}) sang trạng thái 7 (H_{ht}); $\lambda_{17}^{PH3} = \lambda_{17}^{(3)}$ - cường độ hỏng của phân hệ 3 (đường sắt) chuyển tiếp từ trạng thái 1 (LV) sang trạng thái 7 (H_{ht}).

$\mu_{61}^{PH3} = \mu_{61}^{(3)}$ - cường độ phục hồi của phân hệ 3 (đường sắt) chuyển tiếp từ trạng thái 6 (H_{mp}) sang trạng thái 1 (LV); $\mu_{76}^{PH3} = \mu_{76}^{(3)}$ - cường độ phục hồi của phân hệ 3 (đường sắt) chuyển tiếp từ trạng thái 7 (H_{ht}) sang trạng thái 6 (H_{mp}); $\mu_{71}^{PH3} = \mu_{71}^{(3)}$ - cường độ phục hồi của phân hệ 3 (đường sắt) chuyển tiếp từ trạng thái 7 (H_{ht}) sang trạng thái 1 (LV).

4. Đối với phân hệ 4 (cầu, hầm):

$\lambda_{18}^{PH4} = \lambda_{18}^{(4)}$ - cường độ hỏng của phân hệ 4 (cầu, hầm) chuyển tiếp từ trạng thái 1 (LV) sang trạng thái 8 (H_{mp}); $\lambda_{89}^{PH4} = \lambda_{89}^{(4)}$ - cường độ hỏng của phân hệ 4 (cầu, hầm) chuyển tiếp từ trạng thái 8 (H_{mp}) sang trạng thái 9 (H_{ht}); $\lambda_{19}^{PH4} = \lambda_{19}^{(4)}$ - cường độ hỏng của phân hệ 4 (cầu, hầm) chuyển tiếp từ trạng thái 1 (LV) sang trạng thái 9 (H_{ht}).

$\mu_{81}^{PH4} = \mu_{81}^{(4)}$ - cường độ phục hồi của phân hệ 4 (cầu, hầm) chuyển tiếp từ trạng thái 8 (H_{mp}) sang trạng thái 1 (LV); $\mu_{98}^{PH4} = \mu_{98}^{(4)}$ - cường độ phục hồi của phân hệ 4 (cầu, hầm) chuyển tiếp từ trạng thái 9 (H_{ht}) sang trạng thái 8 (H_{mp}); $\mu_{91}^{PH4} = \mu_{91}^{(4)}$ - cường độ phục hồi của phân hệ 4 (cầu, hầm) chuyển tiếp từ trạng thái 9 (H_{ht}) sang trạng thái 1 (LV);

5. Đối với phân hệ 5 (thông tin tín hiệu):

Người ta quy ước rằng hệ thống TTTH không có trạng thái hỏng một phần (H_{mp}), do đó nó luôn được coi là chỉ có hai trạng thái LV và H_{ht} [4]. Khi đó:

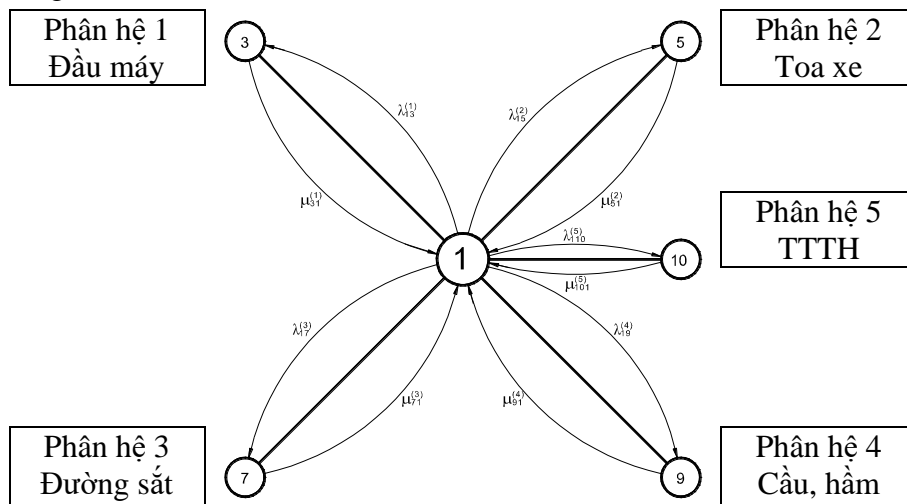
$\lambda_{110}^{PH5} = \lambda_{110}^{(5)}$ - cường độ hỏng của phân hệ 5 (TTTH) chuyển tiếp từ trạng thái 1 (LV) sang trạng thái 10 (H_{ht}); $\mu_{101}^{PH5} = \mu_{101}^{(5)}$ - cường độ hỏng của phân hệ 5 (TTTH) chuyển tiếp từ trạng thái 10 (H_{ht}) sang trạng thái 1 (LV).

Với mô hình trạng thái đầy đủ như vậy, từ các phương pháp nghiên cứu trong [1-4], ta thiết lập được ma trận cường độ chuyển tiếp các trạng thái như sau:

$$\begin{matrix}
 -\sum_{j=2}^{10} \lambda_{ij} & \lambda_{12}^{(1)} & \lambda_{13}^{(1)} & \lambda_{14}^{(2)} & \lambda_{15}^{(2)} & \lambda_{16}^{(3)} & \lambda_{17}^{(3)} & \lambda_{18}^{(4)} & \lambda_{19}^{(4)} & \lambda_{110}^{(5)} \\
 \mu_{21}^{(1)} & -(\mu_{21}^{(1)} + \lambda_{23}^{(1)}) & \lambda_{23}^{(1)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 \mu_{31}^{(1)} & 0 & -(\mu_{31}^{(1)} + \mu_{32}^{(1)}) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 \mu_{41}^{(2)} & 0 & 0 & -(\mu_{41}^{(2)} + \lambda_{45}^{(2)}) & \lambda_{45}^{(2)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 \mu_{51}^{(2)} & 0 & 0 & 0 & -(\mu_{51}^{(2)} + \mu_{54}^{(2)}) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 \mu_{61}^{(3)} & 0 & 0 & 0 & 0 & -(\mu_{61}^{(3)} + \lambda_{67}^{(3)}) & \lambda_{67}^{(3)} & 0 & 0 & 0 \\
 \mu_{71}^{(3)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -(\mu_{71}^{(3)} + \mu_{76}^{(3)}) & 0 & 0 & 0 \\
 \mu_{81}^{(4)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -(\mu_{81}^{(4)} + \lambda_{89}^{(4)}) & \lambda_{89}^{(4)} & 0 \\
 \mu_{91}^{(4)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -(\mu_{91}^{(4)} + \mu_{98}^{(4)}) & 0 \\
 \mu_{101}^{(5)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\mu_{101}^{(5)}
 \end{matrix} \tag{5}$$

3. CƠ SỞ ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ TIN CẬY CÁC THIẾT BỊ KỸ THUẬT TỐI CHẤT LƯỢNG VÀ HIỆU QUẢ CỦA HỆ THỐNG VẬN TẢI ĐƯỜNG SẮT

Để đơn giản hoá bài toán, từ mô hình trạng thái đầy đủ trên đây, ta xét một khu đoạn đường sắt chỉ nằm ở trạng thái làm việc (1) và các trạng thái không làm việc (3,5,7,9,10) do hư hỏng hoàn toàn phân hệ 1 (đầu máy), phân hệ 2 (toa xe), phân hệ 3 (đường sắt), phân hệ 4 (cầu, hầm), phân hệ 5 (TTTH). Mô hình này được gọi là mô hình trạng thái giới hạn của một khu đoạn đường sắt, thể hiện trên hình 2.



Hình 2. Mô hình trạng thái giới hạn của một khu đoạn đường sắt.

Từ ma trận cường độ chuyển tiếp trạng thái đầy đủ, có thể xác định ma trận cường độ chuyển tiếp các trạng thái của hệ thống ở trạng thái giới hạn như sau [4,8]:

$$\left\| \begin{array}{cccccc} -\left(\lambda_{13}^{(1)} + \lambda_{15}^{(2)} + \lambda_{17}^{(3)} + \lambda_{19}^{(4)} + \lambda_{110}^{(5)}\right) & \lambda_{13}^{(1)} & \lambda_{15}^{(2)} & \lambda_{17}^{(3)} & \lambda_{19}^{(4)} & \lambda_{110}^{(5)} \\ \mu_{31}^{(1)} & -\mu_{31}^{(1)} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \mu_{51}^{(2)} & 0 & -\mu_{51}^{(2)} & 0 & 0 & 0 \\ \mu_{71}^{(3)} & 0 & 0 & -\mu_{71}^{(3)} & 0 & 0 \\ \mu_{91}^{(4)} & 0 & 0 & 0 & -\mu_{91}^{(4)} & 0 \\ \mu_{101}^{(5)} & 0 & 0 & 0 & 0 & -\mu_{101}^{(5)} \end{array} \right\| \quad (6)$$

Vì rằng quá trình đang xét là quá trình "dừng" cho nên hệ phương trình tuyến tính xác định các xác suất giới hạn để khu đoạn đường sắt nằm trong mỗi trạng thái đang xét có thể viết dưới dạng [4,8]:

$$\left. \begin{array}{l} -\left(\lambda_{13}^{(1)} + \lambda_{15}^{(2)} + \lambda_{17}^{(3)} + \lambda_{19}^{(4)} + \lambda_{110}^{(5)}\right) P_1 + \mu_{31}^{(1)} P_3^{(1)} + \mu_{51}^{(2)} P_5^{(2)} + \mu_{71}^{(3)} P_7^{(3)} + \mu_{91}^{(4)} P_9^{(4)} + \mu_{101}^{(5)} P_{10}^{(5)} = 0 \\ \lambda_{13}^{(1)} P_1 - \mu_{31}^{(1)} P_3^{(1)} = 0 \\ \lambda_{15}^{(2)} P_1 - \mu_{51}^{(2)} P_5^{(2)} = 0 \\ \lambda_{17}^{(3)} P_1 - \mu_{71}^{(3)} P_7^{(3)} = 0 \\ \lambda_{19}^{(4)} P_1 - \mu_{91}^{(4)} P_9^{(4)} = 0 \\ \lambda_{110}^{(5)} P_1 - \mu_{101}^{(5)} P_{10}^{(5)} = 0 \end{array} \right\} \quad (7)$$

trong đó:

P_1 - xác suất khu đoạn nằm ở trạng thái 1, trạng thái làm việc (độ tin cậy của toàn hệ thống);

$P_3^{(1)}$ - xác suất khu đoạn nằm ở trạng thái 3, trạng thái không làm việc do hư hỏng của phân hệ 1- đầu máy; $P_5^{(2)}$ - xác suất khu đoạn nằm ở trạng thái 5, trạng thái không làm việc do hư hỏng của phân hệ 2 - toa xe; $P_7^{(3)}$ - xác suất khu đoạn nằm ở trạng thái 7, trạng thái không làm việc do hư hỏng của phân hệ 3 - đường sắt; $P_9^{(4)}$ - xác suất khu đoạn nằm ở trạng thái 9, trạng thái không làm việc do hư hỏng của phân hệ 4 - cầu hầm; $P_{10}^{(5)}$ - xác suất khu đoạn nằm ở trạng thái 10, trạng thái không làm việc do hư hỏng của phân hệ 5 - TTTH.

Giải hệ phương trình tuyến tính (3) với các ẩn số $P_i^{(k)}$, $i = 1,3,5,7,9,10$ với điều kiện $\sum_{i=1}^N P_i^{(k)} = 1$, sau khi thay vào vị trí $\lambda_{ij}^{(k)}$ và $\mu_{ji}^{(k)}$ các giá trị của chúng, ta sẽ được các xác suất giới hạn của hệ thống.

Khi biết giá trị các xác suất giới hạn của khu đoạn đường sắt nằm ở một trong những trạng thái kể trên, có thể xác định chỉ tiêu chất lượng hoạt động tương đối của nó theo công thức tổng quát như sau [4]:

$$P(t) = \frac{\sum_{i=1}^N n_i P_i^{(k)}}{\sum_{i=1}^N n_{0i} P_{0i}^{(k)}} \quad (8)$$

trong đó:

N - số lượng các trạng thái của hệ thống; n_i - năng lực thông qua của khu đoạn ở trạng thái thứ i tương ứng với trường hợp có xét tới các hư hỏng của các thiết bị kỹ thuật; n_{0i} - năng lực thông qua của khu đoạn ở trạng thái thứ i tương ứng với trường hợp ở trạng thái tin cậy tuyệt đối của các thiết bị kỹ thuật; $P_i^{(k)}$ - xác suất giới hạn của khu đoạn nằm ở trạng thái thứ i tương ứng với trường hợp có tính tới hư hỏng của các thiết bị kỹ thuật thứ k ; P_i - xác suất giới hạn của khu đoạn nằm ở trạng thái thứ i tương ứng với trường hợp ở trạng thái tin cậy tuyệt đối của các thiết bị kỹ thuật.

Hiệu quả đầu ra của khu đoạn trong khoảng thời gian t được tính theo công thức tổng quát [4]:

$$\varphi[t_1, t_2] = t \sum_{i=1}^N (Q_{vc}^{ng} L_{kd})_i P_i, \quad (9)$$

trong đó:

Q_{vc}^{ng} - khối lượng vận chuyển trên khu đoạn trong một ngày đêm, tấn; L_{kd} - chiều dài khu đoạn, km; $\sum_{i=1}^N (Q_{vc}^{ng} L_{kd})_i$ - khối lượng luân chuyển trên khu đoạn trong một ngày đêm và khi nó nằm ở trạng thái thứ i ;

t - khoảng thời gian cần đánh giá hiệu quả hoạt động, ngày đêm.

4. ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ TIN CẬY CÁC THIẾT BỊ KỸ THUẬT TỚI CHẤT LƯỢNG VÀ HIỆU QUẢ CỦA HỆ THỐNG VẬN TẢI ĐƯỜNG SẮT

4.1. Thiết lập bài toán

1. Cho khu đoạn AB (Giáp Bát-Sóng Thần) có chiều dài $L_{kd} = 1.700$ km

2. Khối lượng vận chuyển hàng hóa trên AB theo cả hai hướng chẵn và lẻ trong một năm $\Gamma_h^{nam} = 5,5$ triệu tấn

3. Đoàn tàu hàng gồm $m_h = 20$ toa xe, các toa xe có các thông số sau đây:

Tự trọng: $q_{tu} = 20$ tấn; Tải trọng: $q_{tai} = 30$ tấn; Tổng trọng: $q_{tong} = 50$ tấn

4. Giá cước vận chuyển hàng hóa $c_{cuoc,h} = 500$ đ/1t.km không bì

5. Thời gian gián đoạn chạy tàu trung bình do hư hỏng của các thiết bị kỹ thuật và thời gian giữa các lần hỏng (cần xác định từ số liệu thống kê về trở ngại chạy tàu trong ngành đường sắt trong một khoảng thời gian xác định), được giả định cho trong bảng 1 để minh họa.

Bảng 1. Thời gian gián đoạn trung bình chạy tàu (thời gian phục hồi) và thời gian trung bình giữa các lần hư hỏng của các phân hệ thiết bị kỹ thuật.

TT	Các chỉ tiêu	Phân hệ 1 (đầu máy)	Phân hệ 2 (toa xe)	Phân hệ 3 (đường sắt)	Phân hệ 4 (cầu, hầm)	Phân hệ 5 (TTH)
1	Thời gian gián đoạn chạy tàu (thời gian phục hồi) trung bình do hư hỏng của các thiết bị kỹ thuật $a_r^{(k)}$, h	$a_r^{(1)} = 1,5$	$a_r^{(2)} = 1,6$	$a_r^{(3)} = 1,9$	$a_r^{(4)} = 2,1$	$a_r^{(5)} = 1,2$
2	Thời gian trung bình giữa các lần xảy ra hư hỏng, $a_t^{(k)}$, h	$a_t^{(1)} = 2.500$	$a_t^{(2)} = 1.925$	$a_t^{(3)} = 658$	$a_t^{(4)} = 1.600$	$a_t^{(5)} = 1.750$

4.2. Tính toán các chỉ tiêu vận dụng

4.2.1. Cơ sở tính toán [11]

1. Xác định số đôi tàu hàng n_h trên khu đoạn AB

$$n_h = \frac{\Gamma_h^{nam}}{2 \times 365 \times Q_{h, kb}} \quad (10)$$

trong đó:

$Q_{h, kb}$ - khối lượng đoàn tàu hàng (không kể bì), tấn;

$$Q_{h, kb} = q_{tai} \times m_h \quad (11)$$

với: q_{tai} - tải trọng của toa xe hàng, tấn.

2. Xác định khối lượng đoàn tàu hàng cả bì $Q_{h, cb}$

$$Q_{h, cb} = (q_{tu} + q_{tai}) \times m_h \quad (12)$$

3. Xác định khối lượng luân chuyển hàng hóa trong một ngày đêm $A_{h, lc}^{ng}$

- Cả bì:

$$A_{h, lc, cb}^{ng} = 2 \times L_{kd} \times n_h \times Q_{h, cb}, \text{ t.km cả bì} \quad (13)$$

- Không kể bì:

$$A_{h, lc, kb}^{ng} = 2 \times L_{kd} \times n_h \times Q_{h, kb}, \text{ t.km không bì} \quad (14)$$

4. Xác định khối lượng luân chuyển hàng hóa trên tuyến trong một năm $A_{h, lc}^{nam}$

- Cả bì:

$$A_{h, lc, kb}^{nam} = 2 \times Q_{h, cb} \times n_h \times L_{kd}, \text{ t.km cả bì} \quad (15)$$

- Không kể bì:

$$A_{h, lc, kb}^{nam} = 2 \times Q_{h, kb} \times n_h \times L_{kd}, \text{ t.km không bì} \quad (16)$$

5. Doanh thu từ vận tải hàng hóa trên tuyến trong một năm

- Trong một ngày đêm:

$$C_{h, lc}^{ng} = A_{h, lc, kb}^{ng} \times e_{cuoc, h}, \text{ đồng} \quad (17)$$

- Trong một năm:

$$C_{h, lc}^{nam} = A_{h, lc, kb}^{ng} \times e_{cuoc, h} \times 365, \text{ đồng} \quad (18)$$

4.2.2. Xây dựng chương trình tính toán

Từ cơ sở tính toán đã nêu, tiến hành xây dựng một chương trình tính toán tổng hợp với các modul liên thông với nhau. Giao diện của modul 1: nhập thông số đầu vào, thể hiện trên hình 3.

CHƯƠNG TRÌNH TÍNH TOÁN ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG ĐỘ TIN CẬY CỦA CÁC THIẾT BỊ KỸ THUẬT TỚI HIỆU QUẢ HOẠT ĐỘNG CỦA HỆ THỐNG VẬN TẢI ĐƯỜNG SẮT

Thông số đầu vào

Nhập số liệu từ file có sẵn | Lựa chọn khu đoạn: **Giáp Bát - Sông Thành** | Chiều dài khu đoạn: **1700** km

Khối lượng vận chuyển hàng hóa trên khu đoạn theo cả hai hướng chấn và lè trong một năm: **5.5** triệu tấn

Số lượng toa xe trong đoàn tàu hàng, mh: **20** toa xe

Tự trọng qtu = **20** tấn

Tải trọng qtai = **30** tấn

Định mức tiêu hao nhiên liệu cho đầu máy kéo tàu hàng: **35** kg/10⁴t.km cả bi

Giá nhiên liệu diesel Cnl: **15000** đồng/kg

Giá cước vận chuyển hàng hóa Ccuoc,h: **500** đồng/t.km không bi

Thời gian gián đoạn trung bình chạy tàu và thời gian trung bình giữa các lần hư hỏng của các thiết bị kỹ thuật

Các chỉ tiêu	Phân hệ 1	Phân hệ 2	Phân hệ 3	Phân hệ 4	Phân hệ 5
	(đầu máy)	(toa xe)	(đường sắt)	(cầu, hầm)	(TTTT)
Thời gian GBCT trung bình do hư hỏng của các thiết bị kỹ thuật, h	1.5000	1.6000	1.9000	2.1000	1.2000
Thời gian trung bình giữa các lần hư hỏng, h	2500	1925	658	1600	1750

Buttons: "Nhập tên tuyến mới tại đây", Lưu số liệu mới nhập, Tiếp theo

Hình 3. Giao diện nhập thông số đầu vào.
Giao diện của modul 2: tính toán các chỉ tiêu vận dụng, thể hiện trên hình 4.

CHƯƠNG TRÌNH TÍNH TOÁN CÁC CHỈ TIÊU VẬN DỤNG

Tính các chỉ tiêu

- Số đôi tàu hàng trên khu đoạn n(h) = **13** đôi tàu
- Khối lượng đoàn tàu hàng:
 - Cả bi: **1000** tấn
 - Không kể bi: **600** tấn
- Khối lượng luân chuyển hàng hóa trong một ngày đêm:
 - Cả bi: **44200000** t.km = **44.2** triệu t.km
 - Không kể bi: **26520000** t.km = **26.52** triệu t.km
- Khối lượng luân chuyển hàng hóa trên tuyến trong một năm:
 - Theo số đôi tàu hàng đã xác định:
 - Cả bi: **16133000000** t.km = **16133** triệu t.km
 - Không kể bi: **9679800000** t.km = **9679.8** triệu t.km
 - Theo khối lượng vận chuyển đã cho:
 - Không kể bi: **9350000000** t.km = **9350** triệu t.km
- Lượng nhiên liệu tiêu thụ cho đầu máy vận dụng kéo hàng trên khu đoạn:
 - Trong một ngày đêm: **154700** kg = **154.7** tấn
 - Trong một năm: **56465500** kg = **56465.5** tấn
- Chi phí nhiên liệu tiêu thụ cho đầu máy vận dụng kéo tàu hàng trên khu đoạn:
 - Trong một ngày đêm: **2320500000** đồng = **2320.5** triệu đồng
 - Trong một năm: **846982500000** đồng = **846982.5** triệu đồng

Doanh thu

7. Doanh thu từ vận tải hàng hóa trên tuyến trong một năm

- Theo số đôi tàu hàng đã xác định:
 - Trong một ngày đêm: **13260000000** đồng = **13260** triệu đồng
 - Trong một năm: **4839900000000** đồng = **4839900** triệu đồng
- Theo khối lượng vận chuyển đã cho:
 - Trong một năm: **4675000000000** đồng = **4675000** triệu đồng

8. Doanh thu từ vận chuyển hàng hóa trên tuyến trong một năm đã trừ chi phí nhiên liệu:

- Theo số đôi tàu hàng đã xác định: **3992917500000** đồng = **3992917.5** triệu đồng

Buttons: Quay lại, Tính toán, Tiếp theo

Hình 4. Giao diện tính toán các chỉ tiêu vận dụng.

4.2.2. Kết quả tính toán

Kết quả tính toán xác định các chỉ tiêu vận dụng cho trong bảng 2.

Bảng 2. Kết quả tính toán xác định các chỉ tiêu vận dụng.

TT	Các chỉ tiêu	Trị số
1	Số đôi tàu hàng n_h	12,557 \approx 13
2	Khối lượng đoàn tàu hàng, tấn	
	- Cả bì $Q_{h,cb}$	1.000
	- Không kể bì $Q_{h,kb}$	600
3	Khối lượng luân chuyển hàng hóa trong một ngày đêm, t.km	
	- Cả bì $A_{h,lc,cb}^{ng}$	44.200.000
	- Không kể bì $A_{h,lc,kb}^{ng}$	26.520.000
4	Khối lượng luân chuyển hàng hóa trong một năm, t.km	
	- Cả bì $A_{h,lc,cb}^{nam}$	16.133.000.000
	- Không kể bì $A_{h,lc,kb}^{nam}$	9.679.800.000
5	Doanh thu từ vận chuyển hàng hóa, đồng	
	- Trong một ngày đêm $C_{h,lc}^{ng}$	13.260.000.000
	- Trong một ngày năm $C_{h,lc}^{nam}$	4.839.900.000.000

4.3. Tính toán xác định cường độ chuyển tiếp trạng thái và xác suất giới hạn

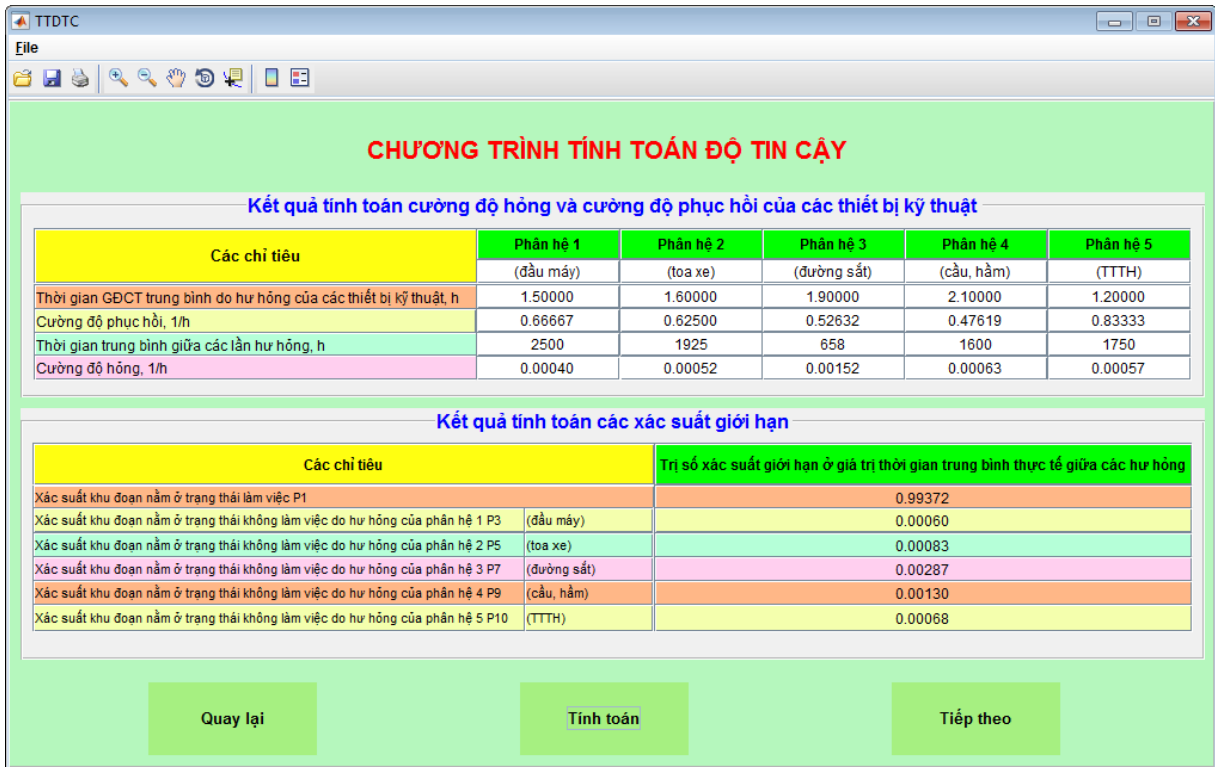
4.3.1. Xây dựng chương trình tính toán

Các chức năng của chương trình:

1. Từ các thông số đầu vào về thời gian trung bình giữa các lần hỏng $a_i^{(k)}$ và thời gian phục hồi trung bình $a_i^{(k)}$ của các phân hệ thiết bị kỹ thuật cho trong bảng 1, tiến hành xác định các thông số cường độ hỏng λ_{ij} và cường độ phục hồi μ_{ji}

2. Giải hệ phương trình tuyến tính (7) với các ẩn số P_i , $i = 1,3,5,7,9,10$ với điều kiện $\sum_{i=1}^N P_i = 1$, sau khi thay vào vị trí $\lambda_{ij}^{(k)}$ và $\mu_{ji}^{(k)}$ các giá trị của chúng, tiến hành xác định các xác suất giới hạn của hệ thống $P_1, P_3^{(1)}, P_5^{(2)}, P_7^{(3)}, P_9^{(4)}$ và $P_{10}^{(5)}$.

Giao diện của modul 3: xác định các cường độ chuyển tiếp trạng thái và các xác suất giới hạn, thể hiện trên hình 5.



Hình 5. Giao diện xác định các cường độ chuyển tiếp trạng thái và các xác suất giới hạn.

4.3.2. Kết quả tính toán

Kết quả xác định các thông số cường độ hỏng λ_{ij} và cường độ phục hồi μ_{ji} cho trong bảng 3.

Bảng 3. Kết quả tính toán cường độ hỏng và cường độ phục hồi của các phân hệ thiết bị kỹ thuật.

TT	Các chỉ tiêu	Phân hệ 1 (đầu máy)	Phân hệ 2 (toa xe)	Phân hệ 3 (đường sắt)	Phân hệ 4 (cầu, hầm)	Phân hệ 5 (TTTH)
1	Cường độ phục hồi chuyển tiếp trạng thái, $\mu_{ji}^{(k)} = 1 / a_{\tau}^{(k)}$	$\mu_{31}^{(1)} = 0,6667$	$\mu_{51}^{(2)} = 0,6250$	$\mu_{71}^{(3)} = 0,5263$	$\mu_{91}^{(4)} = 0,4762$	$\mu_{101}^{(5)} = 0,8333$
2	Cường độ hỏng chuyển tiếp trạng thái, $\lambda_{ij}^k = 1 / a_{t_k}$	$\lambda_{13} = 0,0004$	$\lambda_{15} = 0,00052$	$\lambda_{17} = 0,0015$	$\lambda_{19} = 0,00062$	$\lambda_{110} = 0,00057$

Kết quả tính toán xác định các xác suất giới hạn được cho trong bảng 4.

Bảng 4. Kết quả tính toán các xác suất giới hạn.

TT	Các chỉ tiêu	Trị số xác suất giới hạn ở giá trị thời gian trung bình thực tế giữa các hư hỏng
1	Xác suất khu đoạn nằm ở trạng thái làm việc P_1	0,99370
2	Xác suất khu đoạn nằm ở trạng thái không làm việc do hư hỏng của:	
3	- Phân hệ 1 - đầu máy $P_3^{(1)}$	0,00059
4	- Phân hệ 2 - toa xe $P_5^{(2)}$	0,00082
5	- Phân hệ 3 - đường sắt $P_7^{(3)}$	0,00290

6	- Phân hệ 4 - cầu, hầm $P_9^{(4)}$	0,00130
7	- Phân hệ 5 - TTTT $P_{10}^{(5)}$	0,00068

4.3. Đánh giá ảnh hưởng của các chỉ tiêu độ tin cậy thiết bị kỹ thuật tới hiệu quả hoạt động của khu đoạn đường sắt

4.3.1. Cơ sở tính toán

Từ các công thức tổng quát (8) và (9), tiến hành cụ thể hóa việc tính toán các chỉ tiêu cụ thể như sau.

1. Năng lực thông qua ở mức tin cậy tuyệt đối $P_0=100\%$, đôi tàu [đã xác định theo công thức (10) và làm tròn số], $n_h = 13$ đôi tàu

2. Năng lực thông qua ở mức tin cậy thực tế $P_1\%$, đôi tàu

$$n_h^{thucte} = n_h \times P_1 \quad (19)$$

3. Độ giảm năng lực thông qua, đôi tàu

$$\Delta n_h = n_h - n_h^{thucte} \quad (20)$$

4. Khối lượng luân chuyển ở mức tin cậy tuyệt đối (100%) của cả hệ thống, tỷ tấn-km không kê bì [đã xác định theo công thức (15)]

$$A_{h,lc, kb}^{nam} = 2 \times Q_{h, kb} \times n_h \times L_{kd}$$

5. Khối lượng luân chuyển ở mức chất lượng hoạt động tương đối hay mức tin cậy thực tế $P_1\%$ của cả hệ thống (do hư hỏng của tất cả các phân hệ), tỷ tấn-km không kê bì

$$A_{h,lc, kb}^{nam, thucte} = A_{h,lc, kb}^{nam} \times P_1 \quad (21)$$

6. Khối lượng luân chuyển không thực hiện được do hư hỏng của các thiết bị kỹ thuật (của các phân hệ), tỷ tấn-km không kê bì

$$\Delta(A_{h,lc, kb}^{nam}) = A_{h,lc, kb}^{nam} - A_{h,lc, kb}^{nam, thucte} \quad (22)$$

7. Doanh thu do thực hiện khối lượng vận chuyển ở mức tin cậy tuyệt đối (100%) $C_{h,lc}^{nam}$, tỷ đồng [đã xác định theo công thức (18)].

8. Doanh thu do thực hiện khối lượng vận chuyển ở mức tin cậy thực tế $P_1\%$, tỷ đồng

$$C_{h,lc}^{nam, thucte} = C_{h,lc}^{nam} \times P_1 \quad (23)$$

9. Mức giảm doanh thu do không hoàn thành khối lượng vận chuyển vì hư hỏng của tất cả các phân hệ (tổng thể toàn hệ thống), tỷ đồng

$$\Delta C_{nam}^{tongthe} = C_{h,lc}^{nam} - C_{h,lc}^{nam, thucte} \quad (24)$$

10. Mức giảm doanh thu do không hoàn thành khối lượng vận chuyển vì hư hỏng của phân hệ 1- đầu máy, tỷ đồng

$$\Delta C_{nam}^{P_1^{(2)}} = C_{h,lc}^{nam} \times P_3^{(1)} \quad (25)$$

11. Mức giảm doanh thu do không hoàn thành khối lượng vận chuyển vì hư hỏng của phân hệ 2- toa xe, tỷ đồng

$$\Delta C_{nam}^{P_5^{(2)}} = C_{h,lc}^{nam} \times P_5^{(2)} \quad (26)$$

13. Mức giảm doanh thu do không hoàn thành khối lượng vận chuyển vì hư hỏng của phân hệ 3 - đường sắt, tỷ đồng

$$\Delta C_{nam}^{P_7^{(3)}} = C_{h,lc}^{nam} \times P_7^{(3)} \quad (27)$$

14. Mức giảm doanh thu do không hoàn thành khối lượng vận chuyển vì hư hỏng của phân hệ 4 - cầu hầm, tỷ đồng

$$\Delta C_{nam}^{P_9^{(4)}} = C_{h,lc}^{nam} \times P_9^{(4)} \quad (28)$$

15. Mức giảm doanh thu do không hoàn thành khối lượng vận chuyển vì hư hỏng của phân hệ 5 - TTTH, tỷ đồng

$$\Delta C_{nam}^{P_{10}^{(5)}} = C_{h,lc}^{nam} \times P_{10}^{(5)} \quad (29)$$

4.3.2. Xây dựng chương trình tính toán

Từ cơ sở tính toán nêu trên, tiến hành xây dựng chương trình, với giao diện của modul 4: tính toán các chỉ tiêu chất lượng và hiệu quả hoạt động của khu đoạn đường sắt, thể hiện trên hình 6.

Phương án 1: theo số đôi tàu hàng đã xác định (Các chỉ tiêu)		Mức tin cậy của các thiết bị kỹ thuật	
		Tuyệt đối	Thực tế
1. Năng lực thông qua, đôi tàu	13.00000	12.91840	
2. Độ giảm năng lực thông qua, đôi tàu	-	0.08160	
3. Mức chất lượng hoạt động tương đối, %	100	99.37227	
4. Khối lượng luân chuyển, tỷ tấn-km không kể bì	9.67980	9.61904	
5. Khối lượng luân chuyển không thực hiện được do hư hỏng của các thiết bị kỹ thuật, tỷ tấn-km không kể bì	0.00000	0.06076	
6. Doanh thu do thực hiện khối lượng vận chuyển, tỷ đồng	4839.90000	4809.51865	
7. Mức giảm doanh thu do không hoàn thành khối lượng vận chuyển vì hư hỏng của các thiết bị kỹ thuật (tỷ đồng)			
7.1. Tổng thể toàn hệ thống	0.00000	30.38135	
7.2. Do hư hỏng của phân hệ 1 - (đầu máy)	0.00000	2.88571	
7.3. Do hư hỏng của phân hệ 2 - (toa xe)	0.00000	3.99752	
7.4. Do hư hỏng của phân hệ 3 - (đường sắt)	0.00000	13.88767	
7.5. Do hư hỏng của phân hệ 4 - (cầu, hầm)	0.00000	6.31249	
7.6. Do hư hỏng của phân hệ 5 - (TTTH)	0.00000	3.29796	

Hình 6. Giao diện tính toán các chỉ tiêu chất lượng và hiệu quả hoạt động của khu đoạn đường sắt.

4.3.3. Kết quả tính toán

Kết quả tính toán các chỉ tiêu chất lượng và hiệu quả hoạt động của khu đoạn được cho trong bảng 5.

Bảng 5. Kết quả tính toán các chỉ tiêu chất lượng và hiệu quả hoạt động của khu đoạn.

TT	Các chỉ tiêu	Mức tin cậy của các thiết bị kỹ thuật	
		Tuyệt đối	Thực tế
1	Năng lực thông qua, đôi tàu	$n_h = 13$	$n_{h,thucte} = 12,9184$
2	Độ giảm năng lực thông qua, đôi tàu	-	$\Delta n_h = 0,0816$
3	Mức chất lượng hoạt động tương đối, %	$P_0 = 100$	$P_1 = 99,3723$
4	Khối lượng luân chuyển, tỷ tấn-km không kể bì	$A_{h,lc, kb}^{nam} = 9,6798$	$A_{h,lc, kb}^{nam, thucte} = 9,619$
5	Khối lượng luân chuyển không thực hiện được do hư hỏng của các thiết bị kỹ thuật, tỷ tấn-km không kể bì	0	$\Delta(A_{h,lc, kb}^{nam}) = 0,0607$

6	Doanh thu do thực hiện khối lượng vận chuyển, tỷ đồng	$C_{h,lc}^{nam} = 4.839,9$	$C_{h,lc}^{nam,thucte} = 809,5187$
7	Mức giảm doanh thu do không hoàn thành khối lượng vận chuyển vì hư hỏng của các thiết bị kỹ thuật, tỷ đồng		
7a	Tổng thể toàn hệ thống	0	$\Delta C_{nam}^{tongthe} = 30,3813$
7b	Do hư hỏng của phân hệ 1- đầu máy $P_3^{(1)}$	0	$\Delta C_{nam}^{P_3^{(1)}} = 2,8857$
7c	Do hư hỏng của phân hệ 2 - toa xe $P_5^{(2)}$	0	$\Delta C_{nam}^{P_5^{(2)}} = 3,9975$
7d	Do hư hỏng của phân hệ 3 - đường sắt $P_7^{(3)}$	0	$\Delta C_{nam}^{P_7^{(3)}} = 13,8877$
7e	Do hư hỏng của phân hệ 4 - cầu, hầm $P_9^{(4)}$	0	$\Delta C_{nam}^{P_9^{(4)}} = 6,3125$
7f	Do hư hỏng của phân hệ 5- TTTT $P_{10}^{(5)}$	0	$\Delta C_{nam}^{P_{10}^{(5)}} = 3,298$

Từ bảng này thấy rằng, với thời gian trung bình giữa các lần hỏng và thời gian phục hồi của các thiết bị kỹ thuật đã cho, thì chỉ tiêu chất lượng hoạt động tương đối chỉ còn 99,3723%, khối lượng hàng hoá không vận chuyển được theo đúng kế hoạch là 0,0607 tỷ t.km không kể bì trong một năm. Khối lượng vận chuyển không thực hiện được theo kế hoạch dẫn đến làm giảm doanh thu vận chuyển hàng hoá giảm đi 30,3813 tỷ đồng trong một năm. Thiệt hại về doanh thu do hư hỏng của từng phân hệ gây ra được thể hiện trong bảng 5.

5. KẾT LUẬN

Từ mô hình hoạt động tổng quát của một khu đoạn đường sắt và cơ sở lý thuyết đánh giá ảnh hưởng độ tin cậy của các thiết bị kỹ thuật tới chất lượng và hiệu quả của hệ thống, đã xây dựng chương trình và tính toán được các chỉ tiêu chất lượng và hiệu quả hoạt động cụ thể của khu đoạn đường sắt Giáp Bát-Sóng Thần.

Đây là kết quả đánh giá hiệu quả hoạt động cho một khu đoạn đường sắt có tính giả định để minh họa cho phương pháp đã nêu. Để kết quả đánh giá mang tính xác thực hơn, cần có hệ thống thống kê toàn diện và đầy đủ về các hư hỏng của các phân hệ thiết bị kỹ thuật gây gián đoạn chạy tàu trong ngành đường sắt một cách lâu dài và liên tục, từ đó mới xác định được một cách chính xác thời gian làm việc trung bình giữa các lần hỏng và thời gian phục hồi trung bình của chúng, làm thông số đầu vào cho bài toán. Đây là vấn đề khá phức tạp, tốn kém nhiều thời gian và công sức, nhưng cũng là mục tiêu cho các nghiên cứu tiếp theo.

Mô hình đã xây dựng và các chỉ tiêu chất lượng và hiệu quả hoạt động của khu đoạn đường sắt là cơ sở cho việc cải thiện các chỉ tiêu độ tin cậy nhằm nâng cao hiệu quả hoạt động của hệ thống, có thể được sử dụng khi tổng hợp kết quả đánh giá chất lượng bảo dưỡng kỹ thuật và sửa chữa các thiết bị kỹ thuật của các đơn vị trong ngành đường sắt, xác định tỷ trọng của chúng trong việc nâng cao độ tin cậy và hiệu quả của quá trình vận chuyển.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Р.Биллнтон, Р. Аллан, Оценка надёжности электро-энергетических систем, Москва, Энергоатомиздат, 1988.
- [2]. Дедоборщ В.Г., Суторихин Н.Б., Надёжность АМТС, Москва, Радио и связь, 1989.
- [3]. Ионин А.А., Надёжность систем тепловых сетей, Москва, Стройиздат, 1989.

- [4]. Шишков А.Д., Народнохозяйственная эффективность повышения надежности технических средств железнодорожного транспорта, Москва, "Транспорт", 1986.
- [5]. Phan Văn Khôi, Cơ sở đánh giá độ tin cậy, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2001.
- [6]. Nguyễn Hữu Lộc, Thiết kế và phân tích hệ thống cơ khí theo độ tin cậy. NXB ĐHQG, TP HCM, 2015.
- [7]. Đỗ Đức Tuấn, Độ tin cậy và tuổi bền máy, NXB Giao thông vận tải, Hà Nội, 2013.
- [8]. Đỗ Đức Tuấn, Đánh giá các chỉ tiêu vận dụng đầu máy, toa xe trong quá trình khai thác, Bài giảng cao học ngành Kỹ thuật có khí động lực, chuyên sâu Kỹ thuật đầu máy, toa xe, Trường Đại học Giao thông vận tải, Hà Nội, 2016.
- [9]. Пузанков А.Д., Надёжность конструкций локомотивов, МИИТ, Москва 1999.
- [10]. Пузанков А.Д., Надёжность локомотивов, МИИТ, Москва 2006.
- [11]. Đỗ Đức Tuấn, Vũ Duy Lộc, Đỗ Việt Dũng, Nghiệp vụ đầu máy, toa xe, Nhà xuất bản Giao thông vận tải, Hà Nội, 2014.