

BỘ QUỐC PHÒNG  
HỌC VIỆN KỸ THUẬT QUÂN SỰ

PHAN LÊ DUY

NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY HỆ THỐNG PHANH Ô TÔ  
ĐẶC CHŨNG TRONG QUÁ TRÌNH KHAI THÁC Ở ĐIỀU KIỆN  
MIỀN BẮC VIỆT NAM

Ngành: Kỹ thuật Cơ khí Động lực  
Mã số: 9 52 01 16

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

Hà Nội - 2023

**CÔNG TRÌNH ĐƯỢC HOÀN THÀNH TẠI**  
**HỌC VIỆN KỸ THUẬT QUÂN SỰ - BỘ QUỐC PHÒNG**

**Người hướng dẫn khoa học:**

- 1. PGS. TS Nguyễn Văn Dũng – Học viện Kỹ thuật Quân sự**
- 2. TS Vũ Ngọc Tuấn – Học viện Kỹ thuật Quân sự**

**Phản biện 1:**

**PGS.TS Nguyễn Văn Tân - Học viện Kỹ thuật Quân sự**

**Phản biện 2:**

**PGS.TS Nông Văn Vìn - Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên**

**Phản biện 3:**

**PGS.TS Vũ Văn Tấn - Đại học Giao thông vận tải**

Luận án được bảo vệ tại Hội đồng đánh giá luận án cấp Học viện theo quyết định số 3672/QĐ-HV ngày 24 tháng 7 năm 2023 của Giám đốc Học viện Kỹ thuật Quân sự, họp tại Học viện Kỹ thuật Quân sự vào hồi ..... giờ ..... phút, ngày ..... tháng ..... năm 2023.

**Có thể tìm hiểu luận án tại:**

- Thư viện Học viện Kỹ thuật Quân sự
- Thư viện Quốc gia

## DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ

1. Phan Lê Duy, Nguyễn Văn Dũng, Vũ Quốc Bảo, Vũ Ngọc Tuấn "*Nghiên cứu độ tin cậy hệ thống lái ô tô ZIL 131 trong điều kiện Việt Nam*", Tạp chí cơ khí Việt Nam (ISSN: 0866-7056), Số 3 năm 2020.
2. Hoàng Giang Nam, Nguyễn Văn Dũng, Vũ Quốc Bảo, Phan Lê Duy, Vũ Ngọc Tuấn "*Ứng dụng mô hình Markov nghiên cứu đánh giá tình trạng kỹ thuật cơ cấu phanh chính trên hệ thống phanh thủy khí*", Tạp chí Khoa học công nghệ hàng hải (ISSN: 1859-316X), Số đặc biệt tháng 10/2021.
3. Vũ Ngọc Tuấn, Phan Lê Duy, Nguyễn Văn Dũng, Vũ Quốc Bảo "*Research of Determining Low – Reliability Elements of Multiple – Flows Compressed Air Braking System Based on Goal – Oriented (GO) Methodology*", International journal of automotive and mechanical engineering (ISSN: 2229-8649), Vol 18 Issue 2 (2021).
4. Phan Lê Duy, Nguyễn Văn Dũng, Vũ Quốc Bảo, Mai Viết Vượng, Vũ Ngọc Tuấn "*Proposing an algorithm to improve the efficiency of quantitative analysis by a goal-oriented approach for complex systems*", International Journal of Lastes Engineering Research and Application (ISSN: 2455-7137), Vol 7 Issue 5 (may 2022).

## MỞ ĐẦU

### 1. Lý do chọn đề tài

Hoà cùng xu thế phát triển của khoa học độ tin cậy, nghiên cứu đánh giá độ tin cậy ô tô đặc chủng được quan tâm với mức độ rất cao trên thế giới. Ô tô đặc chủng là loại xe được thiết kế để đạt tính năng thông qua cao và rất cao, có khả năng tự cứu kéo, các hệ thống trên xe có độ tin cậy cao, đồng thời đủ tối giản để thuận tiện cho bảo dưỡng, sửa chữa tại chỗ trong thời gian ngắn. Với những đặc điểm trên, ô tô đặc chủng thường được sử dụng trong các lực lượng vũ trang, các lực lượng tìm kiếm, cứu hộ, cứu nạn,... để đảm bảo thực hiện tốt các nhiệm vụ đặc thù. Độ tin cậy của ô tô đặc chủng nói chung và hệ thống phanh nói riêng có ảnh hưởng rất lớn đến khả năng cơ động cũng như an toàn chuyển động của ô tô và khả năng hoàn thành nhiệm vụ của các lực lượng sử dụng. Đặc biệt, ô tô đặc chủng sử dụng ở Việt Nam phần lớn được nhập từ Liên Xô cũ, chu kỳ bảo dưỡng, sửa chữa chủ yếu được thực hiện theo tài liệu từ nơi sản xuất, chưa phù hợp với đặc thù sử dụng của từng vùng miền ở Việt Nam.

Do đó, *“Nghiên cứu đánh giá độ tin cậy hệ thống phanh ô tô đặc chủng trong quá trình khai thác ở điều kiện Miền Bắc Việt Nam”* để xây dựng cơ sở khoa học phục vụ cho việc điều chỉnh nội dung khai thác, bảo dưỡng sửa chữa sao cho đạt độ tin cậy, hiệu quả kinh tế kỹ thuật cao nhất là cần thiết, có ý nghĩa khoa học và thực tiễn.

### 2. Mục tiêu nghiên cứu

Nghiên cứu ứng dụng phương pháp hướng mục tiêu (Goal Oriented - GO) đánh giá độ tin cậy cho hệ thống phanh của ô tô đặc chủng làm việc trong điều kiện Miền Bắc Việt Nam trên cơ sở các số liệu thu được trong quá trình sử dụng, bảo quản, sửa chữa ở đơn vị.

### 3. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu của luận án là hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên ô tô Kamaz-5320.

### 4. Phạm vi nghiên cứu

Nghiên cứu ứng dụng phương pháp hướng mục tiêu nghiên cứu độ tin cậy cho hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên ô tô Kamaz-5320 làm việc trong điều kiện Miền Bắc Việt Nam.

### 5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của Luận án

#### 5.1. Về ý nghĩa khoa học

- Công trình nghiên cứu đầu tiên trong nước về ứng dụng phương pháp hướng mục tiêu để phân tích đánh giá độ tin cậy.

- Kết quả nghiên cứu là tài liệu tham khảo có giá trị khoa học, làm nền tảng cho việc ứng dụng phương pháp hướng mục tiêu nghiên cứu độ tin cậy cho các hệ thống phức tạp hơn trong các lĩnh vực quan trọng tại Việt Nam.

- Thuật toán phân tích độ tin cậy được đề xuất trong luận án đảm bảo cơ sở khoa học, hợp lý và logic.

#### 5.2. Về ý nghĩa thực tiễn

- Làm cơ sở khoa học cho định hướng điều chỉnh quy định bảo dưỡng, sửa chữa ô tô đặc chủng phù hợp với điều kiện khai thác sử dụng Miền Bắc Việt Nam.

- Thuật toán đề xuất giúp nâng cao hiệu suất phân tích, đánh giá độ tin cậy theo phương pháp hướng mục tiêu cho hệ thống bất kỳ, làm cơ sở cho việc phát triển các công cụ nhúng, các ứng dụng máy tính về nghiên cứu độ tin cậy, tiết kiệm thời gian và chi phí tính toán.

### 6. Tính mới của Luận án

- Đây là công trình khoa học đầu tiên trong nước về ứng dụng phương pháp hướng mục tiêu để phân tích, đánh giá độ tin cậy.

- Ứng dụng thành công phương pháp hướng mục tiêu trong phân tích, đánh giá độ tin cậy của hệ thống phanh trên ô tô Kamaz 5320, phân tích ảnh hưởng của đặc điểm hệ thống đến sự suy giảm độ tin cậy và đưa ra các giải pháp phù hợp để nâng cao độ tin cậy cho hệ thống.

- Nghiên cứu thực nghiệm gia cường, thiết kế, chế tạo, lắp đặt buồng thực nghiệm và sa bàn đầy đủ của hệ thống phanh khí nén xe Kamaz-5320; Xác định kích thước không gian mẫu và chế độ thực nghiệm; Tiến hành thực nghiệm, xử lý kết quả.

- Thuật toán đề xuất giúp nâng cao hiệu suất phân tích, đánh giá độ tin cậy theo phương pháp hướng mục tiêu cho hệ thống bất kỳ, làm cơ sở cho việc phát triển các công cụ nhúng, các ứng dụng máy tính về nghiên cứu độ tin cậy, tiết kiệm thời gian và chi phí tính toán.

## 7. Bố cục của luận án

Ngoài phần mở đầu, phần kết luận và danh mục các tài liệu tham khảo, phụ lục, các nội dung chính của luận án được chia thành 04 chương như sau:

*Chương 1. Tổng quan về vấn đề nghiên cứu*

*Chương 2. Cơ sở lý thuyết và xây dựng mô hình đánh giá độ tin cậy hệ thống phanh ô tô đặc chủng*

*Chương 3. Ứng dụng mô hình hướng mục tiêu đánh giá độ tin cậy hệ thống phanh ô tô đặc chủng*

*Chương 4. Thực nghiệm đánh giá*

## CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

### 1.1. Tổng quan về độ tin cậy

#### 1.1.1. Hư hỏng và phân loại hư hỏng trong nghiên cứu độ tin cậy

Hư hỏng là trạng thái mà sản phẩm mất đi khả năng thực hiện chức năng của mình hoặc chức năng của sản phẩm được thực hiện nhưng không đảm bảo các thông số kỹ thuật theo yêu cầu, tiêu chuẩn đặt ra. Lúc này, các sản phẩm không còn đáp ứng được nhu cầu sử dụng nữa.

Các dạng hư hỏng chính gồm: Hỏng đột ngột, hỏng dần dần, hỏng vĩnh viễn, hỏng tạm thời, hỏng độc lập, hỏng phụ thuộc, hỏng do sản xuất, hỏng do sử dụng

#### 1.1.2. Khái niệm và những chỉ tiêu đánh giá độ tin cậy

##### 1.1.2.1. Khái niệm độ tin cậy

Để xác định mức độ, khả năng thực hiện chức năng của đối tượng trong những điều kiện, yêu cầu nhất định, người ta dùng khái niệm "độ tin cậy". "Độ tin cậy" là một tính chất đặc biệt của đối tượng nghiên cứu cho phép xác định mức độ, khả năng đáp ứng những yêu cầu nhất định về chức năng của đối tượng nghiên cứu đó trong quá trình khai thác định trước. Như vậy, "độ tin cậy" mà ta quan tâm trong luận án này, là khả năng đáp ứng những yêu cầu xác định về tính kinh tế kỹ thuật của ô tô đặc chủng trong quá trình khai thác ở điều kiện Miền Bắc Việt Nam.

##### 1.1.2.2. Các chỉ tiêu đánh giá độ tin cậy

Đánh giá độ tin cậy dựa trên 04 tính chất của sản phẩm: Tính không hỏng, tính hợp lý bảo dưỡng sửa chữa, tính bảo quản hoặc vận chuyển, tính bền lâu (tuổi thọ sản phẩm)

Một số thông số định lượng đánh giá độ tin cậy:

\* Xác suất hỏng: 
$$F(t) = \frac{N_h(t)}{N} \quad (1.1)$$

\* Xác suất không hỏng: 
$$R(t) = \frac{N - N_h(t)}{N} \quad (1.2)$$

\* Mật độ hỏng: 
$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = f(t) \quad (1.3)$$

\* Cường độ hỏng: 
$$r(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (1.4)$$

\* Thời gian trung bình tới hư hỏng: 
$$MTTF = \int_0^{\infty} t.f(t).dt = \int_0^{\infty} R(t).dt \quad (1.5)$$

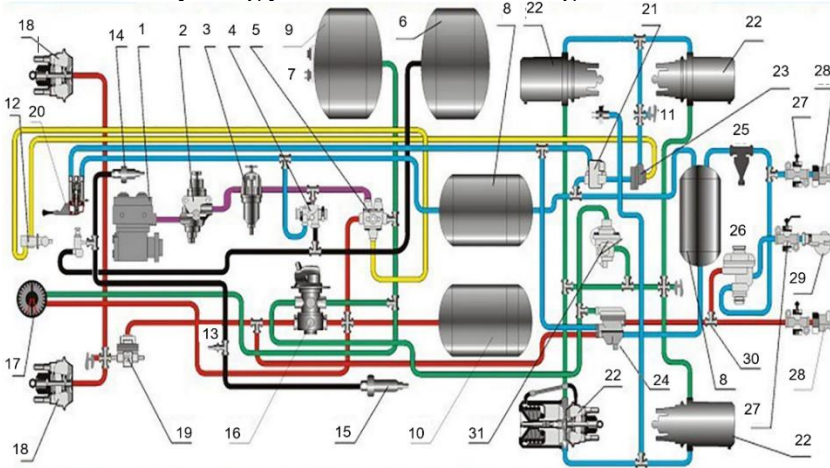
### 1.1.3. Phương pháp đánh giá độ tin cậy

Hiện nay có một số phương pháp đánh giá độ tin cậy hiệu quả được phát triển và sử dụng phổ biến như: Phương pháp phân tích cây hư hỏng (Fault Tree Analysis - FTA); Phương pháp đánh giá độ tin cậy thông qua phân tích dạng hư hỏng và ảnh hưởng của hư hỏng (Failure Mode and Effect Analysis - FMEA); Phương pháp mô phỏng Monte-Carlo (Monte-Carlo Simulations - MCS); Phương pháp hướng mục tiêu (Goal Oriented - GO). So với các phương pháp còn lại, phương pháp hướng mục tiêu đạt được nhiều ưu điểm:

- Kết cấu mô hình tương ứng với sơ đồ thực của hệ thống, nên ít chịu ảnh hưởng của yếu tố kinh nghiệm, kỹ năng, hiểu biết của người dùng.
- Mô hình có kích thước nhỏ, tính nhất quán cao, dễ dàng kiểm tra, xác thực.
- Hiệu quả tính toán cao, tiết kiệm chi phí và thời gian tính toán.
- Phân tích định lượng chính xác và ổn định; Phân tích định tính thực hiện dễ dàng.

## 1.2. Hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320 và các yếu tố gây suy giảm độ tin cậy của hệ thống

### 1.2.1. Hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320



Hình 1.7. Sơ đồ kết cấu hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320

Trên xe Kamaz-5320 được trang bị bốn hệ thống phanh: hệ thống phanh công tác, hệ thống phanh dừng, hệ thống phanh dự trữ, hệ thống phanh hỗ trợ. Ngoài ra còn có bộ phận bảo đảm nhà phanh sự cố của cơ cấu phanh thuộc hệ thống phanh dừng. Các hệ thống phanh tuy khác nhau về chức năng nhưng có chung các phần tử trong sơ đồ dẫn động phanh khí nén và có hiệu quả phanh cao.

### 1.2.2. Các yếu tố gây suy giảm độ tin cậy hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320

#### 1.2.2.1. Ảnh hưởng của yếu tố thiết kế chế tạo

Trên xe Kamaz-5320, một số đặc điểm thiết kế giúp nâng cao độ tin cậy hệ thống như: thiết kế hệ thống nhiều dòng khí nén, nhiều dòng độc lập; kết cấu dự phòng tại tổng van phanh, bầu phanh với bình tích năng; kết cấu dự phòng giữa các mạch khí nén. Bên cạnh đó, thiết kế của các chi tiết, các cụm trong hệ thống như: Kích thước, hình dáng của chi tiết, khe hở lắp ghép ban đầu cũng ảnh hưởng đến độ tin cậy của hệ. Còn chất lượng vật liệu dùng để chế tạo các chi tiết ảnh hưởng lớn đến khả năng chịu mòn và tuổi thọ của chúng.

#### 1.2.2.2. Ảnh hưởng của chế độ và điều kiện sử dụng

##### a) Chế độ sử dụng

Khi xe được điều khiển chạy phù hợp với điều kiện khai thác, các quy định sử dụng của nhà sản xuất được tuân thủ chặt chẽ, cường độ phanh và tần suất phanh không quá lớn. độ tin cậy của hệ thống phanh được tối ưu. Với chế độ bảo dưỡng, mục đích là chẩn đoán sớm, kiểm tra, hạn chế các hư hỏng tiềm ẩn. Còn đối với chế độ sửa chữa, đảm bảo yêu cầu, quy định trong tài liệu kỹ thuật và thực hiện tốt việc chạy rà sau sửa chữa để tránh xuất hiện các hư hỏng sớm của các chi tiết trong hệ thống. Với chế độ niêm cất, bảo quản, mục đích là hạn chế tối đa các tác động môi trường như độ ẩm, nhiệt độ,... đến các chi tiết, tránh hiện tượng gỉ sét, lão hoá cao su.

### *b) Điều kiện sử dụng*

Xe Kamaz-5320 ở khu vực Miền Bắc Việt Nam hoạt động ở đường hỗn hợp với mật độ giao thông trung bình. Trong đó, chủ yếu là hoạt động trên đường đất, độ dốc lớn, quanh co, thậm chí là các loại đường nhiều bụi cát đất.

Ở khu vực Miền Bắc Việt Nam, đặc trưng thời tiết nhiệt đới ẩm gió mùa rất rõ rệt. Khí hậu chia ra 02 mùa: Mùa mưa thường có lượng mưa lớn (trung bình trên 180mm mỗi tháng), nhiệt độ trung bình cao (trên 34°C), độ ẩm trong không khí lớn (trên 80%), gây đọng “mồ hôi” trên các bề mặt vật thể. Các hạt nước đọng hoà tan các oxit axit làm giảm tuổi thọ của các chi tiết cao su trong hệ thống; Mùa khô, độ ẩm có thể giảm còn 10%, cùng với điều kiện nhiều bụi, làm giảm chất lượng khí nén trong hệ thống.

## **1.3. Tình hình nghiên cứu trong nước và ngoài nước**

### **1.3.1. Tình hình nghiên cứu trong nước**

Nghiên cứu sớm, công phu về cơ sở đánh giá độ tin cậy có tác giả Phan Văn Khôi (1987) nghiên cứu các cơ sở, chỉ tiêu, phương pháp đánh giá độ tin cậy trong giai đoạn thiết kế, chế tạo và khai thác, các phương pháp xác định độ tin cậy của các hệ thống gồm các phần tử được ghép song song, nối tiếp, các sản phẩm có khả năng phục hồi và không phục hồi.

Bên cạnh đó, nghiên cứu đánh giá độ tin cậy được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực:

- Đánh giá độ tin cậy trong lĩnh vực cơ khí động lực có tác giả Đỗ Đức Tuấn (2012) nghiên cứu về hao mòn mặt lăn và gờ bánh xe, xác định thời hạn làm việc và đánh giá độ tin cậy của bộ trục bánh xe đầu máy D19E đang sử dụng tại Xí nghiệp đầu máy Sài Gòn; Tác giả Hoàng Ngọc Vinh (1996) ứng dụng mô phỏng Monte Carlo đánh giá được độ tin cậy của máy kéo qua giai đoạn chạy rà tiền sử dụng và nghiên cứu một số biện pháp nâng cao độ tin cậy của máy kéo MTZ-50 và DT-75 trong điều kiện sử dụng ở đồng bằng sông hồng.

- Trong lĩnh vực công trình xây dựng có tác giả Nguyễn Xuân Chính (2000) nghiên cứu sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn để tính toán các hàm ngẫu nhiên nhằm xác định độ tin cậy khung bê tông cốt thép thiết kế theo tiêu chuẩn Việt Nam; Tác giả Nguyễn Lan Hương (2014) tiếp cận xác suất ở mức độ II kết hợp mô hình phân tích hệ thống và ứng dụng tính toán độ tin cậy cho hệ thống công trình đầu mối ở hồ chứa.

### **1.3.2. Tình hình nghiên cứu ngoài nước**

Trên thế giới, nhiều phương pháp đánh giá độ tin cậy được nghiên cứu ứng dụng trong lĩnh vực ô tô như: Phương pháp FTA có tác giả Howard E.Lambert, Dobrivoje Ćatić; Kết hợp FTA và phương pháp FMEA có tác giả Jianjuan; Phương pháp mô phỏng Monte Carlo có tác giả Hiromitsu Kumamoto... Đối với phương pháp hướng mục tiêu (GO), được nghiên cứu và phát triển lần đầu tiên vào năm 1976 bởi Tổng Công ty Kaman với sự giúp đỡ của quân đội Mỹ. Đến cuối những năm 1990, phương pháp này được phát triển tiếp tục bởi Đại học Thanh Hoa dưới sự hỗ trợ của chính phủ Trung Quốc. Điển hình nhất ở Trung Quốc có tác giả Xiao-Jian Yi nghiên cứu ứng dụng phương pháp GO cho nhà máy năng lượng hạt nhân.

Bên cạnh các phương pháp lý thuyết, phương pháp thực nghiệm gia cường đánh giá độ tin cậy cũng có nhiều tác giả nghiên cứu như: David H.Collins, William Q.Meeker, Juan Chen

**Nhận xét:** Khoa học độ tin cậy ở nước ta đang trong giai đoạn phát triển với số lượng nghiên cứu chưa nhiều so với thế giới. Đặc biệt, trong các lĩnh vực có nhiều tính chất đặc thù như hạt nhân, quân sự, các công trình nghiên cứu đánh giá độ tin cậy còn ít; các công trình nghiên cứu mới tập trung vào khai thác ứng dụng các phương pháp phân tích đánh giá độ tin cậy thông thường với các hạn chế đặc thù nhất định.

## **1.4. Nội dung, phương pháp nghiên cứu**

### **1.4.1. Nội dung nghiên cứu**

- Nghiên cứu ứng dụng phương pháp hướng mục tiêu (Goal Oriented - GO) để đánh giá độ tin cậy hệ

thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320 và đề xuất thuật toán nâng cao hiệu suất phân tích định lượng cho hệ thống phức tạp dựa trên phương pháp này.

- Phân tích, đánh giá độ tin cậy cho toàn bộ hệ thống phanh khí nén nhiều dòng và cho các hệ thống con để đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố đến độ tin cậy hệ thống.

- Phân tích đánh giá độ tin cậy bằng thực nghiệm cho hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên ô tô Kamaz-5320 để đánh giá hiệu quả của phương pháp lý thuyết.

#### **1.4.2. Phương pháp nghiên cứu**

Kết hợp nghiên cứu giữa lý thuyết và thực nghiệm.

- Nghiên cứu lý thuyết: Phương pháp phân tích thống kê, mô hình thống kê và phương pháp hướng mục tiêu để nghiên cứu đánh giá độ tin cậy cho hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320. Nghiên cứu lý thuyết chủ yếu tập trung vào nghiên cứu ứng dụng phương pháp hướng mục tiêu phân tích đánh giá độ tin cậy.

- Nghiên cứu thực nghiệm: Sử dụng phương pháp thực nghiệm gia cường, là phương pháp cho độ chính xác tốt khi xác định độ tin cậy để so sánh, đánh giá kết quả nghiên cứu tính toán lý thuyết.

### **KẾT LUẬN CHƯƠNG 1**

Nội dung Chương 1 thực hiện đã đạt được những kết quả chính sau:

- Các yếu tố thiết kế chế tạo, chế độ và điều kiện sử dụng có ảnh hưởng lớn tới sự suy giảm độ tin cậy ở hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320. Để nâng cao độ tin cậy cho hệ thống, ngoài việc sử dụng các chi tiết thay thế tương đương với chất lượng cao hơn, nâng cao chất lượng sử dụng, ta có thể điều chỉnh nội dung và tần suất bảo dưỡng, sửa chữa cho phù hợp với điều kiện sử dụng của xe.

- Trên thế giới, công tác nghiên cứu đánh giá độ tin cậy được phát triển mạnh mẽ. Nhờ nghiên cứu, đánh giá độ tin cậy, các sản phẩm kỹ thuật, công nghệ ngày càng đạt được chất lượng cao hơn sau sản xuất và đạt được hiệu quả khai thác sử dụng lớn hơn. Trong khi đó, nghiên cứu đánh giá độ tin cậy trong nước còn chưa phát triển mạnh. Đặc biệt, xe Kamaz-5320 được nhập từ Liên Xô cũ với tuổi đời cao, chất lượng của xe đã đi xuống, rất cần thiết được đánh giá độ tin cậy cho hệ thống phanh, làm cơ sở khoa học cho xây dựng các nội dung phục vụ khai thác sử dụng hiệu quả hơn, nâng cao an toàn chuyển động của xe.

- Để đạt được mục đích trên, cần đánh giá được độ tin cậy cho hệ thống và xác định các phần tử yếu trong hệ, làm cơ sở điều chỉnh cường độ bảo dưỡng, sửa chữa cho hệ thống; phải lựa chọn phương pháp đánh giá độ tin cậy có nhiều ưu điểm vượt trội với tiềm năng phát triển mạnh mẽ để sử dụng, nghiên cứu phát triển lâu dài.

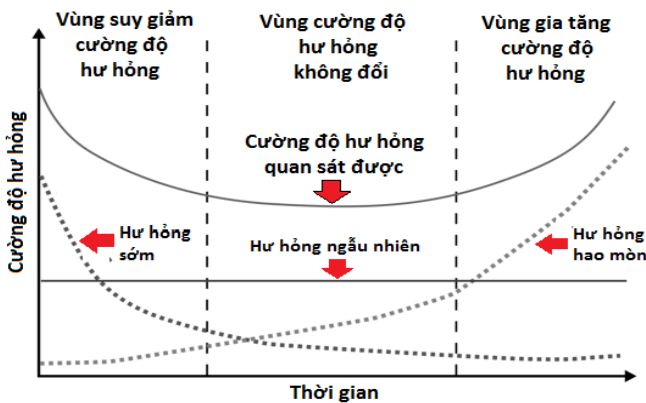
- Do bí mật công nghệ, bí mật quân sự, mà chúng ta chưa thể tiếp cận hết được với các phương pháp đánh giá độ tin cậy, đặc biệt là các phương pháp được phát triển và ứng dụng trong lĩnh vực hạt nhân, quân sự. Trong nước, công tác nghiên cứu đánh giá độ tin cậy trong các lĩnh vực có nhiều tính chất đặc thù như vậy còn ít. Do đó, luận án lựa chọn phương pháp hướng mục tiêu là phù hợp với xu thế phát triển của thế giới, có tiềm năng ứng dụng rộng rãi, lâu dài.

- Từ việc phân tích tổng quan, các công trình nghiên cứu trong nước và ngoài nước về đánh giá độ tin cậy cho các sản phẩm kỹ thuật, luận án đã cho thấy vai trò, ý nghĩa khoa học cũng như thực tiễn to lớn của nhiệm vụ “Nghiên cứu đánh giá độ tin cậy hệ thống phanh ô tô đặc chủng trong quá trình khai thác ở điều kiện Miền Bắc Việt Nam”.



## CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ XÂY DỰNG MÔ HÌNH ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY HỆ THỐNG PHANH Ô TÔ ĐẶC CHŨNG

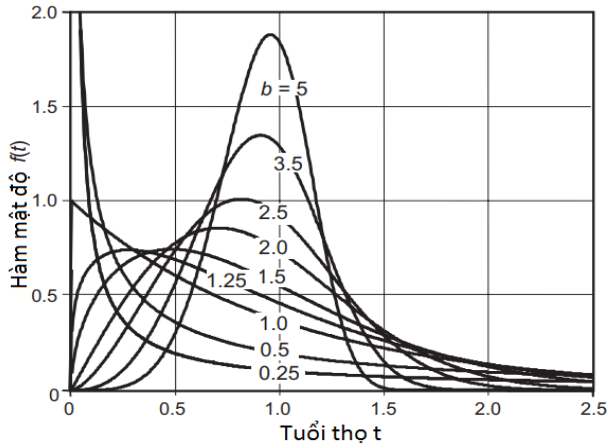
### 2.1. Quy luật suy giảm độ tin cậy của các cụm và hệ thống trên ô tô trong quá trình khai thác



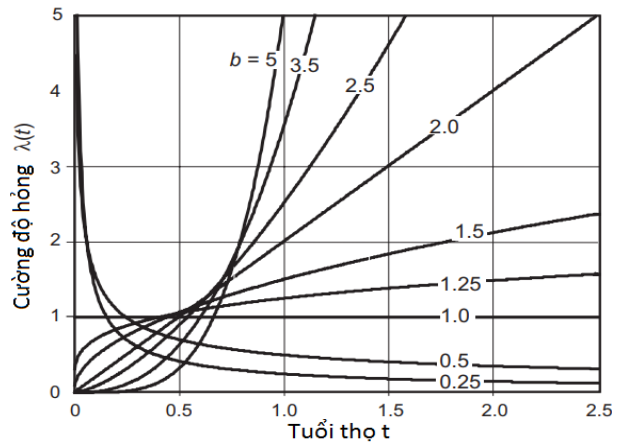
Hình 2.1. Đồ thị "Bathtub"

Trong kỹ thuật độ tin cậy, quy luật biến thiên của hư hỏng của một sản phẩm theo thời gian được mô tả bằng đồ thị "Bathtub" như Hình 2.1. Đồ thị này mô tả cường độ hư hỏng tương đối của toàn bộ sản phẩm theo thời gian. Trên mỗi đối tượng sẽ có 3 dạng hư hỏng chính là hư hỏng sớm, hư hỏng ngẫu nhiên và hư hỏng hao mòn trong quá trình khai thác sản phẩm. Sự tổng hợp của đường đặc tính hư hỏng này hình thành đường cong "Bathtub" phản ánh thay đổi của cường độ hư hỏng theo thời gian.

### 2.2. Quy luật phân bố hư hỏng theo thời gian cho các hệ thống trên ô tô đặc chủng



Hình 2.2. Hàm mật độ của phân bố Weibull với biến ngẫu nhiên  $t$  [2]



Hình 2.3. Đồ thị cường độ hỏng theo phân bố Weibull [2]

Quy luật phân bố được chấp nhận rộng rãi nhất để mô tả sự phân bố hư hỏng trong bài toán đặt ra của luận án chính là phân bố Weibull. Các dạng khác nhau của cường độ hư hỏng có phân bố Weibull ở Hình 2.2 có thể chia thành 3 vùng giống như 3 vùng của đường cong "Bathtub" với  $b < 1$ ,  $b = 1$  và  $b > 1$ .

### 2.3. Cơ sở lý thuyết xác định độ tin cậy bằng phương pháp hướng mục tiêu (Goal Oriented - GO)

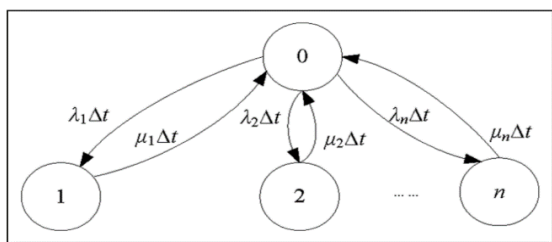
#### 2.3.1. Mô hình đánh giá độ tin cậy theo phương pháp hướng mục tiêu

##### 2.3.1.1. Toán tử hướng mục tiêu

##### a) Dữ liệu về độ tin cậy cho các toán tử hướng mục tiêu với đa chế độ lỗi

Giả định rằng một phân tử có  $n+1$  trạng thái, trạng thái 0 đại diện khi phân tử làm việc. Trạng thái  $i = 1, 2, \dots, n$  biểu thị khi chế độ lỗi thứ  $i$  xảy ra trong thiết bị. Tất cả các biến ngẫu nhiên liên quan trên được coi là độc lập. Ta có sơ đồ chuyển trạng thái của toán tử hàm của mô hình hướng mục tiêu với nhiều chế độ lỗi thể hiện trong Hình 2.6.

Từ sơ đồ Hình 2.6, ta xác định được ma trận chuyển trạng thái  $A$  theo công thức (2.1). Xác suất trạng thái của toán tử hàm của mô hình hướng mục tiêu với nhiều chế độ lỗi có thể tính như (2.2). Trong trường hợp chỉ xem xét phân tử ở trạng thái làm việc hoặc trạng thái hư hỏng mà không quan tâm đến các dạng hỏng khác nhau, ta giải được (2.2) và xác định được  $P_R(t)$  theo (2.4):



Hình 2.6. Sơ đồ chuyển trạng thái của các toán tử hàm trong mô hình hướng mục tiêu

$$A = \begin{pmatrix} -\sum_{i=1}^n \lambda_i & \lambda_1 & \lambda_2 & \dots & \lambda_n \\ \mu_1 & -\mu_1 & 0 & \dots & 0 \\ \mu_2 & 0 & -\mu_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mu_n & 0 & 0 & \dots & -\mu_n \end{pmatrix} \quad (2.1)$$

$$(P'_0(t), P'_1(t), \dots, P'_n(t)) = (P_0(t), P_1(t), \dots, P_n(t))A \quad (2.2)$$

$$(P_0(0), P_1(0), \dots, P_n(0)) = (1, 0, \dots, 0)$$

$$P_R(t) = P_0(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t} \quad (2.4)$$

b) Ký hiệu và công thức toán cho các toán tử hướng mục tiêu

Bảng 2.1. Một số loại toán tử hướng mục tiêu thường dùng

TT	Loại toán tử / nhóm toán tử	Công thức xác suất
1	<p>Loại 1</p>	$\begin{cases} P_R(t) = P_S(t) \cdot P_C(t) \\ \mu_R(t) = \frac{\lambda_R(t) \cdot P_R(t)}{1 - P_R(t)} \\ \lambda_R(t) = \lambda_S(t) + \lambda_C(t) \end{cases}$
2	<p>Loại 2</p>	$\begin{cases} P_R(t) = 1 - \prod_{i=1}^M (1 - P_{Si}(t)) \\ \mu_R(t) = \sum_{i=1}^M \mu_i(t) \\ \lambda_R(t) = \frac{\mu_R(t) \cdot (1 - P_R(t))}{P_R(t)} \end{cases}$
3	<p>Loại 5</p>	$\begin{cases} P_R(t) = P_C(t) \\ \lambda_R(t) = \lambda_C(t) \\ \mu_R(t) = \mu_C(t) \end{cases}$
4	<p>Nhóm toán tử cho cấu trúc dự phòng</p>	$\begin{cases} P_R(t) = P_{S2}(t) + P_{S3}(t) \\ \mu_R(t) = \mu_{S2}(t) + \mu_{S3}(t) \\ \lambda_R(t) = \frac{\lambda_{S2}(t)[P_{S2}(t) - P_{S3}(t)] + \lambda_{S3}(t)P_{S3}(t)}{P_R(t)} \\ P_{S0}(t) = P_{S1}(t) - P_{S2}(t) \\ P_{S3}(t) = P_{S0}(t) \cdot P_{TBDP}(t) \end{cases}$
5	<p>Nhóm toán tử cho phần tử đa chức năng, đa tín hiệu đầu vào</p>	$\begin{cases} P_{Rm}(t) = \prod_{k=1}^{K-1} P_{Sk}(t) \cdot P_{SK}(t) \cdot P_{C22}(t) \\ \lambda_{Rm}(t) = \sum_{k=1}^K \lambda_{yk}(t) + \lambda_{Wm}(t) + \lambda_C(t) \\ \mu_{RM}(t) = \frac{\lambda_{Rm}(t) \cdot P_{Rm}(t)}{1 - P_{Rm}(t)} \end{cases}$

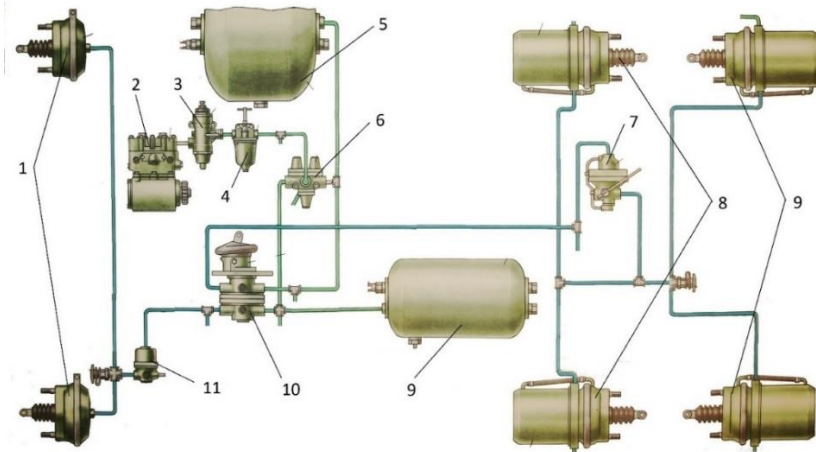
### 2.3.1.2. Dòng tín hiệu

Các dòng tín hiệu dùng để mô tả quá trình logic hoặc dòng chảy của môi chất công tác (chất lỏng, chất khí, dòng điện,...). Trong mô hình hướng mục tiêu cơ bản có 02 loại tín hiệu: Dòng tín hiệu vector, dòng tín hiệu chia sẻ.

### 2.3.1.3. Xây dựng mô hình hướng mục tiêu cho một số mạch và hệ thống phanh điện hình trên ô tô đặc chủng

\* Mạch dẫn động điều khiển phanh công tác xe Kamaz-5320

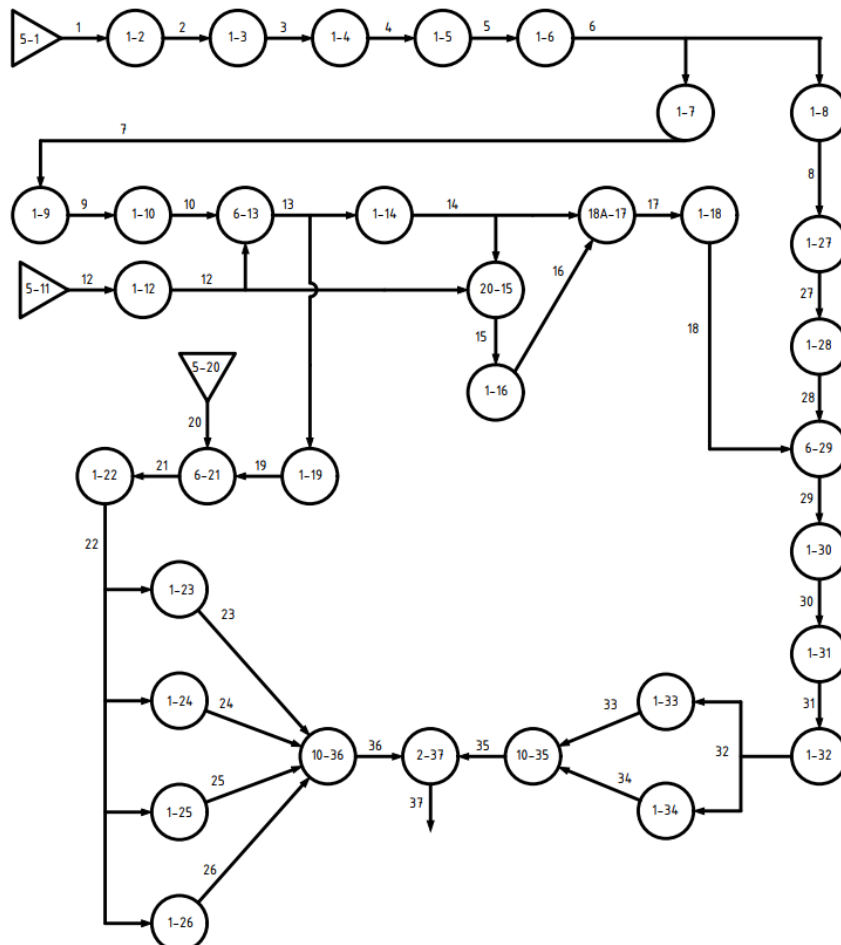
Sơ đồ kết cấu mạch dẫn động điều khiển phanh công tác xe Kamaz-5320 như Hình 2.11.



1. Bầu phanh cầu trước;
2. Máy nén khí;
3. Van ổn định áp suất;
4. Bộ chống đông;
- 5, 9. Bình khí nén;
6. Van bảo vệ 3 ngã;
7. Bộ điều hoà lực phanh;
8. Bầu phanh cầu giữa;
9. Bầu phanh cầu sau;
10. Tổng van phanh;
11. Van điều hoà áp suất.

Hình 2.11. Kết cấu mạch điều khiển phanh công tác xe Kamaz-5320

Mô hình hướng mục tiêu tương ứng được thiết lập như Hình 2.13.



Hình 2.13. Mô hình hướng mục tiêu cho dẫn động điều khiển phanh công tác

Các toán tử tương ứng trong mô hình được lựa chọn như Bảng 2.6 và Bảng 2.7

Bảng 2.6. Các toán tử hàm trong mô hình hướng mục tiêu của mạch điều khiển phanh công tác trên xe Kamaz-5320

STT toán tử	Phần tử trong hệ thống	Loại toán tử	$\lambda$ ( $\times 10^{-5}$ số hư hỏng/ giờ)	$\mu$ (số lần sửa chữa/ giờ)
1	Máy nén khí	5	1.44	0.0000144
2	Đường ống dẫn (1 nhánh)	1	0.58	0.0240058
3	Van ổn định áp suất	1	8	0.00008
4	Đường ống dẫn (1 nhánh)	1	0.58	0.0240058
5	Bộ chống đông	1	2.8	0.000028
6	Đường ống dẫn (3 nhánh)	1	0.62	0.0240062
7	Van nhánh van 3 ngã (mạch phanh công tác cầu trước)	1	2	0.00002
8	Van nhánh van 3 ngã (mạch phanh công tác cầu sau)	1	2	0.00002
9	Bình khí nén 5	1	0.72	0.5240072
10	Đường ống dẫn (5 nhánh)	1	0.66	0.0240066
11	Tác động điều khiển của lái xe	5	0	0
12	Cần dẫn	1	0.2	0.000002
13	Van tầng trên van phanh 2 tầng	6	2.16	0.0000216
14	Piston tầng 1 van phanh 2 tầng	1	2.2	0.000022
16	Cần đẩy van phanh 2 tầng	1	0.2	0.000002
18	Piston tầng 2 van phanh 2 tầng	1	2.6	0.000026
19	Đường ống dẫn (3 nhánh)	1	0.62	0.0240062
20	Tải trọng	5	0	0
21	Bộ điều hoà lực phanh	6	6.5	0.000065
22	Đường ống dẫn (7 nhánh, có van kiểm tra đầu ra)	1	0.7	0.024007
23, 24, 25, 26	Bầu phanh với bình tích năng	1	5.6	0.000056
27	Đường ống dẫn (4 nhánh)	1	0.64	0.0240064
28	Bình khí nén 9	1	0.72	0.5240072
29	Van tầng dưới van phanh 2 tầng	6	2.16	0.0000216
30	Đường ống dẫn (3 nhánh)	1	0.62	0.0240062
31	Van điều áp	1	5.4	0.000054
32	Đường ống (3 nhánh, có van kiểm tra)	1	0.6	0.024006
33, 34	Bầu phanh cầu trước	1	4	0.00004

Bảng 2.7. Các toán tử logic trong mô hình hướng mục tiêu của mạch điều khiển phanh công tác trên xe Kamaz-5320

Số thứ tự toán tử	Loại toán tử hướng mục tiêu	Mô tả toán tử
37	2	Quan hệ logic "OR"
35, 36	10	Quan hệ logic "AND"
17	18A	Logic dự phòng
15	20	Điều kiện của nhóm dự phòng

### 2.3.2. Hoạt động hướng mục tiêu đánh giá độ tin cậy

#### 2.3.2.1. Lý thuyết cơ bản về thuật toán hướng mục tiêu

##### a) Thuật toán trực tiếp

Thuật toán trực tiếp dựa trên việc tính toán xác suất trạng thái cho từng dòng tín hiệu. Xác suất trạng thái của toán tử hướng mục tiêu đầu vào trong hệ thống là xác suất trạng thái dòng tín hiệu đầu ra của toán tử hướng mục tiêu đó. Dòng tín hiệu này đồng thời sẽ là dòng tín hiệu đầu vào của toán tử hướng mục tiêu tiếp theo. Xác suất trạng thái cho dòng tín hiệu đầu ra của toán tử hướng mục tiêu tiếp theo sẽ được tính toán dựa trên dữ liệu và hoạt động hướng mục tiêu của toán tử ấy. Cứ như vậy, hoạt động hướng mục tiêu sẽ kết thúc tới khi xác suất trạng thái tín hiệu đầu ra của toàn bộ hệ thống được xác định.

##### b) Thuật toán cho tín hiệu chia sẻ

Với hệ thống có N tín hiệu chia sẻ  $S_n$  ( $n=1, \dots, N$ ), công thức xác định xác suất làm việc thành công của hệ thống theo thuật toán hướng mục tiêu chính xác được cho như sau:

$$P_R = \sum_{K_1=0}^1 \sum_{K_2=0}^1 \dots \sum_{K_N=0}^1 P_{RK_1 K_2 \dots K_N} \prod_{n=1}^N [ (1 - P_{S_n})(1 - K_n) + P_{S_n} K_n ] \quad (2.10)$$

Để tránh phải thiết lập các công thức toán học phức tạp, hình thức tính toán mới của thuật toán chính xác GO cho tín hiệu chia sẻ được đưa ra như sau:

$$P_R = \sum_{i=1}^{2^N} A_i B_i \quad (2.11)$$

#### 2.3.2.2. Phân tích định lượng hướng mục tiêu

Bước 1: Xác định các tín hiệu chia sẻ trong mô hình hướng mục tiêu

Bước 2: Lựa chọn thực hiện thuật toán hướng mục tiêu phù hợp. Nếu mô hình hướng mục tiêu không chứa các tín hiệu chia sẻ, thuật toán trực tiếp sẽ được sử dụng cho việc thực hiện hoạt động hướng mục tiêu. Ngược lại, nếu mô hình hướng mục tiêu chứa các tín hiệu chia sẻ, các thuật toán hướng mục tiêu cho tín hiệu chia sẻ sẽ được lựa chọn sử dụng.

#### 2.3.2.3. Phân tích định tính hướng mục tiêu

Các bước cơ bản thực hiện phân tích định tính hướng mục tiêu được nêu ra như dưới đây. Trong đó, các bộ cắt tối thiểu là các tổ hợp duy nhất của các phần tử hỏng mà từ tổ hợp đó dẫn tới hư hỏng hệ thống:

Bước 1: Lần lượt đặt độ tin cậy của các toán tử hàm trong mô hình hướng mục tiêu là 0, còn độ tin cậy của các toán tử còn lại được giữ không đổi. Trong trường hợp nào, nếu độ tin cậy của hệ thống bằng 0 thì toán tử hàm được đặt độ tin cậy bằng 0 đó sẽ là bộ cắt tối thiểu bậc 1.

Bước 2: Lần lượt đặt độ tin cậy của 2 toán tử hàm trong mô hình hướng mục tiêu là 0 (trong đó không chứa bộ cắt tối thiểu bậc 1), còn độ tin cậy của các toán tử còn lại được giữ không đổi. Trong trường hợp nào, nếu độ tin cậy của hệ thống bằng 0 thì 2 toán tử hàm được đặt độ tin cậy bằng 0 đó sẽ là bộ cắt tối thiểu bậc 2.

Bước 3: Tương tự các bước trên, ta đạt được các bộ cắt tối thiểu bậc cao hơn.

## 2.4. Cơ sở so sánh, đánh giá kết quả thực nghiệm so với lý thuyết

### 2.4.1. Sai lệch tương đối trung bình bình phương

Sai lệch tương đối trung bình bình phương gốc (Relative root mean square error – RRMSE) dùng để đánh giá về mặt định lượng giữa kết quả tính toán lý thuyết và thực nghiệm:

$$RRMSE = \frac{RMSE}{\sum_{i=1}^n x_{tn}} \cdot 100 \quad (2.12)$$

### 2.4.2. Hệ số tương quan

Hệ số tương quan nhằm đánh giá sự tương quan giữa kết quả đánh giá giữa lý thuyết và thực nghiệm. Công thức xác định hệ số tương quan như sau:

$$r = \frac{\sum x_i \cdot y_i - n \cdot \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sqrt{(\sum x_i^2 - n \cdot \bar{x}^2) \cdot (\sum y_i^2 - n \cdot \bar{y}^2)}} \quad (2.14)$$

## KẾT LUẬN CHƯƠNG 2

Nội dung nghiên cứu Chương 2 thực hiện đã đạt được những kết quả chính sau:

- Độ tin cậy của một sản phẩm sẽ suy giảm theo thời gian và có thể xác định qua quy luật biến thiên của hư hỏng ở sản phẩm đó. Trong chương 2, tác giả đã giới thiệu đồ thị “Bathtub” là mô hình được sử dụng phổ biến hiện nay để mô tả quy luật biến thiên hư hỏng ở sản phẩm. Hư hỏng đặc thù của các dạng sản phẩm khác nhau có thể mô tả bởi một hay nhiều phần của đồ thị “Bathtub”. Các phần của đồ thị này lại được mô tả bằng các quy luật phân bố xác suất khác nhau. Đối với đối tượng nghiên cứu của luận án, quy luật biến thiên của hư hỏng có thể mô tả bằng quy luật phân bố Weibull với tham số hình dạng  $b=1$ , tương ứng với vùng cường độ hư hỏng không đổi trên đồ thị “Bathtub”.

- Qua nghiên cứu, phân tích phương pháp hướng mục tiêu với nội dung, quy trình và thuật toán cụ thể, cho phép xác định độ tin cậy hệ thống. Từ sơ đồ kết cấu hệ thống thực, mô hình hướng mục tiêu được xây dựng, giúp biểu diễn quan hệ về độ tin cậy giữa các phần tử trong hệ thống. Dựa trên mô hình hướng mục tiêu đã xây dựng, tiến hành quy trình phân tích định lượng để xác định xác suất không hỏng của hệ thống và tiến hành quy trình phân tích định tính để xác định phần tử, cụm phần tử yếu trong hệ thống. Qua đó có thể khẳng định, phương pháp hướng mục tiêu thể hiện rõ các ưu điểm sau:

- + Đạt được các kết quả phân tích định tính và kết quả phân tích định lượng với độ chính xác cao.
- + Mô hình hướng mục tiêu được thiết lập dựa trên sơ đồ kết cấu và sơ đồ chức năng của hệ thống nên hạn chế được ảnh hưởng của yếu tố con người trong xác định độ tin cậy và cho phép kiểm tra một cách dễ dàng.
- + Kết quả phân tích định lượng và phân tích định tính dựa trên việc thực hiện nhiều lần hoạt động hướng mục tiêu nên tránh được quy trình phân tích và các công thức toán học phức tạp. Đồng thời, ảnh hưởng của yếu tố thời gian mô phỏng đối với kết quả và hiệu suất phân tích được loại bỏ.

## CHƯƠNG 3. ỨNG DỤNG MÔ HÌNH HƯỚNG MỤC TIÊU ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY HỆ THỐNG PHANH Ô TÔ ĐẠC CHỦNG

### 3.1. Xây dựng thuật toán phân tích độ tin cậy hệ thống dựa trên phương pháp hướng mục tiêu

#### 3.1.1. Dữ liệu đầu vào, phương thức ghi dữ liệu

##### 3.1.1.1. Dữ liệu đầu vào thuật toán

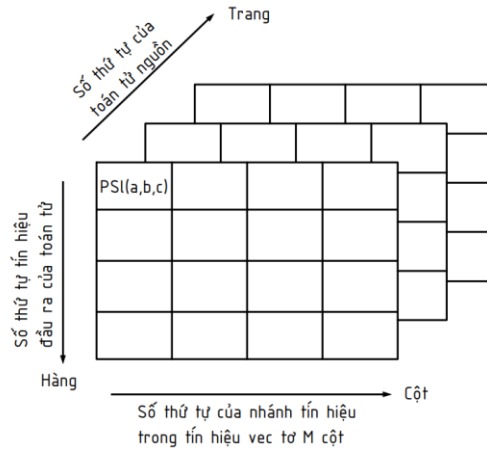
\* *Thông tin định dạng mô hình*: có chức năng mô tả vị trí các toán tử và mối quan hệ giữa các toán tử ấy, bao gồm: số lượng toán tử trong mô hình, số lượng tín hiệu chia sẻ trong mô hình, vị trí và phân loại của mỗi tín hiệu chia sẻ trong mô hình, tín hiệu đầu vào và loại tín hiệu đầu vào của mỗi toán tử.

\* *Thông tin định lượng mỗi toán tử*: có chức năng xác định các thông số cần thiết cho việc đánh giá định lượng độ tin cậy cho mỗi toán tử, làm cơ sở cho phân tích định lượng độ tin cậy hệ thống. Thông tin định

lượng mỗi toán tử bao gồm: Phân loại của mỗi toán tử, thời gian khảo sát, cường độ hỏng, cường độ bảo dưỡng, sửa chữa.

### 3.1.1.2. Phương thức ghi dữ liệu

Mảng 3 chiều là một tập các mảng 2 chiều cùng kích thước. Trong đó, mỗi mảng 2 chiều được bao chứa có thể xem như một trang. Với mảng 3 chiều  $PSI$  như trong Hình 3.1, ta có số trang “ $c$ ” của mảng sẽ dùng để lưu số thứ tự của toán tử sinh ra tín hiệu. Số dòng  $a$  và số cột  $b$  của mảng 2 chiều lần lượt dùng để lưu số thứ tự của dòng tín hiệu sinh ra từ toán tử và số thứ tự của nhánh tín hiệu khảo sát khi đang xét tín hiệu vector  $M$  cột. Như vậy, với mỗi dòng tín hiệu đơn nhỏ nhất trong hệ thống có thể biểu diễn bởi biến  $PSI(a,b,c)$ .



Hình 3.1. Ghi dữ liệu dòng tín hiệu bằng mảng 3 chiều

## 3.1.2. Xây dựng thuật toán phân tích định lượng, phân tích định tính hướng mục tiêu

### 3.1.2.1. Quy trình tính toán phân tích định lượng hướng mục tiêu

Bước 1: Nhập dữ liệu đầu vào

Bước 2: Tính toán xác suất làm việc thành công của các phần tử trong hệ thống.

Bước 3: Kiểm tra xem nếu hệ thống không chứa tín hiệu chia sẻ, chuyển qua bước 4, nếu hệ thống có chứa tín hiệu chia sẻ, chuyển qua bước 5.

Bước 4: Tính toán xác suất làm việc thành công của hệ thống bằng cách tính toán tuần tự xác suất làm việc thành công của các dòng tín hiệu theo trình tự hệ thống.

Bước 5: Lọc, tìm các tín hiệu chia sẻ được sinh ra từ bộ cắt bậc 1 của hệ thống và các tín hiệu chia sẻ có xác suất làm việc thành công bằng 1.

Bước 6: Khảo sát các tổ hợp trạng thái của các tín hiệu chia sẻ. Trong đó, bỏ qua các tổ hợp mà tín hiệu chia sẻ tìm được trong bước 5 đang ở trạng thái hỏng. Với mỗi tổ hợp được khảo sát, thực hiện bước 7. Do các tổ hợp khảo sát chỉ xét trạng thái làm việc của các tín hiệu chia sẻ tìm được ở bước 5, nên từ đây về sau, tác giả gọi các tín hiệu chia sẻ này là các tín hiệu chia sẻ đơn trạng thái.

Bước 7: Ứng với tổ hợp thứ  $i$  của các tín hiệu chia sẻ, tính toán các giá trị  $A_i, B_i$ . Từ đó, xác định xác suất làm việc thành công của tín hiệu đầu ra hệ thống theo công thức (2.11).

### 3.1.2.2. Xây dựng thuật toán phân tích định tính hướng mục tiêu

Bước 1: Nhập dữ liệu đầu vào

Bước 2: Lựa chọn bộ  $n$  toán tử hàm trên tổng số toán tử hàm trong hệ thống

Bước 3: Đặt xác suất làm việc thành công của  $n$  toán tử hàm trên bằng 0.

Bước 4: Kiểm tra nếu xác suất làm việc thành công của hệ thống bằng 0 thì bộ  $n$  toán tử ở bước 2 là một bộ cắt tối thiểu bậc  $n$ .

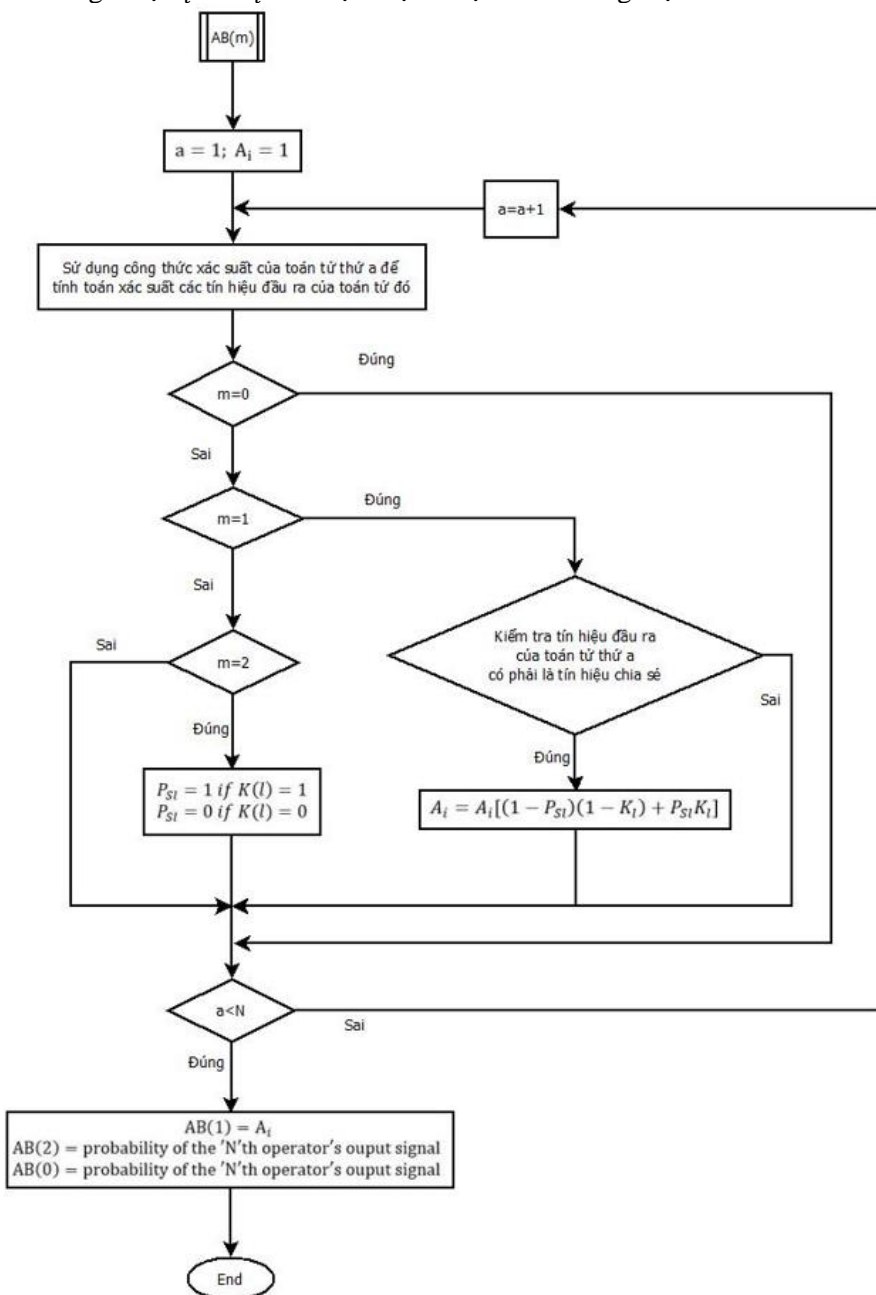
Bước 5: Đặt xác suất làm việc thành công của  $n$  toán tử hàm về giá trị ban đầu.

Bước 6: Quay lại bước 2 tới khi khảo sát hết các bộ  $n$  toán tử hàm trong hệ thống.

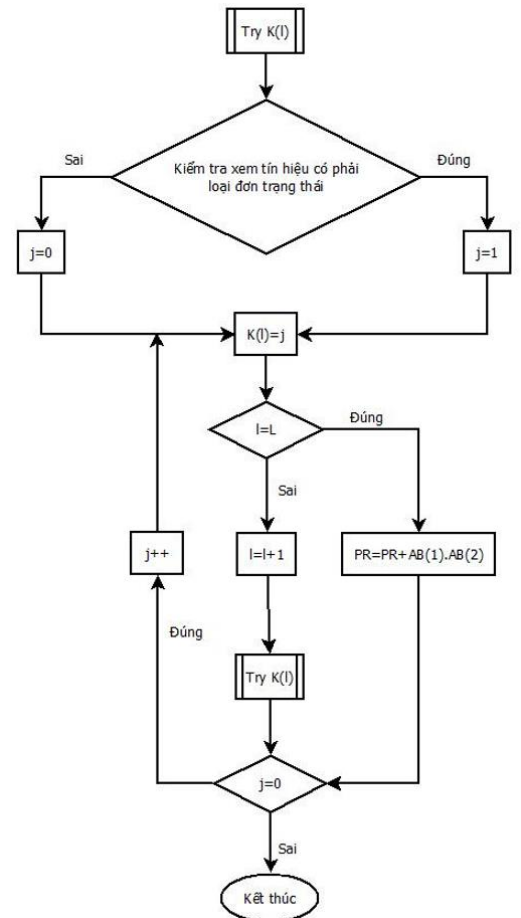
### 3.1.2.3. Sơ đồ thuật toán phân tích định lượng và phân tích định tính hướng mục tiêu cho hệ thống bất kỳ

Hàm tính toán xác suất tuần tự (Hình 3.1) có nhiệm vụ tính toán lần lượt xác suất của các tín hiệu theo thứ tự xuất hiện của chúng trong hệ thống. Các xác suất này được xác định dựa trên công thức xác suất của

toán tử hướng mục tiêu sinh ra tín hiệu đó. Ngoài ra, hàm có cài đặt một số hiệu chỉnh phù hợp để tính toán các giá trị  $A_i$  và  $B_i$  khi thực hiện thuật toán hướng mục tiêu chính xác.



Hình 3.1. Sơ đồ thuật toán hàm tính toán xác suất tuần tự

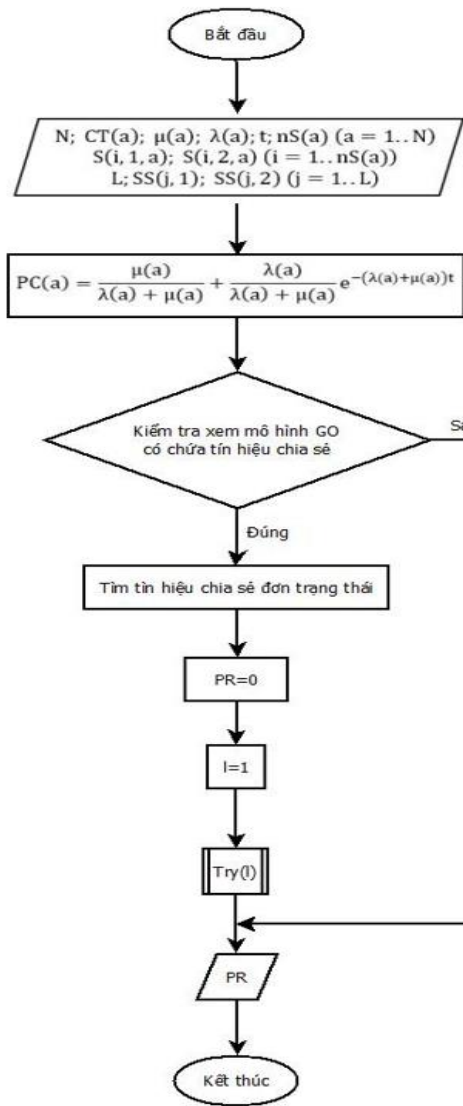


Hình 3.2. Sơ đồ thuật toán hàm khảo sát tổ hợp trạng thái tín hiệu chia sẻ

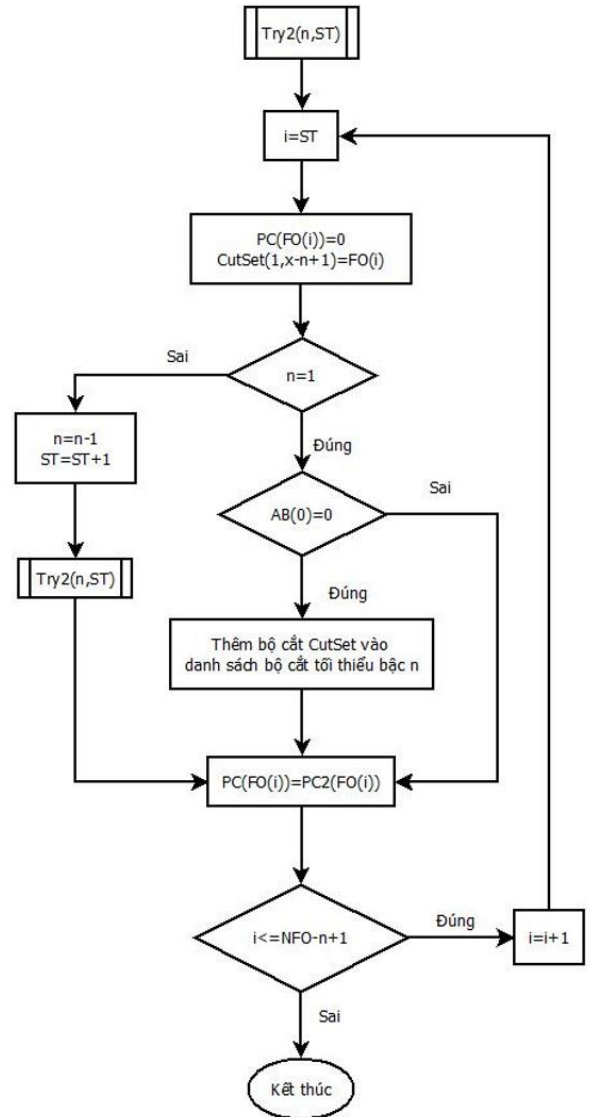
Để khảo sát các tổ hợp trạng thái tín hiệu chia sẻ (Hình 3.2), luận án ứng dụng kỹ thuật quay lui dựa trên tính đệ quy của bài toán đặt ra. Về bản chất, tư tưởng của quay lui là thử từng khả năng cho đến khi tìm thấy lời giải đúng. Đó là một quá trình tìm kiếm theo độ sâu trong một tập hợp các lời giải. Trong quá trình tìm kiếm, nếu ta gặp một hướng lựa chọn không thỏa mãn các ràng buộc, ta quay lui về điểm lựa chọn nơi có các hướng khác và thử hướng lựa chọn tiếp theo. Khi đã thử hết các lựa chọn xuất phát từ điểm lựa chọn đó, ta quay lại điểm lựa chọn trước đó và thử hướng lựa chọn tiếp theo tại đó. Quá trình tìm kiếm kết thúc khi không còn điểm lựa chọn nào nữa.

Dựa trên các sơ đồ thuật toán trên, luận án xây dựng thuật toán phân tích định lượng và phân tích định tính như trên sơ đồ Hình 3.3 và Hình 3.4. Nội dung cốt lõi của việc xác định bộ cắt tối thiểu trong phân tích định tính cũng dựa trên kỹ thuật giải thuật quay lui đã nói đến ở trên.





Hình 3.3. Sơ đồ chính phân tích định lượng hướng mục tiêu



Hình 3.4. Sơ đồ thuật toán tìm bộ cắt tối thiểu bậc x

### 3.2. Phân tích đánh giá độ tin cậy cho một số mạch và hệ thống phanh trên xe Kamaz-5320

Như vậy, với các mô hình hướng mục tiêu của các mạch và hệ thống đã xây dựng, ta nhập các thông số mô hình vào chương trình máy tính đã xây dựng từ thuật toán ở phần trước và xác định được kết quả phân tích định lượng, phân tích định tính đối với mạch dẫn động điều khiển phanh công tác trong hai trường hợp: có khả năng sửa chữa phục hồi và không có khả năng sửa chữa phục hồi như Bảng 3.2 và Bảng 3.3.

Bảng 3.2. Kết quả phân tích định lượng của mạch dẫn động điều khiển phanh công tác

STT	Thời gian khảo sát (giờ)	Xác suất làm việc thành công của hệ thống	
		Hệ thống có khả năng sửa chữa phục hồi	Hệ thống không có khả năng sửa chữa phục hồi
1	0	1	1
2	50	0.992741	0.992292
3	300	0.947510	0.939244
4	600	0.877939	0.855736
5	1000	0.775184	0.732745

STT	Thời gian khảo sát (giờ)	Xác suất làm việc thành công của hệ thống	
		Hệ thống có khả năng sửa chữa phục hồi	Hệ thống không có khả năng sửa chữa phục hồi
6	2000	0.536456	0.456377
7	4000	0.244401	0.155393
8	6000	0.117462	0.051769
9	8000	0.061336	0.017595
10	10000	0.034685	0.006103

Bảng 3.3. Kết quả phân tích định tính của mạch dẫn động điều khiển phanh công tác

Số thứ tự toán tử	Phần tử hỏng	Xác suất hỏng của bộ cắt tối thiểu	
		Hệ thống có khả năng sửa chữa phục hồi	Hệ thống không có khả năng sửa chữa phục hồi
1	Máy nén khí	0.000720	0.000719
2	Đường ống dẫn (1 nhánh)	0.000290	0.000289
3	Van ổn định áp suất	0.003993	0.003992
4	Đường ống dẫn (1 nhánh)	0.000290	0.000289
5	Bộ chống đông	0.001400	0.001399
6	Đường ống dẫn (3 nhánh)	0.000310	0.000309
11	Tác động điều khiển của lái xe	0	0
12	Cần dẫn	0.000100	0.000999

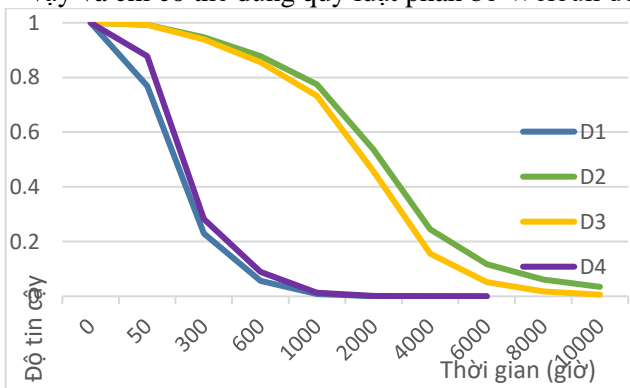
Tương tự, các kết quả phân tích định lượng, phân tích định tính hướng mục tiêu cho các mạch và toàn bộ hệ thống được trình bày trong Phụ lục 5 của luận án.

### 3.3. Đánh giá, nhận xét

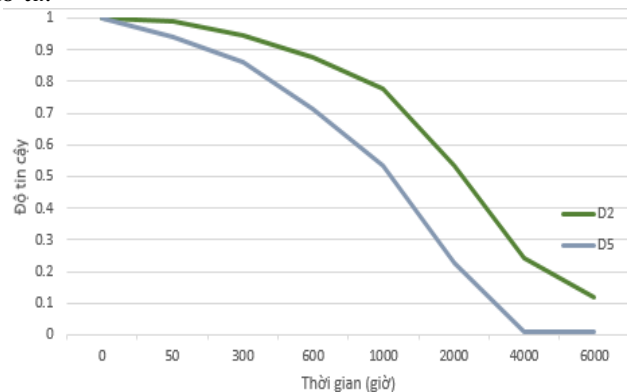
#### 3.3.1. Kết quả phân tích định lượng

Có thể đưa ra một số nhận xét, kết luận như sau:

1) Dù các phần tử trong các hệ thống đều được giả thiết có sự thay đổi độ tin cậy theo thời gian thuộc phân bố mũ. Tuy nhiên theo Hình 3.5, sự suy giảm độ tin cậy theo thời gian của các hệ thống lại phức tạp hơn vậy và chỉ có thể dùng quy luật phân bố Weibull để mô tả.



Hình 3.5. Sự suy giảm độ tin cậy của các hệ thống theo thời gian



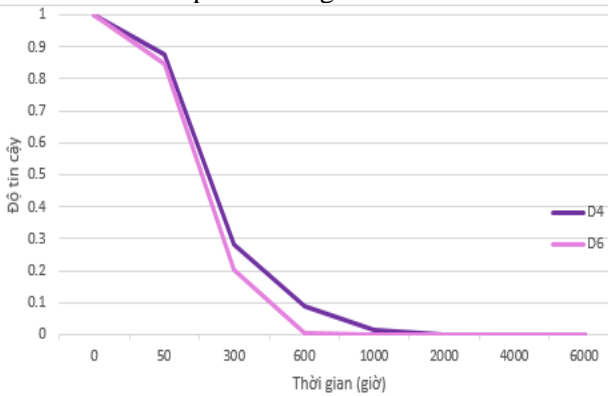
Hình 3.6. Suy giảm độ tin cậy của mạch dẫn động điều khiển phanh công tác khi dùng thuật toán khác nhau

Trong đó, các đường cong mô tả suy giảm độ tin cậy của các mạch, hệ thống:

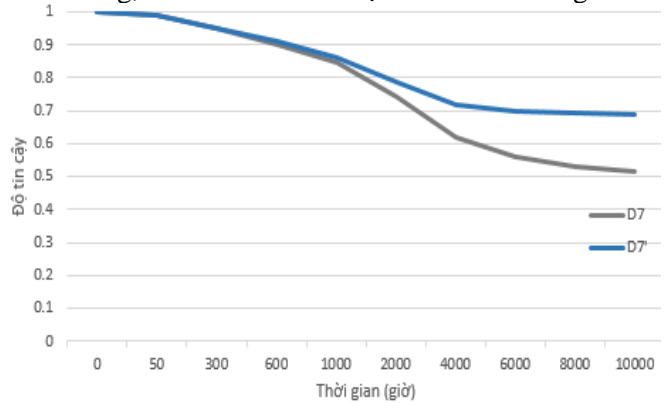
+ D1: Hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320.

+ D2: Mạch dẫn động điều khiển phanh phanh công tác có khả năng sửa chữa phục hồi

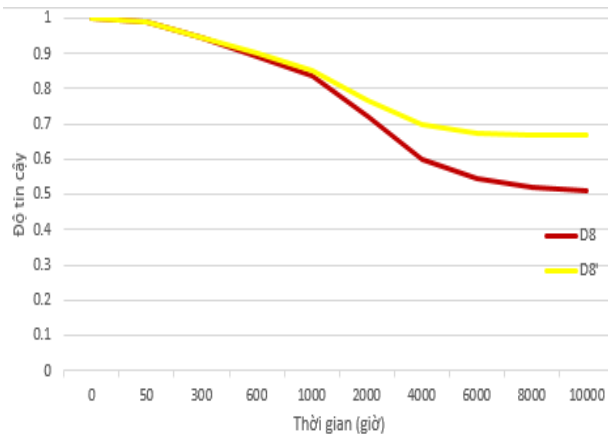
- + D3: Mạch dẫn động điều khiển phanh phanh công tác không có khả năng sửa chữa phục hồi
- + D4: Mạch phanh dự trữ và phanh dừng liên hợp rơ mooc
- + D5: Mạch dẫn động điều khiển phanh phanh công tác khi dùng thuật toán trực tiếp
- + D6: Mạch phanh dự trữ và phanh dừng liên hợp rơ mooc khi dùng thuật toán trực tiếp
- + D7: Cơ cấu phanh cầu trước với cường độ bảo dưỡng, sửa chữa theo số liệu thống kê.
- + D7': Cơ cấu phanh cầu trước với cường độ bảo dưỡng, sửa chữa theo số liệu điều chỉnh nâng cao.
- + D8: Cơ cấu phanh cầu giữa và cầu sau với cường độ bảo dưỡng, sửa chữa theo số liệu thống kê
- + D8': Cơ cấu phanh cầu giữa và cầu sau với cường độ bảo dưỡng, sửa chữa theo số liệu điều chỉnh nâng cao.



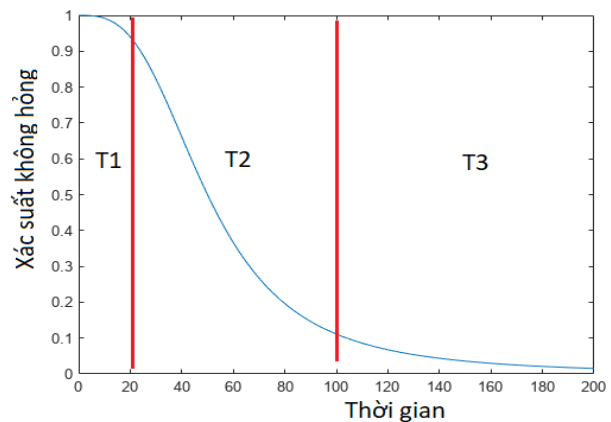
Hình 3.7. Suy giảm độ tin cậy của mạch phanh dự trữ và phanh dừng liên hợp rơ mooc



Hình 3.8. Suy giảm độ tin cậy của cơ cấu phanh cầu trước theo thời gian



Hình 3.9. Suy giảm độ tin cậy của cơ cấu phanh cầu giữa và cầu sau theo thời gian



Hình 3.10. Các khoảng thay đổi tốc độ suy giảm độ tin cậy hệ thống

2) Kích thước hệ thống càng lớn (hệ thống có càng nhiều phần tử) thì sự suy giảm độ tin cậy càng diễn ra nhanh chóng. Ở Hình 3.5, tại cùng một thời điểm khảo sát, giữa các hệ thống có kết cấu tương tự nhau thì hệ thống có kích thước lớn hơn luôn có độ tin cậy thấp hơn. Ngoài ra, với hệ thống có tín hiệu chia sẻ, nếu dùng thuật toán trực tiếp, sẽ gây ra sai số lớn khi tính toán xác định độ tin cậy của hệ thống. Sự sai lệch sẽ càng lớn khi tăng thời gian khảo sát hoặc tăng kích thước hệ thống, qua đồ thị trên Hình 3.6 khi mà độ dốc của đường D5 lớn hơn đường D2, độ dốc của đường D6 lớn hơn đường D4.

3) Đối với hệ thống có kết cấu dự phòng, và đặc biệt là hệ thống có cấu trúc chính dạng song song, độ tin cậy sẽ cao hơn và suy giảm chậm hơn hệ thống có cấu trúc chính dạng nối tiếp. Ở Hình 3.5, ta thấy toàn bộ hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320 (đường D1) mặc dù có nhiều cấu trúc song song nhưng do ta khảo sát hệ thống với giả thiết nguyên tắc làm việc thành công của hệ là làm việc tốt ở cả trạng thái phanh và không phanh nên công kết luận “AND” của hệ thống đã làm mở rộng yêu cầu của hệ và làm

giảm độ tin cậy của hệ với yêu cầu đang đặt ra. Trong khi đó, mạch dẫn động điều khiển phanh công tác (đường D2 và D3) chỉ khảo sát với yêu cầu hệ thống làm việc ở trạng thái phanh, mạch lại có cấu trúc song song và kích thước nhỏ hơn nhiều. Nên độ tin cậy của mạch này cao hơn hẳn.

4) Hệ thống có khả năng sửa chữa phục hồi, độ tin cậy sẽ suy giảm chậm hơn khi hệ không có khả năng sửa chữa phục hồi. Mức độ suy giảm độ tin cậy chậm hơn và giới hạn dưới của độ tin cậy hệ thống phụ thuộc vào đường tiệm cận dưới của đồ thị độ tin cậy. Đường tiệm cận đó là giá trị " $\mu/(\lambda+\mu)$ ". Để quan sát rõ đặc điểm này, luận án phân tích sự suy giảm độ tin cậy cho một số phần tử yếu trong hệ thống như trong Hình 3.8 và Hình 3.9. Ở cơ cấu phanh cầu trước, với cường độ hỏng 0,00018 lần/giờ và cường độ bảo dưỡng, sửa chữa theo thông kê là 0,00018 lần/giờ, độ tin cậy của cụm suy giảm về tiệm cận đường  $P_R = 0,5$ . Khi nâng cường độ bảo dưỡng, sửa chữa cụm lên 0,0004 lần/giờ, đặc tính suy giảm độ tin cậy của cụm đã được nâng lên, sự suy giảm tiệm cận về đường  $P_R \approx 0,069$ . Trong thực tế, việc nâng cường độ bảo dưỡng, sửa chữa của cụm còn phụ thuộc vào tính kinh tế, bởi bảo dưỡng, sửa chữa nhiều hơn đòi hỏi chi phí cao hơn.

Nhìn chung, ở các hệ thống, sự thay đổi tốc độ suy giảm độ tin cậy có thể chia làm 3 giai đoạn như Hình 3.11. Trong đó, độ tin cậy ở giai đoạn T1 suy giảm chậm sau đó nhanh dần ở giai đoạn T2 và chậm dần ở giai đoạn T3. Điều này được xác nhận bởi độ dốc đồ thị độ tin cậy các hệ thống ở trong mỗi giai đoạn. Ở bước chuyển tiếp từ giai đoạn T1 sang giai đoạn T2, tốc độ suy giảm độ tin cậy bắt đầu tăng mạnh, đây là thời điểm lý tưởng để thực hiện công tác bảo dưỡng, nâng cao độ tin cậy hệ thống.

### 3.3.2. Kết quả phân tích định tính

Kết quả phân tích định tính cho hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320 được trình bày trong Phụ lục 5 của luận án. Từ kết quả này có thể thấy, trong hệ thống được khảo sát, các cơ cấu phanh là là các bộ cất bậc 1 có xác suất hỏng lớn nhất. Đây là các phần tử yếu nhất trong hệ thống. Tương tự, với các kết quả phân tích định tính cho mạch điều khiển phanh công tác trong Bảng 3.3, van ổn định áp suất là bộ cất tối thiểu yếu nhất trong hệ thống.

## KẾT LUẬN CHƯƠNG 3

Nội dung nghiên cứu Chương 3 có thể tổng kết lại như sau:

- Khái niệm và bản chất của tín hiệu chia sẻ cũng như phát triển phương pháp khử ảnh hưởng sai lệch khi tính toán xác định độ tin cậy đối với hệ thống có chứa tín hiệu chia sẻ được phân tích rõ hơn.

- Xây dựng thành công thuật toán máy tính tổng quát giúp phân tích định lượng và phân tích định tính hướng mục tiêu cho hệ thống bất kỳ. Trong đó, ứng dụng hiệu quả kỹ thuật quay lui vào xây dựng thuật toán, cho phép khảo sát đầy đủ, chính xác các bộ tổ hợp tín hiệu chia sẻ cũng như bộ cất trong hệ thống. Nếu như áp dụng thuần túy các công thức thuật toán của phương pháp hướng mục tiêu để xây dựng ứng dụng máy tính phân tích đánh giá độ tin cậy cho một hệ thống, ứng dụng này sẽ chỉ phù hợp với hệ thống mà ta xây dựng. Như vậy, với mỗi hệ thống cần phân tích, người dùng phải điều chỉnh ứng dụng cho phù hợp với hệ thống cần phân tích. Với thuật toán được xây dựng trong chương này, các ứng dụng máy tính, công cụ nhúng có thể được thiết lập, cho phép người dùng tránh được nhược điểm này

- Thuật toán thu được cho phép phân tích đạt hiệu suất cao hơn so với việc ứng dụng thuần túy các thuật toán của phương pháp hướng mục tiêu trong phân tích định lượng và phân tích định tính. Kết quả cho thấy phân tích sử dụng bước lọc giúp phân tích định lượng hệ thống mất thời gian tính toán chỉ vào khoảng 10 giây, trong khi đó, nếu không sử dụng bộ lọc thì có thể mất đến hàng giờ. Đối với các hệ thống có kích thước càng lớn, giá trị và ý nghĩa của thuật toán càng được thể hiện rõ hơn.

- Độ tin cậy của hệ thống phanh nói riêng và các hệ thống nói chung chịu ảnh hưởng của một số yếu tố đặc trưng như: Kích thước hệ thống, kết cấu dự phòng, tính chất "(không) có khả năng sửa chữa phục

hồi”,...Độ tin cậy của hệ thống cao hơn và có sự suy giảm diễn ra chậm hơn khi: Giảm kích thước hệ thống (giảm số phần tử của hệ thống); Hệ thống có kết cấu chính dạng song song; Tăng số lượng kết cấu dự phòng tại các vị trí yếu trong hệ thống; Tăng cường độ bảo dưỡng, sửa chữa của các phần tử trong hệ thống.

## CHƯƠNG 4. THỰC NGHIỆM ĐÁNH GIÁ

### 4.1. Mục đích thực nghiệm

- Xác định hư hỏng của hệ thống và các phần tử trong hệ làm cơ sở đánh giá và kiểm chứng kết quả phân tích định tính lý thuyết như trong Bảng 3.3.

- Xác định thời gian đến hỏng (Time to failure – TTF) tại từng chế độ thực nghiệm để ước lượng độ tin cậy của hệ thống trong một chu kỳ tuổi thọ, kiểm chứng kết quả tính toán định lượng lý thuyết theo Bảng 3.2.

### 4.2. Cơ sở lý thuyết đánh giá độ tin cậy bằng phương pháp thực nghiệm

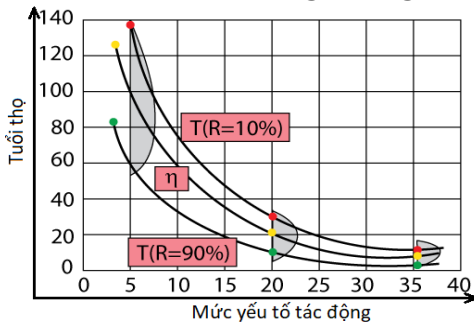
#### 4.2.1. Khái niệm thực nghiệm gia cường

*Thực nghiệm gia cường* là phương pháp thực nghiệm sử dụng các trang, thiết bị để tạo ra các điều kiện sử dụng khác bình thường của sản phẩm. Trong đó, một hoặc nhiều điều kiện chính có thể điều chỉnh tăng cường nhằm thúc đẩy nhanh vòng đời sản phẩm, từ đó giúp thu thập thông tin về độ tin cậy sản phẩm nhanh hơn.

#### 4.2.2. Các phương pháp gia cường

Có 03 phương pháp gia cường: Gia cường cường độ sử dụng, gia cường các yếu tố tác động làm việc, gia cường tốc độ lão hoá sản phẩm. Trong đó, luận án sử dụng phương pháp gia cường cường độ sử dụng, thực nghiệm hệ thống với cường độ làm việc tăng cao so với điều kiện bình thường nhằm thu thập sớm dữ liệu tuổi thọ của hệ thống. Hạn chế của phương pháp gia cường cường độ sử dụng là không thể áp dụng với các sản phẩm có cường độ sử dụng bình thường cao, khi ấy, phương pháp này tỏ ra không hiệu quả do tỉ lệ thời gian thực nghiệm so với tuổi thọ sản phẩm là nhỏ. Do đó, phương pháp này chỉ áp dụng với các sản phẩm, hệ thống có cường độ sử dụng bình thường thấp.

#### 4.2.3. Mô hình toán trong thực nghiệm gia cường



Hình 4.1. Quan hệ tuổi thọ - yếu tố tác động theo mô hình nghịch đảo lũy thừa

#### 4.2.4. Phương pháp ước lượng tham số

\* *Phương pháp bình phương nhỏ nhất*

Ý tưởng cơ bản của phương pháp là xác định đường cong lý thuyết sao cho khoảng cách từ các điểm đo thực nghiệm đến đường ước lượng là nhỏ nhất. Nó được xác định bằng cách sử dụng  $\rho$  - ước lượng tương quan cho mẫu:

$$\hat{\rho} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i y_i - \frac{\sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N y_i}{N}}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^N x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N x_i)^2}{N}\right) \left(\sum_{i=1}^N y_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N y_i)^2}{N}\right)}} \quad (4.13)$$

Mô hình toán sử dụng cho phương pháp gia cường cường độ sử dụng là mô hình nghịch đảo lũy thừa, được biểu diễn bằng phương trình toán sau:

$$L(V) = K \cdot V^{-n} \quad (4.1)$$

Theo phương trình (2.19), quan hệ tuổi thọ - yếu tố tác động trong trường hợp này có dạng đường cong như Hình 4.1

### 4.3. Xác định không gian mẫu và chế độ thực nghiệm

#### 4.3.1. Các dạng hỏng và yếu tố tác động gây hỏng chính

Ta dùng phương pháp FTA xác định được các hư hỏng chính của hệ thống. Các kết quả này cùng yếu tố gây hỏng chính được tổng hợp trong Bảng 4.1

Bảng 4.1. Ảnh hưởng của yếu tố tác động tới hư hỏng hệ thống

STT	Yếu tố tác động	Ảnh hưởng đến tuổi thọ hệ thống	Hư hỏng điển hình
1	Độ ẩm	- Điều kiện gây oxi hoá bề mặt các chi tiết kim loại làm thay đổi cơ lý tính của chi tiết - Gây đọng nước trong hệ thống khí nén, nước hoà tan oxit axit làm hư hỏng cao su	- Giảm hiệu suất nén khí - Tắc đường ống dẫn - Gãy lò xo - Kẹt van
2	Nhiệt độ	- Điều kiện làm tăng mức độ oxi hoá chi tiết kim loại. - Giãn nở cao su, tăng tốc lão hóa cao su	- Sai lệch vị trí làm việc - Rò khí nén
3	Tần suất hoạt động	- Mỏi lò xo trong các phần tử của hệ - Mòn các bề mặt làm việc	

#### 4.3.2. Xác định không gian mẫu và chế độ thực nghiệm

##### a) Xác định điều kiện làm việc bình thường

Bảng 4.2 trình bày đặc điểm sử dụng của xe Kamaz-5320. Từ đây có thể thấy, trung bình, xe Kamaz-5320 hoạt động ở tốc độ 40km/h với tần suất đạp phanh 300 lần mỗi 100km. Như vậy, tần suất đạp phanh trung bình ở điều kiện bình thường là khoảng 2 lần/phút.

Bảng 4.2. Thống kê tần suất đạp phanh của xe Kamaz-5320 trong điều kiện hoạt động bình thường tại Miền Bắc Việt Nam

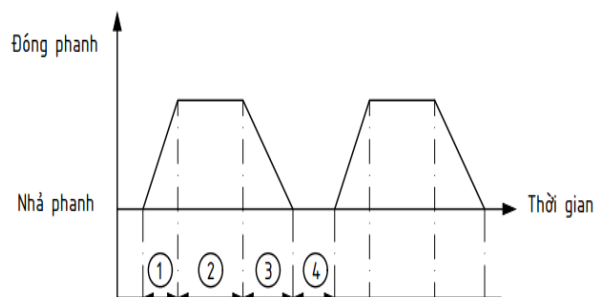
Điều kiện đường	Mức độ sử dụng	Tốc độ (km/h)	Số lần phanh / 100km
Đường nhựa khu dân cư thưa thớt	27%	60-80	10-30
Lên dốc vừa	18%	20-38	160-170
Đường núi quanh co	19%	20-26	100-140
Xuống dốc quanh co	8%	20	730-1280
Đường thành phố	28%	30-40	570-770

##### b) Xác định không gian mẫu và chế độ thực nghiệm

Dựa vào tài liệu [27] và điều kiện thực tế, luận án lựa chọn tối thiểu 03 chế độ thực nghiệm, 20 mẫu / 01 chế độ. Các chế độ thực nghiệm được mô tả như Bảng 4.3 và Hình 4.10 bên dưới.

Bảng 4.3. Thông số chu trình tín hiệu điều khiển phanh

Chế độ tải	Tần suất làm việc (số lần/phút)	Thời gian (giây)			
		Đóng phanh (1)	Giữ phanh (2)	Nhả phanh (3)	Nghỉ (4)
1	4	2	1	0,2	11,8
2	5	2	1	0,2	8,8
3	6	2	1	0,2	6,8



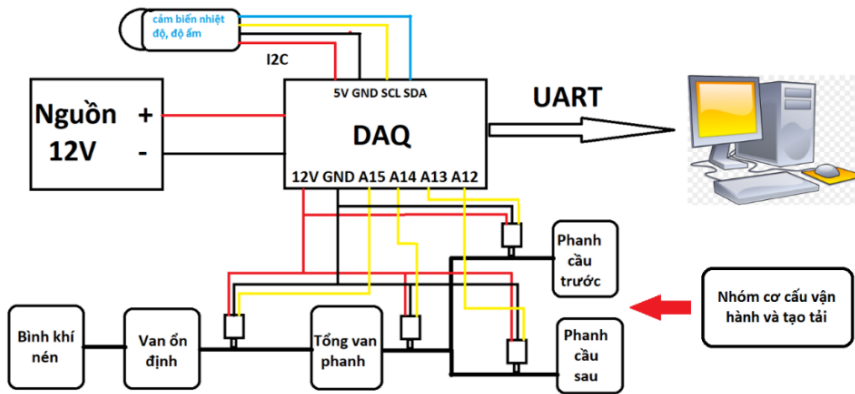
Hình 4.10. Chu trình tín hiệu điều khiển phanh

### 4.4. Điều kiện đánh giá hệ thống

- Khi đạp phanh hết hành trình, áp suất khí nén tại các bầu phanh đều thấp hơn 0,6 MPa.
- Van ổn định áp suất hỏng khi áp suất đầu ra của van thấp hơn 0,6 MPa, đồng thời áp suất đầu vào của van bằng với áp suất máy nén khí và đạt giá trị không nhỏ hơn 0,6 MPa.

## 4.5. Xây dựng buồng thực nghiệm

### 4.5.1. Hệ thống và thiết bị thực nghiệm



Hình 4.2. Sơ đồ hệ thống thực nghiệm



Hình 4.3. Sa bàn hệ thống phanh khí nén nhiều dòng của xe Kamaz-5320

Luận án đã xây dựng buồng thực nghiệm gia cường với sơ đồ hệ thống được mô tả như Hình 4.2. Trong đó, hệ thống thực nghiệm gồm 5 thành phần: Sa bàn hệ thống phanh, nhóm thiết bị vận hành và tạo tải, các cảm biến, mạch DAQ, máy tính, buồng thử.

### 4.5.2. Quy trình thực nghiệm

- Bước 1: Thiết lập điều kiện tải: Nhiệt độ, độ ẩm, tần suất đạp phanh
- Bước 2: Chạy hệ thống, thực hiện phanh tới khi mạch phanh hỏng
- Bước 3: Dừng hệ thống, bảo dưỡng, sửa chữa mạch phanh
- Bước 4: Khi hệ thống chưa đủ 20 lần hỏng, quay về bước 2. Ngược lại, thay mức tải và quay về bước 1.

## 4.6. Thu thập và xử lý kết quả thực nghiệm

### 4.6.1. Xác định phân bố dữ liệu thực nghiệm

Trong thực nghiệm này, tất cả 20 mẫu thực nghiệm đã được thử ở ba chế độ tải cho tới khi xuất hiện hư hỏng. Dữ liệu về thời gian đến hỏng (Time to failure - TTF) thu được từ thực nghiệm được trình bày trong Bảng 4.4. Sử dụng hàm *scipy.stats.fit* có sẵn trong thư viện *SciPy v1.10* của Python xác định các thông số cơ bản của mỗi phân bố sao cho phân bố đó mô tả gần nhất với bộ dữ liệu đã cho. Đồng thời, tính giá trị hệ số tương quan logarit cho từng kiểu phân bố (Bảng 4.5). Có thể thấy, đối với dữ liệu thu được ở cả ba chế độ tải, phân bố phù hợp nhất (với giá trị  $\log \log \text{likelihood}$  lớn nhất) đều là phân bố weibull. Ước lượng tham số tỉ lệ  $T$  và tham số hình dạng  $b$  với khoảng tin cậy 95% cho các phân bố weibull ở từng chế độ tải được cho trong Bảng 4.6. Quan sát định tính về sự phù hợp của dữ liệu thống kê và phân bố phù hợp được cho trên Hình 4.16, Hình 4.17 và Hình 4.18.

Bảng 4.5. Giá trị Log Likelihood cho các kiểu phân bố xác suất theo dữ liệu thực nghiệm

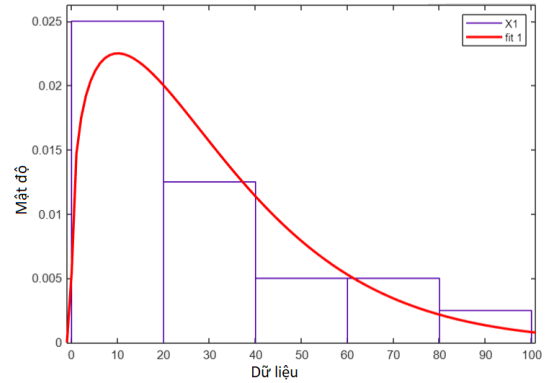
Phân bố Chế độ tải	Chuẩn	Mũ	Logarit	Weibull
	(1)	-92,37	-88,15	-87,86
(2)	-91,74	-87,26	-87,69	-85,13
(3)	-93,14	-89,25	-87,32	-86,45

Bảng 4.6. Ước lượng tham số cho phân bố weibull theo dữ liệu thực nghiệm

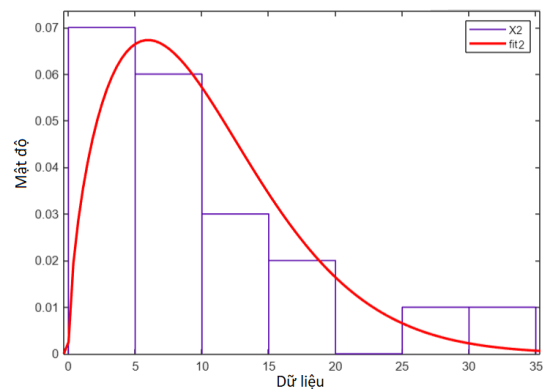
Tham số Chế độ tải	Tham số tỉ lệ $\hat{T}$	Tham số hình dạng $\hat{b}$
	(1)	38,1
(2)	8,9	1,24
(3)	6,8	1,13

Bảng 4.4. Dữ liệu thực nghiệm ở các chế độ tải

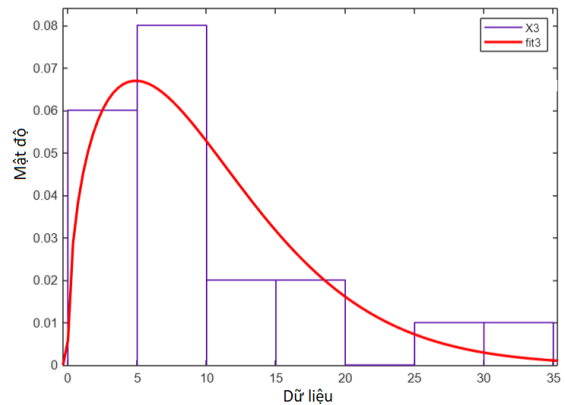
STT	Thời gian đến hỏng (giờ)		
	Chế độ tải (1)	Chế độ tải (2)	Chế độ tải (3)
1	5,0	4,8	4,6
2	14,3	4,9	5,7
3	10,9	15,1	4,9
4	11,6	5,5	18,7
5	28,7	8,2	25,3
6	15,3	16,9	10,6
7	47,6	13,9	5,0
8	13,1	12,0	5,8
9	80,9	4,8	4,6
10	36,9	6,7	5,7
11	73,9	4,9	7,6
12	59,3	10,2	5,6
13	8,3	30,6	4,8
14	13,6	5,2	34,4
15	33,8	9,7	4,9
16	5,1	4,6	16,9
17	79,4	4,9	6,7
18	26,0	7,3	12,0
19	29,4	25,0	8,9
20	10,6	4,5	4,8



Hình 4.16. Phân bố weibull ước lượng (đường fit 1) và thống kê dữ liệu thực nghiệm ở chế độ (1)



Hình 4.17. Phân bố weibull ước lượng (đường fit 2) và thống kê dữ liệu thực nghiệm ở chế độ (2)



Hình 4.18. Phân bố weibull ước lượng (đường fit 3) và thống kê dữ liệu thực nghiệm ở chế độ (3)

#### 4.6.2. Xác định quan hệ tuổi thọ - yếu tố tác động

Đặt  $TTF_i$  là thời gian đến hỏng của hệ thống tại chế độ tải ( $i$ ). Theo như đã phân tích,  $TTF_i$  có mô tả:

$$TTF_i \sim Weibull(T_i; b_i) \quad (4.1)$$

Hầu hết trong nghiên cứu, phân bố weibull có tham số hình dạng  $b$  có thể xem như không đổi theo yếu tố tác động với khoảng tin cậy 95%. Điều này cũng dễ thấy trong kết quả ước lượng tại các chế độ thực nghiệm khác nhau trong Bảng 4.6. Lúc này, thời gian đến hỏng của hệ thống chỉ còn phụ thuộc vào tham số tỉ lệ  $T$ :

$$T_i = K \cdot V_i^{-n} \quad (4.2)$$

#### 4.6.3. Ước lượng tham số



Sử dụng hàm `scipy.optimize.curve_fit` trong thư viện `SciPy v1.10` của Python để ước lượng  $K$  và  $n$ . Giá trị ước lượng với khoảng tin cậy 95% được xác định như trong Bảng 4.7. Kết quả được mô tả bằng đồ thị như trong Hình 4.19

Bảng 4.17. Ước lượng tham số phương trình quan hệ nghịch đảo lũy thừa

Tham số	Biên dưới	Điểm ước lượng	Biên trên
$\hat{K}$	17595	176080	176323
$\hat{n}$	5,962	6,102	6,415

#### 4.6.4. Ước lượng độ tin cậy

Từ giá trị  $\hat{K}$  và  $\hat{n}$  đã ước lượng ở trên, thay vào phương trình (4.2), ta xác định được tham số tỉ lệ  $T = 2554$  cho thống kê thời gian đến hỏng ở điều kiện hoạt động bình thường ( $V=2$  lần/phút). Bởi tham số hình dạng là không đổi theo yếu tố tác động với khoảng tin cậy 95%, giá trị tham số hình dạng được lấy bằng trung bình các giá trị ước lượng ở các chế độ tải khác nhau  $\bar{b} = 1,21$ . Từ đây, ta xác định được độ tin cậy của hệ thống tại một số thời điểm cho trong Bảng 4.8.

Bảng 4.8. Độ tin cậy hệ thống theo kết quả thực nghiệm gia cường

TT	Thời gian khảo sát (giờ)	Độ tin cậy hệ thống
1	0	1
2	50	0,991466
3	300	0,927821
4	600	0,840876
5	1000	0,725017
6	2000	0,475261
7	4000	0,178905
8	6000	0,060158
9	8000	0,018665
10	10000	0,005434

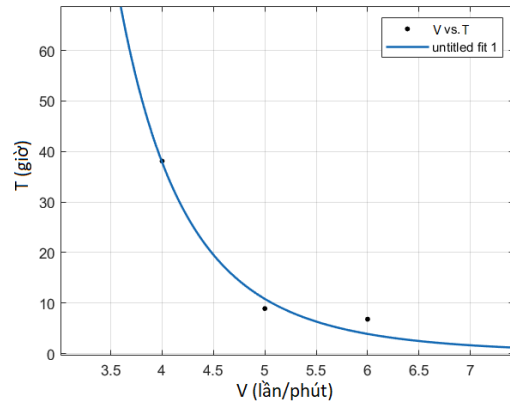
## 4.7. Đánh giá, so sánh kết quả

### 4.7.1. Đánh giá kết quả định tính

Tổng cộng ta có 60 quan sát về sự hư hỏng của hệ thống và nguyên nhân gây hư hỏng. Thống kê này được trình bày trong Bảng 4.9. Từ thống kê trên có thể thấy, van ổn định áp suất là phần tử yếu nhất trong hệ thống, thường xuyên hỏng nhất và hư hỏng của van dẫn đến hư hỏng toàn hệ thống. Đặc điểm này hoàn toàn phù hợp với kết quả phân tích định tính hướng mục tiêu.

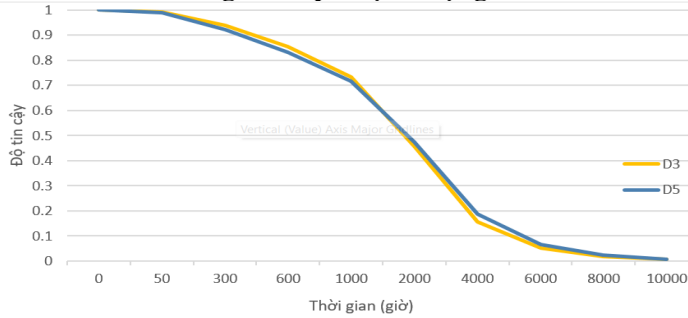
Bảng 4.9. Thống kê tần suất hỏng của phần tử yếu trong hệ thống

STT	Phần tử gây hỏng hệ thống	Số mẫu hỏng	Chế độ tải
1	Van ổn định áp suất	14	(1)
		16	(2)
		13	(3)
2	Van phanh hai tầng	5	(1)
		2	(2)
		5	(3)
3	Đường ống dẫn (3 nhánh)	1	(1)
		2	(2)
		2	(3)



Hình 4.19. Ước lượng phi tuyến cho các điểm dữ liệu thực nghiệm

#### 4.7.2. Đánh giá kết quả định lượng



Hình 4.20. Sự suy giảm của độ tin cậy mạch dẫn động điều khiển phanh công tác trên xe Kamaz-5320 theo tính toán lý thuyết và theo thực nghiệm

trong Bảng 4.10. Nhận thấy, sai số tương đối chỉ ở mức 13,76%, hệ số tương quan đạt 0,84, cho thấy kết quả thực nghiệm và lý thuyết rất sát nhau. Hiệu quả ứng dụng phương pháp hướng mục tiêu đã được kiểm chứng rõ ràng.

Bảng 4.4. Kết quả tính toán RRMSE và hệ số tương quan giữa lý thuyết và thực nghiệm

Thông số	RRMSE	Hệ số tương quan
$P_R(t)$	13,76%	0,84

### KẾT LUẬN CHƯƠNG 4

- Giới thiệu đầy đủ quy trình thiết kế và xử lý số liệu thực nghiệm gia cường. Từ xác định kích thước mẫu, chế độ thực nghiệm cho đến thu thập số liệu, xác định mô hình toán, xử lý số liệu và ước lượng độ tin cậy. Có thể thấy rằng, trên thực tế, một hệ thống phải chịu tác động gây hỏng từ rất nhiều yếu tố khác nhau. Đối với các hệ thống phức tạp thì lượng yếu tố tác động gây hỏng lại càng lớn. Bên cạnh đó, việc ước lượng độ tin cậy cho cả hệ thống phức tạp, nhiều loại chi tiết, có khả năng sửa chữa phục hồi là rất phức tạp. Do đó, để thực nghiệm gia cường có hiệu quả, đạt được sự phù hợp cân đối giữa tính kỹ thuật và tính kinh tế, cần lựa chọn giả thiết thực nghiệm, giả thiết tính toán phần lý thuyết phù hợp.

- Xác định được các dạng hỏng phổ biến của hệ thống và các loại yếu tố tác động chính gây ra các hư hỏng này. Từ đó, xác định kích thước không gian mẫu và chế độ thực nghiệm phù hợp. Thông qua thực nghiệm, xác định đặc tính hỏng của hệ thống, khẳng định kết quả phân tích lý thuyết về phân tử yếu trong hệ thống.

- Xử lý số liệu thực nghiệm bằng các công cụ có sẵn của thư viện SciPy, ước lượng được hàm độ tin cậy của hệ thống. Để so sánh và đánh giá kết quả thực nghiệm với kết quả tính toán lý thuyết, chương 4 đã tính toán sai số tương đối và hệ số tương quan. Kết quả cho thấy, hệ số tương quan Pearson đạt 0,84 và RRMSE chỉ ở mức 13,76%. Điều này chứng tỏ các kết quả tính toán lý thuyết rất sát với kết quả thu được từ thực nghiệm, hiệu quả của phương pháp hướng mục tiêu là rất lớn trong công tác phân tích, đánh giá độ tin cậy cho các hệ thống.

### KẾT LUẬN CHUNG

“Nghiên cứu đánh giá độ tin cậy hệ thống phanh ô tô đặc chủng trong quá trình khai thác ở điều kiện Miền Bắc Việt Nam” là nội dung quan trọng, có ý nghĩa lớn trong công tác khai thác sử dụng các dòng xe đặc chủng để đạt hiệu quả kinh tế - kỹ thuật cao nhất, đóng góp lớn cho sự phát triển của khoa học độ tin cậy tại Việt Nam. Để nghiên cứu đánh giá độ tin cậy của các hệ thống phức tạp, quan trọng như: các tổ hợp nhà máy điện hạt nhân, hệ thống điện-thủy lực phức hợp điều khiển các bộ phóng tên lửa, phương pháp hướng mục tiêu đã được lựa chọn và cho thấy hiệu quả cao tại một số cường quốc nhưng chưa từng được nghiên cứu tại Việt Nam. Trên cơ sở lý thuyết độ tin cậy, phương pháp hướng mục tiêu và phương pháp thử nghiệm gia cường,

luận án đã tiến hành phân tích đánh giá được độ tin cậy của các phần tử và của cả hệ thống phanh khí nén trên ô tô đặc chủng khai thác trong điều kiện Miền Bắc Việt Nam. Kết quả nghiên cứu của luận án đã đóng góp được các kết quả chính sau đây:

1. Từ tổng quan vấn đề nghiên cứu, Luận án đã lựa chọn phương pháp hướng mục tiêu, trình bày cơ sở lý thuyết của phương pháp với những nội dung và quy trình rõ ràng. Cụ thể, luận án đã trình bày về mô hình hướng mục tiêu, các thành phần cơ bản và cách thiết lập mô hình; các thuật toán, quy trình phân tích định lượng, phân tích định tính khi đánh giá độ tin cậy. Dựa trên cơ sở lý thuyết phương pháp hướng mục tiêu, luận án đã đề xuất và xây dựng thành công thuật toán tổng quát giúp phân tích định lượng và phân tích định tính cho hệ thống vật lý phức hợp bất kỳ. Trong đó, ứng dụng hiệu quả kỹ thuật quay lui vào xây dựng thuật toán, qua đó cho phép khảo sát đầy đủ, chính xác các bộ tổ hợp tín hiệu chia sẻ cũng như bộ cắt trong hệ thống. Thuật toán đề xuất trong luận án giúp giảm thiểu tối đa thời gian tính toán nhờ sử dụng bước lọc toán tử. Giá trị và ý nghĩa của thuật toán càng tỏ ra quan trọng khi phân tích cho các hệ thống có kích thước càng lớn.

2. Xây dựng được mô hình hướng mục tiêu cho hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320 và ứng dụng thuật toán nêu trên để phân tích, đánh giá độ tin cậy cho hệ thống và cho các phần tử trong hệ thống với dữ liệu thống kê hư hỏng của đối tượng khảo sát khi các đối tượng này được khai thác trong điều kiện Miền Bắc Việt Nam. Bên cạnh đó, các hệ thống thành phần của hệ thống này cũng được phân tích với các giả thiết khác nhau để đưa ra đánh giá về ảnh hưởng của các đặc điểm hệ thống đến sự suy giảm độ tin cậy của toàn bộ hệ thống và của các phần tử cấu thành hệ thống phanh khí nén nhiều dòng.

3. Nghiên cứu ứng dụng phương pháp thực nghiệm gia cường và xây dựng hệ thống trang thiết bị thử nghiệm gồm: sa bàn mô hình vật lý thực hệ thống phanh khí nén nhiều dòng bao gồm phần dẫn động phanh và cơ cấu phanh cho phép khảo sát các chế độ hoạt động của cả hệ thống và phần tử tương tự trên xe thực; buồng thực nghiệm cho phép khởi tạo và thay đổi các yếu tố tác động nhằm tạo ra điều kiện môi trường tương tự trong điều kiện khai thác ở Miền Bắc Việt Nam; hệ thống các cảm biến, bộ thu thập dữ liệu, máy tính cho phép đo, ghi xử lý kết quả thử nghiệm liên tục trong suốt thời gian tiến hành thử nghiệm. Với các trang thiết bị đó, luận án thực nghiệm thành công đối với mạch dẫn động điều khiển phanh công tác. Kết quả của thực nghiệm sau đó được so sánh, đánh giá với kết quả lý thuyết bằng cách quan sát đặc tính hỏng, phần tử yếu của hệ thống (đối với phân tích định tính) và bằng sai số tương đối, hệ số tương quan (đối với phân tích định lượng). Phân tích cho thấy, kết quả định tính hoàn toàn phù hợp với tính toán lý thuyết, kết quả định lượng có RRMSE khá nhỏ, ở mức 13,76% và hệ số tương quan giữa kết quả lý thuyết và thực nghiệm đạt 0,84.

Với những kết quả đã đạt được, luận án đưa ra một số hướng phát triển tiếp theo như sau:

1. Thực nghiệm xác thực các hướng giải pháp nâng cao độ tin cậy cho các hệ thống như: Xây dựng hệ thống với kết cấu chính dạng song song; Các phần tử trong hệ cần được sửa chữa mới hoặc thay thế định kỳ; Tăng cường độ bảo dưỡng, sửa chữa hệ thống cho phù hợp với đặc thù sử dụng, khoảng thời gian cần tăng cường độ là khi độ dốc của đồ thị độ tin cậy bắt đầu tăng mạnh. Đồ thị này được xác định thông qua phân tích định lượng hệ thống; Đối với các vị trí phần tử yếu trong hệ thống, nên tăng cường tần suất (giảm chu kỳ) sửa chữa, thay thế cụm, chi tiết hoặc xây dựng kết cấu dự phòng. Phương án lựa chọn cần căn cứ thêm vào tính kinh tế khi phát triển hệ thống. Để xác định các phần tử yếu và thứ tự ưu tiên quan tâm trong hệ thống dựa vào các kết quả xác định bộ cắt tối thiểu bậc 1 và xác suất hỏng của các bộ cắt tối thiểu.

2. Nghiên cứu bổ sung các toán tử hướng mục tiêu để mô tả chính xác hơn các kiểu phần tử, kết cấu đa dạng trong hệ thống như: kết cấu liên hệ phản hồi, kết cấu “k-out-of-m”,...

3. Nghiên cứu tối ưu phân bổ độ tin cậy cho hệ thống dựa trên phương pháp hướng mục tiêu, củng cố thêm cơ sở khoa học cho công tác nâng cao chất lượng khai thác ô tô đặc chủng cũng như các sản phẩm, hệ thống quan trọng khác.

