



DEVELOPMENT OF COMPUTER PROGRAMS TO TEST NONPARAMETRIC HYPOTHESES IN RAILWAY VEHICLE RELIABILITY ASSESSMENT

Duc Toan Nguyen, Duc Tuan Do*

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

ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 17/06/2023

Revised: 20/03/2024

Accepted: 31/03/2024

Published online: 15/04/2024

<https://doi.org/10.47869/tcsj.75.3.6>

* *Corresponding author*

Email: ddtuan@utc.edu.vn; Tel: 0913 905 814

Abstract: In assessing the reliability of objects in general and railway vehicles in particular, it is necessary to determine sample characteristics such as mean, variance, standard deviation, coefficient of variation, etc. When using a sample selected from a population, these characteristics are used to estimate the corresponding population characteristics. In addition, they are also considered as statistical hypotheses and it is necessary to assess whether a certain hypothesis of the population is true or false. Concluding to reject or accept a hypothesis is called hypothesis testing. Statistical hypothesis tests are major problems of mathematical statistics, including parametric and nonparametric hypothesis testing, widely applied in many fields. Nevertheless, the application of these methods to assess mechanical object reliability in general and railway vehicles in particular for specific cases has been less studied. Thus, based on the theory of nonparametric statistical hypothesis testing, the corresponding calculation programs have been built and applied to solve several specific problems in the railway vehicle reliability assessment.

Keywords: program development, hypothesis testing, nonparametric, reliability assessment, railway vehicle.

@2024 University of Transport and Communications



XÂY DỰNG CHƯƠNG TRÌNH KIỂM ĐỊNH GIẢ THUYẾT THỐNG KÊ PHI THAM SỐ TRONG ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY CỦA PHƯƠNG TIỆN ĐƯỜNG SẮT

Nguyễn Đức Toàn, Đỗ Đức Tuấn*

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

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 17/06/2023

Ngày nhận bài sửa: 20/03/2024

Ngày chấp nhận đăng: 31/03/2024

Ngày xuất bản Online: 15/04/2024

<https://doi.org/10.47869/tcsj.75.3.6>

* Tác giả liên hệ

Email: ddtuan@utc.edu.vn; Tel: 0913 905 814

Tóm tắt: Trong quá trình đánh giá độ tin cậy của các đối tượng nói chung và phương tiện đường sắt nói riêng, cần xác định các đặc trưng của mẫu như giá trị trung bình, phương sai, độ lệch chuẩn, hệ số biến động v.v. Khi sử dụng mẫu được chọn ra từ một tổng thể, các đặc trưng này được sử dụng để ước lượng các đặc trưng tương ứng của tổng thể, ngoài ra chúng còn được coi là một giả thuyết và cần phải đánh giá xem một giả thuyết nào đó của tổng thể là đúng hay sai. Việc tìm ra kết luận để bác bỏ hay chấp nhận một giả thuyết được gọi là kiểm định giả thuyết. Bài toán kiểm định giả thuyết thống kê là một bài toán lớn và quan trọng của thống kê toán học, bao gồm kiểm định giả thuyết thống kê có tham số và phi tham số, được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực. Tuy nhiên, việc ứng dụng các phương pháp này trong đánh giá độ tin cậy của các đối tượng cơ khí nói chung và phương tiện đường sắt nói riêng cho từng trường hợp cụ thể, còn ít được đề cập. Vì vậy, trên cơ sở lý thuyết kiểm nghiệm giả thuyết thống kê phi tham số, đã tiến hành xây dựng các chương trình tính toán tương ứng và ứng dụng các chương trình đó cho một số bài toán cụ thể trong quá trình đánh giá độ tin cậy của phương tiện đường sắt.

Từ khóa: xây dựng chương trình, kiểm định giả thuyết, phi tham số, đánh giá độ tin cậy, phương tiện đường sắt.

@ 2024 Trường Đại học Giao thông vận tải

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong quá trình đánh giá độ tin cậy của các đối tượng nói chung và phương tiện đường sắt nói riêng, cần thiết lập các quy luật phân bố xác suất của các đại lượng ngẫu nhiên có mặt trong tập tổng thể hoặc tập mẫu và xác định các đặc trưng bằng số của nó như giá trị trung

bình, phương sai, độ lệch chuẩn, hệ số biến động v.v. [1,2]. Khi sử dụng mẫu được chọn ra từ một tổng thể, các thông tin của nó có thể mô tả được đặc điểm của tổng thể, hoặc cũng có thể dùng để đánh giá một phỏng đoán hoặc một giả thuyết đã được giả định đối với tổng thể đó. Nói một cách khác, các đặc trưng của mẫu, ngoài việc sử dụng để ước lượng các đặc trưng của tổng thể còn được dùng để đánh giá xem một giả thuyết nào đó của tổng thể là đúng hay sai.

Việc đánh giá độ tin cậy của các đối tượng cơ khí nói chung và phương tiện đường sắt nói riêng đã được thể hiện trong nhiều công trình nghiên cứu [1-10]. Tuy nhiên, việc ứng dụng các phương pháp kiểm định giả thuyết thống kê trong đánh giá độ tin cậy của các đối tượng nói trên, đặc biệt là đối với phương tiện đường sắt, cho đến nay vẫn còn ít được đề cập.

Từ nhiều nguồn tài liệu khác nhau [11-18], thấy rằng có hai loại giả thuyết thống kê, đó là giả thuyết thống kê có tham số và giả thuyết thống kê phi tham số. Kiểm định giả thuyết thống kê tham số được phân ra: kiểm định giả thuyết một mẫu và kiểm định giả thuyết hai mẫu. Mặt khác, trong mỗi phép kiểm định lại phân ra: kiểm định một phía (phía trái hoặc phía phải) và kiểm định hai phía.

Nội dung bài báo đề cập tới phương pháp kiểm định giả thuyết thống kê phi tham số, từ đó tiến hành xây dựng các chương trình tính toán tương ứng và ứng dụng các chương trình đó trong quá trình đánh giá độ tin cậy của phương tiện đường sắt thông qua các bài toán cụ thể.

2. CƠ SỞ KIỂM ĐỊNH GIẢ THUYẾT THỐNG KÊ PHI THAM SỐ

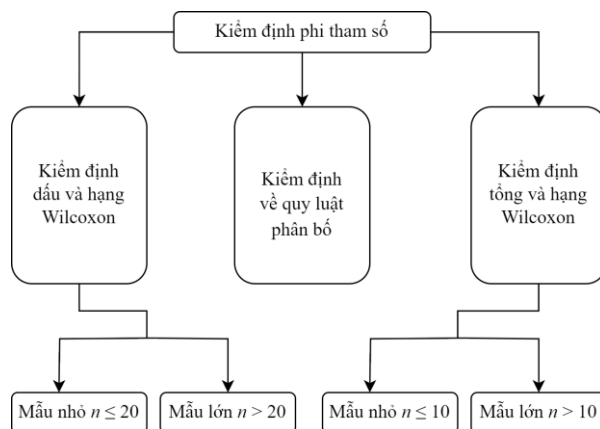
Kiểm định phi tham số (Nonparametric Tests) được sử dụng trong những trường hợp dữ liệu không có phân bố chuẩn, hoặc cho các mẫu nhỏ có ít đối tượng. Kiểm định phi tham số cũng được dùng cho dữ liệu định danh (nominal), dữ liệu thứ bậc (ordinal) hoặc dữ liệu khoảng (interval) không có phân bố chuẩn. Nhược điểm của kiểm định phi tham số là khả năng tìm ra được sự khác biệt kém, không mạnh như các phép kiểm tra có tham số (*T* student, phân tích phương sai...).

Các kiểm định phi tham số được sử dụng tương đương với các kiểm định có tham số thể hiện trong bảng 1 [11-18].

Bảng 1. So sánh kiểm định phi tham số và kiểm định tham số.

Kiểm định	Kiểm định có tham số	Kiểm định phi tham số
Kiểm định tương quan	Pearson	Spearman
Mẫu theo cặp	Phép kiểm định <i>T</i> với mẫu theo cặp	Kiểm định dấu và hạng Wilcoxon
Hai mẫu độc lập	Phép kiểm định <i>T</i> với hai mẫu độc lập	Kiểm định tổng và hạng Wilcoxon
Lớn hơn hai mẫu độc lập	ANOVA một chiều	Kiểm định Kruskal-Wallis

Trong bài báo này chỉ xét một số trường hợp điển hình sau: Kiểm định giả thuyết về quy luật phân bố của biến ngẫu nhiên liên tục, kiểm định dấu và hạng Wilcoxon và kiểm định tổng và hạng Wilcoxon. Sơ đồ tổng quát về kiểm định phi tham số được thể hiện trên hình 1.



Hình 1. Sơ đồ tổng quát về kiểm định giả thuyết phi tham số.

2.1. Kiểm định giả thuyết về quy luật phân bố của biến ngẫu nhiên liên tục

Ký hiệu quy ước: PTS1 - kiểm định phi tham số dạng 1.

Giả sử ta cần kiểm định một biến ngẫu nhiên liên tục X xem tuân theo quy luật phân bố nào như: phân bố chuẩn, logarit chuẩn, ... Dựa vào thông tin trên mẫu, đưa ra kết luận với mức ý nghĩa α .

Trình tự tiến hành như sau:

1. Phát biểu bài toán kiểm định:

H_0 : X tuân theo quy luật phân bố đã cho

H_1 : X không tuân theo quy luật phân bố đã cho.

2. Tính các xác suất: $p_i = P(x_{i-1} \leq X \leq x_i)$ là xác suất của X tại giá trị x_i .

3. Tính giá trị kiểm định:

$$\chi_{tt}^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i} \text{ với } k \text{ là số nhóm tính chất.}$$

4. Tìm giá trị giới hạn: $\chi_{k-r-1, \alpha}^2$ theo bảng phân bố “*khi bình phương*” [1,2] với r là số tham số cần ước lượng của quy luật phân bố cần kiểm định, với quy luật phân bố chuẩn thì $r = 2$.

5. Nếu $\chi_{tt}^2 > \chi_{k-r-1, \alpha}^2$ thì bác bỏ H_0 và ngược lại.

2.2. Kiểm định dấu và hạng Wilcoxon

Khi kiểm định giá trị trung bình của một biến ngẫu nhiên X trên một tổng thể dựa vào giả thuyết biến X có luật phân bố chuẩn, người ta tiến hành so sánh các giá trị $\mu = \mu_0$. Tuy nhiên, khi giả thuyết này bị vi phạm, đồng nghĩa với biến X không tuân theo luật phân bố chuẩn, khi đó, việc kiểm định giả thuyết về giá trị trung bình thông qua việc so sánh $\mu = \mu_0$ sẽ không còn phù hợp nữa. Thay vào đó người ta sẽ lựa chọn giá trị đại diện tốt hơn cho biến X đó là trung vị, Median(X). Trước khi đi vào phương pháp này, cần định nghĩa hạng (rank) của phần tử.

Giả sử ta có một dãy các số thực được xếp thứ tự tăng dần, trong dãy này không có giá trị nào bằng nhau: $x_1 < x_2 < \dots < x_n$. Khi đó: $rank(x_1) = 1, rank(x_2) = 2, \dots, rank(x_n) = n$. Nếu các phần tử có giá trị bằng nhau thì hạng của nó là hạng trung bình của các phần tử kế tiếp nhau.

2.2.1. Khi cỡ mẫu lớn

Ký hiệu quy ước: PTS2 - kiểm định phi tham số dạng 2.

Khi cỡ mẫu lớn $n > 20$, các bước kiểm định được thực hiện theo các trường hợp như trong bảng 2 [11-18].

Bảng 2. Tóm tắt các trường hợp kiểm định dấu và hạng Wilcoxon với cỡ mẫu lớn.

TT	Nội dung	Dạng kiểm định		
		1	2	3
		Phía phải	Phía trái	Hai phía
1	Đặt giả thuyết	$\begin{cases} H_0 : Median(X) \leq d_0 \\ H_1 : Median(X) > d_0 \end{cases}$	$\begin{cases} H_0 : Median(X) \geq d_0 \\ H_1 : Median(X) < d_0 \end{cases}$	$\begin{cases} H_0 : Median(X) = d_0 \\ H_1 : Median(X) \neq d_0 \end{cases}$
2	Kiểm định	$W_u = \sum R^+$	$W_u = \sum R^-$	$W_u = \min(\sum R^+, \sum R^-)$
3	Quyết định bác bỏ H_0 khi	$Z_u > Z_\alpha$	$Z_u < -Z_\alpha$	$Z_u > Z_{\alpha/2}$ hoặc $Z_u < -Z_{\alpha/2}$

2.2.2. Khi cỡ mẫu nhỏ

Ký hiệu quy ước: PTS3 - kiểm định phi tham số dạng 3.

Khi cỡ mẫu nhỏ $n \leq 20$, các bước kiểm định được thực hiện theo các trường hợp như trong bảng 3 [11-18].

Bảng 3. Tóm tắt các trường hợp kiểm định dấu và hạng Wilcoxon với cỡ mẫu nhỏ.

TT	Nội dung	Dạng kiểm định		
		1	2	3
		Phía phải	Phía trái	Hai phía
1	Đặt giả thuyết	$\begin{cases} H_0 : Median(X) \leq d_0 \\ H_1 : Median(X) > d_0 \end{cases}$	$\begin{cases} H_0 : Median(X) \geq d_0 \\ H_1 : Median(X) < d_0 \end{cases}$	$\begin{cases} H_0 : Median(X) = d_0 \\ H_1 : Median(X) \neq d_0 \end{cases}$
2	Kiểm định	$W_u = \sum R^+$	$W_u = \sum R^-$	$W_u = \min(\sum R^+, \sum R^-)$
3	Quyết định bác bỏ H_0 khi	$W_u > W_T$	$W_u < W_D$	$W_u > W_T$ hoặc $W_u < W_D$

2.3. Kiểm định tổng và hạng Wilcoxon

Để so sánh sự khác biệt hoặc hơn kém trên hai mẫu độc lập của hai tổng thể X, Y trong trường hợp các giả thuyết về tổng thể như phải có phân bố chuẩn, phương sai bằng nhau cho cỡ mẫu nhỏ, ... không thỏa mãn thì có thể sử dụng kiểm định tổng và hạng Wilcoxon để so sánh với ý tưởng chính là sử dụng trung vị thay thế cho giá trị trung bình.

2.3.1. Khi cỡ mẫu lớn

Ký hiệu quy ước: PTS4 - kiểm định phi tham số dạng 4.

Khi cỡ mẫu lớn $n > 10$, các bước kiểm định được thực hiện theo các trường hợp như trong bảng 4 [11-18].

Bảng 4. Tóm tắt các trường hợp kiểm định tổng và hạng Wilcoxon với cỡ mẫu lớn.

TT	Nội dung	Dạng kiểm định		
		1	2	3
		Phía phải	Phía trái	Hai phía
1	Đặt giả thuyết	$\begin{cases} H_0 : \text{Median}(X) \leq \text{Median}(Y) \\ H_1 : \text{Median}(X) > \text{Median}(Y) \end{cases}$	$\begin{cases} H_0 : \text{Median}(X) \geq \text{Median}(Y) \\ H_1 : \text{Median}(X) < \text{Median}(Y) \end{cases}$	$\begin{cases} H_0 : \text{Median}(X) = \text{Median}(Y) \\ H_1 : \text{Median}(X) \neq \text{Median}(Y) \end{cases}$
2	Kiểm định		$Z_u = \frac{W_u - \mu_W}{\sigma_W}$	
3	Quyết định bác bỏ H_0 khi	$Z_u > Z_\alpha$	$Z_u < -Z_\alpha$	$Z_u > Z_{\alpha/2}$ hoặc $Z_u < -Z_{\alpha/2}$

2.3.2. Khi cỡ mẫu nhỏ

Ký hiệu quy ước: PTS5 - kiểm định phi tham số dạng 5.

Khi cỡ mẫu nhỏ $n \leq 10$, các bước kiểm định được thực hiện theo các trường hợp như trong bảng 5 [11-18].

Bảng 5. Tóm tắt các trường hợp kiểm định tổng và hạng Wilcoxon với cỡ mẫu nhỏ.

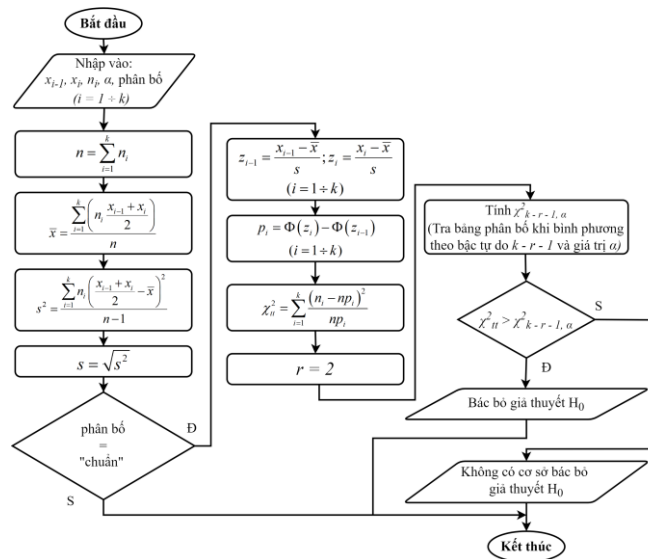
TT	Nội dung	Dạng kiểm định		
		1	2	3
		Phía phải	Phía trái	Hai phía
1	Đặt giả thuyết	$\begin{cases} H_0 : \text{Median}(X) \leq \text{Median}(Y) \\ H_1 : \text{Median}(X) > \text{Median}(Y) \end{cases}$	$\begin{cases} H_0 : \text{Median}(X) \geq \text{Median}(Y) \\ H_1 : \text{Median}(X) < \text{Median}(Y) \end{cases}$	$\begin{cases} H_0 : \text{Median}(X) = \text{Median}(Y) \\ H_1 : \text{Median}(X) \neq \text{Median}(Y) \end{cases}$
2	Kiểm định	W_u bằng tổng hạng của mẫu có số phân tử ít hơn		
3	Quyết định bác bỏ H_0 khi	$W_u > W_T$	$W_u < W_D$	$W_u > W_T$ hoặc $W_u < W_D$

3. XÂY DỰNG CHƯƠNG TRÌNH KIỂM ĐỊNH GIẢ THUYẾT THỐNG KÊ PHI THAM SỐ TRONG ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY CỦA PHƯƠNG TIỆN ĐƯỜNG SẮT

Trên cơ sở lý thuyết trình bày trong Mục 2, bằng ngôn ngữ lập trình Java, tiến hành xây dựng các chương trình tính toán tương ứng, bao gồm các lưu đồ thuật toán và các giao diện.

3.1. Chương trình kiểm định giả thuyết về quy luật phân bố của biến ngẫu nhiên liên tục (PTS1)

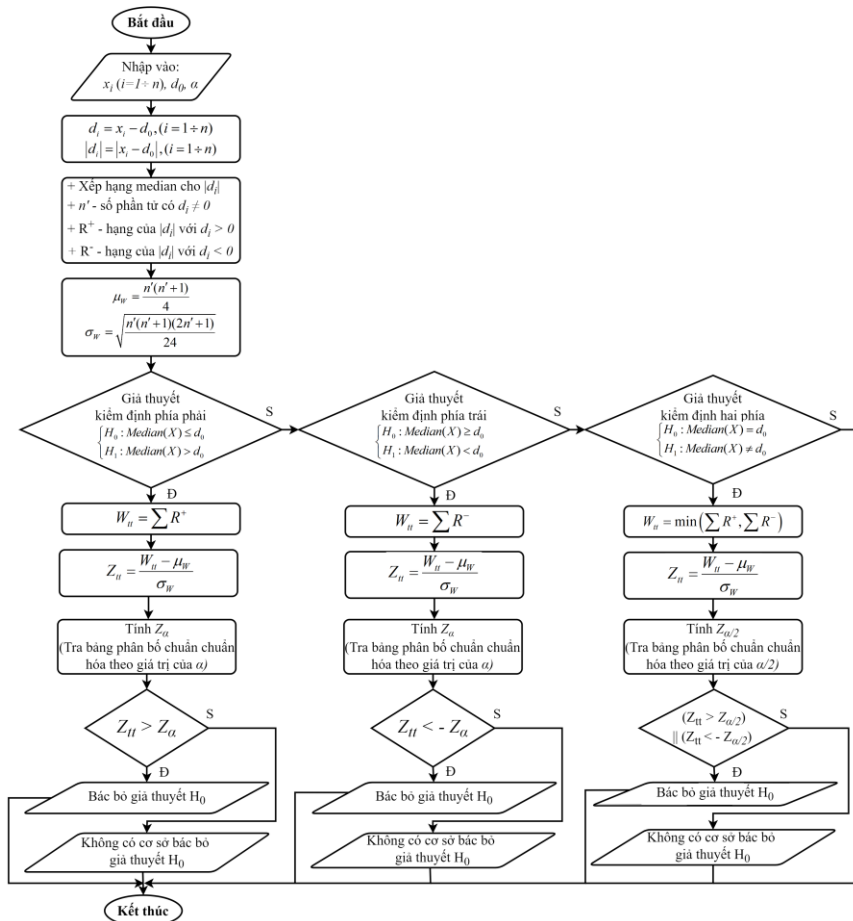
Lưu đồ thuật toán của chương trình được thể hiện trên hình 2.



Hình 2. Lưu đồ thuật toán chương trình kiểm định giả thuyết về quy luật phân bố của biến ngẫu nhiên liên tục (PTS1).

3.2. Chương trình kiểm định dấu và hạng Wilcoxon khi cỡ mẫu lớn (PTS2)

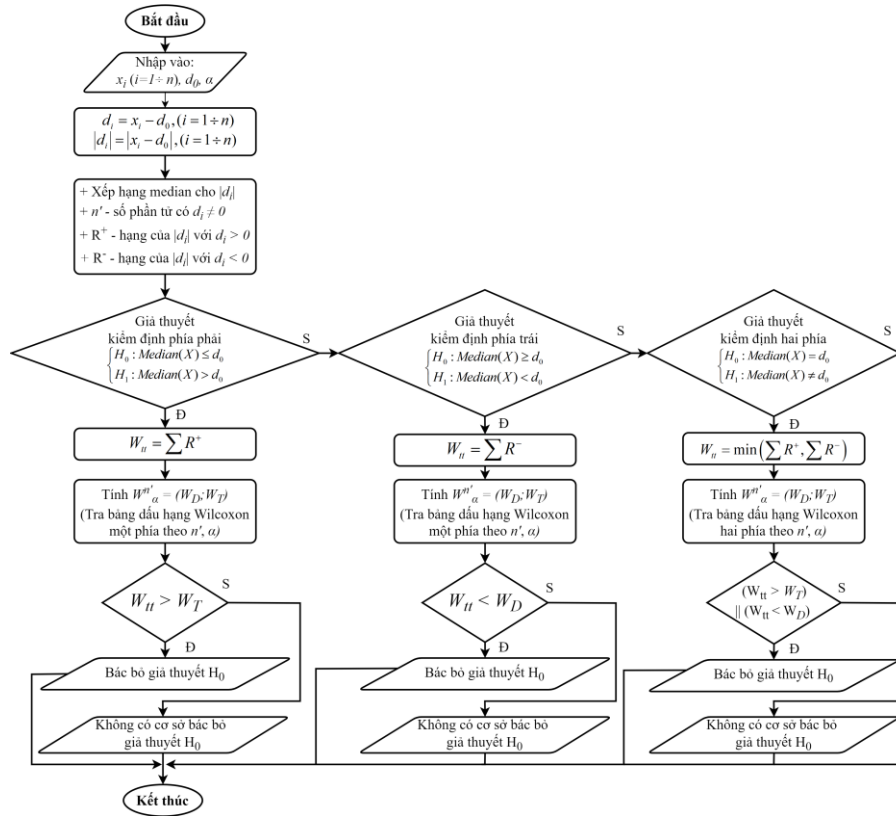
Lưu đồ thuật toán của chương trình được thể hiện trên hình 3.



Hình 3. Lưu đồ thuật toán và giao diện chương trình kiểm định dấu và hạng Wilcoxon với cỡ mẫu lớn (PTS2).

3.3. Chương trình kiểm định dấu và hạng Wilcoxon khi cỡ mẫu nhỏ (PTS3)

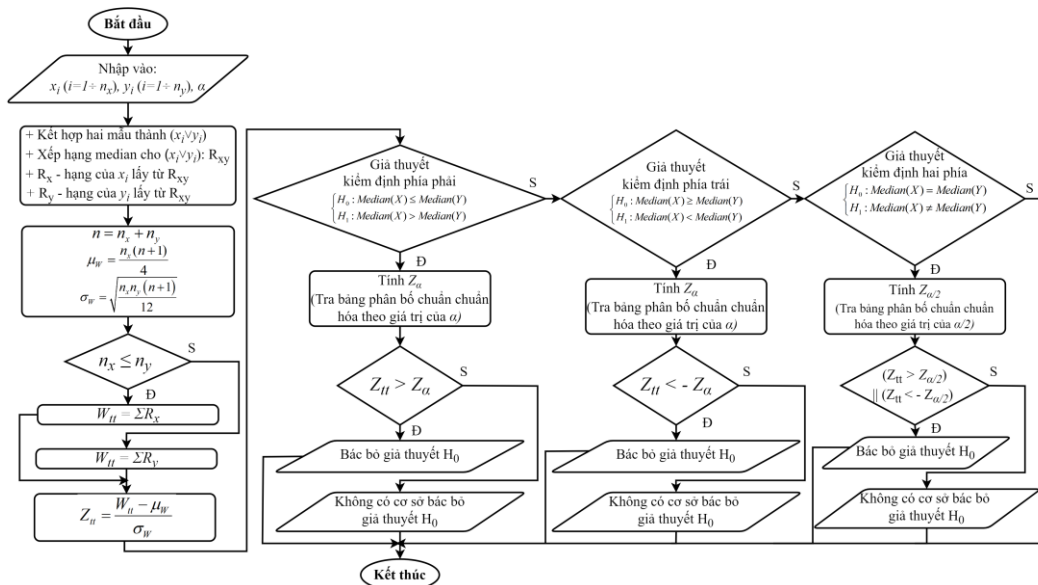
Lưu đồ thuật toán của chương trình được thể hiện trên hình 4.



Hình 4. Lưu đồ thuật toán của chương trình kiểm định dấu và hạng Wilcoxon với cỡ mẫu nhỏ (PTS3).

3.4. Chương trình kiểm định tổng và hạng Wilcoxon khi cỡ mẫu lớn (PTS4)

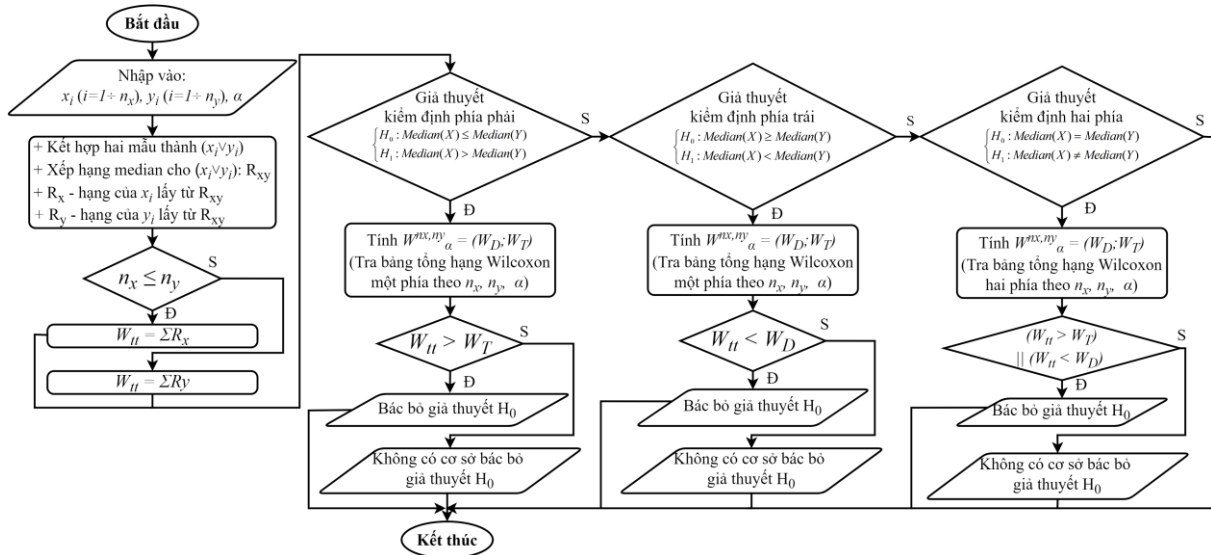
Lưu đồ thuật toán của chương trình được thể hiện trên hình 5.



Hình 5. Lưu đồ thuật toán của trình kiểm định tổng và hạng Wilcoxon với cỡ mẫu lớn (PTS4)

3.5. Chương trình kiểm định tổng và hạng Wilcoxon khi cỡ mẫu nhỏ (PTS5)

Lưu đồ thuật toán của chương trình được thể hiện trên hình 6.



Hình 6. Lưu đồ thuật toán của chương trình kiểm định tổng và hạng Wilcoxon với cỡ mẫu nhỏ (PTS5).

4. MỘT SỐ BÀI TOÁN KIỂM ĐỊNH GIẢ THUYẾT THỐNG KÊ PHI THAM SỐ TRONG ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY CỦA PHƯƠNG TIỆN ĐƯỜNG SẮT

4.1. Bài toán kiểm định giả thuyết về quy luật phân bố của biến ngẫu nhiên liên tục

Bài toán PTS1: Khảo sát thời hạn làm việc hay tuổi thọ của một loại chi tiết lắp trên một loại đầu máy/toa xe khai thác trên một khu đoạn cụ thể (X : tuổi thọ: 10^4 km chạy). Số liệu cho trong bảng 6.

Bảng 6. Số liệu thống kê về tuổi thọ của chi tiết

X: tuổi thọ	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60-65
Số toa xe	9	15	24	27	17	8

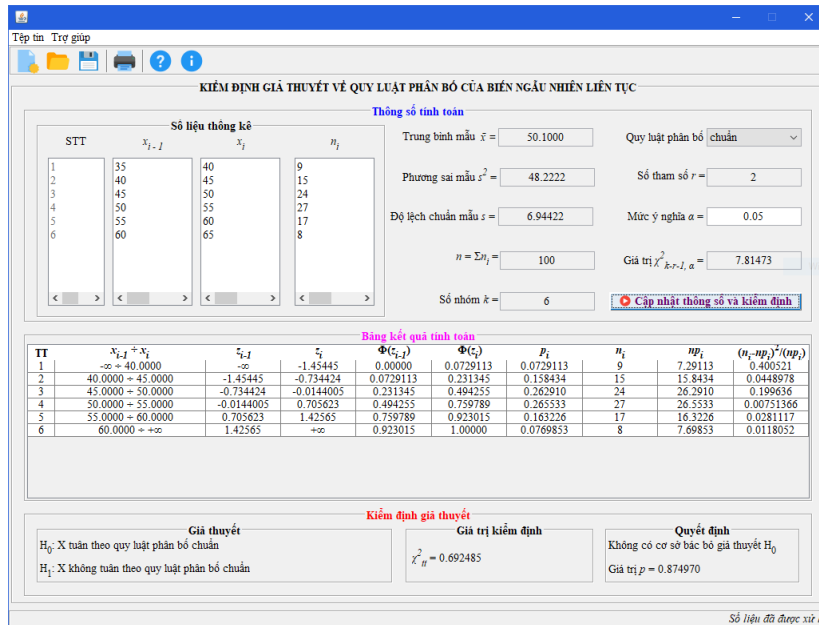
Với mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$, có thể coi đại lượng X tuân theo quy luật phân bố chuẩn hay không?

Quá trình kiểm định

1. Đặt giả thuyết: H_0 : X tuân theo quy luật phân bố chuẩn; H_1 : X không tuân theo quy luật phân bố chuẩn.

2. Kiểm định giả thuyết: a. Nhập số liệu vào chương trình; b. Tính toán kiểm nghiệm.

Kết quả tính toán với mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$ thể hiện trên giao diện hình 7.



Hình 7. Giao diện hiển thị kết quả kiểm định giả thuyết bài toán PTS1

3. Kết luận: Với $k = 6, r = 2, \alpha = 5\%$, thì $\chi^2_{k-r-1, \alpha} = \chi^2_{3; 0,05} = 7,82$ cho nên không có cơ sở bác bỏ giả thuyết H_0 , hay nói khác, có thể xem X là tuân theo quy luật phân bố chuẩn.

4.2. Bài toán kiểm định dấu và hạng Wilcoxon khi cỡ mẫu lớn

Bài toán PTS2: Khảo sát ngẫu nhiên quãng đường chạy an toàn (không bị hư hỏng đột xuất phải cắt móc) của 24 đoàn tàu hàng cùng kiểu loại khai thác trên một tuyến xác định của một công ty vận tải, ($X: 10^5$ km). Kết quả được cho trong bảng 7.

Bảng 7. Quãng đường chạy an toàn của các đoàn tàu hàng.

Đoàn tàu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Quãng đường chạy an toàn	8,5	9	6	6,5	7	7,5	5,5	8	10	9,5	5	6,5
Đoàn tàu	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Quãng đường chạy an toàn	7,2	7,8	8,3	6,8	9,2	8,4	7,6	6	7,5	10,5	11	11,5

Với mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$, hãy cho kết luận giả thuyết cho rằng quãng đường chạy an toàn của loại toa xe hàng này vượt quá $7,5 \cdot 10^5$ km?

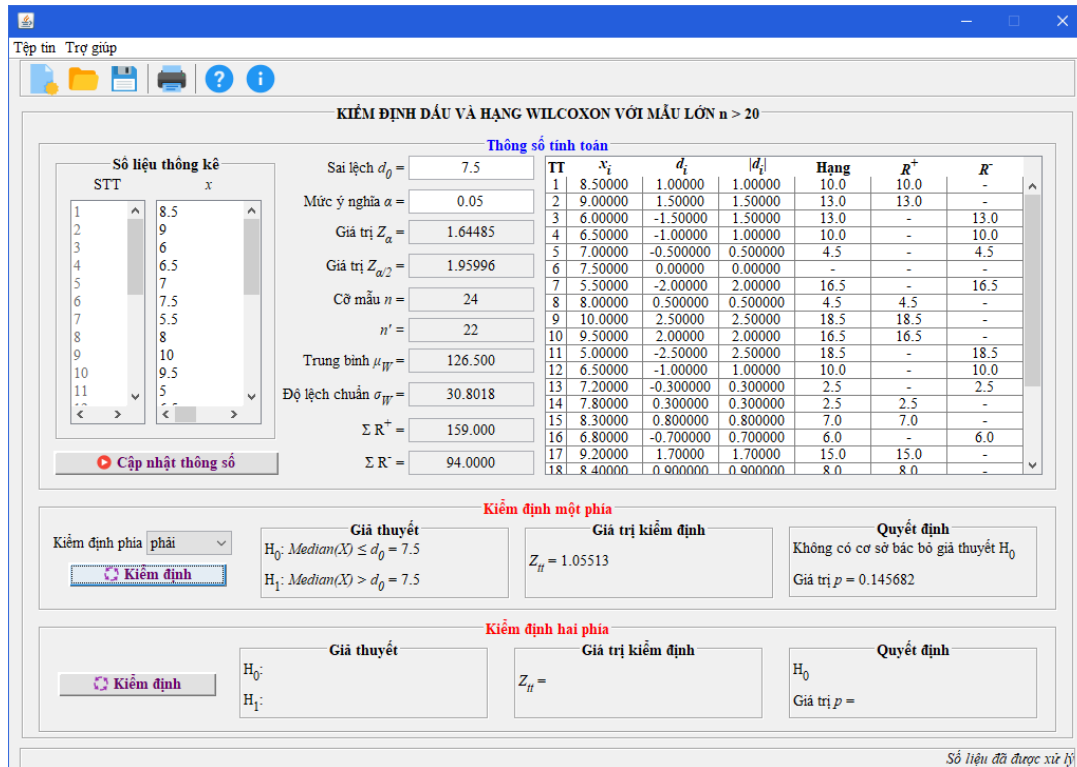
Quá trình kiểm định

1. Đặt giả thuyết: H_0 : quãng đường chạy an toàn của loại toa xe hàng không vượt quá $7,5 \cdot 10^5$ km.

$$\begin{cases} H_0 : \text{Median}(X) \leq d_0 = 7,5 \\ H_1 : \text{Median}(X) > d_0 = 7,5 \end{cases}$$

2. Kiểm định giả thuyết: a. Nhập số liệu vào chương trình; b. Tính toán kiểm nghiệm.

Kết quả tính toán với mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$ thể hiện trên giao diện hình 8.



Hình 8. Giao diện hiển thị kết quả kiểm định giả thuyết bài toán PTS2.

3. Kết luận: Với mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$ thì $Z_\alpha = Z_{0,05} = 1,64$, do đó không có cơ sở bác bỏ giả thuyết H_0 , hay nói khác, với mức ý nghĩa 5% quãng đường chạy an toàn của loại toa xe hàng đang xét không vượt quá $7,5 \cdot 10^5$ km.

4.3. Bài toán kiểm định dấu và hạng Wilcoxon khi cỡ mẫu nhỏ

Bài toán PTS3: Phân xưởng chế tạo phụ tùng của một xí nghiệp toa xe chế tạo một loại chi tiết mới. Người ta lắp đặt thử nghiệm loại chi tiết này trên 10 toa xe cùng kiểu loại khai thác trên một khu đoạn cụ thể. Số liệu thống kê về tuổi thọ ($X: 10^5$ km chạy) của các toa xe được cho trong bảng 8.

Bảng 8. Tuổi thọ của loại chi tiết mới lắp trên toa xe.

Toa xe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tuổi thọ	8,5	9	6	6,5	7	7,5	5,5	8	10	9,5

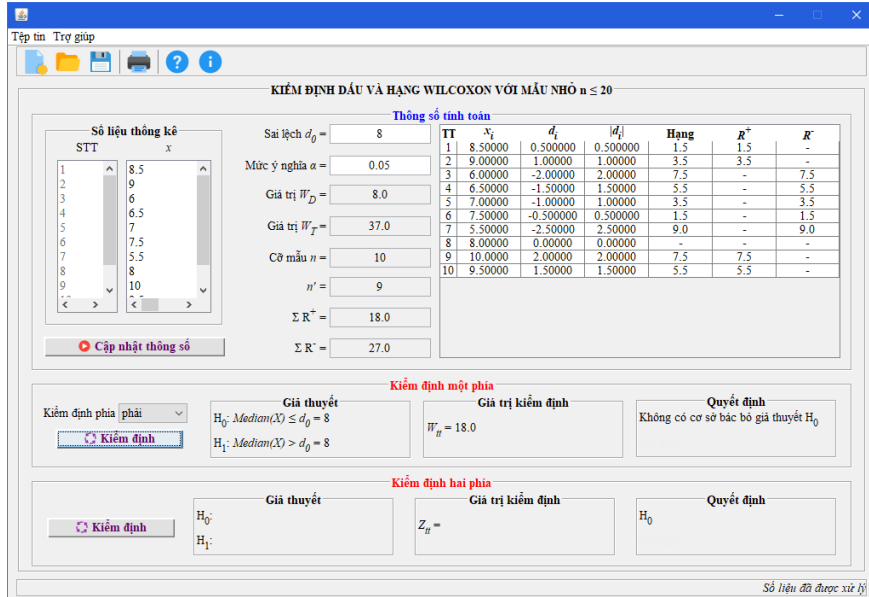
Với mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$, hãy cho kết luận về giả thuyết cho rằng tuổi thọ của các chi tiết mới này lớn hơn $8 \cdot 10^5$ km?

Quá trình kiểm định

1. Đặt giả thuyết: H_0 : tuổi thọ của các chi tiết mới không vượt quá $8 \cdot 10^5$ km

$$\begin{cases} H_0 : Median(X) \leq d_0 = 8 \\ H_1 : Median(X) > d_0 = 8 \end{cases}$$

2. Kiểm định giả thuyết: a. Nhập số liệu vào chương trình; b. Tính toán kiểm nghiệm. Kết quả tính toán với mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$ thể hiện trên giao diện hình 9.



Hình 9. Giao diện hiển thị kết quả kiểm định giả thuyết bài toán PTS3.

3. Kết luận: Với mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$, thì $W_{\alpha}^{n'} = W_{0,05}^9 = (8; 37)$ với n' là số phần tử có $d_i \neq 0$: $n' = 9$. Vì $W_{tt} = 18 < W_T = 37$ nên không có cơ sở bác bỏ giả thuyết H_0 , hay nói khác, với mức ý nghĩa 5%, tuổi thọ của các chi tiết mới này không lớn hơn 8.10^5 km.

4.4. Bài toán kiểm định tổng và hạng Wilcoxon khi cỡ mẫu lớn

Bài toán PTS4: Theo dõi sản lượng ngày đêm của một loại đầu máy kéo tàu hàng trên một khu đoạn xác định của một xí nghiệp đầu máy (tính bằng triệu tkm không kể bì) trong 15 ngày đầu tháng 7 và 15 ngày đầu tháng 8 thu được kết quả sau (bảng 9).

Bảng 9. Sản lượng ngày đêm của đầu máy kéo tàu hàng.

Ngày	Tháng 7 (X)	Tháng 8 (Y)
1	7,6	7,3
2	10,2	9,1
3	9,5	8,4
4	1,3	1,5
5	3	2,7
6	6,3	5
7	5,3	4,9
8	6,2	5,3
9	2,2	2
10	4,8	4,2
11	11,3	11
12	12,1	11
13	6,9	6,1
14	7,6	6,7
15	8,4	7,5

Với mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$, có thể cho rằng sản lượng ngày đêm của đầu máy trong tháng 8 có giảm sút so với tháng 7 hay không?

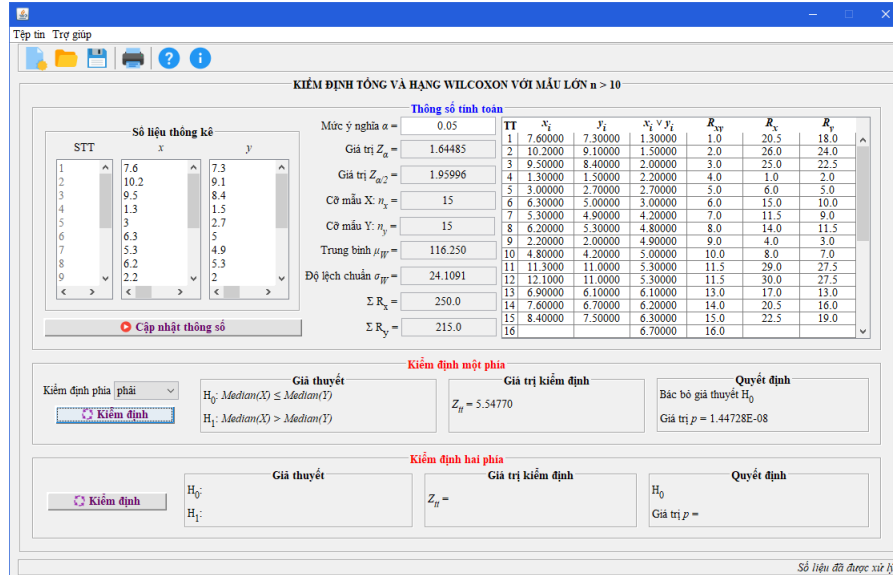
Quá trình kiểm định

1. Đặt giả thuyết

$$\begin{cases} H_0 : Median(X) \leq Median(Y) \\ H_1 : Median(X) > Median(Y) \end{cases}, \text{ Đây là bài toán kiểm định phía phải}$$

2. Kiểm định giả thuyết: a. Nhập số liệu vào chương trình; b. Tính toán kiểm nghiệm.

Kết quả tính toán với mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$ thể hiện trên giao diện hình 10.



Hình 10. Giao diện hiển thị kết quả kiểm định giả thuyết bài toán PTS4.

3. Kết luận: Với mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$, thì $Z_\alpha = Z_{0,05} = 1,64$. Vì $Z_{tt} = 5,55 > Z_{0,05} = 1,64$ nên bác bỏ giả thuyết H_0 . Vậy, với mức ý nghĩa 5%, sản lượng ngày đêm của đầu máy trong tháng 8 thực sự giảm sút so với tháng 7.

4.5. Bài toán kiểm định tổng và hạng Wilcoxon khi cỡ mẫu nhỏ

Bài toán PTS5: Phân xưởng sửa chữa của một xí nghiệp đầu máy tiến hành sửa chữa một loại chi tiết. Để nâng cao độ cứng bề mặt của loại chi tiết này, người ta tiến hành cường hóa về mặt chi tiết bằng hai phương pháp A và B. Để kiểm định xem việc sử dụng loại chi tiết này được chữa bằng các phương pháp cường hóa nói trên có tác động đến tuổi thọ của chúng hay không, người ta chọn ngẫu nhiên hai mẫu, mẫu thứ nhất gồm 10 toa xe có lắp chi tiết được cường hóa bằng phương pháp A; mẫu thứ hai gồm 10 toa xe cùng kiểu nhưng lắp chi tiết được cường hóa bằng phương pháp B. Sau đó thống kê tuổi thọ của các chi tiết này.

- Tọa xe có lắp chi tiết cường hóa bằng phương pháp A: tuổi thọ: $X, 10^5$ km
- Tọa xe có lắp chi tiết cường hóa bằng phương pháp B: tuổi thọ: $Y, 10^5$ km

Số liệu thống kê cho trong bảng 10.

Bảng 10. Tuổi thọ của chi tiết.

X	20	33	50	60	30	40	62	80	54	61
Y	50	70	74	55	65	80	64	90	75	85

Với mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$, hãy cho biết có hay không sự khác biệt về tuổi thọ giữa hai loại chi tiết như trình bày nói trên? Giả sử tuổi thọ có phân phối chuẩn.

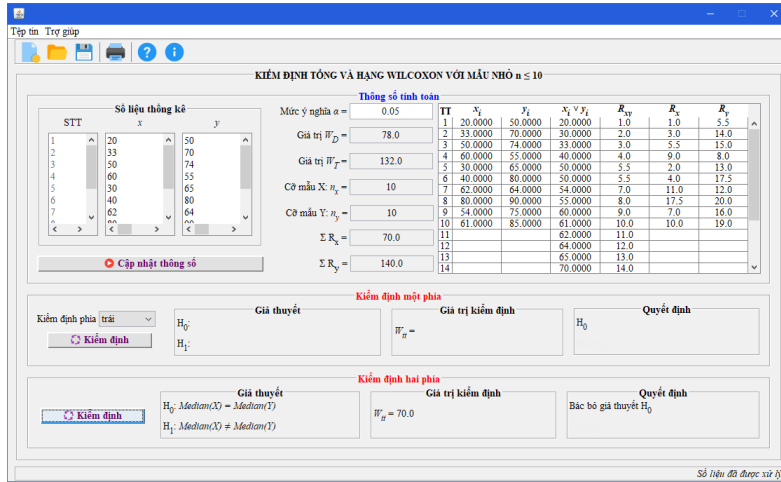
Quá trình kiểm định

1. Đặt giả thuyết:

$$\begin{cases} H_0 : \text{Median}(X) = \text{Median}(Y) \\ H_1 : \text{Median}(X) \neq \text{Median}(Y) \end{cases}, \text{ đây là bài toán kiểm định hai phía}$$

2. Kiểm định giả thuyết: a. Nhập số liệu vào chương trình; b. Tính toán kiểm nghiệm.

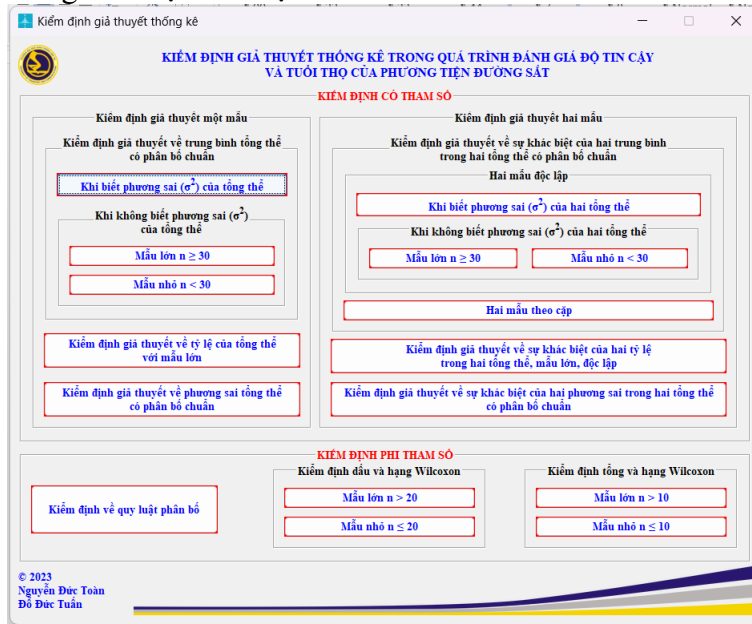
Kết quả tính toán với mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$ thể hiện trên giao diện hình 11.



Hình 11. Giao diện hiển thị kết quả kiểm định giả thuyết bài toán PTS5.

3. Kết luận: Với mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$, thì $W_{\alpha}^{n_x, n_y} = W_{0,05}^{10,10} = (78;132)$. Vì $W_t = 70 < W_D = 78$ nên bác giả thuyết H_0 , hay nói khác, với mức ý nghĩa 5%, có sự khác biệt về về tuổi thọ giữa hai loại chi tiết được cường hóa bằng hai phương pháp khác nhau.

Giao diện tổng quát chương trình kiểm định giả thuyết thống kê trong đánh giá độ tin cậy của phương tiện đường sắt được thể hiện trên hình 12.



Hình 12 Giao diện tổng quát chương trình kiểm định giả thuyết thống kê trong đánh giá độ tin cậy của phương tiện đường sắt

5. KẾT LUẬN

Trên cơ sở lý thuyết kiểm nghiệm giả thuyết thống kê phi tham số, đã xây dựng được 05 chương trình tính toán và ứng dụng các chương trình đó cho việc đánh giá độ tin cậy của phương tiện đường sắt thông qua các bài toán cụ thể. Các chương trình đã xây dựng có giao diện thuần Việt, thân thiện, dễ sử dụng, cho phép tính toán với các thông số đầu vào đa dạng, cho kết quả một cách nhanh chóng và tin cậy. Các chương trình tính toán là tài liệu tham khảo hữu ích cho quá trình giảng dạy trong nhà trường liên quan đến lĩnh vực độ tin cậy, đồng thời có thể áp dụng để kiểm định các bài toán trong thực tế liên quan đến kỹ thuật phương tiện đường sắt. Ngoài ra, các chương trình này còn có thể ứng dụng cho nhiều lĩnh vực khác như xã hội, nhân văn, y tế, nông nghiệp, thương mại v.v. Nếu có điều kiện, cần mở rộng và nghiên cứu sâu hơn nữa về kiểm định phi tham số, vì vấn đề này đang còn có những quan điểm và cách tiếp cận khác nhau, dẫn đến kết quả kiểm định không thống nhất và có những khác biệt đáng kể.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Giao thông vận tải trong đề tài mã số T2023-CK-005.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Phan Văn Khôi, Cơ sở đánh giá độ tin cậy, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2001.
- [2]. Đỗ Đức Tuấn, Độ tin cậy và tuổi bền máy, NXB Giao thông vận tải, Hà Nội, 2013.
- [3]. S. Chandra, M. M. Agarwal, Railway Engineering, Oxford University Press, The United Kingdom, 2007.
- [4]. Q. Mahboob, E. Zio, Handbook of RAMS in Railway Systems - Theory and Practice, CRC Press, The United States, 2018.
- [5]. A. P. Patra, Maintenance Decision Support Models for Railway Infrastructure using RAMS & LCC Analyses, Doctoral Thesis, Lulea University of Technology, Sweden, 2009.
- [6]. M. G. Park, Integration of RAMS management into railway systems engineering, Doctoral Thesis, University of Birmingham, The United Kingdom, 2013.
- [7]. V. Profillidis, Railway Management and Engineering, Routledge, The United Kingdom, 2016. <https://doi.org/10.4324/9781315245362>
- [8]. S. Woo, Reliability Design of Mechanical Systems- A Guide for Mechanical and Civil Engineers, Springer, Germany, 2017. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-50829-0>
- [9]. А.Д. Пузанков, Надёжность конструкций локомотивов. МИИТ. Москва, 1999.
- [10]. А.Д. Пузанков, Надёжность локомотивов. МИИТ. Москва, 2006.
- [11]. Tống Đình Quỳ, Giáo trình xác suất thống kê, NXB Bách khoa - Hà Nội, 2007.
- [12]. Nguyễn Thống, Phương pháp định lượng trong quản lý, NXB Thống kê, 1998.
- [13]. Nguyễn Thống, Thống kê ứng dụng trong quản lý kỹ thuật, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia Tp. HCM, 2001.
- [14]. Nguyễn Cao Văn, Trần Thái Ninh, Giáo trình lý thuyết xác suất & thống kê toán, NXB Thống kê, Hà Nội, 2004.
- [15]. T.T. Soong, Fundamentals of Probability and Statistics for Engineers, Wiley, The United States, 2004.
- [16]. D. S. Moore, G. P. McCabe, B. A. Craig, Introduction to the Practice of Statistics, W. H. Freeman, The United States, 2016.
- [17]. J. A. Rice, Mathematical Statistics and Data Analysis, Cengage Learning, The United States, 2006.
- [18]. A. Papoulis, Probability and Statistics, Pearson, The United Kingdom, 1989.