

MÔ HÌNH HÓA ĐỘ TIN CẬY CỦA TỔ CHỨC VÀ CÔNG NGHỆ TRONG VẬN HÀNH TỔ HỢP MÁY ĐÀO

MODELLING OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL OPERATION RELIABILITY OF EXCAVATOR SETS

➔ **Ths. Phạm Minh Đức** - Bộ môn Thi công Máy xây dựng - Khoa Xây dựng - Trường ĐHKiến trúc Hà Nội -
ĐT: 0912534524. Email: famduc.dhkt@gmail.com

Tóm tắt: Nội dung bài viết đề xuất một thuật toán để đánh giá độ tin cậy của các tổ hợp máy thi công và máy công tác riêng lẻ bằng cách sử dụng các thông số thống kê từ các thử nghiệm thực địa hoặc phương pháp mô phỏng Monte Carlo. Phương pháp này cho phép tạo mẫu và tính toán các chỉ số hiệu suất chính cho máy móc xây dựng tại bất kỳ công trường nào. Điều này sẽ cho phép dự báo đáng tin cậy về thời gian thi công và lắp đặt, ngay cả ở giai đoạn thiết kế. Trong bài này, sử dụng số liệu cho một tổ hợp máy công tác đất để đề xuất xác định các chỉ số về độ tin cậy về mặt tổ chức và công nghệ của tổ hợp máy đào, tiêu chuẩn thời gian, năng suất và chi phí đào cho 1.000m³ đất, cũng như thời gian vận hành, thời gian ngừng hoạt động và thời gian dừng nghỉ theo chu kỳ trong quy trình thực hiện công tác đào mỗi ca.

Từ khóa: Độ tin cậy về mặt tổ chức và công nghệ, rủi ro về mặt tổ chức và công nghệ, hiệu suất, bộ máy đào, máy xây dựng.

Abstract: The author proposes an algorithm for estimating the operation reliability of complexes, sets and separate machines using statistical information based on the results of full-scale tests or modeling of their operation by Monte Carlo's method. With this method it is possible to form a sample and calculate the basic parameters of the samples of construction machinery's operation on any object. This will allow predicting for certain the period of construction and installation works at the design stage of construction. The authors determine the indicators of organizational and technological reliability of machines, standard of time, performance and cost of developing 1000m³ of soil, as well as hours of operation, shutdowns and technological stops of excavator sets per shift.

Keywords: Organizational and technological reliability, organizational and technological risk, performance, excavator set, construction machines.

1. Mở đầu

Quá trình sản xuất xây dựng chịu sự tác động của các yếu tố ngẫu nhiên ảnh hưởng đến chất lượng, thời gian thực hiện của các thao tác vận hành và năng suất của thiết bị xây dựng được sử dụng trong quá trình sản xuất. Dẫn tới hậu quả có thể xảy ra tình trạng tạm ngừng hoạt động của thiết bị cơ giới, sai lệch các thông số công nghệ, kỹ thuật, kinh tế so với giá trị kế hoạch dự tính [1]. Điều này dẫn đến việc tiêu tốn vật liệu, nhân công, năng lượng và nguồn tài chính thực thi không hiệu quả, làm tăng đáng kể chi phí cho các dự án đầu tư xây dựng. Sản xuất xây dựng, được coi như một hệ thống xác suất phức tạp, phải chịu rủi ro cao về khung thời gian thực hiện, cũng như chi phí và tài nguyên chung của công tác xây lắp trong các dự án. Dự án đầu tư xây dựng được coi là hệ thống nhằm đạt được mục tiêu cuối cùng là xây dựng công trình trong khung thời gian đã định và với các chỉ tiêu độ tin cậy xác định. Hiệu quả của việc đầu tư vốn vào xây dựng công trình phụ thuộc phần lớn vào các quyết định về tổ chức và công nghệ. Hiện tại, để tối ưu hóa mặt bằng thi công, bố trí sản xuất phức hợp tại công trường, tổ hợp máy móc thi công trong công tác xây dựng

chưa cung cấp đủ khả năng để đánh giá độ tin cậy về mặt tổ chức và công nghệ (OTR) của sản xuất. Độ tin cậy về mặt tổ chức và công nghệ trong vận hành tổ hợp máy thi công nhằm khả năng đạt được các thông số thiết kế (phù hợp nhất) của việc cơ giới hóa sản xuất xây dựng. Sự phát triển của nguyên lý OTR dựa trên phương pháp thống kê xác suất. Một nghiên cứu chi tiết về các đặc thù của hoạt động hệ thống máy móc trong sản xuất xây dựng, các sai lệch đa dạng, nhiều về mặt tổ chức và công nghệ, và các yếu tố gây mất ổn định sản xuất khác dẫn đến thay đổi các thông số vận hành của các tổ hợp máy chuyên dụng, cũng như các nguyên tắc tương tác giữa các yếu tố này và các sự cố hỏng hóc hiện có, cho phép chúng ta tính toán chỉ số độ tin cậy OTR trong xây dựng [1-3]. Phân tích chuyên môn về chỉ số OTR của tiến độ thi công do các giáo sư A.A. Gusakov, V.B. Permyakov, V.N. Ivanov và những người khác thực hiện cho thấy giá trị OTR hợp lý nhất cho thời gian làm việc nằm trong khoảng từ 0,5 đến 0,7. Nếu chỉ số OTR càng tiến gần đến 1, cho thấy cái gọi là độ tin cậy quá mức, tức là bội chi các nguồn lực đầu tư vào việc đảm bảo độ tin cậy của sản xuất xây dựng. Chỉ số OTR giúp đánh giá

các kế hoạch tiến độ xây lắp được lập ra, trên cơ sở không chỉ từ góc độ chất lượng của các đặc điểm tổ chức và công nghệ mà còn từ góc độ độ tin cậy của việc đạt được chúng [4].

2. Độ tin cậy của tổ hợp máy đào

Năng suất của máy xây dựng là một trong những chỉ tiêu kỹ thuật và kinh tế quan trọng nhất khi thực hiện cơ giới hóa thi công xây dựng. Do ảnh hưởng của thời tiết, điều kiện sản xuất, điều kiện kỹ thuật, tổ chức và loại hình công việc, trình độ người vận hành và các yếu tố khác, năng suất cụ thể của máy xây dựng sẽ khác nhau trong từng trường hợp. Điều này có nghĩa là năng suất thực tế là một biến ngẫu nhiên và không thể dự đoán chính xác trước. Do đó, ngay cả ở giai đoạn thiết kế, cần phải sử dụng các thông số tính toán xác suất về hiệu suất của thiết bị xây dựng, cho phép xem xét các sai lệch tiềm ẩn của các thông số vận hành thực tế so với kế hoạch dự kiến, sự kéo dài thêm thời gian hoàn thành của công việc và thời gian của dự án đầu tư xây dựng. Năng suất là thông số chính được sử dụng để lựa chọn một tổ hợp máy công tác phục vụ cho việc cơ giới hóa toàn diện các quy trình công nghệ đòi hỏi nhiều lao động trong xây dựng. Tổ hợp máy đào đất được xét đến trong một mô hình xác suất bao gồm máy đào và xe tải vận chuyển đất được sử dụng trong quá trình xây dựng tại công trường.

Gọi n_i - số lượng máy đào loại i trong một tổ hợp gồm m loại thiết bị xây dựng, thì tổng số số lượng của chúng $N = \sum_{i=1}^m n_i$, trong đó N là tổng số

máy xây dựng trong tổ hợp. Xem xét n_i là các biến độc lập, chúng ta viết biểu thức cho năng suất của tổ hợp máy đào:

$$\Pi_k = \sum_{i=1}^m n_i \Pi_i \quad (1)$$

Trong đó Π_i là năng suất vận hành của tổ máy đào thứ i . Tiếp theo, hiệu suất trung bình được xác định:

$$\bar{\Pi}_i = \frac{\sum_{i=1}^m \Pi_i}{m} \quad (2)$$

Dựa trên cơ sở của tính toán năng suất trung bình, kết quả ta có một tổ hợp máy đào có mức độ rủi ro vận hành tối thiểu. Rủi ro khi vận hành tổ hợp máy đào về mặt năng suất được xác định theo công thức sau:

$$r_k^{\Pi} = \sqrt{V_k^{\Pi}}, \quad (3)$$

Trong đó, v_k^{Π} - là độ biến thiên, lệch so với giá trị trung bình của năng suất của một nhóm máy.

Năng suất của tổ hợp máy đào (Π_k) phải lớn hơn tổng năng suất yêu cầu (Π_T) và rủi ro của tổ hợp

máy xây dựng về mặt năng suất (r_k^{Π}).

Các nghiên cứu trước đây [5, 6], đã đề xuất cách đánh giá năng suất của một tổ hợp máy xây dựng (gồm các nhóm hoặc máy riêng lẻ hoạt động) dựa trên điều kiện:

$$\Pi_k \geq \Pi_T - r_k^{\Pi}, \quad (4)$$

Trong đó, Π_T - là năng suất cần thiết của tổ hợp máy theo thời gian của tiến độ đã lập.

Nếu điều kiện tính theo công thức trên (4) được thỏa mãn thì nên đề xuất sử dụng tổ hợp cơ sở máy theo biện pháp thi công đã hoạch định để đem lại hiệu quả sử dụng tốt nhất. Trong trường hợp không đáp ứng, thì năng suất yêu cầu của tổ hợp máy được tính theo công thức sau:

$$\Pi_T = \Pi_k + r_k^{\Pi} \quad (5)$$

Kết quả sẽ cho ta một tổ hợp máy có mức độ rủi ro về hiệu suất ở mức tối thiểu. Tiêu chí đánh giá độ tin cậy về mặt tổ chức và công nghệ của thiết bị xây dựng có thể là bất kỳ chỉ số hiệu suất nào có trong mẫu đang xét (năng suất, thời gian, mức tiêu thụ năng lượng, chi phí đơn vị, lợi nhuận,...). Với một dự án đầu tư xây dựng, tiêu chí để đánh giá hiệu quả của một tổ hợp máy thi công chính là chi phí. Một trong những yếu tố chính ảnh hưởng đến hiệu quả hoạt động của máy móc xây dựng là tỷ lệ sử dụng thời gian của nó. Hiện nay, các tài liệu sẵn có đều cung cấp dữ liệu đã lỗi thời (30 năm hoặc hơn) về tỷ lệ sử dụng máy trong công tác thi công, vì thế việc cập nhật trở nên cần thiết vì máy móc liên tục được nâng cấp và cải tiến. Vì vậy, để tạo cơ sở cho việc đánh giá độ tin cậy về mặt tổ chức và công nghệ (OTR) của thiết bị cơ giới xây dựng, tác giả xin được sử dụng số liệu [5], kết hợp với số liệu tham khảo thực tế của các loại máy đào đất và máy phối hợp trong thi công công tác đất tại một vài công trường.

Để đảm bảo tính chính xác của các giá trị dữ liệu được cung cấp dựa trên kết quả thực tế tham khảo trên hiện trường, dùng phương pháp hai giai đoạn để sàng lọc, tinh chỉnh số liệu đã thu thập, tiến hành như sau [7, 8]:

- *Giai đoạn 1* (phương pháp Logic) - dựa trên các kết quả ghi chép thực tế của người quan sát, các giá trị không liên quan đến quy trình chuẩn hóa sẽ bị loại khỏi chuỗi;

- *Giai đoạn 2* (phương pháp toán học) - tính hợp lệ của độ lệch chuẩn được xác định bằng các phương pháp thống kê toán học.

Sau khi tạo mẫu theo [9], mẫu tuân theo quy luật phân phối đã biết của biến ngẫu nhiên (phân phối chuẩn, phân phối chuẩn logarit, phân phối đều, phân phối Weibull, phân phối Poisson, phân phối Rayleigh, phân phối hàm mũ cũng như phân phối gamma và beta) và đường cong phân phối tương

ứng được vẽ. Các nghiên cứu đã tiến hành cho thấy ở độ tin cậy là 0,05, tất cả các chỉ số được trình bày trong Bảng 1-3 đều tuân theo phân phối chuẩn. Số lượng các thí nghiệm được tiến hành là 624.

Bảng 1: Các chỉ số hiệu suất của một tổ hợp máy thi công

Chỉ số	Thời gian làm việc mỗi ca (h)	Thời gian ngừng hoạt động mỗi ca (h)	Thời gian gián đoạn do công nghệ (h)
Khoảng biến thiên	2,71	1,94	3,54
Giá trị trung bình mẫu của hệ số	5,13	0,80	2,07
Độ lệch bình phương trung bình của hệ số	0,488	0,390	0,632
Độ lệch chuẩn của hệ số	0,489	0,391	0,633
Sai số bình phương trung bình của hệ số	0,020	0,016	0,025
Lỗi tính bằng % giá trị trung bình của hệ số	0,382	1,953	1,221
Phương sai mẫu thực nghiệm	0,239	0,153	0,401
Các biến thể của độ lệch so với giá trị trung bình	0,157	0,100	0,260
Rủi ro sai lệch so với giá trị trung bình	0,396	0,316	0,510
Hệ số biến thiên	9,53	48,76	30,49
Giá trị tính toán của tiêu chí Pearson	0,011	0,009	0,012
Giá trị bảng của tiêu chí Pearson	14,07	14,07	14,07

Bảng 2: Các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật của một tổ máy thi công

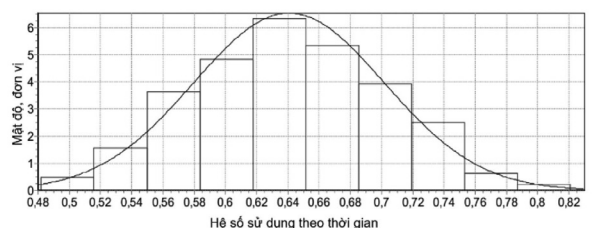
Chỉ số	Định mức hoạt động (1000m ³ /ca)	Năng suất (m ³ /h)	Chi phí đào 1000m ³ đất (nghìn VND)
Khoảng biến thiên	3,83	78,12	5789,87
Giá trị trung bình mẫu của hệ số	6,98	144,6	9463,9
Độ lệch bình phương trung bình của hệ số	0,693	14,08	1013,7
Độ lệch chuẩn của hệ số	0,693	14,09	1014,5
Sai số bình phương trung bình của hệ số	0,028	0,564	40,6
Lỗi tính bằng % giá trị trung bình của hệ số	0,398	0,390	0,429
Phương sai mẫu thực nghiệm	0,481	198,47	1029256
Các biến thể của độ lệch so với giá trị trung bình	0,307	128,37	657661,2
Rủi ro sai lệch so với giá trị trung bình	0,554	11,33	811,0
Hệ số biến thiên	9,92	9,73	10,71

Giá trị tính toán của tiêu chí Pearson	0,05	0,007	0,023
Giá trị bảng của tiêu chí Pearson	14,07	14,07	14,07

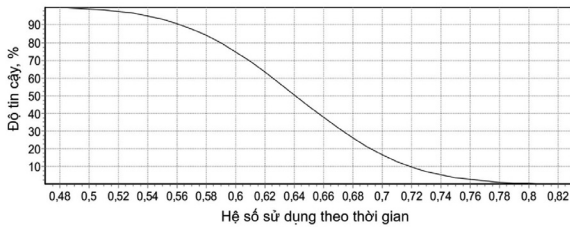
Cơ sở dữ liệu lưu trữ thông tin về việc sử dụng máy đào hàng ngày. Xử lý thông tin thống kê bằng chương trình "Mẫu" đã thu được dữ liệu sau (Bảng 1-3). Giá trị trung bình có trọng số của tỷ lệ sử dụng máy đào theo thời gian (Bảng 3) là 0,641, độ lệch chuẩn của hệ số là 0,061 và giá trị tính toán của kiểm định Pearson (0,012) nhỏ hơn giá trị trong bảng (14,07), nghĩa là mẫu tuân theo quy luật phân phối chuẩn. Đường cong phân phối chuẩn cho tỷ lệ sử dụng máy đào theo thời gian được thể hiện ở Hình 1. Độ tin cậy của hệ số sử dụng theo thời gian được thể hiện ở Hình 2.

Bảng 3: Chỉ số hệ số tin cậy của một tổ hợp máy thi công

Chỉ số	Tỷ lệ sử dụng theo thời gian	Hệ số sẵn sàng	Tỷ lệ sử dụng theo kỹ thuật	Tỷ lệ hiệu quả
Khoảng biến thiên	0,339	0,242	0,441	0,363
Giá trị trung bình mẫu của hệ số	0,641	0,900	0,714	0,870
Độ lệch bình phương trung bình của hệ số	0,061	0,049	0,080	0,086
Độ lệch chuẩn của hệ số	0,061	0,049	0,080	0,086
Sai số bình phương trung bình của hệ số	0,002	0,002	0,003	0,003
Lỗi tính bằng % giá trị trung bình của hệ số	0,382	0,217	0,447	0,396
Phương sai mẫu thực nghiệm	0,0037	0,0024	0,0064	0,0074
Các biến thể của độ lệch so với giá trị trung bình	0,0024	0,0016	0,0041	0,0050
Rủi ro sai lệch so với giá trị trung bình	0,049	0,040	0,064	0,071
Hệ số biến thiên	9,53	5,42	11,16	9,89
Giá trị Tính Toán của Tiêu Chí Pearson	0,012	0,006	0,026	0,026
Giá trị bảng của Tiêu Chí Pearson	14,07	14,07	14,07	14,07



Hình 1. Mật độ phân phối xác suất của hệ số sử dụng theo thời gian

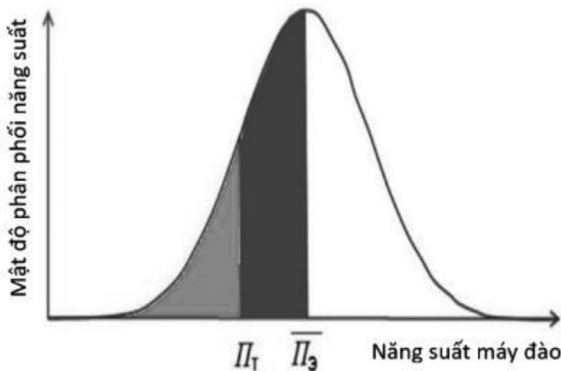


Hình 2. Độ tin cậy của hệ số sử dụng theo thời gian

Việc tính toán độ tin cậy về mặt tổ chức và công nghệ của máy đào (Hình 3) được thực hiện theo công thức [6]

$$OTR = 100 - \frac{100}{\sigma_3^2 \sqrt{2\pi}} \int_0^{\pi_1} e^{-\frac{(\pi_3 - \pi_1)^2}{2\sigma_3^2}} d\pi_3, \quad (6)$$

Trong đó: - Năng suất máy đào yêu cầu; - giá trị năng suất máy đào; - Năng suất máy đào trung bình; - Độ lệch chuẩn của năng suất máy đào.



Hình 3. Mật độ phân bố năng suất máy đào

3. Kết luận

- Hệ số sử dụng thời gian được đề cập trong các tiêu chuẩn quốc gia cung cấp một ước tính trung bình về hoạt động của máy móc trên toàn quốc. Độ chính xác của chỉ số này cần xem xét theo điều kiện thực địa của công trường vì tỷ lệ sử dụng không thể giống nhau trong các điều kiện địa chất công trường tùy thuộc các vị trí, địa phương khác nhau.

- Khi tính toán năng suất vận hành của máy móc xây dựng, cần sử dụng kỳ vọng toán học hoặc giá trị trung bình mẫu của tỷ lệ sử dụng máy theo thời gian trong một đơn vị thi công cụ thể. Điều này sẽ cho phép đánh giá hiệu quả hơn về độ tin cậy về mặt tổ chức và công nghệ của công việc thực thi, góp phần nâng cao hiệu suất; an toàn trong thi công và phát triển các kế hoạch tổ chức thi công và kế hoạch thực hiện công việc một cách thực tế hơn.

- Khi đánh giá tỷ lệ sử dụng tổ hợp máy công tác, nên xem xét các chỉ số độ tin cậy toàn diện của chúng, điều này sẽ giúp cải thiện độ tin cậy của lịch trình thi công xây lắp.

- Các công cụ được đề xuất để xác minh tỷ lệ sử

dụng máy theo thời gian, do đó năng suất vận hành của máy đào (năng suất vận hành bằng năng suất kỹ thuật nhân với tỷ lệ sử dụng thời gian) cần xác định cụ thể khi đưa ra quyết định quản lý có liên quan đến việc sử dụng máy móc, trang thiết bị phụ trợ và hệ thống vận hành, cùng với đó là việc kết hợp tính toán độ tin cậy về mặt tổ chức và công nghệ trong hoạt động của chúng, cho phép đưa ra các quyết định quản lý với độ tin cậy hợp lý với thực tế hơn. □

Tài liệu tham khảo:

1. Finansovye aspekty predprinimatel'stva v novej jekonomike: monogr. Pod obshh. red. O. Y. Patlasova [The financial aspects of the entrepreneurship in the new economy: monograph. Under the general editorship of O.U. Patlasova]. Omsk: NOU VPO OmGA, 2013. 300 p.
2. Kuznetsova K.S. Racional'nye oblasti ispol'zovanija jekskavatornykh komplektov [Rational use of excavator sets]. Mehanizacija stroitel'stva, 2011. -№ 1. C. 22 - 24.
3. Demidenko O.V., Anferov V.N., Kuznetsov S.M., Serov M.Y., Vasiliev S.I. Jekonomiko- matematcheskaja model' raboty strelovyh kranov [Economical and mathematical model of jib cranes' work]. // Omskij nauchnyj vestnik, 2013, no 3 (119). pp. 74-80.
4. Demidenko O.V. Jekonomiko-matematcheskaja model' transportno-tehnologicheskogo processa v stroitel'stve [Economical and mathematical model of transport and technological process in the construction]. Nauka o cheloveke: gumanitarnye issledovanija, 2013, no 4 (14). pp. 20-25.
5. Thông tư 13/2021/TT-BXD của Bộ Xây dựng hướng dẫn tính đơn giá Nhân công và Bảng giá ca máy thiết bị. Ban hành ngày 31/8/2021 và có hiệu lực từ 15/10/2021; Thông tư 01/2025/TT-BXD của Bộ Xây dựng sửa đổi và bổ sung Thông tư 13/2021/TT-BXD. Ban hành ngày 22/01/2025 và có hiệu lực từ 8/3/2025; Quyết định 1070/QĐ-SXD và 1071/QĐ-SXD Về việc công bố đơn giá nhân công xây dựng; Giá ca máy và thiết bị thi công xây dựng trên địa bàn tỉnh thành phố Hà Nội.
6. Shchepotin G.K. Ocenka nadezhnosti tehnologicheskogo processa [Assessment of technological process' reliability]. Izvestija vuzov. Stroitel'stvo, 2013, no 10. pp. 33 - 37.
7. Mosakov B.S., Shchepotin G.K. Povyshenie organizacionno-tehnologicheskoy nadezhnosti processa obespechenija bezopasnosti transportnogo potoka [Improving organizational and technological reliability of the process of ensuring traffic's safety]. Izvestija vuzov. Stroitel'stvo, 2014, no 2. pp. 40 - 45.
8. Gerasimov V.V., Korobov O.A., Pimenov A.T., Mihalchenko O.Y. Ocenka organizacionno-tehnologicheskoy bezopasnosti stroitel'nyh proektov [Assessment of organizational and technological safety of construction projects]. Izvestija vuzov. Stroitel'stvo, 2012, no 3. pp. 21 - 27.
9. State standard 8.736-2011 [State system for ensuring the uniformity of measurements. Direct multiple measurements. Methods of processing measurement results. Available at: http://www.elec.ru/library/gosts_t8/gost-r-8736-2011