

ƯỚC TÍNH NĂNG SUẤT LAO ĐỘNG TRONG XÂY DỰNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP LẤY MẪU CÔNG VIỆC

Nguyễn Anh Đức^{a,*}, Lê Quang Trung^a, Cao Tuấn Anh^a

^a*Khoa Xây dựng Dân dụng và Công nghiệp, Trường Đại học Xây dựng, số 55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 05/10/2020, Sửa xong 16/10/2020, Chấp nhận đăng 23/10/2020

Tóm tắt

Năng suất lao động các công tác xây dựng ảnh hưởng lớn đến tiến độ và hiệu quả sử dụng vốn của công trình. Nghiên cứu này đề xuất một phương pháp phân tích cấu trúc các công tác này thông qua lấy mẫu công việc từ hình ảnh trích xuất từ các máy quay giám sát. Phương pháp này giảm bớt yêu cầu thủ công của người thu thập dữ liệu cũng như ảnh hưởng đến tâm lý người lao động. Phương pháp trên được áp dụng đối với một số công tác trên một công trình nhà cao tầng bê tông cốt thép toàn khối. Kết quả vừa thể hiện được tính mạch lạc, dễ áp dụng của phương pháp, vừa cung cấp một số tính chất của các công việc được chọn. Hiểu rõ cấu trúc thành phần và cấu trúc sử dụng thời gian của các công việc giúp người sử dụng lao động có cơ sở để đưa ra các quyết định quản lý làm tăng năng suất.

Từ khoá: năng suất; lấy mẫu công việc; cấu trúc công việc; máy quay giám sát.

ESTIMATING PRODUCTIVITY IN CONSTRUCTION BY ACTIVITY ANALYSIS USING WORK SAMPLING

Abstract

Productivity of activities in construction that use labor in construction has a great influence on the scheduling and efficiency of capital use of the projects. This study proposes an activity structure analysis framework using work sampling method through image extraction from close-circuit televisions. This approach helps to reduce the manual requirements of data collectors as well as biased data caused from workers' distraction. The proposed analysis framework was then applied to some activities on a cast-in-place reinforced concrete high-rise building. The results showed both the coherence and ease of application of the method, as well as some properties of the selected activities. Activities are analyzed by component structure and time-consuming structure, helping employers and project managers to understand deeply about the nature of the work, from which management decisions can be made to increase productivity.

Keywords: productivity; work sampling; work structure; close-circuit television.

[https://doi.org/10.31814/stce.nuce2020-14\(5V\)-05](https://doi.org/10.31814/stce.nuce2020-14(5V)-05) © 2020 Trường Đại học Xây dựng (NUCE)

1. Giới thiệu

Công trình xây dựng là một sản phẩm đặc biệt tiêu tốn rất nhiều tài nguyên trực tiếp, bao gồm vật liệu xây dựng, nhân công, và máy thi công. Tỉ trọng lớn của nhân công trong tổng giá thành một công trình xây dựng là một chỉ báo cho thấy đây là một trong những ngành nặng nhọc nhất trong nền kinh tế [1, 2].

Trong xu hướng phát triển chung thế giới, máy móc, thậm chí máy móc tự động, trí tuệ nhân tạo đang dần thay thế sự tham gia trực tiếp của con người trong quá trình tạo ra các sản phẩm. Tuy nhiên,

*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: ducna@nuce.edu.vn (Đức, N. A.)

với tính chất đặc thù của ngành xây dựng, việc tự động hoá, loại bỏ dần dần thao tác trực tiếp của con người gặp nhiều khó khăn. Do đó, ít nhất trong tương lai gần, tỉ trọng nhân công trực tiếp trên tổng giá thành công trình vẫn luôn lớn [3]. Năng suất của nhân công tham gia trực tiếp vẫn sẽ là một trong những yếu tố quyết định sự thành công của một dự án xây dựng trên phương diện tiến độ, chất lượng, và chi phí [2, 4, 5].

Năng suất lao động trong ngành xây dựng được tập trung nghiên cứu từ rất sớm. Qua quá trình thống kê, các tác giả nhận thấy các nghiên cứu này có thể được xếp vào các nhóm: (a) so sánh năng suất lao động giữa các ngành nghề, quốc gia, và theo thời gian [6–9], (b) phân tích các yếu tố liên quan đến năng suất lao động [9–12], (c) đo lường năng suất lao động [13–16], (d) các giải pháp tăng năng suất lao động [4, 8, 17, 18].

Ở nhóm (c), các phương pháp đo lường năng suất lao động lần lượt được giới thiệu, phân tích, cũng như áp dụng bởi các tác giả [15, 19–23]. Phương pháp lấy mẫu công việc (work sampling), theo thống kê, được áp dụng nhiều nhất đối với các công việc trong xây dựng [15, 19, 20, 24] do việc phân tích đơn giản và khách quan (ít bị ảnh hưởng tâm lý của người lao động khi biết mình đang được theo dõi). Tuy nhiên phương pháp lấy mẫu công việc có một yêu cầu áp dụng nghiêm ngặt – yêu cầu này liên quan đến nguyên lý số lớn trong xác suất thống kê – khiến số lần phải trực tiếp đến công trường của người thu thập số liệu rất lớn. Việc này dẫn đến công việc thu thập số liệu rất vất vả và khiến thời gian nghiên cứu kéo dài.

Trong bài báo này, các tác giả đề xuất một cách sử dụng phương pháp lấy mẫu dựa trên các hình ảnh thu được từ các máy quay giám sát, vốn đang được lắp đặt phổ biến tại các công trường xây dựng lớn và trong khu đô thị. Việc này làm giảm yêu cầu về sự tham gia trực tiếp của người thu thập số liệu trên công trường, qua đó làm giảm thời gian cho các nghiên cứu liên quan. Hơn nữa, các công tác được phân tích cấu trúc, cụ thể về mặt sử dụng thời gian. Cấu trúc công tác cũng là nhân tố rất quan trọng, được tập trung nghiên cứu bởi các nhà khoa học trong lĩnh vực xây dựng [24]. Năng suất lao động có thể được ước tính một cách gián tiếp qua kết quả phân tích này. Từ đó mở ra các hướng đánh giá mức độ hiệu quả tổ chức lao động, xác định độ nặng nhọc của công việc, so sánh tính chất của các công việc khác nhau, và xác định các yếu tố liên quan đến năng suất lao động (ví dụ: thời tiết, số nhân lực trong một tổ đội, vị trí thi công...).

Về cấu trúc bài báo, sau phần giới thiệu mở đầu là nghiên cứu tổng quan về năng suất lao động, các phương pháp lấy mẫu công việc để ước tính năng suất lao động; một trình tự áp dụng phương pháp lấy mẫu được đề xuất; áp dụng thử cho một số công tác trên một công trường nhà cao tầng có kết cấu bê tông cốt thép toàn khối; cuối cùng là phân tích kết quả và kết luận.

2. Định nghĩa năng suất lao động

Khái niệm năng suất lao động trong xây dựng được định nghĩa bằng hai cách ngược với nhau:

$$\text{năng suất} = \frac{\text{sản phẩm đầu ra}}{\text{tài nguyên đầu vào}} \quad (1)$$

hoặc

$$\text{năng suất} = \frac{\text{tài nguyên đầu vào}}{\text{sản phẩm đầu ra}} \quad (2)$$

Trong đó, cách thứ hai được sử dụng rộng rãi hơn [25] trong nghiên cứu. Nhưng dù có sử dụng cách định nghĩa nào, thì việc đo lường năng suất cũng đều yêu cầu phải xác định các tài nguyên sử dụng (sức lao động, thời gian...) và khối lượng sản phẩm đầu ra.

Khối lượng sản phẩm đầu ra thường được xác định một cách dễ dàng. Tuỳ theo công việc, khối lượng này có thể có đơn vị là chiếc (dầm, cọc), hạng mục (đơn nguyên), m^2 (sàn), m^3 (bê tông, đất), hay kg (thép). Việc xác định chính xác tài nguyên đầu vào, bao gồm sức lao động, thời gian... đôi khi gặp nhiều khó khăn hơn. Sản phẩm đầu ra chính là yêu cầu của dự án, khi yếu tố này đã cố định, nhu cầu tăng năng suất – một nhu cầu chính đáng trong xây dựng – đồng nghĩa với việc tối ưu hoá tài nguyên đầu vào.

Chính vì vậy, nghiên cứu các công việc trong xây dựng để hiểu rõ và tối ưu hoá luôn là một chủ đề được các nhà nghiên cứu quan tâm trong nhiều thập kỷ qua [8, 26–28]. Phần tiếp theo của bài báo này sẽ giới thiệu về phương pháp lấy mẫu công việc – một trong những phương pháp rất hay được sử dụng trong công nghiệp và xây dựng do các đặc điểm ưu việt của nó.

3. Đo lường năng suất lao động và phân tích công tác bằng phương pháp lấy mẫu công việc (work sampling)

Phương pháp lấy mẫu công việc là một phương pháp thống kê được sử dụng để xác định tỉ lệ thời gian sử dụng bởi người lao động trong quá trình làm việc để làm các thao tác khác nhau (như chuẩn bị máy móc, lắp ghép các bộ phận, không làm việc...) [29]. Phương pháp này rất quan trọng trong nghiên cứu công việc và năng suất vì nó cho phép nhanh chóng phân tích, nhận biết cấu trúc công việc, tăng hiệu quả công việc. Do đó, phương pháp lấy mẫu được sử dụng nhiều nhất bởi các nhà nghiên cứu trong xây dựng, theo thống kê của [24].

Để áp dụng phương pháp lấy mẫu một cách hiệu quả, [29] nêu một số điều kiện với công việc đang cần nghiên cứu:

- Có đủ thời gian để hoàn thành nghiên cứu. Thông thường phương pháp này yêu cầu lấy mẫu trong nhiều ngày, nhiều tuần.
- Công việc cần nghiên cứu yêu cầu nhiều người phối hợp một lúc.
- Công việc cần nghiên cứu có chu kỳ đủ dài.
- Các chu kỳ của công việc có tính lặp lại không quá cao, nghĩa là có sự khác nhau tương đối về thời gian thành phần giữa các chu kỳ.

Các bước thực hiện một nghiên cứu có sử dụng phương pháp lấy mẫu bao gồm [29]:

1. Định nghĩa công việc cần nghiên cứu
2. Định nghĩa thành phần công việc
3. Thiết kế phương pháp nghiên cứu. Trong đó có xác định số lượng mẫu cần thiết.
4. Xác định người sẽ thu thập dữ liệu
5. Bắt đầu thu thập dữ liệu. Cần thông báo cho tất cả công nhân về mục đích của nghiên cứu.
6. Đến công trường vào các thời điểm ngẫu nhiên và thu thập dữ liệu thông qua chụp ảnh.
7. Phân tích dữ liệu, thể hiện kết quả.

Trong bước 3, số lượng mẫu cần thiết được khuyến nghị khác nhau bởi các nhà nghiên cứu, trong đó công thức sau được đề xuất sử dụng nhiều nhất [30]:

$$n = \frac{Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 p(1-p)}{d^2} \quad (3)$$

trong đó n là số mẫu cần thiết để đạt được độ tin cậy và sai số yêu cầu của nghiên cứu; p là xác suất nhị phân của thao tác con, trong đó p là xác suất bắt gặp và $(1-p)$ là xác suất không bắt gặp thao tác con ở một ảnh chụp bất kỳ; d là sai số cho phép, dưới dạng thập phân. Ví dụ, khi cho phép sai số 5%, $d = 0,05$; $Z_{\frac{\alpha}{2}}$ là xác suất theo phân phối chuẩn, ứng với độ tin cậy α (thường $\alpha = 95\%$ tương ứng với $z = 1,96$).

Dù là một trong những phương pháp được áp dụng nhiều nhất để phân tích công việc trong xây dựng, phương pháp lấy mẫu công việc có một nhược điểm là tùy thuộc vào độ chính xác yêu cầu, nó đòi hỏi người nghiên cứu phải thu thập rất nhiều mẫu vào các thời điểm ngẫu nhiên. Số mẫu yêu cầu, ứng với từng loại công việc và sai số cho phép theo Bảng 1 [31].

Bảng 1. Kích cỡ mẫu tương ứng với xác suất xuất hiện của tham số, độ tin cậy, và sai số cho phép [31]

Kích cỡ mẫu cho 95% tin cậy						Kích cỡ mẫu cho 90% tin cậy					
Xác suất (%)	Sai số					Xác suất (%)	Sai số				
	1	3	5	7	10		1	3	5	7	10
50, 50	9600	1067	384	196	96	50, 50	6763	751	270	138	68
40, 60	9216	1024	369	188	92	40, 60	6492	721	260	132	65
30, 70	8064	896	323	165	81	30, 70	5681	631	227	116	57
20, 80	6144	683	246	125	61	20, 80	4328	481	173	88	43
10, 90	456	384	138	71	35	10, 90	2435	271	97	50	24
1, 99	380	42	15	8	4	1, 99	268	30	11	5	3

Chẳng hạn, nếu trong thành phần công việc đang nghiên cứu có một thao tác có xác suất xuất hiện là 40% (do đó không xuất hiện là 60%) thì với yêu cầu độ tin cậy là 95%, sai số là 3%, sẽ cần cỡ mẫu tối thiểu là 1024. Với phương pháp chụp ảnh truyền thống ở các thời điểm ngẫu nhiên, yêu cầu này sẽ gây không ít khó khăn cho người tham gia thu thập số liệu.

4. Đề xuất quy trình đo lường năng suất với một công tác lựa chọn

4.1. Phân tích dự án, lựa chọn công việc, nêu mục đích nghiên cứu

Phân tích các đặc điểm của dự án đang được nghiên cứu, xác định các công tác có thể thu thập dữ liệu, xác định các kết quả nghiên cứu tiềm năng có thể đạt được từ nghiên cứu này.

4.2. Phân tích cấu trúc công việc

Sau khi lựa chọn công tác cần phân tích, người nghiên cứu cần xác định các thành tố, hay các thao tác con, của công tác đó. Các thao tác con này được xác định thông qua việc lấy mẫu thử.

Thực tế trên các công trường hiện nay thường có các điểm đặt máy quay cố định, hoạt động như camera an ninh hoặc như một công cụ để giám sát công nhân. Trong bước lấy mẫu thử này, người nghiên cứu phải kiểm tra vị trí đặt của các camera và chất lượng hình ảnh. Vị trí đặt của camera phải bao quát các vị trí có công việc cần quan sát, đảm bảo các thành viên tổ đội đang nghiên cứu không có thời điểm nào ra khỏi tất cả các khung hình. Chất lượng hình ảnh ở vị trí bất lợi nhất cũng phải đảm bảo phân biệt rõ từng cá nhân đang thao tác hoạt động gì.

Các kết quả nghiên cứu trước, bao gồm [15, 20, 32, 33], các thao tác con của một loại công tác được chia làm hai nhóm: có ích và không có ích (Bảng 2). Trong đó, thao tác có ích được chia làm hai nhóm thao tác con (trực tiếp và hỗ trợ). Tác giả [15] định nghĩa ba loại thao tác này như sau:

- Thao tác trực tiếp: các thao tác tác động trực tiếp đến cấu kiện đang lắp dựng, làm tăng thêm khối lượng sản phẩm hoàn thành.

- Thao tác hỗ trợ: các thao tác không trực tiếp tác động đến cấu kiện đang lắp dựng, nhưng cần thiết trong quá trình tạo ra sản phẩm. Các thao tác này có thể bao gồm: vận chuyển nguyên vật liệu, máy móc; trao đổi/chỉ dẫn kỹ thuật; đọc bản vẽ và tương đương.

- Thao tác không có ích: không làm gì hoặc làm các việc không có tác dụng đối với quá trình sản xuất ra sản phẩm.

Bảng 2. Các nhóm thao tác trong một công việc xây dựng

Nhóm thao tác	Loại thao tác con	Tên thao tác
Có ích	Lao động trực tiếp tạo ra sản phẩm	Thao tác chính
	Lao động hỗ trợ tạo ra sản phẩm	Thao tác chuẩn bị Thao tác liên quan đến dụng cụ và thiết bị Thao tác liên quan đến nguyên vật liệu
Không có ích		Chờ đợi Di chuyển không liên quan Nghỉ ngơi, cá nhân Không xác định

Với mục tiêu nâng cao năng suất lao động, nhóm thao tác không có ích nên được giảm thiểu. Tuy nhiên, một số hoạt động trong nhóm này (ví dụ: nghỉ ngơi, cá nhân) lại cần thiết để tái tạo sức lao động.

4.3. Xác định số lượng mẫu cần thiết

Ngoài việc nhận được cấu trúc của công tác qua quá trình phân tích mẫu thử, người nghiên cứu còn tính được xác suất nhị phân q cho từng loại công tác. Từ các xác suất đầu vào q này sẽ tính được số lượng mẫu cần thiết [15, 20, 30], với số lượng mẫu là số lượng ảnh chụp ở thời điểm ngẫu nhiên theo công thức (3).

Như vậy, độ chính xác yêu cầu của nghiên cứu sẽ quyết định kích cỡ mẫu cần thu thập là bao nhiêu. Xác suất nhị phân thì đã được giả thiết bằng với xác suất thu được ở bước 2.

4.4. Thu thập số liệu

Trong quá trình thu thập dữ liệu đại trà, người nghiên cứu cần kiểm tra định kỳ chất lượng hình ảnh thu được.

4.5. Phân tích số liệu

Dữ liệu thu được, là các đoạn phim, sẽ được phân tích bởi một số người tham gia. Những người tham gia cần được đào tạo thông qua các buổi trao đổi khi phân tích mẫu nhỏ ở bước ban đầu để thống nhất trong việc nhận định các thao tác.

Do yêu cầu của phương pháp lấy mẫu công việc là chọn mẫu ngẫu nhiên, các đoạn phim sẽ được chia nhỏ thành các phần có chiều dài bằng nhau, chẳng hạn, 1 giờ. Nếu số mẫu cần phân tích tính được là n mẫu trong 1 giờ, người phân tích dùng hàm Excel để lấy ngẫu nhiên n giá trị thời gian xuất hiện của ảnh, và trích xuất n ảnh từ đoạn phim đó.

Trong quá trình phân tích, lý tưởng nhất là có hai người phân tích cùng một bức ảnh và thống nhất nhận định của mình trước khi đưa vào kết quả phân tích.

Tùy thuộc vào yêu cầu của bài toán, người nghiên cứu áp dụng các kỹ thuật phân tích xác suất tương ứng (Bảng 3).

Bảng 3. Khuyến nghị các phương pháp phân tích xác suất ứng với một số bài toán đo lường xác suất công việc trong xây dựng

Mục đích	Tên kỹ thuật phân tích thích hợp	Ví dụ
So sánh tỉ lệ giữa hai mẫu	Kiểm định tỉ lệ hai mẫu độc lập, kiểm định Khi-bình phương	So sánh cấu trúc thời gian hai công việc khác nhau; so sánh cấu trúc thời gian của một công việc dưới các điều kiện làm việc khác nhau
So sánh tỉ lệ của một mẫu với giá trị cho sẵn (ví dụ từ định mức)	Kiểm định tỉ lệ một mẫu	So sánh cấu trúc thời gian của một công việc với một giá trị cho trước
So sánh giá trị tuyệt đối của hai mẫu	Kiểm định hai mẫu có liên quan, kiểm định hai mẫu độc lập	So sánh thời gian làm việc trực tiếp/gián tiếp/không làm việc của hai công việc
So sánh giá trị tuyệt đối của nhiều mẫu	Kiểm định ANOVA	So sánh thời gian làm việc trực tiếp/gián tiếp/không làm việc của nhiều công việc

4.6. Kết luận

Các kết luận được đưa ra cần bao gồm: miêu tả công trình, miêu tả điều kiện làm việc, thành phần thao tác công việc, và cấu trúc sử dụng thời gian của công việc. Các so sánh về cấu trúc sử dụng thời gian cần nêu rõ điều kiện so sánh và kết quả so sánh. Người nghiên cứu cũng cần nêu rõ là kết quả này có đại diện cho công tác đó cho toàn công trình hay không hay chỉ cung cấp một đặc điểm nghiên cứu cục bộ.

5. Áp dụng quy trình để phân tích một số công tác thuộc quá trình thi công bê tông cốt thép tại một công trình cao tầng tại Hà Nội

5.1. Phân tích dự án, lựa chọn công việc, nêu mục đích nghiên cứu

Đây là công trình 35 tầng, có diện tích sàn 1500 m², kết cấu bê tông cốt thép toàn khối. Quy trình thi công bê tông cốt thép phần thân bao gồm ba công tác chính: ván khuôn, cốt thép, và đổ bê tông. Do công trình sử dụng bê tông thương phẩm và quy định xây dựng tại địa phương chỉ cho phép vận chuyển bê tông thương phẩm vào ban đêm nên việc thu thập dữ liệu hình ảnh gặp một số khó khăn. Do đó, các tác giả quyết định chỉ phân tích hai loại công tác là ván khuôn và cốt thép để minh họa cho quy trình này. Cụ thể hơn, hai công tác ván khuôn và cốt thép của các cấu kiện dầm được nghiên cứu.

5.2. Phân tích cấu trúc công việc

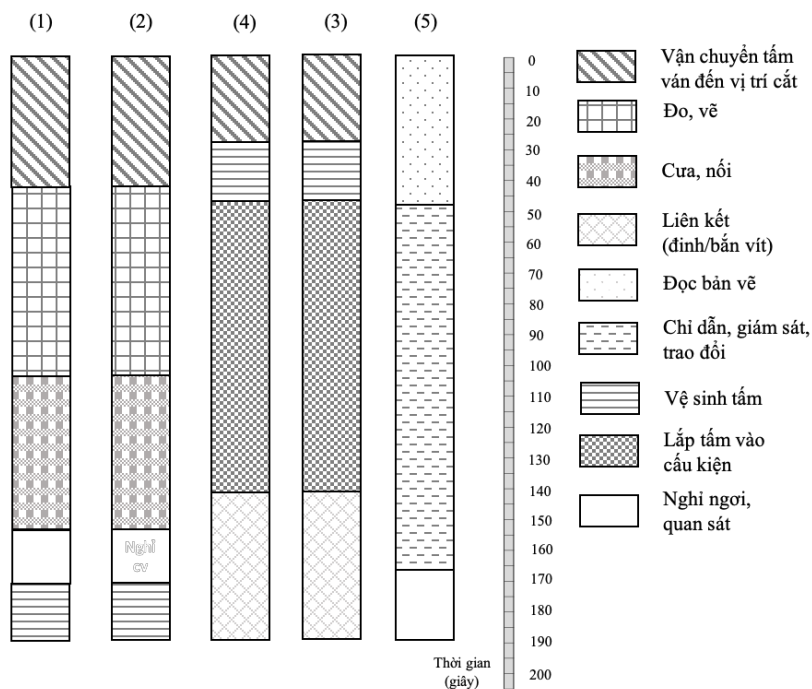
Từ phân tích mẫu thử nhỏ (gồm 8 giờ quay phim), các tác giả nhận thấy cấu trúc công việc của hai công tác ván khuôn (dầm, sàn) và cốt thép (dầm, sàn) như sau:

a. Công tác ván khuôn gõ phủ phim dầm (Bảng 4)

Cấu trúc công tác ván khuôn dầm theo thời gian được thể hiện trong Hình 1.

Bảng 4. Cấu trúc hoạt động của công tác ván khuôn đầm

Phân loại		Thao tác con
Thao tác có ích	Thao tác trực tiếp	Đo, vẽ trên tấm Cưa tấm Vận chuyển tấm vào vị trí Liên kết các tấm (đóng đinh, máy bắn vít)
	Thao tác hỗ trợ	Đọc bản vẽ Trao đổi, chỉ dẫn Vệ sinh bề mặt tấm
Thao tác không có ích		Chỉ quan sát Nghỉ ngơi Di chuyển



Hình 1. Cấu trúc công tác ván khuôn đầm với giá trị thời gian trung bình của mẫu thử nhỏ (đội 5 người)

b. Công tác cốt thép đầm (Bảng 5)

Cấu trúc công tác cốt thép đầm theo thời gian được thể hiện trong Hình 2.

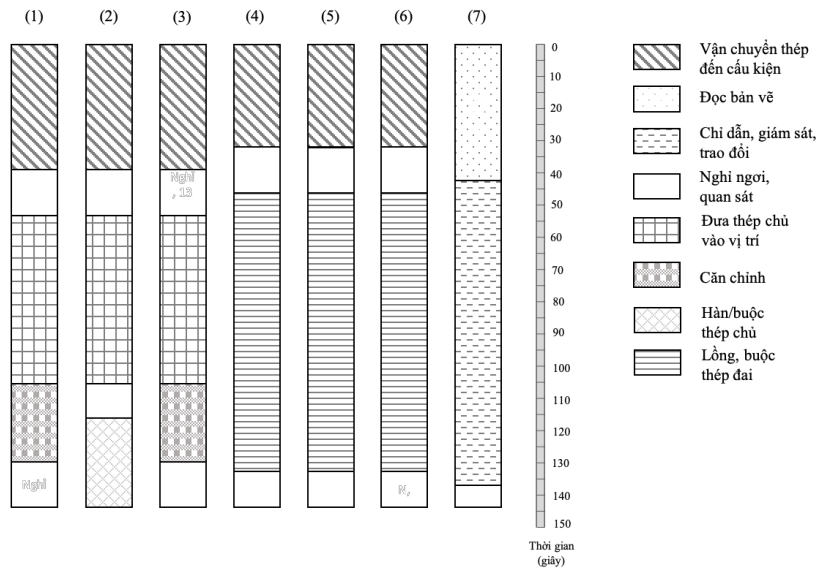
5.3. Xác định số lượng mẫu cần thiết

Giả thiết độ tin cậy 95% ($z = 1,96$), sai số 5%, ta tính được số lượng mẫu cần thiết từ công thức (3):

- Công tác ván khuôn: từ mẫu nhỏ thực nghiệm, công việc yêu cầu số mẫu lớn nhất là “Lắp dựng ván khuôn vào cấu kiện”, có $p = 0,202$, tính được $n_{\min} = 248$ mẫu.

Bảng 5. Cấu trúc hoạt động của công tác cốt thép đầm

Phân loại		Thao tác con
Thao tác có ích	Thao tác trực tiếp	Vận chuyển vật liệu từ vị trí thả cầu thấp đến vị trí kết cấu Đưa thép chủ vào vị trí Hàn/buộc thép chủ Lồng thép đai, buộc thép đai
	Thao tác hỗ trợ	Đọc bản vẽ Giám sát, trao đổi, chỉ dẫn, đo vị trí, đeo con kê
Thao tác không có ích		Chỉ quan sát Nghỉ ngơi Di chuyển



Hình 2. Cấu trúc công tác cốt thép đầm với giá trị thời gian trung bình của mẫu thử nhỏ (đội 7 người)

- Công tác cốt thép: từ mẫu nhỏ thực nghiệm, công việc yêu cầu số mẫu lớn nhất là “Lồng, buộc thép đai”, có $p = 0,281$, tính được $n_{\min} = 311$ mẫu.

Thông nhất chọn kích thước mẫu cho cả hai trường hợp công tác là 500; kích thước này chắc chắn đảm bảo các kết quả thu được đạt độ tin cậy 95% và sai số ít hơn 5%.

5.4. Thu thập số liệu

Trong quá trình quay phim không liên tục (tổng 7 ngày) các công tác đang nghiên cứu, có khoảng 19 giờ là công tác cốt thép đầm và 11 giờ là công tác ván khuôn đầm.

Quá trình thu thập số liệu dựa vào việc trích xuất hình ngẫu nhiên từ các thước phim liên quan. Tính chất ngẫu nhiên đạt được từ lựa chọn điểm thời gian qua hàm số ngẫu nhiên rand() nhân với thời lượng thước phim (trong Microsoft Excel).

Bảng 6. Số liệu thu được từ mẫu thử cỡ 500 cho công tác ván khuôn đầm

Hoạt động ghi nhận	Tần suất ghi nhận (%)				Tần suất trung bình	Sai số (+/-)*
	Tổ 1	Tổ 2	Tổ 3	Tổ 4		
Vận chuyển ván đến vị trí gia công	13,8%	14,4%	13,5%	11,1%	13,2%	2,97%
Đo, vẽ	13,8%	17,2%	13,6%	12,1%	14,2%	3,06%
Cửa, nổi	10,4%	8,0%	8,8%	10,4%	9,4%	2,56%
Lắp dựng vào cấu kiện	20,2%	19,2%	24,5%	24,9%	22,2%	3,64%
Liên kết	10,6%	10,5%	9,2%	8,2%	9,6%	2,59%
Đọc bản vẽ	4,8%	5,0%	5,5%	6,0%	5,3%	1,96%
Chỉ dẫn, giám sát	12,8%	11,7%	12,8%	13,4%	12,7%	2,92%
Vệ sinh	7,9%	8,5%	7,3%	6,7%	7,6%	2,32%
Nghỉ ngơi	5,6%	5,5%	4,9%	7,2%	5,8%	2,05%

*Sai số ứng với cỡ mẫu là 500

5.5. Phân tích số liệu

a. Công tác ván khuôn đầm (Bảng 6)

Theo kết quả thống kê công tác ván khuôn đầm, thời lượng các hoạt động có ích là 94,2% (trong đó hoạt động trực tiếp chiếm 81,5%, hoạt động hỗ trợ chiếm 12,7%), thời lượng các hoạt động không có ích là 5,8%.

b. Công tác cốt thép đầm (Bảng 7)

Bảng 7. Số liệu thu được từ mẫu thử cỡ 500 cho công tác cốt thép đầm

Hoạt động ghi nhận	Tần suất ghi nhận (%)					Tần suất trung bình	Sai số (+/-)*
	Tổ 1	Tổ 2	Tổ 3	Tổ 4	Tổ 5		
Vận chuyển cốt thép đến gần cấu kiện	18,8%	19,0%	23,2%	21,7%	18,6%	20,3%	3,52%
Đưa thép chủ vào vị trí	15,9%	13,9%	16,7%	23,2%	15,7%	17,1%	3,30%
Cắn chỉnh	4,8%	4,6%	4,1%	5,4%	4,8%	4,7%	1,86%
Hàn/buộc thép chủ	3,2%	3,3%	3,0%	3,2%	3,2%	3,2%	1,54%
Lồng/buộc thép đai	28,1%	31,8%	24,9%	27,2%	31,7%	28,7%	3,97%
Đọc bản vẽ	4,2%	5,9%	4,9%	4,3%	5,3%	4,9%	1,90%
Chỉ dẫn, giám sát	9,1%	10,5%	8,8%	10,6%	8,4%	9,5%	2,57%
Nghỉ ngơi	15,8%	10,9%	14,4%	4,4%	12,2%	11,6%	2,80%

*Sai số ứng với cỡ mẫu là 500

Theo kết quả thống kê công tác cốt thép đầm, thời lượng các hoạt động có ích là 88,4% (trong đó hoạt động trực tiếp chiếm 78,9%, hoạt động hỗ trợ chiếm 9,5%), thời lượng các hoạt động không có ích là 11,6%.

c. So sánh thời gian không có ích của hai loại công tác (sử dụng kiểm định tần suất hai mẫu độc lập)

Sai số lệch chuẩn sự khác biệt giữa hai công tác:

Sai số lệch chuẩn công tác cốt thép:

$$z_{ct-vk} = \frac{p_{ct} - p_{vk}}{SE} = 3,277 \Rightarrow p = 0,005 < 0,05$$

Tính khoảng tin cậy ở mức 95%:

$$(p_{ct} - p_{vk}) \pm z_{\frac{\alpha}{2}} \times SE_{ct-vk} = 0,058 \pm 0,035$$

Ta có thể kết luận với độ tin cậy 95% rằng sự khác nhau thực sự giữa tỉ lệ thời gian không có ích của công tác cốt thép dầm và tỉ lệ thời gian không có ích của công tác ván khuôn dầm nằm trong khoảng (0,023 - 0,093) tức (2,3% - 9,3%).

5.6. Kết luận

Hai công tác (ván khuôn dầm và cốt thép dầm) đã được phân tích thông qua các hình ảnh thu được từ camera giám sát. Thời gian có ích của ván khuôn và cốt thép lần lượt là 94,2% và 88,4%, thời gian không có ích của hai công tác lần lượt là 5,8% và 11,6%. Kết quả so sánh mẫu thống kê cho thấy thời gian không có ích của công tác cốt thép dầm lớn hơn của công tác ván khuôn dầm với độ tin cậy 95% sự khác biệt giữa hai thời gian này nằm trong khoảng từ 2,3% - 9,3%.

Do tính chất khác biệt giữa hai công tác này, cần mở rộng nghiên cứu mới có thể từ sự khác nhau của cấu trúc thời gian công việc mà so sánh được về các mặt: hiệu quả phối hợp của tổ đội, sự lành nghề của cá nhân, hoặc sự nặng nhọc của công việc.

6. Kết luận

Lấy mẫu công việc và phân tích nhóm làm việc là hai phương pháp được sử dụng rộng rãi để phân tích các công tác lao động trong xây dựng. Phương pháp lấy mẫu công việc có các ưu điểm như: độ chính xác cao và đánh giá dữ liệu đơn giản do mỗi dữ liệu là một ảnh tĩnh. Do đó, phương pháp này được sử dụng nhiều hơn so với phương pháp phân tích nhóm làm việc. Tuy nhiên, nhược điểm lớn nhất của phương pháp này là số mẫu yêu cầu lớn, dẫn đến khó khăn trong việc thu thập mẫu vì người nghiên cứu phải đến công trường nhiều lần vào các thời điểm ngẫu nhiên. Việc lấy mẫu cũng làm ảnh hưởng đến năng suất do người lao động mất tập trung.

Nghiên cứu này đề xuất một hướng áp dụng phương pháp lấy mẫu công việc để phân tích năng suất các công tác lao động trong ngành xây dựng. Có hai đóng góp mới của đề xuất này. Một là, thay vì đến công trường chụp ảnh trực tiếp, người thu thập dữ liệu chỉ cần trích xuất ảnh tĩnh một cách ngẫu nhiên từ các camera giám sát trên công trường. Việc này giải quyết được hai điểm yếu cố hữu đã nêu của phương pháp lấy mẫu truyền thống. Hai là, thay vì so sánh năng suất của các công tác lao động dựa trên tỉ suất (tài nguyên đầu vào/giá trị sản phẩm đầu ra), trong đó đôi khi rất khó xác định giá trị sản phẩm đầu ra chỉ dựa trên hình ảnh thu được, phương pháp này tập trung phân tích cấu trúc sử dụng thời gian của công tác lao động. Cấu trúc sử dụng thời gian này, bao gồm tỉ lệ thao tác có ích (trực tiếp và hỗ trợ) và thao tác không có ích (nghỉ ngơi...), sẽ cung cấp nhiều thông tin quan trọng để đánh giá mức độ hiệu quả, hay mức độ khoa học về mặt tổ chức lao động, xác định các yếu tố ảnh hưởng đến năng suất lao động, so sánh các công tác khác nhau. Chẳng hạn, thông qua phân tích cấu trúc sử dụng thời gian của một tổ đội dưới các điều kiện thời tiết khác nhau (ví dụ, nhiệt độ), có thể xác định mức độ ảnh hưởng của các điều kiện thời tiết này đến thời gian công nhân phải nghỉ ngơi là nhiều hay ít. Hoặc có thể áp dụng để đánh giá mức độ nhịp nhàng của hai tổ đội (một tổ nhiều kinh nghiệm, một tổ ít kinh nghiệm) khi cùng thi công một loại công việc trong cùng một điều kiện làm việc.

Trong thực tiễn, các chủ đầu tư, chủ nhiệm dự án, nhà thầu, người lao động có thể vận dụng phương pháp lấy mẫu công việc trên để tìm hiểu, phân tích các công việc, từ đó hiểu sâu về bản chất các công việc trên công trường. Do phương tiện thu thập là các camera giám sát vốn luôn bám sát

công trường, dữ liệu của các công việc có thể được trích xuất thường xuyên, dẫn đến các công việc có thể được phân tích liên tục. Việc này tạo điều kiện cho người sử dụng lao động thử nghiệm các phương án để làm giảm độ nặng nhọc của công việc, sắp xếp hợp lý các tổ đội, cũng như tăng năng suất lao động.

Do mục tiêu chính của các tác giả là đề xuất phương pháp và áp dụng minh họa cho một số công tác, một trong các hạn chế của nghiên cứu này là số lượng mẫu chưa nhiều, cũng như số công tác còn hạn chế. Tuy nhiên, các hạn chế trên có thể được giải quyết trong các nghiên cứu trong tương lai có thời hạn lâu dài hơn, có phạm vi lớn hơn, và sự tham gia của nhiều nhân lực hơn.

Lời cảm ơn

Tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ tài chính của Trường Đại học Xây dựng cho đề tài “Phân tích hiệu quả sử dụng thời gian và các mối liên hệ đến năng suất lao động của một số công tác chính sử dụng lao động trên công trường xây dựng nhà cao tầng ở Việt Nam”, mã số 34-2020/KH XD-TĐ.

Tài liệu tham khảo

- [1] Jang, H., Kim, K., Kim, J., Kim, J. (2011). [Labour productivity model for reinforced concrete construction projects](#). *Construction Innovation*.
- [2] Kazaz, A., Ulubeyli, S., Acikara, T., Er, B. (2016). [Factors affecting labor productivity: perspectives of craft workers](#). *Procedia Engineering*, 164:28–34.
- [3] Forsythe, P. (2018). [Extending and operationalizing construction productivity measurement on building projects](#). *Construction Management and Economics*, 36(12):683–699.
- [4] Shahtaheri, M., Nasir, H., Haas, C. T. (2015). [Setting baseline rates for on-site work categories in the construction industry](#). *Journal of Construction Engineering and Management*, 141(5):04014097.
- [5] Tâm, N. V. (2019). [Mô hình hồi quy các nhân tố ảnh hưởng đến năng suất lao động của công nhân xây dựng tại các công trường trên địa bàn thành phố Hà Nội](#). *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD)-ĐH XD*, 13(2V):125–135.
- [6] Gong, J., Borchert, J. D., Caldas, C. H. (2010). Assessment of direct work utilization at the workplace in the US Construction Industry (1972-2008). *Construction Research Congress 2010: Innovation for Reshaping Construction Practice*, 960–969.
- [7] Song, L., AbouRizk, S. M. (2008). [Measuring and modeling labor productivity using historical data](#). *Journal of Construction Engineering and Management*, 134(10):786–794.
- [8] Sveikauskas, L., Rowe, S., Mildener, J., Price, J., Young, A. (2016). [Productivity growth in construction](#). *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(10):04016045.
- [9] Vogl, B., Abdel-Wahab, M. (2015). [Measuring the construction industry's productivity performance: Critique of international productivity comparisons at industry level](#). *Journal of Construction Engineering and Management*, 141(4):04014085.
- [10] Böhme, T., Escibano, A., Heffernan, E. E., Beazley, S. (2018). [Causes and mitigation for declining productivity in the Australian mid-rise residential construction sector](#). *Built Environment Project and Asset Management*.
- [11] El-Gohary, K. M., Aziz, R. F., Abdel-Khalek, H. A. (2017). [Engineering approach using ANN to improve and predict construction labor productivity under different influences](#). *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(8):04017045.
- [12] Golnaraghi, S., Zangenehmadar, Z., Moselhi, O., Alkass, S. (2019). [Application of artificial neural network \(s\) in predicting formwork labour productivity](#). *Advances in Civil Engineering*, 2019.
- [13] Crawford, P., Vogl, B. (2006). [Measuring productivity in the construction industry](#). *Building Research & Information*, 34(3):208–219.
- [14] Park, H.-S. (2006). [Conceptual framework of construction productivity estimation](#). *KSCE Journal of Civil Engineering*, 10(5):311–317.

- [15] Thomas, H. R., Daily, J. (1983). [Crew performance measurement via activity sampling](#). *Journal of Construction Engineering and Management*, 109(3):309–320.
- [16] Xue, X., Shen, Q., Wang, Y., Lu, J. (2008). [Measuring the productivity of the construction industry in China by using DEA-based Malmquist productivity indices](#). *Journal of Construction engineering and Management*, 134(1):64–71.
- [17] Enshassi, A., Mohamed, S., Mayer, P., Abed, K. (2007). [Benchmarking masonry labor productivity](#). *International Journal of Productivity and Performance Management*.
- [18] Loosemore, M. (2014). [Improving construction productivity: a subcontractor's perspective](#). *Engineering, Construction and Architectural Management*.
- [19] Christian, J., Hachey, D. (1995). [Effects of delay times on production rates in construction](#). *Journal of Construction Engineering and Management*, 121(1):20–26.
- [20] Gouett, M. C., Haas, C. T., Goodrum, P. M., Caldas, C. H. (2011). [Activity analysis for direct-work rate improvement in construction](#). *Journal of Construction Engineering and Management*, 137(12):1117–1124.
- [21] Liou, F.-S., Borcharding, J. D. (1986). [Work sampling can predict unit rate productivity](#). *Journal of Construction Engineering and Management*, 112(1):90–103.
- [22] Nguyen, L. D., Nguyen, H. T. (2013). [Relationship between building floor and construction labor productivity](#). *Engineering, Construction and Architectural Management*.
- [23] Thomas, H. R., Maloney, W. F., Horner, R. M. W., Smith, G. R., Handa, V. K., Sanders, S. R. (1990). [Modeling construction labor productivity](#). *Journal of Construction Engineering and Management*, 116(4):705–726.
- [24] Horman, M. J., Kenley, R. (2005). [Quantifying levels of wasted time in construction with meta-analysis](#). *Journal of Construction Engineering and Management*, 131(1):52–61.
- [25] Park, H.-S., Thomas, S. R., Tucker, R. L. (2005). [Benchmarking of construction productivity](#). *Journal of Construction Engineering and Management*, 131(7):772–778.
- [26] Pan, W. (2018). [Rethinking construction productivity theory and practice](#). *Built environment project and asset management*, 8(3):234–238.
- [27] Thomas, H. R., Ellis Jr, R. D. (2017). [Construction Site Management and Labor Productivity Improvement: How to Improve the Bottom Line and Shorten the Project Schedule](#). American Society of Civil Engineers.
- [28] Vereen, S. C., Rasdorf, W., Hummer, J. E. (2016). [Development and comparative analysis of construction industry labor productivity metrics](#). *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(7): 04016020.
- [29] Mikell, G. (2014). [Work Systems. The Methods, Measurement & Management of Work](#). New Jersey: Prentice Hall.
- [30] Disney, S. M. (2016). [Revisiting activity sampling: a fresh look at binomial proportion confidence intervals](#). *European Journal of Industrial Engineering*, 10(6):724–759.
- [31] Adrian, J. J. (1995). *Construction productivity: Measurement and improvement*. Stipes.
- [32] Gong, J., Borcharding, J. D., Caldas, C. H. (2011). [Effectiveness of craft time utilization in construction projects](#). *Construction Management and Economics*, 29(7):737–751.
- [33] Thomas, H. R., Sanders, S. R., Bilal, S. (1992). [Comparison of labor productivity](#). *Journal of Construction Engineering and Management*, 118(4):635–650.