

# Nhận diện các hành vi không an toàn phổ biến trên công trường xây dựng dân dụng và công nghiệp ở Việt Nam

Nguyễn Ngọc Thoan<sup>1\*</sup>, Trần Đức Học<sup>2</sup>, Nguyễn Anh Đức<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bộ môn Công nghệ và Quản lý Xây dựng, Khoa Xây dựng dân dụng và công nghiệp, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

<sup>2</sup> Khoa Kỹ thuật xây dựng, Trường Đại học Bách Khoa thành phố Hồ Chí Minh, Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh

## TỪ KHOÁ

Mối nguy  
Hành vi không an toàn  
Tai nạn lao động  
Công trường xây dựng  
Dân dụng  
Công nghiệp  
Việt Nam

## TÓM TẮT

Nghiên cứu này nhận diện các hành vi không an toàn trên công trường xây dựng ở Việt Nam, xếp hạng dựa trên mức độ ưu tiên cần phải can thiệp và đề xuất nâng cao hiệu quả quản trị các hành vi này. Dữ liệu được thu thập tại các công trường với bảng hỏi cấu trúc, phân tích nội dung hồ sơ an toàn và phỏng vấn bán cấu trúc. Mười chín hành vi phổ biến được đo trên thang tần suất và hậu quả. Thông qua các chỉ tiêu tầm quan trọng tương đối, điểm ưu tiên của các hành vi được tính toán và kiểm định bằng phương pháp lấy mẫu lại theo cụm công trường, phân tích tương quan Spearman và hồi quy OLS với sai số chuẩn cụm; sau đó phân tích tầm quan trọng-hiệu suất của các chiến lược quản trị được thực hiện. Kết quả cho thấy các hành vi ưu tiên nhất bao gồm: không chống rơi/neo không đạt, không dùng/dùng sai thiết bị bảo hộ, thiếu cảnh báo tín hiệu khép kín, vận hành phương tiện không an toàn, và nâng-vác thủ công sai động tác. Ở cấp hệ thống quản lý, văn hoá an toàn rất quan trọng vì liên quan đến giảm tần suất hành vi; số giờ làm việc và vi khí hậu liên quan đến tăng hành vi không an toàn; yêu cầu chứng chỉ làm việc và kiểm soát kỹ thuật góp phần làm giảm tần suất các hành vi không an toàn. Phân tích độ quan trọng – hiệu suất biện pháp cho thấy yêu cầu bảo hộ lao động và biện pháp kỹ thuật được triển khai tương đối tốt, trong khi yêu cầu chứng chỉ làm việc, cảnh báo tín hiệu và chuyển đổi số còn nhiều khoảng trống thực thi. Nghiên cứu đề xuất can thiệp theo mục tiêu vào năm hành vi quan trọng nhất và nâng chuẩn hệ thống về văn hoá an toàn, siết chặt yêu cầu chứng chỉ làm việc, kiểm soát kỹ thuật, số hoá và thiết kế môi trường làm việc thông minh để dần chuyển nội dung quản lý an toàn từ thống kê sự cố sang phòng ngừa chủ động.

## KEYWORDS

Hazards  
Unsafe behaviors  
Occupational accidents  
Construction sites  
Buildings  
Industrial  
Vietnam

## ABSTRACT

This study identifies unsafe behaviors on construction sites in Vietnam, ranks them by intervention priority, and proposes management measures to improve control of these behaviors. Data were collected across multiple sites using a structured questionnaire, content analysis of safety records, and semi-structured interviews. Nineteen prevalent behaviors were measured on two 5-point scales—frequency and consequence. Using the Relative Importance Index (RII), we computed a priority score for each behavior and assessed robustness via clustered bootstrap at the site level, Spearman correlations, and OLS regression with cluster-robust standard errors; we also conducted an Importance–Performance Analysis (IPA) for management strategies. Results indicate the highest-priority behaviors are: lack of fall protection/non-rated anchorage, non-use/misuse of personal protective equipment (PPE), absence of closed-loop signaling/spotters, unsafe vehicle operations, and improper manual handling. At the management-system level, a strong safety culture is associated with lower behavior frequency, whereas long working hours and hot microclimates are associated with higher frequency; permit-to-work (PTW/LOTO) requirements and engineering controls contribute to reductions in unsafe behaviors. IPA shows that PPE and engineering measures are relatively well implemented, while PTW, closed-loop signaling, and digitalization exhibit notable execution gaps. We recommend targeted interventions on the five priority behaviors, alongside system-level upgrades in safety culture, stricter PTW, strengthened engineering controls, practical digital tools, and smart work-environment design—shifting safety management from incident counting to proactive, mechanism-based prevention.

## 1. Mở đầu

Trên thế giới, ngành xây dựng là một trong các ngành có tỉ lệ tai

nạn cao nhất, đặc biệt ở các nước đang phát triển [1], [2], [3]. Mặc dù các mối nguy (mối nguy hiểm, hazard) vật lý đã được nhận diện rõ (như ngã cao, va đập, điện giật), các dạng tai nạn cũng được thống kê

\*Liên hệ tác giả: thoannn@huce.edu.vn

Nhận ngày 15/09/2025, sửa xong ngày 24/10/2025, chấp nhận đăng ngày 26/10/2025

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.05.2025.1160>

và nghiên cứu, một yếu tố tiềm ẩn là hành vi không an toàn (unsafe behavior) vẫn chưa được tập trung làm rõ trên công trường xây dựng ở Việt Nam. Do đó nghiên cứu về các hành vi không an toàn và mối liên hệ giữa các hành vi này với các mối nguy và tai nạn lao động là rất cần thiết.

Bài báo này bắt đầu với nghiên cứu tổng quan về ba khái niệm: mối nguy, hành vi không an toàn, và tai nạn lao động và mối quan hệ giữa chúng. Kết quả của nghiên cứu này nhằm làm rõ định nghĩa, cơ chế và chiến lược quản lý hiện hành. Sau đó nghiên cứu thu thập và phân tích các hành vi không an toàn bằng phương pháp hỗn hợp (nghiên cứu nội dung, bảng câu hỏi, và phỏng vấn bán cấu trúc) trên một số công trường xây dựng ở phía Bắc. Các mục tiêu thực nghiệm bao gồm: (i) xếp hạng hành vi không an toàn theo tần suất và hậu quả, (ii) định lượng độ bất định bằng phương pháp lấy mẫu lại (bootstrap) theo cụm, (iii) kiểm định khác biệt theo vai trò công việc, và (iv) ước lượng các yếu tố quyết định tần suất hành vi không an toàn. Đồng thời, các tác giả so sánh các chiến lược quản lý (ví dụ: chương trình bảo hộ lao động, kiểm soát chống ngã, hỗ trợ sức...) với các hành vi có mức ưu tiên cao nhất. Nghiên cứu cũng được so sánh với Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn trong xây dựng QCVN 18:2021/BXD [4] để nâng cao khả năng áp dụng trong thực tế.

## 2. Tổng quan về mối nguy, hành vi không an toàn, và tai nạn lao động xây dựng

### 2.1. Mối nguy trên công trường xây dựng

Mối nguy trên công trường là nguồn năng lượng/tình trạng tiềm ẩn khả năng gây hại nằm trong vật liệu, thiết bị, nhiệm vụ, môi trường và tổ chức công trường [5]. Các mối nguy có thể được tập hợp thành 7 nhóm khác nhau.

1. Mối nguy vật lý: ngã cao; tiếng ồn; điện giật; trượt/vấp/ngã trên cùng cao độ; rung động; vật rơi [6], [7], [8], [9], [10].

2. Mối nguy hoá học: bụi từ vật liệu xây dựng; hơi sơn, dung môi; phơi nhiễm với amiăng; rò rỉ hoá chất độc [7], [11], [12].

3. Mối nguy cơ học: va đập bởi máy móc, thiết bị; máy hỏng; bị kẹp, kẹt; sập đổ giàn giáo [7], [8].

4. Mối nguy sinh học: nấm, mốc độc hại; dị ứng với rác thải; côn trùng, kí sinh trùng gây hại [7], [12].

5. Mối nguy tâm lý: bất mãn với công việc; căng thẳng, mệt mỏi; làm việc nhiều giờ [7], [13], [14], [15]

6. Mối nguy công thái học (ergonomics): chấn thương liên quan đến công thái; thao tác, tư thế sai; nhiệt, ẩm quá mức [7], [13], [16].

7. Mối nguy liên quan đến quản lý an toàn, công nghệ: đào tạo, giao thức an toàn không hiệu quả; không sử dụng hoặc sử dụng thiết bị bảo hộ cá nhân (PPE) không đúng cách; thiếu giám sát; hệ thống nhận thức về mối nguy không đầy đủ [9], [10], [17], [18], [19], [20].

### 2.2. Hành vi không an toàn

Hành vi không an toàn là những hành động hoặc thiếu sót có thể quan sát được, làm gia tăng xác suất để một mối nguy hiện hữu được hiện thực hóa thành một sự kiện bất lợi. Tổng hợp các nghiên cứu trước cho thấy 6 nhóm hành vi không an toàn: Nhóm A – Không tuân thủ quy định an toàn; Nhóm B – Vận hành, làm việc bất cẩn; Nhóm C – Quyết định mạo hiểm; Nhóm D – Giao tiếp, báo cáo kém; Nhóm E – Hành vi của con người và tổ chức; Nhóm F – Tính toàn vẹn dữ liệu và lạm dụng công nghệ. Các hành vi này được miêu tả và phân loại trong Bảng 1.

### 2.3. Tai nạn lao động trên công trường xây dựng

Tai nạn lao động là khái niệm được biết đến và được phân loại rộng rãi trong các ngành. Có nhiều loại tai nạn lao động, nhưng theo thống kê và các nghiên cứu trước, một số loại tai nạn lao động trên công trường xây dựng phổ biến và nghiêm trọng bao gồm (Bảng 2).

**Bảng 1.** Các hành vi không an toàn được xếp theo 6 nhóm (A-F).

| Hành vi không an toàn                                                                                                                      | Miêu tả, ví dụ                                                                                             | Nguồn      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| A1. Không sử dụng hoặc sử dụng sai PPE                                                                                                     | Bỏ dùng/sử dụng sai PPE (ví dụ, mũ bảo hộ, dây đai chống rơi, bảo vệ mắt/tay/chân)                         | [21], [22] |
| A2. Không triển khai chống rơi / móc nối vào điểm neo không đạt chuẩn                                                                      | Không trang bị hệ thống chống rơi/lan can hoặc móc nối vào điểm neo không đạt chuẩn khi làm việc trên cao. | [4], [23]  |
| A3. Thực hiện công việc thiếu giấy phép bắt buộc (khóa-gắn thẻ LOTO, công việc gần nguồn nhiệt lớn, không gian hạn chế, làm việc trên cao) | Vượt quy trình cấp phép làm việc hoặc giấy phép không đầy đủ đối với các công việc rủi ro cao.             | [24]       |
| A4. Vận hành thiết bị/máy móc khi không được ủy quyền/không có chứng chỉ (PTW)                                                             | Vận hành thiết bị/máy móc nặng khi chưa được đào tạo/không được ủy quyền                                   | [25], [26] |
| A5. Vào vùng cấm / sử dụng giàn giáo chưa gắn thẻ kiểm định                                                                                | Vượt qua hàng rào/vùng cách ly hoặc sử dụng giàn giáo chưa có thẻ/tem hợp lệ                               | [4], [27]  |
| B6. Vệ sinh-sắp xếp mặt bằng kém (gây trượt/vấp/ngã)                                                                                       | Bề mặt lộn xộn gây trượt/vấp: rác thải, dây cáp vắt ngang, nền ướt/không bằng phẳng                        | [28]       |
| B7. Đi dưới vùng tải treo / trong bán kính quay của cần cẩu                                                                                | Vi phạm đường đi của tải treo/bán kính quay của cần cẩu                                                    | [29]       |

| Hành vi không an toàn                                               | Miêu tả, ví dụ                                                                                                                            | Nguồn            |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| B8. Nâng-vác thủ công không đúng cách                               | Nâng—vác không dùng trợ lực; tư thế/kỹ thuật nâng không đúng                                                                              | [16], [30], [31] |
| B9. Dùng dụng cụ hỏng/không che chắn hoặc dùng sai mục đích         | Lựa chọn/tình trạng dụng cụ không phù hợp nhiệm vụ; thiếu che chắn bảo vệ.                                                                | [32]             |
| B10. Vận hành phương tiện không an toàn                             | Vận hành phương tiện thiếu an toàn: lùi xe không có người hướng dẫn, chạy quá tốc độ, sử dụng điện thoại/xao nhãng khi lái.               | [33]             |
| C11. Bỏ qua biển/cảnh báo hoặc khuyến cáo thời tiết bất lợi         | Phớt lờ chuông/cảnh báo, biển báo hoặc khuyến cáo thời tiết bất lợi                                                                       | [24], [34]       |
| C12. Đi tắt qua vùng rủi ro cao                                     | “Đi đường tắt” trong các nhiệm vụ rủi ro cao (ví dụ: chui nhanh vào không gian hạn chế/làm việc trên cao) mà không có biện pháp kiểm soát | [35]             |
| C13. Đưa giàn/xao nhãng trong khu vực đang thi công                 | Đưa giàn/hoạt động ngoài công việc gây xao nhãng, làm suy giảm cảnh giác trong khu vực thi công.                                          | [15], [35], [36] |
| D14. Bỏ hợp trước ca / không truyền đạt thay đổi nhiệm vụ—điều kiện | Bỏ hợp huấn luyện an toàn trước ca; không cập nhật khi điều kiện/nhiệm vụ thay đổi                                                        | [35]             |
| D15. Không báo cáo cận nguy hiểm/điều kiện không an toàn            | Không báo cáo cận nguy/điều kiện không an toàn do văn hoá đổ lỗi hoặc mức độ tin cậy thấp                                                 | [35]             |
| D16. Không thực hiện tín hiệu khép kín/quy trình người hướng dẫn    | Không thực hiện báo hiệu khép kín kiểu “gửi-lập lại-xác nhận”; không bố trí người hướng dẫn khi nâng hạ/di chuyển phương tiện             | [35]             |
| E17. Làm việc khi mệt mỏi / chịu áp lực tiến độ                     | Làm việc nhiều giờ, vội để kịp tiến độ dẫn đến suy giảm phán đoán                                                                         | [37]             |
| E18. Bỏ thích nghi thay đổi nhiệt độ, bù nước, và nghỉ giữa ca      | Kiểm soát sức nhiệt không đầy đủ; bỏ nghỉ giữa ca và bù nước.                                                                             | [38]             |
| F19. Tuân thủ trên giấy (đối phó)/lách hoặc vô hiệu hóa công nghệ   | Hình thức hoá tuân thủ trên giấy/điều chỉnh hồ sơ về sau; vô hiệu hoá hoặc phớt lờ cảm biến/cảnh báo an toàn                              | [39]             |

**Bảng 2.** Các dạng tai nạn lao động phổ biến và nghiêm trọng trên công trường

| Loại tai nạn                         | Miêu tả ngắn                                                                                                 | Nguồn           |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Ngã cao                              | Nguyên nhân gây tử vong hàng đầu; ngã từ giàn giáo, thang, mái; biện pháp phòng ngừa không đủ.               | [1], [40]       |
| Bị va đập                            | Bị vật rơi, phương tiện, thiết bị va phải; công tác cảnh báo và lập vùng cấm kếm.                            | [34], [40]      |
| Điện giật                            | Điện giật, bỏng từ các bộ phận thiết bị, thiết bị hỏng, hoặc công tác quản lý cảnh báo LOTO kém.             | [34], [41]      |
| Bị kẹp                               | Bị kẹp, đè bởi sự sập đổ của kết cấu, máy móc, hoặc vật liệu đang được vận chuyển (đào đắp, phá dỡ).         | [1], [42]       |
| Liên quan đến phương tiện vận chuyển | Tai nạn với phương tiện vận tải (xe nâng, xe bơm bê tông, xe tải) do quản lý giao thông và tầm quan sát kém. | [1], [42]       |
| Phơi nhiễm hoá học, chất độc         | Phơi nhiễm cấp tính/mãn tính từ các hợp chất hoá học, bụi, và vật liệu độc hại trên công trường.             | [6], [11], [43] |

#### 2.4. Mối quan hệ giữa mối nguy, hành vi không an toàn, và tai nạn lao động trên công trường xây dựng

Trong xây dựng, mối nguy là các nguồn năng lượng có khả năng gây hại (trọng lực, chuyển động của thiết bị–tải, điện thế, độc tính, nhiệt), còn tai nạn là khoảnh khắc năng lượng ấy truyền tới cơ thể người. Mất xích quyết định là hành vi tại hiện trường: ví dụ khi không dùng hoặc dùng sai PPE (A1) và không triển khai chống rơi/neo không đạt (A2), thế năng từ trọng lực nhanh chóng hiện thực hóa thành ngã cao; khi bước vào vùng dưới tải treo hoặc bán kính quay (B7), lái xe

thiếu an toàn (B10) hay không thực hiện cảnh báo từ tín hiệu (D16), động năng từ cầu–xe dễ chuyển thành bị va đập; khi làm việc thiếu giấy phép LOTO (A3) hoặc dùng dụng cụ hỏng/không che chắn (B9), điện thế trở thành điện giật; và với phơi nhiễm hóa chất (sơn, bụi xi măng), thiếu quy trình–bao che khiến tổn hại hô hấp/da gia tăng [4], [6], [7], [11], [41]. Trong khi các thống kê cho thấy các tai nạn trọng yếu – ngã cao, bị va đập, điện giật, kẹp–nghiền, sự cố phương tiện, phơi nhiễm

hóa chất – chiếm phần lớn thương vong trong xây dựng [1], [40], và đã được quan tâm nghiên cứu nhiều, các hành vi không an toàn – tức những hành động/thiếu sót quan sát được làm tăng xác suất mỗi nguy hiện hữu biến thành sự cố – chưa được nghiên cứu sâu tại công trường xây dựng Việt Nam, dù chính chúng là mắt xích quan trọng quyết định mỗi nguy có xảy ra tới con người hay không. Khoảng trống này đặc biệt đáng lưu ý trong khi QCVN 18:2021/BXD đã quy chuẩn hóa nhiều hàng rào kỹ thuật–hành chính nhưng mức độ kích hoạt thực sự của các hàng rào vẫn phụ thuộc hành vi. Vì vậy, việc nhận diện có hệ thống, xếp hạng theo mức độ phổ biến và hậu quả, đồng thời đối sánh với chiến lược quản lý phù hợp bối cảnh Việt Nam là cần thiết để chuyển từ thống kê sự cố sang phòng ngừa theo cơ chế ngay tại nơi hành vi phát sinh.

### 3. Phương pháp nghiên cứu

#### 3.1. Thiết kế nghiên cứu

Nghiên cứu được thiết kế theo hướng định lượng chủ đạo, bổ trợ định tính, tập trung vào hành vi không an toàn trên công trường xây dựng Việt Nam. Phạm vi địa lý giới hạn miền Bắc; loại hình dự án gồm công trình dân dụng và công nghiệp, nhằm bảo đảm tính đồng nhất về phạm vi thi công và quy định pháp lý (QCVN 18:2021/BXD). Thiết kế nghiên cứu bao gồm nhiều lớp thu nhận dữ liệu, gồm (i) khảo sát có cấu trúc để đo lường tần suất và hậu quả của 19 hành vi không an toàn (phân nhóm A–F), (ii) phân tích nội dung tài liệu an toàn tại công trường, và (iii) phỏng vấn bán cấu trúc với các bên liên quan. Mục tiêu là xếp hạng hành vi theo tần suất và hậu quả (Relative Importance Index—RII), nhận diện nhóm hành vi ưu tiên, và rút ra hàm ý quản trị hành vi không an toàn cho các công trường xây dựng tại Việt Nam.

#### 3.2. Mẫu nghiên cứu và chọn mẫu

Nghiên cứu hướng tới triển khai tại 25–30 công trường; kết quả thực tế đạt 27 công trường (15 dân dụng thấp tầng và cao tầng, 12 nhà máy công nghiệp). Khảo sát gửi đến 350 người tham gia; thu về 332 bảng hỏi hợp lệ. Mẫu được phân tầng theo vai trò để phản ánh cấu trúc nhân sự trên công trường: Công nhân, Tổ trưởng/Đội trưởng, Kỹ sư hiện trường, Cán bộ An toàn–HSE, Chỉ huy trưởng/Quản lý dự án (CHT/PM). Bên cạnh đó, nhóm nghiên cứu thực hiện 20–25 phỏng vấn bán cấu trúc; kết quả đạt 22 cuộc phỏng vấn (gồm CHT/PM, kỹ sư an toàn trường, đội trưởng, kỹ sư có kinh nghiệm). Về phân tích nội dung, thu thập các văn bản an toàn hiện hành tại công trường (quy trình/PTW, biểu mẫu kiểm tra, thông báo, tài liệu).

#### 3.3. Công cụ, thang đo, cách lấy dữ liệu

##### 3.3.1. Bảng câu hỏi

Bảng câu hỏi đo 19 hành vi không an toàn (A1–A5, B6–B10, C11–C13, D14–D16, E17–E18, F19). Mỗi hành vi được đánh giá trên hai thang Likert 5 mức:

- Tần suất (1 = hầu như không bao giờ, ..., 5 = rất thường xuyên);

- Hậu quả nếu xảy ra (1 = nhẹ, ..., 5 = rất nghiêm trọng).

Về mặt nhân khẩu học, dữ liệu thu được bao gồm vai trò, loại công trường (dân dụng/công nghiệp), quy mô dự án, số năm kinh nghiệm, giờ làm việc/tuần (trung bình), có/không các ca làm việc trong điều kiện nóng–ấm. Ngoài ra, bảng hỏi ghi nhận nhận định của người trả lời về mức độ triển khai các chiến lược quản trị (PPE, PTW/giấy phép, kiểm soát kỹ thuật, truyền đạt tín hiệu khép kín, số hóa giám sát), theo thang Likert 1–5 (1 = rất kém ... 5 = rất tốt)

##### 3.3.2. Phỏng vấn bán cấu trúc

Phỏng vấn bán cấu trúc tập trung vào: (i) hành vi không an toàn phổ biến và hoàn cảnh phát sinh; (ii) hệ quả điển hình, tình huống suýt sự cố; (iii) rào cản tuân thủ (thiếu nguồn lực, áp lực tiến độ, nhiều lớp thầu phụ, nóng–ấm); (iv) hiệu quả thực thi của các chiến lược (PPE, PTW, kỹ thuật, tín hiệu khép kín, số hóa) và đề xuất các phương pháp cải thiện để áp dụng.

##### 3.3.3. Phân tích nội dung tài liệu, hồ sơ công trường

Tài liệu thu thập tại công trường (quy trình, giấy phép, danh sách kiểm tra, hướng dẫn, thông báo an toàn) được mã hóa theo khung A–F (đối chiếu từng điều khoản với hành vi liên quan) và theo chủ điểm quản trị (PPE, PTW, kỹ thuật, quản lý bằng tín hiệu, số hóa, làm việc trong nóng–ấm). Mục đích là đối chiếu hồ sơ với thực tế hiện trường từ khảo sát và phỏng vấn.

##### 3.3.4. Quá trình thu thập dữ liệu

Đội ngũ nghiên cứu làm việc với các nhà thầu, ban quản lý dự án để xin phép khảo sát và phỏng vấn. Bảng hỏi được phát hành theo cả bản giấy và trực tuyến. Phỏng vấn diễn ra tại văn phòng công trường, phòng họp, hoặc trực tuyến, kéo dài từ 30–45 phút. Tài liệu an toàn được sao lưu phục vụ phân tích nội dung; mọi thông tin nhận dạng (tên cá nhân/công trường) được ẩn danh ở giai đoạn xử lý.

#### 3.4. Các chỉ báo

Chỉ số tầm quan trọng tương đối cho từng hành vi – RII (Relative Importance Index):  $RII = \frac{\text{điểm trung bình}}{5}$ , tính riêng cho tần suất (RII<sub>F</sub>) và hậu quả (RII<sub>C</sub>).

Điểm ưu tiên cho từng hành vi:  $Ưu\ ưu\ ưu = RII_F \times RII_C$ , nhằm đồng thời phản ánh tần suất và hậu quả.

Chỉ số nhóm (A–F): trung bình RII<sub>F</sub> của các mục trong nhóm, kiểm tra thêm Cronbach's  $\alpha$  cho độ tin cậy nội bộ.

Các chỉ báo quản trị: điểm tự đánh giá triển khai PPE, PTW, kỹ thuật, truyền đạt, số hóa (thang 1–5) nhằm mô tả môi trường làm việc tổng thể trên công trường.

Với thiết kế như trên, nghiên cứu kỳ vọng tạo lập một cơ sở chứng cứ chặt chẽ để (i) xác định và xếp hạng ưu tiên các hành vi không

an toàn theo tần suất và mức độ hậu quả, (ii) đối sánh với các chiến lược quản trị khả thi tại các công trường xây dựng ở Việt Nam và QCVN 18:2021/BXD, qua đó cung cấp khuyến nghị can thiệp có thể hành động cho chủ đầu tư, nhà thầu và cơ quan quản lý nhằm giảm thiểu rủi ro tại công trường.

#### 4. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

##### 4.1. Thống kê mô tả dữ liệu

Mẫu nghiên cứu gồm  $n = 332$  người trả lời từ 27 công trường (15 công trình dân dụng; 12 công trình công nghiệp) tại miền Bắc Việt Nam. Các vai trò đại diện gồm công nhân, tổ trưởng, kỹ sư hiện trường, cán bộ HSE, và CHT/PM; cơ cấu phân tầng đảm bảo mỗi vai trò đều có

số lượng quan sát đáng kể. Bảng 3 xếp hạng các hành vi không an toàn theo chỉ số tầm quan trọng tương đối.

Các hành vi A2 và A1 cùng đứng đầu về Ưu tiên, nhưng theo hai cấu hình rủi ro khác nhau: A1 có tần suất cao nhất, trong khi A2 có hậu quả nặng nhất. Điều này cho thấy cần hai tuyến can thiệp song hành: (i) kiểm soát thường nhật, dễ áp dụng đối với PPE và (ii) kiểm soát kỹ thuật–hành chính chặt đối với làm việc trên cao/điểm neo.

Hình 1 thể hiện hành vi A1 theo vai trò dưới dạng biểu đồ violin (đường nằm giữa là trung vị, đường ngang thứ hai là trung bình). Phân bố giữa công nhân, tổ trưởng, kỹ sư, HSE và PM khá tương đương; không vai trò nào thể hiện sự khác biệt rõ rệt. Hàm ý quản trị có thể là PPE là vấn đề cấp công trường, cần giải pháp hệ thống thay vì chỉ nhắm vào một nhóm lao động cụ thể.

**Bảng 3.** Các hành vi không an toàn xếp hạng theo chỉ số tầm quan trọng tương đối.

| Mã hành vi | Mô tả rút gọn                                               | RII_F | RII_C | Ưu tiên ( $= F \times C$ ) |
|------------|-------------------------------------------------------------|-------|-------|----------------------------|
| A2         | Không chống ngã/neo không đạt                               | 0,543 | 0,877 | 0,476                      |
| A1         | PPE không dùng/dùng sai                                     | 0,737 | 0,646 | 0,476                      |
| D16        | Thiếu tín hiệu                                              | 0,561 | 0,817 | 0,459                      |
| B10        | Vận hành phương tiện không an toàn                          | 0,578 | 0,711 | 0,411                      |
| B8         | Nâng-vác thủ công sai (công thái học)                       | 0,670 | 0,579 | 0,388                      |
| B6         | Vệ sinh-sắp xếp mặt bằng kém (trượt/vấp)                    | 0,742 | 0,518 | 0,384                      |
| E17        | Làm việc khi mệt mỏi/áp lực tiến độ                         | 0,65  | 0,583 | 0,379                      |
| A3         | Làm việc thiếu giấy phép bắt buộc (PTW/LOTO...)             | 0,452 | 0,823 | 0,372                      |
| B7         | Đi dưới tải treo/vào bán kính quay cầu                      | 0,468 | 0,788 | 0,369                      |
| F19        | Tuân thủ trên giấy/lách hoặc vô hiệu hoá công nghệ          | 0,54  | 0,662 | 0,357                      |
| C12        | Đi tắt trong nhiệm vụ rủi ro cao                            | 0,465 | 0,75  | 0,349                      |
| A4         | Vận hành thiết bị khi không được ủy quyền/chưa có chứng chỉ | 0,44  | 0,77  | 0,339                      |
| B9         | Dùng dụng cụ hỏng/không che chắn hoặc dùng sai              | 0,52  | 0,635 | 0,33                       |
| E18        | Bỏ thích nghi nóng–bù nước–ngủ giữa ca                      | 0,58  | 0,56  | 0,325                      |
| D14        | Bỏ hộp trước ca/không truyền đạt thay đổi                   | 0,612 | 0,53  | 0,324                      |
| A5         | Vào vùng cấm/giàn giáo chưa gắn thẻ kiểm định               | 0,458 | 0,707 | 0,324                      |
| D15        | Không báo cáo cận nguy/điều kiện không an toàn              | 0,49  | 0,588 | 0,288                      |
| C11        | Phớt lờ cảnh báo/biên báo hoặc khuyến cáo thời tiết         | 0,445 | 0,62  | 0,276                      |
| C13        | Đùa giỡn/xao nhãng trong khu vực thi công                   | 0,41  | 0,5   | 0,205                      |

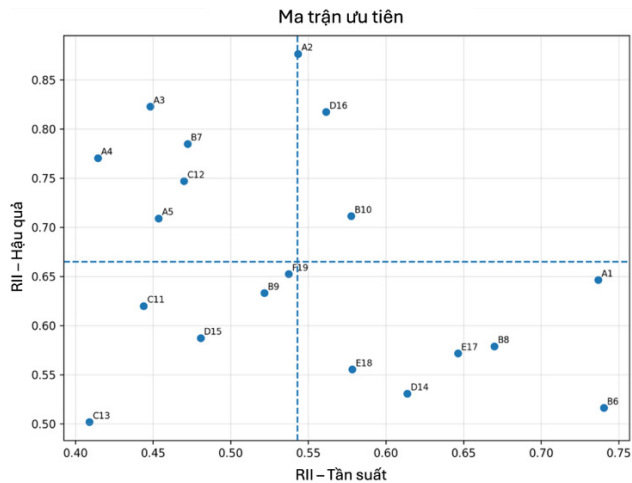


**Hình 1.** Nhận thức về tần suất của hành vi A1 (PPE).

##### 4.2. Phân tích chi tiết theo mục tiêu

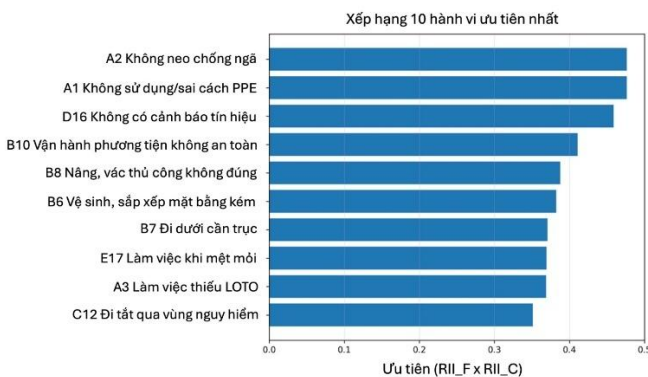
###### 4.2.1. Ma trận ưu tiên và nhóm 10 hành vi ở mức cao nhất

Hình 2 biểu diễn ma trận RII\_F (trục X)  $\times$  RII\_C (trục Y). Năm hành vi A2, A1, D16, B10, B8 nằm ở góc trên-phải, xác nhận vị thế ưu tiên cao cả về tần suất lẫn hậu quả. Một số hành vi như C12 (đi đường tắt), A3 (thiếu PTW cho công việc rủi ro), B7 (đi vào đường tải treo/bán kính cầu) có RII\_C cao nhưng RII\_F trung bình—được xếp vào nhóm ít xảy ra nhưng hậu quả cao: cần kiểm soát cục bộ theo tình huống, gắn với giấy phép làm việc (PTW) và giám sát tăng cường.



Hình 2. Ma trận ưu tiên của 10 hành vi không an toàn xếp cao nhất.

Xếp hạng theo Ưu tiên của 10 hành vi được thể hiện trên Hình 3; thứ tự trùng khớp với vị trí trên ma trận, củng cố kết luận rằng chống rơi/neo (A2), PPE (A1) và quản lý bằng tín hiệu (D16) là ba điểm yếu cần can thiệp trước tiên.



Hình 3. Xếp hạng ưu tiên của các hành vi không an toàn cần can thiệp nhất.

#### 4.2.2. Độ tin cậy của thứ hạng (khoảng tin cậy theo cụm công trường)

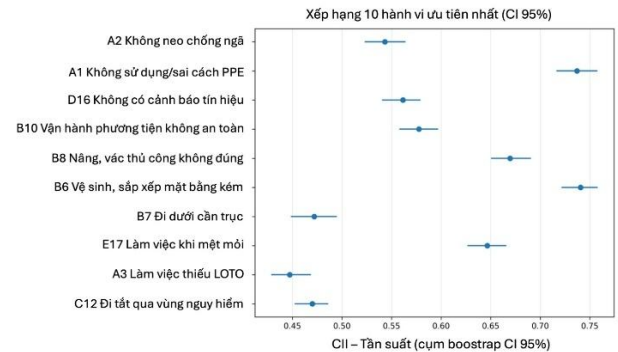
Hình 4 trình bày RII\_F cho nhóm 10 hành vi cùng khoảng tin cậy (CI) 95 % (lấy mẫu lại theo cụm công trường). Các dải CI khá hẹp ở năm hành vi đầu bảng (A2, A1, D16, B10, B8), chứng tỏ thứ hạng ổn định bất chấp khác biệt giữa công trường. Điều này cho phép đưa ra khuyến nghị phân bổ nguồn lực với độ tin cậy cao hơn (ví dụ ưu tiên ngân sách cho neo chống ngã đạt chuẩn, quản lý bằng tín hiệu khép kín, và chương trình PPE).

### 4.3. Các nhân tố quan trọng nhất với toàn hệ thống hành vi không an toàn

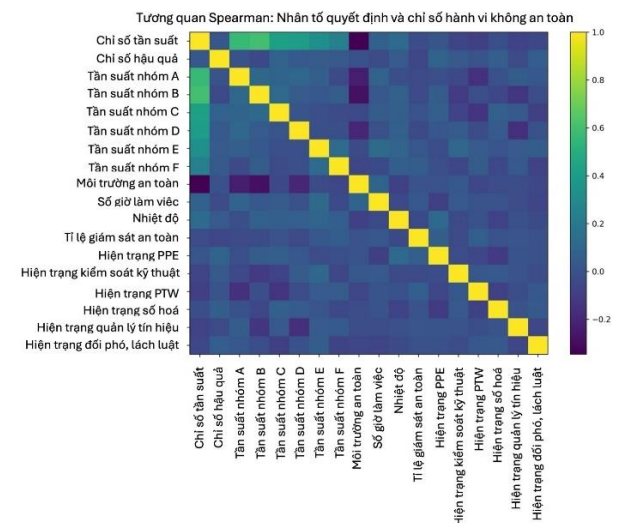
#### 4.3.1. Tương quan Spearman giữa chỉ số hành vi và biến giải thích

Hình 5 là một bản đồ nhiệt mô tả ma trận tương quan Spearman giữa chỉ số tần suất của các nhóm A–F và các biến giải thích (khí hậu

an toàn, giờ/tuần, chỉ số nhiệt, tỷ lệ giám sát, chất lượng PPE/kỹ thuật/PTW/chuyển đổi số/tín hiệu khép kín, quản trị chống lách luật).



Hình 4. Khoảng tin cậy 95 % cho các hành vi không an toàn cần can thiệp nhất.



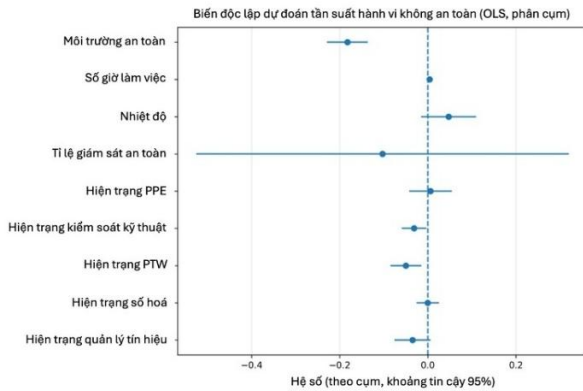
Hình 5. Ma trận tương quan Spearman giữa chỉ số tần suất với các biến giải thích.

Thông qua phân tích bản đồ nhiệt này, có thể thấy môi trường an toàn có tương quan âm với chỉ số tần suất và các nhóm A, B, D: điều này chứng tỏ môi trường (hay văn hoá) an toàn tốt liên quan mức tần suất hành vi thấp hơn. Số giờ làm việc và nhiệt độ ngày làm việc có tương quan dương với các biến phụ thuộc: ca làm việc dài và giai đoạn nóng thường kéo theo gia tăng sai sót. Chứng chỉ làm việc và kiểm soát kỹ thuật có tương quan âm với các chỉ số hành vi: thủ tục PTW và kiểm soát kỹ thuật tốt giúp giảm hành vi bất tuân thủ và vận hành rủi ro. Chất lượng tín hiệu khép kín tương quan âm rõ nét với nhóm D và các chỉ số tổng, củng cố vai trò của tín hiệu gửi-lập-xác nhận.

#### 4.3.2. Hồi quy tuyến tính cụm hoá theo công trường (OLS)

Biểu đồ hồi quy tuyến tính theo cụm trên Hình 6 thể hiện hệ số ước lượng (với CI 95 % cụm hoá theo công trường) cho chỉ số tần suất.

Kết quả nhất quán với ma trận tương quan: ví dụ môi trường an toàn có hệ số âm đáng kể (bảo vệ mạnh), hay số giờ làm việc và nhiệt độ cao có hệ số dương (làm tăng tần suất hành vi). Trong khi đó, yêu cầu chứng chỉ làm việc (PTW) và kiểm soát kỹ thuật có hệ số âm (giảm hành vi). Thông điệp quản trị có thể nhận ra ở đây là: để dịch chuyển cả phân phối hành vi theo hướng an toàn, cần kết hợp văn hoá—lãnh đạo với kỷ luật PTW và thiết kế kỹ thuật, đồng thời quản lý thời gian làm việc hiệu quả dựa trên các yếu tố môi trường như nhiệt độ, độ ẩm.



**Hình 6.** Biểu đồ OLS của hiện trạng các phương pháp quản lý các cụm.

#### 4.3.3. Mô hình hỗn hợp theo nhóm hành vi

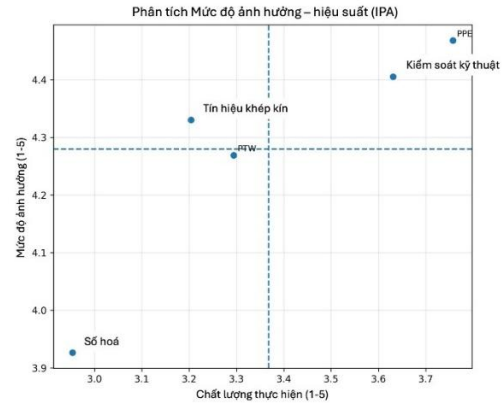
Kết quả mô hình hỗn hợp với biến phụ thuộc: chỉ số nhóm D cho thấy văn hoá an toàn ( $\beta = -0,208$ ;  $p < 0,001$ ) và báo hiệu khép kín ( $\beta = -0,169$ ;  $p = 0,001$ ) có ảnh hưởng giảm mạnh tần suất hành vi nhóm D; các biến khác không có ý nghĩa thống kê trong mô hình này. Điều này nhấn mạnh vai trò cốt lõi của khí hậu an toàn và tín hiệu khép kín trong cắt đứt chuỗi thiếu báo hiệu nguy hiểm → phơi nhiễm động năng (cầu/xe) → va đập.

#### 4.4. Phân tích tầm quan trọng – chất lượng triển khai (importance performance analysis - IPA) cho chiến lược quản lý

Đồ thị IPA trên Hình 7 (trục X: chất lượng triển khai; trục Y: tầm quan trọng cảm nhận) cho thấy PPE và kiểm soát kỹ thuật nằm góc trên-phải (quan trọng cao, triển khai tương đối tốt): tiếp tục duy trì và tối ưu hoá, tránh chủ quan. PTW ở mức quan trọng cao nhưng triển khai thực tế ở mức trung bình: chứng tỏ lỗ hổng vận hành cần khắc phục để PTW thực sự là công cụ kiểm soát cho các công việc rủi ro. Hành vi báo hiệu nguy hiểm được đánh giá rất quan trọng nhưng chưa đủ mạnh trong thực thi: cần chuẩn hoá quy trình “gửi–lập–xác nhận”, bắt buộc phải có người báo hiệu cho các hoạt động nâng–lùi của máy móc, và những người được giao nhiệm vụ này phải được thể hiện trong hồ sơ an toàn.

Hành vi đối phó, lách luật đứng thấp nhất về chất lượng triển khai, dù tầm quan trọng không hề thấp: điều này chứng tỏ cần chuyển đổi số có hiệu quả và giảm sự chống đối áp dụng (ví dụ cần ảnh có dấu

thời gian, định danh vật neo, cảnh báo tiệm cận) để chống tuân thủ trên giấy/lách công nghệ.



**Hình 7.** Biểu đồ phân tích tầm quan trọng – hiệu suất của các phương án quản trị hành vi không an toàn.

#### 4.5. Thảo luận về các đề xuất cho quản lý hành vi không an toàn từ kết quả nghiên cứu

Từ kết quả nghiên cứu trên, từ các quy định tương ứng trong QCVN 18:2021, nhóm nghiên cứu xác định được hai hướng quản lý như sau:

##### 4.5.1. Định hướng mục tiêu sát cơ chế gây ra tai nạn

- A2 – Làm việc trên cao/neo: bắt buộc ảnh xác minh dây an toàn kèm ID/nhãn neo trước khi vào ca; kiểm tra 100 % tại các cao độ; tuân thủ chặt chẽ điều khoản làm việc trên cao/giàn giáo trong QCVN 18:2021/BXD.
- A1 – PPE: chốt kiểm tra PPE ở cổng và tại điểm nguy hiểm; đảm bảo luôn luôn đầy đủ dụng cụ trong kho; nhắc nhở bằng biển trực quan—mã QR/hệ thống di động.
- D16 – Tín hiệu khép kín/người ra tín hiệu: tiêu chuẩn hoá “gửi–lập–xác nhận”; phân công người ra tín hiệu trong PTW; kiểm tra ngẫu nhiên tại vị trí nâng–lùi.
- B10 – Giao thông nội bộ: phân luồng người–xe, giới hạn tốc độ, cấm sử dụng điện thoại khi di chuyển (kể cả khi đang đi bộ), bố trí người ra tín hiệu khi lùi phương tiện.
- B8 – Nâng–vác thủ công: cơ giới hoá trợ lực, thiết kế lại đường đi/điểm đặt, huấn luyện kỹ thuật nâng đúng.

##### 4.5.2. Định hướng theo hệ thống dịch chuyển toàn bộ phân phối hành vi

- Môi trường an toàn: lãnh đạo có mặt tại hiện trường, ghi nhận quyết định an toàn, văn hoá công bằng—học hỏi.
- PTW chất lượng: đối thoại rủi ro thực chất, dễ truy vết dễ - khó gian lận (kèm ảnh/ID thiết bị neo an toàn, ghi nhận vào hồ sơ).
- Kỹ thuật & chuyển đổi số không xâm nhập: sử dụng mô hình thông tin công trình (BIM) cho lập kế hoạch không xung đột; Internet

vạn vật (IoT)/cảnh báo tiệm cận khu vực nguy hiểm; công nghệ thị giác máy tính nhận diện PPE.

- Thiết kế thời gian làm việc, nhiệt độ môi trường: giới hạn giờ/tuần, nghỉ, bù nước theo chỉ số nhiệt; luân phiên nhiệm vụ.

Các tác giả kì vọng khi các công trường triển khai theo đúng hai hướng đề xuất trên, kèm theo gắn chặt với quy định QCVN 18:2021/BXD, sẽ chuyển hoá từ thống kê sự cố sang phòng ngừa theo cơ chế, giảm thiểu rủi ro tại các công trường dân dụng và công nghiệp ở Việt Nam.

## 5. Kết luận

Nghiên cứu này xem xét mối quan hệ mối nguy, hành vi không an toàn, và tai nạn lao động trong phạm vi công trường xây dựng Việt Nam. Mối nguy là các nguồn năng lượng có khả năng gây hại (trọng lực, chuyển động của thiết bị–tải, điện, hóa chất, nhiệt), còn tai nạn xảy ra khi năng lượng đó truyền đến cơ thể người. Hành vi không an toàn là mất xích quyết định việc các hàng rào kỹ thuật–hành chính–PPE có được kích hoạt hiệu quả để ngăn năng lượng tác động vào con người hay không. Nghiên cứu tổng quan cho thấy các tai nạn trọng yếu (ngã cao, va đập/phương tiện, điện giật, kẹp–nghe, phơi nhiễm) luôn gắn với các hành vi đặc thù (ví dụ A2/A1 đối với ngã cao, B7/B10/D16 đối với va đập, A3/B9 đối với điện giật).

Từ khảo sát tại các công trường dân dụng và công nghiệp, nghiên cứu xếp hạng 19 hành vi theo mức độ quan trọng tương đối theo tần suất (RII<sub>F</sub>), theo hậu quả (RII<sub>C</sub>) và điểm ưu tiên (RII). Các hành vi được ưu tiên hàng đầu là: A2 (không chống rơi/neo không đạt), A1 (không dùng/dùng sai PPE), D16 (thiếu tín hiệu khập khiễng), B10 (vận hành phương tiện không an toàn) và B8 (nâng–vác thủ công sai). A1 có tần suất cao nhất, trong khi A2 có hậu quả cao nhất; D16 đứng ở vị trí then chốt liên quan đến rủi ro va đập/nâng hạ. Các phân tích khác đều cho thấy các thứ hạng này ổn định, nhờ đó có thể ưu tiên nguồn lực một cách tin cậy. Phân tích theo lĩnh vực và vai trò cho thấy hành vi PPE là vấn đề phổ biến trên tất cả các công trường, không khác biệt đáng kể giữa dân dụng–công nghiệp hay giữa nhóm vai trò.

Về mặt thực thi trên công trường, văn hoá an toàn tốt gắn với giảm tần suất hành vi không an toàn; ngược lại, số giờ làm việc hằng tuần và các giai đoạn nắng nóng đi kèm tăng hành vi. Thủ tục PTW và kiểm soát kỹ thuật liên hệ với giảm hành vi; riêng chất lượng quy trình báo hiệu khập khiễng có ý nghĩa đặc biệt để làm giảm các hành vi nhóm D (cảnh báo, tín hiệu). Phân tích IPA cũng chỉ ra rằng yêu cầu PPE và kiểm pháp kỹ thuật được nhìn nhận rất quan trọng và hiện đang triển khai tương đối tốt; trong khi đó PTW vẫn còn khoảng trống thực thi. Giải pháp số có mức triển khai thấp nhất, điều này có thể vì cần những công cụ số cần tìm hướng áp dụng ít gây chống đối để giảm tuân thủ hình thức và nâng cao hiệu lực giám sát.

Các tác giả đề xuất hai hướng để nâng cao hiệu quả quản lý hành vi không an toàn. Hướng 1—can thiệp theo mục tiêu sát cơ chế gây tai nạn: ưu tiên ngay các hành vi A2, A1, D16, B10, B8 ví dụ thông qua xác minh hệ neo an toàn bằng chứng cứ ảnh, chốt kiểm tra PPE tại cổng và

điểm nguy hiểm, chuẩn hoá thông điệp “gửi–lập–xác nhận” và phân công nhiệm vụ cho người báo hiệu nguy hiểm, phân luồng giao thông nội bộ, và cơ giới hoá các thao tác nâng, bê vác. Hướng 2—nâng chuẩn hệ thống: củng cố văn hoá an toàn, hoàn thiện PTW (đối thoại rủi ro, dễ truy vết –khó gian lận), tăng cường kiểm soát kỹ thuật, thúc đẩy chuyển đổi số và thiết kế thời gian làm việc–nhiệt–âm hợp lý. Cách tiếp cận này bám sát QCVN 18:2021/BXD, giúp dịch chuyển trọng tâm từ thống kê sự cố sang phòng ngừa theo cơ chế ngay tại nơi hành vi phát sinh.

Về phạm vi, nghiên cứu tập trung vào các công trường ở miền Bắc và hai loại hình dân dụng, công nghiệp) sử dụng dữ liệu khảo sát, phân tích nội dung và phỏng vấn, đủ để rút ra các kết luận có giá trị thực hành cho công trường Việt Nam tương đồng. Các kết quả khẳng định: quản lý hành vi không an toàn—được đo lường, xếp hạng và gắn với đòn bẩy tổ chức—là con đường ngắn nhất để giảm rủi ro tai nạn trên công trường xây dựng.

## Lời cảm ơn:

Nhóm tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ tài chính của Bộ Xây dựng cho đề tài “Nghiên cứu xây dựng bộ chỉ số đánh giá kết quả thực hiện an toàn lao động trên công trường xây dựng”, mã số RD 29-24.

## Tài liệu tham khảo

- [1]. S. Winge and E. Albrechtsen, “Accident Types and Barrier Failures in the Construction Industry,” *Saf Sci*, 2018, doi: 10.1016/j.ssci.2018.02.006.
- [2]. K. C. Goh, H. H. Goh, M. F. Omar, T. C. Toh, and A. A. Mohd Zin, “Accidents preventive practice for high-rise construction,” in *MATEC Web of Conferences*, 2016, doi: 10.1051/mateconf/20164704004.
- [3]. Pham Phu Cuong, “Identify important factors causing occupational accidents on construction sites,” *Journal of Science and Technology*, no. 04, pp. 168–171, 2021.
- [4]. Bộ Xây dựng, QCVN 18:2021/BXD về An toàn trong thi công xây dựng. 2021.
- [5]. D. Almaskati, S. Kermanshachi, A. Pamidimukkala, K. Loganathan, and Z. Yin, “A Review on Construction Safety: Hazards, Mitigation Strategies, and Impacted Sectors,” *Buildings*, 2024, doi: 10.3390/buildings14020526.
- [6]. E. A. Emad Abukhashabah, A. Summan, and M. A. Balkhyour, “Occupational Accidents and Injuries in Construction Industry in Jeddah City,” *Saudi J Biol Sci*, 2020, doi: 10.1016/j.sjbs.2020.06.033.
- [7]. S. B. Shrestha, “Occupational Hazards in Building Construction,” *Scitech Nepal*, 2020, doi: 10.3126/scitech.v15i1.49098.
- [8]. M. F. Antwi-Afari et al., “Sensing and Warning-Based Technology Applications to Improve Occupational Health and Safety in the Construction Industry,” *Engineering Construction & Architectural Management*, 2019, doi: 10.1108/ecam-05-2018-0188.
- [9]. F. C. Tsoukalis and A. P. Chassiakos, “Building Information Modeling (BIM) for Safety Risk Identification in Construction Projects,” 2019, doi: 10.3311/ccc2019-111.
- [10]. M. K. Boakye et al., “A Relative Importance Index Approach to on-Site Building Construction Workers’ Perception of Occupational Hazards Assessment,” 2023, doi: 10.23749/mdl.v114i3.14240.
- [11]. N. D. Kumar and G. B. Dela Cruz, “Impact of Toxic Hazardous Chemicals on Construction Workplace,” *Technoarete Transactions on Renewable Energy Green Energy and Sustainability*, 2022, doi: 10.36647/ttrgs/02.04.a001.

- [12]. A. D. Hanani, A. Yuhan, I. Imron, A. G. Edy Sutjipto, and E. Y. Tribilas Adesta, "A Multifaceted Assessments of Occupational Hazards in a Building Construction Site: Insights From a Case Study," 2024, doi: 10.4028/p-8wpmwd.
- [13]. A. K. Mishra, S. P. Shrestha, and P. S. Aithal, "Application of Safety by Design for the Hazards Identified at the Site of Burtibang Paudi-Amarai Tamghas Sandhikharka Gorusinghe 132 kV Transmission Line Project, Nepal," *International Journal of Case Studies in Business It and Education*, 2022, doi: 10.47992/ijcsbe.2581.6942.0169.
- [14]. D. Chong, A. Yu, H. Su, and Y. Zhou, "The Impact of Emotional States on Construction Workers' Recognition Ability of Safety Hazards Based on Social Cognitive Neuroscience," *Front Psychol*, 2022, doi: 10.3389/fpsyg.2022.895929.
- [15]. N. A. Duc and Q. Tran, "The influence of distraction and workplace policies on mental states and productivity in masonry tasks," *Journal of Science and Technology in Civil Engineering (JSTCE) - HUCE*, vol. 18, no. 2, pp. 99-112-99-112, Jun. 2024, doi: 10.31814/STCE.HUCE2024-18(2)-08.
- [16]. Q. Tran and N. A. Duc, "A novel integrated system utilizing a deep learning approach and the NIOSH lifting index to enhance construction safety," *Journal of Science and Technology in Civil Engineering (JSTCE) - HUCE*, vol. 18, no. 2, pp. 28-44, Jun. 2024, doi: 10.31814/STCE.HUCE2024-18(2)-03.
- [17]. C. I. Arum, T. O. Osunsanmi, and C. Aigbavboa, "Appraisal of the Challenges to Ensuring Occupational Health and Safety Compliance Within the Nigerian Construction Industry," *Modular and Offsite Construction (Moc) Summit Proceedings*, 2019, doi: 10.29173/mocs130.
- [18]. P. Z. Razi et al., "How Artificial Intelligence Changed the Construction Industry in Safety Issues," *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, 2023, doi: 10.1088/1755-1315/1140/1/012004.
- [19]. M. Noghabaei and K. Han, "Hazard Recognition in an Immersive Virtual Environment: Framework for the Simultaneous Analysis of Visual Search and EEG Patterns," 2020, doi: 10.1061/9780784482865.099.
- [20]. P. F. Tunji-Olayeni, A. Afolabi, and O. I. Okpalamoka, "Survey Dataset on Occupational Hazards on Construction Sites," *Data Brief*, 2018, doi: 10.1016/j.dib.2018.04.028.
- [21]. F. Guo, J. Wang, D. Liu, and Y. Song, "Evolutionary Process of Promoting Construction Safety Education to Avoid Construction Safety Accidents in China," *Int J Environ Res Public Health*, 2021, doi: 10.3390/ijerph181910392.
- [22]. E. S. Geller, "Behavior-based safety and occupational risk management," 2005. doi: 10.1177/0145445504273287.
- [23]. Z. Jiang, D. Fang, and M. Zhang, "Understanding the Causation of Construction Workers' Unsafe Behaviors Based on System Dynamics Modeling," *Journal of Management in Engineering*, 2015, doi: 10.1061/(asce)me.1943-5479.0000350.
- [24]. Q. Liu, G. Ye, and Y. Feng, "Workers' Safety Behaviors in the Off-Site Manufacturing Plant," *Engineering Construction & Architectural Management*, 2019, doi: 10.1108/ecam-03-2019-0136.
- [25]. C. W. Cheng, S. Sen Leu, C. C. Lin, and C. Fan, "Characteristic analysis of occupational accidents at small construction enterprises," *Saf Sci*, vol. 48, no. 6, pp. 698-707, Jul. 2010, doi: 10.1016/j.ssci.2010.02.001.
- [26]. S. Deng, Y. Cai, L. Xie, and Y. Pan, "Group Management Model for Construction Workers' Unsafe Behavior Based on Cognitive Process Model," *Engineering Construction & Architectural Management*, 2022, doi: 10.1108/ecam-12-2021-1073.
- [27]. P. Li, Y. He, and Z. Li, "Study on Influencing Factors of Construction Workers' Unsafe Behavior Based on Text Mining," *Front Psychol*, 2022, doi: 10.3389/fpsyg.2022.886390.
- [28]. C. Yun, C. Ma, and Y. Long, "Simulation Study of the Propagation of Underground-Construction Worker Unsafe Behavior," *Sage Open*, 2023, doi: 10.1177/21582440231200925.
- [29]. K. Amponsah-Tawiah and M. A. Adu, "Work Pressure and Safety Behaviors Among Health Workers in Ghana: The Moderating Role of Management Commitment to Safety," *Saf Health Work*, 2016, doi: 10.1016/j.shaw.2016.05.001.
- [30]. Q. Chen and R. Jin, "A Comparison of Subgroup Construction Workers' Perceptions of a Safety Program," *Saf Sci*, 2015, doi: 10.1016/j.ssci.2014.11.021.
- [31]. B. Fan, J. Yao, D. Lei, and R. Tong, "Representation, Mining and Analysis of Unsafe Behaviour Based on Pan-Scene Data," *J Therm Anal Calorim*, 2022, doi: 10.1007/s10973-022-11655-3.
- [32]. Z. Li, X. Bao, Y. Sheng, and Y. Xia, "Research on Unsafe Behavior of Construction Workers Under the Bidirectional Effect of Formal Rule Awareness and Conformity Mentality," *Front Psychol*, 2021, doi: 10.3389/fpsyg.2021.794394.
- [33]. N. V. Schwatka and J. Rosecrance, "Safety Climate and Safety Behaviors in the Construction Industry: The Importance Of co-Workers Commitment to Safety," *Work*, 2016, doi: 10.3233/wor-162341.
- [34]. H. Zerguine, J. Jalaludin, S. Bahri, and M. Tamrin, "Behaviour Based Safety Approach And Factors Affecting Unsafe Behaviour in Construction Sector: A Review," *Asia Pacific Environmental and Occupational Health Journal*, vol. 2, no. 2, 2016.
- [35]. Q. Meng, J. Zhu, Z. Li, and H.-Y. Chong, "Clarifying Unsafe Behaviors of Construction Workers through a Complex Network of Unsafe Behavior Chains," *J Constr Eng Manag*, vol. 150, no. 11, p. 04024164, Sep. 2024, doi: 10.1061/JCEMD4.COENG-14956.
- [36]. A. Ramli, Z. A. Akasah, and M. I. Mohd Masirin, "Factors Contributing to Safety and Health Performance of Malaysian Low-Cost Housing: Partial Least Squares Approach," *Research Journal of Applied Sciences Engineering and Technology*, 2014, doi: 10.19026/rjaset.7.841.
- [37]. P. Tripathi and Y. K. Mittal, "Current Safety Practices in the Construction Industry: A Case Study Approach," *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, 2024, doi: 10.1088/1755-1315/1326/1/012156.
- [38]. A. Nguyen et al., "Modeling labor productivity in high-rise building construction projects using neural networks," *Archives of Civil Engineering*, vol. 69, no. 1, pp. 675-692, 2023, doi: 10.24425/ACE.2023.144195.
- [39]. M. Mohajeri, A. Ardeshtir, and H. Malekitabar, "Diagnostic Intervention Program Based on Construction Workers' Internal Factors for Persistent Reduction of Unsafe Behavior," *Engineering Construction & Architectural Management*, 2022, doi: 10.1108/ecam-05-2021-0435.
- [40]. J. Jeong and J. Jeong, "Comparative Analysis of Degree of Risk Between the Frequency Aspect and Probability Aspect Using Integrated Uncertainty Method Considering Work Type and Accident Type in Construction Industry," *Applied Sciences*, 2022, doi: 10.3390/app12031131.
- [41]. S. C. Vithanage, M. C. P. Sing, P. Davis, and M. Pillay, "Systematic Review on the Identification of Safety Risks in Off-Site Manufacturing (OSM)," *Journal of Engineering Design and Technology*, 2021, doi: 10.1108/jedt-12-2020-0498.
- [42]. A. Reiman, L. M. Pedersen, S. Väyrynen, O. Airaksinen, E. Sormunen, and T. Räsänen, "Multi-Organisational Approach to Safety Training: The Case of a Finnish Safety Training Park," *Construction Management and Economics*, 2019, doi: 10.1080/01446193.2019.1675893.
- [43]. R. Rautji, C. Behera, and T. D. Dogra, "An Unusual Fatal Construction Site Injury in India," *Med Sci Law*, 2009, doi: 10.1258/rsmmsl.49.3.222.