

ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA CÔNG NGHỆ 4.0 ĐẾN DOANH NGHIỆP XÂY DỰNG TRÊN ĐỊA BÀN THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

Phạm Vũ Hồng Sơn^{a,b}, Đậu Thùy Dung^{a,b,*}, Trần Lê Anh^{a,b}, Nguyễn An Nguyễn^{a,b}

^aKhoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Bách Khoa TP. Hồ Chí Minh,
268 đường Lý Thường Kiệt, quận 10, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

^bĐại học Quốc gia TP. HCM, phường Linh Trung, TP. Thủ Đức, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

Nhận ngày 04/5/2022, Sửa xong 18/7/2022, Chấp nhận đăng 18/7/2022

Tóm tắt

Ngày nay, với sự hỗ trợ của Công nghệ 4.0, các doanh nghiệp xây dựng đã có nhiều sự đổi mới và sáng tạo trong hoạt động. Tuy nhiên, bên cạnh các lợi ích tiềm năng vẫn còn nhiều thách thức khiến cho mức độ số hóa và tự động hóa của doanh nghiệp vẫn đang ở mức thấp. Nghiên cứu này hướng đến việc xác định các tác động mà Công nghệ 4.0 mang lại cho các doanh nghiệp xây dựng tại TP. HCM, thông qua việc tiến hành một cuộc khảo sát với các cá nhân và chuyên gia trong lĩnh vực xây dựng. Dữ liệu thu về 117 phiếu phản hồi hợp lệ dựa trên 37 tác động được đưa ra trong bảng khảo sát. Sau khi phân tích, các tác động được chia thành 2 nhóm: Lợi ích (4 nhóm phụ) và Thách thức (6 nhóm phụ). Kết quả nghiên cứu đã xác định được các tác động ảnh hưởng nhất mà Công nghệ 4.0 mang lại. Từ đó, đưa ra giải pháp phù hợp giúp các doanh nghiệp xây dựng tiếp cận và áp dụng khoa học công nghệ, thúc đẩy sự phát triển của doanh nghiệp thông qua các lợi ích của Công nghệ 4.0.

Từ khoá: Công nghệ 4.0; doanh nghiệp xây dựng; BIM; tự động hóa.

IMPACT ASSESSMENT OF TECHNOLOGY 4.0 ON THE CONSTRUCTION ENTERPRISES IN HO CHI MINH CITY

Abstract

Nowadays, with the support of Technology 4.0, construction enterprises have had so many innovation and creativity in operation. However, besides the potential benefits, there are many challenges which make the level of digitization and automation of enterprises at a low level. This research aims to determine the impacts of Technology 4.0 to construction enterprises in Ho Chi Minh City, through conducting a survey with individuals and experts in this field. There are 37 impacts given in the questionnaire and data collected 117 valid responses. After analyzing, the impacts are divided into 2 main groups: Benefits (4 subgroups) and Challenges (6 subgroups). Research results have identified the most significant impacts of Technology 4.0 that brings to enterprises in the Construction Industry. Then, making appropriate solutions help construction enterprises approach and apply science and technology, promote the development of enterprises through the benefits of Technology 4.0.

Keywords: Technology 4.0; construction enterprises; BIM; automation.

[https://doi.org/10.31814/stce.huce\(nuce\)2022-16\(3V\)-04](https://doi.org/10.31814/stce.huce(nuce)2022-16(3V)-04) © 2022 Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (ĐHXDHN)

1. Giới thiệu

Cách mạng công nghệ 4.0 (IR4.0) được biết đến là cuộc cách mạng tập trung vào công nghệ kỹ thuật số, thực hiện tự động hóa và trao đổi dữ liệu trong công nghệ sản xuất [1]. Nó được đặc trưng bởi sự kết hợp của các công nghệ đang làm mờ đi ranh giới giữa các lĩnh vực vật lý, kỹ thuật số và

*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: dung.daupbc2001@hcmut.edu.vn (Dung, Đ. T.)

sinh học [2]. Các công nghệ xuất hiện trong cuộc cách mạng này được gọi là Công nghệ 4.0, bao gồm các thành phần công nghệ chính: Phân tích dữ liệu lớn, Robot tự động, mô phỏng, hội tụ hệ thống, mạng lưới vạn vật kết nối (IoT), an ninh mạng, điện toán đám mây, công nghệ sản xuất bồi đắp (in 3D), công nghệ tương tác thực tế (AR, VR, MR), trí tuệ nhân tạo (AI) [3]. Sự thay đổi đáng kể xảy ra với sự ra đời của Cách mạng Công nghiệp 4.0 thông qua việc áp dụng các ứng dụng Công nghệ 4.0 giúp chuyển đổi các hoạt động của các doanh nghiệp theo hướng phát triển kỹ thuật số và tự động hóa quy trình [4]. Trong đó các doanh nghiệp của ngành Xây dựng - một trong những ngành đang ở biên giới của kỷ nguyên công nghiệp mới cũng có những thay đổi nhất định trong quy trình hoạt động, cách thức quản lý và thực hiện dự án khi áp dụng Công nghệ 4.0 [5, 6].

Theo các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra các lợi ích cụ thể khi áp dụng Công nghệ 4.0 tại các doanh nghiệp trong lĩnh vực xây dựng. Quản lý nhân sự thông qua việc sử dụng thẻ RFID tích hợp trên quần áo công nhân [7], máy bay không người lái để xác định vị trí công nhân bên trong công trình và kiểm soát việc thực hiện đúng nhiệm vụ của họ giúp phân bổ nguồn lực tốt hơn [8]. Tối ưu hóa tiến độ và chi phí có thể đạt được thông qua sử dụng công nghệ in 3D do rút ngắn được thời gian chế tạo và thi công [7], robot trong tự động hóa các quy trình, giúp tăng năng suất cao hơn gấp nhiều lần so với các hoạt động thủ công truyền thống [9]. Theo dõi thiết bị và vật liệu thông qua sử dụng các cảm biến nhúng [10]. Cải thiện an toàn lao động cũng rất quan trọng trong lĩnh vực xây dựng, do môi trường làm việc độc hại, tỷ lệ thương tật và tai nạn cao. An toàn lao động được nâng cao thông qua việc sử dụng thực tế ảo (AR), thực tế ảo tăng cường (VR) trong huấn luyện an toàn ảo [11] hay các thiết bị thông minh có thể đeo được như kính, mũ bảo hiểm, quần áo lao động góp phần nâng cao sức khỏe cho người lao động [12]. Các ứng dụng dựa trên nền tảng đám mây, BIM và ứng dụng truyền thông xã hội có thể cải thiện hiệu quả trong sự hợp tác giữa những người tham gia dự án, hỗ trợ cực kỳ to lớn trong việc giao tiếp, thúc đẩy trao đổi thông tin tiện lợi và kiểm soát rõ các nguồn dữ liệu [7, 13]. Phân tích dữ liệu lớn hỗ trợ thu thập dữ liệu phù hợp từ tất cả các thiết bị hoặc các tác nhân dữ liệu nhân tạo giúp xác định các mẫu và rủi ro xây dựng để cải thiện hiệu suất và nâng cao khả năng ra quyết định hiệu quả [7]. Ngoài ra, việc sử dụng các công nghệ như thực tế ảo (AR), thực tế ảo tăng cường (VR), thực tế hỗn hợp (MR) có thể nâng cao hiểu biết của khách hàng về sản phẩm cuối cùng ngay trong giai đoạn thiết kế để tránh những thay đổi lãng phí trong quá trình thực hiện dự án [14].

Các ứng dụng công nghệ giữ vai trò cách mạng hóa không chỉ trong việc thiết kế, xây dựng và bảo trì các cấu trúc vật lý mà còn trong quá trình chúng được sử dụng sau đó [15]. Việc áp dụng Công nghệ 4.0 đã thực sự mang đến nhiều lợi ích, tác động lớn đến tăng trưởng năng suất cho các doanh nghiệp xây dựng và mối quan tâm đến công nghệ kỹ thuật số. Tại Việt Nam, cụ thể là TP. HCM, hiện nay cũng đã có nhiều doanh nghiệp áp dụng Công nghệ 4.0 trong lĩnh vực xây dựng. Đặc biệt là mối quan tâm đến các lợi ích mà công nghệ BIM mang lại đang dần được tăng lên [16]. Những yếu tố cốt lõi của kỹ thuật số trong Cách mạng Công nghệ 4.0 như: Trí tuệ nhân tạo (AI), Vạn vật kết nối – Internet of Things (IoT) và dữ liệu lớn (Big Data) đều được áp dụng trong BIM. Vì vậy, BIM được đánh giá là công nghệ chủ đạo trong lĩnh vực xây dựng [17]. BIM được biết đến là một quy trình liên quan tới việc tạo lập, sử dụng và quản lý mô hình kỹ thuật số cho cả vòng đời của dự án, từ các khâu thiết kế, thi công, đến vận hành và tháo dỡ công trình [18]. Hoạt động như một nền tảng cho thiết kế tích hợp, mô hình hóa, lập kế hoạch và hợp tác giúp tăng năng suất lao động, nâng cao quy trình làm việc, quản lý rủi ro xây dựng, tiết kiệm chi phí, cho phép truyền thông tin và phối hợp giữa các nhóm dự án [19–21].

Bên cạnh các lợi ích tiềm năng vẫn tồn tại nhiều thách thức khiến cho các doanh nghiệp trong lĩnh vực xây dựng ngần ngại trong việc đầu tư công nghệ và chưa xem đó là định hướng phát triển chính cho doanh nghiệp. Lĩnh vực xây dựng bao gồm một số lượng lớn các doanh nghiệp vừa và nhỏ với

khả năng đầu tư về công nghệ còn hạn chế [22]. Việc sử dụng công nghệ mới đòi hỏi trình độ chuyên môn cao hơn tuy nhiên trình độ của người lao động vẫn đang ở mức thấp, chưa đáp ứng đủ với những yêu cầu đặt ra dẫn đến tốn thời gian, chi phí cho vấn đề đào tạo nhân lực [7]. Bên cạnh đó, vấn đề về nguồn lực tài chính của các doanh nghiệp cũng là một trong những trở ngại lớn cho việc đầu tư phát triển Công nghệ 4.0. Do khi áp dụng các công nghệ mới đòi hỏi nhiều chi phí cho đào tạo nhân lực, mua sắm thiết bị, tổ chức lại bộ máy [7]. Từ các nguyên nhân chủ yếu đến từ vấn đề nhân lực và tài chính của doanh nghiệp đã tạo ra các rào cản trong việc nhận thức về bản chất cũng như những tác động tích cực mà Công nghệ 4.0 mang lại, dẫn đến những hạn chế trong tầm nhìn và chiến lược phát triển lâu dài của doanh nghiệp [22].

Không chỉ riêng ở Việt Nam mà hầu hết các nước khác trên thế giới cũng chịu tác động mạnh mẽ từ cuộc Cách mạng Công nghệ 4.0. Rất nhiều các nghiên cứu đã được thực hiện để phân tích các tác động từ việc áp dụng khoa học công nghệ trong lĩnh vực xây dựng. Alaloul và cs., xác định những thách thức của việc triển khai các công nghệ tiên tiến và các lợi ích dài hạn khi triển khai thành công Cách mạng Công nghệ 4.0 (IR4.0) là những bước đầu tiên trong việc thuyết phục các nhà đầu tư, các cơ quan pháp lý. Nghiên cứu đã chỉ ra được nhiều kiến thức liên quan, từ các khía cạnh tác động trên một mô hình lý thuyết để liên kết các tri thức hiện tại đến việc áp dụng các công nghệ trong kỷ nguyên số, đồng thời dự đoán sự thay đổi của toàn bộ lĩnh vực xây dựng trong đó bao gồm các doanh nghiệp xây dựng trong tương lai [4]. Bên cạnh đó, nghiên cứu cũng đã chỉ ra xã hội là một nhân tố chính ảnh hưởng đến việc triển khai IR4.0 bên cạnh các nhân tố về kinh tế, chính trị, công nghệ, môi trường, luật pháp, bảo mật. Theo Duong và Frank, Gamil và cs., đã thực hiện các nghiên cứu phân tích rõ hơn các tác động của việc triển khai IR4.0 tại các doanh nghiệp xây dựng, bên cạnh lợi ích nâng cao hiệu quả kinh tế, nâng cao chất lượng dự án, cải thiện môi trường làm việc, tăng cường khả năng hợp tác và giao tiếp vẫn còn tồn đọng nhiều vấn đề thách thức: tâm lý nhân viên và khách hàng, năng lực của người lao động, điều luật pháp lý về sử dụng công nghệ, yêu cầu cao đối với mạng lưới truyền thông và thiết bị, đầu tư chi phí cao cho công nghệ, đào tạo, tổ chức [7, 23].

Nghiên cứu của Trường và Khải đã phân tích các yếu tố thúc đẩy quá trình áp dụng Công nghệ 4.0 đối với các doanh nghiệp vừa và nhỏ tại TP. HCM. Thông qua nghiên cứu, tác giả đã xác định được 5 khía cạnh lợi ích khi áp dụng công nghệ bao gồm phát triển nguồn nhân lực, tiết kiệm chi phí, cải thiện chất lượng sản phẩm, tiết kiệm thời gian, đúng tiến độ. Bên cạnh đó, các yếu tố về tính dễ sử dụng, nguồn lực kinh doanh và điều kiện môi trường kinh doanh có tác động tích cực đến ý định áp dụng Công nghệ 4.0 của các doanh nghiệp [24]. Nghiên cứu của Quân và cs., đã chỉ ra 15 yếu tố thuận lợi và 10 yếu tố khó khăn khi áp dụng BIM thông qua cuộc khảo sát và phân tích dữ liệu để đánh giá sự khác biệt trong nhận thức của kỹ sư tại TP. HCM về việc triển khai công nghệ BIM. Trong đó, về mặt lợi ích BIM được đánh giá cao nhất về khía cạnh dễ dàng phát hiện xung đột của kết cấu, dễ hình dung khi thực hiện dự án và có sự phối hợp giữa các bên, về mặt khó khăn các vấn đề về chi phí đào tạo, đầu tư phần mềm, thiếu đồng bộ trong việc sử dụng của doanh nghiệp cũng được đánh giá là tác động nhiều nhất [25].

Mục đích của nghiên cứu này là xác định các lợi ích về lâu dài cũng như các thách thức mà doanh nghiệp xây dựng trên địa bàn Thành phố Hồ Chí Minh phải đối mặt khi áp dụng Công nghệ 4.0, từ đó đưa ra các giải pháp để giúp các doanh nghiệp có cách tiếp cận phù hợp nhằm tận dụng hiệu quả những lợi ích mà khoa học công nghệ mang lại cũng như vượt qua được những khó khăn về mặt con người và tài chính trong quá trình chạy đua vào thế hệ công nghệ mới của thế giới.

2. Phương pháp nghiên cứu, thu thập và xử lý số liệu

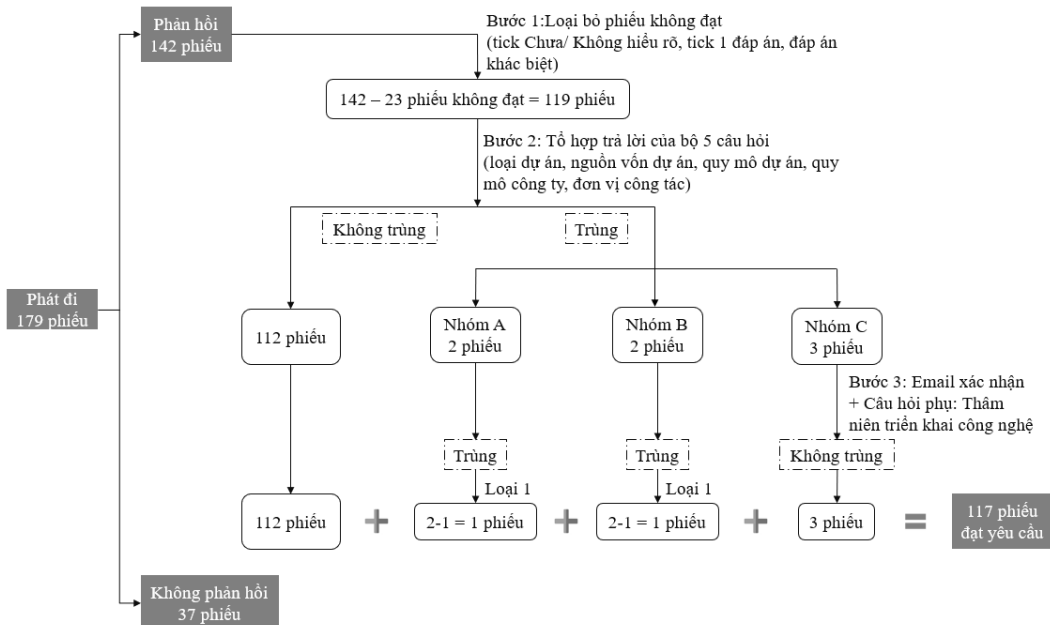
2.1. Thiết kế bảng câu hỏi, xây dựng thang đo Likert 6 cấp độ

Thông qua việc nghiên cứu các tài liệu và các đề tài liên quan đến đánh giá các tác động tiềm năng của Công nghệ 4.0 đối với các doanh nghiệp xây dựng, xem xét điều kiện xây dựng tại TP. HCM. Đồng thời tham khảo ý kiến của các chuyên gia, từ đó xây dựng bảng câu hỏi khảo sát sơ bộ. Sau đó, tiến hành gửi bảng câu hỏi thử nghiệm đến các chuyên gia, các cá nhân có kinh nghiệm để nhận thông tin phản hồi nhằm hoàn chỉnh bảng câu hỏi khảo sát.

Bảng câu hỏi được chia làm 3 phần:

- Phần đầu: Giới thiệu chung về bảng khảo sát, tổng quan về tác động của Công nghệ 4.0 đến doanh nghiệp xây dựng.
- Phần giữa: Phần thông tin các đối tượng khảo sát.
- Phần cuối (Phần chính): Sử dụng thang đo Likert 6 mức độ để đánh giá yếu tố tác động đến doanh nghiệp xây dựng trên địa bàn TP. HCM.

Theo Trọng và Ngọc [26], sau khi hoàn thành bảng câu hỏi khảo sát, thông qua phân tích và đánh giá nhóm tác giả quyết định chọn kỹ thuật lấy mẫu phi xác suất (phương pháp lấy mẫu thuận tiện) do tính dễ tiếp cận đối tượng khảo sát, chi phí thực hiện thấp, cùng với đó là hạn chế về điều kiện thời gian, thông tin (số lượng đơn vị tổng thể, cơ cấu tổng thể và khung lấy mẫu). Mặc dù mẫu phi xác suất không đại diện để ước lượng cho toàn bộ tổng thể, nhưng được chấp nhận trong các đề tài nghiên cứu khám phá để xác định ý nghĩa thực tiễn của vấn đề nghiên cứu. Ngoài ra, trong phân tích dữ liệu nghiên cứu với SPSS: thông thường số quan sát (cỡ mẫu) ít nhất phải bằng 4 hay 5 lần số biến trong nhân tố. Trong nghiên cứu này kích thước mẫu cần thiết (số lượng bảng khảo sát hợp lệ thu về được) được chọn tối thiểu phải lớn hơn gấp 5 lần số biến trong phân tích nhân tố (bài nghiên cứu đã thu thập được 117 phiếu hợp lệ đạt yêu cầu cần đặt ra là $19 \times 5 = 95$ phiếu do 37 biến được chia thành 2 nhóm



Hình 1. Quy trình loại phiếu không đạt yêu cầu và trùng lặp

trong đó nhóm lợi ích gồm 18 biến và nhóm thách thức gồm 19 biến, vì vậy số phiếu đạt yêu cầu cần lớn hơn hoặc bằng 95 phiếu để thỏa yêu cầu của hai nhóm).

Bảng câu hỏi gửi đến các đối tượng đang hoạt động tại các doanh nghiệp trong lĩnh vực xây dựng ở TP. HCM và các địa phương lân cận, các học viên cao học ngành Quản lý xây dựng tại trường Đại học Bách khoa TP. HCM qua hai hình thức: trực tiếp và gián tiếp (gửi đường link biểu mẫu qua email, Facebook, ...). Thời gian thực hiện khảo sát để thu thập dữ liệu nghiên cứu trong vòng 1 tháng (11/2021 – 12/2021).

Bảng câu hỏi khảo sát được phát đi 179 phiếu, 37 người không phản hồi chiếm (20,67%) và 142 bảng câu hỏi khảo sát phản hồi (chiếm 79,33%). Số phiếu đạt yêu cầu là 117 phiếu (chiếm 82,39%), không đạt (bao gồm các phiếu tick vào lựa chọn “Chưa/Không hiểu rõ” trong câu hỏi “Mức độ hiểu biết của anh/chị về Công nghệ 4.0 trong ngành Xây dựng”; người làm khảo sát chọn một đáp án xuyên suốt phiếu khảo sát, câu trả lời của người làm khảo sát gần như quá khác biệt so với hầu hết các phiếu khảo sát còn lại) hoặc trùng lặp phân loại dự án là 25 phiếu (chiếm 17,61%) như số liệu trong Bảng 1.

Bảng 1. Kết quả phân tích thành phần đối tượng tham gia khảo sát

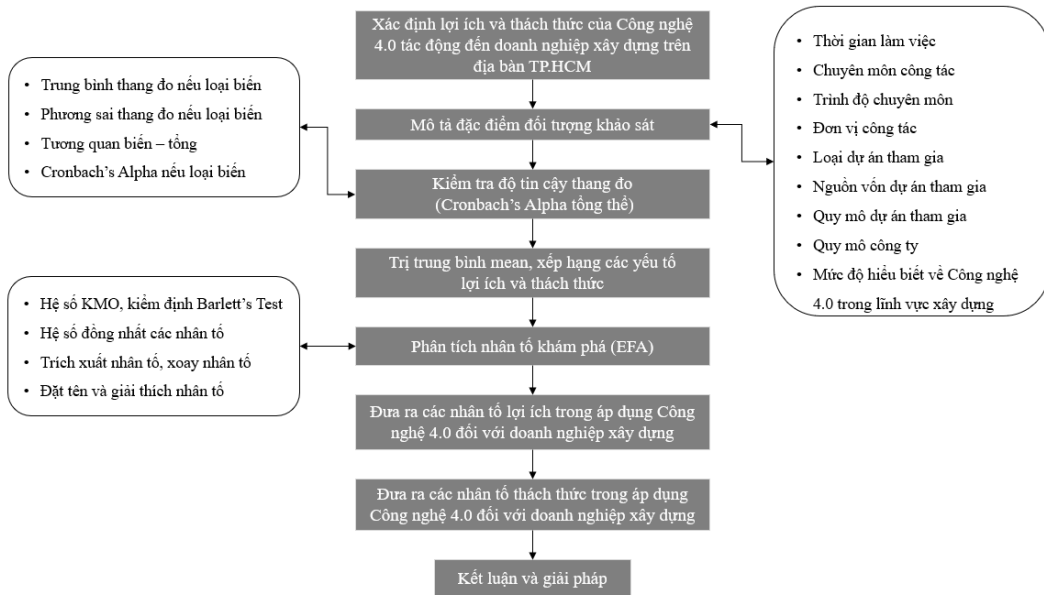
Tiêu chí đánh giá		Tần suất	Tỷ lệ (%)	Tiêu chí đánh giá		Tần suất	Tỷ lệ (%)
Thời gian làm việc	Dưới 3 năm	25	21,4	Loại dự án	DD và CN	104	88,9
	Từ 3-5 năm	35	29,9		Cầu đường	9	7,7
	Từ 5-10 năm	26	22,2		Thủy lợi, CTN	3	2,6
	Trên 10 năm	31	26,5		Khác	1	0,9
Chuyên môn	Kiến trúc sư	5	4,3	Nguồn vốn dự án	Nhà nước (NN)	14	12,0
	Quản lý xây dựng	34	29,1		Tư nhân (TN)	43	36,8
	Kỹ sư	62	53,0		NN và TN	33	28,2
	Tư vấn giám sát	6	5,1		Nước ngoài	27	23,1
	Khác	10	8,5	Quy mô dự án	< 50 tỷ	28	23,9
Trình độ chuyên môn	Cử nhân	7	6,0		Từ 50-100 tỷ	16	13,7
	Kỹ sư	72	61,5		Từ 100-500 tỷ	31	26,5
	Thạc sĩ	34	29,1		Từ 500-1000 tỷ	17	14,5
	Tiến sĩ	2	1,7		> 1000 tỷ	25	21,4
	Nghiên cứu sinh	2	1,7	Quy mô công ty	< 50 người	33	28,2
Đơn vị công tác	Chủ đầu tư	25	21,4		50-100 người	28	23,9
	Tư vấn giám sát	8	6,8		100-200 người	16	13,7
	Tư vấn thiết kế	29	24,8		> 200 người	40	34,2
	Tư vấn QLDA	6	5,1	Mức độ hiểu	Hiểu rất rõ	5	4,3
	Đơn vị thi công	40	34,2		Hiểu rõ	43	36,8
	Khác	9	7,7		Hiểu tương đối rõ	69	59,0

Bảng 1 cho thấy khảo sát thực hiện bởi các cá nhân có nhiều kinh nghiệm làm việc, trình độ chuyên môn, mức độ hiểu biết cao về Công nghệ 4.0 trong lĩnh vực xây dựng (hiểu rất rõ chiếm 4,3%, hiểu rõ chiếm 36,8%, hiểu tương đối rõ chiếm 59%). Trong đó, đa số là kỹ sư (chiếm 61,5%) tham

gia công tác ở nhiều đơn vị như chủ đầu tư, đơn vị thi công và thực hiện dự án thuộc công trình DD và CN (chiếm 88,89%). Thông qua số liệu này cho thấy đối tượng được khảo sát đa dạng, bao phủ môi trường làm việc của các doanh nghiệp xây dựng, đáng tin cậy và phù hợp với yêu cầu của nghiên cứu.

2.2. Xử lý, phân tích dữ liệu bằng SPSS và Microsoft Excel

Sau khi khảo sát và thu thập dữ liệu, phần mềm thống kê mô tả, phân tích dữ liệu khoa học Statistical Product and Services Solutions (SPSS) được sử dụng để phân tích sâu, đánh giá và sàng lọc dữ liệu, cũng như kiểm chứng tính đồng bộ và khách quan của các dữ liệu thu thập được trước khi đi vào phân tích đánh giá kết quả, được thể hiện ở Hình 2.



Hình 2. Lưu đồ các bước khảo sát tác động của Công nghệ 4.0 đến doanh nghiệp xây dựng

2.3. Kiểm tra độ tin cậy của thang đo

Các nhân tố được đề cập trong bảng câu hỏi khảo sát được đánh giá dựa trên thang đo Likert tương ứng với các mức độ (0)-Không tác động, (1)-Tác động rất ít, (2)-Tác động ít, (3)-Tác động vừa, (4)-Tác động nhiều, (5)-Tác động rất nhiều.

Hệ số Cronbach's Alpha tổng của nhóm nhân tố "Lợi ích" = 0,909 > 0,8 nên các số liệu thu thập là tốt. Các hệ số tương quan biến-tổng của từng yếu tố đều lớn hơn 0,3. Hệ số Cronbach's Alpha tổng của nhóm nhân tố "Thách thức" = 0,875 > 0,8 nên các số liệu thu thập là tốt. Các hệ số tương quan biến-tổng của từng yếu tố đều lớn hơn 0,3. Mức độ liên kết giữa một biến quan sát trong nhân tố với các biến còn lại tốt. Nó phản ánh mức độ đóng góp vào giá trị khái niệm của nhân tố của một biến quan sát cụ thể. (Theo Nunnally và Burnstein, 1994). Hệ số Cronbach's Alpha nếu loại biến đều $\leq 0,94$ (hệ số Cronbach's alpha tổng của nhóm). Qua kết quả phân tích trên thấy dữ liệu thu thập được có độ tin cậy cao có thể được sử dụng để phân tích các bước tiếp theo (xem Bảng 2).

Bảng 2. Hệ số Cronbach's Alpha tổng thể

Nhóm	Cronbach's Alpha	N of Items
Lợi ích	0,909	18
Thách thức	0,875	19

2.4. Xếp hạng các tác động

Công nghệ 4.0 được đánh giá là mang lại các tác động có lợi nhất (xem Bảng 3).

- Công nghệ in 3D cho phép rút ngắn thời gian thi công và sản xuất cấu kiện có (Trị trung bình = 3,99).

- BIM và công nghệ mô phỏng đã giúp tăng chất lượng của dự án do tránh được các sai sót có (Trị trung bình = 3,99).

Bảng 3. Nhóm “Lợi ích” của Công nghệ 4.0 mang lại cho doanh nghiệp xây dựng

Mã hóa	Các tác động	Số mẫu	Trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Xếp hạng
LI.3	Công nghệ in 3D cho phép rút ngắn thời gian thi công và sản xuất cấu kiện [7].	117	3,99	0,793	1
LI.5	BIM và công nghệ mô phỏng đã giúp tăng chất lượng của dự án do tránh được các sai sót [7, 27, 28].	117	3,99	0,876	2
LI.9	Nền tảng dựa trên đám mây, BIM hoặc các ứng dụng truyền thông xã hội có thể cải thiện sự hợp tác và giao tiếp [7, 27, 29, 30].	117	3,98	0,731	3
LI.7	BIM tận dụng phương pháp đo lường tiêu chuẩn để tự động hóa quy trình ước tính chi phí, tiến độ, nâng cao độ chính xác so với phương pháp thủ công [28, 31].	117	3,87	0,866	4
LI.4	Việc áp dụng BIM có thể giúp giảm thời gian thực hiện dự án và duy trì các dự án trong ngân sách cho phép [7, 28].	117	3,81	1,025	5
LI.18	Các công việc thủ công được tự động hóa, giảm khó khăn về việc huy động nguồn lực [29, 30].	117	3,79	0,981	6
LI.6	Phân tích Dữ liệu lớn giúp các Nhà quản lý dự án ra quyết định hiệu quả và đúng đắn dựa trên dữ liệu lịch sử [7].	117	3,78	0,832	7
LI.2	Việc theo dõi tự động thiết bị và vật liệu, phát hiện sớm các lỗi, bảo trì bằng cách sử dụng cảm biến nhúng, công nghệ giám sát từ xa giúp giảm chi phí vật liệu [7, 30].	117	3,75	1,016	8
LI.1	Tự động hóa các quy trình sử dụng nhiều lao động thông qua việc sử dụng robot giúp cải thiện năng suất, giảm chi phí lao động [7, 29, 30].	117	3,70	0,940	9

Mã hóa	Các tác động	Số mẫu	Trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Xếp hạng
LI.15	Tạo môi trường làm việc lý tưởng hướng đến tự động, an toàn, có độ chính xác cao và ứng dụng công nghệ hiện đại so với môi trường truyền thống [27].	117	3,67	0,871	10
LI.14	Sự chuyển đổi kỹ thuật số giúp thúc đẩy giá trị, đảm bảo lợi thế cạnh tranh và cải thiện hình ảnh doanh nghiệp [7, 30].	117	3,63	1,039	11
LI.17	Công nghệ BIM 6D giúp giảm tiêu thụ năng lượng nhờ kiểm soát tốt các chỉ số năng lượng của tòa nhà [30].	117	3,62	0,990	12
LI.8	Hỗ trợ đánh giá các phương án thiết kế, nghiên cứu nhiều kịch bản, cho phép dễ dàng và nhanh chóng trích xuất kế hoạch, chi tiết mà không cần bản vẽ [28].	117	3,60	0,938	13
LI.10	Áp dụng AR, VR và Thực tế hỗn hợp kết hợp với thiết bị di động, cung cấp cho Chủ đầu tư những hiểu biết hơn về các chi tiết và thiết kế của dự án trước khi xây dựng, khách hàng có thể tham gia vào quá trình lập kế hoạch giúp có các tùy chỉnh tốt hơn về dự án [7, 28, 30].	117	3,52	1,047	14
LI.13	Công nghệ in 3D giúp hạn chế các hoạt động thủ công trong công trường giảm rủi ro cho người lao động [8].	117	3,50	1,022	15
LI.12	Kiểm soát tự động để tránh va chạm và phòng ngừa tai nạn bằng mô hình dự đoán trước để giảm thiểu rủi ro [31].	117	3,44	0,978	16
LI.11	Cải thiện việc quản lý an toàn xây dựng thông qua đào tạo an toàn ảo [7, 29, 31].	117	3,41	1,123	17
LI.16	BIM tạo ra các giải pháp thiết kế thay thế, quản lý dự án chiến lược nhằm giảm thiểu chất thải xây dựng [7, 30].	117	3,38	1,120	18

Những thách thức lớn nhất mà Công nghệ 4.0 tác động đến các doanh nghiệp xây dựng (xem Bảng 4).

- Chi phí đầu tư cao, lợi ích không rõ ràng làm cho các doanh nghiệp xây dựng do dự khi đầu tư có (Trị trung bình = 4,11).

- Đòi hỏi một mức độ hiểu biết nhất định, do đó nhu cầu về đào tạo các kỹ năng cho NLĐ tăng có (Trị trung bình = 4,02).

Bảng 4. Nhóm “Thách thức” của Công nghệ 4.0 tác động đến doanh nghiệp xây dựng

Mã hóa	Các tác động	Số mẫu	Trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Xếp hạng
TT.1	Chi phí đầu tư cao, lợi ích không rõ ràng làm cho các doanh nghiệp xây dựng do dự khi đầu tư [7, 27, 32].	117	4,11	0,972	1

Mã hóa	Các tác động	Số mẫu	Trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Xếp hạng
TT.5	Đòi hỏi một mức độ hiểu biết nhất định, do đó nhu cầu về đào tạo các kỹ năng cho NLĐ tăng [7, 23, 29, 30].	117	4,02	0,900	2
TT.4	Việc triển khai các công nghệ tác động tới các quy trình hiện tại của doanh nghiệp [7, 29].	117	3,87	0,856	3
TT.6	NLĐ không sẵn sàng hợp tác và tham gia chia sẻ kiến thức để tạo ra sự đổi mới [7].	117	3,82	0,738	4
TT.7	Khó khăn về mặt thời gian, khả năng tiếp thu, thiếu đồng bộ trong khâu đào tạo và phát triển năng lực mới, tối ưu hóa tổ chức dự án và thu hút nhân tài mới vào lực lượng lao động [7].	117	3,82	0,750	5
TT.12	Thiếu các tiêu chuẩn cho nhiều công nghệ, ví dụ: công nghệ RFID, tiêu chuẩn BIM [7, 23, 27].	117	3,81	1,082	6
TT.18	Sự không chắc chắn về mặt pháp lý và hợp đồng liên quan đến việc sử dụng BIM [7].	117	3,74	0,873	7
TT.9	Tâm lý bảo thủ và không thích ứng của NLĐ trong công ty khi áp dụng các công nghệ mới [7, 23, 29, 30].	117	3,74	1,035	8
TT.19	Sự tách biệt không rõ ràng về trách nhiệm của mỗi bên liên quan có thể xảy ra tranh chấp, phát sinh do mâu thuẫn hợp đồng tiêu chuẩn [23, 27].	117	3,73	0,867	9
TT.3	Triển khai công nghệ mới phải diễn ra ở tất cả các bộ phận, yêu cầu tổ chức tái cấu trúc doanh nghiệp [7, 29].	117	3,73	0,953	10
TT.2	Các chính sách, chương trình tài trợ, hỗ trợ các dự án nghiên cứu cho doanh nghiệp xây dựng còn hạn chế [7].	117	3,71	0,852	11
TT.8	Thiết lập tiêu chuẩn quản lý tri thức trong tổ chức bằng cách sử dụng lại kiến thức của dự án trước đây [7].	117	3,70	0,769	12
TT.14	Các thiết bị điện tử sử dụng ở công trường đòi hỏi yêu cầu cao để chịu được các tác động của môi trường bên ngoài như thời tiết, rung động, va đập, vv. [7].	117	3,69	0,960	13
TT.15	Đòi hỏi truy cập Internet nhanh và đáng tin cậy trên các địa điểm xây dựng [7].	117	3,68	1,031	14
TT.10	Mối quan tâm của NLĐ về việc áp dụng công nghệ mới là khả năng mất việc làm [7].	117	3,66	1,153	15
TT.13	Thiếu sự tương thích giữa các phần mềm và các thiết bị để hoạt động trong công nghệ hiện có [23, 32].	117	3,66	1,076	16

Mã hóa	Các tác động	Số mẫu	Trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Xếp hạng
TT.11	Kế hoạch bảo vệ dữ liệu trước sự truy cập trái phép thông qua các công cụ nhận dạng người dùng, vv. [7, 23, 27].	117	3,63	1,055	17
TT.17	Tồn tại lo ngại về mặt đạo đức và pháp lý trong việc xử lý và giám sát thông tin dữ liệu cá nhân của nhân viên và khách hàng [7, 30].	117	3,50	1,022	18
TT.16	Kết nối bằng thông rộng không đáng tin cậy hoặc thiếu kết nối bằng thông cao cho các ứng dụng cộng tác [7].	117	3,44	1,117	19

2.5. Phân tích nhân tố khám phá EFA

* Nhóm “Lợi ích”:

Hệ số KMO = 0,881 \geq 0,8 được đánh giá là rất tốt. Sig = 0,000 < 0,05 ta có thể từ chối H0 (ma trận tương quan là ma trận đơn vị), các biến có quan hệ với nhau. Trong bước phân tích này đã loại biến LI.8 do có hệ số tải factor loading nhỏ hơn hệ số tải tiêu chuẩn = 0,5.

Điều kiện để số factors được giữ lại: Eigenvalues = 1,128 > 1 thì nhân tố có ý nghĩa tóm tắt thông tin tốt. Tổng phương sai trích Variance extracted = 64,771% \geq 50%. (Theo Anderson và Gerbing, 1988). Nếu Eigenvalues < 1 có nghĩa là nhân tố đó giải thích phương sai kém hơn biến đơn lẻ.

* Nhóm “Thách thức”:

Hệ số KMO = 0,785 \geq 0,7 được đánh giá là sử dụng tốt. Sig = 0,000 < 0,05 ta có thể từ chối H0 (ma trận tương quan là ma trận đơn vị), các biến có quan hệ với nhau.

Điều kiện để số factors được giữ lại: Eigenvalues = 1,139 > 1 thì nhân tố có ý nghĩa tóm tắt thông tin tốt. Tổng phương sai trích Variance extracted = 69,937% \geq 50%. (Theo Anderson và Gerbing, 1988). Nếu Eigenvalues < 1 có nghĩa là nhân tố đó giải thích phương sai kém hơn biến đơn lẻ.

3. Kết quả nghiên cứu và giải pháp

3.1. Kết quả phân nhóm tác động

Nhóm nhân tố thứ nhất gồm 6 biến là LI.1, LI.2, LI.10, LI.11, LI.12, LI.13 ta thấy hệ số factor loading (từ 0,574 – 0,834). Các biến này có sự tương đồng liên quan đến quản lý an toàn, sức khỏe người lao động, tiết kiệm chi phí, cải thiện mối quan hệ với khách hàng nên tác giả đặt tên nhân tố là “Nâng cao năng suất lao động và hiệu quả công việc” (xem Bảng 5).

Bảng 5. Phân nhóm nhân tố “Lợi ích” của Công nghệ 4.0 mang lại

Mã hóa	Danh mục các tác động	Factor loading			
		1	2	3	4
I	Nâng cao năng suất lao động và hiệu quả công việc				
LI.11	Cải thiện việc quản lý an toàn xây dựng thông qua đào tạo an toàn ảo.	0,834			

Mã hóa	Danh mục các tác động	Factor loading			
		1	2	3	4
LI.12	Kiểm soát tự động để tránh va chạm và phòng ngừa tai nạn bằng mô hình dự đoán trước để giảm thiểu rủi ro.	0,788			
LI.2	Việc theo dõi tự động thiết bị và vật liệu, phát hiện sớm các lỗi, bảo trì bằng cách sử dụng cảm biến nhúng, công nghệ giám sát từ xa giúp giảm chi phí vật liệu.	0,714			
LI.10	Áp dụng AR, VR và Thực tế hỗn hợp kết hợp với thiết bị di động, cung cấp cho Chủ đầu tư những hiểu biết hơn về các chi tiết và thiết kế của dự án trước khi xây dựng, khách hàng có thể tham gia vào quá trình lập kế hoạch giúp có các tùy chỉnh tốt hơn về dự án.	0,629			
LI.1	Tự động hóa các quy trình sử dụng nhiều lao động thông qua việc sử dụng robot giúp cải thiện năng suất, giảm chi phí lao động.	0,606			
LI.13	Công nghệ in 3D giúp hạn chế các hoạt động thủ công trong công trường giảm rủi ro cho người lao động.	0,574			
II	Giảm thiểu chi phí và thời gian thực hiện dự án				
LI.4	Việc áp dụng BIM có thể giúp giảm thời gian thực hiện dự án và duy trì các dự án trong ngân sách cho phép.		0,809		
LI.5	BIM và công nghệ mô phỏng đã giúp tăng chất lượng của dự án do tránh được các sai sót.		0,799		
LI.7	BIM tận dụng phương pháp đo lường tiêu chuẩn để tự động hóa quy trình ước tính chi phí, tiến độ, nâng cao độ chính xác so với phương pháp thủ công.		0,700		
III	Giảm thiểu ô nhiễm môi trường				
LI.17	Công nghệ BIM 6D giúp giảm tiêu thụ năng lượng nhờ kiểm soát tốt các chỉ số năng lượng của tòa nhà.			0,763	
LI.3	Công nghệ in 3D cho phép rút ngắn thời gian thi công và sản xuất cấu kiện.			0,681	
LI.16	BIM tạo ra các giải pháp thiết kế thay thế, quản lý dự án chiến lược nhằm giảm thiểu chất thải xây dựng.			0,595	
LI.14	Sự chuyển đổi kỹ thuật số giúp thúc đẩy giá trị, đảm bảo lợi thế cạnh tranh và cải thiện hình ảnh doanh nghiệp.			0,573	
LI.15	Tạo môi trường làm việc lý tưởng hướng đến tự động, an toàn, có độ chính xác cao và ứng dụng công nghệ hiện đại so với môi trường truyền thống.			0,547	

Mã hóa	Danh mục các tác động	Factor loading			
		1	2	3	4
LI.18	Các công việc thủ công được tự động hóa, giảm khó khăn về việc huy động nguồn lực.			0,514	
IV	Tăng cường hiệu quả quản lý dữ liệu				
LI.6	Phân tích Dữ liệu lớn giúp các Nhà quản lý dự án ra quyết định hiệu quả và đúng đắn dựa trên dữ liệu lịch sử.				0,699
LI.9	Nền tảng dựa trên đám mây, BIM hoặc các ứng dụng truyền thông xã hội có thể cải thiện sự hợp tác và giao tiếp.				0,686

Nhóm nhân tố thứ hai gồm 3 biến là LI.4, LI.5, LI.7 ta thấy hệ số factor loading (từ 0,700 – 0,809). Các biến liên quan đến tránh sai sót, tăng chất lượng, nâng cao tính chính xác về mặt chi phí, tiến độ nên tác giả đặt tên nhân tố là “Giảm thiểu chi phí và thời gian thực hiện dự án”.

Nhóm nhân tố thứ ba gồm 6 biến là LI.3, LI.14, LI.15, LI.16, LI.17, LI.18 ta thấy hệ số factor loading (từ 0,514 – 0,763). Các biến có sự tương đồng liên quan đến cải thiện tính bền vững, cải thiện hình ảnh doanh nghiệp, điều kiện làm việc nên tác giả đặt tên nhân tố là “Giảm thiểu ô nhiễm môi trường”.

Nhóm nhân tố thứ tư gồm 2 biến là LI.6, LI.9 ta thấy hệ số factor loading (từ 0,686 – 0,699). Các biến này liên quan đến sự hợp tác giao tiếp giữa các bên liên nên tác giả đặt tên nhân tố là “Tăng cường hiệu quả quản lý dữ liệu”.

Bảng 6. Phân nhóm nhân tố “Thách thức” của Công nghệ 4.0 tác động

Mã hóa	Danh mục các tác động	Factor loading					
		1	2	3	4	5	6
I	Chi phí đào tạo và triển khai cao						
TT.1	Chi phí đầu tư cao, lợi ích không rõ ràng làm cho các doanh nghiệp xây dựng do dự khi đầu tư.	0,713					
TT.5	Đòi hỏi một mức độ hiểu biết nhất định, do đó nhu cầu đào tạo kỹ năng cho NLĐ tăng.	0,712					
TT.4	Việc triển khai các công nghệ tác động tới các quy trình hiện tại của doanh nghiệp.	0,697					
TT.3	Triển khai công nghệ mới phải diễn ra ở tất cả các bộ phận, yêu cầu tổ chức tái cấu trúc doanh nghiệp.	0,681					
TT.13	Thiếu sự tương thích giữa các phần mềm và các thiết bị để hoạt động trong công nghệ hiện có.	0,521					

Mã hóa	Danh mục các tác động	Factor loading					
		1	2	3	4	5	6
II	Chi phí đầu tư trang thiết bị cao						
TT.15	Đòi hỏi truy cập Internet nhanh và đáng tin cậy trên các địa điểm xây dựng.		0,847				
TT.16	Kết nối băng thông rộng không đáng tin cậy hoặc thiếu kết nối băng thông cao cho các ứng dụng cộng tác.		0,828				
TT.14	Các thiết bị điện tử sử dụng ở công trường đòi hỏi yêu cầu cao để chịu được các tác động của môi trường bên ngoài như thời tiết, rung động, va đập, vv.		0,686				
III	Rào cản sự sáng tạo và đổi mới trong doanh nghiệp xây dựng						
TT.7	Khó khăn về mặt thời gian, khả năng tiếp thu, thiếu đồng bộ trong khâu đào tạo và phát triển năng lực mới, tối ưu hóa tổ chức dự án và thu hút nhân tài mới vào lực lượng lao động.			0,767			
TT.8	Thiết lập tiêu chuẩn quản lý tri thức trong tổ chức bằng cách sử dụng lại kiến thức của dự án trước đây.			0,713			
TT.6	NLĐ không sẵn sàng hợp tác và tham gia chia sẻ kiến thức để tạo ra sự đổi mới.			0,708			
IV	Trở ngại về mặt pháp lý và quy định liên quan đến việc áp dụng công nghệ mới						
TT.18	Sự không chắc chắn về mặt pháp lý và hợp đồng liên quan đến việc sử dụng BIM.				0,784		
TT.19	Sự tách biệt không rõ ràng về trách nhiệm của mỗi bên liên quan có thể xảy ra tranh chấp, phát sinh do mâu thuẫn hợp đồng tiêu chuẩn, các luật và quy định liên quan.				0,759		
V	Thiếu chính sách và chương trình hỗ trợ tích cực cho việc áp dụng công nghệ mới						
TT.2	Các chính sách, chương trình tài trợ, hỗ trợ các dự án nghiên cứu cho doanh nghiệp xây dựng còn hạn chế.					0,733	
TT.11	Kế hoạch bảo vệ dữ liệu trước sự truy cập trái phép thông qua các công cụ nhận dạng người dùng, vv.					0,655	
TT.12	Thiếu các tiêu chuẩn cho nhiều công nghệ, ví dụ: công nghệ RFID, tiêu chuẩn BIM.					0,627	

Mã hóa	Danh mục các tác động	Factor loading					
		1	2	3	4	5	6
VI	Khó khăn trong việc hướng dẫn và thuyết phục NLĐ làm quen với công nghệ mới						
TT.9	Tâm lý bảo thủ và không thích ứng của NLĐ trong công ty khi áp dụng các công nghệ mới						0,765
TT.10	Mối quan tâm của NLĐ về việc áp dụng công nghệ mới là khả năng mất việc làm.						0,730
TT.17	Tồn tại lo ngại về mặt đạo đức và pháp lý trong việc xử lý và giám sát thông tin dữ liệu cá nhân của nhân viên và khách hàng.						0,592

Nhóm nhân tố thứ nhất gồm 5 biến là TT.1, TT.3, TT.4, TT.5, TT.13 ta thấy hệ số factor loading (từ 0,521 – 0,713). Các biến này ta thấy có sự tương đồng với nhau liên quan đến chi phí đầu tư, nhu cầu đào tạo NLĐ, tái cấu trúc doanh nghiệp, thiếu tương thích phần mềm nên tác giả đặt tên là “Chi phí đào tạo và triển khai cao” (xem Bảng 6).

Nhóm nhân tố thứ hai gồm 3 biến là TT.14, TT.15, TT.16 ta thấy hệ số factor loading (từ 0,686 – 0,847). Các biến này liên quan đến kết nối Internet, thiết bị ở công trường nên tác giả đặt tên là “Chi phí đầu tư trang thiết bị cao”.

Nhóm nhân tố thứ ba gồm 3 biến là TT.6, TT.7, TT.8 ta thấy hệ số factor loading (từ 0,708 – 0,767). Các biến có sự tương đồng với nhau liên quan đến tối ưu hóa tổ chức, năng lực và hiệu suất của NLĐ nên tác giả đặt tên nhân tố là “Rào cản sự sáng tạo và đổi mới trong doanh nghiệp xây dựng”.

Nhóm nhân tố thứ tư gồm 2 biến là TT.18, TT.19 ta thấy hệ số factor loading (từ 0,759 – 0,784). Các biến này liên quan đến pháp lý và hợp đồng, các tiêu chuẩn và luật cho các bên tham gia dự án có áp dụng Công nghệ 4.0 nên tác giả đặt tên nhân tố là “Trở ngại về mặt pháp lý và quy định liên quan đến việc áp dụng công nghệ mới”.

Nhóm nhân tố thứ năm gồm 3 biến là TT.2, TT.11, TT.12 ta thấy hệ số factor loading (từ 0,627 – 0,733). Các biến này liên quan đến bảo vệ dữ liệu, chính sách và sự ủy quyền của chính phủ nên tác giả đặt tên nhân tố là “Thiếu chính sách và chương trình hỗ trợ tích cực cho việc áp dụng công nghệ mới”.

Nhóm nhân tố thứ sáu gồm 3 biến là TT.9, TT.10, TT.17 ta thấy hệ số factor loading (từ 0,592 – 0,765). Các biến này ta thấy có sự tương đồng với nhau về tâm lý về môi trường làm việc và mối lo ngại của nhân viên và khách hàng về dữ liệu cá nhân nên tác giả đặt tên nhân tố là “Khó khăn trong việc hướng dẫn và thuyết phục NLĐ làm quen với công nghệ mới”.

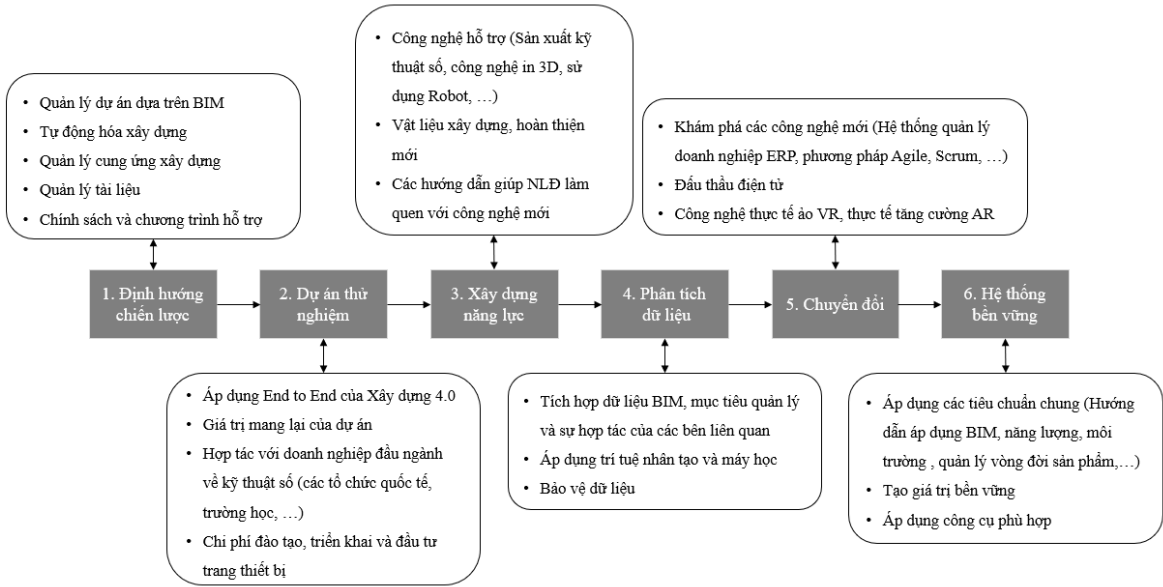
3.2. Giải pháp

Mục tiêu chính của nghiên cứu là xác định các tác động về mặt “Lợi ích” và “Thách thức” của Công nghệ 4.0 đối với doanh nghiệp xây dựng. Nghiên cứu đã tìm ra 37 tác động của Công nghệ 4.0 đến doanh nghiệp xây dựng trên địa bàn TP. HCM, sau khi thực hiện đánh giá, nghiên cứu đã xác định được mức độ ảnh hưởng của các tác động này. Với mục đích khẳng định vai trò của Công nghệ 4.0 trong việc nâng cao năng suất, hiệu quả và chất lượng các hoạt động của doanh nghiệp thông qua các

lợi ích được mang lại như đã phân tích. Từ đó đề xuất một số giải pháp để khắc phục các thách thức như sau:

- Về chi phí đào tạo và triển khai cao:
 - + Tổ chức các buổi đào tạo, hướng dẫn công nghệ, phần mềm đến NLĐ.
 - + Tăng cường hợp tác quốc tế đào tạo nguồn nhân lực. Tạo điều kiện thuận lợi để các nhà đầu tư nước ngoài liên kết với các cơ sở đào tạo chất lượng cao.
 - + Trợ cấp thêm thu nhập cho người lao động trong việc khuyến khích tham gia các lớp kỹ năng nâng cao tay nghề và trình độ, đãi ngộ với người có tài.
 - + Đưa ra các yêu cầu cụ thể về kiến thức kỹ thuật và kinh nghiệm đối với người lao động được thuê để giảm chi phí đào tạo về công nghệ mới ngay từ ban đầu.
- Về chi phí đầu tư trang thiết bị cao:
 - + Doanh nghiệp tận dụng chương trình vay ưu đãi, Quỹ hỗ trợ.
 - + Hợp tác trong và ngoài nước về đổi mới công nghệ.
- Về rào cản sự sáng tạo và đổi mới trong doanh nghiệp xây dựng:
 - + Doanh nghiệp thành lập một bộ phận đổi mới để thể chế hóa các nỗ lực trong áp dụng công nghệ và phổ biến nền tảng kiến thức công nghệ kỹ thuật nhanh hơn.
 - + Đầu tư nâng cấp hạ tầng kỹ thuật số. Đảm bảo các quyền truy cập và quyền sở hữu dữ liệu liên quan được tạo trong vòng đời của dự án.
- Về trở ngại trong pháp lý và quy định liên quan đến việc áp dụng công nghệ mới:
 - + Hệ thống các văn bản hướng dẫn, các bộ tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật phải nhanh chóng được hoàn thiện, trình bày cụ thể tránh sự nhầm lẫn, hiểu sai nghĩa và tạo sự nhất quán trong hệ thống dữ liệu của các bên liên quan.
 - + Tạo ra các khung pháp lý phù hợp trong Hợp đồng xây dựng giúp các bên hạn chế rủi ro và tranh chấp.
 - + Bổ sung đầy đủ các quyết định của các Bộ, cơ quan quản lý về quy định phân định quyền hạn và nghĩa vụ, cách làm việc cụ thể của các bên vào Hợp đồng xây dựng chính thức (Quyết định 348/QĐ-BXD: Hướng dẫn áp dụng Mô hình thông tin công trình BIM) [33].
- Về thiếu chính sách và chương trình hỗ trợ tích cực trong áp dụng công nghệ mới:
 - + Đầu tư cơ sở hạ tầng dữ liệu và đội ngũ nhân sự chuyên trách trong việc bảo mật dữ liệu công ty.
 - + Xây dựng các quy trình tiếp nhận, xử lý, phân tích, lưu trữ, phân quyền truy cập các dữ liệu quan trọng nhằm tránh mất sự đồng bộ, tạo kẽ hở gây sự cố rò rỉ các dữ liệu.
- Về giải quyết khó khăn trong việc hướng dẫn và thuyết phục NLĐ làm quen với công nghệ mới:
 - + Từ nỗ lực của doanh nghiệp trong việc tăng cường phát triển năng lực của người lao động sẽ tạo ra cái nhìn mới cho họ về lợi ích mà Công nghệ 4.0 mang lại đối với công việc hiện tại.
 - + Triển khai đào tạo lực lượng đã có kinh nghiệm cũ trong áp dụng các quy trình mới nhằm tạo bước chuyển trong cơ cấu nhân sự.
 - + Cần có các quy định, điều khoản hợp đồng chi tiết và trách nhiệm pháp lý, biện pháp xử lý cụ thể trong việc cam kết bảo mật thông tin cá nhân của nhân viên và khách hàng.

Bên cạnh đó, dựa trên nghiên cứu trước đây của Hossain [34], nghiên cứu này đề xuất khung quy trình áp dụng Công nghệ 4.0 vào các doanh nghiệp xây dựng ở TP. HCM được thể hiện ở Hình 3. Các điểm mới tìm ra được từ nghiên cứu này được cập nhật vào khung quy trình ở các bước 1 (Định hướng chiến lược), bước 2 (Dự án thử nghiệm) và bước 3 (Xây dựng năng lực). Các phát hiện mới này giúp cho khung quy trình được bổ sung một cách toàn diện và phù hợp hơn khi áp dụng vào các doanh nghiệp ở TP. Hồ Chí Minh.



Hình 3. Khung quy trình áp dụng Công nghệ 4.0 vào các doanh nghiệp xây dựng ở TP. HCM

Bước 1: Bắt đầu bằng việc vạch ra các định hướng chiến lược Xây dựng 4.0 bao gồm việc đánh giá sự phát triển kỹ thuật số hiện tại trong doanh nghiệp và đặt ra các mục tiêu cho 3 - 5 năm tới. Đặc biệt, doanh nghiệp cần thiết lập tốt hệ thống quản lý dự án dựa trên BIM, Tự động hóa trong quá trình xây dựng, Chuỗi cung ứng xây dựng kích hoạt theo Công nghệ 4.0 và Hệ thống quản lý tài liệu chuẩn hóa. Ngoài ra, doanh nghiệp cần chủ động kêu gọi các chính sách, chương trình hỗ trợ, thích ứng linh hoạt với các quy định về mặt pháp lý trong việc áp dụng Công nghệ 4.0.

Bước 2: Doanh nghiệp cần lựa chọn các dự án thử nghiệm để áp dụng khái niệm end-to-end của Xây dựng 4.0 theo quan điểm của Công nghiệp 4.0 nhằm loại bỏ các lớp hoặc các bước trung gian để tối ưu hóa hiệu suất của quy trình bất kỳ, đánh giá được giá trị kinh doanh của dự án và phối hợp làm việc với các trường đại học và các công ty kỹ thuật số hàng đầu để đẩy mạnh tốc độ đổi mới kỹ thuật số. Doanh nghiệp cần hình thành các quỹ nghiên cứu, thiết lập kinh phí riêng cho các chương trình đào tạo, triển khai và đầu tư trang thiết bị công nghệ ở các dự thử nghiệm.

Bước 3: Trong quá trình thực hiện các dự án thử nghiệm, doanh nghiệp cần rút ra được các bài học kinh nghiệm, phát triển các chiến lược để cải thiện quy trình bằng cách kết hợp các công nghệ hỗ trợ mới như: sản xuất kỹ thuật số, sử dụng Robot, công nghệ in 3D, ... Doanh nghiệp cần có kế hoạch đào tạo nguồn nhân lực, thiết lập bộ hướng dẫn nội bộ nhằm giúp NLD làm quen với công nghệ mới, thích ứng với quy trình số hóa.

Bước 4: Phân tích dữ liệu là chìa khóa để ra quyết định và thiết kế hệ thống thông minh bằng cách tích hợp dữ liệu BIM, mục tiêu quản lý và sự hợp tác của các bên liên quan. Doanh nghiệp có thể sử dụng Trí tuệ nhân tạo (AI), Máy học (ML) và các kỹ thuật thông minh khác hỗ trợ. Trong khi đó, doanh nghiệp cũng cần cân nhắc kỹ lưỡng các vấn đề bảo vệ dữ liệu và an ninh mạng.

Bước 5: Để đạt được lợi thế cạnh tranh trên thị trường, doanh nghiệp cần chuyển đổi thành một doanh nghiệp kỹ thuật số với sự lãnh đạo và cam kết rõ ràng từ Ban giám đốc và các nhà tài trợ liên quan. Doanh nghiệp khuyến khích áp dụng các công nghệ mới như Phần mềm quản lý doanh nghiệp ERP trong xây dựng, phương pháp Agile, Scrum, Đấu thầu điện tử, VR, AR, ... Ngoài ra, doanh nghiệp nên thiết lập hệ thống đánh giá KPI để đo lường sự chuyển đổi là tích cực trong việc cải thiện

năng suất, hiệu quả và chất lượng. Doanh nghiệp cần xem xét việc loại bỏ các rào cản có thể cản trở việc số hóa doanh nghiệp xây dựng như ảnh hưởng chính trị, kinh tế, văn hóa xã hội, công nghệ, môi trường, đạo đức và pháp luật.

Bước 6: Doanh nghiệp lập kế hoạch xây dựng một hệ thống bền vững trong việc phát triển các sản phẩm và giải pháp hoàn chỉnh cho khách hàng. Sử dụng các công cụ và tiêu chuẩn thích hợp (Hướng dẫn áp dụng BIM để quản lý vòng đời, ...) xây dựng quan hệ đối tác phù hợp và phát triển văn hóa mới theo định hướng Công nghệ 4.0.

4. Kết luận

Nghiên cứu đã tiến hành khảo sát các chuyên gia, kỹ sư và các nhà quản lý dự án xây dựng để tìm ra được các nhân tố tác động cũng như những thách thức của việc áp dụng khoa học công nghệ đến các doanh nghiệp xây dựng đang hoạt động trên địa bàn Thành phố Hồ Chí Minh. Với các kết quả đạt được của nghiên cứu sẽ giúp cho các doanh nghiệp xây dựng có cái nhìn toàn diện, sâu sắc hơn về mức độ tác động của các nhân tố ảnh hưởng của Công nghệ 4.0 đến doanh nghiệp, từ đó đưa ra các chiến lược phù hợp nhất để giúp các doanh nghiệp thích nghi và hòa nhập nhanh với khoa học công nghệ cũng như có các bước chạy đà phù hợp với hoàn cảnh và năng lực của công ty. Nghiên cứu cũng đưa ra các phương pháp và chiến lược tiếp cận nhanh với khoa học công nghệ nhằm giúp các doanh nghiệp chủ động hơn trong việc tiếp cận và thích nghi với sự biến đổi nhanh chóng của công nghệ, đảm bảo cho doanh nghiệp duy trì và phát triển nhanh chóng, đóng góp vào sự phát triển và ổn định chung của đất nước cũng như đào tạo ra một thế hệ kỹ sư, lao động lành nghề và chuyên nghiệp hơn trong thời đại công nghệ mới.

Tuy nhiên, nghiên cứu vẫn còn hạn chế khi chỉ khảo sát ở môi trường xây dựng tại Thành phố Hồ Chí Minh nên nhận định và phân tích vẫn còn chủ quan và chưa bao quát hết cho cả nước. Vì vậy, các nghiên cứu sau sẽ được thực hiện với tầm phổ quát rộng hơn và có tính khách quan hơn trong các phân tích, nhận định và giải pháp đề ra của mình.

Lời cảm ơn

“Nghiên cứu được tài trợ bởi Trường Đại học Bách khoa – ĐHQG-HCM trong khuôn khổ đề tài mã số SVKSTN-2021-KTXD-11”. Chúng tôi xin cảm ơn Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM đã hỗ trợ thời gian và phương tiện vật chất cho nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

- [1] Khoa, M. (2018). [Cuộc cách mạng công nghiệp 4.0 là gì?](#) *Tạp chí Chất lượng Việt Nam*.
- [2] Vân, N. T. T. (2017). Bảo vệ dữ liệu cá nhân trong bối cảnh cách mạng công nghiệp 4.0. *Tạp chí Dân chủ và Pháp luật*, 307(10):3–7.
- [3] Anh, N. P. (2018). [Cách mạng công nghiệp 4.0 và yêu cầu đối với hệ thống giáo dục Việt Nam](#). *Tạp chí điện tử tài chính*.
- [4] Alaloul, W. S., Liew, M. S., Zawawi, N. A. W. A., Mohammed, B. S. (2018). [Industry revolution IR 4.0: Future opportunities and challenges in construction industry](#). *MATEC Web of Conferences*, 203:02010.
- [5] Alaloul, W. S., Liew, M. S., Zawawi, N. A. W. A. (2016). [Identification of coordination factors affecting building projects performance](#). *Alexandria Engineering Journal*, 55(3):2689–2698.
- [6] Blayse, A. M., Manley, K. (2004). [Key influences on construction innovation](#). *Construction Innovation*, 4(3):143–154.

- [7] Oesterreich, T. D., Teuteberg, F. (2016). [Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry](#). *Computers in Industry*, 83:121–139.
- [8] Júnior, G. G. S., Satyro, W. C., Bonilla, S. H., Contador, J. C., Barbosa, A. P., de Paula Monken, S. F., Martens, M. L., Fragomeni, M. A. (2021). [Construction 4.0: Industry 4.0 enabling technologies applied to improve workplace safety in construction](#). *Research, Society and Development*, 10(12):e280101220280.
- [9] de Soto, B. G., Agustí-Juan, I., Joss, S., Hunhevicz, J. (2019). [Implications of Construction 4.0 to the workforce and organizational structures](#). *International Journal of Construction Management*, 22(2):205–217.
- [10] Zhai, Y., Chen, K., Zhou, J. X., Cao, J., Lyu, Z., Jin, X., Shen, G. Q. P., Lu, W., Huang, G. Q. (2019). [An Internet of Things-enabled BIM platform for modular integrated construction: A case study in Hong Kong](#). *Advanced Engineering Informatics*, 42:100997.
- [11] You, Z., Feng, L. (2020). [Integration of industry 4.0 related technologies in construction industry: A framework of cyber-physical system](#). *IEEE Access*, 8:122908–122922.
- [12] Aryal, A., Ghahramani, A., Becerik-Gerber, B. (2017). [Monitoring fatigue in construction workers using physiological measurements](#). *Automation in Construction*, 82:154–165.
- [13] Dutta, S., Cai, Y., Huang, L., Zheng, J. (2020). [Automatic re-planning of lifting paths for robotized tower cranes in dynamic BIM environments](#). *Automation in Construction*, 110:102998.
- [14] Jones, K. (2016). [Five ways the construction industry will benefit from augmented reality](#). Truy cập ngày 04/06/2022.
- [15] Schönbeck, P., Löfsjögård, M., Ansell, A. (2020). [Quantitative review of construction 4.0 technology presence in construction project research](#). *Buildings*, 10(10):173.
- [16] Binh, T. N., Mai, T. H. (2018). [Khung pháp lý hỗ trợ, thúc đẩy áp dụng BIM trong ngành xây dựng Việt Nam](#). *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD) - ĐHXDHN*, 12(1):92–97.
- [17] Phương, B. N. (2021). *BIM-công cụ quản trị thông minh trong lĩnh vực xây dựng. Quản trị thông minh trong môi trường phức hợp toàn cầu: Lý luận và thực tiễn*. Đại Học Quốc Gia Hà Nội.
- [18] Sơn, P. Đ. (2019). [Ứng dụng công nghệ BIM trong xây dựng công trình](#). *Tạp chí Hậu cần quân đội*.
- [19] Barlish, K., Sullivan, K. (2012). [How to measure the benefits of BIM - A case study approach](#). *Automation in Construction*, 24:149–159.
- [20] Tomek, A., Matějka, P. (2014). [The impact of BIM on risk management as an argument for its implementation in a construction company](#). *Procedia Engineering*, 85:501–509.
- [21] Poirier, E. A., Staub-French, S., Forgues, D. (2015). [Measuring the impact of BIM on labor productivity in a small specialty contracting enterprise through action-research](#). *Automation in Construction*, 58:74–84.
- [22] Kraatz, J., Hampson, K. D., Sanchez, A. (2014). The global construction industry and R&D. *R&D Investment in the global construction industry*, 2:4–23.
- [23] Gamil, Y., Abdullah, M. A., Rahman, I. A., Asad, M. M. (2020). [Internet of things in construction industry revolution 4.0](#). *Journal of Engineering, Design and Technology*, 18(5):1091–1102.
- [24] Nguyen, X. T., Luu, Q. K. (2020). [Factors affecting adoption of industry 4.0 by small-and medium-sized enterprises: A case in Ho Chi Minh city, Vietnam](#). *The Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 7(6):255–264.
- [25] Quân, N. K., Thiện, M. X., Long, L. H. (2016). Đánh giá sự khác biệt trong nhận thức của kỹ sư xây dựng tại Thành phố Hồ Chí Minh về thuận lợi và khó khăn khi triển khai công nghệ Building Information Modeling (BIM). *Tạp chí Khoa học Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh - Kỹ thuật và Công nghệ*, 11(1):121–130.
- [26] Trọng, H., Ngọc, C. N. M. (2008). *Thống kê ứng dụng trong kinh tế - xã hội*. Nhà xuất bản Thống kê, Hà Nội.
- [27] Alaloul, W. S., Liew, M. S., Zawawi, N. A. W. A., Kennedy, I. B. (2020). [Industrial Revolution 4.0 in the construction industry: Challenges and opportunities for stakeholders](#). *Ain Shams Engineering Journal*, 11(1):225–230.
- [28] Hasan, A. N., Rasheed, S. M. (2019). [The benefits of and challenges to implement 5D BIM in construction industry](#). *Civil Engineering Journal*, 5(2):412.

- [29] Newman, C., Edwards, D., Martek, I., Lai, J., Thwala, W. D., Rillie, I. (2020). [Industry 4.0 deployment in the construction industry: a bibliometric literature review and UK-based case study](#). *Smart and Sustainable Built Environment*, 10(4):557–580.
- [30] Moshood, T. D., , Adeleke, A., Nawanir, G., Ajibike, W., Shittu, R. A., , , and (2020). [Emerging challenges and sustainability of Industry 4.0 era in the Malaysian construction industry](#). *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, 9(1):1627–1634.
- [31] Jiang, Y., He, X. (2020). [Overview of Applications of the Sensor Technologies for Construction Machinery](#). *IEEE Access*, 8:110324–110335.
- [32] Maskuriy, Selamat, Maresova, Krejcar, Olalekan (2019). [Industry 4.0 for the construction industry: Review of management perspective](#). *Economies*, 7(3):68.
- [33] Phong, N. D., Ninh, D. T. (2018). [Hợp đồng xây dựng trong dự án đầu tư xây dựng sử dụng BIM: kinh nghiệm thế giới và thực tiễn tại Việt Nam](#). *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD) - ĐHXDHN*, 12(1):29–35.
- [34] Hossain, M. A., Nadeem, A. (2019). [Towards digitizing the construction industry: State of the art of construction 4.0](#). Ozevin, D., Ataei, H., Modares, M., Gurgun, A. P., Yazdani, S., Singh, A., editors, *Proceedings of International Structural Engineering and Construction*, ISEC Press, 6(1).