

ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ TRONG QUẢN LÝ XÂY DỰNG THÔNG MINH ĐỐI VỚI NỀN KINH TẾ TẦM THẤP TẠI VIỆT NAM

ADVANCED TECHNOLOGY APPLICATION FOR SMART CONSTRUCTION MANAGEMENT FOR THE LOW ALTITUDE ECONOMY IN VIETNAM

TS. Phạm Hải Chiến - Khoa Kỹ thuật công trình - Trường Đại học Tôn Đức Thắng - Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam *Email: phamhaichien@tdtu.edu.vn

Tóm tắt: Nền kinh tế tầm thấp (LAE) đang nổi lên như một xu hướng phát triển mới, gắn liền với việc ứng dụng các phương tiện bay không người lái (UAV), cảm biến thông minh và các nền tảng số trong nhiều lĩnh vực, trong đó có xây dựng. Tại Việt Nam, việc tích hợp công nghệ phục vụ LAE trong quản lý xây dựng vẫn còn ở giai đoạn khởi đầu và chưa được khai thác hiệu quả. Vì vậy, nghiên cứu nhằm phân tích tiềm năng ứng dụng các công nghệ tiên tiến như UAV, trí tuệ nhân tạo (AI), Internet vạn vật (IoT) và mô hình song sinh (Digital Twin) trong quản lý xây dựng thông minh gắn với LAE.

Phương pháp nghiên cứu bao gồm tổng quan tài liệu, khảo sát chuyên gia và phân tích tính khả thi triển khai tại một số dự án xây dựng ở Việt Nam. Kết quả cho thấy việc ứng dụng công nghệ LAE góp phần nâng cao hiệu quả giám sát thi công, kiểm soát tiến độ, chất lượng và an toàn lao động, đồng thời hỗ trợ ra quyết định kịp thời. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đề xuất khung ứng dụng công nghệ trong quản lý xây dựng thông minh phù hợp với điều kiện Việt Nam, góp phần thúc đẩy.

Từ khóa: Nền kinh tế tầm thấp, Quản lý xây dựng, ngành Xây dựng.

Abstract: The Low Altitude Economy (LAE) has emerged as a new development paradigm, driven by the application of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), intelligent sensors, and digital platforms across sectors, including construction. In Vietnam, the integration of advanced technologies into LAE-supported construction management remains at an early stage and has not been fully exploited. This study aims to investigate the potential application of advanced technologies, including UAVs, artificial intelligence (AI), the Internet of Things (IoT), and digital twins, in smart construction management within the context of the Low Altitude Economy.

The research methodology includes a thorough literature review, an expert survey, and an analysis of practical implementation in selected construction projects in Vietnam. The findings show that LAE-related technologies greatly improve construction monitoring, progress control, quality management, and occupational safety, while enabling timely, well-informed decision-making. Based on these results, a practical application framework for smart construction management tailored to the Vietnamese context is proposed. This framework aims to support digital transformation and encourage sustainable development in the construction industry.

Keywords: Low Altitude Economy, Construction Management, Construction Industry.

1. GIỚI THIỆU

Trong bối cảnh cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ tư đang diễn ra mạnh mẽ, việc ứng dụng các công nghệ số tiên tiến đã trở thành xu hướng tất yếu trong nhiều lĩnh vực kinh tế - xã hội, trong đó có ngành Xây dựng. Gần đây, nền kinh tế tầm thấp (LAE) nổi lên như một mô hình phát triển mới, gắn liền với sự phát triển của các phương tiện bay không người lái (UAV), hệ thống cảm biến thông minh và các nền tảng dữ liệu số [1]. LAE cho phép thu thập, xử lý và truyền tải dữ liệu không gian-thời gian một cách nhanh chóng, chính xác, qua đó mở ra nhiều cơ hội đổi mới trong quản lý, giám sát và vận hành các hoạt động xây dựng.

Trong lĩnh vực xây dựng, các công nghệ gắn với

LAE như UAV, trí tuệ nhân tạo (AI), Internet vạn vật (IoT) và mô hình song sinh số (Digital Twin) đang ngày càng được quan tâm và ứng dụng trên thế giới. Các công nghệ này cho phép giám sát hiện trường theo thời gian thực, tự động hóa công tác kiểm tra tiến độ, chất lượng và an toàn lao động, đồng thời hỗ trợ ra quyết định dựa trên dữ liệu [2]. Việc tích hợp các công nghệ LAE vào hệ thống quản lý xây dựng thông minh được kỳ vọng sẽ góp phần nâng cao hiệu quả quản lý dự án, giảm thiểu rủi ro và tối ưu hóa nguồn lực.

Tại Việt Nam, ngành xây dựng giữ vai trò quan trọng trong quá trình phát triển kinh tế và đô thị hóa. Tuy nhiên, công tác quản lý xây dựng hiện nay vẫn chủ yếu dựa trên các phương pháp truyền

thống, mang tính thủ công và phân tán, dẫn đến nhiều hạn chế trong việc kiểm soát tiến độ, chất lượng và an toàn. Mặc dù trong những năm gần đây, việc ứng dụng công nghệ số đã được quan tâm, song việc tích hợp các giải pháp phục vụ nền kinh tế tầm thấp trong quản lý xây dựng vẫn còn ở giai đoạn khởi đầu, thiếu tính hệ thống và chưa được khai thác hiệu quả.

Xuất phát từ những vấn đề trên, nghiên cứu này nhằm phân tích tiềm năng ứng dụng các công nghệ tiên tiến trong khuôn khổ nền kinh tế tầm thấp đối với quản lý xây dựng thông minh tại Việt Nam. Nghiên cứu sử dụng phương pháp tổng quan tài liệu, khảo sát chuyên gia và phân tích tính khả thi triển khai tại một số dự án xây dựng thực tế. Trên cơ sở kết quả nghiên cứu, một khung ứng dụng công nghệ phù hợp với điều kiện Việt Nam được đề xuất nhằm hỗ trợ quá trình chuyển đổi số, nâng cao hiệu quả quản lý dự án và thúc đẩy sự phát triển bền vững của ngành xây dựng.

2. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

2.1. Nền kinh tế tầm thấp và ứng dụng công nghệ trong quản lý xây dựng

Nền kinh tế tầm thấp (LAE) là mô hình phát triển dựa trên việc khai thác không gian bay ở độ cao thấp thông qua UAV, cảm biến thông minh và hệ thống dữ liệu số, hiện được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực trên thế giới, trong đó có xây dựng. Trong ngành xây dựng, UAV được sử dụng để khảo sát, giám sát tiến độ, kiểm tra chất lượng và phát hiện rủi ro an toàn. Các nghiên cứu quốc tế cho thấy việc kết hợp UAV với trí tuệ nhân tạo và công nghệ xử lý ảnh giúp nâng cao độ chính xác, giảm chi phí và thời gian thu thập dữ liệu [3]. Đồng thời, hệ thống IoT hỗ trợ thu thập dữ liệu thời gian thực về môi trường, thiết bị và con người, góp phần nâng cao hiệu quả quản lý an toàn và vận hành. Những tiến bộ này tạo nền tảng quan trọng cho sự phát triển mô hình quản lý xây dựng thông minh gắn với LAE.

2.2. Ứng dụng UAV, AI, IoT và Digital Twin trong quản lý xây dựng thông minh

UAV là công nghệ cốt lõi của LAE trong xây dựng, hỗ trợ đo đạc, giám sát tiến độ, phát hiện sai lệch và kiểm tra các khu vực khó tiếp cận, đặc biệt khi kết hợp với AI để tự động phân tích dữ liệu và nhận diện rủi ro. IoT đóng vai trò kết nối thiết bị và cảm biến, giúp giám sát môi trường, thiết bị và lao động theo thời gian thực, từ đó hỗ trợ ra quyết định kịp thời và giảm phụ thuộc vào kiểm tra thủ công [4]. Bên cạnh đó, mô hình Digital Twin cho phép tạo bản sao số của công trình dựa trên dữ liệu từ

UAV và IoT, góp phần nâng cao khả năng dự báo, mô phỏng và tối ưu hóa hoạt động xây dựng [5]. Sự tích hợp giữa UAV, AI, IoT và Digital Twin tạo nền tảng cho hệ thống quản lý xây dựng thông minh, cho phép giám sát toàn diện và hỗ trợ ra quyết định dựa trên dữ liệu.

2.3. Khoảng trống nghiên cứu

Tại Việt Nam, một số nghiên cứu đã đề cập đến việc ứng dụng UAV, BIM, IoT và phần mềm quản lý trong xây dựng, tuy nhiên các giải pháp này chủ yếu mang tính thử nghiệm, triển khai rời rạc và chưa được tích hợp đồng bộ. Việc áp dụng công nghệ gắn với LAE còn gặp nhiều hạn chế về nhân lực, hạ tầng, chi phí đầu tư, khung pháp lý và nhận thức của doanh nghiệp. Các nghiên cứu trong nước chủ yếu tập trung vào từng công nghệ riêng lẻ, thiếu đánh giá tổng thể và chưa đề xuất được khung ứng dụng phù hợp với điều kiện Việt Nam. Đồng thời, các phân tích về tính khả thi, mức độ sẵn sàng của tổ chức, yếu tố thể chế và năng lực quản lý địa phương còn hạn chế. Do đó, vẫn tồn tại khoảng trống nghiên cứu trong việc xây dựng và đánh giá khung ứng dụng công nghệ LAE cho quản lý xây dựng thông minh tại Việt Nam, tạo cơ sở cho việc thực hiện nghiên cứu này.

3. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu áp dụng phương pháp hỗn hợp định tính và định lượng nhằm đảm bảo tính khách quan và toàn diện. Quá trình nghiên cứu gồm ba giai đoạn: tổng quan tài liệu; khảo sát chuyên gia và thu thập dữ liệu thực tế tại các dự án xây dựng; và phân tích, tổng hợp kết quả để đề xuất các bài học kinh nghiệm. Trên cơ sở tổng hợp tài liệu, bộ tiêu chí khảo sát được xây dựng. Tiếp theo, 15 chuyên gia có trên 10 năm kinh nghiệm được phỏng vấn để xác nhận các yếu tố nghiên cứu, sau đó tiến hành khảo sát thực tế với 120 bảng hỏi, trong đó có 102 mẫu hợp lệ được sử dụng cho phân tích thống kê.

4. NGHIÊN CỨU VÀ PHÂN TÍCH SỐ LIỆU

4.1. Thống kê mô tả

Nghiên cứu được thực hiện với 102 chuyên gia và cán bộ đang làm việc tại các dự án xây dựng trên phạm vi cả nước, bao gồm nhiều cấp công trình, vị trí, và chức năng khác nhau nhằm đảm bảo tính đại diện và độ tin cậy của dữ liệu. Kết quả thống kê mô tả thể hiện trong bảng 1.

Bảng thống kê mô tả cho thấy mẫu khảo sát có tính đa dạng và đại diện tương đối tốt cho các nhóm đối tượng trong lĩnh vực quản lý xây dựng. Về cấp công trình, các dự án cấp I chiếm tỷ lệ cao nhất (39,2%), tiếp theo là cấp III (29,4%) và cấp II

Bảng 1. Thống kê mô tả

Thông tin mẫu		Số lượng	Tỷ lệ (%)
Cấp công trình	Cấp I	40	39.2%
	Cấp II	25	24.5%
	Cấp III	30	29.4%
	Cấp đặc biệt	7	6.9%
Vai trò trong dự án	Chủ đầu tư	25	24.5%
	Đơn vị thi công	30	29.4%
	Đơn vị Tư vấn giám sát	17	16.7%
	Đơn vị thiết kế	10	9.8%
	Tư vấn quản lý dự án	10	9.8%
Kinh nghiệm quản lý dự án xây dựng	Dưới 5 năm	20	19.6%
	Từ 5 - dưới 10 năm	33	32.4%
	Từ 10 năm trở lên	49	48.0%
Vị trí quản lý	Quản lý cấp cao (ban tổng giám đốc, hội đồng quản trị)	35	34.3%
	Quản lý cấp trung (trưởng/phó phòng)	46	45.1%
	Nhân viên (kỹ sư dự án)	21	20.6%

(24,5%), trong khi công trình cấp đặc biệt chiếm tỷ lệ thấp nhất (6,9%). Điều này cho thấy phần lớn dữ liệu được thu thập từ các dự án có quy mô lớn và trung bình, phản ánh thực tiễn triển khai công nghệ trong các công trình quan trọng.

Xét theo vai trò trong dự án, nhóm đơn vị thi công chiếm tỷ lệ cao nhất (29,4%), tiếp đến là chủ đầu tư (24,5%) và tư vấn giám sát (16,7%). Các nhóm đơn vị thiết kế, tư vấn quản lý dự án và cơ quan quản lý nhà nước đều chiếm 9,8%. Cơ cấu này cho thấy mẫu khảo sát bao gồm đầy đủ các bên liên quan chính trong dự án xây dựng, giúp đảm bảo tính khách quan và đa chiều trong đánh giá.

Xét về kinh nghiệm quản lý dự án, nhóm có từ 10 năm kinh nghiệm trở lên chiếm tỷ lệ cao nhất (48,0%), tiếp theo là nhóm từ 5 đến dưới 10 năm (32,4%), trong khi nhóm dưới 5 năm chiếm 19,6%. Cơ cấu này cho thấy phần lớn người tham gia khảo sát có nhiều kinh nghiệm thực tiễn, góp phần nâng cao độ tin cậy của kết quả nghiên cứu.

Cuối cùng, về vị trí quản lý, nhóm quản lý cấp trung chiếm tỷ lệ lớn nhất (45,1%), tiếp đến là quản lý cấp cao (34,3%) và nhân viên/kỹ sư dự án (20,6%). Sự phân bố này cho thấy dữ liệu thu thập chủ yếu từ các đối tượng có vai trò trực tiếp trong công tác điều hành và ra quyết định, đồng thời vẫn phản ánh quan điểm của đội ngũ thực hiện tại hiện trường.

4.2. Kết quả phân tích thống kê

Tiến hành phân tích Cronbach's Alpha để kiểm tra độ tin cậy của thang đo, nhằm loại biến không thích hợp. Kết quả phân tích Cronbach's Alpha thỏa mãn yêu cầu $0,6 \leq \text{Cronbach's Alpha} \leq 0,95$ và có tương quan biến tổng $> 0,3$, cho thấy các nhóm khảo sát phù hợp.

Nghiên cứu tiếp tục phân tích yếu tố khám phá EFA và áp dụng phương pháp trích yếu tố Principal Component với phép quay Varimax. Sau đó, tiến hành kiểm định Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) > 0.5 và Bartlett's có $\text{Sig} < 0.05$, đạt độ tin cậy. Chỉ số KMO > 0.5 cho thấy điều kiện đủ để phân tích nhân tố là thích hợp.

Kết quả phân tích nhân tố khám phá (EFA) cho thấy các yếu tố ảnh hưởng đến việc ứng dụng công nghệ LAE trong quản lý xây dựng có thể được nhóm thành bốn nhóm tác động chính: 1) Nhóm yếu tố công nghệ (gồm độ ổn định hệ thống, khả năng tích hợp, bảo mật dữ liệu và tính tương thích thiết bị); 2) Nhóm yếu tố kinh tế tài chính (bao gồm chi phí đầu tư, chi phí vận hành, khả năng hoàn vốn và nguồn lực tài chính); 3) Nhóm yếu tố tổ chức nhân lực (gồm trình độ nhân sự, mức độ cam kết của lãnh đạo, văn hóa đổi mới và cơ chế đào tạo); và 4) Nhóm yếu tố thể chế chính sách (gồm khung pháp lý, tiêu chuẩn kỹ thuật, chính sách khuyến khích và cơ chế hỗ trợ từ Nhà nước). Trong đó, nhóm yếu tố tổ chức nhân lực và yếu tố thể chế chính sách được đánh giá là có ảnh hưởng lớn nhất đến khả năng triển khai công nghệ LAE tại Việt Nam.

4.3. Đề xuất khung ứng dụng công nghệ

Trên cơ sở kết quả khảo sát chuyên gia, nghiên cứu đề xuất khung ứng dụng công nghệ LAE trong quản lý xây dựng thông minh gồm năm thành phần chính: 1) Hạ tầng kỹ thuật số; 2) Nền tảng dữ liệu và phân tích; 3) Nguồn nhân lực công nghệ; 4) Cơ chế quản lý và phối hợp; và 5) Hệ thống chính sách hỗ trợ. Khung ứng dụng được các chuyên gia đánh giá cao về tính khả thi và khả năng thích ứng với điều kiện thực tiễn tại Việt Nam, đồng thời có tiềm năng áp dụng cho nhiều loại hình dự án khác nhau.

5. THẢO LUẬN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu cho thấy việc ứng dụng UAV, AI, IoT và Digital Twin trong khuôn khổ nền kinh tế tầm thấp có tiềm năng lớn trong việc nâng cao hiệu quả quản lý xây dựng tại Việt Nam, phù hợp với xu hướng chuyển đổi số quốc tế. Các chuyên gia đánh giá cao vai trò của UAV trong giám sát hiện trường và theo dõi tiến độ, cũng như vai trò của IoT trong quản lý an toàn lao động dựa trên dữ liệu thời gian thực. Đồng thời, sự kết hợp giữa AI và Digital

Twin giúp tăng cường khả năng dự báo, mô phỏng và hỗ trợ ra quyết định, góp phần hình thành mô hình quản lý xây dựng thông minh, nâng cao năng suất, chất lượng và an toàn công trình. Nghiên cứu bổ sung góc nhìn mới về nền kinh tế tầm thấp như một hệ sinh thái công nghệ tích hợp trong bối cảnh Việt Nam. Bên cạnh đó, nghiên cứu cũng làm rõ các thách thức đặc thù của các nước đang phát triển, bao gồm hạn chế về tài chính, năng lực công nghệ và khung pháp lý, phù hợp với các nghiên cứu trước về rào cản chuyển đổi số trong khu vực.

Nghiên cứu nhấn mạnh vai trò then chốt của các yếu tố tổ chức, nhân lực và thể chế trong triển khai công nghệ LAE, cho thấy chuyển đổi số không chỉ là vấn đề kỹ thuật mà còn liên quan đến thay đổi quản lý và văn hóa tổ chức. Việc thiếu nhân lực số, hạn chế trong quản lý thay đổi và khung pháp lý chưa rõ ràng là những rào cản chính. Do đó, cam kết của lãnh đạo, chiến lược đào tạo dài hạn, cơ chế khuyến khích đổi mới và sự phối hợp giữa các cơ quan quản lý, hiệp hội và doanh nghiệp là yếu tố quyết định để xây dựng môi trường pháp lý và tổ chức thuận lợi cho việc triển khai.

Mặc dù đạt được nhiều kết quả tích cực, nghiên cứu vẫn tồn tại một số hạn chế. Thứ nhất, quy mô mẫu khảo sát còn tương đối hạn chế, chủ yếu tập trung tại một số khu vực và loại hình dự án, nên khả năng khái quát hóa kết quả còn nhất định. Thứ hai, dữ liệu chủ yếu dựa trên đánh giá chủ quan của chuyên gia, chưa phản ánh đầy đủ các chỉ số định lượng về hiệu quả kinh tế kỹ thuật trong dài hạn. Bên cạnh đó, các nghiên cứu tình huống mới chỉ dừng ở giai đoạn thử nghiệm ban đầu, chưa đánh giá toàn diện tác động của công nghệ LAE trong suốt vòng đời dự án. Những hạn chế này cần được xem xét trong các nghiên cứu tiếp theo.

KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã phân tích tiềm năng ứng dụng các công nghệ LAE trong quản lý xây dựng thông minh tại Việt Nam. Nghiên cứu chỉ ra thành bốn nhóm ảnh hưởng chính: nhóm yếu tố công nghệ; nhóm yếu tố kinh tế tài chính; nhóm yếu tố tổ chức nhân lực; nhóm yếu tố thể chế chính sách. Kết quả nghiên cứu cho thấy việc tích hợp LAE không chỉ cải thiện hiệu suất dự án mà còn thúc đẩy chuyển đổi số và hiện đại hóa ngành xây dựng, thông qua một khung ứng dụng gắn kết yếu tố công nghệ, tổ chức và thể chế. Nghiên cứu đồng thời đóng góp về mặt học thuật trong việc mở rộng lý luận về LAE và chuyển đổi số, cũng như cung cấp cơ sở thực tiễn cho doanh nghiệp và cơ quan quản lý trong xây dựng chiến lược ứng dụng công nghệ phù hợp với bối cảnh Việt Nam.

Nghiên cứu khẳng định rằng việc ứng dụng các công nghệ thuộc nền kinh tế tầm thấp trong quản lý xây dựng thông minh là một hướng đi tất yếu và có tính khả thi cao tại Việt Nam. Nếu được triển khai một cách đồng bộ, có lộ trình và được hỗ trợ bởi chính sách phù hợp, các giải pháp này sẽ góp phần quan trọng vào việc nâng cao năng lực cạnh tranh, đảm bảo an toàn, chất lượng và thúc đẩy sự phát triển bền vững của ngành xây dựng trong bối cảnh chuyển đổi số toàn cầu. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Yan, G., Li, G., & Si, X. (2025, June). Review and Innovation of Traffic Management from the Perspective of Low-Altitude Economy. In 2025 32nd International Conference on Geoinformatics (pp. 1-6). IEEE.
- [2] WANG, Y., YANG, Y., ZENG, J., HE, Z., & CEN, Z. (2024). Impact of low-altitude technology on low-altitude industry development from perspective of low-altitude economy. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences (Chinese Version)*, 40(10), 1853-1866.
- [3] Chen, Z., Shum, H. Y., Cao, X., & Hansen, M. (2025). Engineering and technology for low-altitude economy infrastructure. *Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering*, 26(12), 2393-2396.
- [4] Yingchun, S. H. E. N., & Haoxing, Z. H. A. N. G. (2024). Impact of Digital Infrastructure Construction on the High-Quality Development of Low-Altitude Economy. *Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics Social Sciences Edition*, 37(5), 96-108.
- [5] Nakamura, H. (2025). Sustainability of Urban Low-Altitude Transportation Infrastructure: Environmental Impacts, Carbon Reduction Pathways, and Policy Optimization. *International Journal of Urban Airspace Economics & Technologies*, 1(1), 27-38.