

# NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT MỘT SỐ GIẢI PHÁP NÂNG CAO HIỆU QUẢ ỨNG DỤNG PREFAB (TIỀN CHẾ) VÀ DFMA (THIẾT KẾ CHO SẢN XUẤT VÀ LẮP RÁP) TRONG ĐẦU TƯ XÂY DỰNG TẠI VIỆT NAM

## Research and Propose Solutions to Enhance the Application Efficiency of Prefabrication (Prefab) and Design for Manufacturing and Assembly (DfMA) in Construction Investment in Vietnam

HOÀNG KIM NGỌC<sup>1</sup>

**Tóm tắt:** Trong bối cảnh tốc độ đô thị hóa nhanh, áp lực về tiến độ, chi phí và cam kết giảm phát thải (Net Zero 2050), Prefab (Tiền chế) và DfMA (Thiết kế cho sản xuất và lắp ráp) trở thành giải pháp quan trọng cho ngành xây dựng. Bài viết này làm rõ khái niệm và nguyên tắc của Prefab và DfMA, phân tích tác động trên các khía cạnh quản lý dự án, đầu tư công – tư, thiết kế, thi công, đấu thầu – hợp đồng, chi phí đầu tư và chi phí vòng đời, chất lượng, tiến độ, an toàn, PCCC và môi trường. Trên cơ sở các ví dụ thực tiễn tiêu biểu (Singapore, Mỹ, New Zealand, Việt Nam), phân tích SWOT và đề xuất các giải pháp chính sách, kỹ thuật và thị trường để thúc đẩy ứng dụng Prefab/DfMA hiệu quả. Kết luận khẳng định: mặc dù chi phí đầu tư ban đầu có thể cao hơn, nhưng khi tính chi phí vòng đời và lợi ích phi chi phí (an toàn, môi trường, tiến độ), Prefab/DfMA là lựa chọn tối ưu cho các dự án có yêu cầu chất lượng, tiến độ và an toàn cao.

**Từ khóa:** Prefab; Tiền chế; DfMA; BIM; đầu tư xây dựng; Net Zero.

**Abstract:** In the context of rapid urbanization, increasing pressure on schedule and cost, and commitments to reduce greenhouse gas emissions (Net Zero 2050), Prefab (Prefabrication) and DfMA (Design for Manufacturing and Assembly) have become key solutions for the construction industry. This paper clarifies the concepts and principles of Prefab and DfMA, and analyzes their impacts on project management, public and private investment, design, construction, procurement and contracts, capital and life cycle costs, quality, schedule, safety, fire protection, and the environment. Based on representative case studies (Singapore, the United States, New Zealand, and Vietnam), a SWOT analysis and proposes policy, technical, and market solutions to promote effective application of Prefab/DfMA. The conclusion affirms that although initial investment costs may be higher, when life cycle costs and non-monetary benefits (safety, environment, schedule) are taken into account, Prefab/DfMA is the optimal choice for projects with high requirements in terms of quality, schedule, and safety.

**Keywords:** Prefab; DfMA; BIM; modular construction; Net Zero.

(Ngày nhận bài: 22/02/2026; ngày sửa bài: 16/03/2026; ngày duyệt đăng: 25/03/2026)

### 1. GIỚI THIỆU - KHÁI NIỆM, NGUYÊN TẮC, THUẬT NGỮ LIÊN QUAN

**Prefab (Prefabrication – Tiền chế)** được hiểu là phương pháp thi công trong đó các cấu kiện hoặc mô-đun công trình được sản xuất sẵn trong nhà máy với quy trình kiểm soát chất lượng, vận chuyển đến hiện trường và lắp ghép (offsite manufacturing – onsite assembly).

**DfMA (Design for Manufacturing**

**and Assembly – Thiết kế cho sản xuất và lắp ghép):** là phương pháp thiết kế công trình nhằm tối ưu hóa các cấu kiện để dễ dàng sản xuất tại nhà máy và lắp ráp nhanh chóng tại công trường. Phân biệt với tư duy thiết kế truyền thống là thiết kế để thi công hay xây dựng tại chỗ; DfMA thiết kế chi tiết các cấu kiện/module để sản xuất tại nhà máy và khi đến công trường là lắp ráp và hoàn thành nhanh chóng.

Hai thuật ngữ này được ưu tiên sử dụng vì chúng phản ánh hai chiều hỗ trợ của cùng một phương thức: Prefab là cách tổ chức sản xuất-lắp ghép, còn DfMA là cách tư duy-thiết kế để tận dụng tối đa lợi thế của sản xuất công nghiệp. Những thuật ngữ tương đương hay liên quan bao gồm **Offsite Construction** (xây dựng ngoài phạm vi công trường), **Modular Construction** (xây dựng mô-đun) và **Industrialized**

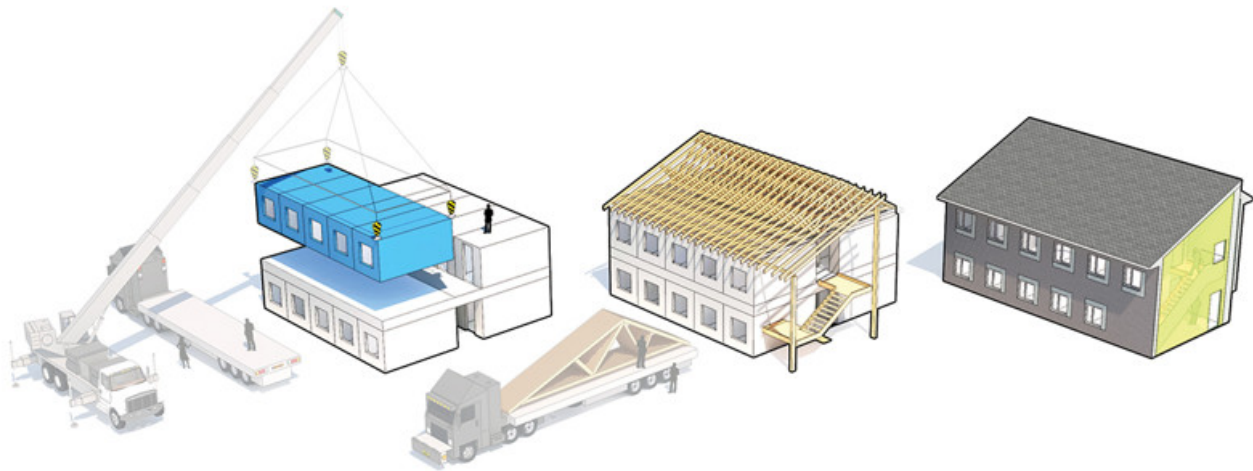
<sup>1</sup> Viện Kinh tế xây dựng

**Building System – IBS** (Hệ thống Xây dựng Công nghiệp hóa). Các biến thể như **PPVC – Prefabricated**

**Prefinished Volumetric Construction** (xây dựng mô-đun khối không gian hoàn thiện sẵn), **Prefabricated**

**Bathroom Unit PBU** (buồng vệ sinh đúc sẵn) là các công nghệ áp dụng trong phạm vi Prefab/DfMA.

Hình 1. Minh họa các bước xây dựng Prefab/DfMA



Nguồn: futuramodular.com.

Nguyên tắc cơ bản của Prefab/DfMA gồm: (i) chia nhỏ công trình thành các mô-đun tiêu chuẩn; (ii) thiết kế để sản xuất hàng loạt (minimize unique parts); (iii) tối ưu hóa mối nối, kết cấu và hệ thống cơ-điện (gọi tắt là MEP) cho lắp ghép; (iv) tích hợp BIM (Building Information Modeling – Mô hình thông tin công trình) để kết nối thiết kế, sản xuất và thi công; (v) tổ chức chuỗi cung ứng theo mô-đun và đảm bảo kiểm soát chất lượng trong nhà máy.

Tại Việt Nam, việc áp dụng các giải pháp xây dựng theo hướng Prefab/DfMA đã xuất hiện từ thập niên 1960–1980 với các dự án sử dụng panel bê tông, song chưa duy trì bền vững do hạn chế về công nghệ, thiếu tiêu chuẩn đồng bộ và công tác quản lý chất lượng, bảo trì. Từ giai đoạn 2010 đến nay, một số dự án thí điểm cùng với văn bản định hướng như Quyết định 258/QĐ-TTg (2023) về lộ trình áp dụng BIM đã tạo cơ sở ban đầu cho việc thử nghiệm DfMA. Tuy nhiên, để phát triển rộng rãi theo hướng công nghiệp hóa, cần sự đồng bộ về hệ thống tiêu chuẩn, khung pháp luật, năng lực hạ tầng sản xuất và đào tạo nhân lực.

## 2. PHÂN TÍCH VÀ ĐÁNH GIÁ CÁC KHÍA CẠNH

Việc áp dụng Prefab/DfMA không

chỉ đơn thuần là thay đổi phương pháp thi công mà ảnh hưởng toàn diện đến các giai đoạn quản lý dự án, từ thiết kế, đầu tư, thi công đến nghiệm thu và vận hành. Phần này phân tích các khía cạnh chính nhằm đánh giá mức độ phù hợp và hiệu quả của mô hình này trong bối cảnh xây dựng tại Việt Nam.

### 2.1. Quản lý dự án và đầu tư

Ứng dụng Prefab/DfMA tác động trực tiếp đến cách thức quản lý dự án. Khối lượng thi công ngoài công trường giảm mạnh, thay vào đó giai đoạn thiết kế và sản xuất trong nhà máy tăng lên cả về quy mô lẫn tầm quan trọng. Điều này dịch chuyển trọng tâm quản lý từ “quản lý tiến độ thi công tại công trường” sang “quản lý tích hợp thiết kế – sản xuất – lắp ghép”.

- **Đối với đầu tư công**, vấn đề cốt lõi là cơ chế phê duyệt và giải ngân. Chi phí lớn phát sinh ngay trong giai đoạn sản xuất mô-đun, trong khi hiện nay cơ chế thường gắn chi phí với khối lượng thi công ngoài hiện trường. Điều này yêu cầu sửa đổi cách thẩm định dự án, xác định dự toán và hợp đồng (ví dụ tách riêng giá trị hợp đồng cho sản xuất mô-đun tại nhà máy và cho lắp ghép tại hiện trường).

- **Đối với đầu tư tư nhân**, Prefab/DfMA dễ được chấp nhận hơn nhờ lợi ích về tiến độ và chất lượng, qua đó rút ngắn thời gian bàn giao, tăng tốc thu hồi vốn và doanh thu. Tuy nhiên,

chủ đầu tư cũng cần điều chỉnh kế hoạch tài chính và phương thức hợp đồng. Các mô hình EPC (Thiết kế Kỹ thuật, Cung cấp và Xây dựng) hoặc Design-Build (Thiết kế - Thi công) phù hợp hơn vì gắn kết chặt chẽ giữa thiết kế, sản xuất và lắp đặt.

- **Về vấn đề tài chính của dự án**, vốn nhà nước và vốn tín dụng ngân hàng thường quen với cơ chế giải ngân theo khối lượng thi công nghiệm thu; với Prefab, cần chấp nhận giải ngân sớm cho sản xuất tại nhà máy trước khi công trình hiện hữu. Nếu không điều chỉnh, rủi ro dòng tiền có thể cản trở nhà thầu và nhà máy triển khai. Đây là thách thức nhưng cũng là cơ hội để hình thành các cơ chế tài chính chuyên biệt cho dự án Prefab/DfMA trong giai đoạn tới..

- **Về quản trị rủi ro**, phương thức này giúp tiến độ ít phụ thuộc điều kiện thời tiết, giảm rủi ro tai nạn lao động và chất lượng khó kiểm soát tại công trường. Tuy nhiên, rủi ro mới sẽ xuất hiện ở khâu sản xuất (chậm dây chuyền, lỗi mề sản xuất, logistics vận chuyển mô-đun) đòi hỏi cơ chế giám sát khác với dự án truyền thống.

### 2.2. Thiết kế bản vẽ Prefab/DfMA

Ứng dụng Prefab/DfMA đòi hỏi tư duy thiết kế: từ phương pháp truyền thống sang thiết kế theo mô-đun và chuẩn hóa thành phần. DfMA nhấn mạnh việc tối giản chi tiết, sử dụng

lưới module đồng nhất phù hợp công nghệ sản xuất, đồng thời kiểm soát dung sai chặt chẽ và chuẩn hóa mối nối, liên kết ngay từ khâu thiết kế.

BIM (Building Information Modeling) giữ vai trò trung tâm trong quá trình này. BIM cho phép phối hợp đa ngành, phát hiện xung đột giữa kết cấu – cơ điện (MEP), xuất dữ liệu trực tiếp cho sản xuất và mô phỏng tiến độ lắp ghép. Đây là điều kiện cần để đảm bảo độ chính xác, đồng bộ và tính khả thi khi triển khai Prefab/DfMA. Ngoài ra, mô hình BIM cập nhật còn trở thành hồ sơ “as-built” (hồ sơ hoàn công dạng số) phục vụ vận hành và bảo trì công trình.

Kinh nghiệm quốc tế khẳng định BIM và DfMA là cặp công cụ không thể tách rời. Singapore đã bắt buộc áp dụng PPVC (Prefabricated Prefinished Volumetric Construction – xây dựng mô-đun khối không gian hoàn thiện sẵn) trong nhiều dự án nhà ở công cộng HDB từ năm 2014, đồng thời xây dựng trung tâm sản xuất tích hợp (ICPH). Anh cũng đưa DfMA và BIM vào hướng dẫn thiết kế – thi công cho các dự án vốn công. Ở Việt Nam, Quyết định 258/QĐ-TTg (2023) về lộ trình áp dụng BIM và Quyết định 347/QĐ-BXD (2021) hướng dẫn triển khai BIM là nền tảng quan trọng cho việc từng bước áp dụng DfMA.

Thiết kế theo Prefab/DfMA đòi hỏi mức độ chính xác rất cao, vì toàn bộ cấu kiện được sản xuất trong nhà máy với dung sai chặt và lắp ghép theo mô-đun. Chỉ một sai sót nhỏ trong bản vẽ hoặc mô hình BIM cũng có thể khiến mô-đun không khớp khi lắp dựng, dẫn tới phải chỉnh sửa thiết kế, sản xuất lại hoặc can thiệp tại công trường với chi phí rất lớn và ảnh hưởng trực tiếp đến tiến độ. Do đó, các hướng dẫn quốc tế đều nhấn mạnh kiểm soát thiết kế sớm, mô phỏng BIM, quản lý dung sai và nghiệm thu tại xưởng trước khi sản xuất hàng loạt như những yêu cầu bắt buộc trong DfMA.

### 2.3. Thi công và giám sát

Thi công theo phương pháp Prefab/DfMA khác biệt căn bản so với xây dựng truyền thống. Phần lớn công việc “ướt” và công kênh được chuyển về nhà máy, hiện trường chỉ còn khâu lắp ghép mô-đun. Điều này làm giảm bụi, tiếng ồn, chất thải xây dựng và

rủi ro an toàn, biến công trường thành “xưởng lắp ráp ngoài trời”.

Công tác giám sát cũng thay đổi theo hai cấp độ: (i) **giám sát sản xuất tại nhà máy** (factory QA/QC), kiểm soát vật liệu, quy trình chế tạo, dung sai kích thước, hoàn thiện bề mặt và tích hợp hệ thống MEP; (ii) **giám sát lắp ghép tại hiện trường** (installation QA/QC), tập trung vào mối nối, liên kết kết cấu, an toàn nâng hạ và nghiệm thu đồng bộ mô-đun.

Đặc trưng của giám sát Prefab/DfMA là yêu cầu kiến thức liên ngành. Chủ đầu tư, tư vấn và nhà thầu không chỉ am hiểu quản lý công trường, mà còn phải có chuyên môn về kiểm soát chất lượng sản xuất công nghiệp và công nghệ lắp ghép. Tiêu chí nghiệm thu vì vậy chuyển từ “sản phẩm công đoạn” sang “sản phẩm mô-đun hoàn chỉnh”, đòi hỏi bộ tiêu chuẩn rõ ràng và nhân lực giám sát được đào tạo chuyên sâu.

### 2.4. Phân tích chi phí

Ứng dụng công nghệ Prefab và DfMA mang lại nhiều lợi ích về tiến độ và chất lượng, tuy nhiên cũng đặt ra một số thách thức về chi phí đầu tư và cơ chế quản lý tài chính. Phân tích dưới đây làm rõ ba nhóm chi phí và đặc điểm quản lý tài chính đặc thù của mô hình này.

#### a) Chi phí đầu tư ban đầu (CAPEX) và các yếu tố hình thành

Về trực quan, người ta thường coi “sản xuất công nghiệp phải rẻ hơn”; tuy nhiên bối cảnh triển khai Prefab ở một nước như Việt Nam thì chi phí CAPEX cao do những yếu tố sau đây:

Đầu tư cố định lớn: xây dựng nhà máy, mua cầu lớn, thiết bị sản xuất, mẫu khuôn, hệ thống vận chuyển nội bộ. Khi số lượng đơn vị không đủ lớn, lợi thế kinh tế theo quy mô chưa đạt, đơn giá sản phẩm có thể cao hơn do thêm một số chi phí.

Thiết kế chuyên biệt và mô phỏng BIM: DfMA đòi hỏi thiết kế rất chi tiết, thử nghiệm kết cấu mô-đun và tích hợp MEP - dẫn đến chi phí tư vấn và R&D ban đầu cao hơn 5–15% so với phương án truyền thống.

Chi phí logistics: vận chuyển mô-đun cỡ lớn (siêu trường, siêu trọng) cần phương tiện chuyên dụng, xin phép lưu thông, có thể dẫn tới chi phí cao tại khu vực đô thị.

Chi phí đào tạo và chuyển đổi: chi phí đào tạo công nhân nhà máy, kỹ sư BIM/DfMA và thay đổi quy trình thi công.

#### b) Chi phí vòng đời LCC (Life-Cycle Cost) sẽ thấp

Khi tính toàn bộ vòng đời (chi phí đầu tư + chi phí vận hành, bảo trì, sửa chữa + chi phí chuyển đổi/khấu hao), Prefab/DfMA thường có lợi thế, theo McKinsey (2017), chi phí vòng đời tiết kiệm 10–20%:

Giảm chi phí bảo trì và sửa chữa do độ chính xác sản xuất và tiêu chuẩn hoá.

Lợi ích về tiến độ: hoàn thành sớm hơn, do đó, doanh thu/tiền thuê/khai thác đến sớm hơn, giá trị thời gian của tiền mang lại lợi ích kinh tế.

Tiết kiệm năng lượng và vật liệu: thiết kế tối ưu, giảm hao hụt vật liệu; dễ tích hợp vật liệu cách nhiệt, hệ thống tiết kiệm năng lượng từ đó làm giảm chi phí vận hành.

Giảm rủi ro chi phí phát sinh do sai sót thi công ngoài công trường.

Giá trị xã hội/gián tiếp: giảm phát thải, giảm ảnh hưởng tới cộng đồng (tiếng ồn, bụi) đây là lợi ích này khó lượng hoá nhưng tác động kinh tế là có thật.

Như vậy, Chi phí đầu tư ban đầu (CAPEX) cao là “chi phí chuyển đổi” để đạt tới một nền sản xuất xây dựng mới; về dài hạn, Chi phí vòng đời (LCC) tốt hơn nếu thị trường đủ lớn hoặc khi chính sách tạo điều kiện (ưu đãi, đặt hàng công).

#### c) Đặc điểm quản lý chi phí, thanh toán đối với Prefab/DfMA

Chi phí dịch chuyển sớm: phần lớn chi phí đầu tư ban đầu (CAPEX) phát sinh ngay ở khâu thiết kế chi tiết, sản xuất mô-đun trong nhà máy, thay vì trải đều theo tiến độ thi công ngoài công trường.

Cơ cấu chi phí khác biệt: ngoài chi phí xây dựng, còn có tỷ trọng lớn cho khuôn, dây chuyền sản xuất, logistic vận chuyển mô-đun, lắp ghép bằng thiết bị chuyên dụng.

Thanh toán cần linh hoạt: cơ chế truyền thống gắn với nghiệm thu công trường không còn phù hợp; cần cơ chế thanh toán theo giai đoạn sản xuất – vận chuyển – lắp ghép, thay vì chỉ theo khối lượng thi công.

Định mức, đơn giá: hiện hệ thống công cụ chi tiêu kinh tế kỹ thuật của Việt Nam có quy định giá bộ phận kết

cấu công trình (là chi phí cần thiết để hoàn thành một đơn vị khối lượng của một bộ phận công trình) nhưng chưa có nhiều định mức, đơn giá cho quản lý chi phí theo các công nghệ, biện pháp thi công theo Prefab, gây khó cho việc lập dự toán và thẩm định.

Hợp đồng và quản trị tài chính: phù hợp nhất là các mô hình Design-Build, EPC hoặc hợp đồng theo vòng đời (LCC), vì gắn kết chặt giữa thiết kế – sản xuất – lắp ráp, đồng thời phân bổ rủi ro chi phí hợp lý hơn.

### 2.5. Quản lý chất lượng, bảo trì, tiến độ và môi trường

#### a) Về Quản lý chất lượng, bảo trì

Prefab (Tiền chế) và DfMA (thiết kế cho sản xuất và lắp ráp) giúp nâng cao đáng kể chất lượng công trình nhờ chuyển trọng tâm kiểm soát từ công trường sang nhà máy. Các cấu kiện, mô-đun được sản xuất theo dây chuyền công nghiệp, tuân thủ quy trình QA/QC (Quality Assurance/Quality Control), có thử nghiệm vật liệu, kiểm tra dung sai và nghiệm thu trước khi xuất xưởng. Nhờ vậy, chất lượng đồng bộ hơn, giảm rõ rệt các lỗi thường gặp ở công trình truyền thống như nứt, thấm hoặc sai lệch kích thước.

Về bảo trì, Prefab/DfMA cũng có lợi thế khi thông tin mô-đun và vật liệu được tích hợp trong BIM (Building Information Modeling), giúp dự đoán chu kỳ bảo dưỡng và chi phí vòng đời (LCC). Các mô-đun được chuẩn hóa nên có thể tháo lắp, thay thế dễ dàng mà không ảnh hưởng kết cấu chung. Điều này giúp giảm chi phí và thời gian bảo trì, đồng thời kéo dài tuổi thọ công trình so với phương pháp thi công truyền thống..

#### b) Về tiến độ

Tiến độ cũng được rút ngắn đáng kể nhờ khả năng song song hóa: khi công trường thực hiện phần móng và hạ tầng, nhà máy đồng thời sản xuất các mô-đun tường, sàn, cầu thang. Thời gian thi công rút ngắn khá rõ, nhưng con số khác nhau theo loại công trình và mức độ áp dụng: rút ngắn khoảng 20%-50%. Theo số liệu của BCA Singapore, áp dụng PPVC (xây dựng mô-đun khối không gian hoàn thiện sẵn) có thể giúp giảm 30-40% thời gian thi công. Một số dự án tại Mỹ và New Zealand cũng ghi nhận mức rút ngắn tiến độ tương tự.

#### c) Về môi trường

Về môi trường, lợi ích thể hiện ở ba điểm: (i) giảm phát thải CO<sub>2</sub> khoảng **30-50%** nhờ ít công tác ướt và giảm vận chuyển vật liệu rời (theo WRAP Anh, BCA Singapore); (ii) giảm chất thải xây dựng, theo nghiên cứu của WRAP (Anh, 2020) có thể giảm tới **90% phế thải gỗ, nhựa, bao bì** tại công trường; (iii) dễ dàng tích hợp các giải pháp vật liệu xanh và tiết kiệm năng lượng ngay từ khâu sản xuất mô-đun. Ở Việt Nam, các dự án như iD Junction (Đồng Nai) và một số bệnh viện tư nhân đã cho thấy lợi ích rõ rệt: giảm bụi, tiếng ồn và rác thải trong khu vực đô thị đông dân.

### 2.6. An toàn PCCC, chống thiên tai

Một lợi thế quan trọng của Prefab (Tiền chế) và DfMA (thiết kế cho sản xuất và lắp ráp) là khả năng tích hợp các giải pháp an toàn ngay từ khâu thiết kế và sản xuất trong nhà máy. Với phòng cháy, chữa cháy (PCCC), các mô-đun có thể được chế tạo sẵn bằng vật liệu chịu lửa đạt chuẩn, lớp chống cháy phù đều, hoặc lắp đặt sẵn hệ thống sprinkler và cảm biến khói. Cách tiếp cận này đảm bảo tính đồng bộ và dễ kiểm soát hơn so với việc lắp đặt thủ công ngoài công trường. Tại Singapore, tiêu chuẩn dành cho PBU (buồng vệ sinh lắp ghép) và PPVC (mô-đun thể tích hoàn thiện sẵn) đều yêu cầu thử nghiệm và chứng nhận khả năng chống cháy trước khi được đưa ra thị trường.

Đối với khu vực thường xuyên chịu ảnh hưởng thiên tai, Prefab/DfMA cho phép thiết kế các mô-đun gia cường để chịu động đất hoặc nâng nền chống ngập. New Zealand sau trận động đất Christchurch năm 2011 đã phát triển các mô-đun composite khung thép – bê tông có khả năng chịu lực và dao động, nhờ đó nhà ở và trường học được xây dựng lại nhanh chóng mà vẫn bảo đảm tiêu chuẩn an toàn động đất. Kinh nghiệm này rất có giá trị tham khảo cho Việt Nam, nơi nhiều tỉnh miền Trung và Tây Bắc nằm trong vùng có nguy cơ động đất..

### 3. VÍ DỤ THỰC TIỄN (CASE STUDIES)

Nhiều quốc gia đã triển khai áp dụng Prefab/DfMA thành công trong các lĩnh vực nhà ở, hạ tầng và công trình công. Các ví dụ dưới đây không chỉ thể hiện

đa dạng mô hình triển khai mà còn cung cấp bài học kinh nghiệm và cơ sở tham chiếu hữu ích cho Việt Nam trong quá trình từng bước áp dụng công nghệ xây dựng công nghiệp hóa:

- **Singapore:** Singapore là điển hình trong thúc đẩy PPVC (xây dựng mô-đun khối không gian hoàn thiện sẵn). Chính sách mạnh (yêu cầu áp dụng trong nhà ở công cộng HDB) đã tạo quy mô, giảm giá thành và thúc đẩy hệ sinh thái nhà máy, logistics và nhân lực. Kết quả là tiến độ thi công rút ngắn đáng kể, tai nạn lao động giảm và chất lượng được cải thiện.

- **Hoa Kỳ:** Ở một số bang, Modular construction (Xây dựng mô-đun) phát triển mạnh cho nhà ở, khách sạn và trường học. Dự án điển hình như dự án nhà ở mô-đun North Ridge Place (St. Albert, 2010) cho thấy xây dựng mô-đun rút ngắn tiến độ khoảng 4 tháng, từ 10,8 xuống 6,8 tháng so với xây dựng truyền thống. Đồng thời, phương pháp này giảm khoảng 43% phát thải CO<sub>2</sub> trong giai đoạn thi công nhờ sản xuất mô-đun trong nhà máy.

- **Trung Quốc:** trong kế hoạch 5 năm 2021-2025 yêu cầu ít nhất 30% tổng diện tích công trình xây dựng mới sử dụng phương pháp offsite construction (xây dựng ngoài phạm vi công trường / xây dựng tiền chế) vào năm 2025. Đây là mục tiêu rất quyết liệt, đáng tham khảo để so sánh với định hướng Việt Nam.

- **Anh:** trong “Chiến lược Xây dựng 2016-2020” chính phủ Anh yêu cầu tất cả dự án xây dựng công phải áp dụng BIM Level 2, đồng thời coi DfMA là phương pháp được ưu tiên thúc đẩy nhằm nâng cao năng suất và chất lượng thi công. Một trường hợp điển hình là Bệnh viện Nhi Alder Hey tại Liverpool (hoàn thành năm 2015), nơi hơn 15.000 cấu kiện tiền chế được sử dụng; nhờ đó, dự án hoàn thành trong 130 tuần, rút ngắn khoảng 20% thời gian so với các dự án bệnh viện quy mô tương tự.

- **New Zealand (Christchurch – phục hồi sau động đất):** Sau thảm họa, prefabricated housing và modular schools đã được xây dựng nhanh chóng với giải pháp composite và khung chịu lực, chứng minh rằng prefab có thể cung cấp giải pháp phục hồi nhanh, đồng thời đáp ứng tiêu chuẩn chống động đất.

Hình 2. Toàn cảnh tháo khuôn thành phẩm cấu kiện precast tại dự án iD Junction vào tháng 6/2022



Nguồn: Tây Hồ Group.

- Việt Nam (iD Junction, Sunrise Villas, thử nghiệm Cotecons, Vingroup, EVN). Một số chủ đầu tư đã bắt đầu thí điểm DfMA: dự án iD Junction (Đồng Nai) được báo cáo áp dụng DfMA theo tiêu chuẩn Singapore cho phần lớn cấu kiện, giúp kiểm soát chất lượng và giảm rác thải công trường; Cotecons thử nghiệm các hạng mục mô-đun, Vingroup áp dụng prefab trong một số bệnh viện dự án để rút ngắn tiến độ, EVN thử nghiệm prefab cho nhà trạm. Những ví dụ này còn mang tính thí điểm nhưng rất có ý nghĩa trong bối cảnh nhân lực và nhà máy nội địa đang phát triển.

#### 4. PHÂN TÍCH ĐIỂM MẠNH - CƠ HỘI - ĐIỂM YẾU - THÁCH THỨC (SWOT - STRENGTHS - OPPORTUNITIES - WEAKNESSES - THREATS)

Để đánh giá toàn diện tiềm năng áp dụng Prefab/DfMA tại Việt Nam, cần xem xét đồng thời các yếu tố nội tại và bối cảnh bên ngoài ảnh hưởng đến quá trình triển khai. Phân tích theo mô hình SWOT giúp nhận diện rõ điểm mạnh, điểm yếu nội sinh của ngành xây dựng, đồng thời làm rõ các cơ hội và thách thức từ môi trường chính sách, thị trường và công nghệ, qua đó hỗ trợ hoạch định giải pháp phù hợp trong

ngắn hạn và dài hạn.

##### 4.1. Strengths (Điểm mạnh) - Lợi ích

Tiêu chuẩn hoá và chất lượng sản phẩm: Việc sản xuất cấu kiện và mô-đun trong nhà máy theo quy trình kiểm soát chất lượng ISO giúp giảm thiểu sai sót trong chế tạo, đảm bảo độ chính xác cao, tính đồng bộ và khả năng lắp lại giữa các cấu kiện – điều mà phương pháp thi công truyền thống khó đạt được.

Tiến độ thi công được rút ngắn đáng kể: Các công đoạn như đúc cấu kiện, hoàn thiện nội thất, lắp đặt hệ thống kỹ thuật (MEP) có thể triển khai đồng thời với thi công nền móng và hạ tầng, giúp rút ngắn tổng thời gian thi công. Mức độ rút ngắn tiến độ phụ thuộc vào loại công trình và tỷ lệ áp dụng mô-đun, dao động trong khoảng 20% đến 50% (theo McKinsey & Company (2019), BCA Singapore, Modular Building Institute (MBI), Hoa Kỳ).

Hiệu quả chi phí trong suốt vòng đời công trình: Mặc dù chi phí đầu tư ban đầu (CAPEX) có thể cao hơn 5–10% do yêu cầu thiết kế, sản xuất và logistic, nhưng khả năng tái sử dụng khuôn mẫu, dây chuyền và thiết kế chuẩn hoá giúp giảm chi phí ở các dự án tiếp theo. Tổng chi phí vòng đời (LCC) có thể tiết kiệm 10–20% so với phương

pháp truyền thống, theo ước tính của McKinsey (2019).

An toàn lao động được cải thiện rõ rệt: Nhờ giảm thiểu các công việc nguy hiểm, nặng nhọc và phụ thuộc thời tiết tại công trường, mô hình sản xuất lắp ghép giúp kiểm soát an toàn hiệu quả hơn, giảm nguy cơ tai nạn lao động.

Tác động môi trường thấp hơn: Việc thi công khô, giảm thiểu rác thải xây dựng, bụi và khí CO<sub>2</sub> từ vận hành máy móc hiện trường giúp Prefab/DfMA phù hợp với định hướng phát triển công trình xanh, hướng tới mục tiêu Net Zero đến năm 2050.

Khả năng cải tiến liên tục theo mô hình sản xuất công nghiệp: Nhờ quy trình lặp lại và hệ thống kiểm soát tại nhà máy, công nghệ mới, vật liệu mới và giải pháp kỹ thuật có thể dễ dàng tích hợp, qua đó cải thiện hiệu quả và chất lượng theo thời gian.

##### 4.2. Opportunities (Cơ hội)

Nhu cầu thị trường tiềm năng: Việt Nam đang có nhu cầu lớn về nhà ở xã hội, công trình công cộng (trường học, bệnh viện) và phát triển hạ tầng đô thị – đây là các lĩnh vực phù hợp để triển khai mô hình sản xuất – lắp ghép theo hướng hàng loạt và tiêu chuẩn hoá.

Hành lang chính sách thuận lợi: Các chương trình quốc gia về chuyển

đổi số, phát triển công trình xanh và cam kết giảm phát thải (Net Zero 2050) đang tạo động lực thể chế mạnh mẽ cho việc áp dụng công nghệ xây dựng tiên tiến.

Kinh nghiệm quốc tế có thể học hỏi: Nhiều quốc gia như Singapore, Nhật Bản, Hàn Quốc, Hoa Kỳ, New Zealand đã áp dụng thành công DfMA/Prefab, qua đó cung cấp mô hình kỹ thuật, tiêu chuẩn và bài học thực tiễn có thể tham khảo và điều chỉnh theo điều kiện Việt Nam.

Cơ hội thu hút đầu tư và công nghệ: Sự tham gia của các doanh nghiệp FDI mở ra khả năng hợp tác liên doanh, chuyển giao thiết bị – công nghệ, giúp rút ngắn thời gian xây dựng năng lực nội địa và mở rộng thị trường.

Tính tương thích với công nghệ số: Mô hình Prefab/DfMA phù hợp để tích hợp các công cụ kỹ thuật số như BIM, IoT (Mạng lưới vạn vật kết nối Internet) và trí tuệ nhân tạo (AI) trong thiết kế, sản xuất và quản lý thi công, góp phần nâng cao năng suất và khả năng kiểm soát toàn trình.

### 4.3. Weaknesses (Điểm yếu)

Khung pháp lý và các quy phạm TCVN/QCVN về thiết kế, sản xuất, lắp ghép mô-đun còn thiếu và chưa đồng bộ nên cần được bổ sung, xác nhận. Hệ thống đấu thầu và hợp đồng: thiếu cơ chế đặc thù xử lý rủi ro giữa giai đoạn thiết kế – sản xuất – lắp đặt.

Cơ sở sản xuất như nhà máy, kho bãi, cầu, logistic còn phân mảnh và quy mô nhỏ. Chi phí đầu tư ban đầu (CAPEX) cao do phải đầu tư hoặc khấu hao nhiều hạng mục (nhà máy, thiết bị, khuôn, đào tạo nhân lực).

Nguồn nhân lực: kỹ sư BIM/DfMA, chuyên gia QA/QC (đảm bảo và kiểm soát chất lượng) còn hạn chế, tập trung ở một số doanh nghiệp lớn.

Tâm lý thị trường: nhiều chủ đầu tư và nhà thầu nhỏ vẫn quen với phương thức truyền thống, e ngại rủi ro khi áp dụng mới.

### 4.4. Threats (Thách thức)

- Rào cản đối với Prefab và DfMA

Khung pháp lý chưa có tiêu chuẩn đầy đủ; trách nhiệm về chất lượng mô-đun và mối nối sau lắp ghép chưa được quy định rõ. Hạ tầng vận tải: đường, cầu, hành lang vận chuyển hạn chế, khó đáp ứng mô-đun kích thước lớn. Quy mô sản xuất: thị trường chưa đủ

lớn, lại chịu tác động bởi biến động bất động sản và đầu tư công, khó đạt lợi thế kinh tế theo quy mô.

Chú đầu tư và cơ quan quản lý còn thận trọng, chậm đổi mới; người dùng chưa quen với công trình mô-đun. Nguồn nhân lực còn thiếu kỹ sư BIM/DfMA và giám sát QA/QC có chuyên môn; công nhân cần đào tạo lại kỹ năng lắp ghép.

Nguồn vốn, tài chính tín dụng: vốn đầu tư của nhà nước và nguồn vốn của ngân hàng, nhà tài trợ chưa quen với giải ngân sớm cho sản xuất tại nhà máy, do cơ chế hiện hành chủ yếu gắn vốn với khối lượng thi công nghiệm thu tại công trường.

Phụ thuộc vào công nghệ nhập khẩu: Từ phần mềm thiết kế đến thiết bị sản xuất, phần lớn đều phụ thuộc thị trường nước ngoài, gây rủi ro chi phí và giới hạn khả năng nội địa hoá.

## 5. MỘT SỐ GIẢI PHÁP ĐỀ XUẤT

Từ các phân tích kỹ thuật, kinh tế, tổ chức và kinh nghiệm quốc tế nêu ở các phần trước, có thể thấy rằng việc triển khai Prefab/DfMA tại Việt Nam còn đối mặt với nhiều rào cản về thể chế, thị trường, năng lực tổ chức và nhận thức kỹ thuật. Để thúc đẩy ứng dụng mô hình này theo hướng hiệu quả, bền vững, cần tập trung vào bốn nhóm giải pháp chính như sau:

### 5.1. Hoàn thiện khung pháp lý, tiêu chuẩn và cơ chế hợp đồng

- Xây dựng hành lang pháp lý rõ ràng cho DfMA/Prefab: Cần rà soát, bổ sung các tiêu chuẩn kỹ thuật quốc gia (TCVN, QCVN) liên quan đến thiết kế mô-đun, dung sai lắp ghép, nghiệm thu chất lượng và tích hợp hệ thống MEP. Bổ sung hướng dẫn kiểm định an toàn, PCCC cho mô-đun sản xuất sẵn.

- Điều chỉnh quy định về hồ sơ mời thầu và hợp đồng xây dựng: Cập nhật HSMT và mẫu hợp đồng theo hướng phù hợp với chuỗi thiết kế – sản xuất – lắp ráp, đồng thời khuyến khích các mô hình hợp đồng tích hợp như Design-Build, EPC hoặc hợp đồng theo chi phí vòng đời (LCC).

- Sửa đổi cơ chế quản lý chi phí – thanh toán: Hoàn thiện hệ thống định mức, đơn giá riêng cho công nghệ thi công lắp ghép; thiết kế cơ chế thanh toán linh hoạt theo mốc sản xuất – vận chuyển – lắp đặt, thay vì chỉ nghiệm thu

tại công trường.

### 5.2. Phát triển năng lực kỹ thuật, hạ tầng và hệ sinh thái sản xuất

- Hỗ trợ phát triển trung tâm sản xuất tích hợp (ICPH): Nhà nước cần tạo điều kiện về quy hoạch đất, hạ tầng logistic và ưu đãi đầu tư cho các trung tâm sản xuất mô-đun quy mô lớn, kết hợp nhà máy – kho vận – thử nghiệm – đào tạo.

- Chuẩn hóa vận chuyển mô-đun và chuỗi cung ứng: Ban hành quy chuẩn về kích thước vận chuyển tối đa (transport envelope), hành lang kỹ thuật và trạm trung chuyển; đồng thời phát triển chuỗi cung ứng vật liệu – phụ kiện phù hợp với sản xuất mô-đun.

- Xây dựng thư viện kỹ thuật số dùng chung: Phát triển hệ thống BIM object, cấu kiện mô-đun chuẩn, thông số kỹ thuật tích hợp và đơn giá tham khảo – nhằm hỗ trợ thiết kế, thẩm định và đánh giá hiệu quả đầu tư công trình lắp ghép.

### 5.3. Đảm bảo chất lượng, an toàn công trình và kiểm chứng thực tiễn

- Tăng cường kiểm soát chất lượng tại nhà máy và hiện trường: Thiết lập quy trình nghiệm thu mô-đun tại xưởng (factory QA/QC), kiểm tra khớp nối, hệ thống kỹ thuật trước khi lắp ghép. Xây dựng hướng dẫn kiểm tra dung sai, đánh giá độ an toàn kết cấu mô-đun, đặc biệt đối với công trình cao tầng và có yêu cầu PCCC.

- Theo dõi – đánh giá hiệu quả công trình thực tế: Tổ chức thu thập dữ liệu kỹ thuật – tài chính – vận hành từ các công trình đã áp dụng Prefab/DfMA (thí điểm hoặc thương mại) để tổng hợp bài học, đánh giá độ bền, chi phí bảo trì, an toàn sử dụng và hiệu quả môi trường.

- Thiết lập cơ sở dữ liệu thực nghiệm mở: Xây dựng hệ thống dữ liệu mở chia sẻ chi phí, tiến độ, hiệu suất sử dụng của các công trình lắp ghép, nhằm làm cơ sở thẩm định và khuyến nghị đầu tư.

### 5.4. Phát triển nguồn nhân lực và thay đổi nhận thức kỹ thuật

- Đào tạo chuyên sâu và đồng bộ: Tích hợp BIM, DfMA và tổ chức thi công lắp ghép vào chương trình đào tạo đại học – cao đẳng xây dựng, kiến trúc và kỹ thuật. Đồng thời, triển khai các khóa huấn luyện ngắn hạn về QA/QC, vận hành thiết bị, giám sát lắp ghép.

- Xây dựng khung năng lực nghề nghiệp: Ban hành chuẩn kỹ năng và chứng chỉ nghề nghiệp cho các vị trí then chốt: kỹ sư thiết kế DfMA, điều

phối BIM, giám sát nhà máy, tổ trưởng lắp ráp mô-đun. Từ đó giúp tuyển dụng, đấu thầu và quản lý nhân lực thống nhất.

- Đào tạo và nâng cao năng lực tư vấn, thẩm định: Cần đào tạo đội ngũ tư vấn và cán bộ thẩm định chuyên sâu để có thể đánh giá hiệu quả kỹ thuật, kinh tế và rủi ro của các dự án sử dụng mô hình xây dựng lắp ghép hiện đại.

## 5.5. Cơ chế thí điểm và chính sách lan tỏa

- Thí điểm bằng vốn công có đặt hàng có điều kiện: Ưu tiên triển khai công trình thí điểm tại các lĩnh vực xã hội thiết yếu (nhà ở xã hội, trường học, bệnh viện) bằng ngân sách nhà nước. Thiết lập tiêu chí mô-đun tối thiểu, quy định nghiệm thu linh hoạt và theo dõi chi phí thực tế để điều chỉnh chính sách phù hợp.

- Chính sách khuyến khích tài chính – tín dụng: Cân nhắc ưu đãi thuế, hỗ trợ tín dụng đầu tư cơ sở sản xuất mô-đun, hoặc cộng điểm kỹ thuật trong đấu thầu đối với

phương án áp dụng Prefab/DfMA.

- Tăng cường truyền thông – chuyển đổi nhận thức: Tổ chức hội thảo, tọa đàm kỹ thuật, chiến dịch truyền thông và triển lãm trình diễn để nâng cao nhận thức cho chủ đầu tư, đơn vị tư vấn và người sử dụng cuối về lợi ích tổng thể của công nghệ lắp ghép.

## 5.6. Ưu tiên thực hiện

Trong bối cảnh hiện nay, giải pháp thí điểm bằng nguồn vốn nhà nước gắn với cơ chế đặt hàng có điều kiện là hướng đi khả thi và hiệu quả nhất. Ví dụ như áp dụng Prefab/DfMA đối với công trình nhà xã hội, đây đang là ưu tiên trong chính sách của Đảng, Nhà nước. Cách tiếp cận này vừa giảm rủi ro thị trường, vừa tạo cơ sở thực nghiệm giúp hoàn thiện định mức, đơn giá, hợp đồng và quy trình triển khai thực tế cho giai đoạn mở rộng sau này.

## 6. KẾT LUẬN

Prefab (Tiền chế) và DfMA (Thiết kế

cho sản xuất và lắp ghép) là giải pháp chiến lược để nâng cao năng suất, đảm bảo chất lượng và giảm tổng chi phí vòng đời trong ngành xây dựng. Dù chi phí đầu tư ban đầu cho nhà máy và chuyển đổi quy trình có thể khiến một số dự án tỏ ra đắt hơn nếu chỉ so sánh chi phí đầu tư ban đầu, nhưng khi đánh giá trên cơ sở LCC, tiến độ, an toàn và tác động môi trường, Prefab/DfMA là lựa chọn tối ưu, đặc biệt với các công trình có yêu cầu chất lượng, tiến độ và an toàn cao (nhà ở xã hội, bệnh viện, trường học, công trình chống ngập/chống động đất). Để hiện thực hoá lợi ích này ở Việt Nam cần có hành động đồng bộ: hoàn thiện pháp lý, đầu tư hạ tầng sản xuất (ICPH), phát triển nhân lực BIM/DfMA, cơ chế thí điểm bằng vốn công và điều chỉnh mẫu hợp đồng đấu thầu. Theo đó, xem xét có thể đặt mục tiêu (khoảng 20–30%) diện tích xây dựng có áp dụng Prefab trong các dự án (nhà ở xã hội, hạ tầng công cộng...).

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Quốc hội (2014). *Luật Xây dựng số 50/2014/QH13 và các Luật sửa đổi, bổ sung* [Law on Construction No. 50/2014/QH13 and its amendments]. (in Vietnamese).
- [2] Chính phủ (2021). *Nghị định số 06/2021/NĐ-CP ngày 26/01/2021: Quy định chi tiết một số nội dung về quản lý chất lượng, thi công xây dựng và bảo trì công trình xây dựng* [Decree No. 06/2021/ND-CP dated January 26, 2021: Detailing a number of contents on quality management, construction, and maintenance of construction works]. (in Vietnamese).
- [3] Chính phủ (2015). *Nghị định số 37/2015/NĐ-CP ngày 22/04/2015 về hợp đồng xây dựng* [Decree No. 37/2015/ND-CP dated April 22, 2015 on construction contracts]. (in Vietnamese).
- [4] Thủ tướng Chính phủ (2023). *Quyết định số 258/QĐ-TTg ngày 17/03/2023 về phê duyệt lộ trình áp dụng BIM* [Decision No. 258/QĐ-TTg dated March 17, 2023 on approving the roadmap for BIM application]. (in Vietnamese).
- [5] Bộ Xây dựng (2021). *Quyết định số 347/QĐ-BXD ngày 02/4/2021 về hướng dẫn áp dụng BIM trong dự án và công trình xây dựng* [Decision No. 347/QĐ-BXD dated April 2, 2021 on guidelines for applying BIM in projects and construction works]. (in Vietnamese).
- [6] Bộ Chính trị (2020). *Nghị quyết số 55-NQ/TW về định hướng Chiến lược phát triển năng lượng quốc gia và các cam kết Net Zero tại COP26* [Resolution No. 55-NQ/TW on the orientation of the National Energy Development Strategy and Net Zero commitments at COP26]. (in Vietnamese).
- [7] Building and Construction Authority - BCA Singapore (2019). *Guidance documents on DfMA and PPVC*.
- [8] Housing & Development Board - HDB Singapore (2018). *PPVC case studies and guidelines*.
- [9] McKinsey & Company (2019). *Modular Construction: From Projects to Products*. [Online]. Available: <https://www.mckinsey.com>. [Accessed: Mar. 23, 2026].
- [10] Waste & Resources Action Programme - WRAP UK (2014). *Waste Reduction Potential of Offsite Volumetric Construction*.
- [11] UK Government (2016). *Government Construction Strategy 2016–2020*. Cabinet Office, UK.
- [12] Modular Building Institute (2010). *Improving Construction Efficiency & Productivity with Modular Construction: A White Paper*. Charlottesville, VA.
- [13] BC Housing (2014). *North Ridge Place: Modular Supportive Housing in St. Albert, Alberta*. Vancouver: BC Housing Research Centre.
- [14] Ministry of Housing and Urban-Rural Development of China (2021). *14th Five-Year Plan on Construction Industrialization*.
- [15] Laing O'Rourke (2016). *Case Study – Alder Hey Children's Hospital*.
- [16] New Zealand MBIE (2014). *Christchurch rebuild guidance*.
- [17] Tây Hồ Group (2023). *Thông tin Dự án iD Junction* [Information on iD Junction Project]. [Online]. Available: <https://tayho.com.vn>. [Accessed: Mar. 23, 2026]. (in Vietnamese).

