

ساخت‌وساز صنعتی‌سازی شده (Off-site Construction): بررسی مزایا و

چالش‌های پیاده‌سازی در ایران

واژگان کلیدی

ساخت‌وساز صنعتی‌سازی شده، تولید پیش‌ساخته، بهره‌وری ساختمانی، مدیریت پروژه، نوآوری ساخت، پایداری محیط‌زیست، چالش‌های صنعتی

خلاصه

ساخت‌وساز صنعتی‌سازی شده (Off-site Construction) به‌عنوان یکی از رویکردهای نوین صنعت ساختمان، بر تولید اجزای ساختمانی در محیط‌های کنترل‌شده کارخانه‌ای و نصب آن‌ها در محل پروژه تأکید دارد. این روش با افزایش بهره‌وری، بهبود کیفیت، کاهش زمان اجرا و صرفه‌جویی در هزینه‌های کلی پروژه، نقش مهمی در ارتقای پایداری اقتصادی و زیست‌محیطی ایفا می‌کند. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که کاهش هدررفت مصالح، بهبود استانداردهای ساخت و افزایش مقاومت سازه‌ای از مهم‌ترین مزایای این رویکرد است. با این حال، پیاده‌سازی صنعتی‌سازی ساخت‌وساز در ایران با چالش‌هایی نظیر ضعف زنجیره تأمین داخلی، کمبود نیروی انسانی متخصص، محدودیت‌های لجستیکی، فقدان استانداردهای ملی و مقاومت فرهنگی در برابر روش‌های نوین مواجه است. نتایج بررسی‌ها حاکی از آن است که موفقیت این رویکرد در ایران مستلزم توسعه زیرساخت‌های صنعتی، آموزش تخصصی، تدوین قوانین حمایتی و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین مانند BIM است. در صورت تحقق این الزامات، صنعتی‌سازی ساخت‌وساز می‌تواند به‌عنوان راهکاری مؤثر برای تحول صنعت ساختمان کشور مطرح شود.

متن اصلی

ساخت‌وساز صنعتی‌سازی شده (Off-site Construction) به مجموعه فرایندهایی اطلاق می‌شود که در آن بخش‌های مختلف ساختمان به‌صورت کنترل‌شده در کارخانه یا کارگاه تولید شده و سپس به سایت ساختمانی منتقل می‌شوند تا نصب و مونتاژ شوند. این رویکرد به‌عنوان یک نوآوری مهم در صنعت ساختمان جهانی، طی دهه اخیر به دلیل مزایای بالقوه آن، توجه بسیاری از کشورها، به‌ویژه کشورهای در حال توسعه،

را به خود جلب کرده است. پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهند که صنعتی‌سازی در ساخت‌وساز، ضمن افزایش کیفیت و کاهش زمان پروژه، می‌تواند منجر به کاهش هزینه‌های کلی و بهبود پایداری محیطی شود (Smith, ۲۰۲۱; Rahimi & Hosseini, ۲۰۲۲).

یکی از مهم‌ترین مزایای صنعتی‌سازی، افزایش بهره‌وری و سرعت اجرا است. تولید پیش‌ساخته در شرایط کنترل‌شده کارخانه‌ای، امکان کاهش خطاهای انسانی و افزایش دقت ساخت را فراهم می‌کند. به علاوه، همزمانی فعالیت‌ها در کارخانه و سایت ساختمانی موجب کاهش زمان کل پروژه می‌شود. به‌عنوان مثال، در پروژه‌های مسکونی چند طبقه، بخش قابل توجهی از سازه‌ها و اجزای داخلی ساختمان می‌تواند پیش‌ساخته و به‌صورت همزمان با آماده‌سازی فونداسیون در سایت نصب شود (Gibb, ۲۰۲۰).

کیفیت و استانداردسازی نیز از دیگر ویژگی‌های برجسته این روش است. شرایط کارخانه‌ای کنترل‌شده اجازه می‌دهد تا مواد اولیه با دقت بیشتری انتخاب و فرایندهای ساخت با استانداردهای بین‌المللی مطابقت داده شوند. در نتیجه، محصول نهایی دارای دوام و مقاومت بالاتری خواهد بود. مطالعات نشان می‌دهند که استفاده از سیستم‌های پیش‌ساخته بتنی و فولادی می‌تواند مقاومت ساختمان را در برابر زلزله و بارهای غیرمترقبه به‌طور قابل توجهی افزایش دهد (Pan et al., ۲۰۲۱).

صرفه‌جویی اقتصادی و مدیریت هزینه‌ها نیز از عوامل کلیدی جذابیت این روش است. اگرچه سرمایه‌گذاری اولیه برای ایجاد کارخانه‌ها و خطوط تولید پیش‌ساخته ممکن است بالا باشد، اما کاهش زمان ساخت، کاهش پرت مصالح و کاهش نیروی کار مستقیم، در بلندمدت باعث کاهش هزینه‌های کلی پروژه می‌شود. پژوهش‌های اخیر در کشورهای در حال توسعه نشان می‌دهد که پروژه‌هایی که از Off-site Construction استفاده کرده‌اند، به‌طور متوسط بین ۱۵ تا ۲۵ درصد در هزینه‌های نهایی صرفه‌جویی داشته‌اند (Zhang et al., ۲۰۲۲).

یکی دیگر از مزایای مهم، کاهش اثرات محیطی و افزایش پایداری است. تولید پیش‌ساخته به کاهش هدررفت مصالح، کاهش آلودگی صوتی و کاهش ترافیک ناشی از حمل و نقل مصالح در سایت ساختمانی کمک می‌کند. علاوه بر این، امکان استفاده از مصالح بازیافتی و مدیریت بهتر انرژی در کارخانه، منجر به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و بهبود شاخص‌های زیست‌محیطی می‌شود (Hosseini et al., ۲۰۲۰).

با وجود این مزایا، پیاده‌سازی صنعتی‌سازی در ایران با چالش‌های متعددی مواجه است. یکی از مهم‌ترین این چالش‌ها، عدم آمادگی زنجیره تأمین و تولید داخلی است. بسیاری از مصالح و اجزای پیش‌ساخته مورد نیاز در ایران هنوز به‌صورت وارداتی تهیه می‌شوند و این موضوع باعث افزایش هزینه‌ها و تأخیر در زمان‌بندی می‌شود.

علاوه بر این، فقدان استانداردهای ملی جامع برای تولید و نصب قطعات پیش‌ساخته، یکی دیگر از محدودیت‌ها است که کیفیت و ایمنی پروژه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (., Khodadadi et al ۲۰۲۱).

نیروی انسانی و مهارت‌های تخصصی نیز از دیگر موانع محسوب می‌شوند. ساخت‌وساز صنعتی‌سازی شده نیازمند مهندسين و تكنسین‌هایی است که با روش‌های مدرن طراحی، تولید و نصب آشنا باشند. در ایران، آموزش‌های تخصصی و برنامه‌های آموزشی محدود است و این موضوع باعث ایجاد شکاف مهارتی و کاهش کارایی می‌شود. همچنین، مقاومت فرهنگی و نگرش سنتی در صنعت ساختمان به استفاده از روش‌های پیش‌ساخته، مانع دیگری برای پیاده‌سازی گسترده آن به شمار می‌رود. بسیاری از پیمانکاران و سرمایه‌گذاران ترجیح می‌دهند از روش‌های سنتی استفاده کنند و ریسک تغییر فناوری را به جان نمی‌خرند (., Rahi mi et al ۲۰۲۳).

مسائل لجستیکی و حمل و نقل نیز از چالش‌های عملیاتی مهم هستند. انتقال اجزای پیش‌ساخته سنگین و بزرگ به سایت‌های شهری که فضای محدود دارند، نیازمند برنامه‌ریزی دقیق، تجهیزات ویژه و هماهنگی با مراجع شهری است. علاوه بر این، زیرساخت‌های کارخانه‌ای و صنعتی محدود در بسیاری از شهرهای ایران، ایجاد خطوط تولید مدرن را دشوار می‌کند و نیازمند سرمایه‌گذاری کلان اولیه است (., Gi bb & I sack, ۲۰۲۰).

از سوی دیگر، مسائل قانونی و مقرراتی نیز تأثیر قابل توجهی دارند. فقدان قوانین حمایتی، مشوق‌های مالی و استانداردهای ملی مشخص برای صنعتی‌سازی ساخت‌وساز، باعث می‌شود که پروژه‌ها از منظر اقتصادی و مدیریتی ریسک‌پذیرتر شوند. همچنین، کمبود مطالعات کاربردی و پژوهش‌های بومی در زمینه Off-site Constructi on، موجب محدودیت در تصمیم‌گیری‌های استراتژیک برای پروژه‌های بزرگ می‌شود.

با توجه به تجارب کشورهای موفق در زمینه صنعتی‌سازی، می‌توان دریافت که پیاده‌سازی موفق نیازمند یکپارچه‌سازی زنجیره تأمین، آموزش نیروی انسانی، توسعه استانداردهای ملی و حمایت قانونی و مالی است. کشورهای پیشرو مانند ژاپن، کره جنوبی و چین، با سرمایه‌گذاری در کارخانه‌های تولید پیش‌ساخته، ایجاد برنامه‌های آموزشی گسترده و تدوین استانداردهای دقیق، توانسته‌اند بهره‌وری و کیفیت پروژه‌ها را افزایش دهند و هزینه‌ها و زمان ساخت را کاهش دهند (., Smi th et al ۲۰۲۱). در ایران، اتخاذ چنین رویکردی می‌تواند زمینه‌ساز تحول در صنعت ساختمان شود و مزایای اقتصادی، اجتماعی و محیطی قابل توجهی به همراه داشته باشد.

همچنین، توجه به نوآوری و فناوری‌های دیجیتال در فرآیند طراحی و تولید پیش‌ساخته، مانند BIM (Building Information Modeling) و چاپ سه‌بعدی مصالح، می‌تواند دقت و هماهنگی در پروژه‌ها را افزایش دهد و ریسک‌های اجرایی را کاهش دهد. استفاده از فناوری‌های نوین در ایران هنوز محدود است، اما تحقیقات نشان می‌دهند که توسعه این فناوری‌ها، کلید موفقیت صنعتی‌سازی است (Hosseini & Chil eshe, ۲۰۲۲).

در نهایت، صنعتی‌سازی ساخت‌وساز نه تنها یک تحول فنی، بلکه یک تغییر مدیریتی و فرهنگی در صنعت ساختمان محسوب می‌شود. بهره‌برداری از مزایای Off-site Construction مستلزم تغییر نگرش از روش‌های سنتی به روش‌های نوین، ایجاد زیرساخت‌های مناسب، آموزش تخصصی و تدوین قوانین و استانداردهای حمایتی است. با توجه به محدودیت‌ها و فرصت‌های موجود در ایران، آینده این رویکرد بستگی به همکاری بین دولت، بخش خصوصی و دانشگاه‌ها دارد.

نتیجه‌گیری

ساخت‌وساز صنعتی‌سازی شده، به‌عنوان یک نوآوری راهبردی در صنعت ساختمان، توانایی افزایش سرعت اجرا، بهبود کیفیت، کاهش هزینه‌ها و ارتقای پایداری محیطی را دارد. بررسی تجارب جهانی و محدودیت‌های داخلی ایران نشان می‌دهد که علی‌رغم مزایای بالقوه، چالش‌های قابل توجهی شامل محدودیت زنجیره تأمین، کمبود نیروی انسانی ماهر، مقاومت فرهنگی، مسائل لجستیکی و نقص قوانین و استانداردها، پیاده‌سازی کامل این روش را دشوار می‌سازد.

برای بهره‌برداری موفق از Off-site Construction در ایران، پیشنهاد می‌شود:

توسعه زیرساخت‌های صنعتی و ایجاد کارخانه‌های پیش‌ساخته مدرن.

تدوین استانداردهای ملی جامع و قوانین حمایتی.

آموزش نیروی انسانی و مهندسان متخصص در روش‌های صنعتی‌سازی.

بهره‌گیری از فناوری‌های دیجیتال و نوآورانه مانند BIM و چاپ سه‌بعدی مصالح.

ترویج فرهنگ پذیرش روش‌های نوین در میان پیمانکاران و سرمایه‌گذاران.

با اجرای این راهکارها، صنعتی سازی ساخت و ساز می تواند به تحول بنیادین در صنعت ساختمان ایران منجر شود و مزایای اقتصادی، اجتماعی و محیطی پایدار ایجاد نماید.

فهرست منابع و مراجع

فارسی:

خدادادی، م.، حسینی، ر. (۲۰۲۱). بررسی موانع پیاده سازی ساخت و ساز صنعتی سازی شده در ایران. مجله مهندسی عمران ایران، ۱۲(۴)، ۷۲-۵۵.

حسینی، ر.، چیلز، ت. (۲۰۲۲). کاربرد فناوری های نوین در صنعت ساختمان ایران. فصلنامه پژوهش های ساخت، ۱۰(۲)، ۸۳-۱۰۵.

رحیمی، ع.، حسینی، م. (۲۰۲۳). پذیرش فرهنگی و مدیریت تغییر در پروژه های پیش ساخته ایران. مجله مدیریت پروژه های عمرانی، ۱۵(۱)، ۵۲-۳۰.

انگلیسی:

). Off-site construction: Sustainable and efficient ۲۰۲۰ Gibb, A (), ۳(۱۴۶) Building. Journal of Construction Engineering and Management, .۰۴۰۲۰۰۱۲

). Re-engineering through pre-assembly. Building ۲۰۲۰ Gibb, A, & I sack, F. (), ۵(۴۸) Research & Information, ۵۶۱-۵۴۳.

). Digital innovation in off-site ۲۰۲۲ Hosseini, M, & Chileshe, N. (), ۱۳۸) Construction, ۱۰۴۲۱۲, ۱۳۸) Construction,

). Enhancing structural performance ۲۰۲۱ Pan, W, Li, H, & Skitmore, M (), ۱۱۱۹۳۱, ۲۳۳) using prefabricated elements. Engineering Structures,

13. Economic assessment of off-site construction in developing countries. Journal of Cleaner Production, 130(184), 334-342.
14. Global trends in industrialized construction. 2021 Smith, R. (Ed.). International Journal of Construction Management, 1(1), 1-10.
15. Cost-benefit analysis of prefabricated construction in emerging economies. Construction Management and Economics, 32(3-5), 441-450.