فضا
دو فصل‌نامه علمی معماری و شهرسازی
۱۴۰۲ ۳ ۲

اثر تکنولوژی بر ارتقای کیفیت ساخت در مجتمع های مسکونی نمونه موردی: مجتمع مسکونی برلیان جنت آباد تهران

فاطمه خدادای آق قلعه*[۱]، خسرو دانشجو[۲]

[۱] پژوهشگر دکتری، گروه معماری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
[۲] دانشیار، گروه معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. نویسنده مسئول.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۰۷ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۰۵/ ۳۱

چکیده

مسکن فراگیرترین، کاربردی‌ترین و در عین حال اجتماعی‌ترین گونه معماری است. کیفیت ساخت مسکن در دهه‌های اخیر دچار تغییرات قابل ملاحظه‌ای شده است؛ که ناشی از تغییرات اجتماعی از یک سو و جهش تکنولوژی از سوی دیگر است. یکی از عوامل تحول در تمام وجه‌های معماری پس از مدرن، تکنولوژی بوده است. تکنولوژی امروز نقشی فراتر از سازه در معماری دارد؛ از همین رو آشنایی با تکنولوژی و فناوری‌های نوین ساختمانی نیاز مبرم مهندسین در این دهه (معاصر) می-باشد. نیاز به بهره‌گیری از تکنولوژی‌های ساخت متناسب با رشد هر جامعه و بهره‌گیری از فناوری در سایر صنایع و توانایی-های اجرای آن جامعه متغیر است. امروزه تکنولوژی ابعاد زندگی انسان را چنان متأثر ساخته که عده‌ای از صاحب‌نظران بر این باور بودند؛ به زودی انسان و جهان به تسخیر تکنولوژی (فناوری) درخواهند آمد. تلاش بشر همواره در راستای ایجاد بهبود امکانات زندگی، بهره‌مندی از شرایط عادی، فرهنگی و اجتماعی بهتر و بیشتر بوده است. در این پژوهش، جمع‌آوری داده‌ها به روش کتابخانه‌ای و استخراج برخی مولفه‌ها، از طریق استدلالی انجام شده است که در قالب جدول تطابق نظیر به نظیر، میان دو حیطه‌ی مدنظر مقاله در میان اساتید آشنا به هر دو حوزه به پیمایش گذاشته می‌شود. تحقیق از بعد هدف مطالعه، یک تحقیق کاربردی است. گردآوری داده‌ها به روش میدانی با ابزارهای مصاحبه و پرسشنامه سه بخشی بین ساکنان مجتمع مسکونی برلیان جنت آباد تهران انجام گرفته است. تجزیه و تحلیل داده‌ها، به کمک تحلیل استنباطی است که بیشترین هماهنگی را با روش تحقیق توصیفی- تحلیلی دارد. تجزیه و تحلیل از طریق آزمون پارامتری مقایسه میانگین در نمونه‌های جفتی با مدل ای اچ پی (AHP) انجام شده است. نتیجه‌ی تحقیق نشان می‌دهد از بین مولفه‌های شناسایی شده: سهولت در نگهداری و تعمیرات، دوام و عمر مفید، تجانس بصری و عملکردی و تنوع (عدم محدودیت در طراحی) از جمله مولفه های تاثیرگذار بود.

واژگان کلیدی: صنعتی سازی، تکنولوژی، کیفیت ساخت مسکن، مدل تحلیلی AHP، مجتمع مسکونی برلیان جنت آباد تهران

مقدمه

حضور تکنولوژی به صورت جدی در معماری را می‌توان به بعد از عصر صنعتی‌شدن نسبت داد. دوره‌ای که منجر به شروع عصر مدرنیته شد. لذا فناوری یکی از مظاهر مدرنیسم به خصوص در صنعت ساخت و ساز مسکن است. امروزه تکنولوژی ابعاد زندگی انسان را چنان متأثر ساخته تا جایی که عده‌ای از صاحب‌نظران بر این باور هستند که به زودی انسان و جهان به تسخیر تکنولوژی درخواهند آمد. تلاش بشر همواره در راستای ایجاد بهبود امکانات زندگی، بهره‌مندی از شرایط عادی، فرهنگی و اجتماعی بهتر و بیشتر بوده است و برای رسیدن به آن تولید بیشتر و بهینه را هدف اساسی خود قرار داده است. با ورود به قرن بیست و یکم روند جهانی سازی و برداشتن مرزهای اقتصادی و فشردگی رقابت تشدید یافته و موجب افزایش بیش از پیش اهمیت تکنولوژی گردیده است. جریان‌های صنعتی شدنو به پیرو آن جهانی شدن تمام جوامع را دچار تحول کرده است. تنها با تفسیر پیشرفت‌های فنی، لحظه به لحظه در عصر جدید، ذهن با چالش‌های فراوانی روبروست. ورود فناوری به یک جامعه، چالش‌ها و کثرت‌گرایی‌هایی را در زمینه های مختلف به خصوص صنعت ساختمان مطرح می‌کند. در چند دهه اخیر درباره صنعت ساختمان تحقیقات بسیار گسترده ای انجام شده که مأمن بسیار گسترده ای برای ابداعات و نوآوری های فن‌آوری است (قهرمانی،۱۳۸۷). نیازهای روز افزون در بخش ساختمان و نظام ساخت و ساز نیاز به تحول و اصلاح ساختاری را طلب می نماید. در چنین شرایطی لزوم استفاده از فن‌آوری جدید در صنعت ساختمان، جهت سرعت‌دهی بیشتر به ساخت و ساز بیش از زمانهای گذشته احساس می‌شود. تغییرات در زمینهٔ صنعت ساختمان به دلایل بسیار زیاد و مختلفی چون افزایش تولید، کاهش هزینه‌های ساخت و ساز، رسیدن به تقاضای موجود، ارتقای استانداردها، کاهش استفاده از زمین و معرفی سیستم‌های سازه‌ای مناسب، کاهش هرچه بیشتر ضعف برخی مصالح سنتی، برطرف‌کردن کمبود نیروی انسانی ماهر مورد نیاز است. (Fallah ,2011,۵۸). صنعت ساخت و ساز موفق برای همه ما از آنجا ضروری است که ضرورت استفاده از فن‌آوری‌های جدید ساختمانی به منظور افزایش سرعت ساخت، سبک سازی، افزایش عمر مفید ،کاهش هزینه‌ها و نیز بهبود الگوی مصرف انرژی ساختمان‌ها را بیش از پیش مطرح ساخته است. مثلثی از اهداف پروژه، هزینه، کیفیت و زمان به خوبی شناخته شده و توجه نمودن به مقوله صنعت و بهره‌مندی از فناوری‌های نو نقش و اهمیت ویژه‌ای دارد. علاوه بر لزوم ساخت ساختمان‌های جدید، کیفیت ضعیف فرآیند ساخت، باعث تسریع استهلاک ساختمان‌های موجود شده و در نهایت، تقاضا برای ساختمان‌های جدید را افزایش می‌دهد (Arbabian,۱۹۹۷,۷۵). امروزه با پیشرفت تکنولوژی و ساخت ساختمان به عنوان یک محصول صنعتی، تامین صنعتی مصالح برای افزایش سرعت اجرا و کاهش هزینه ها امری اجتناب ناپذیر به نظر می‌رسد، در واقع برای تولید مسکن با کیفیت، ارزان و انبوه دیگر روش‌های سنتی ساخت وساز جوابگوی تقاضای موجود جامعه نیستند، بنابراین ارتقا کیفیت در تولید مصالح، شیوه‌های طراحی و اجرا، سرعت بخشیدن به روند ساخت و ساز، رقابت در پیشرفت تکنولوژی، استفاده بهینه از نیروی کار و بهره‌گیری از تکنولوژی‌های نوین ساخت، جز مولفه‌های تاثیرگذار در این صنعت به شمار می‌آیند.

لذا این پژوهش بر آن است تا به بررسی جایگاه تکنولوژی بر ارتقای کیفیت ساخت در مجتمع مسکونی برلیان جنت آباد تهران بپردازد. جایگاه فناوری در معماری، مباحث و دیدگاه‌های مختلفی را موجب می‌شود، اما بدون شک برآورده‌کردن نیازهای کاربران در معماری مستلزم تسلط و بهره‌جویی از فناوری در ابعاد مختلف آن است. منتقدین معتقدند استفاده از فناوری به تنهایی نمی‌تواند پاسخگوی همه موضوعات و مسائل باشد. تاثیر فناوری در زمان، کیفیت، هزینه، مصرف منابع، کارایی و در نهایت دستاورد نهایی که پیوند خورده با مفاهیم و اهداف معماری پایدار است، غیر قابل چشم پوشی است. در این میان فناوری سخت‌افزاری ساختمانی به تجهیزات، مصالح، فرآیندهای صنعتی و راهکارهای فراساختاری مرتبط است و فناوری نرم افزاری نظیر سیستم ها، مدل‌های ذهنی و ابزارهایی است که تصمیم‌گیری، بررسی و ارزیابی را میسر می‌کند. جامعه با کمبود میلیونی مسکن و پدیده بدمسکنی مواجه است که با استفاده از تکنولوژی‌های نوین در صنعت ساخت و ساز و تولید مسکن به صورت انبوه، عرضه و تقاضا را با همدیگر هماهنگ کرده است. در تولید انبوه مسکن که به صورت مختلف

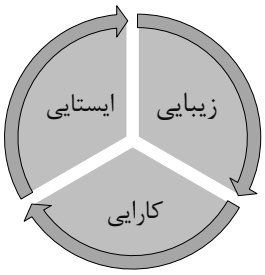
امکان‌پذیر است، اهداف زیر وجود دارند: ۱. استانداردبودن ۲. ارزان بودن ۳. ارتقای کیفیت ۴. سبک بودن ۵. سرعت کار و کاهش زمان اجرا و در این میان تکنولوژی عامل تعیین‌کننده‌ای برای نیل به این اهداف می‌باشد. کشورهای پیشرفته توجه ویژه‌ای به امر خلق و توسعه تکنولوژی دارند و در سطوح مختلف مدیریت تکنولوژی برای آن برنامه‌ریزی می‌کنند. نیاز به بهره‌گیری از تکنولوژی ساخت متناسب با رشد هر جامعه و بهره‌گیری از فناوری در سایر صنایع و توانایی‌های اجرای آن جامعه متغیر است. چنین نیازهایی است که بعضا به نوآوری‌ها و یا انتقال فناوری می‌انجامد. انتخاب تکنولوژی‌های ساخت، پیش درآمد انتقال آنهاست و در هر گزینش، هماهنگی بین اجزا با محیط بسیار مهم است و نیاز به مطالعه کافی دارد (گلابچی، ۱۳۸۵). تاثیر فناوری‌های روزآمد و پیشرفته در توسعه معماری شهرسازی معاصر نقش اساسی دارند. در این میان با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین در صنعت ساخت و ساز مسکن بر اساس سه اصل ویترویوس در معماری شامل "ایستایی"، "زیبایی" و " کارایی" می‌توان موجب ارتقای کیفیت ساخت شد.

هدف اصلی پژوهش: واکاوی ارتباط تکنولوژی و کیفیت ساخت در مجتمع‌های مسکونی
پرسش اصلی پژوهش: چه رابطه‌ای میان ویژگی عوامل تکنولوژی و کیفیت ساخت در مجتمع مسکونی وجود دارد؟
فرضیه پژوهش: ارتقای کیفیت ساخت در مجتمع مسکونی برلیان جنت آباد با ویژگی‌های تکنولوژی همبستگی دارد.

پیشینه پژوهش

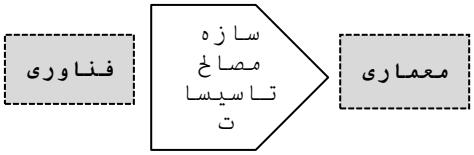
تکنولوژی: واژه مرکب «تکنولوژی» ترکیبی از «تکنیک» به معنای فن؛ و پسوند «لوژی» به معنای «شناسی» و با معنای تحت الفظی، «فن شناسی» است. «تکنولوژی را می‌توان تمام دانش، محصولات، فرآیندها، ابزارها، روش‌ها و سیستم‌هایی تعریف کرد که در جهت خلق و ساخت کالاها و ارائه خدمات به کار گرفته می‌شوند. به زبان ساده، تکنولوژی عبارت است از روش انجام کارها توسط انسان» (تقی زاده، ۱۳۸۵). «تکنولوژی یعنی دانش مربوط به فعالیت‌های علمی و صنعتی مشتمل بر طراحی، طرز کار، طرز تهیه، نگهداری و استفاده از وسایل، ابزار و ماشین‌آلات» (بهرام غفاری، ۱۳۷۶).

فناوری: منشاء واژه‌های تکنیک و فناوری برگرفته از ریشه یونانی تکتونیک و عبارت از امری است؛ که به تخنه تعلق دارد. تخنه در یونان باستان به صنایع دستی مهارت هنر و علم کاربردی دلالت داشت (Kemerling,۲۰۰۱,53). در این میان ویترویوس[۱] کیفیت‌های لازم اجرا معماری را در سه رده اصلی ایستایی[۲]، زیبایی[۳] و کارایی تقسیم‌بندی کرد (Vitruvius,۱۹۱۴,46). حضور تکنولوژی (فناوری) به صورت جدی در معماری را می‌توان به بعد از عصر صنعتی‌شدن نسبت داد. دوره‌ای که منجر به شروع عصر مدرنیته شد. فناوری یکی از جلوه‌گاه‌های مدرنیسم است، و به صورت سیستم‌های کالبدی در قالب سازه، سیستم‌های تأسیساتی و غیره که هر کدام به صورت خودمختار و خودکار سعی در کنارزدن طبیعت و به دست گرفتن امور کرده اند، وارد معماری شده است.



تصویر۱: سه اصل ویترویوس
(Vitruvius,۱۹۱۴,46)

تصویر۲: نحوه ورود فناوری به معماری (پرویزی و همکاران، ۱۳۹۴)



فناوری عصر صنعت، هم پاسخگو به مسائل موجود بود و هم صورت مساله جدید ایجاد می‌کرد. چنانکه میس وندروهه در ۱۹۲۴ در ساختمان‌سازی صنعتی شده مدعی شد؛ که تمامی مشکلات اجتماعی، اقتصادی و هنری به وسیله فناوری حل خواهند شد (Jencks,1997,40). زیگفرید گیدئون در ۱۹۲۹ بیان داشته: توسعه اخیر در امر ساختمان بی‌تردید حول قضیه مسکن و به خصوص مسکن برای عموم آدمیان متمرکز بوده است (Shayanfar,2003,78). و اهمیت این امر را لوکوربوزیه در سال ۱۹۲۵ در نمایشگاه بین‌المللی هنرهای تزئینی پاریس به صورت نمونه اولیه واحد مسکونی خود به نام "غرفه روحیه نوین" متذکر شد (Lecorbu,1958,8).

انبوه‌سازی نیز نتیجه تقلیل انسان به نیازهای ابتدایی است که برای جمع کثیری از بشر ساختمان‌های یکسان می‌سازد .لوکوربوزیه در مورد انبوه‌سازی مسکن می‌گوید: عصر بزرگی آغاز شده و روح جدیدی وجود دارد، تا ما از قلب و ذهن خود تمام افکار مرده مربوط به خانه را بزداییم و به پرسش از منظری انتقادی و ابژکتیو بپردازیم. می‌توانیم به (خانه-ماشین) نایل شویم و تولید انبوه خانه‌ای سالم و زیبا به زیبایی ابزار کار و وسایلی که در بودن (زیستن) ما مشارکت دارند، داشته باشیم. به این ترتیب ماشین به عنوان کالایی صنعتی مطرح می‌شود. فناوری باید و خواهد توانست مصالح ساختمانی را اختراع کند که بتوان به طریق فناوری آنها را تولید کرد و به طور صنعتی آنها را به کار برد. مصالحی که محکم و مقاوم در برابر شرایط آب و هوایی بوده همچنین صداگیر و با قابلیت‌های خوب عایقکاری است. چنین مصالحی باید سبک باشد که نه تنها امکان روند صنعتی‌کردن ساختمان را فراهم آورد، بلکه دعوت به چنین کاری نیز بنماید (Jencks,1997,27). در نتیجه موضوع با اهمیت برای این کالای تولید صنعت، تولید انبوه و رعایت استانداردهای کلی بود. لذا بستر تولید اهمیتی نداشت و سبک تولید، سبک بین الملل بود.

جدول ۱: مقایسه ای بین معماری و فناوری (پرویزی و همکاران، ۱۳۹۴)

ردیف	معماری	قابلیت فناوری در معماری
۱	باتوجه به مهارت و توان فرد و امکانات موجود، طرح و الزامات فنی آن، روش و طریقه ساخت و سایر جزئیات لازم را بیان می‌کند.	ابزار ساخت و تولید و روش آن، توان ماشین و شیوه عمل و ... را بیان می‌کند.
۲	باتوجه به نیازهای معنوی و مادی انسان فضا را سازماندهی می‌کند.	در زمینه سازماندهی فضا به وسیله ابزار و فن، مصالح و شیوه ساخت به معماری کمک می‌کند.
۳	معماری در عین توجه به خلاقیت و زیبایی، به کارایی و سودمندی هم، از طریق دانش و فن روز توجه می‌کند.	فناوری با استفاده از علم و دانش روز و توان و ابزار ساخت و ... در پاسخ به نیازهای زیبایی شناسانه و خلاقیت و کارایی به معماری کمک می‌کند.

صنعت ساختمان: روش‌های مدرن ساخت و ساز دامنه گسترده‌ای از فن‌آوری از جمله ساخت و ساز پیش‌ساخته و یا ساخت در محل است. در حالی که که تمایز بین ساخت و ساز و تولید از هم‌پوشانی آشکار و یا ارتباط نزدیک برخوردار است (Gambin,2012,12). روش‌های مدرن ساخت و ساز که شامل طیف وسیعی از فرآیندها و فن‌آوری که شامل پیش ساخته، مونتاژ خارج سایت و فرم‌های مختلف از مشخصات زنجیره تامین را تعریف می‌کند که تحت شرایط کنترل شده باعث کنترل بازه‌های زمانی و دقت در پیش‌بینی تاریخ اتمام و محدودیت محدود به دسترسی به محل شده و عوامل خطر ساز کمتری موجب می‌شوند (Buildoffsite,2009,5). هدف از ساخت و ساز، ایجاد تفاوت در انجام پروژه‌های بزرگ و منحصر به فرد است که نیازمند زمان، پول، نیروی کار، تجهیزات و مواد و نمونه‌هایی از انواع منابع است. ساختمان چرخه طراحی مصالح ساختمانی، قطعات، سیستم‌های اطلاعاتی و شیوه‌های مدیریتی برای ایجاد محیطی امن و سالم است که به تسهیل و پیش بینی تغییرات آینده و انطباق احتمالی برای از بین‌بردن بازیابی تمام سیستم ها، قطعات، و مواد منجر می شود. (Brinkley,2012,9).

صنعتی سازی[۴] ساختمان: در قرن ۱۹ میلادی، بحران مسکن به‌ویژه برای طبقات کم‌درآمد و کارگر و همچنین وجود شرایط نامساعد منتج از تشکیل محالت فقیرنشین پرجمعیت در اروپا، نیاز فوری به راه‌حل‌ها و روش‌های ساختمان‌سازی اقتصادی و جدید را طلب می‌کرد. در این راستا، سیاست‌مداران و طراحان تحت تأثیر توسعه‌های صنعتی اذعان داشتند کیفیت و کمیت در ساخت مسکن تنها توسط تکنیک‌های مناسب جدید بدست می‌آید (ایشتایب ۱۳۸۹، ۲۵). لوکوربوزیه که به سرعت، پیشرفت‌های صنعتی فرمال و تکنیکی را ترکیب کرده بود؛ در کتاب خود با عنوان «به سوی معماری نوین» آورده است: «دوران جدیدی آغاز شده است. خانه‌سازی یک مشکل در زمان ماست و توازن ساختار اجتماعی ما به حل آن بستگی دارد. لذا صنعت باید توانایی هدایت ساختمان‌سازی و تولید انبوه عناصر مجزای ساختمان را داشته باشد». این بیانیه‌ها و تلاش‌های کنگره سیام بی‌تأثیر نماند و اثرات شگرفی در ساختمان‌سازی قرن بیستم ایجاد کرد. چنانکه سهم ساختمان‌سازی صنعتی در جهان نسبت به حجم کل ساختمان‌سازی به سرعت در حال رشد است. صنعتی سازی در معنای عام خود به عنوان یک روند تغییر اجتماعی- اقتصادی تعریف می‌شود که طی آن جامعه از حالت غیرصنعتی به صنعتی تبدیل می‌گردد (ایشتایب ۱۳۸۹، ۲۵). در دیدگاهی دیگر اصطلاح صنعتی‌سازی ساختمان برای توصیف و در بر گرفتن مفاهیم مدول‌سازی، پیش ساخته‌سازی و مونتاژ بکار می‌رود و به مفهوم هزینه‌کردن در تجهیزات، امکانات و تکنولوژی با هدف افزایش خروجی، کاهش کار دستی و ارتقای کیفیت می‌باشد و مشخصه‌هایی چون تمرکز تولید، تولید انبوه، استانداردسازی، تخصص، سازماندهی مناسب و همگرایی، جزو شرایط لازم برای موفقیت این فرآیند هستند (سبستاین، ۲۰۰۳، ۸). اصطلاح صنعتی‌سازی در رشته‌ی ساخت-وساز ساختمان از جمله عباراتی است که ارائه‌ی تعریفی واحد و دقیق از آن به سادگی امکان‌پذیر نیست. تعریف صنعتی‌سازی ساختمان تا حد زیادی به شرایط و ویژگی‌های کشورهای مختلف و میزان صنعتی بودن آنها مربوط می‌شود و در نتیجه ممکن است برای این اصطلاح در مناطق مختلف تعاریف گوناگونی ارائه شود.

دکتر جلیل اولیا، اصول هفتگانه‌ای را برای صنعتی‌سازی ساختمان برشمرده است:

اصول ۷ گانه صنعتی سازی ساختمان:

- تخصصی نمودن کارها : (قابلیت کنترل کیفیت، افزایش کیفیت محصولات) (اولیا، ۱۳۷۹، ۱۸).
- تقسیم عملیات ساختمانی : (سرعت بالای ساخت، قابلیت کنترل کیفیت، تخصصی‌نمودن کارها) (اولیا، ۱۳۷۹، ۱۸).
- استانداردسازی: (قابلیت کنترل کیفیت، سرعت بالای ساخت، تولید انبوه) (Chung,2006,21).
- هماهنگی مدولار: (سرعت بالای ساخت، کاهش پرت مصالح و تولید زباله در حین ساخت، محدودیت در طراحی، تنوع کم محصولات و یکنواختی نسبی و شباهت ساختمان ها) (پیربابایی، ۱۳۸۸، ۷۲).
- پیش‌ساخته‌سازی:(سرعت بالای ساخت، کاهش عملیات ساخت در محل، کاهش مصالح و تولید زباله در حین-ساخت، قابلیت زیاد بازیافت مصالح، کاهش حجم نخاله‌های ساختمانی در پایان عمر ساختمان، تنوع کم محصولات و یکنواختی نسبی و شباهت ساختمان ها) (اولیا، ۱۳۷۹، ۲۱).
- تولید انبوه: (سرعت بالای ساخت، تولید ارزان‌تر مسکن، کاهش پرت مصالح و تولید زباله در حین ساخت، تنوع کم محصولات و یکنواختی نسبی و شباهت ساختمان ها) (قهرمانی ، ۱۳۸۷،۹۰).
- مکانیزه شدن: (تخصصی نمودن کارها، تولید انبوه، سرعت بالای ساخت، تولید ارزان‌تر مسکن، افزایش کیفیت محصولات، تنوع کم محصولات و یکنواختی نسبی و شباهت ساختمان ها) (وفامهر، ۱۳۹۲، ۳۳).

تخصصی نمودن کارها: بدین معنا که ساختمان به صورت قطعات و عناصر گوناگون بررسی و ساخته می‌شود و برای ساخت هر قطعه، متخصص مربوطه و خط تولید مخصوص به آن مورد نیاز است. از سوی دیگر روش‌های صنعتی‌سازی گوناگونی وجود دارد که هر یک نیروی مجری متخصص خود را می‌طلبد و مانند روش‌های سنتی عرصه‌ای عمومی و همه شناس نیست (اولیا، ۱۳۷۹، ۲۱). تقسیم عملیات ساختمانی: با توجه به طراحی و اجرای ساختمان به صورت قطعات مجزا، الزام است عملیات ساختمانی شامل خطوط ساخت قطعات و سرهم‌بندی آنها از یکدیگر مجزا شده و توسط خط تولید و متخصص مربوط به خود انجام گیرد (همان). استانداردسازی: برای ساخت یک ساختمان با ساختار پیچیده و تعدد عناصری که دارد؛ هماهنگی کیفی و کمی دقیقی میان عناصر ساختمان با هم و روش‌های مونتاژ آنها ضروری است. استانداردسازی به معنای تعریف حدود و وجوه کیفی و کمی معین برای هر قطعه‌ی ساختمانی است که قابل سنجش بوده و قابلیت مونتاژ در ساختمان و میان دیگر قطعات را داشته باشد. برخی محققان سیستم‌های ساخت صنعتی را به عنوان انبوه‌سازی اجزای ساختمانی در کارخانه یا کارگاه با ابعاد و اشکال استاندارد تعریف کرده اند که قطعات پس از تولید به محل کارگاه حمل شده و بر اساس یک استاندارد به هم متصل می‌شوند تا به شکل یک ساختمان در آیند (Chung,2006,21). هماهنگی مدولار: تولید مدولار مبنای تولید انبوه برای توسعه بازار محصول و کنترل هزینه‌ها معرفی شده است. ساخت مدولار که از اصول صنعتی‌سازی ساختمان می‌باشد با عدم تنوع مترادف نیست (پیربابایی، ۱۳۸۸، ۷۲).

پیش ساخته‌سازی: یکی از مهم‌ترین و موثرترین روش‌های صنعتی‌سازی ساختمان، پیش‌ساخته‌سازی است که اصول کلی صنعتی‌سازی را با خود دارد و مزایای بسیاری را شامل می‌شود. در روش پیش‌ساخته‌سازی بعلت استقلال ساخت از شرایط آب و هوایی، سرعت ساخت بسیار بالا است و در مواردی که تولید در تیراژ بالا انجام گیرد این سرعت کاملا چشمگیر خواهد بود ضمن آنکه صرفه اقتصادی آن می‌تواند بالا باشد (اولیا، ۱۳۷۹، ۲۱). مکانیزه شدن: یکی دیگر از ویژگی‌های انقلاب صنعتی که به حیطه ساختمان‌سازی وارد شد بکارگیری ماشین‌آلات بجای انسان در فرآیند تولید و ساخت بود. راندمان کار یک انسان یک درصد است در حالی‌که راندمان یک ماشین حداقل ۲۰ درصد می‌باشد، لذا استفاده از نیروی انسان در ساخت سازهایی که بتوان ماشین را جانشین انسان نمود، به صرفه نمی‌باشد(وفامهر، ۱۳۹۲، ۳۳). این امر تا حدی در سرعت و کیفیت ساخت صنعتی اثر مثبت گذاشته و از اصول ضروری آن محسوب می شود (اولیا، ۱۳۷۹، ۳۳). تولید دستی عناصر ساختمانی کم کم با تکنیک های ساخت مکانیکی جایگزین شده اند. پیش نیاز این تحول، نظم بسیار دقیق در ابعاد عناصر و اجزایی است که به عنوان مبنا در استانداردسازی به کار می‌رود (وفامهر ۱۳۹۲، ۳۳).

با جستجو در ادبیات این موضوع و پژوهش‌های سابق می‌توان موارد زیر را بعنوان مزایا و معایب این روش نام برد:

سرعت بالای ساخت و تولید انبوه: مواردی نظیر انبوه سازی، تکنولوژی‌های نوین، پیس ساختگی و ... در راستای سرعت بخشیدن به فرآیند ساخت و تولید ساختمانی و عرضه مسکن از جمله راهکارهای پیش روی مسکن ایران می‌باشند (دانشپور، ۱۳۹۱، ۶۸؛ قهرمانی ، ۱۳۸۷،۹۰). روش های سنتی ساخت بدلیل طولانی‌بودن زمان اجرا و اتلاف انرژی، از منظر مدیریت ساخت و هزینه با معایب فراوانی روبروست (حسینعلی‌پور، ۱۳۸۹،۳۲۷؛ اولیا، ۱۳۸۹،۶).

مهم‌ترین دستاورد روش‌های صنعتی، امکان بیشترین بهره‌وری اقتصادی از حیث کم‌کردن مدت زمان اجرا است (رضایی نامدار، ۱۳۸۹،۷۶).

تولید انبوه: از دیگر اصول صنعتی‌سازی که از ضروریات است حجم بالا تولید است. مزایایی که از صنعتی‌سازی انتظار می رود غالبا در تولید با تیراژ بالا قابل حصول می‌باشد (اولیا، ۱۳۷۹، ۲۱؛ Warszawski,1999,27؛ وفامهر، ۱۳۹۲، ۳۴).

تولید ارزانتر مسکن: در رابطه با مسکن اقشار کم درآمد، با توجه به مهاجرت دائمی روستاییان، تولید مسکن با مشکلات نبود سرمایه، زمان کافی و تکنولوژی ساختمانی مناسب روبرو است. راهکارهای ارائه شده نشان از نیاز به یک روش قابل کنترل،

سریع و ارزان در تولید ساختمان های مسکونی دارد. برای حمایت از قشر کم درآمد لزوم کاهش قیمت ساخت مسکن تنها راه ممکن است (رحیم پور، ۱۳۹۱، ۷۵). در روش‌های صنعتی ساخت و ساز به علل گوناگونی نظیر امکان مدیریت مناسب، تولید در مقیاس وسیع و کاهش چشمگیر زمان ساخت، هزینه‌های ساختمانی کاهش محسوسی خواهد داشت (رضایی نامدار، ۱۳۸۹، ۲۳). مزیت اصلی ساختمان با اجزای پیش‌ساخته در مقایسه با فنون ساختمانی سنتی، واجد کیفیت مرغوب‌تر و پایدارتر به واسطه تولید در کارخانه است. در این شرایط زمان تولید در محل و هزینه‌ها کاهش می‌یابد. استانداردسازی امروزی در واقع ترکیب واحدهای ساختمانی پیش‌ساخته صنعتی با اجزای تولید شده در سایت به منظور ایجاد عناصر پیچیده تر است (ایشتایب، ۱۳۸۹،۴۲) و در همین راستا به کارگیری متناوب و گسترده اجزای پیش‌ساخته و تولید شده با روش‌های صنعتی به منظور کاهش هزینه‌ها ضروری است (اولیا، ۱۳۸۹، ۶؛ خرد رنجبر، ۱۳۹۰، ۷۶؛ رضایی نامدار، ۱۳۸۹، ۸۹؛ وفامهر، ۱۳۹۲، ۳۴؛ بشاش، ۱۳۸۳، ۴۳؛ Warszawski,1999,27).

قابلیت زیاد بازیافت مصالح: باتوجه به قابلیت جداسازی قطعات ساختمانی در برخی روش‌های صنعتی ساخت، می‌توان به درصد بالایی از بازیافت[۵] مصالح و در برخی موارد استفاده مجدد[۷] آنها دست یافت که از دیدگاه معماری پایدار و دوستدار محیط زیست یک امکان ارزشمند محسوب می‌گردند. این ویژگی اخیر، که در اکثر روش‌های صنعتی وجود دارد، سعی در دخالت حداقل در محیط زیست و تخریب حداقل طبیعت را دارد.

قابلیت کنترل کیفیت: روش‌های صنعتی‌سازی بعنوان یکی از روش‌های مناسب با قابلیت حداکثر نظارت و کنترل کیفیت محسوب می‌شود (علیمردانی، ۱۳۸۴، ۳۲) بطور کلی عوامل بهره‌گیری از صنعتی‌سازی ساختمان را در قابلیت نظارت بهتر می‌توان جستجو کرد (بشاش، ۱۳۸۳، ۴۴؛ اولیا، ۱۳۸۹، ۶؛ خرد رنجبر، ۱۳۹۰، ۷۶؛ علیمردانی، ۱۳۸۴، ۵۴؛ وفامهر، ۱۳۹۲، ۳۴؛ Warszawski,1999,35).

کاهش حجم نخاله‌های ساختمانی در پایان عمر ساختمان: روش‌های سنتی ساخت و ساز بدلیل سنگینی مصالح و آوارهای ساختمانی و نیز حجم بالای نخاله‌های ساختمانی ، که دوره‌های بازیافت بسیار طولانی در طبیعت دارند، با خطرات جانی و زیست‌محیطی همراه است. لذا بسیاری از روش‌های صنعتی‌سازی بواسطه قابلیت زیاد بازیافت مصالح و افزایش عمر مفید ساختمان‌ها، نخاله‌های ساختمانی بسیار کمتری تولید می‌کنند که به لحاظ همراهی و هماهنگی با طبیعت پارامتر مهمی به نظر می‌رسد (Vivian,2007,12 ؛Hendriks,2000,49).

کاهش پرت مصالح و تولید زباله و حفاظت از محیط زیست: با توجه محاسبات دقیق و برنامه‌ریزی مناسب در روش‌های تولید صنعتی ساختمان، پرت مصالح و تولید زباله در حین ساخت به حداقل ممکن می‌رسد. این امر نه تنها در بعد اقتصادی بلکه در نظافت اجرا و حداقل مزاحمت برای معابر شهری و همسایگان اهمیت ویژه‌ای دارد. سیستم‌های صنعتی ساختمان‌سازی بیشتر از تکنیک‌های ساخت در جای متداول ضوابط بهره‌وری سبز را پاسخ می‌دهند (Outhred,1995,99؛ Vivian,2007,12 ؛Hendriks,2000,49).

عدم امکان طراحی بهینه و محدودیت‌های طراحی: با توجه به لزوم رعایت ابعاد و اندازه‌های مدولار و رعایت الزامات هر یک از روش‌های صنعتی‌سازی، طراحی ساختمان‌های صنعتی‌ساز با چالش‌های فراوانی روبروست. روش‌های صنعتی‌سازی ساختمان باید با برنامه‌ریزی دقیق و از قبل تعیین شده وارد پروسه طراحی و تولید شوند. این امر باعث شده است که ایجاد تغییرات در حین اجرا در طرح اندکی با محدودیت و به سختی امکان‌پذیر باشد و حتی پروسه اجرا با وابستگی به عوامل اجرایی ثابت، نسبت به پیشبرد خود با نیروهای‌محلی و بومی اندکی با مشکل روبه‌رو باشد (وفامهر، ۱۳۹۲، ۳۹؛ Durmisevic,2000,88). در واقع سیستم‌های صنعتی در برابر تغییرات مورد نیاز در ساختمان، در طول دوره زندگی

اقتصادی خود، صلب بودند. این مورد به ویژه زمانی که فضاهای پیش ساخته در ابعاد یک اتاق و با دهانه کم مورد استفاده قرار می‌گرفتند آشکارتر می‌شد (Warszawski,1999,32).

تنوع کم محصولات و یکنواختی نسبی و شباهت ساختمان‌ها: یکی از مهم‌ترین اصول تولید صنعتی، تولید انبوه است که در گذشته به سری‌سازی تعبیر می‌شد که بخاطر پیروی از یک الگو و طرح مشترک، به لحاظ ظاهری شباهت بسیاری میان تولیدات یک خط تولید به وجود می‌آید. این شباهت امروزه با پیدایش سیستم های باز[۸] محصولات با اندکی آزادی و انعطاف می‌توانند تفاوت‌هایی پیدا کنند. با این حال هنوز میان تولیدات صنعتی تنوع بسیار کمی دیده می‌شود که منجر به یکنواختی و شباهت ساختمان‌های صنعتی‌ساز به یکدیگر می‌شود (اولیا، ۱۳۷۹، ۴۶). شایان ذکر است صنعتی‌سازی فقط به معنای پیش‌ساخته‌سازی نمی‌باشد و شامل مونتاژ اولیه، مودوالریزاسیون و کاربرد تکنولوژی نوین در پروسه ساخت و ساز نیز می‌باشد. در شیوه تولیدصنعتی قطعات ساختمانی از قبیل بلوک‌ها، تیرچه‌ها، پانل‌های پیش، تیره‌ها و ستون‌ها، شبکه‌های فلزی و ... بر اساس استانداردها ساخته شده و به صورتی صنعتی یا مکانیزه نصب می‌گردند. بنابراین صنعتی‌سازی ساخت مسکن مزایایی طبق جدول2 به همراه دارد.

جدول ۲: مزایای صنعتی‌سازی ساخت مسکن (Warszawski,1999,32).

ردیف	مزایای صنعتی‌سازی ساخت مسکن
۱	افزایش استحکام، مقاومت و عمر مفید ساختمان در مقابل حوادث طبیعی تا یکصد سال
۲	بالا بردن کیفیت قطعات با استفاده از تکنولوژی نوین
۳	کاهش وزن ساختمان (سبک سازی) با استفاده از مصالح و فرآورده های ساختمانی پیش‌ساخته و با به کارگیری فناوری‌های نوین
۴	استانداردکردن تولیدات و سازماندهی تولید، توزیع و اتحاد نیروها در تمام مراحل انجام فرایندهای ساختمانی
۵	ساخت در کارخانه و حذف آزمون و خطا و امکان کنترل و بالارفتن کیفیت فرآیند تولید
۶	انتخاب دقیق مصالح و استفاده آسان از ابزارهای ساختمانی و کنترل کیفیت بسیار دقیق
۷	کاهش ضایعات و آلودگی محیط زیست با کاهش و حذف روش سنتی ساخت و ساز
۸	قابلیت کنترل زمانی ساخت و برنامه ریزی مناسب در فصل های نامناسب کاری
۹	کاهش اتلاف و صرفه جویی بالا در مصرف انرژی در ازای به کارگیری تکنولوژی‌های نوین و رعایت استانداردها
۱۰	امکان اشتغال دائمی نیروی کار در همه فصول سال با تاکید بر آموزش نیروها
۱۱	تسریع در عملیات احداث و کاهش دوره ساخت و ساز

صنعت ساخت و ساز برای مدتی طولانی تحت تأثیر رقابت در هزینه‌ها بوده است. با توجه به شرایط رقابتی و نیز متغیرهایی نظیر تغییرات جمعیتی، شرایط آب و هوایی و رقابت در عرصه بین المللی صنعت ساختمان سازی، در دراز مدت نیاز به نوآوری‌های متعدد و انطباق دائم با نیازهای مشتری دارد. نیاز به استفاده از مواد و مصالح جدید و فناوری‌های نو در مدیریت انرژی و سیستم‌های عایق و همچنین منابع انرژی بهینه و تجدید پذیردر سطح بالایی قرار دارد. چالش‌های دیگری که صنعت ساخت و ساز در آینده با آنها مواجه می‌شود ترکیب عملکردها و حفظ ارزش بخش‌های مختلف ساختمان مانند برطرف نمودن نیازهای رو به رشد در زمینه طراحی، ایجاد سازه‌های ایمنی محور با توجه به افزایش خطرات زیست محیطی و توریستی، صرفه جویی در انرژی و مواد اولیه با تولید مصالح ساختمانی ویژه، جهانی‌کردن مقررات علی رغم متفاوت‌بودن در مناطق مختلف است. نوآوری در ساخت و ساز، با توجه به شرایط و مقررات و نیز روند اجتماعی رایج و تحولات مربوط به بخش عرضه و تقاضا، نیاز به هماهنگی میان تمام ذینفعان مرتبط با آن دارد (ORNL,2013, 2).

با توجه به رشد سریع اقتصادی و افزایش جمعیت در بسیاری از کشورهای در حال توسعه کار بر روی ساختمان‌ها با مصالح جدید و انرژی کارآمد با پوشش پیشرفته ساختمان‌سازی در دهه‌های آینده افزایش بسیار بزرگ وجود خواهد داشت (Sobek,2010, 7). روند ساخت و ساز ساده کارخانه‌ای شامل تایید طراحی توسط کاربر نهایی و مقامات تنظیم، مونتاژ

قطعات ماژول در یک محیط کنترل شده، حمل و نقل از ماژول‌ها به مقصد نهایی، نصب از واحد های مدولار را تشکیل می-دهد. ساخت و سازهای جدید باعث کوتاه‌شدن دوره ساخت، کاهش منابع مالی و هزینه‌های نظارت و صرفه‌جویی در زمان و پول می‌باشند (گلابچی، ۱۳۸۹).

بنابراین رشد روزافزون جمعیت، نیاز به ساخت و ساز در حجم بسیار زیاد در حداقل زمان و کمترین هزینه و بهترین کیفیت، صنعت ساختمان را به سوی ساخت ساختمان‌های صنعتی سبک با قابلیت جابجایی و نصب سریع سوق داده است (Warszawski,1999,22 ؛Sarja,1998, 11).

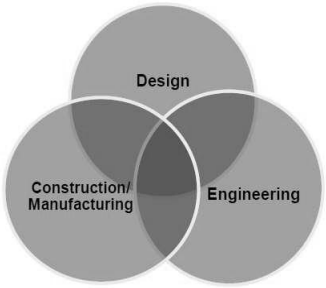
سیستم ساختمانی معمولا بر پایه روش‌های غیرسنتی و صنعتی استوار است در همین راستا نیاز گسترده روز افزون جامعه به ساختمان و مسکن، ضرورت استفاده از روش‌ها و مصالح جدید جهت افزایش سرعت ساخت، سبک‌سازی، افزایش عمر مفید و نیز مقاوم‌نمودن ساختمان‌ها در برابر زلزله را بیش از پیش مطرح ساخته است(Douglas,2006, 4).

با بهره‌گیری از فن‌آوری‌های نوین امروزی در مهندسی ساختمان می‌توان با امکاناتی فنی و منابع مالی و اقتصادی معین به تولید ساختمان‌های بیشتر، مقاوم‌تر و با عمر مفید بیشتر و همچنین سرعت بخشی و سهولت و سادگی به قسمت‌های مختلف کار دست یافت. تغییر در روش های ساخت و بهره‌گیری ازمصالح و فناوری‌های جدید در جهت افزایش سرعت اجرای ساختمان و افزایش عمر مفید و نیز کاهش هزینه ساخت امری ضروری و اجتناب ناپذیر می باشد (گلابچی، ۱۳۸۵).

مصالح ساختمانی جدید و فن‌آوری‌های نو می‌تواند در بهره‌وری و صرفه‌جویی انرژی و کاهش هزینه‌ها نقش به سزایی ایفا کند. توسعه فن‌آوری‌های جدید و محصولات تازه و رسیدن به بازار اشباع سیاست‌های مناسبی در مسیر بلوغ و رشد بازار را نیاز دارد. با استفاده از فناوری‌های جدید ساختمانی برای تولید همواره باعث ایجاد معضلاتی می‌شود. فناوری نه فقط به معنی تکنولوژی است، بلکه استفاده از تکنولوژی خاصی با در نظرگرفتن، اقتصاد حاکم بر آن، فرهنگ جامعه مصرف‌کننده، سهولت و تداوم ساخت، قابلیت‌ها و ویژگی‌های فنی و کابردی آن می‌باشد. برای استفاده از یک فناوری در طرح‌های‌ساختمانی در ابتدا باید حجم کار، مسائل مربوط به نیروی انسانی، دسترسی به مصالح ساختمانی، ارتفاع طبقات، نحوه و میزان و مدت سرمایه گذاری، معماری حاکم بر مجموعه، قابلیت پیش‌سازی ساختمان‌ها، مدت زمان انجام پروژه و انتخاب تکنولوژی مناسب را در نظر گرفت. به منظور استفاده بهتر از تکنولوژی‌های جدید ساختمانی و رسیدن به انتخاب برتر و سهولت تصمیم‌گیری روش-های ساختمان سازی به هفت دسته عمده شامل ساختمان سازی با روش های ابتدائی، ساختمان سازی با روش های سنتی یا متداول، ساختمان سازی با روش های پیشرفته ، ساختمان سازی صنعتی، پیش‌سازی سبک، پیش سازی نیمه سنگین، پیش سازی سنگین تقسیم می شوند (وزارت راه و شهرسازی، ۱۳۸۵).

تغییر فن‌آوری نسبت به اثرات ساخت و ساز پایدار نیازمند مهارت در صنعت دارد. ساخت و ساز سطح بالا و استفاده از روش-های ابتکاری در ساخت و ساز و جذب فن آوری‌های جدید و مواد، نیازمند مهارت‌های سطح بالا خواهد بود. روش‌های مدرن ساخت و ساز پتانسیل معرفی بازده بیشتری به روند ساخت و ساز از طریق نوآوری در طراحی ساختمان و مدیریت را دارند و به فرصتی بزرگ برای ساخت سریع‌تر، باکیفیت‌تر، پایدارتر و پرورش نوآوری در بازار جهانی تبدیل می شوند. (تصویر شماره سه)

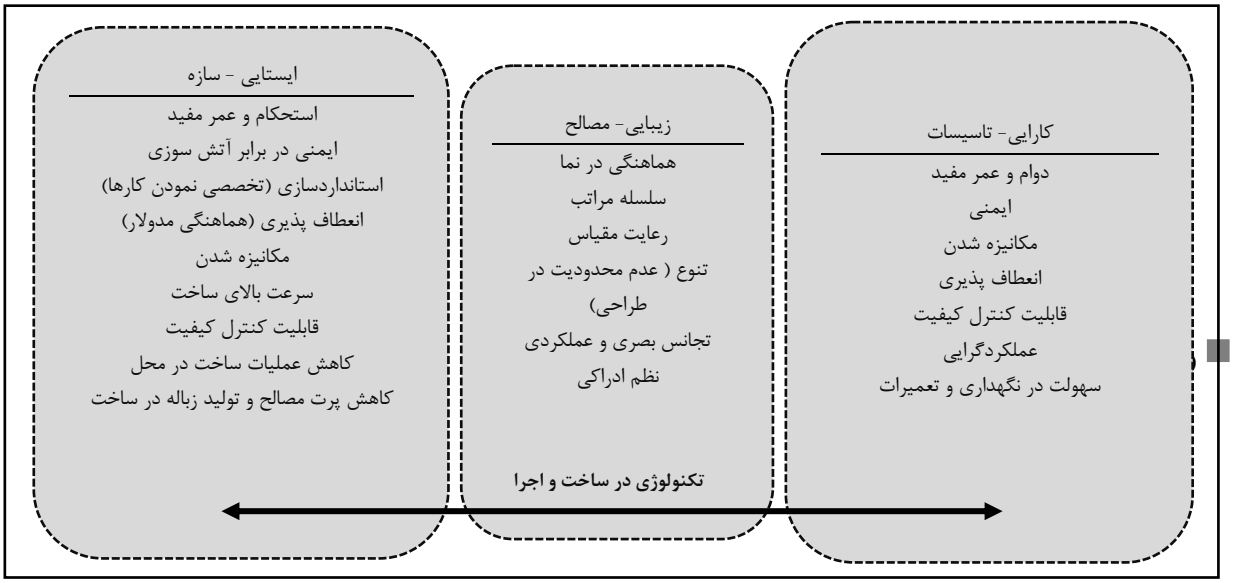
تصویر۳: پیش بینی ادغام بین رشته های مهندسی، طراحی و ساخت
(فن آوری و مهارت در صنعت ساخت و ساز2013,7)



فشار در برنامه زمان‌بندی تحویل و حجم بیشتر ساخت و ساز که منجر به نوآوری در بخش ساختمان، مواد، تجهیزات، روش ساخت و ساز سریع‌تر و با کیفیت بهتر و افزایش استفاده از تکنولوژی صرف نظر از اندازه ساختمان شده است، باعث تغییر در هزینه‌ها است. برای ساختمان‌سازی کارآمد و تبدیل‌شدن به روش استاندارد، کار بیشتری برای کاهش هزینه و افزایش عملکرد در دسترس سازندگان و طراحان نیاز است. تمرکز اصلی حرکت ساختمان‌های موجود به ساخت و ساز جدید و سطوح بالاتری از عملکرد به تنهایی است. انتقال حرکت به این سمت نیازمند استقرار سریع از طیف وسیعی از تکنولوژی‌های پیشرفته ساختمان‌سازی است که به میزان قابل توجهی گران‌تر خواهد شد و نیاز به هزینه‌های سرمایه‌گذاری بالاتر دارد. در این راه روش‌های مختلفی برای پاسخگویی به چالش‌های زمان و هزینه، کمبود نیروی کار و ساختمان‌های با کیفیت در فن-آوری‌های مختلف ساخت، یکپارچه و پیش‌ساخته وجود دارد (Technology,2007,9).

با استفاده بهینه از تمامی ظرفیت‌های تولیدی و خدماتی و اعمال مدیریت درست نظیر آموزش و توسعه فرهنگ رشد و بهره وری و هدفمندسازی نیروی کار، مدیریت هزینه‌های خواب سرمایه، مدیریت هزینه های انرژی و اتلاف منابع، مدیریت کاهش ضایعات منابع، ارتقای سطح کیفیت، بهبود فرآیند و ارتقای سطح ارایه خدمات در جهت افزایش سرعت، شناسایی و حذف فعالیت‌های فاقد ارزش افزوده، فعالیت‌های موازی، کاهش سهم نیروی انسانی بخش های ستادی به اجرایی، نوآوری در ارایه خدمات و افزایش توان رقابت پذیری نقش بسزایی در کاهش هزینه‌های ساخت دارد (خالقیان،۱۳۸۷). بنابراین با بهره‌گیری از معیارهای فناوری‌های نوین در صنعت ساخت و ساز مسکن بر سه اصل ویترویوس در معماری " ایستایی"، "زیبایی" و " کارایی" می‌توان مولفه‌های کیفیت ساخت و ساز در صنعت ساختمان را طبق تصویر چهار دسته‌بندی کرد.

تصویر ۴: مولفه‌های مورد پژوهش (نگارندگان)



پژوهش حاضر که به شناسایی مولفه‌های تأثیرگذار تکنولوژی بر ارتقای کیفیت ساخت در مجتمع مسکونی برلیان جنت آباد تهران با رویکرد فازی پرداخته است، از نظر هدف کاربردی و از نظر روش، توصیفی تحلیلی است و از دسته تحقیقات پیمایشی (پرسشنامه‌ای) محسوب می‌گردد. روش به کار گرفته شده در این پژوهش، آمیزه‌ای از روش‌های تحقیق کتابخانه‌ای و پیمایشی است. خبرگان پژوهش حاضر جهت دستیابی به اهداف پژوهش،۱۲نفر از اساتید دانشگاهی و متخصصین صنعت ساختمان شهر تهران که با تکنولوژی های نوین ساخت در صنعت ساختمان آشنایی دارند، بوده اند. برای دستیابی به اهداف پژوهش، در بخش نخست، تمامی مولفه‌های مرتبط تکنولوژی با ارزیابی کیفیت ساخت با رویکرد فازی از مطالعات کتابخانه‌ای و اسناد مکتوب موجود منابع پژوهشی ارائه شده در تکنولوژی ساخت مسکن بررسی و مولفه‌های تکنولوژی ساخت از میان مباحث شناسایی و ۲۵ عامل ارتقای کیفیت ساخت پروژه‌های ساختمانی استخراج شده است که استحکام و عمر مفید، استانداردسازی (تخصصی‌نمودن کارها) و قابلیت کنترل کیفیت مصالح و اجرا از تاثیرگذارترین عوامل بر افزایش کیفیت‌ساخت پروژه‌ها شناخته شدند. سپس جهت سنجش روایی و اعتبار این پارامترها، بر اساس نظرسنجی از خبرگان و اساتید دانشگاهی این مولفه‌ها اعتبارسنجی شد تا از درستی آنها در صنعت ساختمان ایران نیز اطمینان حاصل شود. سپس پارامترهای بدست آمده به روش ای اچ پی و جدول مقایسات زوجی وزن‌دهی می‌شوند.

در بخش دوم، اصول صنعتی‌سازی ساختمان و موارد منتج از هریک از این اصول از میان پژوهش‌های پیشین در این حوزه استخراج و در برخی موارد با استدلال‌های نگارندگان توجیه و تکمیل شد. اینک، نوع ارتباط اصول و دستاوردهای صنعتی-سازی به‌عنوان متغیرهای وابسته و معیارهای تکنولوژی ساخت به‌عنوان متغیرهای مستقل در یک جدول متقاطع جامع توسط ۱۰ تن از اساتید آشنا به هر دو حوزه مشخص خواهد شد که پس از تکمیل جدول، و دسته بندی پرسشنامه‌های نهایی، امتیاز هر پارامتر در ارتباط با هر مؤلفه‌ی صنعتی‌سازی به‌دست می‌آید. در ادامه، به منظور جمع‌آوری داده‌ها، یک پرسشنامه سه-بخشی بین ساکنان مجتمع مسکونی برلیان توزیع شد. برج‌های مجلل برلیان واقع در جنت آباد مرکزی دارای ۷۵۰ واحد مسکونی در ۳ بلوک که هر بلوک ۱۴ طبقه مسکونی است. هدف از توزیع پرسشنامه، تعیین روایی، اهمیت مولفه‌های شناسایی شده و بررسی روابط میان مولفه‌ها بود. لازم به ذکر است در تمامی مراحل مطالعه، اصول اخلاقی مرتبط از جمله رعایت قوانین مربوط به محیط پژوهش و محرمانگی اطلاعات رعایت گردید.

فرآیند تحقیق شامل سه فاز به شرح زیر است:

فاز اول: شناسایی مولفه‌های موثر ارزیابی تکنولوژی بر ارتقای کیفیت‌ساخت در مجتمع مسکونی برلیان جنت آباد تهران با رویکرد فازی: بر اساس ادبیات تحقیق و نظرسنجی از خبرگان در این مرحله، ابتدا به منظور شناسایی مولفه‌های تأثیرگذار بر ارزیابی کیفیت ساخت با رویکرد فازی، مطالعات مشابه در این زمینه مورد بررسی قرار گرفت. پس از شناسایی مولفه‌های اولیه، جهت تعیین مولفه‌های نهایی مصاحبه با خبرگان دانشگاهی و نظرسنجی از ساکنان مجتمع مسکونی برلیان جنت آباد، انجام گردید. با تعدیل نظرات آنها مولفه‌های نهایی تعیین گردید.

فاز دوم: وزن‌دهی مولفه‌ها با استفاده از تکنیک فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

ای اچ پی فازی: تحقیق حاضر جهت تعیین وزن مولفه‌ها، از روش ای اچ پی فازی (Buckley,۱۹۸۵,۴۷). بهره گرفته است. با این روش، ماتریس مقایسات زوجی با استفاده از اعداد فازی مثلثی (l,m,u) تشکیل می‌شود. مراحل تکنیک ای اچ پی فازی برای پژوهش حاضر به شرح زیر است:

یک) رسم نمودار سلسه مراتبی: بر اساس مولفه‌های مرتبط با ارزیابی تکنولوژی بر ارتقای کیفیت‌ساخت، نمودار سلسله مراتبی ترسیم می‌شود. این نمودار از سه سطح تشکیل می‌شود. دو) تشکیل ماتریس مقایسات زوجی با استفاده از اعداد فازی: در این مرحله از خبرگان درخواست می‌شود تا نظرات خود را در مورد مقایسه زوجی مولفه‌ها، با استفاده ازعبارات کلامی جدول سه بیان نمایند.

جدول ۳. مقیاس اولویت بندی اعداد فازی مثلثی (Bozbura,۲۰۰۷,۱۹).

کد	عبارات کلامی	عدد فازی
۱	ترجیح کاملا برابر	(۱،۱،۱)
۲	ترجیح تقریبا برابر	(۰.۵ ،۱ ،۱.۵)
۳	ترجیح کم	(۱،۱.۵،۲)
۴	ترجیح زیاد	(۱.۵ ،۲ ،۲.۵)
۵	ترجیح خیلی زیاد	(۲ ،۲.۵ ،۳)
۶	ترجیح کاملا زیاد	(۲.۵ ،۳ ،۳.۵)

پس از گردآوری نظرات خبرگان و تبدیل داده های کلامی به اعداد فازی، ماتریس مقایسات زوجی با استفاده از رابطه زیر تشکیل می‌شود (Wang,۲۰۰۹,۷).

$$\tilde{A}=\begin{bmatrix} ۱ & \tilde{a}_{12} & \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{12} & 1 & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n2} & \tilde{a}_{n2} & \cdots & ۱ \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} ۱ & \tilde{a}_{12} & \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ 1/\tilde{a}_{12} & 1 & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/\tilde{a}_{1n} & 1/\tilde{a}_{2n} & \dots & ۱ \end{bmatrix}$$

سه) محاسبه میانگین هندسی مقایسات زوجی خبرگان: میانگین هندسی مقایسات زوجی خبرگان با استفاده از $\tilde{a}_{ij}=(\tilde{a}_{ij}^{۱}\times\tilde{a}_{ij}^{۲}\times\dots\dots\times\tilde{a}_{ij}^{n})^{۱/n}$ بدست می‌آید(Wang,۲۰۰۹,۷).

چهار): محاسبه وزن های فازی: وزن فازی هر مولفه از رابطه زیر به دست می‌آید. (j تعداد مولفه ها) (Wang,۲۰۰۹,۷).

$$\tilde{w}_j=\tilde{a}_j\times(\tilde{a}_۱+\tilde{a}_۲+\dots\dots+\tilde{a}_n)^{-۱} \qquad j=1,2,\dots\dots n$$

$$\tilde{a}_j=(\tilde{a}_{m1}^{۱}\times\tilde{a}_{m2}^{۲}\times\dots\dots\times\tilde{a}_{mn}^{n})^{-۱}$$

پنج): دی فازی و نرمالایزکردن وزن‌های به دست آمده: برای نرمالایز کردن وزن های فازی مثلثی از رابطه استفاده می‌شود (Wang,۲۰۰۹,۷).

$$w_j = \frac{a + b + c}{3}$$

فاز سوم: تبیین ارتباط میان مولفه ها با تکنیک دمتال فازی: روش دیمتل در سال ۱۹۷۶ ارائه شد. این تکنیک از انواع روش-های تصمیم‌گیری بر اساس مقایسه‌های زوجی است. این تکنیک علاوه بر تبدیل روابط علت و معلولی به یک مدل ساختاری-بصری، قادر است وابستگی‌های درونی بین مولفه‌ها را نیز شناسایی و آنها را قابل فهم کند (Wu WW,۲۰۰۸,۳۱). با این-حال به طورکلی، برآورد نظر خبرگان با مقادیر عددی دقیق، مخصوصاً در شرایط عدم قطعیت، بسیار دشوار است، چراکه نتایج تصمیم‌گیری به شدت به داوری‌های ذهنی غیردقیق و مبهم وابسته است. این عامل باعث نیاز به منطق فازی در دیمتل شده است (Abdullah L,۲۰۱۵,۲۴). درنتیجه در تکنیک دیمتل فازی از متغیرهای زبانی فازی مثلثی استفاده شده است. مراحل این تکنیک به شرح زیر است: ایجاد ماتریس اولیه روابط مستقیم (A)، در این گام پرسشنامه مربوط به سطح نفوذ هر مولفه به دیگر مولفه‌ها تهیه و بین ساکنان مجتمع مسکونی برلیان جنت‌آباد توزیع می‌گردد و پس از جمع‌آوری نظرات و با استفاده از جدول زیر، داده‌های کلامی به اعداد فازی تبدیل شده و با استفاده از رابطه زیر، ماتریس اولیه روابط مستقیم تعیین می‌گردد (Wang,۲۰۰۹,۷).

$$A_{ij} = \frac{1}{H}\sum_{K=1}^{H} X_{ij}^{K}$$

جدول ۴. الگوی مقیاس کلامی فازی تاثیر هر متغیر در متغیر دیگر (Baykasoğlu,۲۰۱۳,۷).

ردیف	عبارات کلامی	عدد فازی
۱	بدون تاثیر	(۱،۱،۱)
۲	تاثیر خیلی کم	(۲، ۳، ۴)
۳	تاثیر کم	(۴، ۵، ۶)
۴	تاثیر زیاد	(۶، ۷، ۸)
۵	تاثیر خیلی زیاد	(۸، ۹، ۹)

$$D = \frac{A}{S}$$

سپس نرمالایزکردن ماتریس اولیه روابط مستقیم (D): ماتریس اولیه روابط مستقیم با استفاده از روابط

$$S=\max\left(max_{1\le i\le n}\sum_{j-}^{n} A_{ij},\ max_{1\le i\le n}\sum_{i-1}^{n} A_{ij}\right)$$

و

از رابطه زیر ماتریس Zx ساخته می‌شود (Wang,۲۰۰۹,۷).

$$Z_x = \begin{bmatrix} 0 & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & 0 & \ldots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

بر اساس $x = (a, b, c)$ از ماتریس فوق، سه ماتریس n×n به دست می‌آید. علت نوشتن ماتریس D به صورت سه ماتریس، سهولت در انجام محاسبات در گام بعدی است. تبیین ماتریس روابط کل (Tx): ماتریس روابط کل مولفه‌ها با استفاده از رابطه

$$T_x = Z_x\,(I - Z_x)^{-1}$$

به دست می‌آید که در آن I ماتریس همانی است (Wang,۲۰۰۹,۷).

تحلیل روابط علی: مجموع مقادیر سطرها و ستون‌ها را برای تحلیل روابط علی به دست آورده و برای تعیین مقادیر D - R و D + R فازی از روابط $T_x = [t_{ij}]_{m\times n}$ و $D = r_x = \left[\sum_{j=1}^{n} t_{ij}\right]_{n\times 1} - [t_j]_{n\times 1}$ و $R = c_x = \left[\sum_{j=1}^{n} t_{ij}\right]_{1\times n} - [t_j]_{1\times n}$ و (i, j 1,2,...,n) استفاده می‌شود(Wang,۲۰۰۹,۷).

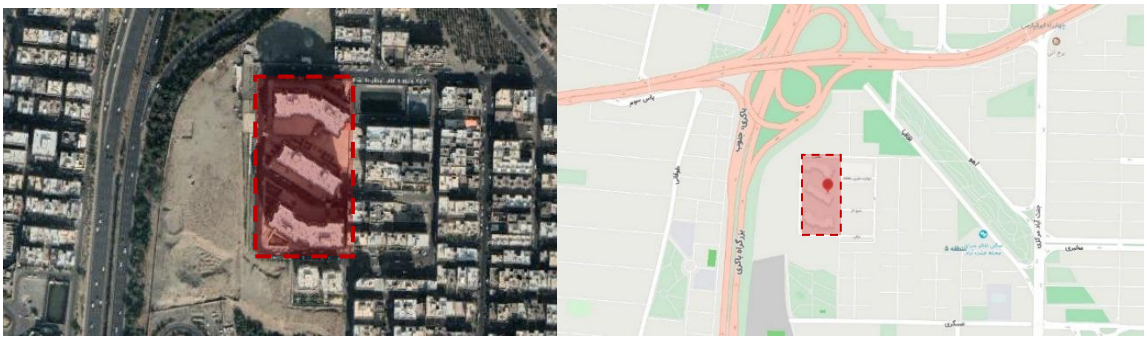
محاسبه مقادیر قطعی E(ϖ): برای مقادیر D - R و D + R فازی به دست آمده در گام قبلی، مقادیر قطعی با استفاده از روش $E(\omega) = \frac{a+b+c}{3}$ $\omega = \tilde{D} - \tilde{R}$ or $\omega = \tilde{D} + \tilde{R}$ مرکز ناحیه مطابق رابطه به دست می‌آید. که در آن a,b,c درآیه های مربوطه به مقادیر فازی، D - R و D + R هستند (Wang,۲۰۰۹,۷).

ترکیب کردن وزن های فازی و $E(\varpi)$: وزن‌های فازی به دست آمده (وزن‌های به دست آمده از روش AHP در فاز قبلی) در مقادیر $E(\varpi)$: مربوط به هر مولفه ضرب می‌شود تا مقادیر جدید به دست آید. برای این کار از رابطه $(\omega)^{new} = w_j \times E(\omega)$ استفاده می‌شود و درنهایت نمودار علی مربوط به تمامی مولفه ها ترسیم می‌شود (Wang, ۲۰۰۹,۷).

مجتمع مسکونی برلیان جنت آباد تهران، تعیین محدوده مطالعاتی

محدوده‌ی مطالعاتی پژوهش فوق، مجتمع مسکونی برلیان واقع در شمال غرب تهران، منطقه ۵ (جنت آباد مرکزی) و در شمال بلوار بعثت، تقاطع باکری و آبشناسان قراردارد که تصاویر و موقعیت مکانی آن به شرح زیر است:

تصویر ۵: موقعیت مکانی و نقشه هوایی مجتمع مسکونی برلیان جنت آباد (URL1)



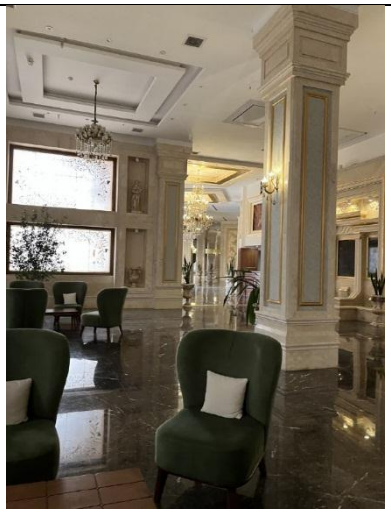
این مجتمع در زمینی به مساحت ۲۳۲۰۰ مترمربع، یکی از سه مجتمع مسکونی با استفاده از تکنولوژی نوین ساخت در محله جنت آباد تهران است که دارای سه بلوک مسکونی ۱۴ طبقه (۵۴ واحد در هر طبقه) با متراژ زیربنا ۱۱۰۲۰۴ مترمربع (۶۷۶ واحد) می‌باشد. همچنین از دلایل انتخاب نمونه موردی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

تکنولوژی های نوین ساخت: اسکلت فلزی، مصالح هوشمند (نمای سنگ و سیمان، کف سرامیک)، داکت اسپیلت، سیستم اعلان و اطفاء حریق، دارای ۱۳ دستگاه آسانسور و تیم حفاظتی ۲۴ ساعته مجهز به سیستم مانیتورینگ هوشمند و آیفون تصویری سانترال و ...

امکانات سوپر لوکس-یک هتل پنج ستاره: سالن اجتماعات، محوطه سازی، هایپر مارکت، کافی شاپ، رستوران، مهد کودک، سالن ورزشی، استخر و سونا، مجتمع نانوایی و خشکشویی و...

مجتمع مسکونی برلیان یکی از معتبرترین و مولفه ترین پروژه های مسکونی در منطقه ۵ تهران است که به روش انبوه سازی به سبک مدرن و اعمال مشخصات فنی و مقررات ملی ساختمان، استفاده از تکنولوژی نوین ساخت، رعایت اصول معماری و شهرسازی، استفاده‌ی درست از فضاها و کاهش سطح زیر بنا، رعایت اصول زیست محیطی و ارائه الگوهای بی نظیر مسکن متناسب با نیازهای ساکنان احداث شده است.

تصویر۶ : بلوک های مجتمع مسکونی برلیان جنت آباد تهران(منبع: نگارندگان، بهار ۱۴۰۲)



تحلیل یافته‌ها

در این قسمت بر اساس فرآیند تحقیق، یافته‌های پژوهش ارائه شده است. فاز اول: شناسایی مولفه ها بر اساس ادبیات تحقیق و مطالعات مشابه و نظرسنجی از خبرگان: با بررسی ادبیات تحقیق و نظرسنجی از خبرگان، مولفه های ارزیابی تکنولوژی بر ارتقای کیفیت ساخت در مجتمع مسکونی برلیان جنت آباد تهران تعیین گردید.

جدول ۵: مولفه های موثر ارزیابی تکنولوژی بر ارتقای کیفیت ساخت در مجتمع مسکونی برلیان جنت آباد تهران (منبع: نگارندگان)

معیار	مولفه	مولفه
سازه	ایستایی	استحکام و عمر مفید ایمنی در برابر آتش سوزی استانداردسازی (تخصصی نمودن کارها) انعطاف‌پذیری (هماهنگی مدولار) مکانیزه شدن سرعت بالای ساخت قابلیت کنترل کیفیت کاهش عملیات ساخت در محل کاهش پرت مصالح و تولید زباله در حین ساخت
مصالح	زیبایی	هماهنگی در نما سلسله مراتب رعایت مقیاس تنوع (عدم محدودیت در طراحی) تجانس بصری و عملکردی نظم ادراکی

تاسیسات	کارایی - سودمندی	دوام و عمر مفید ایمنی مکانیزه شدن انعطاف پذیری قابلیت کنترل کیفیت عملکردگرایی سهولت در نگهداری و تعمیرات

فاز دو: تعیین اوزان مولفه ها با استفاده از تکنیک فازی ای اچ پی :

الف) ترسیم درخت سلسله مراتبی: درخت سلسله مراتبی تحقیق دارای سه سطح است. تحقیق دارای سه سطح است. ب و ج) تشکیل ماتریس مقایسات زوجی و محاسبه میانگین هندسی مقایسات زوجی خبرگان: در این مرحله بر اساس درخت سلسله مراتبی، جدول مقایسه زوجی طراحی و بین خبرگان توزیع گردید. برای محاسبه سازگاری ماتریس مقایسات زوجی (۱۹۹۸,۷ ,Boucher) استفاده شد. نتایج حاکی از سازگار بودن جداول مقایسات زوجی بود. سپس بر اساس رابطه

$$\tilde{a}_{ij}=(\tilde{a}_{ij}^{1}\times\tilde{a}_{ij}^{2}\times.....\times\tilde{a}_{ij}^{n})^{1/n}$$

میانگین هندسی مقایسات زوجی خبرگان در هر یک از پنج ماتریس مقایسات زوجی تعیین می شود. میانگین هندسی مولفه های ارزیابی تکنولوژی بر ارتقای کیفیت ساخت در مجتمع مسکونی برلیان جنت آباد تهران در ستون جدول زیر نشان داده شده است. محاسبه وزن های فازی: در این مرحله مقادیر به دست آمده بر اساس رابطه

$$\tilde{w}_j=\tilde{a}_j\times(\tilde{a}_1+\tilde{a}_2+.....+\tilde{a}_n)^{-1}\quad j=1,2,.....n$$
$$(\tilde{a}_{m1}^{1}\times\tilde{a}_{m2}^{2}\times.....\times\tilde{a}_{mn}^{n})^{-1}=\tilde{a}_j$$

نرمالیزه می‌شود. که جدول ۶ وزن های فازی مولفه ها را نشان می دهد(Boucher,۱۹۹۸,۲۴).

جدول ۶: بردار میانگین هندسی و محاسبه وزن‌های فازی و قطعی مولفه‌های ارزیابی تکنولوژی بر ارتقای کیفیت ساخت در مجتمع مسکونی برلیان جنت آباد تهران (منبع: نگارندگان) نرم افزار اکسل ۲۰۲۲

معیار	میانگین هندسی نسبت به هدف	وزن‌های فازی قطعی	مولفه	میانگین هندسی نسبت به مولفه‌ها	وزن‌های نهایی فازی	وزن نهایی قطعی مولفه‌ها
سازه (ایستایی)	(۰/٤ ، ۰/۲۵ ، ۰/۱۵۲)	(۰/٤ ، ۰/۲۵ ، ۰/۱۵۲ ، ۰/۲۶۳)	استحکام و عمر مفید ایمنی در برابر آتش سوزی استانداردسازی (تخصصی نمودن کارها) انعطاف پذیری (هماهنگی مدولار) مکانیزه شدن سرعت بالای ساخت قابلیت کنترل کیفیت کاهش عملیات ساخت در محل کاهش پرت مصالح و تولید زباله در حین ساخت	(۰/۱۵٤ ، ۰/۰۸۸ ، ۰/۰٤۹) (۰/۱۶۲ ، ۰/۰۹٤ ، ۰/۰۵٤) (۰/۱۶ ، ۰/۰۹۳ ، ۰/۰۵۲) (۰/۱۶۸ ، ۰/۰۹۳ ، ۰/۰۵۲) (۰/۱۷۱ ، ۰/۰۶۲ ، ۰/۰۱۹ ، ۰/۰۰۶) (۰/۰۷ ، ۰/۰۲۱ ، ۰/۰۰۶) (۰/۰۷۳ ، ۰/۰۲۲ ، ۰/۰۰۶) (۰/۰۶۷ ، ۰/۰۲ ، ۰/۰۰۶) (۰/۰۶۲ ، ۰/۰۱۹ ، ۰/۰۰۶ ، ۰/۰۷ ، ۰/۰۲۱ ، ۰/۰۰۶ ، ۰/۰۷۳ ، ۰/۰۲۲ ، ۰/۰۰۶ ، ۰/۰۶۷ ، ۰/۰۲ ، ۰/۰۰۶ ، ۰/۰۶۲)	۰/۰۱۹۱ ۰/۰۲۱۳ ۰/۰۲۲۸ ۰/۰۲۰۶ ۰/۰۲۰۶ ۰/۰۲۲۰ ۰/۰۲۲۰ ۰/۰۲۲۸

				۰/۰۹۸ ، (۰/۰۵۵) ، ۰/۱۵۱) ، ۰/۰۸۷ ، (۰/۰۵۲) ، ۰/۱۶۲) ، ۰/۰۸۹ ، (۰/۰۴۸) ، ۰/۱۸۷) ، ۰/۱۰۳ ، (۰/۰۵۸) ، ۰/۱۵۱) ، ۰/۰۸۳ ، (۰/۰۴۷)	۰/۰۲۲ ، (۰/۰۰۷) ، ۰/۰۶۵) ، ۰/۰۲۴ ، (۰/۰۰۸) ، ۰/۰۶۴) ، ۰/۰۲۳ ، (۰/۰۰۸) ، ۰/۰۶۷) ، ۰/۰۲۳ ، (۰/۰۰۸) ، ۰/۰۶۸) ، ۰/۰۲۵ ، (۰/۰۰۸)	
مصالح (زیبایی)	(۰/۴۸ ، ۰/۲۵۶ ، (۰/۱۴۸)	(۰/۴۸ ، ۰/۲۶۵ ، (۰/۱۴۸) (۰/۲۸۹)	هماهنگی در نما سلسله مراتب رعایت مقیاس تنوع (عدم محدودیت در طراحی) تجانس بصری و عملکردی نظم ادراکی	۰/۳۶۱) ، ۰/۱۷۴ ، (۰/۰۸۴) ، ۰/۳۶۸) ، ۰/۱۷۹ ، (۰/۰۹۳) ، ۰/۲۹۲) ، ۰/۱۴۴ ، (۰/۰۷۴) ، ۰/۳۱۸) ، ۰/۱۵۶ ، (۰/۰۷۶) ، ۰/۳۴۶) ، ۰/۱۷۱ ، (۰/۰۸۴) ، ۰/۳۲۸) ، ۰/۱۷۷ ، (۰/۰۸۷)	۰/۱۷۳) ، ۰/۰۴۶ ، (۰/۰۱۲) ، ۰/۱۷۷) ، ۰/۰۴۷ ، (۰/۰۱۴) ، ۰/۱۴) ، ۰/۰۳۸ ، (۰/۰۱۱) ، ۰/۱۵۳) ، ۰/۰۴۱ ، (۰/۰۱۱) ، ۰/۱۶۶) ، ۰/۰۴۵ ، (۰/۰۱۲) ، ۰/۱۵۷) ، ۰/۰۴۷ ، (۰/۰۱۳)	۰/۰۵۰۷ ۰/۰۵۲۲ ۰/۰۴۱۹ ۰/۰۴۵۶ ۰/۰۴۹۲ ۰/۰۴۸۵
تاسیسات (کارایی)	(۰/۴۶۴ ، ۰/۲۵ ، (۰/۱۳۷)	(۰/۴۶۴ ، ۰/۲۵ ، (۰/۱۴۸) (۰/۲۷۵)	دوام و عمر مفید ایمنی مکانیزه شدن انعطاف پذیری قابلیت کنترل کیفیت عملکردگرایی سهولت در نگهداری و تعمیرات	۰/۳۱۲) ، ۰/۱۸۲ ، (۰/۱۱) ، ۰/۳۷۱) ، ۰/۲۰۸ ، (۰/۱۰۹) ، ۰/۳۵۳) ، ۰/۱۸۲ ، (۰/۰۹۸) ، ۰/۳۷۶) ، ۰/۲ ، (۰/۱۰۷) ، ۰/۳۸۸) ، ۰/۲۲۸ ، (۰/۱۳۲) ، ۰/۳۵۳) ، ۰/۱۸۲ ، (۰/۰۹۸) ، ۰/۳۵۳) ، ۰/۱۸۲ ، (۰/۰۹۸)	۰/۰۶) ، ۰/۰۲۲ ، (۰/۰۰۸) ، ۰/۰۶۵) ، ۰/۰۲۲ ، (۰/۰۰۷) ، ۰/۰۷۵) ، ۰/۰۲۶ ، (۰/۰۰۹) ، ۰/۰۶) ، ۰/۰۲۱ ، (۰/۰۰۷) ، ۰/۰۵۷) ، ۰/۰۲ ، (۰/۰۰۷) ، ۰/۰۶۴) ، ۰/۰۲۲ ، (۰/۰۰۸) ، ۰/۱۴۵) ، ۰/۰۴۶ ، (۰/۰۱۵)	۰/۰۲۰۶ ۰/۰۲۱۳ ۰/۰۲۵۰ ۰/۰۱۹۸ ۰/۰۱۹۱ ۰/۰۲۱۳ ۰/۰۴۶۳

$$w_j = \frac{a+b+c}{3}$$

ب) دی فازی کردن: در این مرحله اوزان فازی به دست آمده، طبق رابطه دی فازی می‌شوند. با انجام این محاسبات، اوزان نهایی مولفه ها تعیین می‌شود. نتایج در جدول بالا نشان داده شده است(Boucher,۱۹۹۸,۳۱).

تعیین ارتباط میان مولفه‌ها با استفاده از تکنیک دیمتل فازی: ایجاد ماتریس اولیه روابط مستقیم (A): پس از تهیه پرسشنامه مربوط به سطح نفوذ هر مولفه به دیگر مولفه‌ها و توزیع آن بین ساکنان مجتمع مسکونی برلیان جنت آباد تهران، نظرات آنان جمع آوری و با بهره‌گیری از جدول بالا و و نیز با استفاده از رابطه

$$A_{ij} = \frac{1}{H}\sum_{K=1}^{H} X_{ij}^{K}$$

ماتریس تجمیعی نظرات خبرگان و ساکنان تعیین گردید. سپس مقادیر D+ R و D– R فازی به شرح جدول ۷ تعیین گردید (Boucher,۱۹۹۸,۴۹).

جدول ۷: مقادیر فازی و E9(ϖ) _new مولفه های ارزیابی تکنولوژی بر ارتقای کیفیت ساخت در مجتمع مسکونی برلیان جنت آباد تهران (منبع: نگارندگان) نرم افزار اکسل ۲۰۲۲

مولفه	$\tilde{D}_j + \tilde{R}_j$	$\tilde{D}_j - \tilde{R}_j$	(D– R)new	(D+ R)new
هماهنگی در نما	(۳.۰۳،۵.۶۹،۱۱.۸۲)	(-۳.۹۵،-۰.۳۸،۴.۸۴)	۰.۰۲۰۸	۰.۳۳۲۶
سلسله مراتب	(۲.۸۷،۵.۴۵،۱۱.۳۸)	(۴.۱۶،-۰.۷ ،-۴.۳۵)	-۰.۰۰۴۲	۰.۳۲۸۱
رعایت مقیاس	(۳.۳۰۶.۱۰،۱۲.۵۷)	(۴.۴۶،-۰.۱۸ ،-۴.۸۱)	-۰.۰۰۷۵	۰.۲۹۴۰
تنوع (عدم محدودیت در طراحی)	(۳.۲۵۶.۰۳،۱۲.۴۶)	(-۴.۴۵،-۰.۱۲،۴.۷۵)	۰.۰۰۶۴	۰.۳۱۶۱
تجانس بصری و عملکردی	(۳.۵۳۶.۴۵،۱۲.۹۴)	(-۴.۵۹،-۰.۱۴،۴.۸۲)	۰.۰۰۶۴	۰.۳۶۰۸
نظم ادراکی	(۲.۹۳،۵.۵۴،۱۱.۵۴)	(۳.۸۳،-۰.۴۳ ،-۴.۷۷)	-۰.۰۲۱۸	۰.۳۰۹۹
استحکام و عمر مفید	(۳.۷۶۶.۸۰،۱۳.۵۱)	(-۴.۳۰،-۰.۵۳،۵.۴۵)	-۰.۰۱۰۵	۰.۱۴۷۳
ایمنی در برابر آتش سوزی	(۳.۶۲۶.۵۹،۱۳.۱۷)	(-۴.۲۲،-۰.۴۸،۵.۳۳)	۰.۰۱۰۹	۰.۱۵۹۶
استانداردسازی (تخصصی نمودن کارها)	(۳.۳۷۶.۲۱،۱۲.۶۹)	(۴.۳۷،-۰.۲۸ ،-۴.۹۵)	-۰.۰۰۶۴	۰.۱۶۲۲
انعطاف پذیری (هماهنگی مدولار)	(۳.۰۹۵.۷۸،۱۱.۹۷)	(۴.۳۶،-۰.۰۲ ،-۴.۵۱)	-۰.۰۰۱۰	۰.۱۳۷۰
مکانیزه شدن	(۳.۲۵۶.۰۲،۱۲.۴۲)	(-۴.۲۵،-۰.۲۶،۴.۹۳)	۰.۰۰۶۲	۰.۱۴۲۶
سرعت بالای ساخت	(۳.۱۹۵.۹۴،۱۲.۳۰)	(-۴.۳۰،-۰.۲۰،۴.۸۲)	۰.۰۰۵۱	۰.۱۴۷۰
قابلیت کنترل کیفیت	(۳.۱۷۵.۹۰،۱۲.۲۰)	(۴.۲۱،-۰.۲۹ ،-۴.۸۲)	-۰.۰۰۶۶	۰.۱۴۹۷
کاهش عملیات ساخت در محل	(۳.۵۴۶.۴۷،۱۳.۰۵)	(-۴.۶۹،-۰.۱۱،۴.۸۲)	۰.۰۰۲۰	۰.۱۶۲۷
کاهش پرت مصالح و تولید زباله در حین ساخت	(۳.۲۴۶.۰۲،۱۲.۴۱)	(-۴.۴۱،-۰.۱۴،۴.۷۵)	۰.۰۰۳۶	۰.۱۵۷۶
دوام و عمر مفید	(۳.۱۰،۵.۸۰،۱۱.۹۸)	(۰.۰۴،۰.۰۷،۴.۳۴)	۰.۰۰۱۶	۰.۲۳۷۲
ایمنی	(۳.۲۰،۵.۹۵،۱۲.۱۹)	(-۴.۱۵،-۰.۳۲،۴.۸۴)	۰.۰۰۷۰	۰.۱۴۵۳
مکانیزه شدن	(۳.۱۳،۵.۸۴،۱۲.۱۷)	(-۴.۰۶،-۰.۴۰،۴.۹۸)	۰.۰۱۰۷	۰.۱۶۸۴
انعطاف پذیری	(۳.۱۷،۵.۹۱،۱۲.۱۸)	(-۴.۲۶،-۰.۲۴،۴.۷۴)	۰.۰۰۴۸	۰.۱۳۴۷
قابلیت کنترل کیفیت	(۳.۳۸۶.۲۳،۱۲.۶۹)	(۴.۳۶،-۰.۲۸ ،-۴.۹۵)	-۰.۰۰۵۵	۰.۱۳۶۲
عملکردگرایی	(۳.۲۹۶.۰۸،۱۲.۴۴)	(۰.۰۴،۰.۰۵،۴.۵۱)	۰.۰۰۱۳	۰.۱۴۷۸
سهولت در نگهداری و تعمیرات	(۳.۳۹۶.۲۳،۱۲.۸۲)	(-۴.۳۳،-۰.۲۷،۵.۱۱)	۰.۰۱۵۳	۰.۳۳۱۹

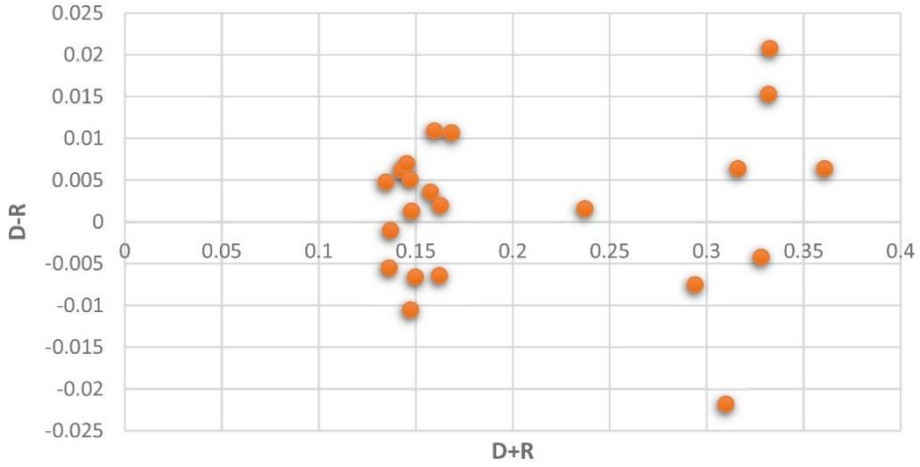
با ضرب نمودن وزن مولفه‌ها جدول ۵ در مقادیر قطعی E(ϖ): (D + R و D – R) جدول ۷، مقادیر جدید E(ϖ) new

$$(\omega)^{new} = w_j \times E(\omega)$$

مربوط به هر مولفه مطابق رابطه به شرح جدول ۷ تعیین می‌شود(Boucher,۱۹۹۸,۴۸).

طراحی نمودار علی بر اساس مقادیر $E(\varpi)^{new}$: نمودار علی مربوط به تمامی مولفه های ارزیابی تکنولوژی بر ارتقای کیفیت ساخت در مجتمع مسکونی برلیان جنت آباد تهران به شرح نمودار زیر ترسیم می شود.

نمودار ۱: نمودار علی مولفه‌های مؤثر بر ارزیابی تکنولوژی بر ارتقای کیفیت ساخت در مجتمع مسکونی برلیان جنت آباد تهران (منبع: نگارندگان) نرم افزار اکسل ۲۰۲۲



با توجه به نمودار بالا مولفه‌های دوام و عمرمفید، قابلیت کنترل کیفیت، کاهش پرت مصالح و تولید زباله در حین ساخت، سهولت در نگهداری و تعمیر، ایمنی در برابر آتش سوزی، کاهش عملیات ساخت در محل، ایمنی و سرعت بالای ساخت، مکانیزه شدن، انعطاف پذیری، عملکردگرایی، هماهنگی در نما، تنوع (عدم محدودیت در طراحی)، تجانس بصری و عملکردی دارای d-r مثبت هستند و علت محسوب می‌شوند. این مولفه‌ها همانند سنگ زیربنای سایر مولفه‌ها عمل می‌کنند و زمینه را برای پیاده‌سازی سایر مولفه‌ها فراهم می‌آورند. همچنین، نظم ادراکی، استحکام وعمرمفید، رعایت مقیاس، قابلیت کنترل کیفیت، سلسه مراتب، انعطاف‌پذیری (هماهنگی مدولار) و استانداردسازی (تخصصی نمودن کارها) دارای d-r منفی هستند و معلول محسوب می شوند. این مولفه ها همانند مؤلفه های روبنایی هستند که نشأت گرفته از مولفه های زیربنایی هستند.

نتیجه‌گیری

با پیشرفت روز افزون علم و تکنولوژی در همه زمینه‌ها به ویژه تکنولوژی ساخت پرداختن به این مسئله امری ضروری است. ساخت و ساز به عنوان یک صنعت مبتنی بر اتخاذ نوآوری و فن‌آوری است. نیازهای کمی و کیفی ساختمان طی دهه‌های گذشته نشان می‌دهد که بهترین راهکارهای تحقق ارتقای کیفیت مسکن به کارگیری روش‌های نوین در احداث ساختمان است. نیاز شدید جوامع به مسکن این واقعیت را آشکار کرده است که استفاده از سیستم سنتی در امر ساخت و ساز جوابگوی نیاز موجود جامعه نخواهد بود. در نتیجه استفاده از سیستم‌های ساختمانی جدید می‌تواند پاسخگوی نیازهای ساختمانی کشورها باشد. امروزه روش‌های اجرای ساختمان با مصالح سبک و مقاوم به نحو چشمگیری درکشورهای مختلف جهان گسترش یافته است. تجربیات گذشته نشان‌دهنده آن است که روش‌هایی مانند تولید صنعتی ساختمان برای بسیاری از جوامع راه‌حل های موفق و مطلوبی بوده است و به کارگیری متناوب و گسترده اجزای پیش ساخته و تولید شده با روش های صنعتی به منظور کاهش هزینه‌ها در مقایسه با روش‌های ساخت سنتی مزایایی چون ارتقا کنترل کیفیت، کاهش زمان ساخت، کاهش زباله و نخاله های ساخت، کاهش گرد و غبار در محل و کاهش نیاز به نیروی انسانی دارد. استفاده از شیوه‌ای جدید ساخت و صنعتی‌سازی آن هزینه های اولیه بیشتری را تحمیل می‌کند اما هزینه های دوران بهره‌برداری در دراز مدت

به شدت کاهش می‌یابند. بهره‌گیری از روش‌های علمی، فناوری‌های نوین و مصالح جدید یکی از ضرورت‌های اساسی جهت ارتقای کیفی صنعت ساختمان بشمار می‌رود، هرچند که بکارگیری راه‌حل‌ها و شیوه‌های جدید نیازمند بررسی و توجه خاص به شرایط فنی، اجرایی و اقتصادی آن جامعه است. به منظور استفاده مطلوب از فناوری‌های نوین در ساخت و سازها باید راهکارهایی برای مطابقت این شیوه‌ها با ویژگی‌های فرهنگی و اجتماعی جوامع در نظر گرفته شود. پژوهش حاضر درصدد بود تا در ابتدا مولفه های ارزیابی تکنولوژی بر ارتقای کیفیت ساخت در مجتمع مسکونی برلیان جنت آباد تهران با رویکرد فازی را شناسایی کند و در ادامه با استفاده از تکنیک های ای اچ پی و فازی به بررسی و تجزیه وتحلیل آنها بپردازد. نتایج نشان داد که مولفه‌های دوام و عمرمفید، قابلیت‌کنترل کیفیت، کاهش پرت مصالح و تولید زباله در حین ساخت، سهولت در نگهداری و تعمیر، ایمنی در برابر آتش سوزی، کاهش عملیات ساخت در محل، ایمنی و سرعت بالای ساخت، مکانیزه شدن، انعطاف‌پذیری جزو با اهمیت‌ترین مولفه‌ها هستند. همچنین، تجانس بصری و عملکردی در بخش زیبایی یک مولفه کلیدی در ارزیابی کیفیت ساخت مسکن است. با این تفاسیر می‌توان بیان نمود که مصالح یکی از مولفه‌های مهمی است که بر ساخت مسکن تأثیر دارد. درنهایت می‌توان چنین بیان نمود که رعایت‌کردن مولفه‌های تأثیرگذار تکنولوژی می‌تواند برای بهبود نواقص و کاهش خطاهای احتمالی بر کیفیت ساخت در مجتمع مسکونی مفید و اثربخش باشد و ساخت مسکن صنعتی به عنوان یک فرهنگ در کشور نهادینه شود. بنابراین سیاست توسعه صنعتی سازی ساختمان یکی از روش‌های موثر و تسهیل-کننده حل مشکل مسکن در کشور خواهد بود. و صنعتی‌سازی ساختمان، کاهش هزینه ساخت و به تبع آن کاهش هزینه خرید مسکن توسط مردم را در پی خواهد داشت.

پی‌نوشت

[1] .Vitruvius
[2]. firmitas
[3]. venustas
[4]. industrialization
[5]. Recycle
[6]. reuse
[7]. Open systems

فهرست منابع

- اولیا، جلیل و علیرضا تقدیری و سارا قنبرزاده قمی. (۱۳۸۹). ***سازگاری ساختاری سیستم‌های صنعتی ساختمان‌سازی.*** ***معماری و شهرسازی*** ۱، ۵-۱۴.
- ایشتایب، گرالد و آندرئاس دورهوفر و مارکوس یوت روزنتال. (۱۳۸۹). ***تکنولوژی طراحی و ساخت سازه‌های صنعتی و مدولار.*** ترجمه‌ی مازیار آصفی. تهران: انتشارات دانشگاه هنر اسلامی تبریز.
- بشاش، علی. (۱۳۸۳). ***خانه‌های پیش‌ساخته.*** در کنفرانس دانشجویان عمران سراسر کشور، بندر عباس، دانشگاه هرمزگان.
- بهرام غفاری، محسن. (۱۳۷۶). ***علم، تکنولوژی، مهندسی،*** فصلنامه آبادی، سال هفتم، شماره ۲۴.
- پرویزی, الهام و مهدوی نژاد, محمدجواد و بمانیان, محمدرضا. (۱۳۹۴). ***بررسی نحوه کیفیت ورود فناوری در تاریخ معماری مدرن.*** معماری و شهرسازی آرمان شهر, ۸(۱۵), ۱-۱۴.
- پیربابایی، محمد تقی و امرایی، بابک .(۱۳۸۸). ***بررسی مبانی طراحی محصولات مدولار.*** هنرهای زیبا ۳۷، ۶۹-۷۶.
- تقی‌زاده، کتایون. (۱۳۸۵). ***موانع و تنگناهای توسعه تکنولوژی در صنعت ساخت و ساز کشور،*** دومین سمینار ساخت و ساز در پایتخت، تهران.

- حسینعلی پور، مجتبی و حقیقی،حسین.(۱۳۸۹). ***راهبرد صنعتی‌سازی ساختمان در چشم‌انداز بیست ساله‌ی کشور (مطالعه موردی: امکانسنجی استفاده از LSF در تهران)***. راهبرد ۵۷، ۳۲۵-۳۳۹.
- خالقیان، فرشید. (۱۳۸۷). ***ساختمان سازی با عناصر سرد نورد شده***، ماهنامه فرآیند تخصصی معماری، شماره هشتم مرداد و شهریور.
- خردرنجبر، محمد. (۱۳۸۳) . ***نقش مدیریت پروژه و برنامه‌ریزی اجرایی در بهینه‌سازی صنعت ساخت‌وساز***. در همایش منطقه‌ای معماری و مصالح، تهران.
- دانشپور، عبدالهادی و حسینی، ساسان. (۱۳۹۱) .***جایگاه عوامل کالبدی در کاهش قیمت مسکن***. آرمانشهر۵ ، ۶۱-۷۱.
- رحیم پور، علی، و وکیل قاهانی، علی. (۱۳۸۹). ***بررسی عوامل مؤثر بر عرضه و تقاضای بازار مسکن***. تهران: بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران.
- رضایی نامدار، فرزاد و کامیاب مقدس ،رضا و ایمانی، محمد علی. (۱۳۹۰) . ***برنامه‌ریزی و کنترل پروژه‌های ساختمانی در روش صنعتی. در کنفرانس بین‌المللی سبک‌سازی و زلزله***، کرمان، جهاد دانشگاهی استان کرمان.
- علیمردانی، امین. (۱۳۸۴) .***استفاده از قطعات پیش‌ساخته در ساختمان‌های بلند به منظور سبک‌سازی***. در همایش بین-المللی زلزله و سبکسازی ساختمان، قم، دانشگاه قم.
- قهرمانی، آرش. (۱۳۸۷). ***تغییرات در صنعت ساختمان ایران***. هویت شهر ۲، ۸۵- ۹۴.
- گلابچی ، محمود و مظاهران، حامد. (۱۳۸۹). ***فناوری های نوین ساختمانی***، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران،تهران.
- گلابچی، محمود. (۱۳۸۵). ***ضرورت بهره گیری از فناوری های نوین ساختمانی***، دومین سمینار ساخت و ساز در پایتخت، تهران.
- وفامهر، محسن. (۱۳۹۲) . ***معماری صنعتی ساختمان***. تهران: کتاب فکر نو.

- Abdullah, Lazim & Norsyahida Zulkifli. (2015). ***Integration of fuzzy AHP and interval type-2 fuzzy DEMATEL: An application to human resource management.*** Expert Systems with Applications 42.9 4397-4409.
- Arbabian, Homayoun. (1997). ***Changes In Building Construction In An Earthquake Country***, Ph.D Thesis, University Of Manchester .
- Baykasoğlu, Adil. (2013). ***Integrating fuzzy DEMATEL and fuzzy hierarchical TOPSIS methods for truck selection***. Expert systems with applications 40.3 899-907.
- Bozbura F. Tunc & Beskese Ahmet & Kahraman Cengiz. (2007). ***Prioritization of human capital measurement indicators using fuzzy AHP. Expert Systems with Applications***;32(4):1100-12.https://doi.org/10.1016/.
- Brinkley, Michael. (2012). ***SIPs: The New Build Standard. Homebuilding and Renovating***, January .
- Buckley ,James . (1985). ***Fuzzy hierarchical analysis. Fuzzy Sets and Systems***;17(3):233-47.
- Mohd ROFDZI ,Abdullah & Mohd Nasrun Mohd, Nawi. (2009). ***Industrialized Building System: A Definition and Concept. In Processing in ARCOM Conference***, 7-9 September, Nottingham, United Kingdom.
- Buildoffsite, Abraham. (2009). ***Industrialized and Automated Building Systems*** (2nd edn), London, E&FN Spon.
- Chung ,Lim Pui. (2006). ***Implementation Strategy for Industrialized Building System (IBS)***. Faculty of Civil Engineering. Universiti Teknologi Malaysia. Johor Bharu, Malaysia.
- Durmisevic, Elma & Linthorst, Patrick. (2000). ***Industrialization of Housing (Building with Systems). In Continuous Customization in Housing***, 16-18 October, Tokyo, Japan.
- Fallah, Mohammad Hassan. (2001). ***The Potential Use Of Lightweight Steel Framing For Residential Building Construction In Iran, D.Phil***, UniversityOf Sheffield.
- Gambin, Colin. (2012). ***Sector Skills Insights: Advanced Manufacturing***,Evidence Report 48.

- Gogus, Ozerk & Thomas O. Boucher. (1998). ***Strong transitivity, rationality and weak monotonicity in fuzzy pairwise comparisons***. Fuzzy sets and systems 94.1 133-144.
- Hendriks, Nico A & Hans Vingerling. (2000). ***Industrial, flexible and dismantable (IFD) building technology: A key to sustainable construction." Integrated Life-cycle Design of Materials and Structures: ILCDES***,22-24: Proceedings of the RILEM/CIB/ISO International Symposium. RILEM Publications.
- Jencks, Charles. (1997). ***Complexity definition and nature's complexity***. Architectural Design, (129), 8-9.
- Kemerling (OECD/IEA-International Energy Agency). (2001) .***Energy efficient building envelopes***, www.iea.org.
- Lecorbu, James . (1958)**.** ***Building Adaptation*** (2nd edn), Oxford, Elsevier Ltd.
- ORNL, Building Technologies Research & Integration Center, ORNL & Oak Ridge, Tennessee, 2013, www.ornl.gov/sci/ees/etsd/btric/.
- Outhred, Geoff & Parker, Graham. (1995). ***How Green Are Residential Prefabricated Building Systems?*** London: RICS Research.
- Sarja, Asko. (1998). ***Open and Industrialised Building, London, Taylor & Francis e-Library***, Vol. 222 ,Routledge.
- Sebestyen, Gyula. (2003). ***New Architecture and Technology***. Oxford: Architectural Press.
- Shayanfar, Francesco. (2003). ***Evaluation of green buildings'overall performance through in situ monitoring and simulations***. Energies, 6(12), 6525-6547.
- Sobek, Werner .(2010). ***Nachhaltiges Bauen mit Stahl - Aufgabe für Architekten und Ingenieure***, Lecture held at the Internationaler Architektur-Kongress. Essen, Germany. Jan 13.
- Technology and skills in the Construction Industry, UK Commission for Employment and Skills ,Evidence Report 74 , September , 2013.
- Technology Change and the Building Industry,Louise Sabol,Real Estate Review, Vol. 36, No. 3, December 2007.
- Vitruvius, Marcus. (1914). ***The Ten Books of Architecture. trans. Hicky Morgan*** (New Yon: Dover Publications, Inc. 1960, Bk. Ill, 4.
- Vivian Vivian WY. (2007). ***Towards Adoption of Prefabrication in Construction of Building*** . Building and environment, 42(10), 3642-3654.
- Wang, Ying-Ming. (2009). ***Centroid defuzzification and the maximizing set and minimizing set ranking based on alpha level sets***. Computers & Industrial Engineering 57.1 :228-236.
- Warszawski, Abraham. (1999). ***Industrialized and Automated Building Systems***. New York: E & FN Spon.
- Wu, Wei-Wen. (2008). ***Choosing knowledge management strategies by using a combined ANP and DEMATEL approach***. Expert systems with applications 35.3: 828-835.
- URL1:https://www.google.com/maps/search/%D8%A8%D8%B1%D8%AC+%D8%A8%D8%B1%D9%84%DB%8C%D8%A7%D9%86+%D8%AC%D9%86%D8%AA+%D8%A7%D8%A8%D8%A7%D8%AF%E2%80%AD/@35.7604675,51.2952475,17z/data=!3m1!4b1?entry=ttu