Archive of SID

نشریه‌ی علمی-پژوهشی شهر ایمن
JOURNAL OF RESILIENT CITY
(JRC)

ارزیابی بهره‌وری ساختمان‌های پیش‌ساخته و بتن درجا به منظور اسکان پس از بحران با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره ویکور(VIKOR)

مریم شاهپری [۱]؛ فاطمه مهدیزاده سراج [*۲]؛ میرسامان پیشوایی [۳]؛ سعید پیری [۴]

۱- دانشجوی دکتری مهندسی معماری؛ دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۲- استاد دانشکده معماری و شهرسازی؛ دانشگاه علم و صنعت

۳-دانشیار دانشکده مهندسی صنایع؛ دانشگاه علم و صنعت

۴- استادیار دانشکده فنی و مهندسی؛ دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

دریافت مقاله :۱۳۹۸/۰۱/۲۵ ؛ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۳/۲۵

واژگان کلیدی

مدیریت بحران
بهره‌وری
پیش‌ساخته سازی
سیستم ساخت بتن درجا

چکیده

ایران یکی از کشورهایی است که بنا به موقعیت جغرافیایی خود در معرض حوادث طبیعی متنوعی قرار دارد. استفاده از سیستم ساخت‌وساز بتن درجا در مجتمع‌های مسکونی، قبل و بعد از بحران باعث ایجاد تلفات مالی و جانی فراوانی شده است. ساختمان‌هایی با سازه‌های مستحکم، به‌جهت فراهم‌آوری ایمنی برای ساکنین، از ضروریات یک شهر ایمن است. پیش‌ساخته‌سازی از راهکارهایی است که علیرغم مزایا و دارابودن پتانسیل و نقش تأثیرگذار در اسکان پس از بحران، هنوز صنعتی رایج در ایران نیست. این تحقیق با هدف ارائه شواهد قابل اندازه‌گیری از مزایای این تکنولوژی در اسکان پس از بحران، سعی در تسریع تصمیم‌گیری مشتریان و هدایت آن‌ها به سرمایه‌گذاری در پیش‌ساخته‌سازی دارد. نمونه‌ی مورد مطالعه این پژوهش، مجتمع مسکونی نگین پردیس می‌باشد. پس از استخراج معیارها و تأیید و غربالگری با روش دلفی، وزن معیارها از روش *AHP* به دست آمد و رتبه‌بندی گزینه‌های تحقیق توسط روش *VIKOR* انجام گرفت. پس از بررسی سه گزینه در سیستم‌های ساخت، دو گروه ساختمان‌های نیمه پیش‌ساخته بتنی و مرکب به عنوان گزینه برتر در بهره‌وری و اسکان پس از بحران شناخته شدند. بنابراین تلفیق سیستم پیش‌ساخته با بتن درجا، در قسمت‌های اسکلت، سازه و نما باعث افزایش استحکام، تسریع در زمان اجرا، کاهش خسارت وارد بر ساختمان پس از وقوع حوادث می‌شود.

۱- مقدمه

رشد سریع جمعیت در سال‌های اخیر و نیاز شدید به افزایش بهره‌وری در بخش ساختمان، این واقعیت را آشکار می‌کند که امروزه استفاده از سیستم‌های ساخت بتن درجا در امر ساخت‌وساز متناسب با نیاز کشور نیست(*Nazari, Bashkeh, & Mohebi, 1391*). در صد سال گذشته، بعد از وقوع زمین لرزه‌هایی که منجر به خرابی‌های گسترده می‌شدند، نیاز بود که ساختمان‌ها در اسرع وقت ساخته و مورد بهره‌برداری قرار گیرند (*Downing, 2002*).

ایران یکی از کشورهایی است که بنا به موقعیت جغرافیایی خود در معرض انواع حوادث طبیعی چون زمین‌لرزه، سیل، طوفان و خشکسالی قرار دارد. وقوع انواع حوادث طبیعی، علاوه بر این‌که توسعه پایدار کشور را با مشکل مواجه می‌سازد، همواره تلفات جانی و مالی فراوان و جبران‌ناپذیری به کشور تحمیل می‌کند(*Afrakhteh, 1386*).

از این رو معماری در زمینه‌ی مدیریت بحران، از جایگاه ویژه و نقش مؤثری برخوردار است. به‌همین دلیل امروزه در راستای معرفی نقش معماری در مدیریت بحران،

* تهران؛ نارمک؛ دانشگاه علم وصنعت ایران دانشکده معماری و شهرسازی؛ شماره‌ی تلفکس: ۰۲۱-۷۷۲۴۰۲۶۳ رایانامه: **mehdizadeh@iust.ac.ir**

[۱] این مقاله برگرفته از رساله دکتری مریم شاهپری تحت عنوان« تدوین راهبردهای طراحی مجتمع‌های مسکونی با رویکرد پیش‌ساختگی به منظور ارتقا بهره‌وری» است که به راهنمایی دکتر فاطمه مهدیزاده سراج و مشاوره‌ی دکتر میرسامان پیشوایی و دکتر سعید پیری در دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال ارائه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

بحث معماری صنعتی و استفاده از پیش‌ساخته‌سازی مطرح می‌شود(*Ghobadi Lamoki & Mirsaeedi, 1389*). در این میان سیستم‌های ساخت نوین، از جمله مباحثی است که از نظر پدافند غیرعامل در مواقع بحران دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد. بنابراین استفاده از سیستم‌های ساختمانی که کمترین خسارت را پس از بحران ایجاد می‌کند و با کم‌ترین زمان و هزینه امکان بازسازی و ساخت مجدد را دارند و به‌تبع آن با کاهش تلفات روبرو هستند از جمله مواردی است که باید مورد بررسی قرار گیرد(*Bidgoli & Zarei, 1390*).

در ساخت‌وساز انبوه در ایران از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که پس از استفاده وسیع از این سیستم‌ها، اکنون معایب هر کدام از آن‌ها به وضوح مشخص شده است. مثلاً ساختمان‌های فولادی در اغلب مناطق کشور گران‌تر است و به‌طوری‌که در برخی از شهرهای بزرگ کشور عمدتاً از
سازه‌های بتن مسلح استفاده می‌شود. از طرفی در سازه‌های بتنی درجا نیز، ساخت بتن و نحوه بتن‌ریزی در محل بسیار مهم است. هم‌چنین کمبود کارگر ماهر و عدم رعایت دقیق استانداردهای ساختمانی بتن درجا به‌خاطر عجله ناشی از نیاز آنی به مسکن در کشور زلزله‌خیز ایران منجر به نتایج فاجعه‌باری در سالیان گذشته شده و تلفات جانی و خسارات مادی فراوانی را بر جای گذاشته است. وجود این مشکلات و افزایش قابل توجه هزینه‌ها در عملیات ساختمانی باعث شده است تا طراحان به فکر روش‌هایی برای غلبه بر این مشکلات و کاهش هزینه‌ها بیفتند(*Shahnazari & Sahab, 1374*).
پیش‌ساخته‌سازی یک روش ساخت‌وساز نوآورانه است که هدف آن به حداقل رساندن فعالیت ساخت‌وساز در محل سایت و انتقال بسیاری از فعالیت‌های ممکن به محل کارخانه به‌منظور اطمینان برای ایجاد یک محصول با کیفیت، ایمنی بیشتر و کوتاه کردن پروسه زمان تحویل پروژه شناخته می‌شود(*Arif & Egbu, 2010; Azman, Ahamad, Majid, & Hanafi, 2010*).

تفاوت عمده بین پیش‌ساخته و سیستم ساختمان سنتی این است که بخش عمده‌ای از اجزای ساختمان در خارج از سایت تولید می‌شوند (*Arif & Egbu, 2010; Azman et al., 2010; Pan, Gibb, & Dainty, 2007*).
پیش‌ساخته‌سازی نسبت به ساخت‌وساز سنتی امن‌تر و سازگارتر با محیط‌زیست می‌باشد (*Barrett & Wiedmann, 2007*). این تکنولوژی برای انواع پروژه‌های ساختمانی مناسب تلقی می‌گردد (*Ngowi, Pienaar, Talukhaba, & Mbachu, 2005*).

پیش‌ساخته‌سازی یک رویکرد بسیار سودمند است که با مزایای گسترده‌ای از جمله مدت زمان کوتاه تحویل پروژه، کیفیت بهتر، کنترل بیشتر فعالیت‌های ساختمانی، ایمنی و بهبود کارگران، سازگاری زیست‌محیطی و کاهش هزینه‌های پروژه همراه است (*Gibb & Isack, 2003; Lu, 2009; Lusby-Taylor, Morrison, Ainger, & Ogden, 2004*).

توصیه‌های زیادی برای افزایش بهره‌وری وجود دارد، عملکرد صنعت با استفاده از مزایای فن‌آوری پیش‌ساخته در قیاس با سیستم متداول ساخت‌وساز نتایج برتری را ارئه می‌دهد (*Bell, 2009*). محققان مختلف، بهره‌وری را اندازه‌گیری در دسترس بودن منابع برای دسترسی به اهداف تعیین‌شده می‌دانند (*Davis, 2007; Durdyev & MBACHU, 2011; Kelly, 2009; Ranasinghe, Ruwanpura, & Liu, 2011*).

مفهوم بهره‌وری، دست‌یابی به حداکثر خروجی با حداقل ورودی می‌باشد. در سطح پروژه‌های شخصی‌ساز، برنامه، هزینه و کیفیت به عنوان عامل‌های مهم بهره‌وری هستند. اندازه‌گیری بهره‌وری در این سطح، باید با توجه به اهداف سه‌گانه برای استقرار منابع شرکت، نیروی انسانی، ماشین‌آلات، پول و مواد انجام گردد.
با افزایش تأکید بر تأثیرات زیست‌محیطی در فرایند ساخت‌وساز، به‌خصوص در پروژه‌های عمومی، سه اقدام کلیدی برای بهره‌وری نیاز به گسترش دارد که تأثیرات زیست‌محیطی و الزامات قانونی را به‌عنوان یک معیار کلی برای بهره‌وری اندازه‌گیری می‌کند. با این حال معیارهای اندازه‌گیری برای پارامترهای کیفیت، تأثیرات زیست‌محیطی و تطابق قانونی به‌دلیل کمبود داده‌های موجود دشوار است(*Co-operation & Development, 2001*).
یکی از پرچالش‌ترین مشکلات کشور در خصوص مدیریت

www.SID.ir

Archive of SID

حوادث و بلایا، بحث اسکان و بازسازی مسکن‌های آسیب‌دیده است که در همین راستا، معماری صنعتی با ارائه راهکارهای نوین، پا به عرصه‌ی خدمت‌رسانی در حوزه مدیریت پس از بلای طبیعی گذاشته است که می‌توان یکی از موارد تأثیرگذار را پیش‌ساخته‌سازی ساختمان دانست.

علی‌رغم مزایای پیش‌ساخته‌سازی و نقش تأثیرگذار آن در اسکان پس از بحران، جذب صنعت آن هنوز هم در ایران کم است. این تحقیق با هدف دست‌یابی به فاکتورهای تأثیر-گذار به‌منظور افزایش بهره‌وری در ساختمان‌های پیش‌ساخته و ارائه شواهد قابل اندازه‌گیری از مزایای این تکنولوژی در اسکان قبل و بعد از بحران، سعی در ترغیب تصمیم‌گیری مشتریان و تمایل آن‌ها به سرمایه‌گذاری در پیش‌ساخته-سازی دارد؛ بالاخص این‌که با استفاده از پیش‌ساخته‌سازی می‌توان در سریع‌ترین زمان ممکن به بازسازی مسکن قبل و بعد از بحران پرداخت. در این تحقیق، ابتدا پارامترهای تأثیرگذار بر بهره‌وری در سیستم‌های ساخت، از پیشینه پژوهش استخراج شد و در اختیار خبرگان قرار گرفت و در ادامه، بهره‌وری سیستم‌های ساخت با استفاده از تلفیق تکنیک‌های سلسه مراتبی محاسبه شد. در ادامه پژوهش به بررسی این موضوع پرداخته شد که کدام‌یک از سیستم‌های ساخت بیشترین بهره‌وری را در در قبل و بعد از بحران دارند؟ بخش‌های مختلف این مقاله بعد از مقدمه، بدین صورت ساماندهی شده است. ابتدا پیشینه‌ی تحقیق سیستم-های ساخت در اسکان پس از بحران، مورد بررسی قرار گرفت. سپس الگوریتم کلی روش اجرای تحقیق ارائه شد و در بخش چهارم تجزیه و تحلیل داده‌ها و بررسی نتایج انجام گرفت و نهایتاً در بخش پنجم نتیجه‌گیری و پیشنهادات ارائه گردید.

۲- پیشینه‌ی تحقیق

در سال‌های اخیر به‌دلیل رشد فزاینده جمعیت و نیاز به مسکن‌سازی انبوه، به‌ویژه در مواقع بحرانی، ضرورت خارج شدن از ساخت‌وساز سنتی و روی آوردن به روش‌های نوین ساخت در اجرای پروژه‌های مسکن امری ضروری به‌نظر می‌رسد. بهره‌گیری از فن‌آوری‌های نوین ساختمانی و استفاده از روش‌های مدیریت پروژه در این عرصه می‌تواند دست‌یابی به این هدف را امکان‌پذیر سازد(*Bayat & Taherkhani, 2016*). پیش‌ساخته‌سازی در راستای اسکان پس از بحران، یکی از بروزترینۀ روش‌های ایجاد و گسترش واحدهای مسکونی می‌باشد که می‌تواند جواب‌گوی احتیاجات مدیریت بحران، برای ایجاد توازن ازدیاد جمعیت یا سکنی‌دهی همراه با امکانات رفاهی باشد(*Ahmadi, 1998*). اکنون به بررسی روند جهانی پیش‌ساخته‌سازی در کشورهای مختلف در راستای پدافند غیرعامل می‌پردازیم:

۲-۱- پدافند غیرعامل در معماری و شهرسازی

پدافند غیرعامل در معماری و شهرسازی به معنی ایمنی و حفاظت در مقابل تهدیدات طبیعی به‌کار می‌رود (*Nakabayashi, 1993*). با رویکرد روانشناسانه به معماری و شهرسازی، بحث ایمنی و امنیت باید در کلیه سطوح برنامه‌ریزی و طراحی، از موضوعات کلان شهرسازی تا معماری و جزئیات فنی مد نظر قرار گیرد. پدافند غیرعامل در معماری و شهرسازی می‌تواند علاوه بر کاهش خسارات تهدیدات انسان ساز، جهت کاهش خطرپذیری در برابر انواع خطرات طبیعی نیز مفید واقع شود(*Ahmadi, 1998*).

۲-۲- شهر ایمن، ساختمان ایمن

شهر ایمن، شهری است که آسایش، آرامش و ایمنی را برای ساکنین آن فراهم کند. در واقع پایه بحث شهر ایمن بیشتر بر روی مسائلی متمرکز است که میزان خطرات را کاهش می‌دهد. در این میان، مقوله ایمنی ساختمان‌ها و بناها از مهم‌ترین مؤلفه‌های ایمنی شهری به حساب می‌آید. بر اساس مقررات استانداردهای ایمنی، هر ساختمانی که تصرف بیش از ۵۰ نفر داشته باشد در طبقه‌بندی بناهای پر خطر قرار می‌گیرد و ملزم به رعایت مجموعه‌ای از اصول ایمنی و حفاظتی است(*Rezaee, 1396*). در مباحث مرتبط با موضوع ایمنی ساختمان، مفهوم مقاوم‌سازی ساختمان‌ها مترادف با ایمن‌سازی تلقی می‌شود، به گونه‌یی که به‌عنوان مثال، در اذهان عمومی مقاوم بودن ساختمان در برابر زلزله‌های احتمالی به عنوان شرط کافی برای ایمنی ساختمان‌ها در نظر گرفته می‌شود(*Russ, 2006*). در همین راستا، معماری صنعتی با ارائه راهکارهای نوین، پا به عرصه‌ی ارائه

سیستم‌های ساخت جدید در راستای ایمن‌سازی شهرها گذاشته است که می‌توان یکی از موارد تأثیرگذار را در این عرصه سیستم‌های پیش‌ساخته دانست.

۲-۳-روند پیش‌ساخته‌سازی پس از بحران در

www.SID.ir

Archive of SID

کشورهای مختلف

مزایای استفاده از ساختمان‌های پیش‌ساخته با گذشت زمان به‌دلیل تغییرات اقتصادی، افزایش جمعیت، جنگ و هم‌چنین سایر عوامل اجتماعی و سیاسی تغییر کرده است(Bruce & Sandbank, 1943). استفاده از ساختمان‌های پیش‌ساخته، محیطی را برای مسکن جدید در کشورهای تحت بحران و جنگ ایجاد کرده است. برای مثال روند پیش‌ساخته‌سازی در آمریکا، ژاپن و اروپا به‌دلیل تقاضای زیاد مسکن پس از بحران‌های طبیعی به سمت پیش‌ساخته‌سازی رفته است و در همین حال، بسیاری از مستعمرات سابق اروپا، آفریقا و آسیا در طول سال‌های پس از جنگ، در جهت بازسازی ساختمان‌های خود و استفاده از تکنولوژی جدید مانند پیش‌ساخته‌سازی قدم نهادند(*Akubue, 2002*).

فناوری ساخت‌وساز پیش‌ساخته در اوایل دهه ۱۹۶۰ از کشورهای توسعه یافته به بسیاری از کشورهای مستقل منتقل شد. با این حال، ساختمان‌های پیش‌ساخته موفقیت‌های محدودی در بسیاری از کشورها به‌دست آوردند؛ زیرا شهرت پیش‌ساخته‌سازی به‌دلیل طراحی‌های قبلی و اشتباهاتی در ساخت و اجرا تضعیف شده بود و هم‌چنان روش ساخت‌وساز متداول به‌عنوان روش غالب در مسکن به‌شمار می‌رفت. امروزه فرایندهای ساخت‌وساز پیش‌ساخته با پیشرفت طراحی، تکنولوژی و ماشین‌آلات با کاهش تولید زباله، مصرف انرژی، هزینه و زمان پروژه از جمله معتبرترین سیستم‌های ساخت شناخته می‌شود(Akubue, 2002; Song, Fagerlund, Haas, Tatum, & Vanegas, 2005).

از اواخر ۱۹۹۰ و سال ۲۰۰ میلادی دولت‌های بسیاری شروع به بازنگری و استفاده مجدد از پیش‌ساخته‌سازی کردند. کشورهایی مانند انگلیس، سنگاپور، هنگ کنگ، مالزی و استرالیا که سیاست‌های بلند مدتی در راستای بهبود مکانیزم صنایع، تکنولوژی و افزایش بهره‌وری صنعت ساخت دارند(Chiang, Tang, & Leung, 2001; Force & Britain, 1998; Haron, Rahman, & Hanid, 2009; Ofori, 2000). برای به حداکثر رساندن سود بالقوه در صنعت ساخت‌وساز نیازمند پیشرفت گام به گام از سوی کشورهای دیگر برای رسیدن به استراتژی مطلوب در راستای استفاده از ساختمان‌های پیش‌ساخته هستیم(Badir, Kadir, & Hashim, 2002).

در دهه ۱۹۵۰ بعد از جنگ جهانی دوم، نیوزلند دچار کمبود مسکن پس از بحران شد(Scofield, Wilkinson, Potangaroa, & Bell, 2009).

بعد از زلزله سال ۲۰۱۰ در نیوزلند، پیش‌ساخته‌سازی در این کشور ترویج بیشتری گرفت. سازمان صنعتی پیش‌ساخته‌سازی در نیوزلند در سال ۲۰۱۰ تأسیس شد و به‌عنوان چتری برای ساماندهی پیش‌ساخته‌سازی در نیوزلند بود و هدف آن ترویج دو برابر پیش‌ساخته‌سازی و افزایش ۲۰ درصدی آن تا سال ۲۰۲۰ می‌باشد. این سازمان به ارتقاء و پیشبرد تکنولوژی پیش‌ساخته‌سازی در نیوزلند خیلی کمک کرده است. جذب پیش‌ساخته‌سازی در بهبود بهره‌وری در صنعت ساخت‌وساز و اسکان پس از بحران آن در نیوزلند مؤثر است (Bell, 2009; Shahzad, 2011).

۴-۲- پیش‌ساخته‌سازی در ایران

روش‌های صنعتی کردن ساخت‌وساز در ایران از اواسط دهه ۳۰ مطرح شد. اولین تجربه‌های پیش‌ساخته‌سازی سنگین، توسط بانک ساختمانی سابق و شرکت ساختمانی «ریما» و برخی شرکت‌های خارجی دیگر در ایران در محله نارمک تهران شروع شد. وزارت مسکن و شهرسازی در اردیبهشت ماه سال ۱۳۵۰ اقدام به برگزار نمودن اولین سمینار بین‌المللی "صنعتی کردن ساختمان در ایران" نمود که بعد از آن، دولت اقدام به خرید یازده کارخانه از صنایع پیش‌ساخته نمود. بعد از انقلاب اسلامی و آغاز جنگ تحمیلی، به‌دلیل تعریف نشدن استانداردهای لازم و هم‌چنین مدیریت ضعیف شرکت‌ها، هیچ یک از مدیران کارخانجات به‌فکر ارتقاء کیفیت کارخانجات نیفتادند و در نهایت، با زیان‌های مالی فراوانی روبرو شدند و به ناچار شروع به فروش یا واگذاری کارخانجات نمودند. به این ترتیب در طول دوران بعد از جنگ علی‌رغم نیازهای فراوان به این صنعت، خصوصاً در امر بازسازی شهرهای آسیب‌دیده از جنگ، کار جدی و چشم‌گیری در این زمینه انجام نگرفت. در همین اواخر مجدداً توجه مسئولین به امر پیش‌ساخته‌سازی جلب شده و امید است بتوان با مدیریتی صحیح، زیان‌های فراوانی که به لحاظ

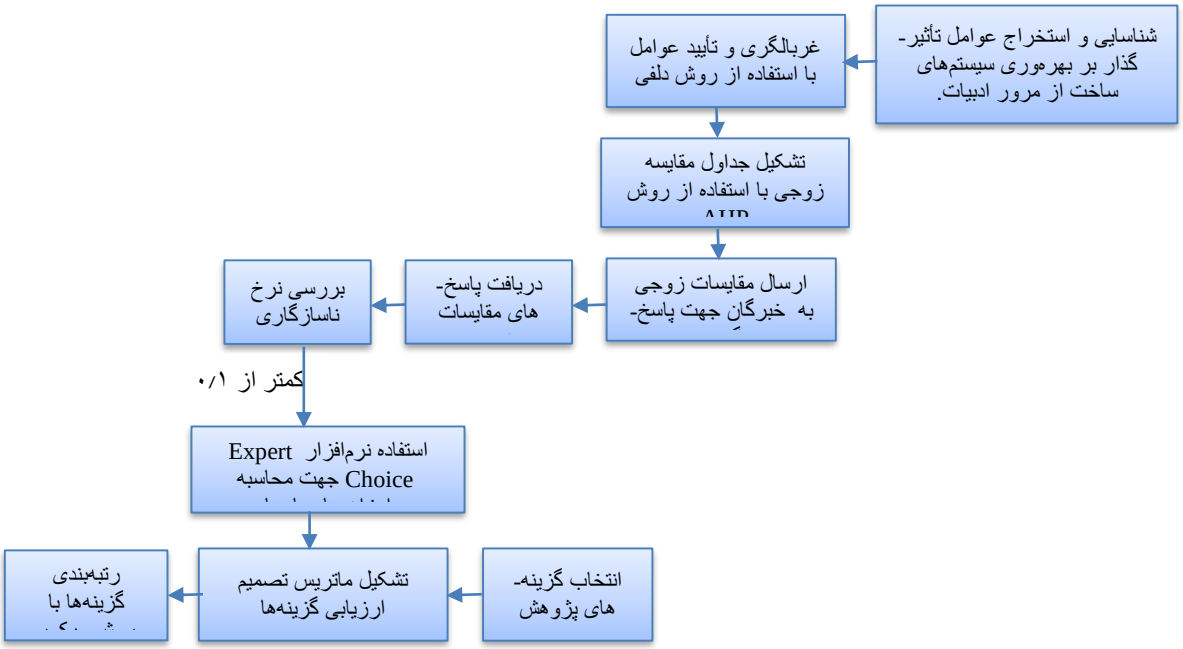
www.SID.ir

Archive of SID

مدیریت غیرکارآمد ایجاد شده است، را جبران نمود(ElaheTalayee, 1395).

۳- روش تحقیق

این تحقیق از نظر گردآوری اطلاعات درحیطه پژوهش‌های پیمایشی قرار می‌گیرد. تحقیق پیمایشی را بر حسب حجم جامعه مورد مطالعه می‌توان به تحقیق پیمایشی در مقیاس کوچک و یا در مقیاس بزرگ نام نهاد. تحقیق پیمایشی به سه روش مقطعی، طولی و دلفی تقسیم‌بندی می‌گردد (*Borg & Gall, 1989*). زمانی که لازم است درباره اتفاق-نظر یک جمع صاحب‌نظر درباره یک موضوع خاص بررسی شود، از روش دلفی استفاده می‌شود(*Sarmad, Abbas, & Elahe, 1395*). در گام اول همان‌طور که درشکل شماره ۱ نشان داده شده است ابتدا عوامل تأثیرگذار بر ارتقاء بهره‌وری سیستم‌های ساخت پس از بحران، از مرور ادبیات و پیشینه پژوهش استخراج شد و توسط روش دلفی در قالب یک پرسش‌نامه در اختیار خبرگان قرار داده شد تا بر اساس طیف ۵ تایی لیکرت به هر شاخص امتیاز دهند. هم‌چنین از خبرگان خواسته شد تا علاوه بر شاخص‌های احصاء شده، اگر عامل تأثیرگذار دیگری مدنظر دارند قید کنند، شاخص‌های پژوهش در هر راند دلفی مورد غربالگری قرار گرفت، روش دلفی در ۳ راند انجام شد و پایایی پرسش‌نامه‌ها در هر ۳ راند توسط *SPSS* مورد بررسی قرار گرفت و هم‌چنین در راند دوم و سوم، ضریب هماهنگی کندال محاسبه شد؛ سپس با استفاده از خروجی دلفی، با استفاده از شاخص‌های تأیید شده مقایسات زوجی معیارها و زیرمعیارها ایجاد شد و در اختیار خبرگان قرار گرفت و با استفاده از روش *AHP* بعد از تکمیل ماتریس‌های مقایسات زوجی، نرخ ناسازگاری هر کدام محاسبه شد که همگی کم‌تر از ۰/۱ بود که نشان از ثبات و سازگار بودن ماتریس‌ها دارد. سپس حاصل مقایسات زوجی خبرگان، توسط روش میانگین هندسی ادغام شد و جهت تعیین وزن، وارد نرم‌افزار *Expert Choice* شدند و - سپس به‌منظور رتبه‌بندی گزینه‌های پژوهش که شامل، سیستم پیش‌ساخته مرکب (*A1*)، پیش‌ساخته بتنی (*A2*) و بتنی درجا (*A3*) بود از روش *VIKOR* استفاده شد. در ابتدا در روش ویکور، ماتریس تصمیم شکل گرفت و ۲۴ زیرمعیار به همراه ۳ گزینه پژوهش، داخل ماتریس تصمیم قرار گرفتند و بعد از نرمال‌سازی ماتریس تصمیم و تعیین ایده-آل‌های مثبت و منفی معیارها، مقدار شاخص ویکور محاسبه شد و در گام پایانی رتبه‌بندی سیستم‌های ساخت بر مبنای بهره‌وری انجام شد. شکل ۱، الگوریتم روش تحقیق را نشان می‌دهد.



www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۱- روندنمای تحقیق

۴- تجزیه و تحلیل داده‌ها و ارائه نتایج

۴-۱- نمونه مورد مطالعه

نمونه‌ی مورد مطالعه این پژوهش، مجتمع مسکونی نگین پردیس می‌باشد که از دلایل انتخاب این پروژه، می‌توان به بکار بردن هم‌زمان سه نوع سیستم ساخت متفاوت در این پروژه اشاره کرد. این مجتمع در سال ۸۷ شروع به ساخت ۲۲ بلوک ساختمانی کرد که شامل ۶ بلوک نیمه پیش-ساخته فولادی_بتنی ، ۸ بلوک بتن درجا و ۸ بلوک نیمه پیش‌ساخته بتنی می‌باشد که تمامی بلوک‌ها از پلانی مشابه پیروی می‌کنند و تنها تفاوت آن‌ها در نما و تعداد طبقات بلوک‌ها است که نمای بلوک‌های ۸ طبقه به صورت پیش-ساخته و سمنت برد[۱]اجرا شده اما نمای بلوک‌های درجا و پیش‌ساخته بتنی، رنگ کنیتکس[۲]می‌باشد. بلوک‌های بتن درجا و نیمه پیش‌ساخته بتنی در ۵ طبقه و ۲۴ واحد و بلوک نیمه پیش‌ساخته مرکب فولادی-بتنی در ۸ طبقه و ۳۲ واحد ساخته شده‌اند. جهت تسریع در انجام محاسبات و مقایسه بهتر سه سیستم ساخت، تمامی محاسبات برای بلوک‌ها بر مبنای پنج طبقه محاسبه شده است.

اکنون سایت پروژه و سیستم‌های ساخت بکار رفته در نمونه موردی تحقیق معرفی می‌شوند:

۴-۲- عوامل ایجاد بحران در شهر پردیس

نمونه‌ی مورد مطالعه، مجتمع نگین پردیس است که در شهر جدید پردیس واقع شده است. شهر جدید پردیس در ۱۷ کیلومتری شرق تهران در مسیر جاده هراز واقع گردیده است. پردیس از شمال به رشته‌کوه‌های البرز، از غرب به منطقه جاجرود، از جنوب به روستای کرشت، سیاه سنگ و طاهرآباد و از شرق به بومهن محدود می‌گردد. مکان‌یابی شهر جدید پردیس در منطقه شهری تهران، با توجه به شرایط طبیعی منطقه و اهداف دولت صورت گرفته است که با عنایت به موقعیت حساس شهر تهران به‌عنوان پایتخت و مرکز سیاسی و اداری کشور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. شهر جدید پردیس علاوه بر این‌که در معرض بحران هویتی و نابسامانی‌های اجتماعی به‌دلیل سکونت جمعیت عمدتاً مهاجر و حاشیه‌نشین دارد، در فاصله ۱۰ کیلومتری در تلاقی دو گسل فعال و مهم در شمال شرق تهران به‌نام گسل شمال تهران و گسل مشاء در محل روستای کلان[۳]می‌باشد. علی‌رغم مشکلاتی که برای شهر جدید پردیس وجود دارد، هم‌اکنون حدود ۶۰ هزار نفر جمعیت دارد و در آینده جمعیت ۷۰۰ هزار نفری را برای آن پیش‌بینی کرده‌اند. به‌دلیل قرارگیری این شهر بر روی گسل، ساخت‌وساز بی‌رویه و جمعیتی که به‌طور روزافزون در حال افزایش است، ضرورت پرداخت به سیستم‌های ساخت در این منطقه را افزایش می‌دهد. در این تحقیق سعی شده است با بررسی سیستم‌های ساخت در این منطقه، بهترین گزینه برای ساخت‌وساز قبل و بعد از بحران پیشنهاد داده شود که در صورت وقوع هر گونه حوادث غیرمترقبه، کمترین خسارت را بر ساکنین وارد کند و در کوتاه‌ترین زمان با کمترین هزینه به اسکان پس از بحران بپردازد.

۴-۳- نیمه پیش‌ساخته بتنی

در سیستم نیمه پیش‌ساخته بتنی، ستون‌ها به صورت پیش-ساخته، تیرها به صورت نیمه پیش‌ساخته و سقف‌ها به‌صورت پیش‌ساخته و از نوع *Hollow Core*[۴]هستند. سقف هالوکور به دو صورت بتن مسلح معمولی و یا بتن مسلح پیش تنیده در کارخانه تولید و به محل اجرای پروژه انتقال داده می-شوند. در راستای اطمینان از کفایت پی سازه در تحمل بارهای وارده، از شالوده بتن مسلح درجا استفاده می-شود(*Golabchi & Mazaherian, 1388*).

[۱] سمنت برد (Cement Board)صفحات پیش‌ساخته سیمانی است که با الیاف طبیعی سلولزی ، سیلیس در جهت افزایش خواص مکانیکی ترکیب منحصر به فردی را تشکیل داده تا ثبات این محصول در تمام شرایط اقلیمی تضمین گردد.

[۲] رنگ کنیتکس (Kenitex)ترکیبی از مواد پرلیت، پنبه نسوز، مواد رنگی و رزین سنتیک دارد که با بافتی برجسته روی دیوار را می‌پوشاند.

[۳] کلان یکی از روستاهای دهستان لواسان بزرگ، بخش لواسانان در شهرستان شمیرانات استان تهران است.

[۴] سقف هالوکور (Hollow Core) ازجمله سقف‌های پیش‌ساخته می‌باشد. پیش‌ساخته بودن این سقف باعث اجرای بسیار سریع آن می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

۴-۴- نیمه پیش‌ساخته فولادی_ بتنی

ساختمان نیمه پیش‌ساخته فولادی- بتنی متشکل از قاب-های ساده مرکب پیش‌ساخته و دیوار بتن مسلح، نوعی سیستم سازه‌ای می‌باشند که در آن قاب ساختمانی متشکل از ستون‌های مرکب بتنی-فولادی، تیرهای گرم نورد شده به‌صورت پیش‌ساخته و دیوار برشی بتن مسلح می‌باشد. در این سیستم قاب‌های ساختمانی ساده، وظیفه باربری جانبی را بر عهده دارند. ستون‌های پیش‌ساخته دارای مقطع لوله‌ای شکل بوده و با خم‌کاری ورق‌های فولادی و جوشکاری مختص ورق‌های سرد نورد شده ساخته می‌شوند. داخل ستون‌های لوله‌ای شکل، با بتن پر شده و مقطع مرکب فولادی- بتنی حاصل خواهد شد. تمامی اتصالات در این نوع سیستم از نوع اتصالات ساده پیچی می‌باشد. سقف‌های این سیستم سازه‌ای، نوعی سقف مرکب بتنی- فولادی مشتمل بر تیرچه‌های پیش‌ساخته فلزی کرومیت، بلوک‌های پلی-استایرن منبسط شده و دال بتن مسلح می‌باشد(*Golabchi & Mazaherian, 1388*).

۴-۵- سیستم ساخت بتن درجا

بتن به شکل‌ها و روش‌های مختلفی نظیر سیستم‌های درجا و پیش‌ساخته استفاده می‌شود (*Nielsen, 2008*). که در دو شیوه اجرایی صنعتی – پیش‌ساخته و سنتی- بتن درجا به-کار می‌رود(*Mahmoodzadeh, Lahoorpour, & Godini, 1396*). روش سنتی، به سیستم ساخت بتن درجا معروف است. این روش، فرایندی است که مراحل ساخت بتن در محل احداث بنا، انجام می‌شود. در بتن‌ریزی درجا به‌علت این‌که عملیات ساخت بتن در محل صورت می‌گیرد، مراحل اختلاط، عمل‌آوری و بتن‌ریزی، در مقایسه با بتن‌های پیش‌ساخته، از دقت و نظارت کم‌تری برخوردار می‌باشد. در این روش به نیروی انسانی بیشتر و با مهارت بالاتری نیاز است. سرعت انجام کار در بتن‌ریزی درجا کندتر می‌باشد؛ زیرا عملیات در فضای باز صورت می‌گیرد و تحت تأثیر شرایط جوی است که نسبتا غیرقابل کنترل می‌باشد، در نتیجه، بتن برای کسب مقاومت لازم نیاز به زمان بیشتری دارد.

۴-۶- روش دلفی

روش دلفی برای نخستین بار توسط دالکی و هلمر در سال ۱۹۶۳ ارائه شد. این تکنیک، روشی پیمایشی مبتنی بر نظرهای متخصصان است و سه خصوصیت اصلی دارد که عبارت‌اند از: پاسخ بی‌نام، تکرار و بازخورد کنترل شده و در نهایت پاسخ گروهی آماری. این تکنیک روشی نظام‌مند به منظور جمع‌آوری و هماهنگی قضاوت‌های آگاهانه گروهی از متخصصان درباره سؤال یا موضوعی خاص است (Hsu & Sandford, 2007). در گام اول ابتدا عوامل تأثیرگذار بر ارتقاء بهره‌وری از مرور ادبیات و پیشینه پژوهش استخراج شدند که شامل ۱۵ شاخص در ۶ بعد است و در قالب یک پرسش‌نامه در اختیار ۷ نفر از خبرگان، که شامل مدیران پروژه و مهندسان شرکت‌های پیش‌ساخته بودند، قرار داده شد تا بر اساس طیف ۵ تایی لیکرت به هر شاخص امتیاز دهند.

هم‌چنین از خبرگان خواسته شد تا علاوه بر شاخص‌های احصاء شده، اگر عامل تأثیرگذار دیگری مدنظر دارند، قید کنند. بعد از پاسخ‌گویی، پایایی پرسش‌نامه توسط نرم‌افزار SPSS محاسبه شد که در مرحله اول دلفی برابر با ۰/۸۰۱ شده است و چون بالاتر از ۰/۷ می‌باشد مورد قبول است(Kazronian, Zakerian, Saraji, & Hosseini, 2013). هم‌چنین در انتهای دور اولی دلفی ۹ شاخص و ۱ بعد اصلی توسط خبرگان ارائه شد. در دور دوم دلفی ابتدا شاخص‌هایی که میانگین کمتر از ۳ در مرحله اول دلفی کسب کرده‌اند، حذف می‌شوند. که نتایج دور اول نشان می-دهد تمامی شاخص‌ها دارای امتیاز بالای ۳ هستند؛ پس هیچ‌کدام حذف نشدند. در دور دوم دلفی، شاخص‌های تأیید شده پژوهش به همراه شاخص‌هایی که از نظرات خبرگان استخراج شده‌اند طی پرسش‌نامه‌ای دوباره در اختیار افراد خبره قرار داده شد تا همانند مرحله اول به هر شاخص امتیاز دهی شود. هم‌چنین در این دور، میانگین امتیازات دور اول دلفی نیز قرار داده شد تا افراد بر اساس میانگین کل، تصمیم‌گیری کنند. نتایج دور دوم دلفی در جدول ۴-۲ آورده شده است. در دور دوم، پایایی پرسش‌نامه برابر با ۰/۸۶۰ شد، و هم‌چنین محاسبه ضریب هماهنگی کندال که برای بررسی اجماع نظرات می‌باشد، توسط SPSS برابر با ۰/۲۹۳ به‌دست آمد. حال اگر چه این مقدار از ضریب کندال

www.SID.ir

Archive of SID

برای اجماع نظرات معنادار است اما باید در مراحل بعد دلفی کنترل شود و چنانچه اختلاف نظر کم باشد، می‌توان اجماع نظرات را قطعی دانست. در دور سوم دلفی نیز به طریق مشابه شاخص‌هایی که میانگین کمتر از ۳ در مرحله دوم دلفی کسب کرده‌اند، حذف می‌شوند، ولی میانگین همه شاخص‌ها در نتایج مرحله دوم نیز بالاتر از ۳ بوده است. هم-چنین در این دور نیز شاخصی جدید ارائه نشد. در دور سوم دلفی، شاخص‌های تأیید شده پژوهش طی پرسش‌نامه‌ای دوباره در اختیار افراد خبره قرار داده شد تا همانند مرحله دوم به هر شاخص امتیاز دهند. هم‌چنین در این دور، میانگین امتیازات دور دوم دلفی نیز قرار داده شد تا افراد بر اساس میانگین کل تصمیم‌گیری کنند. نتایج دور سوم دلفی در جدول ۱ آورده شده است. در راند سوم دلفی نیز ضریب هماهنگی کندال برای پرسش‌نامه محاسبه شد که برابر با ۰/۲۸۹ است.

۱-۶-۴- دلایل توقف نظرخواهی

زمانی که ضریب کندال در دورهای سه‌گانه اجرای روش دلفی رشد قابل‌توجهی را نشان ندهد و اتفاق‌نظر میان افراد حاصل شده باشد، می‌توان به تکرار دورها پایان داد(Mashayekhi, Farhangi, Momeni, & Alidoosti, 1388; Rasooli, Moghli, & Rashidi, 1383). نتایج دوره‌های سه‌گانه اجرای روش دلفی در پژوهش نشان می-دهد که به‌دلایل زیر اتفاق‌نظر میان افراد حاصل شده است و می‌توان تکرار دورها را متوقف کرد:

۱- در دور سوم دلفی، در تمامی شاخص‌ها حداقل ۹۰ درصد پاسخ‌دهندگان شاخص‌ها را دارای تأثیر زیاد و خیلی زیاد دانسته‌اند (میانگین بالاتر از ۳ داشته‌اند).

۲- انحراف معیار پاسخ‌های افراد درباره میزان اهمیت عوامل در دور سوم نسبت به دورهای قبلی کاهش داشته است. تفاوت ضریب هماهنگی کندال در دور سوم و دور دوم تنها ۰/۰۰۴ افزایش داشته است این ضریب یا میزان اتفاق‌نظر میان اعضای پانل در میان دو دور متوالی، رشد قابل‌توجهی را نشان نمی‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- نتایج دور سوم دلفی

ردیف	بعد	شاخص	تعداد پاسخ	کمترین امتیاز	بیشترین امتیاز	میانگین	انحراف معیار
۱	هزینه	هزینه ماشین آلات	۷	۴	۵	۴،۵۷۱	۰،۵۳۵
۲		هزینه مصالح	۷	۳	۵	۳،۸۵۷	۰،۶۹۰
۳		هزینه نیروی انسانی	۷	۳	۵	۴،۰۰۰	۰،۸۱۶
۴		هزینه حمل و نقل مصالح از کارخانه به سایت پروژه	۷	۳	۵	۴،۰۰۰	۰،۸۱۶
۵		هزینه جابجایی و تخلیه مصالح در سایت پروژه	۷	۳	۵	۴،۰۰۰	۰،۸۱۶
۶		هزینه حمل و نقل مصالح ابنیه داخل سایت پروژه	۷	۴	۵	۴،۴۲۹	۰،۵۳۵
۷	زمان	مدت زمان شروع تا اتمام پروژه	۷	۲	۴	۳،۴۲۹	۰،۷۸۷
۸		تاثیرپذیری مراحل ساخت از شرایط آب و هوایی	۷	۳	۵	۴،۴۲۹	۰،۷۸۷
۹	نیروی انسانی	مهندس	۷	۴	۵	۴،۵۷۱	۰،۵۳۵
۱۰		کارگر فنی	۷	۳	۵	۴،۲۸۶	۰،۷۵۶
۱۱		کارگر عادی	۷	۴	۵	۴،۴۲۹	۰،۵۳۵
۱۲		ایمنی کارگران در اجرا	۷	۴	۵	۴،۴۲۹	۰،۵۳۵
۱۳	پایداری- محیط زیست	بازیافت مصالح	۷	۳	۵	۴،۴۲۹	۰،۷۸۷
۱۴		آلودگی به هنگام ساخت(پراکنش گرد و غبار و صوتی)	۷	۴	۵	۴،۸۵۷	۰،۳۷۸
۱۵	مصالح	مصالح پیش ساخته	۷	۳	۴	۳،۴۲۹	۰،۵۳۵
۱۶		مصالح درجا	۷	۳	۵	۳،۸۵۷	۰،۶۹۰
۱۷		پرتی مصالح	۷	۲	۵	۳،۴۲۹	۰،۹۷۶
۱۸	مدیریت و برنامه ریزی	تاخیرات در پرداخت	۷	۳	۵	۴،۱۴۳	۰،۹۰۰
۱۹		تاخیر در تحویل زمین و پروژه	۷	۳	۵	۴،۵۷۱	۰،۷۸۷
۲۰		مدیریت نقشه های اجرایی	۷	۳	۵	۴،۱۴۳	۰،۶۹۰
۲۱		تعلیق پروژه	۷	۳	۵	۴،۴۲۹	۰،۷۸۷
۲۲		تعدیل پروژه	۷	۳	۵	۴،۲۸۶	۰،۷۵۶
۲۳	اسکان پس از بحران	سرعت بالا در ساخت و اجرا	۷	۳	۵	۴،۲۸۶	۰،۷۵۶
۲۴		امکان ساخت و اجرا در اقلیم های متفاوت	۷	۴	۵	۴،۴۲۹	۰،۵۳۵

۴-۷- روش AHP

در مراحل قبل ابتدا عوامل شناسایی و توسط خبرگان تأیید شدند. در این گام نیز جهت تعیین اهمیت و وزن آن‌ها از روش تحلیل سلسله مراتبی AHP استفاده می‌شود. ابتدا بر اساس جدول ۱ مقایسات زوجی معیارها و زیرمعیارها ایجاد شد و در اختیار خبرگان قرار گرفت؛ تعداد خبرگان در این قسمت نیز ۷ نفر می‌باشد. بعد از تکمیل ماتریس‌های مقایسات زوجی، نرخ ناسازگاری هر کدام محاسبه شد که همگی کم‌تر از ۰/۱ به‌دست آمد که نشان از ثبات و سازگار بودن ماتریس‌ها دارد. سپس مقایسات زوجی خبرگان، توسط روش میانگین هندسی ادغام شدند و جهت تعیین وزن، وارد نرم‌افزار Expert Choice شدند. در ادامه نتایج مقایسات

www.SID.ir

Archive of SID

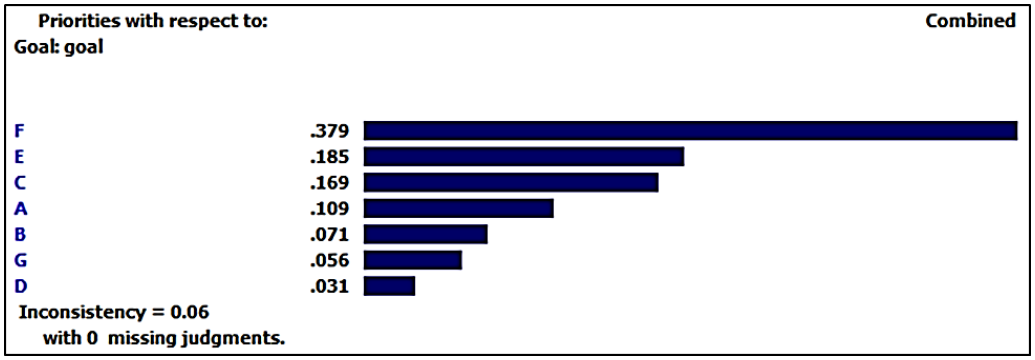
زوجی و وزن‌ها آورده شده است. مدل سلسله مراتبی پژوهش، که شامل ۷ معیار اصلی و ۲۴ زیر معیار پژوهش می‌باشد، در شکل ۳ آورده شده است.

۱-۷-۴- مقایسه زوجی معیارهای اصلی

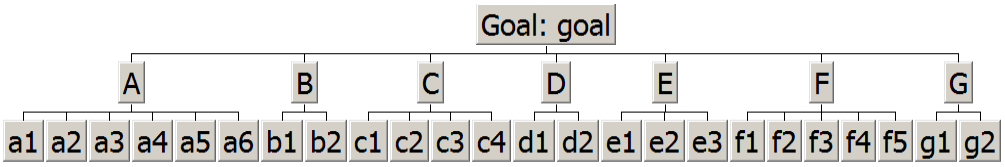
زمانی که نرخ سازگاری کمتر از ۰/۱ می‌باشد، نشان از سازگاری قابل قبول است(*Attayee, 1389*). در این بخش مقایسات زوجی ۷ معیار اصلی در جدول ۲ آورده شده است نرخ ناسازگاری این مقایسه زوجی برابر با ۰/۰۶ می‌باشد. و چون کم‌تر از ۰/۱ می‌باشد نشان از سازگاری قابل قبول دارد. مقایسات زوجی جدول ۲ در نرم‌افزار *Expert choice* وارد شدند تا وزن‌های معیارها محاسبه شوند که در شکل ۲ آمده است.

جدول ۲- مقایسات زوجی معیارهای اصلی (نرخ ناسازگاری: ۰،۰۶)

	A	B	C	D	E	F	G
A		۳,۱۷۳	۰,۳۸٤	۳,٦۱۷	۰,۳۰٦۹	۰,۲٤۰	۲,۵۲۱
B			۰,۳۷۳	۳,۰٤٦	۰,۲۰۳۹	۰,۱۹٦	۲,٦۷۲
C				٤,٦٤۸	۱,۰۰۰	۰,۳۳۹	۲,۹۵۰
D					۰,۲۰۰۵	۰,۱۵۰	۰,۲۹۳
E						۰,۳۰۲	۳,۰۷٤
F							۵,۷٤۲
G							



شکل ۲ – وزن‌های محاسبه شده برای معیارهای اصلی



www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۳ - مدل سلسله مراتبی پژوهش

۲-۷-۴- وزن نهایی زیرمعیارها

وزن نهایی زیرمعیارها از ضرب وزن نسبی زیرمعیارها در وزن نهایی معیارها حاصل می‌شود که در جدول ۳ آمده است. بر این اساس در بین ۲۴ زیرمعیار، تاخیر در تحویل زمین و پروژه، رتبه اول و مدیریت نقشه‌های اجرایی، رتبه دوم را کسب کرده‌اند. وزن نهایی زیرمعیارها، در شکل ۴ آمده است.

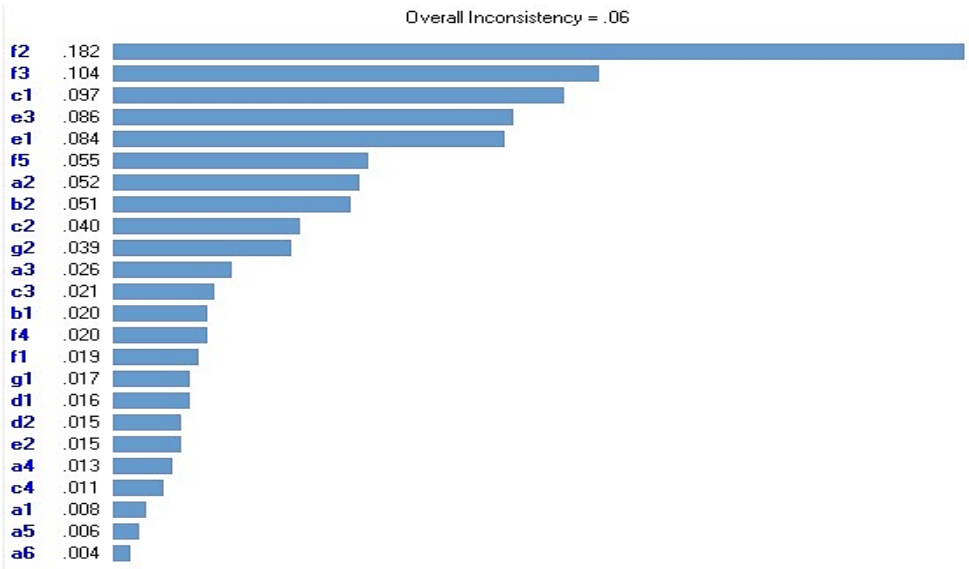
جدول ۳- وزن نهایی زیرمعیارها

معیار	وزن معیار	زیرمعیار	کد	وزن نسبی زیرمعیار	وزن نهایی زیرمعیار	رتبه
هزینه	۰,۱۰۹	هزینه ماشین آلات	a1	۰,۰۷۷	۰,۰۰۸	۲۲
		هزینه مصالح	a2	۰,۴۷۵	۰,۰۵۲	۷
		هزینه نیروی انسانی	a3	۰,۲۳۸	۰,۰۲۶	۱۱
		هزینه حمل و نقل مصالح از کارخانه به سایت پروژه	a4	۰,۱۲۱	۰,۰۱۳	۲۰
		هزینه جابجایی و تخلیه مصالح در سایت پروژه	a5	۰,۰۵۲	۰,۰۰۶	۲۳
		هزینه حمل و نقل مصالح ابنیه داخل سایت پروژه	a6	۰,۰۳۷	۰,۰۰۴	۲۴
زمان	۰,۰۷۱	مدت زمان شروع تا اتمام پروژه	b1	۰,۲۷۶	۰,۰۲	۱۳
		تاثیرپذیری مراحل ساخت از شرایط آب و هوایی	b2	۰,۷۲۴	۰,۰۵۱	۸
نیروی انسانی	۰,۱۶۹	مهندس	c1	۰,۵۷۱	۰,۰۹۷	۳
		کارگر فنی	c2	۰,۲۳۷	۰,۰۴	۹
		کارگر عادی	c3	۰,۱۲۴	۰,۰۲۱	۱۲
		ایمنی کارگران در اجرا	c4	۰,۰۶۸	۰,۰۱۱	۲۱
پایداری- محیط زیست	۰,۰۳۱	بازیافت مصالح	d1	۰,۵۲۵	۰,۰۱۶	۱۷
		آلودگی به هنگام ساخت(پراکنش گرد و غبار و صوتی)	d2	۰,۴۷۵	۰,۰۱۵	۱۸
مصالح	۰,۱۸۵	مصالح پیش ساخته	e1	۰,۴۵۵	۰,۰۸۴	۵
		مصالح درجا	e2	۰,۰۷۸	۰,۰۱۵	۱۸
		پرتی مصالح	e3	۰,۴۶۶	۰,۰۸۶	۴
مدیریت و برنامه ریزی	۰,۳۷۹	تاخیرات در پرداخت	f1	۰,۰۵	۰,۰۱۹	۱۵
		تاخیر در تحویل زمین و پروژه	f2	۰,۴۸	۰,۱۸۲	۱
		مدیریت نقشه های اجرایی	f3	۰,۲۷۴	۰,۱۰۴	۲
		تعلیق پروژه	f4	۰,۰۵۲	۰,۰۲	۱۳
		تعدیل پروژه	f5	۰,۱۴۴	۰,۰۵۵	۶
اسکان پس از بحران	۰,۰۵۶	سرعت بالا در ساخت و اجرا	g1	۰,۳	۰,۰۱۷	۱۶
		امکان ساخت و اجرا در اقلیم های متفاوت	g2	۰,۷	۰,۰۳۹	۱۰

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۴- وزن نهایی زیرمعیارها (خروجی Expert Choice)



۴-۸- نتایج روش ویکور

در این بخش با استفاده از روش ویکور قصد رتبه‌بندی گزینه‌های پژوهش را داریم. تعداد گزینه‌های پژوهش ۳ ساختمان (ساختمان پیش‌ساخته مرکب (*A1*)، ساختمان پیش‌ساخته بتنی (*A2*)، ساختمان بتنی درجا (*A3*) می‌باشد.

۴-۸-۱- تشکیل ماتریس تصمیم

ماتریس تصمیم روش ویکور از ۲۴ زیر معیار پژوهش و ۳ گزینه تشکیل شده است که معیارها در ستون و گزینه‌ها در سطر ماتریس قرار دارند که هر سلول، ارزیابی هر گزینه نسبت به هر معیار است. ماتریس تصمیم در جدول ۴ آورده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- ماتریس تصمیم ویکور

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	b_1	b_2
A_1	۶۵،۰۰۰،۰۰۰	۵،۱۷۷،۴۸۰،۰۰۰	۲،۲۱۸،۹۲۰،۰۰۰	۳۸۰،۰۰۰،۰۰۰	۱۱۰،۰۰۰،۰۰۰	۱۰۰،۰۰۰،۰۰۰	۱۸۰	۰
A_2	۱۵۰،۰۰۰،۰۰۰	۴،۶۴۱،۰۰۰،۰۰۰	۱،۹۸۹،۰۰۰،۰۰۰	۲۱۰،۰۰۰،۰۰۰	۶۰،۰۰۰،۰۰۰	۱۰۰،۰۰۰،۰۰۰	۱۸۰	۰
A_3	۶۵،۰۰۰،۰۰۰	۵،۶۴۸،۱۶۰،۰۰۰	۲،۴۲۰،۶۴۰،۰۰۰	۲۰،۰۰۰،۰۰۰	۳۰،۰۰۰،۰۰۰	۱۰۰،۰۰۰،۰۰۰	۳۶۵	۵
	c_1	c_2	c_3	c_4	d_1	d_2	e_1	e_2
A_1	۵	۶۵	۳۰۰۰	۴	۴	۱	۵	۳
A_2	۵	۶۰	۲۷۰۰	۴	۴	۱	۵	۳
A_3	۵	۷۰	۵۴۰۰	۱	۱	۴	۰	۵
	e_3	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	g_1	g_2
A_1	۵	۰	۰	۵	۰	۰	۲	۳
A_2	۵	۰	۰	۵	۰	۰	۲	۳
A_3	۳۰	۱	۱	۲	۱۹۷،۶۸۵،۶۰۰	۳،۶۵۲،۶۲۰،۳۵۸	۲	۲

۴-۸-۲- نرمال‌سازی ماتریس تصمیم

نرمال‌سازی ماتریس تصمیم بر اساس رابطه ۱ صورت می‌گیرد. برای نرمال‌سازی هر درایه را بر جذر مجموع مربعات درایه آن ستون معیار تقسیم می‌کنیم. ماتریس نرمال در جدول۶ آورده شده است.

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_1^m x_{ij}^2}} \qquad (۱)$$

۴-۸-۳- تعیین ایده‌آل‌های مثبت و منفی

در گام بعد ایده‌آل‌های مثبت و منفی بر اساس روابط ۲ و ۳ مشخص می‌شود. ایده‌آل مثبت برای معیارهای مثبت برابر با بیشترین مقدار آن ستون و ایده‌آل منفی برابر با کم‌ترین مقدار ستون، و برای معیارهای منفی بالعکس. ایده‌آل‌های مثبت و منفی در جدول ۷ آورده شده است.

بهترین مقدار برای معیارهای مثبت و منفی از رابطه زیر بدست می آید:

$$f^+ = \max_j n_j \qquad (۲)$$
$$f^+ = \min_j n_j$$

بدترین مقدار برای معیارهای مثبت و منفی از رابطه زیر به‌دست می آید:

$$f^- = \min_j n_j \qquad (۳)$$
$$f^- = \max_j n_j$$

۴-۸-۴- محاسبه مقدار سودمندی (S) و مقدار تاسف (R)

در این گام باید سودمندی و تأسف گزینه‌ها را با استفاده از روابط ۴ و ۵ محاسبه کرد. که در جدول ۵ آورده شده است. سودمندی بیانگر فاصله نسبی گزینه‌ها از نقطه ایده‌آل است و تاسف برابر با حداکثر ناراحتی گزینه‌ها از مقدار ایده‌آل است.

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} W_j . \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \qquad (۴)$$

$$R_i = max[W_j . \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-}] \qquad (۵)$$

جدول ۵- سودمندی و تأسف گزینه‌ها

	S	R
A1	۰,۰۸۳	۰,۰۲۸
A2	۰,۰۱۷	۰,۰۰۸
A3	۰,۸۵٦	۰,۱۸۲

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶- ماتریس نرمال ویکور

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	b_1	b_2
A_1	۰.۳۶۹	۰.۵۷۸	۰.۵۷۸	۰.۸۷۴	۰.۸۵۴	۰.۵۷۷	۰.۴۰۴	۰.۰۰۰
A_2	۰.۸۵۳	۰.۵۱۸	۰.۵۱۸	۰.۴۸۳	۰.۴۶۶	۰.۵۷۷	۰.۴۰۴	۰.۰۰۰
A_3	۰.۳۶۹	۰.۶۳۱	۰.۶۳۱	۰.۰۴۶	۰.۲۳۳	۰.۵۷۷	۰.۸۲۰	۱.۰۰۰
	c_1	c_2	c_3	c_4	d_1	d_2	e_1	e_2
A_1	۰.۵۷۷	۰.۵۷۶	۰.۴۴۵	۰.۶۹۶	۰.۶۹۶	۰.۲۳۶	۰.۷۰۷	۰.۴۵۷
A_2	۰.۵۷۷	۰.۵۳۲	۰.۴۰۰	۰.۶۹۶	۰.۶۹۶	۰.۲۳۶	۰.۷۰۷	۰.۴۵۷
A_3	۰.۵۷۷	۰.۶۲۱	۰.۸۰۱	۰.۱۷۴	۰.۱۷۴	۰.۹۴۳	۰.۰۰۰	۰.۷۶۲
	e_3	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	g_1	g_2
A_1	۰.۱۶۲	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۶۸۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۵۷۷	۰.۶۴۰
A_2	۰.۱۶۲	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۶۸۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۵۷۷	۰.۶۴۰
A_3	۰.۹۷۳	۱.۰۰۰	۱.۰۰۰	۰.۲۷۲	۱.۰۰۰	۱.۰۰۰	۰.۵۷۷	۰.۴۲۶

جدول ۷- ایده‌آل‌های مثبت و منفی

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	b_1	b_2
A+	۰.۳۶۹	۰.۵۱۸	۰.۵۱۸	۰.۰۴۶	۰.۲۳۳	۰.۵۷۷	۰.۴۰۴	۰.۰۰۰
A-	۰.۸۵۳	۰.۶۳۱	۰.۶۳۱	۰.۸۷۴	۰.۸۵۴	۰.۵۷۷	۰.۸۲۰	۱.۰۰۰
	c_1	c_2	c_3	c_4	d_1	d_2	e_1	e_2
A+	۰.۵۷۷	۰.۵۳۲	۰.۴۰۰	۰.۶۹۶	۰.۶۹۶	۰.۲۳۶	۰.۷۰۷	۰.۴۵۷
A-	۰.۵۷۷	۰.۶۲۱	۰.۸۰۱	۰.۱۷۴	۰.۱۷۴	۰.۹۴۳	۰.۰۰۰	۰.۷۶۲
	e_3	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	g_1	g_2
A+	۰.۱۶۲	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۶۸۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۵۷۷	۰.۶۴۰
A-	۰.۹۷۳	۱.۰۰۰	۱.۰۰۰	۰.۲۷۲	۱.۰۰۰	۱.۰۰۰	۰.۵۷۷	۰.۴۲۶

۵-۸-۴- محاسبه شاخص ویکور (Q)

در این گام با استفاده از رابطه ۶، شاخص ویکور را برای هر گزینه محاسبه می‌کنیم. شاخص ویکور در جدول ۸ آورده شده است.

$$Q_I = v\left[\frac{S_i - S^*}{S^- - S^*}\right] + (1-v)\left[\frac{R_i - R^*}{R^- - R^*}\right] \quad (۶)$$

$$S^* = min\, S_i \;;\; S^- = max\, S_i$$
$$R^* = min\, R_i \;;\; R^- = max\, R_i$$

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۸- شاخص ویکور (Q)

	Q
A_2	۰,۰۰۰
A_1	۰,۰۹۶
A_3	۱,۰۰۰

۶-۸-۴- رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها

در گام پایانی از تکنیک ویکور، گزینه‌ها براساس مقادیر Q, R, Sدر سه گروه از کوچک به بزرگ مرتب می‌شوند. بهترین گزینه آن است که در هر سه مقدار رتبه برتر باشد در غیر این‌صورت گزینه برتر گزینه‌ای است که کوچکترین Q را داشته باشد به شرط آن‌که دو شرط زیر برقرار باشد:

شرط یک: اگر گزینه A_1 و A_2 در میان m گزینه رتبه اول و دوم را داشته باشند، باید رابطه ۷ به صورت زیر برقرار باشد:

$$Q(A_2) - Q(A_1) \geq \frac{1}{m-1} \qquad (۷)$$

شرط دو :گزینه A_1 باید حداقل در یکی از گروه‌های R و S به عنوان رتبه برتر شناخته شود. اگر شرط نخست برقرار نباشد هر دو گزینه بهترین گزینه خواهند بود. اگر شرط دوم برقرار نباشد گزینه A_1 و A_2 هر دو به‌عنوان گزینه برتر انتخاب می‌شوند(*Attayee, 1389*).

با توجه به شرایط روش ویکور، گزینه A_2 کمترین مقدار Q را دارد از طرفی برای اینکه رتبه برتر شناخته شود باید رابطه زیر کنترل شود.

رابطه $Q(A_2) - Q(A_1) \geq \frac{1}{m-1} \Rightarrow 0.096 - 0 < 0.5$ برقرار نیست.

رابطه $Q(A_3) - Q(A_1) \geq \frac{1}{m-1} \Rightarrow 1 - 0 > 0.5$ برقرار است پس A_1 رتبه برتر به نسبت A_3 است.

رابطه $Q(A_3) - Q(A_2) \geq \frac{1}{m-1} \Rightarrow 1 - 0.096 > 0.5$ برقرار است پس A_2 رتبه برتر به نسبت A_3 است. با توجه به جدول شماره ۹، پس هر دو گزینه A_2 و A_1 به‌عنوان گزینه برتر شناخته می‌شوند. یعنی ساختمان پیش‌ساخته بتنی (A_2) و ساختمان پیش‌ساخته مرکب (A_1) از نظر روش ویکور هر دو رتبه اول را دارند و ساختمان بتنی درجا (A_3) رتبه دوم را کسب کرده است.

آنالیز داده‌ها، نشان می‌دهد اگر در شرایط یکسان بخواهیم یک بلوک مسکونی را با روش‌های پیش‌ساخته و درجا اجرا کنیم، مشاهده می‌کنیم که بلوک‌هایی با سیستم ساخت پیش‌ساخته، در سریع‌ترین زمان و کم‌ترین هزینه می‌تواند با بیشترین بهره‌وری جایگزین مناسبی برای ساخت‌وساز درجا در انبوه‌سازی مسکن و اسکان پس از بحران باشند.

این تحقیق با محاسبه تمامی زیرمعیارهای هزینه در سه سیستم ساخت و قرار دادن هزینه‌ها در ماتریس ویکور، نشان داده است که به‌دلیل طولانی بودن فرایند ساخت درجا و استقرار کارگاه، ماشین‌آلات، مصالح و نیروی انسانی در مدت زمان بیشتر در سایت پروژه هزینه تمام شده بلوک‌های درجا به مراتب گران‌تر از پیش‌ساخته می‌باشد. درحالی‌که در هنگام وقوع حوادث غیرمترقبه، بیشترین تخریب در بلوک-های درجا صورت می‌گیرد که خسارات مالی و جانی فراوانی را به جا می‌گذارد. درصورتی‌که بلوک‌های پیش‌ساخته به-دلیل استحکام قوی در سازه و آزمایشات فنی که در کارخانه و محل پروژه انجام می‌گیرد، احتمال وقوع هر گونه حادثه‌ای را به مقدار قابل توجهی کاهش می‌دهد.

جدول ۹- رتبه‌بندی گزینه‌ها

	S	R	Q
A_2	۰.۰۱۷	۰.۰۰۸	۰.۰۰۰
A_1	۰.۰۸۳	۰.۰۲۸	۰.۰۹۶
A_3	۰.۸۵۶	۰.۱۸۲	۱.۰۰۰

۵- نتیجه‌گیری

استفاده از روش ساخت‌وساز درجا، به‌دلیل هزینه بالای اسکلت فولادی و نیروی کارگر ماهر به‌خصوص در زمینه جوشکاری، مشکل بودن نظارت دقیق بر ساخت و اجرای بتن درجا، زمان‌بر بودن پروسه ساخت، عدم رعایت دقیق استانداردهای ساختمانی بتن درجا به‌خاطر عجله ناشی از نیاز آنی به مسکن در کشور زلزله خیزمان منجر به نتایج فاجعه‌باری در سالیان گذشته شده است و تلفات جانی فراوان و خسارات مادی فراوانی را بر جای گذاشته است. در

www.SID.ir

Archive of SID

این تحقیق با استفاده از تلفیق روش‌های سلسه مراتبی، سه سیستم ساخت، نیمه پیش‌ساخته بتنی، نیمه پیش‌ساخته مرکب فولادی- بتنی و درجا در قالب ۶ معیار اصلی مشتمل بر هزینه، زمان، نیروی انسانی، پایداری محیط‌زیست، مصالح، مدیریت و برنامه‌ریزی و اسکان پس از بحران، باهدف شناسایی سیستم ساختی که بتواند کم‌ترین میزان خسارات مالی و جانی را پس از وقوع بحران بر جای بگذارد، مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان‌دهنده آن است که در بین هفت معیار اصلی تأثیرگذار بر بهره‌وری، معیارهای مدیریت و برنامه‌ریزی و اسکان پس از بحران جزء عوامل تأثیرگذار می-باشند.

در معیار اسکان پس از بحران، سیستم‌های پیش-ساخته به‌دلیل سرعت بالای اجرا و عدم تأثیرپذیری از شرایط آب‌وهوایی، بدون این‌که مراحل ساخت متوقف بشود و یا اینکه به تعویق بیفتد، قابلیت اجرا در تمامی اقلیم‌های مختلف کشورمان را در شرایط پس از بحران دارد. اما سیستم درجا به‌دلیل تأثیرپذیری مراحل ساخت و اجرا از شرایط آب‌وهوایی و زمان‌بر بودن پروسه آن گزینه مناسبی برای اسکان پس از بحران نمی‌باشد. مدیریت صحیح و کارآمد در پیش‌ساخته‌سازی باعث می‌شود که تولید و نصب قطعات در سایت پروژه، طبق برنامه زمان‌بندی جلو برود و تحویل به موقع واحدهای مسکونی به مشتریان باعث می‌شود که پروژه سریع‌تر به بهره‌برداری برسد و در شرایط پس از بحران در کوتاه‌ترین زمان ممکن به بازسازی و ساخت مسکن جهت اسکان بپردازد.

در ساخت درجا به‌دلیل تأثیرپذیری مراحل اجراء از آب‌وهوا، ساخت مصالح در محل سایت، عدم نظارت دقیق و تأثیرپذیری مراحل ساخت از شرایط جوی، باعث عقب افتادن پروژه از جدول زمان‌بندی می‌شود.

نتایج و تحلیل‌ها نشان می‌دهند که زمان، هزینه و نیروی انسانی بکار رفته در ساخت سیستم‌های پیش‌ساخته به مراتب کم‌تر از سیستم بتن درجا می‌باشند

از بعد پایداری زیست‌محیطی، امکان بازیافت قطعات پیش-ساخته، بعد از اتمام طول عمر مفید قطعات، امکان‌پذیر است. در صورت تخریب بخشی از ساختمان در مواقع بحرانی، قطعات پیش‌ساخته‌ای که تخریب شده‌اند، تبدیل به نخاله‌های غیرقابل استفاده نمی‌شوند، بلکه امکان ارسال نخاله‌ها به کارخانه و بازیافت آن‌ها وجود دارد اما در سیستم درجا، امکان بازیافت نخاله‌ها وجود ندارد.

آلودگی صوتی و پراکنش گردوغبار، در اجرای پیش‌ساخته به مراتب خیلی کم‌تر از درجا می‌باشد که در پیش‌ساخته-سازی به‌دلیل عدم تأثیرپذیری مراحل ساخت از شرایط آب-وهوایی، فرآیند ساخت سریع‌تر انجام می‌شود. در نمونه مورد مطالعه، زمان ساخت بلوک‌های پیش‌ساخته ۶ ماه به‌طول انجامید، اما ساخت بلوک‌های درجا به دلیل تأثیرپذیری مراحل اجرای کار از شرایط آب‌وهوایی یک‌سال به‌طول انجامید.

با توجه به داده‌های دریافتی این پروژه و دستاوردهای حاصل از آن پس از بررسی هر سه گزینه در سیستم‌های ساخت پیش ساخته و بتن درجا، سیستم نیمه پیش ساخته مرکب و نیمه پیش ساخته بتنی در گروه ساختمان‌های پیش‌ساخته به‌عنوان گزینه برتر در بهره‌وری و اسکان پس از بحران شناخته شدند. استفاده از سیستم پیش‌ساخته، به-دلیل سرعت در اجرا و مقاومت سازه در برابر زلزله، سیل، طوفان و آتش‌سوزی در راستای ایمن‌سازی ساختمان در شهرهایی مانند پردیس که در نزدیکی گسل شکل گرفته‌اند، در راستای به حداقل رساندن خسارت مالی و جانی در مقیاس انبوه‌سازی برای تهیه مسکن اقشارکم درآمد و اسکان قبل و بعد از بحران، گزینه‌ی مناسبی برای سیستم ساخت برای ساختمان‌های در حال احداث در این شهرها می‌باشد.

نتایج نشان می‌دهد به‌منظور جلوگیری از هر گونه خسارات وارده بر ساختمان پس از وقوع بحران، در صورتی که امکان ساخت پروژه به‌صورت پیش‌ساخته‌ی کامل امکان‌پذیر نباشد، جهت افزایش استحکام ساختمان و تسریع در اجرا از تلفیق سیستم پیش‌ساخته با سیستم درجا استفاده شود زیرا استفاده از قطعات پیش‌ساخته در قسمت‌های اسکلت، سازه و نما علاوه بر تأمین استحکام، می‌تواند احتمال وقوع هر گونه تخریب ساختمان پس از وقوع حوادث غیرمترقبه را به-طور قابل توجهی کاهش دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

۶- مراجع

Afrakhteh, H. (1386). Natural disaster and passive management. Paper presented at the Third international conference on crisis management in incident, Tehran. https://www.civilica.com/Paper-INDM03-INDM03_163.html

Ahmadi, H. (1998). Urban Planning Role in Reducing the Vulnerability of the City. Housing and Revolution .

Akubue, A. I. (2002). Technology Transfer: A Third World Perspective. Journal of Technology Studies, 28(1), 14-21 .

Arif, M., & Egbu, C. (2010). Making a case for offsite construction in China. Engineering, Construction and Architectural Management, 17(6), 536-548 .

Attayee, M. (1389). Multi-criteria decision making (1 ed.): Shahrood University Press.

Azman, M., Ahamad, M., Majid, T., & Hanafi, M. (2010). The common approach in off-site construction industry. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 4(9), 4478-4482 .

Badir, Y. F., Kadir, M. A., & Hashim, A. H. (2002). Industrialized building systems construction in Malaysia. Journal of architectural engineering, 8(1), 19-23 .

Barrett, J., & Wiedmann, T. (2007). A Comparative Carbon Footprint Analysis of On-Site Construction and an Off-Site Manufactured House. Stockholm, Sweden: Stockholm Environment Institute .

Bayat, M., & Taherkhani, F. (2016). Comparison of traditional methods and building industrialization from the point of view of time and cost. Quarterly Journal of Engineering Engineering and Manufacturing Management, 1(1), 28-32 .

Bell, P. (2009). Kiwi Prefab: Prefabricated Housing in New Zealand. Victoria University of Wellington .

Bidgoli, J., & Zarei, e. (1390). The application of modern construction technologies in passive defense. Paper presented at the National Conference on Civil Engineering, Khomeinishahr .

Borg, W. R., & Gall, M. D. (1989). Qualitative research. Educational research: An introduction .

Bruce, A., & Sandbank, H. (1943). A history of prefabrication (Vol. 3): John B. Pierce Foundation.

Chiang, Y.-H., Tang, B.-S., & Leung, W.-Y. (2001). Market structure of the construction industry in Hong Kong. Construction Management and Economics, 19(7), 675-687 .

Co-operation, O. f. E., & Development. (2001). Measuring Productivity: Measurement of Aggregate and Industry-level Productivity Growth: OECD Manual: Organisation for Economic Co-operation and Development.

www.SID.ir

Archive of SID

Davis, N. (2007). Construction sector productivity: Martin Jenkins.

Downing, M. (2002). Prefabrication is the way ahead. Concrete engineering international, 6(4), 28-32 .

Durdyev, S., & MBACHU, J. (2011). Pareto Analysis of On-Site Productivity Constraints and Improvement Techniques in New Zealand Building Industry: Master, MASSEY.

ElaheTalayee, M. (1395). Design of prefabricated residential complex with the approach of model and method survey in architectural design process in Mashhad city. (Master), Mashhad University, Mashhad .

Force, C. T., & Britain, G. (1998). Rethinking construction: The report of the construction task force to the deputy prime minister, john prescott, on the scope for improving the quality and efficiency of UK construction; foreword by sir john egan: Department of the Environment, Transport and the Regions.

Ghobadi Lamoki, T., & Mirsaeedi, L. (1389). Resource management in the industrialization of building a sustainable development approach. Paper presented at the Fourth Environmental Engineering Conference, Tehran. https://www.civilica.com/Paper-CEE04-CEE04_859.html

Gibb, A., & Isack, F. (2003). Re-engineering through pre-assembly: client expectations and drivers. Building Research & Information, 31(2), 146-160 .

Golabchi, M., & Mazaherian, H. (1388). New Construction Technologies. Tehran: Building and Housing Research Center.

Haron, N. A., Rahman, H. A., & Hanid, M. (2009). A literature review of the advantages and barriers to the implementation of Industrialised Building System) IBS) in construction industry. Malaysia Construction Research Journal, 2(1), 10-14 .

Hsu, C.-C., & Sandford, B. A. (2007). The Delphi technique: making sense of consensus. Practical assessment, research & evaluation, 12(10), 1-8 .

Kazronian, S., Zakerian ,S. A., Saraji, J. N., & Hosseini, M. (2013). Reliability and validity study of the NIOSH Generic job stress questionnaire (GJSQ) among Firefighters in Tehran city. Journal of Health and Safety at Work, 3(3), 25-34 .

Kelly, A. (2009). Your guide to specifying off-site manufacture: Maximising value and minimising risk. Rep. Revision, 2 .

Lu, N. (2009). The current use of offsite construction techniques in the United States construction industry. Paper presented at the Construction Research Congress 2009 :Building a Sustainable Future.

Lusby-Taylor, P., Morrison, S., Ainger, C., & Ogden, R. (2004). Design and Modern Methods of Construction. The Commission for Architecture and the Built Environment (CABE), London .

www.SID.ir

Archive of SID

Mahmoodzadeh, I., Lahoorpour, S., & Godini ,J. (1396). Assessment of environmental sustainability in the construction industry (Case Study: prefabricated concrete procedure). Amir Kabir Civil Engineering Journal, 49(3), 565-576 .

Mashayekhi, A., Farhangi, A., Momeni, M., & Alidoosti, S. (1388). Study of key factors influencing the use of information technology in government agencies in Iran: Application of Delphi. Management Studies in Iran, 9, 192-232 .

Nakabayashi, I. (1993). Urban planning based on disaster risk assessment. Disctsler Mnnngemenr in Metmpolircm Areas for the 2lst Century. Proceedings .

Nazari, H., Bashkeh, M., & Mohebi, M. (1391). The effects of industrialization building new systems to increase productivity. Paper presented at the The first national conference on civil engineering and civil engineering .

Ngowi, A., Pienaar, E., Talukhaba, A., & Mbachu, J. (2005). The globalisation of the construction industry—a review. Building and environment, 40(1), 135-141 .

Nielsen, C. V. (2008). Carbon footprint of concrete buildings seen in the life cycle perspective. Paper presented at the Proceedings NRMCA 2008 Concrete Technology Forum.

Ofori, G. (2000). Challenges of construction industries in developing countries: Lessons from various countries. Paper presented at the 2nd International Conference on Construction in Developing Countries: Challenges Facing the Construction Industry in Developing Countries, Gaborone, November.

Pan, W., Gibb, A. G., & Dainty, A. R. (2007). Perspectives of UK housebuilders on the use of offsite modern methods of construction. Construction management and economics, 25(2), 183-194 .

Ranasinghe, U., Ruwanpura, J., & Liu, X. (2011). Streamlining the construction productivity improvement process with the proposed role of a construction productivity improvement officer. Journal of Construction Engineering and Management, 138(6), 697-706 .

Rasooli, M., Moghli, A., & Rashidi, M. (1383). Design of enterprise sustainability enhancement model: using Delphi method. Quarterly Journal of Occupational and Organizational Counseling, 6(21 .(

Rezaee, S. (1396). Safe City Building Safe .

Russ, T. (2006). SAFE CITY STRATEGY, site planing and Design Graw-Hill Companies.

Sarmad, Z., Abbas, B., & Elahe, H. (1395). Research method in behavioral sciences. Agah.

Scofield, R., Wilkinson, S., Potangaroa, R., & Bell, P. (2009). Offsite unplugged: the potential for offsite production in New Zealand.

www.SID.ir

Archive of SID

Shahnazari, M., & Sahab. (1374). Design and implementation of pre-stressed prefabricated buildings: Science and Technology University Press.

Shahzad, W. M. (2011). Offsite manufacturing as a means of improving productivity in New Zealand construction industry: key barriers to adoption and improvement measures: a research thesis submitted in fulfilment of the requirements for the degree of Masters of Construction Management at Massey University, Albany, New Zealand. Massey University .

Song, J., Fagerlund, W. R., Haas, C. T., Tatum, C. B., & Vanegas, J. A. (2005). Considering prework on industrial projects. Journal of construction engineering and management, 131(6), 723-733 .

www.SID.ir