

ارائه الگوی جامع طراحی و تجهیز کارگاه از منظر HSE مطابق با استانداردهای ملی و

بین‌المللی با استفاده از رویکرد BIM

محمد رستگار مقدم^{۱*}، افشین خدای^۱

^۱ دانشگاه علم و صنعت ایران

(دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۱۰، پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۷)

چکیده

بر اساس آمارهای منتشر شده، صنعت ساخت یکی از پرمخاطره‌ترین صنایع جهان است و سالانه افراد زیادی در این صنعت مجروح یا فوت می‌شوند. لذا تدوین و رعایت دستورالعمل‌ها و استانداردهای HSE، برای صیانت از نیروی انسانی و منابع مادی در کلیه پروژه‌های عمرانی امری ضروری است. یکی از مهمترین اقدامات مؤثر در این حوزه، به‌کارگیری الگوی جامع برای ارزیابی سطح ایمنی و مخاطرات زیست‌محیطی متناسب با استانداردهای موجود، در فاز طراحی و برنامه‌ریزی چیدمان کارگاه است. با بررسی مطالعات گذشته، کمبود این الگو که پشتیبان تصمیم‌گیری بوده و تمام فرآیند ارزیابی و یک انتخاب مناسب را در بر بگیرد احساس می‌شود. در این پژوهش به منظور رفع این خلاء تحقیقاتی، چارچوبی جامع شامل پنج فاز بررسی آیین‌نامه‌های HSE، طراحی گزینه‌های چیدمان تجهیز کارگاه، ارزیابی شاخص ایمنی، ارزیابی شاخص تردد و فاز تصمیم‌گیری نهایی به‌عنوان یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری، تدوین شده است. در این راستا از تکنولوژی‌های نوین مانند رویکرد مدلسازی اطلاعات ساخت (BIM) و از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) بهره گرفته شده و عملکرد آن با توسعه چارچوب پیشنهادی در قالب یک وب‌افزار بر روی یک مطالعه موردی مورد سنجش قرار گرفته است.

کلید واژه‌ها: چیدمان کارگاه، تسهیلات کارگاه، استانداردهای حوزه HSE، مدلسازی اطلاعات ساخت (BIM)

۱. مقدمه

یک تیم از مهندسان اجرایی این کار را انجام می‌دهند. یک چیدمان کارگاهی خوب موجب بالا رفتن بهره‌وری، کاهش زمان، هزینه انجام پروژه و ایجاد یک محیط کاری امن می‌شود [۲]. آقای تاملین [۳] مراحل طرح‌ریزی چیدمان کارگاه را به سه گام تقسیم کرده است.

- شناسایی و گزینش تسهیلاتی که برای پشتیبانی از فعالیت‌های ساختمانی با توجه روش اجرا مورد نیاز است.

- تعیین شکل و ابعاد تسهیلات مورد نیاز.
- استقرار مناسب و بهینه تسهیلات در محدوده کارگاه یا خارج آن با توجه به اهداف مدنظر طراح.

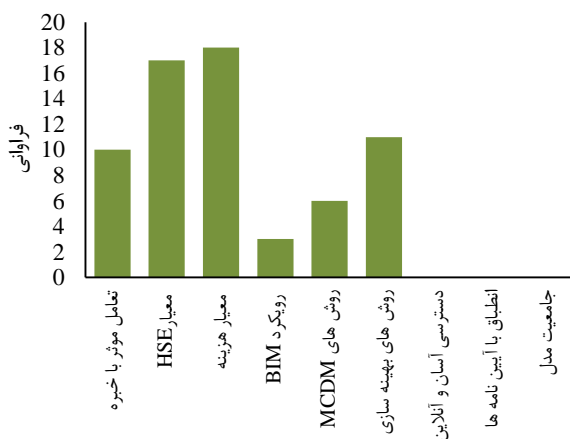
جنبه‌ها و اهداف گوناگونی در گام سوم طرح‌ریزی چیدمان کارگاه دخیل هستند که باید در جانمایی کارگاه‌ها لحاظ شوند. در کنار کاهش هزینه‌های حمل و نقل و هزینه‌های استقرار تسهیلات، مسائل ایمنی و آثار زیست‌محیطی هم چون آلودگی صوتی ایجاد شده در حین ساخت، گرد و غبار تولید شده و انتشار گازهای خطرناک نیز به‌عنوان فاکتورهای اساسی در چیدمان

آمارهای جهانی حاکی از وقوع ده‌ها هزار مورد حادثه در کارگاه‌ها می‌باشد که در ازای آن هزاران نفر حین کار جان خود را از دست می‌دهند. بر اساس برآورد سازمان ILO، نرخ مرگ و میر ناشی از حوادث در ایران ۱۶/۸ به ازای هر ۱۰۰ هزار کارگر بوده است که بخش عمده‌ی آن مربوط به صنعت ساخت‌وساز است [۱]. آمار بالای مرگ و میر افراد بر اثر فعالیت‌های پر خطر و سخت ساختمانی مانند گودبرداری، تخریب، کار در ارتفاع و ... باعث شده است که در سال‌های اخیر ایمنی در کارگاه ساختمانی جزو ضروری‌ترین فعالیت‌های حوزه ساختمان به شمار رود.

یکی از فازهای مهم اجرای پروژه‌ها فاز برنامه‌ریزی تجهیز کارگاه است و معمولاً اهمیت آن کمتر در نظر گرفته می‌شود. معمولاً پس از طی مراحل قانونی برگزاری مناقصه و انتخاب پیمانکار پروژه، نوبت به برنامه‌ریزی، زمان‌بندی، تخصیص و تسطیح منابع، بودجه‌بندی، موازنه‌ی زمان، هزینه و نهایتاً طرح تجهیز کارگاه می‌رسد. معمولاً در پروژه‌های کوچک انجام این وظیفه بر عهده‌ی مهندس اجرا می‌باشد؛ اما در پروژه‌های بزرگ

BIM به صورت مجزا پرداخته‌اند. میزان فراوانی هر یک از معیارهای سنجش در شکل (۱) ارائه شده است.

این پژوهش به دنبال ایجاد سیستمی جامع برای رفع کمبود مدل‌های گذشته، جهت ارزیابی چیدمان سایت‌های کارگاهی بر اساس استانداردهای حوزه HSE است و در این راستا از رویکردهای جدید مهندسی استفاده شده است. در ادامه این الگو جامع در شرح داده شده است. پیش از آن با مفاهیم ابزارها و رویکردهای بکارگرفته شده در این چارچوب ارائه شده است.



شکل (۱). نقاط قوت و ضعف مدل‌های پیشین

۲-۱. مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM)

مدل‌های اطلاعات ساختمان، در حقیقت مدل‌های سه بعدی شی‌گرا هستند که علاوه بر هندسه دقیق ساختمان، داده‌های موردنیاز برای پشتیبانی از طراحی، تأمین تجهیزات، تولید قطعات و ساخت‌وساز را شامل می‌شوند در واقع ذخیره‌سازی این اطلاعات مهم‌ترین تفاوت رویکرد BIM با روش‌های برپایه CAD می‌باشد. به عبارتی دیگر، هسته اصلی BIM، هندسه ساختمان می‌باشد، با این حال دارای یک پایگاه اطلاعاتی طبقه‌بندی شده از داده‌های غیر گرافیکی است که اطلاعات جزئی‌المان‌های ساختمان و خصوصیات آن‌ها را فراهم می‌کند. با توجه به موارد مذکور، این تکنولوژی، پتانسیل ایجاد تغییرات بنیادی در روش ساخت و ساز را دارد و فرآیند تحویل پروژه را به سمت یک فرآیند کارآمدتر و یکپارچه سوق داده است [۲۸].

بزرگ‌ترین و مهم‌ترین عامل جذابیت تکنولوژی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، طبقه‌بندی مناسب تمامی اطلاعات، امکان جستجو، بازیابی، دسترسی سریع و تبادل بین نرم‌افزارهای می‌باشد که این امر با به کارگیری فرمت داده‌ای IFC در نرم‌افزارهای پشتیبانی‌کننده رویکرد BIM صورت می‌گیرد [۲۹].

کارگاه به شمار می‌روند. رعایت این فاکتورها برای ایجاد یک محیط کاری امن و سالم برای کارگران ضروری است.

در کشور ایران با توسعه و افزایش پروژه‌های بزرگ و پیچیده‌ی عمرانی و محدودیت فضا در سایت‌های کارگاهی نیاز به طراحی چیدمان کارگاه بیش از پیش احساس می‌شود؛ اما علی‌رغم این نیاز، در این زمینه تحقیقات جامعی که همه ابعاد دخیل را در بر بگیرد صورت نگرفته است و این ضعف هم چنان در پروژه‌های عمرانی داخل کشور به چشم می‌خورد. این در حالی است که با یک برنامه‌ریزی صحیح و اصولی و ارائه‌ی مدلی برای ارزیابی چیدمان کارگاه‌های ساختمانی، می‌توان علاوه بر کاهش هزینه‌های رفت و آمد بین تسهیلات پروژه‌های عمرانی، سطح ایمنی و آثار مخرب احتمالی بر پرسنل کارگاهی و محیط زیست پیرامون آن را سنجید و آن را ارتقا داد [۴].

در این پژوهش تلاش شده است با رویکردی سیستماتیک و با بکارگیری به‌روزترین ابزارها، الگوی جامعی برای طراحی بهینه و ایمن چیدمان کارگاه ساختمانی به‌عنوان یکی از فازهای اصلی برنامه‌ریزی ساخت ارائه گردد.

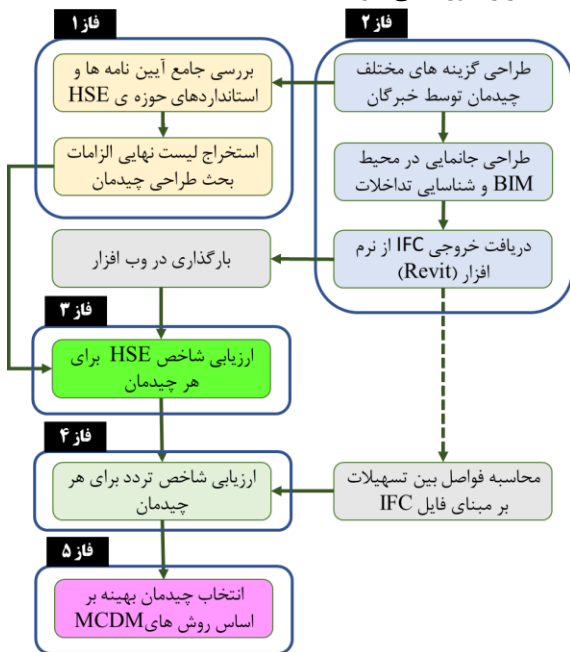
۲. روش تحقیق

مطالعات پژوهشی گوناگونی در سال‌های اخیر در راستای بکارگیری اصول HSE در طراحی چیدمان تجهیز کارگاه صورت گرفته و مدل‌هایی در این زمینه ارائه شده است.

در این پژوهش، برای مقایسه و سنجش نقاط قوت و ضعف مدل‌های ارائه شده، ۹ معیار که تأمین‌کننده‌ی جنبه‌های گوناگون یک مدل جامع پشتیبان هستند، در نظر گرفته شده است. معیارهای مذکور شامل: تعامل مؤثر با خبره، در نظر گرفتن معیارهای HSE، در نظر گرفتن معیارهای هزینه‌ای، بهره‌مندی و همسویی با رویکرد BIM، استفاده از روش‌های MCDM، استفاده از روش‌های بهینه‌سازی، دسترسی آسان و آنلاین به سامانه، انطباق با آیین‌نامه‌ها و استانداردهای HSE و در نهایت جامعیت مدل که پشتیبانی‌کننده از کل فرآیند تصمیم‌گیری در خصوص انتخاب چیدمان بهینه است. ارضای هر یک از این معیارها به‌عنوان نقطه قوت و نداشتن آن‌ها به‌عنوان نقطه ضعف این الگوها و مدل‌های پژوهشی به شمار می‌رود.

بر اساس مروری که بر ۲۲ مقاله مختلف [۵]–[۲۶]، در این پژوهش صورت گرفته است، نیاز به سامانه جامعی که همه یا اکثر معیارها را ارضا کند احساس می‌شود و بیشتر تحقیقات صرفاً به استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی پرداخته‌اند این در حالی است که بهینه‌سازی، به مفهوم بهبود بخشیدن یک فرآیند است نه استفاده از ابزارها [۲۷]. برخی از مدل‌ها نیز از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و یا به طور محدود استفاده از رویکرد

با عنایت به تغییر روند طراحی که در جهان صورت گرفته و نقش پر رنگ رویکرد BIM، این پژوهش سعی دارد، نظامی مطابق با این رویکرد ارائه کند. گزینه‌های چیدمان تجهیز کارگاه در محیط BIM طراحی و تحلیل شده و سپس سایت را بر اساس معیارهای گوناگون HSE و هزینه‌ای بر بستر وب ارزیابی می‌شود و در نهایت گزینه نهایی با تعامل خبره به کارفرما معرفی می‌شود. در اولین مرحله این چارچوب، آیین نامه‌ها، استانداردها و روش‌های اجرایی ملی و بین‌المللی مطرح مورد بررسی قرار می‌گیرد و مواردی که مرتبط با حوزه‌ی طراحی چیدمان تجهیز کارگاه می‌باشد، استخراج و مورد پایش قرار می‌گیرد. پس از بررسی خبرگان سازمان، لیست نهایی الزامات مطابق با منابع موجود در این حوزه که نقش موثرتری در ارتقای سطح ایمنی کارگاه دارد، تهیه و به سامانه معرفی می‌گردد. از دیگر مواردی که در این مرحله صوت می‌گیرد وزن دهی به هر یک از معیارها است که توسط کاربر صورت می‌گیرد.



شکل (۲). چارچوب جامع پیشنهادی جهت طراحی تجهیز کارگاه

در فاز دوم، طراحی گزینه‌های چیدمان کارگاه، چیدمان‌های مختلفی توسط خبرگان و مدیران پروژه به عنوان گزینه‌های چیدمان، پیشنهاد می‌شود سپس با بکارگیری فرآیند BIM و طراحی در نرم‌افزارهای تحت BIM، تداخلات فضایی ساختمان و تسهیلات موقت و دائم کارگاه، شناسایی و برطرف می‌گردد. از آن جایی که امروزه طراحی و مهندسی در مقیاس جهانی به سمت رویکرد BIM پیش رفته است، این هم‌افزایی، هماهنگی بین مراحل مختلف چرخه‌ی عمر پروژه را افزایش می‌دهد.

۲-۲. روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره

روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره یا MCDM به برنامه‌ریزی و اتخاذ تصمیم در حوزه‌ی مسائلی که شامل چندین معیار مختلف و غالباً متضاد هستند، می‌پردازد و در پی ایجاد ابزاری مناسب برای کمک به تصمیم‌گیران است.

مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره را می‌توان به دو دسته کلی تقسیم می‌شود: تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM) و تصمیم‌گیری چندهدفه (MODM).

روش‌های MODM برای مدل‌هایی با فضای پیوسته و دارای پاسخ‌های پذیرفته‌شده‌ی غیرقابل‌شمارش به کار می‌رود همچنین از MADM برای مسائل فضای گسسته که پاسخ‌های محدود و قابل‌شمارش دارند، استفاده می‌شود. در حالت کلی مدل‌های چندهدفه به‌منظور طراحی و مدل‌های چند شاخصه به‌منظور انتخاب گزینه برتر مورد استفاده قرار می‌گیرند [۳۰].

۲-۳. توسعه برنامه‌های تحت وب

نرم‌افزارهای تحت‌وب (وب‌افزار)، برنامه‌هایی کاربردی هستند که در سرور راه دوری ذخیره شده‌اند و در بستر اینترنت و به کمک مرورگرهای مختلف قابلیت اجرا و ارائه خدمات به استفاده‌کنندگان را دارند. برنامه‌های تحت وب برای اجرا شدن نیاز به یک وب سرور، سرور برنامه و پایگاه داده اطلاعاتی هستند. اکثر این برنامه‌ها در سمت آن-ساید یا طرف مشتری (frontend) با زبان‌های HTML، JavaScript یا CSS نوشته می‌شوند و در سمت سرور (backend) برنامه‌های وب امروزی از زبان‌هایی مانند پایتون، جاوا و روبي استفاده می‌شود. کاربران این برنامه‌ها از طریق آدرس IP یا URL اختصاصی تعریف شده به آن‌ها دسترسی دارند و از خدمات آن بستر استفاده می‌کنند.

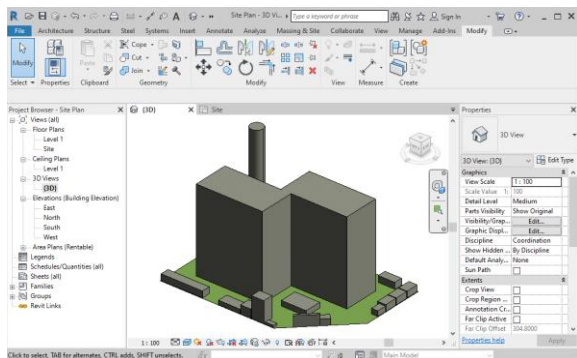
برنامه‌های تحت وب کاربردهای بی‌شماری دارند و استفاده کردن از آن‌ها دارای مزایای بالقوه بسیار زیادی مانند ذخیره‌سازی داده‌ها روی یک فضای ابری به صورت محلی، قابلیت اجرا بدون نیاز به نرم‌افزار جانبی و دسترسی آسان کاربران است.

۲-۴. چارچوب جامع پیشنهادی جهت طراحی تجهیز

کارگاه

فرآیند الگوی جامع پیشنهادی طراحی تجهیز کارگاه شامل پنج فاز بررسی آیین‌نامه‌های HSE، طراحی گزینه‌های چیدمان تجهیز کارگاه، ارزیابی شاخص ایمنی، ارزیابی شاخص تردد و تصمیم‌گیری نهایی است که در ادامه هر کدام از فازها تشریح شده و ارتباطات آن‌ها در شکل (۲) نشان داده شده است.

به‌عنوان مطالعه موردی انتخاب شده است. نمایی از آن در شکل (۳) نشان داده شده است. به منظور پیشبرد اهداف پروژه در مرحله طراحی تجهیز کارگاه، ۲۰ تسهیلات ثابت و موقت برای پشتیبانی از ساخت ساختمان اصلی پروژه تعریف شده که در جدول (۱) به همراه مساحت آن‌ها ارائه شده است.



شکل (۳). مدل مفهومی پروژه با LOD100

جدول (۱). تسهیلات سایت پروژه

ردیف	نام تسهیلات	مساحت (متر مربع)	ردیف	نام تسهیلات	مساحت (متر مربع)
۱	دفتر کار کارفرما	۲۴	۱۱	دپوی سیمان	۲۵
۲	دفتر کار پیمانکار	۲۴	۱۲	دپوی ماسه	۵۲
۳	دفتر کار مشاور	۲۴	۱۳	خوابگاه کارگران	۸۰
۴	سرویس بهداشتی ۱	۱۴	۱۴	انبار مصالح	۱۲۰
۵	آبدارخانه و غذاخوری	۳۲	۱۵	تاور کرین	۲۸
۶	نگهبانی	۱۲	۱۶	دپوی آهن آلات	۳۹
۷	گیت ورودی	-	۱۷	کارگاه آهنگری	۱۶
۸	پارکینگ	۹۶	۱۸	مخزن سوخت	۸
۹	زباله دان	۹	۱۹	سرویس بهداشتی ۲	۱۲
۱۰	کارخانه بتن	۳۰	۲۰	دبزل ژنراتور	۴

در وب افزار توسعه داده شده، این پروژه با وزن اهمیت نسبی ۰/۶ برای ایمنی و وزن ۰/۴ برای شاخص تردد ساخته شد و سپس از بین معیارهای کتابخانه سامانه، ۱۵ معیار از "آیین‌نامه‌های حفاظت و بهداشت عمومی کارگاه"، "آیین‌نامه حفاظتی مواد خطرناک و مواد قابل اشتعال و مواد قابل انفجار"،

سطح توسعه مدل (LOD) نشان دهنده میزان انطباق مشخصات یک المان مدل، با ماهیت آن در دنیای واقعی است. پس از مدل‌سازی مفهومی پروژه مدنظر با LOD100، از پروژه خروجی "IFC" گرفته می‌شود. سپس با انجام برخی تبدیلات وب افزار بارگذاری می‌شود.

در فاز سوم، در محیط وب افزار، تطبیق گزینه‌ها با الزامات HSE مورد بررسی قرار گرفته و در صورت نقض هر یک از الزامات چیدمان مربوطه آن مورد مشخص و برای اصلاح اعلام می‌گردد. الزامات مورد بررسی بر دو نوع کمی و کیفی می‌باشد. در موارد کمی مقدار عدد مربوطه و در موارد کیفی، کیفیت آن شاخص با مقیاس چند نقطه‌ای لیکرت مورد پرسش قرار می‌گیرد. ماتریس تصمیم‌گیری بر اساس ماهیت معیار نرمال سازی شده و در نهایت شاخص ایمنی گزینه‌ها بر اساس اوزان و روش SAW محاسبه می‌گردد.

در فاز چهارم، به منظور محاسبه شاخص هزینه تردد، ماتریس فاصله تسهیلات ثابت و موقت بر اساس فایل IFC تشکیل می‌شود. در گام بعد میزان تردد بین تسهیلات بر اساس ارزش گذاری کیفی کاربر، در ماتریس مربوطه تخصیص می‌یابد و در نهایت شاخص هزینه یا مسافت تردد بین تسهیلات ثابت و موقت با توجه به این دو پارامتر محاسبه می‌گردد.

پس از محاسبه شاخص‌های ایمنی و هزینه، کاربر بر اساس نظر کارفرما و میزان اهمیت شاخص‌ها نسبت به هم، وزن هر یک از شاخص‌ها را تعیین می‌کند. سپس پس از حذف گزینه‌های مغلوب با بکارگیری یکی از تکنیک‌های MCDM مانند SAW، VIKOR یا TOPSIS چیدمان‌ها مرتب‌سازی و چیدمان بهینه انتخاب می‌شود.

۳. نتایج و بحث

با توجه به مزایای وب افزارها از جمله سهولت و گسترده‌ی دسترسی و عدم نیاز به برنامه‌های جانبی این الگو در قالب یک برنامه تحت وب توسعه داده شده است. این نرم‌افزار در بخش سمت سرور (Backend) با زبان پایتون و فریم‌ورک flask و در بخش طرف مشتری (Frontend) از زبان HTML، CSS و جاوا اسکریپت استفاده شده است. در این نرم‌افزار برای ذخیره‌سازی اطلاعات از پایگاه داده‌ی MySQL و MongoDB استفاده شده است. به منظور ارزیابی الگوی ارائه شده، از آن برای طراحی چیدمان یک پروژه استفاده شده است.

۳-۱. مطالعه موردی

پروژه‌ای با سطح اشغال ۱۰۸۸ مترمربع و با ارتفاع ۴۰ متر می‌باشد که در زمینی با مساحت ۴۰۸۷ مترمربع واقع شده

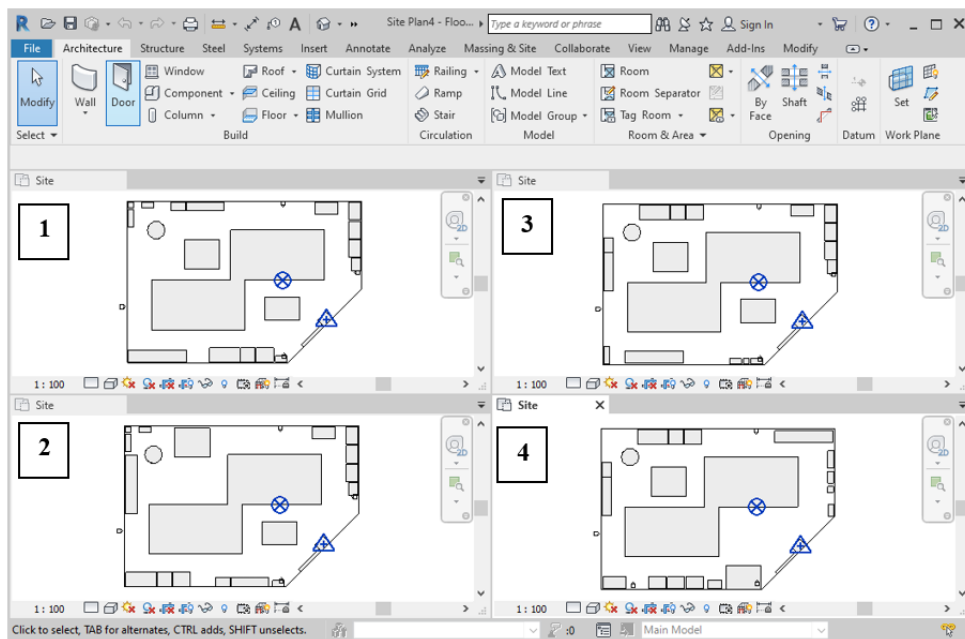
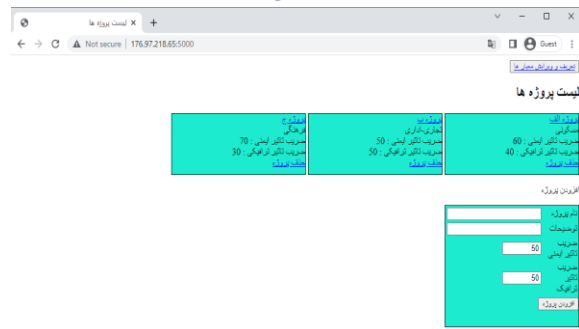
شکل (۴). محیط تعریف پروژه در وب افزار



شکل (۵). محیط تعریف معیارهای HSE در وب افزار

در این جانمایی‌ها تسهیلات کارگاهی به صورت‌های مختلفی در محیط سایت پخش شده اند و ضریب اشغال حدود ۴۲ درصدی از فضای زمین را اشغال کرده‌اند. به ازای هریک از این گزینه‌ها، جانمایی‌ای در سامانه تعریف و سپس فایل IFC آنها پس از تبدیلات لازم در سامانه بارگذاری شده است.

"آیین نامه حفاظتی کارگاه‌های ساختمانی"، "مبحث ۱۲ مقررات ملی ساختمان ایران"، "ضوابط و دستور العمل‌های سازمان آتش نشانی و خدمات ایمنی در مورد ایمنی ساختمان‌ها" و ... برای سنجش میزان تطابق با اصول HSE انتخاب شد. محیط تعریف پروژه و معیارها در شکل (۴) و (۵) نشان داده شده است. پروژه به صورت مفهومی (LOD100) و به صورت حجمی در نرم‌افزار Autodesk Revit 2019 طراحی شده و برای آن مطابق شکل (۶) چهار گزینه جانمایی تعریف شده است.



شکل (۶). گزینه‌های مختلف مطالعه موردی

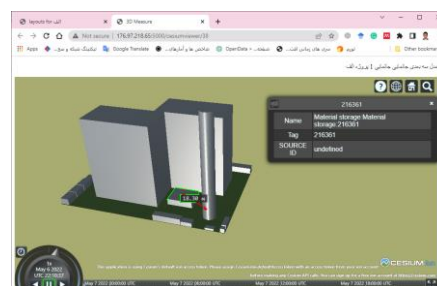
کمی و کیفی تعریف شده است. نهایتاً امتیاز ایمنی بر اساس تکنیک وزن دهی محاسبه می‌شود. فرم امتیازدهی به معیارهای HSE در شکل (۷) نشان داده شده است.

به منظور ارزیابی بهتر جانمایی‌ها، امکان "مشاهده مدل سه بعدی"، بدون نیاز به هیچ نرم‌افزاری فراهم شده است. همچنین ابزاری جهت اندازه‌گیری فواصل نیز تعبیه شده است. این مدل به کاربر در جهت امتیاز دهی بهتر و داشتن دید بهتر نسبت به

مطابق فاز سوم، تمام آلترناتیوها از نظر معیارهای ایمنی مورد سنجش قرار می‌گیرند. این معیارها در فاز اول توسط کاربر برای این پروژه انتخاب شده اند.

پس از امتیاز دهی کاربر، در صورتی هر یک از معیارها امتیازی کمتر از حداقل‌ها کسب کند به صورت قرمز رنگ به نمایش در می‌آید و به کاربر هشدار می‌دهد. نوع امتیازدهی هر یک از معیارها با توجه به ماهیت معیار، به صورت‌های گوناگون

چینش تسهیلات در فضای سایت کمک خواهد کرد و از ابزار فاصله برای اندازه گیری فواصل در مواقع ضروری مانند معیارهای کمی استفاده خواهد شد. همان طور که در شکل (۸) نشان داده شده است، مشخصات تعریف شده نیز برای تسهیلات مانند نام آن‌ها در این مدل قابل مشاهده است. در فاز چهارم نیز میزان تردد بین هر یک از تسهیلات به صورت معیارهای کیفی بر اساس میزان تردد بین تسهیلات کارگاهی مطابق شکل (۹) از کاربر پرسش می‌شود و بر اساس فاصله تسهیلات به صورت خودکار، شاخص تردد محاسبه می‌شود.



شکل (۸). نمایش مدل سه بعدی جانمایی‌ها در محیط وب افزار پس از محاسبه شاخص‌های ایمنی و تردد ترافیکی، وب افزار اقدام به محاسبه امتیاز کل هر جانمایی بر اساس اوزان اهمیت می‌کند. در جدول (۲) امتیاز شاخص‌های ایمنی و تردد ارائه شده است. در شکل (۱۰) نیز به صورت گرافیکی مقایسه ای بین جانمایی‌ها صورت گرفته است. همانطور که مشخص است جانمایی شماره ۲ مغلوب شده و سایر جانمایی‌ها بر روی جبهه پارتو قرار گرفته اند. به صورت کلی جانمایی هایی که فاصله تسهیلات نسبت به هم کمتر باشد و در ناحیه ای تجمع کرده باشند از لحاظ شاخص تردد بهتر و از نظر شاخص ایمنی شرایط بدتری را دارند و بالعکس؛ بنابراین مدیر پروژه می‌تواند بر اساس رویکرد خود و اهمیت نسبی معیارها نسبت به انتخاب جانمایی از روی جبهه پارتو اقدام نماید و یا از روش‌های استاندارد MADM که شامل طیف گسترده ایست، استفاده کند.

حذف معیار	امتیاز معیار	توجهیات	بازخ شما	ضریب معیار	ارزش معیار	راحتی	اوصاف	ماده	تین نامه
حذف	0.00	None	ر	0.08	6	ندارد	امکان کمین اهمیت قبل اشکال در معیار روزی باید طبق شرایط زیر ایجاد گردد. لیسمنزون روی پایه عرض قبل اشکال و به فاصله حداقل 20 متر از ساختمان های مجاور نصب شده باشد.	39	این نامه پیش گیری و مبرزه با اکثر سروی در کارگاه ها
حذف	0.06	None	له	0.06	5	ندارد	سیر حرکت و مدل استقرار حرکت ها و تیرنگ وسایل باید قبل به طور دقیق بررسی و بررسی شود تا در موقع حرکت و کار خطری از طریق برخورد با سیم و کابل های برق یا تسمت و تسمه ای بوجود و یا سقوط در محل های مخاری شده و حیره مشرقه تیرنگ کارگران و افراد شود.	34	این نامه حذفی کارگاه های ساختمانی
حذف	0.02	None	ک	0.06	5	ندارد	عرض راه شب دار و مدبری که برای حمل و دجایی وسایل سنگین یا وسایل نطقه استفاده می شوند نباید کمتر از 3.5 متر باشد.	6-5-7-12	مبحث 12 مقررات ملی ساختمان ایران
حذف	0.06	None	له	0.06	5	ندارد	تیرخانه رستورن ها حتی لیسزون روی فضای آرد استخر گرسون صورت گرفتن روی اجداث بنا در محورت فضای آرد قرار گیرد و دارای تیرخانه حمل جمعیت وجود داشته باشد.	5-5	کسوت و دستور العمل های سازمان آتش نشانی و خدمات ایمنی در مورد ایمنی ساختمان ها
حذف	0.02	None	ک	0.06	5	ندارد	تران معطل زمینه مجاز برای محیط دارای و نظری 45db است.	ص 140	حوزه مجاز مواجهه حثی
حذف	0	None	ک	0.06	5	ندارد	سرویس های بهداشتی همیشه در گزینه های جایی هر ساختمان قرار گیرد تا حداقل آلودگی به محیط آیری یا مسکونی وارد گردد. توات ممنوعاً همیشه در محورت درب ورودی و یا خروجی ساختمان قرار گیرد.		انواع HSE در فاز تجهیز و برچیان پروژه های عمرانی. کتاب فرارگاه حاتم آلبی
حذف	0.03	None	متوسط	0.05	4	ندارد	جوابگاه کارگران، در کنار منبع پر سر و صدا از قبیل سنگ شکن، بچینگ، راه های اصلی و یا دسترسی کارگاه، تعمیرگاه و ... نباشد.		انواع HSE در فاز تجهیز و برچیان پروژه های عمرانی. کتاب فرارگاه حاتم آلبی
حذف	0.02	None	ک	0.06	5	ندارد	جوابگاه کارگران، در کنار منبع تولیدکننده گرد و غبار از قبیل سنگ شکن و بچینگ، جاده های دسترسی، تعمیرگاه و ... نباشد.		انواع HSE در فاز تجهیز و برچیان پروژه های عمرانی. کتاب فرارگاه حاتم آلبی
حذف	0.06	None	له	0.06	5	ندارد	حداقل فضای کاری لازم برای هر متر در فضای دارای 12 متر مکعب در نظر گرفته شود.		انواع HSE در فاز تجهیز و برچیان پروژه های عمرانی. کتاب فرارگاه حاتم آلبی
حذف	0.06	None	له	0.06	5	ندارد	آسیب خنده باید فاصله لازم از منبع آلودگی از قبیل چاه های سیپیک، ایست جمعیت، تعمیرگاه و ... را داشته باشد.		انواع HSE در فاز تجهیز و برچیان پروژه های عمرانی. کتاب فرارگاه حاتم آلبی
حذف	0	None	ک	0.06	5	ندارد	سنگ شکن باید در حافت جهت بدهای غالب منطقه و یا در پایین نشت مثل بدهای غالب اجداث خود تا با باعث اشکال گردد و غبار در داخل کتب شود.		انواع HSE در فاز تجهیز و برچیان پروژه های عمرانی. کتاب فرارگاه حاتم آلبی
حذف	0	None	ک	0.08	6	ندارد	بچینگ باید در پایین نشت کارگاه و در جهت بدهای غالب و یا در سایر مکان ها در جهت معالف بدهای غالب اجداث خود.		انواع HSE در فاز تجهیز و برچیان پروژه های عمرانی. کتاب فرارگاه حاتم آلبی
حذف	0.08	None	له	0.06	6	ندارد	سیاره های سیمان باید در زمینه ایست و بتانی کشته شود. قبل از اجداث، اقدامات لازم در خصوص محدود نظره سازی و تکمیلات محل اجداث صورت پذیرد.		انواع HSE در فاز تجهیز و برچیان پروژه های عمرانی. کتاب فرارگاه حاتم آلبی
حذف	0.04	متوسط	ک	0.06	5	ندارد	برای هر 25 کارگر حداقل یک استراخ باید وجود داشته باشد و هر کارگاه باید باید دارای استراخ مرادنه و رندنه به صورت مجزا داشته باشد.	52	این نامه حفاظت و بهداشت عمومی در کارگاه ها
حذف	0.09	له	ک	0.09	7	ندارد	در کلبه کارگاه ها کفر ما سقف است آب آسمانی گرازا و ساق و به مقدار کافی در معین سرست و محفوظ در دسترس کارگران بگردد.	42	این نامه حفاظت و بهداشت عمومی در کارگاه ها

شکل (۷). فرم ارزیابی HSE در محیط وب افزار

Steel Storage	Power Generator	Parking lot	Office-consultant	Office-Owner	Office-Contractor	Material storage	Labour hut	Guard	Gate	Fuel Tank	Debris area	Concrete plant	Cement Depot	Building	0
...	کم	متوسط	کم	زیاد	کم		Building
...	کم	متوسط	متوسط	متوسط			Cement Depot
...	کم	متوسط	کم				Concrete plant
...	زیاد	متوسط					Debris area

شکل (۹). تخصیص کیفی میزان تردد بین تسهیلات

رتبه بندی جانمایی ها بر اساس امتیاز کل :

رتبه بندی	امتیاز کل
۱	98.62
۳	97.76
۲	95.58
۴	82.08

شکل (۱۱). رتبه بندی جانمایی‌ها در محیط وب افزار

در این الگو تمامی معیارهای مقایسه به جز استفاده از روش‌های بهینه‌سازی ارضا شده است. به دلیل رویکردی کاربردی و عملیاتی که اتخاذ شده است استفاده از این روش‌ها نیاز نیست و بهینه سازی درون این فرآیند به خودی خود صورت می‌گیرد.

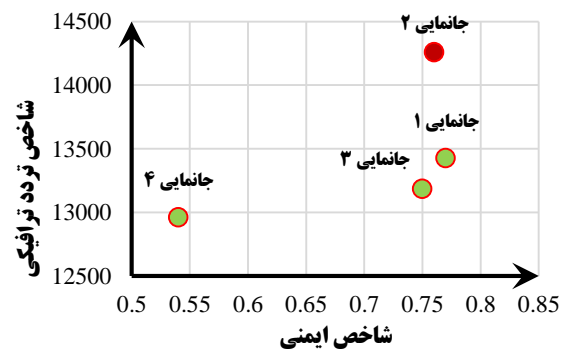
جدول (۳). ارزیابی پژوهش کنونی از حیث ارضای معیارها

معیار	رضای معیار
جامعیت مدل	*
انطباق با آیین نامه ها	*
دسترسی آسان و آنلاین	*
روش‌های بهینه‌سازی	-
MCDM	*
BIM	*
معیار هزینه	*
HSE	*
تعامل مؤثر با خبره	*
پژوهش کنونی	*

جدول (۲). نتایج ارزیابی جانمایی‌ها

شاخص ایمنی	شاخص ایمنی	شاخص تردد ترافیکی
جانمایی ۱	۰/۷۷	۱۳۴۲۵/۶۷
جانمایی ۲	۰/۷۶	۱۴۲۶۰/۹۲
جانمایی ۳	۰/۷۵	۱۳۱۸۶/۴۰
جانمایی ۴	۰/۵۴	۱۲۹۶۱/۵۳

در این وب افزار، امتیاز کلی هر جانمایی که بر اساس روش SAW محاسبه شده است و رتبه بندی اولویت جانمایی‌های پیشنهادی در شکل (۱۱) زیر نشان داده شده است.



شکل (۱۰). مقایسه شاخص جانمایی‌ها

[5] M. S. Dashti, M. RezaZadeh, M. Khanzadi, and H. Taghaddos, "Integrated BIM-based simulation for automated time-space conflict management in construction projects," *Autom Constr*, vol. 132, p. 103957, 2021.

[6] S. S. Kumar and J. C. P. Cheng, "A BIM-based automated site layout planning framework for congested construction sites," *Autom Constr*, vol. 59, pp. 24–37, 2015.

[7] X. Ning, J. Qi, C. Wu, and W. Wang, "A tri-objective ant colony optimization-based model for planning safe construction site layout," *Autom Constr*, vol. 89, pp. 1–12, 2018.

[8] S. Ansarifard, "Management of construction projects in reducing cost and time by prioritizing the proper arrangement of construction workshops," in *National Conference on Architecture, Civil Engineering and Urban Development*, 2015, (In Persian).

[9] A. Mardani, P. Alipour, and M. Sabzeparvar, "Presenting a new approach in the layout of construction workshops, taking into account safety and environmental aspects," in *10th International Congress of Civil Engineering*, 2014, (In Persian).

[10] M. Akbarian and S. Jomeh, "Investigating the impact of the proper arrangement of construction workshops to maintain safety and control accidents in the implementation of construction projects," in *The third national conference on recent innovations in civil engineering, architecture and urban planning*, 2016, (In Persian).

[11] S. Farzaneh, F. Ronagh, and S. yousef Hashemi, "Investigation, analysis of providing a solution for choosing a basic layout in maintaining safety, cost control, and proper timing in construction workshops," in *The first international construction industry congress focusing on new technologies in the construction industry*, 2018, (In Persian).

[12] S. Roholamin and S. Mortazavi, "A model to increase safety by improving the layout of the workshop," in *International conference on civil engineering, architecture, urban management and environment in the third millennium*, 2016, (In Persian).

[13] N. Moradi and S. Shadrokh, "Simultaneously solving the problem of reducing the time and cost of the project's prerequisite network by planning the layout of the construction workshop of unequal area with the refrigeration simulation algorithm," in *The 3rd International Conference on New Findings of Civil Engineering and Construction Industry of Iran*, 2018, (In Persian).

[14] M. Hoseinalipour, M. Nazarpour, and M. Neyestani, "Review and classification of workshop layout design methods," in *The 6th national conference of applied research in civil engineering, architecture and urban management and the 5th specialized mass exhibition of housing and building builders in Tehran province*, 2019, (In Persian).

[15] M. Kashef and M. Parchami, "Identifying and presenting the main criteria for carrying out workshop equipment operations in high-rise urban projects," in *11th International Project Management Conference*, 2015, (In Persian).

۴. نتیجه گیری

با پیشرفت علم و تکنولوژی در دنیا و احاطه‌ی علوم کامپیوتر و برنامه‌نویسی بر بسیاری از فعالیت‌های بشری، دیر یا زود صنعت ساخت از حالت سنتی خارج شده و به شکل مکانیزه و با حداقل دخالت انسان تبدیل می‌شود. از جمله علوم و تکنولوژی‌های نوینی که در سال‌های اخیر به این صنعت وارد شده است، می‌توان به استفاده از فضاهای ابری، پردازش تصویر، اسکن‌های لیزری سه بعدی، دوقلوهای دیجیتال و رویکرد BIM و شبیه‌سازی اشاره کرد.

به منظور توسعه و پیشرفت مدیریت ساخت، ایجاد تحول در فرآیندهای مدیریتی و همگام‌سازی این صنعت با علوم روز دنیا، ناگزیر باید از ابزارها و روش‌های نوین مدیریتی به خصوص در فرآیندهای تصمیم‌گیری، بهره‌گرفت. بر اساس آمارهای جهانی صنعت ساخت یکی از پرمخاطره‌ترین صنایع می‌باشد و سالانه افراد زیادی مجروح یا فوت می‌شوند. طراحی و چینش مناسب تسهیلات کارگاهی نقش پررنگی در ارتقای سطح ایمنی سایت‌های کارگاهی در کنار سایر معیارها از جمله کاهش هزینه تردد دارد و به‌عنوان یکی از دغدغه‌های اصلی مدیران پروژه به شمار می‌رود.

چارچوب ارائه شده در این پژوهش، یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری بر بستر وب است که تلاش کرده تا تمام الزامات یک تصمیم‌گیری بهینه را در خصوص طراحی انتخاب چیدمان تجهیز کارگاه را فراهم کند و در این راستا دو شاخص ایمنی و تردد را ارزیابی می‌کند. با پیاده‌سازی این رویکرد بر بستر وب دسترسی به این سامانه بسیار آسان است و نیاز به نرم‌افزار خاصی نمی‌باشد. عملکرد وب‌افزار توسعه داده شده بر روی یک مطالعه موردی نشان داده شده است. خوشبختانه نتایج حاکی از رسیدن به اهداف از پیش در نظر گرفته شده و رفع نقاط ضعف مدل‌های قبلی است.

۵. مراجع

[1] P. Hämäläinen, J. Takala, and K. L. Saarela, "Global estimates of occupational accidents," *Saf Sci*, vol. 44, no. 2, pp. 137–156, 2006.

[2] E. Forsat Kar, "Optimizing the layout and establishment of facilities in construction workshops," Ms.c. Thesis, Iran University of Science and Technology, Tehran, 2004.

[3] I. D. Tommelein, R. E. Levitt, and B. Hayes-Roth, "Sight plan model for site layout," *Knowledge Creation Diffusion Utilization*, vol. 118, no. 4, pp. 749–766, 1991.

[4] M. Rastegar Moghaddam, "Optimization of construction site layout with considering safety and environmental aspects," Iran University of Science and Technology, Ms.c. Thesis, Tehran, 2016.

- [22] M. Karbasian, M. Azami, N. Ghaemieh, and M. Sadeghzadeh, "Determining the optimal location plan and improving the equipment of the case study of the Mobarake steel complex fire extinguishing project," in *10th International Congress of Civil Engineering*, 2015, (In Persian).
- [23] K. El-rayes, M. Asce, and A. Khalafallah, "Trade-off between Safety and Cost in Planning Construction Site Layouts," no. November, pp. 1186–1195, 2005.
- [24] H. Li and P. E. D. Love, "Genetic search for solving construction site-level unequal-area facility layout problems," *Autom Constr*, vol. 9, no. 2, pp. 217–226, 2000.
- [25] X. Ning, K.-C. Lam, and M. C.-K. Lam, "Dynamic construction site layout planning using max-min ant system," *Autom Constr*, vol. 19, no. 1, pp. 55–65, 2010.
- [26] X. Ning, K. C. Lam, and M. C. K. Lam, "A decision-making system for construction site layout planning," *Autom Constr*, vol. 20, no. 4, pp. 459–473, 2011.
- [27] S. Rostami, MR. Khorsand and M. Nazari "Optimizing well placement via metaheuristic algorithms (case study: Shadegan fields)," *Construction science and technology*, vol. 2, no. 1, pp. 55–69, 2021, (In Persian).
- [28] M. Khazadi, A. Kaveh, and M. R. Moghaddam, "Optimization of Building Components with Sustainability Aspects in BIM Environment," *Periodica polytechnica civil engineering*, vol. 63, pp. 93–103, 2018.
- [29] M. Rastegar Moghaddam, "Optimal Decision Making of Building Components Based on Industry Foundation Classes by Using Graph Databases," Ph.D. Thesis, Iran University of Science and Technology, Tehran, 2021.
- [30] E. K. Zavadskas, Z. Turskis, and S. Kildienė, "State of art surveys of overviews on MCDM/MADM methods," *Technological and Economic Development of Economy*, vol. 20, no. 1, pp. 165–179, 2014.
- [16] S. Mahbod and E. Eshtehardian, "Workshop equipment and tower crane arrangement focusing on the application of BIM building information modeling," in *International conference of new achievements in civil engineering, architecture, environment and urban management*, 2015, (In Persian).
- [17] M. Etebari, M. Abdolahi, M. Faraji, and R. Ghosi, "Investigating and assessing risk in the stage of equipping the construction project workshop using the risk matrix method," in *The second national conference on sustainable development in energy, water and environment engineering systems*, 2016, (In Persian).
- [18] S. Shiripour and M. Eskandari, "Presenting the optimal arrangement of facilities for equipping the dam and replacement road workshop in Haraz with the Promethean meta-ranking method," in *The third international conference on industrial management and engineering*, 2017, (In Persian).
- [19] F. Khaj Dezfoolian, "Evaluating the impact of proper location and equipment of the workshop on work efficiency and safety," in *The first national conference of applied research in civil engineering (structural engineering and construction management)*, 2016, (In Persian).
- [20] S. Rahimi and E. Mohammadi, "Location selection of workshop equipment using hierarchical analysis method and its role in construction project management (case study of Hamedan water treatment plant project)," in *The 7th International Conference on Civil Engineering, Architecture and Management*, 2021, (In Persian).
- [21] B. Alidadipour and A. Monirabbasi, "Design and implementation of equipping and dismantling workshops in high-rise buildings," in *The 6th national conference of applied research in civil engineering, architecture and urban management and the 5th specialized mass exhibition of housing and building builders in Tehran province*, 2019, (In Persian).