فصلنامه علمی-ترویجی پدافند غیرعامل

سال هشتم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶، (پیاپی ۳۰): صص ۲۲-۱۳

ارزیابی سیستم‌های سازه‌ای صنعتی جهت تأمین اصل تمرکززدایی از تهران

محمدباقر نوبخت[1*]، محمدرضا حافظی[2]، سعید داور[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۶/۰۸

چکیده

با توجه نتایج تحقیقات در مورد موشک‌باران سال‌های ۱۳۶۶ و ۱۳۶۷ و تهدیدهای امنیتی در پهنه‌بندی تهران، اصل پراکنش و تمرکززدایی از پایتخت در قالب یکی از پایه‌های طرح آمایش دفاعی سرزمین است. کاهش وابستگی تهران به شهرهای اطراف و نوسازی و مقاوم‌سازی ابنیه مسکونی و خدماتی جزو اهداف اصلی در حوزه بحث تمرکززدایی از تهران برای کسب آمادگی دفاعی و مقابله با جنگ شهرها و جنگ‌های بی‌قاعده است. تأثیرگذارترین بخش در مدت‌زمان و میزان هزینه ساخت، انتخاب سیستم سازه‌ای مناسب است. در این مقاله ساختمان ۱۵ طبقه الگو با سه سیستم سازه‌ای اسکلت فولادی و اتصالات درختی، سیستم بتن مسلح پیش‌ساخته با اتصالات غلافی و سیستم سازه‌ای دیوار عایق ماندگار پانلی با استفاده از المان‌های شبیه‌سازی‌شده با سطوح جزئیات بالا در ابعاد سوم، چهارم و پنجم مدل اطلاعات ساختمان مدل‌سازی شد. شبیه‌سازی دقیق هر سه سیستم سازه‌ای منجر به پیشنهاد سیستم سازه‌ای دیوار عایق ماندگار پانلی برای کاهش هزینه تمرکززدایی از تهران شد.

کلیدواژه‌ها: تمرکززدایی از تهران، اصل پراکنش، روش‌های صنعتی‌سازی، ارزیابی زمان و هزینه، مدل اطلاعات ساختمان

۱- استاد، مرکز تحقیقات استراتژیک، Email: Nobakht@csr.ir - نویسنده مسئول
۲- استادیار، دانشگاه شهید بهشتی
۳- کارشناسی ارشد مدیریت پروژه و ساخت، دانشگاه شهید بهشتی

۱- مقدمه

در حوزه دفاع کـه زیرمجموعـه امنیـت اسـت و در برابـر تهدیـدهای هوشمند انسان‌ساز به کار می‌رود، دشمن‌شناسی بسیار بااهمیت بوده و باید روش مناسبی برای آن ارائه داد. در نگاه کلی به موقعیت ایـران و شناخت روش‌های پیشین حمله دشمنان، می‌توان دریافت که آن‌ها از هر روشی برای به‌زانو درآوردن کشور مورد هجوم خصوصاً از طریق حمله به ضعف‌های آن کشور استفاده می‌کنند. به دلیل تجمع حجـم انبوه امکانات و جمعیت کشور در شهر تهران، ضربه به آن بزرگ‌ترین ضربه بر پیکره کشور خواهد بود. ازاین‌رو تصور برهم زدن نظم داخلی کشور توسط دشمن از طریق حمله‌هایی مشـابه موشـک‌بـاران سـال ۱۳۶۷ دور از ذهن نیست. این تمرکز سازمان نیافته عـلاوه بـر نقطـه ضعف در برابر تهدیدهای امنیتی در برابر تهدیـدهای طبیعـی ماننـد زلزله نیز ایمنی ندارد بنابراین، آسیب‌های کالبدی خطرهای طبیعـی نیز مانند تجربه تصرف نظامی هائیتی پـس از زلزلـه مـی‌توانـد درس بزرگـی باشـد کـه دشـمن در ایـن شـرایط از در انسـان‌دوسـتی و کمک‌رسانی واردشده و بدون انجام عملیات نظامی نیروهـای خـود را در کشور مورد هدف مستقر کند. بر طبق تحقیقات انجام‌شده جـدی [۱]، راه‌کارهای ایـن ضـعف بـزرگ تمرکززدایـی از تهـران و اجـرای الزامات پدافند غیرعامل در مقیاس کالبدی است. در آن پـژوهش بـه راه‌کارهای نوسازی بافت‌های فرسوده، کاهش وابستگی شهر تهران به شهرهای اطراف، به‌ویژه بـرای تـأمین نیازهـای ضـروری، نوسـازی و مقاوم‌سازی ابنیه مسکونی و خدماتی اشاره شده اسـت. همچنـین در برنامه‌های پنج‌ساله توسـعه کـه بـه‌عنـوان برنامـه‌هـای میـان‌مـدت، سیاست‌های کلـی بخـش‌هـای مختلـف کشـور را تـدوین و در قالـب برنامه‌های کوتاه‌مدت به اجرا درمی‌آید، توجه اساسی به بخش مسکن به‌ویژه پس از جنگ تحمیلی شده است [۲]. ایده انتقال مراکز اداری و سیاسی به منطقه‌ای بکر از زمان حیات حضرت امام (ره) بـا عنـوان طرح مجیر تدوین و به دفتر آن رهبر فرزانه ارسال شده و ظاهراً مورد تأیید ایشان بوده است [۳]. از سوی دیگر با توجه مبنی بـر اطلاعـات سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۹۰ قریب به ۱/۲ میلیون دسـتگاه واحد مسکونی در کشور لازم است، که این تعداد بدون ملحوظ کردن نیاز ساختمان های فرسوده به نوسازی است [۴].

در کتب دستورالعمل‌های سـتادی ارتـش ایـالات متحـده، دفـاع غیرعامل به‌عنوان روشی کاربردی برای مقابله با تمامی انواع موشک‌ها و بمب‌ها توصیه شده است، به‌گونه‌ای که در شوک اول حمله، رویکرد دفاع غیرعامل (تقویت و استحکام بیشتر بنا، پراکنـدگی، تحـرک) در مقایسه با دفاع عامل قابـل اطمینـان‌تـر اسـت [۵]. آنچـه در تهـاجم امروزی اهمیت زیادی دارد، بهره‌وری اقتصادی است. برآورد اقتصادی دشمن به روش اقتصاد تلاش (اقتصاد اثرگذار) در حوزه تهاجم هوایی برآورد می‌شود. درروش اقتصادی سود به هزینه میزان سود مـدافعان نسبت به هزینه‌ای که برای دفاع برآورد شده است، مقایسه می‌گـردد [۶] در این تحلیل‌ها باید به این نکته توجـه گـردد کـه هرچـه خطـر تهاجم بیشتر باشد، دفاع متناسب بهتـری بایـد وجـود داشـته باشـد، بنابراین، عرصه دفاع دشمن‌شناسی و تهدید شناسی به‌قدری صـحیح انجام شود که سود حمله دشمن بسیار کمتر از ضـرری باشـد کـه در انتظار آن‌ها خواهد بود. در تحقیق انجـام‌شـده توسـط حسـینی [۷]، حلقه‌های هدف واردن برای مخاطرات پیش روی تهران از دید اهل‌فن بـه‌وسـیله پرسشـنامه‌هـایی بررسـی و بـومی شـد. بـر اسـاس نتـایج اولویت‌بندی عوامل تهدید شهر تهران، سکونت‌گاه‌های انسانی (شهر و روستا) جذابیت اول را برای حملات موشکی دشـمن دارد. در جنـگ کلاسیک، تمرکز جنگ بـر تهـاجم علیـه مراکـز، مواضـع و نیروهـای نظامی طرف درگیر بوده و ایجاد تلفات از نظامیان و تصـرف فیزیکـی سرزمین است، درحالی‌که هدف جنگ‌های بی‌قاعده مردم و ضربه بـه عزم و اراده ملی است [۸]. در پژوهشی دیگـر عوامـل آسـیب‌پـذیری منطقه یک شهر تهران در برابر حملات هوایی با اسـتفاده از سیسـتم اطلاعات جغرافیایی ارزیابی شد که بر اساس نتایج آن، ۹۲/۴ درصد از بلوک‌های ساختمانی منطقه یک تهران دارای آسیب‌پـذیری متوسـط به بالا هستند. راه‌کارهای اصلی پیشنهادشده برای رفـع ایـن معضـل بزرگ توسعه و نوسازی بافت فرسوده موجود و نظارت برافزایش تراکم جمعیتی تشخیص داده شد [۹] سابقه استفاده از قطعات پیش‌ساخته در دوران جنگ، به سال‌های ۱۹۵۰ تا ۱۹۶۰ بازمی‌گردد کـه تقاضـای بسیار زیاد بازسازی مسکن پس از جنـگ جهـانی دوم بـا اسـتفاده از سیستم‌های ساختمانی پیش‌ساخته مرتبط با المـان‌هـای سـازه‌ای از قبیل تیرها، دال‌ها، قطعات نما و المان‌های عمودی سـاختمان پاسـخ داده شد [۱۰] . به علت عدم وجود اطلاعات کافی در حوزه‌ی انتخاب روش ساخت، استفاده از سلایق شخصی، عدم وجود ارزیابی روشـمند در انتخـاب روش‌هـای سـاخت صـنعتی تحقیقـات انـدکی دربـاره‌ی تصمیم‌گیری نسبت به انتخاب یک روش از میان چنـد روش سـاخت درزمینه‌ی صنعتی سازی مربوط به سازه‌های متوسـط و بلندمرتبـه و به‌طورکلی ساختمان، در سطح مقالات و پژوهش‌های بین‌المللی انجام شده است [۱۱] و [۱۲] در جدول‌های (۲-۱) به ترتیب پژوهش‌هـای انجام‌شده از منظر سودمندی و محدودیت استفاده از صـنعتی‌سـازی عنوان شده است. در پژوهش ماراسینی و همکاران [۱۳] تأکید شـده است که روش‌های بررسی صـنعتی‌سـازی پیشـین منفعلانـه بـوده و سیستم را به‌صورت کل نظاره نمی‌کنند (کل‌نگـر نیسـتند)؛ بنـابراین، روابط داخلی بین متغیرهای داخلی و خارجی که بر روند ساخت تأثیر می‌گذارند، نادیده گرفتـه شـده اسـت. همچنـین در تحقیـق یـوآن و همکاران [۱۴] تأکید شده است که مـدیریت کـل فراینـد سـاخت بـا استفاده از قطعات پیش‌ساخته، بسیار پیچیده اسـت، بـه‌گونـه‌ای کـه فعالیت‌های مرتبط با فرایند ساخت باید به‌صورت سامانمند تحلیـل و سازمان‌دهی گردند. بدون در نظر گرفتن روابط درونـی اساسـی ایـن

فعالیت‌ها، نمی‌توان درک درستی از این پیچیدگی داشت. علاوه بر این، میزان محدود وجود بانک‌های اطلاعاتی در ساختمان‌های متوسط و بلندمرتبه و فقدان داده‌ها لازم در برنامه‌ریزی پیش‌سازی در شرکت‌های خصوصی یکی دیگر از وجوه پیچیده شدن تصمیم‌گیری است [۱۵]. در این زمینه در آیین‌نامه‌های داخلی مانند بخش ۲۱-۴-۲ مقررات ملی ساختمان، استفاده از دیوارهای بتنی مسلح درجا و پیش‌ساخته به‌عنوان سیستم‌های سازه‌ای برای تحمل فشارهای انفجاری متوسط و زیاد پیشنهاد شده است [۱۶]. اهداف این مقاله مقایسه مدت‌زمان و هزینه ساخت ساختمان‌های متوسط مرتبه با بهره‌گیری از رویکرد اقتصاد اثرگذار ساختمان و مسکن با ابزار بعد چهارم و پنجم مدل اطلاعات ساختمان در حوزه قابل کاربرد در پدافند غیرعامل و نیز ایجاد پایگاه داده مشترک برای المان‌های سازه‌ای در فرایند شبیه‌سازی سیستم‌های صنعتی منتخب است.

جدول ۱- معیارهای سودمندی استفاده از صنعتی‌سازی

منظر سودمندی استفاده از صنعتی‌سازی	پژوهش انجام‌شده
عدم محدود شدن و کاهش میزان ضایعات	[۲۷]
بهبود کیفیت کنترل	[۲۸]
کاهش آلودگی صوتی	[۲۹]
بالاتر بردن استاندارد سلامتی و امنیت جامعه	[۳۰]
کاهش زمان و هزینه	[۳۱]
کاهش نیروی کار لازم	[۳۲]
کاهش منابع موردنیاز	[۳۳]
منظر سودمندی استفاده از صنعتی‌سازی	پژوهش انجام‌شده

جدول ۲- معیارهای محدودیت استفاده از صنعتی‌سازی

منظر محدودیت استفاده از صنعتی‌سازی	پژوهش انجام‌شده
عدم وجود اطلاعات کمی کافی برای طراحی قطعات صنعتی‌سازی	[۱۷]
مشکلات انبارداری و تخصیص فضای لازم به قطعات پیش سازی	[۱۸]
مشکلات تأمین ایمنی لازم برای حمل قطعات خصوصاً در ارتفاع	[۱۹]

۲- روش تحقیق

داده‌های گردآوری‌شده برای برآورد هزینه و زمان سیستم‌های سازه‌ای در این پژوهش از طریق بررسی ادبیات گذشته و آیین‌نامه‌های داخلی و خارجی موجود، مشاهده‌های کارگاهی و مصاحبه با خبرگان صنعت ساخت که به‌صورت مستقیم با روش‌های صنعتی‌سازی درگیر بوده‌اند انجام شده است. در ابتدای دوره زمانی پردازش اطلاعات در مطالعات صنعتی‌سازی، اقبال محققان به استفاده از روش‌های معمولی مانند روش‌های آماری، تحلیل سناریو، برای پردازش اطلاعات بود، به‌تدریج روش‌های پیچیده‌تر مانند روش آنالیز جورجیا، RFIT با روش شناسایی با استفاده از امواج رادیویی و GPS، مدل اطلاعات ساختمان و شبیه‌سازی دینامیکی به‌تدریج نقش مهمی را در افزایش پردازش داده‌ها در سیستم پیش‌سازی ایفا کردند. برخی از این پژوهش‌ها در جدول (۳) گردآوری‌شده است. در این مقاله پردازش اطلاعات با استفاده از شبیه‌سازی المان‌ها با سطوح جزئیات بالا در مدل اطلاعات ساختمان صورت گرفته است.

۲-۱- ابزارهای منتخب مدل اطلاعات ساختمان

ابزار مورداستفاده برای مدل‌سازی ابعاد موجود در سیستم‌های سازه‌ای این پژوهش، با رویکرد مدل‌سازی اطلاعات ساختمان مطابق جدول (۴) است. همچنین طبق تعریف سازه متوسط مرتبه در این پژوهش با توجه به محاسبه ارتفاع ساختمان در این مدل مطابق با دسته‌ی بالاترین سطح قابل سکونت ساختمان مدل الگو ساختمانی متوسط مرتبه با کاربری مسکونی تا ارتفاع ۵۰ متر از تراز پایه و دارای ۱۵ طبقه و فرض زمین تا مساحت ۲۵۰۰ متر طراحی شد. مشخصات ساختمانی مشترک مدل الگو برای هر سه سیستم سازه‌ای مطابق با جدول (۵) است.

جدول ۳- روش‌های پردازش اطلاعات در پژوهش‌های صنعتی سازی

محدوده‌ی زمانی	فرایند پردازش اطلاعات	سابقه‌ی تحقیق
از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۷	روش‌های آماری تحلیل سناریو	
از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۳	روش تولید محصول جورجیا	[۲۰]
	فرایند توسعه‌یافته مدل‌سازی محصول	[۲۱]
	روش شناسایی با استفاده از امواج رادیویی و GPS	[۲۲] [۲۳]
	مدل اطلاعات ساختمان	[۲۴] [۲۵]
	شبیه‌سازی دینامیکی	[۲۶]

جدول ۴- ابزارهای مورداستفاده در این پژوهش

کاربرد در مدل اطلاعات ساختمان	ابزار مورداستفاده
شبیه‌سازی سه‌بعدی المان‌های سازه‌ای	Revit Structure
زمان‌بندی، پیش‌بینی و هماهنگ‌سازی دیگر ابزارها باقابلیت شناسایی گلوگاه‌ها	Autodesk Navisworks
متره و برآورد و تخمین خودکار ابعاد و اجزای ساختمان برای تخمین هزینه و ارائه خروجی در نرم‌افزار اکسل	Autodesk Quantity Takeoff

جدول ۵- مشخصات ساختمانی مدل الگو

مساحت زیربنا	۵۴۷ مترمربع
ارتفاع هر طبقه	۳,۲۴ متر
تعداد طبقات	۱۵ طبقه
تعداد راهرو ارتباطی	۲ عدد در هر طبقه
بالاترین تراز ارتفاعی	۴۸,۶ متر
نوع فونداسیون	نواری درجا
نوع کاربری	مسکونی
ضرایب شهر در نظر گرفته‌شده برای طراحی	تهران

۲-۲- روایی محتوایی پژوهش

به‌منظور احراز روایی محتوایی، نسبت به طراحی ابعاد و اندازه مقاطع به‌عنوان ورودی در مدل اطلاعات ساختمان میزان منطقی بودن ابعاد و اندازه تمام المان‌های سازه‌ای با چهار نفر از متخصصین درزمینه صنعتی سازی مطرح شد و میزان تناسب هر یک از موارد طراحی‌شده با نظر خبرگان برآورد گردید.

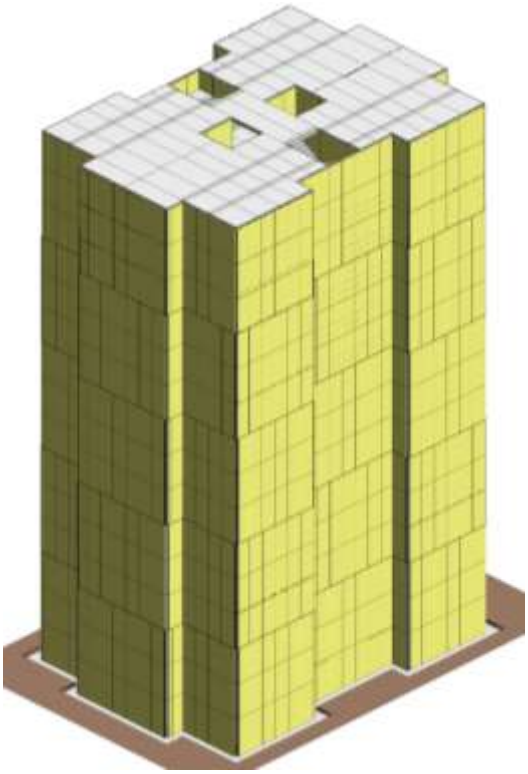
۲-۳- مدل‌سازی بعد سوم سیستم‌های سازه‌ای

پس از انتخاب سیستم‌های سازه‌ای و حصول رضایت برای المان‌های طراحی‌شده شبیه‌سازی خانواده المان‌های تشکیل‌دهنده با سطح جزئیات بالا در نرم‌افزار Revit Structure به‌صورت پارامتریک و سه‌بعدی انجام شد. مدل‌سازی بعد سوم سیستم سازه‌ای بتن مسلح پیش‌ساخته با اتصالات غلافی در شکل (۱)، سازه فولادی با اتصالات درختی در شکل (۲) و سیستم سازه‌ای عایق ماندگار پانلی در شکل (۳) نشان داده شده است.

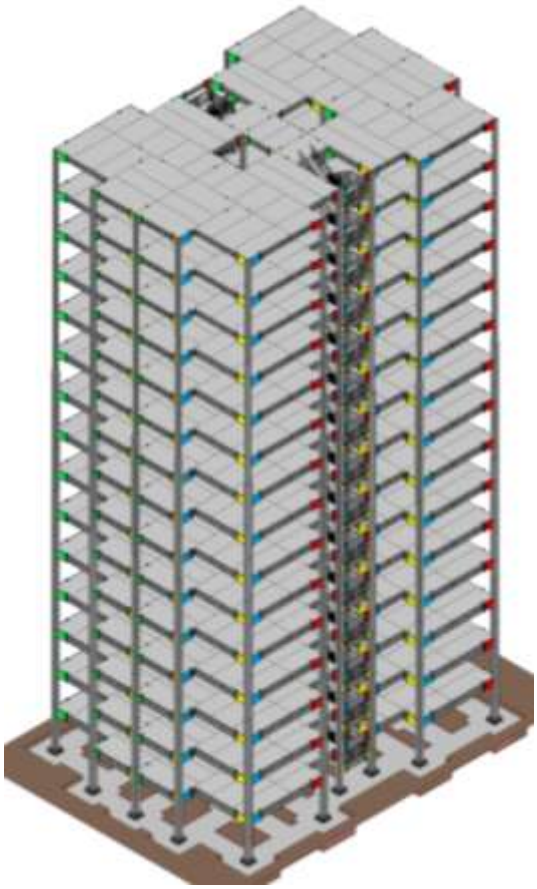
۲-۴- مدل‌سازی بعد چهارم سیستم‌های سازه‌ای

با استفاده از تخمین زمان خانواده المان‌های سازه‌ای از پروژه‌های ساخت و نگاشت آن در برنامه مایکروسافت پراجکت، برنامه زمان‌بندی ساخت سیستم‌های سازه‌ای منتخب برای پلان الگو تهیه گردید. سپس روند برآورد زمان در رویکرد مدل اطلاعات ساختمان با استفاده از تلفیق داده‌ها در نرم‌افزارهای Microsoft Project ™ و Revit Structur™ و مدیریت آن‌ها و شناسایی گلوگاه‌ها با استفاده از نرم‌افزار Autodesk Navisworks™ انجام گرفت.

شکل ۱- سیستم سازه‌ای بتن مسلح پیش ساخته با اتصالات غلافی



شکل ۲- سیستم سازه‌ای عایق ماندگار پانلی

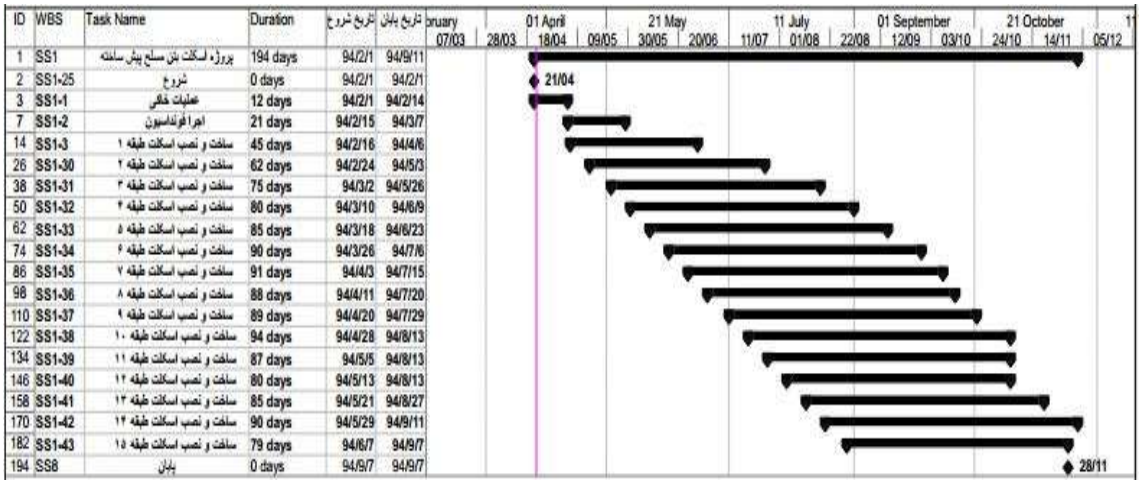


شکل ۳- سیستم سازه‌ای فولادی با اتصالات درختی

۲-۵- مدل‌سازی بعد پنجم سیستم‌های سازه‌ای

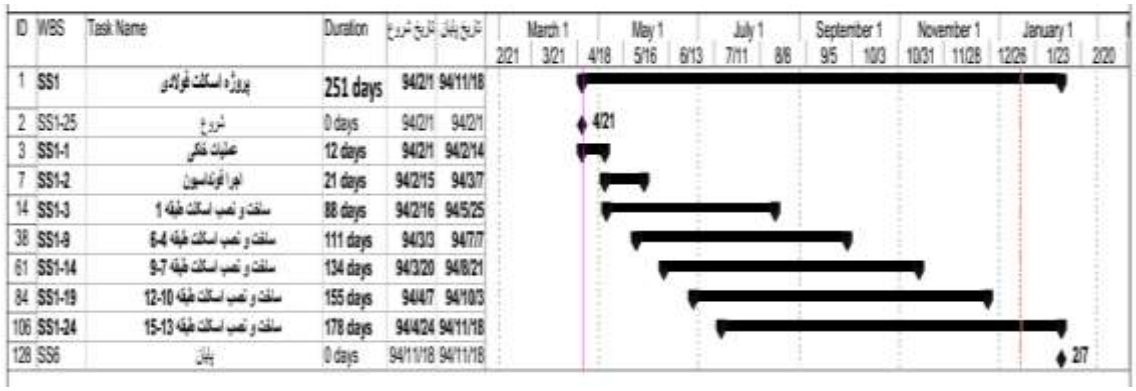
در این گام با استفاده از اطلاعات مدل‌سازی بعد سوم و برآورد قیمت‌های انجام‌شده بر اساس فهرست‌بهای ابنیه سال ۱۳۹۵ مدل‌سازی بعد پنجم اطلاعات ساختمان انجام شد. در این مرحله با تلفیق مدل سه‌بعدی در RevitStructure™ و ایجاد پایگاه داده قیمت در Autodesk QTO™ و تولید لیست پویا از برآورد هزینه‌ی سیستم‌های سازه‌ای و نگاشت نتایج آن به‌صورت خودکار به MSExcel™ تنظیم و تطبیق لیست هزینه موردنظر و برآورد هزینه کلی پروژه برای هر سه سیستم سازه‌ای انجام شد.

با نگاشت برنامه‌ی زمان‌بندی به مدل سه‌بعدی، ایجاد بعد چهارم مدل اطلاعات ساختمان ممکن شد. نتایج زمان‌بندی سیستم سازه‌ای بتن مسلح پیش‌ساخته در شکل (۴) سیستم سازه فولادی با اتصالات درختی در شکل (۵) و سیستم سازه‌ای عایق ماندگار پانلی در شکل (۶) نشان داده شده است.



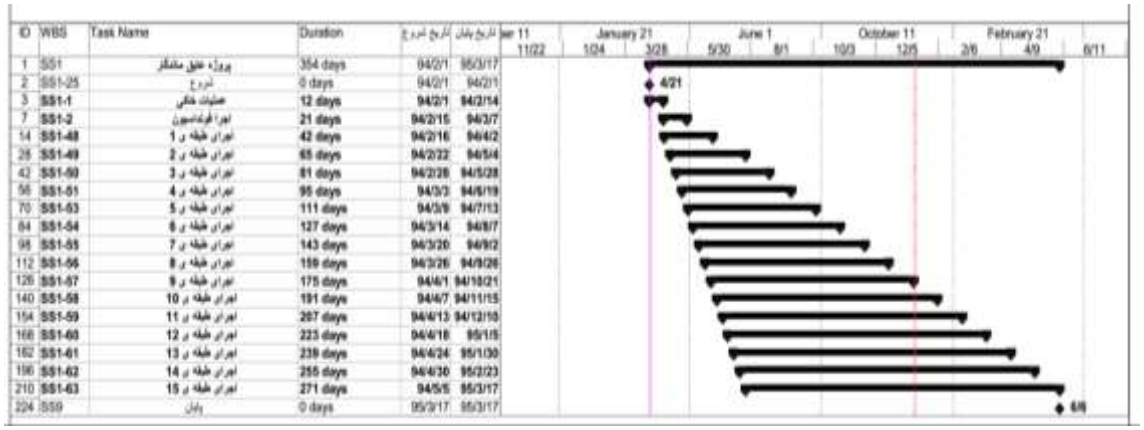
ID	WBS	Task Name	Duration	تاریخ شروع	تاریخ پایان
1	SS1	پروژه اسکلت بتن مسلح پیش ساخته	194 days	94/2/1	94/9/11
2	SS1-25	شروع	0 days	94/2/1	94/2/1
3	SS1-1	عملیات خاکی	12 days	94/2/1	94/2/14
7	SS1-2	اجرا فونداسیون	21 days	94/2/15	94/3/7
14	SS1-3	ساخت و نصب اسکلت طبقه ۱	45 days	94/2/16	94/4/6
26	SS1-30	ساخت و نصب اسکلت طبقه ۲	62 days	94/2/24	94/5/3
38	SS1-31	ساخت و نصب اسکلت طبقه ۳	75 days	94/3/2	94/5/26
50	SS1-32	ساخت و نصب اسکلت طبقه ۴	80 days	94/3/10	94/6/9
62	SS1-33	ساخت و نصب اسکلت طبقه ۵	85 days	94/3/18	94/6/23
74	SS1-34	ساخت و نصب اسکلت طبقه ۶	90 days	94/3/26	94/7/6
86	SS1-35	ساخت و نصب اسکلت طبقه ۷	91 days	94/4/3	94/7/15
98	SS1-36	ساخت و نصب اسکلت طبقه ۸	88 days	94/4/11	94/7/20
110	SS1-37	ساخت و نصب اسکلت طبقه ۹	89 days	94/4/20	94/7/29
122	SS1-38	ساخت و نصب اسکلت طبقه ۱۰	94 days	94/4/28	94/8/13
134	SS1-39	ساخت و نصب اسکلت طبقه ۱۱	87 days	94/5/5	94/8/13
146	SS1-40	ساخت و نصب اسکلت طبقه ۱۲	80 days	94/5/13	94/8/13
158	SS1-41	ساخت و نصب اسکلت طبقه ۱۳	85 days	94/5/21	94/8/27
170	SS1-42	ساخت و نصب اسکلت طبقه ۱۴	90 days	94/5/29	94/9/11
182	SS1-43	ساخت و نصب اسکلت طبقه ۱۵	79 days	94/6/7	94/9/7
194	SS8	پایان	0 days	94/9/7	94/9/7

شکل ۴- بعد چهارم مدل اطلاعات ساختمان برای سیستم سازه‌ای بتن مسلح پیش‌ساخته



ID	WBS	Task Name	Duration	تاریخ شروع	تاریخ پایان
1	SS1	پروژه اسکلت فولادی	251 days	94/2/1	94/11/18
2	SS1-25	شروع	0 days	94/2/1	94/2/1
3	SS1-1	عملیات خاکی	12 days	94/2/1	94/2/14
7	SS1-2	اجرا فونداسیون	21 days	94/2/15	94/3/7
14	SS1-3	ساخت و نصب اسکلت طبقه 1	88 days	94/2/16	94/5/25
38	SS1-9	ساخت و نصب اسکلت طبقه 4-6	111 days	94/3/3	94/7/7
61	SS1-14	ساخت و نصب اسکلت طبقه 7-9	134 days	94/3/20	94/8/21
84	SS1-19	ساخت و نصب اسکلت طبقه 10-12	155 days	94/4/7	94/10/3
106	SS1-24	ساخت و نصب اسکلت طبقه 13-15	178 days	94/4/24	94/11/18
128	SS6	پایان	0 days	94/11/18	94/11/18

شکل ۵- بعد چهارم مدل اطلاعات ساختمان برای سیستم سازه‌ای فولادی با اتصالات درختی



ID	WBS	Task Name	Duration	تاریخ شروع	تاریخ پایان
1	SS1	پروژه عایق ماندگار	354 days	94/2/1	95/3/17
2	SS1-25	شروع	0 days	94/2/1	94/2/1
3	SS1-1	عملیات خاکی	12 days	94/2/1	94/2/14
7	SS1-2	اجرا فونداسیون	21 days	94/2/15	94/3/7
14	SS1-48	اجرای طبقه ی 1	42 days	94/2/16	94/4/2
28	SS1-49	اجرای طبقه ی 2	65 days	94/2/22	94/5/4
42	SS1-50	اجرای طبقه ی 3	81 days	94/2/28	94/5/28
56	SS1-51	اجرای طبقه ی 4	95 days	94/3/3	94/6/19
70	SS1-53	اجرای طبقه ی 5	111 days	94/3/9	94/7/13
84	SS1-54	اجرای طبقه ی 6	127 days	94/3/14	94/8/7
98	SS1-55	اجرای طبقه ی 7	143 days	94/3/20	94/9/2
112	SS1-56	اجرای طبقه ی 8	159 days	94/3/26	94/9/26
126	SS1-57	اجرای طبقه ی 9	175 days	94/4/1	94/10/21
140	SS1-58	اجرای طبقه ی 10	191 days	94/4/7	94/11/15
154	SS1-59	اجرای طبقه ی 11	207 days	94/4/13	94/12/10
168	SS1-60	اجرای طبقه ی 12	223 days	94/4/18	95/1/5
182	SS1-61	اجرای طبقه ی 13	239 days	94/4/24	95/1/30
196	SS1-62	اجرای طبقه ی 14	255 days	94/4/30	95/2/23
210	SS1-63	اجرای طبقه ی 15	271 days	94/5/5	95/3/17
224	SS9	پایان	0 days	95/3/17	95/3/17

شکل ۶- بعد چهارم مدل اطلاعات ساختمان برای سیستم سازه‌ای عایق ماندگار پانلی

۳- نتایج و بحث

بر اساس نتایج بعد چهارم مدل اطلاعات ساختمان که در جدول (۶) ارائه شده است، سیستم سازه‌ای بتن مسلح پیش‌ساخته با اتصالات غلافی کمترین زمان ساخت را بین سیستم‌های صنعتی دیگر دارد. با توجه به خروجی بعد پنجم مدل اطلاعات ساختمان، کلیه‌ی سیستم‌های صنعتی بررسی‌شده در این مقاله در مقیاس هزینه برآورد شده به تفکیک منابع لازم با یکدیگر مقایسه شده‌اند. به‌منظور ایجاد دیدی دقیق‌تر نسبت به هزینه سیستم‌های صنعتی، هزینه ساخت سیستم سازه‌ای قاب خمشی بتنی درجا، به‌عنوان مبنای هزینه پایه (برابر واحد ۱) محاسبه شد و برای برآورد نسبت هزینه سیستم‌های سازه‌ای صنعتی مورد استفاده قرار گرفت. ارقام جدول (۷) نشان‌دهنده نسبت هزینه هر یک از سیستم‌های صنعتی به سیستم بتن‌آرمه درجا است.

جدول ۶- خروجی برآورد زمان‌بندی سیستم‌های سازه‌ای

نام سیستم	نسبت هزینه سازه به سیستم سازه بتنی متداول
سیستم سازه‌ای فولادی	۱,۹۴
سیستم بتن مسلح پیش‌ساخته	۱,۶۰

جدول ۷- نسبت هزینه سیستم‌های صنعتی به سیستم بتن درجا

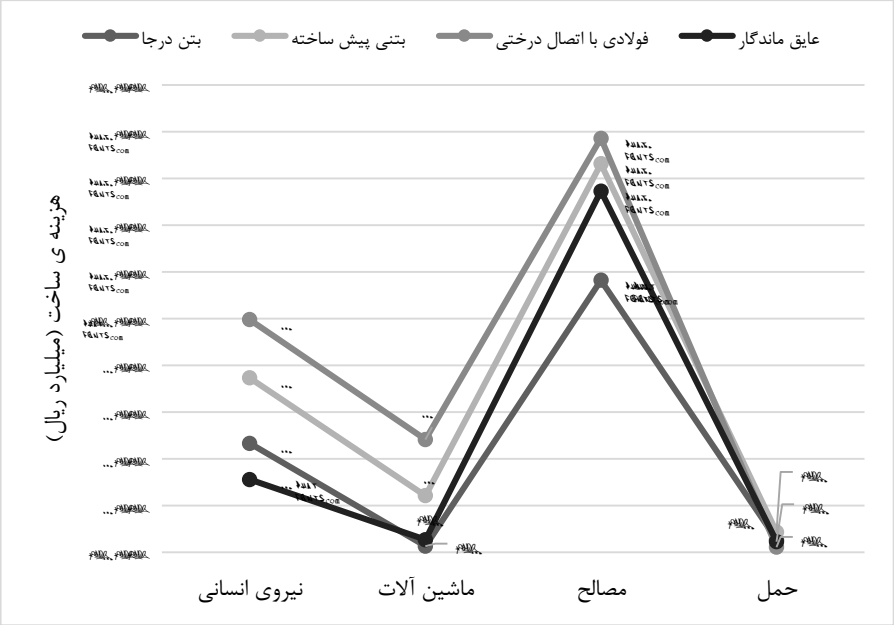
نام سیستم	برآورد زمان کلی ساخت (روز)
سیستم بتن مسلح پیش‌ساخته	۱۹۴
سیستم سازه‌ای فولادی	۲۵۱
سیستم سازه‌ای دیوار عایق ماندگار پانلی	۳۵۴

محاسبات پایه قیمت در بعد پنجم مدل اطلاعات ساختمان به استناد قیمت‌های برآورد شده در فهرست بهای سال ۱۳۹۵ محاسبه شده است. در جدول (۸) و شکل (۷) برآورد هزینه سیستم‌های سازه‌ای به تفکیک هزینه مرتبط با مقدار نیروی انسانی، ماشین‌آلات، مقدار مصالح مصرفی و هزینه حمل ارائه شده است. با توجه به نتایج مندرج در جدول (۸) و شکل (۷) خلاصه نتایج خروجی حاصل‌شده از بعد پنجم مدل اطلاعات ساختمان برای سیستم‌های سازه‌ای منتخب برای سازه‌های متوسط مرتبه تا ارتفاع ۵۰ متر از تراز پایه، اولویت‌بندی شد که بر طبق آن سیستم سازه‌ای عایق ماندگار پانلی کمترین هزینه ساخت را بین سیستم‌های سازه‌ای صنعتی داشت.

جدول ۸- درصد تسهیم هزینه منابع سیستم‌های سازه‌ای

نوع سیستم سازه‌ای	نیروی انسانی	ماشین‌آلات	مصالح	حمل
سیستم بتنی	٪۲۷,۲۶	٪۱,۵۵	٪۶۸,۰۴	٪۳,۱۵
سیستم فولادی	٪۳۰,۴۴	٪۱۴,۷۵	٪۵۴,۱۵	٪۰,۶۶
عایق ماندگار	٪۱۵,۹۳	٪۲,۷۵	٪۷۸,۹۸	٪۲,۳۵

نوع سیستم سازه‌ای	نیروی انسانی	ماشین‌آلات	مصالح	حمل



شکل ۷- مقایسه خروجی هزینه سیستم‌های صنعتی

در جدول (۹) سیستم‌های سازه‌ای از منظر جنبه‌های اثرگذار در دفاع غیرعامل با یکدیگر مقایسه شده‌اند. همان‌طور که قبلاً ذکر شد، محدوده این پژوهش، محدود به طراحی و شبیه‌سازی سازه سیستم‌های صنعتی بوده و هزینه زیرسیستم‌ها مانند دیوارهای غیر باربر در نتایج این مقاله ملحوظ نشده است. به دلیل ماهیت سیستم عایق ماندگار پانلی مبنی بر حفاظت جداری دیوارهای مسلح پیرامونی و اجرای تقریباً ۶۰ تا ۸۰ درصدی دیوارهای خارجی و داخلی در این سیستم، هزینه سیستم‌های بتنی و فولادی در صورت در نظر گرفتن زیرسیستم‌ها مانند دیوارهای غیر باربر نسبت به سیستم عایق ماندگار پانلی از مقادیر مندرج در شکل (۷) نیز بیشتر خواهد شد. بنابراین، با عنایت به مطالب مندرج در جدول (۹) برآورد می‌گردد که سیستم عایق ماندگار پانلی نیازی به اعمال هزینه جداگانه برای مسلح سازی پوسته بیرونی و درونی ساختمان نداشته و ماهیت ذاتی این سیستم از حفاظت جداری و نطفه ضد انفجار بهره‌مند است. علاوه بر آن هزینه ساخت این سیستم در مقایسه با سیستم‌های صنعتی دیگر برای کاهش هزینه تمرکززدایی از تهران با در نظر گرفتن ضوابط پدافندی کمتر است.

جدول ۹- مقایسه قابلیت‌های سیستم‌های سازه‌ای با رویکرد دفاع غیرعامل

قابلیت‌های سیستم سازه‌ای با رویکرد دفاع غیرعامل	سیستم سازه‌ی بتن مسلح پیش‌ساخته با اتصالات غلافی	سیستم سازه‌ای فولادی پیش‌ساخته با اتصالات درختی	سیستم سازه‌ای عایق ماندگار پیش‌ساخته پانلی با رابط‌های فولادی
کمترین هزینه نیروی انسانی			•
کمترین هزینه ماشین‌آلات			•
کمترین هزینه مصالح			•
کمترین هزینه حمل			•
کمترین زمان ساخت سیستم سازه‌ای	•		
مقاومت سیستم سازه‌ای در برابر انفجار	•	•	•
همگون سازیسیستم سازه پیش‌ساخته با سیستم سازه درجا	•	•	•
عدم نیاز به مسلح سازی دیوارهای پیرامونی جدا از سیستم سازه‌ای برای مقابله بانفوذ ترکش‌ها و امواج انفجار			•
حفاظت ذاتی سیستم سازه‌ای در برابر انتشار امواج			•
برخورداری از نطفه‌های ضد انفجار در سازه‌های متوسط مرتبه	•	•	•
درگیری مناسب دیافراگم کف با سیستم سازه‌ای	•	•	•
قابلیت جابجایی دیوارها در دوران بهره‌برداری	•	•	
سهولت طراحی ازنقطه‌نظر معماری درزمینه تأمین پارکینگ	•	•	
قابلیت سیستم جهت طراحی بازشوهای بزرگ و انعطاف‌پذیری طرح معماری	•	•	

۴- نتیجه‌گیری

در جنگ‌های بی‌قاعده و جنگ شهرها احتمال برخورد موشک به هر قسمت از ساختمان وجود دارد. بخش سازه سیستم بتن مسلح پیش‌ساخته و نیز سیستم فولادی با اتصالات درختی در برابر انفجار به‌خوبی مقاوم هستند، ولی قسمت‌های غیر سازه‌ای آن‌ها مانند دیوارهای غیر باربر در برابر امواج انفجار و اصابت ترکش‌ها، به‌مثابه سیستم عایق ماندگار مقاومت لازم را ندارند، مگر آن‌که دیوارهای غیر باربر نیز در این دو سیستم سازه‌ای مسلح شوند. نتیجه این امر علاوه برافزایش وزن ساختمان و بزرگ‌تر شدن مقاطع سیستم‌های سازه‌ای، هزینه‌ی مازادی به پروژه تحمیل می‌نماید. در جنگ‌های بی‌قاعده، بهره‌وری اقتصادی جنگ از روش‌هایی مانند اقتصاد اثرگذار در حوزه تهاجم هوایی برآورد می‌شود و اقتصاد جنگ با کمتر بودن هزینه تهاجم نسبت به سود مدافعان از دید دشمنان توجیه می‌گردد؛ بنابراین، افزایش هزینه جنگ برای دشمنان یکی از راه‌کارهای مؤثر و بازدارنده در جنگ‌افروزی و به خصوص شروع جنگ‌های بی‌قاعده است. در این مقاله سه سیستم منتخب سازه‌ای بتن مسلح پیش‌ساخته با اتصالات غلافی، سیستم سازه‌ای فولادی با اتصالات درختی و سیستم سازه‌ای عایق ماندگار پانلی در ابعاد سوم، چهارم و پنجم مدل اطلاعات ساختمان در پلان الگویی واحد به‌منظور کاهش هزینه‌ی تمرکززدایی از تهران و تأمین اصل پراکنش مراکز حساس و

1-RPC-NMB (Reinforcement Precast Concrete with NMB Connection)
2-SS (Steel Structure with Tree Splice)
3-ICF Panel (Isolated Concrete Form Panel)
4-Emulating

افزایش هزینه‌ی جنگ‌های بی‌قاعده برای دشمنان، شبیه‌سازی و مقایسه شد. بعد سوم مدل اطلاعات ساختمان، با استفاده از طراحی قطعات، ابعاد و اندازه المان‌های سیستم‌های سازه‌ای با محدودیت‌های آیین‌نامه‌های اجرایی شبیه‌سازی شد. بعد چهارم شبیه‌سازی با استفاده از اطلاعات زمانی سیستم‌های سازه‌ای پروژه‌های مشابه در حال اجرا و تخمین زمان ساخت سیستم‌های سازه‌ای در پلان الگو مدل‌سازی شد. با عنایت به خروجی شبیه‌سازی زمان ساخت سیستم‌های سازه‌ای در بعد چهارم مدل، سیستم سازه‌ای بتن مسلح پیش‌ساخته با اتصالات غلافی با مدت‌زمان ۱۹۶ روز برای پلان الگوی ساختمان ۱۵ طبقه، کمترین زمان ساخت را بین سیستم‌های منتخب داشت. برای شبیه‌سازی بعد پنجم مدل، هزینه‌ی المان‌های سازه‌ای بر طبق فهرست‌بهای ابنیه سال ۱۳۹۵ به تفکیک هزینه حمل، ماشین‌آلات، مصالح و نیروی انسانی برآورد شد. در ادامه پایگاه داده هزینه تشکیل شد و از طریق نگاشت پایگاه داده به‌وسیله ابزار واسط به بعد سوم مدلِ تولیدشده در گام پیشین، بعد پنجم مدل اطلاعات ساختمان تولید گردید. با توجه به نتایج این گام، سیستم سازه‌ای عایق ماندگار پانلی با رابط‌های میانی فولادی با نسبت هزینه ۱/۱ برابر سیستم بتنی متداول درجا کمترین هزینه را برای تأمین مقاصد دفاعی غیرعامل در بین سیستم‌های سازه صنعتی داشت. درنهایت با توجه به نتایج گام‌های شبیه‌سازی و لحاظ ضرورت‌های پدافندی، در این مقاله سیستم عایق ماندگار پانلی به‌عنوان اقتصادی‌ترین و کاربردی‌ترین سیستم سازه‌ای برای تمرکززدایی از تهران و افزایش هزینه جنگ برای دشمنان، به طراحان و تصمیم سازان ارجمند پیشنهاد می‌گردد.

۵- منابع

1. A. Jeddi, “Defence learnings resulted from Tehran missile attacks’ documents,” Tehran, Shahid Beheshti University, 2015.
2. “Five years development document,” Education Assistant of Ministry of Science, Editor, Tehran, 2011.
3. A. Jeddi, “Theoretical Framework of Country's Defence Preparation (Capital Change, Majir Plan),” Tehran, Shahid Beheshti University, 1987.
4. S. C. O. Iran, “Population and Housing Census,” Tehran, 2011.
5. TM3-350, “Improvised CBR Protective Shelters,” Washington, Dc: Headquarters Departmant of the Army & Air Force, 1954.
6. Io, “Geography, at the first, in service of War,” Mashhad, Astan-e Qods Razavi Publication, 1988.
7. Hosseini, “Assessing vulnerable factors and considering passive defence in Tehran zone,” The first conference of urban archtecture and passive defence, 2011.
8. Fesharaki, “War phenomenon, a threat against cities’ security,” Culture and Safety, vol. 18, 2011.
9. M. M. Azizi and M. Bornafar, “Assessing Urban Vulnerability Due to Air Attacks: District 1 of Region 11 of Tehran Municipality,” Passive Defence Sci. & Tech., vol. 2, pp. 127-137, 2012.
10. A. Warszawski, “Industrialized and automated building systems, a managerial approach,” Routledge, 2003.
11. N. Kohler, H. König, J. Kreissig, and T. Lützkendorf, “A life cycle approach to buildings: Principles-Calculations-Design tools,” Walter de Gruyter, 2010.
12. Y. Chen, G. E. Okudan, and D. R. Riley, “Decision support for construction method selection in concrete buildings: Prefabrication adoption and optimization,” Automat Constr, vol. 20, no. 6, pp. 665-675.
13. R. Marasini and N. Dawood, “Innovative managerial control system (IMCS): an application in precast concrete building products industry,” ConsONSTR BUILD MATER, 2006. 6(2): p. 97-120.
14. H. Yuan and L. Shen, “Trend of the research on construction and demolition waste management,” Waste Manage, vol. 31, no. 4, pp. 670-679, 2011.
15. L. Jaillon and C. S.Poon, “The evolution of prefabricated residential building systems in Hong Kong: A review of the public and the private sector,” Automat Constr, vol. 18, no. 3, pp. 239-248, 2009.
16. N. R. O. B. Office, “21th Subject,” Tehran, Building and Housing Assistant, vol. 6, 2012.
17. L. Jaillon and C. S. Poon, “Design issues of using prefabrication in Hong Kong building construction,” Construction Management and Economics, 201(10)28, pp. 1025-1042.
18. R. Marasini, N. N. Dawood, and B. Hobbs, “Stockyard layout planning in precast concrete products industry: a case study and proposed framework,” Construction Management & Economics, vol. 19, no. 4, pp. 365-377, 2001.
19. H. Li, H. Guo, M. Skitmore, T. Huang, K. Chan, and G. Chan, “Rethinking prefabricated construction management using the VP- based IKEA model in Hong Kong,” Construction Management and Economics, vol. 29, no. 3, pp. 233-245, 2011.
20. G. Lee, R. Sacks, and C. Eastman, “Product data modeling using Gtppm-A case study,” Automat Contr, 16(3): p. 392-407. 2007.
21. G. Lee, Y. H. Park, and S. Ham, “Extended Process to Product Modeling (xPPM) for integrated and seamless IDM and MVD development,” Advanced Engineering Informatics, vol. 27, no. 4, pp. 636-651, 2013.
22. E. Ergen, B. Akinci, and R. Sacks, “Tracking and locating components in a precast storage yard utilizing radio frequency identification technology and GPS,” Automat Constr, vol. 16, no. 3, pp. 354-367, 2007.
23. S. Y. Yin, H. P Tserng, J. Wang, and S.Tsai, “Developing a precast production management system using RFID technology,” Automat Constr, vol. 18, no. 5, pp. 677-691, 2009.
24. R. Sacks, I. Kaner, C. M. Eastman, and Y.-S. Jeong, “The Rosewood experiment-Building information modeling and interoperability for architectural precast facades,” Automat Constr, vol. 19, no. 4, pp. 419-432, 2010.
25. Y.-S. Jeong, C. Eastman, R. Sacks, and I. Kaner, “Benchmark tests for BIM data exchanges of precast concrete,” Automat Constr, vol. 18, no. 4, pp. 469-484, 2009.
26. N.-H. Pan, T.-C. Chiu, and K.-Y. Chen, “Full-span pre-cast launching method (FPLM) analysis with dynamic simulation-case studies of Taiwan High-Speed Rail (THSR) Project,” Automat Constr, vol. 17, no. 5, pp. 592-607, 2008.

27. A. Baldwin, C.-S. Poon, L.-Y. Shen, S. Austin, and I.Wong, “Designing out waste in high-rise residential buildings: Analysis of precasting methods and traditional construction,” Renew Energ, vol. 34, no. 9, pp. 2067-2073, 2009.

28. L. Jaillon and C.-S. Poon, “Sustainable construction aspects of using prefabrication in dense urban environment: a Hong Kong case study,” Construction Management and Economics, vol. 26, no. 9, pp. 953-966, 2008.

29. O. Pons and G. Wadel, “Environmental impacts of prefabricated school buildings in Catalonia,” Habitat Int, vol. 35, no. 4, pp. 553-563, 2011.

30. B. Lopez-Mesa, A. Pitarch, A. Tomas, and T. Gallego, “Comparison of environmental impacts of building structures with in situ cast floors and with precast concrete floors,” Build Environ, vol. 44, no. 4, pp. 699-712, 2009.

31. Y.-H. Chiang, E. H.-W .Chan, and L. K.-L. Lok, “Prefabrication and barriers to entry-a case study of public housing and institutional buildings in Hong Kong,” Habitat Int, vol. 30, no. 3, pp. 482-499, 2006.

32. W. Nadim and J. S. Goulding, “Offsite production in the UK: the way forward? A UK construction industry perspective,” Construction Innovation, vol. 10, no. 2, pp. 181-202, 2010.

33. L. Aye, T. Ngo, R. Crawford, R. Gammampila, and P. Mendis, “Life cycle greenhouse gas emissions and energy analysis of prefabricated reusable building modules,” Energ Buildings, vol. 47, pp. 159-168, 2012.

Evaluation of Prefabricated Structural Systems for Providing Decentralization Principle from Tehran

M. B. Nobakht*, M. R. Hafezi, S. Davar

Abstract

Regarding the results of the research about missile attacks in 1987, 1988 and security threads in Tehran, dispersion principle and decentralization from capital are of the bases of the defense logistic plan. Decreasing Tehran's dependency to surrounding cities, and renewing and reinforcing residential and service buildings are among main targets in decentralization field from Tehran so that there is defense readiness to confront urban warfare and irregular warfare. Choosing a useful structural system is the most influential part in time and cost rate of construction. In this study, the 15-floor building prototype was modelled with three structural systems, steel Structure with Tree Joist (SS), Reinforcement Precast Concrete structure with NMB connections (RPC) and Isolated Concrete Form panel (ICF) with detailed produced elements in the 3th, 4th and 5th dimensions of building information model. The Exact simulation of all three chosen structural systems were resulted in proposing Isolated Concrete Form (ICF) panel for decreasing the cost of decentralization of Tehran.

Key Words: *Decentralization of Tehran, Prefabricated Systems, Cost and Time Evaluation, Building Information Model, Dispersion*

* Strategic research center (nobakht@csr. ir)- Writer-in-Charge