



برآورد هزینه پروژه های عمرانی با استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) مطالعه موردی: شرکت سرمایه گذاری مسکن زاینده رود

برنا بقایی*^۱، محسن ایزدی نیا^۲، لیلا عادل زاده سعدآبادی^۳

۱- کارشناس ارشد مهندسی عمران، گروه مهندسی عمران، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

۲- دکتری مهندسی عمران، گروه مهندسی عمران، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

۳- دکتری مهندسی عمران، گروه مهندسی عمران، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

چکیده

مدل سازی اطلاعات ساختمان (*BIM*) نمایش دیجیتال از ویژگی های فیزیکی و عملکردی پروژه می باشد که می توان با به اشتراک گذاری میان اعضاء پروژه، به مدلی یکپارچه مبتنی بر استانداردها دست پیدا کرد. این مدل پایه قابل اعتمادی برای تصمیم گیری ها می باشد و علاوه بر قابلیت استخراج اطلاعات از مدل، امکان به روز رسانی و یا اصلاح اطلاعات پروژه در هر زمان برای کاربران وجود دارد. در این پژوهش، ابتدا سه پروژه درد ست اجرا با روش سنتی از شرکت سرمایه گذاری مسکن انتخاب و سپس مدل سازی اطلاعات ساختمان (*BIM*)، به منظور مقایسه این روش با روش سنتی، در زمینه دقت برآورد مصالح در آنها پیاده سازی خواهد شد. مدل های پروژه در نرم افزارهای مربوطه مدل سازی ساخته شده سپس در نرم افزار مدیریتی ادغام و به مدل واحدی تبدیل می شوند. قابلیت های برآورد مصالح و برنامه زمانبندی شبیه ساز در مدل سه بعدی برر سی گردید. در نتیجه، از مقایسه اطلاعات بدست آمده از این روش با میزان مصرف حقیقی پروژه، دقت بالای ۹۹٪ روش مدل سازی اطلاعات ساختمان (*BIM*) در برآورد مصالح بدست آمد.

کلید واژه: مدل سازی اطلاعات ساختمان، ساخت و ساز، متره و برآورد، تداخلات کاری، BIM

* نویسنده اول

Email:borna.baghaci9393@gmail.com



۱ مقدمه

تولیدات صنعت با روش سنتی، بازده کم و اتلاف منابع جدی دارد و مانع توسعه پایدار صنعت ساخت و ساز می‌شود [1]. بهبود کیفیت ساخت و سرعت بخشیدن به اجرای پروژه های عمرانی همراه با کاهش هزینه ها و افزایش سود آوری پروژه همواره موضوع مورد توجه سیستم مدیریت و مدیران ارشد بوده است. عموماً مدیران ارشد و تصمیم گیران نهایی به علت عدم آشنایی با تکنیک های تصمیم گیری و مدل سازی و از سوی دیگر ناهمواری های ادغام معیارهای کمی و کیفی، از مواجهه با پارامترهای کمی خودداری می کنند. یکی از مسائل مهم در مدیریت پروژه های عمرانی، برآورد مصالح مورد نیاز در پروژه می باشد. روش کنونی جهت برآورد مصالح، روشی تقریبی است و تا زمان اجرای کامل پروژه عمرانی نمی توان مقدار دقیق مصالح را اندازه گیری کرد. مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) یک نمایش دیجیتال از ویژگی های فیزیکی و عملکردی پروژه شامل مدل های هندسی سه بعدی و مبتنی بر استانداردها می باشد و امکان همکاری و استفاده از منابع اطلاعاتی مشترک در یک پروژه را به کاربر می دهد [2]. مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) همچنین قادر به ارائه اطلاعات در طیف گسترده ای از عناصر و سیستم های مربوط به ساختمان (به عنوان مثال، ساخت دیوار، خواص مواد، فضاها و مناطق حرارتی، گرمایش، سیستم تهویه مطبوع و ...) می باشد که این اطلاعات برای اهداف تحلیلی ساختمان نیز مورد استفاده قرار می گیرد [2]. طراحی سنتی ساختمان عمدتاً بر اساس نقشه های دو بعدی (پلان، تراز، برش و غیره) متکی بوده است. مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) علاوه بر گسترش ابعاد اولیه به سه بعد (عرض، ارتفاع و عمق)، زمان را به عنوان بعد چهارم و هزینه را به عنوان بعد پنجم معرفی می کند [3] [4]. با استفاده از بعد چهارم و پنجم در پروژه ساخت و ساز، سطح دقت مدیریت به طور موثر بهبود می یابد، اتلاف زمان و هزینه در پروژه کاهش می یابد و کیفیت ساخت تضمین می شود [5]. نمایندگان صنعت ساخت و ساز تصمیمات خود را مبنی بر سرمایه گذاری در مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) بر اساس برآورده شدن انتظارات در عملکرد پروژه های ساختمانی می گیرند. بنابراین، ارزیابی مزایای کمی و کیفی مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) ضروری است. به علت محرمانه بودن اطلاعات مربوط به هزینه اجرای پروژه، تحقیقات درباره نتایج پیاده سازی این تکنولوژی کمیاب است [6]. به همین دلیل، هدف این تحقیق استفاده از ابزار مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) برای دستیابی به برآورد دقیق مصالح می باشد.

۲ سوابق تحقیق

۱-۲ مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM)

مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) نمایش دیجیتال از ویژگی های فیزیکی و عملکردی پروژه می باشد که می توان با به اشتراک گذاری میان اعضاء پروژه، به مدلی یکپارچه مبتنی بر استانداردها دست پیدا کرد. این مدل پایه قابل اعتمادی برای تصمیم گیری ها می باشد و علاوه بر قابلیت استخراج اطلاعات از مدل، امکان به روز رسانی و یا اصلاح اطلاعات پروژه در هر زمان برای کاربران وجود دارد [2]. مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) یک تغییر الگو در صنعت ساختمان است [7]؛ و به طور موثر در زیرساخت ها و مدیریت کل چرخه عمر ساختمان ها، از برنامه ریزی، طراحی، ساخت تا تعمیر و نگهداری نقش دارد [8]. داشتن یک درک جامع در مورد این تکنولوژی، برنامه های کاربردی آن، مزایا و معایب، پیشرفت ها و محدودیت ها به



کارفرمایان، طراحان و دیگران کمک خواهد کرد تا با استفاده از دانش روز به مجموعه ای از برنامه های خودکار و استراتژیک برای مدیریت بهتر دست پیدا کنند [7]. در حال حاضر استفاده اصلی عمدتاً از مدل سه بعدی مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در زمینه های همکاری، هماهنگی، تشخیص تداخلات و توالی کار در رشته های سازه، مکانیک، معماری و تاسیسات برقی و ... می باشد [9]؛ اما ابعاد مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) می تواند از سه بعد فراتر توصیف شود [3] [4]. سرمایه گذاران و ذینفعان پروژه های ساخت و ساز، تصمیمان خود را بر اساس برآورده شدن انتظاراتشان در سوابق عملکرد اتخاذ می کنند و بنابراین، ارزیابی مزایای کمی و کیفی مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) ضروری است [6]. با توجه به محرمانه بودن اطلاعات مربوط به پروژه های ساخت و ساز، مطالعات انجام شده در این زمینه از ارائه اطلاعات خودداری کرده و فقدان ارزیابی کمی مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) مشاهده می شود. در این پژوهش با پیاده سازی مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در پروژه های شرکت سرمایه گذاری مسکن زاینده رود، بعد چهارم و پنجم آن بررسی خواهد شد.

۱-۱-۲ برآورد هزینه

بودجه مورد نیاز برای پروژه های عمرانی، یکی از مهمترین معیارها برای انتخاب نوع زیر ساخت و ساخت می باشد و برآورد هزینه ضعیف منجر به برنامه ریزی اشنباه خواهد شد و موفقیت پروژه را تحت تاثیر قرار می دهد. با توجه به نیاز پروژه های عمرانی به سرمایه گذاری عظیم و همچنین محدود بودن منابع مالی، نیاز به تکنیک های مؤثر در مدیریت منابع و فرآیند برنامه ریزی برای اجرای پروژه می باشد [10]. انجمن پیشرفت مهندسی هزینه (ACE) تخمین هزینه را یک فرایند پیش بینی هزینه (قیمت) منابع و یا فعالیت های مورد نیاز پروژه برای تعیین شرایط سرمایه گذاری در پروژه تعریف می کند [11]. مدیران پروژه نیاز به سیستم برآورد هزینه قابل اطمینان برای محاسبه بودجه و ایجاد برنامه های مدیریت مالی دارند. دقت برآورد هزینه بستگی به عواملی همچون روش برآورد، در دسترس بودن اطلاعات و سطح جزئیات (LOD) تعریف شده برای پروژه دارد [10]. برآورد دقیق هزینه و کنترل موثر آن، عناصر ضروری برای موفقیت پروژه های ساختمانی می باشد و از تاخیر و سردرگمی در تامین بودجه به طور قابل توجهی جلوگیری می کند [12] [13]. بخاری و همکاران [14]، ایراد در برآورد هزینه (فراتر از حد قابل قبول) را ناشی از عواملی همچون اطلاعات ناکافی در ارتباط با پروژه، ارتباط ضعیف بین تیم پروژه و پیچیدگی طراحی می دانند و از میان سه عامل ذکر شده، عدم وجود اطلاعات کافی در ارتباط با پروژه را مهم ترین عامل ذکر میکنند و مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) را به عنوان راه حلی برای دستیابی به برآوردی دقیق ارائه می دهند [14]. مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) با استفاده از فناوری اطلاعات (IT)، توانایی تهیه برآورد دقیق مقادیر و هزینه ها را دارد [15]. برآورد هزینه با استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) دقیق تر از روش های سنتی است و در امکان تجزیه و تحلیل در زمان کوتاه را برای کاربر فراهم می کند [13] [12]. به این صورت که در مرحله اول می تواند به طور دقیق مقادیر مورد نیاز برای برآورد هزینه را محاسبه کند و سپس امکان ایجاد رابطه "فعال" بین طراحی و هزینه های مربوطه را بوجود آورد؛ بنابراین زمانی که طراحی تغییر می کند، برآورد مقادیر جدید، بروز رسانی شده و در نتیجه برآورد هزینه با مقادیر جدید انجام خواهد شد [10]. در نتیجه ارزیابی و مقایسه طرح های مختلف از لحاظ هزینه به راحتی با مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) امکان پذیر می شود [7]. اولین گام تخمین هزینه، مقدار سنجی است. اطلاعات درج شده در قلب یک مدل باعث می شود تا مقدار سنجی بسیار راحت شود. روش های مدل سازی اطلاعات (BIM) به هیچ وجه برآوردهای هزینه های خودکار تولید نمی کنند، اما با به حداقل رساندن فرآیند دستی، دقت فرآیند برآورد را به میزان قابل توجهی افزایش می دهد [16]. فرانسو و همکاران [17]، مدل

^۱ Association for the Advancement of cost engineering



سازی اطلاعات ساختمان (*BIM*) را عامل بسیار مهمی در تغییر روند ساخت و ساز می دانند و معتقدند مزایای گسترده ای را در اختیار کاربر قرار می دهد. آنها در تحقیقی با هدف شناسایی موانع عمده استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان (*BIM*) برای تخمین و برنامه ریزی پروژه، پس از پرسش از ۳۰ شرکت از روش مصاحبه های شخصی و پرسشنامه های الکترونیکی بیان می کنند با وجودی که مدل سازی اطلاعات ساختمان (*BIM*) برای همکاری و هماهنگی در پروژه ها بسیار محبوب است، به دلیل هزینه و زمان لازم برای تکمیل مدل مربوطه، به ندرت برای برآورد هزینه و برنامه ریزی استفاده می شود [17].

با وجود برنامه ریزی و شفاف سازی توالی کار توسط مدل سازی اطلاعات ساختمان (*BIM*)، می توان برآورد هزینه را از طریق برنامه زمانبندی هماهنگ با مدل سه بعدی بدست آورد. تحقیقات آتی باید در زمینه چگونگی استفاده از بعد چهارم و بعد پنجم انجام شود و چگونگی برآورد هزینه با استفاده از این روش بررسی گردد [18]. با توجه به خلاء موجود در اطلاعات مربوط به استفاده از بعد چهارم و بعد پنجم در پروژه های عمرانی، در این تحقیق مدل سازی اطلاعات ساختمان (*BIM*) را به صورت عملی برای یک پروژه خاص اجرا کرده و علاوه بر بررسی موارد مطرح شده در این فصل، به موارد جدیدی از جمله روش محاسبه میزان مصالح مصرفی در هر ماه پرداخته خواهد شد.

۲-۱-۱-۲ سطح جزئیات^۱ (LOD)

سطح جزئیات (*LOD*) مهمترین معیار در مرحله طراحی است که می تواند به طور قابل توجهی بر تحویل پروژه و کیفیت آن تاثیر گذارد. در موسسه معماران آمریکا (*AIA*)، (*LOD*) را سطح دقت مورد نظر برای نمایش هر جزء مدل سه بعدی و زیرساخت پروژه مورد نظر، تعریف می کند و آنرا نمایان گر اهداف و مقیاس برای مدل سازی و ضمیمه اطلاعات در هر مرحله می داند، بنابراین لازم است سطح جزئیات در مرحله طراحی برای مدل سازی مشخص گردد [7]. به عبارتی (*LOD*) را می توان به عنوان یک استاندارد برای ارتباط میان کارفرما، طراح، پیمانکار و... توصیف کرد [7]. کلیه مشخصات LOD 100 الی LOD400 برای تمامی المان های ساختمان در [1] قابل مشاهده می باشد.

۳ روش تحقیق

بر اساس مطالعات پیشین، بهترین راه برای دستیابی به اهداف مدیریت زنجیره تأمین (*SCM*)^۲ در صنعت ساخت و ساز، استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان (*BIM*) می باشد. استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان (*BIM*) علاوه بر افزایش کیفیت ساخت، با توسعه همکاری و تبادل اطلاعات باعث کاهش هزینه و زمان اجرای پروژه های عمرانی می شود. با توجه به محرمانه بودن اطلاعات پروژه های عمرانی، به خصوص در بخش مالی، اکثر محققان از بیان جزئیات پرهیز می کنند و تنها به بیان نتایج می پردازند. در این پژوهش علاوه بر بیان روند کار، صحت اطلاعات حاصل از این روش بررسی خواهد شد. برای این منظور، ابتدا نرم افزار مربوطه برای هر مدل را انتخاب و سپس روند ساخت مدل سه بعدی پارامتریک سازه و معماری بیان خواهد شد. در مرحله بعد مدلها به نرم افزار مدیریتی برای بررسی منتقل خواهند شد.

^۱Level of detail

^۲Supply chain management



۱-۳ نرم افزار

اگر چه *Autocad* دو بعدی و سه بعدی، به عنوان ابزار قدرتمندی برای انتقال اطلاعات در دو دهه گذشته در دسترس بوده است، اما پیشرفت عمده در مدلسازی سه بعدی پارامتریک در سالهای اخیر صورت گرفته است. با اینکه مدل سازی اطلاعات ساختمان (*BIM*) مقوله جدیدی در صنعت ساختمان است، اما تعداد زیادی نرم افزار برای آن تولید شده است [16]. بخش اصلی عملکرد مدل سازی اطلاعات ساختمان (*BIM*) را نرم افزارها تشکیل می دهند [20]، در نتیجه انتخاب نرم افزار به طور مستقیم از مرحله طراحی تا معرفی محصول به مشتری تاثیرگذار خواهد [21]. سنگونتی [22] ارزیابی دقیقی از توانایی های ابزارها و نرم افزارهای مدل سازی اطلاعات ساختمان (*BIM*) که از مراحل مختلف زنجیره تامین پشتیبانی می کند را به دلایل زیر انجام داده است:

(الف) شناسایی روند توسعه صنعت نرم افزارها

(ب) مشخص کردن نقاط قوت و ضعف نرم افزارها

(ج) شناسایی فرصت های آینده

انواع مختلف نرم افزار مدل سازی اطلاعات ساختمان (*BIM*) مانند *Luban*، *Revit*، *Bentley ArchiCAD* و ... وجود دارد. اما ترکیب *Revit + Navisworks* در پروژه های عمرانی محبوب تر از بقیه است. *Revit* وظیفه اصلی مدل سازی و ارزیابی مدل های سازه، معماری، تاسیسات را بر عهده دارد در حالی که *Navisworks* برای ادغام مدل های سه بعدی، شبیه سازی، همکاری و تبادل اطلاعات و تشخیص تعارضات استفاده می شود [20]. با توجه به تخصصی بودن نرم افزار *Tekla structure* در مدل سازی سازه ساختمان، اغلب در پروژه های مهم، مدل سازه با این نرم افزار ساخته می شود.

در مرحله ساخت مدل سازه بتنی مورد نظر دو مسیر وجود دارد:

مسیر اول: تحلیل و طراحی سازه با استفاده از نرم افزار *ETABS* نسخه ۲۰۱۵ به بعد، صادر کردن داده های محاسبه شده به صورت مستقیم به نرم افزار مدل سازی، ساخت مدل سازه (از مدل سازه می توان نقشه های دو بعدی *Autocad* نیز دریافت کرد)

مسیر دوم: تحلیل و طراحی سازه با استفاده از نرم افزار *ETABS* با استفاده از نسخه های قبل از ۲۰۱۵، ترسیم نقشه های *Autocad*، ساخت مدل سازه با استفاده از نرم افزار مدل سازی در این پژوهش، با توجه به اهداف مورد نظر و با توجه به در دسترس بودن نقشه های دو بعدی *Autocad* پروژه مورد نظر، روش دوم برگزیده شده است.

۲-۳ ساخت مدل سازه

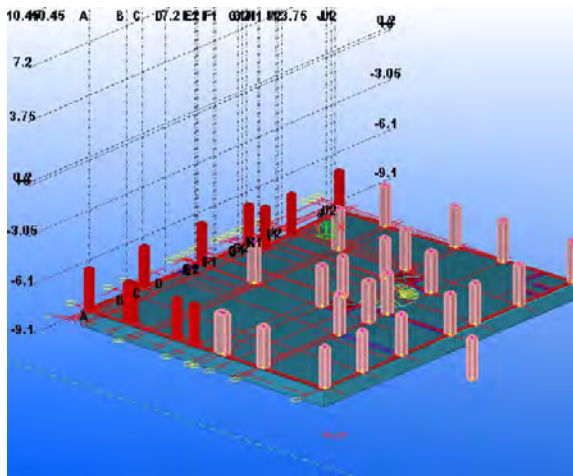
اولین مرحله برای مدل سازی اطلاعات ساختمان (*BIM*)، ساخت مدل سازه می باشد و اولین گام برای ساخت مدل سازه انتخاب نرم افزار مدل سازی می باشد. نرم افزارهای مرتبط با رشته عمران انواع مختلفی دارند، نرم افزار های نقشه کشی مانند *Autocad*، نرم افزارهای طراحی و تحلیل مانند *Etabs* و *Safe*، نرم افزارهای مدل سازی مانند *Tekla Structure* و *Revit Structure* در این پژوهش، از میان نرم افزارهای مدل سازی سازه از نرم افزار *Tekla Structure* به دلایل زیر، برای مدل سازی انتخاب شد:



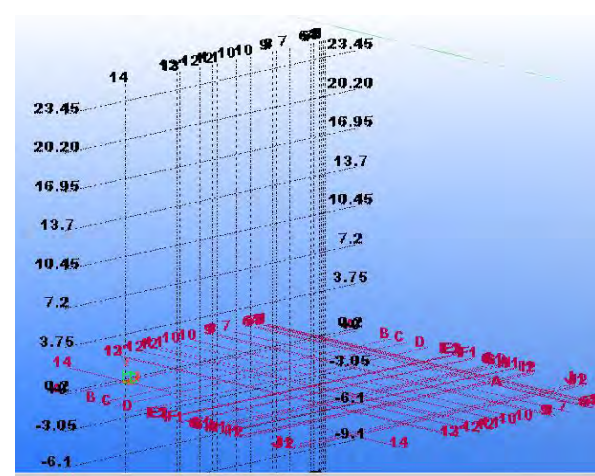
- امکان تعریف مقاطع و پروفیل‌ها
- طراحی و ترسیم اتصالات
- تیپ بندی خودکار و ترسیم پلانهای ستون گذاری و تیر ریزی طبقات با تمام جزئیات
- تهیه لیستوفر کامل پروفیل‌ها و اتصالات و متره
- توانایی تشخیص برخوردها

۱-۲-۳ مدل سازی احجام بتنی

برای مدل سازی احجامی همچون فونداسیون، دیوارهای حایل و برشی، ستون، تیر و دال ابتدا باید تراز های ارتفاعی تعریف گردد. سپس، با استفاده از ابزارهای موجود در نرم افزار، احجام مورد نظر را بر اساس ترازبندی ایجاد نمود، تصویر ۱ و ۲.



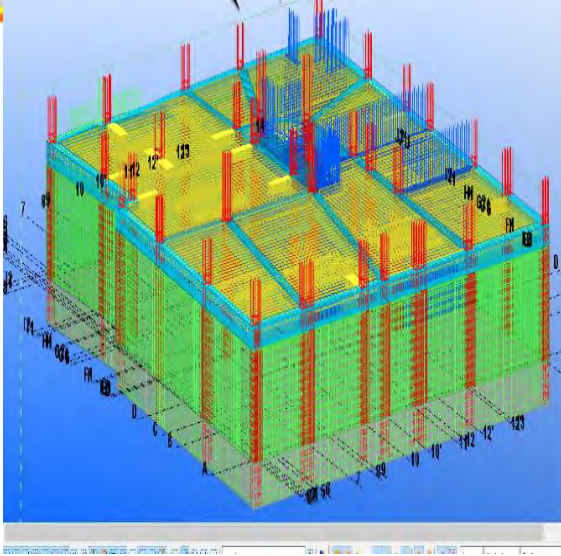
تصویر ۲- ساخت احجام بتن



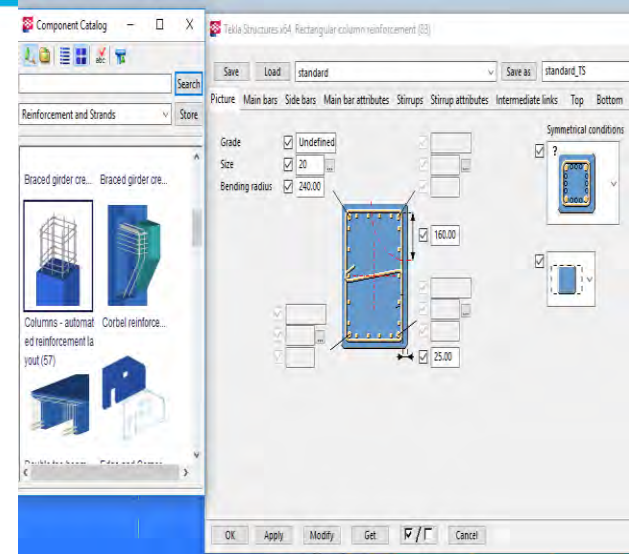
تصویر ۱- تراز بندی و مشخص نمودن محورها

۲-۲-۳ آرماتورگذاری

پس از ساخت احجام بتنی، برای جای گذاری آرماتورها در احجام، ابتدا بر اساس ضوابط، نوع آرماتور را در نرم افزار تعریف می‌کنیم. با توجه به اینکه نرم افزار *Tekla* به صورت پیش فرض، فولاد *ST37* را موجود ندارد، ابتدا باید نوع فولاد را در نرم افزار تعریف گردد؛ سپس با استفاده از مدل های از پیش تعریف شده در نرم افزار و یا استفاده از ابزار آرماتورگذاری به صورت گروهی و تکی مدل سازی خواهد شد، تصویر ۳. با توجه به قابلیت های موجود در نرم‌افزار *Tekla*، تمامی ضوابط آرماتور بندی، از جمله همپوشانی آرماتورها، طول خم، زاویه خم، و... با توجه به سایز آرماتور و کلاس آن، رعایت شده است، تصویر ۴.



تصویر ۴- آرماتورگذاری



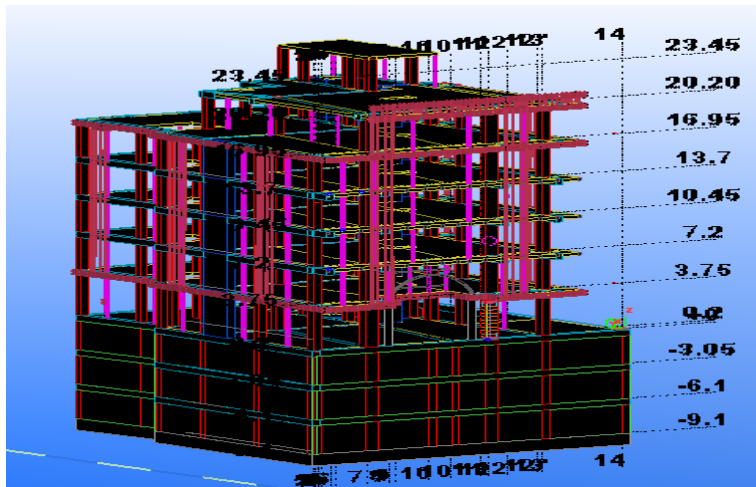
تصویر ۳- مدل های پیش فرض برنامه

۳-۲-۳ صفحه زیر ستون و دیوار نگه دارنده

مطابق ویژگی های مطرح شده در سوابق تحقیق در ارتباط با سطح جزئیات (LOD) و با توجه به دقت مدل سازی در این پژوهش، مدل سازی با LOD400 مورد نظر می باشد و در این سطح از جزئیات، مدل سازی صفحه های زیر ستون و دیوارهای نگه دارنده نیز ضروری است. در نتیجه همانند روش فوق الذکر، ابتدا فولاد مورد نظر را تعریف کرده و سپس با انتخاب پروفیل مورد نظر، دیوار نگه دارنده و صفحه زیر ستون را در مکان مورد نظر جایگذاری می نماییم.

۴-۲-۳ سازه نما

انتخاب نوع فولاد، پروفیل و نحوه جای گذاری آن همانند مدل سازی دیوار نگه دارنده می باشد. پس از تکمیل مراحل فوق با توجه به نقشه های موجود، مدل سازه مطابق تصویر زیر تکمیل گردید، تصویر ۵.



تصویر ۵- مدل سازه



۳-۳ انتقال مدل ها به نرم افزار شبیه سازی

پس از ساخت مدل های مورد نظر در نرم افزارهای مربوطه، برای دستیابی به اهداف مورد نظر به نرم افزار مدیریتی که قابلیت ادغام مدل ها را دارا باشد، نیاز می باشد. با توجه به مطالعات انجام شده در [23] [16]، نرم افزار *Navisworks* به دلایل زیر، انتخاب شد:

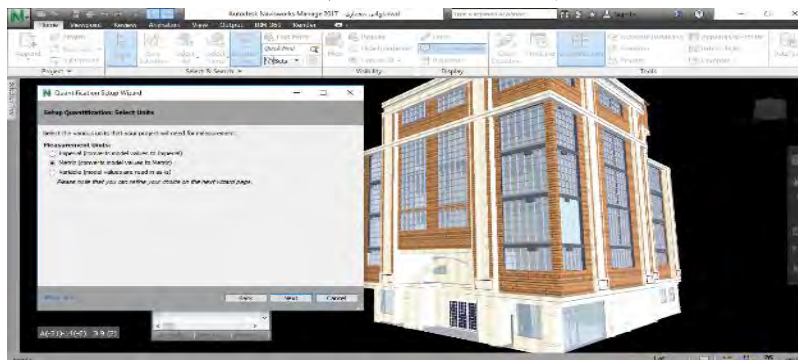
- پشتیبانی بهتر از مدل ها و امکان وارد کردن مستقیم مدل ها از نرم افزار طراحی به نرم افزار مدیریت
 - کنترل و انعطاف، برای ساخت شبیه ساز ۵ بعدی
 - تشخیص خودکار تعارضات و اطلاع به مسئول مربوطه برای رفع مشکلات و تعارضات پروژه
- در نتیجه، مدل های ساخته شده با فرمت *IFC* به نرم افزار *Navisworks* منتقل خواهد شد. در قسمت بعد، دستیابی به اهداف مورد نظر با توجه به مدل های ساخته شده و امکانات مدل سازی اطلاعات ساختمان (*BIM*) مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۴ نتایج و بحث

پس از انجام مدل سازی و انتقال آن به نرم افزار مدیریت، برای رسیدن به اهداف مورد نظر، قابلیت های زیر بررسی خواهد شد:

۱-۴ متره و برآورد

مدل سازی اطلاعات ساختمان (*BIM*) با استفاده از فناوری اطلاعات (*IT*)، توانایی تهیه برآورد دقیق مقادیر و هزینه ها را دارد و این قابلیت به عنوان بعد پنجم مدل سازی اطلاعات ساختمان (*BIM*) شناسایی می شود [15]. برآورد هزینه با استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان (*BIM*) دقیق تر از روش های سنتی است و امکان تجزیه و تحلیل در زمان کوتاه را برای کاربر فراهم می کند [13] [12]. اولین گام تخمین هزینه، مقدار سنجی است. اطلاعات درج شده در قلب یک مدل باعث می شود تا مقدار سنجی بسیار راحت شود [16]. بررسی مقدار مصالح مورد نیاز برای پروژه، هم در نرم افزار مدیریت و هم از نرم افزار اصلی که مدل در آن ساخته شده است، امکان پذیر است. با توجه به انتخاب نرم افزار *Navisworks* برای شبیه سازی و برآورد در این پژوهش، آیتم های بتن و آرماتور مورد نیاز برای پروژه، توسط این نرم افزار برآورد و خروجی *Excel* گرفته شد تصویر ۶ و ۷ و ۸. مطابق روش فوق الذکر، برآورد بتن و آرماتورهای پروژه های دیگر نیز انجام خواهد شد.



تصویر ۶- متره و برآورد



پنجمین کنفرانس ملی دستاوردهای افیر در مهندسی عمران و معماری و شهرسازی

TS-Material_list(EXCEL) - Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H
216	3000*400	C25/30	3	4895.3	35.68	107.03	14093.72	42281.17
217	3000*400	C25/30	3	4949.7	36.05	108.14	14250.36	42751.09
218	3000*400	C25/30	3	5370.89	38.86	116.59	15443.55	46330.65
219	Total	9		45647		331.76		131362.90
221	3250*500	C25/30	5	2305.3	20.54	102.70	8990.69	44953.43
222	3250*500	C25/30	4	3372.68	28.55	114.18	13153.45	52613.80
223	3250*500	C25/30	2	3401.05	28.76	57.52	13264.11	26528.21
224	3250*500	C25/30	4	5366.45	43.50	173.99	20929.15	83716.59
225	3250*500	C25/30	2	5388.64	43.66	87.33	21015.71	42031.42
226	Total	17		64062		535.72		249843.46
228	3600*160	C25/30	11	0	0.00	0.00	0.00	0.00
229	Total	11		0		0.00		0.00
231	4000*400	C25/30	1	3295.53	32.20	32.20	12654.82	12654.82
232	4000*400	C25/30	1	5389.35	50.49	50.49	20635.63	20635.63
233	Total	2		8684		82.69		33290.45
235	4000*500	C25/30	1	2305.3	24.75	24.75	11065.46	11065.46
236	Total	1		2305		24.75		11065.46
238	Total					15905.92		2364526.00

تصویر ۷- فایل اکسل خروجی برآورد بتن پروژه اول

Rebar Quantity Takeoff - Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
98	419	beam	16	Undefined	27	5160	2942			
99	24	beam	16	Undefined	Unkno	14430	547			
100	1829	REBAR	18	Undefined	1	4050	15431			
101	1372	REBAR	20	Undefined	1	4050	15405			
102	137	REBAR	20	Undefined	2_1	5150	1743			
103	1087	divar bore	22	Undefined	1	6000	17590			
104	78	REBAR	22	Undefined	2_1	5140	1200			
105	200	divar bore	22	Undefined	2_2	3330	1990			
106	1706	divar bore	22	Undefined	27	2520	12675			
107	286	REBAR	25	Undefined	1	4000	4579			
108	32	REBAR	25	Undefined	2_2	5620	694			
109					Total	Weight	236164			

تصویر ۸- فایل اکسل خروجی برآورد آرماتور پروژه اول

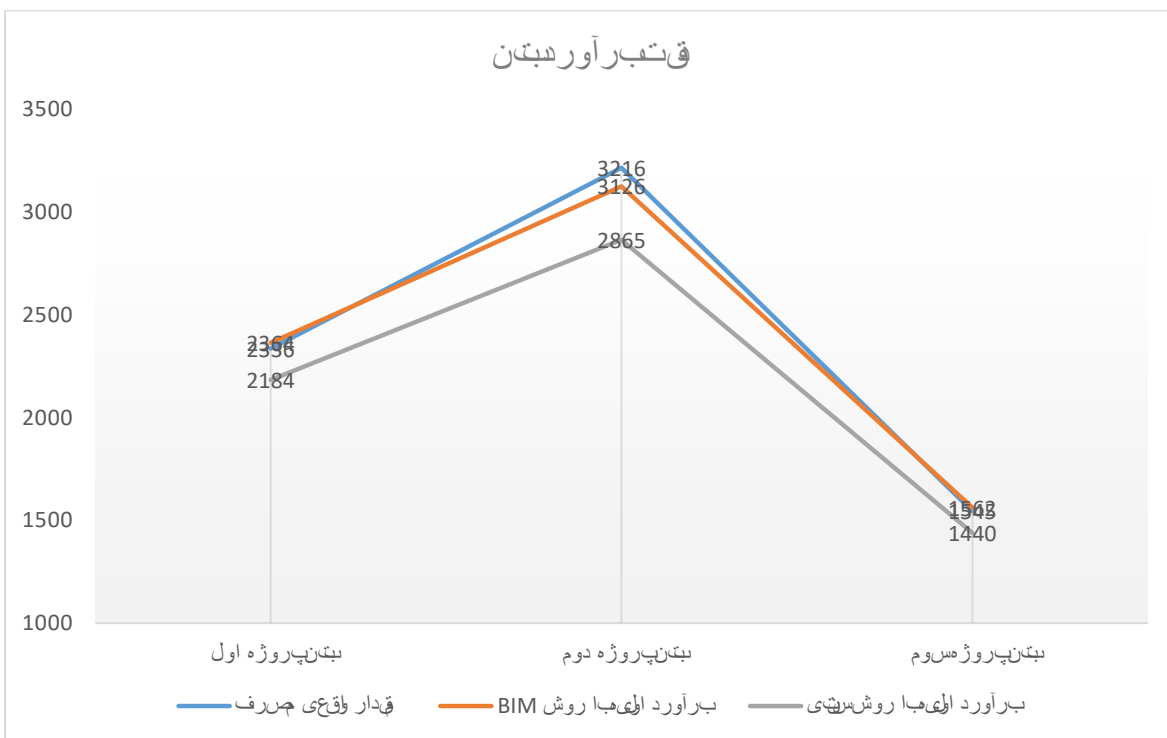


۲-۴ صحت گزارشات

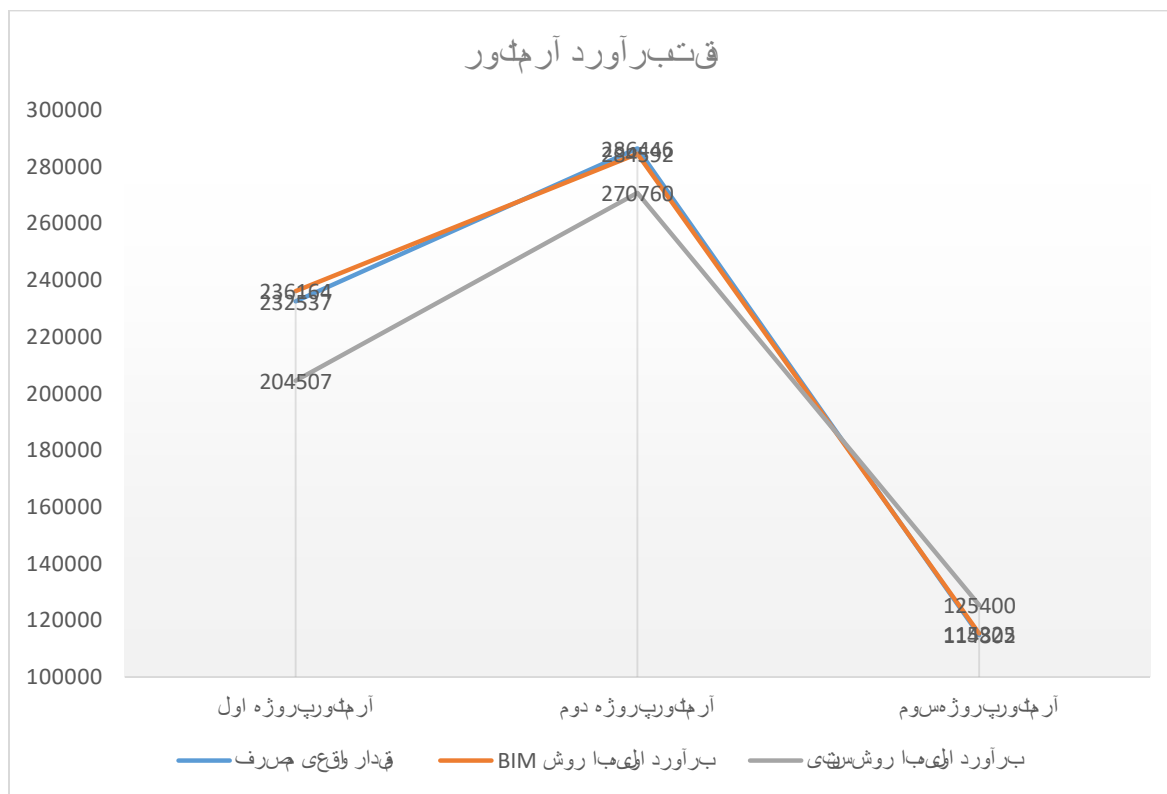
استفاده از نرم افزارها، باعث سهولت در انجام کارها و سرعت بخشیدن به روند انجام آنها می شود و کاربر را یاری می کند تا با صرف زمان کمتر، راندمان بیشتری داشته باشد، اما این امکان به همان اندازه که مفید و کارآمد است می تواند خطرناک و نا کارآمد باشد. مدل سازی اطلاعات ساختمان (*BIM*) مجموعه ای از نرم افزارها با قابلیت های متفاوت می باشد و استفاده از آنها باعث سهولت در انجام کار می شود، و همیشه احتمال خطا در نرم افزارها وجود دارد. به همین دلیل بهتر است صحت اطلاعات گرفته شده از مدل سازی اطلاعات ساختمان (*BIM*) بررسی گردد. در این پژوهش، پروژه ای در حال ساخت از شرکت سرمایه گذاری مسکن انتخاب شد که علاوه بر امکان بررسی مواردی همچون تعارضات، برنامه زمانبندی و...، امکان مقایسه اطلاعات بدست آمده از روش مدل سازی اطلاعات ساختمان (*BIM*) با روش سنتی وجود داشته باشد. مقدار بتن و آرماتور مورد نیاز برای ساخت پروژه با استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان (*BIM*) به دست آمده است، برای اطمینان از صحت اطلاعات بدست آمده، مقدار بتن و آرماتور مصرف شده در پروژه های در دست اجرا از شرکت سرمایه گذاری مسکن بررسی و با مقدار بدست آمده از روش مدل سازی اطلاعات ساختمان (*BIM*) مقایسه خواهد شد، جدول ۱، شکل ۱ و ۲.

جدول ۱ - مقدار واقعی بتن و آرماتور مورد نیاز برای پروژه

پروژه	آیتم	روش <i>BIM</i>	روش سنتی	مقدار واقعی مصرف	خطای روش <i>BIM</i>	خطای روش سنتی
پروژه اول	پروژه بتن (متر مکعب)	۱۵۲	۲۸	۲۳۳۶	۲۱۸۴	۲۳۶۴
پروژه اول	آرماتور پروژه (کیلوگرم)	۲۸۰۳۰	۳۶۲۷	۲۳۲۵۳۷	۲۰۴۵۰۷	۲۳۶۱۶۴
پروژه دوم	پروژه بتن (متر مکعب)	۳۵۱	۹۰	۳۲۱۶	۲۸۶۵	۳۱۲۶
پروژه دوم	آرماتور پروژه (کیلوگرم)	۱۵۶۸۶	۱۸۵۴	۲۸۶۴۴۶	۲۷۰۷۶۰	۲۸۴۵۹۲
پروژه سوم	پروژه بتن (متر مکعب)	۱۰۵	۱۷	۱۵۴۵	۱۴۴۰	۱۵۶۲
پروژه سوم	آرماتور پروژه (کیلوگرم)	۱۰۵۹۸	۵۲۳	۱۱۴۸۰۲	۱۲۵۴۰۰	۱۱۵۳۲۵



شکل ۱ - مقایسه دقت برآورد بتن توسط روش مدل سازی اطلاعات ساختمان BIM و روش سنتی



شکل ۲ - مقایسه دقت برآورد آرماتور توسط روش مدل سازی اطلاعات ساختمان BIM و روش سنتی



۵ نتیجه گیری

مدل سازی اطلاعات ساختمان (*BIM*) خطای روش سنتی را برطرف کرده و با استفاده از قابلیت‌های نرم افزار ها، برآورد دقیقی از زمان و هزینه اجرای پروژه به کاربر می دهد. پروژه های انتخاب شده برای مدل سازی در این پژوهش، در زمان گزینش، در مرحله پایان سفت کاری و شروع نازک کاری بوده است. علت اصلی انتخاب پروژه های مذکور، مرحله ساخت آنها می باشد. پس از بررسی نتایج بدست آمده، دقت برآورد مصالح با مدل سازی اطلاعات ساختمان (*BIM*) بالای ۹۹٪ می باشد (شکل ۱ و ۲). موارد فوق نقش بسزایی بر اهداف اصلی مدیریت زنجیره تأمین (*SCM*) از جمله افزایش کیفیت، کاهش زمان و کاهش هزینه پروژه دارد. همچنین مدل سازی اطلاعات ساختمان (*BIM*) با محاسبه دقیق مقدار مواد اولیه مورد نیاز در هر ماه، هزینه های اضافی انبار داری را کاهش داده و از ابتدای پروژه مسئول را در رابطه با نحوه سفارش مواد اولیه کمک می کند.

۶ منابع مورد استفاده

- [1] L. Of, "Level of development specification," pp. 0–124, 2013.
- [2] J. Sweeney, "An Integrated Conceptual Design Process for Energy, Thermal Comfort, and Daylighting," 2008.
- [3] L. Ustinovi, R. Rasiulis, L. Nazarko, and T. Vilutien, "Innovative research projects in the field of Building Lifecycle Management," vol. 122, no. Orsdce, pp. 166–171, 2015.
- [4] A. Pr, "Information Management by a Budget constrained Principal," pp. 106–112.
- [5] J. Xu, "Research on Application of BIM 5D Technology in Central Grand Project," *Procedia Eng.*, vol. 174, pp. 600–610, 2017.
- [6] F. Services, "The Impact of BIM / VDC on ROI Developing a Financial Model for Savings and ROI Calculation of Construction Projects Master of Science thesis," no. 177, 2012.
- [7] A. Costin, A. Adibfar, H. Hu, and S. S. Chen, "Automation in Construction Building Information Modeling (BIM) for transportation infrastructure – Literature review , applications , challenges , and recommendations," *Autom. Constr.*, vol. 94, no. June, pp. 257–281, 2018.
- [8] S. S. Chen and A. M. Shirolé, "Integration of Information and Automation Technologies in Bridge Engineering and Management Extending the State of the Art."
- [9] L. Review, "Advantages and Challenges of Using BIM : a Cost Consultant ' s Perspective," 2016.
- [10] Z. Puko, J. Zak, H. Macadam, X. Ni, J. Sun, and B. Wang, "Utilization of BIM for automation of quantity takeoffs and cost estimation in transport infrastructure construction projects in the Czech Republic Utilization of BIM for automation of quantity takeoffs and cost estimation in transport infrastructure const," 2017.
- [11] F. Ir, "SUP PO."
- [12] H. Li, N. K. Y. Chan, T. Huang, M. Skitmore, and J. Yang, "Virtual prototyping for planning bridge construction," no. November, 2012.
- [13] M. Marzouk and M. Hisham, "Applications of Building Information Modeling in Cost Estimation of Infrastructure Bridges," vol. 1, no. June, pp. 2–5, 2012.
- [14] R. Bukhary, R. Taihairan, and Z. Ismail, "BIM : Integrating Cost Estimates at Initial / Design Stage," vol. 6, no. 1, 2015.
- [15] N. Fraggakis, S. Lambropoulos, and G. Tsiambaos, "Parametric Model for Conceptual Cost Estimation of Concrete Bridge Foundations," vol. 17, no. 2, pp. 66–74, 2011.
- [16] Revit, "BIM and Cost Estimating," *Autodesk*, p. 8, 2006.
- [17] J. Franco, F. Mahdi, and H. Abaza, "Using Building Information Modeling (BIM) for Estimating and Scheduling , Adoption Barriers," vol. 3, no. 9, pp. 376–384, 2015.
- [18] C. Nordahl and C. Merschbrock, "Acceptance of construction scheduling visualizations : bar-charts , flowline-charts , or perhaps BIM ?," *Procedia Eng.*, vol. 164, no. 1877, pp. 558–566, 2016.
- [19] "Integrated Project Delivery : A Guide," 2007.
- [20] J. Xu, "Research on Application of BIM 5D Technology in Central Grand Project," *Procedia Eng.*, vol. 174, pp. 600–610, 2017.
- [21] M. Johansson, M. Roupé, and P. Bosch-sijtsema, "Automation in Construction Real-time visualization of building information models (BIM)," *Autom. Constr.*, vol. 54, pp. 69–82, 2015.



[22]

P. Sanguinetti, S. Abdelmohsen, J. Lee, J. Lee, H. Sheward, and C. Eastman, "Advanced Engineering Informatics General system architecture for BIM : An integrated approach for design and analysis," *Adv. Eng. Informatics*, vol. 26, no. 2, pp. 317–333, 2012.

[23]

S. Aram, C. Eastman, and R. Sacks, "Automation in Construction Requirements for BIM platforms in the concrete reinforcement supply chain," *Autom. Constr.*, vol. 35, pp. 1–17, 2013.