

بررسی کنترل پروژه در روش مدل سازی سازی اطلاعات ساختمان (BIM) با استفاده از شناخت عملکرد نرم افزارهای مربوطه

سید محمد فرنام^۱، مریم دوگر^۲

^۱ استادیار، گروه مهندسی عمران و معماری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه رجا، قزوین، ایران.

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد معماری دانشگاه آموزش عالی رجا، قزوین، ایران.

نام نویسنده مسئول:

مریم دوگر

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۰۶

چکیده

مدلسازی اطلاعات ساختمان BIM روشی نوین در کل اجزای پروژه از مرحله طراحی تا مرحله ساخت و مدیریت پروژه و حتی بهره برداری را ارائه می دهد مدل سه بعدی هوشمند و دیجتالی توسط مدل سازی اطلاعات ساختمان BIM از ساختمان ارائه می شود که می تواند سبب بهینه سازی در زمان و هزینه ها و ایجاد یکپارچگی در بخش های مختلف و ساخت فضای کارآمد برای تعاملات اعضای گروه با هم باشد و همین امر سبب می شود کنترل پروژه و مدیریت پروژه با سرعت بیشتر و خطای کم تر انجام شود. در این مقاله ابتدا به تعاریف و مفاهیم BIM پرداخته شده و کاربرد مدل سازی اطلاعات ساختمان BIM و مزایای استفاده از آن که سبب هماهنگی، بهبود و افزایش دقت و مدیریت موثر و در نهایت رضایت مشتری می شود و سپس مراحل مدل سازی ساختمان با روش BIM که شامل مراحل پیش از ساخت و در حال ساخت و پس از ساخت را بررسی می کند و با شناخت ابعاد BIM از بعد سوم 3D که شامل مدلسازی و انیمیشن، 4D زمانبندی پروژه، 5D تخمین هزینه ها 6D بررسی پایداری و انرژی ساختمان 7D تعمیر و نگهداری به بررسی اهداف به کارگیری مدل سازی اطلاعات ساختمان به روش BIM پرداخته و نرم افزارهای BIM را ده دسته کلی دسته بندی می کند و از این نرم افزارها مهم ترین و پرکاربردترین آن ها را تعریف نموده و مزایا و معایب آن را بیان می کند و در انتها در دو جدول به مقایسه و ارزیابی نرم افزارها پرداخته در جدول اول مقایسه این نرم افزارها در زمینه کارایی و دسترسی در سطوح مختلف و اتصال از طریق کامپیوتر و تبلت یعنی عملکرد آن ها در سطوح مختلف پروژه و در جدول دوم به مقایسه و طبقه بندی در حوزه ی کاری، کاربرانی که استفاده می کنند و خروجی و پیوند آن ها با نرم افزارهای دیگر پرداخته و نتایج حاصل از این مقاله نشان می دهد که به کارگیری مدل سازی اطلاعات ساختمان BIM و استفاده از نرم افزارهای مربوط به آن تحولی بزرگ را در زمان بندی و مدیریت کنترل پروژه در صنعت ساخت و ساز ایجاد می کند. که به کارگیری مدل سازی اطلاعات ساختمان امری ضروری و آموزش آن به مهندسان در این زمینه در مقاطع لیسانس یا کارشناسی ارشد سبب رشد سریعتر آن می شود.

واژگان کلیدی: کنترل پروژه، مدل سازی ساختمان، BIM، نرم افزارهای BIM.

مقدمه

با رشد فناوری، روند بهبود و تغییر صنایع بهتر شده و فرآیند سنتی ساخت ساز که با استفاده از نقشه های معماران یا طراحان جای خود را به روش های نوین در طراحی و مدل سازی داده از این رو استفاده از مدلسازی اطلاعات ساختمان در صنعت ساخت و ساز افزایش چشمگیری در سال های اخیر داشته (BIM) زیرا تنها یک مدل سه بعدی از پروژه نیست بلکه مدلی هوشمند مجازی که به صورت دیجیتالی ساخته شده که شامل تمامی ابعاد و جنبه های ساختمان است در حین فرآیند ساخت و ساز، عوامل مختلفی نظیر مهندس معماری، مهندس برق و مهندس تاسیسات در گیر می شوند. مدیریت بخش های مختلف از طریق برنامه ریزی و زمان بندی مناسب امری است که می تواند جهت بهینه نمودن هزینه و زمان پروژه ها به کار آید که این موضوع توسط نرم افزارهای کنترل پروژه انجام می گردد که می تواند به طور قابل توجهی موجب مدیریت هزینه ها و زمان پروژه گردد. BIM روشی مهندسی است برای تحلیل داده های مرتبط با ساختمان که سبب بهینه سازی در زمان، هزینه ها، دقت در طراحی و کاهش ریسک سرمایه گزار می شود زیرا تمامی نرم افزارهای BIM رویکرد یکسانی را دنبال می کنند و آن ایجاد یکپارچگی بیشتر بخش های مختلف با یکدیگر و ساخت فضای کارآمد برای تعاملات گروه های مختلف درگیر پروژه با یکدیگر بوده، با توجه به این که پروژه ها روز به روز پیچیده تر از قبل می شوند مدیریت آن ها نیز سخت تر می شود همین امر سبب درگیری بیشتر افراد و گروه های مختلف درگیر پروژه شده، نرم افزار های (BIM) فرآیند ساده سازی روابط بین معماران، مهندسين، پیمانکاران، سرمایه گذاران، و مهندسين ديگر بخش های ساختمان به صورت متقابل و آنلاین تسهیل نماید تا نه تنها ساده سازی بلکه تمامی این افراد از آخرین تصمیمات مدیریتی و کنترل پروژه نیز با خبر باشند و در همین زمان که گروه های مختلف در حال اعمال نظر هستند نرم افزارها تمامی اعمال نظرات و بازبینی ها را ثبت کرده و به صورت خودکار مستند سازی می کند در این صورت طراحان در داخل دفتر خود و مجریان هم در بخش اجرا هم در سایت پروژه متوجه تغییرات شده، مزایای فناوری BIM از مرحله طراحی مفهومی آغاز شده و کل چرخه حیات پروژه را تحت پوشش قرار می دهد با توجه به سیستم های امنیتی تعبیر شده امکان ایجاد دسترسی های مختلف برای کاربران فراهم می آورد. که این اطلاعات در بخش های مختلف صنعت ساخت و ساز از جمله برنامه ریزی پروژه و آنالیزهای مختلف استخراج مقادیر طراحی و یکپارچه سازی ساخت و ساز و بهینه سازی ارزیابی ریسک و تخمین هزینه، مدیریت ریسک، مدیریت پروژه و مدیریت ساخت کاربرد موثری دارد و به طور موفقیت آمیزی بسیاری از مشکلات AEC نظیر ارتباطات ضعیف، دوباره کاری های مکرر و تجسم نادرست اطلاعات را مورد توجه قرار داده است و می توان گفت اگر مدلسازی اطلاعات ساختمان به شکل موثری استفاده شود، منجر به کیفیت بالای ساختمان ها و کاهش هزینه ی پروژه ها می گردد در این مقاله با روش توصیفی - تحلیلی و خواندن کتاب ها و مقالات، سعی بر بررسی اهمیت و ساز کار دانش کامپیوتر به روش مدلسازی BIM با نرم افزارهای مربوطه در جهت کنترل و مدیریت پروژه های ساختمانی و بررسی با بررسی مزایا مدلسازی به روش BIM و اهمیت تدریس آن در مقاطع لیسانس و ارشد معماری و عمران را بیان کنیم.

پیشینه تحقیق

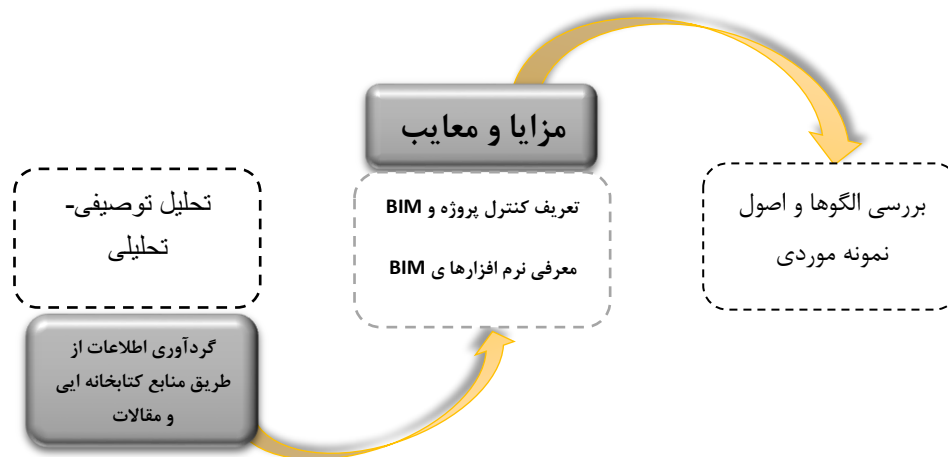
در مقاله ی تحت عنوان "مدیریت برنامه ریزی و کنترل پروژه در پروژه های معماری - عمرانی" با نگاهی بر چرخه ی حیات در مرحله ی مدیریت، کنترل و برنامه ریزی پروژه با تاکید بر ۳ عامل (زمان، هزینه، کیفیت) در هر پروژه احتیاج به برنامه ریزی در بودجه پروژه و منابع پروژه که با استفاده از برنامه زمانی cpm از آغاز پروژه تا رسیدن به نتیجه به منظور حفظ مسیر پروژه در راستای تعادل اقتصادی میان ۳ عامل زمان، هزینه، کیفیت و اهدافی چون شفاف سازی مسیر حرکت و ایجاد اطمینان از دستیابی به هدف و ایجاد اطمینان به شناسایی موانع دستیابی به اهداف می پردازد. (مصلحی و همکاران، ۱۳۹۷) در پژوهشی تحت عنوان "شناسایی کارکردهای بکارگیری BIM در طراحی داخلی پروژه های ساختمانی" پرسشنامه ایی را طراحی کرده اند که شامل دوبخش که بخش اول کاستی های نرم افزار و بخش دوم مهم ترین پارامترهای BIM مورد بررسی قرار گرفت که بر این اساس می توان اینگونه استنباط کرد که برای پاسخ به نیازمندی های امروز BIM یکی از روش های طراحی یکپارچه پروژه و تحویل آن می باشد که نیازمند یادگیری، کاربرد و اطلاع از نرم افزارهای جدید در جهت ارتقا کیفی طراحی داخلی است. به طور کلی BIM با توجه به توانایی برنامه ریزی طرح، سرعت و سهولت ایجاد یک طرح قابل تجسم، کنترل تمامی اجزای موجود

در طرح، اجرای عناصر موردنیاز طرح، مانند نورپردازی، نیازهای تاسیساتی و الکترونیکی، اطلاع از تداخلات طراحی و استفاده از مدلی شیء گرا (استفاده از فرم، فضا و رنگ)، با صرف کمترین زمان و اطلاع از جزئی ترین موارد موجود در طرح با اطمینان از صحت آن روند طراحی داخلی را به ویژه در پروژه های بزرگ تغییر می دهد. (فرجی و همکاران، ۱۳۹۶) سمیه قربانی در مقاله خود اجرای تکنیک ها و ابزارهای مدیریت به ویژه با افزایش مقیاس پروژه ها در مهندسی ساخت و ساز (AEC) امری بسیار ضروری می داند و شرح فازهای انجام پروژه با رویکرد BIM که عبارتند از برنامه ریزی طراحی و اجرا بهره برداری و نگهداری می پردازد. از جمله مزایای مدلسازی به روش BIM نسبت به بقیه روش ها تغییرات و ویرایش در مدل سه بعدی بسیار آسان و به صورت خودکار بوده و کاهش ۸۰ درصدی صرف شده برای برآورد کاهش ۷ درصد زمان پروژه افزایش قیمت و به معرفی نرم افزارهای BIM در بخش معماری سازه و مدیریت توسعه پایدار می پردازد و نرم افزار revit را جزو مشهورترین نرم افزار در حوزه ی BIM معرفی می کند زیرا خروجی های مختلف و کاربردی در حوزه های مختلف ساختمان مکانیک و سازه، انرژی و غیره را دارد و در انتها هم برای درک بهتر انجام کار یک مدل در revit و جمع آوری اطلاعات را navis work ارائه می دهد. (قربانی نوع، ۱۴۰۰) انقلابی جدید در صنعت ساخت و ساز می توان نام برد که نرم افزارهایی که در راستای این امر در شرکت های مختلف ارائه شده اند این نرم افزارها به ده دسته تقسیم کرده است، نرم افزارهای برنامه ریزی (۱- اجرایی ۲- مدیریت محتوایی ۳- مدل سازی ۴- طراحی تولید ۵- تجزیه و تحلیل عملکرد ۶- همکاری ۷- اعتبارسنجی ۸- پیش ساخت ۹- ساخت ۱۰- تسهیلات) که در یک جدول نرم افزارها را براساس این حوزه ها نام برده و به نقاط قوت وضعف نرم افزار BIM360 و revit و Bentley و Archicad و Tekla و Vectoriswork و Navis work پرداخته که با توجه به محاسن و معایب این نرم افزارها Navis work که نرم افزار مدیریت پروژه هست قابلیت فراوانی برای هماهنگی، شبیه سازی ساخت و آنالیز کامل و بررسی پروژه را دارد و از بسیاری از فرمت ها پشتیبانی می کند و با توجه به قابلیت که در مدل سه بعدی و نور را دارد کارفرما می تواند از سرویس آنلاین نظر خود را در برنامه های نمایش دهنده رایگان انتقال دهد و با تیم طراحی تعامل داشته باشد پس به این نتیجه می رسیم که یکی از بزرگترین چالش ها انتخاب نرم افزار است و پیشنهاد شده که سرفصل های آموزشی مرتبط را در واحد های درسی در دانشگاه ها به صورت آکادمیک بگنجانند (بشاش و همکاران، ۱۳۹۹) در این پژوهش تحت عنوان "نقش فناوری مدل سازی ساختمان در دستیابی به اهداف توسعه پایدار در زمینه طراحی معماری" به بررسی میزان تاثیرگذاری کاربست فناوری مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) در مراحل مختلف فرآیند طراحی در جهت دستیابی به اهداف پایداری پرداخته است. آمار موجود در زمینه مصرف انرژی و مواد اولیه نشان دهنده اهمیت صنعت ساختمان در جهت تامین توسعه پایدار است در این میان طراحی معماری و خلاقیت معمار به عنوان یکی از تاثیرگذارترین فعالیت در این حوزه می تواند بستر لازم جهت دست یابی به طرح بهینه در زمینه معماری پایدار را فراهم نماید. تاثیر بکارگیری BIM در جهت پایداری در مرحله طراحی مفهومی نسبت به سایر مراحل طراحی بیشتر است. بعد اول از طریق ارزیابی دینامیکی بر مراحل اولیه بعد دوم ایجاد امکان ارتباط موثر میان مهندسين پروژه و سایر ذی نفعان بر کاهش میزان اشتباهات فنی -گزینه های بهینه در مورد تناسب سیستم های سازه ای و تاسیساتی با معماری و کاهش هزینه های ساخت و هدررفت مصالح تاثیر گزار است و در فعالیت عمرانی در فاز تخریب و بهره برداری از بنا و بهینه سازی ساختمان که کمتر در ایران مورد توجه قرار گرفته شده است. (عزیزی بابانی و همکاران، ۱۳۹۹) هر تکنولوژی جدیدی، دارای مزایا و محدودیت های خاص خود میباشد. افزایش دقت و تاثیرگذاری طراحی، بهبود ارتباطات، وجود اطلاعات موثر، افزایش تاثیرگذاری موارد قابل تحویل، رضایت مشتری، افزایش بهره وری در زمان اجرا، مدیریت دقیق برپایه تکنولوژی از جمله مهمترین امکانات و قابلیت هایی است که با استفاده از مدل اطلاعات ساختمان برای سازنده و سایر ذینفعان به ارمغان می آید. از سوی دیگر هزینه نرم افزاری و سخت افزاری، هزینه آموزش پرسنل، تغییر سیاستهای شرکت به منظور حرکت از پیش طراحی به مدل سازی سه بعدی در قالب مدل اطلاعات ساختمان و انتخاب نرم افزار مناسب و انجام تطابق میان نرم افزارهای مختلف از جمله مهمترین مواردی هستند که به عنوان محدودیت های کنونی شناخته شده که میبایست با مطالعه و بررسی بر روی آن، به یک جمع بندی مناسبی دست یافت و براساس آن سیاستگذاری نمود در مجموع روشی بسیار کارآمد به منظور اجرایی شدن در پروژه های زیر بنایی که باعث افزایش دقت و جلوگیری از اشتباهات و صرفه جویی در زمان، هزینه و بهبود چشمگیر مدیریت و نگهداری پروژه در زمان استفاده، انجام مناقصات به صورت واقعی تر، ساخت ساختمان بر اساس انرژی پایدار مطابق با استاندارد های زیست محیطی اما در این

میان از دست رفتن بخشی از اطلاعات بر اثر دسترسی آزاد اعضا، تحمیل هزینه اولیه جهت تطابق با تکنولوژی BIM بروز تاخیر است کوتاه مدت تا هماهنگ شدن تیم با سیستم اجرایی جدید، تحمیل هزینه های دوره ای برای به روز رسانی نرم افزارها، بروز دعوی قانونی ناشی در به وجود آمدن مشکل در مدل یا مشخص کردن مسئولیت، نقض در روند ساخت و تحویل مدل ها و نامشخص نبودن مسئولیت بروز نقض در هنگام اجرای مدل هی آماده شده و امکان بروز انتقال اشتباهات به صورت سلسله وار داشت (ادیب فر علیرضا، چاوشیان سید علی، ۱۳۹۵) بررسی ابعاد BIM که از 2D تا 7D نیز وجود دارد. 3D (در واقع Exting Conditions Models مدل سازی فیزیکی و برخی فرآیندها نظیر رندرینگ و انیمیشن مدل 4D این بعد Scheduling (زمانبندی پروژه در جداول زمانبندی) Estimating 5D تخمین هزینه و محاسبه سایر مولفه ها و 6D Sustainability آنالیز انرژی و نور 7D مدیریت تعمیر و نگهداری که بیشتر بحث تاسیسات و مراحل را کامل مرور می کند که شامل تجزیه و تحلیل ساختمان و برنامه ریزی تجهیز کارگاه و برنامه زمان بندی توالی عملیات ساخت، تخمین هزینه ساخت و یکپارچه سازی اطلاعات پیمانکاران جزء و تامین کنندگان هماهنگی بین سیستم ها و پیاده سازی طرح و عملیات کارگاهی، پیش ساختگی بهره برداری و نگهداری را شرح دادند و در آخر بکارگیری این تکنولوژی نیاز به گذشت زمان دارد در آینده ی نزدیک کل صنعت را دگرگون کرده و همان کاری که اینترنت با ارتباطات انجام داد BIM با صنعت خواهد کرد (فلاح امید، فلاح احمد علی فلاح، ۱۳۹۵) برای پاسخ به نیازمندیهای امروز BIM یکی از روش های طراحی یکپارچه پروژه و تحویل آن می باشد که نیازمند یادگیری، کاربرد و اطلاع از نرم افزارهای جدید در جهت ارتقا کیفی طراحی داخلی موجود در طرح، اجرای عناصر مورد نیاز طرح، سرعت و سهولت ایجاد یک طرح قابل تجسم، کنترل تمامی اجزای موجود در طرح اجرای عناصر مورد نیاز طرح، مانند نورپردازی، نیازهای تاسیساتی و الکترونیکی، اطلاع از تداخلات طراحی و استفاده از مدلی شیء گرا (استفاده از فرم، فضا و رنگ) با صرف کمترین زمان و اطلاع از جزئی ترین موارد موجود در طرح با اطمینان از صحت آن روند طراحی داخلی را به ویژه در پروژه های بزرگ تغییر میدهد امروزه ارتباط طراحان داخلی با تمامی اعضای مرتبط با ساخت و ساز از جمله پیمانکاران، معماران، مهندسين تاسیسات و... امری اجتناب پذیر است، از این رو راهی که از طریق آن بتوان طرحی قابل تجسم برای تمامی این افراد فراهم کرد، میتواند باعث تسهیل در روند طراحی گردد. BIM یک نیاز برای جامعه مهندسين و به ویژه طراحان امروز است، چرا که با رفع غالب نیازها و مشکلاتی که طراح در طول کار ممکن است با آن مواجه شود، می تواند روند پروژه را به طرز مطلوبی بهبود بخشد (فرجی و همکاران، ۱۳۹۶) دو نوع از ارزیابی در پژوهشی که مهدی زندیه و همکارانش انجام دادند یکی از ارزیابی ها پس از بهره برداری با استفاده از نمونه های موجود است که با تاکید بر کارایی با هدف انجام کار درست و دوم ارزیابی پیش از بهره برداری با استفاده از مدل سازی و مشارکت کارفرما با افزایش اثر بخشی و انجام کار درست، مراحل ساخت و ساز یک پروژه که شامل طراحی با مشارکت گروه مشاورین (پیش از ساخت) و پس از ساخت و ساز مرحله اجرا می باشد. در واقع دانش معنایی ساختمان باید فراهم شود مدل اطلاعات اطلاعات ساختمان، اطلاعات معماری مشترک با دیگر ابعاد پروژه همانند سازه و... و دانش معنایی ساختمان را فراهم می کند، که مبنی بر پرورش اصلاحی مداوم است، که از تغییرات تکاملی شکل ساده و روند بهبود حمایت می کند. این بهبود با صرفه جویی در زمان طراحی شماتیک، تغییرات و توسعه ی طراحی، ایجاد مدارک طراحی و کنترل و هماهنگی بین عناصر مختلف پیش از طراحی و کنترل هماهنگی بین عناصر مختلف در پیش از بهره برداری بهره وری را افزایش می دهد، در واقع مدل سازی اطلاعات ساختمان به عنوان یک راه ابتکاری برای طراحی، ساخت و ساز در مراحل پیش و پس از بهره برداری، اجرا و مدیریت، در مقایسه با روش های سنتی طراحی است. در واقع BIM باعث پیشرفت صنعت خودکار سازی پروژه فرآیندهای دوبعدی انیمیشن، به سوی جریان کاری منسجم شده است که در این فرآیند گروهی، توانایی محاسباتی، ارتباط شبکه و اجتماع داده ای در کسب اطلاعات و دانش شبکه و اجتماع دادهای در کسب اطلاعات به حداکثر رسیده و خطاها کاهش می یابد همه این ها جهت شبیه سازی و به کارگیری مدل های واقعیت محور بوده و به منظور مدیریت محیط ساخت در فرآیند تصمیم گیری خطرات را می کاهد و کیفیت اقدامات و محصول را در سراسر صنعت بالا می برد در این مدل تعامل کارفرما با گروه طراحی در شبکه های چند بعدی حضور وی را در پروژه قبل از ساخت میسر می نماید و اشتباهات پیش از بهره برداری توسط کارفرما و گروه اصلاح می شود و در نتیجه بهبود طراحی حاصل می گردد. (زندیه مهدی و همکاران، ۱۳۹۶)

روش تحقیق

در این پژوهش با نگرش توصیفی-تحلیلی، در راستای جمع آوری اطلاعات از منابع اسنادی و کتابخانه ای استفاده شده است در ابتدا با بررسی و شناخت مفاهیم طراحی و کنترل پروژه و BIM و معرفی نرم افزارهای مربوطه در راستای مدل سازی ساختمان با روش BIM و بررسی کاربردها و نحوه کارکرد های این نرم افزارها و بیان مزایا و معایب این روش در راستای مدل سازی و با استفاده از مولفه های بدست و تحلیل و بررسی جداول مقایسه ای نرم افزارها به نتیجه رسیدیم. داده های مورد نیاز از منابع اسنادی جمع آوری و تحلیل صورت گرفته است.



نمودار ۱: دیاگرام روش تحقیق (ماخذ: نگارنده)

مبانی نظری

تعریف پروژه

پروژه مجموعه ای از کوشش ها، اقدامات و فعالیت های غیر تکراری مرتبط به هم و منحصر به فرد جهت دستیابی به نتایج و هدف های مورد انتظار است که در چارچوب برنامه زمانی و بودجه پیش بینی شده انجام می گیرد (لوک، ۱۳۸۵: ۳۱).

به طور کلی عمده ترین مشخصه های یک پروژه عبارتند از:

- هر پروژه دارای هدف یا اهداف مشخصی است.
- هر پروژه یک سیستم است.
- هر پروژه برای اجرا با محدودیت هائی مواجه می شود.
- هر پروژه نتایج منحصر به فردی دارد.
- هر پروژه دارای چرخه حیات می باشد.
- هر پروژه برای اجرا از اصل عدم قطعیت تبعیت می کند.

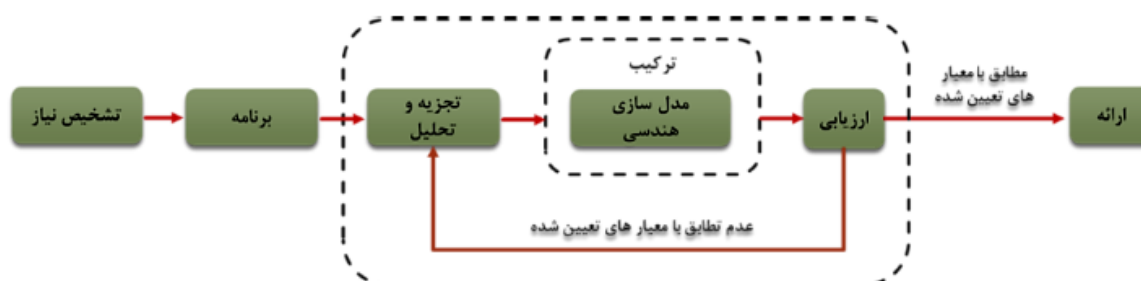
تعریف کنترل پروژه

به طور کلی و ساده ترین تعریف مدیریت پروژه شامل برنامه ریزی و نظارت بر آن می باشد که توسط فرد یا افراد مرتبط با آن وظایف انجام می شود. منظور از فعالیت برنامه ریزی در مدیریت پروژه تعریف نیازمندی های کاری، کمیت و کیفیت کار و منابع مورد نیاز است و مقصود از فعالیت نظارت در مدیریت پروژه، پیگیری پیشرفت، مقایسه نتایج واقعی و نتایج پیش بینی شده، ایجاد تعدیل و بالاخره تجزیه و تحلیل موانع می باشد. به عبارت دیگر، مدیریت پروژه شامل برنامه ریزی، زمان بندی و کنترل فعالیت های یک طرح برای تحقق اهداف عملکرد، هزینه و زمان می باشد که در یک محدوده کاری معین و با استفاده کارآمد و سودمند از منابع صورت می گیرد. این اهداف به اصطلاح، اهداف وب، سریع و ارزان می گویند (زنجیرانی، ۱۳۹۱: ۴۱).

کاربرد فناوری های طراحی رایانه ای در فرآیند طراحی

ظهور فناوری رایانه ای در فرآیند طراحی و تهیه مدارک ساخت به اواخر دهه ۵۰ میلادی و استفاده از بستر CAD که مخفف عبارت استفاده از رایانه به منظور کمک به فرایند طراحی است، باز می گردد. اگر چه تاکنون مدل های متنوعی از سوی صاحب نظران برای فرآیند طراحی دارای شش مرحله ((تشخیص نیاز))، ((برنامه))، ((تجزیه و تحلیل)) و ((ترکیب))، ((ارزیابی)) و ((ارائه)) می باشد ۸ فرایند طراحی به کمک رایانه را نیز می توان به چهار زمینه عملیاتی مدل سازی هندسی، تجزیه و تحلیل مهندسی، مرور و ارزیابی طرح و تهیه مدارک ساخت تقسیم بندی نمود (حسنوی، ۱۳۷۶)

استفاده از رایانه در فرآیند طراحی عمدتاً معطوف به کاربرد این ابزار در مراحل ترکیب، تجزیه و تحلیل و ارزیابی و ارائه است. ماهیت سه مرحله اول تکرار پذیری به منظور دست یابی به طرح بهینه بر مبنای معیارهای در نظر گرفته شده در مرحله تعریف مساله می باشد که به واسطه استفاده از رایانه و فرآیند مدل سازی هندسی (که می تواند زیر مجموعه مرحله ترکیب قرار گیرد)، تجزیه و تحلیل مهندسی و ارزیابی مدل ساخته شده در زمان کوتاه تر و با کیفیت بهتری انجام می گیرد. در بستر CAD سه مرحله مذکور به صورت خطی قابل انجام است و پس از مرحله ارزیابی است که می توان مجدداً به مرحله ترکیب و اعمال تغییر در ساختار مدل اولیه بازگشت.



نمودار ۲: مدل مربوط به فرآیند طراحی در بستر CAD (بابائی و همکاران، ۱۳۹۹)

با توجه به آن که در تهیه طرح معماری همواره با محدودیت های سازه ای، تاسیساتی، اقتصادی و... مواجهیم، طراح معمار با کاربست تکنیک CAD قادر نیست بسیاری از نداخلات و محدودیت های موجود در طرح های اجرایی را در مراحل اولیه طراحی پیش بینی نماید. این امر تاثیرات سویی را در جهت رسیدن به استاندارد ها و معیارهای تعیین شده در مرحله تعریف مساله به دنبال دارد. به بیان دیگر عمدتاً فوائد کاربرد تکنیک مدل سازی CAD محدود به افزایش سرعت تهیه مدارک ساخت می گردد. فناوری دیگری که امروزه کاربرد آن در فرآیند طراحی معماری فراگیر است مدل سازی اطلاعات ساختمان می باشد. مفهوم BIM از دهه ۱۹۷۰ میلادی وجود داشته اما واژه مدل سازی اطلاعات ساختمان نخستین بار در سال ۱۹۹۲ میلادی در مقاله ای توسط ندورین و تولمن آورده شده با این حال، اصطلاحات مدل اطلاعات ساختمان و مدل سازی اطلاعات ساختاری به صورت وسیع نری در سال ۲۰۰۲ میلادی توسط شرکت AUTODESK به کار گرفته شد.

تعریف BIM

مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) Building Information Modeling فرآیند توسعه و تولید مدل رایانه ای به منظور شبیه سازی برنامه ریزی، طراحی، ساخت و عملیات اجرا می باشد. مدلی که از به دست می آید، یک مدل دیجیتال غنی از داده، شیء گرا، هوشمند و پارامتریک است که هر کدام از برون داده های آن برای پاسخگویی به نیازهای متنوع کاربران مشخص می باشد، به این صورت که کاربر میتواند کلیه داده های مورد نیاز خود را از مدل BIM استخراج و پردازش کرده و در نتیجه به اطلاعاتی که برای تصمیم سازی و ارتقای فرآیند ارائه و بررسی امکانات مربوطه است، دست یابد. مدلسازی اطلاعات ساختمان همچنین توانایی ارتقای بسیاری از فرآیندها و الگوهای جاری در صنعت ساختوساز را دارا می باشد. با اینکه این متدولوژی به تازگی وارد این صنعت شده و در مراحل اولیه ی پیشرفت قرار دارد، تاکنون پیشرفت های بسیار مهمی نسبت به سیستم های قدیمی و سنتی در حوزه ی ساخت، داشته است. در واقع سیستم مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) نمونه ای از جدیدترین مدل های سه بعدی

جهت شبیه‌سازی فرآیند ساخت در پروژه‌های عمرانی است که میان همه گروه‌های درگیر در پروژه، مورد استفاده قرار می‌گیرد و نقش اصلی آن یکپارچگی در بین تیم‌های مختلف درگیر در آن پروژه در تمامی مراحل ساختوساز است و برای مهندسين و پیمانکاران، این امکان را به وجود می‌آورد تا آنچه قرار است ساخته شود، در یک محیط مجازی بسازند و در صورت برخورد با مشکلات احتمالی در هر مرحله از ساخت، بر آن مشکلات فائق آیند (بدایق و همکاران، ۱۳۹۵)

(AEC) مدل سازی اطلاعات ساختمان یکی از امیدوار کننده ترین تحولات در صنایع معماری، مهندسی و ساخت و ساز است. با این فناوری می توان یک یا چندین مدل مجازی دقیق به صورت دیجیتالی از ساختمان را پیش از اجرا و ساخت مشاهده نمود که آنها این اجازه را می دهند تا فرآیند طراحی، تجزیه و تحلیل و ساخت بهتر صورت گیرد (Eastman, ۲۰۱۱)

BIM یک مدل شبیه سازی شده ی دقیق از ساختمان و یک مرکز نمایش دیجیتالی از ویژگی های فیزیکی و عملکردی یک سازه است که در تمامی مراحل برنامه ریزی طراحی، ساخت و بهره برداری ارائه میشود. این مدل مجموعه ای است از داده ها و اطلاعات کامل از تمام اجزای یک سازه که با یکدیگر ارتباط کامل دارند (احمدزاده، ۱۳۹۴). بر اساس این تعاریف می توان گفت: مدلسازی اطلاعات ساختمان مدل هوشمندی است که همه ی اجزای آن به هم وابسته و نظام مند کار می کنند. در نهایت میتوان گفت که BIM یک روند و روش جدید است که باعث تغییرات میشود. (اخلاصی و خدامی، ۱۳۹۵) مدلسازی اطلاعات ساختمان شامل مدل های ساختاری می شود که به طور گسترده در صنایع گوناگون به کار میرود.

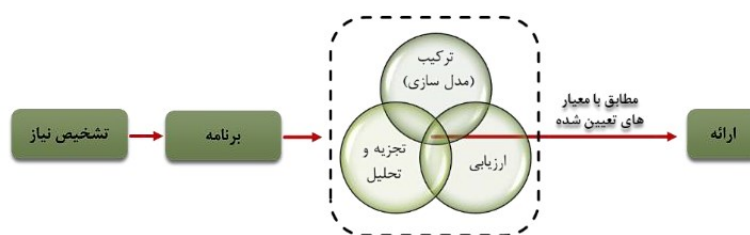
BIM نمایشی مجازی از ساختمان واقعی در طول مراحل چرخه ی عمر ساختمان را به صورت مدل های ثابت، سازگار و دیجیتالی نمایش میدهد BIM تنها یک مدل سه بعدی نیست؛ علاوه بر اینکه یک ابزار سه بعدی باکیفیت است، یک منبع اطلاعاتی کامل نیز میباشد که به اجزای مدل متصل میشود و آنها را کنترل میکند، که معمولاً با نام مدلسازی پارامتریک شناخته میشود. ارزش اصلی BIM، توانایی آن در کنار هم قراردادن اطلاعات، مدیریت و جمع آوری کردن اطلاعات برای رسیدن به نتایج بهتر در طراحی ساخت است (رمضانی مقدم، ۱۳۹۵)

کاربرد BIM در فرآیند طراحی معماری

به واسطه ای این فناوری مدل دیجیتالی مربوط به یک پروژه که حاوی اطلاعاتی در خصوص تمامی اجزا است. در محیطی شبیه سازی شده، تولید شده و می تواند جهت فعالیتهای از قبیل برنامه ریزی، طراحی و ساخت پروژه و همچنین بررسی عملکردهای آتی اجزای مختلف بنا مورد استفاده قرار می گیرد. BIM را به عنوان نمایش دیجیتالی خصوصیات فیزیکی و کاربردی یک ساختمان و منبع دانش مشترکی برای اطلاعات ساخت که دربرگیرنده مبنایی قابل اعتماد برای تصمیم گیری در طول چرخه عمر پروژه است تعریف نمود. (NBIMS: ۲۰۱۰) در تعریفی دیگر BIM را نمایشی مجازی از خصوصیات فیزیکی و کاربردی یک جزء دانسته اند که به عنوان یک منبع نمایش تسهیم شده برای اطلاعات آن عمل می کند. و یک پایه قابل اطمینان برای تصمیمات در طول چرخه حیات از ابتدای آن تشکیل می دهد و از این جهت BIM بیش از یک ابزار، یا نرم افزار کاربردی برای طراحی است، زیرا در شکل گیری روند طراحی تاثیرگذار است و علاوه بر آن می تواند به عنوان ابزاری مناسب جهت تسریع روند تهیه مدارک ساخت بنا، به کار گرفته شود (Levy, ۲۰۱۲)

BIM به عنوان یک فناوری

عمده ترین مزیت فناوری BIM بر فناوری CAD شناسایی اجزای پروژه و ماهیت مربوط به آنها است. این امر امکان گنجاندن داده هایی مربوط به خواص ویژگی های مختلف هر جزء را فراهم نموده که در انجام تحلیل های مختلف بسیار راه گشا است.



نمودار ۳: مدل مربوط به فرایند طراحی در بستر BIM (بابائی و همکاران، ۱۳۹۹)

مزایای استفاده از سیستم BIM (ادیب فر و چاوشیان: ۳، ۱۳۹۹)

هماهنگی بهتر اجزای مدل

هماهنگی مهمترین دستاورد این تکنولوژی میباشد. با استفاده از این تکنولوژی، مدل، نحوه ارتباط میان اجزا را در یک ساختمان شبه-واقعی نشان میدهد که تمامی اجزا و قطعات در آن شبیه سازی شده اند. ارتباطات میان اجزا با به روزرسانی هر جزء توسط مدلساز به طور خودکار به روز رسانی میگردد. میتوان قسمت خاصی از مدل همانند یک طبقه را بطور جداگانه مورد بحث و بررسی بیشتر قرار داد؛ تعدد مدل ها که عموماً دارای نقاط عدم تطابق متعددی در حالت سنتی می باشند جلوگیری شده و کلیه مدل سازی تحت یک مدل واحد انجام میپذیرد (Khosrowshahi, 2007).

مدلسازی پارامتریک

در این شیوه مدلسازی، کلیه مواردی که در یک محیط تکرار میشوند و همچون درب ها و پنجره ها، بصورت پارامتریک طراحی و کلیه اطلاعات مورد نیاز در آنها وارد می شود. این مدل های پارامتریک بدون نیاز به تلاش های مجدد و صرف وقت به منظور ورود اطلاعات، به راحتی قابل کپی شدن و تکثیر به میزان لازم می باشند. همچنین مدیریت تغییرات به صورت بسیار موثر و در عین حال ساده امکان پذیر است. بواسطه تغییر در یک پارامتر، کلیه پارامترهای مرتبط با آن در مدل نیز به روزرسانی میشود و در صورتی که هرگونه خطایی در موارد دیگر بوجود آید سریعاً اطلاع داده میشود تا از دوباره کاری ها و خطاهای بعدی جلوگیری می شود. (Barlish, 2012, 149) این امر به خصوص در شرکت های کوچک که دارای نیروی کاری محدودی هستند باعث افزایش بهره وری و کاهش نیاز به نیروی انسانی بیشتر میگردد و امکان انجام سریع تر پروژه ها را فراهم می آورد.

بهبود مختصات و افزایش دقت و تاثیرگذاری طراحی

بواسطه اینکه در مدل های BIM کلیه اجزا با ابعاد واقعی خود مدل میشوند، خطاهای بسیار زیادی که بعداً در اجرا ممکن است مشکل ساز شود از بین میرود. به طور مثال در شرایط کنونی، ممکن است جعبه آتش نشانی انتخاب شده با ابعاد دیوار انتخاب شده و سایر تاسیسات موجود همخوانی نداشته باشد و تیم نصب در هنگام نصب دچار مشکلات بسیار زیادی شود. اما بواسطه مدل سازی دقیق اجزا در BIM امکان بروز این مورد از بین میرود. همچنین بواسطه وجود ابعاد دقیق، میتوان بهترین چپش را برای اجزای اتاق انتخاب و به تناسب آن موارد اضافی را در نظر گرفت. علاوه بر این، با توجه به اینکه در یک مدل BIM کلیه اطلاعات مربوط به یک جزء به آن پیوست شده است، میزان تماس های بین مجریان و طراحان به منظور دریافت اطلاعات دقیق مربوط به طرح کاهش میابد و باعث افزایش تاثیرگذاری و بهره وری کار هر دو گروه میشود. همچنین با توجه به اینکه کلیه اطلاعات دارای دقت کافی میباشند، ارزیابی ها و تخمین های انجام شده نیز با دقت بسیار بیشتری آماده خواهند شد. (Khosrowshahi, 2007), (Barlish, 2012, 149)

مدیریت موثر اطلاعات

مدیریت اطلاعات بخش بسیار ارز شمند دیگری در استفاده از این تکنولوژی میباشد. همانگونه که مشخص است BIM یک مدل سه بعدی از اجزای ساختمان ارایه میکند. نرم افزار مورد استفاده این اجازه را میدهد تا با ورود اطلاعات بیشتر مرتبط با هر المان، مدل غنی از اطلاعات گردد. این اطلاعات بصورت اتوماتیک با تغییرات مدل به روزرسانی می شود تا گزارشات ارایه شده در هر زمان، نمایش دهنده و وضعیت واقعی پروژه باشند. با توجه به دیجیتالی بودن، اطلاعات میتوانند به سادگی در محل دقیق

مربوطه ذخیره شده و در زمان نیاز به سرعت جستجو، بازیابی و منتقل شوند. همچنین با توجه به اینکه کلیه اطلاعات مرتبط با هر جزء شامل خصوصیات فیزیکی، هزینه و سداير اطلاعات مرتبط در مدل وارد میشود، امکان انجام ارزیابی های بیشماری در کوتاهترین زمان امکان پذیر است. به طور مثال میتوان خصوصیات جزییات نمای ساختمان را تغییر داد و در زمانی بسیار کوتاه ارزیابی های زیست محیطی، اقتصادی و زیبایی شناسی را مشاهده و ارزیابی کرد. (Barlish, 2012, 149)

سهولت تحلیل و شبیه سازی

تصورسازی سه بعدی همزمان با طراحی و سیستم مختصات بهبود یافته امکانات ارزشمندی هستند که به واسطه آنها امکان برخورد و تداخل میان اجزا مختلف نیز به راحتی دیده شده و در زمان طراحی، قبل از اجرا و اصلاح، شددناسدایی و برطرف می شوند. (Bloomberg, 2012) در این روش با توجه به اینکه کلیه مراحل در مدل سه بعدی آماده و ارایه می شود، از دوباره کاری ها و اصلاحات هزینه بر در حین ساخت جلوگیری میشود. تحلیل و شبیه سازی بواسطه این روش بسیار سهلتر خواهد بود و سادگی و کامل بودن ارتباطات میان اجزا و اطلاعات وارد شده، علاوه بر ارایه یک مدل کامل، این امکان را میدهد تا تحلیل های بیشماری با تغییرات بر روی مدل انجام پذیرد. این تحلیل ها بویژه در بررسی قیمت بسیار کاربرد دارند. شبیه سازی جوانب مختلف رفتار ساختمان همچون سازه ای، حرارتی، آکو ستیک، نورپردازی و رفتار در هنگام بروز آتش نیز با این شیوه به راحتی قابل انجام است (Williams, 2014) (Khosrowshahi, 2007)

بهبود ارتباطات

بهبود ارتباطات از دیگر مزایای استفاده از تکنولوژی BIM است. کلیه موارد تحت یک مدل سه بعدی مدل می شوند که از بروز مشکل در فهم صحیح مدل جلوگیری میشود و همچنین افراد با یک زبان واحد با یکدیگر ارتباط برقرار میکنند. مدل BIM ارتباطات میان افراد شامل طراحان، پیمانکاران، مالکین و مشتریان نهایی را بهبود می بخشد BIM کلیه مشارکت کنندگان و ذینفعان شامل طراحان و مالکین را گرد هم می آورد و بواسطه ارتباطات بهتر از روزهای آغازین پروژه، ایده های بسیار ارزشمندی که به ارزش پروژه نیز می افزاید را دریافت کرده و در پروژه تاثیر میدهد. (Williams, 2014). طراحان با استفاده از این تکنولوژی راحت تر با مشتریان خود ارتباط برقرار کرده و نیازهای آنها را در پروژه اعمال کرده و نتایج را در لحظه نمایش می دهند. از همین روی درک درستی از محصول انجام این پروژه بدست می آید که باعث می شود از بروز بسیاری اختلافات ناشی از سوء تفاهم ها جلوگیری شود.

افزایش بهره وری در زمان اجرا

افزایش بهره وری حین ساخت نیز یکی دیگر از مزایای بسیار مهم استفاده از تکنولوژی مدل سازی اطلاعات ساختمان است BIM به افزایش کیفیت ساخت کمک میکند و در کنار آن باعث بهبود ایمنی در سایت، کاهش زمان ساخت و کاهش هزینه های مرتبط با آن میگردد. برنامه ریزی موثرتر برای کارگاه و بهینه سازی توالی انجام فعالیت ها بواسطه این تکنولوژی امکانپذیر میگردد. این امکان باعث پیشرفت سریعتر، دقیق تر و هدفمندتر پروژه میشود. از سوی دیگر امکان کاهش بارکاری از کارگاه بوسیله برون سپاری ساخت قطعات با استفاده از نقشه های BIM و ساخت خودکار آنها توسط ماشین آلات خودکار فراهم میشود (Williams, 2014) علاوه بر آن، امکان مدل سازی، زمان بندی و اجرای سناریوهای مختلف برای زنجیره تامین با تعریف زمان بندی برای نصب المان ها در مدل با استفاده از این شیوه وجود خواهد داشت (Bloomberg, 2012). این امر بویژه برای شرکت هایی که تازه تاسیس بوده و یا سالهای نخستین فعالیت خود را میگذرانند بسیار مهم می باشد. برای باقی ماندن در محیط رقابتی کار میبایست شیوه هایی را اتخاذ کرد که بواسطه دقت بالا، بهره وری را در زمان اجرا افزایش میدهند. استفاده از بیم برگ برنده ای در دستان این مشاوران است تا با نقایص کمتر و کیفیت بهتری کار را به اتمام برسانند و بر اعتبار خود بیافزایند.

افزایش تاثیرگذاری موارد قابل تحویل:

تکنولوژی مدل سازی اطلاعات ساختمان، با کوتاهتر کردن زمانی که ذینفعان و طراحان برای درک جزییات مدل ها صرف میکردند، امکان استفاده بهتر از زمان به منظور ایده پردازی های بیشتر را فراهم آورده است. با استفاده از مدل های مبتنی بر BIM، این امکان بوجود می آید تا ایده های مختلف بررسی و بصورت عملی بر روی مدل پیاده سازی شوند و نتایج آنها موردتحلیل

قرار گیرند. با توجه به اینکه در مدل سه بعدی آماده شده کلیه اطلاعات مورد نیاز در کنار هم وجود دارد این ارزیابی ها در زمان بسیار کوتاهی انجام شده و قابل مقایسه خواهند بود و علاوه بر انتخاب بهترین گزینه، در وقت و هزینه نیز صرفه جویی چشمگیری حاصل میگردد. با توجه به اینکه در کنار مدل معماری موجود کلیه اطلاعات مربوط به طراحی های دیگر همچون طراحی تاسیسات برقی و مکانیکی، پایداری انرژی و سایر موارد در یک مدل واحد قابل بررسی است، زمان مورد نیاز برای تصمیم گیری نیز کاهش مییابد و تصمیمات با دقت و اطمینان بیشتری اتخاذ میشود و در نتیجه مدل نهایی قابل تحویل، مدلی قابل اطمینان به منظور اجرا می باشد (Giel and R. Issa: 2013, 511)

مدیریت دقیق امکانات بر پایه تکنولوژی

در هنگام بهره برداری از ساختمان نیز مدل اطلاعات ساختمان به کمک بهره برداران نهایی آمده و باعث میگردد مدیریت ساختمان برای آنها آسانتر و موثرتر شود. بواسطه اطلاعات کاملی که در مدل وجود دارد، شیوه مدیریت فعالیت های تعمیر و نگهداری، پیشگیرانه و نه واکنشی خواهد بود. تعویض تجهیزات با توجه به عمر مفید در نظر گرفته شده برای آنها انجام خواهد شد و بواسطه آن از بروز مشکلات برای استفاده کنندگان نهایی جلوگیری میشود. میتوان برنامه مدیریت تعمیرات و نگهداری را با توجه به اطلاعات موجود آماده کرده و در اختیار تیم مدیریت ساختمان قرار داد و آنها با توجه به وجود برنامه ای دقیق به مدیریت موثرتر تسهیلات خواهند پرداخت (Williams, 2014)، (Bloomberg BIM, 2012) میتواند اطلاعات دریافتی از تولید کنندگان و سازندگان هر محصول شامل دفترچه های راهنما و وبسایت و سایر اطلاعات دیگر را بصورت فایل های آماده شده در مدل وارد کرده و آنها را به اشتراک بگذارد و به همین ترتیب ارتباطات را بهبود بخشد. مدیران بهره بردار میتوانند این اطلاعات را دریافت کرده و با توجه به آنها برنامه ریزی و زمان بندی های لازمه را انجام دهند. آنها بواسطه این اطلاعات میتوانند به ایجاد برنامه های پیش بینی و برنامه های روزانه نگهداری بپردازند. همچنین میتوانند با توجه به تعمیرات و نگهداری های آینده هزینه های خود در آینده را برآورد و جهت خرید اعلام کنند. اطلاعات کامل تجهیزات شامل پارامترهای عملکردی، اطلاعات مصرفی، اطلاعات پیش بینی، تاریخچه تعمیرات، هزینه های تعمیرات و تجهیزات را مشاهده کرده و با مراجعه به وبسایت سازندگان از آخرین قیمت ها و تکنولوژی های سازگار مطلع شدند. وجود همه این امکانات در یک مدل سه بعدی باعث می شود مدیران تسهیلات ابزار بسیار قدرتمندی به منظور مدیریت موثر در اختیار داشته.

رضایت مشتری

با توجه به اینکه مشتری در هر مرحله میتواند طراحی ها را به صورت جامع مشاهده و نظر خود را ارایه کند، و از سوی دیگر در هنگام اجرا با دسره های بسیار کمتری مواجه شود، رضایت او نیز بسیار افزایش خواهد یافت. همچنین با توجه به اینکه بهره برداران نهایی نیز از کیفیت و دقت ساخت رضایت بیشتری دارند، باعث سودآوری برای کلیه ذینفعان میگردد (Mercer, 2007) و (Giel and R. Issa: 2013, 511)، (Bloomberg, 2012) این سودآوری تنها در مسایل مالی خلاصه نمیشود. بلکه با افزایش اعتبار سازندگان، باعث میشود فضای رقابتی موجود به نفع آنها عمل کرده و تعداد پروژه های بیشتری را در طول یک بازه زمانی مشخص انجام دهند و در مجموع رضایت مشتری باعث افزایش اعتبار مادی و معنوی آنها گردد که بر عملکرد آینده آنها تاثیر بسیار مهمی دارد.

مراحل BIM

سیستم مدلسازی اطلاعات ساختمان یا BIM با صنعت ساختمان همان کاری را خواهد کرد که اینترنت با ارتباطات انجام داد. در این مدل، مفهوم چرخه حیات در حیطه بسیار محدودی دیده شده است و مسائل زیست محیطی (مرتبط با تدارک و تولید مواد ساختمانی) یا مدیریت پسماندها (استفاده مجدد و بازیافت منابع) در آن مطرح نشده است. رویکرد طراحی براساس چرخه حیات "از گهواره تا گور" نتایج و تبعات زیست محیطی کل چرخه حیات منابع ساختمان را، از مرحله تدارک تا بازگشت به طبیعت در برمیگیرد. طراحی بر اساس چرخه حیات، بر پایه این تفکر شکل گرفته است که ماده صرفاً از شکل حیات سودمند خود، به شکلی دیگر تغییر میکند و برای سودمندی و قابلیت استفاده از ماده نمیتوان نقطه پایانی را منظور کرد.

این نظریه برای رسیدن به این منظور در سه مرحله، ساختمان را مورد بررسی قرار میدهد که این مراحل عبارتند از (انجمن صنعت و نوآوری ساختمان، ۲۰۱۰):

- مرحله پیش از ساخت
- مرحله در حال ساخت
- مرحله پس از ساخت.

این مراحل سه گانه به هم متصل هستند و مرزهای بین آنها صریح و قطعی نیست. با استفاده از این مراحل میتوان به راهبردهای طراحی بر اساس چرخه حیات که بر کمینه کردن تأثیرات زیستمحیطی بنا تمرکز دارند، رسید. با تجزیه و تحلیل فرآیندهای بنا در هر یک از این مراحل سه گانه، میتوان از چگونگی تأثیرات طراحی، ساخت، بهره برداری و تخریب ساختمان بر نظام زیست به شناخت عمیق تری دست یافت.

الف) مرحله پیش از ساخت

این مرحله، انتخاب سایت، طراحی بنا و فرآیندهای مرتبط با طراحی ساختمان تا پیش از استقرار و کارگذاری مصالح را دربر میگیرد. تحت راهبرد طراحی پایدار، تبعات زیست محیطی طراحی ساختار، جهت گیری بنا، تأثیرات آن بر چشم انداز و مواد به کار گرفته شده مورد بررسی قرار می گیرند.

ب) مرحله در حال ساخت

این مرحله به مقطعی از چرخه حیات ساختمان برمیگردد که بنا به لحاظ فیزیکی در حال ساخت و بهره برداری است. در راهبرد طراحی پایدار، فرآیندهای ساخت و بهره برداری بنا، به منظور یافتن راه هایی برای کاهش تأثیرات منفی زیست محیطی مصرف منابع، مورد بررسی قرار میگیرند؛ به علاوه، به تأثیرات درازمدت محیط اطراف ساختمان بر سلامتی ساکنان آن نیز توجه دارند.

ج) مرحله پس از ساخت

این مرحله زمانی آغاز میشود که حیات سودمند ساختمان به پایان رسیده باشد. در این مرحله مواد مورد استفاده در ساختمان، به عنوان منابع سایر ساختمانها استفاده میشود و یا بهعنوان پسماند به طبیعت باز خواهد گشت. راهبرد طراحی پایدار، بر کاهش پسماندهای ساخت و ساز از طریق بازیافت و استفاده مجدد از بناها و مواد ساختمانی تأکید و توجهی ویژه دارد. (مدیری ناصر و مهرنهاد حمید: ۱۵۴۷، ۱۳۹۶)

ابعاد BIM

مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) بسیار فراتر از دوبعدی است و شامل هفت بعد میباشد.

بعد سوم (3D): شامل مراحل مدلسازی فیزیکی و برخی فرآیندها نظیر انیمیشن سازی میباشد Existing Conditions . models عنوان این بعد میباشد.

بعد چهارم: (4D) بعد زمانبندی پروژه میباشد که در این بعد جداول زمانبندی و موارد در این بعد انجام میشود و به عنوان Scheduling می شود.

بعد پنجم (5D): تخمین و محاسبه عناصر و مؤلفه هایی نظیر هزینه و سایر موارد در این بعد انجام میشود و بانام Estimating شناخته میشود.

بعد ششم (6D): بررسی پایداری عناصر و مباحث مربوط به آنالیز نور و انرژی به این بعد مربوط میشود و با نام Sustainability نیز به کار میرود.

بعد هفتم (7D): به مدیریت تعمیر و نگهداری میپردازد و عملیاتی که پس از اتمام پروژه وجود دارند رامورد بررسی قرار میدهد. این بعد مربوط به بخش تأسیسات میباشد و با عنوان Facility management applications معرفی میشود (عابدینی، شاکری، ۱۳۹۳)



شکل ۱: ابعاد BIM (www.aiarchitecture.ir)

اهداف به کارگیری مدل اطلاعاتی ساختمان (BIM)

تجسم: تفاسیر را میتوان به یک مدل سه بعدی اضافه کرد.

بررسی استانداردها: سازمانها (مانند سازمان آتشنشانی) و ادارات میتوانند برای بررسی پروژه های ساختمانی استفاده کنند.

تجزیه و تحلیل: یک مدل اطلاعاتی ساختمان میتواند به صورت مستند و گرافیکی، صدمات نشست ها و غیره را نشان دهد.

مدیریت امکانات: این بخش میتواند از BIM برای بازسازی، برنامه ریزی فضا و عملیات نگهداری استفاده کنند.

برآورد هزینه: از ویژگیهای اصلی BIM برآورد هزینه ها میباشد که میتواند مقدار مواد و مصالح را به صورت خودکار

استخراج و هرگونه تغییر در مقاطع زمانی مختلف را در مدل ساخته شده اعمال و برآورد کند.

توالی ساخت وساز: مدل اطلاعاتی ساختمان به طور مؤثر میتواند برای ایجاد مرتب سازی متریکال و یا مراحل ساخت و

تحویل طبق برنامه زمانبندی برای اتمام اجزای ساختمان، مورد استفاده قرار گیرد.

تعرض-تداخل و تشخیص برخورد: مدل BIM تصویری سه بعدی با مقیاس از تمام اجزای ساختمان به مامیدهد که طبق

آن میتوان بررسی کرد لوله های تأسیسات کانال های هوا یا اجزای دیگر با سازه یا دیوارهای اصلی برخورد نداشته باشند و به

طورکلی اجزای مختلف ساختمان با یکدیگر تداخل نداشته باشند (ستوده بیدختی، ۱۳۹۴) (عابدینی، شاکری، ۱۳۹۳)

نرم افزارهای رایج در فناوری مدلسازی اطلاعات ساختمان

می توانند کمک بسیاری در هماهنگی امور مختلف انجام دهند. مثلاً معماران در زمینه BIM در فرآیند ساخت بسترهای

مدلهای داخلی و انجام طراحی های مربوط به معماری، مهندسين سازه برای انجام عملیات مرتبط با طراحی سازه و همچنین

مهندسين تاسیسات در امور مربوط به تخصصشان می توانند از این بسترها کمک گیرند. البته در این میان برخی از ابزارها و نرم

افزارها هستند که قابلیت چندکار را دارند و شرکت ها به همین دلیل آنها را روانه بازار می کنند که البته در همین منوال استراتژی

های مربوط به فروش و بازاریابی ۸ نیز به کارها ورود کرده و البته خود این می تواند دارای جنبه های مثبت و منفی نیز باشد

برای دسته بندی های کلی در به کارگیری نرم افزارها در این فرآیند، می توان زمینه های زیر را مطرح نمود:

طراحی معماری

طراحی برای توسعه پایدار

طراحی سازه

طراحی تاسیسات

شبیه سازی ساخت و برآورد هزینه

نرم افزارهای رایج در فناوری مدلسازی اطلاعات ساختمان: دسته بندی

Architecture (طراحی معماری)

- Autodesk Revit Architecture
- Graphisoft ArchiCAD
- Nemetschek Allplan Architecture
- Gehry Technologies - Digital Project Designer
- Nemetschek Vectorworks Architect
- Bentley Architecture
- 4MSA IDEA Architectural Design (IntelliCAD)
- CADDSoft Envisioneer
- Softtech Spirit
- RhinoBIM (BETA)

Sustainability (طراحی برای توسعه پایدار)

- Autodesk Ecotect Analysis
- Autodesk Green Building Studio
- Graphisoft EcoDesigner
- IES Solutions Virtual Environment VE-Pro
- Bentley Tas Simulator
- Bentley Hevacomp
- DesignBuilder

Structures (طراحی سازه)

- Autodesk Revit Structure
- Bentley Structural Modeler
- Bentley RAM, STAAD and ProSteel
- Tekla Structures
- CypeCAD
- Graytec Advance Design
- StructureSoft Metal Wood Framer
- Nemetschek Scia
- 4MSA Strad and Steel
- Autodesk Robot Structural Analysis

MEP (طراحی تاسیسات)

- Autodesk Revit MEP
- Bentley Hevacomp Mechanical Designer
- 4MSA FineHVAC + FineLIFT + FineELEC + FineSANI
- Gehry Technologies - Digital Project MEP Systems Routing
- CADMEP (CADduct / CADmech)
- Autodesk Revit MEP
- Bentley Hevacomp Mechanical Designer
- 4MSA FineHVAC + FineLIFT + FineELEC + FineSANI
- Gehry Technologies - Digital Project MEP Systems Routing
- CADMEP (CADduct / CADmech)

Construction Simulation, Estimating and Const. Analysis (شبیه سازی ساخت و برآورد هزینه)

- Autodesk Navisworks
- Solibri Model Checker
- Vico Office Suite
- Vela Field BIM
- Bentley ConstrucSim
- Tekla BIMSight
- Glue (by Horizontal Systems)
- Synchro Professional
- Innovaya

Facility Management (مدیریت تجهیزات)

- Bentley Facilities
- FM:Systems FM:Interact
- Vintocon ArchiFM (For ArchiCAD)
- Onuma System
- EcoDomus

BIM Collaboration Software (نرم افزار همکاری)

- BIM 360
- TRIMBLE CONNECT
- ALLPLAN BIMPLUS
- BIMSIGHT
- DROFUS
- BIMX

Planning software BIM execution (نرم افزار برنامه ریزی اجرای)

LOD PLANNER

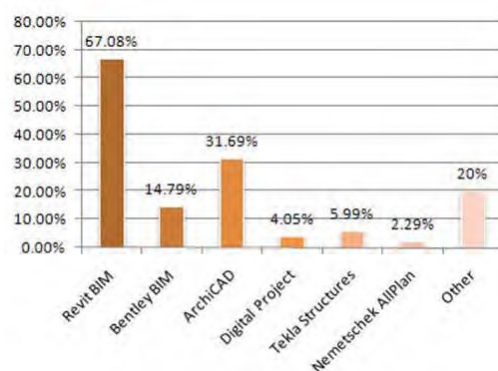
Validation software (نرم افزار اعتبار سنجی)

- BIM TRACK
- REVIZTO
- BIM ASSURE
- NAVISWORKS
- SOLIBRI MODEL CHECKER
- BIMCOLLAB
- SIMPLEBIM
-

Facility management software (نرم افزار مدیریت تسهیلات)

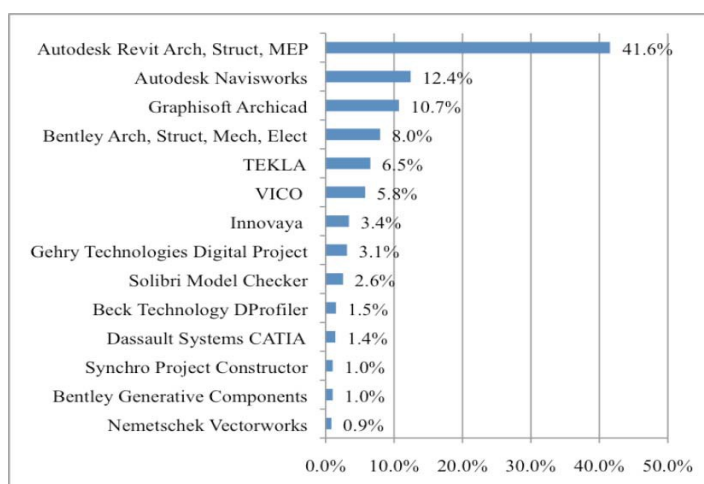
- ECODOMUS
- ONUMA
- ARCHIBUS
- YOUBIM
- VUEOPS

نتایج میزان گرایش به فناوری مدلسازی اطلاعات ساختمان و نیز نرم افزارهای مورد استفاده در آن به شرح زیر حاصل گردید:



نمودار ۴- نرم افزارهای مورد استفاده در فرآیند مدلسازی اطلاعات ساختمان (Suermann Patrick, 2007)

همچنین در تحقیقی دیگر، میزان سهم بازار از نرم افزارهای درگیر با مدلسازی اطلاعات ساختمان مورد بررسی قرار گرفت که نتیجه حاصله، بشرح ذیل می باشد:



نمودار ۵- میزان سهم بازار از نرم افزارهای درگیر با مدلسازی اطلاعات ساختمان (Jiang, 2011)

عملکرد مهم ترین نرم افزارها

در فرایند ساخت، بسترهای BIM میتوانند جهت امور گوناگونی بکار روند. به عنوان مثال توسط معماران در مدلسازی طراحی و تولید ترسیمات، توسط مهندسان برای طراحی سازه یا مدیریت اطلاعات انرژی، بوسیله پیمانکار برای توسعه مدل هماهنگی پروژه، و برای جزئیات نصب یا مدیریت تجهیزات، که هر کدام میتوانند در برگیرنده ابزارها و کارکردهای متفاوتی باشد. بعضی از این ابزارها با قابلیت چندکاربری به بازار عرضه میشوند. استراتژی های مختلف فروش و بازاریابی منجر به عرضه بسته های متفاوتی با مجموعه متفاوتی از کاربری ها گردیده است. در این قسمت به بررسی کلی چند بستر نرم افزاری BIM با تمرکز بر روی محصول اصلی و ارجاع به دیگر محصولاتی که بر روی این بستر اجرا میشوند، پرداخته و آنها را از سه منظر، بعنوان یک ابزار، بعنوان یک بستر و بعنوان یک محیط مورد بررسی قرار میدهم (مسلمان یزدی، ۱۳۹۶)

BIM360

یک نرم افزار مدیریت پروژه تحویل و ساخت پروژه است که فرآیندهای مختلف پروژه را یکپارچه می کند. BIM360 یک سرویس مبتنی بر وب است که برای بهبود تصمیم گیری و جلوگیری از تاخیرات در پروژه هاست. این ابزار به کاربر امکان می دهد کل چرخه حیات پروژه خود را کاملاً مدیریت کند. برخی از ویژگی های اصلی Autodesk BIM360 عبارتند از یک محیط کنترل شده برای به اشتراک گذاری کار، بررسی طراحی اولیه، هماهنگی در تحویل، هماهنگی BIM، تجسم تغییرات در کار،

مدیریت کیفیت، لیست های بررسی برنامه ایمنی. لذا این نرم افزار امکان کنترل ۳ درجه ای بر عملیات ساختمانی موجود خواهد بود.

Autodesk Revit

به عنوان یک ابزار

نرم افزار Revit محیطی با کاربری ساده با بالونهای راهنمای حین کار و مکان نمای هوشمند دارد. منوها سازماندهی مناسبی داشته و بصورت خودکار قابلیت های غیر قابل دسترس، به رنگ خاکستری (به معنای غیر فعال) درمی آیند. ترسیمات نسبتا ساده بوده و پشتیبانی خوبی از اشکال مختلف دارد. این نرم افزار، ویرایش دو طرفه از مدل به ترسیمات و برعکس و همچنین ویرایش دو طرفه از فهرست اشیاء (مانند درها) به مدل را پشتیبانی میکند Revit. قابلیت ساخت و توسعه مدلهای پارامتریک جدید و همچنین شخصی سازی از پیش طراحی شده را دارد.

به عنوان یک بستر

Revit معروف ترین بستر نرم افزار پیشرو در بازار برای BIM در طراحی معماری است. این نرم افزار در سال ۲۰۰۲ به وسیله شرکت AUTODESK معرفی گردید. و بستری کاملا متفاوت از کد، با ساختار فایل و پایه برنامه ریزی متفاوت است Revit خانواده ای از محصولات یکپارچه از جمله Revit معماری، Revit سازه و Revit تاسیسات می باشد این برنامه به کاربران اجازه می دهد که یک ساختمان و اجزایش را به صورت سه بعدی طراحی کرده، مدل را با عناصر نوشتاری دوبعدی تفسیر کرده و به اطلاعات ساختمان از پایگاه داده مدل های ساختمان دسترسی پیدا می کند. Revit نرم افزاری با قابلیت BIM چهاربعدی به همراه ابزارهایی به منظور نقشه کشی و ردیابی مراحل مختلف در چرخه حیات ساختمان است، از مفهوم اولیه گرفته تا ساخت و پس از آن تخریب را شامل می شود. سه محصول Revit (معماری، سازه) از فایل های با پسوند RVT برای ذخیره سازی مدل های BIM استفاده می کنند. معمولا یک ساختمان با استفاده از اشیاء سه بعدی برای ایجاد دیوارها، کف ها، پشت بام، پنجره ها، درها، سیستم های الکترونیکی و سایر اشیای مورد نیاز ساخته می شود. این اشیای پارامتری، اشیای ساختمانی سه بعدی (مانند درها و پنجره ها) و اشیاء دوبعدی (مانند بست ها) خانواده نام دارند و در فایل های RFA ذخیره می شوند و در صورت نیاز وارد پایگاه RVT می شوند.

Revit هم اکنون به عنوان رهبر بازار BIM، دارای بیشترین تعداد نرم افزارهای هم پیوند است که برخی مستقیما بواسطه API نرم افزار Revit و برخی دیگر بواسطه IFC و دیگر قالب فایل های تبادلی به نرم افزار مرتبط میشوند Revit همچنین از قالب DWF نیز پشتیبانی می کند.

به عنوان یک محیط Revit: از شناسه اشیاء برای مدیریت کارآمد آنها استفاده میکند. اگرچه اطلاعات ویرایش ها و تغییرات در سطح فایل ذخیره میشود و نه در سطح شی. این موضوع همگام سازی اشیاء تغییر داده شده را در فایل های مختلف محدود میسازد Revit. یک پلتفرم BIM هست ولی یک محیط BIM نیست و برای بکارگیری بعنوان محیط BIM پروژه های بزرگ، جهت مدیریت اشیاء نیاز با قابلیت هایی همچون ArchiCAD s DELTA Server دارد.

نقاط قوت:

Revit به عنوان یک ابزار طراحی، Revit ابزاری قوی و بصری است. ابزار های ترسیمات و تولید اشیاء آن عالی هستند. با این حال دلیل محدودیت اشیاء درون برنامه، طراحان ترجیح میدهند که اشیاء را در دیگر نرم افزار ها ساخته و به این نرم افزار وارد کنند. یادگیری این نرم افزار ساده است و رابط کاربری آن سازماندهی شده و کاربر پسند است. مجموعه وسیعی از کتابخانه های اشیاء برای این نرم افزار توسط شرکت سازنده و شرکت های ثالث توسعه داده شده و به علت تسلط آن بر بازار، بستر مورد پسند دیگر تولیدکنندگان نرم افزار BIM است. پشتیبانی از ویرایش دو طرفه و کتابخانه غنی اشیاء از دیگر نقاط مثبت این نرم افزار است. پشتیبانی چند وجهی نقشه ها در این نرم افزارها، قابلیت بهنگام سازی و مدیریت نقشه ها، از بخش های مختلف در محیط از جمله نماها و یا برنامه زمانی را به وجود می آورد. سادگی و سرعت یادگیری آن، افزایش سرعت و دقت ترسیم و همچنین تغییر نقشه ها، ترسیم همزمان سه بعدی و دو بعدی نقشه های سازه و تأسیسات و اعمال همزمان تغییرات بین این نقشه ها،

حذف خطاهای انطباق با نقشه های سازه و تأسیسات و اعمال همزمان تغییرات بین این نقشه ها، حذف خطاهای انطباق نماها و پلان ها و مقاطع، امکان انجام مطالعات اقلیمی (نور و سایه) بر روی ساختمان، امکان تعریف استانداردهای ساخت در تجهیزات ساختمان، محاسبه متره ساختمان و تغییر سریع آن در صورت تغییر نقشه ها، قابلیت ارتباطی با دیگر نرم افزارهای BIM از طریق IFC و نیز Autocad (ورودی و خروجی)، امکان طراحی حجمی و تبدیل آن به نقشه های اجرایی سایر مزایای این نرم افزار است.

نقاط ضعف Revit: این نرم افزار مستقیماً در حافظه سیستم اجرا میشود و به همین جهت در فایل های با حجم بیش از ۳۲۲ مگابایت به طرز مشخصی کند میشود. همچنین محدودیتهایی برای قواعد پارامتری وجود دارد. این نرم افزار پشتیبانی محدودی از سطوح منحنی پیچیده دارد و از امکانات کامل مدیریت اشیا بعنوان یک محیط BIM پشتیبانی نمیکند (Autodesk Revit, 2014).

Bentley Systems

به عنوان یک ابزار: به عنوان یک ابزار مدلسازی ساختمان و ترسیمات آن، بنتلی دارای یک مجموعه استاندارد از اشیا پارامتری است که میتوانند با هم در ارتباط برقرار کنند. اشیا پارامتری پیش فرض تنها میتوانند بوسیله رابط API این نرم افزار گسترش داده شوند. بنتلی همچنین میتواند با استفاده از ماژول Parametric Cell Studio از اشیا پارامتری سفارشی نیز استفاده کند. بنتلی توانایی خوبی در ساخت سطوح با استفاده از خطوط منحنی آزاد و تواناییهای مدلسازی احجام دارد. موتور رندر این نرم افزار سریع است و میتواند رندرهای با کیفیت و انیمیشن تولید کند.

به عنوان یک بستر: نرم افزارهای Bentley Microstation، فایل محور هستند. به این معنا که همه کارها و تغییرات فوراً در فایلها ذخیره شده و در نتیجه موجب بیار کتری بر حافظه سیستم میشود. علاوه بر نرم افزار پایه مدلسازی این مجموعه، بنتلی مجموعه بزرگی از سیستمها و نرم افزارهای اضافی برای پشتیبانی از محصولات نرم افزاری مهندسی عمران خود دارد.

به عنوان یک محیط: مجموعه بنتلی دارای یک سرور محبوب و چند پروژه ای با نام Project Wise است که قابلیت ایجاد چندین تکرار از فایل در قالب مجموعه های از پیش مرتب شده و مدیریت همه آنها را دارد. این سرور، فایل محور و نه شی محور بوده و از پیوند ها برای مدیریت ارتباط اسناد DNG، DWG، PDF و اسناد Microsoft Office استفاده میکنند.

نقاط قوت Bentley Systems: بنتلی طیف بسیار وسیعی از ابزارهای مدلسازی ساختمان را عرضه میکند که تقریباً تمامی وجوه صنعت AEC را پوشش میدهد. همچنین در مدلسازی از خطوط منحنی پیچیده پشتیبانی میکند. بنتلی در سطوح متعدد و پیشرفته ای از ساخت و توسعه اشیا پارامتری پشتیبانی میکند و افزونه مدلسازی پارامتری آن با نام Generative Components در بسیار از پروژه های ساختمانی برنده جوایز متعدد استفاده شده است. بنتلی همچنین پشتیبانی مناسبی از پروژه های بزرگ با اشیا زیاد و قابلیت های سرور دارد.

نقاط ضعف Bentley Systems: نرم افزارهای عرضه شده توسط بنتلی در سازگاری داده ها و رابط کاربری، تا حدودی یکپارچه هستند. بدین معنی که یادگیری و هدایت آنها زمان بیشتری میبرد. غیریکنواخت بودن ماژول های کاربردی که دربردارنده خصوصیات اشیا هستند نیز بر سختی یادگیری این نرم افزار می افزاید. ضعف در یکپارچگی نرم افزارهای متعدد این بسته، ارزش آن را کاهش میدهد. (Bentley Systems, 2014).

:ArchiCAD

به عنوان یک ابزار: رابط کاربری ArchiCAD، محیطی پرداخته با بالونهای راهنمای حین کار، مکان نمای هوشمند و منوهای عملیاتی حساس به محتوا دارد. ساخت ترسیمات بصورت اتوماتیک توسط نرم افزار صورت میگیرد. یعنی هر ویرایشی در مدل، بصورت خودکار در طرح بندی اسناد اعمال میشود. میتوان براحتی جزئیات، مقطع و تصاویر را در طرح بندی سند قرار داد. به عنوان یک ابزار مدلسازی پارامتری، ArchiCAD دارای طیف وسیعی از اشیا پارامتری پیش فرض است که قابلیت استفاده در طراحی سایت و فضاهای داخلی را دارد. (www.graphisoft.com).

به عنوان یک بستر ArchiCAD: میتواند با ابزارهای متعددی در حوزه های مختلف ارتباط برقرار کند. برخی مستقیماً بوسیله GDL و برخی دیگر بوسیله IFC به آن مرتبط می شوند.

به عنوان یک محیط ArchiCAD: اخیراً سرور کارگروهی و BIM خود را که همراه با بستر ArchiCAD عرضه میشود را گسترش داده است. قابلیت بروآوری هوشمند این نرم افزار که Delta Server خوانده میشود، این امکان را به کاربر میدهد تا مستقیماً به اشیاء یا نواحی مورد نظر خود در پروژه دسترسی پیدا کند. همچنین تغییرات در سرور فقط برای اشیاء اصلاح شده یعنی تازه ایجاد شده، ویرایش شده و حذف شده و توسط شناسه اشیاء و قالبهای زمانی اعمال میشود. این امکان کاربر را قادر میسازد تا به رهگیری تاریخچه تغییرات شی در طول عمر پروژه بپردازد.

نقاط قوت ArchiCAD: نرم افزار ArchiCAD نسخه ۰۱، دارای رابط کاربری بسیار شهودی و ساده ای است و کتابخانه های بزرگی از اشیاء را دارد و با نرم افزارهای غنی متعددی در بخش طراحی، سیستم های ساختمانی و مدیریت تجهیزات قابل استفاده است. این نرم افزار در تمامی فازهای پروژه به جز دتایل های ساخت قطعات قابل استفاده است. قابلیت سرور آن همکاری موثر چندین کاربر را (در سطح اشیاء) پروژه فراهم میکند. (www.graphisoft.com)

Archicad دارای بصری و نسبتاً ساده برای استفاده است. کتابخانه بزرگ و یک مجموعه غنی برنامه های کاربردی پشتیبان در طراحی، سیستم های ساختمان و مدیریت تسهیلات دارد. که می توان آن را در تمام مراحل به جزییات ساخت استفاده کرد. قابلیت های سرور آن در تسهیل همکاری پروژه موثر است. Archicad از بسترهای نرم افزاری MAC نیز پشتیبانی می کند. (ArchiCAD, 2014)

نقاط ضعف ArchiCAD: برخی محدودیتهای در پرداختن به مدلهای پارامتری سفارشی وجود دارد. اگرچه ArchiCAD به مانند Revit درون حافظه سیستم قرار دارد و میتواند در مورد پروژه های بزرگ با مشکل مواجه شود، با این حال قابلیت Delta Server این مجموعه، راهکار موثری برای مدیریت پروژه های بزرگ است. (ArchiCAD, 2014)

Tekla Structures:

به عنوان یک ابزار: در سالهای اولیه بعد از سال 2000 Tekla، قابلیت طراحی بتنی پیش ساخته و پرداختن به جزییات ساخت را به نرم افزار خود اضافه کرد و در سال 2021، با توجه به گسترش نرم افزار در زمینه های مختلف مهندسی سازه از جمله فولاد، بتن پیش ساخته، چوبهای ساختمانی، بتنهای پیش تنیده، نام این مجموعه را به Tekla Structure تغییر یافت. اخیراً به این نرم افزار قابلیت های مدیریت پروژه و ساخت نیز اضافه شده است.

به عنوان یک بست Tekla: قابلیت پشتیبانی از مجموعه بزرگی از نرم افزارها را دارد، Tekla دارای یک رابط برنامه نویسی باز است که از طریق آن میتواند با نرم افزارهای بسیاری در ارتباط باشد.

به عنوان یک محیط Tekla: از دسترسی همزمان کاربران به پروژه پشتیبانی میکند، پشتیبانی از شناسه اشیاء، قالب های زمانی و مدیریت در سطح اشیاء از ویژگی های دیگر Tekla است.

نقاط قوت Tekla: توانایی مدلسازی سازه هایی که طیف وسیعی از مصالح سازه ای و دتایل ها را دارند. توانایی پشتیبانی از مدل های بسیار بزرگ و عملیات همزمان کاربران بر روی یک پروژه. همچنین این نرم افزار از ساخت و شخصی سازی کتابخانه های اشیاء سفارشی پشتیبانی خوبی به عمل می آورد. (www.tekla.com)

نقاط ضعف Tekla: اگرچه Tekla ابزار قدرتمندی است، ولی همه کاره بودن نرم افزار موجب پیچیدگی در یادگیری و کاربرد می شود. توانایی این نرم افزار در پرداختن به اشیاء پارامتری بسیار موثر است و در عین نقطه قوت بودن، نیاز به اپراتورهای با توانایی بالا دارد. اگرچه میتوان سطوح پیچیده منحنی را به داخل نرم افزار وارد کرد، با این حال نمیتوان آنها را ویرایش نمود. این نرم افزار، قیمت بالایی دارد. (Tekla Official Website, 2014)

Vectorworks

یک بستر نرم افزاری طراحی برای معماران، طراحی شهری، مبلمان است.

نقاط قوت Vectorworks

یادگیری این نرم افزار ساده است. محدودیت کمی به طراح تحمیل می کند و قابلیت طراحی همه چیز در آن وجود دارد.

نقاط ضعف VectorWorks

این بستر نرم افزاری قابلیت همکاری کمی با سایر نرم افزارها داشته است. اما در نسخه اخیر تا حدودی این مشکل برطرف شده است هم شناخته می شود، نرم افزار مدیریت پروژه شرکت ادوبی است. JetStream که به عنوان Navisworks قابلیت های فراوانی برای هماهنگی، شبیه سازی ساخت و آنالیز های کامل برای بررسی پروژه دارد. ابزار Navisworks برای آنالیز و بهبود برنامه ریزی پروژه، شناسایی ناهماهنگی ها و افزایش همکاری در مدیریت پروژه Navisworks درونی از Navisworks امکانات فراوانی دارد. این نرم افزار همچنین قابلیت برآورد هزینه در مراحل مختلف را دارا می باشد. ArchiCAD و 3D Studio مایکرواستیشن، Revit بسیاری از فرمت های مرسوم پشتیبانی می کند و علاوه بر این از به خوبی پشتیبانی می کند.

مزایای Navisworks

حجم پایین فایل های مدل در این نرم افزار است که باعث می شود علاوه بر سهولت Navisworks یکی از محاسن به قصد مدیریت Navisworks در انتقال فایل محاسبات و نمایش فایل هم سریع تر و راحت تر صورت گیرد. اگرچه یک موتور Navisworks پروژه توسعه داده شده ولی قابلیت های کاملی برای کارکردن با مدل سه بعدی را دارد قدرتمند برای رندر تصویر دارد و همچنین کار کردن با متریال نور در آن راحت است. این باعث می شود کاربر به راحتی در حضور مشتری ارائه شود. حتی مشتری می تواند فایل مدل را که بسیار سبک است دریافت کند و برای دیدن آن بدون نیاز از برنامه های نمایش دهنده رایگان یا حتی سرویس های آنلاین استفاده کند. به این صورت مشتری Navisworks به قابلیت پیمایش Navisworks می تواند تاملی هرچند محدود در محیط سه بعدی با تیم پروژه داشته باشد. همچنین سریع در عناصر ساختمان را دارد و می تواند به سرعت در آن تصادفات را مشخص کند.

نقاط ضعف Navisworks

مانند اکثر نرم افزارهای شرکت ادوبی سالیانه بروز می شود و شاید این خود نقطه ضعفی برای این Navisworks نرم افزاری Navisworks نرم افزار باشد، زیرا همیشه بین نسخه های نرم افزارها انطباق پذیری صد در صد وجود ندارد بسیار پیچیده نیست ولی برای استفاده از تمام قابلیت هایش حتما نیاز به آموزش است. تنها با بستر نرم افزاری رویت قابلیت همکاری دارد.

نرم افزار BIMx Pro

ساخته شده است. از ویژگیهای ArchiCAD سازنده برنامه معروف Graphisoft توسط شرکت BIMx Pro نرم افزار است. همچنین iCloud و یا Dropbox سیستم ابری نمیباشد ولی قابل کار کردن توسط سیستم های ابری دیگر مانند میتوان برای اجزا مختلف مدل سه بعدی لینک های به خارج از محیط برنامه داد مانند فایل های اکسل و یا وبسایت های Smart Measure مختلف که مشخصات فنی آن المان را معرفی میکنند. یکی از ویژگی های جالب این نرم افزار امکان میباشد که امکان آن را میدهد کاربر به سهولت ابعاد و احجام را در مدل دوبعدی و یا سه بعدی به دست بیاورد. این نرم افزار (GRAPHISOFT, 2016). امکان پرینت دوبعدی و سه بعدی را نیز در اختیار استفاده کنندگان میگذارد

نرم افزار Solibri Model Checker

تحلیل و نشان دادن تداخلات و برخوردهای قسمت های BIM این نرم افزار نیز یکی از نرم افزارهای مشهور در زمینه مختلف و مشخص کردن ویرایش ها و تغییرات انجام یافته بر روی مدل مورد مطالعه از ویژگی های این نرم افزار میباشد و میتوان نقشه های مختلف را که مورد بازبینی قرار گرفته اند نسبت به یکدیگر مقایسه کرد. همچنین به کاهش زمان برای بازبینی طراحی و کاهش هزینه ها نیز کمک زیادی میکند. با استفاده از سیستم ابری تمامی کاربران قادر به مبادله اطلاعات با یکدیگر میباشند و میزان دسترسی هر کاربر میتواند مورد اعمال محدودیت قرار گیرد. از دیگر امکانات آن نیز به برآورد استفاده Excel احجام، مقادیر و مساحت های مختلف به صورت فهرست های مختلف اقدام کرد و از آنها در خروجی برنامه (SOLIBRI, 2016) کرد.

بررسی سه بعدی از هر زاویه دلخواه	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
الصاق نقشه ها	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
اندازه گیری	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
تشخیص تداخلات	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
یادداشت نویسی	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
پشتیبانی از سیستم ابری	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	دسترسی کاربران در سطوح مختلف
✓	✓	✓	*	✓	✓	✓	اتصال از طریق کامپیوتر
✓	✓	✓	✓	✓	*	✓	اتصال از طریق تلفن همراه و تبلت
Trimble	Autodesk INC	Bentley GRAPHISOFT Systems	GRAPHISOFT	Autodesk INC	SOLIBRI INC	Trimble Solutions Corporation	سازنده
149	۸۸۸	900	68	1400	116	57	حجم نرم افزار

جدول شماره ۳: مقایسه نرم افزارهای BIM (Stylianidis و Logothetis, 2016)

ردیف	نام نرم افزار	طبقه بندی نرم افزار	حوزه	کاربران	پیوند با نرم افزارهای دیگر	قابلیت همکاری (خروجی نرم افزار)	منبع باز (open source)
۱	Revit Architecture	نقشه کشی و طراحی	معماری	معماران و طراحان	AutoCAD, Google SketchUP, Excel, ODBC, Google Earth	IFC, gbXML, DWG	نیست
۲	Revit Structure	نقشه کشی و طراحی	سازه	مهندسان سازه و عمران	Ecotect, Green Building Studio	IFC, DWG	نیست
۳	Revit MEP	نقشه کشی و طراحی	مکانیک و الکترونیک	مهندسين مکانیک، برق و تاسیسات	Ecotect, Green Building Studio	IFC, DWG	نیست
۳	ArchiCAD	برنامه ریزی و طراحی ساخت و ساز	معماری	معماران	Revit	IFC	نیست
۴	Vectorworks	نقشه کشی و طراحی	طراحی منظر	نقشه کشی و معماران منظر	Google Earth	DWG, DXF	نیست
۵	Bentley suite	نقشه کشی و طراحی	معماری و سازه و مکانیک	معماران، مهندسان مکانیک و سازه و تاسیسات	SketchUp	DWG, gbXML, IFC, PDF	نیست
۶	sketchup	نقشه کشی و طراحی	طراحی و معماری	معماران	Google Earth	DWG, DXF	رایگان برای نسخه محدود، هزینه کمی برای نسخه کامل

نتیجه گیری

با بررسی مفاهیم بنیادی و مزایای مدل سازی اطلاعات ساختمان و شناخت انواع نرم افزارها و دسته بندی آن ها در ده زمینه و بررسی نقاط ضعف و نقاط قوت این نرم افزارها جداول مقایسه در زمینه عملکرد نرم افزارهای مهم مدل سازی اطلاعات ساختمان BIM و طبقه بندی آنها در حوزه کاری و استفاده از آن ها به این نتیجه می رسیم که اهمیت شناخت ویژگی های این نرم افزارها معایب و مزایای آن ها تاثیر زیادی در انتخاب درست آن ها در مراحل مختلف ساخت ساختمان از طراحی، اجرا، مدیریت و کنترل پروژه حتی بهره برداری از آن را دارد، با شناخت دقیق انتخاب و استفاده درست این نرم افزارها در هر حوزه و هر مرحله می توانیم استفاده ای بهینه از زمان و برنامه ریزی و زمان بندی صحیح فعالیت ها در پروژه ها و کنترل و مدیریت صحیح و دقیق تر را در طولانی مدت انجام داد که باعث کاهش چشم گیری از زیان ها و هزینه های دوباره کاری که سبب تاخیر در ارائه کار می شود را دارد و در نتیجه عملکرد و کارایی و راندمان تیم اجرایی را بالا می برد زمان اتمام و هزینه های اضافی را کاهش می دهد، برای آشنایی دقیق و شناخت ویژگی های نرم افزارهای مدل سازی اطلاعات ساختمان BIM پیشنهاد می شود که آموزش این مبانی جزو واحدهای درسی دانشجویان مقاطع لیسانس و کارشناسی ارشد معماری و عمران و تاسیسات قرار بگیرد.

منابع و مراجع

- [۱] عابدینی بهزاد، شاکری اقبال (۱۳۹۳)؛ کنترل هزینه ها در پروژه های ساختمانی با استفاده از BIM، اولین کنفرانس بین المللی مدیریت در قرن ۲۱
- [۲] قربانی نوع سمیه (۱۴۰۰)؛ برنامه ریزی، کنترل و مدیریت پروژه با استفاده از مدلسازی اطلاعات ساختمان: ماهنامه عمران و پروژه، دوره ۳، شماره ۲: اردیبهشت ماه ۱۴۰۰.
- [۳] احمدزاده، ف. (۱۳۹۴) نقش استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان BIM در کاهش هزینه های ساخت و ساز.
- [۴] اخلاصی، ا.؛ حمزه نژاد، م.؛ خدای، ا. (۱۳۹۵) تاثیرات روش BIM بر روابط اجتماعی افراد و تیم ها در صنعت
- [۵] ادیب فر علیرضا، چاوشیان سیدعلی (۱۳۹۵)؛ بررسی امکانات و محدودیت ها در بکارگیری مدل سازی اطلاعات ساختمانی (BIM) در شرکتهای کوچک ساختمانی: اولین کنفرانس ملی پژوهش های کاربردی در مهندسی عمران (مهندسی سازه و مدیریت ساخت) ۱۳۹۵.
- [۶] بدای مصطفی، کشاورزحدادها اعظم، حاجی یخچالی، سیامک. (۱۳۹۵)؛ فواید و مشکلات پیاده سازی مدلسازی اطلاعات ساختمان
- [۷] بشاش علی، میکیلی علی اکبر، اسمعیلی مهدی، نوری غزال، بهلولی نوید (۱۳۹۹)؛ معرفی نرم افزارهای فرآیند مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM): چهارمین کنفرانس بین المللی مهندسی عمران، سازه و زلزله.
- [۸] حسینی، رضا، طراحی و تولید به کمک کامپیوتر، ۱۳۷۶، تهران: نشر عرفان. در صنعت ساخت و ساز: اولین کنفرانس بین المللی و سومین کنفرانس ملی مدیریت ساخت و پروژه.
- [۹] زندیه مهدی، محمود راده کنی ایرج، حصار پدram (۱۳۹۶)؛ مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) مدلی در جهت بهبود فرآیند طراحی: فصلنامه علمی-پژوهشی نقش جهان شماره ۲-۷ تابستان ۱۳۹۶.
- [۱۰] عزیزی بابانی محمد حسین، زرکش افسانه، بمانیان محمدرضا (۱۳۹۸)؛ نقش فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان در دستیابی به اهداف توسعه پایدار در زمینه طراحی معماری: فصلنامه رشد فناوری، سال هفدهم، شماره ۶۵، زمستان ۱۳۹۹.
- [۱۱] عقیلی زاده اقدام کریم، چهر زاد محمد (۱۳۹۵)؛ معرفی و مقایسه برخی از نرم افزار ها در حوزه مدلسازی اطلاعات ساختمان، اولین کنفرانس بین المللی و سومین کنفرانس ملی مدیریت ساخت و پروژه.
- [۱۲] فضیلت فرجی مونا، مسلمان یزدی حسنعلی، مسلمان یزدی علیرضا (۱۳۹۶)؛ شناسایی کارکردهای بکارگیری BIM در طراحی داخلی پروژه های ساختمانی: دومین کنفرانس ملی پژوهش های کاربردی در مهندسی سازه و مدیریت ساخت دانشگاه صنعتی شریف -اسفند ۹۶.
- [۱۳] فلاح امید، فلاح احمد علی (۱۳۹۵)؛ بررسی مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM): چهارمین همایش ملی مصالح ساختمانی و فناوری های نوین در عمران، معماری و شهرسازی اسفند ۱۳۹۵.
- [۱۴] گروتر، یورگ کورت (۱۳۸۹)، زیبایی شناسی در معماری، ترجمه مجتبی دولتخواه، سلماز همتی، نشر دولتمند، چاپ اول، تهران.
- [۱۵] گلابچی، م. و همکاران (۱۳۹۶)، مدلسازی اطلاعات ساختمان در صنعت ساختمان-۱۵
- [۱۶] مدیری ناصر، مهر نهاد حمید (۱۳۹۶)؛ مقاله بررسی مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) در پروژه ها ساختمانی یزد ۱۳۹۶: فصلنامه علمی-پژوهشی نقش جهان شماره ۲-۷ تابستان ۱۳۹۶.
- [۱۷] مسلمان یزدی حسنعلی، سیستم های نوین در مدیریت ساخت پروژه های عمرانی، چاپ اول، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد میبد، (۱۳۹۵)
- [۱۸] مصلحی زهرا، میرزاخانی زهرا، لک محمد (۱۳۹۷)؛ مدیریت برنامه ریزی و کنترل پروژه در پروژه های معماری-عمرانی: ششمین کنفرانس بین المللی مهندسی عمران، معماری و محیط زیست اسفند ۱۳۹۷.
- [19] Curran Associates, Inc, 2008: Partnership for Innovation, 2008for Civil Engineering *SOLIBRI MODEL CHECKER* [Online]. Available: 2016 SOLIBRI.436-426
- [20] ArchiCAD. (n.d.). Retrieved May 01,2014.
- [21] Autodesk Revit. (n.d.). Retrieved May 01,2014 --22
- [22] Autodesk Revit. (n.d.). Retrieved May 01,2014.

- [23] B. Giel and R. Issa, "Return on investment analysis of using building information modeling in construction," *Journal of computing in civil engineering*, vol. 27, no. 5, pp. 511-521, 2013.
- [24] Bentley Systems. (n.d.). Retrieved May 01,2014
- [25] BIM project presentation on mobile devices [Online]. Available: ۲۰۱۶GRAPHISOFT.
- [26] C. Suermann Patrick, I. R. (2007). EVALUATING THE IMPACT OF BUILDING Contractors
- [27] D. Mcnell, "Building Informamtion Modeling," InfoComm International, 2010
- [28] Eastman, Chuck . Teicholz, Paul.Sacks, Rafael. Liston, Kathleen. (2011) BIM Handbook: A INFORMATION MODELING (BIM) ON CONSTRUCTION. Paper presented at the 7th
- [29] F. Khosrowshahi,et all, "BIM adoption in implementation for architectural practice," Prentice Hall, London, 2012.
- [30] Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and
- [31] <http://www.graphisoft.com/archicad/>
- [32] <http://www.graphisoft.com/archicad/>
- [33] <https://kargosha.com>
- [34] <https://kargosha.com>
- [35] <https://www.aiadallas.org/v/event-detail/Navisworks-Training/38k/>
- [36] <https://www.aiadallas.org/v/event-detail/Navisworks-Training/38k/>
- [37] <https://www.autodesk.com/products/navisworks/overview>
- [38] <https://www.autodesk.com/products/navisworks/overview>
- [39] <https://www.autodesk.com/products/navisworks/overview>
- [40] <https://www.autodesk.com/products/navisworks/overview>
- [41] <https://www.bentley.com/en>
- [42] <https://www.bentley.com/en>
- [43] <https://www.lodplanner.com/bim-software/>
- [44] <https://www.lodplanner.com/bim-software/>
- [45] <https://www.tekla.com/products/tekla-structures>
- [46] <https://www.tekla.com/products/tekla-structures>
- [47] J. [Newzealand] Williams, "New Zealand BIM Handbook," BIM acceleration committee, Auckland, 2014.
- [48] Jiang, X. (2011). Developments in cost estimating and scheduling in bim technology. Northeastern University, BIM-based Safety Management and Communication for Building. Construction (2011).
- [49] K. Barlish; et all, "How to measure the benefits of BIM - A case study approach," *Automation in construction*, vol. 24, pp. 149-159, 2012.
- [50] Kensek, K., (2014). Building information modeling. London New York: Routledge, Taylor & Francis Group.
- [51] Levy, F., BIM in small- scale sustainable design. 2012, NewJersey: John Wiley and Sons, Inc.
- [52] Logothetis Sotiris, Stylianidis Efstratios (2016), BIM OPEN SOURCE SOFTWARE (OSS) FOR THE DOCUMENTATION OF CULTURAL HERITAGE, Faculty of Engineering, School of Spatial Planning & Development, Aristotle University, Thessaloniki
- [53] M. R. [NewYork] Bloomberg and e. all, "BIM Guidelines," New York City Department of design + construction, New York, 2012.
- [54] Mercer, "Defining quality of living," Mercer human resources consulting LLC., 2007.
- [55] NBIMS. National Building Information Modeling Standard. 2010.
- [56] Tekla Official Website. (n.d.). Retrieved May 01,2014