

شناخت و امکان‌سنجی بکارگیری سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در آموزش معماری ایران

Recognition and Feasibility Study of Implementing Building Information Modeling (BIM) in Architectural Education in Iran

مرجان لطیفی اسکوئی^۱، سید امیرسعید محمودی^۲ (نویسنده مسئول)، الهام ناظمی^۳

| | | | |
|--------------|----------------|--------------|----------------------|
| تاریخ ارسال: | تاریخ بازنگری: | تاریخ پذیرش: | تاریخ انتشار آنلاین: |
| ۱۳۹۸/۰۷/۲۰ | ۱۳۹۸/۱۲/۲۶ | ۱۳۹۹/۰۲/۱۰ | ۱۳۹۹/۰۴/۳۱ |

چکیده

گرچه امروزه مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و آموزش آن از موضوعات مهم و رو به رشدی در عناوین پژوهش‌های اخیر در جهان به شمار می‌رود، اما این جریان نوین بخصوص آموزش آن در کشور ایران نادیده گرفته شده است. پژوهش حاضر با هدف پیشنهاد چارچوب مفهومی جهت شناخت بکارگیری سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در آموزش معماری ایران انجام یافته است. این پژوهش از نظر هدف، کاربردی بوده و رویکردی آمیخته؛ شامل نمونه موردی ثانویه، پیمایش و گروه کانونی دارد. انتخاب جامعه آماری به روش هدفمند بوده و حجم نمونه تعداد ۲۰۰ نفر دانش‌آموخته معماری است. خطای اندازه‌گیری ۰/۰۵ و سطح اطمینان ۹۵ درصد، بوده است. پرسشنامه‌ها بصورت آنلاین پخش و با استفاده از نرم‌افزار آماری (اس.پی.اس.اس) تحلیل شده‌اند. روایی پرسشنامه‌ها ارزیابی و پایایی متغیرها از طریق آزمون آلفای کرونباخ با ضریب ۰/۸۷۶ محاسبه و تایید شده است. ابتدا با استفاده از نمونه‌های موردی چارچوب نظری پژوهش ترسیم و سپس نظرات مشارکت کنندگان اخذ و تحلیل گردیده و در انتها چارچوب نهایی توسط گروه کانونی از اساتید و خبرگان اعتبار‌سنجی گشته است. سطح و اهداف دوره با توجه به نتایج آزمون کای اسکوئر چنین بدست آمد که سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان می‌تواند در مقاطع مختلف و به همراه سایر کلاس‌های آموزشی بکار رود. همچنین از آزمون‌های t یک نمونه‌ای و رتبه‌بندی فریدمن جهت انتخاب محتوا و اهمیت دوره‌ها استفاده شده که بیشترین میزان اهمیت کاربرد سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در مدیریت پروژه، مباحث پایداری و کارگاه طراحی معماری و کمترین میزان اهمیت کاربرد آن در حوزه مفاهیم و تصورات ذهنی بدست آمده است. براساس یافته‌ها، سه حوزه نرم‌افزار و مدل‌سازی؛ مفاهیم و تئوری؛ و مدیریت اطلاعات؛ در چارچوب آموزشی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان موثر شناخته شده و به عنوان نمونه برنامه درسی دوره کارشناسی معماری مورد بررسی قرار گرفته است و الگوی آموزشی نهایی به صورت تلفیقی در مقاطع مختلف تحصیلی پیشنهاد شده است.

واژه‌های کلیدی:

سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، آموزش معماری، چارچوب مفهومی، آموزش سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در ایران.

۱. پژوهشگر دکتری معماری، گروه معماری، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران. latifimarjan@gmail.com
۲. استاد مدعو، گروه معماری، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران. دانشیار، دانشکده معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران. amahmood@ut.ac.ir
۳. استادیار، مرکز تحقیقات افق‌های نوین در معماری و شهرسازی، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران. elhamnazemi@par.iaun.ac.ir

* این مقاله برگرفته از بخشی از مطالعات رساله دکتری نویسنده اول با عنوان "ضرورت ایجاد تحول در ساختار آموزش معماری در ایران (پیشنهاد بکارگیری آموزش سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در مقاطع مختلف آموزش معماری)" است که با راهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسنده سوم در دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد در حال انجام است.

۱- مقدمه

توسعه صنعت ساخت‌وساز و فناوری از عمده‌ترین مظاهر پیشرفت و توسعه جوامع بشری هستند. مسائلی چون افزایش هزینه‌ها؛ ضایعات؛ ریسک بالا؛ بهره‌وری پایین نیروی انسانی؛ و مسائل زیست محیطی، صنعت ساخت‌وساز را به چالش‌های بسیاری روبرو نموده است. امروزه مدل‌سازی اطلاعات ساختمان "بی‌م" ^(۱) به عنوان یکی از پیشرفت‌های فناورانه پدید آمده در صنایع ساختمانی با فراهم آوردن ابزارهایی متنوع سبب دگرگونی و افزایش بهره‌وری در صنایع و حرفه گشته است. به عبارتی این پتانسیل‌ها سبب گشته است تا اقبال عمومی نسبت به کاربرد و پیاده‌سازی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در کشورهای مختلف به وجود آید و استفاده از آن روز به روز بیشتر گسترش یابد.

اما تعداد محدودی از کشورها رویکردهای ملی برای آموزش سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان دارند و کمبود رویکردها و برنامه‌های آموزشی و دوره‌های تحصیلی مرتبط، از مهم‌ترین موانع بکارگیری و پیاده‌سازی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به شمار می‌آیند (Abdirad & Dossick, 2016). در سال‌های اخیر افزایش قابل توجهی در زمینه تحقیقات سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به وجود آمده است. اما پژوهش در مورد برنامه‌ها و دوره‌های تحصیلی آموزش سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و تاثیر نتایج آنها در موسسات آموزش عالی و فارغ‌التحصیلان این دوره‌ها در تحقیقات آکادمیک بصورت محدودی پرداخته شده است. در ایران این سیستم هرچند به صورت محدودی توسط برخی شرکت‌های مهندسی و افراد متخصص بکار می‌رود، اما هنوز به طور جدی در برنامه درسی رشته معماری به آن توجه نشده است. این در حالی است که دانشگاه‌های بسیاری در سراسر دنیا با ارائه مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در برنامه آموزشی خود سعی در معرفی و استفاده از این سیستم متناسب و بر اساس نیاز صنعت ساخت‌وساز و سازشان داشته‌اند. این مقاله با بررسی تعریف و جایگاه مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به ضرورت معرفی و پیاده‌سازی آن در آموزش معماری پرداخته و سپس با بررسی و مقایسه برنامه‌های جاری برخی دانشگاه‌های بزرگ دنیا در مورد استراتژی‌های ارائه آن در برنامه‌های درسی با رویکردهای مختلف سعی در ارائه چارچوب پیشنهادی مناسب جهت بکارگیری این سیستم در کشور ایران خواهد داشت.

۱-۱- سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان

قبل از دهه هشتاد میلادی ترسیمات معماری و ساختمان عموماً به طریق دستی و بر روی کاغذهای پوستی صورت می‌گرفت. از سال ۱۹۸۰ تا اواخر ۱۹۹۰ میلادی با تحولات تکنولوژیک و ورود کامپیوتر تغییر مهمی از روش‌های قدیمی ترسیم به سوی طراحی به کمک کامپیوتر اتفاق افتاد. همزمان با پیچیده‌تر شدن ترسیمات؛ درگیر شدن افراد بیشتری در پروژه؛ و چالش‌های مربوط به سیستم‌های مختلف ساختمانی، نیاز به برنامه‌ها و نرم‌افزارهای کامل‌تر و یکپارچه‌تر، این جریان را به سوی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و حوزه‌های نوین‌تر مدیریت چرخه حیات ساختمان پیش برده است.

اساساً سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان فناوری نوینی جهت طراحی و تولید اجزای ساختمان در صنعت ساخت و ساز مهیا می‌کند. این سیستم از مدل کامپیوتری جامعی با فرایندی مبتنی بر همکاری در مقابل مجموعه ترسیمات جداگانه سنتی طراحی ساختمان بهره می‌برد (Alwan, Jones, & Holgate, 2017). در این روش مرجع بهینه‌سازی طراحی، نظارت، ساخت پروژه، تحویل، بهره‌برداری، بازسازی و حتی تخریب ساختمان، مدل دیجیتال پروژه می‌باشد. ایستمن نویسنده یکی از معتبرترین کتب در این زمینه، در تعریفی کلی اشاره می‌کند که: سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان یک فناوری مدل‌سازی و فرایندهای به هم پیوسته‌ای است جهت تولید، ارتباط و تحلیل مدل‌های ساختمانی، همچنین مدل‌سازی اطلاعات ساختمان را روشی هوشمندانه برای طراحی ساخت و مدیریت، قبل و بعد از اجرا می‌داند (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011). موسسه سلطنتی معماران بریتانیا به همراه چند موسسه دیگر سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان را اینگونه تعریف کرده‌اند: «ارائه دیجیتال ساختارهای فیزیکی و عملکردی و امکان ایجاد منبع دانش اشتراکی برای اطلاعاتی که تصمیماتی قابل اعتماد در طول چرخه حیات پروژه از کانسپت اولیه تا تخریب را شکل می‌دهند» (CPIC, 2011). تصویرسازی عناصر سازه و سایر اطلاعات در سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، امکان پیش‌تحلیلی از آنها جهت پیش‌بینی مسائل ممکن در خلال ساخت و ساز فراهم می‌نماید و مسیر هرگونه تغییری در طراحی را جهت تحلیل بیشتر ذخیره می‌کند (Kushwaha, 2015). سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان را می‌توان به عنوان یک پلت‌فرم کاری مشترک و

مشترک چند رشته‌ای جهت اشتراک تغییرات، مدیریت و ارتباطات به طور همزمان در میان افراد پروژه دانسته‌اند. ولی باید توجه نمود که در واقع فرایندها بستگی به اصول و قوانین هدایت‌کننده تصمیم‌گیری (جریانهای تسهیل‌کننده فرایند) دارند، که این مهم؛ حوزه سیاست، به معنای قوانین و استانداردها و برنامه‌های آموزشی مرتبط را آشکار خواهد نمود. بنابراین در این پژوهش فرض شده است که سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان عبارت است از؛ سیاست‌ها، فرایندها و فناوری‌های به هم پیوسته‌ای؛ جهت اشتراک تغییرات، مدیریت و ارتباطات به طور همزمان در میان افراد ذی‌نفع و در سراسر چرخه حیات پروژه.

در واقع مزایای کاربرد این سیستم می‌تواند کل چرخه حیات یک پروژه را پوشش دهد و به طور حتم انتقال از شیوه‌های رایج مستندسازی و ارائه پروژه‌ها در شرکت‌های ساختمانی به روش جدید سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان نیازمند ایجاد پاره‌ای از تغییرات است. (تصویر ۱) مقایسه‌ای میان روش‌های سنتی طراحی و ساخت پروژه‌ها با مفهوم اصلی فرآیند یکپارچه سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان را نشان می‌دهد (MacLeamy, 2004). در فرآیند یکپارچه، هزینه‌های پروژه کاهش و قابلیت‌های عملکردی افزایش می‌یابد. همچنین در این فرآیند نسبت به روش سنتی هزینه تغییرات کاهش و زمان اجرای طراحی جلو می‌افتد (Bastani & Mahmoodi, 2018).

چندرشته‌ای نیز تعریف نمود که تغییرات، مدیریت، و ارتباطات به طور همزمان در میان افراد پروژه به اشتراک گذاشته می‌شود (De Masi, 2015). این امر به بازیابی اطلاعات مفید در هر زمان و جلوگیری از اتلاف زمان و کاهش احتمال خطاها کمک خواهد نمود (Logothetis & Stylianidis, 2016). به طور اخص سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان می‌تواند به عنوان مجموعه‌ای از مفاهیم که مستقیماً مربوط به بکارگیری فناوری اطلاعات و مدیریت اطلاعات در کاربردها و فرایندهای صنعت ساخت و ساز است تلقی گردد.

مدل‌سازی اطلاعات ساختمان بسته به حوزه تخصصی و اهداف پژوهشگران دارای تعاریف مختلفی است؛ با بررسی تعاریف مرتبط دیدگاه‌های مختلفی متناسب با حوزه‌هایی متفاوت قابل تعریف و برداشت است. دسته اول پژوهشگران با تاکید بر حوزه فناوری، سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان را فناوری مدل‌سازی مجازی ساختمان دانسته‌اند. دسته دوم بر حوزه فرایند به معنای شبیه‌سازی هر فعالیتی در ساختمان توجه داشته و این سیستم را فرایند مبتنی بر فناوری اطلاعات که طراحی کاملی از تمامی اطلاعات ساختمان در فازهای مختلف چرخه حیات پروژه به شکل داده ذخیره کرده است تعریف نموده‌اند. دسته سوم نیز با تاکید بر هدف یکپارچه‌سازی طراحی و اهمیت قابلیت همکاری و تعامل پذیری این سیستم آن را پلت‌فرم‌کاری

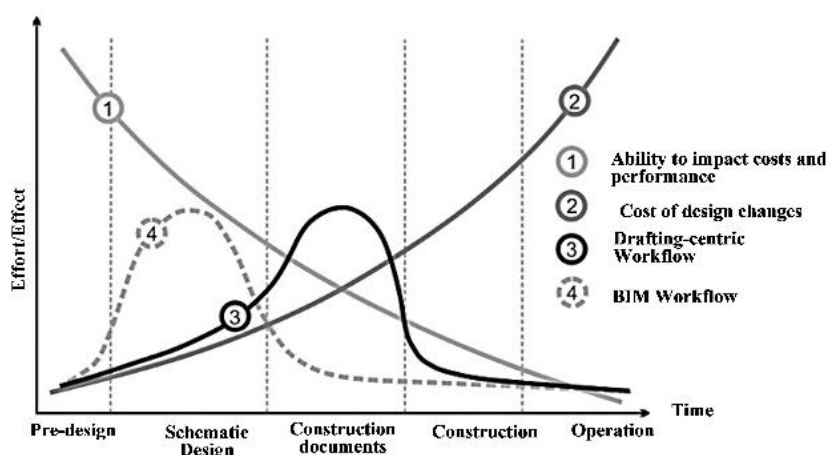


Fig. 1 The comparison of workflow of conventional construction process and BIM concepts (MacLeamy, 2004; Bastani & Mahmoodi, 2018)

در روش‌های سنتی شاهد تغییرات قابل ملاحظه‌ای در مرحله مستندسازی مدارک ساخت و هنگام رویارویی با مسائلی چون افزایش هزینه‌ها و تاخیر زمانی پروژه هستیم. در صورتی که سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به این

در روش‌های سنتی شاهد تغییرات قابل ملاحظه‌ای در مرحله مستندسازی مدارک ساخت و هنگام رویارویی با مسائلی چون افزایش هزینه‌ها و تاخیر زمانی پروژه هستیم. در صورتی که سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به این

است، که با استفاده از برنامه‌های کاربردی مانند "رویت"^۲، "آرشیگد"^۳، و "بنتلی"^۴، به وجود می‌آیند. در حالیکه نماهای دو بعدی و سه بعدی پروژه و جداول مشخصات آن در اختیار طراحان است و با تغییر داده‌ها در یک نما؛ سایر دیدگاه‌ها به طور خودکار تغییر کرده و به روز می‌شوند. "رویت" تنها برنامه کاربردی است که جهت مدل‌سازی اطلاعات ساختمان با ترکیب طراحی معماری، تاسیسات مکانیکی، تأسیسات الکتریکی، سازه و اسناد ساخت بکار می‌رود. رویت و دیگر برنامه‌هایی که برای سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به وجود آمده‌اند به طراحان در امر طراحی، مدل‌سازی، ارائه و یکپارچگی اطلاعات در یک مدل واحد کمک می‌کنند. (تصاویر ۲ الی ۶) انواع مختلف اطلاعاتی که می‌توان با نرم افزار رویت و تحت مفهوم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به صورت یکپارچه در طراحی پروژه های معماری و ساخت، بهره‌برداری نشان می‌دهند.

اطلاعات ساختمان نیز به ارزشمند بودن و پتانسیل‌های آن در مفاهیم فناوریانه جدید اشاره دارند.

۱-۲- برنامه‌های کاربردی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان

برخلاف تصور بسیاری سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان یک برنامه کاربردی نیست و مدل‌های کاربردی طراحی، ساخت و ساز، مدیریت پروژه و زیرساخت‌ها که با کمترین هزینه و حداقل تاثیرات زیست محیطی و حداکثر سرعت ساخت باشند، بر پایه مفهوم آن ایجاد شده‌اند. مدل سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان یک مدل هوشمند، زمینه‌گرا و معنادار است که اشیاء در آن برحسب اجرا و سیستم‌های ساختمانی از جمله فضاها، دیوارها، تیرها، ستون‌ها، لوله‌ها، کانال‌ها و غیره تعریف می‌شوند. کلمه کلیدی در مدل‌سازی اطلاعات ساختمان "اطلاعات" است. تمرکز سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان بر مدل‌های شی‌گرایی



Fig. 2 Architectural modelling and presentation (Autodesk, 2018)

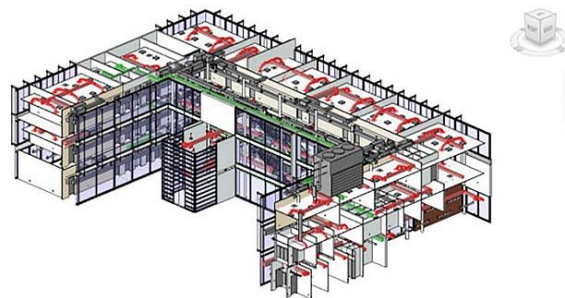


Fig. 3 Mechanical, electrical and plumbing (MEP) modelling (Autodesk, 2018)

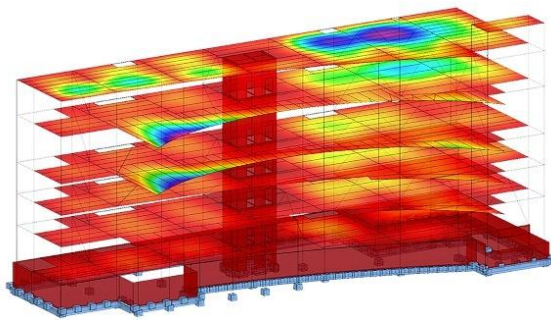


Fig. 4 Structure model and analysis (Autodesk, 2018)

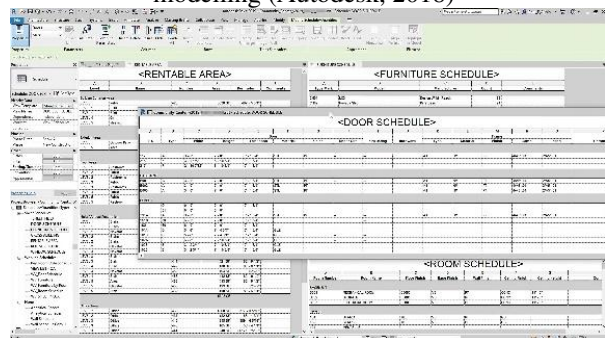


Fig. 5 Construction schedules and lists (Autodesk, 2018)

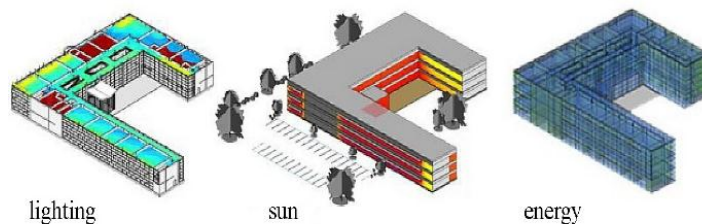


Fig. 6 Sustainable architecture analysis (Autodesk, 2018)

۳-۱- جایگاه سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در

آموزش معماری

امروزه حرفه معماری تحت تأثیر چالش‌های فناوری، محیطی، اجتماعی و اقتصادی می‌باشد و در حال تغییر ماهیت است. سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و یکپارچه‌سازی تحویل پروژه‌ها و واکنش‌های نوآورانه‌ای هستند که انتظاری‌رود زمینه پیشرفت این حرفه و صنعت ساخت و ساز را فراهم آورند. اما به نظر می‌رسد امروزه آموزش معماری بیشتر رو به گذشته داشته و به نیازهای آینده صنعت توجه‌ای نشان نمی‌دهد. این در حالی است که آموزش عالی و تغییرات فناورانه رابطه مستقیمی با فاکتورهای توسعه دارند.

پژوهشگران اهمیت تربیت متخصصانی آگاه و علاقه‌مند به فناوری جهت پاسخگویی به تغییرات صنعت معماری، مهندسی و ساخت؛ آموزش را به عنوان بزرگترین سرمایه‌گذاری - و اغلب مخفی - برای تغییرات فرهنگی تعریف می‌کند (Eastman C. , 2008) و (Smith & Tardif, 2009). انستیتو سلطنتی معماران بریتانیا (ریبا) تأکید داشته است که جهت کاربرد سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، آموزش حرفه‌ای افراد در صنعت ساخت‌وساز ضروری است و این حرکت می‌تواند از تغییر در برنامه‌های آموزشی دانشگاه‌ها آغاز گردد (RIBA, 2011). سال ۲۰۰۶ میلادی، در طی همایشی که در "دانشگاه مینه‌سوتا" و در حوزه کاربرد سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان برگزار شد، همگان بر این عقیده بودند که سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان مسبب تغییرات عمده‌ای در صنعت ساخت‌وساز خواهد شد و بسیاری از مسائل و چالش‌های عملی معاصر در صنعت ساخت‌وساز با پیاده‌سازی این سیستم در آموزش عالی پاسخ خود را خواهند یافت (Khemlani, 2007). پژوهشی که در رابطه با دانشگاه‌های ایالات متحده آمریکا و سه مدرسه بین المللی دیگر انجام شده است نشان می‌دهد که ۸۲ درصد دانشگاه‌ها به آموزش یا بحث در مورد سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان می‌پردازند. همچنین ۱۸ درصد آنها از سال ۲۰۰۲ و ۲۷ درصد قبل از ۲۰۰۲ میلادی و ۵۵ درصد آنها از سال ۲۰۰۷ میلادی شروع به معرفی و آموزش این سیستم نموده‌اند (BIMForum, 2018). آموزش سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در حوزه پژوهشی آکادمیک مورد توجه برخی محققان بوده و در زمینه مدل‌های آموزشی آن از سطح برنامه آموزشی تا بررسی دوره‌های تحصیلی بحث نموده و سعی داشته‌اند تا با شناخت مفاهیم و مهارت‌های لازم،

چارچوبی در راستای اهداف ایده آل و نتایج آموزشی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، جهت پر نمودن شکاف بین آموزش عالی و صنعت ساخت و ساز معرفی نمایند. بر اساس این چشم‌انداز، چنگ (۲۰۰۶) در پژوهش خود بکارگیری سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در آموزش و جایگاه مناسب آن در برنامه تحصیلی معماری را مورد بررسی قرار داده و تأکید بیش از حد بر تولید فرم توسط دانشجویان در فرایند طراحی را مورد نقد قرار می‌دهد. وی اذعان می‌کند که در آینده مدل‌سازی یکپارچه و بکارگیری دانش میان‌رشته‌ای در مراحل اولیه طراحی بیشتر مورد تقاضا خواهد بود و گرایش‌های کنونی تأکید بر فرم از کم اهمیت‌ترین عوامل در فرایند طراحی خواهند گشت (Cheng, 2006). بنابراین یکی از مزایای آموزش سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان می‌تواند اهمیت‌زدایی از فرم‌گرایی باشد. البته ساختن می‌تواند از طریق حل مسئله محقق گردد در حالیکه معماری نیازمند تفکر طراحانه است و پیاده‌سازی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان بدون توجه به الزامات تفکر طراحانه احتمال دارد طراحی معماری را به یک موضوع ساده حل مسئله تنزل دهد. کلی‌تون (۲۰۰۶) نیز آموزش معماری معاصر که ریشه در محیط اجتماعی، فناوری و حرفه‌ای دهه پنجاه میلادی دارد مورد نقد قرار داده و اعتبار و اثربخشی شیوه تفکر "باوهاوس - بوزار" را که تأکید قابل توجه‌ای بر مهارت‌های ترسیمی سنتی و تدریس تقریباً منسوخ ایده‌های فناورانه مهندسی سازه و سیستم‌های کنترل محیطی و محتوای جانبدارانه دوره‌های تاریخ معماری داشتند را به چالش می‌کشد. در این زمینه، او تأثیر اجتناب‌ناپذیر دوران پس‌انفیت، جهانی‌سازی و عصر اطلاعات بر برنامه آموزشی قرن بیست و یکم را مورد تأکید قرار می‌دهد. او ادعا می‌کند که مدل‌سازی اطلاعات ساختمان تحولی جدی در چگونگی خلق و مستندسازی رشته معماری به وجود آورده است (Clayton, 2006). به عبارتی ماهیت این سیستم به عنوان فرایند تسهیل همکاری و تعامل افراد ذینفع در پروژه، اساتید حوزه ساخت‌وساز را بیشتر ترغیب می‌نماید تا مدل‌های چندرشته‌ای یکپارچه را در آموزش و تحویل پروژه بکار گیرند (Puolitaival & Kestle, 2018).

نظریه پژوهشگران فوق این مهم که آموزش و یادگیری مهارت‌های کاربردی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به شدت برای فارغ‌التحصیلان آتی رشته‌های ساخت و ساز مورد نیاز است را تقویت می‌کنند. بنابراین آموزش سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان باید در سطوح و دوره‌های مختلف آموزش معماری گنجانده شود تا پاسخگوی نیازها

آزمایشگاهی دانسته که فرایند یاددهی توسط اساتید و افراد حرفه‌ای صنعت ساخت و ساز صورت می‌گیرد. این امر سبب می‌شود تا دانشجویان درگیر پروژه واقعی گشته و نیازها و انتظارات صنعت را بیاموزند (Nikbakht, 2015). مسلم است که گسترش استفاده از منافع سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در صنعت ساخت و ساز با افزایش تعداد متخصصان آموزش دیده میسر خواهد بود که مهم‌ترین و اصلی‌ترین گام می‌تواند توسط آموزش عالی و با معرفی برنامه‌های آموزشی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در رشته معماری و ساخت و ساز برداشته شود. البته این رویکرد تنها بخاطر افزایش تقاضای کاربرد سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان نیست، بلکه آموزش آن برای آینده شغلی بهتر دانشجویان در رویارویی با چالش‌های حرفه‌ای؛ راندمان بالاتر؛ و ایجاد ارتباط نزدیک‌تر بین صنعت و آموزش عالی نیز مفید خواهد بود.

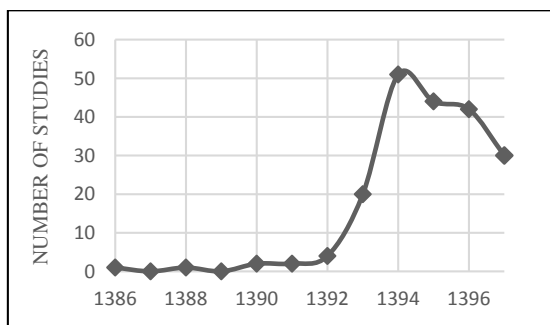


Fig. 7 Frequency of relevant articles on BIM from 2006 to 2018. Source: (Retrieved from Magiran and Civilica search engines)

در حقیقت نمایش مواد و مصالح؛ جزئیات ساخت؛ متره و برآورد؛ والگوی ساخت و مونتاژ جزئیات خاص؛ بسیار فراتر از توجه صرف به هندسه یک ساختمان است. اما آنچه امروزه دانشجویان در دانشگاهها می‌آموزند، کاربرد ابزارهای طراحی و خلق مدل‌های دوبعدی یا سه بعدی است. که این فرایند در سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به خلق مدل‌های هوشمند و چند بعدی رسیده است. در واقع در فرایند این سیستم تمام افراد ذینفع در کل چرخه حیات پروژه در نظر گرفته می‌شوند. این قابلیت‌ها فرصتی فراهم می‌آورد تا افراد با تخصص‌های مختلف در پروژه گردهم آمده و همکاری نزدیکی با یک کار تیمی هماهنگ با یکدیگر داشته باشند.

۴-۱- نتایج و فرصت‌های سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در آموزش معماری

مدل‌سازی اطلاعات ساختمان می‌تواند ابعاد کیفی آموزش را بهبود بخشد و به عنوان سیستمی کارآمد در

نوآوری‌های اجتناب‌ناپذیر معاصر در حرفه معماری و صنعت ساخت و ساز باشد. البته کارآمدی و اثربخشی آن بیشتر بدین خاطر است که استفاده از شبیه‌سازی واقعی پروژه و یافتن مسائل ساخت پیش از موعد را میسر می‌سازد.

جهت بررسی مقالات داخلی در حوزه سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان طی دهه اخیر، توسط نگارندگان طبقه‌بندی حوزه‌های پژوهش در مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، مطابق مدل اسیک‌داگ و آندروود (Isikdag & Underwood, 2010) توسعه یافته و پس از بررسی ۱۹۶ مقاله مربوطه از سامانه‌های جستجوی magiran و civilica، نتایج مطابق (جدول ۱) نشان‌دهنده مغفول ماندن حوزه آموزش و یادگیری سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان است.

Table 1: Classification of BIM research areas

| | Research areas | Number | Percentage |
|----|--------------------------------------|--------|------------|
| 1 | Process and control simulation | 27 | 13.78% |
| 2 | Sustainability issues (green-Lean) | 29 | 14.80% |
| 3 | Standards | 4 | 2.04% |
| 4 | Maturity | 3 | 1.53% |
| 5 | Organizational Adoption | 12 | 6.12% |
| 6 | Building information services | 25 | 12.76% |
| 7 | Real-life Cases | 25 | 12.76% |
| 8 | Training and Education | 2 | 1.02% |
| 9 | Industry-wide Adaption | 17 | 8.67% |
| 10 | Conceptual boundaries | 38 | 19.39% |
| 11 | Building information integration | 7 | 3.57% |
| 12 | Emergency response – risk management | 7 | 3.57% |
| | Total | 196 | 100% |

رشد ناگهانی که مطابق (تصویر ۷) در تعداد مقالات مرتبط با موضوع مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در سالهای اخیر رخ داده است بیشتر شامل مقالات مروری در حیطه شناخت مفاهیم و خود سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان می‌شوند. در پژوهشی مرتبط نیک‌بخت (۱۳۹۴) در رساله خود با عنوان بررسی آموزش مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در برنامه تحصیلی رشته مدیریت ساخت در دانشگاه‌های ایران، بهترین روش توسعه دوره‌های سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان را روش ترکیب درس و کار

دانشگاه‌ها؛ و در این میان درک ناصحیح مفهوم سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان را مهم‌ترین چالش تلقی می‌کند، چون درک ایده و مفهوم اصلی یک فرایند بسیار مهم‌تر از کاربرد حرفه‌ای ولی بدون آگاهی آن است (Kymmell, 2008). همچنین چالش‌های عملی که از موانع آموزش سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به شمار می‌آیند نیز در برخی پژوهش‌ها مورد بحث و بررسی قرار گرفته است که در این میان می‌توان به برخی از آنها مانند: به روز رسانی سالانه نرم افزارها؛ محدودیت منابع آموزشی؛ کمبود نیروی متخصص در بین اساتید؛ همکاری ضعیف آموزش عالی و صنعت؛ و عدم ارتقاء مهارت کارکنان؛ اشاره نمود (Puolitaival & Forsythe, 2016). مهم‌ترین مساله این است که چگونه می‌توان یک دوره جدید در دانشگاه‌ها بر پایه مفهوم سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان پیاده‌سازی نمود. یکی از چالش‌ها برای اعضاء و مربیان دانشگاه، انطباق دوره‌های موجود جهت استفاده از سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان است. اساتید دانشگاه باید با دانش کاربرد سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در طراحی معماری و فناوری ساخت آشنا گشته و محیط آموزشی فعال و پر باردهی با هدف انطباق آن با دوره‌های آموزشی مرتبط فراهم نمایند.

۶-۱- نظام‌های پیاده‌سازی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در کشورهای پیشرو

افزون بر بیست سال است که موضوع سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در سطح جهانی مطرح گشته است (Hadzaman, Takim, & Nawawi, 2015). امروزه کشورهای مختلف در سراسر دنیا جهت پیاده‌سازی و اجرای سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان رویکردهای متفاوتی اتخاذ نموده و بسیاری با سیاست الزام و تشویق سبب تسهیل در این امر گشته‌اند. توسعه و پیاده‌سازی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان اولین بار توسط آمریکا و به واسطه ترویج و فراهم‌سازی پیاده‌سازی استراتژیک آن در پروژه‌های دولتی توسط سازمان مدیریت خدمات عمومی (جی‌اس‌آی^۶) هدایت و رهبری شده است (Smith P., 2014). در کشور انگلستان نیز دولت عهده‌دار معرفی استراتژی پیاده‌سازی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در صنعت ساختمان آن کشور بوده و چارچوب استراتژیک عمومی در چهارحوزه: رهبری؛ چشم‌انداز؛ چارچوب همکاری؛ و ظرفیت‌ها و قابلیت‌های صنعت و کارفرما؛ و در راستای حمایت از بخش عمومی جهت پیاده‌سازی موفق آن توسعه یافته است (Waterhouse &

کارگاه‌های طراحی سبب یکپارچه‌سازی جنبه‌های مختلف آموزش طراحی معماری گردد. دانشجویان با استفاده از سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان توانایی بیشتری در شبیه‌سازی و ترسیم طراحی‌های پیچیده‌تر و درک هندسه‌های نامتقارن در مقایسه با سیستم "کد" دارند. در فرایند طراحی نیز سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان این امکان را به آنها می‌دهد که گزینه‌های بیشتری را مدل‌سازی نموده و مورد بررسی قرار دهند. همچنین سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان امکان مناسبی برای انجام کار تیمی توسط دانشجویان فراهم می‌آورد. رصد نمودن وقایع پیش از ساخت؛ کنترل بازخوردهای مختلف طراحی؛ کاهش زمان طراحی؛ سهولت اصلاحات و تغییر در اطلاعات؛ و برنامه ریزی دقیق؛ از ویژگی‌های متمایزکننده این سیستم نسبت به روش‌های مرسوم است.

مطالعات نشان می‌دهند که کاربرد سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان باعث می‌شود دانشجویان بتوانند در یک پروژه منسجم همزمان به معماری، سازه و تاسیسات آن اندیشیده و با بسیاری از مسائل و چالش‌های ساخت و ساز در مراحل اولیه طراحی روبرو شوند. همچنین جهت پیاده‌سازی و آموزش بهتر آن پیشنهاد می‌کنند که دوره‌های آموزشی متوالی با در نظر گرفتن دوره‌های پیش نیاز آشنایی با سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و فناوری‌های وابسته به آن در برنامه‌های آموزشی گنجانده شود (Denzer & Hedges, 2008). البته آموزش پیچیدگی‌های سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به دانشجویان باید مدیریت شده و با مقدمه‌ای از آموزش‌های ساده به پیچیده باشد. نوآوری و خلاقیت دانشجویان در روند آموزش نیز باید مورد توجه و تشویق قرار گیرد.

۵-۱- چالش‌ها و تهدیدهای آموزش سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان

در آموزش عالی کمبود نیروی متخصص جهت تدریس؛ همچنین مردد بودن در ماهیت فرایند محوری یا فناوری بودن سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به عنوان نرم افزار؛ از موانع اصلی آموزش آن به شمار می‌آیند. کایمل (۲۰۰۸) در پژوهشی به بررسی موانع موجود در پیاده‌سازی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان می‌پردازد و این چالش‌ها را در سه گروه دسته بندی می‌کند: مسائل مربوط به یادگیری و استفاده از نرم افزارهای سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان؛ درک نادرست از فرایند سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان؛ و مسائل مربوط به شرایط

سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان می‌تواند به عنوان یک واحد مستقل و یا در ادغام با دیگر برنامه‌ها مانند کارگاه طراحی معماری، آموزش داده شود. رویکرد غالب این مراکز آموزشی معرفی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در تلفیق با کارگاه طراحی معماری است. رویکرد دیگر ارائه آن به عنوان یک برنامه آموزشی و دوره مستقل می‌باشد. دوره‌های آموزشی تمام وقت و میان‌رشته‌ای سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در دانشگاه‌های مطرح سراسر دنیا مانند: ایالات متحده آمریکا، استرالیا، آلمان، دانمارک، فنلاند و سوئد وجود دارند و همچنین دوره‌های پاره‌وقت یا کوتاه‌مدت نیز به عنوان کارگاه‌های عملی برای دانشجویان یا متخصصان حرفه‌ی ساخت و ساز جهت آشنایی با ابزارها و مفاهیم سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به صورت حضوری یا آنلاین ارائه شده است. نتایجی که از بررسی (جدول ۲) بدست می‌آید نشان می‌دهد، که برنامه‌های آموزشی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در کشور انگلستان بصورت مستقل، و مربوط به دوره‌های کارشناسی ارشد و دوره‌های ارشد فناوری بوده و به صورت یک‌ساله برگزار می‌گردد. در صورتی که در دانشگاه‌های ایالات متحده آمریکا، استرالیا و دیگر کشورها سعی گشته است تا این دوره‌های آموزشی با دیگر دوره‌های طراحی و فناوری یا رایانش تلفیق گردند. اهدافی که آموزش سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در دانشگاه‌های انگلیس دنبال می‌نمایند عبارتند از: سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و طراحی یکپارچه؛ پایداری؛ مدیریت سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان؛ مدیریت طراحی ساختمان؛ و تئوری و کاربرد مفاهیم سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان؛ ولی در مقام مقایسه دانشگاه‌های آمریکا و دیگر کشورها بیشتر بر مهارت‌های مدل‌سازی، تکنیک‌ها و کاربرد نرم‌افزار در کارگاه‌های طراحی با بهره‌گیری از آموزش مستقیم، سمینارها و دوره‌های آزاد تمرکز داشته‌اند. همچنین توجه به اکوسیستم و مفاهیم توسعه پایدار در ارتباط با مدل‌سازی اطلاعات ساختمان با توجه به امکان هم‌افزایی این سیستم و اصول طراحی پایدار، فقط در برنامه‌های آموزشی کشور انگلیس، اسپانیا و فنلاند و در کشور ایرلند به عنوان مدیریت انرژی توجه شده است.

با بررسی اهداف آموزش آکادمیک سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان می‌توان سه دسته بندی کلی برای آنها مشخص نمود:

(Philp, 2016). سایر کشورهای پیشرو در زمینه پذیرش و پیاده‌سازی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان کشورهای سوئد، نروژ، فنلاند، دانمارک و ایرلند هستند (Smith P., 2014). بررسی و مطالعه برنامه آموزشی تدوین شده در کشورهای پیشرو می‌تواند سبب تسهیل در استفاده از تجربه آنان در این زمینه گردد. با این حال، نظام پیاده‌سازی این سیستم با توجه به ظرفیت متفاوت در بکارگیری و استفاده از سیستم‌های نوآورانه در هر کشور، نمی‌تواند توسط کشوری دیگر تقلید و کپی شود. در مقام مقایسه مشخص می‌گردد که با وجود نظام‌های متفاوت هنوز اتفاق نظری در مورد چگونگی روش ایده‌آل آموزش سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در آموزش عالی وجود ندارد و با توجه به نوظد این دوره‌ها هنوز ارزیابی اثر بخشی از این دوره‌ها صورت نگرفته است.

در این پژوهش در مجموع برنامه آموزشی ۱۲ دانشگاه از کشورهای پیشرو در زمینه سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان برای نیل به اهداف ویژه زیر مورد مطالعه و بررسی تحلیل تطبیقی کیفی مورد محور قرار گرفته است که عبارتند از:

- ۱- عنوان دوره‌های آموزشی در کشورهای منتخب؛
- ۲- طول دوره آموزشی در کشورهای منتخب؛
- ۳- شناسایی نحوه آموزش؛
- ۴- تعیین تنوع دوره‌ها در طول مقاطع تحصیلی؛
- ۵- مطالعه برنامه‌های چندرشته‌ای و نحوه انجام پروژه‌های یکپارچه با همکاری دیگر رشته‌های مرتبط؛
- ۶- ارائه الگویی مناسب برای برنامه آموزشی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در ایران.

در ادامه اهداف آموزشی، کاربردها، فرصت‌ها و مشخصات این دوره‌های آموزشی با مطالعه سرفصل‌های مربوطه در سایت هر دانشگاه به طور جداگانه استخراج و مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته که نتایج آن به تفکیک کشورها در (جدول ۲) ارائه شده است. پژوهش در سرفصل‌های ارائه شده در این نمونه‌ها نشان می‌دهند که معرفی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به عنوان برنامه آموزشی در رشته‌های مختلف دانشگاهی به طور کلی در چند گروه کلی زیر قرار می‌گیرند:

ارائه گرافیکی دیجیتال؛ کارگاه عملی (ورک‌شاپ)؛ آلتیه طراحی؛ فناوری ساختمان؛ مدیریت ساخت؛ پروژه پایان‌نامه؛ و کارآموزی، که در هر دوره بیش از یکی از این برنامه‌ها گنجانده شده است.

در اکثر دانشگاه‌های مورد پژوهش؛ سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به عنوان یک رویکرد موضوعی و برای دانشجویان یک رشته ارائه شده و تنها تعداد محدودی آن را به عنوان یک رویکرد منسجم و چندرشته‌ای یا آموزش مجازی دیده و سعی کرده‌اند همکاری‌های میان‌رشته‌ای در یک دانشگاه را شبیه‌سازی نمایند. بیشتر برنامه‌های آموزشی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان را به عنوان دوره تکمیلی کارگاه‌های طراحی معماری در نظر گرفته و برخی نیز به عنوان نرم افزار ارائه گرافیکی طراحی در یک دوره آزاد و یا در دوره‌های مدیریت ساخت و یا کارگاه عملی ارائه نموده‌اند.

۱- رویکرد تک موضوعی، تنها در یک رشته خاص مانند فقط معماری یا مهندسی.
۲- رویکرد میان‌رشته‌ای، که دانشگاه‌ها آموزش و شبیه‌سازی همکاری در سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان را بین دانشجویان دو رشته یا چند رشته از خود دانشگاه، ارائه نموده‌اند.
۳- آموزش مجازی، که با اتخاذ این رویکرد آموزش مفاهیم سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان با یک دوره آموزشی مجازی و شبیه‌سازی همکاری واقعی بین دانشجویان دو دانشگاه یا بیشتر انجام می‌گیرد.

Table 2: The characteristics of BIM educational courses and programs at selected universities around the world

| University/ country | Degree | Course | Department | Time | Objectives/ course content |
|--|-----------------------------------|---|--------------|----------|--|
| Montana State University/USA | Bachelor's degree | Digital Graphics and Design (Introductory) | Architecture | 6 months | <ul style="list-style-type: none"> • Training BIM system to architecture students in the graphic and design courses |
| University of Wisconsin-Milwaukee/USA | Bachelor's degree | Computers in Architecture (Introductory) | Architecture | 6 months | <ul style="list-style-type: none"> • Training BIM software applications • Graphic tutorial for students based on CAD and BIM |
| New Jersey institute of Technology/USA | | Design Studio | Architecture | 6 months | <ul style="list-style-type: none"> • Training basics and concepts of the BIM system in architectural design Studio |
| MIT/USA | | Architectural Construction and Computation; | Architecture | 6 months | <ul style="list-style-type: none"> • Applying the computer in architectural design and construction • Applying Building Information Modeling (BIM) Software • Presenting digital projects using CAD and BIM |
| University of South Wales/UK | M.A | Building Information Modelling and Sustainability | Architecture | 3 years | <ul style="list-style-type: none"> • BIM and Advanced modeling • Information management and sustainability |
| University of Liverpool/UK | M.A | Building Information Modelling (BIM) | Architecture | 1 year | <ul style="list-style-type: none"> • Concepts of BIM and integrated project delivery • Modeling and exchanging information in BIM environment • BIM and sustainable design |
| University of New South Wales/ Australia | Bachelor degree – private courses | Computers and Information Technology /Design Collaboration/ Parametric Design | Architecture | 54 hours | <ul style="list-style-type: none"> • Concepts, processes and theory of BIM • Modeling techniques in the BIM system |
| Lulea University of Technology/ Sweden | | Virtual Construction | | | <ul style="list-style-type: none"> • Virtual design and construction methods • Construction processes |

| | | | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|--|--------------|-----------|--|
| Norwegian U. of Sc. & Tech./ Norway | Bachelor's degree | Design of buildings and infrastructure | Architecture | | <ul style="list-style-type: none"> • BIM in architectural design and programming • Pre-construction based on BIM modeling • Virtual modeling in architectural design • Infrastructure design |
| Copenhagen University Denmark | Bachelor's degree | Digital Building Design (Project web, BIM, IFC, Lean Construction) | Architecture | 3.5 years | <ul style="list-style-type: none"> • Construction management • Designing and applying BIM system |
| Architecture Dept. HUT/ Finland | Interdisciplinary Research course | Information Management for Architect BIM initiative | Architecture | | <ul style="list-style-type: none"> • BIM in design and pre-construction • BIM in intelligent building design • BIM and the ecosystem • BIM in project management |
| University College Dublin/ Ireland | M.A and Virtual education | Engineering - Information Technology in Architecture, Engineering and Construction | Architecture | 1 year | <ul style="list-style-type: none"> • The application of the information modeling • Software • Energy management • Structural analysis |

۷-۱- چارچوب نظری پژوهش

و سپس مقوله‌های فرعی هریک جهت شناسایی محتوای مناسب هر دوره استخراج گردید (تصویر ۸). برنامه‌های آموزشی متنوعی در سراسر دنیا برای آموزش این سیستم در دانشگاه‌ها اتخاذ شده‌اند؛ که برخی سعی در انطباق سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان با برنامه‌های درسی موجود داشته و برخی نیز به آن به عنوان یک برنامه درسی مستقل نگریسته‌اند. مقطع تحصیلی مناسب در دوره‌های کارشناسی؛ کارشناسی ارشد؛ مقاطع تکمیلی؛ و دوره‌های میان‌رشته‌ای و آزاد بوده و رویکردهای مستقل، میان‌رشته‌ای، و آموزش مجازی نیز به عنوان اهداف آموزش سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در دانشگاه‌ها می‌تواند اتخاذ گردد. نمونه چارچوب‌های آموزشی و بررسی چگونگی آموزش سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در دانشگاه‌های پیشرو و گاه ادغام دو مورد از این اهداف با یکدیگر را نشان می‌دهد. بخش میدانی پژوهش به بررسی و تحلیل نتایج بدست آمده از ادبیات موضوع در رابطه با سطح، اهداف و محتوای پیش‌نهادی دوره‌ها توسط متخصصین امر جهت شناسایی جایگاه و چگونگی آموزش سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در ایران خواهد پرداخت.

پس از انتخاب نمونه‌های موردی ثانویه مطابق جدول (۲) تحلیل تطبیقی کیفی^۷ مورد محور برای شناخت برنامه آموزشی این سیستم در کشورهای پیشرو انجام یافته است. یعنی با انتخاب چند نمونه و تحلیل آنها به مقایسه رویکردهای مختلف پذیرش آن در برنامه درسی آموزش عالی پرداخته شده است. این مقایسه علاوه بر ایجاد فهم عمیق و شناخت موردها برخی از اشکال تعمیم را نیز ایجاد می‌کند. پژوهش مورد محور طبق نظر پورتا (۲۰۰۸) با تعداد محدود موردها به تحلیل نظام مند فرایند پرداخته و به تنوع در فهم به واسطه شناخت تفاوتها و یا کشف تنوع منجر می‌شود (Della Porta, 2008). در واقع تحلیل تطبیقی به توصیف و تبیین مشابهت‌ها و تفاوت‌های شرایط یا پیامدها در بین واحدهای بزرگتر می‌پردازد. در مطالعه تطبیقی مورد در کلیت و با تمام پیچیدگی‌های مشاهده نمی‌شود بلکه موردهای متعددی را از جنبه خاصی مد نظر قرار می‌دهند. جهت استخراج چارچوب نظری پژوهش ابتدا حوزه‌های مؤثر در آموزش سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان حوزه‌های فناوری، سیاست و فرایند در چهار بعد اصلی آموزش، مدل‌سازی، اطلاعات و ساختمان دسته بندی

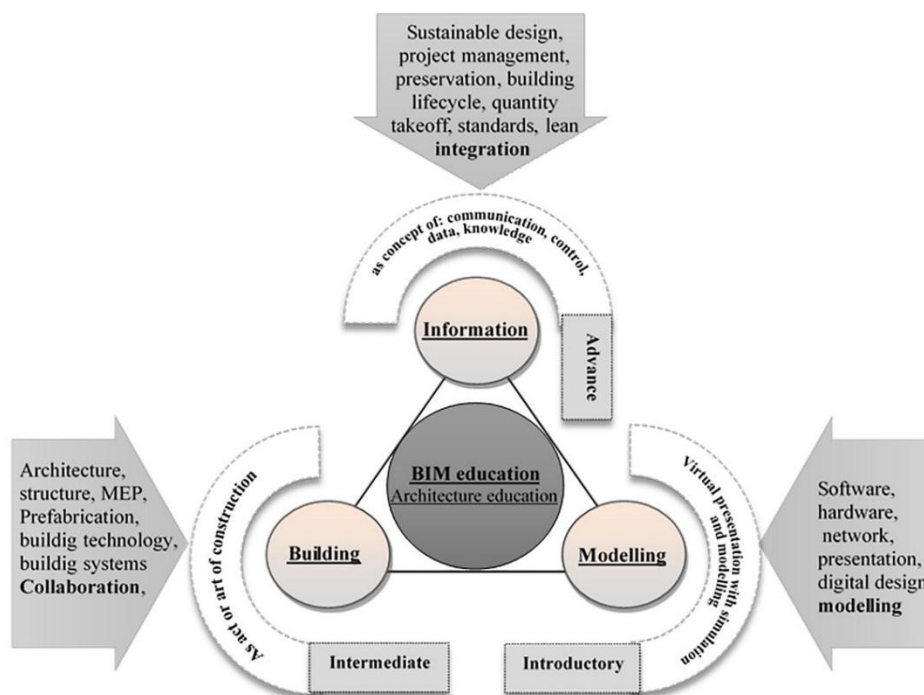


Fig. 8 Scopes contributing to BIM education

۲- روش پژوهش

جهت پیش‌آزمایی پژوهش قبل از توزیع پرسشنامه‌ها از تعدادی از اساتید خواسته شده تا در رابطه با درک درست پرسش‌ها، زمان مورد نیاز جهت تکمیل پرسشنامه و توالی؛ سوالات را مورد ارزیابی قرار دهند. بر اساس بازخورد آنها پرسشنامه‌ها اصلاح و تکمیل گشته است. از روش اعتبار صوری (براساس قضاوت افراد آگاه و مطلع) برای ارزیابی و سنجش روایی پرسشنامه‌ها استفاده شده است. برای سنجش پایایی متغیرهای پژوهش، ابتدا سی فقره از پرسشنامه‌ها میان جوامع مربوط توزیع و پایایی هر کدام از متغیرها از طریق آزمون آلفای کرونباخ محاسبه گردید. ضریب آلفای کرونباخ ۰/۸۷۶ بوده که ضریبی مطلوب برای تأیید پایایی است. سپس بعد از اطمینان یافتن از پایایی لازم، توزیع گسترده صورت گرفته است. اطلاعات دموگرافیک این پژوهش طبق (جدول ۳) شامل سن، جنسیت، آخرین مدرک تحصیلی، سابقه حرفه‌ای، گرایش و رشته تحصیلی می‌باشد. تمامی پاسخگویان با مفاهیم سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان آشنایی داشته و دارای سابقه حرفه‌ای بودند. با بررسی نمونه انتخابی از پاسخگویان بر اساس گرایش و رشته تحصیلی مشاهده شد که بیشترین فراوانی مربوط به رشته معماری با ۱۴۷ نفر فراوانی است. در انتها گروه کانونی جهت اعتبار سنجی نتایج متشکل از ۶ نفر از اساتید و خبرگانی بوده که در این زمینه تألیفات و تجاربی داشته‌اند و به صورت آنلاین نظرشان را اعلام نموده و پس از اصلاح چارچوب اولیه نتایج نهایی دوباره ارسال و تأیید گشته است.

پژوهش حاضر رویکردی آمیخته از روش پژوهش کمی و کیفی دارد. از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش گردآوری داده‌ها از نوع توصیفی و پیمایشی است پس از تدوین چارچوب نظری، پژوهشگران از روش پژوهش کمی جهت اعتباردهی به یافته‌های کیفی بدست آمده از نمونه‌های موردی ثانویه پژوهش بهره برده‌اند. در این راستا فرضیه‌هایی جهت آموزش سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و تدوین برنامه آموزشی آن مطرح و برای محاسبه حجم نمونه آماری لازم از فرمول کوکران استفاده شد. حجم نمونه پس از محاسبه با توجه به خطای اندازه‌گیری ۰/۰۵ و سطح اطمینان ۹۵ درصد، ۲۰۰ نفر بدست آمد. انتخاب جامعه آماری به روش هدفمند است که هر جزء این جامعه آماری بخاطر آگاهی نسبی از سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان انتخاب گشته است. جهت پوشش افراد بیشتر در یک بازه زمانی محدود همزمان از روش پرسشنامه آنلاین در مقیاس ۵ واحدی لیکرت نیز استفاده شده است. با استفاده از گوگل فرم، پرسشنامه آنلاین تنظیم و آدرس اینترنتی مربوطه توسط ایمیل کردن و یا اشتراک گذاری آن در شبکه‌های اجتماعی که عمدتاً گروه‌های تخصصی در حوزه سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان بودند، در اختیار کارشناسان قرار گرفت. با ورود داده‌ها، اطلاعات به صورت خودکار جمع‌آوری گشته است. ضمناً تحلیل با استفاده از نرم‌افزار تحلیل آماری (اس.پی.اس.اس) انجام شده است.

می‌تواند در مقاطع مختلف آموزش معماری در ایران به کار گرفته شود" تایید می‌گردد.

Table 4: Frequencies observed, expected, and residuals for the first research hypothesis

| Parameters | Frequencies observed | Frequencies expected | Residuals |
|--|----------------------|----------------------|-----------|
| Before Undergraduate | 116 | 124.8 | -8.8 |
| Undergraduate | 182 | 124.8 | 57.2 |
| Master's course | 182 | 124.8 | 57.2 |
| Ph.D. course | 64 | 124.8 | -60.8 |
| Outside academic curriculum, interdisciplinary or free courses | 145 | 124.8 | 20.2 |
| All item | 60 | 124.8 | -64.8 |
| Total | 749 | | |

فرضیه دوم: جهت بررسی و ارزیابی چگونگی آموزش سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در برنامه آموزشی رشته معماری (اهداف دوره)، در پاسخ به سوال چگونگی آموزش سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان از میان گزینه‌های ۱- توسط آموزش نرم افزارهای مربوطه ۲- از طریق کلاسهای آموزشی فقط با رویکرد سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و ۳- آموزش سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به همراه سایر کلاسهای آموزشی، با بررسی نتایج (جدول ۵) آشکار گشت که بیشتر پاسخ‌دهندگان (۱۶۸ نفر) معتقد بودند باید آموزش سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به همراه سایر کلاسهای آموزشی باشد.

Table 5: Frequencies observed, expected, and residuals for the second research hypothesis

| Parameters | Frequencies observed | Frequencies expected | Residuals |
|--|----------------------|----------------------|-----------|
| Teaching with related software | 91 | 105.3 | -14.3 |
| Using courses with the sole focus of BIM | 57 | 105.3 | -48.3 |
| Teaching BIM along with other courses | 168 | 105.3 | 62.7 |
| Total | 316 | | |

Table 3: Demographic characteristics of the respondents

| Variable | Range | Frequency |
|---------------------|-------------------|-----------|
| Age | 23-27 | 63 |
| | 28-35 | 76 |
| | 36-45 | 61 |
| Gender | Female | 86 |
| | Male | 114 |
| Educational level | Bachelor's degree | 50 |
| | Master's degree | 133 |
| | Ph.D. | 17 |
| Years of experience | 1-5 | 59 |
| | 6-10 | 77 |
| | 11-15 | 64 |

۳- نتایج و بحث

فرضیه اول: جهت بررسی این فرضیه که سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان می‌تواند در مقاطع مختلف آموزش معماری در ایران به کار گرفته شود (سطح دوره)، سوالی از پاسخ‌دهندگان در رابطه با سطح آموزشی که به نظرشان باید سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در آن تدریس شود به آزمون گذاشته شد. در این رابطه از آزمون کای اسکور به منظور آزمون فرضیه درباره استقلال فراوانی‌هایی که در طبقه‌های مختلف قرار گرفته‌اند استفاده می‌شود. جهت تعیین ترجیح پاسخ‌دهندگان آنچه که می‌توان انجام داد، پاسخگویی به این سؤال است که آیا بین فراوانی‌های مشاهده شده در نمونه با فراوانی‌های فرضی اختلاف معناداری وجود دارد یا خیر. فرمول آن برابر است با:

$$X^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E}$$

که در آن O فراوانی‌های مشاهده شده و E فراوانی‌های مورد انتظار آزمون بدون توزیع است. با توجه به فراوانی‌های مشاهده شده در (جدول ۴) بیشتر پاسخ‌دهندگان معتقد بودند سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان باید در دوره کارشناسی و کارشناسی ارشد تدریس شود. نتایج آزمون کای اسکور نشان می‌دهد که آماره آزمون برابر ۱۱۹/۵۵۸ با درجه آزادی ۵ و سطح معناداری ۰/۰۰۰ است. با توجه به اینکه سطح معناداری آزمون کمتر از ۰/۰۵ به دست آمده است، می‌توان نتیجه گرفت که بین نظرات پاسخ‌دهندگان در خصوص این موضوع که "سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان می‌تواند در مقاطع مختلف آموزش معماری در ایران به کار گرفته شود" تفاوت معناداری وجود دارد. به عبارتی تفاوت بین نظرات پاسخ‌دهندگان از نظر آماری تایید می‌گردد. در مجموع فرضیه اول پژوهش مبنی بر این که "سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان

۰/۰۵ باشد، نمی‌توانیم فرضیه صفر (H_0) را رد کنیم. و این‌گونه استنباط می‌کنیم که کاربرد این سیستم در دوره برنامه آموزشی مورد نظر اهمیت کمی دارد (جدول ۶). همان‌گونه که نتایج جدول نشان می‌دهد، برای تمام دوره‌های آموزشی مقدار سطح معناداری برابر ۰/۰۰۰ و کمتر از ۰/۰۵ به دست آمده است و مقدار قدر مطلق آماره t محاسبه شده برای این موانع از مقدار آزمون (۳) بیشتر است. بنابراین فرضیه صفر (H_0) رد می‌شود و فرض یک (H_1) تایید می‌شود، پس این‌گونه استنباط می‌کنیم که میانگین سوال مربوطه با عدد ۳ اختلاف معناداری دارد. به عبارت دیگر کاربرد سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در دوره برنامه آموزشی معماری مورد نظر اهمیت زیادی دارد. در ادامه پس از انتخاب گزینه‌های معتبر آزمون رتبه‌بندی فریدمن که یک آزمون ناپارامتری، معادل آنالیز واریانس با اندازه‌های تکراری درون‌گروهی است انجام می‌شود و از آن برای مقایسه میانگین رتبه‌ها در بین تعدادی متغیر استفاده می‌کنیم. می‌خواهیم از یک نمونه شامل ۲۰۰ نفر در مورد ۱۴ متغیر از نظر کیفیت نظرخواهی کنیم. سپس میانگین امتیازات متغیرها را باهم مقایسه و بررسی کنیم که اگر اختلافات امتیازات متغیرها معنی‌دار است کدام متغیر بیشترین امتیاز و کدام متغیر کمترین امتیاز را کسب کرده است. در چنین حالتی با ۱۴ متغیر روبرو هستیم که این متغیرها از لحاظ آماری به هم وابسته هستند. زیرا اندازه‌هایی هستند که توسط هر نمونه تکرار شده‌اند. در آزمون فریدمن فرض صفر مبتنی بر یکسان بودن میانگین رتبه‌ها در بین گروه‌هاست. رد شدن فرض صفر به این معنی است که در بین گروه‌ها حداقل دو گروه با هم اختلاف معناداری دارند. به این صورت که سطح معناداری آزمون با مقدار ۰/۰۵ مقایسه شده و اگر کمتر باشد فرض صفر رد می‌شود. برای روشن شدن این موضوع (جدول ۷) ارائه می‌گردد. پاسخ‌دهندگان با توجه به جدول فوق در بین دوره‌های برنامه آموزشی معماری، بیشترین میزان اهمیت کاربرد سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان را در مدیریت پروژه و ساخت، مباحث پایداری، تلفیق با کارگاه معماری، متره و برآورد و کنترل هزینه‌ها و جداول زمانی، و طراحی یکپارچه و کمترین میزان اهمیت کاربرد آن در حوزه مفاهیم و تصور ذهنی دانسته‌اند.

نتایج آزمون کای اسکور نشان می‌دهد که آماره آزمون برابر ۶۱/۴۱۱ با درجه آزادی ۲ و سطح معناداری ۰/۰۰۰ است. با توجه به اینکه سطح معناداری آزمون کمتر از ۰/۰۵ به دست آمده است، می‌توان نتیجه گرفت که بین نظرات پاسخ‌دهندگان در خصوص این موضوع که [آموزش سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان چگونه باید باشد؟] تفاوت معناداری وجود دارد. به‌طوریکه بیشتر پاسخ‌دهندگان معتقد بودند باید آموزش این سیستم به همراه سایر کلاس‌های آموزشی باشد. در مجموع فرضیه دوم پژوهش مبنی بر این‌که "دوره‌های آموزشی متوالی و چند دیسپلینی جهت توسعه چارچوب پیاده‌سازی بهینه و کاربرد فناوری سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در محیط آموزشی بر مبنای مولفه‌های نظام دهنده مناسب است" تایید می‌گردد.

فرضیه سوم: در نهایت جهت تعیین حوزه‌های مؤثر و کارآمد بکارگیری سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در آموزش معماری (محتوای دوره)، نظرات پاسخ‌دهندگان به شرح ذیل مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. برای اولویت‌بندی "میزان اهمیت کاربرد سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در دوره‌های برنامه آموزشی معماری"، جهت اهمیت و ارزش گزینه‌ها از آزمون میانگین t یک نمونه‌ای استفاده می‌بریم. از این آزمون زمانی استفاده می‌شود که تنها یک نمونه از شرکت‌کننده‌ها داریم و می‌خواهیم بدانیم که آیا میانگین جامعه‌ای که از روی آن نمونه را برداشته‌ایم، برابر با میانگین ادعا شده است یا نه؟ که در اینجا این میانگین ادعا شده را برابر ۳ (میانگین اعداد ۱ تا ۵) در نظر می‌گیریم. در واقع با انجام آزمون فوق فرضیه زیر را برای هر سوال پرسشنامه آزمون می‌کنیم و میانگین به دست آمده برای هر سوال را با عدد ۳ مقایسه می‌کنیم:

$$\begin{cases} H_0: \mu = 3 \\ H_1: \mu \neq 3 \end{cases}$$

اگر برای سوالی سطح معناداری کوچکتر از سطح آزمون، یعنی ۰/۰۵ باشد، فرضیه صفر (H_0) را رد می‌کنیم و این‌گونه استنباط می‌کنیم که میانگین سوال مربوطه با عدد ۳ اختلاف معناداری دارد و کاربرد این سیستم در دوره برنامه آموزشی مورد نظر اهمیت زیادی دارد و اگر برای سوالی سطح معناداری بزرگتر از سطح آزمون، یعنی

Table 6. Results on One-sample t-test for the third hypothesis

| Architecture curriculum courses | Test value = 3 | | | | | | | | Result |
|--|----------------|------|-------------|-------|------------|-----------------|--|-------|-------------------------|
| | Frequency | Mean | t-statistic | D.O.F | Sig. level | Mean difference | Estimated distance for average differences based on 95% CI | | |
| | | | | | | | Lower | Upper | |
| Architectural design Studio | 200 | 4.28 | 23.684 | 199 | 0.000 | 1.380 | 1.27 | 1.49 | H ₀ rejected |
| Concepts and mental imagery | 200 | 3.47 | 6.267 | 199 | 0.000 | 0.470 | 0.32 | 0.62 | H ₀ rejected |
| Modeling and Rendering | 200 | 3.41 | 4.704 | 199 | 0.000 | 0.410 | 0.24 | 0.58 | H ₀ rejected |
| Data integration | 200 | 4.22 | 27.175 | 199 | 0.000 | 1.225 | 1.14 | 1.31 | H ₀ rejected |
| Ability to work with other disciplines | 200 | 4.49 | 31.955 | 199 | 0.000 | 1.485 | 1.39 | 1.58 | H ₀ rejected |
| Execution and prefabrication | 200 | 4.20 | 22.388 | 199 | 0.000 | 1.195 | 1.09 | 1.30 | H ₀ rejected |
| Structure | 200 | 4.12 | 22.220 | 199 | 0.000 | 1.120 | 1.02 | 1.22 | H ₀ rejected |
| MEP Documents | 200 | 4.16 | 24.819 | 199 | 0.000 | 1.155 | 1.06 | 1.25 | H ₀ rejected |
| Quantity takeoff and costs and time estimating | 200 | 4.62 | 40.050 | 199 | 0.000 | 1.620 | 1.54 | 1.70 | H ₀ rejected |
| Analysis of building life cycle | 200 | 3.99 | 19.007 | 199 | 0.000 | 0.990 | 0.89 | 1.09 | H ₀ rejected |
| Project management and construction | 200 | 4.55 | 29.551 | 199 | 0.000 | 1.550 | 1.45 | 1.65 | H ₀ rejected |
| Digital manufacturing | 200 | 3.83 | 12.306 | 199 | 0.000 | 0.825 | 0.69 | 0.96 | H ₀ rejected |
| Risk management | 200 | 3.93 | 15.603 | 199 | 0.000 | 0.925 | 0.81 | 1.04 | H ₀ rejected |
| Sustainability | 200 | 4.29 | 23.538 | 199 | 0.000 | 1.265 | 1.16 | 1.37 | H ₀ rejected |

Table 7: Friedman ranking test for prioritizing the importance of employing BIM in architectural curriculum courses

| Architecture curriculum courses | Mean rank | Sample volume | Chi-Square value | DoF | Sig. level | Rank |
|--|-----------|---------------|------------------|-----|------------|------|
| Architectural design Studio | 8.72 | 200 | 500.668 | 13 | 0.000 | 4 |
| Concepts and mental imagery | 5.01 | | | | | 14 |
| Modeling and presentation | 5.11 | | | | | 13 |
| Data integration | 7.61 | | | | | 7 |
| Ability to work with other disciplines | 9.04 | | | | | 3 |
| Execution and prefabrication | 7.76 | | | | | 6 |
| Structure | 7.28 | | | | | 9 |
| MEP Documents | 7.44 | | | | | 8 |
| Quantity takeoff and costs and time estimating | 9.67 | | | | | 1 |
| Analysis of building life cycle | 6.85 | | | | | 10 |
| Project management and construction | 9.44 | | | | | 2 |
| Digital manufacturing | 6.44 | | | | | 12 |
| Risk management | 6.68 | | | | | 11 |
| Sustainability | 7.96 | | | | | 5 |

خاکستری نشان‌گذاری شده‌اند. پس از تحلیل نظر سنجی کارشناسان در رابطه با امکان کاربرد آن به همراه دروس کارشناسی معماری نتایج به دست آمده در خصوص این میزان به تفکیک حوزه‌های اصلی دروس معماری (بجز تاریخ و مبانی نظری) نشان داد که، واحد‌های درسی مدیریت تشکیلات کارگاهی (۸۳/۵٪)؛ طراحی معماری ۴ (۸۰/۵٪)؛ متره و برآورد (۷۸/۵٪)؛ طراحی معماری ۵ (۷۶/۵٪)؛ طراحی و ساخت معماری به کمک رایانه (۷۱٪)؛ طراحی‌نهایی (۶۸/۵٪)؛ طراحی فنی (۷۲/۵٪)؛ آشنایی با اصول و روش‌های عملکردبخشی میراث معماری (۵۲/۵٪)؛ و تنظیم شرایط محیطی (۵۲/۵٪) از نظر کارشناسان بیشترین کاربرد را داشتند و سپس به ترتیب کاربرد دروس طراحی ساختمانهای بتنی (۳۹/۵٪)؛ تاسیسات الکتریکی (۳۹٪)؛ تاسیسات مکانیکی (۳۹٪)؛ مقاومت مصالح و سازه‌های فلزی (۳۸/۵٪)؛ ارائه معماری به کمک رایانه (۳۸/۵٪) مورد انتخاب کارشناسان شرکت کننده واقع گشتند. که در مجموع اکثر دروس با کاربرد زیاد در حوزه فن ساختمان و سپس طراحی معماری و کاربرد نرم افزار قرار دارند. همچنین کارشناسان پیشنهاداتی هم به منظور اضافه نمودن برخی واحدهای درسی جدید مانند: معماری پایدار؛ کنترل طراحی به کمک مقررات ملی ساختمان و ضوابط معماری؛ واقعیت مجازی و واقعیت افزوده؛ مدیریت چاپک؛ طراحی یکپارچه؛ و مدل‌سازی انرژی به دوره کارشناسی معماری داشتند که به آموزش دروس اصلی اضافه کردند. اکثر کارشناسان معتقد بودند که آشنایی تمامی دست‌اندرکاران با مفاهیم سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان؛ آموزش نرم افزارهای مربوطه به دانشجویان و اجباری کردن استفاده از آن؛ و آموزش اساتید، شروع نهضت پیاده سازی و کاربرد این سیستم در آموزش عالی می‌تواند باشد.

۳-۱- بررسی میزان کاربرد سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در برنامه درسی دوره کارشناسی رشته مهندسی معماری

طبق نتایج برآمده از فرضیات سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در قالب ارائه برنامه مستقل و نیز در قالب آموزش کاربرد راهکارهای آن به همراه دروس دیگر و در دوره‌های مختلف تحصیلی می‌تواند پیاده سازی گردد. در این پژوهش دوره تحصیلی کارشناسی معماری به عنوان نمونه جهت ارزیابی میزان کاربرد سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در دروس حال حاضر دانشگاه‌های ایران انتخاب گشته است. برای ارزیابی برنامه آموزشی از منظر سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و تطابق با آن، برنامه انتخاب شده عبارت است از برنامه درسی رشته مهندسی معماری مقطع کارشناسی، مصوبه جلسه مورخ ۹۲،۱۲،۱۸ شورای برنامه‌ریزی آموزشی دانشگاه تهران. دروس دوره کارشناسی (بجز دروس عمومی) به حوزه‌های اصلی: طراحی معماری؛ تاریخ و مبانی نظری؛ فن ساختمان؛ اصول نگهداری و مرمت ابنیه؛ و کاربرد نرم افزار و ارائه پروژه دیجیتال، تقسیم شده است. طبق چارچوب نظری بدست آمده حوزه‌های موثر سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در آموزش نیز به سه دسته: ۱- مدل‌سازی (فناوری) ۲- اطلاعات (مدیریت-فرایند) ۳- ساختمان (تئوری و استاندارد-سیاست) تقسیم می‌گردد. در این بخش عناوین و محتوای همه دروس بررسی و میزان انطباق‌پذیری هر یک با توجه به مولفه‌های تاثیرگذار در حوزه سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان ارزیابی می‌شوند (جدول ۸ الی ۱۱). میزان انطباق با حوزه‌های موثر سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان بر اساس سر فصل دروس و نظر کارشناسان علامتگذاری شده و دروسی که (مطابق جداول ۸ الی ۱۱) در هر سه حوزه امکان کاربرد داشتند به صورت

Table 8: Relative and absolute frequency of the applicability of BIM system in the field of architectural design

| Architectural design field | Frequency (%) | Modeling | Theory | Management |
|-------------------------------|---------------|----------|--------|------------|
| Course title | | | | |
| Architectural expression 1 | 0 (0%) | | | |
| Architectural expression 2 | 0 (0%) | | | |
| Architectural expression 3 | 11 (5.5%) | • | | |
| Architectural preliminaries 1 | 0 (0%) | | | |
| Architectural preliminaries 2 | 0 (0%) | | | |
| Architectural preliminaries 3 | 17 (8.5%) | • | | |
| Sketch 1 | 0 (0%) | | | |
| Sketch 2 | 0 (0%) | | | |
| Village analysis and design | 7 (3.5%) | • | | |
| Architectural design 1 | 7 (3.5%) | • | | |

| | | | | |
|------------------------|-------------|---|---|---|
| Architectural design 2 | 19 (9.5%) | • | • | |
| Architectural design 3 | 23 (11.5%) | • | • | |
| Architectural design 4 | 161 (80.5%) | • | • | • |
| Architectural design 5 | 153 (76.5%) | • | • | • |
| Urban space design | 18 (9%) | • | • | |
| final design | 137 (68.5%) | • | • | • |

Table 9: Relative and absolute frequency of the applicability of BIM system in the field of software application and digital project presentation

| Field of software application and digital project presentation | Frequency (%) | Modeling | Theory | Management |
|--|---------------|----------|--------|------------|
| Course title | | | | |
| Digital architecture presentation | 77 (38.5%) | • | | |
| Digital architecture design and construction | 142 (71%) | • | • | • |

Table 10: Relative and absolute frequency of the applicability of BIM system in the field of structure repair and maintenance

| Structure repair and maintenance | Frequency (%) | Modeling | Theory | Management |
|---|---------------|----------|--------|------------|
| Course title | | | | |
| The principles of protection and restoration | 22 (11%) | | • | |
| The principles and methods of performance of architectural heritage | 105 (52.5%) | • | • | • |

Table 11: Relative and absolute frequency of the applicability of BIM system in the field of building techniques

| Building techniques | Frequency (%) | Modeling | Theory | Management |
|---|---------------|----------|--------|------------|
| Course title | | | | |
| Mapping | 45 (22.5%) | • | | |
| Regulating environmental conditions | 105 (52.5%) | • | • | |
| Electrical facilities | 78 (39%) | • | • | |
| Mechanical facilities | 78 (39%) | • | • | |
| Building systems | 33 (16.5%) | • | • | |
| Stagnation | 0 (0%) | | | |
| Resistance of materials and metal structures | 77 (38.5%) | • | • | |
| Design of concrete buildings | 79 (39.5%) | • | • | |
| Cost Estimation | 157 (78.5%) | • | • | • |
| Management of Studio organizations | 167 (83.5%) | • | • | • |
| Building Materials | 10 (5%) | | • | |
| Building 1 | 45 (22.5%) | • | • | |
| Building 2 | 51 (25.5%) | • | • | |
| Technical design | 145 (72.5%) | • | • | • |
| Mathematics and Architecture | 22 (11%) | • | | |
| Modern building technologies | 38 (19%) | • | | |
| The basics of earthquake engineering for architects | 31 (15.5%) | | • | • |
| Crisis design | 14 (7%) | • | • | |
| Internship | 0 (0%) | | | |
| Architecture and construction Studio | 27 (13.5%) | • | • | |

۲-۳- تدوین چارچوب مفهومی و اعتبارسنجی آن

در این مرحله با توجه به نتایج تحلیلی بدست آمده، بررسی نمونه‌های موردی و چارچوب نظری پژوهش، چارچوبی مفهومی جهت آموزش و بکارگیری سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در آموزش معماری در ایران ترسیم و پیشنهاد گشته و سپس چارچوب بدست آمده مورد ارزیابی و اعتبارسنجی گروه کانونی قرار گرفته است. این فاز از پژوهش دارای چهار مرحله برنامه ریزی؛ نظرسنجی؛ تحلیل و گزارش بوده است. گروه کانونی آنلاین متشکل از ۶ نفر از اساتید و خبرگان جهت توافق نظر بر اساس چارچوب بدست آمده می‌باشد که برحسب تالیفات و تجربشان در زمینه سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به طور هدفمند انتخاب گشته اند. در ادامه چارچوب بدست آمده به تمامی آنها ارسال و نظرشان را اعلام نموده‌اند و پس از اصلاح نمونه اولیه دوباره ارسال و تایید گشته و نمونه نهایی تدوین شده است. در نتیجه چارچوب پیشنهادی جهت آموزش سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان مطابق (تصویر ۹) به سه دوره مقدماتی، میانی و پیشرفته تقسیم شده است، که دانشجوی ابتدا در دوره کارشناسی معماری به یادگیری مهارت‌های فردی در مدل‌سازی و تحلیل مدل سپس در دوره کارشناسی ارشد به شناخت مفاهیم و اصول سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان پرداخته و در نهایت آموزش‌های پیشرفته در دوره‌های آزاد جهت کاربرد در صنعت و حرفه خواهد بود که به آموزش کار گروهی و همکاری میان رشته‌ای و یکپارچگی در پروژه‌های واقعی اختصاص می‌یابد. نتایج نشان می‌دهند که اهداف آموزشی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان باید اصول همکاری و یکپارچگی را در

خود جای دهند. چرا که هدف نهایی پیاده‌سازی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان تولید و ایجاد دانشی یکپارچه است. سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان می‌تواند به عنوان یک واحد مستقل و یا در ادغام با رشته‌های دیگر مانند کارگاه طراحی معماری، آموزش داده شود. بنابراین اگر محتوای دوره و حوزه‌های مختلف فناوری، سیاست و فرایندها را مد نظر قرار دهیم. بالطبع سنجش قابلیت‌های محوله به فراگیران در حوزه فناوری؛ که مربوط به میزان آشنایی با نرم‌افزار؛ سخت‌افزار؛ پلت‌فرم‌های مشترک؛ و تجهیزات فناوریانه و میزان تخصص در مدل‌سازی، تحویل پروژه و تکنیک‌های ارائه است؛ نیازمند روشی کارآمد و عملی خواهد بود که مدل‌سازی یک پروژه با استفاده از برنامه‌های کاربردی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و آزمون مفاهیم و اصول کاربردی پیشنهاد می‌گردد. از دیگر سو با توجه به ماهیت مباحث حوزه فرآیندهای سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان یعنی مهارت‌های مدیریتی که نشان‌دهنده میزان آشنایی با اصول و قوانین هدایت‌کننده تصمیم‌گیری بوده و برحسب کاربست و آشنایی با قوانین، دستورالعمل‌ها و مقررات خواهد بود؛ و همچنین سنجش و ارزشیابی حوزه سیاست‌ها یعنی قابلیت‌های قانونی که مهارت‌های تئوری و استاندارد فراگیران مد نظر خواهد بود و ماهیتی نظری و تحلیلی که این حوزه‌ها از آن برخوردارند؛ ارائه شفاهی و کنفرانس توصیه می‌گردد. که در دوره‌های میانی می‌تواند به ارائه پروژه ساختمانی مشترک معماری، سازه، و تاسیسات جهت کاربست همکاری و در دوره‌های پیشرفته به حضور و همکاری فراگیران در پروژه‌های واقعی و یکپارچه‌سازی منتهی گردد.

| Course level | Elementary | Intermediate | Advanced |
|--------------------|---|--|--|
| Course purpose | Modeling | Theory and Analysis | Management |
| Course content | Software Advanced modeling Presentation technique Construction systems Materials and tools BIM concepts modeling | Application of BIM in design studios Project Management Sustainable design Rules and standards Repair and maintenance Cost Estimation Collaboration network | Prefabrication Agile management The life cycle of the building Implementation of BIM Parametric design Integration |
| Final project | Modeling a simple structure using BIM applications | A joint construction project of architecture, structures and facilities | Collaborating on a real integrated construction project |
| Recommended course | Undergraduate courses of the first and second years | Final years of Undergraduate and postgraduate courses | Master's, Ph.D. and free courses for industry and career |

Fig. 9 Proposed framework for BIM training

۴- نتیجه گیری

در این مسیر اهمیت موارد زیر جهت تأکید در آموزش بیشتر به چشم می‌آید؛

- ضرورت توجه به معماری پایدار، با بهره‌گیری پتانسیل‌های سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در مدل‌سازی انرژی و کاهش هزینه‌ها؛
- پیشنهاد دوره فناوری اطلاعات در صنعت ساخت و ساز برای استفاده از فناوری اطلاعات که سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان نیز جزیی از آن باشد؛
- آموزش با استفاده از دوره‌های آموزشی و کارگاه‌های عملی با معرفی الگوهای مجازی ساخت و درگیر کردن عملی دانشجویان در تمرینات، ارائه و مطالعات موردی؛ و
- استفاده از سیستم‌های یکپارچه در برنامه آموزشی و تبادل اطلاعات بین تیم طراحی و ساخت از مراحل اولیه پروژه.

با توجه به فرصت‌ها و مزایایی که سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در اختیار حوزه آموزشی معماری و ساخت قرار می‌دهد نیاز مبرمی در جهت آموزش، فرهنگ سازی، قانون‌گذاری و بسترسازی در عرصه سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و استفاده هدفمند، بهینه و طبق اصول از این سیستم به‌روز ساختمانی با هدف ارتقاء سطح کیفی و اجرایی صنعت ساختمان در کشور ایران بچشم می‌خورد.

هدف کلی این پژوهش شناسایی جایگاه سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در مقاطع مختلف آموزش معماری ایران برای دست‌یابی به الگویی مناسب جهت پیاده‌سازی آن و تبیین دوره‌ها و نظام آموزشی مناسب می‌باشد. با استناد به نتایج آزمون‌های آماری مشخص شده که سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان می‌تواند در مقاطع مختلف آموزش معماری در ایران به کار گرفته شود و دوره‌های آموزشی متوالی و میان‌رشته‌ای جهت توسعه چارچوب پیاده‌سازی بهینه و کاربرد سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در محیط آموزشی بر مبنای مولفه‌های نظام دهنده مناسب‌تر است، حوزه‌های مؤثر در آموزش سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان نیز با توجه به مباحث و بررسی‌های انجام گرفته مشخص گشته است. بنابراین هدف آموزش سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در رشته معماری می‌تواند ابتدا به صورت موضوعی و مستقل مطرح شده و سپس بصورت میان‌رشته‌ای بررسی شود. اگر دانشجویان ارائه پروژه هماهنگ با این سیستم را بیاموزند فرصتی برایشان فراهم می‌آید تا از این قابلیت‌ها بهره‌گیرند و این امر نیازمند پشتیبانی و حمایت آموزش عالی جهت توسعه و تحقیق و ارائه برنامه‌های مناسب برای آموزش سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان است.

پی‌نوشت

۱. "بیم" اختصار است برای Building Information Modelling.

2. Revit
3. ArchiCAD
4. Bentley
5. CAD: computer-aided design
6. General Services Administration (GSA)
7. Qualitative Comparative Analysis (QCA)

References

- Abdirad H, Dossick C (2016). BIM curriculum design in architecture, engineering, and construction education: a systematic review, *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, Vol. 21, No. 17, pp. 250-271.
- Alwan Z, Jones P, Holgate P (2017). Strategic sustainable development in the UK construction industry, through the framework of strategic sustainable development, using building information modelling, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 140, No. 1, pp. 349-358. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.085> at 18 March.2017; 10:24:15AM.
- Autodesk (2018). INSIGHT BLOG. Retrieved from <https://blogs.autodesk.com/insight/solar-analysis-plugin-now-available-for-revit/> at 18 May.2018; 04:10:15PM.
- Bastani M, Mahmoodi S (2018). Idea and concept creation methods in architectural design process, *Journal of Fine Arts*, Vol. 23, No. 1, pp. 5-18.[in persian].
- BIMFORUM (2018). Retrieved from BIMForum.org: <<http://www.bimforum.org/>> at 18 May.2018; 05:07:45PM.
- Cheng R (2006). Suggestions for an integrative education, *The American Institute of Architects, Washington DC: Report on integrated practice*.
- Clayton M (2006). Replacing the 1950's curriculum, *Proceedings of the 25th Annual Conference of the Association for Computer-Aided Design in Architecture*, Louisville, KY, pp. 48-52.
- CPIC (2011). Building Information Modelling, Drawing is Dead- Long Live Modelling. Retrieved from <http://www.cpic.org.uk/en/bim/buildinginformation-modelling.cfm> at 18 April.2011; 12:24:28PM.

فهرست منابع

- De Masi A (2015). From knowledge to complex representation interpretation of material systems, survey guidelines and reading criteria, multi-representations of 3D city models for Cultural Heritage. 2015 Digital Heritage.
- Della Porta D (2008). Comparative analysis: Case-oriented versus variable-oriented research in approaches and methodologies in the social sciences a pluralist perspectives edited by, Donatella Della Porta and Michael, Keatng. Cambridge: Cambridge University Press.
- Denzer A, Hedges K (2008). From CAD to BIM: Educational Strategies for the Coming Paradigm Shift, Architectural Engineering Conference (AEI), pp. 1-11.
- Eastman C (2008). BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors, Hoboken, NJ, Wiley.
- Eastman C, Teicholz P, Sacks R, Liston K (2011). BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors, John Wiley and Sons.
- Hadzaman N, Takim R, Nawawi A (2015). BIM roadmap strategic implementation plan: Lesson learnt from Australia, Singapore and Hong Kong, Raidén, A Band Aboagye-Nimo, E (Eds) Proceedings of the 31st Annual ARCOM Conference, pp. 611-620. Lincoln, UK: Association of Researchers in Construction Management.
- Isikdag U, Underwood J (2010). A Synopsis of the Handbook of Research on Building Information Modeling, Proceedings of CIB 2010 World Building Congress, Salford.
- Khemlani L (2007). AIA TAP 2007 Conference, AECBytes. Retrieved from www.aecbytes.com/newsletter/2007/issue_31.html at 12 October.2007; 11:07:25AM.
- Kushwaha V (2015). Contribution of building information modelling (BIM) to solve problems in architecture, engineering and construction (AEC) industry and addressing barriers to implementation of BIM, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), Vol. 3, No. 1, pp. 100-105.
- Kymmell W (2008). Building Information Modelling: Planning and Managing Construction Project with 4D CAD and simulation, United State of America: Mc Graw Hill.
- Logothetis S, Stylianidis E (2016). BIM Open Source Software (OSS) for the documentation of cultural heritage, Virtual Archaeol, Vol. 7, pp. 28-35.
- MacLeamy P (2004). Collaboration, integrated information and the project lifecycle in building design, construction and operation. Retrieved from <http://codebim.com/wp-content/uploads/2013/06/CurtCollaboration.pdf>.
- Nikbakht (2015). Building information modeling (BIM) in construction management at Iranian universities. Islamic Azad University, Science and Research Branch, Master's Thesis, Construction Management, [in Persian].
- Puolitaival T, Forsythe P (2016). Practical challenges of BIM education. Structural Survey, Vol. 34, Nos. 4/5, pp. 351-366.
- Puolitaival T, Kestle L (2018). Teaching and learning in AEC education – the building information modelling factor, Journal of Information Technology in Construction (ITcon), Vol. 23, pp. 195-214. Retrieved from <http://www.itcon.org/2018/10>.
- RIBA (2011). CPD Northern Network, Building Information Modelling and the Future, Retrieved from <http://www.architecture.com/Files/RIBAProfessionalServices/Regions/NorthEast/Events/.pdf>.
- Smith D, Tardif M (2009). Building information modeling: A strategic implementation guide for architects, engineers, constructors, and real estate asset managers, Hoboken, NJ, Wiley.
- Smith P (2014). BIM Implementation – Global Strategies, Procedia Engineering, Vol. 85, pp. 482-492.
- Waterhouse R, Philp D (2016). National BIM Report 2017, United Kingdom: National BIM Library.

Recognition and Feasibility Study of Implementing Building Information Modeling (BIM) in Architectural Education in Iran*

Marjan Latifi Oskouie¹, Seyed Amir Saeid Mahmoodi²(Corresponding Author), Elham Nazemi³

¹Ph.D. Candidate in Architecture, Department of Architecture, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran (latifimarjan@gmail.com)

²Adjunct Professor, Department of Architecture, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran. Associate Professor, School of Architecture, College of Fine Arts, University of Tehran, Iran (amahmood@ut.ac.ir)

³Assistant Professor, Advancement in Architecture and Urban Planning Research Center, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran (elhamnazemi@par.iaun.ac.ir)

Received
12/10/2019

Revised
16/03/2020

Accepted
29/04/2020

Available Online
21/07/2020

The Building Information Modeling (BIM) system is one of the most important breakthroughs in the construction industry of the current era, and has the potential to transform traditional architectural education into a more productive model. The construction industry is considered to be one of the largest industries in the world, playing a major role in the development of countries around the globe. In fact, the impact of this industry is such that its recession can cause a recession in the whole economy of any country, while its prosperity can pave the way for prosperity of the whole economy of the country. Today, with the development of science and technology, the construction industry is facing new avenues, bringing about major changes therein, one of which is the BIM system. Consequently, with the development of technology in this field, higher education, which always seeks to keep pace with the industry, has confronted the challenge of accepting modern technologies and thus shapes more effective educational strategies. Although Building Information Modeling and its training courses are among the most important and sought-after subjects in recent research literature in the world by leading countries, this new modeling, and especially its training, has been widely neglected in Iran. The purpose of this study is to propose a conceptual framework for getting familiarized with the exploitation of building information modeling system in teaching Iranian architecture. In terms of purpose, this study is an applied research which employs a mixed approach including secondary case study, survey and focus group. The selection of the statistical population was undertaken purposefully, as each component of this statistical population was selected based on its relative knowledge of the building information modeling system and the sample is consisted of 200 architectural graduates. The measurement error was set at 0.05 and the level of reliability was 95%. The questionnaires were distributed online and analyzed using SPSS. The validity of the questionnaires was assessed and the reliability of the variables was calculated and confirmed by Cronbach's alpha test with a coefficient of 0.876. First, the theoretical framework of the research was devised using previous case studies and then the opinions of participants were obtained and analyzed. Finally, the final framework was validated by a focal group of professors and experts. According to the results of the Chi-Square test, the level and objectives of the course were evaluated to be such that the BIM system could be used at different educational levels and along with other training classes. Friedman test and one-sample t-tests and were also used to select the content and measure importance of the courses, in which the highest significance of the application of building information modeling was witnessed in project management, sustainability issues and architectural Studio,

* This article is derived from the first author's doctoral thesis entitled " Developing a Building Information Modelling Educational Framework for Architectural Education in Iran", supervised by the second author and advised by the third author, at Islamic Azad University (Najafabad Branch).

while the lowest significance of its application was obtained in the field of concepts and mental imagination. Based on the findings, three areas of software and modeling, concepts and theory, and information management recognized as effective in the educational framework of BIM, and were thus recommended for consideration in the curriculum of the undergraduate course in architecture. The final educational model is proposed in combination at different educational levels. As such, the proposed framework for teaching building information modeling system is divided into three courses of elementary, intermediate and advanced, in which the students first learn the individual skills in modeling and analysis in the bachelor's program of architecture, then they learn the concepts and principles of building information modeling in the master's program course. They can finally take part in advanced training courses related to the building industry and profession based on teaching teamwork and interdisciplinary collaboration and integration in real projects.

The results indicate that the educational objectives of the BIM system should incorporate the principles of cooperation and integration, as the ultimate goal of implementing a building information modeling system is generating integrated knowledge. The building information modeling system can be taught as an independent course or in combination with other courses such as architectural design Studios. Therefore, recognizing the content of the course and the different fields of technology, policy and processes, measuring the capabilities assigned to learners in the field of technology, which is associated with gaining elementary knowledge in software, hardware, shared platforms, and technological equipment and expertise in modeling, project delivery and presentation techniques, requires an efficient and practical method, for which using BIM system and testing concepts and practical principles is recommended. On the other hand, regarding the subjects in the field of building information modeling processes, i.e. management skills, which reveals the degree of familiarity with the principles and rules for decision-making, and also measures and evaluates the scope of policies, i.e. the legal capabilities, in which the theoretical and standard skills of learners are considered, and finally regarding the theoretical and analytical nature of these fields, oral presentation, conference and interview methods are recommended. In the intermediate courses, this can lead to joint projects of architecture, structures, and facilities for the application of cooperation, and in advanced courses, it can lead to the presence and cooperation of learners in real projects and integration. Therefore, given the opportunities and benefits that building information modeling offers to the field of architecture and construction education, there is an urgent need for education, promotion, legislation and creating proper infrastructure in the field of building information modeling and its purposeful, optimal and principled use of such up-to-date construction system with the aim of improving the quality and executive level of the construction industry in Iran.

Key words:

Building information modeling, Architectural education, Conceptual framework, BIM training in Iran.

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the Journal of Iranian Architecture & Urbanism. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License.

(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



نحوه ارجاع به این مقاله:

لطیفی اسکویی، مرجان؛ محمودی، سید امیرسعید و ناظمی، الهام (۱۳۹۹). شناخت و امکان‌سنجی بکارگیری سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در آموزش معماری ایران، نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران، ۱۱(۱۹)، ۱۴۵-۱۶۵.



DOI: 10.30475/ISAU.2020.222331.1368

URL: http://www.isau.ir/article_112718.html