فصلنامه علمی-پژوهشی
جغرافیا و برنامه‌ریزی منطقه‌ای
سال دوازدهم، شماره ٤، پائیز ١٤٠١
صص: ٨٦٠-٨٣٨

فاکتورهای تاثیرگذار بر پیاده سازی سیستم مدل سازی اطلاعات ساختمان در ایران: رویکرد برنامه‌ریزی منطقه‌ای[1]

مرجان لطیفی اسکوئی
پژوهشگر دکتری معماری، گروه معماری، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران
سید امیر سعید محمودی[2]
دکتری معماری، گروه معماری، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران
دانشیار، دانشکده معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران
الهام ناظمی
استادیار، مرکز تحقیقات افق‌های نوین در معماری و شهرسازی، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران
تاریخ دریافت:۱۴۰۰/۰۸/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۰۹

چکیده
امروزه پیچیدگی‌های صنعت ساخت وساز و پیشرفت‌های پدید آمده در حوزهٔ فناوری، این صنعت را وادار به بکارگیری سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان بیم در بسیاری از کشورها نموده است و ره‌نگاشت‌سازی، یکی از مؤثرترین رویکردها در راستای تحقق اهداف و توسعهٔ چشم انداز آینده این نوآوری می‌تواند باشد. هدف این پژوهش تعیین استراتژی‌ها، اولویت‌دهی و برنامه‌ریزی توسعهٔ سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان با ارائهٔ مدل پارادایمی برآمده از پژوهش مبتنی بر ره‌نگاشت‌سازی می‌باشد. پژوهش از نوع کاربردی به صورت کیفی و با شیوه نظریهٔ داده‌بنیاد اجرا شده است. بدین منظور این مطالعه ابتدا جهت تدوین چارچوب نظری پژوهش از مرور هدفمند تجارب کشورهای پیشرو به عنوان داده‌های ثانویه بهره‌می‌برد. داده‌های اولیه از مصاحبه نیمه ساختاریافته با ده نفر از خبرگان، گردآوری و با استفاده از نرم افزار تحلیل کیفی "مکس کیو دا " طی سه مرحله کدگذاری باز، محوری و انتخابی انجام گرفته است. راهبرد آزمون نتایج بوسیله مشارکت‌کنندگان و سه سویه‌سازی روش شناختی یا رویکرد ترکیبی معیارهای روایی پژوهش بوده است. هشت مقولهٔ اصلی: همکاری دولت؛ انگیزش و تشویق؛ تحویل و تبادل داده‌ها؛ قانون‌گذاری؛ ایجاد پایگاه داده و کتابخانه دیجیتال؛ آموزش؛ استانداردها و چارچوب های نظارتی و ارزیابی؛ و تحقیق و توسعه حاصل کدگذاری داده‌ها بوده که جهت تدوین ره‌نگاشت مدل‌سازی اطلاعات ساختمان توسعه یافته‌اند. براساس یافته‌های حاصل، استراتژی مؤثری که در ابتدای امر باید به آنها توجه نمود همکاری و مساعدت دولت با شروع این حرکت و آگاه سازی جامعه است. طبق نتایج نشان داده شده، دولت به عنوان اصلی-

[1]. این مقاله برگرفته از رساله دکتری نویسندهٔ اول با عنوان"ضرورت ایجاد تحول در ساختارآموزش معماری در ایران پیشنهاد بکارگیری آموزش سیستم مدل –سازی اطلاعات ساختمان در مقاطع مختلف آموزش معماری" است که به راهنمایی نگارندهٔ دوم و مشاوره نگارندهٔ سوم در دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد در حال انجام است.

[2]. (نویسنده مسئول): amahmood@ut.ac.ir

ترین نهاد در پیاده سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان مورد تاکید قرار گرفته است. ترویج مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و حمایت دولت با بکارگیری در پروژه‌های بالادست می‌تواند سبب ترغیب مالکان و ذینفعان صنعت باشد. همچنین آموزش بهتر دانشجویان به تدریج صنعت ساخت و ساز را برای پذیرش مدل‌سازی اطلاعات ساختمان ترغیب می‌کند. مدل‌سازی اطلاعات ساختمان تنها یک فناوری و نرم افزار کاربردی جدید نبوده، بلکه یک سیستم گسترده کاربردی و فرآیندی ضروری است و نباید این مهم را فراموش نمود که این سیستم مربوط به نسل آینده نیست و اکنون و اینجا مورد نیاز است.

کلیدواژگان: مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، ره‌نگاشت، مدل بلوغ، صنعت ساخت و ساز، کشور ایران

مقدمه

توسعهٔ صنعت ساخت‌وساز و فناوری از عمده‌ترین مظاهر پیشرفت و توسعهٔ جوامع بشری هستند. امروزه صنعت ساخت و ساز به عنوان مصرف کنندهٔ سالانه مقادیر قابل توجهی از انرژی جهانی (۴۰٪) و منابع طبیعی دیگری چون مصالح ساختمانی؛ آب (۱۶٪)؛ چوب خام(۲۵٪)؛ سنگ؛ شن و ماسه خام (۴۰٪)؛ سوخت؛ برق و نیروی کارانسانی با چالش‌های گوناگونی روبرواست (DIXIT, 2013) و (Zhabrinna, Davies, Mirza Abdillah Pratama, & Yusuf, 2018). با وجود این چالش‌ها تغییرات و پیشرفت در این صنعت در مقایسه با صنایع دیگر به کندی صورت می‌گیرد. عدم هماهنگی و تبادل غیرمؤثر اطلاعات، تغییرات چند باره اطلاعات؛ دوباره‌کاری‌ها؛ تاخیرات؛ هزینه‌های اضافی ایجادشده برای کارفرمایان و استفاده از فناوری‌های قدیمی ساخت و ساز همگی زمینه‌ساز نارضایتی کارفرما، سوددهی پایین و ریسک بالای پروژه‌ها گشته است. در زمان حال به وضوح می توان دریافت که فرایند ساخت و ساز نسبت به گذشته پیچیده تر شده و نیاز به فناوری‌های محاسباتی مناسب وجود دارد. این پیچیدگی‌ها در طراحی‌های سنتی و رایج سبب بروز خطاهای فراوان می‌گردند. در این بین "مدل‌سازی اطلاعات ساختمان[i] " به عنوان یکی از پیشرفت‌های پدید آمده درصنایع ساختمانی با فراهم آوردن ابزارهایی متنوع سبب دگرگونی و افزایش بهره‌وری در صنایع وحرفهٔ ساخت‌وسازگشته است. با نیم‌نگاهی به پروژه های ساختمانی در کشورایران می‌توان دریافت که هنوز از فناوری‌های سنتی در این فرایند استفاده می‌شود و این امر سبب عدم کارآمدی این صنعت در شرایط کنونی گشته است.

تحقیقات مربوطه نشان می‌دهندکه پروژه های ساختمانی که از فناوری‌های جدید بهره نبرده‌اند و هنوز به صورت سنتی اجرا و طراحی می‌شوند، دچار انقطاع و گسست در جریان داده‌ها در طول چرخهٔ حیات ساختمان خواهند شد (Masood, Kharal, & Nasir, 2014). از دیگرسو تغییرات فناورانه رابطه مستقیمی با فاکتورهای توسعه اقتصادی دارند. بررسی‌های انجام یافته در کشورهای صنعتی نشان می‌دهند که بیش از ۵۰ درصد از رشد اقتصادی این کشورها ناشی از این تغییرات بوده که منجر به بهبود تولیدات آنها گشته است (Kim, 1980). اهمیت توجه و تحقیق در رابطه با فناوری‌های جدید ساختمانی زمانی پررنگ‌تر خواهد شد که به نقش عمده صنعت ساخت‌وساز در پیشرفت اقتصادی یک کشور توجه گردد. زیرا امروزه صنعت معماری، مهندسی و ساخت نقش اقتصادی مهمی بالغ بر ۳/۹ تریلیون دلار در جهان بر عهده دارد و همچنین تاثیر این صنعت بر محیط زیست در جهان را نیز نباید نادیده

گرفت (NBIMS, 2007) و (NBIMS, 2012). در این میان سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان نقش فزاینده ای در ارتباط با فاکتورهای موثر بر این پیشرفت داشته است تا آنجایی که موسسهٔ معماری، مهندسی، مشاوره، اجرا و تعمیر ونگهداری در آمریکا پیش بینی نموده است که بازار این سیستم در جهان رشدی از ۱/۸میلیارد دلاردرسال ۲۰۱۲ به ٦/٥ میلیارد دلار در سال۲۰۲۰ داشته باشد (AECOM, 2013). در واقع مدل‌سازی اطلاعات ساختمان یک منبع مشترک دیجیتال اطلاعات، برای حمایت از تصمیم‌ها و طراحی سیستم‌های دخیل در امر ساخت و ساز است. کاربرد این سیستم گامی مهم در بهبود فرایندهای جاری بوده و راه‌حلی یکپارچه، جهت مدیریت و حل مشکلات موجود در روش‌های سنتی ساخت و ساز ارائه می‌دهد. با کاربرد متد یکپارچه‌سازی؛ ارتباط مستمر تمام افراد دخیل در پروژه و تبادل اطلاعات تسهیل گشته و با تغییر هرچه زودتر روند سنتی اثرات مالی این تغییرات در روند پروژه و سیستم های درگیر با آن کاملاً مشهود خواهد بود.

از تصمیمات جهانی مهم اخیر تصمیم پارلمان اروپا مبنی بر کاربرد فناوری‌های جدید، از جمله سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان جهت مدرنیزه کردن و بهبود شرایط عمومی اروپا بوده است. این بدین معنی است که کشورهای عضو اتحادیه اروپا کاربرد مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در ساخت وساز عمومی پروژه‌های ساختمانی را الزامی می‌نمایند (Autodesk, 2014). پذیرش مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در بازارهای جهانی به سرعت رو به افزایش است و با پیشرفت حاصل از کاربرد آن در کشورهای پیشرو میزان محبوبیت آن در آسیا و دیگر نقاط جهان نیز در حال گسترش است. تحقیقات بسیاری در مورد کاربرد و سطوح اجرایی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در کشورهای مختلف انجام یافته ومقایسهٔ این کشورها با یکدیگر نشان می‌دهندکه کشورهای انگلستان، آمریکا، کشورهای حوزهٔ اسکاندیناوی، استرالیا، سنگاپور و هنگ‌کنگ از کشورهای پیشرو در این زمینه هستندوکشورهایی چون ژاپن، چین، کره جنوبی، هلندو آلمان نیز به سرعت درحال معرفی و بهره‌گیری از این فناوری می‌باشند (Hadzaman, Takim, & Nawawi, 2015) و (Khosrowshahi & Arayici, 2012) و (Khemlani, AECbytes, 2013). به کمک پیاده سازی این سیستم کشورهای پیشرو قادر گشته‌اند که علاوه بر مدل‌سازی پیشرفته‌تر، در مدیریت برآورد هزینه هاو کنترل قیمت، امنیت و طراحی پایدار نیز از منافع آن بهره برند. اما منافع بکارگیری این فناوری محدود به این کشورها نیست زیرا کشورهای دیگرنیز با مشکلاتی که در طراحی و ساخت سنتی وجود دارند مانند: زمان‌بر بودن، تاخیر در پروژه‌ها و هزینه‌بر بودن آنها روبرو هستند و با وجود جنبه‌های اقتصادی منفی به وجود آمده از این شرایط، استفاده از فناوری‌های جدید مانند سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان برای پاسخگویی به نیازها، قابلیتها و موفقیت بیشتر پروژه‌ها مهم است. با وجود این منافع هنوز بکارگیری آن در صنعت ساخت و ساز کشورهای در حال توسعه چون کشور ایران به خاطر آشکار نبودن کاربرد و عدم دسترسی به نمونه های موفق اجرا شده واضح و ملموس نیست. با نگاهی به گذشته در کشورهای در حال توسعه می‌توان دریافت که انتقال فناوری های جدید در این مسیر محدود به سطوح پایین‌تر آن بوده اما به تجربه ثابت شده پذیرش فناوری‌های جدید طراحی باعث ایجاد تغییرات مثبتی در صنعت ساخت و ساز و صرفه جویی در زمان پروژه های ساختمانی گشته‌اند. در این میان جستجو و تحقیق جهت دستیابی به تجربیات پیشگامان جهانی این امر و چالش‌های تجربه شده آنان در موقعیت های یکسان و چگونگی فائق آمدن به این مشکلات، با کاربست نظر خبرگان و متخصصین ایرانی؛ جهت ارائه رهنگاشت و پیشنهادی نوین

برای پیاده سازی موفق مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در کشور ایران به عنوان یک کشور در حال توسعه، کنکاشی سازنده خواهد بود. با وجود اهمیت فراوانی که امر پژوهش در حوزه کاربرد و پیاده سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و برنامه‌ریزی راهبردی توسط مسئولین امر دارد؛ با تفکیک حوزه‌های مورد پژوهش سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان کمبود توجه به آن کاملاً مشهود است و این امر خود اهمیت تحقیقات آینده در رابطه با حوزهٔبرنامه‌ریزی و تدوین رهنگاشت جهت پیاده سازی موفق سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در ایران را نشان می‌دهد.

بدون شک در پذیرش فناوری‌های نوین برخی ریسک‌ها وجود دارند ولی نیازمند رویارویی با آنها هستیم تا با گذشت زمان بتوان از منافع آنها بهره گرفت. جهت بهبود برنامه‌ریزی، تصمیم‌سازی و تصمیم‌گیری در بکارگیری و پیاده سازی این سیستم نوین نیازبه ابزارهای نوین مدیریتی و کارآمدی چون تدوین رهنگاشت استراتژیک پیاده سازی آن وجود دارد. رهنگاشت ابزاری است جهت کشف و توصیف آینده مطلوب و تبیین راه رسیدن به آن، جهت پاسخگویی به سه سوال اساسی: کجا هستیم، به کجا می‌خواهیم برسیم و چگونه این مسیر را طی کنیم. در این میان منظور از فرایند رهنگاشت سازی، گامهای تدوین و فعالیتهای پیش از ترسیم آن هستند. مراحل توسعهٔ رهنگاشت عبارتند از: ۱- معرفی ۲- مرحلهٔ توسعه و۳- مرحلهٔ ادغام. از آنجایی که هدف این پژوهش شناسایی شکافهای موجود و موقعیت فعلی نسبت به چشم انداز آینده پیاده سازی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و استخراج گزینه‌های استراتژیک برای پرکردن این شکاف ها می‌باشد. [تدوین رهنگاشت برنامه‌ریزی استراتژیک راهبردی]. بنابراین پس از تعیین محدودهٔ مورد مطالعه (محدودهٔ صنعت ساخت و ساز) فرایند رهنگاشت سازی به صورت زیر تعریف شده است:

۱- تبیین چشم انداز مطلوب صنعت ساخت و ساز در بکارگیری سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان.(چیستی و چرایی)؛

۲- تعیین مهم‌ترین چالشهای صنعت ساخت و ساز در تحقق چشم انداز بکارگیری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان. (شرایط واسطه‌ای: موانع موثر بر تحقق پدیدهٔ مورد نظر، عوامل اثرگذار مستقیم چگونه چقدر)؛

۳- تلاقی چالشها با بخشهای وظیفه‌ای مربوطه و تحلیل و دسته‌بندی، بر اساس سطوح تصمیم‌گیری؛ (شرایط علی: عوامل ایجاد کنندهٔ پدیدهٔ اصلی، چه کسی)

٤- تعیین راهکارهای فناوریک چالشها و فناوری‌های استراتژیک در هر بخش؛ تدوین راهبردها (ویژگی‌ها و شرایط تحقق پدیدهٔ مورد نظر، چگونه، با چه وسیله‌ای)

۵- سنتز و تحلیل و اعتبار سنجی

٦- جمع بندی و نتیجه‌گیری – ترسیم ره نگاشت.

هدف اصلی این پژوهش، کاربست عناصر تحلیل استراتژیک و یافتن رهنگاشتی جهت توسعه چشم‌انداز آینده در کشور ایران با استفاده از نمونه های موفق و تجارب کشور های پیشرو در این زمینه است.

مبانی نظری

جهت بررسی مقالات داخلی در حوزهٔ سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان طی دههٔ اخیر، توسط نگارندگان طبقه-بندی حوزه‌های پژوهش در مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، مطابق مدل اسیک‌داگ [ii] و آندروود [iii] توسعه یافته و پس از بررسی ۱۹٦ مقالهٔ مربوطه، از سامانه‌های جستجوی Magiran و Civilica، نتایج مطابق (جدول ۱) نشان‌دهندهٔ مغفول ماندن حوزهٔ برنامه‌ریزی کلان در بکارگیری سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان است (Isikdag and Underwood 2010). رشد ناگهانی که در تعداد مقالات مرتبط با موضوع مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در سالهای اخیر رخ داده است بیشتر شامل مقالات مروری در حیطهٔ شناخت مفاهیم و خود سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان می‌شوند.

جدول ۱. طبقه‌بندی حوزه‌های پژوهش در مدل‌سازی اطلاعات ساختمان

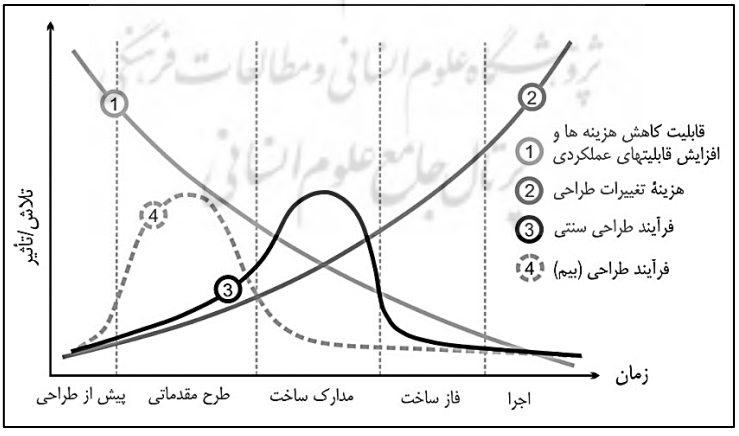
	حوزهٔ پژوهش	تعداد مقالات	درصد
۱	شبیه سازی فرایند و کنترل-مهندسی ارزش	۲۷	٪ ۱۳.۷۸
۲	مباحث پایداری (سبز - چابک)	۲۹	٪ ۱٤.۸۰
۳	استانداردسازی	٤	٪ ۲.۰٤
٤	بلوغ	۳	٪ ۱.۵۳
۵	پذیرش سازمانی	۱۲	٪ ٦.۱۲
٦	خدمات اطلاعات ساختمان	۲۵	٪ ۱۲.۷٦
۷	نمونه های واقعی	۲۵	٪ ۱۲.۷٦
۸	آموزش و یادگیری	۲	٪ ۱.۰۲
۹	پذیرش صنعت	۱۷	٪ ۸.٦۷
۱۰	مفاهیم کلی	۳۸	٪ ۱۹.۳۹
۱۱	یکپارچگی اطلاعات ساختمان	۷	٪ ۳.۵۷
۱۲	واکنش اضطراری-مدیریت ریسک	۷	٪ ۳.۵۷
مجموع		۱۹٦	٪ ۱۰۰

پژوهش‌های انجام یافته با بررسی وضعیت کنونی پیاده سازی و پذیرش سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در صنعت ساخت و ساز؛ نشان می‌دهند که کشور ایران در سطح پایینی نسبت به سایر کشورهای همرده خود در خاورمیانه قرار دارد. در واقع محققان عوامل اصلی گرایش به بهره‌وری در صنعت ساخت و ساز و استفاده از سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان را توجه و حمایت دولت می‌دانند که با وجود قوانین الزام آور؛ اعمال بودجه به پژوهشهای صورت گرفته؛ ایجاد راهنما و دستورالعمل‌های مناسب پیاده‌سازی آن در پروژه‌ها می‌تواند محقق گردد (ستوده بیدختی & اثنی عشری, ۱۳۹٤) و (ادیب فر & باقری, ۱۳۹٤) و (شاکری & اسدی بروجنی, ۱۳۹۵). تنها پژوهش انجام یافته در این حوزه نیز به معرفی مدلی فرآیندی جهت تدوین ره نگاشت سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان پرداخته که نهایتاً راه حل و نتیجه عملی از این پژوهش میسر نگشته است (طاهری جبلی, یوسفی خرایم, & شکوری, ۱۳۹۸). بنابراین برای حرکت در مسیر بهره‌وری و توسعه سیستم های نوین در صنعت ساخت و ساز ناگزیر به تدوین ره نگاشت فناوری، به عنوان ابزاری کارآمد در این خصوص می‌باشیم و این پژوهش با شناسایی

شکافها و موقعیت کنونی، سعی در معرفی چشم اندازهایی جهت رسیدن به جزئیات ره نگاشت بر مبنای نظر خبرگان دارد.

مدل‌سازی اطلاعات ساختمان

مفهوم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان را می‌توان مربوط به نخستین روزهای پدیدار گشتن کامپیوتر در سال ۱۹۶۰ میلادی و ظهور برنامه‌های مدل‌سازی در دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ میلادی دانست. شروع کاربرد برنامهٔ "آرچی کَد[۷] ii" در سال ۱۹۸۲میلادی در کشور مجارستان را شروع واقعی این سیستم و توسعهٔ برنامهٔ نرم افزاری"رِویت[۷]" در سال ۲۰۰۰ میلادی را تغییری درجهت پیاده‌سازی مؤثرسیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان دانسته‌اند (Quirk, 2012). اساساً سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان فناوری نوینی جهت طراحی و تولید اجزای ساختمان در صنعت ساخت و ساز مهیا می‌کند که از مدل دیجیتال و جامعی بر اساس فرایندی مبتنی برهمکاری در مقابل مجموعه ترسیمات جداگانهٔ سنتی طراحی ساختمان بهره می‌برد (Alwan, Jones, & Holgate, 2017). مدل‌سازی اطلاعات ساختمان را می‌توان به عنوان یک پلت فرم کاری مشترک چند رشته‌ای نیز تعریف نمود که تغییرات، مدیریت، و ارتباطات به طور همزمان در میان افراد پروژه به اشتراک گذاشته می شود (De Masi, 2015). که این امر به بازیابی اطلاعات مفید در هر زمان و جلوگیری از اتلاف زمان و کاهش احتمال خطاها کمک خواهد نمود (Logothetis & Stylianidis, 2016). مزایای کاربرد مدل‌سازی اطلاعات ساختمان می‌تواند کل چرخهٔ حیات یک پروژه را پوشش دهد. به طور حتم انتقال از شیوه‌های رایج مستندسازی و ارائهٔپروژه‌ها در شرکت‌های ساختمانی به روش جدیدمدل‌سازی، نیازمند ایجاد پاره‌ای از تغییرات است. (تصویر۱) مقایسه‌ای میان روش‌های سنتی طراحی و ساخت پروژه‌ها با مفهوم اصلی فرآیند یکپارچه مدل‌سازی اطلاعات ساختمان را نشان می‌دهد. نتایج نشاندهنده آن است که در این فرآیند یکپارچه، هزینه‌های پروژه کاهش و قابلیت‌های عملکردی افزایش می‌یابد. همچنین دراین فرآیند نسبت به روش سنتی هزینهٔ تغییرات کاهش و زمان اجرای طراحی جلو می‌افتد (باستانی & محمودی, ۱۳۹۷).



تصویر ۱. مقایسه گردش کاری فرآیند سنتی ساخت و مفاهیم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان*(MacLeamy, 2004)*.

در واقع در روش‌های سنتی شاهد تغییرات قابل ملاحضه‌ای در مرحله مستندسازی مدارک ساخت و هنگام رویارویی با مسائلی چون افزایش هزینه‌ها و تاخیر زمانی پروژه هستیم. در صورتی‌که سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به این مسائل از همان مراحل آغازین پروژه توجه دارد و واضح است تا وقتی پروژه در مراحل فرایند طراحی باشد بهتر می‌توان به صرفه‌جویی در هزینه و زمان پروژه پرداخت. از این امر چنان برمی‌آید که پژوهش‌های

صورت گرفته و تحقیقات آکادمیک در زمینهٔ مدل‌سازی اطلاعات ساختمان نیز به ارزشمند بودن و پتانسیل‌های آن در مفاهیم فناورانه جدید اشاره دارند.

سطوح پیاده سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان

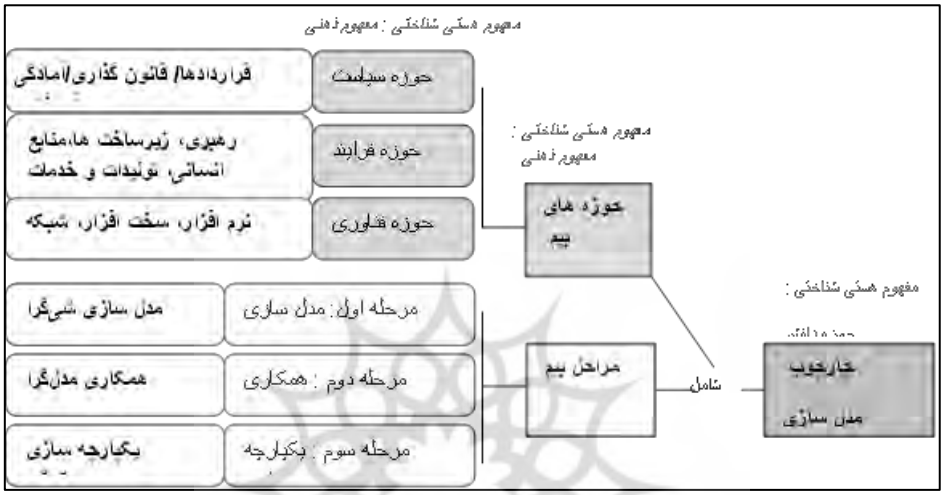
یک پیاده سازی موفق نیازمند استراتژی‌هایی با چارچوبی دقیق و فکر شده است. مدل بلوغ قابلیت [vi] مدل‌سازی اطلاعات ساختمان؛ جهت ارزیابی توانایی ذینفعان در اجرای نرم افزار است و مطابق (تصویر ۲) از سطح ۱ تا سطح۳ بسته به سطح اجرای شخصی یا سازمانی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به سطوح مدل‌سازی، همکاری و یکپارچگی درجه بندی گشته است. آخرین درجه یا حالت ایده‌آل مربوط تحویل یکپارچه پروژه یا (آی‌پی‌دی) می‌گردد (Haron, Marshall-Ponting, & Aouad, 2010).

تصویر ۲. سطوح بلوغ و بکارگیری سیستم مدل‌سازی، منبع (Zieliński & Wójtowicz, 2019-).

فاکتورهای کلیدی پیاده سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان: حرفهٔ مهندسی به سوی فرآیند دیجیتال و یکپارچگی در حال تغییر است؛ وجنبشی فراگیر برای توسعه و دستیابی به این پیشرفت‌ها نیاز است. مدل‌سازی اطلاعات ساختمان جدیدترین نوآوری در صنعت ساخت و ساز است، که نوید دهندهٔ نتایج امیدوارکننده‌ای جهت شکل‌دهی به بدنهٔ پراکنده و نابسامان این صنعت است. در این راستا عوامل و فاکتورهای کلیدی در بکارگیری و پیاده سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در ادبیات موضوع، مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته که می‌تواند مبنایی جهت شناسایی شکاف‌ها و چالش‌های پیش رو و ترسیم چارچوب نظری پژوهش باشد. به منظور شناسایی فاکتورهای اساسی پیاده سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، مطالعات اخیر در این حوزه انتخاب و مورد سنجش واقع گشته اند. چارچوب ارائه شده توسط ساکار به عنوان کامل‌ترین چارچوب ارائه شده بیشترین دامنه دانش مدل‌سازی اطلاعات ساختمان را پوشش می دهد و دامنه های دانش و ارتباطات آنها را توصیف می‌نماید. وی انواع زمینه و رشته‌های موثر در مجموعه‌های صلاحیت کارآمدی شایستگی را حوزه‌های سیاست، فرایند و فناوری می-

داند. مطابق (تصویر ۳) حوزه‌های مدل‌سازی اطلاعات ساختمان عناصراصلی آن یعنی (سیاست، فناوری و فرایند)، نتایج و روابط آنها را نشان می‌دهد (Succar, 2009). کاملاً مشهود است آنچه از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان درکشور ایران بکار می رود در مقایسه با کشورهای پیشرو هنوز در مراحل اولیه و سطوح پایین‌تر قرار دارد.

در واقع مراحل بلوغ مدل‌سازی اطلاعات ساختمان چارچوبی سیستماتیک فراهم می‌نماید و به عنوان یک مبنا جهت توسعه ره‌نگاشت در کشور ایران می‌تواند استفاده شود. این بدان معنی است که صنعت ساخت و ساز ایران ضروری است که به عناصر تحلیل استراتژیک دسترسی داشته باشد تا در طرح استراتژیک جهت نیل به فرایند توسعه موفق داخل شود.



تصویر ۳. مدل سازی اطلاعات ساختمان – اجزای مدل بلوغ مدل‌سازی اطلاعات ساختمان

منبع: (Succar, 2009).

مسلم است که هدف صنعت ساخت و ساز کشور ایران رسیدن به کلاس جهانی و حضور در بازارها و رقابتهای بین المللی با تحقق اهداف کوتاه مدت و میان مدت آن است. بنابراین تعیین مهم‌ترین چالشهای صنعت ساخت و ساز در تحقق بکارگیری سیستم مدل‌سازی اطلاعات و شناسایی شکافهای موجود و موقعیت فعلی نسبت به چشم انداز آینده آن کارآمد و موثر خواهد بود. جمع بندی نتایج پژوهش‌های انجام یافته در رابطه با مسائل و چالشهای بکارگیری سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در داخل کشور ایران نشان داده است که پژوهشگران عوامل عدم تحقق کاربرد این سیستم در صنعت ساختمان ایران را پنج دسته موانع: اجتماعی–سازمانی، اقتصادی، فناوری، قراردادی–قانونی و زمان می‌دانند. یعنی می‌توان این دسته بندی را حاصل نمود که، مقاومت در برابر تغییر؛ فقدان کاربران باصلاحیت و با تجربه؛ عدم تمایل مشتری؛ فقدان آموزش؛ مشکلات فرایندهای کاری؛ عدم آگاهی و حمایت مدیران ارشد؛ و فقدان انگیزه نیاز به نیروهای مدیریتی و کنترل پروژه؛ وشکل‌گیری تقاضای مشتری بیشتر در مرحله اجرا از موانع دسته‌بندی "اجتماعی – سازمانی" بوده است. همچنین هزینهٔ اولیه راه اندازی و ارتقاء نرم افزار و سخت افزار مدل‌سازی اطلاعات ساختمان؛ هزینهٔ آموزش کارکنان؛ بی‌اعتمادی نسبت به عدم برگشت سرمایه؛ عدم توانایی مالی شرکتهای کوچک برای شروع یک گردش کار جدید با استفاده از سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان؛ هزینه آموزش افراد درگیر در پروژه؛ و هزینه تهیه نرم‌افزارهای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان نیز از موانع دسته‌بندی" اقتصادی" شناخته شده است. در این ارتباط، فضای پیچیده برنامه‌ها؛ مشکلات سازگاری در

تبادل اطلاعات بین دیسیپلین‌های مختلف؛ بالغ نبودن/کاربردی نبودن ابزارهای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان؛ پراکندگی اطلاعات و نبود سیستم یکپارچه جزو موانع "فناوری" دسته‌بندی گشته است و فقدان راهنماها و استانداردهای (الزام آور یا غیر الزام آور) کاربردی؛ مالکیت مدل : مالکیت معنوی و حق کپی؛ مسئولیت داده/مدل ناقص یا اشتباه؛ عدم وجود نقشه ها و طرح های قابل دسترسی و مشخصات مربوط؛ نیز ازموانع دسته‌بندی "قانونی" هستند. همچنین کاهش سرعت گزارش‌گیری؛ وبررسی وضعیت و تأخیرات پروژه، توسط پژوهشگران از موانع "زمانی" دسته‌بندی شده است(روحانی & بنی هاشمی, ۱۳۹۷) (مانقاساریان & نکوئی, ۱۳۹۵) (کوشکی, ۱۳۹٦) (بداقی, کشاورزحدادها , & حاجی یخچالی, ۱۳۹۵). بعلاوه کوشکی عدم وجود حمایت قوی از جانب مراجع ذیصلاح یا دولت و عدم وجود مهارت در بین متصدیان نرم افزار، را نیز ازموانع اصلی پیاده سازی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان می‌داند (کوشکی, ۱۳۹٦). همچنین آموزش نیز یکی از ارکان اساسی در این راه خواهد بود زیرا گسترش استفاده از منافع سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در صنعت ساخت و ساز با افزایش تعداد متخصصان آموزش دیده میسر خواهد بود و مهم‌ترین و اصلی‌ترین گام می‌تواندتوسط آموزش عالی و با معرفی برنامه های آموزشی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در رشتهٔ معماری و ساخت و ساز برداشته شود. البته این رویکرد تنها بخاطرافزایش تقاضای کاربرد سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان نیست، بلکه آموزش آن برای آیندهٔ شغلی بهتر دانشجویان در رویارویی با چالش‌های حرفه‌ای؛ راندمان بالاتر؛ وایجادارتباط نزدیک‌تر بین صنعت وآموزش‌عالی نیز مفیدخواهدبود(لطیفی اسکویی, محمودی, & ناظمی, ۱۳۹۹). چنانکه مصباح راد و والی پور عدم آگاهی از سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان توسط ذینفعان؛ عدم آگاهی از نحوهٔ استفاده از نرم افزارهای آن؛ و فقدان آگاهی از مزایای این سیستم؛ را مهم‌ترین موانع استفاده از سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در صنعت ساخت و ساز دانسته‌اند (مصباح راد & والی پور , ۱۳۹٦). دراین میان شایان توجه است که در پژوهشهای صورت گرفته برخی محققین بسادگی عوامل عدم تحقق مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در دیگر کشورها را به ایران نیز مربوط دانسته‌اند و این در حالی است که شرایط بومی صنعت ساخت و ساز و فناوری هر کشور بخصوص کشورهای در حال توسعه متفاوت از کشورهای توسعه یافته می‌باشد.

پس از بررسی پژوهشهای داخلی در ادامه سعی شده است تا تحقیقات انجام گرفته درکشورهای پیشرو نیز بررسی و تحلیل گردد. در این راستا اسمیت در پژوهشی مسائل پیاده سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در صنعت ساخت و ساز را مورد بررسی قرار داده و نتایج نشان می‌دهند که رهبری و پشتیبانی دولت؛ استانداردهای ملی و جهانی؛ مطالبه و مسائل حقوقی؛ آموزش و تخصص؛ و فرصتهای ناشی از استقبال حرفه نقشی مهم در پیاده سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان دارند (Smith, 2014). مورل‌هون و همکارانش نیز مدلی تعاملی بر پایهٔ فاکتور های بحرانی چون: مهندسی مجدد فرایندهای کسب وکار؛ استاندارد سازی؛ مشارکت ذینفعان خارج از حرفه؛ آموزش فناوری و مدیریت اطلاعات و نیز فرایند انتخاب سیستم ایجاد نموده‌اند (Morlhon , Pellerin , & Bourgault , 2014). همچنین تالن‌هایمو(۲۰۱۵) چالشهای کلیدی و موانع عمده پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در کشور فنلاند را؛ مشتریان/کارفرمایان (تقاضا، مهارت و قراردادها)؛ شرکتها/مدیران(استراتژی و چشم انداز، درخواست و صلاحیت مدیران، بازگشت سرمایه)؛ رفتار سازمانی (مقاومت در برابر تغییر، آموزش و تخصص،

سازماندهی پروژه) و فناوری (سخت افزار ، نرم افزار) می‌داند (Tulenheimo, 2015). بویی و همکارانش نیز موانع و چالش‌های پیاده سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در کشورهای در حال توسعه را بررسی و نشان داده‌اند که مشکلات فناوری؛ چشم‌انداز(کمبود و نبود استانداردها و افراد حرفه‌ای، مسائل حقوقی و پشتیبانی دولت) و عملکرد کنونی حرفه ساخت و ساز (بخاطرمزایای نامشخص مدل‌سازی اطلاعات ساختمان) بیشترین تاثیر را بر عدم پذیرش یا روند کند آن دارند (Bui, Merschbrock, & Munkvold, 2016). در همین راستا حسینی و همکارانش در مطالعاتشان نشان دادند که موانع اصلی پیاده سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در کشور استرالیا عبارت است از؛ عدم استقبال کارفرمایان و پیمانکاران جزء و ریسک بالای سرمایه‌گذاری و عدم اطمینان از بازگشت سرمایه، در صورتیکه کمبود منابع و دانش جزو چالشهای اصلی در استرالیا قرار ندارند (Hosseini , Namzadi , Rameezdeen , Banihashemi , & Chileshe , 2016). غفاریان حسینی و همکارانش در رابطه با شرایط کنونی پذیرش مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و منافع و چالشهای آن پژوهشی انجام داده اند و این مطالعه نشان می‌دهد که عدم پذیرش مدل‌سازی اطلاعات ساختمان با فاکتورهایی چون هزینه؛ بازگشت سرمایه؛ تقاضا؛ مسائل مربوط به قابلیت همکاری چون: (نرم افزار، مهارت، تجربه) رابطه نزدیک دارد. آنها پیشنهاد کرده‌اند که جهت پیاده‌سازی موفق مدل‌سازی اطلاعات ساختمان متولیان امر در حرفه و صنعت ساخت و ساز باید در رابطه با آموزش، نرم افزار، سخت افزار، توسعه فرایند داخلی و توسعه کسب و کار بر اساس فناوری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان همت گمارند (Ghaffarianhoseini, et al., 2017). (جدول ۲) خلاصه ای از فاکتورهای اساسی پذیرش مدل‌سازی اطلاعات ساختمان بر اساس آراء این محققین را نشان می‌دهد.

جدول ۲. فاکتورهای اساسی پذیرش مدل‌سازی اطلاعات ساختمان بر اساس آراء محققین

قابلیت	فناوری			فرایند				سیاست			
سطح شناسایی موانع	نرم افزار	سخت افزار	شبکه	زیرساختها	منابع انسانی	تولیدات وخدمات	رهبری	عوامل فرهنگی	قانون گذاری	قراردادها	آمادگی
سطح ارزیابی موانع	برنامه ها، تحویل پروژه، افزونه ها و داده	تجهیزات، تحویل پروژه، مکان و جابجایی	تحویل داده ها، امنیت و کنترل دسترسی	زیرساخت های فیزیکی و دانشی و اقتصادی	دانش، مهارت، نقش، تجربه ونیروها	رویکردتحویل پروژه و توسعه وتحقیق	خلاقیت، روشهای راهبردی، سازمانی، ارتباطی و مدیریتی پشتیبانی الزام و تشویق دولت	مقاومت در برابر تغییر روحیهٔ همکاری و کار تیمی	استانداردها و قوانین ساخت	مسئولیتها ، ریسک وانگیزش ها	برنامه های آموزشی، تحقیقاتی و آگاه سازی
روحانی و بنی هاشمی (۱۳۹۷)	•		•	•		•	•	•	•	•	•
مانقاساریان و نکوئی (۱۳۹۵)	•			•		•	•			•	•

کوشکی (۱۳۹۶)	•	•		•	•		•	•
راد و والی پور (۱۳۹۶)				•	•		•	•
لطیفی اسکویی، محمودی و ناظمی(۱۳۹۹)				•	•			•
Morlhon et al (2014)				•	•		•	•
Peter Smith (2014)					•		•	•
Tulenheimo (2015)	•	•		•	•	•	•	•
Bui et al (2016)					•		•	•
Hosseini et al (2016)					•			•
Ghaffarianhosein et al (2017)	•	•		•	•			•

مناطق مورد مطالعه

با توجه به نیاز به سیاست‌گذاری جهت پیاده‌سازی و اجرای سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، ره‌نگاشت مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در صنعت ساخت و ساز به عنوان ابزاری جهت شکل گیری استراتژی و برنامه ریزی بکارگیری آن بکار می‌رود. در این بخش به بیان برخی مستندات معتبر مرتبط با ره‌نگاشت مدل‌سازی اطلاعات ساختمان پرداخته می‌شود. موارد مورد بررسی شامل برنامه های بین المللی بکار رفته درکشورهای پیشرو درحوزهٔ پیاده‌سازی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان هستند.

انگلیس، استرالیا، سنگاپور و هنگ کنگ ازکشورهای پیشرو در این حوزه بوده و استراتژی‌های قابل قبولی در زمینه تاثیر مدل‌سازی اطلاعات ساختمان بر پروژه های ساخت و ساز گزارش کرده‌اند (BCA, 2011).

کشور سنگاپور

در کشور سنگاپور به عنوان ابتکاری استراتژیک از سال ۲۰۰۰ میلادی، پروژهٔ "کورنت [vii] " – سامانهٔ کنترل خودکار قوانین و ضروریات طرح ارائه شده برای یک بنا– با به راه اندازی پلت‌فرم "فورناکس [viii] " و در راستای ایجاد تغییرات لازم در صنعت با استفاده از فناوری اطلاعات ایجاد گشت. سال ۲۰۱۱میلادی راهنمای ملی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان منتشر و از سایت "کورنت" قابل دسترس گشت (BuildingSMART Australasia, 2012).

(بی‌سی‌ای [ix]) ویرایش دوم ره‌نگاشت کشور سنگاپور را با هدف استفاده صنعت ساخت و ساز از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، تحت عنوان طرح استراتژیک پیاده سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان با شش استراتژی(راه اندازی همکاری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در سراسر زنجیره ارزش؛ ایجاد قابلیت مدل‌سازی اطلاعات ساختمان جهت پیمانکاران متخصص؛ برنامه های تحصیلی جدید در تمام سطوح؛ تحقیق و توسعه مدل‌سازی اطلاعات ساختمان؛ مدل‌سازی اطلاعات ساختمان برای طراحی صنعتی و مونتاژ؛ و مدل‌سازی اطلاعات ساختمان برای مدیریت تسهیلات) مطابق جدول شماره(۳) مد نظر قرار داده است. هدف بلند مدت این سازمان تا سال ۲۰۲۰ میلادی ایجاد یک برنامه کاربردی در صنعت ساخت و ساز است که بوسیله سازمان‌های پیشرو و با حمایت نیروی کار متخصص و حرفه ای هدایت شود.

کشور استرالیا: سازمان ساخت هوشمند[x]، نقش عمده ای در هدایت، توسعه، پیاده سازی و اجرای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در استرالیا بخصوص با ایجاد یکپارچگی با کمک سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان جهت ایجاد همکاری بین دست اندرکاران نرم افزاری این کشور برای ارتقای مفهوم "مدل‌سازی اطلاعات ساختمان

باز [xi] "–جریان کاری تعاملی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان با فرمت "آی‌اف‌سی [xi i] "– دارد (CIBER, 2012). تهیهٔ نقشهٔ راه کشور استرالیا توسط این موسسه برنامه‌های‌کاری آغازین مدل‌سازی اطلاعات ساختمان ملی در این کشور را خلاصه می‌کند. توسعهٔ مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در استرالیا توسط سازمان‌های دولتی راه اندازی گشته و در حال گسترش است. پیاده سازی استراتژیک مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در استرالیا مطابق جدول شماره(۳) در شش برنامه کاری(تدارکات پشتیبانی؛ راهنمای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان؛ آموزش؛ تولید اطلاعات و پایگاه داده-ها،کتابخانه؛ فرایند و تبادل داده‌ها؛ چارچوب نظارتی) توسعه یافته است. در مقایسه با دیگر کشورها استرالیا از برنامه زمان‌بندی برای طرح پیاده سازی ره‌نگاشت استفاده نموده وافراد ذی نفع را الزام به رسیدن به تاریخ مورد نظر نموده است. اما به نظر می‌رسد به ایجاد انگیزه برای پذیرش مدل‌سازی اطلاعات ساختمان توجهی نداشته است.

کشور انگلیس: هدف این کشور، انتقال صنعت ساخت و ساز به موضع رهبری سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در جهان درطی یک بازهٔ زمانی نسبتاً کوتاه بوده است(Withers, 2012) . استراتژی ساخت‌وساز در دولت انگلستان از سال ۲۰۱۱ میلادی با هدف الزام مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در همه پروژه‌های دولتی تا سال ۲۰۱٦ میلادی و با کمک پیاده‌سازی طرح مرحله بندی شده پنج ساله است. دولت کاملاً از پیاده سازی و اجرای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در صنعت ساخت‌وساز حمایت کرده و بخش خصوصی نیز با تشکیل کار گروه‌ها و انتشار طرح-های استراتژیک به این امر کمک نموده است. سازمان(بیسریا [xi i i]) عهده دار تنظیم ره‌نگاشت کشورانگلیس بوده و طبق جدول شماره(۳) چهار استراتژی (مشارکت ذینفعان و رسانه؛ تحویل و تولید؛ تجارت و قانون؛ وکار آموزی ودانشگاه ها) را در این برنامه جای داده است.

کشور هنگ کنگ

مسئولین این کشور کاربرد مدل‌سازی اطلاعات ساختمان را ازسال ۲۰۱٤ میلادی در پروژه‌های جدید به عنوان هدف تعیین نموده و از ابتدای سال ۲۰۱٤ میلادی آکادمی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان را جهت آموزش؛ آزمون و ارائهٔ گواهی مهارت؛ به متخصصین این امر تاسیس نموده‌اند (McGraw hill, 2014). گروه کاری ره‌نگاشت مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در این کشور (سی‌آی‌سی [xi v]) استراتژی پیاده سازی آن را در صنعت ساخت و ساز اجرایی نموده است. ره‌نگاشت مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در هنگ کنگ بر نه حوزهٔ (همکاری؛ تشویق و منافع قطعی؛ استاندارد و نمونه های مشترک؛ قانون و سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان؛ تشریک اطلاعات و تحویل؛ ترویج و آموزش؛ ظرفیت لازم دیجیتال و حمایت فروشندگان؛ مدیریت ریسک؛ و رقابت پذیری جهانی) مطابق جدول شماره(۳) تمرکز دارد.

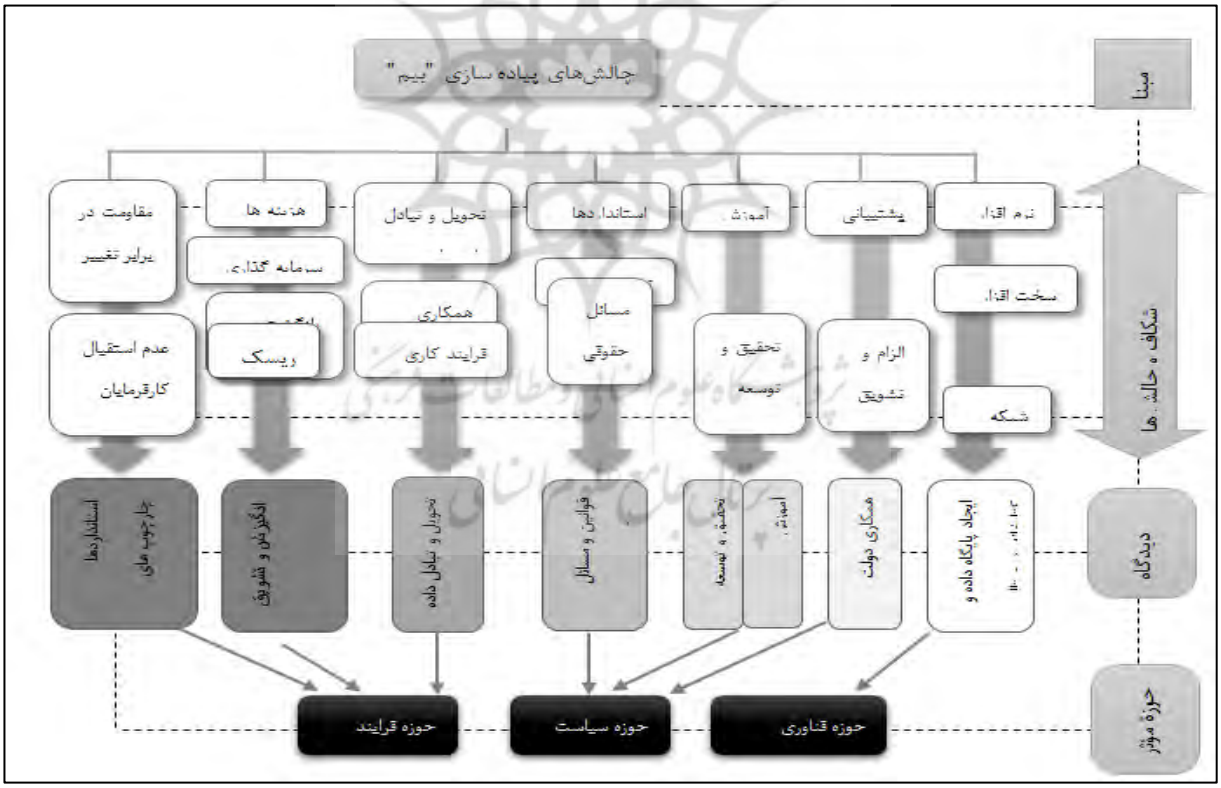
جدول ۳. برنامه و استراتژی های طرح پیاده سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در کشورهای پیشرو

انگلیس	استرالیا	سنگاپور	هنگ کنگ
۱- مشارکت	۱- تدارکات پشتیبانی	۱- راه اندازی همکاری مدل‌سازی	**۱- همکاری**
ذینفعان و رسانه	۲-راهنمای مدل‌سازی	اطلاعات ساختمان در سراسر زنجیره	**۲- تشویق و منافع قطعی**
۲- تحویل و تولید	اطلاعات ساختمان	ارزش	**۳- استاندارد و نمونه های مشترک**
۳- تجارت و قانون	۳-آموزش	۲- ایجاد قابلیت مدل‌سازی اطلاعات	**٤- قانون و سیستم مدل‌سازی**
٤-کار آموزی	٤- تولید اطلاعات و پایگاه	ساختمان پیمانکاران متخصص	**اطلاعات ساختمان**

ودانشگاه ها	داده ها،کتابخانه ۵- فرایند و تبادل داده ها ٦- چارچوب نظارتی	۳- برنامه های آموزشی جدید در تمام سطوح ٤- تحقیق و توسعه ۵- مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در طراحی صنعتی و مونتاژ ٦- مدل‌سازی اطلاعات ساختمان برای مدیریت تسهیلات	**۵- تشریک اطلاعات و تحویل** **٦- ترویج و آموزش** **۷- ظرفیت لازم دیجیتال و حمایت فروشندگان** **۸- مدیریت ریسک** **۹- رقابت پذیری جهانی**

یافته‌های تحقیق

بررسی ادبیات موضوع پیرامون شناخت مفاهیم سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، جایگاه آن در صنعت ساخت و ساز و مقایسهٔ نقشهٔ راه پیاده‌سازی آن در کشورهای پیشرو در این حوزه بود. با استفاده از داده های ثانویه جهت استخراج چارچوب نظری پژوهش؛ شکاف‌ها و چالش‌های پیاده سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان منتج از نظر محققین در ۱۹ مورد جمع بندی گشته است و سپس ۸ بعد اصلی: همکاری دولت؛ آموزش؛ تحقیق و توسعه؛ قوانین و مسائل حقوقی؛ انگیزش و تشویق؛ تحویل و تبادل داده‌ها؛ استانداردها چارچوب های نظارتی و ارزیابی؛ ایجاد پایگاه داده و کتابخانه دیجیتال؛ دسته بندی و سپس هرکدام به حوزهٔ مؤثر شناسایی شده مربوط گردیده است (تصویر٤).



تصویر٤. چارچوب نظری پژوهش

(منبع : نگارندگان).

روش پژوهش

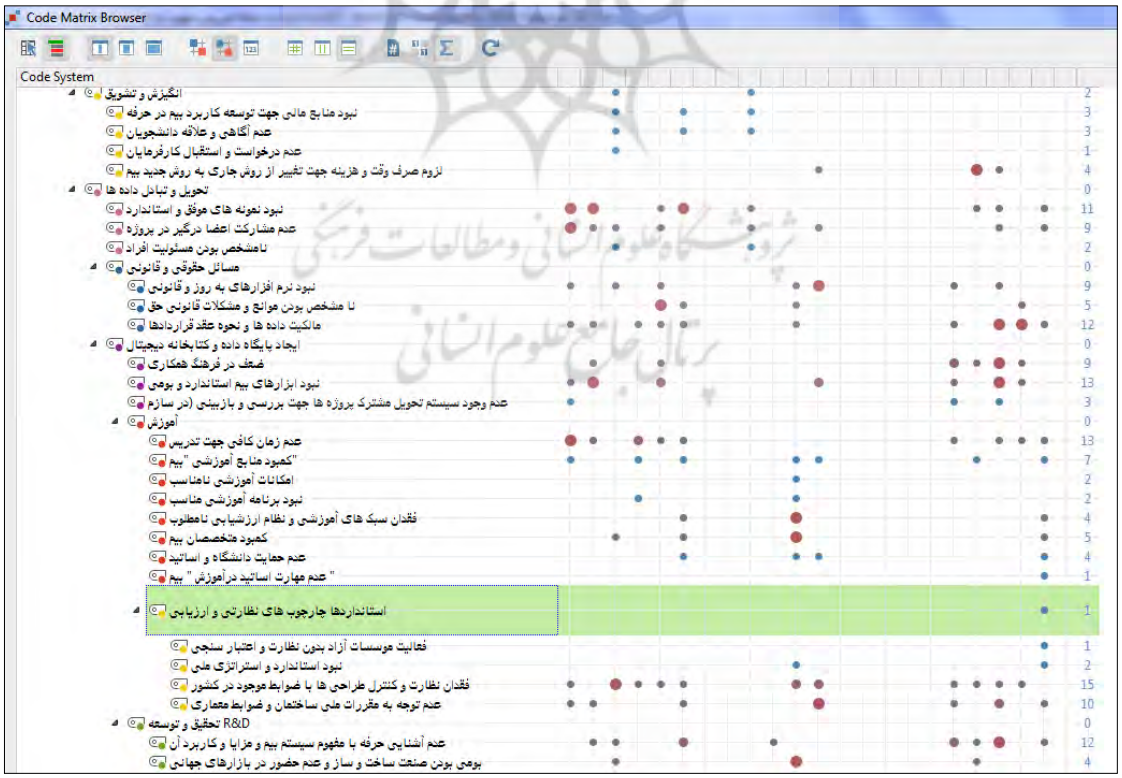
این پژوهش دارای رویکرد کیفی بوده و از روش نظریه داده بنیاد بهره می‌برد. دلایل انتخاب پژوهش کیفی در این پژوهش عبارتند از اینکه:

۱- این پژوهش به بررسی چگونگی و چیستی(کیفی) در ماهیت سوال پژوهش می‌پردازد نه چرائی(کمی) آن؛

۲- ابعاد مختلف پدیدهٔ مورد مطالعه مورد توجه می‌باشد و برخی مراحل پژوهش نیازمند تدوین نظریه هستند؛

۳- هدف نشان دادن تصویری تفصیلی از پدیدهٔ مورد مطالعه است.

در واقع هدف واکاوی عناصر تاثیرگذار بر پیاده سازی و بکارگیری سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به کمک محتوای برآمده از چارچوب های نظری پژوهش است. دراین راستا پژوهش بدنبال نظریهٔ مناسبی است که از طریق مدل پارادایمی برآمده از نظریهٔ داده‌بنیاد بدست خواهد آمد. این مدل شامل عناصر زیر است: مقولهٔ اصلی؛ شرایط علی(شرایط ایجادکنندهٔ پدیده مورد نظر)؛ راهبردها (ویژگیها و شرایط تحقق پدیده مورد نظر)؛ شرایط واسطه‌ای(موانع موثر بر تحقق پدیدهٔ مورد نظر)؛ شرایط محیطی(زمینه ای که پدیده در آن روی می‌دهد) وپیامدها(نتایج بدست آمده از راهبردها). در این پژوهش با استفاده از راهبرد نظریه داده بنیاد اقدام به واکاوی پیاده سازی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و برنامه‌ریزی راهبردی در کشور شده و از نقطه نظرات خبرگان و صاحب نظران که شناختی نسبت به آن دارند نیز بهره گرفته شده است. روش جمع آوری اطلاعات مصاحبه نیمه ساختار یافته است. همه مصاحبه ها همزمان ضبط و دست نویس شده‌اند. با استفاده از روش تحلیل محتوی و با کمک برنامهٔ "مکس کیو دا" طبق(تصویر ۵)، تحلیل داده‌های حاصل از مصاحبهٔ خبرگان طی سه مرحله طبق نظریهٔ زمینه‌ای شناسه-گذاری باز؛ محوری؛ و گزینشی برای یافتن گزاره‌های مفهومی و مقولات نهفته در آنها انجام شده است.



تصویر ۵. نمونه انتزاع مقولات اصلی و زیر مقوله های شرایط مداخله گر بر مبنای مصاحبهٔ خبرگان توسط نرم افزار "مکس کیو دا"

(منبع : نگارندگان).

استحکام داده ها توسط مشارکت کنندگان و محققین تایید شده و در پایان چارچوب مفهومی نهایی بر اساس روابط کلی مقوله‌های اصلی و تجارب و فهم پژوهشگر ترسیم و طبق نظر خبرگان اعتبارسنجی گشته است. در پژوهش‌های کیفی، فرآیند گردآوری اطلاعات از اولین اعضای نمونه آغاز و تا زمانی ادامه می‌یابد که اطلاعات درباره تمامی مقوله های تحقیق کامل و اشباع شود که در این پژوهش تا ۱۳ نفر بوده است. جامعهٔ آماری این پژوهش تا رسیدن به مرحله‌ی اشباع داده‌ها شامل ۱۰ نفر از اساتید و خبرگان برخی دانشکده‌های معماری کشورهای ایران؛ استرالیا؛ و انگلستان شده است که طی فرآیند انتخاب هدفمند، لزوم وجود صفات مشترک در آنها و لزوم آگاهی و اشراف آنان بر موضوع تحقیق و امکان و تمایل به همکاری در زمینه مورد پژوهش مورد توجه بوده است. در نمونه گیری این پژوهش از روش زنجیره ایی (گلوله برفی)استفاده شده که یکی از انواع روش های نمونه‌گیری هدفمند است. روند تحقیق در تصویر (٦) نشان داده شده است.

تصویر ٦. روند تحقیق

منبع: نگارندگان، ١٤٠٠

کدگذاری داده ها

برای استخراج نتایج مصاحبه های به عمل آمده از مشارکت کنندگان پژوهش، سه مرحله کدگذاری به شرح زیر صورت گرفت:

گام اول کدگذاری باز: اولین مرحله کدگذاری در تجزیه و تحلیل داده هاست که با بررسی دقیق مصاحبه های صورت گرفته منجر به شناسایی مقوله های اصلی و مقوله های فرعی پژوهش و همچنین زیرمقوله ها شد. در این فرآیند داده ها سطر به سطر یا به صورت پاراگراف احصاء و کدبندی و مفهوم بندی شده است مقولات بدست آمده بصورت مقولات اصلی و هسته ای در جداول(٤ و٥) ارائه شده است .

جدول ٤. روند استقرایی انتزاع مقولات اصلی و زیر مقوله های شرایط مداخله گر بر مبنای مصاحبهٔ خبرگان

مقولات هسته ای	مقولات	شناسه ها / مفاهیم	منبع

موانع محتوایی	همکاری دولت	عدم سیاستگذاری و نبود الزام و اجبار از سوی نهاد های دولتی مربوطه	S4- -S1- S2-S3 S5- S6- S7- S8- S10 S9
موانع محتوایی	انگیزش و تشویق	نبود منابع مالی جهت توسعه کاربرد سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در حرفه عدم آگاهی و علاقه دانشجویان عدم درخواست و استقبال کارفرمایان لزوم صرف وقت و هزینه جهت تغییر از روش جاری به روش جدید سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان	S1-S3- S5- S6 – S10
موانع ساختاری	تحویل و تبادل داده ها	نبود نمونه های موفق و استاندارد عدم مشارکت اعضا درگیر در پروژه و نامشخص بودن مسئولیت افراد	S4- S5- S6- -S3 S10 S7- S8
موانع زمینه ای	مسائل حقوقی و قانونی	نبود نرم افزارهای به روز و قانونی نا مشخص بودن موانع و مشکلات قانونی حق مالکیت داده ها و نحوه عقد قراردادها	S1- S2-S3 S4- S5- S6- S7- S8
موانع محتوایی وساختاری	ایجاد پایگاه داده و کتابخانه دیجیتال	ضعف در فرهنگ همکاری نبود ابزارهای سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان استاندارد و بومی عدم وجود سیستم تحویل مشترک پروژه ها جهت بررسی و بازبینی مثلا در سازمان نظام مهندسی	S4 - -S1- S3 S7- S8
موانع ساختاری	آموزش	عدم زمان کافی جهت تدریس کمبود منابع آموزشی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان امکانات آموزشی نامناسب نبود برنامه آموزشی مناسب سبک‌های آموزشی و نظام ارزشیابی نامطلوب کمبود متخصصان سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان عدم حمایت دانشگاه و اساتید عدم مهارت اساتید درآموزش "سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان "	S1- S2-S3- S4- S5- S6- S9 – S10
موانع ساختاری	استانداردها چارچوب های نظارتی و ارزیابی	فعالیت موسسات آزاد بدون نظارت و اعتبار سنجی نبود استاندارد و استراتژی ملی نظارت و کنترل طراحی‌ها با ضوابط موجود در کشور عدم توجه به مقررات ملی ساختمان و ضوابط معماری	S2-S3- S4- S5- S6- S7- S9 – S10
موانع محتوایی و زمینه ای	تحقیق و توسعه R&D	عدم آشنایی حرفه با مفهوم سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و مزایا و کاربرد آن بومی بودن صنعت ساخت و ساز و عدم حضور در بازارهای جهانی	S4- S5 - S7- S8

(منبع : نگارندگان).

جدول۵. روند استقرایی انتزاع مقولات اصلی و زیر مقوله های اهداف بر مبنای مصاحبهٔ خبرگان

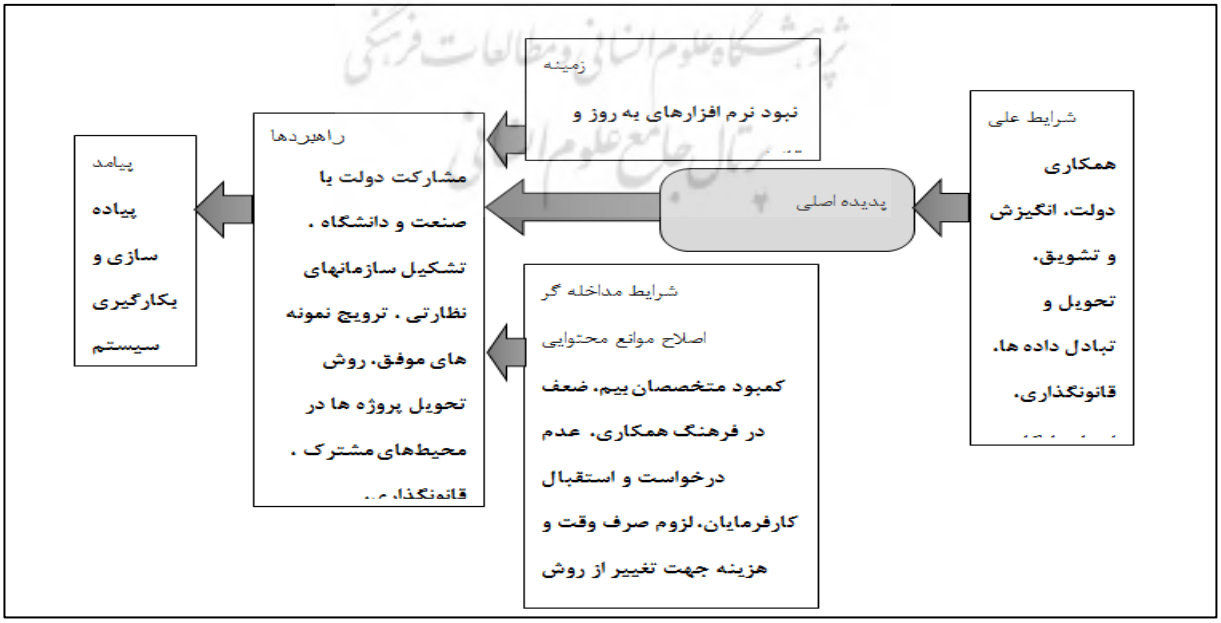
مقولات	اهداف	منبع
همکاری دولت	شروع نهضت حرکت به سوی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، اطلاع رسانی و آگاهی بخشی جامعه، ایجاد تقاضا و مطالبه در بخش دولتی، مشارکت دولت با صنعت و دانشگاه، تشکیل سازمانهای نظارتی و آماده سازی	S1- S2-S3- S6- S7 – S10
انگیزش و تشویق	ترویج نمونه های موفق داخلی، تشویق و حمایت مالی پیشروان بکارگیری سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، برگزاری مسابقات، اعطای بورسیه و فرصت های مطالعاتی	-S1- S2-S3 S4- S5- S9 S10
تحویل و تبادل داده ها	ایجاد دستورالعمل های سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و اسناد مرجع جهت مسئولیت اعضا، روش یکپارچگی و ابزارها، کاربرد روش تحویل پروژه ها در محیط‌های مشترک، ایجاد نمونه های مشترک و استاندارد تحویل پروژه های سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان	-S1- S2-S3 S5- S8- S9 S10
مسائل حقوقی و قانونی	حق مالکیت معنوی و مالکیت داده ها، مسائل حقوقی روش تهیه سند و مفاد قراردادها،	S2-S3 - S6-

	قانونگذاری	S8- S9
ایجاد پایگاه داده و کتابخانه دیجیتال	ایجاد محیط‌های تحویل مشترک پروژه، ایجاد پلتفرم نرم افزاری و پایگاه داده های یکپارچه واختصاصی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، ایجاد کتابخانه دیجیتال و جعبه ابزار سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان از محصولات صنعتی	S2-S3- S4 S5- S8 – S10
آموزش عالی	توسعه برنامه های درسی جدید در تمام سطوح دانشگاه، توزیع بسته های آموزشی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در صنعت، تشکیل کار گروه‌های ویژه، برگذاری سمینار ها و کارگاه های مهارتی	-S1- S2-S3 S4- S7- S9 S10
استانداردها چارچوب های نظارتی و ارزیابی	توسعه استانداردهاواستراتژی ملی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، نظارت بر اجرا و یافتن موانع بکارگیری، توسعه چارچوب سنجش عملکرد ،سطوح بلوغ و الگوهای موفق، توسعه مشخصات و الزامات گواهی‌نامه سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، اعتبارسنجی موسسات وصدورگواهی نامه پروژه‌های سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان	S5- -S2-S3 S8- S8- S9 S10
تحقیق و توسعه R&D	بهره‌گیری از ابتکارات و نوآوری های بین المللی، تشکیل مراکزقطب علمی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، مستند سازی و ترویج نمونه های موفق، رقابت پذیری جهانی، توسعه و تحقیق کاربردی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان	-S1- S2-S3 S5- S6- S7- S9

(منبع : نگارندگان)

گام دوم کدگذاری محوری

در این مرحله بر اساس مدل پارادایمی بین مقولات بدست آمده رابطه برقرار گردیده و مفاهیم بر اساس اشتراکات و هم معنایی درکنار هم قرارگرفته‌اند تا فرایند نظریه به سهولت انجام پذیرد. هدف واکاوی عناصر تاثیر گذار بر پیاده سازی و بکارگیری سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به کمک محتوای برآمده از چارچوب‌های نظری پژوهش است. دراین راستا پژوهش بدنبال نظریهٔ مناسبی است که از طریق مدل پارادایمی برآمده از نظریهٔ داده‌بنیاد بدست خواهد آمد. این مدل شامل عنصرهای زیر است. مقولهٔ اصلی؛ شرایط علی(شرایط ایجادکنندهٔ پدیده مورد نظر)؛ راهبردها (ویژگیها و شرایط تحقق پدیده مورد نظر)؛ شرایط واسطه‌ای(موانع موثر بر تحقق پدیدهٔ مورد نظر)؛ شرایط محیطی(زمینه‌ای که پدیده در آن روی می‌دهد) وپیامدها(نتایج بدست آمده از راهبردها) مطابق (تصویر ۷).



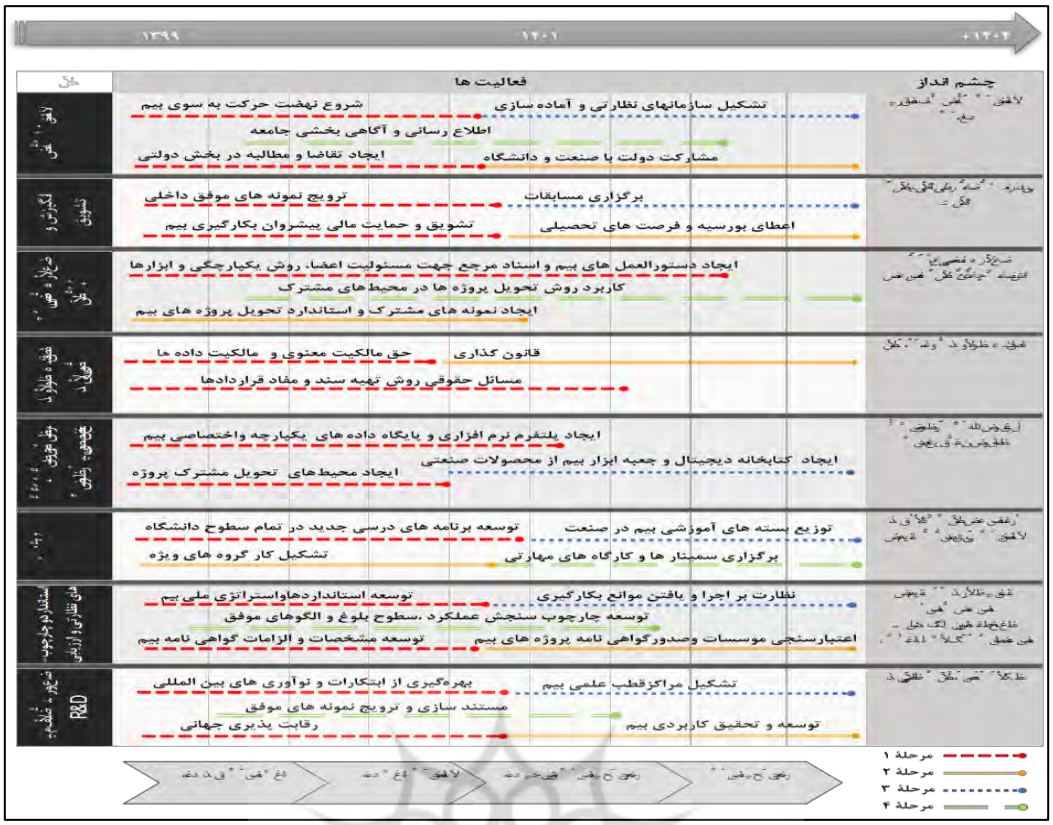
تصویر ۷. کد گذاری محوری بر اساس مدل پارادایمی

منبع: نگارندگان، ۱٤۰۰

گام سوم کدگذاری انتخابی (نظریه پردازی)

در این مرحله متغیر اصلی یا فرآیند اساسی نهفته در داده ها، چگونگی، مراحل وقوع و پیامدهای آن نمودار می‌شود. بدین ترتیب بر اساس روابط بدست آمده، مفاهیم حاصل از کدگذاری باز و محوری در مرحله کدگذاری انتخابی به یکدیگر پیوند داده شده و به صورت خروجی و نتایج نهایی تجزیه و تحلیل داده‌ها ارائه می‌شود. لایه‌های ره-نگاشت بر طبق شناسایی پیشران‌ها؛ اهداف؛ قابلیت ویژگی؛ وترتیب اهمیت تنظیم شده است. انواع ره‌نگاشت از نظر هدف عبارتند از: برنامه‌ریزی محصول؛ برنامه‌ریزی ظرفیت یا خدمات؛ برنامه‌ریزی استراتژیک؛ برنامه‌ریزی دارایی دانش؛ برنامه‌ریزی دستورکار؛ برنامه‌ریزی فرآیند؛ برنامه‌ریزی یکپارچه‌سازی؛ برنامه‌ریزی سرمایه‌گذاری؛ با توجه به این امر که هدف این پژوهش شناسایی شکافهای موجود و موقعیت فعلی نسبت به چشم‌انداز آینده پیاده سازی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و استخراج گزینه‌ای استراتژیک برای پرکردن این شکاف ها می‌باشد، بنابراین ره‌نگاشت برنامه‌ریزی استراتژیک یا راهبردی انتخاب شده است. از طرفی از نظر قالب انواع ره‌نگاشت عبارتند از: چند لایه؛ تک لایه؛ میله‌ای؛ کلاسیک؛ جدولی؛ گرافها؛ متنی؛ وشبکه‌ای(Phaal, Farrukh, & Probert, 2004). با در نظرگرفتن توجه به تکامل عناصر یا گزینه‌های استراتژیک در طول زمان که شکاف بین حال و آینده توسعهٔ مدل‌سازی اطلاعات ساختمان را پرمی‌کنند، با موارد تعریف منابع و این مهم که از چه طریقی فناوری بدست خواهد آمد؛ گزینه های استراتژیک و وضعیت در این پژوهش به عنوان مراحل اهمیت برنامه‌ریزی از دیدگاه زمانی، بصورت مرحلهٔ ۱ با اهمیت بیشتر تا مرحله ٤ با اهمیت کمتر تعریف شده است. مزایای کاربرد این ره‌نگاشت عبارتند از: ساده کردن و یکی کردن خروجی‌های مورد نیاز؛ تسهیل توسعه فناوری؛ تسهیل پیگیری زمانی اجرا؛ و نمایش منبع تامین. در واقع ره‌نگاشت صحیح و قالب بندی شده ، دسترسی آسان به اطلاعات استراتژیک را به تیم-های اجرائی و مسئولین ذیربط می دهد و در دستیابی به اهداف تولید کمک می‌کند.

گام نهایی اعتبار سنجی و ارائه ره نگاشت پیشنهادی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان: هدف این پژوهش فراهم نمودن استراتژی و برنامه‌ریزی جهت پیاده سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان می‌باشد. باشناخت موقعیت فعلی در رابطه با چشم انداز آینده، شکاف‌هایی شناسایی شده و گزینه‌های استراتژیک برای پرکردن این شکاف‌ها استخراج شده‌اند. که منجر به ره‌نگاشت برنامه‌ریزی استراتژیکِ کاربرد مدل‌سازی اطلاعات ساختمان گشته‌است. نتایج نهایی بدست آمده از چارچوب نظری پژوهش و مصاحبه با خبرگان پس از اعتبار سنجی دوباره توسط مشارکت کنندگان، در (تصویر۸) نشان‌داده شده است.



تصویر۸. رهنگاشت پیشنهادی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در کشور ایران

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۰

نتیجه گیری و دستاورد علمی پژوهشی

در دهه‌های اخیر پیچیدگی‌های صنعت ساخت وساز و پیشرفت‌های پدید آمده در حوزۀ فناوری این صنعت را وادار به بکارگیری سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان نموده است. قابلیت تبادل اطلاعات- تعامل‌پذیری[xv] و شیء محور بودن مدل‌سازی اطلاعات ساختمان پتانسیلی جهت تولید، نگهداری و تبادل اطلاعات ساختمان است. در واقع سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان با ترکیب فناوری ورویکردهای نوین درحرفۀ معماری سبب یکپارچگی فرایند ساخت، کنترل و اصلاح اطلاعات، و بهره‌وری در هزینه و زمان ساخت گشته ودر نتیجه کیفیت نهایی پروژه را ارتقاء می‌دهد. این امر نیازمند ایجاد تغییردر فرایندهای سنتی کار وآموزش منابع انسانی، وپیشرفت به سوی محیطی است که در آن همۀ افراد با یک منبع اطلاعات ودریک نسخه حقیقی به صورت مؤثر کار و تبادل اطلاعات نمایند. البته یک پیاده‌سازی موفق نیازمند استراتژی با چارچوب دقیق و فکر شده است. زیرا اگرفناوری‌های جدید در مسیر اشتباهی بکار رفته و یا به شکلی نامطلوب در فرآیند سنتی طراحی معماری و ساخت جای گیرند، این امر سبب عدم درک کامل پتانسیل این فن‌آوری‌های نوآورانه و مقاومت در برابر ایجاد تغییرات لازم خواهند شد.

در این پژوهش نمونه های موردی و مصاحبه‌های مورد استناد واقع گشته و این نظرگاه‌ها مسائل بنیادین متعددی را در این صنعت مانند؛ موانع فن‌آورانه، فرهنگی و محیطی نشان می‌دهد که مانع بکارگیری طیف گسترده قابلیت‌های مدل‌سازی اطلاعاتی ساختمان توسط کاربران گشته است. سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان می‌تواند در سطوح پیشرفته‌تر دوم و سوم جهت توسعۀ پیاده‌سازی بهینه وبا توجه به منافع پنهان در همکاری و یکپارچگی پروژه ها در

صنعت ساخت و ساز بکار گرفته شود. جهت رویارویی با این چالش‌ها می‌توان نتیجه گرفت که ابتدا باید حرکتی تکاملی بسوی بهره‌گیری از استانداردهای متنوع صنعت ساختمان با شروع از استانداردهای ساده‌تر به سوی استانداردهای پیچیده‌تر آغاز گردد. نقش یک مدیر مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به عنوان هماهنگ کننده در پروژه-های یکپارچه بسیار مهم است. فرایندهای چرخهٔ حیات ساختمان باید با اجرای نرم‌افزارهای مطلوب باتعامل‌پذیری مناسب و به‌روز پشتیبانی شوند. طبق نتایج نشان داده شده، دولت به عنوان اصلی‌ترین نهاد در پیاده سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان مورد تاکید قرار گرفته است. ترویج مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و حمایت دولت با بکارگیری در پروژه‌های بالادست می‌تواند سبب ترغیب مالکان و ذینفعان صنعت باشد. همچنین آموزش بهتر دانشجویان به تدریج صنعت ساخت و ساز را برای پذیرش مدل‌سازی اطلاعات ساختمان ترغیب می‌کند. مدل‌سازی اطلاعات ساختمان تنها یک فناوری و نرم افزار کاربردی جدیدنبوده، بلکه یک سیستم گسترده کاربردی و فرآیندی ضروری است و نباید این مهم را فراموش نمود که این سیستم مربوط به نسل آینده نیست و اکنون و اینجا مورد نیاز است.

منابع

ادیب فر، ع.، و باقری، س. (۱۳۹۴). ررسی عوامل تاثیر گذار بر قبول و تطابق پذیری با تکنولوژی مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM). *یازدهمین کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه*. تهران.

باستانی، م.، و محمودی، س. (۱۳۹۷). روش های خلق ایده و کانسپت در فرآیند طراحی معماری. *نشریهٔ هنرهای زیبا*، ۲۳(۱)، ۵-۱۸.

بداقی، م.، کشاورزحدادها ، ا.، و حاجی یخچالی، س. (۱۳۹۵). فواید و مشکلات پیاده سازی مدلسازی اطلاعات ساختمان در صنعت ساخت و ساز. *اولین کنفرانس بین المللی و سومین کنفرانس ملی مدیریت ساخت و پروژه، تهران*. تهران: دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی.

روحانی، ن.، و بنی هاشمی، س. (۱۳۹۷). دسته بندی موانع پیاده سازی مدل سازی اطلاعات ساختمان با دو رویکرد نوع موانع و سطح تصمیم گیری. *اولین کنفرانس بین المللی مدل سازی اطلاعات ساختمان*، (ص. ۱۴). تهران.

ستوده بیدختی، ا.، و اثنی عشری، ا. (۱۳۹۴). تحلیل پیاده سازی و استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان درصنعت ساخت ایران بر پایه SWOT. *دومین کنفرانس ملی مدیریت ساخت و پروژه*. تهران: موسسه آموزش عالی علاءالدوله سمنانی.

شاکری، ا.، و اسدی بروجنی، خ. (۱۳۹۵). ررسی وضعیت کنونی مدلسازی اطلاعات ساختمان در کشور ایران جهت پیاده سازی و پذیرش آن در صنعت ساخت و ساز کشور. *هارمین کنگره بین المللی عمران ، معماری و توسعه شهری*. تهران.

طاهری جبلی، س.، یوسفی خرایم، م.، و شکوری، ا. (۱۳۹۸). ارائه مدل فرآیند تدوین ره نگاشت مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) در سازمانهای پروژه محور. *ششمین کنفرانس بین المللی یافته های نوین علوم و تکنولوژی با محوریت علم در خدمت توسعه*. تهران.

کوشکی، م. (۱۳۹۶). ارزیابی جامع تاثیرات، هزینه ها، موانع و راهکارهای پیاده سازی فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان BIM در ایران و جهان. *کنفرانس بین المللی عمران ، معماری و شهرسازی ایران معاصر*. تهران.

لطیفی اسکویی، مرجان، محمودی، سید امیر سعید، ناظمی، الهام. (۱۳۹۹). *شناخت و امکان‌سنجی بکارگیری سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در آموزش معماری ایران .معماری و شهرسازی ایران(JIAU)*، 11(1) ، 145-166. doi: 10.30475/isau.2020.222331.1368

مانقاساریان، ا.، و نکوئی، م. (۱۳۹۵). بررسی و تحلیل سیستم مدل سازی اطلاعات ساختمان و ارزیابی و اولویت بندی عوامل عدم تحقق آن در صنعت ساختمان ایران. *مهندسی مدیریت ساخت*، ۷-۱۲.

مصباح راد، ا.، و والی پور ، ع. (۱۳۹۶). شناسایی و رتبه بندی مزایا و موانع استفاده از روش BIM در صنعت ساخت و ساز . *دومین همایش ملی مهندسی عمران و توسعهٔ پایدار*. استهبان: دانشگاه آزاد اسلامی واحد استهبان.

Haron, A., Marshall-Ponting, A., & Aouad, G. (2010). Building information modelling: Literature review on model to determine the level of uptake by the organisation. University of Salford.

Kdedixhosrowshahi, F., & Arayici, Y. (2012). Roadmap for implementation of BIM in the UK construction industry. *19*(6), 610-635.

Zieliński, R–,& Wójtowicz, M. (2019). Different BIM Levels During the Design and Construction Stages on the Example of Public Utility Facilities. *AIP Conference Proceedings.*

AECOM. (2013). *Blue Book 2013 – Collaboration: Making Cities Better*. Sydney Australia.

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, 140*(1), 349-358. Retrieved from http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.085

BCA. (2011). *The BIM issue.* Building and Construction Authority (BCA). Retrieved from http://www.bca.gov.sg/publications/BuildSmart/others/buildsmart_11issue9.pdf

Bui, N., Merschbrock, C., & Munkvold, B. (2016). A Review of Building Information Modelling for Construction in Developing Countries. *Procedia Engineering*, 487-494.

buildingsmart. (2019, March 1). Retrieved from http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/

BuildingSMART Australasia. (2012). *National Building Information Modelling Initiative. Vol.1, Strategy: A strategy for the focussed adoption of building information modelling and related digital technologies and processes for the Australian built environment sector.* report to the Department of Industry, Innovation, Science, Research and Tertiary Education, Sydney.

CIBER. (2012). *Research Report - Building Information Modelling (BIM): an Introduction and International Perspectives, Centre for Interdisciplinary Built Environment Research.* The University of Newcastle.

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.*

DIXIT, M. (2013). *EMBODIED ENERGY CALCULATION: METHOD AND GUIDELINES FOR A BUILDING AND ITS CONSTITUENT MATERIALS.* PhD Thesis, Texas A&M University, USA. Retrieved 2019, from https://oaktrust.library.tamu.edu/bitstream/handle/1969.1/151701/DIXIT-DISSERTATION-2013.pdf?sequence=1

Easterby-Smith, M., Thorpe, R., & Jackson, P. (2012). *Management Research.* SAGE Publications.

Ghaffarianhoseini, A., Tookey , J., Naismith , N., Azhar , S., Efimova, O., & Raahemifar, K. (2017). Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1046-1053.

Hadzaman, N., Takim, R., & Nawawi, A. (2015). BIM roadmap strategic implementation plan: Lesson learnt from Australia, Singapore and Hong Kong. *Raidén, A B and Aboagye-Nimo, E (Eds) Procs 31st Annual ARCOM Conference* (pp. 611-620). Lincoln, UK: Association of Researchers in Construction Management.

Hosseini , M., Namzadi , M., Rameezdeen , R., Banihashemi , S., & Chileshe , N. (2016). Barriers to BIM adoption: Perceptions from Australian Small and Medium-sized Enterprises (SMES). *40th AUBEA 2016 conference, Radical Innovation for Built Environment*, (pp. 271-280).

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. (2013, May 9). Retrieved december 30, 2018, from AECbytes: http://www.aecbytes.com/feature/2012/Global-BIM.html

Kim, L. (1980). Stages of development of industrial technology in a developing country: a model. *9*(3), 254-277.

Logothetis, S., & Stylianidis, E. (2016). BIM Open Source Software (OSS) for the documentation of cultural heritage. *Virtual Archaeol, 7*, 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

Masood, R., Kharal, M., & Nasir, A. (2014). Is BIM Adoption Advantageous for Construction Industry of Pakistan? *77*, 229-238.

McGraw hill. (2014). *Business value of BIM for Construction in Major Global Markets.* United States: Bedford MA.

Morlhon , R., Pellerin , R., & Bourgault , M. (2014). Building Information Modeling Implementation through Maturity Evaluation and Critical Success Factors Management. *Procedia Technology*, 1126-1134.

NBIMS. (2007). National Building Information Modeling Standard.

NBIMS. (2012). National Building Information Modeling Standard version 2.

Phaal, R., Farrukh, C., & Probert, D. (2004). Technology roadmapping—A planning framework for evolution and revolution. *Technological Forecasting&Social Change*, 5-26.

Quirk, V. (2012, December 7). *A Brief History of BIM*. Retrieved Dec 29, 2018, from archdaily: https://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim

Smith, P. (2014). BIM Implementation – Global Strategies. *Procedia Engineering*, 482-492.

Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction, 18*(3), 357-375.

Tulenheimo, R. (2015). Challenges of Implementing New Technologies in the World of BIM – Case Study from Construction Engineering Industry in Finland. *Procedia Economics and Finance*, 469-477.

Withers, I. (2012, December 5). *Government Wants UK to be BIM Global Leader*. Retrieved from building.co.uk.

Zhabrinna, Davies, R., Mirza Abdillah Pratama, M., & Yusuf, M. (2018). BIM adoption towards the sustainability of construction industry in Indonesia. *The 4th International Conference on Rehabilitation and Maintenance in Civil Engineering (ICRMCE 2018), 195.* doi:https://doi.org/10.1051/matecconf/201819506003

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی