

## بررسی نقش مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به همراه تکنولوژی واقعیت مجازی در طراحی ساختمان‌های پایدار

محمدبهزادپور<sup>۱</sup>، سیده مهسا کامی شیرازی<sup>۲</sup>، محمدرضا بهرامخانی<sup>۳</sup>

### چکیده

صنعت ساختمان یکی از بیشترین تأثیرات منفی و مخرب در محیط‌زیست را به دنبال دارد که همین امر منجر شده تا کشورهای جهان در پی برطرف کردن این موضوع و مشکلات حاکی از آن باشند. تکنولوژی‌های نوین در صنعت ساخت‌وساز یکی از راه‌حل‌های رفع این بحران است. تکنولوژی‌هایی که در تمام مراحل ساخت ناظر بر کار طراح، مهندس سازه، محاسب، مدیر پروژه هستند باعث بهینه‌سازی پروژه در تمام مراحل ساخت می‌شود. فناوری پیشرفته مدل‌سازی اطلاعات ساختمان یکی از این تکنولوژی‌های نوین است که قادر است با مدل‌سازی چندبعدی تمام اطلاعات ساختمان، طراحی اولیه ساختمان را به صورت دقیق انجام دهد و روند تغییرات در اسناد و مدارک در حین اجرای پروژه ساختمانی را به درستی لحاظ کند. در این پژوهش به بیان اهمیت استفاده از ساختمان‌های پایدار جهت کاهش اثرات منفی و مخرب بر محیط‌زیست با توجه به مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و همچنین تکنولوژی واقعیت مجازی و واقعیت افزوده پرداخته شده است. با توجه به نوظهور بودن و همچنین واقعیت مجازی درایران، شناخت قابلیت‌ها و کاربردهای آن در زمینه معماری که کمتر مورد بحث و بررسی قرار گرفته ضروری است. در این خلاً علمی روش تحقیق به صورت توصیفی-تحلیلی و شیوه تحقیق مرور متون و منابع است. نتایج نشان می‌دهد بهره‌گیری از واقعیت مجازی و واقعیت افزوده در ساختمان‌ها می‌تواند منجر به تحقق بیشتر و بهتر اهداف معماری پایدار در راستای حفظ منابع طبیعی شود.

**واژگان کلیدی:** ساختمان‌های پایدار، مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، واقعیت مجازی، واقعیت افزوده، محیط زیست

۱. گروه معماری؛ واحد هشتگرد؛ دانشگاه آزاد اسلامی؛ هشتگرد؛ ایران  
E- mail: Mohammad.behzadpour@hiau.ac.ir

۲. استادیار، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، تهران، ایران  
E- mail: m\_kamishirazi@azad.ac.ir

۳. دانشجوی ارشد مهندسی معماری، دانشگاه رجا قزوین، قزوین، ایران (نویسنده مسئول)  
E- mail: mohammadrezabahramkhani74@gmail.com

امروزه افزایش مداوم جمعیت و مشکل کمبود انرژی جامعه را به صرفه‌جویی در مصرف انرژی‌های فسیلی و توسعه پایدار سوق می‌دهد (سلیمانی، ۱۳۸۷). معماری سبز یا همان معماری پایدار با ایده احترام به طبیعت شکل گرفته است و به جای دشمنی با طبیعت، انرژی‌های آن را کنترل کرده و در ساختمان‌ها مورد استفاده قرار می‌دهد (کارگر، ۱۳۹۴). مدل‌سازی اطلاعات ساختمان<sup>۱</sup> به‌عنوان یک ابزار در صنعت ساختمان با نمایش کامپیوتری ویژگی‌ها و مشخصه‌های فیزیکی و کاربردی ساختمان، مخزنی از دانش را برای تصمیم‌گیری در زمان‌های مناسب به اشتراک می‌گذارد. هدف تکنولوژی واقعیت افزوده که در دهه ۱۹۶۰ ظهور یافته با خلق نمای سه‌بعدی که در هر لحظه امکان ایجاد تعامل هم‌زمان را برای کاربر فراهم می‌کند، غنی‌تر کردن دنیای واقعی است (اسکوارک، ۲۰۱۴). همچنین می‌توان به این مهم اشاره کرد که در طراحی مدل اطلاعات ساختمان با توجه به مدیریت هوشمند که منجر به کاهش زمان و هدررفت مصالح در صنعت ساختمان‌سازی می‌شود، می‌تواند در امر صرفه‌جویی در انرژی‌های فسیلی تأثیر بسزایی داشته باشد، و از طرفی واقعیت افزوده مجازی<sup>۲</sup> که در معماری به آن ماکت مجازی هم گفته می‌شود، با توجه به حذف ماکت که از جنس مقوا و چوب است می‌تواند به حفظ منابع زیستی کمک کند. همچنین می‌توان به تأثیر مدل‌سازی اطلاعات ساختمان یا همان مدیریت هوشمند و ارائه آن با واقعیت افزوده مجازی بر جذب بهتر کارفرما نیز اشاره کرد. با بررسی اسناد کتابخانه‌ای و مطالعات اولیه می‌توان به اهمیت موضوع حفظ محیط‌زیست پی برد و معماری پایدار با نگرش‌های همسو با زیست‌محیطی و احترام به طبیعت می‌تواند نقش مؤثری بر حفظ محیط‌زیست داشته باشد. در این میان مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، واقعیت مجازی و واقعیت افزوده نیز با توجه به مزایایی که دارند می‌توانند در این امر مؤثر باشند. استفاده از این مؤلفه‌ها در کنار یکدیگر می‌تواند تأثیر بسزایی در روند حفظ محیط‌زیست و همچنین کاهش صدمات ناشی از صنعت ساختمان‌سازی بر محیط‌زیست شود. هدف از این پژوهش بررسی مزایای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان بر کاهش صدمات بر محیط‌زیست است.

### پیشینه پژوهش

۱. در جدول شماره ۱ (پیشینه پژوهش) به بررسی چند مقاله طبق کلیدواژه‌ها پرداخته شده است. نتایج حاصله از ردیف ۲ و ۴ نشان می‌دهد: زمانی که مدل‌سازی اطلاعات ساختمان صورت می‌گیرد، باعث ایجاد هماهنگی بیشتر و بهتر بین مهندس طراح و مهندسین سازه و تأسیسات و مکانیک می‌شود. استفاده از متره و برآورد BIM باعث حذف خطاهای متره دستی می‌شود و همچنین استفاده از برنامه زمان‌بندی در پروژه که تمامی این اتفاقات در یک مجموعه BIM صورت می‌گیرد و اگر به مزایای دیگر BIM اشاره کنیم، می‌توان به بحث آنالیز انرژی پرداخت که این آنالیز به ما کمک می‌کند سطح مصرف انرژی ساختمان و استفاده از سوخت‌های فسیلی را کاهش داد که همین امر باعث کاهش گازهای گلخانه‌ای (متان، دی‌اکسیدکربن و...) می‌شود تا آسیب کمتری به محیط‌زیست وارد شود.

۲. ردیف ۱-۶ نشان می‌دهد: در واقعیت مجازی و واقعیت افزوده که به‌عنوان یک روش برای ارائه کار در معماری تبدیل شده که این امکان را می‌دهد قبل از اجرای پروژه آن را مورد تحلیل و بررسی قرار داده که همین امر منجر به رفع مشکلات شده و رفع این مشکلات قبل از اجرا می‌تواند در موارد زیادی از جمله کاهش هدررفت مصالح کمک شایانی کند و در نتیجه همین کاهش هدررفت مصالح می‌تواند سطح آسیب‌رسانی به محیط‌زیست در زمینه تولید مصالح ساختمانی را کاهش دهد.

۳. ردیف ۳ هم بیانگر اهمیت بالای محیط‌زیست بوده که صنعت ساختمان‌سازی با آمدن مدرنیسم تأثیر زیادی بر محیط‌زیست داشته ضررهای زیادی بر آن وارد کرده که در این میان به‌کارگیری معماری پایدار در ساختمان‌ها و معماری منظر می‌تواند در زمینه‌هایی از جمله حفاظت انرژی، حفظ و

حراست از منابع طبیعی جهان، مصونیت از آلودگی هوا، حفاظت از لایه اُزون، بهداشت جسمی و روانی و آینده بشریت به جوامع کمک کند (رهایی و همکاران، ۱۳۹۲).

جدول ۱: پیشینه تحقیق و پژوهش، نگارندگان

نام مقاله	مؤلف، سال	سؤال یا فرضیه	روش تحقیق	نتیجه‌گیری
واقعیت مجازی: فرصت‌ها و چالش‌ها در معماری	حسن‌زاده، المیرا و همکار مجموعه مقالات سومین کنگره بین‌المللی افق‌های جدید در معماری و شهرسازی، دی، ۱۳۹۵.	مفهوم واقعیت مجازی را مورد بررسی و کنکاش قرار داده و تأثیر آن را در شاخه‌های مختلف معماری اعم از مباحث تئوری و عملی تبیین نماید.	روش تحقیق توصیفی تحلیلی	در این پژوهش واقعیت مجازی و فضای سایبری را جز مؤلفه‌هایی می‌دانند که با ظهور فناوری‌های دیجیتال وارد معماری شدند و مفاهیم جدیدی را به وجود آوردند و به گونه‌ای جز تکنولوژی‌های فرهنگ ساز در معماری معرفی شدند، و تکنولوژی واقعیت مجازی را دارای قابلیت‌های بی‌شمار می‌دانند که هدف از انتخاب این مقاله استفاده از دسته‌بندی واقعیت مجازی به نسبت درگیر شدن آن با کاربران بوده است.
مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) سبز	نادری شهاب، روانشادینا مهدی پژوهش‌های نوین در عمران، معماری شهرسازی، آذر، ۱۳۹۴.	دستیابی به مواردی چون ذخیره‌سازی انرژی، مدیریت مصرف، پایداری ساختمان‌ها، همسان‌سازی با محیط اطراف	روش توصیفی-تحلیلی	فواید استفاده از BIM در پروژه، بازاریابی پروژه، نحوه بازگشت سرمایه تمهیدات سبز، استفاده از سیستم‌های ساخت بشر و چگونگی توسعه ساخت سبز در کشور
محیط‌زیست و تدابیر پایدار در طراحی ساختمان‌های آینده	رهایی امید، قائم‌مقامی فرهاد، علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، دوره پانزدهم، شماره دو، تابستان، ۹۲	تبیین تدابیر پایدار معماران و طراحان در طراحی ساختمان‌های آینده‌گرا بوده که با هدف کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی اتخاذ شده و در راستای اهداف توسعه پایدار است	روش تحلیلی-منطقی	برای آنکه معمار بتواند در راستای اهداف توسعه پایدار جهت‌گیری کند و ساختمان‌ها حداقل آلودگی را برای محیط‌زیست داشته باشد، ضروری است تا دو اصل در آن رعایت شود: اول اینکه معماری انعطاف‌پذیر و قابل تطبیق با شرایط محیط و نیاز ساکنان باشد و ثانیاً باید مصالح مورد استفاده در آن بومی و قابل بازگشت به محیط باشد
مقدمه‌ای بر کاربرد مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در مدیریت پروژه‌های ساخت	ستوده بیدختی، امیرحسین کنفرانس ملی شهرسازی، مدیریت شهری و توسعه پایدار، اسفند ۱۳۹۳	در این تحقیق به بررسی نیازهای یک مدیر پروژه و همچنین امکان استفاده از ابزار BIM جهت تأمین این نیازها در پروژه‌های ساخت‌وساز پرداخته شده است	روش مطالعه مروری	BIM به‌عنوان یک ابزار کاربردی برای مدیریت پروژه رو به پیشرفت و توسعه خواهد بود به نظر می‌آید که تحلیل‌هایی همچون پایداری سازه، ساخت‌وساز سبز و توسعه پایدار و... از دیگر جنبه‌های قابل توسعه این تکنولوژی باشد.
معماری منظر، معماری پایدار، طبیعت و معماری سبز	کارگر، علی پژوهش‌های نوین در عمران، معماری و شهرسازی، آذر ۱۳۹۴	در این مقاله ضمن معرفی راهکارهای هم‌آوایی ساختمان با طبیعت به بیان اهمیت طراحی معماری منظر و وجود رابطه مستقیم آن با اصول معماری سبز می‌پردازد	مبتنی بر مطالعات کتابخانه‌ای و اینترنتی و رویکردی توصیفی دارد	به‌کارگیری معماری پایدار در ساختمان‌ها و معماری منظر می‌تواند در زمینه‌هایی: از جمله حفاظت انرژی، حفظ و حراست از منابع طبیعی جهان، مصونیت از آلودگی هوا، حفاظت از لایه اوزون، بهداشت جسمی و روانی و آینده بشریت به جوامع کمک کند (کارگر، ۱۳۹۹)
بررسی قابلیت ادراک محیط در سیستم واقعیت مجازی بر اساس مؤلفه‌های ادراک بصری	کمالی تبریزی، سینا و همکاران دوفصلنامه اندیشه معماری، نشریه علمی، سال سوم، شماره پنجم، بهار و تابستان ۱۳۹۸	بررسی قابلیت ادراک بصری محیط در سیستم واقعیت مجازی از طریق مقایسه تطبیقی ادراک محیط به دو صورت مستقیم و استفاده از فناوری واقعیت مجازی می‌باشد	روش تحقیق تجربی با اقدامات شبیه‌سازی و به سبب پیمایشی با رویکردی کمی	واقعیت مجازی به‌طورکلی در سطوح احساسی، تفسیری و ارزش‌گذاری قابل اعتماد است و تنها در سطح شناختی می‌تواند ادراک حقیقی را شبیه‌سازی مطلوب کند. تکنولوژی واقعیت مجازی می‌تواند در بحث‌های آموزش، پژوهش و طراحی معماری به‌صورت هدفمند یاری‌رسان باشد. (کمالی تبریزی و همکاران، ۱۳۹۸)

## روش تحقیق

روش تحقیق این پژوهش به شیوه توصیفی-تحلیلی بوده و همچنین این مقاله در دو بخش استوار است. بخش اول مطالعه اسنادی، کتابخانه‌ای، تحلیل و توصیف کلیدواژه‌ها، شامل محیط‌زیست، معماری پایدار، واقعیت مجازی و واقعیت افزوده استوار است که این نوع از پژوهش به پژوهشگران امکان ارتباط و تعامل بهتر با موضوع را می‌دهد. در بخش دوم، نتایج حاصله از مطالعات کتابخانه‌ای و مقالات در قسمت یافته‌ها قرار داده شده است.

## مبانی نظری

### معماری پایدار

معماری پایدار به قرن ۱۹ برمی‌گردد. جان راسکین، ویلیام موریس و ریچارد لتابی از پیشگامان نهضت معماری پایدار محسوب می‌شوند. راسکین در کتاب «هفت مشعل معماری» می‌گوید که برای دستیابی به رشد و پیشرفت می‌توان نظم هارمونیک موجود در طبیعت را الگو قرار داد. هدف از طراحی ساختمان‌های پایدار کاهش آسیب آن بر روی محیط از نظر انرژی و بهره‌برداری از منابع طبیعی است که شامل قوانین زیر می‌باشد:

الف) کاهش مصرف منابع غیرقابل تجدید

ب) توسعه محیط طبیعی

ج) حذف یا کاهش مصرف مواد سمی و یا آسیب‌رسان بر طبیعت در صنعت ساختمان (کارگر، ۱۳۹۴).



نمودار ۱: بررسی مفاد ریو+۲۰ کنفرانس توسعه پایدار ملل متحد، (امین منصور، ۱۳۹۱).

### الگوهای معماری پایدار

از آنجایی که ساخت‌وسازها امروزه بخش اعظمی از آلودگی محیط‌زیست را ایجاد می‌کنند و این امر غیر قابل توقف است، معماری پایدار را می‌توان یک ایده با یک تفکر، طراحی و برنامه‌ریزی

دقیق در راستای کمترین تأثیر منفی بر محیط‌زیست دانست که سه رکن اصلی دارد. بنابراین معماری پایدار به خلق یک محیط سالم بر پایه بهره‌وری از منابع، حفاظت از منابع تجدیدناپذیر، کاهش مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و ارتقاء کیفی زیست در راستای تأمین نیازهای روزمره و سلامت انسان‌ها کمک خواهد کرد (زندیه و پروردی‌نژاد، ۱۳۸۹).

هدف کلی از طراحی پایدار کاهش تأثیر سوء ساختمان بر محیط‌زیست به‌واسطه بهره‌وری صحیح از انرژی و منابع طبیعی است. یک طرح پایدار هم‌زمان در پی رسیدن به ارزش‌های زیباشناختی، زیست‌محیطی، اجتماعی، اقتصادی، اخلاقی و معنوی است (زندیه و پروردی‌نژاد، ۱۳۸۹).

جدول ۲: نظریهٔ معماران درمورد معماری پایدار، (کارگر، ۱۳۹۴)

ریچارد راجرز	طراحی پایدار قصد دارد به نیازهای امروز بدون آسیب رساندن به منابع نسل‌های آینده پاسخ دهد که نکات کلیدی در این طراحی انرژی مصرف کم انعطاف‌پذیری بالا و راندمان بالا در استفاده از منابع می‌باشد
یان کاپلیکی	اصلی‌ترین نکته انتخاب مصالح و نوع عملکرد یک ساختمان در حال ساخت است و ساختمان‌ها باید تا ۸۰ درصد و بیشتر در تأمین انرژی موردنیازشان خودکفا باشند
نورمن فاستر	طراحی پایدار یعنی حداکثر کارایی با حداقل ابزار در اکولوژی (less is more)
توماس هرتزگ	پایداری می‌تواند به‌عنوان یکی از کلیدی‌ترین جنبه‌ها در حرفه ما در نظر گرفته شود چون ۵۰٪ از انرژی در اروپا در بخش ساختمان مصرف می‌شود
کن یانگ	طراحی پایدار را می‌توان طراحی اکولوژیکی تعریف کرد در واقع طراحی پایدار را می‌توان نوعی از طراحی قلمداد کرد که در طول حیات چرخه خویش با سیستم اکولوژیکی کره زمین هماهنگی کامل دارند

### سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان

قبل از دههٔ 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 به‌سوی 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 به‌سوی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و حوزه‌های نوین‌تر مدیریت چرخه حیات ساختمان پیش برده است (لطیفی اسکوتی، ۱۳۹۹). مدل‌سازی اطلاعات ساختمان صرفاً اطلاعات سه‌بعدی را در بر نمی‌گیرد، بلکه پیش از آن‌که پروژه‌ای آغاز شود به مهندسان کمک می‌کند تا طراحی را از طریق تحلیل، شبیه‌سازی و تصویرسازی بهینه سازند و اسناد ساخت‌وساز باکیفیت‌تری ارائه دهند. درنهایت، مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به کاهش هزینه‌های ساخت‌وساز، سازگار ساختن ساختمان با محیط‌زیست و صرفه‌جویی در هزینه کمک می‌کند. (جواهرپور و همکاران، ۱۳۹۴). امکان بررسی سناریوهای مختلف طراحی را برای تمامی گروه‌ها، به‌صورت مجازی می‌دهد (Darby, 2006). به ما این امکان را می‌دهد که تمام مراحل ساخت را مشاهده کنیم که همین امر موجب می‌شود تا به‌راحتی مراحل ساخت را درک کنیم همچنین با استفاده از BIM می‌توانید بین سازه، معماری و تأسیسات ارتباط برقرار کنید و بعداً این ارتباط تداخل را بسنجید و آن را حذف کنید که حذف این تداخلات قبل از اجرا می‌تواند در بحث

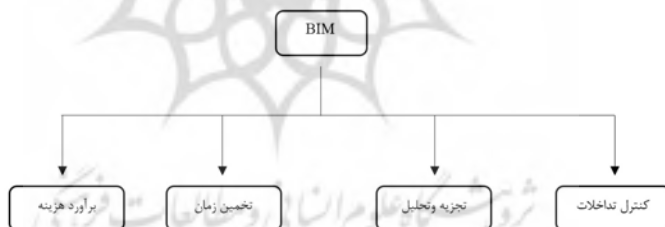
مدیریت زمانی و همچنین صرفه‌جویی در مصرف مصالح تأثیر داشته باشد. به طور مثال: در بعضی از ساختمان‌ها شاهد این موضوع هستیم که در هنگام اجرای تأسیسات فاضلاب و هدایت آن به شبکه فاضلاب شهری از طبقات با سازه برخورد کرده و برای رفع تداخل آن دست به تخریب قسمتی از سازه می‌زنند و همچنین برای انجام این کار برخی دیوارهایی که از قبل ساخته شده را تخریب می‌کنند که همین امر موجب هدررفت مصالح و همچنین اتلاف وقت می‌شود که همان‌طور که گفته شد می‌توان به رفع این تداخلات قبل از اجرا پرداخت.

### برنامه‌های کاربردی سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان

در سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان اشیا بر حسب اجرا و سیستم‌های ساختمانی تعریف می‌شوند که یک مدل هوشمند، زمینه‌گرا و معنادار است و با استفاده از برنامه‌های کاربردی مانند: رویت، آرشیو و بنتلی به وجود می‌آیند. درحالی‌که نماهای دوبعدی و سه‌بعدی پروژه و جداول مشخصات آن در اختیار طراحان است و با تغییر داده‌ها در یک نما، سایر نماهایی که نرم‌افزار در اختیار ما می‌گذارد به طور خودکار تغییر کرده و به‌روز می‌شوند. رویت یکی از برنامه‌های کاربردی است که جهت مدل‌سازی اطلاعات ساختمان با ترکیب طراحی معماری، تأسیسات 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 (لطیفی اسکوتی، ۱۳۹۹).

### کاربردهای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در مدیریت پروژه

نمایش دیجیتالی خصوصیات فیزیکی و کاربردی یک ساختمان و منبع دانش مشترک برای اطلاعات ساختمان مبنای قابل اعتماد برای تصمیم‌گیری است که می‌تواند در کنترل تداخلات، تجزیه و تحلیل، تخمین زمان



نمودار شماره ۲: کاربردهای BIM در مدیریت پروژه، (ستوده بیدختی، ۱۳۹۳)

**الف) کنترل تداخلات:** کنترل تداخلات با گرد هم آوردن اطلاعات رشته‌های مختلف و بررسی تناقضات طراحی‌های هندسی، با مدل‌سازی اطلاعات ساختمان را انجام می‌پذیرد، شناسایی تداخلات در مدل‌سازی اطلاعات رشته‌های مختلف باعث می‌شود که تداخلات را بتوان در مرحله طراحی اصلاح کرد (Eastman et al., 2008).

**ب) تجزیه و تحلیل:** برای تحلیل مصرف انرژی می‌توان از مدل‌سازی اطلاعات کمک گرفت که امکان تحلیل و بررسی یک ساختمان را در طول دوره سرمایه‌ش و گرمایش را دارد. (Eastman et al., 2008)

**ج) تخمین زمان:** بعد چهارم اغلب زمان نامیده می‌شود که در آن اشیاء مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به یک‌زمان متصل می‌شوند که یک دید گرافیکی از زمان‌بندی پروژه را تصویرسازی می‌کند. این

شبیه‌سازی امکان پیش‌بینی و تشخیص زود هنگام خطاهای برنامه‌ریزی را فراهم می‌کند. این امکان همچنین می‌تواند سبب بهینه‌سازی جنبه‌های تأمین و تدارکات شود و به‌عنوان یک راه‌حل برای پیدا کردن مفیدترین راه‌حل استفاده شود (Eastman et al., 2008).

**د) تخمین هزینه:** بعد پنجم اغلب تخمین هزینه را در بر می‌گیرد که می‌توان اجزای طرح سه‌بعدی را به لیست قیمت متصل کرد. لیست قیمت‌ها می‌تواند شامل هزینه کارگر و هزینه تجهیزات و ماشین‌آلات و جزئیات بیشتر برای تخمین هزینه باشد. این برآورد هزینه دقیق این امکان را فراهم می‌کند تا پروژه از منظر اقتصادی ارزیابی و بررسی شوند (Eastman et al., 2008).

طراحی ساختمان‌های سنتی عمدتاً متکی بر نقشه‌های دوبعدی بود، از جمله پلان و نما و مقاطع. اما مدل‌سازی اطلاعات ساختمان نقشه‌هایی ارائه می‌دهد ابعاد سه‌گانه فضایی را (طول، عرض و عمق) با چند بعد از جمله زمان و هزینه که به ترتیب به‌عنوان ابعاد چهارم و پنجم شناخته می‌شوند ترکیب کرده‌اند؛ بنابراین مدل‌سازی اطلاعات ساختمان علاوه بر هندسه، مسائل دیگری را نیز پوشش می‌دهد، از جمله روابط فضایی، نور، اطلاعات جغرافیایی (جواهرپور و همکاران، ۱۳۹۴).

### قابلیت‌های مدل‌سازی اطلاعات ساختمان

قابلیت‌های مدل‌سازی اطلاعات ساختمان را می‌توان این گونه دسته‌بندی کرد (URL1):

**مدل ۲ بعدی:** ارائه و پرزانت کار

**مدل ۳ بعدی:** نمایش ریاضی هر نوع سطح ۳ بعدی مانند طول، عرض ارتفاع یک شیء.

**مدل ۴ بعدی:** افزودن بعد چهارم یعنی برنامه‌ی زمان‌بندی به مدل سه‌بعدی. هر مدل مدل‌سازی اطلاعات ساختمان ۴ بعدی میان عناصر ۳ بعدی و خط زمانی تحویل پروژه ارتباط برقرار می‌کند و بدین ترتیب امکان شبیه‌سازی مجازی پروژه در محیط چهاربعدی را در اختیار کاربران قرار می‌دهد.

**مدل ۵ بعدی:** افزودن بعد پنجم یعنی داده‌های تخمین هزینه به مدل سه‌بعدی.

**مدل ۶ بعدی:** زمانی که پروژه آماده تحویل به مالکان می‌باشد این مدل که حاوی اطلاعات اجزای مرتبط با سازه مانند جزئیات و داده‌های محصولات، روش‌های نگهداری و بهره‌برداری، عکس‌ها، داده‌های گارانتی، لینک‌های ارتباطی با منابع آنلاین تولیدی، قراردادها، اطلاعات ساخت‌وساز می‌باشد.

**تحلیل انرژی:** می‌توان مدل‌سازی اطلاعات ساختمان را به ابزارهای تحلیل انرژی پیوند داد تا ارزیابی انرژی در طول فرایند طراحی مشخص شود.

**شناسایی تصادم:** طراحی‌های تولید شده توسط سازمان‌های مختلف را می‌توان به‌منظور مقایسه گرد هم آورد تا امکان شناسایی، بررسی و رفع برخوردهای هندسی میان سیستم‌های معماری و ساختاری فراهم گردد.

### واقعیت مجازی

ریشه واقعیت مجازی<sup>۲</sup> به زمانی بازمی‌گردد که عکس‌های ۳۶۰ درجه شروع به پیدایش کردند. واقعیت مجازی، استفاده از مدل‌سازی و شبیه‌سازی کامپیوتری است که اشخاص را قادر می‌سازد که تعامل بصری و یا حتی از طریق حس‌های دیگر با یک محیط مصنوعی سه‌بعدی برقرار نمایند. به

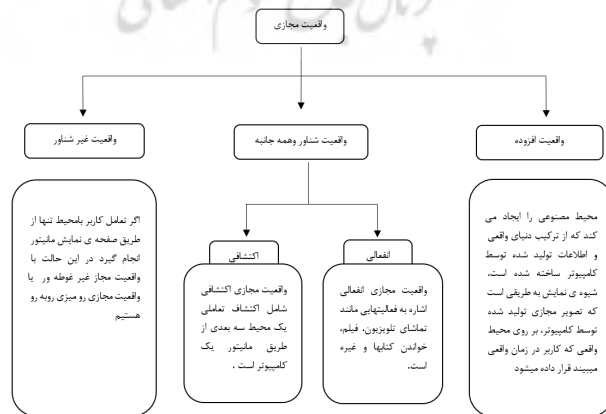
همین جهت، این فناوری مبتنی بر دانش که نهایت توسعه و پیشرفت فناوری اطلاعات در فضای سه‌بعدی است واقعیت مجازی نام‌گذاری شده است (فاریابی و جواهری، ۱۳۹۳). واقعیت مجازی یک فناوری نوین است که امکان تعامل کاربر با یک محیط شبیه‌سازی رایانه‌ای تعامل را فراهم می‌کند. واقعیت مجازی می‌تواند حضور فیزیکی را در یک محل و در یک دنیای واقعی یا یک دنیای مجازی شبیه‌سازی کند. اغلب محیط‌های واقعیت مجازی در درجه اول، تجربه ای دیداری می‌باشند که یا از طریق یک صفحه کامپیوتر یا از طریق دستگاه برجسته بینی قابل رویت می‌باشند. احساس بودن در محیط مجازی زمانی به وجود می‌آید که حرکات کاربر توسط سنسورهای حرکتی گرفته می‌شود و تنظیم صحنه بر روی نمایشگر به طور همزمان در زمان واقعی انجام می‌پذیرد (حسن زاده و طاهری، ۱۳۹۵).

### واقعیت مجازی در معماری

واقعیت مجازی در معماری این امکان را فراهم می‌کند تا طراحان و معماران تا بتوانند در محیطی که طراحی نموده‌اند مداخله و حرکت داشته باشند و در صورت نیاز این محیط سه‌بعدی را دست‌کاری کنند. این قابلیت می‌تواند با افزایش قوه ادراک مشتریان در بخش فروش مورد استفاده قرار بگیرد و با ایجاد یک محیط تعاملی و پویا حق انتخاب را برای معماران و مشتریان ایجاد می‌کند (گلزاریان، ۱۳۹۵).

واقعیت مجازی نوعی از واقعیت افزوده مجازی است که به صورت تصاویر ۳۶۰ درجه (پانوراما) ایجاد می‌شود، در واقع واقعیتی از آن‌چه که مدل‌سازی شده در کامپیوتر را به نمایش می‌گذارد و توسط نرم‌افزارهای معماری مانند لومیون ایجاد می‌شود و به وسیله هدست‌های واقعیت مجازی و همچنین اپلیکیشن‌ها قابل مشاهده هستند. واقعیت مجازی محیط مصنوعی را ایجاد می‌کند که از ترکیب دنیای واقعی و اطلاعات تولید شده توسط کامپیوتر ساخته شده است، یا به عبارتی می‌توان گفت یک محیط شبیه‌سازی کامپیوتری است که می‌تواند حضور فیزیکی را در یک محل و در یک دنیای واقعی یا یک دنیای مجازی شبیه‌سازی کند که توسط برخی از نرم‌افزارها مانند: یونیتی ایجاد می‌شود که در نرم‌افزار یونیتی به کمک پلاگین ووفوریا این امر صورت می‌گیرد.

بیش از هشتاد درصد ادراک بصری است به همین دلیل بینایی تأثیر بسزایی در ادراک دارد (ظاهر طلوع دل و همکاران، ۱۳۹۸). همان‌طور که گفته شد در واقعیت مجازی که در آن واقعیتی از آن‌چه موجود است توسط هدست‌های مخصوص به نمایش گذاشته می‌شود که این نوع نمایش و ارتباط آن با حس بینایی موجب افزایش سطح ادراک و همچنین با توجه به جنبه نوآوری آن که منجر به ایجاد حس تعلق بیشتر می‌شود درک بهتر آن را نیز افزایش می‌دهد که در نمودار ۳ به توصیف فرایند ادراک بصری پرداخته شده است.



نمودار ۳: واقعیت مجازی به تناسب مقدار درگیر شدن کاربر با محیط مجازی، (حسن زاده و طاهری، ۱۳۹۵)



## یافته‌ها

گسترش روزافزون شهرها و صنعتی شدن زندگی‌ها باعث ایجاد پیامدهای منفی زیادی از جمله: آلودگی هوا و محیط‌زیست، کاهش منابع طبیعی و بحران انرژی شده است. ساختمان و صنایع وابسته به آن به‌عنوان یکی از عوامل آلوده‌کننده محیط‌زیست به‌شمار می‌روند که در این میان معماری پایدار به دنبال راهی است که با افزایش کارایی و بهینه‌سازی در مصرف مصالح، انرژی و گسترش فضا، اثرات منفی ساختمان‌ها بر محیط‌زیست، را کاهش دهد. هدف معماری پایدار همسویی با طبیعت و محیط‌زیست است و نه دشمنی با آن. در بخش اول پژوهش با توصیف کلیدواژه‌ها سعی بر ارتباط و تعامل بهتر پژوهشگران با موضوع را داشتیم و در این بخش باتوجه‌به مزایای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، واقعیت مجازی و همچنین واقعیت افزوده به بررسی برخی از عوامل تأثیرگذار این مؤلفه‌ها بر محیط‌زیست پرداخته شده است.

## عوامل تأثیرگذار مدل‌سازی اطلاعات ساختمان بر روی محیط‌زیست

توسعه و پیشرفت تکنولوژی تأثیر بسزایی در کیفیت کلیه ابعاد زندگی بشر داشته است که در این میان می‌توان به مدل‌سازی اطلاعات ساختمان اشاره کرد که باتوجه‌به مزایای زیادی که دارد می‌توان از آن در جهت رشد بیشتر و بهتر معماری پایدار استفاده کرد. (که در ایران باتوجه‌به درک بهتر چالش‌ها و نیازهای صنعت ساختمان اقدامات لازم به‌منظور تهیه سند توسعه فناوری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در افق ۱۴۰۴ کشور در معاونت مسکن و ساختمان و دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان وزارت راه و شهرسازی در تیرماه ۱۳۹۷ این سند استخراج گشته است). مدل‌سازی اطلاعات ساختمان با به‌تصویرکشیدن سه‌بعدی طراحی‌های پروژه، کنترل تداخلات آنها و ارائه یک تصویر اجرایی از برنامه زمان‌بندی و همچنین تخمین و برآورد دقیق هزینه‌ها می‌تواند ابزاری کارآمد برای مدیران پروژه در جهت کنترل پروژه و همچنین افزایش بهره‌وری، کاهش تلفات و هدررفت مصالح باشد.

جدول شماره ۸: عوامل تأثیرگذار مدل‌سازی اطلاعات ساختمان بر روی محیط‌زیست، نگارندگان

تحلیل نور (بهره‌برداری بهینه از انرژی خورشیدی).	جهت‌یابی خورشید و استفاده بهتر و بیشتر از نور آن توسط بازشوها منجر به کاهش استفاده از نور مصنوعی می‌شود که باعث کاهش مصرف انرژی می‌شود.	معماری پایدار
جمع‌آوری و برداشت آب باران	به‌جای دفع آب باران، می‌توان با استفاده از سیستم جمع‌آوری مناسب، آن را جمع‌آوری و در آبیاری محوطه استفاده کرد. در صورت لزوم می‌توان با روش مناسب فاضلاب‌های خاکستری را هم استفاده کرد.	
جلوگیری از هدررفت مصالح	مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به ما این امکان را می‌دهد که تمام مراحل ساخت را قبل از اجرا مشاهده کنیم و مشکلات آن را رفع کنیم که رفع این مشکلات قبل از ساخت در کاهش هدررفت مصالح تأثیر دارد.	
کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای	فرایند تولید مصالح ساختمانی منجر به افزایش گازهای گلخانه‌ای از قبیل: متان و دی‌اکسیدکربن می‌شود که مدل‌سازی اطلاعات ساختمان می‌تواند هم از طریق تجزیه و تحلیل بنا قبل از ساخت که منجر به رفع تداخلات و همچنین کاهش هدررفت مصالح می‌شود که همین امر می‌تواند در کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای تأثیر داشته باشد.	

## عوامل تأثیرگذار واقعیت مجازی و واقعیت افزوده بر محیط‌زیست

همچنین می‌توان به این موضوع اشاره کرد که این رشد تکنولوژی منجر شده تا واقعیت مجازی تبدیل به یکی از زمینه‌های تحقیق و بررسی عمیق‌تر در حوزه مهندسی معماری شده است. تولیدات مصالح ساختمانی آسیب‌های جدی به محیط‌زیست می‌زند که واقعیت مجازی و همچنین واقعیت افزوده همانند این امکان را به ما می‌دهد که قبل از اجرای یک بنا آن را مورد تحلیل و بررسی قرار داده و در صورت وجود مشکل آن را رفع کرده که این امر علاوه بر جلوگیری از اتلاف زمان می‌تواند در جلوگیری از هدررفت مصالح نیز کمک کند، کاهش هدررفت مصالح باعث کاهش تولیدات مصالح ساختمانی و در نتیجه می‌تواند سطح آسیب‌رسانی به محیط‌زیست را کاهش دهد و همچنین واقعیت مجازی و واقعیت افزوده به یکی از روش‌های ارائه کار در معماری تبدیل شده که می‌تواند به جذب بهتر کارفرما کمک شایانی بکند. یکی از مؤلفه‌های اصلی در تحویل پروژه در معماری ماکت است که این ماکت‌ها بیشتر از جنس مقوا و چوب ساخته می‌شوند. به کمک واقعیت افزوده که برخی به آن ماکت مجازی هم می‌گویند می‌توان با حذف ماکت از قطع شدن تعداد زیادی از درختان که برای تأمین متریال‌های این ماکت (مقوا، کاغذ و چوب) مورد استفاده قرار می‌گرفته جلوگیری کرد. طراحان برای درک بهتر کارفرمایان مجبور به گرفتن تعداد زیادی رندر از زوایای مختلف هستند که زمان زیادی صرف این کار می‌شود، با استفاده از واقعیت مجازی یا همان عکس‌های ۳۶۰ درجه پانوراما می‌توان با حذف این رندهای تک فریم زمان تحویل پروژه و استفاده از انرژی را نیز کاهش داد.

## نتیجه‌گیری

رشد سریع شهرنشینی و بحران انرژی در جهان نیاز به ارائه راهکارهای مناسبی جهت کنترل کاهش تأثیرات منفی ساخت‌وساز را بیش‌ازپیش ضروری می‌کند. در یک جمع‌بندی کلی می‌توان به‌ضرورت به‌کارگیری معماری پایدار در ساختمان‌ها و معماری منظر در راه دستیابی به یک معماری کارا اشاره نمود که در این امر می‌تواند در زمینه‌های زیادی از جمله حفاظت از انرژی، حفظ و نگهداری منابع طبیعی، مصونیت از آلودگی‌های محیطی و هوا، حفاظت از لایه اُزون، بهداشت جسمی و روانی و آینده بشریت به جوامع کمک کند. متأسفانه امروز شاهد این موضوع هستیم که معماری پایدار به‌تنهایی قادر به حل تمامی بحران‌های زیست‌محیطی نبوده بلکه بخشی از آن را رفع کرد. در این پژوهش با بیان مزایای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، واقعیت مجازی و واقعیت افزوده به تأثیرگذاری آن‌ها بر کاهش صدمات ناشی از صنعت ساختمان‌سازی بر محیط‌زیست اشاره شده است. همچنین می‌توان به این موضوع اشاره کرد که استفاده از این مؤلفه‌ها در ساختمان‌ها می‌تواند منجر به تحقق بیشتر و بهتر اهداف معماری پایدار در راستای حفظ منابع طبیعی شود.

## پی‌نوشت

1. Building Information Modeling (BIM)
2. Augmented Reality
3. Virtual Realit

## منابع

- امین منصور، جواد، (۱۳۹۱). از ریو تا ریو +۲۰: بررسی مذاکرات و نتایج کنفرانس توسعه پایدار ملل متحد. فصلنامه سیاست خارجی، سال بیست و ششم، شماره ۲.

- بهاری، جواد. (۱۳۹۳). بررسی راهکارهای کاهش زمان تأخیرات پروژه‌های ساخت با استفاده از BIM. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، پردیس هنرهای زیبا، مدیریت پروژه ساخت. دانشگاه تهران.
- جواهرپور، حسام، عظمتی، حمیدرضا. (۱۳۹۴). مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در مدیریت ساخت پروژه‌های ساختمانی. کنفرانس بین‌المللی انسان، معماری، مهندسی عمران و شهر. زنده، مهدی و پروردی‌نژاد، سمیرا. ۱۳۸۹. توسعه پایدار و مفاهیم آن در معماری مسکونی ایران. مسکن و محیط روستا، دوره ۹۲، شماره ۰۳۱، صص ۲-۱۲
- ستوده بیدختی، امیرحسین. (۱۳۹۳). مقدمه‌ای بر کاربرد مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در مدیریت پروژه‌های ساخت. کنفرانس ملی شهرسازی، مدیریت شهری و توسعه پایدار.
- سلیمانی، میثم. (۱۳۸۷). زمین و معماری پایدار. مجله معماری و فرهنگ. شماره ۳۳، صص ۳۳
- طاهرطلوع دل، محمدصادق، ضرغامی، اسماعیل، کمالی تریزی، سینا، حیدری پور، امید. (۱۳۹۸). بررسی قابلیت ادراک محیط در سیستم واقعیت مجازی بر اساس مؤلفه‌های ادراک بصری. نشریه علمی اندیشه معماری، ۳(۵)
- طاهری، جعفر و حسن‌زاده، المیرا. (۱۳۹۵). واقعیت مجازی: فرصت‌ها و چالش‌ها در معماری. مجموعه مقالات سومین کنگره بین‌المللی افق‌های جدید در معماری و شهرسازی، تهران.
- فاریابی، محمدرضا، و مهدی جوامرد. (۱۳۹۳). کاربرد واقعیت مجازی. همایش ملی الکترونیک‌های دستاوردهای نوین در علوم مهندسی و پایه، مرکز پژوهشی زمین کاو، به‌صورت الکترونیکی، ایران.
- قلندریان ایمان، تقوایی علی اکبر، کامیار مریم. (۱۳۹۵). مطالعه تطبیقی رابطه انسان و محیط‌زیست در تفکر توسعه پایدار و تفکر اسلامی. فصلنامه پژوهش‌های معماری اسلامی، شماره دهم، سال چهارم.
- کارگر، علی. آذر (۱۳۹۴). معماری منظر، معماری پایدار، طبیعت و معماری سبز. کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های نوین در عمران، معماری و شهرسازی.
- گلزاریان، محسن. (۱۳۹۵). طراحی و پیاده‌سازی واقعیت مجازی در معماری اسلامی؛ مطالعه موردی: شبیه‌سازی ساختمان شبکه دانشگاه‌های مجازی جهان اسلام. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه پیام‌نور.
- لطیفی اسکویی، مرجان، محمودی، سید امیر سعید، ناظمی، الهام. (۹۹۳۱). شناخت و امکان‌سنجی بکارگیری سیستم مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (MIB) در آموزش معماری ایران. معماری و شهرسازی ایران
- Cooper, D. M. (2011). User and design perspectives of mobile augmented reality. Unpublished master's thesis, Ball State University, Muncie, Indiana. Retrieved February 20 from <http://cardinalscholar.bsu.edu/handle/123456789/194739>.
- Darby, S. (2006). The Effectiveness of Feedback on Energy Consumption. A Review for Defra of the Literature on Metering, Billing and Direct Displays. University of Oxford, Oxford, UK: Environmental Change Institute.
- Skwarek, M (2014), Augmented Reality Activism, *Augmented Reality Art, Geroimenko*, V (Ed.), Springer, Frankfurt, 3-29.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2008). BIM handbook: A Guide to Building Information Modelling for Owner, Management, Designers, Engineers, and Contractors. New Jersey: John & Wiley.
- URL1: <https://www.letsbuild.com/blog/bim-maturity-level> [accessed 20 May 2020]

---

# Investigating the Role of Building Information Modeling with the Virtual Reality Technology in Sustainable Buildings Designs

---

Mohammad Behzadpour<sup>1</sup>, Seyedeh Mahsa kami Shirazi<sup>2</sup>, Mohammad reza Bahramkhani<sup>3</sup>

## Abstract

The construction industry has one of the most negative and destructive effects on the environment due to its great development, which has led the countries of the world to seek to solve this issue and the problems that arise from it. One of the solutions to solve this The crisis is the use of new technologies in the construction industry. Technologies that in all stages of construction supervise the work of the designer, structural engineer, accountant, project manager, etc. and cause the best progress of the project in all stages of construction. Technologies, etc. and cause the best progress of the project in all stages of construction. One of these new technologies in order to achieve these goals of sustainable design is advanced building information modeling technology. This construction technology is able to Multidimensional modeling of all building information, accurately perform the initial design of the building and properly consider the process of changes in documents during the construction project. In this study, the importance of using sustainable buildings to reduce the negative and destructive effects. On the environment according to building information modeling as well as virtual reality and real technology Given the emergence as well as virtual reality in Iran, it is necessary to know its capabilities and applications in the field of architecture that is less discussed. In this scientific gap, the research method is descriptive-analytical and data collection is based on reviewing the documents. The results show that the use of virtual reality and augmented reality in buildings can lead to more and better realization of sustainable architectural goals in order to preserve natural resources.

**Keywords:** Sustainable Buildings, Building Information Modeling, Virtual Reality, Augmented Reality, Environment

---

1. Department of Architecture, Hashtgerd Branch, Islamic Azad University, Hashtgerd, Iran

2. Assistant Professor, Department of Architecture, Faculty of Art and Architecture, Islamic Azad University South Tehran Branch, Tehran, Iran

3. M.A. Student of Architectural engineering, Qazvin Raja University, Qazvin, Iran (Corresponding Author)