



مدل سازی اطلاعات ساختمان و مدیریت ایمنی

مهدی صدقیانی

مقطع کارشناسی ارشد مدیریت پروژه و ساخت،
گروه مدیریت پروژه و ساخت، دانشگاه مهر البرز

فرهاد سعیدی*

نویسنده مسوول: مقطع دکتری مدیریت پروژه و ساخت،
گروه مدیریت پروژه و ساخت، دانشکده هنر و معماری دانشگاه تهران (f.saeed65i@ut.ac.ir)

چکیده

استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در حال حاضر رشد سریع در عملیات ساختمانی، برنامه ریزی و مدیریت و همچنین در مدیریت ایمنی را تجربه می کند. با استفاده از این ابزار جدید، همان طور که در بررسی ادبیات مشاهده می شود، بر اساس تعداد زیادی از مشارکت ها در سال های اخیر می توان انتظار داشت که تغییراتی در نحوه برخورد با ایمنی مشاهده شود. این مطالعه به بررسی ادبیات موجود پیرامون BIM و ایمنی ساخت و ساز می پردازد تا هم یافته های مفید و هم شکاف دانش را برای تحقیقات آینده بررسی کند. نتیجه اصلی نشان می دهد که اجرای روزافزون BIM در صنعت معماری، مهندسی و ساخت و ساز (AEC) در حال تغییر شیوه دستیابی به ایمنی است. همچنین خطرات احتمالی ایمنی را می توان به طور خودکار شناسایی کرد و روش های پیشگیری مربوطه را می توان به کاربرد.

واژگان کلیدی: مدل سازی، اطلاعات ساختمان، مدیریت ایمنی



سومین کنفرانس بین المللی مدل سازی اطلاعات ساختمان

۱- مقدمه:

به هنگام مقایسه حوادث محل کار در کشورها طی یک دوره از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۶، بخش ساخت و ساز بیشترین تعداد تصادفات مرگ و میر را نشان می دهد (یوروستات^۱، ۲۰۱۶). عوامل متعددی در این آمار نقش مهمی دارند (هاسلام و همکاران^۲، ۲۰۰۳، گیب و همکاران^۳، ۲۰۰۶) و خطرات ایمنی زیادی را در پی دارد که ممکن است در هر مرحله از مراحل ساخت و ساز ایجاد شود (گیب و همکاران، ۲۰۰۶؛ چی و همکاران^۴، ۲۰۱۴).

در سال های اخیر، فناوری ها و روش های مختلف ساختمانی باهدف ارائه راه های جدید تقویت مدیریت ایمنی در کل چرخه عمر پروژه ایجاد شده است و هدف این بود مدیریت ایمنی بهبود شود (تیزر و همکاران^۵، ۲۰۱۰). به عنوان مثال، همه این ها به منظور پیشگیری از بروز حوادث ساختمانی و همچنین پیش بینی، برنامه ریزی و کنترل برنامه می تواند به شناسایی خطاهای انسانی و برخورد سریع با آن ها کمک کند. از سال ۱۹۹۱، مطالعات مختلف، امکان پیوند CAD و فرآیند برنامه ریزی (چرنف و همکاران^۶، ۱۹۹۱) را به عنوان گزینه ای مهم تلقی کرده اند و به فرصتهایی که در این زمان کاه وجود دارد، پرداخته اند (تاتوم و همکاران^۷، ۱۹۹۴).

امروزه، رونق ترین فناوری در بخش ساخت و ساز، مدل سازی اطلاعات ساختمان است. این فناوری یک رویکرد جدید برای طراحی، ساخت و مدیریت امکانات است که در آن از یک نمایش دیجیتالی فرایند ساختمان برای تسهیل مبادله و قابلیت همکاری اطلاعات استفاده می شود (ایستمن و همکاران^۸، ۲۰۱۱). با توجه به افزایش قدرت، مدل سازی اطلاعات ساختمان توسط اکثر نرم افزارهای تجاری CAD نیز مورد استفاده قرار گرفته است.

در حال حاضر، همان طور که در ادبیات بیان شده است، پیشنهادات زیادی وجود دارد که از فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان برای کمک به کارهای مختلف مدیریت ساخت و ساز استفاده می کند. با وجود این، صنعت ساخت و ساز بخشی است که به طور معمول برای پذیرش تغییرات استفاده شده است. تصویب مدل سازی اطلاعات ساختمان فقط در سال های اخیر شروع به خنثی سازی در سراسر جهان کرده است (سیلوا و همکاران^۹، ۲۰۱۶). با استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان، مدل های معمولی سه بعدی یا چهار بعدی (D4) به یک مدل nd تبدیل می شوند که جنبه های مختلفی از اطلاعات طراحی مورد نیاز در هر مرحله از چرخه عمر یک پروژه را در بر می گیرد (دینگ و همکاران^{۱۰}، ۲۰۱۴؛ شو و همکاران^{۱۱}، ۲۰۱۵).

در اوایل دهه ۱۹۹۰، ماتیلا و همکاران^{۱۲} (۱۹۹۴) پیش بینی کرد که ارتباطی بین مدیریت و ایمنی وجود دارد. از آن زمان، مطالعات بسیاری در رابطه با مدیریت ایمنی ارائه شده است. علاقه کلی به مدل سازی اطلاعات ساختمان و کاربردهای آن به معنای تلاش های گسترده ای است که برخی از آن ها همچنین به موضوعات ایمنی شغلی پرداخته اند.

¹ Eurostat

² Haslam et al

³ Gibb et al

⁴ Chi

⁵ Teizer

⁶ Cherneff

⁷ Tatum

⁸ Eastman

⁹ Silva

¹⁰ Ding

¹¹ Shuo

¹² Mattila



سومین کنفرانس بین المللی مدل سازی اطلاعات ساختمان

هدف اصلی این مقاله بررسی پیشنهادات موجود به منظور شناسایی برنامه های کاربردی و تکامل گزینه های نامناسب معماری و / یا سازمانی یا برنامه ریزی ضعیف پروژه در مرحله آماده سازی پروژه می باشد که در بیش از نیمی از موارد، حوادث شغلی در اماکن ساختمانی نقش داشته است (دستورالعمل ۵۷/۹۲ / EOK، ۱۹۹۵). برنامه ریزی ایمنی اثربخش در جلوگیری از تصادفات و بیماری پرسنل سایت نقش دارد. برنامه ریزی مناسب برای ایمنی نقش مهمی در کاهش هزینه ها و تأخیرهای غیرضروری دارد (سولانکیوی و همکاران^۱، ۲۰۰۹؛ ساورین و همکاران^۲، ۲۰۰۴؛ بانسال^۳، ۲۰۱۱). شناسایی فعالیتهای انجام نگرفته نیز دشوار است زیرا فضای کاری برای این فعالیتهای ممکن است متناقض باشد و حوادث ممکن است رخ دهد (مون و دیگران^۴، ۲۰۱۴).

۲- ادبیات تحقیق

مطالعات متعددی نشان می دهد که مدل سازی اطلاعات ساختمان می تواند به عنوان ابزاری که در مدیریت ایمنی، به عنوان مثال، در صنعت معماری، مهندسی و ساخت و ساز استفاده می شود مفید باشد. از طریق برنامه ریزی، شناسایی، پیگیری پیشرفت ساخت و ساز، سازگاری طراحی و تجسم اطلاعات، ادغام اطلاعات، برآورد هزینه، همکاری اعضای تیم بهبود می یابد. در یک بررسی اخیر در مورد مطالعات ایمنی از ۱۹۷۸ تا ۲۰۱۳، که در آن ۱۶۲۸ اسناد وجود دارد. تجزیه و تحلیل، نشان داده شده است که مدل سازی اطلاعات ساختمان ابزاری منحصر به فرد برای این منظور نیست. این مطالعه ۲۱ نوع فناوری نوآورانه کاربردی و تنها ۶ سند مرتبط با کاربردهای مدل سازی اطلاعات ساختمان را شناسایی کرده است (ژو و همکاران^۵، ۲۰۱۵). در بررسی دیگری اثرات مدل سازی اطلاعات ساختمان بر شاخص های کلیدی عملکرد ساختمانی را که توسط COX و همکاران تعریف شده اند، جمع آوری کرده اند (کنترل کیفیت، هزینه، ایمنی). نتایج نشان داد که برخی از پاسخ دهندگان مزایای ایمنی پروژه های عمرانی را نمی فهمند. دینگ^۶ و همکاران (۲۰۱۴) مطالعه ای انجام داده است که درصد آثار چاپ شده در مدل سازی اطلاعات ساختمان را از منظر مدیریت پروژه نشان می دهد، ۷٪ مربوط به مدیریت ایمنی و ۱۷٪ مربوط به مدیریت برنامه ریزی می باشد. زیر بخش های زیر جزئیات برنامه ریزی و فناوری های نوآورانه برای ایمنی و همکاری و ارتباطات اصلی را که توسط مطالعات تحقیقاتی مختلف در نظر گرفته شده است شرح می دهد:

گزینه های رضایت بخش معماری و / یا سازمانی یا برنامه ریزی ضعیف پروژه در مرحله آماده سازی پروژه در بیش از نیمی از حوادث شغلی که در سایت های ساختمانی در اتحادیه اروپا رخ می دهد، نقش ایفا کرده اند (دستورالعمل شورای ۵۷/۹۲ / EOK، ۱۹۹۵). برنامه ریزی ایمنی اثربخش در جلوگیری از تصادفات و بیماری پرسنل سایت نقش دارد. برنامه ریزی مناسب برای ایمنی نقش مهمی در کاهش هزینه ها و تأخیرهای غیرضروری دارد (سولانکیوی و همکاران^۷، ۲۰۰۹؛ ساورین و همکاران^۸، ۲۰۰۴؛ بانسال^۹، ۲۰۱۱). شناسایی فعالیتهای انجام نگرفته نیز دشوار است زیرا فضای کاری برای این فعالیتهای ممکن است متناقض باشد و حوادث ممکن است رخ دهد (ماه و همکاران، ۲۰۱۴).

¹ Sulankivi

² Saurin et al

³ Bansal

⁴ Moon

⁵ Zhou

⁶ Ding

⁷ Sulankivi

⁸ Saurin et al

⁹ Bansal



سومین کنفرانس بین المللی مدل سازی اطلاعات ساختمان

در سال ۱۹۹۴، اوپلر^۱ (۱۹۹۴) نیز اظهار داشت که نیاز به در نظر گرفتن برنامه ای برای نظارت بر تصادفات و ادغام آن‌ها در برنامه های گرافیکی وجود دارد و چارچوبی را برای یک سیستم دانش سلامت و ایمنی رایانه ای ایجاد کرد که از آن زمان تاکنون با نرم افزار برنامه ریزی روش بحرانی مسیر فعلی پیاده سازی و یکپارچه شده است.

اصطلاح D۴ توسط مک کینی^۲ و همکاران تعریف شده است. در سال ۱۹۹۸ (مک کینی و فیشر، ۱۹۹۸) اکیداً اظهار داشتند که چشم انداز ساخت و ساز غالباً مورد غفلت واقع می شود زیرا ابعاد مهمی برای زمان ساخت وجود ندارد و تلاش های لازم را برای توسعه ابزارهای D۴ که تولید مدل های D + x۴ می شوند وجود ندارد.

از سال ۲۰۰۵، از اصطلاح مدل سازی اطلاعات ساختمان همان طور که امروزه می شناسیم استفاده کرده اند. این نرم افزار معمولاً به عنوان مدل سازی اطلاعات ساختمان، مدل سازی اطلاعات ساختمان شناخته می شود. همان طور که قبلاً ذکر شد، بسیاری از نویسندگان از ابتدای مطالعات مدل سازی اطلاعات ساختمان D۴ را به عنوان برنامه D plus^۳ تعریف کرده اند. این را می توان در مطالعاتی از سال ۲۰۰۸ (هو^۳، ۲۰۰۸) تا کارهای جدیدتر مشاهده کرد.

علاوه بر این، مفهوم D۴ نه تنها به مفاهیم دیگر بلکه با مدل سازی اطلاعات ساختمان نیز مرتبط است، ابزار آن در پروژه هایی که تعداد زیادی از سازان را درگیر می کند، همان طور که در یک مطالعه اخیر منعکس شده است (تربیل و همکاران^۴، ۲۰۱۵). بنابراین، پتانسیل مدل های D CAD^۴ برای جلوگیری از بدهانه پردازی با ارائه ابزارهایی برای پیش بینی بهتر درگیری ها در مرحله برنامه ریزی، به طور گسترده اذعان شده است. پیشرفت در فن آوری های دیجیتال منجر به ایجاد تکنیک های جدید برنامه ریزی فرآیند ساخت و ساز شده است تا کاربران بتوانند با پیش بینی نتایج پروژه ها، برنامه های ساختاری مؤثرتری ایجاد کنند (فقیهی و همکاران، ۲۰۱۵؛ مارتینز-روژاس و همکاران^۵، ۲۰۱۶) مانند الگوریتم ژنتیکی، GIS و CBR.

استفاده از روش های شبیه سازی و ساخت مجازی زودتر از عمومی سازی مدل سازی اطلاعات ساختمان توسعه داده شد. این فناوری ها به طور گسترده ای در ابزارهایی طراحی شده برای جلوگیری از خطر سایت و تحویل ایمن پروژه ها استفاده می شود (ژو و همکاران، ۲۰۱۲) استفاده از فن آوری های جدید برای این اهداف قبل از توسعه مدل سازی اطلاعات ساختمان رخ داده است. در سال ۱۹۹۲، یامازکی (۱۹۹۲) و بعداً، جانگ و گیسون (۱۹۹۹)، با استفاده از Computer Integrated Construction و با به حداکثر رساندن استفاده یکپارچه از سیستم های اطلاعاتی در کل چرخه عمر پروژه به عملکردهای مختلف از جمله ایمنی مرتبط کردند. در میان دیگر محققان، سیئو و همکاران^۶ (۲۰۱۵) سایر مطالعات تحقیقاتی را در زمینه بهداشت و ایمنی، نظارت و شناسایی ۲۲ مطالعه از ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۳ بررسی می کند.

از سوی دیگر، از مدل سازی اطلاعات ساختمان برای به حداقل رساندن مشکلات مکانی و یا لجستیک استفاده شده است (آکینسی و همکاران^۷، ۲۰۰۲؛ کلیتون و همکاران^۸، ۲۰۰۲؛ داود و همکاران^۹، ۲۰۰۳؛ والی و تابات^{۱۰}، ۲۰۰۳). در موارد دیگر،

¹ Euler

² McKinney

³ Hu

⁴ Trebbe

⁵ Rojas et al

⁶ Seo

⁷ Akinci

⁸ Clayton et al

⁹ Dawood et al

¹⁰ Waly and Thabet



سومین کنفرانس بین المللی مدل سازی اطلاعات ساختمان

از این مجوز برای مدیریت پروژه های ساختمانی استفاده می شد (چو، ۲۰۰۵^۱، کانگ^۱، ۲۰۰۵^۲، ما^۲، ۲۰۰۷^۳، وانگ^۳، ۲۰۰۴). پس از آن، بسیاری از

نویسندگان، مدل سازی اطلاعات ساختمان را با فناوری های مختلف ترکیب کرده اند، به عنوان مثال ردیابی موقعیت مکانی، (AR) (پارک و کیم^۴، ۲۰۱۳)، RFID (VP)، WSN (معتمدی و همد، ۲۰۰۹). علاوه بر این، مطالعات تحقیقاتی مختلف، برنامه ترکیبی، مدل سازی اطلاعات ساختمان و شبیه سازی را به عنوان ابزاری برای پیش بینی به حداقل رساندن خطرات و درگیری های محیط کار در نظر گرفتند و همچنین آن را به عنوان ابزاری برای مدیریت برنامه زمانبندی فعال مورد استفاده قرار دهد (کیم و تیزر، ۲۰۱۴؛ ماه و همکاران، ۲۰۱۴).

شن^۵ و همکاران (۲۰۱۰) می گوید که این فناوری ها می توانند مجموعه ای از راه حل های مداوم را برای حمایت از ایجاد مشارکت، مدیریت، انتشار و استفاده از اطلاعات از طریق کل چرخه عمر محصول و پروژه فراهم کنند. این فناوری ها نقش مهمی در بهبود بهره وری در صنعت ساخت و ساز دارند.

یکی از موانع اصلی در این بخش عدم ارتباط در طول پروژه است. متأسفانه، اطلاعات مربوط به ایمنی در یک سایت ساخت و ساز به ندرت با سایر متخصصان علاقه مند به اشتراک گذاشته می شود. برای مثال، گزینه های جدید تحقیق در مورد ایمنی ساخت و ساز و طراحی دیجیتال می تواند بر فناوری هایی متمرکز باشد که سازندگان این امکان را می دهند که دانش خود را با طراحان به اشتراک بگذارند (ژو و همکاران، ۲۰۱۲).

در طول یک دهه گذشته، مفهوم جدیدی با انگیزه های فراوان در صحنه ظاهر شده است. به عنوان پیشگیری از طریق طراحی (PtD) شناخته می شود. پذیرش گسترده PtD به این دلیل است که خود را به عنوان ابزاری بسیار مؤثر در رفع خطرات در مرحله اجرای یک پروژه ثابت کرده است (گیب و همکاران، ۲۰۰۶؛ فریتزر و سوست^۶، ۲۰۰۸؛ مارتینز آیرس و همکاران^۷، ۲۰۱۰). علاوه بر این، چندین نویسنده دیگر نشان داده اند که مدل سازی اطلاعات ساختمان در بهبود اجرای PtD چقدر مفید است (ملزner^۸، ۲۰۱۳؛ ژانگ، ۲۰۱۳؛ چاوادا^۹، ۲۰۱۲).

استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان در طراحی و در مراحل پایانی پروژه مربوط به مدیریت ایمنی و جلوگیری از تصادفات و استفاده از آن از ابتدای چرخه عمر پروژه با کاهش در میزان تصادفات مرتبط است (گیب، ۲۰۰۴؛ گیب و همکاران، ۲۰۰۶؛ مارتینز آیرس و همکاران، ۲۰۱۰).

پیامدهای پذیرش مدل سازی اطلاعات ساختمان در طول چرخه عمر پروژه و جنبه های همکاری اعضای تیم در رابطه با تصویب آن، بیشترین تأثیر مالی مثبت را به همراه دارد (گو و اندن^{۱۰}، ۲۰۱۰؛ عیدی و همکاران، ۲۰۱۳).

مدل سازی اطلاعات ساختمان ابزاری است که برای به اشتراک گذاری دانش، ارائه اطلاعات و ارائه پایه ای محکم برای تصمیم گیری در طول چرخه عمر پروژه ها مورد استفاده قرار می گیرد. بنابراین، دینگ استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان را از

¹ Kang et al

² Ma et al

³ Wang et al

⁴ Park and Kim

⁵ Shen

⁶ Frijters and Swuste

⁷ Martínez-Aires et al.

⁸ Melzner et al

⁹ Chavada et al

¹⁰ Qi et al



سومین کنفرانس بین المللی مدل سازی اطلاعات ساختمان

طراحی تا تخریب تعریف کرد (دینگ و همکاران ، ۲۰۱۴)، اگرچه شو و همکاران (۲۰۱۵) این واقعیت را تأکید می کند که استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان عمدتاً مربوط به مرحله ساخت و ساز است. علاوه بر این، می توان نشان داد که مدل سازی اطلاعات ساختمان به دلیل استفاده در مرحله پیش از ساخت به عنوان ابزاری که از همکاری پشتیبانی می کند ، سودمندتر شده است (ساسر^۱، ۲۰۰۹. ساسر و کاسم^۲، ۲۰۱۵. وانگ و چانگ، ۲۰۱۵).

۳- روش تحقیق:

در این بخش، مرور سیستماتیک به عنوان یک رویکرد روش شناختی برای کشف یافته های تحقیق در ادبیات ایمنی در ساخت و سازهای موجود و مدل سازی اطلاعات ساختمان ، و شناسایی عدم دانش برای تحقیقات آینده تشریح شده است. یک بررسی درست و منظم برای شناسایی، انتخاب و ارزیابی کلیه ادبیات از یک سطح کیفی توافق شده که مربوط به یک سؤال تحقیق است استفاده می شود. بررسی سیستماتیک مطابق با موارد گزارش شده ترجیحی برای بررسی های سیستماتیک و دستورالعمل های متاآنالیز انجام می شود.

منابع پایگاه داده مورد استفاده ISI Web of Science (WoS) و Scopus بودند. دوره مورد بررسی از سال ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۹ متغیر بوده و جستجو با استفاده از قسمت "عنوان / چکیده / کلید واژه" پایگاه داده ها انجام شده است. جستجوی کامل "عنوان / چکیده / ساخت کلید واژه و مدل سازی اطلاعات ساختمان و ایمنی" یا عنوان Abstract عنوان / چکیده / ساخت و کلمه کلیدی و ساخت و ساز و مدل سازی اطلاعات ایمنی و ساختمان" است.

در دوره یاد شده ، اولین سند منتشر شده در رابطه با این معیار مربوط به سال ۲۰۰۸ است. تعداد ۲۰۹ سند از طریق جستجوی پایگاه داده مشخص شد و پس از حذف نسخه های تکراری ، این تعداد به ۱۸۹ سند کاهش یافت. علاوه بر این ، ۱۶ سند تحت معیارهای جستجو 'عنوان / چکیده / ساخت کلید واژه ، مدل سازی اطلاعات ساختمان و مدیریت' شامل ۵ نمونه از این بررسی ها بود. موضوع ایمنی در همه آنها مورد بحث قرار گرفت.

از تعداد کل اسناد (۲۰۵ نفر) ، ۱۰۶ مقاله کنفرانس و ۹۹ مقاله بود. این بررسی منظم روی مقالات منتشر شده متمرکز است زیرا آنها کاملاً در دسترس نیستند. پس از بررسی کلیه اطلاعات ، متون مبتنی بر ایمنی ساختاری حذف شدند.

از دوره ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۹ ، ۷۹۰ انتشار در پایگاه های داده در نظر گرفته شده که با مدل سازی اطلاعات ساختمان یا مدل سازی اطلاعات ساختمان در حوزه مهندسی مرتبط با ساخت و ساز-AEC سروکار دارند ، یافت شد. با این حال ، موارد مرتبط با ایمنی فقط ۹.۶۲٪ از کل را نشان می دهد. با در نظر گرفتن نتایج ارائه شده در بخش ۲، پنج حوزه اصلی مشخص شده است که استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان را به عنوان ابزاری برای مدیریت ایمنی تعریف می کند: ساخت و ساز یا مدیریت ایمنی ، برنامه ریزی و برنامه ریزی D۴ ، تجسم / شبیه سازی ، همکاری و ارتباطات و شناسایی خطرات

۷۶ مقاله با استفاده از پروتکل زیر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است: (۱) عنوان کار. (۲) سال انتشار؛ (۳) عنوان مجله؛ (۴) کشور؛ (۵) شناسایی فاز پروژه که در آن از مدل سازی اطلاعات ساختمان استفاده می شود: طراحی، ساخت، نگهداری ، یعنی در کل چرخه عمر پروژه. (۶) شناسایی؛ (۷) فناوری نوآورانه از شناسایی و سایر جنبه های تمایز استفاده می کند. اطلاعات جمع آوری شده در هر مرحله در یک بانک اطلاعاتی ارائه شده است که به ما این امکان را می دهد که نتایج را بدست آوریم.

¹ Succar

² Succar and Kassem



سومین کنفرانس بین المللی مدل سازی اطلاعات ساختمان

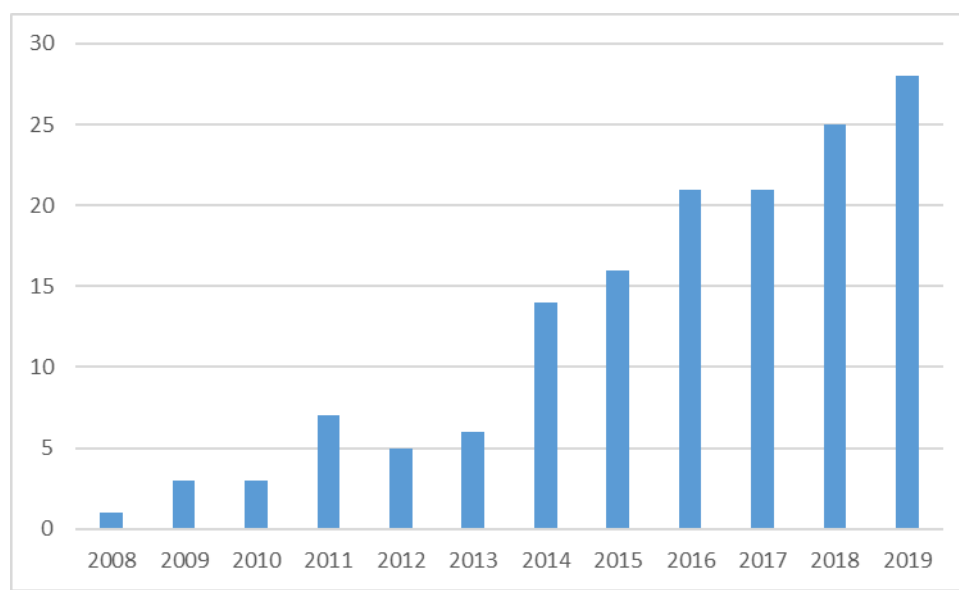
۴- نتایج:

براساس مرور ادبیات و پس از اعمال پروتکل تحلیل قبلاً توضیح داده شده، نتایج به دست آمده در دو بخش طبقه بندی شده اند. این بخش که به ما امکان می دهد چارچوب انتشار متون مورد تجزیه و تحلیل را ایجاد کنیم و نتایج حاصل از مراحل (۵) تا (۷) از روش تجزیه و تحلیل در جدول ۳ جمع آوری شده است، باهدف سازماندهی ایمنی ساخت و ساز و محتوای مدل سازی اطلاعات ساختمان ارائه شده توسط نویسندگان، شناسایی مناطق کلیدی مورد توجه و همچنین موارد خاص. ویژگی های متمایز، مانند چاپک، سیستم اطلاعات جغرافیایی و شناسه فرکانس رادیویی.

شکل ۱ توزیع سالانه مقالات مرتبط با مدل سازی اطلاعات ساختمان و ایمنی ساخت و ساز را که برای مطالعه انتخاب شده اند نشان می دهد. در نگاه اول مشخص است که تعداد مقالات مرتبط با این موضوع طی سال های گذشته افزایش یافته است، بطور مشخص در سه سال گذشته.

در جدول ۱ تعداد نشریات با توجه به کشور / قلمرو مختلف برای هر یک از نویسندگان نشان داده شده است. این اطلاعات مطابق با تحقیقات انجام شده که ثابت می کند، حتی اگر اجرای مدل سازی اطلاعات ساختمان هنوز هم یک چالش برای صنعت ساخت و ساز در آمریکای شمالی است، برای مثال، صنعت ساخت و ساز کانادا هنوز عقب مانده است. علاوه بر این، سوکار (۲۰۰۹) لیستی غیر جامع از راهنماها، گزارش ها و مدل های مربوط به مدل سازی اطلاعات ساختمان در دسترس عموم را نشان می دهد، که نشان می دهد ایالات متحده آمریکا جایی است که بیشترین تعداد مقالات تحقیقاتی درباره ایمنی و ساخت و ساز مدل سازی اطلاعات ساختمان از سال ۲۰۰۹ منتشر شده است.

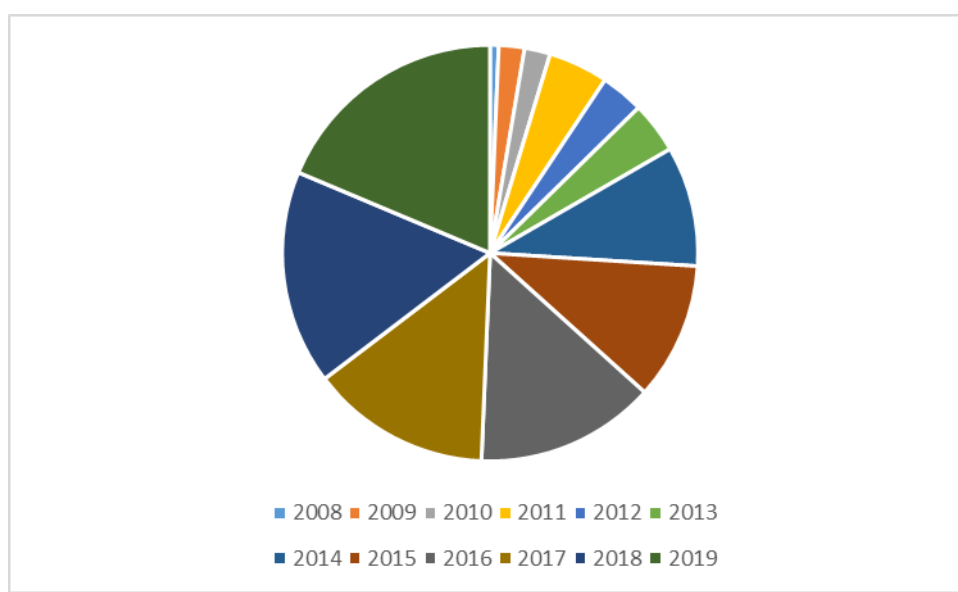
در جدول ۲. تعداد اسناد مربوط به ایمنی ساخت و ساز و مدل سازی اطلاعات ساختمان توسط شامل ژورنالهایی است که دو مقاله یا بیشتر در آن چاپ می شود.



شکل (۱) - توزیع سالانه مقاله



سومین کنفرانس بین المللی مدل سازی اطلاعات ساختمان



شکل (۲) - توزیع سالانه مقالات

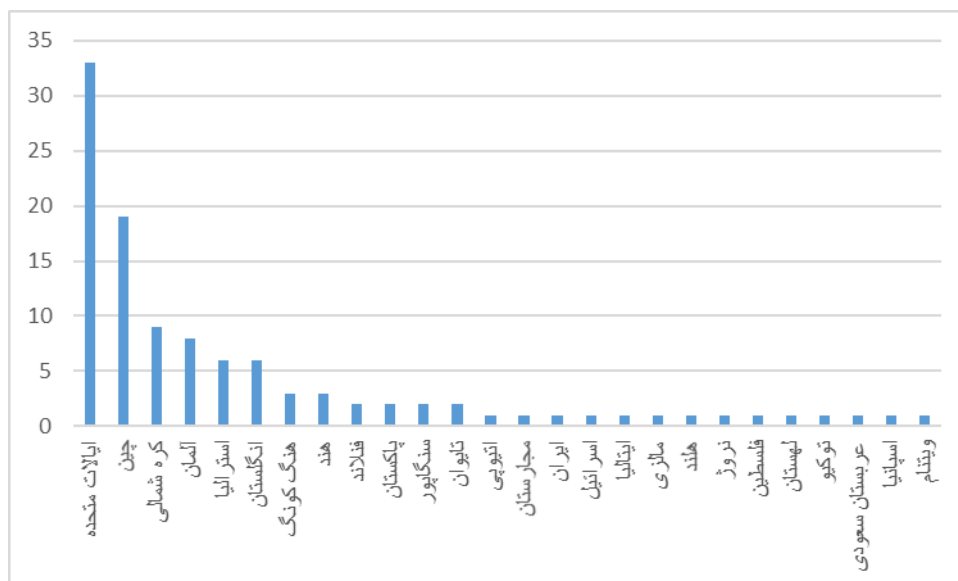
جدول (۱). تعداد انتشارات مربوط به ایمنی ساخت و مدل سازی اطلاعات ساختمان که توسط کشور / منطقه منتشر شده است.

کشور	تعداد	کشور	تعداد
ایالات متحده	33	مجارستان	1
چین	19	ایران	1
کره شمالی	9	اسرائیل	1
آلمان	8	ایتالیا	1
استرالیا	6	مالزی	1
انگلستان	6	هلند	1
هنگ کونگ	3	نروژ	1
هند	3	فلسطین	1
فنلاند	2	لهستان	1
پاکستان	2	توکیو	1
سنگاپور	2	عربستان سعودی	1



سومین کنفرانس بین المللی مدل سازی اطلاعات ساختمان

اسپانیا	1	2	تایوان
ویتنام	1	1	اتیوپی



شکل (۲) - تعداد انتشارات مربوط به ایمنی ساخت و مدل سازی اطلاعات ساختمان که توسط کشور / منطقه منتشر شده است

جدول ۲. تعداد اسناد مربوط به ایمنی ساخت و ساز و مدل سازی اطلاعات ساختمان توسط شامل ژورنالهایی است که دو مقاله یا بیشتر در آن چاپ می شود.

منبع	اسناد	JCR®	SJR
اتوماسیون در ساخت و ساز	22	2.442	1.571
مجله مهندسی ساختمان و مدیریت - ASCE	7	1.152	1.219
مجله فناوری اطلاعات در	7		0.410



سومین کنفرانس بین المللی مدل سازی اطلاعات ساختمان

ساخت و ساز			
علم ایمنی	4	2.157	0.928
مجله محاسبات در مهندسی عمران	3	1.855	1.219
انفورماتیک مهندسی پیشرفته	3	2.000	1.265
مجله بین المللی مدیریت ساخت و ساز	2		0.203

سرانجام، مطالعات مختلف پژوهشی شکافهای موجود در دانش را نشان دادند. دلیل اصلی عدم اتخاذ مدل سازی اطلاعات ساختمان در پروژه های جاری را می توان به عدم تخصص در تیم پروژه و سازمانها بیان کرد (ادی و همکاران، ۲۰۱۳؛ لی و همکاران، ۲۰۱۲). برخی از چالش های اصلی اجرای مدل سازی اطلاعات ساختمان شامل تولید مدل های سه بعدی، بازیابی اطلاعات محیطی سایت شغلی و به روزرسانی اطلاعات فعلی از محل کار به مدل های سه بعدی است، زیرا روند ساخت و ساز به جلو حرکت می کند. یکی دیگر از شکاف باقی مانده، رویکرد ترکیبی در جهت دستیابی به اهداف متعدد مرتبط با برنامه ریزی است (فقیهی و همکاران، ۲۰۱۵). به عنوان مثال نیاز به ابزار ترکیبی جدیدی است که می تواند با اطمینان از پایداری ساختاری پروژه ضمن بهینه سازی برنامه و هزینه آن، برنامه ها را به صورت خودکار انجام دهد.

مطالعه انجام شده توسط وانگ و چونگ (۲۰۱۵) نتیجه گیری می کند که مدل سازی اطلاعات ساختمان باید به منظور یکپارچه سازی کامل با سایر فن آوری ها تحول پیدا کند و از این طریق به عملکرد پروژه در مراحل مختلف چرخه عمر پروژه کمک کند.

۵- نتیجه گیری و پیشنهادات

استفاده از ابزارهای اطلاع رسانی و ارتباطات در دهه های گذشته عامل اصلی صنعت AEC بوده است. مدل سازی اطلاعات ساختمان به دلیل توانایی و تطبیق پذیری آن، امیدوار کننده ترین فناوری است که امکان استفاده از آن را در مناطق مختلف صنعت AEC، به ویژه در مدیریت ایمنی فراهم می کند. علاوه بر این، این فناوری همکاری مؤثر پروژه و یکپارچه سازی داده ها را از مرحله طراحی تا اتمام پروژه را تسهیل می کند. با این حال، قدرت زیادی از مدل سازی اطلاعات ساختمان به طور کامل مورد بررسی قرار نگرفته است، عمدتاً به دلیل استفاده از مدل های مختلف مدل سازی اطلاعات ساختمان در بین شرکت کنندگان در پروژه های مختلف، منجر به تکثیر اطلاعات و مشکلات قابلیت همکاری باشد.

برای ایجاد یک چارچوب مرجع، راه حل های مدل سازی اطلاعات ساختمان از همکاری بین شرکت کنندگان مختلف در مرحله اولیه حاصل می شود. علاوه بر این همان طور که قبلاً نیز گفته شد، ادغام سایر فن آوری ها به منظور افزایش توانایی نمایندگی فرآیندهای ساختمانی ضروری است.



سومین کنفرانس بین المللی مدل سازی اطلاعات ساختمان

با توجه به بررسی ادبیات، مدل سازی اطلاعات ساختمان می تواند به بهبود ایمنی در ساخت و ساز، شناسایی خطرات احتمالی از طریق برنامه ریزی 4D کمک کند: استفاده از مدل 4D، برنامه ریزی 4D و توالی با برنامه ریزی تدارکات سایت. مدل سازی اطلاعات ساختمان می تواند به راحتی در کار شناسایی خطرات احتمالی و از بین بردن خطرات در مراحل اولیه چرخه عمر پروژه کمک کند. برنامه کنترل تضادهای ایجاد شده در فعالیتهای محل کار را مشخص می کند، تا بطور همزمان اجرا شود.

علاوه بر این، مدل سازی اطلاعات ساختمان درک بصری کاملی از یک سایت و شرایط کار قبل از شروع مرحله ساخت و همچنین تسهیل نمایندگی از شرایط سایت را فراهم می کند. علاوه بر این، کاربرد ترکیبی از فن آوری های مختلف نوآورانه - مانند GIS، AR، به دلیل عملکردهای مختلف این فناوری ها، امکان تجسم محل کار را در زمان واقعی فراهم می کند.

مدل سازی اطلاعات ساختمان به شناسایی خطرات، آمادگی برای کار مورد نظر کمک می کند و بنابراین، کار را با کارآمدتر و با اطمینان تر انجام می دهد، شناسایی هر کار و حوزه کاری با خطرات مربوط به آن ها، امکان برقراری ارتباط و همکاری بین اعضای مختلف تیم، چه در مرحله طراحی و ساخت و ساز را فراهم می کند

اگرچه پیش بینی می شود مدل سازی اطلاعات ساختمان از بخش ساخت و ساز بهره مند می شود، اما هنوز در مراحل نخست است. دلیل اصلی این امر ضرورت ادغام مدل سازی اطلاعات ساختمان با سایر فناوری ها است که منجر به عدم قابلیت همکاری با چندین استاندارد برای مدیریت داده می شود. همچنین منجر به عدم تخصص در تیم پروژه و سازمانهای خارجی می شود. بنابراین، لازم است که بر روی فرآیند استاندارد سازی کار کنید تا استفاده از فناوری های مدل سازی اطلاعات ساختمان و مزایای پیش بینی شده آن بهبود یابد.

اجرای مدل سازی اطلاعات ساختمان، از منظر مدیریت ایمنی، به کارکنان این امکان را می دهد تا در وقت و تلاش خود صرفه جویی کنند. علاوه بر این، مدل سازی اطلاعات ساختمان ایمنی را با استفاده از ابزارهای کنترل خودکار و شبیه سازی کد ایمنی افزایش می دهد. به عنوان مثال، می توان مکانهای کاری خطرناک را شناسایی کرد و از خطرهای احتمالی در مرحله طراحی، قبل از شروع هر کار میدانی، می توان جلوگیری کرد.

به طور خلاصه، اجرای روزافزون مدل سازی اطلاعات ساختمان در صنعت AEC در حال تغییر شیوه دستیابی به ایمنی است. خطرات احتمالی ایمنی را می توان به طور خودکار شناسایی کرد و روش های پیشگیری مربوطه را می توان با استفاده از یک روش خودکار به کاربرد. علاوه بر این، سهولت استفاده از آن در آموزش ایمنی کارگران، طراحی ایمنی، برنامه ریزی ایمنی (تجزیه و تحلیل خطر شغلی و برنامه ریزی قبل از کار)، بررسی حادثه و ایمنی مرحله تعمیر و نگهداری باید در نظر گرفته شود.

منابع و مراجع

Akinci, B., Fischer, M., Kunz, J., 2002. Automated generation of work spaces required by construction activities. J. Constr. Eng. Manage. 128 (4), 306-315.



سومین کنفرانس بین المللی مدل سازی اطلاعات ساختمان

- Akula, M., Lipman, R., Franaszek, M., Saidi, K., Cheok, G., Kamat, V., 2013. Real-time drill monitoring and control using building information models augmented with 3D imaging data. *Automat. Constr.* 36, 1–15.
- Arslan, M., Riaz, Z., Kiani, A., Azhar, S., 2014. Real-time environmental monitoring, visualization and notification system for construction H & S management. *J. Inform. Technol. Constr.* 19, 72–91.
- Bannier, P., Jin, H., Goodrum, P.M., 2016. Modeling of work envelope requirements in the piping and steel trades and the influence of global anthropomorphic characteristics. *J. Inform. Technol. Constr.* 21, 292–314.
- Bansal, V.K., 2011. Application of geographic information systems in construction safety planning. *Int. J. Project Manage.* 29 (1), 66–77.
- Bansal, V.K., Pal, M., 2011. Construction projects scheduling using GIS tools. *Int. J. Constr. Manage.* 11 (1), 1–18.
- Becerik-Gerber, B., Jazizadeh, F., Li, N., Calis, G., 2012. Application areas and data requirements for BIM-enabled facilities management. *J. Constr. Eng. Manage.* 138 (3), 431–442.
- Booth, A., Papaioannu, D., Sutton, A., 2012. *Systematic approaches to a successful literature review*. SAGE Publications Ltd., Thousand Oaks, CA, United States.
- Bozoglu, J., 2016. Collaboration and coordination learning modules for BIM education. *J. Inform. Technol. Constr.* 21, 152–163.
- Chau, K.W., Anson, M., De Saram, D.D., 2005a. 4D dynamic construction management and visualization software: 2. site trial. *Automat. Constr.* 14 (4), 525–536.
- Chau, K.W., Anson, M., Zhang, J.P., 2005b. 4D dynamic construction management and visualization software: 1. development. *Automat. Constr.* 14 (4), 512–524.
- Chavada, R., Dawood, N., Kasseem, M., 2012. Construction workspace management: the development and application of a novel nD planning approach and tool. *Electron. J. Inform. Technol. Constr.* 17, 213–236.
- Chen, F., Liu, Y., 2015. Innovation performance study on the construction safety of urban subway engineering based on bayesian network: a case study of BIM innovation project. *J. Appl. Sci. Eng.* 18 (3), 233–244.
- Chen, L., Luo, H., 2014. A BIM-based construction quality management model and its applications. *Automat. Constr.* 46, 64–73.
- Cherneff, J., Logcher, R., Sriram, D., 1991. Integrating CAD with construction-schedule generation. *J. Comput. Civil Eng.* 5 (1), 64–84.
- Choi, B., Lee, H., Park, M., Cho, Y.K., Kim, H., 2014. Framework for work-space planning using four-dimensional BIM in construction projects. *J. Constr. Eng. Manage.* 140 (9).
- Ciribini, A.L.C., Mastrolebo Ventura, S., Paneroni, M., 2016. Implementation of an interoperable process to optimise design and construction phases of a residential building: a BIM pilot project. *Automat. Constr.* 71, 62–73.
- Clayton, M.J., Warden, R.B., Parker, T.W., 2002. Virtual construction of architecture using 3D CAD and simulation. *Automat. Constr.* 11 (2), 227–235.
- Clevenger, C., Glick, S., del Puerto, C.L., 2012. Interoperable learning leveraging building information modeling (BIM) in construction education. *Int. J. Constr. Edu. Res.* 8 (2), 101–118.
- Clevenger, C., Del Puerto, C.L., Glick, S., 2015. Interactive BIM-enabled safety training piloted in construction education. *Adv. Eng. Edu.* 4 (3).
- Costin, A.M., Teizer, J., Schoner, B., 2015. RFID and bim-enabled worker location tracking to support real-time building protocol control and data visualization. *J. Inform. Technol. Constr.* 20, 495–517.
- Council directive 92/57/EEC of 24 June 1992 on the implementation of minimum safety and health requirements at temporary or mobile construction sites (eighth individual directive within the meaning of article 16 (1) of directive 89/391/EEC) (1995). *Official Journal L 245, 26/08/1992 P. 0006–0022*.
- Cox, R.F., Issa, R.R.A., Ahrens, D., 2003. Management's perception of key performance indicators for construction. *J. Constr. Eng. Manage.* 129 (2), 142–151.
- Dawood, N., Sriprasert, E., Mallasi, Z., Hobbs, B., 2003. Development of an integrated information resource base for 4D/VR construction processes simulation. *Automat. Constr.* 12 (2), 123–131.
- Ding, L., Zhou, Y., Akinci, B., 2014. Building information modeling (BIM) application framework: The process of expanding from 3D to computable nD. *Automat. Constr.* 46, 82–93.
- Ding, L.Y., Zhong, B.T., Wu, S., Luo, H.B., 2016. Construction risk knowledge management in BIM using ontology and semantic web technology. *Saf. Sci.* 87, 202–213.
- Dossick, C.S., Neff, G., 2010. Organizational divisions in bim-enabled commercial construction. *J. Constr. Eng. Manage.* 136 (4), 459–467.
- Eadie, R., Browne, M., Odeyinka, H., McKeown, C., McNiff, S., 2013. BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: an analysis. *Automat. Constr.* 36, 145–151.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K., 2011. *BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. Wiley.
- Enshassi, A., Ayyash, A., Choudhry, R.M., 2016. BIM for construction safety improvement in gaza strip: Awareness, applications and barriers. *Int. J. Constr. Manage.* 16 (3), 249–265.



سومین کنفرانس بین المللی مدل سازی اطلاعات ساختمان

- Euler, J.K., 1994. Advantages of using 3-D CAD plant models on the construction site. *Microcomput. Civil Eng.* 9 (6), 435–444.
- Eurostat, 2016. European statistics official. Retrieved from. <http://ec.europa.eu/eurostat/web/main>.
- Faghihi, V., Nejat, A., Reinschmidt, K.F., Kang, J.H., 2015. Automation in construction scheduling: a review of the literature. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 81 (9–12), 1845–1856.
- Fang, Y., Cho, Y.K., Zhang, S., Perez, E., 2016a. Case study of BIM and cloud-enabled realtime RFID indoor localization for construction management applications. *J. Constr. Eng. Manage.* 142 (7).
- Fang, J., Ding, S., Zhang, S., Liang, C., 2016b. Construction techniques for incremental launching of ji'nan huanghe river rail-cum-road bridge with stiffening chords. *Bridge Constr.* 46 (6), 112–117.
- Forsythe, P., 2014. Proactive construction safety systems and the human factor. *Proc. Inst. Civil Engineers: Manage., Procurement and Law* 167 (5), 242–252.
- Frijters, A.C.P., Swuste, P.H.J.J., 2008. Safety assessment in design and preparation phase. *Saf. Sci.* 46 (2), 272–281.
- Ganah, A., John, G.A., 2015. Integrating building information modeling and health and safety for onsite construction. *Saf. Heal. Work* 6 (1), 39–45.
- Getz, J., Saenz, J., 2015. Unified workflow: Better BIM = better designs. *Engineered Syst.* 32 (8), 36–39.
- Gibb, A., 2004. Designing for safety and health in construction-a european/UK. In: *Designing for Safety and Health in Construction: Proceedings from a Research*, Portland, OR, USA, pp. 44–57.
- Gibb, A., Haslam, R., Gyi, D., Hide, S., Duff, R., 2006. What causes accidents? 159 (2), 46–50.
- Gambatese, J., Hinze, J., 1999. Addressing construction worker safety in the design phase: designing for construction worker safety. *Automat. Constr.* 8 (6), 643–649.
- Golovina, O., Teizer, J., Pradhananga, N., 2016. Heat map generation for predictive safety planning: Preventing struck-by and near miss interactions between workers-on-foot and construction equipment. *Automat. Constr.* 71, 99–115.
- Golparvar-Fard, M., Peña-Mora, F., Savarese, S., 2011. Integrated sequential as-built and as-planned representation with D 4AR tools in support of decision-making tasks in the AEC/FM industry. *J. Constr. Eng. Manage.* 137 (12), 1099–1116.
- Gu, N., London, K., 2010. Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry. *Automat. Constr.* 19 (8), 988–999.
- Guo, S., 2001. Integrating CAD and schedule for identification and resolution of work space conflicts between subcontractors. *Can. J. Civ. Eng.* 28 (5), 759–768.
- Guo, H.L., Li, H., Li, V., 2013. VP-based safety management in large-scale construction projects: a conceptual framework. *Automat. Constr.* 34, 16–24.
- Hartmann, T., Van Meerveld, H., Vosseveld, N., Adriaanse, A., 2012. Aligning building information model tools and construction management methods. *Automat. Constr.* 22, 605–613.
- Haslam, R.A., Hide, S.A., Gibb, A.G.F., Gyi, D.E., Atkinson, S., Pavitt, T.C., Suraji, A., 2003. In: *Prepared by Loughborough University and UMIST (Ed.), Causal factors in construction accidents*, HSE Report, RR 156 ed. Health and Safety Executive, London.
- Hinze, J.W., Wiegand, F., 1992. Role of designers in construction worker safety. *J. Constr. Eng. Manage.* 118 (4), 677–684.
- Hu, Z., Zhang, J., Deng, Z., 2008. Construction process simulation and safety analysis based on building information model and 4D technology. *Tsinghua Sci. Technol.* 13 (SUPPL. 1), 266–272.
- Hu, Z., Zhang, J., Zhang, X., 2010a. Construction collision detection for site entities based on 4-D space-time model. *Qinghua Daxue Xuebao/J. Tsinghua Univ.* 50 (6), 820–825.
- Hu, Z., Zhang, J., Zhang, X., 2010b. 4D construction safety information model-based safety analysis approach for scaffold system during construction. *Gongcheng Lixue/ Eng. Mech.* 27 (12), 192–200.
- Hu, Z., Zhang, J., 2011. BIM- and 4D-based integrated solution of analysis and management for conflicts and structural safety problems during construction: 2. development and site trials. *Automat. Constr.* 20 (2), 167–180.
- Hu, Z., Zhang, J., Yu, F., Tian, P., Xiang, X., 2016. Construction and facility management of large MEP projects using a multi-scale building information model. *Adv. Eng. Softw.* 100, 215–230.
- Issa, R.R., Suermann, P., 2009. Evaluating industry perceptions of building information modeling (BIM) impact on construction. *J. Inform. Technol. Constr.* 14, 574–594.
- Jung, Y., Gibson Jr., G.E., 1999. Planning for computer integrated construction. *J. Comput. Civil Eng.* 13 (4), 217–225.
- Kang, J.H., Anderson, S.D., Clayton, M.J., 2007. Empirical study on the merit of webbased 4D visualization in collaborative construction planning and scheduling. *J. Constr. Eng. Manage.* 133 (6), 447–461.
- Kartam, N.A., 1997. Integrating safety and health performance into construction CPM. *J. Constr. Eng. Manage.* 123 (2), 121–126.
- Kim, H., Lee, H., Park, M., Chung, B., Hwang, S., 2015. Information retrieval framework for hazard identification in construction. *J. Comput. Civil Eng.* 29 (3).



سومین کنفرانس بین المللی مدل سازی اطلاعات ساختمان

- Kim, K., Teizer, J., 2014. Automatic design and planning of scaffolding systems using building information modeling. *Adv. Eng. Inform.* 28 (1), 66–80.
- Kim, H., Lee, H., Park, M., Chung, B., Hwang, S., 2016a. Automated hazardous area identification using laborers' actual and optimal routes. *Automat. Constr.* 65, 21–32.
- Kim, K., Cho, Y., Zhang, S., 2016b. Integrating work sequences and temporary structures into safety planning: automated scaffolding-related safety hazard identification and prevention in BIM. *Automat. Constr.* 70, 128–142.
- Koo, B., Fischer, M., 2000. Feasibility study of 4D CAD in commercial construction. *J. Constr. Eng. Manage.* 126 (4), 251–260.
- Korman, T.M., Huey-King, L., 2014. Industry input for construction engineering and management courses: development of a building systems coordination exercise for construction engineering and management students. *Practice Periodical on Struct. Des. Constr.* 19 (1), 68–72.
- Kumar, S., Bansal, V.K., 2016. A GIS-based methodology for safe site selection of a building in a hilly region. *Front. Architect. Res.* 5 (1), 39–51.
- Le, H.Q., Hsiung, B.B., 2014. A novel mobile information system for risk management of adjacent buildings in urban underground construction. *Geotechn. Eng.* 45 (3), 52–63.
- Li, B., Fu, F.F., Zhong, H., Luo, H.B., 2012. Research on the computational model for carbon emissions in building construction stage based on BIM. *Struct. Survey* 30 (5), 411–425.
- Li, H., Lu, M., Chan, G., Skitmore, M., 2015a. Proactive training system for safe and efficient precast installation. *Automat. Constr.* 49 (PA), 163–174.
- Li, H., Lu, M., Hsu, S., Gray, M., Huang, T., 2015b. Proactive behavior-based safety management for construction safety improvement. *Saf. Sci.* 75, 107–117.
- Liberati, A., Altman, D.G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gotzsche, P.C., Ioannidis, J.P.A., et al., 2009. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *Ann. Intern. Med.* 151, W65–W94.
- Luo, H., Gong, P., 2014. A BIM-based code compliance checking process of deep foundation construction plans. *J. Intell. Robot. Syst.: Theory Appl.*
- Ma, Z., Shen, Q., Zhang, J., 2005. Application of 4D for dynamic site layout and management of construction projects. *Automat. Constr.* 14 (3), 369–381.
- Malekitabar, H., Ardeshir, A., Sebt, M.H., Stouffs, R., 2016. Construction safety risk drivers: a BIM approach. *Saf. Sci.* 82, 445–455.
- Martínez Aires, M.D., Rubio Gámez, M.C., Gibb, A., 2010. Prevention through design: the effect of european directives on construction workplace accidents. *Saf. Sci.* 48 (2), 248–258.
- Martínez-Rojas, M., Marín, N., Vila, M.A., 2016. The role of information technologies to address data handling in construction project management. *J. Comput. Civil Eng* 04015064.
- Marzouk, M., Abubakr, A., 2016. Decision support for tower crane selection with building information models and genetic algorithms. *Automat. Constr.* 61, 1–15.
- Mattila, M., Hyttinen, M., Rantanen, E., 1994. Effective supervisory behaviour and safety at the building site. *Int. J. Ind. Ergon.* 13 (2), 85–93.
- McKinney, K., Fischer, M., 1998. Generating, evaluating and visualizing construction schedules with CAD tools. *Automat. Constr.* 7 (6), 433–447.
- McKinney, K., Kim, J., Fischer, M., Howard, C., 1996. Interactive 4D-CAD. *Computing in Civil Engineering (New York)* 383–389.
- Melzner, J., Zhang, S., Teizer, J., Bargstädt, H., 2013. A case study on automated safety compliance checking to assist fall protection design and planning in building information models. *Constr. Manage. Econ.* 31 (6), 661–674.
- Merschbrock, C., Lassen, A.K., Tollnes, T., Munkvold, B.E., 2016. Serious games as a virtual training ground for relocation to a new healthcare facility. *Facilities* 34 (13–14), 788–808.
- Min, S., Zhao, L., 2014. The application of 3D GIS technology in the whole life cycle of railway. *J. Railway Eng. Soc.* 31 (10), 15–20.
- Moon, H., Dawood, N., Kang, L., 2014a. Development of workspace conflict visualization system using 4D object of work schedule. *Adv. Eng. Inform.* 28 (1), 50–65.
- Moon, H., Kim, H., Kim, C., Kang, L., 2014b. Development of a schedule-workspace interference management system simultaneously considering the overlap level of parallel schedules and workspaces. *Automat. Constr.* 39, 93–105.
- Motamedi, A., Hammad, A., 2009. Lifecycle management of facilities components using radio frequency identification and building information model. *Elec. J. Inform. Technol. Constr.* 14, 238–262.
- Nawari, N.O., 2012. BIM standard in off-site construction. *J. Architect. Eng.* 18 (2), 107–113.
- Niu, Y., Lu, W., Chen, K., Huang, G.G., Anumba, C., 2016. Smart construction objects. *J.*



سومین کنفرانس بین المللی مدل سازی اطلاعات ساختمان

- Comput. Civil Eng. 30 (4).
- Park, C., Kim, H., 2013. A framework for construction safety management and visualization system. *Automat. Constr.* 33, 95–103.
- Park, S., Kim, I., 2015. BIM-based quality control for safety issues in the design and construction phases. *Archnet-IJAR* 9 (3), 111–129.
- Porwal, A., Hewage, K.N., 2013. Building information modeling (BIM) partnering framework for public construction projects. *Automat. Constr.* 31, 204–214.
- Qi, J., Issa, R.R.A., Olbina, S., Hinze, J., 2014. Use of building information modeling in design to prevent construction worker falls. *J. Comput. Civil Eng.* 28 (5).
- Riaz, Z., Arslan, M., Kiani, A.K., Azhar, S., 2014. CoSMoS: a BIM and wireless sensor based integrated solution for worker safety in confined spaces. *Automat. Constr.* 45, 96–106.
- Sacks, R., Treckmann, M., Rozenfeld, O., 2009. Visualization of work flow to support lean construction. *J. Constr. Eng. Manage.* 135 (12), 1307–1315.
- Saurin, T.A., Formoso, C.T., Guimaraes, L.B.M., 2004. Safety and production: an integrated planning and control model. *Constr. Manage. Econ.* 22 (2), 159–169.
- Seo, J., Han, S., Lee, S., Kim, H., 2015. Computer vision techniques for construction safety and health monitoring. *Adv. Eng. Inform.* 29 (2), 239–251.
- Silva, M.J.F., Salvado, F., Couto, P., Azevedo, Á.V., 2016. Roadmap proposal for implementing building information modelling (BIM) in Portugal. *Open J. Civil Eng.* 6 (03), 475.
- Shen, W., Hao, Q., Mak, H., Neelamkavil, J., Xie, H., Dickinson, J., Xue, H., 2010. Systems integration and collaboration in architecture, engineering, construction, and facilities management: a review. *Adv. Eng. Inform.* 24 (2), 196–207.
- Shen, X., Marks, E., 2016. Near-miss information visualization tool in BIM for construction safety. *J. Constr. Eng. Manage.* 142 (4).
- Shou, W., Wang, J., Wang, X., Chong, H.Y., 2015. A comparative review of building information modelling implementation in building and infrastructure industries. *Arch. Comput. Meth. Eng.* 22 (2), 291–308.
- Succar, B., 2009. Building information modelling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automat. Constr.* 18 (3), 357–375.
- Succar, B., Kassem, M., 2015. Macro-BIM adoption: conceptual structures. *Automat. Constr.* 57, 64–79.
- Suermann, P.C., Issa, R.R.A., 2009. Evaluating industry perceptions of building information modeling (BIM) impact on construction. *Electron. J. Inform. Technol. Constr.* 14, 574–594.
- Sulankivi, K., Mäkelä, T., Kiviniemi, M., 2009. BIM-based site layout and safety planning. *VTT Symposium (Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus)* 259, 125–140.
- Tatum, S.A., Byrum, J.C., Rourke, P.W., 1994. Design validation using computer models in lieu of full-scale mockups. *Marine Technol.* 31 (3), 225–230.
- Teizer, J., 2015. Status quo and open challenges in vision-based sensing and tracking of temporary resources on infrastructure construction sites. *Adv. Eng. Inform.* 29 (2), 225–238.
- Teizer, J., Allread, B.S., Fullerton, C.E., Hinze, J., 2010. Autonomous pro-active real-time construction worker and equipment operator proximity safety alert system. *Automat. Constr.* 19 (5), 630–640.
- Tixier, A.J., Hallowell, M.R., Rajagopalan, B., Bowman, D., 2016. Application of machine learning to construction injury prediction. *Automat. Constr.* 69, 102–114.
- Trebbe, M., Hartmann, T., Doree, A., 2015. 4D CAD models to support the coordination of construction activities between contractors. *Automat. Constr.* 49, 83–91.
- Tse, T.K., Wong, K.A., Wong, K.F., 2005. The utilisation of building information models in nD modelling: a study of data interfacing and adoption barriers. *Electron. J. Inform. Technol. Constr.* 10.
- Waly, A.F., Thabet, W.Y., 2003. A virtual construction environment for preconstruction planning. *Automat. Constr.* 12 (2), 139–154.
- Wang, H.J., Zhang, J.P., Chau, K.W., Anson, M., 2004. 4D dynamic management for construction planning and resource utilization. *Automat. Constr.* 13 (5 SPEC. ISS.), 575–589.
- Wang, W., Liu, J., Chou, S., 2006. Simulation-based safety evaluation model integrated with network schedule. *Automat. Constr.* 15 (3), 341–354.
- Wang, X., Chong, H., 2015. Setting new trends of integrated building information modelling (BIM) for construction industry. *Constr. Innov.* 15 (1), 2–6.
- Wang, Y., Wang, X., Wang, J., Yung, P., Jun, G., 2013. Engagement of facilities management in design stage through BIM: framework and a case study. *Adv. Civil Eng.*
- Wang, W., Weng, S., Wang, S., Chen, C., 2014. Integrating building information models with construction process simulations for project scheduling support. *Automat. Constr.* 37, 68–80.
- Wang, J., Zhang, S., Teizer, J., 2015. Geotechnical and safety protective equipment planning using range point cloud data and rule checking in building information modeling. *Automat. Constr.* 49, 250–261.



سومین کنفرانس بین المللی مدل سازی اطلاعات ساختمان

- Xie, H., Shi, W., Issa, R.R.A., 2011. Using rfid and real-time virtual reality simulation for optimization in steel construction. *Electron. J. Inform. Technol. Constr.* 16, 291–308.
- Xu, Y., Wang, Y., Yao, B., 2011. Study on the construction project IPD collaborative management based on building information model. *Tumu Gongcheng Xuebao/China Civil Eng. J.* 44 (12), 138–143.
- Yamazaki, Y., 1992. Integrated design and construction planning system for computer integrated construction. *Automat. Constr.* 1 (1), 21–26.
- Yi, S.L., Zhang, X., Calvo, M.H., 2015. Construction safety management of building project based on BIM. *J. Mech. Eng. Res. Dev.* 38 (1), 97–104.
- Zhang, J.P., Hu, Z.Z., 2011. BIM- and 4D-based integrated solution of analysis and management for conflicts and structural safety problems during construction: 1. principles and methodologies. *Automat. Constr.* 20 (2), 155–166.
- Zhang, S., Teizer, J., Lee, J., Eastman, C., Venugopal, M., 2013. Building information modeling (BIM) and safety: automatic safety checking of construction models and schedules. *Automat. Constr.* 29, 183–195.
- Zhang, S., Boukamp, F., Teizer, J., 2015a. Ontology-based semantic modeling of construction safety knowledge: towards automated safety planning for job hazard analysis (JHA). *Automat. Constr.* 52, 29–41.
- Zhang, S., Sulankivi, K., Kiviniemi, M., Romo, I., Eastman, C.M., Teizer, J., 2015b. BIMbased fall hazard identification and prevention in construction safety planning. *Saf. Sci.* 72, 31–45.
- Zhang, S., Teizer, J., Pradhananga, N., Eastman, C.M., 2015c. Workforce location tracking to model, visualize and analyze workspace requirements in building information models for construction safety planning. *Automat. Constr.* 60, 74–86.
- Zhang, L., Wu, X., Ding, L., Skibniewski, M.J., Lu, Y., 2016. Bim-based risk identification system in tunnel construction. *J. Civil Eng. Manage.* 22 (4), 529–539.
- Zhou, W., Whyte, J., Sacks, R., 2012. Construction safety and digital design: a review. *Automat. Constr.* 22, 102–111.
- Zhou, Y., Ding, L., Wang, X., Truijens, M., Luo, H., 2015a. Applicability of 4D modeling for resource allocation in mega liquefied natural gas plant construction. *Automat. Constr.* 50 (C), 50–63.
- Zhou, Z., Goh, Y.M., Li, Q., 2015b. Overview and analysis of safety management studies in the construction industry. *Saf. Sci.* 72, 337–350.
- Zou, Y., Kiviniemi, A., Jones, S.W., 2016. Developing a tailored RBS linking to BIM for risk management of bridge projects. *Eng., Constr. Architect. Manage.* 23 (6), 727–750.
- Zulkifli, M.H., Takim, R., Nawawi, A.H., 2016. A proposed initial framework of ASRC system for BIM-based projects in malaysia. *Jurnal Teknologi* 78 (5–2), 61–67.