

## تجهیز کارگاه و چیدمان تاورکرین با تمرکز بر کاربرد مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM)

سارا مهبد<sup>۱</sup>، احسان اله اشتهاوردیان<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>کارشناسی ارشد مدیریت پروژه و ساخت دانشگاه تهران [Sarah\\_Mahbod@ut.ac.ir](mailto:Sarah_Mahbod@ut.ac.ir)

<sup>۲</sup>استادیار گروه مدیریت پروژه و ساخت دانشگاه تربیت مدرس [eshtehardian@modares.ac.ir](mailto:eshtehardian@modares.ac.ir)

### چکیده

مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) تنها یک تغییر تکنولوژی نیست بلکه یک تغییر روند می باشد. اگرچه با توجه به ویژگی یکتایی پروژه ها، چیدمان تجهیزات و تسهیلات در سایت ساختمانی با در نظر گرفتن شرایط خاص هر پروژه انجام می شود، اما برای دست یافتن به کارایی بیشتر پروژه، بهینه سازی این روند با در نظر گرفتن متغیرهای تاثیر گذار بر روی آن، از حوزه های مورد توجه متخصصین می باشد. در همین راستا، توجه به اهمیت مکانیابی تاورکرین ها و نقش پررنگ آنها در پیشرفت موفق پروژه، الزامی است. از طرفی کاربرد تکنولوژیهای جدید همانند مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM)، با دارا بودن ویژگیها و قابلیت های بسیار آن، به یاری متخصصین در این زمینه شتافته و در موفقیت نهایی پروژه سهیم است. در این مقاله، مروری بر تحقیقات انجام شده در زمینه مکانیابی تاورکرین، با تمرکز بر استفاده از BIM در این زمینه، و با هدف نمایش توسعه استفاده از این تکنولوژی روز، انجام شده است.

واژگان کلیدی: تجهیز کارگاه، تاورکرین، مدلسازی اطلاعات ساختمان

### Application of Building Information Modeling in Site Layout and Tower crane Planning

#### Abstract

Building Information Modeling (BIM) is not only a technologic change but also a process change. However regarding project as a unique process, equipment and facilities planning, performed considering special characteristics of each project; specialists focus on, to achieve more efficiency considering affecting variables. In this regard, given the importance of tower crane's location is inevitable. On the other hand, applying BIM as a modern technology, aided professionals achieving goals of project. This paper represents a review on surveys in the context of tower crane planning using BIM with the aim of showing developments of this new technology.

**Keywords:** Building Information Modeling (BIM), Site Layout, Tower crane Planning

Pheng and Hui ۱۹۹۹، مکانیابی مصالح، تجهیزات و تسهیلات در فضای یک پروژه ساخت را "طراحی چیدمان کارگاه" نامیده اند [۱]. چیدمان کارگاه شامل سطح مورد اشغال ساختمان، فضاهای انبارها و پارکینگ ها، مسیرهای دسترسی و محل های تجهیزات موقتی است [۲]. یک جانمایی سایت بهینه، شامل استفاده حداکثر از فضاهای موجود، کاهش هزینه، کمترین جابجایی مصالح در طول ساخت، دسترسی بهتر، امنیت سایت و ایمنی محیط کار است [۳]. این مهم با کاربرد یکی از مهمترین تکنولوژیهای روز (مدلسازی اطلاعات ساختمان) قابل دستیابی است. BIM پروسه تولید و مدیریت اطلاعات ساختمان در طول چرخه حیات آن است. این روند به تولید یک مدل اطلاعات ساختمانی می انجامد که شامل تمامی اطلاعات مرتبط با یک پروژه مانند اطلاعات مربوط به ساخت، تامین کنندگان، کد محصولات و مانند آنها است. کمپانی Autodesk به عنوان یکی از اصلی ترین تولید کنندگان نرم افزارهای BIM ادعا میکند که امکان دسترسی سریع به اطلاعات ضروری را در طول فازهای پروژه در مراحل طراحی (اطلاعات طراحی، زمانبندی، بودجه)، ساخت (کیفیت، زمانبندی، هزینه) و مدیریت (اجرا، بهره برداری، مالی) فراهم می کند [۴].

## ۲) مروری بر مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM)

مدلسازی اطلاعات ساختمان پروسه ای است که از طریق آن نرم افزار برای خلق یک مدل مجازی از فضای یک ساختمان به کار گرفته می شود که در حقیقت نمایشی بصری از یک پایگاه اطلاعات اصلی شامل داده هایی درباره ساخت و همچنین فضاها ی یک ساختمان است. این فایل اصلی به عنوان مدل شناخته می شود که می تواند توسط کاربران مورد استفاده قرار بگیرد و هندسه آن همراه با تمام پلان ها، مقاطع، نماها و تصاویر سه بعدی به روز رسانی می شود. ابزارهای مدلسازی اطلاعات ساختمان (مانند Revit, ArchiCad, Navisworks) زیر مجموعه ای از نرم افزارهای پارامتریک هستند که در آنها از متغیرهای چند بعدی (dimensional) یا ریاضی که پارامتر نامیده میشوند برای اهداف و ویژگیهای مختلف از شماره گذاری فضاها تا هندسه اجزا استفاده می شود. تعداد زیادی نرم افزار پارامتریک موجود است که برای فرمهای مشتق شده از سطوح منحنی پیچیده یا الگوها، استفاده میشوند اما اختلاف اصلی آنها با مدلسازی اطلاعات ساختمان در "اطلاعات" است. در BIM هر دیوار، در، پنجره و حتی تجهیزات ثابت، آخرین اطلاعات خودشان را در مورد ویژگیها، محل، اندازه و مشخصات دارا هستند [۵]. مدل اطلاعاتی ساختمان توسط استانداردهای بین المللی به عنوان نمایشی دیجیتالی از مشخصات فیزیکی و عملکردی اجزای ساخت که مبنایی برای تصمیم گیری را فراهم می کند، تعریف می شود [۶]. BIM توسط نرم افزارهای پارامتریک شناخته می شود و شامل اجزای پارامتریکی است که المانهای ساختمانی را نمایش می دهند [۷]. این اجزا دربرگیرنده ویژگیهای هندسی یا غیرهندسی با اطلاعات عملکردی، توپولوژی یا مفهومی هستند [۸].

در دهه های گذشته تمایل رو به افزایشی در صنعت ساخت به استفاده از مدلسازی اطلاعات ساختمانی به دلیل منافع بسیار و ذخیره منابع در حین طراحی، برنامه ریزی و ساخت ساختمانهای جدید بوجود آمده است [۸]. توسعه مدلسازی سه بعدی در دهه ۱۹۷۰ در بسیاری از صنایع آغاز شد. در حالی که بسیاری از صنایع ابزارهای تحلیلی و مدلسازی های پارامتریک را توسعه داده اند، (بر اساس ایده BIM) بخش ساخت و ساز به استفاده از نقشه های دو بعدی محدود شده است [۶]. مدلسازی اطلاعات ساختمان در اوایل سال ۲۰۰۰ در پروژه های آزمایشی برای پشتیبانی از طراحی های معماران و مهندسیین معرفی شد [۹]. متعاقباً تحقیقات عمده ای بر روی بهبود و توسعه برنامه ریزی اولیه و طراحی، شناسایی خطاها، تصویر سازی، کمی سازی، هزینه ها و مدیریت داده ها تمرکز کردند [۶]. با استفاده از ابزارهای ویژه طراحی، متخصصین معماری و مهندسی به عملکردهای پایه ای مانند تحلیلهای انرژی، تحلیلهای سازه ای، پیگیری روند زمانبندی و ایمنی کارگاهی، روی آوردند. کاربرد BIM بر بخشهای پیش طراحی، طراحی، ساخت و سیستم یکپارچه اجرای پروژه های ساختمانی و زیربنایی متمرکز است در حالی که تحقیقات اخیر، بیشتر، از مراحل اولیه چرخه حیات پروژه به تعمیر و نگهداری و در حقیقت مراحل انتهایی چرخه عمر متمایل شده اند [۱۰]. ساختمانها و سازه ها بر اساس نوع استفاده (تجاری، مسکونی، زیربنایی، درمانی)، بر حسب سن (جدید، در حال استفاده، قدیمی) و بر حسب مالکیت (شخصی، مشارکتی، دانشگاهی) متفاوت هستند. این چارچوبهای متفاوت بر استفاده از BIM، سطح جزییات (LOD) و عملکردهای پشتیبانی با توجه به طراحی، ساخت، نگهداری و با در نظر گرفتن الزامات مورد نیاز ذینفعان، تاثیر گذارند. بر طبق بررسیهای اخیر انجام شده، BIM برای ساختمانهای بزرگ و پیچیده مناسبتر است و در پروژه های تجاری، مسکونی، آموزشی، درمانی و انواع دیگر ساختمانها به کار برده شده است [۱۱]. از آنجایی که مدل اطلاعاتی ساختمان، ابزاری برای مدیریت دقیق داده ها در تمام چرخه عمر پروژه است، برای پشتیبانی از اطلاعات در روند تعمیر و نگهداری ساختمان مناسب است [۶].

## ۳) طراحی چیدمان تاورکین در کارگاه و روشهای مورد استفاده

روند طراحی چیدمان تاورکین ها یکی از مسایل تکنیکی ساخت است که به عنوان مساله ای پیچیده در نظر گرفته می شود [۱۲]. تاورکین ها در بسیاری از پروژه های ساخت و ساز برای بالا بردن طیف گسترده ای از مصالح به شکل عمودی و افقی استفاده می شوند.

شناسایی کمترین تعداد و بهینه ترین مکان برای تاور کرین ها، مخصوصا زمانی که آنها در مناطق کاری دارای همپوشانی فعالیت می کنند، می تواند چالشی برای مدیران باشد [۱۳]. به دلیل تعدد متغیرها و تغییرات ذاتی پروژه، برنامه ریزی برای مکانیابی تاور کرین ها یک مساله چند متغیره می باشد. تحقیقات بسیاری در این زمینه برای تسهیل روند تصمیم گیری انجام شده اند.

۲۰۰۲ Tem et al. یک سیستم پشتیبان تصمیم گیری غیر ساختاری فازی پیشنهاد کردند که قضاوت خبرگان و مدلسازی تصمیم کامپیوتری را یکپارچه می کرد. این سیستم امکان ارزیابی بر اساس مقایسه های دو دویی بین گزینه ها با استفاده از عملگر های معنایی را فراهم می آورد که می توانست یک نتیجه قابل اطمینان حتی در شرایط عدم دسترسی به اطلاعات کافی را فراهم کند. Irizarry & Karan. ۲۰۱۲ به منظور کاهش درگیری بین گروه های تاور کرین ها مدلی را با یکپارچه کردن BIM-GIS برای تشخیص مکانیابی بهینه آنها ارائه کردند [۱۳]. ۲۰۰۳ Tam & Tong. شبکه های عصبی مصنوعی برای مدلسازی غیر خطی تاور کرین ها و نیز الگوریتم ژنتیک را به منظور تعیین مکان تاور کرین ها و مکان انبارها بوسیله بهینه کردن هزینه و زمان رفت و آمدها ارائه کردند [۱۴]. Ju & Choo. ۲۰۰۵ فرمولی پارامتری شده برای مدلسازی کابل های چند قرقره ای در یک سیستم تاور کرین مبنی بر فرض عدم اصطکاک بین کابل و قرقره ها ارائه کردند. ۲۰۱۲ Duong et al. مطالعه ای در رابطه با یک سیستم سه بعدی تاور کرین با استفاده از شبکه عصبی که از یک الگوریتم چرخشی مشتق می شد، انجام دادند. ۲۰۱۰ Ning et al. طرح جستجوی پویای مداوم را برای راهنمایی سیستم مینیمم-ماکزیمم مورچگان به منظور حل مشکل چیدمان پویای تاور کرین ها تحت دو عملگر متجانس از حداقل تمرکز بر ایمنی و کاهش هزینه ساخت ارائه کردند. از آنجایی که حمل و جابجایی بهینه مصالح نقش مهمی در کاهش هزینه ها و زمان ایفا می کند ۲۰۰۲ Tam et al. مدل های خطی سنتی و مدل های شبکه عصبی غیر خطی را برای پیش بینی زمانهای تعلیق تاورها توسعه دادند.

۲۰۱۱ Huang et al. با شبیه سازی جابجایی مصالح، مشکل تخصیص تاور کرین ها را بررسی کردند. (برای جابجایی مصالح سنگین تاور کرین ها مورد نیاز هستند و باید در مکان مناسب به منظور کاهش هزینه های بهره برداری و بهبود کارایی قرار گیرند). Leung et al. ۲۰۰۱ یک مدل کمی را برای پیش بینی زمانهای تعلیق تاورها برای ساخت و ساز عمومی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و تحلیل های چندگانه ارائه دادند. ۲۰۱۰ Blackburn et al. بر روی تاثیر پویایی غیرخطی تاور کرین ها روی عملکرد شکل دادن به ورودی تحقیق کرده اند. (شکل دادن به ورودی روشی کارا برای کاهش لرزه های ناشی از حرکت است). ۲۰۰۹ Shapira & Simcha. به منظور تطابق یک رویکرد کمی غیرپویا با ارزیابی ایمنی به دلیل بهره برداری از تاور کرین ها و یک ابزار تصمیم گیری برای استخراج دانش از خبرگان و فرموله کردن آن به شکل دسته ای از فاکتورهای وزنی ایمنی را پیشنهاد کردند. کنترل بصری و هشدار راهی موثر برای پرهیز از برخوردها و افزایش کارایی مدیریت پروژه در صنعت ساخت است. ۲۰۰۶ Al-Hussein. یک مدل سازی کاربردی برای یکپارچه سازی تصویرسازی سه بعدی با شبیه سازی مشکل بهره برداری تاور کرین ارائه کرد [۱۵]. ۲۰۰۹ Lee et al. یک سیستم تاور کرین رباتیک با ابزار لیزری، یک کدگذار، و یک شتاب سنج پیشنهاد کردند و سیستم را در شرایط داخلی، بیرونی و تاب خورنده آزمایش کردند. ۲۰۰۷ Huang et al. سیستم نمونه سازی مجازی ساخت را برای دسترسی به قابلیت اجرای برنامه ساخت شامل چیدمان سایت، طراحی کارهای موقتی، همچنین برنامه ریزی منابع توسعه دادند. ۲۰۱۲ Hwang. یک رویکرد پرهیز از برخورد که شامل پلت فرم جمع آوری داده های زمان واقعی، یک مدل تجسمی و یک مدل تصمیم گیری برای کنترل زمان واقعی بهره برداری از تجهیزات و تعیین امکان برخوردها بود، را تکمیل کردند. ۲۰۱۲ Yang et al. استفاده از یک دوربین نظارتی برای ارزیابی فعالیتهای تاور کرین ها در طول یک روز کاری را نشان دادند. Kang et al. ۲۰۰۹ سیستمی برای فراهم کردن برنامه جزئیات و تصویر سازی در یک محیط ساخت مجازی همچنین کمک به کاربران تاور کرین ها در برافراشتن در زمان واقعی را گسترش دادند [۱۶].

کاربران تاور کرین ها معمولا با نقاط کور مواجه هستند. برای حل این مشکل سیستمهای ویدئویی و ضد برخورد به کار گرفته می شوند. ۲۰۱۲ Lee et al. یک سیستم جدید هدایت تاور کرین را معرفی کردند که اطلاعات سه بعدی از ساختمان و اطراف و موقعیت اجزای بلند شده در زمان واقعی را با استفاده از سنسورهای مختلف و یک مدل اطلاعاتی ساختمان فراهم می کند [۱۷]. اگرچه به دلیل نرخ انتقال پایین شبکه های بیسیم، گاهی امکان استفاده از دوربین در سیستم کنترل و هشدار برای تاور کرین ها وجود ندارد، با این وجود تلاشهایی در این زمینه انجام شده است. ۲۰۱۲ Li & Liu. یک سیستم کنترل و هشدار مبنی بر داده را برای تاور کرین ها توسعه دادند که شبیه سازی سه بعدی و داده ها را یکپارچه می کند. به علاوه یک سیستم مبتنی بر تجربه و هشدار کاربردی در سیستم کنترل مجازی جانمایی شده است. اغلب مطالعات مکانیابی تاور کرین ها مبتنی بر استفاده از فرمولهای ریاضی می باشند. بعضی از این روشها برای حداقل کردن هزینه کلی تاور کرین ها طراحی شده اند. (Rodriguez-Ramos ۱۹۸۴ and Francis ۱۹۸۳; Furusaka and Gray ۱۹۸۴; Zhang et al. ۱۹۹۶). همچنین محققین، مدل های ریاضی را در تلاش برای کاهش زمان کلی جابجایی تاور کرین ها، گسترش داده اند. Choi and Harris ۱۹۹۱ بوسیله محاسبه زمان کلی جابجایی، مدلی را برای بهینه کردن مکان تاور کرین تکی معرفی کردند. Leung and Tam ۱۹۹۹ از تکنیکهای رگرسیون خطی چندگانه برای تعیین مکان بهینه تاور کرین ها برای حداقل کردن زمان تعلیق استفاده کردند. سایرین از الگوریتم های ریاضی برای تکنیکهای هوش مصنوعی مختلف به منظور بهینه سازی مکان تاور کرین ها استفاده کرده اند. Li and Love ۱۹۹۸ و Philip et al. ۱۹۹۷ الگوریتم ژنتیک را برای بهینه سازی گروهی از تسهیلات موقتی استفاده کردند. Tam and



Tong ۲۰۰۳ الگوریتم های ژنتیک و مدل شبکه عصبی مصنوعی را برای پیش بینی چیدمان سایت و بهره برداری از تاورکرین ترکیب کردند [۱۶].

اگرچه تلاشهای کمی برای تعیین تعداد و مکان بهینه تاورکرین ها بر مبنای محیط برنامه ریزی گرافیکی انجام شده است، اما مطالعاتی توسط Farrell and Hover ۱۹۸۹ که یک پایگاه داده پشتیبانی شده توسط رابط کاربری گرافیکی برای انتخاب و مکانیابی تاورکرین را ارائه کردند و همچنین Alkass et al. ۱۹۹۷ که یک سیستم کامپیوتری برای کمک به کاربران در مکانیابی تاورکرین ها پیشنهاد دادند، انجام شده است. در بسیاری از موارد تصمیمات در مورد انتخاب و مکانیابی تاورکرین ها بر مبنای انتخاب سایر تجهیزات گرفته می شوند. در زمینه ایمنی و بهره برداری کار، Zhang et al. ۱۹۹۹ مدلی را برای مکانیابی گروهی از تاورها بر مبنای ایده ایجاد تعادل بار برای هر تاورکرین پیشنهاد دادند. در این رویکرد کمترین امکان برخورد برای تشخیص مکان بهینه تاورکرین ها به کار گرفته شده است.

#### ۴ کاربرد مدلسازی اطلاعات ساختمان در جانمایی تاورکرین ها در کارگاه

تاور کرین ها ، در سایت های ساخت و ساز رایج امروزه، محور ساخت و جابجایی بارهای متنوع می باشند. بهره برداری از تاورکرین در مناطق کاری با همپوشانی و معمولاً تحت محدودیت های نیروی کار، زمان و هزینه است. تعیین تعداد و محل تاورکرین ها مساله مهمی است که برخورد بین گروههای تاورکرین ها را کاهش می دهد. مدلسازی اطلاعات ساختمان به مدیران کمک می کند تا ساختمانها را قبل از اجرا بوسیله یک مدل مجازی دیجیتالی تصویر سازی کنند [۱۳].

بر طبق تعریفی که Dodds and Johnson ۲۰۱۲ برای مدل ۴ بعدی ارائه کردند، یک مدل ۴ بعدی مدلی است که " فعالیتهای متنوع یک پروژه ساختمانی را در قالب محدودیتهای زمانی تعریف شده برای آن نمایش می دهد." اطلاعات بدست آمده از مدل ۴ بعدی میتواند شامل شناسایی ایرادات، محدودیتهای بالابری تاورکرین ها، و استراتژیهای بهبود یافته ساخت باشد. Cho et al. ۲۰۰۹ روشی را برای مرتبط کردن انتخاب تاورکرین و برنامه زمانبندی ساخت ارائه می دهند. این مدل در پروژه های ساختمانی بلند مرتبه کاربردی است و سازه را به طبقات برای تحلیل جزییات کارهای اجرایی که در هر طبقه انجام می شوند، تقسیم می کند. این سیستم از نقشه های دو بعدی استفاده می کند و قابلیت تطبیق با مدل سه بعدی یا BIM را دارد. همچنین تحقیقی توسط Jang et al. ۲۰۰۸ برای انتخاب تاورکرین در محیط BIM با برنامه ریزی کارهای موقتی و مدیریت تجهیزات انجام شده است. مدل تعریف شده برای تاورکرین در محیط سه بعدی با در نظر گرفتن نوع و مقدار مصالحی که باید جابجا شوند تعریف می شود. از آنجایی که کاربران تاورکرین معمولاً در حین کار با نقاط کور مواجه هستند برای حل این موضوع Ghang Lee et al. ۲۰۱۲ یک سیستم نرم افزاری و سخت افزاری جدید راهنمای تاورکرین ارائه کردند که اطلاعات سه بعدی در مورد ساختمان و اطراف آن و موقعیت شی برداشته شده را با استفاده از اطلاعات جمع آوری شده توسط سنسورهای متنوع و یک دوربین و نیز بهره گیری از یک مدل اطلاعاتی ساختمان فراهم می کند [۱۷]. Shafiul et al. ۲۰۱۰ یک متدولوژی برای برقراری ایمنی تاورکرین ها توسط شناسایی امکان عدم پایداری تاورکرین در برابر نیروی باد با استفاده از یک مدل BIM ارائه کردند که بدین وسیله می توان از بروز حوادث جلوگیری کرد. این مطالعه در جهت توسعه یک متدولوژی برای ترکیب داده های سرعت افقی باد با تحلیلهای بالابردن و شبیه سازی که توسط آن عکس العمل های پشتیبانی تاورکرین در طول هر عملیات بالابری محاسبه شده و پایداری آن کنترل می شود، انجام شده است. Jun Wang et al. ۲۰۱۴ رویکردی توسط یکپارچه سازی BIM و الگوریتم کرم شبتاب برای بهینه سازی چیدمان تاورکرین ها ارائه کردند [۱۵]. Myunghoun Jang et al. ۲۰۱۳ روشی را برای استفاده از واقعیت مجازی (Augmented Reality) در انتخاب مکان مناسب تاورکرین ها با استفاده از دستگاه هوشمند ارائه می دهند [۱۸]. استفاده از واقعی سازی بر روی دستگاههای هوشمند، تصاویر پویایی از مدلی سه بعدی را برای کاربر فراهم می کند. تمام کاربرانی که از دستگاههای هوشمند خود استفاده می کنند می توانند در یک زمان واقعی سازی را در زوایای مختلف مشاهده کنند.

در حالی که هیچ کدام از پلت فرم ها برای توسعه پویای چیدمان سایت ایده آل نیستند، BIM و GIS (Geographic Information System) می توانند به این منظور استفاده شوند. هر کدام از آنها توانایی ساخت شبیه سازیهای ۴ بعدی را به منظور اجرای متغیر زمان دارند. تفاوت اساسی بین این دو، این است که بیم بر روی جزییات سه بعدی تمرکز دارد مانند ساختمانها در حالیکه GIS بر روی مکان هندسی المانها مانند دسترسی های شهری، راهها و مانند آنها تمرکز دارد. Irizarry et al. ۲۰۱۲ [۱۲] از ترکیب GIS - BIM برای بهینه سازی مکان تاور کرین ها در سایت استفاده کرده اند. روش پیشنهادی از فرضیه ای برای پوشش تمامی نقاط بارگیری و تخلیه برای شناسایی حداقل تعداد تاورکرین ها استفاده می کند. مکانهای ممکن بر حسب کمترین امکان برخورد بین تاورها و اطراف دسته بندی می شوند.



جدول ۱ - تعدادی از تحقیقات انجام شده در زمینه بهینه سازی چیدمان تاورکرین با استفاده از BIM

کاربرد	تکنولوژی / ابزار	سال	محقق
بهینه سازی چیدمان تاورکرین ها	الگوریتم کرم شتاب-مدل اطلاعاتی ساختمان	۲۰۱۴	Wang et al.
روشی برای مکانیابی بهینه تاورکرین	روش واقعی سازی مجازی (Augmented Reality)	۲۰۱۳	Jang et al.
ارائه یک سیستم ترکیبی برای مکانیابی بهینه تاورکرین	مدل اطلاعاتی ساختمان، GIS	۲۰۱۲	Irizarry et al.
ارائه یک سیستم راهنمای استفاده از تاورکرین در نقاط کور	سنسورهای جمع آوری اطلاعات، مدل اطلاعاتی ساختمان، دوربین	۲۰۱۲	Lee et al.
ارائه یک متدولوژی برای شناسایی امکان عدم پایداری تاورکرین در برابر نیروی باد	مدل اطلاعاتی ساختمان، تحلیل‌های نیروی باد	۲۰۱۰	Shafiul et al.
ارائه روشی برای انتخاب تاورکرین در ترکیب با برنامه زمانی پروژه	نقشه های دو بعدی، TCSS (سیستم انتخاب تاورکرین)، مدل اطلاعاتی ساختمان	۲۰۰۹	Cho et al.
ارائه روشی برای انتخاب بهینه تاورکرین	برنامه کاری پروژه، مدل اطلاعاتی ساختمان	۲۰۰۸	Jang et al.

۵) جمع بندی مزایای استفاده از مدلسازی اطلاعات ساختمان

یک مدل اطلاعات ساختمان، امکان به اشتراک گذاشتن اطلاعات بین ذینفعان پروژه را فراهم می کند و بنابراین ایمنی، بهره وری، هزینه، زمان و مدیریت منابع در پروژه را بهبود می بخشد [۱۹]. توانایی به روز و در دسترس نگهداشتن داده ها در یک محیط دیجیتالی یکپارچه را برای معماران، مهندسين و کارفرمایان، فراهم می کند و نیز دید کاملتر و واضح تری از پروژه و همچنین امکان اخذ تصمیمات بهتر در زمان کمتر را می دهد همچنین بدین وسیله کیفیت و بهره وری پروژه ارتقا می یابد [۴]. طراحی سایت ساختمانی اگر از مراحل اولیه پروژه آغاز شود نقش استراتژیکی را ایفا می کند . به علاوه تحقیقات بسیار و تجربیات مرتبط با استفاده از مدلسازی اطلاعات ساختمان، این نظریه را که این روش برای طراحی و مدیریت سایت ساختمانی می تواند به افراد درگیر در پروژه برای برآورده کردن الزامات ساخت کمک کند را پشتیبانی می کنند [۱۶]. یکی از مهمترین جنبه های موثر مدلسازی اطلاعات ساختمانی، کمک به پیمانکاران می باشد. پیمانکاران در زمان اجرا ملزم به اخذ تاییدیه های نصب اجزا هستند تا از تطبیق اندازه ها و مشخصات اجرا اطمینان حاصل شود. مدل اطلاعاتی ساختمان می تواند برای این تطبیق بین نقشه ها و اجرا به کار رود. اگرچه باید توجه داشت که علیرغم وجود یک مدل دقیق نمیتوان خطای نیروی انسانی را نادیده انگاشت اما تشخیص زود هنگام آنها اهمیت به سزایی دارد [۱۹]. همچنین با ایجاد یکپارچگی حاصل از BIM، می توان به مهمترین اهداف پروژه از جمله بهینه سازی زمان و هزینه دست یافت.

استفاده از این تکنولوژی همانطور که در مطالعات انجام شده روشن است، رو به افزایش بوده و نیز در زمینه تجهیز کارگاه و جانمایی تاورکرین ها به عنوان یکی از اساسی ترین تجهیزات کارگاهی، می توان از مزایای متعدد آن بهره برد.

۶) نتیجه گیری

جانمایی تسهیلات موقت و تجهیزات، بطور مستقیم با عملکرد ساختمان در یک پروژه مرتبط است. چیدمان ضعیف می تواند به ایجاد تاخیرات کاری و زمانی ، جانمایی غیراصولی مصالح، دوباره کاری در جابجایی های مصالح و شرایط کاری نالیمن منجر شود. بهینه سازی هزینه، ایمنی و بهره وری یک پروژه اغلب در گرو طراحی بهینه سایت کارگاهی است [۱۳]. به علاوه با توجه به تاثیر مهم تسهیلات موقت مانند تاورکرین در موفقیت اهداف پروژه (زمان، هزینه، ایمنی) طراحی چیدمان آنها از مسایل پر اهمیت بوده و باید به نحو موثری مکانیابی شوند. از اینرو بکارگیری تکنولوژی مدلسازی اطلاعات ساختمان با توجه به قابلیت‌های ذاتی آن و توانایی ارائه مدل مورد نظر قبل از پیاده سازی، می تواند متخصصین را در رسیدن به اهداف بهینه سازی یاری رساند. این تحقیق با هدف بررسی تلاشهای انجام شده در زمینه چیدمان کارگاه و استفاده از تکنیکهای دیجیتالی و بخصوص مدلسازی اطلاعات ساختمان، انجام شده است. پیشرفتهای آینده در این زمینه می تواند به اعتلای سطح مهندسی و ساخت بیانجامد.



- [۱] Zolfagharian, S., & Irizarry, J. Current Trends in Construction Site Layout Planning. In Construction Research Congress ۲۰۱۴ @ sConstruction in a Global Network (pp. ۱۷۲۳-۱۷۳۲). ASCE.
- [۲] Marx, A., and König, M. "Preparation of Constraints for Construction Simulation." Proc., Proceedings of the ۲۰۱۱ ASCE International Workshop on Computing in Civil Engineering, Miami, USA.
- [۳] Zolfagharian, S., & Irizarry, J. Current Trends in Construction Site Layout Planning. In Construction Research Congress ۲۰۱۴ @ sConstruction in a Global Network (pp. ۱۷۲۳-۱۷۳۲). ASCE.
- [۴] Van Zyl, R. (۲۰۱۱). Information management on construction sites: is Building Information Modelling (BIM) the solution?.
- [۵] FOXE, D. M. (۲۰۱۰). Building Information Modeling for Constructing the Past and Its Future. APT Bulletin, ۴۱, ۳۹-۴۶.
- [۶] Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (۲۰۱۴). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings—Literature review and future needs. Automation in Construction, ۳۸, ۱۰۹-۱۲۷.
- [۷] A. Akbarnezhad, K. Ong, L. Chandra, Z. Lin, Economic and environmental assessment of deconstruction strategies using building information modeling, Proceedings of Construction Research Congress ۲۰۱۲: Construction Challenges in a Flat World, West Lafayette, USA, ۲۰۱۲, pp. S. ۱۷۳۰–S. ۱۷۳۹.
- [۸] Teicholz Eastman, Liston Sacks, BIM Handbook — a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors, Aufl, ۲, Wiley, Hoboken, ۲۰۱۱.
- H. Penttilä, M. Rajala, S. Freese, Building Information modelling of modern historic buildings, eCAADe۲۰۰۷. S. ۶۰۷–S. ۶۱۳.
- B. Becerik-Gerber, F. Jazizadeh, N. Li, G. Calis, Application areas and data requirements for BIM-enabled facilities management, J. Constr. Eng. Manag. ۱۳۸ (۲۰۱۲) ۴۳۱–۴۴۲.
- [۱۰] B. Becerik-Gerber, S. Rice, The perceived value of building information modeling in the U.S. building industry, ITcon ۱۵ (۲۰۱۰) ۱۸۵–۲۰۱.
- [۱۱] Wang, J., Liub, J., Shoua, W., Wang, X., & Houb, L. Integrating Building Information Modelling and Firefly Algorithm to Optimize Tower Crane Layout.
- [۱۲] Irizarry, J., & Karan, E. P. (۲۰۱۲). Optimizing location of tower cranes on construction sites through GIS and BIM integration. Journal of Information Technology in Construction (itcon), ۱۷, ۳۵۱-۳۶۶.
- [۱۳] Tam, C., and Tong, T. K. L. ۲۰۰۳. GA-ANN model for optimizing the locations of tower crane and supply points for high-rise public housing construction, Construction Management & Economics, ۲۱(۳), ۲۵۷-۲۶۶.
- [۱۴] Al-Hussein, M., Athar Niaz, M., Yu, H., and Kim, H. ۲۰۰۶. Integrating ۳D visualization and simulation for tower crane operations on construction sites, Automation in Construction, ۱۵(۵), ۵۵۴-۵۶۲.
- [۱۵] Wang, J., Liub, J., Shoua, W., Wang, X., & Houb, L. Integrating Building Information Modelling and Firefly Algorithm to Optimize Tower Crane Layout.



[۱۶] Trani, M. L., Cassano, M., Minotti, M., & Todaro, D. CONSTRUCTION SITE BIM REQUIREMENTS.

[۱۷] Lee, G., Cho, J., Ham, S., Lee, T., Lee, G., Yun, S. H., & Yang, H. J. (۲۰۱۲). A BIM-and sensor-based tower crane navigation system for blind lifts. *Automation in construction*, ۲۶, ۱-۱۰.

[۱۸] Jang, M., & Yi, Y. Selection of a Tower Crane Using Augmented Reality in Smart Devices.

[۱۹] Eastman, C. M., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K., & Handbook, B. I. M. (۲۰۱۰). *A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Architects, Engineers, Contractors, and Fabricators*.