BRANDAFARIN JOURNAL OF MANAGEMEMNT
Volume No.: 3, Issue No.: 45, Dec 2023
P-ISSN: 2717-0683 , E-ISSN: 2783-3801

Advantages of using IoT in the construction industry and construction projects

Mojtaba Mohammadi

DBA graduate of Tarjoman Oloom Higher Education Institute

Abstract

The Internet of Things (IoT) is considered an important area that is rapidly evolving in the field of digitization efforts related to the fourth era of construction. In this article, we intend to examine the applications of the Internet of Things in the framework of the construction industry in the selected stages of the life cycle of facilities, namely the construction stage and the operational stage. In particular, examples of applications in this field were collected and discussed, and finally our analysis was completed with the help of several review articles related to a specific topic. The results of our analysis show that the Internet of Things can have a wide and varied application potential due to the complexity of construction projects as well as the long-term useful life of the facility. The applied concepts of the Internet of Things are mostly different in the indicated life cycle stages, and for example, they focus on quality, health and safety issues in the framework of the construction stage or the concepts of intelligence and energy management in the framework of the operational stage. Moreover, in our analysis, we identified a common theme for both phases examined, which is the interrelationship between IoT and building information modeling. Since we predict that the implementation of construction projects with the help of building information modeling will become more popular in the future, we expect that the importance of this mutual relationship between the Internet of Things and building information modeling will also increase.

Keywords: Building information modeling, construction project, Internet of things, life cycle

مزایای استفاده از IoT در صنعت ساخت و ساز و پروژه های ساختمانی

مجتبی محمدی

دانش آموخته DBA موسسه آموزش عالی ترجمان علوم

چکیده

اینترنت اشیا (IoT) به عنوان حوزه مهمی در نظر گرفته می شود که در زمینه تلاش های دیجیتال سازی مرتبط با عصر چهارم ساخت و ساز به سرعت در حال تکامل پیدا کردن است. در این مقاله قصد داریم کاربردهای اینترنت اشیا را در چارچوب صنعت ساخت و ساز در مراحل منتخب چرخه عمر تاسیسات یعنی مرحله ساخت و ساز و مرحله عملیاتی مورد بررسی قرار دهیم. به طور ویژه، نمونه هایی از کاربردهای این حوزه جمع آوری شدند و مورد بحث قرار گرفتند و در نهایت تحلیل ما با کمک چندین مقاله مروری مرتبط با یک مبحث مشخص تکمیل شدند. نتایج تحلیل ما نشان می دهند که اینترنت اشیا با توجه به پیچیدگی پروژه های ساخت و ساز و همچنین عمرمفید طولانی مدت تاسیاست می تواند پتانسیل کاربردی گسترده و متنوعی داشته باشد. مفاهیم کاربردی اینترنت اشیا در مراحل چرخه عمر اشاره شده عمدتا متفاوت هستند و برای مثال بر روی مسائل کیفیت، سلامت و ایمنی در چارچوب مرحله ساخت و ساز یا مفاهیم هوشمندی و مدیریت انرژی در چارچوب مرحله عملیاتی تمرکز می کنند. علاوه بر این، ما در تحلیل خود یک موضوع مشترک را برای هر دو مرحله بررسی شده شناسایی کردیم که همان ارتباط متقابل بین اینترنت اشیا و مدل بندی اطلاعات ساختمان است. از آنجا که پیش بینی میکنیم پیاده سازی پروژه های ساختمانی با کمک مدل بندی اطلاعات ساختمان در آینده بیشتر رواج پیدا کند، انتظار داریم که اهمیت این رابطه متقابل بین اینترنت اشیا و مدل بندی اطلاعات ساختمان نیز افزایش پیدا خواهد کرد.

واژه های کلیدی

مدل بندی اطلاعات ساختمان، پروژه ساخت و ساز، اینترنت اشیا، چرخه عمر

1. مقدمه

ما برای توسعه ساخت و ساز هوشمند به توسعه روش ها، ابزارها و رویکردهای ابتکاری نیاز داریم. اینترنت اشیا (در ادامه مقاله به صورت مختصر IoT اشاره خواهد شد) منعکس کننده چشم اندازهای کارکردی (تبادل اطلاعات بین اشیا در سرتاسر دنیا) و همچنین چشم اندازهای فنی (قابلیت های شناسایی، جمع آوری و پردازش داده) است و می توانیم از این حوزه به طور متنوع در موقعیت های مختلف برای مثال در فرایندهای نظارت و فرایندهای مدیریت هوش استفاده کنیم [1]. IoT فناوری هایی را برای مدیریت و اشتراک گذاری موثر داده فراهم میکند که در راستای دست یابی به عملیات و تولید هوشمندتر، ارزان تر و پایدارتر موثر خواهد بود و از این طریق به تلاش های عصر چهارم صنعت ساخت و ساز کمک خواهد کرد.

منابع علمی در دسترس چندین تعریف برای IoT اراه کرده اند. برای مثال، اتحادیه بین المللی ارتباطات از راه دور تعریف زیر را ارائه کرده است: «یک شبکه زیرساخت جهانی برای جامعه اطلاعات است که ارائه خدمات پیشرفته را از طریق اتصال متقابل (فیزیکی و مجازی) اشیا بر اساس فناوری های ارتباطاتی و اطلاعات تعامل پذیر موجود و در حال تکامل، امکان پذیر خوهد کرد» [1,2]

شاهد هستیم که IoT به تدریج و به طور گسترده در حال پیاده سازی شدن در داخل صنعت ساخت و ساز است. این صنعت به طور ویژه به خاطر مصرف بالای منابع مواد خام، انرژی و نیروی کار شناخته می شود. علاوه بر این، یکی از جنبه های مهم این حوزه، طول عمر طولانی خدمات ساختارهای ساختمانی و همچنین سطح پیچیدگی بالای پروژه های ساختمان است. بنا براین، IoT از نقطه نظرات مختلف پتانسیل بالایی برای کاربرد در بخش ساخت و ساز دارد.

زمانی که ما در مورد طول عمر خدماتی طولانی ساختمان ها صحبت می کنیم، اهمیت دارد که آنها را در مراحل خاص خود مطالعه کنیم. به طور کلی چرخه عمر هر پروژه ساخت و ساز شامل مرحله طراحی محصول، مرحله فرایند ساخت و ساز، مرحله کاربرد و مرحله تخریب هستند.lesniak [3] در مطالعات خود چرخه عمر ساختمان را به صورت مرحله طراحی و تحلیل مفهومی، مرحله اجرا (یا ساخت و ساز)، مرحله عملیات و مرحله از رده خارج کردن، شناسایی کرده است. باید به این مسئله اشاره کنیم که ما می توانیم از نقطه نظرات مختلف همچون مجموعه فعالیت های اجرایی یا خروجی های پیش بینی شده، چرخه عمر منحصر به فردی را برای یک ساختمان خاص تعریف کنیم.

هدف اصلی تحلیل مفهومی و مرحله طراحی آن است که پروژه تا جای ممکن کارآمد باشد. انتخاب یک فرایند تصمیم گیری هوشمند و کارآمد می تواند هزینه های تحمیل شده در مراحل طراحی اولیه را کاهش دهد. در این مرحله اعمال تغییرات در پروژه راحت تر خواهد بود. نتایج مرحله طراحی محصول به عنوان مبنایی برای تصمیم گیری در مورد پیاده سازی پروژه ساختمانی سرمایه گذاری شده در نظر گرفته می شوند و در ادامه برنامه سرمایه گذاری اصلاح می شود یا به طور کلی پیاده سازی پروژه لغو می شود.

مرحله بعدی ما مرحله ساخت و ساز خواهد بود. این مرحله با دریافت جواز ساخت و ساز شروع می شود و با اعطای قرارداد پروژه پایان پیدا می کند. یکی از بخش های مهم این مرحله اطمینان حاصل کردن از این است که پیمانکار مطابق با برنامه تعیین شده پروژه را تکمیل کند و همچنین بازرسی های کنترل کیفیت اجرا شوند. تاثیر کلی زیست محیطی این مرحله از پروژه ساخت و ساز تقریبا 11 درصد است. [4]

پروژه طراحی شده در طول مرحله عملیاتی چرخه عمر ساختمان مورد استفاده و بهره برداری قرار می گیرد و هزینه های نگه داری و عملیاتی سنگینی تحمیل می شوند. مرحله عملیاتی به عنوان طولانی ترین و گران ترین مرحله چرخه عمر ساختمان در نظر گرفته می شود. [3] در مرحله عملیاتی شاهد بیشترین درصد مصرف انرژی (80 تا 85 درصد) در طول چرخه عمر ساختمان هستیم. [4] در این مرحله اهمیت دارد که فرایند نگه داری از ساختمان و تعمیرات به موقع در راستای جلوگیری از کوتاه شدن چرخه عمر ساختمان، برنامه ریزی شوند.

در نهایت چنانچه وضعیت فیزیکی ساختمان رو به زوال برود و عملیات بازسازی دیگر امکان پذیر نباشد، مرحله تخریب شروع خواهد شد. در صورتی که تصمیم تخریب ساختمان نهایی شود، شاهد پایان یافتن چرخه عمر پروژه ساخت و ساز خواهیم بود. یکی از جنبه های مهم فعالیت های تخریب، مدیریت کردن ضایعات ساختمانی است.[5]

ساخت و ساز			
مرحله تعریف پروژه	مرحله ساخت و ساز	مرحله استفاده	مرحله تخریب
افتتاح تعریف	طراحی تحقق	عملیات	نابود کردن
چرخه عمر پروژه ساخت و ساز			
مرحله ساخت و ساز پروژه		مرحله استفاده	مرحله تخریب
چرخه عمر استفاده از پروژه ساخت و ساز			

شکل 1: مراحل اصلی چرخه عمر ساختمان بر مبنای منابع [3,6]

در بخش بالا (شکل 1) هر کدام از مراحل چرخه عمر ساختمان توصیف شده اند که نشان میدهد پیاده سازی اینترنت اشیا (IoT) در مراحل مختلف می تواند متفاوت باشد. این پژوهش مبتنی بر تحقیقات موجود در ارتباط با موضوع پتانسیل های کاربردی iot در چارچوب صنعت ساخت و ساز از چشم انداز چرخه عمر ساختمان است. به طور ویژه بر روی تحلیل کاربرد iot در دو مرحله اصلی چرخه عمر تاسیسات ساختمانی یعنی مرحله ساخت و ساز و مرحله عملیات تمرکز شده است. هدف مطالعه ما ارائه کردن یک مرور کلی واقعی، فراهم کردن اصطلاحات کلیدی و معرفی کاربردهای ممکن iot بر مبنای منابع قابل اطمینان است. ما به طور ویژه بر روی نمونه های کاربردی تمرکز خواهیم کرد.

2. روش شناسی

ما جست و جوی خود در منابع را در چارچوب پایگاه های داده اسکوپوس، سایسنس دایرکت و همچنین پایگاه داده وب آو ساینس انجام دادیم. واژه های کلیدی استفاده شده در جست و جوی ما شامل عباراتی همچون «اینترنت اشیا»، «ساخت و ساز» و «مدل

سازی اطلاعات ساختمان» بودند. جست و جوی ما در حوزه های موضوعی «مهندسی» و «انرژی» بودند. ما در زمان غربال اولیه چکیده ها و عنوان ها تصمیم گرفتیم که لیست انتشارات را از طریق تمرکز بر روی مطالعات موردی عملی (تمرکز موضوعی)، توجه به تعداد ارجاعات (اهمیت علمی) و تاریخ انتشارات، کوتاه کنیم. به عبارت دیگر، ما انتشارات اخیر را ترجیح دادیم (به جا بودن منابع). ما بر اساس این سه رویکرد توانستیم انتشارات مرتبط را برای ادامه تحلیل خود شناسایی کنیم. بعد از خواندن متن کامل مقالات منتشر شده، لیست نهایی ما شامل 21 منبع منتشر شده در ژورنال های آکادمیک بود. در نهایت مطالعه ما با کمک یک مقاله کنفرانس و یک کتاب مرتبط تکمیل شد. تحلیل ما همچنین شامل مقالات مروری بود تا اینکه از منابع مدرن در دسترس آگاهی داشته باشیم. سپس در ادامه لیست نهایی انتشارات تحلیل شد. هدف ما آشکار کردن حوزه های عملی نمونه کاربردهای مرتبط در صنعت ساخت و ساز با تمرکز ویژه بر روی مراحل ساخت و ساز و عملیات در چرخه عمر ساختمان بود. ما بر اساس این گام ها توانستیم یک جدول مرور کلی ارائه دهیم که شامل حوزه های کاربردی در چارچوب این دو مرحله چرخه عمر ساختمان بود.

3. فرایند شناسایی و مرور کلی نمونه های کاربردی

1.3 نمونه های کاربردی در مرحله ساخت و ساز

با توجه به آنکه پروژه های ساخت و ساز معمولا دارای سطح بالایی از پیچیدگی هستند و تعداد زیادی از فعالیت مختلف در این پروژه ها اجرا می شوند، پیش بینی می شود که اتخاذ iot در طول فرایند اجرای فعالیت های ساختمانی می تواند پتانسیل های کاربردی متنوع و بالایی داشته باشد. در پاراگراف های بعدی تعدادی از نمونه های گزینش شده از کاربرد iot را ارائه می کنیم که نشان دهنده کاربردهای احتمالی iot در طول فرایند ساخت و ساز هستند.

Iot در چارچوب صنعت ساخت و ساز برای نظارت کردن بر کیفیت استفاده می شود. برای مثال، chen (2020) [1] تحلیلی در مورد کاربرد اینترنت اشیا برای نظارت زمان واقعی بر کیفیت شمع های پی ساختمان ارائه کرده است. روش های سنتی کنترل کیفیت دارای محدودیت هایی هستند که میتواند به تولید نتایج غیر دقیق منجر شود. مقاله ما یک سیستم کنترل کیفیت دیجیتال را بر مبنای iot توسعه داده است که عملکرد آن در محل ساخت فرودگاه بین المللی چنگدو شوانگلیو مورد تایید قرار گرفت. نتایج مطالعه قابلیت اطمینان انتقال داده زمان واقعی را به اثبات رساندند و به بهینه سازی فرایند بازرسی کمک کردند. به طور ویژه، امنیت فونداسیون ساختمان افزایش پیدا کرد و طول دوره ساخت و ساز کاهش داده شد. آقای Yao (2021) [7] نیز مطالعه دیگری در زمینه کیفیت ساخت و ساز انجام داده است. هدف اصلی آزمایش بهبود دادن کیفیت و ظرفیت تحمل تاسیسات زیرزمینی و به طور ویژه کنترل کیفیت ساخت و ساز پی سیمانی بوده است.

یکی از مهم ترین مسائل مرتبط با سایت های ساخت و ساز، موضوع امنیت و سلامت است. تحقیقات انجام شده توسط kanan (2018) نشان می دهند که استفاده از iot می تواند به بهبود ایمنی کارگران ساخت و ساز کمک کند. آن ها سیستم مستقل خودکاری را خلق کرده اند که بر روی فعالیت کارگران نظارت، محل فعالیت آن ها را مکان یابی و در مواقع اضطراری به کارگران اعلام خطر می کند. این سیستم شامل سنسورهای واقع بر وسایل حمل و نقل و دستگاه های پوشیدنی برای کارگران است. گره های این دستگاه ها از مدارهای ذخیره و مدیریت انرژی برای فعالیت مداوم در نقاط داخل و خارج ساختمان بهره می گیرند. در ادامه بر اساس نتایج آزمایش ها سیستم های هشدار هوشمند به طور موفقیت آمیز برای جلوگیری از خطرات احتمالی و پیشگیری از تصادفات دنده عقب وسایل نقلیه، تولید شدند.[8]

در مطالعه cheun (2018) احتمال کاربرد یکپارچه iot و BIM بررسی شده است که میتواند به مدیریت ایمنی محل ساخت و ساز کمک کند. در این مطالعه موردی داده شرایط زیست محیطی که از iot به دست آمده است جمع آوری می شود و سپس به صورت بصری برای تحلیل و کنترل بر اساس مدل BIM، نمایش داده خواهند شد. سیستم سنسور تولید شده در یک سایت زیرزمینی در محل ساخت وساز قرار داده شد تا داده مرتبط با سطح گازهای خطرناک و وضعیت محیط (دما و رطوبت) جمع آوری شود. زمانی که یک وضعیت غیرعادی شناسایی شود، مدل BIM یک فرایند هشدار را شروع می کند که به صورت خودکار در محل ساخت و ساز اعلام خطر خواهد کرد.[9]

Zhou(2017) مطالعه دیگری را در حوزه امنیت در محل ساخت و ساز انجام داد. سیستم هشدار ایمنی در محل ساخت و ساز زیرزمینی تونل مترو رودخانه یانگ تسه مورد استفاده قرار گرفته است. این سیستم به صورت زمان واقعی جمع آوری داده برای نظارت بر کارگران و تجهیزات در محل سایت ساخت و ساز را امکان پذیر می کند و می تواند پیام های هشدار را با سرعت بالایی در اختیار ما قرار دهد. در این سیستم فناوری های iot همچون موقعیت یابی، آشکارسازی فراصوتی در سطح سانتی متر و فناوری دسترسی مادون قرمز مورد استفاده قرار گرفتند. این سیستم میتواند به کارگران کمک کند از حوادث پیشگیری کنند و همچنین مدیریت ایمنی را از طریق سازمان دهی کارها و برنامه ریزی ایمنی، بهبود دهند.[10]

مسئله پیاده سازی iot همچنین توسط woodhead(2018) مورد بررسی قرار گرفت. در این مقاله نویسندگان استدلال می کنند که درنظر گرفتن اینترنت اشیا در حوزه های محدود خاص میتواند پتانسیل های ممکن برای پیشرفت را کاهش دهد. آنها پیشنهاد می دهند که iot در یک مجموعه کامل در نظر گرفته شود و دست یابی به سطح جدیدی از توسعه برای شهرهای هوشمند در حوزه فناوری های اطلاعاتی همچون مدل بندی BIM را توصیه کرده اند. با توجه به رویکرد پیچیده اتخاذ شده و احتمال آنکه حجم بالایی از داده پردازش شود، می توانیم بهره وری فرایند تصمیم گیری و گردش کار مدیریت پروژه را افزایش دهیم. [11]

2.3 نمونه های کاربرد iot در مرحله عملیاتی

با در نظر گرفتن این موضوع که مرحله عملیاتی معمولا طولانی ترین مرحله چرخه عمر ساختمان است، می توان فرض کرد که iot همچون در مرحله ساخت و ساز می تواند نقش مهمی در زمینه فرایند دیجیتال سازی در حال تکامل ایفا کند. در پاراگراف های بعدی دانش کسب شده از مقالات مروری گزینش شده و نمونه های کاربردی، ارائه می شوند.

مطالعه مروری wong(2018)[12] شامل بررسی منابع موجود در مورد پتانسیل های استفاده از فناوری های دیجیتال در حوزه مدیریت تاسیسات (FM) است. نتایج این مطالعه نشان دادند که ما میتوانیم از فناوری های مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM)،GIS،iot و همچنین فناوری های ضبط واقعیت (اسکن لیزری، ابر نقطه ای) در راستای توسعه حوزه مدیریت تاسیسات (FM) دیجتالی سازی شده، استفاده کنیم. ترکیب کردن این سیستم ها می تواند پردازش اطلاعات را امکان پذیر کند که برای مدیریت اشیا در مرحله کاربرد فرایند ساخت و ساز، ضروری خواهد بود. چنین ترکیبی از طریق اتصال متقابل فناوری ها یا سیستم های مختلف می تواند پتانسیل بالایی برای خلق مزایای جدید داشته باشد.

در مطالعه tang(2019) یکپارچه کردن مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) با داده زمان واقعی مربوط به اینترنت اشیا (Iot)، مورد بررسی قرار گرفت. این مطالعه اطلاعاتی در مورد پیشرفت های ممکن در این حوزه فراهم کرده است. مدل BIM به عنوان یک منبع اطلاعات در مورد اشیا در نظر گرفته می شود و می توانیم آن را با اطلاعات دریافت شده از سنسورهای iot تکمیل کنیم. تکمیل اطلاعات از طریق این دو منبع می تواند پتانسیل های موجود برای پردازش و ادراک اطلاعات مورد نیاز در فرایند مدیریت ساختمان را گسترش دهد. امروزه پردازش کردن حجم بالایی از اطلاعات دارای محدودیت ها و نیازمندی هایی است. با وجود این، مطالعات گذشته تاکید کرده اند که توسعه بیشتر تعامل متقابل بین BIM و iot می تواند مزایایی برای ارتباطات، فرایند ساخت و ساز و نظارت بر پیشرفت کار، سلامت و ایمنی، لجستیک و مدیریت، اتوماسیون، پیش ساختگی، ساخت ناب،FM، مدیریت انرژی و پاسخ اضطراری داشته باشد. [13]

در مطالعه موردی zhai (2015) در منطقه هنک کنگ، توسعه ساختارهای یکپارچه مدولار با استفاده از پلتفرم های BIM مبتنی بر iot در طول مرحله عملیاتی، مورد بررسی قرار گرفت. ترکیب iot و BIM میتواند پتانسیل های ممکن برای مدیریت اشیا را گسترش دهد. مطابق با نتایج حاصل شده، این پلتفرم از طریق جمع آوری اطلاعات زمان واقعی به تصمیم گیری مستقل کمک میکند. پلتفرم همچنین برای کنترل کردن فرایند ساخت و تدارکات و پردازش سیگنال های اضطراری مفید خواهد بود. چنین رویکردی می تواند مشکلات مرتبط با دشواری جمع آوری داده، ناکامل بودن اطلاعات و پشتیبانی تصمیم گیری غیر خودکار را برطرف می کند.

مطابق با مطالعه انجام شده توسط [15] kang (2021)، کاربرد فناوری های بی سیم iot در کنار سیستم های اطلاعات جغرافیایی (در ادامه با نام GIS اشاره می شود) می تواند فرصت هایی برای طراحی محوطه معماری های خیابانی ایجاد کند. برای مثال، ملاحظه جامع پارامترهای فیزیولوژیکی خاک، اقلیم و جامعه گیاهی می تواند به تسریع فرایند خلق طراحی های آینده کمک کند، زیرا اطلاعات جامعی در یک منبع در دسترس قرار می گیرد. همچنین حل کردن مسئله استفاده از ابزارهای نظارتی برای برنامه ریزی و اجرای طرح های آبیاری، امکان پذیر می شود. این رویکرد به دنبال خلق یک سیستم هوشمند خودکار و در نتیجه کاهش نیاز برای آموزش پرسنل متخصص است.

علاوه بر این، زمینه iot به عنوان فرصتی برای توسعه بیشتر شهرهای هوشمند در نظر گرفته میشود. مطالعه jiang (2020) نشان داد که می توان مشکل دشواری پردازش حجم بالایی از اطلاعات در محیط های شهری سنتی را از طریق ترکیب کردن iot و محاسبه ابری، برطرف کرد. فناوری تجربی معرفی شده در مطالعه او در راستای حل مشکل انتقال داده، طراحی شده است. زمینه های موردی شامل نظارت هوشمند محیط زیست، امنیت هوشمند و حمل و نقل هوشمند بودند.[16] ارتقای فناوری به جلوگیری از عیب ها در فرایند انتقال داده کمک می کند که خود کارایی و فرصت های شهرهای هوشمند را افزایش می دهد.

مطالعه zhihan (2020) نشان داد که یک سیستم هوشمند نظارت بر محیط شهری بر مبنای فناوری iot بی سیم چگونه می تواند سطح آرامش و آگاهی در شهرهای مدرن را بهبود دهد. در طول این مطالعه تجربی یک سیستم بی سیم برای جمع آوری اطلاعات پیشنهاد شد. شبکه سنسورها با کمک لامپ های خیابانی و خودروهای تاکسی متصل شدند. دلیل انتخاب این عناصر وجود آنها در تمام نقاط شهرهای مدرن است و نصب کردن سنسورها مشکلی از لحاظ فرایند پیاده سازی در محیط شهری موجود، ایجاد نکرد. در این مطالعه اطلاعات زمان واقعی ترافیک و اطلاعات نظارت بر آب و هوا جمع آوری شده اند.[17] خلق کردن این سیستم پتانسیل های جدیدی برای توسعه بیشتر شهرهای هوشمند و عملیات های آن ها فراهم خواهد کرد.

مطالعه choi (2021) در تحلیل کتابشناختی خود به زمینه مسکن هوشمند اشاره میکند. در این مطالعه انتشارات علمی موجود در پایگاه داده اسکوپوس تحلیل شدند. انتخاب منابع علمی بر اساس برخی معیارهای گزینشی از جمله منتشر شدن در بین سال های 2015 تا 2019 بود. در این تحلیل میزان فراوانی ارجاعات به فناوری های iot و مسکن هوشمند، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان می دهند که اینترنت اشیا و مسکن هوشمند از سال 2016 به حوزه پژوهشی مهمی تبدیل شدند و متکی بر فناوری مدرن هستند.[18]

در مطالعه wu(2022) به تاثیر iot در حوزه منابع انرژی تجدیدپذیر اشاره شده است. این تحقیق نتایج پیاده سازی iot در پنل های خورشیدی فتوولتاییک را ارائه می کند. مزایای فناوری iot میتواند طراحی یکپارچه کامل سیستم های ساختمان و واحدهای فتوولتاییک را امکان پذیر کند. این مطالعه نشان می دهد که بهبود سیستم می تواند به افزایش سطح یکپارچه سازی، راندمان انرژی، قابلیت اطمینان، سطح مصرف انرژی و اجرای اقدامات نظارتی موثر، کمک کند. مطابق با نتایج حاصل شده، سیستم سلول خورشیدی مبتنی بر iot می تواند با توجه به مزایای ایجاد شده هزینه ها را کاهش و راندمان را افزایش دهد.[19]

در مطالعه alowaidi (2022) استفاده از iot در کنار فناوری چارچوب فازی برای مسکن هوشمند و زیرساخت سیستم های نظارت انرژی پایدار، پیشنهاد شده است. سیستم پیشنهادی بر روی توان خورشیدی و بادی تمرکز می کند. این سیستم با استفاده از داده محاسبه شده تجربی در مورد سرعت باد، عایق گذاری و قیمت های انرژی، آزمایش شد. افزایش سطح بهینه سازی با کمک سیستم خلق شده امکان پذیر شد. اپراتور میتوانست به صورت زمان واقعی کار کند و بخشی از داده ورودی برای پیش بینی رفتار ممکن سیستم دستگاه، استفاده شد. بنا براین، تحلیل و برنامه ریزی عملیات پایدار دستگاه ها بر اساس iot امکان پذیر است.[20]

مطالعه ahmad (2021) فرصت های موجود برای استفاده از iot در راستای بهبود زیرساخت ها و راندمان مصرف انرژی در زمینه سیستم های هوشمند انرژی را نشان می دهد. این مطالعه همچنین ادعا می کند که مدل های سیستم انرژی مبتنی بر فناوری iot برای همه کسب و کارها سودآورتر خواهند بود. این تاثیر مثبت را می توان به مزایای زیر نسبت داد: توانایی بالا در مدیریت و پردازش

داده، توانایی شناسایی مسائل و مشکلات مهم و در نهایت اتوماسیون فرایندها. کاهش دادن تقاضای ذخیره سازی انرژی و هزینه ها از طریق پیاده سازی جامع فناوری iot امکان پذیر است.[21]

در مطالعه muralidhara (2020) تحقیقات عملی تری در ارتباط با کنترل منابع انرژی مصرف شده انجام شدند. گزارشات معمولی در مورد مصرف انرژی در بیشتر اوقات توسط شاخص های کلی بیان می شوند؛ اما یک سیستم اندازه گیری انرژی مبتنی بر اینترنت اشیا توانست بهتر مصرف انرژی در سطح دستگاه ها را کنترل کند. یک اندازه گیر هوشمند انرژی دستگاهی است که به فرایند نصب تخصصی نیاز ندارد و همین خاطر می توان آن ها را در ساختمان های مسکونی و صنعتی، نصب کرد. داده جمع آوری شده با اطلاعات در دسترس در مورد دستگاه های مطالعه شده، مقایسه شد. با توجه به آن که داده زیادی در مورد رفتار مصرف انرژی در دسترس وجود دارد، مصرف کننده ها میتوانند به صورت اگاهانه مصرف انرژی خود را کاهش دهند و در نتیجه هزینه های انرژی حداقل خواهد شد.[22]

در مطالعه cheng (2020) به قابلیت فناوری iot برای همکاری با FM در مورد پلتفرم BIM اشاره شده است. در این تحقیق داده مربوط به مدل BIM و الگوریتم های یادگیری ماشینی در کنار سیستم FM برای تعمیرات و نگه داری عناصر MEP (مکانیکی، الکتریکی و لوله کشی) مورد استفاده قرار گرفتند. هدف از این پژوهش توسعه یک ماژول هشدار خطا و نظارت وضعیت، یک ماژول ارزیابی وضعیت، یک ماژول پیش بینی وضعیت و یک ماژول برنامه ریزی نگه داری و تعمیرات بود. با توجه به نتایج حاصل شده، وضعیت مولفه های MEP با کمک سیستم توسعه یافته به طور موثر پیش بینی شد و کارایی مدیریت نگه داری تاسیسات بهبود پیدا کرد.[23]

در مطالعات مروری Gosh [24,25] حوزه های کاربردی iot به دقت مطالعه شده اند. در این مطالعه ادعا می شود حوزه ساختمان دارای ماهیت چند رشته ای در حال تکامل است و به همین خاطر می توانیم از فناوری اینترنت اشیا در مراحل مختلف چرخه عمر ساختمان استفاده کنیم. مهم ترین موضوعات بررسی شده شامل کنترل کیفیت، امنیت ساختمان، بهینه سازی و شبیه سازی، تجسم سازی داده، ساختار پیش ساخته و مدیریت ضایعات ساختمان هستند.

3.3 خلاصه بحث

بعد از معرفی کردن چندین نمونه کاربردی از فناوری iot، یک جدول مقایسه فراهم شد تا شباهت ها و تفاوت های شناسایی شده بین مراحل چرخه عمر بررسی شده یعنی مرحله ساخت و مرحله عملیات، اشاره شوند. موضوعات شناسایی شده در چارچوب مجموعه نمونه های کاربردی و همچنین مقالات مروری گزینش شده نشان می دهند که کاربرد iot دارای ویژگی های متفاوتی در مراحل مختلف خواهد بود (جدول 1 را مشاهده کنید).

به طور ویژه زمانی که مرحله ساخت و ساز را بررسی می کنیم، میتوان ادعا کرد که کاربردهای اخیر iot با مسائل کیفیت، امنیت و سلامت در ارتباط هستند. این جنبه های مهم بر روی موفقیت پروژه های ساخت و ساز تاثیرگذار هستند. علاوه براین، اصطلاح «مثلث آهنی» [26] به سه محدودیت مهم در پروژه های ساخت و ساز اشاره می کند که مسئله کیفیت در کنار هزینه و زمان این سه محدودیت را تشکیل می دهند. زمانی که ما بر روی مرحله عملیاتی تمرکز میکنیم، مشاهده خواهیم کرد که بیشتر مفاهیم iot مرتبط با یک رویکرد هوشمند در مفاهیم مختلف هستند. این رویکرد شامل بررسی سطح کلی شهرهای هوشمند، مسکن هوشمند، مدیریت انرژی کامل یا مدیریت تاسیسات پیچیده و مسائل زیست محیطی می شود.

در طول فرایند مرور نمونه های کاربردی یک موضوع مشترک برای هر دو مرحله بررسی شده شناسایی شد: مشارکت یا تعامل متقابل بین iot و مدل BIM. با توجه به آنکه مدل های BIM به منظور تسهیل برنامه ریزی پروژه های ساخت و ساز، تسهیل فعالیت های ساختمانی و همچنین مدیریت تاسیسات مورد استفاده توسعه پیدا کرده اند، منطقی به نظر می رسد که تلاش ها برای ایجاد یا تقویت این تعامل متقابل در هر دو مرحله چرخه عمر پروژه آشکار باشند.

علاوه بر این، بهتر است که به اثرات مهم iot در صنعت ساخت و ساز و محرک های کلیدی مرتبط اشاره کنیم. مطابق با یکی از مطالعات مروری علمی سنجی [25]، اثرات مهم اتخاذ iot شامل موارد زیر می شوند: «گزارش پرسرعت، کنترل کامل فرایند، انفجار حجم داده در دسترس در راستای تحلیل عمیق تر داده ها، انتظارت سختگیرانه حقوقی و اخلاقی». همچنین محرک های اصلی برای اتخاذ iot شامل موارد زیر می شوند: «قابلیت تعامل متقابل، امنیت و حریم خصوصی داده، ساختارهای حاکمیت انعطاف پذیر، مدل ها و برنامه ریزی کاری مناسب».

جدول 1: نمونه های کاربردی اینترنت اشیا در مراحل ساخت و ساز و عملیاتی در فرایند ساخت

مرحله ساخت و ساز	مرحله عملیات
نظارت بر کیفیت ساخت و ساز [1,7,24]	مدیریت تاسیسات [13,22,23]
نظارت بر امنیت و سلامت [8,9,10,3,14,25]	مدیریت انرژی [13]
آزمایش قدرت مواد اتصال دهنده [14]	ایمنی [14,17]
ساختار پیش ساخته [25]	شهرهای هوشمند [11,16,17]
همکاری با مدل BIM [9,11]	مسکن هوشمند [18,20]
تصمیم گیری، مدیریت پروژه [11,25]	سیستم های انرژی هوشمند [21,22]
بهینه سازی و شبیه سازی [24]	منابع انرژی تجدیدپذیر
	طراحی محوطه معماری خیابانی [19]
	مدیریت ضایعات ساختمانی [25]
	همکاری با مدل BIM [12,13,14,23]
	تجسم سازی داده [25]

4. نتیجه گیری

در این مقاله بر روی توسعه iot در چارچوب مراحل گزینش شده چرخه عمر ساختمان یعنی مرحله ساخت و ساز و مرحله عملیات تمرکز شده است. در بخش های گذشته چندین نمونه کاربردی و همچنین نتایج مربوط به چندین مقاله مروری گزینش شده ارائه و بررسی شدند. تحلیل ما نشان می دهد که مفاهیم iot پیاده سازی شده در مراحل ساخت و ساز و عملیات متفاوت هستند (برای مثال، کیفیت و نظارت بر امنیت و سلامت؛ مفهوم هوشمند و مدیریت انرژی). با وجود این، یک موضوع مشترک بین دو مرحله شناسایی شد: تعامل متقابل بین Iot و مدل BIM.

این مقاله دارای محدودیت هایی است. هدف مقاله ما فراهم کردن یک بررسی سیستماتیک در مورد این موضوع نبوده است. با وجود این، تلاش کردیم به طور عمیق تر بر روی جزئیات مرتبط با کاربرد iot در مدت مراحل ساخت و ساز و عملیات در چرخه عمر ساختمان تمرکز کنیم و این مباحث از نقطه نظر مدیریت ساختمان، بحث و بررسی شدند. تحقیقات اینده باید بر روی توسعه این حوزه نظارت کنند تا مزایای مدیریتی جدید و پیش بینی شده حوزه iot در زمینه پروژه های ساخت و ساز آشکار شوند.

منابع

[1] Chen, Fengchen, et al. "Real-time monitoring of construction quality for gravel piles based on Internet of Things." Automation in Construction 116 (2020): 103228.
[2] International Telecommunication Union (ITU) ITU-T-recommendation Y.2060: Overview of the Internet of things Available online https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2060-201206-I (accessed on 22 January 2013)
[3] Leśniak, Agnieszka. "Statistical Methods in Bidding Decision Support for Construction Companies." Applied Sciences 11.13 (2021): 5973
[4] Sharma, Aashish, et al. "Life cycle assessment of buildings: a review." Renewable and Sustainable Energy Reviews 15.1 (2011): 871-875.
[5] Knig, Holger, and M. Lisa De Cristofaro. "Benchmarks for life cycle costs and life cycle assessment of residential buildings." Building Research & Information 40.5 (2012): 558-580.
[6] Kuda, František, Eva Beránková, and Petr Soukup. Facility management v kostce: pro profesionály i laiky (Facility management at a glance: for professionals and laymen). Form Solution, Olomouc, 2012.
[7] Yao, Shuang, et al. "Strength test of grouting material for coastal construction engineering based on 5G network and Internet of Things." Microprocessors and Microsystems 80 (2021): 103557.
[8] Kanan, Riad, Obaidallah Elhassan, and Rofaida Bensalem. "An IoT-based autonomous system for workers' safety in construction sites with real-time alarming, monitoring, and positioning strategies." Automation in Construction 88 (2018): 73-86.
[9] Cheung, Weng-Fong, Tzu-Hsuan Lin, and Yu-Cheng Lin. "A real-time construction safety monitoring system for hazardous gas integrating wireless sensor network and building information modeling technologies." Sensors 18.2 (2018): 436.
[10] Zhou, C., and L. Y. Ding. "Safety barrier warning system for underground construction sites using Internet-of-Things technologies." Automation in Construction 83 (2017): 372-389.
[11] Woodhead, Roy, Paul Stephenson, and Denise Morrey. "Digital construction: From point solutions to IoT ecosystem." Automation in Construction 93 (2018): 35-46.
[12] Wong, Johnny Kwok Wai, Janet Ge, and Sean Xiangjian He. "Digitisation in facilities management: A literature review and future research directions." Automation in Construction 92 (2018): 312-326.
[13] Tang, Shu, et al. "A review of building information modeling (BIM) and the internet of things (IoT) devices integration: Present status and future trends." Automation in Construction 101 (2019): 127-139.
[14] Zhai, Yue, et al. "An Internet of Things-enabled BIM platform for modular integrated construction: A case study in Hong Kong." Advanced engineering informatics 42 (2019): 100997.
[15] Kang, Lin. "Street architecture landscape design based on Wireless Internet of Things and GIS system." Microprocessors and Microsystems 80 (2021): 103362.
[16] Jiang, Dingfu. "The construction of smart city information system based on the Internet of Things and cloud computing." Computer Communications 150 (2020): 158-166.
[17] Lv, Zhihan, Bin Hu, and Haibin Lv. "Infrastructure monitoring and operation for smart cities based on IoT system." IEEE Transactions on Industrial Informatics 16.3 (2019): 1957-1962.
[18] Choi, Wonyoung, et al. "Smart home and internet of things: A bibliometric study." Journal of Cleaner Production 301 (2021): 126908.
[19] Wu, XiuFeng, et al. "Integrated design of solar photovoltaic power generation technology and building construction based on the Internet of Things." Alexandria Engineering Journal 61.4 (2022): 2775-2786.
[20] Alowaidi, Majed. "Fuzzy efficient energy algorithm in smart home environment using Internet of Things for renewable energy resources." Energy Reports 8 (2022): 2462-2471.
[21] Ahmad, Tanveer, and Dongdong Zhang. "Using the internet of things in smart energy systems and networks." Sustainable Cities and Society 68 (2021): 102783.
[22] Muralidhara, Shishir, Niharika Hegde, and P. M. Rekha. "An internet of things-based smart energy meter for monitoring device-level consumption of energy." Computers & Electrical Engineering 87 (2020): 106772.
[23] Cheng, Jack CP, et al. "Data-driven predictive maintenance planning framework for MEP components based on BIM and IoT using machine learning algorithms." Automation in Construction 112 (2020): 103087.