



اولین کنفرانس ملی انجمن علمی پارک‌های علم و فناوری و مراکز رشد ایران

فرصت‌ها و چالش‌های صنعت ساخت و ساز ایران در عصر انقلاب چهارم صنعتی

بهاره پورمرادی^۱، *، فائزه صفائی^۲

۱- مدیر مرکز رشد واحدهای فناور بندر انزلی، پارک علم و فناوری گیلان، انزلی

۲- مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشگاه علوم پزشکی گیلان، رشت

* انزلی، ۱۷۱۹-۴۱۶۳۵، B_Poormoradi@yahoo.com، Poormoradi@gstp.ir

چکیده

زمینه و هدف: انقلاب چهارم صنعتی تلفیقی از مهارت‌هایی بین حوزه‌های فیزیکی، دیجیتالی و زیستی می‌باشد که می‌توان آن را به عنوان "ادغام ماشین‌آلات و دستگاه‌های پیچیده فیزیکی با حسگرها و شبکه‌های نرم‌افزاری، که برای پیش‌بینی، کنترل و برنامه‌ریزی جهت دست یافتن به نتایج بهتر تجاری و اجتماعی استفاده می‌شود" تعریف کرد. صنعت ساخت‌وساز اگر چه موتور هر اقتصادی است، عملکرد آن می‌تواند در جریان انقلاب چهارم صنعتی، مشابه صنعت تولید، افزایش یابد. این صنعت به طور قابل توجهی بر اقتصاد، محیط پیرامون و تمدن تأثیر می‌گذارد. این مقاله به دنبال شناسایی پیشرفت‌های انجام شده در صنعت ساخت‌وساز در جریان انقلاب چهارم صنعتی و دیجیتالی شدن می‌باشد. هدف این مطالعه تعریف و نشان دادن زمینه‌های تحقیقاتی احتمالی مرتبط با انقلاب چهارم صنعتی در زمینه صنعت ساخت‌وساز است.

روش کار: برای این منظور، بر اساس آخرین متون، تجزیه و تحلیل انجام شد تا نیازهای واقعی صنعت ساخت‌وساز از نظر تکامل آن به انقلاب چهارم صنعتی را نشان دهد.

یافته‌ها: بر اساس مطالعات انجام شده مشخص شد مفاهیم انقلاب چهارم صنعتی باید با تولید ساخت‌وساز ترکیب شود، تخصص جدید باید در مهندسی فکری ساخت‌وساز مدرن اعمال شده و برای دستیابی به توسعه پایدار، سطح ادغام افزایش یابد.

نتیجه‌گیری: صنعت ساخت‌وساز دارای پتانسیل بسیار زیادی برای افزایش اثربخشی، تعهدات نسبت به دیجیتالی شدن، فناوری‌های پیشگام و روش‌های نوین ساخت می‌باشد.

کلیدواژگان: انقلاب صنعتی چهارم، صنعت، ساخت‌وساز، صنعت ۴/۰

اولین کنفرانس ملی انجمن علمی پارک‌های علم و فناوری و مراکز رشد ایران

۱- مقدمه

انقلاب صنعتی چهارم موضوع بسیاری از تحقیقات بخصوص در زمینه علوم انسانی، مدیریت و مدیریت آموزش سازمانی قرار گرفته است. انقلاب صنعتی مجموعه‌ای از دگرگونی‌های فنی، صنعتی، اقتصادی و اجتماعی می‌باشد که به مدت یک قرن (۱۷۵۰-۱۸۵۰ م) در انگلستان پدیدار گشته و به دیگر کشورها راه یافته است. این دگرگونی که بر ظهور اقتصاد مبتنی بر صنعت، به جای اقتصاد مبتنی بر نیروی کار و کشاورزی استوار می‌باشد، زمینه بروز تحولات فکری، فلسفی، سیاسی و حقوقی عظیمی را فراهم نموده است. به همین دلیل، مورخان، انقلاب صنعتی را یکی از مهم‌ترین وقایع تاریخی در سطح جهان قلمداد نموده‌اند [1]. سرعت و اندازه‌گیری تغییرات ایجاد شده توسط انقلاب صنعتی چهارم قابل چشم پوشی نیست. این تغییرات موجب تغییر قدرت، تغییر ثروت و دانش خواهد شد. تنها با آگاهی از این تغییرات و سرعت وقوع آن است که می‌توان از پیشرفت دانش و فناوری اطمینان حاصل نمود [2].

اولین انقلاب صنعتی در سال ۱۷۶۰ با اختراع موتور بخار آغاز شد. موتور بخار امکان گذار از کشاورزی و جامعه فئودالی به فرآیند تولید جدید را فراهم کرد. این انقلاب آب و نیروی بخار را برای تولید مکانیزه به کار برد. دومین انقلاب صنعتی در سال ۱۹۰۰ با اختراع موتور احتراق داخلی آغاز شد و برای رسیدن به تولید انبوه، نیروی برق را به کار گرفت. سومین انقلاب صنعتی در سال ۱۹۶۰ آغاز شد و برای دستیابی به تولید خودکار، از الکترونیک و فناوری اطلاعات بهره برد [2, 3]. در حال حاضر چهارمین انقلاب صنعتی در حال مشاهده است که با رویکرد سیستم فیزیکی سایبری^۱ برای تلفیق دنیای فیزیکی با عصر اطلاعات برای پیشرفت صنعتی در آینده انجام می‌گردد [4, 5]. در فرآیند انقلاب صنعتی چهارم و با شکل‌گیری کارخانه‌های هوشمند جهانی خلق می‌گردد که سامانه‌های مجازی و فیزیکی تولید آن، در سطح جهانی و به روش‌های انعطاف‌پذیر، با یکدیگر مشارکت می‌کنند [3]. "جدول ۱" نمایش کوتاهی از انقلاب‌های صنعتی از سال ۱۷۶۰ تا کنون را نشان می‌دهد.

جدول ۱. مشخصات اصلی انقلاب‌های صنعتی [6]

دوره زمانی	دوره گذار	منبع انرژی	دست‌آورد اصلی فنی	صنایع اصلی توسعه یافته	حمل و نقل
I: 1760-1900	1860-1900	ذغال سنگ	موتور بخار	نساجی، فولاد	قطار
II: 1900-1960	1940-1960	برق نفتی	موتور احتراق داخلی	متالورژی، خودرو، ماشین‌سازی	قطار، ماشین
III: 1960-2000	1980-2000	انرژی هسته‌ای گاز طبیعی	رایانه‌ها، روبات‌ها	خودکار، شیمی	ماشین، هواپیما
IV: 2000-	2000-2010	انرژی‌های سبز	اینترنت، چاپگر سه بعدی، مهندسی ژنتیک	صنایع پیشرفته	ماشین الکتریکی، قطار فوق سریع

¹ Cyber Physics System (CPS)

اولین کنفرانس ملی انجمن علمی پارک‌های علم و فناوری و مراکز رشد ایران

صنعت ساخت‌وساز در مرز یک دوره ابتکاری صنعتی قرار دارد [7,8]. با ظهور انقلاب چهارم صنعتی که در صنعت ساخت‌وساز در جهت معاملات بیشتر توسعه یافته دیجیتال ایجاد می‌شود، یک تغییر قابل توجه در صنعت ساخت‌وساز رخ می‌دهد. مفهوم ایجاد "دوقلوی دیجیتال" از یک ساختمان یا یک قطعه از زیرساخت‌ها برای تصمیم‌گیری دقیق و آگاهانه در طول چرخه حیات پروژه امری اساسی است [9]. فناوری‌های دیجیتالی که در هسته خود دارای سخت‌افزار، نرم‌افزار و شبکه‌ها هستند، دیگر جدید نیستند اما در یک خط شکست با انقلاب صنعتی، این فناوری‌ها، پیچیده‌تر و یکپارچه‌تر می‌شوند و در نتیجه، جوامع و اقتصاد جهانی را متحول را متحول می‌سازند [10].

ساخت‌وساز یک صنعت مسطح گسترده است، که از سایر صنایع به‌طور قابل توجهی پشتیبانی می‌کند، جایی که شکل‌گیری ارزش عملاً به مفهوم امکانات یا توسعه‌ی دارایی اتفاق می‌افتد. پرسنل ساختمانی تنها حدود ۳۰٪ از زمان عملکرد خود را به وظیفه اصلی خود اختصاص می‌دهند. ۷۰٪ باقی‌مانده توسط کارهای متناوب، جابجایی مواد، چیدمان، سازماندهی مجدد سایت ساختمان و مشاهده منابع و تجهیزات اشغال می‌شود [9]. انقلاب صنعتی چهارم هنوز در مراحل اولیه خود است و بخش ساخت‌وساز هنوز از لحاظ اتوماسیون فرایندها و سطح دیجیتال سازی به‌طور قابل توجهی از سایر صنایع عقب می‌باشد [11,12]. در نتیجه، کارایی طی سال‌های گذشته کاهش یافته است. آینده صنعت ساخت‌وساز با استفاده از طرح‌های دیجیتالی، هوشمندانه‌تر خواهد شد. در این میان، پروژه‌های دانش‌محور و پروژه‌های متفکرانه دیگری وجود خواهد داشت که به‌طور قابل توجهی اثربخشی و مقرون به صرفه بودن صنعت ساخت‌وساز را افزایش می‌دهند [13,14].

مطالعه حاضر تأثیر و چالش‌های انقلاب صنعتی چهارم در صنعت ساختمان را نشان می‌دهد. هدف از انجام چنین مطالعه‌ای تجزیه و تحلیل دانش فعلی مرتبط با معرفی مفهوم انقلاب صنعتی چهارم به صنعت ساخت‌وساز با تمرکز ویژه بر بازتاب‌های آن در آینده صنعت می‌باشد. برای این منظور، بر اساس آخرین متون، تجزیه و تحلیل انجام شد تا نیازهای واقعی صنعت ساخت‌وساز از نظر تکامل آن به انقلاب چهارم صنعتی را نشان دهد.

انقلاب صنعتی چهارم فقط به ماشین‌ها و سامانه‌های هوشمند و متصل به هم نمی‌پردازد. چشم‌انداز این انقلاب بسیار گسترده می‌باشد. در عین حال، موج‌های مرز شکن بیشتری در گستره‌هایی همچون توالی‌یابی ژن تا نانوفناوری، از تجدیدپذیرها تا محاسبه‌گری کوانتومی، در حال حاضر رخ می‌دهند. این ترکیب فناوری‌ها و برهم‌کنش آن‌ها در دامنه‌های فیزیکی، دیجیتالی و بیولوژیک می‌باشد که انقلاب صنعتی چهارم را به شکل بنیادین، از انقلاب‌های اخیر، متفاوت می‌کند [15]. بنابراین فناوری‌ها و ایده‌های جدید مربوط به این مفهوم باید بیشتر مورد بررسی قرار گیرند تا امکان استفاده از آن‌ها در صنعت ساختمان با افزایش قابلیت دسترسی به اطلاعات و قابلیت انتقال وجود داشته باشد [4,16,17].

۲- انقلاب صنعتی چهارم

در آغاز انقلاب صنعتی چهارم هستیم و این انقلاب در ابتدای این قرن آغاز شده و بر بستری از انقلاب دیجیتالی، خود را سامان می‌دهد. سه دلیل دال بر اینکه انقلاب متمایز و چهارمی در حال پدید آمدن است، صحنه می‌گذارد: ۱- سرعت: برخلاف انقلاب‌های صنعتی گذشته، این انقلاب به صورت نمایی و نه خطی در حال تکامل می‌باشد؛ ۲- گستردگی و ژرفا: این انقلاب بر انقلاب دیجیتالی ساخته می‌شود و فناوری‌های چندگانه‌ای را ترکیب می‌کند که به جابه‌جایی‌های پارادیمی غیرسابقه داری در جهان اقتصاد، کسب و کار، جامعه و افراد منتهی می‌گردد. ۳- اثر سیستمی: این انقلاب شامل تحول همه سیستم‌ها، در افرا (و درون) کشورها، شرکت‌ها، صنایع و جامعه (به صورت کل) می‌باشد [10].

استدلال محققان برجسته به این صورت می‌باشد که انقلاب چهارم صنعتی از طریق تأثیرات آن بر دولت و تجارت، آینده را شکل خواهد داد. مردم هیچ کنترلی بر فناوری و اختلالات ناشی از انقلاب صنعتی چهارم ندارند. با این حال، می‌توان فرصت‌های حاصل از چهارمین انقلاب صنعتی را پیش‌بینی کرد: ۱- موانع کمتر بین مخترعان و بازارها؛ ۲- نقش

اولین کنفرانس ملی انجمن علمی پارک‌های علم و فناوری و مراکز رشد ایران

فعال-تر برای هوش مصنوعی^۱؛ ۳- ادغام تکنیک‌ها و حوزه‌های مختلف (همجوشی)؛ ۴- بهبود کیفیت زندگی (رباتیک)؛ و ۵- زندگی متصل (اینترنت) [2]. کریس اندرسون^۲ پیش بینی می‌کند که انقلاب صنعتی چهارم به دلیل وجود فناوری‌های جدید مانند چاپ سه بعدی برای نمونه‌سازی، موانع بین مخترعان و بازارها را کاهش می‌دهد [18]. گزارشی از سوی مکانزی و کمپانی^۳ نشان می‌دهد که نیمی از فعالیت‌های کاری موجود توسط فن‌آوری‌های موجود به صورت خودکار انجام می‌شود و در نتیجه شرکت‌ها را قادر می‌سازد تا میلیارد‌ها دلار پس‌انداز کرده و انواع جدیدی از مشاغل را ایجاد کنند [19]. شواب^۴ بیان می‌کند که این انقلاب فن‌آوری‌های نوآورانه رشته‌های مختلف علمی و فنی را ادغام خواهد نمود و نیروهای اصلی در "تلفیقی از فناوری‌ها که مرزها را بین حوزه‌های فیزیکی، دیجیتالی و بیولوژیکی محو می‌کند" گرد هم خواهند آمد [20]. رباتیک در آینده‌ای نزدیک زندگی ما را تغییر خواهد داد. از نظر فنی ربات‌ها ابزار موتوری خودکار هستند که غذا درست می‌کنند، موسیقی پخش می‌کنند، نمایش‌های ما را ضبط کرده و حتی ماشین‌های ما را اداره می‌کنند [21]. اینترنت اشیا^۵ نیز اینترنت کار دستگاه‌های فیزیکی است. معمولاً، از اینترنت اشیا انتظار می‌رود اتصال پیشرفته دستگاه‌ها، سیستم‌ها و سرویس‌هایی را ارائه دهد که فراتر از ارتباطات ماشین به ماشین^۶ باشد و انواع مختلفی از پروتکل‌ها، دامنه‌ها و برنامه‌ها را پوشش دهد [22]. بهره‌وری حاصل شده از طریق استفاده از فن‌آوری‌های هوشمند می‌تواند به ایجاد شغل کمک کند و درخواست کاربر را با درآمد اضافی (تأثیر جبران خسارت) افزایش دهد، با این وجود، استفاده از فن‌آوری‌ها و رویه‌های تولید جدید می‌تواند برخی از مشاغل فعلی را از بین ببرد (تأثیر افزونگی). این نگرانی وجود دارد که اثر افزونگی حاصل از انقلاب صنعتی چهارم در طولانی مدت غالب شده و منجر به آنچه به عنوان بیکاری فناوری شناخته می‌شود، گردد [23,24].

۳- صنعت ساخت‌وساز و دیجیتال‌سازی

صنعت ساخت‌وساز به طور قابل توجهی بر رشد اقتصادی و اجتماعی هر کشور تأثیر می‌گذارد. علی‌رغم اهمیت این صنعت، در اکثر کشورهای در حال توسعه با عملکرد ضعیف در تحویل محصولات خود روبرو شده است. این مسئله به دلیل ضعف در ارائه پروژه‌هایی با هزینه متناسب با بودجه، برنامه زمان‌بندی شده و مشخصات توافق شده می‌باشد [25]. اگر چه صنعت ساخت‌وساز و صنعت تولید در دو گروه متفاوت از یکدیگر قرار دارند، با این حال هر دو بسیار وابسته به یکدیگر هستند. پتانسیل دیجیتال‌سازی این صنعت در بخش‌های مختلف را می‌توان در چهار گروه اصلی طبقه‌بندی کرد: "داده‌های دیجیتالی، دسترسی دیجیتالی، اتوماسیون و اتصال". داده‌های دیجیتال شامل جمع‌آوری و پردازش الکترونیکی داده‌ها برای به دست آوردن درک جدید می‌باشد [9]. در حال حاضر، دیجیتال‌سازی یک فرآیند جهانی است که تعداد زیادی از کشورها را درگیر توسعه سرمایه انسانی، اقتصادی-رقابتی و کارآمد و بهبود سطح زندگی می‌کند. این امر به طور کلی بر تحول اقتصاد جهانی و به طور خاص بر اقتصاد ملی تأثیر می‌گذارد [26]. پذیرش فناوری‌های دیجیتال^۷ مانند مدل‌سازی اطلاعات ساختمانی، نوید تحویل پروژه‌ای بهتر به ویژه از نظر هزینه و زمان را داده و استفاده از اینترنت اشیا نیز نوید حل مسئله ضعف ارتباطات در تحویل پروژه را می‌دهد [25,27,28].

۴- آینده صنعت ساخت‌وساز در انقلاب صنعتی چهارم

¹ Artificial Intelligence (AI)

² Chris Anderson

³ McKinsey & Company

⁴ Schwab

⁵ Internet of things (IoT)

⁶ Machine-to-Machine (M2M)

⁷ Digital Technologies (DTs)

اولین کنفرانس ملی انجمن علمی پارک‌های علم و فناوری و مراکز رشد ایران

در حال حاضر هر شرکت صنعتی در سطح متفاوتی از دیجیتال سازی و پذیرش روندهای جدید دیجیتالی قرار دارد. برخی از این شرکت‌ها نوآوری بیشتری نسبت به بقیه دارند که به پیچیدگی ساختار شرکت بستگی دارد. شومپیتر^۱ (۱۹۴۲) بر اهمیت نوآوری در تحول اقتصادی از طریق دیجیتال سازی تأکید کرده است. تحول اقتصادی (تولید) به نیروی کار، زمین، سرمایه و کارآفرین بستگی دارد که زمین عامل اصلی تولید در صنعت ساخت و ساز می‌باشد. با افزایش دیجیتالی شدن و در دسترس بودن داده‌های حاصل از فرآیند صنعت، بسیاری از عناوین شغلی جدید با تمرکز بر تحول دیجیتالی، مانند "مدیر نوآوری" یا "مدیر دیجیتال سازی" افزایش می‌یابد. در حال حاضر شرکت‌ها در حال بررسی فرصت‌هایی هستند که فناوری برای کاهش اتلاف و تکثیر، کنترل کیفیت، زمان و بودجه پروژه‌ها و تأثیر این موضوع بر اعتبار آن‌ها هستند. این عوامل برای موفقیت در چنین بازار رقابتی بسیار حیاتی می‌باشد. در انقلاب صنعتی چهارم دولت‌های بسیاری از کشورها صنعت ساخت و ساز پشتیبانی می‌نمایند [29]. تغییر در این صنعت با کاهش بودجه در ساخت و ساز و با استفاده بهینه از مواد محدود یا ساخت امکانات اضافی سازگار با محیط زیست، در محیط زیست تأثیرات چشمگیری خواهد داشت. اگرچه سایر صنایع در طی سال‌های گذشته تغییرات باورنکردنی انجام شده و از مزایای فناوری برخوردار شده‌اند، صنعت ساخت و ساز در مورد پذیرش کامل فرصت‌های فن آوری مدرن اطمینان نداشته و کارایی خود را تضعیف نموده است. در حقیقت، صنعت ساخت و ساز پتانسیل بسیار زیادی برای افزایش اثربخشی، تعهدات نسبت به دیجیتالی شدن، فناوری‌های پیشگام و روش‌های نوین ساخت و ساز دارد [30]. صنعت ساخت و ساز باید یک برنامه استراتژیک برای حرکت سیستماتیک در چندین سطح هم‌راستا با انقلاب صنعتی چهارم داشته باشد [9].

۵- نتیجه‌گیری

اخیراً وارد طلوع چهارمین تکامل صنعتی که از نظر سرعت، مقیاس، پیچیدگی و قدرت تحول در مقایسه با انقلاب‌های پیشین متفاوت است، شده‌ایم. چالش‌های بسیاری ناشی از انقلاب چهارم صنعتی وجود دارند که باید بر آن‌ها غلبه کرد. این چالش‌ها اثرات موجی بر جوامع، نهادها و اقتصادها ایجاد کرده، شیوه زندگی، کار و تعامل با یکدیگر را تغییر خواهند داد. با این حال عملکرد صنعت ساخت و ساز که موتور هر اقتصادی محسوب می‌شود، می‌تواند مشابه صنعت تولید از طریق درگیری با انقلاب چهارم صنعتی، افزایش یابد. در این مطالعه که به دنبال شناسایی پیشرفت‌های انجام شده در صنعت ساخت و ساز در پشتیبانی از انقلاب چهارم صنعتی و دیجیتالی شدن، فرصت‌ها و چالش‌های به وجود آمده در نتیجه انقلاب چهارم صنعتی است مشخص می‌گردد که صنعت ساخت و ساز بیشتر از توان خود عمل نموده و از استفاده روش‌های دیجیتالی حمایت می‌کند. بر اساس مطالعه انجام شده مشخص شد که مفاهیم انقلاب چهارم صنعتی باید با تولید ساخت و ساز ترکیب شود، تخصص جدید باید در مهندسی فکری ساخت و ساز مدرن اعمال شده و برای دستیابی به توسعه پایدار، سطح ادغام افزایش یابد. در نتیجه می‌توان چنین بیان کرد که صنعت ساخت و ساز دارای پتانسیل بسیار زیادی برای افزایش اثربخشی، تعهدات نسبت به دیجیتالی شدن، فناوری‌های پیشگام و روش‌های نوین ساخت می‌باشد. درک چنین فن آوری‌های نو و پتانسیل اختلال در آن‌ها برای تمامی کشورها و به خصوص کشورهای در حال توسعه حیاتی می‌باشد.

۶- مراجع

1. Karimian, H., Attarzadeh, A. (2011). The role of the industrial revolution in the developments of Iranian handicrafts, Studies in the history of islam, Vol. 3, No. 11, pp: 1-22, 2011 [in Persian].

¹ Schumpeter



اولین کنفرانس ملی انجمن علمی پارک‌های علم و فناوری و مراکز رشد ایران

2. M. Xu, J. M. David, S. H. Kim, The Fourth Industrial Revolution: Opportunities and Challenges, International Journal of Financial Research, Vol. 9, No. 2, pp: 90-95, 2018.
3. M. Asadi, The fourth industrial revolution and the digital economy: Progressives for sustainable economic growth, Applied studies in management and development sciences, Vol. 17, pp: 1-26, 2019 [in Persian].
4. O. Ortiz, F. Castells, and G. Sonnemann, Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA. Construction and Building Materials, Vol. 23, No. 1, pp: 28-39. 2009.
5. Z.A. Memon, M.Z.A. Majid, and M. Mustaffar, An automatic project progress monitoring model by integrating auto CAD and digital photos, in Computing in Civil Engineering, pp: 1-13, 2005.
6. P. Prisecaru, Challenges of the Fourth Industrial Revolution." Knowledge Horizons. Economics, Vol. 8, No. 1, pp: 57-62, 2016. Web <https://search-proquest-com.ezproxy.libraries.udmercy.edu:2443/docview/1793552558?accountid=28018>.
7. W.S. Alaloul, M.S. Liew, and N.A.W.A. Zawawi, Identification of coordination factors affecting building projects performance, Alexandria Engineering Journal, Vol. 55, No. 3, pp: 2689-2698, 2016.
8. A.M. Blayse and K. Manley, Key influences on construction innovation. Construction innovation, Vol. 4, No. 3, pp: 143-154, 2004.
9. W. S. Alaloul, M. S. Liew, N. A. W. A. Zawawi, B. S. Mohammed, Industry Revolution IR 4.0: Future Opportunities and Challenges in Construction Industry, MATEC Web of Conferences, Vol. 203, No. 02010, pp:1-7, 2018.
10. K. Schwab, The Fourth Industrial Revolution, pp:1-184 ((Translated by I. Nabipour) Boushehr University of Medical Science Publication, 2017. (in Persian)
11. R. Greenwood, R. Suddaby, and C.R. Hinings, Theorizing change: The role of professional associations in the transformation of institutionalized fields. Academy of management journal, Vol. 45, No.1: pp: 58-80, 2002.
12. W.S. Alaloul, M.S. Liew, and N.A.W.A. Zawawi. The characteristics of coordination process in construction projects, in Technology Management and Emerging Technologies (ISTMET), International Symposium, IEEE, 2015.
13. E.S. Slaughter, Models of construction innovation. Journal of Construction Engineering and management, Vol. 124, No. 3, pp: 226-231, 1998.
14. K. Schwab, The Fourth Industrial Revolution, pp:1-184 ((Translated by I. Nabipour) Boushehr University of Medical Science Publication, 2017. (in Persian)
15. A.M. Blayse and K. Manley, Key influences on construction innovation. Construction innovation, Vol. 4, No. 3, pp: 143-154, 2004.
16. C.N. Huang, D. Wu, and M.-T. Wang, An Application of Auto-Identification System in Steel Structural Construction Process, in The 21th International Symposium on Automation and Robotics in Construction. ISARC, 2004.
17. R. Liu and V.C. Chua, Theoretical Digitalization of Information Flow in the Construction Supply Chain. International Journal of Management Research and Business Strategy, Vol. 5, No. 1, pp: 1-10, 2016.
18. Anderson, C, Makers: The New Industrial Revolution, New York: Crown Publishing, 2012.
19. Manyika, J., et al, Harnessing Automation for A Future That Works. Report by McKinsey Global Retrieved from <http://www.mckinsey.com/global-themes/digital-disruption/harnessing-automation-for-a-future-that-works>, 2017.
20. Schwab, K, The Fourth Industrial Revolution: What It Means and How to Respond. Retrieved from <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution>, 2015.
21. Tilden, M. W. Robotics Can - And Will - Change Our Lives In The Near Future. Retrieved from <https://www.theguardian.com/zurichfuturology/story/0,,1920335,00.html> guardian.co.uk
22. Höller, J., et al, From Machine-to-Machine to the Internet of Things: Introduction to a New Age of Intelligence (1 st ed.). Amsterdam: Elsevier, 2014.
23. L. Wang and G. Wang, Big data in cyber-physical systems, digital manufacturing and Industry 4.0. International Journal of Engineering and Manufacturing (IJEM), Vol. 6, No. 4, pp: 1-8, 2016.

24. M. Rylnikova, D. Radchenko, and D. Klebanov, Intelligent Mining Engineering Systems in the Structure of Industry 4.0., in E3S Web of Conferences, EDP Sciences, 2017.
25. D. Aghimien, C. Aigbavboa, A. Oke, W. Thwala & P. Moripe, Digitalization of construction organisations – a case for digital partnering, International Journal of Construction Management, 2020, <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1745134>.
26. V. A. Kudryavtseva¹ and N. V. Vasileva, On the development of a united digital platform in the construction industry, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Vol. 880, No. 012079, pp.1-6, 2020, doi:10.1088/1757-899X/880/1/012079.
27. M. Ammar, G. Russello, B. Crispo, Internet of Things: A survey on the security of IoT frameworks, J Inform Secur Appl, pp. 38:8–27, 2018.
28. M. Crnjac, I. Veza, N. Banduka, From Concept to the Introduction of Industry 4.0, Int J Ind Eng Manag (IJIEM), Vol. 8, No. 1, pp. 21–30, 2017.
29. R. Maskuriy, A. Selamat, P. Maresova, O. Krejcar, O. O. David, Industry 4.0 for the Construction Industry: Review of Management Perspective, Economies, Vol. 7, No. 68, pp. 1-14 , 2019, doi:10.3390/economies7030068.
30. W. Alaloul, M. Liew, and N. Zawawi. Attributes of coordination process in construction projects. in Engineering Challenges for Sustainable Future: Proceedings of the 3rd International Conference on Civil, Offshore and Environmental Engineering (ICCOEE 2016, Malaysia, 15-17 Aug 2016). 2016. CRC Press.