

بکارگیری مدل سازی اطلاعات ساختمان و نقشه برداری جریان ارزش از مفاهیم ناب به منظور بهبود در مدیریت پروژه های ساخت

زهرا اندایش سر

کارشناسی ارشد رشته مدیریت پروژه و ساخت، موسسه غیرانتفاعی هنر و معماری پارس، تهران

Zahra_andishsar@yahoo.com

ارسال: اردیبهشت ۱۴۰۰ پذیرش: خرداد ۱۴۰۰

چکیده

هدف از پژوهش حاضر تاثیر بکارگیری مدل سازی اطلاعات ساختمان و نقشه برداری جریان ارزش در بهبود مدیریت پروژه های ساخت می باشد. صنعت ساخت و ساز از مشکلات زیادی رنج می برد که ناشی از اتلاف های موجود در پروژه می باشد. نتیجه رایج این اتلاف ها افزایش زمان و هزینه می باشد که بر عملکرد ذینفعان پروژه تاثیر منفی دارد. اصلاح این امر نیازمند نگرشی نوین در بحث مدیریت پروژه ها است تا بتوان با حداقل منابع به حداکثر بازدهی در زمان برنامه ریزی شده رسید. این تحقیق که بصورت کتابخانه ای تدوین شده است پس از نگاه اجمالی به مدیریت اطلاعات ساختمان و مدیریت ناب به تشریح اثرات مثبت تعامل این دو می پردازد. این مهم با استفاده از ابزار مناسبی مانند مدلسازی اطلاعات ساختمان و تعیین همه جانبه ارزش ها در راستای انجام پروژه و شناسایی جریان ارزش از ابتدا تا انتهای فرآیند ساخت به منظور حذف اتلاف ها میسر می شود که نتیجه آن افزایش ارزش فرآیندها و کاهش زمان و هزینه پروژه ها می باشد.

کلمات کلیدی: مفاهیم ناب، نقشه برداری جریان ارزش، مدل سازی اطلاعات ساختمان، مدیریت هزینه و زمان.

۱- مقدمه

از مسائل مهم در مدیریت پروژه های عمرانی، مدیریت هزینه و زمان پروژه است. پروژه های عمرانی بخش اعظمی از بودجه های سالیانه کشور را به خود اختصاص می دهند، که جزء مهم ترین قسمت های برنامه کشور می باشد که باید با مدیریت صحیح هزینه مطابق با بودجه مصوب به اتمام برسند. اما علیرغم برنامه ریزی های تفصیلی در ابتدای پروژه ها، میانگین هزینه های برنامه ریزی شده در پروژه های عمرانی کشور معمولاً بیشتر از پیش بینی ها است.

بر اساس آمار گزارش شده از سوی سازمان معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، میانگین وزنی زمان اجرای طرح های ملی که در سال ۱۳۸۲ در ایران خاتمه یافتند، بیش از یک دهه یعنی حدود ۱۱ سال بوده است، این در حالی است که ارقام متناظر طرح های ملی در کشورهای برخوردار از توسعه، حدود ۴ سال می باشد. به عبارت دیگر یعنی ۲.۵ برابر کوتاهتر از

ارقام گزارش شده در ایران است. باید دانست که شرایط حاکم بر طرح های عمرانی بازتاب شیوه های مدیریت مجموعه های مرتبط آنها است، بنابراین شیوه های نوین مدیریتی و استفاده از مدلسازی اطلاعات ساختمان راهگشا می باشد [۱].

متأسفانه اکثر سیستم های مدیریتی مورد استفاده در پروژه های بزرگ به خوبی، متمرکز و یکپارچه نمی باشند؛ زیرا مستقل از هم و به منظور رفع نیازهای خاص تعریف شده اند، لذا یک سیستم مدیریت هزینه پروژه کارآمد به خوبی می تواند با گزارش گیری از واحدهای مختلف در خصوص مصرف منابع، کنترل های لازم را انجام و در صورت نیاز هشدارهای به موقع را جهت اجتناب از هر گونه انحطاط، اعلام نماید [۲].

کاهش هزینه ها و مدیریت منابع موجود جزو اهداف اصلی هر پروژه ساختمانی می باشد. اما سوالی که همواره ذهن مدیران و برنامه ریزان پروژه را در مراحل گوناگون اجرای پروژه به خود مشغول می کند این است که چگونه می توان به تعادلی مناسب بین زمان و هزینه های برآورد شده برای پروژه (که مطمئناً هیچ گاه کاملاً قطعی نیستند) دست یافت، به گونه ای که ضمن حداکثر استفاده از منابع موجود، پروژه در زمان های پیش بینی شده و با کیفیت مورد نظر به اتمام برسد زیرا که با اتمام پروژه در زمان پیش بینی شده از افزایش هزینه ها جلوگیری خواهد شد [۳].

هدف اصلی این تحقیق در این است که بتواند با ابزار و مفاهیم مطرح شده، راه حلی جهت بهبود و ارتقاء هر چه بیشتر و بهتر فرآیند مدیریت هزینه معرفی نماید. بدین منظور می توان دو رویکرد مهم و کارآمد را در نظر گرفت.

رویکرد اول استفاده از مدلسازی اطلاعات ساختمان است که همزمان با مدل ۳ بعدی مذکور، برنامه زمان بندی پروژه در بعد چهارم و هزینه در بعد پنجم حاصل می گردد. محیط مجازی BIM شناسایی و اجرای تغییرات مورد نظر را از طریق افزایش قابلیت دیداری و پیش بینی امکان پذیر می سازد در واقع این قابلیت محیطی برای همکاری و تبادل آزاد ایده ها و اندیشه های ذینفعان و اتخاذ تصمیمات بهینه برای کاهش قابل توجه ضایعات و دوباره کاری ها به منظور مدیریت هزینه فراهم می کند. رویکرد دوم استفاده از مفاهیم ساخت و ساز ناب در برنامه ریزی است که اصل اساسی آن کاهش ضایعات و حداقل استفاده از هر چیزی من جمله مصالح، نیروی انسانی، فضای کاری و ... نسبت به تولید انبوه می باشد. از جمله ابزارهای مهم اصول ناب، نقشه برداری جریان ارزش می باشد که هدف اصلی آن شناسایی و حذف اتلاف ها و ایجاد یک ساختار کاری منسجم و شناسایی استراتژی های ممکن جهت حداکثر سازی نرخ تولید با در نظر گرفتن استفاده پیوسته از منابع می باشد.

با توجه به موارد فوق الذکر، این پژوهش بدنبال این است که، بکارگیری مدلسازی اطلاعات ساختمان و جریان ارزش از مفاهیم ناب چه تاثیری در کاهش زمان و هزینه جهت بهبود مدیریت در پروژه های ساخت دارد.

۲- پیشینه تحقیق

۲-۱- ساخت و ساز ناب (Lean Construction)

کاربرد تفکر ناب در فرآیند طراحی و ساخت در راستای بهبود فرآیند تحویل پروژه و به دست آوردن ارزش برای کارفرما و بالاترین بازدهی برای ساخت است [۱۸]. استفاده از فلسفه ناب در صنعت ساختمان توسط کاسکلا در سال ۱۹۹۲ الهام شد. سپس در سال ۲۰۰۰ او ادعا کرد که علیرغم تلاش طولانی برای بهبود تولید در صنعت ساختمان، این صنعت از کمبود بازدهی رنج می برد، کاسکلا اظهار داشت که صنعت ساختمان نیازمند یک نظریه کلی به منظور تمرکز بر بهبود عناصر اساسی است. اگر چه این تلاش از استراتژی ناب در تویوتا الهام گرفته شده بود، ساختار ناب پیشنهادی کاسکلا، تفسیر متفاوتی از ساختار تویوتا ارائه داده که با بعضی اصول تویوتا تفاوت دارد. کاسکلا عنصر که باید در ساخت بر آنها متمرکز شد را پیشنهاد نمود: تبدیل، فرآیند و ارزش. او تأکید کرد که در ساخت، به اهمیت فرآیند و ارزش چندان توجهی نمی شود و ساخت فقط بر تبدیل متمرکز شده است [۱۹].

برای اولین بار لوری کاسکلا در سال ۱۹۹۲ جامعه مدیریت ساخت و ساز را برای توجه به کافی نبودن الگوهای مختلف موجود زمانی، مالی و کیفی برای مدیریت این قبیل پروژه ها به چالش کشید. پس از آن بالارد و هاوول بودند که سعی در شکستن الگوهای سنتی مدیریت پروژه در مقاله های خود از سال های ۱۹۹۴ تا ۱۹۹۸ داشتند. بالارد و هاوول پس از آنالیز پروژه های مختلف ساخت و ساز به این نتیجه رسیدند که معمولاً به صورت نرمال پنجاه درصد از وظایف کاری برنامه ریزی شده در یک هفته کاری، در پایان آن هفته انجام می گیرند؛ درحالی که سازنده ها میتوانند با مدیریت تغییرات لازم از شروع ساختار پروژه تا باقی مراحل آن بیشتر این مشکلات موجود تاخیری را کاهش دهند [۲۰].

کاسکلا عقیده داشت که عدم تطابق بین مدل های مفهومی و واقعیت مشاهده شده در مدیریت موجود ساخت و ساز، نیاز به وارد شدن یک نظریه معروف از تولید به ساخت و ساز را تقویت می کند و پس از آن بود که استفاده از سیستم تولید ناب مطرح شده در سیستم تولیدی شرکت تویوتا را به منظور ایجاد یک الگوی فراگیر در ساخت و ساز پیش کشید .

سپس به همراه هاوول کاستی های موجود در تئوری مدیریتی که به طور خاص به مواردی چون برنامه ریزی، اجرا و کنترل مربوط می شد را در پروژه هایی بر پایه سیستم های تولیدی بررسی کرد و نشان داد که سایت های ساخت و ساز منعکس کننده رفتار یک سیستم تولیدی پیچیده و پر هرج و مرج به ویژه در جریان مدیریت مواد و مصالح و اطلاعات می باشند که نیاز به یک فلسفه فکری هم ردیف با فلسفه تولید ناب را نشان میدهند و آن فلسفه ساخت و ساز ناب می باشد [۲۱].

برای این منظور بهترین راه دخالت دادن تمامی ذی نفع های پروژه از همان ابتدای کار به جای انتهای آن (مانند کارفرما، سازنده یا پیمانکار، مدیران بخشهای مختلف و اسفاده کنندگان نهایی) در پروژه و مشاهده واکنش های مستقیم آنها به طرح می باشد. ساخت و ساز ناب بر این عقیده است که اصول حاکم بر مدیریت در سطح پروژه های ساخت و ساز بر اساس اصول حاکم بر مدیریت تولید است و پروژه های ساخت و ساز شامل میان پروژه هایی می باشند که بوسیله مدیریت تولید قابل مدیریت هستند [۲۲].

۲-۲- مدلسازی اطلاعات ساختمان

فناوری BIM علاوه بر ایجاد ارتباط هوشمند بین اجزاء مختلف طراحی، امکان بررسی سناریوهای مختلف طراحی را برای تمام گروه ها، به صورت مجازی می دهد. به عنوان مثال یکی از سناریوها، میتواند چرخش مدل ساختمان و بررسی تغییرات میزان مصرف انرژی آن، بر حسب زوایای مختلف تابش خورشید باشد. همینطور گروه های دیگر طراحی مشتمل بر سازه و تاسیسات نیز قادرند با اعمال تغییراتی در مدلشان، اثرات این سناریوها را بر معماری پروژه ببینند. بالاخره، پیمانکاران قادرند در حین طراحی و توسعه مدل ساختمان، مواردی از قبیل توالی اجرا، کارایی، ساخت و نصب را به صورت مجازی تجربه کنند [۲۳].

۳- ضرورت و اهمیت تحقیق

صنعت ساخت و ساز یکی از بخش های اصلی اقتصاد جهانی، با عدم بهره وری و کارآمدی پایین مواجه است. ارزش افزوده کم در فعالیت های این صنعت به همراه فعالیتهای غیر مفید موجود در صنعت و عدم استفاده از ابزار های مناسب جهت کنترل پروژه باعث افزایش هزینه شده است که سبب اتمام پروژه ها بصورت ناموفق گردیده است. صنعت ساخت و ساز، از دیرباز به دنبال تکنیک های کاهش هزینه های پروژه، افزایش بهره وری و کاهش زمان تحویل پروژه بوده اند. کاهش هزینه ها و مدیریت منابع موجود جزو اهداف اصلی هر پروژه ساختمانی می باشد. با توجه به اینکه پروژه های عمرانی حدود یک سوم از بودجه سالیانه کشور را به خود اختصاص می دهند، بدیهی است شناخت چالش های اصلی در مدیریت هزینه های پروژه های عمرانی و استفاده صحیح از الگویی برای مدیریت هزینه، بیش از پیش ضروری به نظر می رسد [۲۴].

بر اساس آمار دولت فدرال آمریکا با به کارگیری مدلسازی اطلاعات ساختمان در صنعت ساختمان بیش از ۳ درصد در هزینه های اجرای پروژه های ساختمانی صرفه جویی می شود [۱۴]. موسسه ملی استاندارد و فناوری (NIST) مطالعه ای در ارتباط با

هزینه‌های اضافی ایجاد شده برای کارفرمایان ساختمان‌ها بر اثر عدم هماهنگی و همچنین عدم تبادل مؤثر اطلاعات را مورد بررسی قرار داده است. این مطالعه هم تبادل و هم مدیریت اطلاعات را در بر گرفته است، که در آن‌ها سامانه‌های فردی قادر به دسترسی و استفاده از اطلاعات وارد شده از دیگر سامانه‌ها نبودند و ناهماهنگی بین سامانه‌ها اغلب اعضای پروژه را از اشتراک اطلاعات به صورت سریع و دقیق باز می‌داشت، که باعث مشکلات زیادی شامل افزایش هزینه، تاخیرات و غیره می‌شود. که هزینه فاز بهره‌برداری بهره‌برداران و مالکان در حدود ۹۰۲۷.۲ میلیون دلار و هزینه کل معادل ۱۰۶۴۸ میلیون دلار است که حدود ۶۷.۳ درصد هزینه‌های اضافی کل فازهای ساخت پروژه را شامل می‌شود. با توجه به حجم مالی رد و بدل شده در پروژه‌های عمرانی، منطقی و پایه مهندسی بر این منوال است که تا حد امکان بهینه‌ترین گزینه‌ها در تصمیم‌گیری‌ها باید لحاظ گردد. این تکنولوژی به مهندسین مرتبط با ساخت و ساز این امکان را می‌دهد که پیش از اجرا، شمای کلی از طرح مورد نظر خود مشاهده کرده و در محاسبات خود بهینه‌ترین و کاراترین حالت ممکن را انتخاب نمایند این استراتژی ختم به جلوگیری از پرت هزینه گشته و با استفاده از BIM و LEAN می‌توان از پرداخت هزینه‌های مربوط به دوباره کاری نیز اجتناب نمود [۲۵].

در چند سال گذشته تاکید اصلی در صنعت ساخت و ساز بر روی یکپارچه سازی فرآیندهای پروژه‌های مختلف با استفاده از رویکرد یکپارچه و فعال کردن فن آوری در این زمینه است که در تعامل با تمام ذینفعان برای دستیابی به موفقیت باشد. یکی از فرآیندهای مهم پروژه، مدیریت هزینه است که شامل برآورد هزینه، کنترل هزینه و مشاوره هزینه در جریان نقدی و پرداخت است. بنابراین بررسی چشم انداز عمل مدیریت هزینه و تعیین اینکه مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و مفاهیم ناب چه تاثیری و چگونه در بهبود آن دارند، بسیار مهم است [۲۶].

با اینکه تولید ناب در طی سالیان اخیر رشد کرده و به تکامل رسیده ولی گسترش آن به سایر کشورها و صنایع به کندی صورت گرفته است. امروزه می‌توان شرکت‌هایی را شناسایی کرد که ناب هستند ولی هنوز خود را با همه شیوه‌های ناب سازگار نکرده اند. در دو دهه اخیر ساخت و ساز ناب پیشرفت‌های چشم‌گیری را به خود دیده است، پیشرفت‌هایی از قبیل سازگار کردن فلسفه‌های تولید ناب با ساخت و ساز ناب، شناخت تکنیک‌های توسعه یافته در تولید ناب و تغییر در آنها برای اعمال بر ساخت و ساز، ابداع تکنیک‌های جدید در ساخت ساز در راستای اصول و اعتقادات فلسفه ناب و همچنین اعمال همه جانبه این تکنیک‌ها بر پروژه‌های مختلف ساخت و ساز و بررسی نتایج آنها، ولی کماکان روش سازمان یافته‌ای برای اعمال همه جانبه این اصول و تکنیک‌ها در پروژه‌هایی با مقیاس بسیار بزرگ و پروژه‌های زیربنایی وجود ندارد و این مسئله تا به حال در دنیا به جواب مشخص و قابل‌اعتنایی نرسیده است و به صورت یک سوال باز وجود دارد.

کشور ایران از جمله کشورهای در حال توسعه می‌باشد که در دو دهه اخیر علی‌رغم وجود موانع، کاستی‌ها و مشکلات فراوان، تلاش چشمگیری برای بهبود وضعیت پروژه‌ها در جهت پیشرفت‌های اقتصادی، عمرانی و اجتماعی داشته است و یکی از بنیان‌های اساسی پیشرفت و توسعه پایدار، اجرای طرح‌های عمرانی و زیربنایی مانند پروژه‌های خطوط انتقال به بهترین نحو است. از طرفی تحریم‌های اقتصادی، ریسک‌های بالای سرمایه‌گذاری کشور، و محدودیت منابع داخلی از مهمترین چالش‌های تامین مالی پروژه‌ها در ایران می‌باشند. جهت کنترل و استفاده بهینه از این سرمایه نیاز به مدیریتی همه جانبه از طرح اولیه تا تولید و خدمات پس از آن به شدت احساس می‌شود تا بتوان به بازدهی حداکثر جهت این سرمایه رسید. برای رسیدن به این دو مهم در این تحقیق سعی بر آن شده است تا با سازگار کردن اصول ساخت و ساز ناب با پروژه‌های با مقیاس بزرگ خطوط انتقال جهت جلوگیری از هدر رفتن سرمایه‌های ملی گام برداشت.

از بُعد هدف این تحقیق، یک تحقیق کاربردی است چرا که هدف آن مدیریت بهینه هزینه از طریق تعامل BIM و LEAN می باشد. روش تحقیق و متدولوژی مورد استفاده در این تحقیق شامل مطالعه منابع مکتوب و مقالات روز در باب BIM و LEAN می باشد.

۵- ادبیات موضوعی تحقیق

۵-۱- ساخت و ساز ناب^۱

با توجه به موفقیت چشمگیر اصول و مبانی ناب در تولید تلاش های زیادی برای استفاده از آن در سایر زمینه ها از جمله ساخت و ساز شکل گرفت و نتیجه این شد که می توان از اصول ناب به عنوان یک کاتالیزور در بحث ساخت و ساز ناب استفاده کرد و یک دامنه از انواع پروژه ها (ساختمانی، بازرگانی، صنعتی، و ...) همچنین مشخصات پروژه ها (تعریف پروژه ها، طراحی، تجهیز، مونتاژ، و ...)، را مشخص کرده و با استفاده از مفهوم دانش مدیریت ساخت ناب آنها را پوشش داد. سابقاً به ساخت و ساز به عنوان یک سری از فعالیت های پشت سر هم نگاه می شد که با مدل مسیر بحرانی مدل شده و توانایی هماهنگی با ایجاد مدل برای اتلاف های فعالیتی از جمله انتظار، موجودی، انتقال مواد و مصالح ... را ندارد. اما در نگاه امروزی می توان به ساخت و ساز به مانند فرآیند های در جریانی نگاه کرد که توانایی سازگار شدن با اصول تولید ناب را دارد [۴].

ساخت و ساز ناب راهی است برای طراحی سیستم های ساخت و ساز برای کاهش اتلاف های مواد و مصالح، اتلاف های زمانی و سایر اتلاف ها و در تلاش است تا بیشترین مقدار ممکن ارزش قابل کسب را بوجود بیاورد [۵].

❖ روش های ساخت و ساز ناب

۵-۱-۱- روش S5

این روش تأکید بر تمیزکاری و نظم در محیط کارگاه دارد و همچنین از نتایج ملموس تری نسبت به دیگر روش ها برخوردار است. مراحل پنج گانه این روش عبارتند از:

۱. مرتب سازی
۲. اختصاص مکان
۳. ایجاد امکان استاندارد
۴. درخشش
۵. ادامه روند

۵-۱-۲- روش Planner Last

این روش که در سال ۲۰۰۰ توسط بالارد مطرح شد، تکیه بر انجام فعالیت هایی دارد که می توانند انجام گیرند و منابع لازم برای انجام آنها وجود دارد و نه فعالیت هایی که باید انجام گیرد. با توجه به طبیعت پویایی پروژه های ساخت یک برنامه زمانبندی اصلی که در ابتدای پروژه تهیه میشود به هیچ عنوان نمی تواند به طور کامل تا آخر محقق شود. مراحل این روش عبارتند از:

۱. برنامه زمانبندی اصلی تنها شامل مایلستون ها می باشد که تاریخ آنها توسط تاریخ اتمام پروژه مشخص می شوند و با بازگشت به عقب به شروع پروژه ختم می شوند.

¹ Lean construction

۲. یک برنامه میان مدت که فعالیت های اصلی برای تحقق مایلستون ها را شامل می شود، تنظیم شده که پروژه را ملزم به تکمیل به موقع با توجه به برنامه اصلی می گرداند. در این مرحله تمامی محدودیت هایی که باعث عدم تکمیل فعالیت ها شده، شناسایی می شود. طول این زمانبندی بین ۶ تا ۸ هفته بسته به محدودیت ها متغیر است.

۳. برنامه کوتاه مدت تری به مدت یک هفته تنظیم شده تا با تمامی فعالیت هایی که در برنامه ۶ هفته ای در نظر گرفته شده منطبق باشد و شامل فعالیت هایی باشد که تا آن هفته می توانند شروع شوند. معیار سنجش و شاخص با تقسیم فعالیت های تکمیل شده بر کل فعالیت ها در مدت یک هفته و به صورت ارزیابی پیشرفت پروژه درصدی محاسبه می شود. همچنین دلایل عدم تکمیل فعالیت ها توسط عوامل پروژه مورد بحث قرار گرفته و برای رفع آنها راهکارهایی پیش بینی می شود. در جلسات هفتگی منظم کارهایی که می تواند انجام شود و کارهایی که باید انجام شود و کارهایی که انجام خواهد شد مورد بحث قرار گرفته و بر یادگیری کل اعضا تأکید می شود.

۵-۱-۳- روش Takt time

این روش به عنوان پایه و اساس بهبود پیوسته که از اهداف اصلی تولید ناب می باشد، به شمار می رود. یکی از مشکلات رایج در صنعت ساخت وجود افراد با مهارت های گوناگون برای انجام فعالیت های مختلف می باشد، همین امر باعث می شود فرایند ساخت دائماً در حال تغییر باشد. در این روش در فرم اول بایستی Takt time یعنی زمانی از یک فعالیت که باعث می شود محصول به موقع به دست مشتری برسد، و او را راضی گرداند را به Time Cycle زمانی که طول می کشد تا یک فعالیت پایان یابد، را تا آنجا که ممکن است به یکدیگر نزدیک گرداند. به عبارت دیگر محصول نباید آنقدر زود تولید شود تا در انبار دپو گردد و نه آنقدر دیر که مشتری را معطل گرداند. در مرحله بعد بایستی ترتیب کارها و نیازهای عوامل پروژه در هر مرحله از کار به صورت یکسری دستوالعمل استاندارد در جداولی تهیه گردد. همچنین محدوده مسؤلیت تیم های اجرایی مختلف به صورت شفاف تعیین گردد. نقش مدیریت جلوگیری از انحراف از ساز و کار تعیین شده و یافتن دلایل وجود انحراف و در صورت لزوم اصلاح استاندارد تعریف شده می باشد. بهتر است استاندارد سازی فرایندهای مختلف به صورت شماتیک در محل اجرای آنها نصب گردد تا عمل پیگیری و تصحیح انحراف از ساز و کار استاندارد تسهیل گردد. تفکر ناب برای دستیابی به اهداف خود و طی گام های پیاده سازی اصول مذکور، بر شناسایی و حذف اتلاف ها از فرآیند ها تأکید می نماید. استفاده از زمانبندی با روش Takt time، یکی از روش های کلیدی در مفاهیم تولید ناب می باشد. اجرای این روش، متضمن جلوگیری از تولید مازاد بر نیاز در فعالیت های بالا دستی می باشد. به این مفهوم که مقدار تولید در هر زیر فرآیند، با ضرب آهنگ مورد نیاز صورت می گیرد. از مزایای ذکر شده در این روش این است که مجموع زمان مورد نیاز جهت اجرای بسته ای از فعالیت ها کاهش یافته و فرآیند اجرای فعالیت ها پایدار سازی می گردد. همچنین تعداد فعالیت ها و زمان انتظار بین مراحل کاری کاهش می یابد، حمل و نقل و ارتباطات بین آیتم ها بهینه و اساساً ظرفیت تولید بالاتری حاصل می گردد [۶]. هدف از اجرای Takt time طراحی سیستم برنامه ریزی جهت پیاده سازی بهتر و دقیق تر کنترل جریان کار پیوسته برای فعالیت های قابل اجرا می باشد [۷].

۵-۱-۴- روش نقشه برداری جریان ارزش (VSM)

از رایج ترین ابزارهای مورد استفاده در تولید ناب، روش ترسیم جریان است. این روش یک ابزار کمی می باشد که فرایندهای مختلف تولید محصول را به صورت شماتیک از مصالح خام تا زمانی که به دست مشتری می رسد را نشان می دهد و وضعیت موجود را نمایش داده که با استفاده از آن وضعیت آینده را پیش بینی کرده و درعین حال بهبود بخشد. پس از ترسیم جریان ارزش به راحتی می توان با یک نگاه، فعالیت های ارزش آفرین را از غیرارزش آفرین متمایز برای تلفات چاره ای اندیشید. این روش نیز بر اصل تولید به موقع و نزدیک کردن هرچه ممکن Takt time یا Time Cycle تأکید دارد [۸].

مدیریت جریان ارزش فرآیندی است در راستای برنامه ریزی و ارتباط که با تکیه بر ناب از طریق دریافت اطلاعات دقیق و حساب شده و تجزیه و تحلیل آنها حاصل می شود. در سال های اخیر مدیریت جریان ارزش به عنوان یکی از بهترین راه ها برای اجرای ناب به چشم می خورد. نقشه برداری جریان ارزش نیز ابرازی است که برای تشریح شبکه زنجیره تامین به کار برده می شود که نه تنها جریان مواد، بلکه جریان اطلاعات را نیز نشان می دهد. این نمونه عینی، فرآیند اجرای ناب را با کمک شناسایی مراحل دارای ارزش افزوده و حذف ضایعات و مراحل بدون ارزش افزوده تسهیل می نماید [۹].

ضایعات در صنعت ساخت موضوع تعداد زیادی از تحقیقات در پروژه های همرازی در سراسر دنیا بوده است. یکی از روش های موثر جهت حذف اتلاف، اعمال مفاهیم ناب در صنایع ساخت می باشد. یکی از بهترین ابزارهای مورد استفاده در شناسایی و حذف اتلاف، ترسیم جریان ارزش تولید است. به تصویر کشیدن جریان ارزش فرآیند مشخص می نماید که چه زمانی، کجا و به چه صورتی در اطلاعات و جریان کار، می توان منبع تولید اتلاف را حذف کرد.

نقشه برداری جریان ارزش از طریق یافتن خلا های موجود در فرآیند ساخت اقدام به بررسی علت آن می نماید سپس در جهت رفع آن تمرکز می کند تا به بیشترین ارزش افزوده دسترسی یابد [۱۰] و همچنین از طریق جریان چند لایه شناسایی ارزش (به عنوان مثال، زمان، هزینه، کیفیت محیط و جنبه های کارایی فرآیند) فرآیند را مورد بررسی قرار می دهد که به بهبود روند کلی، تجسم بهتر و ارزیابی فرآیند کمک می کند و منجر به سیستم های موثر مدیریت پسماند می شود [۱۱].

۵-۲- مدل سازی اطلاعات ساختمان^۱ (BIM)

اتودسک یکی از توسعه دهندگان بزرگ نرم افزار نقشه کشی و مدل سازی، BIM را فرآیندی مبتنی بر مدلی هوشمند برای ایجاد و مدیریت پروژه های زیر ساختی و ساختمانی، پیش اقتصادی و سریع تر، با تاثیرات کمتر زیست محیطی ارائه می نماید. در تعریفی دیگر گروه تحقیقاتی ایالتی پنسیلوانیا، BIM را فرآیند طراحی، تجزیه و تحلیل، یکپارچه سازی و مستند سازی دوران حیات یک ساختمان، با ایجاد نمونه مجازی هوشمند از ساختمان با استفاده از پایگاه داده ای از اطلاعات تعریف می کند. مدل سازی اطلاعات ساختمان، یک نمایش دیجیتال از خصوصیات فیزیکی و عملکردی یک ساختمان و یا یک پروژه می باشد که یک منبع دانش برای اشتراک گذاشتن اطلاعات در مورد یک ساختمان است و با تشکیل یک مبنای قابل اعتماد جهت تصمیم گیری در طول چرخه حیات خود، از "نخستین ایده تا تخریب" استفاده می گردد [۱۲-۱۳].

تعاریف مختلفی از تکنولوژی BIM در سراسر جهان وجود دارد که هر کدام از یک منظر این روش را تعریف و تحلیل می کنند. در اینجا ما چند تعریف کلیدی از BIM را داریم: نمایش دیجیتالی از ویژگی های عملکردی و فیزیکی تسهیلات است. BIM به عنوان یک منبع اطلاعاتی به اشتراک گذاشته شده برای تصمیم گیری در طول چرخه عمر پروژه، از مفهوم اولیه تا پایان آن تعریف می شود. تکنولوژی BIM یک مفهوم جامع است که به روش های مختلف در ادبیات تعریف شده است. در ابتدا، مخفف BIM می تواند برای اشاره به یک محصول مورد استفاده قرار گیرد (ساخت مدل اطلاعات، به معنی مجموعه داده های ساخته شده برای توصیف یک ساختمان)، یک فعالیت (مدل سازی اطلاعات ساختمان، به معنی عمل خلق یک مدل اطلاعاتی ساختمان)، یا یک سیستم مدیریت ساختمان اطلاعات، به این معنی که ساختار کسب و کار از تعامل کار و ارتباطات است که باعث افزایش کیفیت و بهره وری می شود. این فناوری نشان دهنده روند توسعه و استفاده از مدل های کامپیوتری برای شبیه سازی، برنامه ریزی، طراحی، ساخت و بهره برداری از پروژه های عمرانی است.

۵-۲-۱- BIM در کنترل هزینه پروژه های ساختمانی

اولین مرحله در هر پروژه ساختمانی برآورد هزینه های پروژه و تامین مالی آن است بدین منظور پس از تهیه نقشه های اجرایی اقدام به محاسبه هزینه های پروژه از قبیل مواد و مصالح مورد نیاز، دستمزد پرسنل و پیمانکاران اجرایی و مجوزها می کنند ولی

^۱ Building information modeling (BIM)

به دلیل مشخص نبودن دقیق مقدار مصالح مورد نیاز و گاهی نوع مصالح مصرفی در نازک کاری و عمدتاً به دلیل نداشتن دید دقیق از فضا و تغییرات در پارتیشن بندی نمی توان هزینه ها را بطور دقیقی برآورد نمود که همین امر باعث بروز مشکل در اکثر پروژه ها می شود.

با استفاده از BIM دقت و همکاری در تیم پروژه افزایش خواهد یافت که باعث کاهش هزینه ها، مدیریت بهتر زمان، بهبود روابط مشتری و ذینفعان و افزایش سودآوری خواهد شد. BIM در درون خود به صورت پیش فرض ویژگی های تخمین هزینه ها را دارد و مقادیر مصالح بصورت خودکار و حساس به هر تغییر هر چند اندک، قابل استخراج و تغییر می باشد. BIM به دلیل اینکه دارای مقیاس و بصورت سه بعدی است در نتیجه تداخلات سامانه های ساختمانی به سهولت قابل مشاهده است. همچنین عملکردهای محیطی قابل پیش بینی می شوند و همینطور هزینه های چرخه ساخت پروژه قابل فهم تر می گردد. در یک تحقیق جامع دانشگاه استنفورد ۳۲ پروژه را که از BIM استفاده کرده اند مورد بررسی قرار داده که نتایج حاصله به شرح زیر است [۱۴]:

- تغییرات تا ۴۰ درصد کاهش یافت.
- کاهش ۸۰ درصدی در زمان صرف شده برای برآورد هزینه.
- صرفه جویی تا ۱۰ درصد ارزش قرارداد از طریق تشخیص برخورد.
- کاهش ۷ درصدی زمان پروژه.
- افزایش کیفیت پروژه.

۵-۳- تعامل مدلسازی اطلاعات ساختمان و مفاهیم ناب

BIM و LEAN حتی به عنوان سیستم های مجزا باعث افزایش ارزش و بهبود قابل توجه سیستم ساخت می شوند. بر اساس گفته تلکه و همکاران (۲۰۰۸)، چند هم افزایی و تعامل مثبت بین اصول BIM و LEAN وجود دارد. از آنجاییکه BIM باعث افزایش کارایی مصرف مواد خام، پول و نیروی انسانی و زمان می شود می توان نتیجه گرفت که باعث ارتقای ساخت بر اثر سرعت بخشیدن به فرآیند ساخت، صرفه جویی و ایجاد ساختمان های بهتر می شود، در حالی که LEAN هم این مفاهیم را ارائه می دهد، پیاده سازی آن به واسطه کاربرد BIM امکان پذیر است. اصول LEAN باعث تمرکز و هدایت پیاده سازی BIM می شود. یک تجزیه و تحلیل گسترده از تعامل بین ساخت LEAN و BIM در سطح مفهومی صورت گرفته است و هم افزایی قابل توجهی بین این دو مشاهده شده است. شهرت این تعامل خاص در صنعت ساخت در سال های اخیر افزایش یافته است. مفهوم ساخت ناب مشکلات ذاتی در روند ساخت را نشان می دهد، در حالی که BIM بر موانع غلبه می کند. پژوهش های مداوم ۵۶ تعامل را بین این دو شناسایی کرده است که اکثر اشتراکات مثبت بوده است. به نظر می رسد BIM از اکثریت مفاهیم ناب پشتیبانی می کند [۱۵].

در صورت استفاده و بهره برداری همزمان از LEAN و BIM، اتلاف ها به حداقل خواهد رسید و همچنین مزایای زیادی برای پروژه های ساختمانی به همراه خواهد داشت [۱۶].

فن آوری پیشرفته BIM که با واقعیت مجازی نیز پیوند خورده است می تواند با ترکیب Lean Construction باعث افزایش کارایی در روند اجرای پروژه از طریق بهبود عملکرد شاخص های کلیدی چون زمان، هزینه و کاهش مصرف انرژی شود [۱۷].

۶- نتیجه گیری

ادغام مدلسازی اطلاعات ساختمان و نقشه برداری جریان ارزش از مدیریت ناب، یکی از مهم ترین موارد برای حل مشکلات و عمده انحرافات در سازمان، فرآیند و فناوری است. BIM یک ابزار تکنولوژی و LEAN فرآیندی است که از طریق شناسایی اتلاف ها برای پیاده سازی این ابزار استفاده می شود. استفاده از BIM به تنهایی تبدیل نقشه دو بعدی به سه بعدی و یا چند بعدی

است که تغییر خوبی می باشد اما دستاورد بزرگی نیست. BIM فناوری است که برای رسیدن به هدف پروژه مورد استفاده قرار می گیرد و ناب فرآیندی است که از طریق شناسایی جریان ارزش مورد نیاز می باشد تا مزایای اصلی از این تکنولوژی بدست آید.

بطور خلاصه شناسایی و ارزیابی ضایعات، فعالیت های فاقد ارزش در فرآیند ساخت و همچنین ارائه راهکارهایی جهت بهبود فرآیند با استفاده از نقشه برداری جریان ارزش که حتی قابلیت تبدیل شدن به یک فرهنگ رادارد، می تواند در اصلاح روند در فرآیند پروژه بسیار کارآمد و مفید واقع گردد و با دقت بالای BIM در برنامه ریزی و زمان بندی پروژه که ابزاری مناسب جهت کنترل و مدیریت کاربردی پروژه باشد ادغام گردد.

در صورتی که BIM بدرستی از طریق شناسایی جریان ارزش پیاده سازی و به کار گرفته شود منجر به کاهش تاخیرات، هزینه ها و افزایش ارزش برای ذینفعان می شود. همچنین می توان از دیدگاه تعامل بین مدلسازی اطلاعات ساختمان و نقشه برداری جریان ارزش از مفاهیم ناب در پروژه های عمرانی تکرار شونده مانند پروژه های ساختمان، احداث تونل و پروژه های خطی مانند خطوط انتقال و... استفاده نمود.

۷- مراجع

۱. بانکی و زویچی. (۱۳۸۸). "تقدی بر برنامه ریزی رایج در طرح های عمرانی با استفاده از فلسفه ساخت و ساز ناب (lean construction)."
2. Ben-Arieh, David, و Li Qian. (2003). "Activity-based cost management for design and development stage." International Journal of Production Economics.
۳. فرشید جلالی، فرهاد. و فریدون شیروانی. (۱۳۹۰). "مدیریت هزینه در پروژه های عمرانی با رویکرد موازنه زمان-هزینه." ششمین کنگره ملی مهندسی عمران.
4. Koskela, L. (1992). "Application of the new production philosophy to construction." center for integrated facility engineering (CIFE), technical report 79, Stanford University.
5. Koskela, L, Howell, G. (2002). "The Underlying Theory of Project Management is Obsolete." Proceedings of the PMI Research Conference.
6. Yassine, T, M Bacha, F Fayek, and F Hamzeh. (2014). "Implementing Takt-Time Planning in construction to improve Work flow." Proceeding. 22th Annual Conference. of the Int'l. Group for Lean Constr. (IGLC21) Oslo, Norway.
7. Womack, J. (2015). "Walking Through lean History." Lean Construction Journal.
۸. فیروزی، محمد و غلامرضا هروی. (۱۳۹۲). "بررسی اصول و روش های مدیریت ناب در پروژه های ساخت: با محوریت پروژه های انبوه سازی مسکن." هفتمین کنگره ملی مهندسی عمران.
9. Lian, Hua, Yang & van Landeghem, and Hendrick. (2002). "an application of simulation and value stream mapping in lean manufacturing." proceedings 14th european simulation symposium, pp.1-8.
10. Zahraee, Seyed Mojib, Rasoul Esrafilian, Ramtin Kardan, Nirajan Shiwakoti, and Peter Stasinopoulos. (2021). "Lean construction analysis of concrete pouring process using value stream mapping and Arena based simulation model." Materials Today: Proceedings.
11. Zahraee, Seyed Mojib, Ali Toloioe, Salman Jameh Abrishami, Nirajan Shiwakoti, and Peter Stasinopoulos. (2020). "Lean manufacturing analysis of a Heater industry based on value stream mapping and computer simulation." Procedia Manufacturing.
12. Rabnawaz Ahmed, Rana, and Xueqing Zhang. (2021). "Multi-layer value stream assessment of the reverse logistics network for inert construction waste management." Resources, Conservation and Recycling.
13. Holness, Gordon. (2006). "Building information modeling: Future direction of the design." Scopus.
14. Azhar, Salman, Michael Hein, and Blake Sketo. (2008). "Building Information Modeling (BIM): Benefits, Risks and Challenges." Proceeding of the 44th ASC Annual Conference.
15. Sacks, R, and L Koskela. (2010). "interaction of lean and building information modeling in construction." Journal of construction engineering and management 136 (9).

16. Ahuja, Ritu, Anil Sawhney, Mohammed Arif. (2017). "Driving lean and green project outcomes using BIM: A qualitative comparative analysis." International Journal of Sustainable Built Environment.
17. Dallasega, Patrick, Andrea Revolti, Philipp Christopher Sauer, Felix Schulze, and Erwin Rauch. (2020). "BIM, Augmented and Virtual Reality empowering Lean Construction Management: a project simulation game." Procedia Manufacturing.
18. Emuze, Fidelis. (2012). "Qualitative content analysis from the lean construction perspective: A focus on supply chain management." Acta Structilia 19 (1).
19. Koskela, L, P Huovila, and J Leinonen. (2002). "Design management in building construction: from theory to practice." Journal of Construction Research 3.
20. Koskela, L. (2000). "An exploration towards a Productiontheory and its application to construction." VVT Technical Research Centre of Finland.
21. Ballard, G, and Howell, G.(1994). "Implementation Lean Construction: Stabilizing Work Flow." Proceedings of the 2nd Annual Meeting of the International Group for Lean Construction, Santiago, Chile.
22. Abdelhamid, T.S., El-Gafy, M., and Sale, and O. (2008). "Lean Construction: Fundamentals And Principles." American Professional Constructor Journal, 2008.
23. Behringer, Alex, and Salman Azhar. (2012). "BIM for Construction Safety: A Case Study." Journal of Building Information Modeling.
۲۴. عزیزی، مجتبی. (۱۳۹۳). "چالش های اصلی در مدیریت هزینه پروژه های عمرانی." اولین همایش ملی عمران، معماری و توسعه پایدار.
25. Kassem, Mohamad, Bilal Succar, and Nashwan Dawood. (2013). "A proposed approach to comparing the BIM maturity of countries libre." 30th International Conference on Applications of IT in the AEC Industry.
26. Sunil, K, C Pathirage, and J Underwood. (2015). "The Importance of Integrating Cost Management with Building Information Modeling (BIM)." International Postgraduate Research Conference (IPRC 2015).