مهندسی عمران شریف (بهار ۱۳۹۶)
دوره‌ی ۲-۳۳، شماره‌ی ۱/۱، ص. ۱۲۹-۱۳۵، (یادداشت فنی)

Research Note

بهره‌گیری از فناوری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در تحویل یک‌پارچه‌ی اقلام پروژه

وحید شاه‌حسینی * **(استادیار)**
محمدحسن سبط (استاد)
حسین حجرالاسودی (کارشناس ارشد)
دانشکده‌ی مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

مدل اطلاعات ساختمان، مدلی سه بُعدی است که خصوصیات فیزیکی و عملکردی بنا را به‌صورت دیجیتال نمایش می‌دهد و همچنین یک پایگاه داده‌ی مشترک و قابل اتکا برای اخذ تصمیم‌های مناسب در طول چرخه‌ی عمر بنا محسوب می‌شود. با وجود مزایای بسیار فنّاوری مذکور، به دلیل ماهیت جزیره‌یی قراردادهای مرسوم، بخش عمده از پتانسیل نهفته در آن بدون استفاده می‌ماند. از سوی دیگر، تحویل یک‌پارچه‌ی اقلام پروژه (IPD) به‌عنوان یک رویکرد نوین قراردادی در پروژه‌های عمرانی به دنبال آن است که خروجی پروژه‌ها را از طریق هم‌راستاکردن اهداف پروژه و انگیزه‌های طرفین اصلی درگیر در پروژه بهبود بخشد. یکی از ضروریات اجرای این مدل قراردادی، ایجاد ارتباط قوی مابین ذی‌نفعان پروژه است. این مهم با بهره‌گیری از بیم (BIM) محقق می‌شود. از طرفی به موجب ویژگی‌های ذاتیIPD، بهره‌گیری بیشینه‌یی از مزایای BIM میسر می‌شود. در این نوشتار، ضمن معرفی BIM و IPD به بررسی و تدوین فرایندهای بهره‌گیری از BIM در اجرای IPD پرداخته شده است. فرایند پیشنهادی مبتنی بر مطالعه‌ی اسناد کتابخانه‌یی است و با بهره‌گیری از فرایند تدوین‌شده با تقویت همکاری و هماهنگی ذی‌نفعان پروژه، به بهبود خروجی‌های پروژه‌های عمرانی خواهد انجامید.

واژگان کلیدی: تحویل یک‌پارچه‌ی اقلام پروژه، قراردادهای نوین عمرانی، فنّاوری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، ساخت و ساز پایدار.

shahhosseini@aut.ac.ir
sebt@aut.ac.ir
hossein.hi@aut.ac.ir

۱. مقدمه

نیل به پایداری در پروژه‌های عمرانی بدون اصلاح فرایند طراحی و ساخت و بهبود کیفیت محصولات پروژه ممکن نیست. در سال‌های اخیر، ظهور فنّاوری‌های نوین، نوید افزایش بازده، کاهش هزینه‌ها، بهبود کیفیت خروجی‌های پروژه، و افزایش تولیدات را برای صنعت ساخت و ساز به همراه داشته است. مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM)[1] از جمله مهم‌ترین فنّاوری‌های ذکرشده است. فنّاوری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) یک فنّاوری نسبتاً جدید در صنعت ساخت و ساز محسوب می‌شود،[1] و می‌تواند پاسخی جامع به بسیاری مشکلات پیش رو در صنعت ساخت باشد. BIM در واقع فرایند تولید مدل گرافیکی مجازی سه بُعدی حاوی کلیه‌ی اطلاعات اساسی بناست، که می‌تواند زمینه‌ی طرح گزینه‌های متفاوت، تحلیل و در نهایت انتخاب گزینه‌ی برتر از میان آنها را فراهم سازد. این مدل بیشتر از آنکه یک طرح گرافیکی باشد، یک پایگاه داده است. با وجود آنکه BIM قابل استفاده در همه‌ی روش‌های اجرای پروژه است، ولی روش‌های اجرای معمول مانند روش سه عاملی (DBB) قادر به بهره‌گیری از همه‌ی ظرفیت نهفته در این فنّاوری نیستند.

از سوی دیگر، مدیریت و اجرای پروژه‌ها شدیداً به مدل قراردادی انتخاب‌شده در ابتدای پروژه وابسته است. این مدل، کلیه‌ی معیارهای سنجش موفقیت پروژه را تحت تأثیر قرار خواهد داد؛ معیارهایی چون هزینه، زمان، و کیفیت. تحویل یک‌پارچه‌ی اقلام پروژه (IPD)[2] به‌عنوان یک رویکرد نوین قراردادی در پروژه‌های عمرانی به دنبال آن است، که خروجی پروژه‌ها را از طریق هم‌راستاکردن اهداف پروژه با انگیزه‌های طرفین اصلی درگیر در پروژه بهبود بخشد. پیش‌نیاز ایجاد چنین فضایی در پروژه، وجود روابط مناسب و همکاری مؤثر[3] مابین ذی‌نفعان پروژه است.

از مزایای شاخصی که امروزه برای فنّاوری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان مطرح می‌شود، تسهیل ارتباطات، ایجاد هماهنگی و تقویت همکاری بین ذی‌نفعان پروژه است، که با وجود اهمیت بسیار کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد. این ویژگی BIM سطوح عالی از همکاری و ارتباط مؤثر موردنیاز در پروژه‌های IPD را ممکن می‌سازد. از سوی دیگر، در سایر مدل‌های قراردادی فضای مناسب برای بهره‌مندی از این قابلیت مهم BIM فراهم نمی‌شود. طبق نظر AIA و NASFA، اگر IPD کاملاً اعمال شود، برخی موانع شناسایی‌شده در راه بهره‌گیری از ظرفیت‌های BIM برطرف خواهد شد.[2و3]

* نویسنده مسئول
تاریخ: دریافت ۱۳۹۴/۱/۳۱، اصلاحیه ۱۳۹۴/۵/۱۱، پذیرش ۱۳۹۴/۵/۲۴.

Archive of SID
www.SID.ir

در این نوشتار، ضمن معرفی اجمالی BIM به‌عنوان یک ابزار هماهنگ‌سازی و IPD به‌عنوان یک روش اجرا، ضرورت به کارگیری هم‌زمان این دو تشریح می‌شود. در پایان با ارائه‌ی فرایند پیشنهادی روند هماهنگ‌سازی ذی‌نفعان در پروژه‌های IPD با استفاده از فنّاوری BIM تبیین می‌شود. امید است با به‌کارگیری روند پیشنهادی، ضمن بهبود همکاری‌ها و تعاملات ذی‌نفعان IPD، خروجی‌های پروژه به طور چشم‌گیری بهبود یابد.

۲. مطالعات پیشین

IPD روش نسبتاً جدیدی محسوب می‌شود و هنوز چندان مورد قبول دست‌اندرکاران صنعت ساخت قرار نگرفته است، با وجود تلاش برخی مؤسسات مانند مؤسسه‌ی معماران آمریکا (AIA) و انجمن پیمانکاران عمده‌ی آمریکا (AGC) در جهت ترویج و بهبود این مدل قراردادی و با وجود پروژه‌های موفق متعدد انجام‌شده به روش مذکور، میزان پروژه‌هایی که به این روش به انجام می‌رسند، بسیار ناچیز است.[۴-۶] دلایل متعددی برای کُندی روند بهره‌گیری از روش IPD وجود دارد، از جمله: جدیدبودن آن، عادت‌داشتن فعالان صنعت ساخت به روش‌های مرسوم قراردادی، ریسک‌های قانونی اتخاذ روش مذکور و سطح بالای همکاری موردنیاز آن. در مطالعات اخیر رفع موانع پیش روی اجرای IPD بسیار مورد توجه قرارگرفته است. در پژوهشی در سال ۲۰۱۱، موانع موجود به ۴ دسته‌ی کلی تقسیم شده است: ۱. حقوقی (ساختار قراردادی مناسب)؛ ۲. اقتصادی (تسهیم ریسک و پاداش‌ها)؛ ۳. فرهنگی (اعتماد و کار تیمی)؛ ۴. مرتبط با فنّاوری (قابلیت همکاری بین ذینفعان).[۷] پژوهش‌هایی که تاکنون روی IPD صورت‌گرفته است، بسیاری از مسائل مهم آن را پوشش داده‌اند، از جمله: راهنماهای اجرا، ساختار، و اشکال قرارداد، تفاوت‌ها مابین IPD و سایر روش‌های مرسوم قراردادی، مسائل فرهنگی و ارتباطی مثل اعتماد و کار تیمی، تغییرات فرایند ناشی از اجرا، و هم‌افزایی با BIM. مطالعات صورت‌گرفته، آینده‌ی روشنی را برای این روش قراردادی متصور هستند.

افراد زیادی به مطالعه و نگارش مزایای BIM پرداخته‌اند. در مطالعه‌ی دیگری (۲۰۱۱)، مزایای BIM در ۴ دسته طبقه‌بندی شده است؛ مزایای پیش از ساخت (بررسی مفهوم و امکان‌سنجی)، مزایای حین طراحی (تأمین تصویر مناسب از پروژه، تصحیح خودکار اشتباهات، تولید نقشه‌های دو بُعدی)، مزایای حین ساخت و اجرا (شناسایی تناقضات، ساخت خودکار قطعات، برآورد) و مزایای پس از ساخت مانند مدیریت ساختمان.[۱]

گروه وسیعی از فعالان صنعت ساخت شامل: معماران، توسعه‌دهندگان فنّاوری، مهندسان، پیمانکاران، و کارفرمایان مورد مطالعه قرارگرفته‌اند، تا زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه‌ی آنها در حوزه‌ی BIM معلوم شود. طبق یافته‌های آنها ۸۹٪ تمایل به پژوهش راجع به ارتباط BIM و مدیریت داشته‌اند، در حالی که ۸۷٪ به پژوهش در زمینه‌ی IPD تمایل نشان داده‌اند. مهم‌ترین ایده‌هایی که توسط گروه مورد مطالعه به‌عنوان موضوع مطالعات آینده پیشنهاد شده بودند، را می‌توان در چند مورد خلاصه کرد: هماهنگی با طراحی پایدار، بازنگری در IPD به‌عنوان روشی جهت اعتلای BIM، و مسائل مدیریتی در چرخه‌ی حیات پروژه.[۸] ایده‌ی «بازنگری در IPD به عنوان روشی جهت اعتلای BIM» نشان‌دهنده‌ی عدم درک صحیح از مفهوم فنّاوری BIM و فرایند IPD است. طبق تعریف AIA، «BIM یک بستر مناسب جهت همکاری در مدت طراحی پدید می‌آورد». یا در جایی دیگر اشاره به این موضوع دارد که: «BIM یک ابزار است نه یک روش قراردادی؛ اما فرایند IPD با بهره‌گیری از ابزار BIM قابلیت‌های نهفته‌ی آن را در عمل نمودار می‌سازد».[۲]

در نوشتار دیگری (۲۰۱۳) نیز به بررسی مزایای بیم پرداخته‌شده و با مطالعه‌ی ۳۵ پروژه‌ی ساختمانی، که از این فنّاوری بهره می‌بردند، کنترل بهتر بر روی پروژه و بهینه‌سازی هزینه‌ها به‌عنوان رایج‌ترین مزیت گزارش‌شده شناسایی شده است. از طرف دیگر، کاهش زمان ساخت و بهبود ارتباطات مابین ذی‌نفعان، خروجی‌های مثبت، و شاخص BIM محسوب می‌شوند. چالش‌های استفاده از نرم‌افزارهای BIM، مهم‌ترین مشکلات استفاده از آن محسوب می‌شوند.[۹]

۳. تحویل یک‌پارچه‌ی اقلام پروژه

پروژه‌های پیچیده نیازمند همکاری چند شرکت مختلف با تخصص‌های گوناگون در جهت انجام پروژه هستند.[۱۰] برای اطمینان از موفقیت در پروژه‌هایی که با همکاری چند شرکت انجام می‌شوند، اعتماد مابین ذی‌نفعان پروژه، یک عامل کلیدی به حساب می‌آید،[۱۱] و به دلیل ماهیت این‌گونه پروژه‌ها، نیاز به همکاری و یک‌پارچگی به شدت محسوس است.[۱۲]

تحویل یک‌پارچه‌ی اقلام پروژه، یک واکنش به همکاری وسیع موردنیاز در پروژه‌های پیچیده‌ی قرن ۲۱ است، که افراد زیادی در سازمان‌های مختلف را تحت تأثیر قرار خواهد داد. به دلیل جدیدبودن روش انتظار می‌رود با هر پروژه‌ی جدید، اصلاحی در آن صورت گیرد. اما در حالت کلی، عملکرد آن به این صورت خواهد بود: شرکت‌های کلیدی انتخاب‌شده جهت اجرای پروژه، تشکیل یک تیم مرکزی متشکل از کارفرما، معمار، مهندس مشاور، پیمانکار، و سایر ارکان اساسی درگیر در فرایند ساخت را خواهند داد. سپس یک قرارداد واحد چندجانبه بین کارفرما و سایرین به امضا می‌رسد. پس از امضای قرارداد، یک یا چند گروه مدیریتی تشکیل خواهد شد. پس از آن تیم مرکزی اقدام به تبیین اهداف پروژه از حیث زمان، هزینه، و کیفیت می‌کند. شرایط دیگری مانند همکاری با تعداد کمینه‌ی شرکت‌ها، نحوه‌ی ارتباطات و امنیت نیز می‌توانند بررسی و تصویب شوند. سود و پاداش‌ها توسط تیم مرکزی تقسیم و احتمالاً بر مبنای دست‌یابی به اهداف پروژه، دریافت خواهند شد. معمولاً تأکید اصلی بر استفاده از روش‌های ساخت و ساز ناب[۴]، مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و سیستم‌های اطلاعات مدیریت پروژه[۵] خواهد بود. IPD یک مفهوم بسیار قدرتمند است، ولی زمانی معنای کامل خود را می‌یابد که سطوح بالایی از همکاری موردنیاز باشد.

طبق تعریف مؤسسه‌ی معماران آمریکا، IPD یک رویکرد در اجرای پروژه‌هاست که افراد، سیستم‌ها، ساختار تجارت و کلیه‌ی فعالیت‌های مرتبط با اجرای پروژه را در یک فرایند گرد هم می‌آورد. فرایندی که در یک رویکرد مبتنی بر همکاری مؤثر، از استعدادها و توانایی‌های کلیه‌ی ذی‌نفعان پروژه در جهت بهینه‌کردن نتایج پروژه، افزایش ارزش برای کارفرما، کاهش ضایعات، و افزایش بهره‌وری در کلیه‌ی فازهای طراحی، ساخت و بهره‌برداری بهره می‌برد.[۲] هیچ‌گونه تعریف مشخصی از IPD وجود ندارد. با این حال میان همه‌ی پروژه‌های صورت‌پذیرفته به این روش وجوه مشترکی وجود دارد که به‌عنوان ویژگی‌های اصلی IPD نیز شناخته می‌شوند. قرارداد چندجانبه، مشارکت زودهنگام عوامل کلیدی، سود و زیان مشترک، و تصمیم‌سازی مشترک از ویژگی‌های اصلی این مدل قراردادی محسوب می‌شوند.

همکاری و ارتباط مؤثر مابین ذی‌نفعان پروژه از مهم‌ترین پیش‌نیازهای پروژه‌های IPD محسوب می‌شود. سود و زیان مشترک، انتخاب ذی‌نفعان پروژه به‌صورت مشورتی[۶]، قرارداد چندجانبه، تعریف اهداف به طور مشترک، مشارکت زودهنگام

Archive of SID
www.SID.ir

عوامل کلیدی و درنظرگرفتن تعهدات قراردادی جدید همه برای تضمین بهبود همکاری‌ها در این روش قراردادی در نظرگرفته شده است. از سوی دیگر، استفاده از فنّاوری‌های نوین مانند BIM به‌عنوان ابزار تقویت هماهنگی و همکاری، و نیز در متن قراردادهای استاندارد IPD به صراحت پیشنهاد شده است.[۱۳-۱۵]

۴. مدل‌سازی اطلاعات ساختمان

برای آنکه بتوانیم عملکرد ساختمان را در مراحل اولیه‌ی طراحی در نظر بگیریم، دسترسی به کلیه‌ی اطلاعاتی که ساختمان را تعریف می‌کنند، مثل: فرم، مصالح، و سیستم‌های فنی ضروری است. معمولاً نقشه‌های تولیدی در محیط کَد[۷] چنین نمای یک‌پارچه‌یی از ساختمان به دست نمی‌دهد. از سال ۲۰۰۲، عبارت «مدل اطلاعات ساختمان»، به طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته است. مدل اطلاعات ساختمان، ذخیره‌سازی اطلاعات مختلف تعریف‌کننده‌ی بنا را از طریق ایجاد یک مدل مجازی ممکن می‌سازد. مدلی که بیشتر یک «منبع اطلاعاتی» است تا یک طرح گرافیکی.[۱۶] بیم به صورت هوشمند عوامل دو بُعدی و سه بُعدی را که در طراحی یک ساختمان نقش دارند، به همراه عوامل خارجی مانند موقعیت جغرافیایی و شرایط طراحی محلی، به‌صورت یک پایگاه اطلاعاتی ترکیب می‌کند و منبع واحد و یک‌پارچه‌یی را برای کلیه‌ی اطلاعات مربوط به آن ساختمان فراهم می‌کند. «هوشمندی» اطلاق‌شده به عناصر، شامل اطلاعات گرافیکی و غیرگرافیکی می‌شود که به معمار، مهندسان برق، سازه، تأسیسات و پیمانکاران توانایی نمایش روابط کارکردی و هندسی بین عناصر را می‌دهد. یکی از اهداف برجسته‌ی BIM ایجاد همکاری بیشتر و بهینه بین ذی‌نفعان در پروسه‌ی ساخت بناست، که با ذخیره‌سازی اطلاعات مرتبط با هرگام طراحی و نمایش آن به زبانی قابل فهم برای کلیه‌ی ذی‌نفعان پروژه ممکن می‌شود. این قابلیت مدل جهت سرویس‌دهی، به‌عنوان یک مخزن از اطلاعات مختلف متکی به هم، رویکردی جدید در تلفیق تحلیل عملکرد و طراحی ایجاد می‌کند. با بهره‌گیری از این مدل می‌توان همواره به پارامترهای تعریف‌شده در طی فرایند طراحی دسترسی داشت و آنها را در حین فرایند طراحی ویرایش و جهت محاسبات عملکرد از آنها استفاده کرد. چون BIM اجازه‌ی انتقال کلیه‌ی اطلاعات اساسی ساختمان شامل معماری، سازه، تأسیسات و غیره را می‌دهد، فرصت مناسبی برای اندازه‌گیری پایداری و تحلیل عملکرد ساختمان در طول فرایند طراحی پدید می‌آورد.[۱۷،۱۸و۲۱] با وجود اینکه انتقال به طراحی بر مبنای BIM، چالش‌های اساسی برای معماران به وجود آورده است، در حال حاضر ۴۸٪ از دفاتر معماری در ایالات متحده از روش‌های BIM بهره می‌برند.

تمایل رو به رشد BIM را می‌توان در چارچوب‌های کاری نوین مدیریت پروژه، مانند تحویل یک‌پارچه‌ی اقلام پروژه دید. IPD نیاز به همکاری و ارتباط مؤثر را بیشتر می‌کند.[۱] زمانی که افراد در یک پروژه مشارکت می‌کنند، تبادل ویژگی‌های مشخصه‌ی پروژه بین ذی‌نفعان پروژه، نیازمند مستندسازی این مشخصات است.[۱۹] این تبادل اطلاعات به منظور ایجاد هماهنگی بین ذی‌نفعان صورت می‌گیرد. به طور سنتی، مستندسازی بر روی کاغذ و یا بر پایه‌ی اسناد متنی صورت می‌گرفت.[۲۰] BIM خود را جایگزین روش‌های مرسوم مستندسازی می‌کند و با ایجاد یک محیط مجازی یک سطح از ارتباطات و همکاری را میسر می‌سازد، که بسیار فراتر از فرایندهای سنتی خواهد بود.[۲۲] بنابراین" در حال حاضر هماهنگی پروژه‌های پیچیده شاید مهم‌ترین کاربرد BIM باشد. BIM یک فرایند ایده‌آل برای توسعه‌ی شیوه‌های ارتباطی در بین اعضاء تیم است.[۲۳] دست‌یابی به طرحی یک‌پارچه و پایدار بدون ایجاد هماهنگی کافی مابین ذی‌نفعان ممکن نیست.

ایجاد یک مدل واحد و یک‌پارچه که هم‌زمان نیازهای معماری و جزئیات کارگاهی را در بر داشته باشد، با مشکلاتی همراه خواهد بود.[۲۴و۲۵] در حال حاضر فنّاوری مدل‌سازی به حدی تکامل یافته است که می‌تواند به طور جداگانه نیازهای تخصصی مهندسان، معماران، سازندگان قطعات، پیمانکاران و امثال آنها را به خوبی پوشش دهد. ایده‌ی ایجاد یک مدل فشرده‌ی یک‌پارچه برای هر پروژه در سال ۲۰۱۰ مطرح شده است.[۸] AIA و NASFA ادعا می‌کنند که همکاری نزدیک و وابستگی متقابل ذی‌نفعان IPD خود محرکی به سمت این هدف خواهد بود و بسیاری از چالش‌های پیش رو در دست‌یابی به طرحی یک‌پارچه و پایدار را برطرف خواهد کرد.[۳و۲] چالش‌هایی که بیشتر به دلیل فعالیت جداگانه‌ی ذی‌نفعان و وجود روحیه‌ی خصمانه مابین آنها در روش‌های قراردادی مرسوم ناشی می‌شود. ایجاد انگیزه‌های مشترک برای ذی‌نفعان و فضایی که بُرد هر طرف وابسته به بُرد سایرین باشد، از اهداف و ویژگی‌های IPD است، که منجر به افزایش سطح همکاری و ایجاد فضایی دوستانه خواهد شد.

۵. هماهنگی از دیدگاه BIM و IPD

در نگاه به پیشینه‌ی IPD و درنظرگرفتن ریشه‌های این تفکر، آنچه بیشتر به‌عنوان شاخص این مدل قراردادی محسوب می‌شود، همکاری و هماهنگی ذی‌نفعان جهت بهبود خروجی‌های پروژه است. BIM به‌عنوان بهترین ابزار شناخته‌شده برای ایجاد این هماهنگی و همکاری محسوب می‌شود و این همان چیزی است که امروزه نام BIM و IPD را به یکدیگر گره زده است.[۱۴] BIM، IPD را امکان‌پذیر می‌سازد. از طرفی IPD بستر بهره‌مندی بیشینه از BIM و شکوفایی استعدادهای آن را فراهم می‌سازد. به تعبیر AIA «BIM یک بستر مناسب جهت همکاری در مدت طراحی پدید می‌آورد». یا در جایی دیگر اشاره به این موضوع دارد که: «BIM یک ابزار است نه یک روش قراردادی؛ اما فرایند IPD با بهره‌گیری از ابزار BIM قابلیت‌های نهفته‌ی آن را در عمل نمودار می‌سازد».[۲] لذا بررسی فرایند «بهره‌گیری از BIM در تحویل یک‌پارچه‌ی اقلام پروژه» نیاز به واکاوی چگونگی بهره‌گیری از فرایندهای هماهنگ‌کننده‌ی BIM در روند انجام پروژه‌های IPD دارد. در این پژوهش، روندی برای بهره‌گیری از قابلیت هماهنگ‌سازی BIM در پروژه‌های IPD مورد مطالعه قرار گرفته است.

عبارت «Integrated» به معنای «یک‌پارچه» یکی از ۳ بخش تشکیل‌دهنده‌ی IPD است. این واژه به نوعی نشان‌دهنده‌ی هدف نهایی از اجرای پروژه‌ها به روش IPD نیز است، که هدف نهایی آن، یک‌پارچه‌کردن ذی‌نفعان و ادغام وظایف مستقل آن‌ها با یکدیگر است. به‌عبارت دیگر، «Integration» مهم‌ترین ویژگی در تحویل یک‌پارچه‌ی اقلام پروژه محسوب می‌شود و لذا به‌عنوان بخشی از نام این روش انتخاب شده است. با وجود این، در بررسی مزایای BIM در ادبیات موضوع، به‌جای «Integration»، بیشتر از «Coordination» استفاده شده است.[۱۴]

در پژوهشی در سال ۲۰۱۳، به بررسی تأثیرات فنّاوری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در موفقیت پروژه از دیدگاه حوزه‌های مدیریت تعریف‌شده در PMBOK پرداخته شده است. نکته‌ی قابل توجه به‌کاربردن «Coordination» به‌عنوان پارامتر اصلی «مدیریت یک‌پارچگی[۸]» است. این تغییر در نام‌گذاری با تحلیل مطالعه‌ی مذکور و با توجه به اینکه در مراجع بیشتر «Coordination» ذکر شده است تا «Integration»، آشکار شده است.[۹] از طرفی «هماهنگی» بیشتر مفاهیم ذکرشده

Archive of SID

www.SID.ir

در فصل مدیریت یک‌پارچگی PMBOK را پوشش می‌دهد.[۲۶و۲۷]

در پژوهش حاضر، یک‌پارچگی نتیجه‌ی هماهنگی یا هم‌ارز آن عنوان شده است. در تفسیر این موضوع می‌توان گفت که نتیجه‌ی هماهنگی مابین ذی‌نفعان، همان یک‌پارچگی موردنظر در IPD خواهد بود. به‌بیان دیگر، زمانی که ذی‌نفعان به سطوح مناسبی از هماهنگی برسند، عملکرد آنها به گونه‌یی خواهد بود که گویی همگی عضو یک سازمان و «یک‌پارچه» هستند.

یک‌پارچگی، نتیجه‌ی هماهنگی است و موفقیت، نتیجه‌ی یک‌پارچگی. IPD برای موفقیت به دنبال یک‌پارچگی در اجرای پروژه‌هاست و این یک‌پارچگی نیازمند و نتیجه‌ی هماهنگی عوامل کلیدی پروژه با یکدیگر است. BIM همان ابزاری است که ذی‌نفعان را به درک مناسب از یکدیگر می‌رساند و هماهنگی را ممکن می‌سازد.

۶. چالش‌های دست‌یابی به هماهنگی

آنچه به‌عنوان «Coordination» از آن یاد می‌کنند، از بابت بهبود جریان کاری مفید تلقی می‌شود، ولی به لحاظ نیاز به ساختار نوین برای اجرا و مدیریت چالش محسوب می‌شود.

در مقابل مزایای بالقوه‌ی BIM برای پروژه، چالش‌هایی وجود دارند که باید بر آنها فائق آمد تا بتوانیم به کار تیمی بین رشته‌یی که توسط BIM حمایت می‌شود، دست یابیم. از جمله‌ی این چالش‌ها می‌توان به تغییر نقش عوامل کلیدی مثل: کارفرما، معمار، پیمانکار، پیمانکار فرعی و تأمین‌کنندگان، یا روابط قراردادی جدید و فرایندهای مهندسی مجددشده اشاره کرد.[۲۸]

برخی پژوهشگران به این نتیجه دست یافته‌اند که مسئله‌ی «هماهنگی» گاهی به دلیل «بهبود جریان کاری حاصل از به کارگیری مدل‌های سه و چهار بُعدی» مثبت تلقی شده و گاه بابت عدم قطعیت در «چگونگی ساختاردهی و مدیریت فرایند هماهنگی» منفی به حساب آمده است.[۲۹] در واقع چگونگی نیل به هماهنگی و نیاز به زیرساخت‌هایی نوین، بزرگ‌ترین چالش در این راه محسوب می‌شود. اگر این چالش به خوبی مدیریت شود و در صورت نیل به هماهنگی موردنظر، جریان کاری بهبود خواهد یافت. با بهره‌گیری از روش اجرای IPD و فنّاوری BIM می‌توان به این چالش پاسخ داد. IPD بستر مناسب برای نیل به هماهنگی را فراهم می‌آورد و BIM ابزار هماهنگ‌کننده‌یی است که از این بستر استفاده می‌کند. این یک پاسخ کوتاه به چالش مطرح‌شده است. با وجود این، چگونگی ترکیب BIM و IPD خود چالشی است که نیاز به بررسی بیشتر دارد.

۷. هماهنگی در طراحی در تحویل یک‌پارچه‌ی اقلام پروژه با بهره‌گیری از فنّاوری مدل‌سازی اطلاعات ساخت

همان‌طور که پیش‌تر به آن اشاره شده است، تحویل یک‌پارچه‌ی اقلام پروژه ماهیتاً نیازمند همکاری و هماهنگی بسیار مابین ذینفعان پروژه است. فنّاوری مدل‌سازی اطلاعات ساخت، به واسطه‌ی توانایی که در مستندسازی و انتقال اطلاعات دارد، ابزار مناسبی برای ایجاد همکاری مؤثر محسوب می‌شود. نیازی که IPD به هماهنگی و همکاری دارد، بستر مناسبی برای بهره‌گیری از این پتانسیل مهم BIM ایجاد کرده است. پتانسیلی که در صورت آزادسازی، نهایتاً به طرح مدلی یک‌پارچه می‌انجامد.

پیش از این گروهی از پژوهشگران دانشگاه پنسیلوانیا در پژوهشی الگویی برای بهره‌مندی از قابلیت هماهنگ‌سازی BIM ارائه کرده‌اند.[۳۰] در پژوهش حاضر، روندی جهت ایجاد هماهنگی در پروژه‌های IPD و با کمک فنّاوری BIM تدوین شده است، که در ادامه تشریح شده است:

۱. **انتخاب تیم مرکزی:** اولین گام در قراردادهای IPD، انتخاب تیم مرکزی پروژه است. این تیم در واقع متشکل از عوامل اصلی پروژه یعنی کارفرما، تیم طراحی (معمار)، و پیمانکار است. موافقت‌نامه‌یی سه‌جانبه (چندجانبه) بین این عوامل به امضا خواهد رسید، که براساس آن نه فقط پیمانکار و معمار به کارفرما متعهد می‌شوند، بلکه براساس قرارداد به یکدیگر نیز متعهد خواهند شد. معمولاً ابتدا معمار توسط کارفرما انتخاب می‌شود، سپس پیمانکار اصلی با کمک معمار انتخاب می‌شود.

۲. **ایده‌پردازی:** پس از انتخاب تیم مرکزی، این تیم با توجه به نیاز کارفرما به طرح ایده و طراحی اولیه می‌پردازند. این طرح شمایی کلی از پروژه به دست می‌دهد. نکته‌ی قابل توجه حضور فعال کارفرما و پیمانکار از ابتدایی‌ترین مراحل طراحی است.

۳. **انتخاب سایر عوامل کلیدی:** در برخی پروژه‌ها، علاوه بر ۳ عامل کلیدی یادشده، عوامل تأثیرگذار دیگری نیز وجود دارند، که حضور آنها در ابتدا و پیش از آغاز طراحی در دست‌یابی به طرحی بهتر کمک خواهد کرد. مثلاً می‌توان به پیمانکار فرعی اشاره کرد، که قرار است تجهیزات خاصی در پروژه نصب کند. اگر این تجهیزات، ملاحظات طراحی خاصی را موجب شوند، حضور این پیمانکار در مرحله‌ی طراحی به اعمال این ملاحظات منجر می‌شود و از دوباره‌کاری‌ها جلوگیری می‌کند. از این رو معمولاً در اوایل پروژه و پیش از طراحی این عوامل شناسایی و قراردادی با عامل اصلی مرتبط (در این مثال پیمانکار اصلی) امضا می‌کنند.

۴. **تعریف سیستم تبادل اطلاعات مدل:** گردش اطلاعات در پروژه و رد و بدل شدن اطلاعات، چه در قالب مدل سه بُعدی و چه نامه‌نگاری‌ها، درون یک سیستم انجام می‌شود. این سیستم باید قابلیت آن را داشته باشد که توسط کلیه‌ی ذی‌نفعان فعال قابل دسترسی باشد. تعریف این سیستم بر عهده‌ی «مسئول هماهنگی BIM[۹]» است. این فرد معمولاً از بین اعضاء شاغل در سازمان یکی از سه عامل کلیدی انتخاب می‌شود و وظیفه‌ی هماهنگی و مدیریت تولید مدل BIM یک‌پارچه را بر عهده دارد.

۵. **تعریف محل برگزاری جلسات هماهنگی:** این مورد نیز به موازات مورد قبل و مجدداً از طریق مسئول هماهنگی BIM انجام می‌پذیرد.

۶. **تعیین اطلاعات طراحی:** در این مرحله، ذی‌نفعان به تعیین اطلاعات لازم جهت طراحی می‌پردازند. این کار با همکاری همه‌ی ذی‌نفعان انجام می‌شود. مبنای کار اسناد پیمان، نیازهای کارفرما، و استانداردهای سازمان کارفرماست.

۷. **تعیین محدوده و برنامه‌ی هماهنگ‌سازی:** در اینجا همه‌ی ذی‌نفعان در تعامل با یکدیگر حدود فعالیت هماهنگ‌سازی را معلوم می‌کنند. سپس بر مبنای آن برنامه، زمان‌بندی جلسات هماهنگی تعیین خواهد شد.

۸. **تعیین پروتکل رفع تناقضات:** ممکن است در حین طراحی، تناقضاتی بین طرح‌های مختلف به وجود آید. مثلاً امکان دارد بین طرح سازه و معماری تناقضی وجود داشته باشد. در این مرحله، ذی‌نفعان در تعامل با یکدیگر، به تعیین چگونگی اشاره به تناقضات و برخورد با آن خواهند پرداخت. در این مرحله مقدمات شروع طراحی فراهم شده است و با ارائه‌ی یک مدل اولیه از جانب معمار،

Archive of SID

www.SID.ir

کلیه‌ی عملیات طراحی مثل: طراحی سازه، طراحی نور، طراحی معماری، طراحی تأسیسات و غیره آغاز می‌شود.

۹. **طرح مدل:** همان‌طور که اشاره شده است، در این مرحله با فراهم‌شدن مقدمات طراحی، طرح مدل توسط کلیه‌ی گروه‌های طراحی شامل معمار، طراح نور، طراح سازه، طراح انرژی و غیره انجام می‌شود و مدلی از هر یک از گروه‌ها به منظور هماهنگ‌سازی دریافت می‌شود.

۱۰. **جمع‌آوری مدل‌های طراحی‌شده:** مدل‌های طرح‌شده توسط هر گروه توسط مسئول هماهنگی BIM دریافت و بر هم منطبق می‌شوند.

۱۱. **شناسایی تناقضات طرح‌ها:** تناقضات احتمالی با بررسی مدل ترکیبی توسط مسئول هماهنگی BIM شناسایی می‌شوند.

۱۲. **اقدامات اصلاح‌کننده یا بهبوددهنده:** در این مرحله، راه‌حل برای تناقضات شناسایی‌شده با همکاری کلیه‌ی تیم‌های طراحی ارائه می‌شود. اگر تناقضی در طرح وجود نداشت، تیم طراحی با بررسی مدل، پیشنهادهای بهبوددهنده ارائه می‌دهد. جهت رفع عیوب یا بهبود مدل، روند از مرحله‌ی طرح مدل مجدداً تکرار خواهد شد، تا طرح نهایی تیم طراحی حاصل شود.

۱۳. **بررسی ساخت‌پذیری:** مدل نهایی تأییدشده توسط تیم طراحی، توسط پیمانکار از نظر ساخت‌پذیری و مشکلات اجرایی احتمالی بررسی می‌شود.

۱۴. **اقدامات اصلاح‌کننده یا بهبوددهنده:** در این مرحله برای عیوب شناسایی‌شده با همکاری تیم‌های طراحی و پیمانکار، راه‌حل ارائه می‌شود. اگر عیبی در طرح وجود نداشت، پیمانکار با بررسی مدل پیشنهادهای بهبوددهنده ارائه می‌دهند. جهت رفع عیوب یا بهبود مدل، روند از مرحله‌ی طرح مدل مجدداً تکرار خواهد شد، تا طرح نهایی مورد تأیید پیمانکار حاصل شود.

۱۵. **بررسی تأمین نیازهای کارفرما:** طرح نهایی تأییدشده توسط تیم طراحی و پیمانکار توسط کارفرما بررسی می‌شود. کارفرما با وجود حضور در مراحل طراحی و جلسات هماهنگی، در این مرحله طرح نهایی را با توجه به نیازها و ملاحظات مالی بررسی خواهد کرد.

۱۶. **اقدامات اصلاح‌کننده یا بهبوددهنده:** در صورت عدم ارضاء کارفرما برای عیوب شناسایی‌شده، راه‌حل به کمک کلیه‌ی ذی‌نفعان ارائه خواهد شد. در صورتی که عیبی وجود نداشت، اقدامات بهبوددهنده از جانب پیمانکار ارائه می‌شود. برای رفع عیوب یا بهبود طرح، روند از مرحله‌ی طرح مدل مجدداً تکرار می‌شود تا طرح نهایی مورد تأیید کارفرما حاصل شود.

با اتمام مراحل ذکرشده، مرحله‌ی طراحی تقریباً پایان تلقی می‌شود و اسناد ساخت تولید خواهند شد. در نهایت مدل هماهنگ‌سازی‌شده‌ی مورد تأیید همه‌ی ذی‌نفعان به‌دست می‌آید. با توجه به درگیرشدن همه در روند طراحی، بخشی از ریسک طراحی نیز به پیمانکار و کارفرما منتقل خواهد شد. این روند با توزیع ریسک و در ازاء آن پاداش بین ذی‌نفعان موجب ایجاد انگیزه‌های مشترک جهت حصول به طرح بهتر می‌شود. از طرفی به دلیل حضور زودهنگام کلیه‌ی عوامل تأثیرگذار در طراحی و ساخت، طرحی نسبتاً پایدار و بهینه به‌دست خواهد آمد. بدیهی است نبود پیمانکار در مرحله‌ی طراحی در روش‌های معمول اجرای پروژه‌ها، مشکلاتی را در اجرا به‌واسطه‌ی عدم ساخت‌پذیری ایجاد خواهد کرد، که پیمانکار معمولاً از قبول ریسک‌های مرتبط با آن شانه خالی می‌کند و حتی در صورت امضا قرارداد و پذیرش این مشکلات، نهایتاً روند اجرا به مشکل بر خواهد خورد.

۸. فرایند پیشنهادی

در شکل ۱، روند تشریح‌شده به‌صورت فرایند پیشنهادی جهت پیگیری و اجرای آسان‌تر ارائه شده است.

۹. ویژگی‌های روند پیشنهادی

روند پیشنهادی وجوه تمایزی آشکار نسبت به روش‌های مرسوم دارد، که در ادامه به آن‌ها اشاره شده است:

۱. یکی از مسائل کلیدی که در تمایز روند طرح‌شده نسبت به روند معمول به چشم می‌آید، حضور پیمانکار از اولین مراحل طراحی است، که موجب تقویت ساخت‌پذیری طرح و درک بهتر پیمانکار از کاری است که می‌خواهد انجام دهد.

۲. روند طرح‌شده نیازمند تعامل بسیار زیاد ذی‌نفعان با یکدیگر است. این موضوع هنگام انتخاب ذی‌نفعان باید منظور شود. نحوه‌ی انتخاب ذی‌نفعان در پروژه‌های IPD نیازمند پژوهشی جداگانه است.

۳. روند حاضر برخلاف روش‌هایی مانند DB، نقش کارفرما را در مرحله‌ی طراحی بسیار برجسته می‌کند.

۴. علاوه بر کارفرما و پیمانکار، سایر عوامل تأثیرگذار نیز پس از شناسایی در مراحل ابتدایی می‌توانند در طرح مدلی پایدارتر همکاری کنند و از برخی دوباره کاری‌ها به این ترتیب جلوگیری شود.

۵. حضور فعال کارفرما و پیمانکار در مرحله‌ی طراحی موجب انتقال بخشی از ریسک طراحی به این دو عامل می‌شود. این توزیع ریسک، عامل انگیزشی برای تعامل هر چه بیشتر ذی‌نفعان در دست‌یابی به طرح برتر می‌شود.

ویژگی‌های لحاظ‌شده همگی با نیت بهبود هماهنگی و تقویت همکاری‌ها در روند اجرای پروژه‌های عمرانی در نظرگرفته شده‌اند. در این میان به کارگیری فنّاوری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان باعث تقویت هر چه بیشتر درک متقابل ذی‌نفعان، هماهنگ‌سازی، و تسهیل ارتباطات خواهد شد. ضمن آنکه فضای ایجادشده موجب بهره‌مندی بیشینه از مزایای BIM نیز خواهد شد.

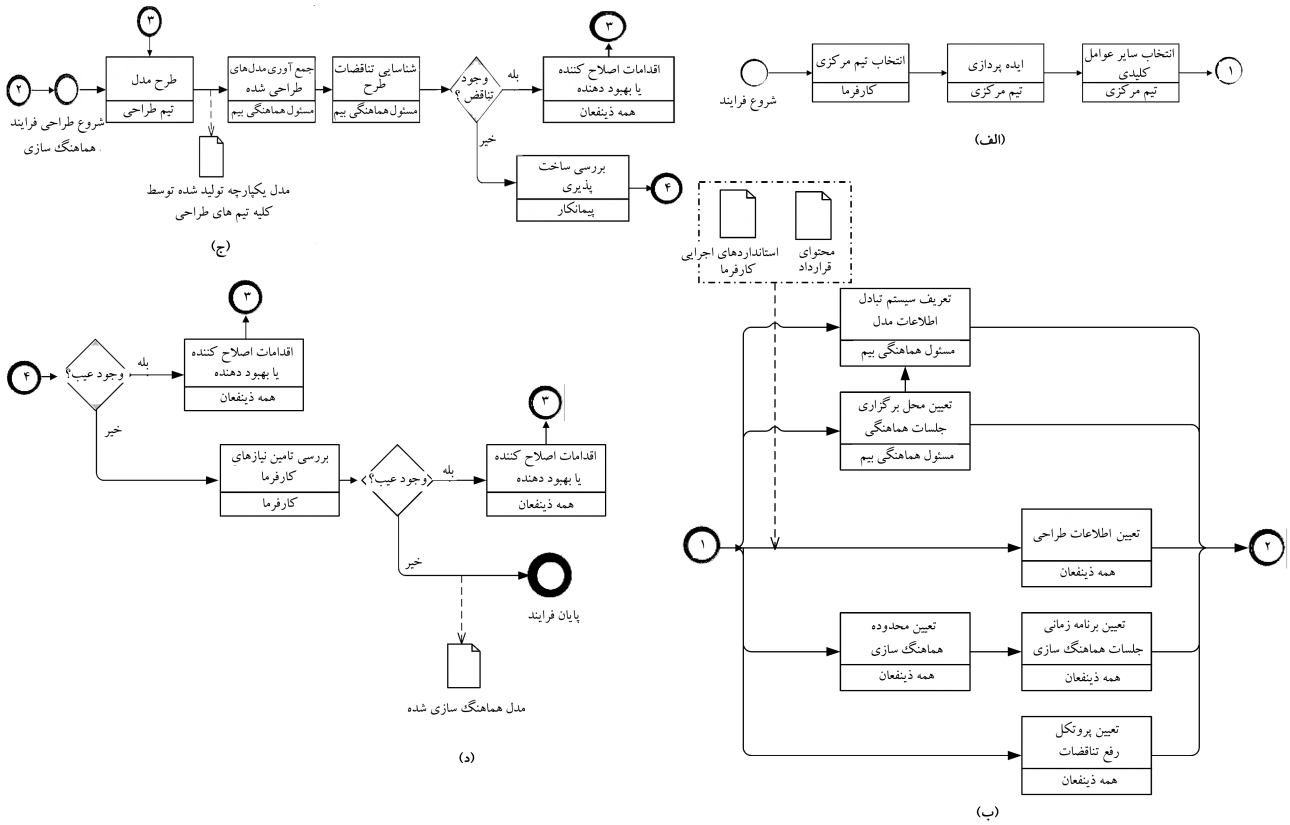
۱۰. نتیجه‌گیری

فنّاوری‌ها و روش‌های نوین ساخت و سازکه در سال‌های اخیر مطرح شده‌اند، ضمن ایجاد تحول در صنعت ساخت و ساز و بهبود چشم‌گیر محصولات این صنعت، نوید دست‌یابی به سازه‌هایی پایدار را می‌دهند. در این بین فنّاوری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین فنّاوری‌های نوظهور نقش عمده‌یی در حصول به طرح بهینه و اجرای صحیح ایفا می‌کند. علاوه بر این تحویل یک‌پارچه‌ی اقلام پروژه (IPD) به عنوان یک روش اجرای پروژه‌های ساختمانی، رویکردی نوین در دست‌یابی به پایداری محسوب می‌شود. تلفیق BIM و IPD موجب هم‌افزایی و بهره‌گیری بیشینه از مزایای این دو می‌شود.

یکی از قابلیت‌های مهم BIM، که در روش‌های معمول کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد، قابلیت هماهنگ‌سازی و تسهیل ارتباطات مابین ذی‌نفعان است. قابلیتی که تحویل یک‌پارچه‌ی اقلام پروژه، شدیداً به آن وابسته است. از طرفی ویژگی‌های ذاتی پروژه‌های IPD موجب بهره‌گیری بیشینه از قابلیت‌های BIM می‌شود. در

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱. فرایند پیشنهادی طراحی در روش IPD با بهره‌گیری از بیم.

این نوشتار روندی جهت بهره‌گیری از BIM در پروژه‌های IPD و هماهنگ‌سازی ذی‌نفعان در مرحله‌ی طراحی پیشنهاد شده است. ویژگی‌های لحاظ‌شده در طرح روند پیشنهادی، همگی در خدمت تقویت هماهنگی ذی‌نفعان پروژه و به منظور دست‌یابی به طرحی پایدار و بهینه بوده‌اند.

علی‌رغم اقبال جهانی به فنّاوری BIM و روش IPD، متأسفانه در ایران هنوز پژوهش چندانی راجع به این دو موضوع انجام نپذیرفته است. بررسی زیرساخت‌های لازم برای بهره‌مندی از مزایای این دو رویکرد نوین، موانع پیش رو، مقایسه‌ی IPD با سایر روش‌های اجرای پروژه، بررسی چگونگی پیاده‌سازی و دست‌یابی به اهداف مدنظر IPD و تعریف مراحل انتقال از روش‌های فعلی طراحی به طراحی براساس BIM به‌عنوان موضوعاتی جهت پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌شود.

پانوشت‌ها

1. building information modeling (BIM)
2. integrated project delivery
3. collaboration
4. lean construction
5. project management information system (PMIS)
6. negotiated contract
7. CAD
8. integration management
9. BIM coordinator

منابع (References)

1. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. and Liston, K., *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*, 2nd Edition, Wiley, New Jersey, 648 p. (2011).
2. American Institute of Architects and AIA California Council, *Integrated Project Delivery: A Guide*, (2007). Retrieved from http://www.aia.org/contractdocs/AIAS 077630 (1, May 2013).
3. *Integrated Project Delivery for Public and Private Own-*

Archive of SID
www.SID.ir

ers, National Association of State Facilities Administrators, Construction Owners Association of America, Association of Higher Education Facilities Officers, Associated General Contractors AIA, 112 p. (2010). Retrieved from" http://www.agc.org/cs/industry_topics/project_delivery (23 July 2011).

4. Nadine, M. "Sutter health unlocks the door to a new process", Engineering News Record, 6 p. (2007).
5. Matthews, O. and Howell, G.A. "An integrated project delivery: An example of relational contracting", *Lean Construction Journal,* **2**(1), pp. 46-61 (2009).
6. Sive, T., *Integrated Project Delivery: Reality and Promise (A Strategist's Guide to Understanding and Marketing IPD)*, White Paper, Society for Marketing Professional Services Foundation (2009).
7. Ghassemi, R. and Becerik-Gerber, B. "Transitioning to integrated project delivery: Potential barriers and lessons learned", *Lean Construction Journal*, pp. 32-52 (2011).
8. Becerik-Gerber, B. and Kensak, K. "Building modeling in architecture, engineering and construction: Emerging research directions and trends", *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice,* **136**(3), pp. 139-147 (2010).
9. Bryde, B., Broquetas, M. and Volm, J.M. "The project benefits of building information modelling (BIM)", *International Journal of Project Management*, **31**(7), pp. 971-980 (2013).
10. Maurer, I. "How to build trust in inter-organizational projects: The impact of project staffing and project rewards on the formation of trust, knowledge acquisition and product innovation", *International Journal of Project Management,* **28**(7), pp. 629-637 (2010).
11. Kadefors, A. "Trust in project relationships–inside the black box international", *Journal of Project Management,* **22**(3), pp. 175-182 (2004).
12. Cicmil, S. and Marshall, D. "Insights into collaboration at the project level: Complexity, social interaction and procurement mechanisms", *Building Research & Information*, **33**(6), pp. 523-535 (2005).
13. *C191-Standard Form Multi-Party Agreement for Integrated Project Delivery*, American Institute of Architects, (2009). Available from: http://www.aia.org
14. Hajarolasvadi, H. "Integrated project delivery using building information modeling", M.Sc. Thesis, Amirkabir University Of Technology, Tehran, Iran (2014).
15. Sebt, M.H., Shakeri, E., Hajarolasvadi, H. and Naderi, A.M. "Integrated project delivery; A new approach to implementation of construction projects", *International Conference of Project Management,* Tehran, Iran (2013).
16. Eastman, C., *Building Product Models: Computer Environments Supporting Design and Construction*, CRC Press, Boca Raton, 424 p. (1999).
17. Schueter, A. and Thessling, F. "Building information modeling based energy/exergy performance assessment in early design stages", *Automation in Construction,* **18**, pp. 153-163 (2009).
18. Autodesk Inc. *Improving Building Industry Results through Integrated Project Delivery and Building Information Modeling*, White Paper (2012). Available Online at: www.autodesk.com
19. Azhar, S., Brown, J. and Farooqui, R. "BIM-based sustainability analysis: An evaluation of building performance analysis software", *Proceedings of the 45th ASC Annual Conference*, Gainesville, Florida (2009).
20. Lee, C. "BIM: Changing the AEC industry", *PMI Global Congress 2008, Project Management Institute,* Denver, Colorado, USA (2008).
21. BSI, *Constructing the Business Case: Building Information Modelling*, British Standards Institution and Building SMART UK, London and Surrey, UK (2010).
22. Anumba, C.J., Issa, R.R.A., Pan, J. and Mutis, I. "Ontology-based information and knowledge management in construction", *Construction Innovation: Information, Process, Management*, **8**(3), pp. 218-239 (2008).
23. Grilo, A. and Jardim-Goncalves, R. "Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments", *Automation in Construction*, **19**(5), pp. 522-530 (2010).
24. Eastman, C. "New opportunities for IT research in construction", *Lecture Notes in Computer Science*, **4200**, pp. 163-174 (2006).
25. Teicholz, P. "Labor productivity declines in the construction industry: Causes and remedies", AEC bytes Viewpoints (3 August 2011). Retrieved from http://www.aecbytes.com/viewpoint/2004/issue_4.html
26. PMI, *Construction Extension to the PMBOK® Guide*, 3rd Edition, Project Management Institute, Newton Square, Pennsylvania, USA (2007).
27. PMI, *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*, 4th Edition, Project Management Institute, Newton Square, Pennsylvania, USA (2008).
28. Sebastian, R. "Changing roles of the clients, architects and contractors through BIM", *Engineering Construction and Architectural Management,* **18**(2), pp. 176-187 (2011).
29. Khanzode, A., Fischer, M. and Reed, D. "Benefits and lessons learned of implementing building virtual design and construction (VDC) technologies for coordination of MEP systems on a large healthcare project", *ITcon*, **13**, pp. 324-342 (2008).
30. The Computer Integrated Construction Research Group, *Building Information Modeling Project Execution Planning Templates*, The Pennsylvania State University (2010).

Archive of SID

www.SID.ir