نشریه عمران و پروژه
Civil & Project Journal(CPJ)
www.cpjournals.com

بررسی تاثیر مدلسازی اطلاعات ساختمان (بیم) بر بهره وری نیروی کار پروژه های ساختمانی به روش منطق فازی

الهیار فرزام فر[۱] ، دکتر علی قربانی[۲]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت ساخت-دانشگاه پیام نور کرج
۲-استادیار،گروه مهندسی عمران،دانشگاه پیام نور،صندوق پستی ۳۶۹۷-۱۹۳۹۵، تهران،ایران

چکیده

اینکه با چه معیارهایی می توان اهمیت فناوری BIM را برای جامعه ساخت و ساز تشریح کرد هنوز در بین صاحب نظران علم مدیریت پروژه جای مناقشه است . اینکه BIM صرفا یک ابزار تسهیل کننده کار است یا یک نیاز ذاتی پروژه ، اینها بحث هایی هستند که حوزه مدیریت پروژه را طی سالهای اخیر به خود مشغول کرده است. این پژوهش به نوعی ادامه دهنده همین گفتمان است .

در این پژوهش به ارائه مدلی بر مبنای تئوری مجموعه های فازی برای ارزیابی ریسکهای کاهنده بهره وری در پروژه های ساخت (توام با BIM)، تحت تاثیر عدم قطعیتها، پرداخته شده است. در این مدل پیشنهادی، ۶ نوع ریسک مورد بررسی قرار گرفته است. این رویکرد باعث افزایش انعطاف پذیری روش پیشنهادی در مدل کردن پروژه های واقعی می شود . پیش از ارائه یک روش ونهایتا یک الگوریتم برای تعیین مقدارکمّی افزایش بهره وری پروژه ، روشی برای تعیین میزان تاثیر ریسکها بر زمان و نیروی انسانی پیشنهاد شده است.

هدف نهایی در این پژوهش تبدیل مفاهیم کیفی به مقادیر کمّی است تا کارشناسان به درک عمیقتری نسبت به اهمیت BIM برسند. منطق فازی در کنار هوش مصنوعی ابزارهای مناسبی برای جهت دادن پژوهش های مفهومی به کمیتهای قابل لمس هستند. به عبارتی روشن تر مقادیر عددی که در پایان کار به دست می آید در نهایت یک ایده برای دنبال کردن مسیر بهره وری در پروژه های منطبق با BIM به دست خواهد داد. اینکه چه ریسکهایی در کاهش بهره وری نیروی انسانی تاثیر بیشتری دارد، چگونگی تاثیر زمان در بهره وری و ارائه یک روش برای تبدیل انباشته های ذهنی به یک عدد و یک آگاهی.

کلمات کلیدی: منطق فازی، بهره وری، BIM

***نویسنده مسئول: الهیار فرزام فر**
پست الکترونیکی:hfarzamfar۷۹@gmail.com

www.SID.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۲/۱۲، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۳/۱۲

مقدمه

از اوایل دهه ۱۹۷۰ بهره وری یکی از مهمترین موضوعاتی بوده است که در سطح سازمانها و در سطوح کشورها توجه ویژه ای به آن شده است. مقدار و نرخ رشد بهره وری در هر کشور تاثیر بسزائی بر روی سطح زندگی ، تورم، بیکاری، سلامت اقتصادی جامعه و رقابت پذیری در سطح جهانی دارد. در یک نظر سنجی که از مدیران صنایع کشور آمریکا انجام شده است بیش از ۹۰٪ مدیران بر این باور بوده ان که " ارتقاء بهره وری یکی از دو یا سه موضوع مهم و جدی می باشد که این کشور با آن روبروست" [۱].

در این پژوهش از لحاظ محتوایی به تاثیر مدلسازی اطلاعات ساختمان BIM بر بهره وری پرداخته شد. مدل سازی اطلاعات ، در ابتدا در صنایع دیگر همچون خودروسازی شکل گرفت و در اوایل قرن حاضر به صنعت ساختمانی راه یافت. در سال های اخیر بسیاری از شرکتهای مشغول در حوزه ساختمان تغییرات عمده ای مبتنی بر IT را در حوزه عملیاتی خود درک کرده اند [۲]. یکی از انقلابی ترین این پیشرفتها کاربرد مدلسازی اطلاعات در عرصه ساخت بوده که با نام BIM شناخته می شود [۳].

جامع ترین پژوهش یافت شده در این زمینه مربوط است به تحقیقات در زمینه تاثیر BIM بر بهره وری پروژه های ساختمانی که البته بدون استفاده از منطق فازی و با تاکید بر هزینه ها ، توسط دکتر داگلاس .ای.چلسون (۲۰۱۰) از دانشگاه مریلند انجام شده است تحت عنوان "تاثیر مدلسازی اطلاعات ساختمان بر بهره وری کارگاههای ساختمانی".این پژوهش به صورت جامع و میدانی به بررسی BIM و تاثیر آن بر پیمانکاران و کارفرمایان پروژه های ساختمانی می پردازد. به غیر از آن هر از گاهی پژوهشهایی در ارزیابی تاثیر BIM بر صنعت ساخت انجام می پذیرد که اغلب آنها معمولا به یک جنبه موضوع می پردازد.

در این پژوهش از لحاظ شکلی، فرآیند پژوهش با استفاده از تکنیک فازی پیش رفت. لازم به ذکر است در اواخر دهۀ ۱۹۸۰ و اوایل دهۀ۱۹۹۰، استفاده از روشهای مجموعه های فازی در مسائل مهندسی به شدت در دانشگاه های آمریکا رواج پیدا کرد. در اوایل و اواسط دهه ۱۹۹۰، تمایل به کاربردهای منطق فازی در پژوهشها ، در بقیۀ دانشگا ههای دنیا نیز ایجاد شد. درطول این دوره مسائل بسیار پیچیده ای ازمهندسی ، به طور موفقیت آمیزی با استفاده از روش های فازی حل شدند. مطالعات انجام شده در این زمینه ها تاکنون، نشان داده اند که این ابزارها راه حل های ریاضی بسیار امیدوار کننده ای برای حل مسائل پیچیده مهندسی، که مسئله، ورودیها و خروجیهای کمی ندارد مثل تاثیرات BIM بر بهره وری نیروی کار، فراهم می کنند.

در زمینه فناوری فازی و صنعت ساخت ، پژوهشی در سال ۲۰۰۰ انجام پذیرفت که در آن روشی بر مبنای ساختار سلسله مراتبی شکست ریسک و قواعد فازی برای ارزیابی کیفی ریسک پروژه پیشنهاد شد که پس از تعیین ریسک کلی پروژه ، با استفاده از قواعد فازی ، بین ریسک کلی پروژه و تغییرات محتمل در اهداف پروژه ارتباط برقرار شد و تغییرات محتمل در رابطه با هر هدف به دست آمد. همچنین در پژوهشی در سال ۱۹۸۹ رویکردی بر مبنای تحلیل زبانی با استفاده از تئوری مجموعه های فازی برای ارزیابی ریسک پروژه پیشنهاد شده است [۴]. در این پژوهشها البته خبری از BIM نیست و ریسکها در واقع همان حوزه های فناوری مدیریت پروژه هستند که بررسی بهره وری ، به صورت ضمنی انجام پذیرفته است.

www.SID.ir

در ایران نیزدر بحث مهندسی عمران از منطق فازی برای بررسی موضوعاتی مثل مهندسی ارزش و مهندسی ترافیک استفاده شده است. البته بررسی تاثیرات BIM بر بهره وری با مدلهای فازی کاری جدید است و پژوهشی مشابه تا کنون یافت نشده است. اما در زمینه استفاده از منطق فازی در پژوهشهای صنعت ساخت که به این پژوهش نزدیک باشد یک کار تحقیقاتی تحت عنوان ارائه مدل تحلیل ریسک مبتنی بر سیستمهای خبره فازی برای مدیریت پروژه های ساخت [۴] انجام گرفته است که ارتباطی به BIM ندارد ولی ریسکهای مربوط به دانش مدیریت پروژه مورد بررسی قرار گرفته اند و می توان در آن اشاراتی نیز به بهره وری ساخت مشاهده کرد. همچنین یک کار میدانی در زمینه استفاده از منطق فازی در فاز ارزیابی مهندسی ارزش پروژه های عمرانی [۵] انجام پذیرفته که به واسطه ی ارتباط تنگاتنگ بین مهندسی ارزش و مفهوم بهره وری ،کمابیش به بعضی جنبه های این پژوهش نزدیک است.

شرح مسئله

یکی از مسائل مهم در مهندسی ارزش انتخاب ایده و سپس چگونگی تعیین وزن و اهمیت ایده هاست. مشکل اصلی انتخاب وجود اهداف کمی و کیفی متعدد است که ممکن است با هم ناسازگار باشند. همچنین وجود محدودیت منابع و نقطه نظرات مختلف نیز باعث افزایش پیچیدگی مسئله می شود.

در زمینه عوامل تعیین کنندهء بهره وری نیروی انسانی در پروژه های منطبق با BIM در مرحله نخست بعد از اجرای فاز خلاقیت و بهره گیری از نظر متخصصین، ۱۳ ایده اولیه مطابق فهرست زیر حاصل شد.

۱-کاهش تعارضات زمان-فضا. شاخص های عملکرد BIM نشان دهنده افزایش بهره وری ناشی از کاهش تعارضات است[۶]. فضای کار در پروژه های ساختمانی به عنوان یک منبع و یک محدودیت که باید در برنامه ریزی پروژه لحاظ شود در نظر گرفته می شود. بدون برنامه ریزی فضای مناسب و زمانبندی منطبق با واقعیات، اغلب ممکن است تعارضات زمان – فضا در کارگاههای ساختمانی رخ دهد [۷] . برنامه‌ریزی فعالیت‌ها و منابع پویای ساخت تنها بر مبنای زمان و هزینه و بدون در نظر گرفتن فضاهای موردنیاز اجرای کار منجر به تراکم و تداخل اکیپ‌های کاری، کاهش بهره‌وری و درنتیجه انحراف از زمان و هزینه پیش‌بینی‌شده می‌گردد. ابزارهای کلاسیک برنامه‌ریزی قادر به تشخیص این تداخلات فضائی نبوده و نیاز به متدولوژی هدفمند به‌منظور تشخیص و حل آن‌ها در فضاهای محدود طبقات به‌صورت روزانه و بر پایه تکنیک‌های مدل‌سازی اطلاعات ساخت ضرورت یافته است. بدون این فرآیند، درک درستی از حجم کار، فضای کار و زمانبندی نداریم[۸] .

۲- کاهش زمان ساخت و افزایش کیفیت تولید ساختمان[۹] .

۳-بهینه سازی حجم کار طراحان . امروزه ۵۰ درصد کار طراحان صرف تولید نقشه های ساخت می شود. BIM میتواند به طراحان کمک کند تا با صرف انرژی کمتری برای تولید نقشه ها، به رسالت اصلی خود که صرفاً طراحی است برگردند [۱۰].

۴-بهینه سازی حجم کار دفتر فنی . تهیه نقشه های کارگاهی بخش زیادی از زمان و انرژی نیروی کارمستقر در کارگاه را به خود اختصاص می دهد.BIM تا حد زیادی می تواند نیاز پیمانکار به Shop drawing و As Built را رفع نماید[۱۱].

www.SID.ir

۵- حذف فرایند کاغذی و کوتاه شدن زنجیره تولید قطعات تکراری. مدل بیم حتی می تواند شامل الگوریتم هایی برای ساخت قطعات به روش CNC باشد. این بدان معنی است که در ساخت برخی قطعات، می توان از مدل بیم، خروجی متناسب با دستگاه های CNC گرفته و در ساخت قطعه به کار برد. هرچند همچنان احتمال بروز خطا حتی در این فرآیند تمام اتوماتیک وجود دارد، ولی این خطاها تا حد زیادی کاهش یافته و یا به طور کلی از بین رفته اند، دقت افزایش یافته و طول زنجیره تامین کوتاه می گردد[۱۱]. اتوماسیون کارخانه پیش سازی BIM و کنترل کمی صنعتی به طور مستقیم یک روند غیر کاغذی از ساخت اجزای ساختمان را به ارمغان می آورد[۱۲] .

۶- کاهش دوباره کاری و دعاوی قابل طرح توسط پیمانکار. تمامی انواع پلانها، مقاطع، نماها و گزارشهای سازه ای را میتوان از مدل BIM گرفت، لذا هرگونه ادعایی که پیمانکاران دررابطه با ناخوانایی و عدم ساخت پذیری نقشه هایی که توسط مشاوران تهیه شده است را از بین می برد و این از مهمترین کمکهای BIM ، در کاهش دعاوی و کاهش زمان اجرای پروژه میباشد. [۱۳]

۷-کاهش اختلاف بین ذینفعان . استفاده از BIM ۳بعدی، یا ۴بعدی (۳بعدی به علاوه زمان) و ۵بعدی (۳ بعد به علاوه زمان و هزینه) برای برقراری ارتباط با نهادهای سرمایه گذاری دولت و هر بخش دیگر که در پروژه شرکت دارد (مثل بیمه و...) میتواند خطاها و اختلافات موجود بین آنها را کاهش دهد و از اتلاف زمان هم جلوگیری کند [۱۴].

۸-BIM میتواند به کارفرما این امکان را بدهد تا طراحیهایی را که توسط شرکتها و مؤسسات طراحی عرضه شده اند را با برنامه های ایمنی، آتش نشانی، نور رسانی، مباحث انرژی و مبحث ۱۱ ، هزینه های ساخت و هماهنگی تطبیق دهد و آن را تصدیق یا رد کند. پس از این کار، کارفرما میتواند در برگزاری یک مناقصه صحیح و روشن مطمئن عمل نماید [۱۵].

۹-افزایش ایمنی در ساخت با توجه به مشخص بودن جزئیات پروژه در هر مرحله [۱۶] به همان نسبت کاهش صدمات پرسنل و بالطبع افزایش بهره وری نیروی کار را در پی دارد.

۱۰- استفاده از BIM بالقوه موجب صرفه جویی در وقت، هزینه ، مقدار کار، و سهولت برای همکاری و تعامل بین عوامل پروسه تهیه مواد(تدارکات) می شود[۱۷] .

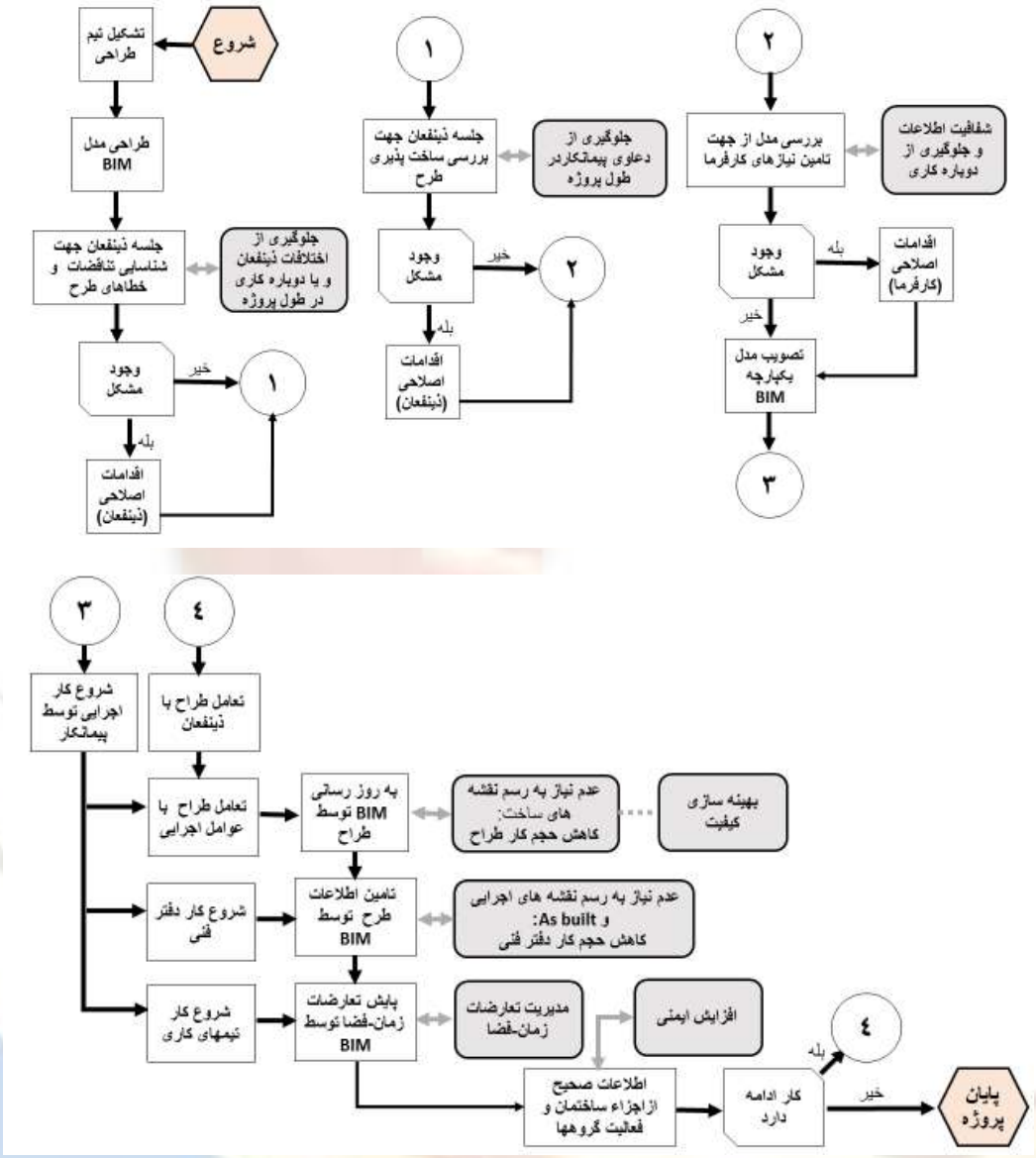
۱۱-BIM نشان داد که هزینه خطاهای طراحی منجر به تاخیر برنامه، ۱۹۴٫۶۹٪ کمتر از هزینه اشتباهات ساده طراحی و هزینه های مستقیم طراحی نادرست در یک پروژه که بدون BIM اجرا می شود ،شده است [۱۸].

۱۲- اطلاعات جمع آوری شده از پروژه های قبلی عامل مهمی در افزایش بهره وریست و به عنوان یک بعد جدید در بیم ۸ بعدی پیشنهاد می شود [۱۹] این اطلاعات در جلسات ذینفعان قبل از تصویب جزئیات پروژه از لحاظ کاهش دوباره کاری مفید واقع خواهد شد.

۱۳- افزایش بهره وری با آموزش تخصصی بیم به مدیران پروژه. امروزه در بسیاری از کشورها با حذف کارشناسان بیم مستقیما این مسِولیت بر عهده مدیر پروژه قرار می گیرد [۲۰] .چیزی که واضح است اوایل در پروژه ها ،کارشناس مدیریت پروژه به کارشناس بیم تغییر پیدا کرد و امروزه با تلفیق کار کارشناس بیم و مدیر پروژه همه ی کارها به عهده مدیرپروژه گذاشته شده است.

www.SID.ir

اگر به صورت اجمالی تاثیر ایده های بالا در چرخه فعالیت یک پروژه بررسی شوند ، شکل بعد(۱) بزنگاه یا زمان تاثیر آنها را به صورت فلوچارت نشان می دهد.مواردی که ذکر نشده در تمام مراحل پروژه تاثیر گذارند.



شکل ۱- بزنگاه (زمان) تاثیرات BIM بر ریسکهای (کاهنده) بهره وری نیروی کار در پروژه

در این مرحله روش های تحلیل تصمیم ، بیشترین استفاده را دارند چنانکه با استفاده از تئوری مطلوبیت چند معیاره (ویکو)و درخت بازی ، ریسکهای نهایی تعیین و با استفاده از روش تئوری مطلوبیت چند معیاره (AHP) وزن ریسکها مشخص شدند.

www.SID.ir

با توجه به اینکه کارگاه پیش ساخته (CNC)در داخل کشور هنوز عمومیت ندارد از این بحث صرف نظر شد. با بررسی تمام موارد می توان ۶ گروه اصلی کاهنده بهره وری که به زعم این پژوهش نماینده تمام حوزه ها و فعالیتهای پروژه های ساخت هستند را را به صورت زیر دسته بندی کرد:

۱-*بالا بودن حجم کار طراحی* ، نقشه کشی و برنامه ریزی(طراحی و برنامه ریزی).

۲-*نواقص و عدم انطباق* دستور کارها ، اسناد و نقشه ها(طراحی ، نظارت و اجراء).

۳-*عدم ساخت پذیری* نقشه ها (نظارت و اجراء).

۴- *عدم شفافیت اطلاعات* در زمان برگزاری مناقصه(برنامه ریزی ، مناقصه و طراحی).

۵-*تعارضات زمان-فضا*(نظارت و اجراء).

۶- *پایین بودن ایمنی* در مراحل ساخت(طراحی ، نظارت و اجراء).

فرض اساسی این پژوهش این بود که این حوزه های ریسک به زعم خبرگان و پژوهشگران مبحث BIM دارای خواص زیر هستند:

۱- فعالیتها و جنبه های مهم پروژه را پوشش می دهند.

۲-این ریسکها در واقع دریچه های اتلاف زمان و نیروی انسانی در پروژه هستند.

۳- در نهایت اجرای BIM در پروژه روی این ریسکها تاثیر مثبت (کاهنده) دارد.

به عبارت دیگر روش تحقیق این بود که در مرحله اول تاثیر این ریسکها را بر بهبود بهره وری نیروی انسانی و زمان ارزیابی کرده و به تبع نتایج حاصله ،افزایش بهره وری در پروژه ای که ازBIM استفاده می کند را محاسبه کند. این ریسکها با استفاده از مقیاس لیکلرت در معرض قضاوت خبرگان قرار می گیرد تا میزان تاثیر آنها در کاهش نیروی انسانی و زمان پروژه و افزایش بهره وری مورد ارزیابی قرارگیرد. اما در کنار آن با استفاده از تکنیک AHP وزن هر کدام از عوامل بالا نسبت به یکدیگر سنجیده شد.

روش حل مسئله:

اساس کار بر مقایسه تجربی استوار بود. مقایسه بین پروژه ای که در آن از فناوری BIM استفاده شده با پروژه ای که در آن از فناوری BIM استفاده نشده باشد. در واقع این مقایسه در ذهن پرسش شوندگان که در این زمینه خبره محسوب می شوند انجام می شد. با علم به کاهش احتمالی ریسک های ذکر شده، تاثیر این کاهش بر نیروی انسانی مورد نیاز و زمان صرف شده (به تفکیک هر یک از ریسک ها) مورد پرسش قرار می گرفت. در اینجا نیاز به تعیین وزن ریسکها بود. با توجه به تعداد زیاد

www.SID.ir

ریسکها در این تحقیق برای عملی بودن ارزیابی فقط یک معیار به عنوان سنجه مقایسه ریسکها مورد استفاده قرار گرفت و آنهم " میزان اهمیت ریسکها " می باشد.

در این پژوهش با توجه به دلایل و شواهد ارائه شده ، فرض بر این بود که به ترتیب بین کاهش نیروی انسانی و زمان با افزایش کارایی و اثربخشی رابطه مستقیم برقرار است. با توجه به اطلاعات اغلب پروژه ها و نظر کارشناسان انتظار ما کاهش نیروی انسانی مورد نیاز و زمان صرف شده بود. پاسخ این سئوالات گزینه های *خیلی کم ، کم ، متوسط ، زیاد و خیلی زیاد* بود که بیانگر یک وضعیت کیفی از نقطه نظر پرسش شونده بودند(پرسش شونده از میان کسانی انتخاب شدند که در BIM خبره باشد) .اگرA و B به ترتیب نیروی انسانی و زمان مصرفی در پروژه ای بدون استفاده از BIM باشد با توجه به اطلاعاتی که درباره BIM جمع آوری شد ، انتظار این است که پس از اجرای BIM نیاز به نیروی انسانی (کاهش نیروی انسانی _ A)و زمان (کاهش زمان _ B)کاهش پیدا کند .در نهایت این پاسخها توسط برنامه MATLAB R۲۰۱۸b که جدیدترین ورژن برای تحلیل فازی می باشد مورد تحلیل قرار گرفت.در اینجا برای درک نحوه تاثیر کاهش نیروی انسانی و زمان پروژه بر افزایش بهره وری ، فرمولهای مربوطه آورده شده است:

A مصرف نیروی انسانی (پروژه بدون BIM)

(۱) ---------- = ---------- = تغییرات

کارایی کاهش نیروی انسانی _ A مصرف نیروی انسانی (پروژه منطبق باBIM)

B زمان پروژه (پروژه بدون BIM)

(۲) ---------- = ---------- = تغییرات اثر

بخشی کاهش زمان پروژ _ B زمان پروژه (پروژه منطبق باBIM)

در فرمولهای بالا اگر هر کدام از نیروی انسانی و زمان پروژه نصف شود میزان کارایی و اثر بخشی هر کدام دو برابر می شود با بررسی دقیق مبحث بهره وری و استفاده از نظر خبرگان صنعت ساخت کاهش مصرف نیروی انسانی و کاهش زمان پروژه بیش از۱۰۰ درصد اصولا منطقی نمی باشد . در این تحقیق در سعی و خطای اولیه فرض محتاطانه بر این بود که حداکثر کاهش متصور برای زمان و نیروی انسانی ، کاهش ۱۰۰ درصی می باشد یعنی هر کدام از آیتم ها به نصف تقلیل پیدا می کند(در عمل نظر خبرگان هم این موضوع را تائید کرد).اما کاهش ۱۰۰٪ نیروی انسانی یا زمان پروژه باعث افزایش ۱۰۰٪ کارایی و اثربخشی می شود.در اینصورت باید تغییرات خیلی کم تا خیلی زیاد کارایی و اثربخشی را بین صفر تا ۱۰۰٪ در نظر گرفته شود.

www.SID.ir

مفروضات اساسی در استفاده از مقیاس لیکلرت

اساس کار در واقع فرمول (اثربخشی × کارایی = بهره وری) بود. طبق این فرمول اگر کارایی و اثربخشی هر کدام دو برابر شوند، بهره وری ۴ برابر می شود. درعمل ما شاهد این افزایش در بهره وری نیستیم چون کاهش نیروی انسانی ما خواه نا خواه کاهش زمان پروژه در اثر افزایش بهره وری را محدود می کند و همچنین تلاش برای کاهش زمان پروژه کاهش نیروی انسانی را محدود می کند. روی همین اصل در سعی و خطای اولیه حداکثر افزایش بهره وری برابر ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شد و حالاتی که بهره وری بالای ۱۰۰٪ می شود حذف گردید.در نهایت نظر خبرگان و تحلیل فازی افزایش بهره وری بیش از ۱۰۰٪ را نشان نداد به این معنی که سعی اولیه درست بوده است.

توابع عضویت فازی

از طرف دیگر در مقیاس لیکلرت درصدهای هر محدوده به صورت دسته بندی زبانی از ۱ تا ۵ بیان می شود.همانطور که گفته شد ما در این تحقیق قصد داشتیم که توصیف های کمی را به عدد تبدیل کنیم و هم چنین گزینه های پرسشنامه ما اعدادی بین ۱ تا ۵ بودند که ما این اعداد را نمایانگر یک عبارت توصیفی می دانیم که در جدول زیر (۱)بدان اشاره شده است.

جدول شماره ۱- عدد صحیح متناظر با یک توصیف

عبارت توصیفی (ارزش زبانی)	عدد معادل
خیلی کم	۱
کم	۲
متوسط	۳
زیاد	۴
خیلی زیاد	۵

در تحلیل فازی با برنامه متلب برای هر توصیف باید یک عضو یا مجموعه به ورودی های خود اضافه کرد که این عضو MEMBERSHIP نامیده می شود.این ممبرشیپ ها دارای شروع ،نقطه اوج و پایان می باشد زیرا که از توابع TRIMP یا همان مثلثی استفاده شده است.

اگر ورودیها با توجه به جدول شماره ۲ انتخاب شود حاصل آن شکل شماره ۲ می باشد.باید توجه داشت که این نوع توابع عضویت برای همه خروجی و ورودی ها در همه ی سطح های سیستم در نظر گرفته شد.

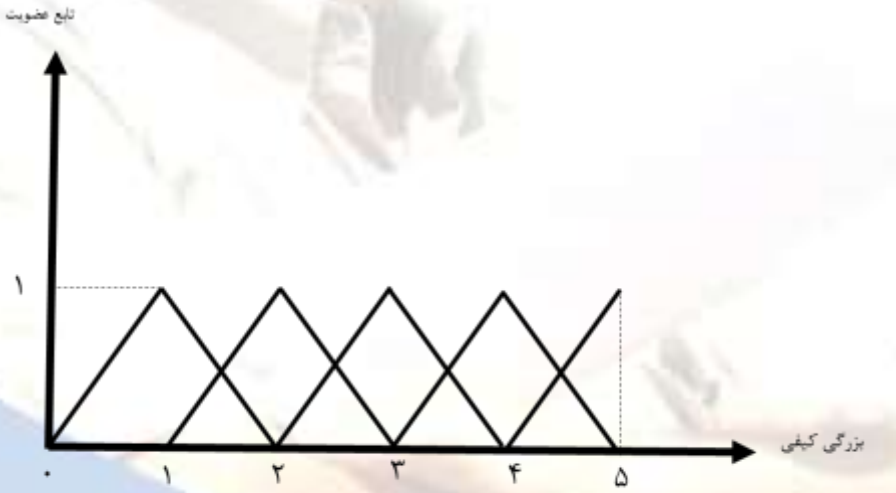
www.SID.ir

گفته شد که در پرسشنامه با استفاده از جدول شماره۱ ، برای درک بهتر خبرگان، از دسته بندی زبانی در بازه ای از ۱ تا ۵ استفاده شد.از این به بعد مراحل کار با توابع عضویت تعریف شده در جدول ۲ طی شدند. در گام اول با توجه به اطلاعات تابع فازی استفاده شده در جدول شماره ۲ و شکل توابع فازی در شکل شماره ۲ ، برای هر کدام از ارزشهای زبانی که به ورودیها اختصاص داده شد. مقدار عددی متناسب با نوع تابع عضویت اختصاص یافت(در اینجا عدد ۳ در پرسشنامه معادل عدد ۳ در تحلیل فازی برنامه متلب است). این فرایند با توجه به شکل ۳ انجام پذیرفت.

در اینجا عددهای ذکر شده در شکل ۳ ، مراکز سطح مجموعه های فازی شکل ۲ هستند. در گام بعدی (شکل ۴)محل تقاطع اضلاع مثلث تابع عضویت ، مقدارعددی در مرز عبارات توصیفی را نشان می دهند (مثلا در تحلیل فازی برنامه متلب ، اعداد بین ۲,۵ تا ۳,۵ واجد ارزش "متوسط" با مقادیر تابع عضویت بیش از ۰,۵ می باشند).

جدول شماره۲ -مقادیر توابع عضویت

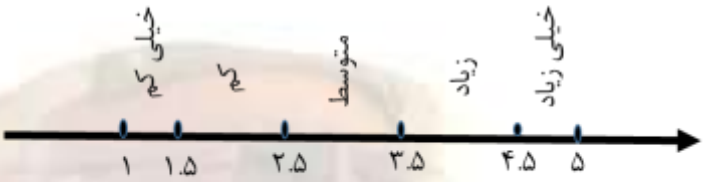
عبارت توصیفی	معادل
خیلی کم	۰،۱،۲
کم	۱،۲،۳
متوسط	۲،۳،۴
زیاد	۳،۴،۵
خیلی زیاد	۴،۵،۵



شکل ۲- تابع عضویت فازی استفاده شده برای میزان کاهش زمان ونیروی انسانی و افزایش بهره وری

www.SID.ir

شکل ۳- سنجه مورد استفاده برای تبدیل عبارات توصیفی به مقادیر قطعی



شکل ۴- سنجه مورد استفاده برای تبدیل مقادیر قطعی به ارزشهای زبانی فازی

قوانین فازی

قوانین فازی سطح اول: توابع عضویت هر کدام دارای ۵ مجموعه می باشد که معرف ۵ بازه هستند. فایل main.m یک ام فایل مربوط به سیستم فازی مربوط به تأثیر کاهش نیروی انسانی و زمان بر کاهش بهره وریست که در این سیستم هر ورودی آن ۵ بازه دارد که این بازه ها مربوط به همان مشخصه هستند. قوانین فازی به کار گرفته شده در سطح اول برای بدست آوردن بهروه وری کل به دلیل اینکه دارای دو ورودی است برابر با ۲۵ (5^2) حالت می باشد . قوانین فازی مربوط به این سطح پس از تدوین به صورت فایل اکسل در برنامه متلب (داده ها) آورده شد. برای تمامی ترکیبات ورودی، کمیت توصیفی مربوط به بهره وری کل ارائه شده است (جدول ۳).

n	کاهش استفاده از نیروی انسانی	کاهش زمان صرف شده	افزایش بهره وری
۱	خیلی کم	خیلی کم	کم
۲	خیلی کم	کم	کم
۳	خیلی کم	متوسط	متوسط
۴	خیلی کم	زیاد	زیاد
۵	خیلی کم	خیلی زیاد	خیلی زیاد
۶	کم	خیلی کم	کم
۷	کم	کم	متوسط
۸	کم	متوسط	متوسط
۹	کم	زیاد	زیاد
۱۰	کم	خیلی زیاد	خیلی زیاد
۱۱	متوسط	خیلی کم	متوسط

www.SID.ir

۱۲	متوسط	کم	زیاد
۱۳	متوسط	متوسط	خیلی زیاد
۱۴	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
۱۵	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
۱۶	زیاد	خیلی کم	زیاد
۱۷	زیاد	کم	خیلی زیاد
۱۸	زیاد	متوسط	خیلی زیاد
۱۹	زیاد	زیاد	خیلی زیاد
۲۰	زیاد	خیلی زیاد	خیلی زیاد
۲۱	خیلی زیاد	خیلی کم	خیلی زیاد
۲۲	خیلی زیاد	کم	خیلی زیاد
۲۳	خیلی زیاد	متوسط	خیلی زیاد
۲۴	خیلی زیاد	زیاد	خیلی زیاد
۲۵	خیلی زیاد	خیلی زیاد	خیلی زیاد

جدول ۳- حالات مختلف قرار گرفتن مجموعه ها (عضوهای) فازی توابع زمان و نیروی انسانی

قوانین فازی سطح دوم: برای سطح دوم که خروجی آن طبق گفته های پیشین به عنوان ورودی سطح اول قرار می گیرد ، شش ورودی مجرا وجود دارد که این ورودی ها در هر دو حوزه زمان و نیروی انسانی به هم شبیه می باشد و تفاوت آن در وزن هر ورودی می باشد . برای بدست آوردن قوانین مربوط به این سطح که تعداد آن بسیار زیاد می باشد از قواعد زیر استفاده شد که به طور مختصر به این صورت است:

۱-عدد معادل هر ورودی در وزن آن ضرب می شود.

۲-تمامی این شش عدد ضرب شده در وزن خود با هم جمع می شوند.

۳-این مجموع به مجموع وزن ورودی ها تقسیم می شود.

۴-حاصل یک عدد می باشد که با مقایسه معادل توصیفی خروجی بدست می آید. به طور مثال برای $A< 1,5$ نیروی انسانی خیلی کم در نظر گرفته می شود.

این الگوریتم که در اصل همان قوانین فازی سطح ۲ هستند، ارزشهای زبانی را به صورت عدد از جدول ۷ دریافت کرده و سپس به صورت عددی از جنس همان ارزش زبانی استخراج می کند. عدد حاصل محدوده کاهش زمان و نیروی انسانی است. باید توجه داشت که توصیفات کیفی در کتلب به صورت ارزشهای زبانی مورد استفاده قرار می گیرند (مثل ماتریس سطح اول). این قوانین برای ایجاد ماتریس سطح دوم استفاده می شود که برای همه حالات باید این قوانین به دست آید که مجموعا ۵ به توان ۶ حالت می شود و یک عدد بسیار بزرگ ($۵^۶$=۱۵۶۲۵) خواهد شد.با استفاده از ترکیب این حالات و حلقه های تودرتو

www.SID.ir

برای هر ورودی و اعمال کردن وزن هر ورودی برای زمان و نیروی انسانی با استفاده از دو تابع نوشته شده و نیز قوانین ذکر شده ، تمام حالات آنی رول ها محاسبه و در محیط کدنویسی فایل های FIS مورد استفاده قرار می گیرد.

جامعه آماری

جامعه آماری ،جامعه کارفرمایان ، طراحان و پیمانکاران و پژوهشگران BIM درداخل کشور و نیز گروهی از دانش آموختگان ایرانی خارج از کشور می باشد. شرکتها ، سازمانها و افراد بر مبنای تخصص در BIM و نیز میزان علاقه آنها برای همکاری، انتخاب شدند. تعداد مناسب شرکت کنندگان در نظرسنجی طبق فرمول کوکران ۳۴ نفرتعیین گردید.

تفسیرنتایج (پیش از فازی)

فرآیند AHP

طبق مراحل پرسشنامه پس از ارزیابی پرسش شوندگان ، نوبت به تحلیل و بررسی نتایج بود. در این مرحله ابتدا ارزیابی وزن ریسکهای ۶ گانه قرار داشت .معمولا تعیین وزن برای مقایسه گزینه ها با فرآیند AHP انجام می پذیرد .انتخاب سنجه‌ها بخش مهم AHP است و براساس سنجه‌های شناسایی شده نامزدها ارزیابی می‌شوند. در این پژوهش برای اینکه ذهن خبرگان بیش از حد درگیر واژه ها و مقایسه های گوناگون نباشد ، کلا یک سنجه برای مقایسه نامزدها (ریسکها) انتخاب شد و آنهم *میزان اهمیت* ریسکها در پروژه های ساخت بود. میزان اهمیت یک مفهوم کلی و کیفی است .این مفهوم ، مفهومی انتزاعی نیست ولی تعیین آن با فرمول هم مقدور نمی باشد و نظر خبرگان در یک فرآیند مقایسه ای AHP شاید بهترین روش برای درک اهمیت ریسکهای کاهنده ی بهره وری بود.در پرسشنامه از خبرگان خواسته شد پس از مقایسه ریسکها برای بیان نسبت ، یکی از اعداد ۱، ۳ ، ۵ ، ۷ ، ۹ انتخاب شود. در پایان امتیاز هر مقایسه جمع شد و از آنجا که نسبت امتیاز ریسک A به ریسک B باید معکوس امتیاز ریسک B نسبت به ریسک A باشد این امتیازها به دو عدد عکس هم تبدیل شدند(جدول ۴).

جدول شماره ۴-امتیاز ریسکها برای تعیین وزن

ریسکها	ایمنی	زمان فضا	شفافیت	ساختپذیری	نواقص	حجم
ایمنی	۱	۰,۷۵۲	۱,۹۳۲	۱,۲۲	۱,۰۰۶	۱,۰۵۸
زمان فضا	۱,۳۲۹	۱	۲,۰۰۵	۱,۴۲	۱,۴۷	۱,۳۹۵
شفافیت	۰,۵۱۷	۰,۴۹۸	۱	۰,۷	۰,۶۴۱	۰,۶۵
ساختپذیری	۰,۸۱۹	۰,۷۳	۱,۴۲۸	۱	۰,۹۶۵	۰,۸۸۴
نواقص	۰,۹۹۳	۰,۶۷۹	۱,۵۵۸	۱,۰۳۵	۱	۱,۰۱۴
حجم	۰,۹۴۵	۰,۷۱۶	۱,۵۳۸	۱,۱۳۱	۰,۹۸۶	۱

www.SID.ir

در پایان برای تعیین وزن هر ریسک باید اعداد هر سطر در هم ضرب شوند که مقادیر نهایی در جدول زیر (۵) آورده شده است.

جدول شماره ۵

ریسک	وزن ریسک
ایمنی	۱,۸۸۶
زمان فضا	۷,۷۶
شفافیت	۰,۰۷۵
ساختپذیری	۰,۷۳
نواقص	۱,۱
حجم	۱,۱۶

جمع آوری داده با استفاده از توزیع پرسشنامه در بین خبرگان BIM

در ابتدا تعدادی از فرم ها در بین خبرگان حوزه BIM توزیع گردید. هدف پژوهش در نهایت محاسبه ی بهره وری سیستم از طریق محاسبه ی مقدار کاهش یا به عبارت دقیق تر کنترل منابع (نیروی انسانی) و کنترل زمان بود.

از پرسش شوندگان خواسته شد که به گروههای ریسک ارائه شده در این فرم ها از نظر میزان کاهش زمان و نیروی انسانی پس از اجرای BIM در پروژه هایی که خود با آنها درگیر بوده اند پاسخ دهند . به عبارت دیگر در این پرسشنامه از افراد خواسته شده برای محاسبه افزایش بهره وری سیستم (که پس از اجرای BIM متصور است) بر مبنای تجربه و قضاوت مهندسی خویش ، در حوزه هر یک از ریسکهای شش گانه میزان کاهش مصرف نیروی انسانی و زمان را به صورت یک عدد صحیح بین ۱ تا ۵ (طبق مقیاس لیکلرت)انتخاب کنند.

نتایج حاصل از این پرسشنامه ها به تفصیل در فرم اکسل که به عنوان ورودی اطلاعات از آن استفاده می شود ارائه شده است(جدول۷) .همچنین میانگین داده ها و وزن آنها نیز در فرم وارد شده . این داده ها به عنوان ورودی سیستم فازی انتخاب شده اند .

جمع بندی نظر خبرگان

همانطور که پیش تر گفته شد در این پژوهش هر یک از ریسکها در حوزه نیروی انسانی و زمان از خبرگان مورد پرسش قرار گرفتند و خبرگان در بازه خیلی کم تا خیلی زیاد(با اعداد صحیح بین ۱ تا ۵) تاثیر اجرای BIM بر این ریسکها در زمینه ی کاهش نیروی انسانی و زمان را مورد ارزیابی قرار دادند. دوباره تاکید می شود که کاهش نیروی انسانی و زمان در راستای بهینه سازی منابع و زمان پروژه انجام می گیرد. در جدول ۶ به اجمال برای هر ریسک در حوزه های نیروی انسانی و زمان ، آن عبارت توصیفی که توسط خبرگان به تعداد بیشتری انتخاب شده به همراه درصد آن ، آورده شده است.

www.SID.ir

نکته ناامید کننده در جدول ۶ این بود که خبرگان در تعیین تاثیرات BIM تا حدودی محافظه کارانه و یا حتی بدبینانه به گزینه ها رای دادند به طوریکه نظرات غالب در طیفی از خیلی کم تا متوسط تغییر می کند. از طرف دیگر نکته امیدوار کننده این بود که تعارضات زمان-فضا که در آزمون AHP بیشترین وزن یا اهمیت را داشت، طبق نظر خبرگان تاثیر متوسطی از اجرای BIM می گیرد و همین باعث شد در نهایت افزایش بهره وری قابل ملاحظه باشد. خبرگان کمترین اهمیت را برای شفافیت مناقصه قائل شدند(حدود ۰,۰۷۵).

جدول شماره ۶- عبارت توصیفی غالب و درصد مربوطه که توسط خبرگان انتخاب شده است

شماره	نوع ریسک	تاثیری که می خواهیم اجرای BIM روی ریسک داشته باشد	منابعی که می خواهیم باBIM بهینه شود.	نظر غالب خبرگان	درصد نظرغالب
۱	*حجم کار* در واحد طراحی ، دفتر فنی و واحد برنامه ریزی پروژه.	کاهش	نیروی انسانی	متوسط	۵۰
۲	*حجم کار* در واحد طراحی ، دفتر فنی و واحد برنامه ریزی پروژه	کاهش	زمان	متوسط	۵۰
۳	*نواقص* نقشه ها و اسناد، ناخوانایی،عدم انطباق دستور کارها و اسناد.	کاهش	نیروی انسانی	کم	۶۳,۹
۴	*نواقص* نقشه ها و اسناد، ناخوانایی،عدم انطباق دستور کارها و اسناد.	کاهش	زمان	کم	۵۰
۵	*ساخت پذیری* نقشه ها	افزایش	نیروی انسانی	کم	۵۰
۶	*ساخت پذیری* نقشه ها	افزایش	زمان	کم	۳۸,۹
۷	*شفافیت* اطلاعات در زمان برگزاری *مناقصه*	افزایش	نیروی انسانی	خیلی کم	۶۳,۹
۸	*شفافیت* اطلاعات در زمان برگزاری *مناقصه*	افزایش	زمان	خیلی کم	۴۱,۷
۹	*تعارضات* زمان-فضا	کاهش	نیروی انسانی	متوسط	۵۲,۸
۱۰	*تعارضات* زمان-فضا	کاهش	زمان	متوسط	۴۴,۴
۱۱	*ایمنی* در مراحل ساخت	افزایش	نیروی انسانی	خیلی کم	۴۱,۷
۱۲	*ایمنی* در مراحل ساخت	افزایش	زمان	خیلی کم	۴۱,۷

با استفاده از وزن ریسکها و تبدیل توصیفات کیفی از خیلی کم تا خیلی زیاد به ارزشهای زبانی (اعداد صحیح از ۱ تا ۵)، جدول داده ها با فرمت اکسل شد . این داده ها به همراه قوانین فازی که به صورت کدنویسی تهیه شده اند اطلاعات ورودی برنامه

www.SID.ir

متلب را تشکیل می دهند. جدول ۷ داده های مربوط به نیروی انسانی می باشد که برای زمان نیز مشابه همین جدول تشکیل شد.

جدول شماره۷- ارزشهای زبانی مربوط به میزان کاهش نیروی انسانی در فعالیتهای مرتبط با ریسکها

ایمنی	تعارضات زمان فضا	شفافیت مناقصه	ساخت پذیری	نواقص	حجم کار	آیتمها	
وزن=۱,۸۸۶	وزن=۷,۷۵۹	وزن=۰,۰۷۵	وزن=۰,۷۲۸	وزن=۱,۱۰۲	وزن=۱,۱۶	فرم خبرگان	ردیف
۱	۱	۱	۱	۲	۱	فرم شماره ۱	۱
۲	۴	۱	۲	۲	۱	فرم شماره ۲	۲
۱	۴	۲	۱	۳	۳	فرم شماره ۳	۳
۲	۴	۱	۳	۲	۳	فرم شماره ۴	۴
۲	۳	۱	۳	۳	۳	فرم شماره ۵	۵
۱	۳	۱	۳	۲	۴	فرم شماره ۶	۶
۲	۴	۱	۲	۲	۲	فرم شماره ۷	۷
۱	۳	۱	۱	۲	۳	فرم شماره ۸	۸
۲	۲	۲	۲	۴	۳	فرم شماره ۹	۹
۱	۳	۱	۲	۲	۴	فرم شماره ۱۰	۱۰
۱	۳	۲	۲	۲	۳	فرم شماره ۱۱	۱۱
۱	۳	۱	۲	۱	۲	فرم شماره ۱۲	۱۲
۳	۲	۲	۲	۱	۲	فرم شماره ۱۳	۱۳
۲	۳	۱	۱	۱	۳	فرم شماره ۱۴	۱۴
۱	۳	۱	۱	۲	۳	فرم شماره ۱۵	۱۵
۲	۳	۲	۳	۲	۳	فرم شماره ۱۶	۱۶
۱	۳	۱	۲	۲	۳	فرم شماره ۱۷	۱۷
۱	۲	۱	۱	۱	۲	فرم شماره ۱۸	۱۸
۱	۳	۱	۳	۲	۳	فرم شماره ۱۹	۱۹
۲	۲	۱	۲	۱	۲	فرم شماره ۲۰	۲۰

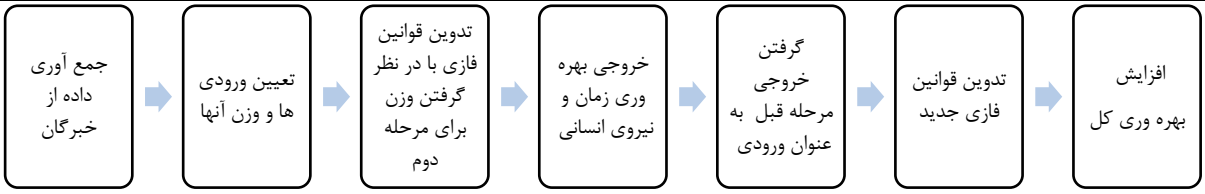
www.SID.ir

۲۱	فرم شماره ۲۱	۲	۲	۲	۳	۱	۳
۲۲	فرم شماره ۲۲	۲	۱	۲	۲	۲	۲
۲۳	فرم شماره ۲۳	۲	۲	۳	۲	۲	۱
۲۴	فرم شماره ۲۴	۳	۲	۱	۱	۳	۲
۲۵	فرم شماره ۲۵	۳	۲	۲	۱	۳	۳
۲۶	فرم شماره ۲۶	۲	۲	۲	۱	۲	۲
۲۷	فرم شماره ۲۷	۳	۲	۲	۱	۱	۲
۲۸	فرم شماره ۲۸	۳	۳	۲	۱	۳	۱
۲۹	فرم شماره ۲۹	۲	۲	۱	۱	۳	۱
۳۰	فرم شماره ۳۰	۳	۲	۲	۲	۳	۲
۳۱	فرم شماره ۳۱	۱	۲	۱	۱	۲	۱
۳۲	فرم شماره ۳۲	۲	۲	۲	۲	۲	۳
۳۳	فرم شماره ۳۳	۳	۳	۲	۲	۳	۳
۳۴	فرم شماره ۳۴	۲	۳	۳	۳	۳	۲
۳۵	فرم شماره ۳۵	۲	۲	۱	۱	۳	۲
۳۶	فرم شماره ۳۶	۳	۳	۱	۴	۵	۵

تحلیل نتایج

مراحل انجام کار در شکل ۵ نشان داده شده است. در پایان فایل های فازی را به یکدیگر مرتبط کرده و داده های ورودی شش گانه را به آنها داده شد تا سیستم شبیه به یک تابع، خروجی و بهره وری کل را به دست دهد. در فایل MAIN.M ابتدا مقادیر داده های پرسشنامه را از فایل اکسل به صورت مستقیم دریافت کرده و سپس با تعریف فایل های فازی و دادن مقادیر و طبق کد نویسی و فایل های فازی تعریف شده مقادیر شش گانه حاصل از پرسشنامه را دریافت کرده و خروجی آنها شامل نیروی انسانی workers و زمان time ورودی فایل TOTAL.FIS بود که این هم یک خروجی برنامه داشت که همان افزایش بهره وری می باشد .

www.SID.ir



شکل۵- مراحل انجام کار

در نهایت مقدار خروجی سطح دوم برای کاهش زمان(Time) برابر ۲,۷۳۳۷ و برای کاهش نیروی انسانی (Worker) برابر۲,۴۷۲۵ بود که به عنوان ورودی سطح اول به کار برده شد. طبق قانون فازی سطح دوم خروجی زمان با ارزش "متوسط" و خروجی نیروی انسانی با ارزش "کم" طبقه بندی شد. در سطح اول ، خروجی ما یعنی افزایش بهره وری نیروی انسانی(Total-PR) برابر۳,۷۷۹۲ و ارزش آن "زیاد" بود. طبق سنجه مورد استفاده برای تبدیل مقادیر قطعی به ارزشهای زبانی فازی، ارزش زیاد در محدوده ۳,۵ تا ۴,۵ می باشد و از طرفی طبق مقیاس لیکلرت محدوده درصدی معادل ارزش "زیاد" بین ۵۰ تا ۷۵ درصد می باشد. در نهایت با گرفتن تناسب و یکسری محاسبات عددی ، افزایش بهره وری نیروی انسانی پروژه های همراه BIM مطابق این پژوهش برابر ۵۷ درصد شد. به عبارت دیگر تفسیر این عدد این است که در پروژه هایی که در آنها از BIM استفاده شده است. ارزش افزوده ای که هر فرد شاغل ایجاد می کند ، ۵۷ درصد بیشتر از فردی هست که در پروژه های فاقد BIM مشغول به کار است.

نتیجه گیری

ارزیابی دقیقتر، روابط ساده تر

این تحقیق نشان داد استفاده از منطق فازی در فاز ارزیابی مهندسی ارزش موجب دقیق تر شدن عملکرد ارزیابی ذهنی و ایجاد رابطه ای ساده تر بین گزینه های موجود می شود.

تبدیل مفاهیم کیفی به مقادیر کمّی

نتیجه کمّی پژوهش بیانگر این بود که افزایش بهره وری نیروی انسانی پروژه های منطبق با BIM حدود ۵۷ درصد می باشد. با در نظر گرفتن فرمول بهره وری جزئی و با فرض ثابت ماندن ارزش افزوده ، نیروی انسانی مصرف شده قائدتا ۳۶,۳ درصد کاهش پیدا کرده که نرخ بهره وری چنین افزایشی نشان داده است. این کاهش در اثر افزایش توام کارایی و تاثیرگذاری می باشد.

آگاهی از بازخورد اجرای BIM در میان ذینفعان

اگر این پژوهش با تمام کمبودها ، نشان دهنده ی بازخورد اجرای بیم در داخل کشور باشد ، می توان دریافت در داخل کشور نیز ، متولیان وکارشناسان بیم تاثیرات آنرا بر اغلب جنبه های پروژه (که می تواند باعث افزایش بهره وری شود) با احتیاط ارزیابی می کنند.

www.SID.ir

پیشنهادات

طی این پژوهش سئوالات و پارادوکسهایی برای پاسخ وجود داشت. بعضی از آنها می تواند برای پژوهشهای آتی موضوع یک پایان نامه یا مقاله باشد که به اختصار به آنها پرداخته می شود:

۱- این پژوهش می تواند با تعیین اثربخشی هزینه (بودجه ریزی) توسط عوامل کارفرما انجام شود، که اشراف کاملی بر هزینه واقعی و برنامه ریزی شده پروژه ها (هم پروژه هایی که از BIM استفاده شده است و هم پروژه هایی که از BIM استفاده نشده) داشته باشند.

۲- پیشنهاد می شود پروژه های ساخت بر اساس نوع و سیستم قراردادی دسته بندی و برای هر دسته از پروژه ها، این مراحل انجام شود.خروجی این مراحل با تعیین نوع پروژه و سیستم قراردادی قادر به مقایسه و ارزیابی ریسکها و نهایتا بهره وری پروژه است.

۳-بسیار بجاست که این پژوهش در هر استان متناسب با اولویت ها و مشکلات همان منطقه انجام شود تا بتوان به پاسخهای دقیقتری دست پیدا کرد.

۴- در پژوهشهای آتی بسیار بجاست که انتخاب پرسش شوندگان توسط یک نهاد موجه و مرتبط انجام شود تا هم خبرگان به شرکت در نظرسنجی ترغیب شوند و هم امکان مصاحبه رودررو با آنها جهت رفع هر گونه ابهام از پرسشنامه وجود داشته باشد.

سخن آخر

ممکن است این روش در بعضی جاها ضعفهایی داشته باشد. اما در نهایت یک ایده برای دنبال کردن مسیر بهره وری در پروژه های منطبق با BIM به دست خواهد داد. ایده برای کسانی که بخواهند دقیقتر و با صرف منابع بیشتری این موضوع را پیگیری کنند ، در مورد اینکه چه ریسکهایی در کاهش بهره وری نیروی انسانی تاثیر بیشتری دارد، چگونگی تاثیر زمان در بهره وری و ارائه یک روش برای تبدیل ناخود آگاه جمعی به یک عدد و یک آگاهی. یعنی تبدیل تجربیات تعدادی کارشناس به مقادیر عینی که می تواند درک تقریبی مسئله را ساده تر کند. از آن جهت تقریبی که هر چقدر هم پژوهش دقیقی انجام شده باشد ممکن است به خاطر شرایط متفاوت پروژه ها و کیفیت تجربه خبرگان میزان واقعی افزایش بهره وری کمتر یا بیشتر از مقدار به دست بیاید ولی یقینا توسعه این روش در نهایت می تواند پژوهشگر را به جوابهای دقیقتری برساند.

www.SID.ir

منابع:

۱) مهدی نژاد ارجقی ، آ .، امیری فهیم ، س .، آذرسا ، ع .(۱۳۹۷) ، بهره وری نیروی انسانی در سازمان ، تهران: انتشارات شریف زاده ، ۲۱۰ ص.

۲) Gal, U.,Jensen, T., " Organizational Identity and the Appropriation of Information Systems. "ICIS ۲۰۰۸ Proceedings, Paper ۱۸۱ .http://aisle.aisent.org/icis۲۰۰۸/۱۸۱.

۳) گلابچی ، م .، گلابچی ، ع .، نورزایی ، ع .، قارونی ، ک .(۱۳۹۴) مدلسازی اطلاعات ساختمان،تهران: انتشارات دانشگاه تهران ، ۴۰۰ ص.

۴) زهرایی ، ب .، روزبهانی ، ع .، میرشکاری ، م . (۱۳۹۵) ، ارائه مدل تحلیل ریسک مبتنی بر سیستمهای خبره ی فازی برای مدیریت پروژه های ساخت ، مهندسی عمران شریف ، دوره ۲-۳۲ ، شماره ۴/۱ ، ص ۶۱ تا ۷۰.

۵) زمانی ، الف .، نیری ، م . (۱۳۹۵)، استفاده از منطق فازی در فاز ارزیابی مهندسی ارزش پروژه های عمرانی ،ارائه شده به چهارمین کنفرانس ملی پژوهشهای کاربردی در مهندسی عمران، معماری و مدیریت شهری، تهران، بازیابی شده در ۱۳ آبان ۱۳۹۷.

۶) Chelson , D ,E .(۲۰۱۰), "The Effects Of Building Information Modeling On Construction Site Productivity", in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, University of Maryland , College Park ., USA

۷) Mirzaei , A., Nasirzadeh, F., Parchami Jalal, M. and Zamani, Y. (۲۰۱۷)، ۴D-BIM "Dynamic Time–Space Conflict Detection and Quantification System for Building Construction Projects", College of Fine Arts, Univ. of Tehran

۸) روحانی ، م . (۱۳۹۵) ، مدلسازی‌اطلاعات‌ساختمان با تاکید بر زمان ، هزینه وفضای اجرای کار در سطح خرد ، رساله دکتری ، دانشگاه سمنان.

۹) قادری ، س.، بهروزی، ع. (۱۳۹۶)، پیاده سازی بیم و بررسی فرهنگ و رفتار سازمانی با تکیه بر تجارب شرکت سرمایه گذاری مسکن جنوب ،ارائه شده به اولین کنفرانس مدلسازی اطلاعات ساختمان، تهران، بازیابی شده در ۴ آبان ۱۳۹۷.

۱۰) LeBlanc, Paul. (۲۰۱۰) "Prefabrication in Healthcare Construction." Personal interview. Feb. ۲۰۱۰.

۱۱) شاه حسینی ، و.، حجرالاسوی ، ح .، نادری ، الف .(۱۳۹۳) ، افزایش بهره وری در صنعت ساخت و ساز با بهره گیری از فناوری مدلسازی اطلاعات ساختمان، ارائه شده به کنفرانس بین المللی مدیریت در قرن ۲۱، تهران، بازیابی شده در ۲۴ مهر ۱۳۹۷.

۱۲) کریمی افلاک، الف .(۱۳۹۱)، مدل سازی اطلاعات ساختمان، مجله پیام ساختمان و تاسیسات، سال نهم ، شماره ۱۴۳

www.SID.ir

۱۳) Matta , C ., FAIA, ۲۰۰۵ “The GSA’s BIM Pilot Program”, AIA TAP Knowledge Community

۱۴) Lowe, R .H ., Muncey, Jason M. "ConsensusDOCS ۳۰۱ BIM Addendum." Construction Lawyer ۲۸,۱ (۲۰۰۹). Associated General Contractors of America. Web. ۱۸ Mar. ۲۰۱۱.

۱۵) تقی زاده، ک.، بداقی، م.، رستمی، الف.(۲۰۱۵) ، تأثیر کاربرد مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) در کاهش دعاوی (Claim) پروژههای ساخت و ساز، ارائه شده به کنفرانس بین المللی مدیریت ، استانبول، ترکیه، بازیابی شده در ۷ آبان ۱۳۹۷.

۱۶) ستوده بیدختی، الف.، بهرامی، ح.، اثنی عشری، الف.(۱۳۹۵) ، مروری بر مطالعات مدلسازی اطلاعات ساختمان در ایران، مجموعه مقالات موسسه آموزشی و مهندسی ۸۰۸

۱۷) Ren , Y .(۲۰۱۱), “Building Information Modeling Integrated With Electronic Commerce Material Procurement And Supplier Performance Management system”, in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science , University of Maryland, College Park ., USA

۱۸) Namhyuk ,H ., Sungkon ,M ., Ju-Hyung, K ., and Jae-Jun , K . (۲۰۱۷),” Economic Analysis of Design Errors in BIM-Based High-Rise Construction Projects: Case Study of Haeundae L Project”, Hanyang Univ., Seoul ۰۴۷۶۳, Korea

۱۹) Oti ,A,H., Tah, J, H, M ., Abanda, F, H. (۲۰۱۸),” Integration of Lessons Learned Knowledge in Building Information Modeling” , Oxford Brookes Univ., UK.

۲۰) Hosseini, M., Martek , I ., Papadonikolaki , E ., Sheikhkhoshkar , M ., Banihashemi , S ., Arashpour , M . (۲۰۱۷) “ Viability of the BIM Manager Enduring as a Distinct Role: Association Rule Mining of Job Advertisements”, School of Architecture and Built Environment, Deakin Univ., Australia.

www.SID.ir