فصلنامه رویکردهای پژوهشی نوین در
مدیریت و حسابداری
سال پنجم، شماره ۶۳، تابستان ۱۴۰۰- جلد دوم، ص ۱۰۱-۸۲

Journal of New Research Approaches
in Management and Accounting
ISSN: 2588-4573
http://www.majournal.ir

شناسایی عوامل افزایش هزینه در پروژه‌های عمرانی با استفاده از رویکرد تصمیم‌گیری چند شاخصه فازی (مورد مطالعه: شهرداری تهران)

مهرداد محمدی*[۱]
علیرضا ثاقبی [۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۰۱ تاریخ چاپ: ۱۴۰۰/۰۴/۰۱

چکیده

یکی از فعالیت‌های کشورهای در حال توسعه برای ساخت زیر بناهای اقتصادی خود، اجرای طرح‌های عمرانی زیر بنایی است که سالانه بخش عمده‌ای از بودجه کشور را به خود اختصاص می‌دهد و لذا برنامه‌ریزی اصولی در خصوص این طرح ها از ملزومات و ضروریات بوده تا بتوان کم‌ترین نسبت هزینه به بهره‌وری را از آن استحصال نمود. هر ساله بخش عظیمی از اعتبارات و منابع مالی کشور، صرف سرمایه‌گذاری در پروژه‌های بزرگ عمرانی و زیر بنایی می‌شود. مهم‌ترین شاخص موفقیت این پروژه‌ها علاوه بر دستیابی به اهداف مورد نظر و مقرون به صرفه بودن، اتمام آن در زمان پیش‌بینی شده می‌باشد. هدف از انجام مقاله حاضر شناسایی عوامل کلیدی افزایش هزینه در پروژه‌های عمرانی شهرداری تهران با استفاده از آنالیز حالات خرابی (FMEA) و تعیین میزان ریسک آن‌ها و وزن‌دهی و رتبه‌بندی آن‌ها با استفاده از مدل AHP فازی است. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد عواملی که بر افزایش هزینه‌های پروژه‌های عمرانی موثر بودند عبارتند از: بالا رفتن هزینه در اثر تورم‌های به وجود آمده در کشور، عملکرد نامناسب پیمانکار، مشکل تخصص مهندسان مشاور و ناظر و عدم مطالعه کافی در ابتدای پروژه، نبود نیروی انسانی کارآمد، عدم ثبات مدیریت کارگاه از شروع پروژه، عدم وجود سیستم کنترل پروژه قوی، نبود سیستم مدیریت پروژه مناسب، نبود تعهد کاری در میان کارکنان پروژه، برآورد اشتباه هزینه‌ها در ابتدای پروژه که با استفاده از تحلیل FMEA، بالاترین ریسک مربوط به شاخص بالارفتن هزینه در اثر تورم‌های به وجود آمده در کشور است و با استفاده از سیستم مدیریت پروژه مهم‌ترین شاخص نبود سیستم مدیریت پروژه مناسب می‌باشد.

واژگان کلیدی

مدیریت هزینه، مدیریت پروژه، پروژه‌های عمرانی، روش تجزیه و تحلیل شکست وآثار آن، تصمیم‌گیری چند شاخصه فازی.

۱. کارشناسی رشته مهندسی فناوری اطلاعات، دانشگاه جامع علمی کاربردی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول:77mohammadi77@gmail.com)

۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، مدیریت صنعتی، گرایش تحقیق در عملیات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، تهران، ایران. (saghebi.alireza@gmail.com)

۱. مقدمه

مدیریت هر پروژه برای نیل به اهداف آن، در چهارچوب سه محدودیت هزینه، زمان و کیفیت صورت می‌پذیرد، ولی متأسفانه در حال حاضر فعالیت‌های برنامه‌ریزی و کنترل پروژه در اکثر شرکت‌ها به بحث مدیریت و زمان، کیفیت ختم می شود علت این امر آن است که در واقع اهداف و مسائل کارفرما و پیمانکار در مورد کیفیت و زمان پروژه بر هم منطبق می‌باشد؛ زیرا کیفیت و زمان پروژه خاص یکتا است، اما هزینه از دید کارفرما و پیمانکار دارای تفاوت‌های اساسی می‌باشد و عملاً کارفرما نمی‌تواند در مورد مسأله‌ای که مربوط به پیمانکار می‌باشد اعمال نظر کند (حقیقی و همکاران، ۱۳۸۹).

از مرحله برنامه‌ریزی تا مرحله ساخت و اتمام پروژه و به ویژه در مرحله ساخت، یک پروژه عمرانی با ریسک‌های متعددی مواجه می‌شویم که می‌توان به مواردی مثل؛ سختی و مشکل خرید زمین و طراحی تغییرات ضروری توسط عوامل خارجی و ... اشاره کرد. ازآن جایی که این عوامل و ریسک‌ها می‌توانند خسارات جبران‌ناپذیری بر روی زمان و هزینه‌ها بگذارند، شناسایی و شناخت آن‌ها جهت مدیریت بهینه‌تر هزینه‌ها ضروری و از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. برای اجرای بهتر پروژه‌های راه‌سازی، شناسایی درست ریسک‌ها و مدیریت و کنترل آن‌ها لازم و ضروی است (فتح اله زاده و مهدی زاده، ۲۰۱۳). علاوه بر این، اندازه‌گیری احتمال وقوع هر ریسک، مقدار خسارتی که هر ریسک به پروژه وارد می‌کند و جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز برای تحلیل دقیق ریسک نیز باید در نظر گرفته شود (Kitazume & etal,2005). زمان و هزینه تا اندازه‌ایی قابل معامله با یکدیگر هستند. زمان را می‌توان کاهش داد اما این کار افزایش هزینه را به دنبال دارد (پیمان، ۱۳۹۰). بررسی و بازنگری هزینه‌های پروژه یکی از مهم‌ترین مراحل اجرایی یک پروژه است (موسوی و همکاران، ۱۳۸۸). چرا که بسیاری از پیمانکاران درحین اجرای کار با کمبود نقدینگی مواجه شده و نمی‌توانند جوابگوی هزینه‌های مالی خود باشند که این امر به خودی خود از کیفیت کار کاسته و زمان مورد انتظار جهت اتمام پروژه را دچار مشکل می‌کند (دهقان وهمکاران، ۱۳۸۸) و در این میان معمولاً پروژه‌های ساختمانی و غیردولتی در رسیدن به زمان، بودجه و کیفیت مورد نظر شکست می‌خورند (Kumru, 2013).

نظریه فازی، در سال (۱۹۶۵)، توسط پروفسور لطفی عسگرزاده، دانشمند ایرانی و استاد دانشگاه برکلی آمریکا عرضه شد. نظریه‌ای است برای اقدام در شرایط عدم اطمینان. این نظریه قادر است بسیاری از مفاهیم، متغیرها، وسیستم‌هایی را که نادقیق و مبهم هستند، به شکل ریاضی درآورد و زمینه را برای استدلال، استنتاج، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد (شوندی،۱۳۸۵).

سؤال اصلی پژوهش حاضر این است که: چه عواملی بر افزایش هزینه پروژه‌های شرکت‌های عمرانی شهرداری تهران موثر است؟ همچنین چه عواملی بر افزایش هزینه‌های پروژه‌های عمرانی شهرداری تهران با رویکرد FMEA و AHP فازی دارای بیشترین ریسک و اولویت هستند؟

۲. مروری بر مبانی نظری و پیشینه پژوهش

ساختار سازمانی

سازمانی را فرض کنید که ساختار نامناسبی دارد؛ مثلاً پروژه‌ای که در آن ساختار وظیفه‌ای تعریف نشده یا مدیر پروژه برای آن پیش‌بینی نشده باشد؛ یعنی کسی که بتواند تمام جنبه‌های پروژه را مدیریت کند، هماهنگی‌ها را انجام دهد و به کار اشراف کامل داشته باشد، وجود نداشته باشد. یا ممکن است با وجود مشخص شدن مدیر پروژه، شرح

وظایف و اختیارات این مدیر به‌درستی تعریف نشده باشد. همهٔ این مسائل، باعث می‌شود که برخی تصمیمات اتخاذ نشود یا تصمیمات مناسب و به‌موقع نباشند. درنتیجه، علاوه بر اینکه قطعاً پروژه دچار تطویل زمان می‌شود و خودبه‌خود هزینه‌هایش افزایش می‌یابد، هزینه‌های ناشی از نگرفتن تصمیمات مناسب و به‌هنگام نیز، افزایش هزینه‌هایی را در پی خواهد داشت. همچنین اگر درسازمان‌های اجرایی پروژه‌ها، تقسیم وظایف به‌درستی انجام نشده یا اینکه فرآیندهای اجرایی یا کنترلی به‌درستی تعریف نشده باشند، باز نمایانگر مشکلاتی در ساختاری سازمان است. اگر به این موضوعات به‌دقت پرداخته نشود، خودبه‌خود تأثیرات آن را بر مدیریت پروژه و افزایش هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم پروژه خواهیم دید و درچنین شرایطی اولین هزینه‌هایی که افزایش پیدا می‌کند، هزینه‌های سربار پروژه است؛ بنابراین، به نظر من یکی از اولین اقدامات، توجه به سازمان‌دهی و ساختار مناسب پروژه است. این موضوع در برگیرندهٔ مباحث مختلفی از قبیل ساختار سازمانی، شرح وظایف شغل‌ها و بخش‌های ستادی و صفی، شرایط احراز شغل‌ها، تعریف و طراحی فرآیندهای اجرایی، پشتیبانی، کنترلی و... است.

صرفه‌جویی نابه‌جا در هزینه‌های طراحی

اگر از بحث سازمان و ساختار عبور کنیم، می‌رسیم به فاز اول پروژه، فاز طراحی. اساساً هزینه‌های طراحی چند درصد از هزینه‌های کل پروژه را در بر می‌گیرد؟ دو الی پنج درصد! دیگر بیشتر از این نیست. گاهی اوقات در این بخش بسیار صرفه‌جویی می‌کنیم؛ چرا؟ چون بعضی از ما فقط برای فیزیکی کار حاضریم هزینه کنیم و هزینه‌های طراحی عموماً کارهای نرم‌افزاری است و به نیروی انسانی مرتبط است؛ بنابراین، هزینه‌های طراحی را تا می‌توانیم کاهش می‌دهیم. آن کسانی که باید تمرکز کنند، فکر کنند و خلاقیت به خرج دهند و در بحث طراحی تا می‌توانند ایده‌پردازی کرده و روی جنبه‌های مختلف کارهای اجرایی پروژه فکر کنند، آنجا را ما محدود می‌کنیم، هزینه‌هایش را نمی‌پردازیم یا خیلی کم می‌پردازیم، یا از باتجربه‌ها و خبره‌ها استفاده نمی‌کنیم؛ به بیان دیگر، صرفه جویی نامناسب در هزینه‌های طراحی باعث می‌شود که هزینه‌های اجرایی به‌شدت افزایش پیدا کند. برای مثال، اگر قرار باشد یک مهندس سازه برای طراحی و محاسبات سازهٔ یک پروژه، به جای ۱ درصد، ۱/۵ درصد از هزینه‌های پروژه را به عنوان دستمزد دریافت کند و در مقابل، بتواند در ازای این نیم درصد افزایش حق‌الزحمه، با سبُک‌سازی سازه و طراحی بهینه‌تر، باعث کاهش ۱۰ درصد از هزینه‌های کل سازه شود، بسیار به سود پروژه خواهد بود؛ اما کمتر به این موضوع توجه می‌شود؛ بنابراین، صرفه جویی نابه‌جا در هزینه‌های طراحی و بی‌توجهی به این موضوع، باعث می‌شود که هزینه‌های ما در اجرا افزایش پیدا کند. گاهی زمان موردنیاز برای طراحی پروژه را هم به‌شدت کاهش می‌دهیم، در حالی که می‌دانیم هزینه‌های پروژه در دورهٔ طراحی بسیار کم است و افزایش دورهٔ طراحی تأثیر چندانی در هزینه‌های پروژه نخواهد داشت، اما مطمئناً باعث پیداکردن ایده‌های بهتر، راه‌حل‌های مهندسی مؤثرتر و افزایش ارزش‌های قابل‌ایجاد در پروژه خواهیم شد. حتی من توصیه می‌کنم مدیران، فرایند مهندسی ارزش را هم در دورهٔ طراحی انجام دهند و هزینه‌هایش را بپردازند. مطمئن باشید توجه کافی به زمان و هزینهٔ فرایند طراحی و به‌خصوص مهندسی ارزش در دورهٔ طراحی، پروژه را شکوفا خواهد کرد.

موضوع ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE)

بحث بعدی، در حوزهٔ اجرا است. در این حوزه، موضوع HSE اهمیت بسیاری دارد. خوشبختانه، اخیراً در کشور ما دارد به آن توجه می‌شود. بی‌توجهی یا کم‌توجهی به HSE چه مضراتی را در پی دارد؟ اولین موضوع در HSE مربوط به ایمنی و هزینه‌های مادی مرتبط با حوادث در پروژه است؛ وقتی که حادثه‌ای اتفاق می‌افتد، هزینه‌های زیادی را به

پروژه تحمیل می‌کند که بخشی از آن، هزینه‌های مستقیم آن حادثه است؛ خسارت‌هایی که به افراد، تجهیزات و مواد و مصالح وارد می‌شود. بخش دیگر، هزینه‌های معنوی حوادث است؛ یعنی آسیب‌های روحی و روانی‌ای که به افراد کارگاه وارد می‌کند. وقتی حادثه‌ای در کارگاهی اتفاق می‌افتد، آن کارگاه تا مدت‌ها حال و هوای خوشی ندارد. کارگران و کارکنانی که همکارانشان را در آنجا از دست داده اند، خیلی آسیب می‌بینند. خانواده‌ای از هم پاشیده می‌شود و آسیب‌های اجتماعی آن سال‌های طولانی بر پیکر اجتماع باقی می‌ماند؛ ما این مسائل را نمی‌بینیم. بخش سوم، هزینه‌های مربوط به تعطیلی کارگاه است. خیلی وقت‌ها قوانین و مقررات باعث می‌شوند که مدت‌ها کار تعطیل بشود. اگر حادثه‌ای در کارگاه اتفاق بیفتد تا چند روز یا حتی چند ماه کارگاه را تعطیل می‌کنند. اینها باعث افزایش هزینه‌های کارگاه می‌شود.

البته HSE فقط موضوعات ایمنی نیست. دومین موضوع HSE مربوط به بهداشت است. مسائل بهداشتی هم به نظر من در هزینه‌های کارگاه تأثیرات مهمی دارند. یک مسمومیت غذایی یا یک بیماری واگیردار در کارگاه، چالش های بسیاری ایجاد می‌کند. موضوع سوم نیز مربوط به محیط زیست است، از تمیزی و پاکیزگی کارگاه گرفته تا حفاظت از منابع طبیعی، توجه به اینها می‌تواند دورریزها را کاهش دهد. در بعضی پروژه‌ها اگر دقت کنید، لوازم و قطعات زیادی را می‌بینید که سالم هستند ولی به دلیل نبودن HSE قوی، از بین می‌روند و یا به عنوان ضایعات دور ریخته می‌شوند.

مدیریت ریسک‌های حوادث

موضوع پوشش‌های بیمه‌ای برای پروژه، کارکنان، تجهیزات، ماشین‌آلات و به‌خصوص بیمهٔ تمام‌خطر پروژه، بسیار حیاتی و تأثیرگذار است. بیمه نکردن پروژه نیز باعث افزایش هزینه‌ها می‌شود. هر چند که اینها همه درصد کمی از هزینه‌های کل پروژه را شامل شود، اما هنگام وقوع حوادث و سانحه‌ها، این پوشش‌های بیمه‌ای هستند که می‌توانند به کمک پروژه بیایند. خوشبختانه، امروزه قوانین و مقررات دولتی به سمتی می‌روند که بخشی از این پوشش‌های بیمه‌ای را اجباری کنند. به هر حال کم‌توجهی به این موضوع، یکی از دلایل اصلی افزایش هزینه‌ها در پروژه‌های اجرایی و عمرانی است.

هم‌زمانی طرح و اجرا

هم‌زمانی طرح و اجرا نیز مسئله‌ای است که اگرچه در برخی جاها، ظاهراً باعث کاهش زمان می‌شود، ولی بیشتر اوقات هزینه‌های ساخت را افزایش می‌دهد؛ چون خیلی مسائل را نمی‌توانند پیش‌بینی کنند و وقتی پروژه وارد مرحلهٔ اجرا می‌شود، منجر به دوباره‌کاری‌هایی می‌شود. بسیار پیش می‌آید که می‌خواهند طرحی را در پروژه اجرا کنند، ولی قبلاً پیش‌بینی‌های لازم را نکرده‌اند. بعضی جاها را باید دوباره تخریب کنند و بعضی جاها را باید دوباره طراحی و اجرا بکنند؛ البته ناگفته نماند که فرآیند طراحی و اجرای هم‌زمان در بسیاری از پروژه‌ها، مشروط به انجام دقیق پیش‌بینی‌ها و تبیین استانداردها و خواسته‌های کارفرما، می‌تواند زمان پروژه و هزینهٔ خواب سرمایه را کاهش دهد، اما در صورتی که خواسته‌ها از قبل پیش‌بینی و تبیین نشده باشد، قطعاً منجر به افزایش هزینه‌های پروژه خواهد شد.

برنامه‌ریزی حمل‌ونقل تجهیزات، مواد و مصالح

برنامه‌ریزی حمل‌ونقل تجهیزات و مواد و مصالح، موضوع دیگری است که می‌تواند باعث افزایش هزینه بشود؛ به‌خصوص در پروژه‌های عمرانی‌ای که مصالح حجیم، ماشین‌آلات و قطعات سنگین را باید جابه‌جا کنند. این موضوع بسیار مهمی است که کمتر مورد توجه مدیران پروژه‌ها قرار می‌گیرد؛ در صورتی که می‌توان از ظرفیت‌های خالی حمل

و نقل، خیلی خوب بهره‌برداری کرد؛ برای مثال، ما در یک پروژه فقط با توجه ویژه به موضوع برنامه‌ریزی حمل و نقل، توانستیم هزینه‌های حمل‌ونقل را تا ۷۰ درصد کاهش دهیم. اگر در پروژه، آنالیزهای خرید یا حمل انجام شود، می‌تواند به کاهش هزینه‌های پروژه منجر شود، اما خیلی وقت‌ها به اینها توجه نمی‌کنیم. برای مثال، در انبار لوازمی داریم و آن‌ها را به کارگاه حمل می‌کنیم؛ در صورتی که اگر توجه کنیم، می‌بینیم که اگر همین چیزها را در محل کارگاه اجاره کنیم یا بخریم، برای پروژه بسیار ارزان‌تر تمام خواهد شد. مباحث دیگری مانند تجزیه و تحلیل‌های خرید یا ساخت و یا خرید یا اجاره نیز مباحث دیگری هستند که می‌توانند به کاهش هزینه‌های پروژه کمک کنند.

تجهیز کارگاه

تجهیز کارگاه و انتخاب نامناسب تجهیزات و ماشین‌آلات برای کارگاه، باعث افزایش هزینه‌های پروژه خواهد شد؛ مثلاً، شما در تجهیز کارگاه یک پروژه، هزینه‌های برق مصرفی را برآورد می‌کنید. ممکن است ترجیح دهید یک ژنراتور بخرید و نصب کنید. هزینه‌های خرید، هزینه‌های ناشی از تأمین مالی آن و هزینه‌های نگهداری‌اش، ممکن است برای شما کمتر از هزینه‌های پرداخت برق شود؛ همین موضوع کوچک هزینه‌های پروژه شما را کاهش می‌دهد، یا وقتی می‌خواهیم در هزینه‌های تجهیزات صرفه‌جویی کنیم و یک دستگاه با کیفیت پایین‌تر و ارزان‌ترمی‌خریم، گاهی باعث می‌شود که حوادث در کارگاه افزایش پیدا کند (مثلاً تاورکرین‌ها) یا میزان خرابی و از کارافتادگی‌اش بیشتر باشد و کارگاه بخوابد (مانند ژنراتورها، یا حتی یک دستگاه فتوکپی برای کارگاه!). درنتیجه، در ظاهر می‌خواهیم با خرید ارزان‌تر صرفه‌جویی کنیم، اما در کل، این اقدام ما باعث افزایش هزینه‌ها خواهد شد.

استفاده از مواد و مصالح نامرغوب

موضوع بعدی، فرایندهای انتخاب مواد و مصالح است. وقتی اجرای پروژه آغازمی‌شود، ما باید برای تأمین مصالح فرایندهایی را طراحی کنیم. فرایندهایی که منجر به انتخاب مواد و مصالح می‌شوند، قبلاً باید در بخش‌های مربوط به ساختارهای سازمانی پروژه دیده شوند که به آن اشاره شد. طراحی نشدن صحیح این فرایندها، منجر به انتخاب‌های نامناسب مواد و مصالح می‌شوند. برای مثال، اگر بخواهیم برای سازنده‌ای، فولاد یا سرامیک یا شیشه انتخاب کنیم و از آزمایش‌هایی که باید فرضاً روی فولاد انجام شود غافل شویم، منجر به خرید جنس نامرغوب می‌شود. این جنس نامرغوب که هزینه‌های حمل و نقل آن با هزینه‌های حمل و نقل جنس مرغوب فرقی نمی‌کند، بعدها در مراحل اجرا یا بهره‌برداری، باعث افزایش هزینه‌ها می‌شود؛ در حالی که می‌توانیم با پرداخت هزینهٔ کمی برای انجام دادن یک تست و کنترل کیفی، از خرید یک محصول نامرغوب جلوگیری کنیم.

استفاده از گروه‌های اجرایی ناکارا

انتخاب گروه‌های اجرایی نامناسب باعث می‌شود که مواد و مصالح باکیفیت شما از بین برود! مثلاً، اگر کاشی یا سرامیکی عالی بخرید و به یک نصاب ناشی و کم‌تجربه بدهید، چه اتفاقی خواهد افتاد؟ تمام مصالح شما هدر خواهد رفت. اگر مهندس ناظر متعهدی داشته باشید، حتما به شما دستور تخریب خواهد داد؛ بنابراین، اجرای نامناسب باعث دستور تخریب می‌شود که قاعدتاً دوباره‌کاری، صرف زمان مجدد و در نهایت افزایش هزینه در پی دارد. هزینهٔ تیم‌های اجرایی حرفه‌ای و باتجربه بیشتر از تیم‌های اجرایی دیگر است، اما به‌دلیل اینکه صرفه‌جویی‌های بی‌جا در این مرحله باعث از بین رفتن مواد و مصالح مرغوب خواهد شد، هزینه‌ها و زمان پروژه افزایش خواهد یافت.

دستگاه نظارت (صرفه جویی‌های بی‌جا در هزینه‌های نظارت و کنترل کیفی)

موضوع بعدی، موضوع نظارت بر اجراست. گاهی دیده می‌شود که رابطهٔ ناسالم و نامناسبی بین دستگاه‌های نظارت و دستگاه‌های مجری ما برقرار است که موجب پیامدهای منفی بسیاری می‌شود. نخستین آسیبی که وارد می‌شود، بی‌توجهی به کیفیت است. گاهی کارفرمایان با پرداخت ناکافی به دستگاه نظارت، این دستگاه را به استفاده از نیروهای کم‌تجربه یا بی‌تجربه مجبورمی‌کنند. این حداقل آسیبی است که به پروژه وارد می‌شود، هزینه‌های طراحی، خرید مواد و مصالح و هزینه‌های حمل‌ونقل و... و آخرین هزینه‌ها که مربوط به اجرای کار است، در اثر این کم‌توجهی یا کم‌تجربگی تماماً با یک دستور تخریب نابود می‌شود و اگر هم از آن چشم‌پوشی شود، به موضوع دیگری بر می‌خوریم؛ اینکه چرا طول عمر پروژه‌های اجراشده کم است؟! از بُعد دیگری هم باید به موضوع کنترل و نظارت‌های کیفی توجه کرد، از دیدگاه فرآیندی، می‌توان به فرایندهای نامناسب کنترل کیفی دستگاه‌های نظارت اشاره کرد. برای مثال، مهندس ناظر ممکن است باتجربه باشد اما شاید به‌صورت ذهنی و بدون استفاده از چک‌لیست‌ها کار کند؛ در صورتی که در فرایندهای کنترل کیفی اگر از چک‌لیست‌ها استفاده شود، میزان خطای مهندس ناظر کم می‌شود و در نتیجه، هزینه‌های دوباره‌کاری کاهش پیدامی‌کند؛ اما ما در سیستم‌های کنترل کیفی کمتر می‌بینیم که از این فرایندهای برنامه‌ریزی‌شده استفاده شود. عموماً فرایندهای کنترل کیفی در پروژه‌های ساختمانی ذهنی و سنتی هستند، اما خوشبختانه در پروژه‌های صنعتی و به‌خصوص کارخانه‌های تولیدی از فرآیندهای کنترل کیفی بهتری استفاده می‌شود. برای مثال، چقدر در مورد SE شن و ماسه حرف می‌زنیم یا در پروژه‌های عمرانی چقدر این جمله تکراری را شنیده ایم که آسفالت‌ها یا جدول‌ها خیلی زود تخریب می‌شوند؟ اینها همه هزینه‌های دوباره‌کاری ناشی از ضعف عملکرد دستگاه نظارت و عدم رعایت استانداردها و فرآیندهای کنترل کیفی است. وقتی تخریب و فرسایش زودرس در بتن یا آسفالت و... به وجود می‌آید، کاملاً مشخص است فرآیند کنترل کیفی صحیحی انجام نشده است. اگر به طرح اختلاط و کیورینگ (۲) دقت نشود، همهٔ دقتی که در خرید مصالح مرغوب انجام شده است، با اجرای ضعیف و نبود کنترل صحیح دستگاه نظارت، بی‌نتیجه خواهد بود. حالا اگر دستگاه نظارت خوب عمل کند، باید دستور تخریب بدهد که نتیجه‌اش افزایش هزینه در پروژه است. روزانه، هزاران متر مکعب بتن در پروژه‌های ما به‌خاطر همین کم‌توجهی‌ها، دستور تخریب می‌گیرند و اگر کنترل کیفی بخواهد چشم‌پوشی کند که اتفاقات بدتری خواهد افتاد؛ پروژه را تحویل می‌دهند و سازه به جای اینکه ۵۰ سال عمر کند، ۵ سال عمرمی‌کند و دوباره دستور تخریب می‌گیرد و باید هزینه‌ای دیگر برای همان پروژه پرداخت شود.

سیستم‌های مدیریت و کنترل پروژه

هنوز در بسیاری از پروژه‌های ما موضوع سیستم یک‌پارچهٔ مدیریت و کنترل پروژه که باید خیلی از ابعاد پروژه را در بر بگیرد، مورد بی‌توجهی قرار می‌گیرد. هزینه‌های سیستم مدیریت و کنترل پروژه هم مثل هزینه‌های طراحی سهم بسیار کمی از هزینه‌های پروژه را در بر می‌گیرند. شاید یک تا دو درصد هزینه‌های پروژه صرف هزینه‌های سیستم مدیریت و کنترل پروژه بشود، اما اگر همین مقدار را نیم درصد افزایش دهیم، می‌شود در پروژه تحولی ایجاد کرد. هزینه‌هایی که صرف مدیریت و کنترل پروژه می‌شود، منجر به تصمیم‌گیری‌های به‌موقع و گزارش‌ها و تحلیل‌های به‌موقع از علل و عوامل مثبت و منفی در زمان، هزینه و کیفیت پروژه می‌شوند و در مجموع، منجر به کاهش هزینه‌های پروژه خواهد شد.

هزینه‌های مربوط به مهارت

موضوع دیگر، هزینه‌های مربوط به مهارت کارگران و استادکارها و همچنین سیستم‌های انگیزشی است. برای مثال، می‌بینیم که در کارگاهی هزینه‌های بسیاری برای تجهیز کارگاه شده است، اما کسی نیست که بر کیفیت کار کارگران

نظارت کند. یکی از نیازهای ما داشتن جایی است که کارگران ساختمانی آموزش ببینند و مهارت پیدا کنند و بعد، باید در کارگاه‌ها بابت این مهارت به آن‌ها دستمزد داده شود. این مسئلهٔ بسیار مهمی در کنترل هزینه‌های ساخت است، چون اجرای کارهای پروژه‌ها در نهایت به دست این کارگران زحمت‌کش انجام می‌شود. کارگر آموزش‌ندیده باعث افزایش ضایعات و دورریزها و کاهش کیفیت اجرا می‌شود.

لزوم کارایی بیشتر سیستم‌های پرداخت کارکرد

سیستم‌های پرداخت حقوق به کارگران و مجریان نیز باید از کارایی بیشتری برخوردار باشد. سیستم‌های موجود پرداخت کارکرد یا مبتنی بر زمان هستند (روزمزدی) یا مبتنی بر مقدار کارند (کارمزدی)؛ اما سیستم‌های ما باید مبتنی بر کیفیت هم باشد؛ یعنی سیستم از پیش طراحی‌شده‌ای که مجری بداند برای کیفیت هم دستمزدی دریافت خواهد کرد. سیستم‌های پرداخت کارکرد نامناسب و به‌خصوص مبتنی بر زمان، چه برای دستگاه‌های نظارت و چه برای دستگاه‌های اجرایی، باعث می‌شود که هزینه‌ها افزایش پیدا کنند.

استفاده از تجهیزات و ماشین‌آلات فرسوده

استفاده از تجهیزات و ماشین‌آلات نامناسب یا استفاده از ماشین‌آلات دست دوم که عمر مفیدشان گذشته، یکی از عوامل افزایش هزینه درپروژه‌های عمرانی است. در خیلی از کشورها و حتی در کشور خودمان، ماشین‌آلات را بعد از ۲۰۰۰ ساعت کار، از رده خارج می‌کنند. موضوع دیگر، نبودن سیستم‌های تعمیرات و نگهداری است. وقتی این سیستم‌ها نباشند، ماشین‌آلات دچار از کارافتادگی‌های مکرر می‌شوند که این هم منجر به افزایش هزینه‌های پروژه می‌شود.

سیستم تأمین مصالح و انبارداری نامناسب

عامل دیگر افزایش هزینه، سیستم تأمین مصالح و سیستم انبارداری نامناسب است. اگر در انبارها، موجودی قطعات یدکی برای تجهیزات و ماشین‌آلات کافی نباشد، توقف ماشین‌آلات ناشی از خرابی‌ها، به‌دلیل نبودن قطعات یدکی دردسترس، طولانی شده و باعث کاهش فعالیت‌های پروژه و افزایش هزینه‌ها خواهد شد. به هر حال علل افزایش هزینه‌های پروژه‌های عمرانی موضوعی بسیار مهم و قابل‌توجه است.

تاریخچه پیدایش FMEA

پایه های اولیه FMEA در اواخر دهه ۱۹۴۰ توسط ارتش ایالات متحده شکل گرفت؛ که از آن به عنوان روش ارزیابی برای بهبود سنجش قابلیت اطمینان اسلحه ها و سیستم ارتش استفاده شد که منجر به ایجاد استاندارد ی به نام (MIL-STD-1629) به عنوان روش هایی جهت کنترل حالت خطا، تاثیرات و آنالیز بحرانی در نوامبر سال ۱۹۴۹ نوشته شد؛ اما نیازهای ارتش را به طور کامل تأمین نکردو در ۱۹۸۰ به استاندارد (MIL-STD-1629A)، تغییر داده شد.

استفاده از FMEA برای اولین بار در اواسط دهه ۱۹۶۰ در صنایع هوا و فضا ایالات متحده امریکا مشخصاً جهت ساخت سفینه آپولوی ۱۱ در ناسا مشاهده شده است. پس از آن که در دهه (۱۹۷۰-۱۹۸۰) روش FMEA برای موسسات اتمی مورد استفاده قرار گرفت و همچنین از سال ۱۹۷۷ به بعد در صنایع خودروسازی به کار گرفته شده است. این معرفی جهت تخمین اطمینان تعیین تاثیر خرابی سیستم و تجهیزات استفاده می شد، خرابی بر اساس تاثیری که روی یک عملیات نظامی و یا امنیت فردی پرسنل با تجهیزات آن دارد طبقه بندی می شد. این موضوع که پرسنل و تجهیزات

قابل جابه جایی با هم هستند در مفاهیم تولیدی مدرن مانند تولید محصولات مشتری کاربرد ندارند؛ بنابراین محیط های صنعتی مختلف دارای مجموعه ای از اولویت ها مخصوص خط مشی و استانداردهای خود هستند.

در خارج از ارتش اولین برنامه FMEA در صنعت هواوفضا در دهه ۱۹۶۰ برای نخستین بار به کار گرفته شد یعنی دقیقاً از زمانی که FMEA در عملیات های آپولو به کار گرفته شد. در سال ۱۹۸۵، کمیسیون بین المللی الکترونیک (IEC)، استاندارد بین المللی از FMEAبا نام IEC60812 را منتشر کرد تا قابلیت اطمینان سیستم را تجزیه و تحلیل کند. در اوائل دهه ۱۹۸۰ شرکت های خودروسازی آمریکا شروع به بکارگیری FMEA در صنایع خود نمودند (کاظمی، پور ابراهیم و مشفقی، ۱۳۹۱). امروزه برخی تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آن FMEA نامیده می شود .FMEA یک تکنیک مهندسی است که به منظور مشخص کردن و حذف خطاها، مشکلات و اشتباهات بالقوه موجود سیستم، فرایند تولید و ارائه خدمت، قبل از وقوع، در نزد مشتری، بکار برده می‌شود.

تعریف خاص:FMEA در ارزیابی ریسک روش تحلیلی است که می‌کوشد تا حد ممکن خطرات بالقوه موجود در محدوده‌ای که در آن ارزیابی ریسک انجام می‌شود و همچنین علل و اثرات مرتبط با آن را شناسایی و رتبه بندی کند.

تشریح مراحل انجام کار

۱- جمع آوری اطلاعات مربوط به فرایند: سایت یا مکانی که در آن ارزیابی ریسک انجام می‌شود باید کاملاً شناسایی و نحوه فعالیت‌ها و فرایندها به دقت بررسی شود.

۲- تعیین خطرات بالقوه: تمام خطراتی محیطی، تجهیزاتی، مواد، انسانی و... که ایمنی را تهدید می کند باید در نظر گرفته شود همچنین حالات هر خطر نیز می‌بایست مورد تجزیه و تحلیل قرارگیرد.

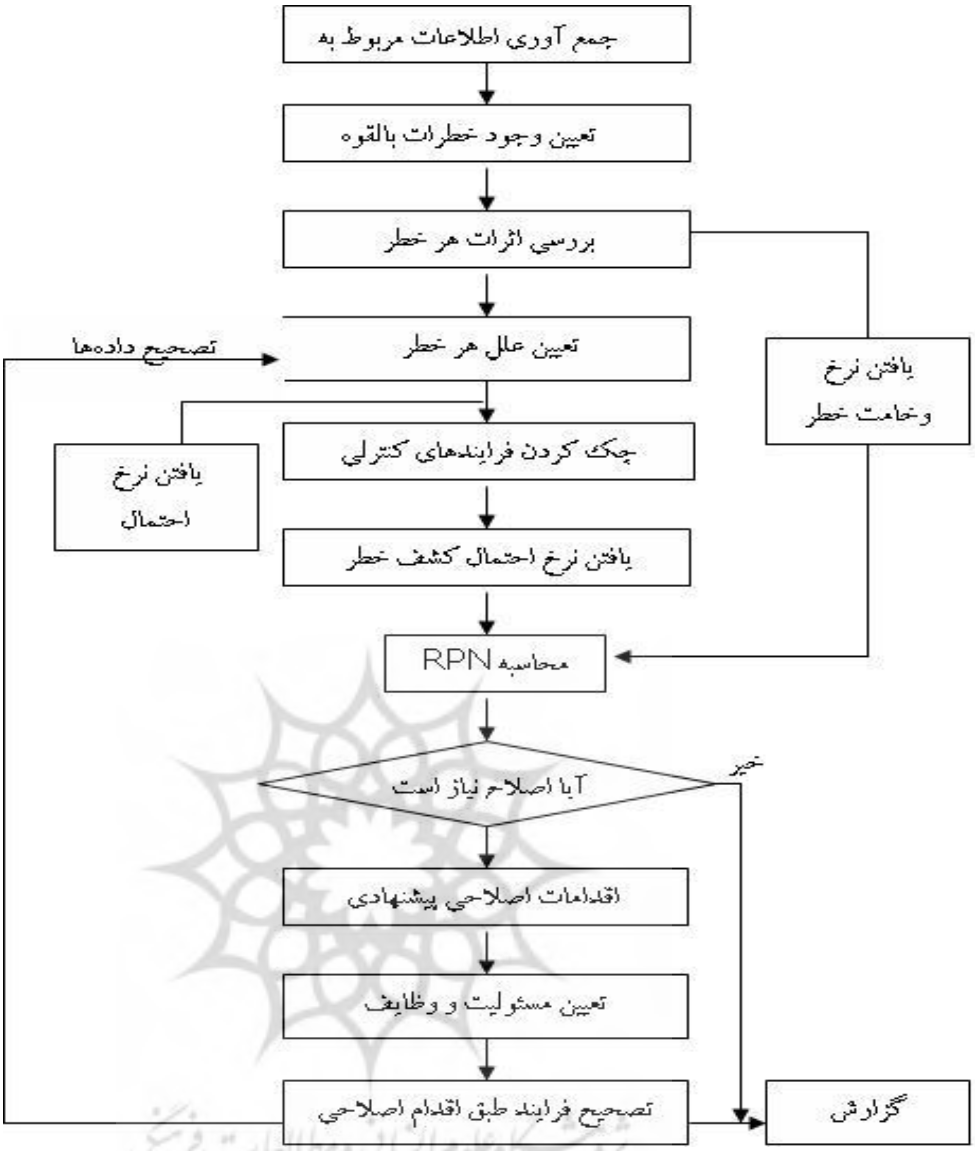
۳- بررسی اثرات هر خطر: اثرات هر خطر، اثرات احتمالی هستند که خطر بر ایمنی افراد می‌گذارند.

۴- تعیین علل خطر: شناخت کافی از محدوده مورد ارزیابی می‌تواند کمک فراوانی برای شناسایی علل بوجود آمدن خطر باشد. اطلاعات فنی، زیست محیطی و ارگونومیک نیز در شناسایی بهتر علل موثر هستند.

۵- چک کردن فرایندهای کنترل: به منظور ارزیابی بهتر خطرات صورت می‌گیرد. بررسی برگه‌ها عملیات استانداردها الزامات و قوانین حاکم بر محیط کار و عوامل مربوط از جمله این کارهاست.

۶- تعیین نرخ وخامت: وخامت خطر یا میزان جدید بودن "اثر خطر بالقوه" بر افراد است. شدت یا وخامت خطر فقط در مورد "اثر " آن در نظر گرفته می‌شود، کاهش در وخامت خطر فقط از طریق اعمال تغییرات در فرایند و نحوه انجام فعالیت‌ها امکان پذیر است.

شکل (۱)، مراحل FMEA را نشان می دهد (Kumru, 2013).



شکل ۱: مراحل اجرای FMEA

پیشینه پژوهش

طاهری و نظرپور (۱۳۹۳)، در پژوهشی با عنوان: شناسایی علل بروز افزایش هزینه در پروژه های عمرانی با استفاده از روش FMEA و ارائه راهکار جهت بهبود آن، پرداختند. در این پژوهش ابتدا با استفاده از ابزار های کنترل پروژه ای CPI میزان افزایش هزینه چند پروژه را از برنامه ریزی اولیه بررسی کرده و سپس به شناسایی عوامل تاثیرگذار بر افزایش هزینه در پروژه های عمرانی با استفاده از روش FMEA پرداخته خواهد شد و پس از آن با استفاده از روش های تصمیم گیری چند معیاره تاثیر ارکان پروژه و عوامل دیگر را در به وجود آمدن افزایش هزینه بررسی کرده و سپس برای جلوگیری از به وجود آمدن هزینه های اضافی در پروژه های عمرانی راهکارهایی ارائه گردید. از جمله عواملی که به وجود آوردنده افزایش هزینه در پروژه پرداخته شد: بالا رفتن هزینه ها در اثر تورم های به وجود آمده در کشور؛ انتخاب نامناسب پیمانکار؛ نبود سیستم مدیریت پروژه مناسب؛ نبود نیروی انسانی کارآمد؛ ثبات نیروی انسانی کارآمد؛ برآورد هزینه ها در ابتدای پروژه. با توجه به نتایج پژوهش کارفرما بیش ترین نقش را در به وجود آمدن افزایش هزینه داشته

است. فیلی و همکارن (۱۳۹۲)، در پژوهشی با عنوان: به کارگیری تکنیک آنالیز حالات خرابی (FMEA) در نیروگاه های فرآیند شیمیایی، پرداختند. بررسی در روش FMEA نشان داد که بیش تر مشکلات ناشی از نت نیروگاه های فرآیند شیمیایی مربوط به مشکلات شرایط محیطی و خوردگی های تجهیزات می شود و بررسی های نگهداری در دیگرنیروگاه های فرآیندهای شیمیایی بیانگر این است که خوردگی و شرایط محیطی به میزان قابل توجهی تحت تاثیر طراحی، عملیات و اقدامات پیشگیرانه می باشد و این روشن است که استفاده از روش FMEA در آنالیز خرابی در طرح توسعه ی فرآیندهای شیمیایی برای آینده این صنعت ضروری می باشد. بارفروش، کرباسیان و ملاوردی (۱۳۹۲)، در پژوهشی با عنوان: استفاده از سامانه ی مدیریت نت کامپیوتری (CMMS) و تجزیه و تحلیل حالات خرابی و آثار آن (FMEA) برای پشتیبانی نت مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM)، پرداختند. در این مقاله با استفاده از یک مطالعه موردی بر استفاده بهینه از داده های در دسترس و استخراج اطلاعات مورد نیاز به عنوان ورودی هایی برای تحلیل، با RCM تاکید شده است. استفاده از FMEA و CMMS در جهت جمع آوری و تحلیل این داده ها، تاثیر چشم گیری بر بهبود قابلیت اطمینان سامانه داشته است. شاکری، اتحادی و امیری (۱۳۹۲)، در پژوهشی با عنوان: بررسی علل طولانی شدن پروژه هاو هزینه های ناشی از آن و ارائه راهکارهای مناسب (بانگاهی بر پروژه های اداره کل راه و شهرسازی استان گلستان)، پرداختند. محققین پس ازبررسی ادبیات موضوع و پیشینه ی پژوهش های مرتبط با علل تاخیر پروژه وطولانی شدن آن ها در ایران و جهان پرسش نامه هایی را طراحی ونتایج حاصل از تحلیل پرسش نامه ها در خصوص علل آن تاخیرات به صورت زیر گزارش شده است:1-عدم تأمین و تخصیص به موقع اعتبار در تاخیر اجرای پروژه ها به عنوان مهم ترین عامل طولانی شدن پروژه های عمرانی شناخته شده است.۲-کمبود مصالح و نوسانات قیمت آن در بازار.۳-مکان یابی و امکان یابی.۴-میزان عملکرد مشاوران و پیمانکاران.۵-شرایط جوی و عوامل محیطی.۶-تملک اراضی و معارش داشتن زمین پروژه.۷-عدم شفافیت بخش نامه ها و آیین نامه های مربوطه ۸-مدیریت ناصحیح اجرایی کارفرما.۸- عدم برآورد دقیق پروژه های عمرانی. همچنین محققین راهکارهایی نیز جهت بهبود عملکرد پروژه های عمرانی و کاهش هزینه و زمان اجرای این پروژه ها به شرح زیر ارائه نمودند:1. به کارگیری ظرفیت و توان اقتصادی بانک ها و مشارکت دادن آن هادر تأمین و تخصیص اعتبار در قالب پرداخت وام به دستگاه های اجرایی متولیطرح و پروژه های عمرانی.۲. توزیع سالیانه اعتبار دستگاه ها بر اساس قانون بودجه هر سال و با در نظر گرفتن بودجه هر سال و با در نظر گرفتن سهم بیش تر اعتبارات برای پروژه های نیمه کاره و به جا مانده از سال های قبل.۳. اعتبار عمرانی دستگاه ها در قالب طرح ابلاغ گردند تا دستگاه اجرایی بتواند فراخورنیاز و پیشرفت فیزیکی پروژه های هر طرح به اختیار و برنامه ریزی شده نسبت به توزیع اعتبار بین پروژه ها اقدام نماید. در واقع قدرت مانور در توزیع مناسب اعتبار به دستگاه داده شود تا فراخور پیشرفت فیزیکی پروژه و توان اجرایی پیمانکاران توزیع اعتبار نماید. داودپور و صبوری (۱۳۹۱)، در پژوهشی با عنوان: به کارگیری تکنیک FMEA در عرصه شهرسازی به منظور پیشگیری و حل مشکلات فضاهای شهری مطالعه موردی: بوستان دانشجو تهران، پرداختند. هدف از انجام پژوهش محققین پس از بررسی فضاهای شهری، مسائل و مشکلات پیرامون آن ها و تحلیل یک فضای شهری ایده آل، معرفی و اجرای روشی مناسب و کارآ است که از طریق آن بتوان به آسیب شناسی، تحلیل و شناسایی مشکلات موجود و احتمالی پیرامون فضاهای شهری پرداخته و در راستای حل مشکلات موجود و جلوگیری از وقوع مشکلات احتمالی در آینده، قبل از آن که توسط شهروندان تجربه شود؛ اقدامات اصلاحی و پیشنهادی سازنده ای ارائه نمود. از طریق پیاده سازی تکنیک FMEA در بوستان دانشجو

تهران برای شناسایی و حل مشکلات موجود در آن، پس از تطبیق و کالیبره نمودن این روش با مفاهیم شهرسازی، مسجل شد که می توان از این دستاورد در عرصه شهرسازی و در راستای آسیب شناسی، پیشگیری و حل مشکلات در فضاهای شهری بهره گیری نمود. دری، معزز و سلامی (۱۳۸۹)، در پژوهشی با عنوان: رویکردی تلفیقی در تحلیل ریسک با استفاده از روش های تجزیه و تحلیل شکست و آثار آن (FMEA) و فرآیند تحلیل شبکه ای (ANP)، پرداختند. در این مقاله فرآیند تحلیل شبکه ای (ANP)، به عنوان یکی از روش های نوین و قدرتمند در زمینه تصمیم گیری با هدف تعدیل و تقویت روش FMEA، در ترکیب آن با ANP دیده شده است. ترکیب این دو روش ارتباطات متقابل عوامل موجد خطر پذیری را در نظر گرفته و با ارئه ساختاری مدون، منظری سیستمی و منعطف را در قلمروی مدیریت ریسک به دست می دهد. امیری و لاری (۱۳۸۹)، در پژوهشی به ارزیابی ریسک آتش سوزی قطارهای مسافربری ایران با استفاده از رویکرد FMEA فازی – تئوری خاکستری مورد بررسی قرار گرفته است. این پژوهش مربوط به کاربرد رویکردی مبتنی بر ریسک، به منظور ارزیابی عملکرد ایمنی صنعت ریلی ایران، در مخاطرات آتش سوزی، در سه زیر مجموعه برق و تهویه واگن های مسافر بری، مولدهای برق و مولدهای بخار، از رویکرد آنالیز FMEA فازی مبتنی بر تئوری خاکستری استفاده شده است. اگر چه رویکرد کیفی به دقت رویکرد آنالیز کمی ریسک نیست، اما به شناسایی مخاطرات پر ریسک تر به منظور ارزیابی های دقیق تر کمی کمک می کند. زیاری و همکاران (۱۳۸۶)، در پژوهشی با عنوان: اولویت بندی ریسک های تاخیر در تکمیل پروژه با استفاده از تکنیک های تصمیم گیری چند شاخصه (MADM) و تکنیک FMEA، پرداختند. در این مقاله با استفاده از شاخص های کلیدی ریسک در تکنیک FMEA به اولویت بندی مهم ترین عوامل ریسک پروژه اجرای فلر و باکس کالورت فازهای ۱۷ & ۱۸ پارس جنوبی عسلویه که از طریق تکنیک دلفی توسط افراد خبره مشخص شده اند، با استفاده از تکنیک تصمیم گیری تاپسیس به رتبه بندی آن ها پرداخته شده است.

فتح اله زاده و مهدی زاده (۲۰۱۳)، در پژوهشی با عنوان: بررسی ریسک های پروژه های راه سازی در ایران به عنوان یک کشور در حال توسعه، پرداختند. محققین به شناسایی ریسک های پروژه های راه‌سازی ایران از قبیل عوامل مرتبط با کارفرما؛ عوامل مرتبط با مشاور؛ عوامل مرتبط با پیمانکار؛ عوامل مرتبط با مواد و مصالح؛ عوامل مرتبط با تجهیزات؛ عوامل مالی؛ عوامل طبیعی؛ عوامل خارجی؛ عوامل مرتبط با پروژه های راه سازی، اشاره نمودند. با توجه به نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده ها، میزان تاثیر هر یک از ریسک های شناسایی شده بر اهداف پروژه (زمان، هزینه و کیفیت) شناسایی شد. بر اساس عدد ریسک پذیری RPN به دست آمده از این جداول، می توان ریسک های مذکور را با توجه به نظرات مشاور، پیمانکار و مجموع نظرات و همچنین بر مبنای اهداف پروژه رتبه بندی نمودند. بر اساس نتایج عوامل تحریم های بین المللی، افزایش تورم و افزایش قیمت حامل های انرژی بیش ترین تاثیر را بر روی زمان پروژه داشتند. عوامل افزایش تورم، افزایش قیمت حامل های انرژی و کمبود تجهیزات و قطعات و افزایش قیمت آن ها بیش ترین تاثیر را بر روی هزینه پروژه دارند. همچنین عوامل افزایش تورم، تحریم های بین المللی و محدودیت های مالی کار فرما و عدم تأمین بودجه کافی طرح در زمان مناسب، بیش ترین تاثیر را بر روی کیفیت پروژه دارند؛ و بر اساس رتبه بندی کلی عوامل از نظر مشاور، افزایش تورم، افزایش قیمت حامل های انرژی و تحریم های بین المللی مهم ترین ریسک های موجود در پروژه های راه سازی در ایران است. چانگ و همکاران (۲۰۱۳)، در پژوهشی که به تلفیق روش های دیماتل و خاکستری برای رتبه بندی RPN استفاده نمودند. یکی از اشکالاتی که می توان بر این تحقیق گرفت این است که

وزنی برای هیچ یک از شاخص های ریسک و یا علل آن ها در نظر گرفته نشده است. گوم و همکاران (۲۰۱۱)، یک رویکرد سیستماتیک برای شناسایی و ارزیابی شکست های بالقوه، با استفاده از مشخصه سرویس FMEA و تحلیل خاکستری ارائه دادند. درمرحله اول، مشخصه سروی FMEA برای انعکاس ویژگی هایش تهیه شد که متشکل از ۳ بعد و ۱۹ زیر مجموعه بود. در مرحله دوم، حالات شکست توسط روابط خاکستری محاسبه شد. در این پژوهش تحلیل روابط خاکستری در یک ساختار دو مرحله ای به کار برده شد:

۱- محاسبه عدد ریسک هر بعد.

۲- محاسبه اولویت بندی ریسک نهایی.

گابریلی (۲۰۱۱)، در پژوهشی با استفاده از تصمیم گیری چند معیاره در RPN را توسط روش های تحلیل شبکه ای و گسترش عملکرد کیفیت ارائه نمود که از دیتاهای خانه کیفیت (ارتباط با مشتری)، استفاده شده و همچنین مقایسات زوجی در خود RPN ها صورت گرفته و به این ترتیب در ارتقای قابلیت اطمینان سیستم کوشیده است. البته در این تحقیق بر تاثیر تقدم و تاخر اقدامات اصلاحی برهم و بر سیستم اشاره ننموده است.

۳. روش‌شناسی تحقیق

با توجه به این‌که هدف تحقیق حاضر شناسایی عوامل افزایش هزینه در پروژه‌های عمرانی شهرداری تهران می‌باشد؛ لذا از تحقیق توصیفی - پیمایشی استفاده می‌شود. همچنین به دلیل استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی (**FMCDM**) مانند فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی که خود یک روش ریاضی و کمی است، لذا به نتایج این تحقیق بیش‌تر از نتایج تحقیقات صرف آماری می‌توان استناد کرد و از نکات آن بهره‌مند شد. با در نظر گرفتن هدف، انگیزه و فایده این تحقیق، آن را از نوع تحقیقات کاربردی قرار می‌دهیم زیرا که نتایج آن جهت تنظیم برنامه‌های آتی سازمان (شهرداری تهران)، قابل‌استفاده خواهد بود. همچنین پرسش‌نامه فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی که مقایسات زوجی با طیف یک تا نه پروفسور ساعتی است، با استفاده از روش سنجش نرخ ناسازگاری گوگوس و بوچر مورد بررسی قرار گرفت و مقدار آن (۰/۰۵)، محاسبه شد. با توجه به مقدار آن که اگر زیر مقدار (۰/۱)، باشد مورد تأیید است. روایی ابزار تحقیق با استفاده از نظرسنجی از خبرگان شهرداری تهران به صورت صوری مورد تایید قرار گرفت.

جامعه آماری پژوهش

جامعه و نمونه آماری پژوهش حاضر را ۳۰ نفراز مدیران ارشد شهرداری و اساتید دانشگاهی، تشکیل می‌دهند.

تکنیک AHP فازی

در سال (۱۹۸۳) دو محقق هلندی به نام های «لارهورن و پدریک[1]» روشی را برای فرآیند سلسله مراتبی فازی پیشنهاد کردند که بر اساس روش حداقل مجذورات لگاریتمی بنا نهاده شده بود. میزان محاسبات وپیچیدگی مراحل روش آن ها باعث شد مورد اقبال قرار نگیرد. در سال (۱۹۹۶) روش دیگری تحت عنوان «روش تحلیل توسعه ای[2] (EA) توسط یک محقق چینی به نام «چانگ[3]» ارایه گردید. اعداد مورد استفاده در این روش، اعداد مثلثی فازی هستند. در پژوهش حاضر از روش تحلیل توسعه ای چانگ بهره خواهیم برد. (مومنی،۱۳۸۵)

[1] Laarhoren & Padrycz
[2] Extent Analysis Method (EA)
[3] Chang

دو عدد مثلثی $M_1= (l_1,m_1,u_1)$ و $M_2= (l_2,m_2,u_2)$ که در رسم شده‌اند. عملگرهای ریاضی آن به صورت زیر تعریف می شود (رابطه ۱)

$$M_1 \oplus M_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2)$$
$$M_1 \otimes M_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2)$$
$$M_1^{-1} = \left(\frac{1}{u_1}, \frac{1}{m_1}, \frac{1}{l_1}\right), M_2^{-1} = \left(\frac{1}{u_2}, \frac{1}{m_2}, \frac{1}{l_2}\right) \quad \text{(رابطه ۱)}$$

در روش تحلیل توسعه ای چانگ (EA)، برای هریک از سطرهای ماتریس مقایسات زوجی، مقدار Sk که خود یک عدد مثلثی است، به صورت رابطه (2)، محاسبه می شود:

$$S_k = \sum_{j=1}^{n} M_{kl} \times \left[\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} M_{ij}\right]^{-1} \quad \text{(رابطه ۲)}$$

که k بیانگر شماره ی سطر i و j به ترتیب نشان دهنده ی گزینه ها و شاخص ها هستند.

در روش EA، پس از محاسبه ی S_k ها، باید درجه ی بزرگی آن ها را نسبت به هم به دست آورد. به طور کلی اگر M_1 و M_2 دو عدد فازی مثلثی باشند، درجه بزرگی M_1 بر M_2 که با $V(M_1>M_2)$ نشان می دهیم، به صورت (رابطه ۳) تعریف می شود:

$$\begin{cases} V(M_1 \geq M_2) = 1 \\ V(M_1 \geq M_2) = hgt(M_1 \cap M_2) \end{cases} \quad IF m_1 \geq m_2 \quad \text{(رابطه ۳)}$$

همچنین داریم (رابطه ۴):

$$hgt(M_1 \cap M_2) = \frac{u_1 - l_2}{(u_1 - l_2) + (m_2 - m_1)} \quad \text{(رابطه ۴)}$$

میزان بزرگی یک عدد فازی مثلثی از k عدد فازی مثلثی دیگر نیز از رابطه ی (5) به دست می آید:

$$V(M_1 \geq M_2, ..., M_k) =$$
$$Min\left[V(M_1 \geq M_2), ..., V(M_1 \geq M_k)\right] \quad \text{(رابطه ۵)}$$

در روشEA ، برای محاسبه وزن شاخص ها در ماتریس مقایسه ی زوجی به صورت رابطه (6)، عمل می کنیم:

$$W'(x_i) = Min\{V(S_i \geq S_k)\}, k \neq i$$
$$k = 1, 2, ..., n. \quad \text{(رابطه ۶)}$$

بنابراین، بردار وزن شاخص ها به صورت رابطه (7)، خواهد بود:

$$W' = \left[W'(c_1), W'(c_2), ..., W'(c_n)\right]^T \quad \text{(رابطه ۷)}$$

که همان بردار ضرایب غیر بهنجار AHP فازی است (مومنی،۱۳۸۵) در پژوهش حاضر از تکنیک AHP فازی جهت وزن دهی به شاخص های افزایش هزینه پروژه های عمرانی شهرداری تهران استفاده شده است.

مدل مفهومی پژوهش

بررسی کامل یک پدیده مدیریتی، نیازمند داشتن یک الگوی مفهومی مناسب می باشد. چارچوب یا یک مدل مفهومی، روابط تئوریکی میان متغیر های مهم مورد بررسی را نشان می دهد (فیضی و سلوکدار،۱۳۹۳). پس از مطالعه ی ادبیات موضوع و پیشینه ی پژوهش مدل مفهومی پژوهش به صورت جدول (۱)، نشان داده شده است.

جدول ۱: شاخص‌ها موثر بر افزایش هزینه های پروژه های عمرانی شهرداری تهران

	شاخص ها
علل افزایش هزینه های پروژه های عمرانی شهرداری	بالا رفتن هزینه در اثر تورم های به وجود آمده در کشور
	عملکرد نامناسب پیمانکار
	مشکل تخصص مهندسان مشاور و ناظر و عدم مطالعه کافی در ابتدای پروژه
	نبود نیروی انسانی کارآمد
	عدم ثبات مدیریت کارگاه از شروع پروژه
	عدم وجود سیستم کنترل پروژه قوی
	نبود سیستم مدیریت پروژه مناسب
	نبود تعهد کاری در میان کارکنان پروژه
	برآورد اشتباه هزینه ها در ابتدای پروژه

٤. یافته‌های پژوهش

٤-١- اولویت بندی شاخص‌های با استفاده از روش FMEA

در این بخش با استفاده از پرسش نامه شماره یک و فرم طراحی شده (پس از تایید خبرگان)، جهت اولویت بندی ریسک ها (عوامل افزایش هزینه های عمرانی شهرداری تهران)، طیف ۱ تا ۱۰ را جهت اخذ نظر از خبرگان انتخاب نمودیم. نتایج حاصل از میانگین نظرات ۳۰ خبره شهرداری و اولویت بندی شاخص ها با استفاده از روش FMEA به صورت جدول (۲)، نشان داده شده است.

جدول ۲: اولویت بندی شاخص ها با استفاده از روش FMEA

ردیف	ریسک	احتمال وقوع	شدت اثر	میزان کنترل	عدد RPN
۱	بالا رفتن هزینه در اثر تورم های به وجود آمده در کشور	۹,۳	۴,۵۸	۸,۴	۳۵۷,۷۹
۲	عملکرد نامناسب پیمانکار	۴,۳	۷,۹	۶,۵	۲۲۰,۸
۳	مشکل تخصص مهندسان مشاور و ناظر و عدم مطالعه کافی در ابتدای پروژه	۶,۹	۷,۴	۵,۸	۲۹۶,۱۵
۴	نبود نیروی انسانی کارآمد	۷,۵	۸,۶	۴,۶۹	۳۰۲,۵
۵	عدم ثبات مدیریت کارگاه از شروع پروژه	۵,۴۷	۶,۹	۷,۲	۲۷۱,۷۵
۶	عدم وجود سیستم کنترل پروژه قوی	۴,۷	۲,۶	۶,۱۸	۷۵,۵۲
۷	نبود سیستم مدیریت پروژه مناسب	۲,۲	۶,۴	۷,۳۷	۱۰۳,۷۷
۸	نبود تعهد کاری در میان کارکنان پروژه	۱,۶۷	۴,۹۹	۷,۴۹	۶۲,۴۲
۹	برآورد اشتباه هزینه ها در ابتدای پروژه	۳,۴۸	۵,۲۹	۶,۶۸	۱۲۲,۹۸

با توجه به جدول (۲)، شاخص بالارفتن هزینه در اثر تورم های به وجود آمده در کشور به روش FMEA از دید خبرگان و در سه سطح (احتمال وقوع، شدت اثر و میزان کنترل) به خود اختصاص داده است.

۴-۲- وزن دهی و رتبه بندی شاخص های افزایش هزینه های پروژه های عمرانی با تکنیک FAHP

در ابتدا پرسش نامه های مقایسه زوجی (شماره دو) پس از تایید اساتید و خبرگان شهرداری بین ۳۰ نفر از خبرگان شهرداری تهران که درتصمیم گیری و ارزیابی و انتخاب پیمانکاران پروژه های عمرانی نقش داشتند توزیع شد. سپس با استفاده از تکنیک AHP فازی و محاسبه ی میانگین اهمیت خبرگان، به رتبه بندی شاخص های تحقیق پرداخته ایم.

با استفاده از طیف اعداد فازی مثلثی ساعتی ماتریس مقایسه ی زوجی عوامل اصلی توسط خبرگان مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس با استفاده از تکنیک فرآیند سلسله مراتبی فازی چانگ به وزن دهی ابعاد تحقیق پرداخته شده است. شاخص های افزایش هزینه در پروژه های عمرانی شهرداری تهران که شامل:

۱. بالا رفتن هزینه در اثر تورم های به وجود آمده در کشور؛ (C_1)
۲. عملکرد نامناسب پیمانکار؛ (C_2)
۳. مشکل تخصص مهندسان مشاور و ناظر و عدم مطالعه کافی در ابتدای پروژه؛ (C_3)

۴. نبود نیروی انسانی کارآمد؛ (C_4)

۵. عدم ثبات مدیریت کارگاه از شروع پروژه؛ (C_5)

۶. عدم وجود سیستم کنترل پروژه قوی؛ (C_6)

۷. نبود سیستم مدیریت پروژه مناسب؛ (C_7)

۸. نبود تعهد کاری در میان کارکنان پروژه؛ (C_8)

۹. برآورد اشتباه هزینه ها در ابتدای پروژه؛ (C_9)

جدول ۳: وزن شاخص های افزایش هزینه پروژه های عمرانی با تکنیک FAHP

ابعاد	درجه بزرگی شاخص ها نسبت به هم	مقدار بزرگی	کوچکترین مقدار Si	وزن بهنجار شده شاخص ها	رتبه شاخص
C_1	$V(S_1>S_2,S_3,\ldots, S_9)$	(۰.۶۸۹,۰.۶۵۰,۰.۴۲۳,۰.۳۶۸,۰.۴۴۷,۰.۲۲۵,۰.۲۳۰,۰.۲۲۷)	۰,۲۲۵	۰,۰۳۲	۹
C_2	$V(S_2>S_1,S_3,\ldots, S_9)$	(۱,۰.۹۶۵,۰.۸۰۷,۰.۷۵۵,۰.۸۲۱,۰.۶۵۰,۰.۶۷۰,۰.۶۸۱)	۰.۶۵۰	۰.۰۹۲	۸
C_3	$V(S_3>S_1,S_2,\ldots, S_9)$	(۱,۱,۰.۸۶۶,۰.۸۲۰,۰.۸۷۸,۰.۷۲۹,۰.۷۴۹,۰.۷۵۹)	۰.۷۲۹	۰.۱۰۳	۷
C_4	$V(S_4>S_1,S_2,\ldots, S_9)$	(۱,۱,۱,۰.۹۴۶,۱,۰.۸۴۶,۰.۸۷۰,۰.۸۸۵)	۰.۸۴۶	۰.۱۲۰	۵
C_5	$V(S_5>S_1,S_2,\ldots, S_9)$	(۱,۱,۱,۱,۱,۰.۸۹۳,۰.۹۲۱,۰.۹۳۷)	۰,۸۹۳	۰.۱۲۷	۴
C_6	$V(S_6>S_1,S_2,\ldots, S_9)$	(۱,۱,۱,۰.۹۸۳,۰.۹۱۱,۰.۷۷۸,۰.۸۰۹,۰.۸۲۶)	۰.۷۷۸	۰.۱۱۰	۶
C_7	$V(S_7>S_1,S_2,\ldots, S_9)$	(۱,۱,۱,۱,۱,۱,۱,۱,۱)	۱	۰,۱۴۲	۱
C_8	$V(S_8>S_1,S_2,\ldots, S_9)$	(۱,۱,۱,۱,۱,۱,۰.۹۷۳,۱)	۰,۹۷۳	۰,۱۳۸	۲
C_9	$V(S_9>S_1,S_2,\ldots, S_9)$	(۱,۱,۱,۱,۱,۱,۰.۹۵۴,۰.۹۸۳)	۰,۹۵۴	۰,۱۳۵	۳

با توجه به جدول (3)، رتبه ی اول مربوط به شاخص نبود سیستم مدیریت پروژه مناسب و نبود تعهد کاری در میان کارکنان پروژه، رتبه دوم و شاخص های برآورد اشتباه هزینه ها در ابتدای پروژه، عدم ثبات مدیریت کارگاه از شروع پروژه، نبود نیروی انسانی کارآمد، عدم وجود سیستم کنترل پروژه قوی، مشکل تخصص مهندسان مشاور و ناظر و عدم مطالعه کافی در ابتدای پروژه، عملکرد نامناسب پیمانکار، بالا رفتن هزینه در اثر تورم های به وجود آمده در کشور رتبه های سوم تا نهم را کسب نمودند.

نتیجه‌گیری

امروزه لزوم برنامه ریزی مناسب به منظور برآورد صحیح از زمان و هزینه انجام پروژه و میزان منابع مورد نیاز در یک پروژه که تاثیر مستقیم بر اجرا، اداره و بهره برداری مناسب از پروژه هایی همانند ساخت تجهیزات، احداث سد، ساختن بزرگراه، مجتمع آپارتمانی و غیره دارند، بر کسی پوشیده نیست. مسأله برنامه ریزی و پس از آن کنترل زمان بندی و

هزینه ای پروژه ها، هر روز اهمیتی بیش از گذشته می یابد و در فضایی که رقابت شرکت ها هر روز نزدیک تر می شود و تفاوت های کوچک در ارائه قیمت در مناقصه ها منجر به توفیق یا شکست در مناقصه می شود، ارائه برنامه ای که منطبق با واقعیت باشد و بتواند تمام واقعیت های اقتصادی را در مدل یک پروژه منظور کند، از اهمیت زیادی برخوردار است.

در پژوهش حاضر با استفاده از تکنیک آنالیز حالات خرابی و اثرات آن (FMEA)، ده شاخص موثر بر افزایش هزینه های پروژه های عمرانی شهرداری تهران را رتبه بندی نمودیم. همچنین با استفاده از تکنیک AHP فازی و پرسش نامه های مقایسات زوجی و طیف فازی به وزن دهی و رتبه بندی شاخص های افزایش هزینه پروژه های عمرانی پرداخته شده است. در تکنیک FMEA با استفاده از طیف یک تا ده و نظر خبرگان و با توجه به احتمال وقوع، شدت اثر و میزان کنترل و با توجه به میانگین نظرات خبرگان به اولویت بندی ریسک هزینه های پروژه های عمرانی پرداختیم، اما در تکنیک AHP فازی با توجه به طیف فازی و الگوریتم AHP فازی به وزن دهی و اولویت بندی آن ها با توجه به وزن به دست آمده پرداختیم که FMEA به اولویت بندی ریسک با توجه به سه عامل: احتمال وقوع وشدت اثر و میزان کنترل و AHP فازی با توجه به اهمیتی که از نظر خبرگان در قالب عبارات کلامی و طیف فازی و روش حل این تکنیک حاصل شده به وزن دهی و اولویت بندی این شاخص ها پرداخته اند که از نظر ریسک شاخص: بالا رفتن هزینه در اثر تورم های به وجود آمده بیشترین ریسک و در AHP فازی نبود سیستم مدیریت پروژه مناسب اهمیت و وزن بیشتری را از نظر اهمیت کسب نموده اند؛ که هرکدام از این تکنیک ها در جای خود دارای ارزش هستند به طور کلی FMEA اولویت بندی با توجه به ریسک شاخص های پروژه های عمرانی است و AHP فازی با توجه به اهمیت هر شاخص را نشان می دهد.

منابع

۱. زیاری، رضا، ابراهیمی، محمد ابراهیم، آزادنیا، امیرحسین، ابراهیمی، مریم (۱۳۸۶)، اولویت بندی ریسک های تاخیر در تکمیل پروژه با استفاده از تکنیک های تصمیم گیری چند شاخصه (MADM) و تکنیک FMEA، کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه.

۲. شقاقی، حجت الله (۱۳۹۱)، الگوی ارزیابی و انتخاب پیمانکاران در پروژه های پتروشیمی؛ رویکرد تکنیک های تصمیم گیری – تکنیک بردا، نشریه کاوش های مدیریت بازرگانی، سال دوم، شماره سوم، بهار و تابستان.

۳. رحیمیان، منصور، کریمی، مریم، افتخاری، ندا (۱۳۸۴)، مدیریت هزینه به روش برآورد، دمین کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه تهران.

۴. فتح اله زاده، سینا، مهدی زاده، رسول (۲۰۱۳)، بررسی ریسک های پروزه های راه سازی در ایران به عنوان یک کشور در حال توسعه، کنفرانس بین المللی مهندسی معماری مدنی و توسعه پایدار شهری، ۲۸ و ۲۹ نوامبر، تبریز.

۵. فیضی، عمار، مینوئی، مهرزاد، هاشمی، محمد علی (۱۳۹۲)، ارائه مدلی جهت ارزیابی عملکرد شهرداری ها و انتخاب

شرکت های عمرانی (مطالعه موردی: پروژه های عمرانی شهرداری تهران)، دهمین کنفرانس بین المللی مدیریت استراتژیک.

۶. دری، بهروز، معزز، هاشم، سلامی، هادی (۱۳۸۹)، رویکرد تلفیقی در تحلیل ریسک با استفاده از روش های تجزیه و تحلیل شکست و آثار آن (FMEA) و فرآیند تحلیل شبکه ای (ANP)، نشریه علمی- پژوهشی مدرس علوم انسانی، زمستان، شماره ۶۹.

۷. دبیری و علی اکبر (۱۳۸۸). ارائه مدلی پروژه محور برای رشد مدیریت ریسک سازمانی در شرکت های توزیع نیروی برق. (ص ۷). ارائه شده در سومین کنفرانس بهبود و تحول اداری، CIVILICA.

۸. داوود پور، سارا. صبوری، حمید رضا (۱۳۹۱). اولویت بندی پروژه‌های بهبود در مدل EFQM با رویکرد کارت امتیازی متوازن (مطالعه موردی: شرکت برق منطقه‌ای یزد). (۲)، ۹۱–۱۰۶.

۹. طاهری امیری، محمد جواد، نظر پور، هادی (۱۳۹۳)، شناسایی علل بروز افزایش هزینه در پروژه های عمرانی با استفاده از روش FMEA و ارائه راهکار در جهت بهبود آن، هشتمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، بابل، ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ماه، دانشکده صنعتی نوشیروانی بابل.

۱۰. حقیقی، م، هریسچیان، م و حسینعلی پور، م (۱۳۸۹)، معرفی کنترل هزینه پروژه از دیدگاه مدیریت ساخت، پنجمین کنفرانس بین المللی مدیریت استراتژیک.

۱۱. خاکی، غلامرضا (۱۳۷۸)، روش تحقیق در مدیریت، چاپ دوم، مرکز انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، تهران.

۱۲. خاکی، غلامرضا (۱۳۷۶)، روش تحقیق در مدیریت، چاپ اول، مرکز انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، تهران.

۱۳. خلیلی عراقی، محمد (۱۳۸۰). بررسی مدل های ممیزی پروژه و ارائه مدلی جامع برای ممیزی پروژه های پتروشیمی، ارائه شده در دومین کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه.

۱۴. دهقان، نوری، س و انب الرسول، ا...(۱۳۸۸)، طراحی الگوی مدیریت هزینه در پروژه های عمرانی، اولین کنفرانس مدیریت اجرایی.

۱۵. محفوظی موسوی، ح ورشیدی نژاد، م و دلاوری، س و محمدی، م (۱۳۸۸)، بررسی کمی تاخیرات در پروژه های عمرانی ملی، پنجمین کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه.

۱۶. واله، جواد (۸۲.)، مقدمه ای بر مدیریت هزینه، مجله تدبیر، شماره ۱۳۱.

۱۷. نظریان، احسان (۱۳۸۲)، بررسی مدیریت پروژه های EPC و تهیه مدل نرم افزاری مدیریت هزینه، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

۱۸. نخعی، عیسی، مروجی، غلامرضا، محمدی پور، هیرش (۱۳۹۱)، ارائه مدلی مبتنی بر روش های AHP و TOPSIS فازی برای انتخاب پیمانکار پروژه های حمل و نقل (پروژه دوربین های ثبت تخلف سرعت)، دهمین کنفرانس بین المللی مهندسی حمل و نقل.

۱۹. نهاوندی، نسیم، نوروزی، اشرف (۱۳۹۰)، ارزیابی پیمانکاران با کمک روش های چند معیاره فازی دارای روابط مستقل و وابسته (مطالعه موردی: پیمانکاران راهبردی شرکت قطارهای مسافری رجا)، پژوهش نامه حمل، سال هشتم، شماره سوم، پاییز.

20. Brookes, N., Butler, M., Dey, P. & Clark, R. (2014). The use of maturity models in improving project management performance: An empirical investigation. International Journal Of Managing Projects In Business, 7(2), 231–246.
21. Bahrami, M, Hadizadeh Bazzaz, D, Sajjadi, M (2012). "Innovation and Improvements in Project Implementation and Management; Using FMEA Technique ", 418-425.

22. Christoph, A. J. & Konrad, S. (2014). Project Complexity as an Influence Factor on the Balance of Costs and Benefits in Project Management Maturity Modeling. Procedia - Social And Behavioral Sciences, 119, 162–171.
23. Chang C.T,Lin C.T,Huang S.F. (2013). " A fuzzy approach for evaluation and selection in project management ", International Journal if Production Economics, Vol.102.
24. Goum Zho, Lei J, Cao N, To K, Ng,k; (2011)." Evaluation of maturity Models criteria and Methods",www.google.com/des.
25. Gabreli, R. (2011) 'Present a model for decrease project management Systems using the Analytic Hierarchy Process', Int. J. Management Practice, Vol. 2, No. 3, pp.173–196.
26. Howang jack, (1985)."A definition of Project Management, "PH.D Thesis, Michigan State University.
27. Introna, V., Cesarotti, V., Benedetti, M., Biagiotti, S. & Rotunno, R. (2014). Energy Management Maturity Model: an organizational tool to foster the continuous reduction of energy consumption in companies. Journal Of Cleaner Production, 83, 108–117.
28. Kumru, M, Kumru, P, "Fuzzy FMEA application to improve purchasing process in a public Hospital "Applied Soft Computing, 721-733, 2013.
29. Kitazume, K. Miyamoto, K. and Sato, Y. (2005), "Quantitative risk analysis of projects based on empirical data in japan ", Journal of the Estern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 6, pp. 3971-3984.
30. Momeni, Mansour. Hassan Maleki, Mohammad. (et) (2011),"A Fuzzy MCDM Approach for Evaluating Listed Private Banks in Tehran Stock Exchange Based on Balanced Scorecard", International Journal of Business Administration, Vol.2, No.1, February.
31. Shahin,A: " Integration of FMEA and the KANO model: an exploratory examination", University of Isfahan, 2013.
32. Saati, Tomas L(2000), "A Fuzzy AHP Approach for Evaluating Industrial Auto", International Journal of Business Administration, Vol.2, No.1, February.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Identifying cost-raising factors in construction projects using fuzzy multi-attribute decision-taking approach

Mehrdad Mohammadi [*1]
Alireza Saghebi [2]

Date of Receipt: 2021/05/22 Date of Issue: 2021/06/22

Abstract

One of the activities of developing countries to build their economic infrastructures is the implementation of infrastructure projects that annually take up a large part of the country's budget and therefore, planning principles about these projects is essential in order to extract the lowest cost-to-productivity ratio from it. Every year, a large part of the country's credits and financial resources are spent on investing in large construction and infrastructure projects. The most important indicator of success of these projects, in addition to achieving the desired goals and being cost-effective, is its completion in the anticipated time. The purpose of this paper is to identify the key factors of cost increase in tehran municipality construction projects using failure scenario analysis (FMEA) and determine their risk and weighting and ranking using fuzzy AHP model. The results of this study show that the factors that were effective in increasing the costs of construction projects are: rising costs due to inflation in the country, inappropriate performance of the contractor, the problem of expertise of consulting and supervisor engineers and lack of adequate study at the beginning of the project, lack of efficient manpower, instability of workshop management from the start of the project, lack of a strong project control system, lack of proper project management system, lack of work commitment among project staff, wrong estimation of costs. At the beginning of the project, which uses FMEA analysis, the highest risk is related to the cost-raising index due to the inflations in the country and using the project management system is the most important indicator of the lack of a suitable project management system.

Keywords

Maturity Model, Project Management, Construction Projects, Failure Modes and Effects Analysis (FMEA), Fuzzy Analysis Network Process (FANP).

1. B.Sc. in Information Technology Engineering, University of Applied Science, Tehran, Iran (Corresponding Author:77mohammadi77@gmail.com)

2. M.Sc. Graduate, Industrial Management, Operations Research, Islamic Azad University, Central Tehran, Tehran, Iran. (saghebi.alireza@gmail.com)