**عوامل موثر بر افزایش هزینه در پروژه­های عمرانی شهرداری**

**حسین آب روشن** 1

تاریخ دریافت: 01/04/1400 تاریخ چاپ: 10/06/1400

|  |
| --- |
| چکیده |
| بررسی پژوهشگران نشان می دهد که اغلب پروژه های عمرانی دچار تفاوت چشمگیری از حیث مبلغ برآورد اولیه با قیمت تمام شده طرح ها هستند. هزینه های عمرانی، گرایش به افزایش (سرریز شدن) نسبت به بودجه بندی اولیه دارد، اما اتخاذ سیاست های مناسب در جهت خاتمه هر چه سریع تر و به موقع پروژه های عمرانی به شناخت عوامل موثر ایجادکننده افزایش هزینه بستگی دارد. به همین منظور، این پژوهش در صدد ارزیابی عوامل موثر بر افزایش هزینه های پروژه های عمرانی است. لذا جهت مطالعه و بررسی، ابتدا با مطالعه منابع مختلف و بررسی تحقیقات انجام گرفته، عوامل تاثیرگذار در چهار گروه کارفرما، مشاور، پیمانکار و عوامل محیطی شناسایی و تعریف شدند و در نهایت طبق آزمون تفاوت رتبه ای فریدمن، تاثیر هر یک از عوامل چهارگانه در افزایش هزینه پروژه ها مشخص گردید. نتیجه حاکی از این است که از نظر سه گروه دخیل در پروژه های عمرانی شهرداری کاشان، اولویت تاثیرگذاری در بین خودشان را به ترتیب مرتبط با کارفرما، پیمانکار، مشاور و عوامل محیطی دانسته اند. در پایان، به کمک یافته های پژوهش، راهکارهای کاربردی جهت جلوگیری از افزایش هزینه پروژه ها ارائه گردیده 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. |

**1.** مهندسی عمران گرایش نقشه برداری، کارشناس رسمی دادگستری دررشته راه و ساختمان، پایه یک نظام مهندسی، شاغل در شهرداری رشت.

1. 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، 1389).

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، 2013). 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، 1390). بررسی و بازنگری هزینه­های پروژه یکی از مهم­ترین مراحل اجرایی یک پروژه است (موسوی و همکاران، 1388). 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، 1388) 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 (1965)، 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،1385).

2. 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. همۀ 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 برگیرندۀ 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 سازۀ یک پروژه، به جای 1 درصد، 5/1 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 10 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 دورۀ طراحی بسیار کم است و افزایش دورۀ 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 دورۀ طراحی انجام دهند و هزینه‌هایش را بپردازند. مطمئن باشید توجه کافی به زمان و هزینۀ فرایند طراحی و به‌خصوص مهندسی ارزش در دورۀ طراحی، پروژه را شکوفا خواهد کرد.

**موضوع ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE)**

بحث بعدی، در حوزۀ 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 بیمۀ 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 مرحلۀ 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 هزینۀ 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 70 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 هزینۀ 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. هزینۀ 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 رابطۀ 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 (2) دقت نشود، همۀ 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 50 سال عمر کند، 5 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 یک‌پارچۀ 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 مسئلۀ 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 2000 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 1940 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 1949 نوشته شد؛ اما نیازهای ارتش را به طور کامل تأمین نکردو در 1980 به استاندارد (MIL-STD-1629A)، تغییر داده شد.

استفاده از FMEA برای اولین بار در اواسط دهه 1960 در صنایع هوا و فضا ایالات متحده امریکا مشخصاً جهت ساخت سفینه آپولوی 11 در ناسا مشاهده شده است. پس از آن که در دهه (1970-1980) روش FMEA برای موسسات اتمی مورد استفاده قرار گرفت و همچنین از سال 1977 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 1960 برای نخستین بار به کار گرفته شد یعنی دقیقاً از زمانی که FMEA در عملیات های آپولو به کار گرفته شد. در سال 1985، کمیسیون بین المللی الکترونیک (IEC)، استاندارد بین المللی از FMEA با نام IEC60812 را منتشر کرد تا قابلیت اطمینان سیستم را تجزیه و تحلیل کند. در اوائل دهه 1980 شرکت های خودروسازی آمریکا شروع به بکارگیری FMEA در صنایع خود نمودند (کاظمی، پور ابراهیم و مشفقی، 1391). 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**

1- 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.

2- 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.

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

4- 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.

5- 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.

6- 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 (1)، مراحل FMEA را نشان می دهد (Kumru, 2013).

****

شکل 1: مراحل اجرای FMEA

پیشینه پژوهش

طاهری و نظرپور (1393)، 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 (1392)، 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 (1392)، 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 (1392)، 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.2-کمبود مصالح و نوسانات قیمت آن در بازار.3-مکان یابی و امکان یابی.4-میزان عملکرد مشاوران و پیمانکاران.5-شرایط جوی و عوامل محیطی.6-تملک اراضی و معارش داشتن زمین پروژه.7-عدم شفافیت بخش نامه ها و آیین نامه های مربوطه 8-مدیریت ناصحیح اجرایی کارفرما.8- 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.2. 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.3. 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 (1391)، در پژوهشی با عنوان: به کارگیری تکنیک FMEA در عرصه شهرسازی به منظور پیشگیری و حل مشکلات فضاهای شهری مطالعه موردی: بوستان دانشجو ، 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 تجریه شود؛ اقدامات اصلاحی و پیشنهادی سازنده ای ارائه نمود. از طریق پیاده سازی تکنیک FMEA در بوستان دانشجو 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 (1389)، 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 (1389)، 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 (1386)، 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 17 & 18 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 (2013)، 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 (2013)، 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 (2011)، 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 3 بعد و 19 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:

1- محاسبه عدد ریسک هر بعد.

2- محاسبه اولویت بندی ریسک نهایی.

گابریلی (2011)، 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.

3. روش­شناسی تحقیق

 با توجه به این‌که هدف تحقیق حاضر شناسایی عوامل افزایش هزینه در پروژه­های عمرانی شهرداری 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 )، 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 (05/0)، محاسبه شد. با توجه به مقدار آن که اگر زیر مقدار (1/0)، باشد مورد تأیید است. روایی ابزار تحقیق با استفاده از نظرسنجی از خبرگان شهرداری به صورت صوری مورد تایید قرار گرفت.

 **جامعه آماری پژوهش**

جامعه و نمونه آماری پژوهش حاضر را 30 نفراز مدیران ارشد شهرداری و اساتید دانشگاهی، تشکیل می‌دهند.

**تکنیک AHP فازی**

 در سال (1983) دو محقق هلندی به نام های «لارهورن و پدریک[[1]](#footnote-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 (1996) روش دیگری تحت عنوان «روش تحلیل توسعه ای[[2]](#footnote-2) (EA) توسط یک محقق چینی به نام «چانگ[[3]](#footnote-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،1385)

دو عدد مثلثی M1= (l1,m1,u1) و M2= (l2,m2,u2) که در رسم شده‌اند. عملگرهای ریاضی آن به صورت زیر تعریف می شود (رابطه 1)

(رابطه 1) 

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:

(رابطه 2) 

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 Sk ها، باید درجه ی بزرگی آن ها را نسبت به هم به دست آورد. به طور کلی اگر M1 و M2 دو عدد فازی مثلثی باشند، درجه بزرگی M1 بر M2 که با V(M1>M2) نشان می دهیم، به صورت (رابطه 3) تعریف می شود:

(رابطه 3) 

همچنین داریم (رابطه 4):

(رابطه 4) 

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

(رابطه 5) 

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

(رابطه 6) 

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

(رابطه 7) 

که همان بردار ضرایب غیر بهنجار AHP فازی است (مومنی،1385) در پژوهش حاضر از تکنیک AHP فازی جهت وزن دهی به شاخص های افزایش هزینه پروژه های عمرانی شهرداری استقاده 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،1393). پس از مطالعه ی ادبیات موضوع و پیشینه ی پژوهش مدل مفهومی پژوهش به صورت جدول (1)، نشان داده شده است.

**جدول 1: شاخص‌ها موثر بر افزایش هزینه های پروژه های عمرانی شهرداری**

|  |  |
| --- | --- |
|  | 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 |

4. یافته­های پژوهش

4-1- 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 )، طیف 1 تا 10 را جهت اخذ نظر از خبرگان انتخاب نمودیم. نتایج حاصل از میانگین نظرات 30 خبره شهرداری و اولویت بندی شاخص ها با استفاده از روش FMEA به صورت جدول (2)، نشان داده شده است.

**جدول 2: اولویت بندی شاخص ها با استفاده از روش FMEA**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ردیف | ریسک | احتمال وقوع | شدت اثر | میزان کنترل | عدد RPN |
| 1 | بالا رفتن هزینه در اثر تورم های به وجود آمده در کشور | 9.3 | 4.58 | 8.4 | 357.79 |
| 2 | عملکرد نامناسب پیمانکار | 4.3 | 7.9 | 6.5 | 220.8 |
| 3 | مشکل تخصص مهندسان مشاور و ناظر و عدم مطالعه کافی در ابتدای پروژه | 6.9 | 7.4 | 5.8 | 296.15 |
| 4 | نبود نیروی انسانی کارآمد | 7.5 | 8.6 | 4.69 | 302.5 |
| 5 | عدم ثبات مدیریت کارگاه از شروع پروژه | 5.47 | 6.9 | 7.2 | 271.75 |
| 6 | عدم وجود سیستم کنترل پروژه قوی | 4.7 | 2.6 | 6.18 | 75.52 |
| 7 | نبود سیستم مدیریت پروژه مناسب | 2.2 | 6.4 | 7.37 | 103.77 |
| 8 | نبود تعهد کاری در میان کارکنان پروژه | 1.67 | 4.99 | 7.49 | 62.42 |
| 9 | برآورد اشتباه هزینه ها در ابتدای پروژه | 3.48 | 5.29 | 6.68 | 122.98 |

با توجه به جدول (2)، 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.

**4-2-** **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 30 نفر از خبرگان شهرداری 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 که شامل:

1. بالا رفتن هزینه در اثر تورم های به وجود آمده در کشور؛ (C1)
2. عملکرد نامناسب پیمانکار؛ (C2)
3. مشکل تخصص مهندسان مشاور و ناظر و عدم مطالعه کافی در ابتدای پروژه؛ (C3)
4. نبود نیروی انسانی کارآمد؛ (C4)
5. عدم ثبات مدیریت کارگاه از شروع پروژه؛ (C5)
6. عدم وجود سیستم کنترل پروژه قوی؛ (C6)
7. نبود سیستم مدیریت پروژه مناسب؛ (C7)
8. نبود تعهد کاری در میان کارکنان پروژه؛ (C8)
9. برآورد اشتباه هزینه ها در ابتدای پروژه؛ (C9)

**جدول 3: وزن شاخص های افزایش هزینه پروژه های عمرانی با تکنیک FAHP**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **رتبه****شاخص** | **وزن بهنجار شده شاخص ها** | **کوچکترین مقدار Si** | **مقدار بزرگی** | **درجه بزرگی شاخص ها نسبت به هم** | **ابعاد** |
| 9 | 0.032 | 0.225 | (0.689,0.650,0.423,0.368,0.447,0.225,0.230,0.227) | V(S1>S2,S3,…, S9) | C1 |
| 8 | 0.092 | 0.650 | (1,0.965,0.807,0.755,0.821,0.650,0.670,0.681) | V(S2>S1,S3,…, S9) | C2 |
| 7 | 0.103 | 0.729 | (1,1,0.866,0.820,0.878,0.729,0.749,0.759) | V(S3>S1,S2,…, S9) | C3 |
| 5 | 0.120 | 0.846 | (1,1,1,0.946,1,0.846,0.870,0.885) | V(S4>S1,S2,…, S9) | C4 |
| 4 | 0.127 | 0.893 | (1,1,1,1,1,0.893,0.921,0.937) | V(S5>S1,S2,…, S9) | C5 |
| 6 | 0.110 | 0.778 | (1,1,1,0.983,0.911,0.778,0.809,0.826) | V(S6>S1,S2,…, S9) | C6 |
| 1 | 0.142 | 1 | (1,1,1,1,1,1,1,1) | V(S7>S1,S2,…, S9) | C7 |
| 2 | 0.138 | 0.973 | (1,1,1,1,1,1,0.973,1) | V(S8>S1,S2,…, S9) | C8 |
| 3 | 0.135 | 0.954 | (1,1,1,1,1,1,0.954,0.983) | V(S9>S1,S2,…, S9) | C9 |

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 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

* ‏
* شقاقی، حجت الله (1391)، 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.
* رحیمیان، منصور، کریمی، مریم، افتخاری، ندا (1384)، مدیریت هزینه به روش برآورد، دمین کنفرانس
بین المللی مدیریت پروژه .
* فتح اله زاده، سینا، مهدی زاده، رسول (2013)، 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، 28 و 29 نوامبر، تبریز.
* فیضی، عمار، مینوئی، مهرزاد، هاشمی، محمد علی (1392)، ارائه مدلی جهت ارزیابی عملکرد شهرداری ها و انتخاب
شرکت های عمرانی (مطالعه موردی: پروژه های عمرانی شهرداری )، دهمین کنفرانس بین المللی مدیریت استراتژیک.
* دری، بهروز، معزز، هاشم، سلامی، هادی (1389)، 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 69.
* دبیری و علی اکبر (1388). ارائه مدلی پروژه محور برای رشد مدیریت ریسک سازمانی در شرکت های توزیع نیروی برق. (ص 7). ارائه شده در سومین کنفرانس بهبود و تحول اداری، CIVILICA.
* داوود پور، سارا. صبوری، حمید رضا (1391). اولویت بندی پروژه‌های بهبود در مدل EFQM با رویکرد کارت امتیازی متوازن (مطالعه موردی: شرکت برق منطقه‌ای یزد). (۲)، ۹۱–۱۰۶.
* طاهری امیری، محمد جواد، نظر پور، هادی (1393)، شناسایی علل بروز افزایش هزینه در پروژه های عمرانی با استفاده از روش FMEA و ارائه راهکار در جهت بهبود آن، هشتمین کنکره ملی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، بابل، 17 و 18 اردیبهشت ماه، دانشکده صنعتی نوشیروانی بابل.
* حقیقی، م، هریسچیان، م و حسینعلی پور، م (1389)، معرفی کنترل هزینه پروژه از دیدگاه مدیریت ساخت، پنجمین کنفرانس بین المللی مدیریت استراتژیک.
* خاکی، غلامرضا (1378)، روش تحقیق در مدیریت، چاپ دوم، مرکز انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، .
* خاکی، غلامرضا (1376)، روش تحقیق در مدیریت، چاپ اول، مرکز انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، .
* خلیلی عراقی، محمد (1380). بررسی مدل های ممیزی پروژه و ارائه مدلی جامع برای ممیزی پروژه های پتروشیمی، ارائه شده در دومین کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه.
* دهقان، نوری، س و انب الرسول، ا...(1388)، طراحی الگوی مدیریت هزینه در پروژه های عمرانی، اولین کنفرانس مدیریت اجرایی.
* محفوظی موسوی، ح ورشیدی نژاد، م و دلاوری، س و محمدی، م (1388)، بررسی کمی تاخیرات در پروژه های عمرانی ملی، پنجمین کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه.
* واله، جواد (82.)، مقدمه ای بر مدیریت هزینه، مجله تدبیر، شماره 131.
* نظریان، احسان (1382)، بررسی مدیریت پروژه های EPC و تهیه مدل نرم افزاری مدیریت هزینه، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.
* نخعی، عیسی، مروجی، غلامرضا، محمدی پور، هیرش (1391)، 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.
* نهاوندی، نسیم، نوروزی، اشرف (1390)، 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.
* 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.
* Bahrami, M, Hadizadeh Bazzaz, D, Sajjadi, M (2012). "Innovation and Improvements in Project Implementation and Management; Using FMEA Technique ", 418-425.
* 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.
* 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.
* Goum Zho, Lei J, Cao N, To K, Ng,k; (2011).” Evaluation of maturity Models criteria and Methods”,www.google.com/des.
* 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.
* Howang jack, (1985)."A definition of Project Management, "PH.D Thesis, Michigan State University.
* 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.
* Kumru, M, Kumru, P, "Fuzzy FMEA application to improve purchasing process in a public Hospital "Applied Soft Computing, 721-733, 2013.
* 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.
* 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.
* Shahin,A: " Integration of FMEA and the KANO model: an exploratory examination", University of Isfahan, 2013.
* Saati, Tomas L(2000), "A Fuzzy AHP Approach for Evaluating Industrial Auto", International Journal of Business Administration, Vol.2, No.1, February.
1. Laarhoren & Padrycz [↑](#footnote-ref-1)
2. Extent Analysis Method (EA( [↑](#footnote-ref-2)
3. Chang [↑](#footnote-ref-3)