



## ارائه مدلی جهت رتبه بندی پروژه های راهسازی با دو رویکرد هزینه دوره عمر و مدیریت ریسک

حسن زیاری<sup>۱</sup>، پروین کریمی<sup>۲</sup>

حسن زیاری؛ دانشکده عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران

پروین کریمی؛ دانشکده عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران

Pkarimi@yahoo.com

### خلاصه

روش تحلیل هزینه دوره عمر یکی از ابزارهای مدیریتی است که می تواند برای ارزیابی و مقایسه پروژه ها به کار گرفته شود. در تحلیل چرخه عمر پروژه های راه عدم اطمینان هایی پیش بینی می شوند یا برنامه ریزی می گردند که در روش های معمول LCCA لحاظ نمی گردند. این ریسک ها و پارامترها باید به گونه ای کمی شده و در تصمیم گیری ها وارد شوند. هدف اصلی این تحقیق ایجاد و توسعه مدلی است که هزینه دوره عمر پروژه های راهسازی را با در نظر گرفتن عدم قطعیت های درگیر در آن محاسبه کرده، هزینه ریسک پروژه را با اعمال ضرایب تأثیری در این هزینه لحاظ نموده و از نتیجه این مدل، جهت ارزیابی و اولویت بندی پروژه های راهسازی استفاده نماید. از طریق پرسشنامه فاکتورها و عوامل ریسکی که سازه زیربنایی را تحت تأثیر قرار می دهند، اطلاعات ورودی از راه و شکست راه و اطلاعاتی از دوره خدمت دهی که قطعیت صد در صد ندارند به دست آمده و با استفاده از مدل وزن دهی ساده، یک مدل ریاضی از مدل های MADM به توسعه مدل هزینه دوره عمر پرداخته شد و هزینه ریسک با اعمال فاکتورهای به دست آمده در هزینه دوره عمر مربوطه محاسبه شده و در انتها معیار تعریف شده جهت رتبه بندی پروژه های راهسازی استفاده گردید.

کلمات کلیدی: تأسیسات زیربنایی، آنالیز هزینه دوره عمر، دوره خدمت دهی، تحلیل عدم اطمینان، اولویت بندی پروژه

### مقدمه

تداوم رشد اقتصادی یک کشور در حال توسعه، نیازمند ایجاد و توسعه تأسیسات زیر بنایی کشور از جمله نیروگاه ها، مخابرات، حمل و نقل و... می باشد. در کشور ما هر ساله مبالغ بالایی طی قانون بودجه سنواتی به طرح های عمرانی و ملی تعلق می گیرد. تقریباً در حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد از سهم بودجه زیرساخت های عمرانی، به زیرساخت های حمل و نقلی تعلق می گیرد. [۱] با توجه به مبالغ بالایی که هر ساله در این بخش صرف می گردد، بهینه سازی هزینه های صرف شده در این بخش می تواند موجبات رشد بودجه و ترقی در سایر زیرساخت ها را به همراه داشته باشد. لذا باید روشی اتخاذ کرد که بتوان براساس آن اولویت در ساخت و بهسازی پروژه های بخش های مختلف حمل و نقل از جمله راه ها را تعیین نمود.

روش تحلیل هزینه دوره عمر یکی از ابزارهای مدیریتی است که می تواند برای ارزیابی و مقایسه پروژه ها به کار گرفته شود. " هزینه دوره عمر عبارت است از تمام هزینه های تنزیل شده یک ساختمان یا یک سیستم ساختمانی در یک دوره زمانی که شامل هزینه های تملک، بهره برداری، نگهداری و واگذاری می شود. تحلیل هزینه دوره عمر یک تکنیک اقتصادی است که توسط آن هزینه کامل داشتن و بهره بردن از یک تأسیسات را در طول دوره خدمت دهی آن تعیین می دارد." اصول اساسی تحلیل هزینه دوره عمر بیش از ۱۰۰ سال پیش توسعه یافتند، ولی استفاده سیستماتیک تنها از ۲۵ تا ۳۰ سال پیش شروع شد. تحقیقی در سال ۱۹۹۳ بوسیله AASHTO نشان داد که تنوع گوناگونی از تکنیک های آنالیز هزینه دوره عمر در ۲۸ ایالت آمریکا برای آزادراه ها، ترانزیت، پروژه های هوایی و... استفاده شده است. Messiha و Arditi در سال ۱۹۹۹ دریافتند که متأسفانه بیشتر تصمیمات بودجه های عمومی عموماً بر اساس هزینه های اولیه و بدون توجه به کل هزینه دوره عمر گرفته می شود [۲].

ولی حتی با به کارگیری تکنیک های اولویت بندی مانند LCCA نیز نمی توان اطمینان داشت که طرح منتخب بهترین گزینه ممکن می باشد. در تحلیل چرخه عمر پروژه های راه عدم اطمینان (Uncertainty) هایی پیش بینی می شوند یا برنامه ریزی می گردند، در صورتی که در روش های

<sup>۱</sup> استادیار دانشکده عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران

<sup>۲</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد راه و ترابری، دانشگاه علم و صنعت ایران



معمول LCCA لحاظ نمی گردند. این عدم قطعیت ها، ریسک های تکنولوژیک (در طی ساخت و نگهداری)، ریسک بهره وری و ریسک های تجاری و مالی می باشد. که در ابتدا نمی توانند پیش بینی و در هزینه پروژه آورده شوند. لذا باید به گونه ای کمی شده و در تصمیم گیری وارد شوند. کاربرد روش تحلیل هزینه دوره عمر با در نظر گرفتن هزینه ریسک های پروژه می تواند روش کارآمدی برای اولویت بندی پروژه های راهسازی باشد و برنامه ریزان با این روش می توانند از تصمیمات نادرست که در نتیجه برآوردهای اشتباه است جلوگیری کنند.

هدف اصلی این تحقیق ایجاد و توسعه مدلی است که هزینه دوره عمر پروژه های راهسازی را با در نظر گرفتن عدم قطعیت های درگیر در آن محاسبه نماید و هزینه ریسک پروژه مربوطه را با اعمال ضرایب تأثیری در هزینه دوره عمر محاسبه کرده و از این مدل، جهت ارزیابی و اولویت بندی پروژه های راهسازی استفاده نماید.

### آنالیز هزینه دوره عمر به عنوان یک ابزار پشتیبانی تصمیم گیری

اصطلاح آنالیز هزینه دوره عمر و یا LCCA به معنای مدلی برای ارائه هزینه مالکیت در کل دوره خدمت دهی ملک می باشد. این مدل اقتصادی مهندسی و روند آنالیزی مرتبط با آن، می تواند به برنامه ریزان کمک کند تا تصمیمات آگاهانه ای که می تواند هزینه های ساخت، بهره برداری و نگهداری زیربنا را کاهش دهد، اتخاذ کنند. این آنالیز روندی جهت ارزیابی کل هزینه اقتصادی یک سرمایه به وسیله آنالیز هزینه های اولیه و هزینه های تنزیل شده آتی مانند هزینه های نگهداری، تعمیر و تجدید (Maintenance, Repair & Renewal (MR & R)) و هزینه های استفاده کننده و هزینه اجتماعی در طی دوره خدمت دهی سرمایه می باشد.

بنا به تعریف انستیتو ملی استانداردها و تکنولوژی [۳]، هزینه دوره عمر عبارت است از تمام هزینه های تنزیل شده یک ساختمان یا یک سیستم ساختمانی در یک دوره زمانی. تحلیل هزینه دوره عمر یک تکنیک اقتصادی است که توسط آن، هزینه کامل داشتن و بهره بردن از یک تأسیسات را تعیین می دارد. این مقاله ابتدا نگاهی به اساس محاسبات و آنالیز LCCA می اندازد و هزینه هایی را که باید در محاسبات وارد شوند شناسایی می کند. در این فصل ابتدا هر دو روند معین (Deterministic) و احتمالی (Probabilistic) در آنالیز دوره عمر معرفی می شود.

### اساس محاسبات و آنالیز هزینه دوره عمر

#### روش ارزش کنونی

ارزش حال (Present Value-PV) برای هزینه های آینده، به وسیله در نظر گرفتن نرخ بهره پیش بینی شده دلار کنونی و تنزیل این مقدار با یک نرخ پیش بینی شده در طول دوره، بین زمان پیش بینی شده هزینه های آینده و زمان کنونی معین می شود. ارزش حال توسط فرمول زیر محاسبه می شود.

$$PV = FV \left[ \frac{1}{(1+i)^n} \right] \quad (1)$$

که در آن PV = ارزش کنونی؛ FV = ارزش آینده هزینه ها؛ n = تعداد سالها بین زمان آنالیز و زمان پرداخت ها؛ و i = نرخ تنزیل می باشد.

#### روش هزینه یکنواخت سالانه

این روش هزینه های کنونی و آینده را به هزینه های یکنواخت سالانه تبدیل می کند و به صورت زیر بیان می شود:

$$A = PV \left\{ \frac{[i(1+i)^n]}{[(1+i)^n - 1]} \right\} \quad (2)$$

که در آن A = پرداخت های آخر سال؛ PV = ارزش کنونی به دست آمده از معادله (۱)؛ n = تعداد سالها بین زمان آنالیز تا انتهای دوره عمر و i = نرخ تنزیل می باشند.

### هزینه دوره عمر

LCC (Life Cycle Cost) باید شامل تمامی هزینه های مربوط به برنامه ریزی، توسعه مالکیت، بهره برداری، پشتیبانی و تخریب باشد. هم چنین برای زیربناهای شهری باید هزینه های اجتماعی هم در محاسبات وارد شود. طبق مقاله Vanier & Rahman در سال ۲۰۰۴ هزینه دوره عمر باید شامل هزینه های بیان شده در زیر باشد [۴]:

$$\text{هزینه دوره عمر} = \text{هزینه تملک} + \text{هزینه مالکیت} + \text{هزینه های اجتماعی} \quad (3)$$

هزینه تملک (Acquisition Cost) شامل هزینه های زیر می باشد، ولیکن تنها محدود به آنها نمی شوند: هزینه های خرید زمین، هزینه های حريم و عبور از املاک، هزینه های خریداری، خدمات قانونی، مالیات ها، اجرت بازرسی زمین، اجرت طراحی، هزینه های ساخت، هزینه های از دست رفتن فرصت ها، اجاره تجهیزات سرمایه ای، هزینه های بازرسی سایت، هزینه های مدیریت پروژه و مخارج کلی فنی و اجرایی [۴].



هزینه های مالکیت (Ownership Cost) در طی هر فاز از دوره عمر سازه زیربنایی می توانند رخ دهند. هزینه های مالکیت شامل تمامی هزینه های مستقیم مانند هزینه های انرژی، هزینه های نگهداری پیش گیرنده، هزینه های بازرسی و هزینه های MR&R می باشد. هزینه های اجتماعی (Social Cost) شامل تمامی هزینه های غیر ملموس متحمل شده از طرف عموم مردم، به خاطر قطع خدمات به جامعه می باشد. و می تواند شامل هزینه های در طول دوره ساخت، نگهداری و یا پروژه های تعمیر (مربوط به بار فیزیکی اضافه بر مسیرهای انحرافی) قطع فعالیت تاجران، هزینه های زیست محیطی، هزینه های اضافه متحمل شده به وسیله پرداخت کنندگان مالیات و فرسودگی و شکست وسیله نقلیه باشد. [۴]

### محاسبات ارزش کنونی

ارزش کنونی (PV) و تنزیل هزینه های دوره عمر به صورت زیر محاسبه شده است: [۵]

$$PV = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^t} \quad (۴)$$

که در آن PV = ارزش کنونی هزینه های دوره عمر؛ Ct = مجموع تمامی هزینه های رخ داده در سال t؛ n = طول دوره آنالیز و i = نرخ تنزیل می باشد. Ct از رابطه زیر به دست می آید [۴]:

$$C_t = AC + EC + MC + RC + OC - SV \quad (۵)$$

که در آن AC = هزینه استفاده کننده، EC = هزینه انرژی، MC = هزینه مستقیم و غیر مستقیم نگهداری، RC = هزینه های تجدید، OC = هزینه عملکردی مستقیم و غیر مستقیم و SV = ارزش اسقاطی می باشند.

### روندهای قطعی در مقابل روندهای احتمالی در LCCA

در یک روند قطعی LCCA متغیرهای ورودی که هم در زمان و هم در هزینه ثابت و مشخص هستند مورد نیاز می باشند. این ارزش های ورودی غالباً بر اساس شواهد و یا قضاوت های تخصصی پایه گذاری می شوند. روندهای قطعی در محاسبات LCC ساده هستند و می توانند با استفاده از یک ماشین حساب محاسبه شوند. روند قطعی نمی تواند تردیدها و نامعینی ها در پارامترهای ورودی را مورد ملاحظه قرار دهد. در روند احتمالی، متغیرهایی از قبیل نرخ تنزیل، هزینه نگهداری، هزینه تجدید و تعمیرات، زمان نوسازی و هزینه های اجتماعی (هزینه های غیرملموس) به وسیله توزیعات احتمالی مدل می شوند. نتایج تکرار شونده احتمال این را که یک پیش بینی مشخص LCC حتماً اتفاق بیفتد، محاسبه می کند. امروزه LCCA با روند احتمالی، به خاطر قابلیت های پردازشی کامپیوتری و توانایی های رو به افزایش آن، بیشتر در دسترس می باشد.

### عدم اطمینان ها در LCC

پیش بینی هزینه های آینده به خاطر عدم اطمینان در هزینه های آتی، نرخ بهره و حتی حوادث آینده بالقوه مملو از اشتباهات، می باشد پیش بینی نرخ تورم در طول یک دوره بلند مدت (برای مثال ۳۰ یا ۱۰۰ سال) عدم اطمینان ها را افزایش می دهد. روند کلی در مطالعات دوره عمر این است که " اثرات تورم به خاطر فرض اینکه کلیه هزینه ها با نرخ یکسانی بالا می روند، صرف نظر شده است " [۶]. اما احتمال این که هزینه مواد اولیه، نیروی کار و انرژی با نرخ یکسانی تغییر کنند، بسیار کم است. عدم اطمینان دیگر در حیطه پیش بینی های مربوط به LCCA، تعیین دوره خدمت دهی دارایی و اجزای آن است. به طور تئوری، دوره خدمت دهی می تواند به احتمالات مشاهده شده از شکست مربوط شود [۲].

### مفاهیم و فرآیند مدیریت ریسک

بیشتر تصمیمات تجاری و صنعتی بر پایه حدسیاتی درباره آینده گرفته می شود. تصمیم گیری براساس فرضیات، حدسیات، برآوردها و پیش بینی های حوادث آینده، همراه با ریسک است. ریسک یک مفهوم انتزاعی است که تعریف آن مشکل و در خیلی از موارد اندازه گیری آن غیر ممکن است. یک تعریف کاربردی ریسک در ادامه آمده است: «ریسک بیان احتمال سود یا زیان های مالی و اقتصادی، آسیب ها و ضررهای فیزیکی یا تأخیرهایی که پیامد های عدم اطمینانی است که در نتیجه انجام یک عمل خاص به وجود می آید، می باشد.» [۷]

ریسک را خاص پروژه های ساخت این گونه می توان تعریف کرد: «ریسک های پروژه شامل همه فاکتورهای احتمالاتی است که نمی توانند در ابتدا پیش بینی و در هزینه پروژه آورده شوند.» [۸] یکی از سخت ترین مراحل مدیریت پروژه، بررسی و برآورد تأثیرات ریسک های متفاوت بر فرآیند انجام پروژه می باشد. مهمترین تأثیراتی که ریسک ها روی پروژه می توانند بگذارند موارد زیر می باشد: ۱- شکست در اجرای پروژه با قیمت برآورد شده؛ ۲- عدم تکمیل پروژه در تاریخ مورد نظر تکمیل؛ ۳- ناتوانی در رسیدن به کیفیت و روند بهره برداری مورد نظر.

واژه ریسک هنگامی به کار می رود که بتوان احتمال وقوع یک پدیده را ارزیابی کرد، به عبارت دیگر ریسک ها قابل برآورد هستند. برای محاسبه میزان ریسک رابطه منطقی زیر به کار می رود [۸]:

$$\text{میزان ضرر (یا منفعت)} \times \text{احتمال وقوع} = \text{ریسک} \quad (۶)$$



## مدیریت ریسک

استاندارد (Project Management Body Of Knowledge) PMBOK برای مدیریت ریسک شش مرحله زیر را بیان کرده است [۹]:  
۱- برنامه ریزی مدیریت ریسک؛ ۲- شناسایی ریسک؛ ۳- ارزیابی ریسک ها؛ ۴- میزان ریسک ها؛ ۵- برنامه ریزی برای عکس العمل در برابر ریسک؛ ۶- کنترل و ارزیابی ریسک ها

## شناسایی ریسک

شناسایی (Risk Identification) ریسک مهمترین مرحله مدیریت ریسک است که اساس برنامه‌ریزی و مدیریت ریسک می باشد. در این مرحله با شناسایی ریسک‌ها و احتمال وقوع آنها جهت‌گیری مدیریت ریسک تعیین می شود. در مرحله شناسایی ریسک باید موارد زیر را برای هر ریسک تخمین زد [۱۰].  
احتمال وقوع، محدوده نتایج ممکن، زمان پیش‌بینی شده، پیش‌بینی تکرار آن.

## طبقه بندی ریسک ها

طبقه‌بندی ریسک ها ساختاری فراهم می‌آورد که به واسطه آن، شناسایی ساخت یافته ریسک‌ها میسر شده و به اثر بخشی و کیفیت فریند شناسایی ریسک کمک می‌کند [۱۱]. یکی از صاحب نظران آمریکایی مدیریت ریسک به نام ماکس وایدمن در رابطه با طبقه‌بندی ریسک ها دارای نظرات زیر است [۱۲، ۱۳]:

"ریسک‌ها را می توان به روش‌های مختلف طبقه‌بندی کرد و باتوجه به مقاصد مختلف، این کار ضروری است. ریسک ها را می توان با توجه به تأثیرشان روی اهداف مدیریت پروژه به: ریسک‌های زمان‌بندی پروژه، ریسک‌های هزینه پروژه، ریسک‌های محدود پروژه، ریسک‌های کیفیت، طبقه‌بندی کرد." برای مقاصد شناسایی ریسک و پاسخ‌دهی به آن، مناسب‌ترین رویکرد طبقه‌بندی ریسک‌ها براساس منشأ آنها به جای تأثیر آنها می‌باشد. این طبقه بندی به قرار زیر می باشد:

۱- ریسک های خارجی و غیر قابل پیش بینی: تغییرات در قوانین، بلایای طبیعی؛ ۲- ریسک های خارجی و قابل پیش بینی: ریسک های بازار، تورم، دسترسی به منابع اولیه؛ ۳- ریسک های داخلی- غیرفنی: مدیریت، زمان بندی؛ ۴- ریسک های فنی: تغییرات در فناوری، عملکرد، مسائل طراحی؛ ۵- ریسک های حقوقی: مجوزها، حق امتیاز، مسائل قراردادی.

## روش های شناسایی ریسک

مطابق آنچه که به عنوان ابزارها و تکنیک های شناسایی ریسک در کتاب استاندارد دانش مدیریت پروژه بیان شده است، انواع روش های شناسایی ریسک به شرح زیر می باشند:

۱- بررسی مستندات؛ ۲- به کارگیری روش های جمع‌آوری اطلاعات شامل، طوفان فکری، روش دلفی، مصاحبه، شناسایی ریشه‌ای دلایل، تحلیل SWOT (قوت ها، ضعف ها، فرصت ها، تهدیدها)؛ ۳- تحلیل چک لیست ها؛ ۴- تحلیل مفروضات؛ ۵- به کارگیری روش های نموداری.  
پس از شناسایی ریسک‌های پروژه، بانیان به عنوان توسعه دهنده پروژه روند خاصی را در مواجهه با هر ریسک خاص مشخص می‌کنند، که این تعیین روش واکنش، ساختار مدیریت آن ریسک را مشخص می‌کند. واکنش آنها نسبت به ریسک ها می‌تواند به صورت یکی از چهار گروه زیر باشد [۹]:  
۱- پرهیز از ریسک، ۲- انتقال ریسک، ۳- کاهش اثر آن، ۴- قبول ریسک.

## تجزیه و تحلیل ریسک

بعد از به وجود آمدن بانک اطلاعات ریسک، می بایست به تجزیه و تحلیل و ارزیابی ریسک به منظور طبقه‌بندی و درجه بندی خطرات اقدام نمود. تجزیه و تحلیل ریسک‌ها دو هدف را دنبال می‌کنند:

اولاً: اهمیت نسبی ریسک های شناسایی شده را نشان می‌دهد و طبقه‌بندی آنها را از لحاظ تأثیری که بر ساختار مالی و عملیاتی پروژه برجای می گذارند، امکان پذیر می‌سازد. ثانیاً: اطلاعات لازم را برای تعیین روش و یا ترکیبی از روش‌های مناسب مقابله با ریسک‌ها ارائه می‌دهد. اهمیت نسبی هر ریسک تابعی است از دو عامل احتمال و میزان اثر آن ریسک، و این دو عامل مبنای ارزیابی ریسک به‌شمار می‌آیند.

## روند توسعه مدل بر اساس مدیریت ریسک

در این تحقیق به بررسی و شناسایی ریسک های پروژه، ارزیابی کیفی و کمی ریسک ها و وارد کردن ریسک در مدل آنالیز هزینه دوره عمر پرداخته‌شد. همانطور که آمد ارزیابی و اولویت‌بندی پروژه های راهسازی بر اساس معیار هزینه ریسک بر هزینه دوره عمر، وابسته به شناسایی و کمی کردن ریسک‌های پروژه می باشد. کمی کردن به صورت نسبت‌دادن درصد تأثیری به ریسک در صورت وقوع، در هزینه‌های ساخت و تعمیر و نگهداری صورت گرفته‌است.



جهت شناسایی ریسک‌های پروژه می‌توان از بانک‌های اطلاعاتی، گزارش تجربیات پروژه، و نظر خبرگان استفاده کرد. در این تحقیق از روش آخر یعنی نظر خبرگان استفاده شده است. برای تهیه مدل ارزیابی پروژه‌های راهسازی، ریسک‌های ارائه شده در قبل جمع بندی شده و از طریق پرسشنامه نظر متخصصان داخلی در شناسایی ریسک‌ها و کمی کردن آنها جمع‌آوری شد. در این پرسشنامه‌ها، میزان تأثیر هر ریسک به صورت درصدی از هزینه‌های ساخت و نگهداری خواسته شد. در ادامه، هزینه ریسک بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$(7) \text{ هزینه ساخت و یا تعمیر و نگهداری} \times \text{درصد تأثیر} \times \text{احتمال وقوع} = \text{هزینه ریسک}$$

فرض کنید چنانچه ریسک  $X_1$  با احتمال وقوع  $P_1$  و میزان تأثیر  $I_1$  در هزینه ساخت پروژه  $A$ ، و ریسک  $X_2$  با احتمال وقوع  $P_2$  و میزان تأثیر  $I_2$  در هزینه تعمیرات و نگهداری این پروژه احتمال وقوع داشته‌باشند. آنگاه هزینه ریسک در پروژه مربوطه طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$(8) \quad RC = P_1 \times I_1 \times ICC + P_2 \times I_2 \times \sum_{t=0}^n (M_{Ct} \times \frac{1}{(1+i)^t})$$

که  $RC$ ، هزینه ریسک پروژه؛  $MC_t$ ، مجموع هزینه‌های نگهداری پروژه در طول سال  $t$  ام؛  $ICC$ ، هزینه اولیه ساخت؛  $i$ ، نرخ تنزیل و  $n$  عمر پروژه می‌باشد.

احتمال وقوع هر ریسک در پروژه‌های مختلف بسته به شرایط مختلف متفاوت است. لذا در پرسشنامه‌ها، احتمال وقوع ریسک مطرح نشد. مدل توسعه یافته، گزینه‌های مختلف یک پروژه خاص و ریسک‌های محتمل موجود در هرگزینه و یا ریسک‌های پروژه‌های مختلف را به‌عنوان ورودی دریافت می‌کند و سپس با معیار اولویت‌بندی که به صورت زیر محاسبه می‌شود، گزینه‌ای را که دارای کمترین مقدار معیار به دست آمده از فرمول زیر است، به عنوان گزینه برتر معرفی می‌کند.

$$(9) \quad \text{معیار اولویت‌دهی} = (RC+LCC)/Cc$$

که  $Cc$  در این فرمول هزینه اولیه ساخت می‌باشد.

برای نمونه انتخاب پروژه برتر از پروژه‌های فرضی  $A$  و  $B$ ، با مشخصات ذکرشده در جداول ۱ و ۲، با روش سنتی و روش توسعه یافته Risk-Based مقایسه می‌شوند:

الف) روش سنتی

جدول ۱- روش سنتی رتبه بندی دو پروژه فرضی A و B

| روش سنتی |                  |                             |                   |                 |
|----------|------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------|
| گزینه‌ها | هزینه اولیه ساخت | هزینه‌های تعمیرات و نگهداری | هزینه طول عمر     | اولویت‌گزینه‌ها |
| A        | $3 \times 10^8$  | $5 \times 10^8$             | $0.8 \times 10^9$ | ۱               |
| B        | $6 \times 10^8$  | $5 \times 10^8$             | $1/1 \times 10^9$ | ۲               |

مشاهده می‌شود در روش سنتی، منطقی‌تر است گزینه  $A$  با هزینه دوره عمر کمتر به عنوان گزینه برتر معرفی شود.

ب) روش توسعه یافته Risk-Based

جدول ۲- مقایسه دو روش سنتی و توسعه یافته RBR در مورد دو پروژه فرضی A و B

| پروژه | فاکتورهای ریسک | هزینه دوره عمر (LCC) | هزینه اولیه ساخت (Cc) | هزینه نگهداری (Mc) | درصد تأثیر در هزینه ساخت | درصد تأثیر در هزینه نگهداری | افزایش هزینه (RC)   | معیار اولویت بندی $(RC+LCC)/Cc$ | اولویت‌دهی |
|-------|----------------|----------------------|-----------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------------------|------------|
| A     | ۱              | $0.8 \times 10^9$    | $3 \times 10^8$       | $5 \times 10^8$    | -                        | ۱۰٪                         | -                   | -                               | -          |
|       | ۲              |                      |                       |                    | -                        |                             |                     |                                 |            |
|       | ۳              |                      |                       |                    | ۱۰٪                      |                             |                     |                                 |            |
|       | ۴              |                      |                       |                    | ۵٪                       |                             |                     |                                 |            |
| جمع   |                |                      |                       |                    | ۱۵٪                      | ۱۲٪                         | $1/0.5 \times 10^8$ | ۳/۰۲                            | ۲          |
| B     | ۲              | $1/1 \times 10^9$    | $6 \times 10^8$       | $5 \times 10^8$    | -                        | ۲٪                          | -                   | -                               | -          |
|       | ۵              |                      |                       |                    | ۸٪                       |                             |                     |                                 |            |
| جمع   |                |                      |                       |                    | ۸٪                       | ۲٪                          | $5/8 \times 10^7$   | ۱/۹۳                            | ۱          |



با استفاده از روش توسعه یافته پس از محاسبه و مقایسه معیار اولویت بندی که متأثر از دو فاکتور  $R_c$  و  $LCC$  می باشد، گزینه B به عنوان گزینه برتر شناخته می شود. همان طور که مشاهده شد، هزینه ساخت و نگهداری پایین تر الزاماً دلیل بر اقتصادی تر بودن پروژه نمی باشد. چنانچه ممکن است همین هزینه ساخت و نگهداری پایین تر ریسک های بالاتری را به پروژه تحمیل کرده و هزینه کل پروژه در انتهای دوره خدمت دهی آن با احتساب کلیه هزینه ها بالاتر از هزینه دوره عمر یعنی  $LCC$  باشد.

### ابزار تحقیق

در تحقیق حاضر، داده ها به دو روش پرسشنامه (Questionair) و مصاحبه (Interview) جمع آوری گردید. در طراحی پرسشنامه جهت محدود نکردن پاسخگو در جواب دادن به پرسشها از سوالات باز استفاده گردید. به این ترتیب که پاسخ دهنده در انتخاب میزان تأثیر هر فاکتور ریسک در هزینه های ساخت و نگهداری، مجاز بود عددی نامحدود انتخاب کند و این موضوع برای پاسخگو نسبت به واژه های کیفی کم، متوسط و زیاد ملموس تر است. از سوی دیگر حساسیت مدل به اعداد بالاتر و واقعی تر خواهد بود.

نحوه طراحی پرسشنامه به این صورت بود که در ابتدای لیست تعدادی ریسک بر اساس مطالعات انجام شده بیان شدند و در ادامه از پاسخ دهنده خواسته شد چنانچه خود ریسک های دیگری را طی پروژه های مختلف تجربه کرده است به لیست اضافه نماید. در این پرسشنامه ها، میزان تأثیر هر ریسک به صورت درصدی از هزینه های ساخت و نگهداری خواسته شد. پرسشنامه مطروحه در طی روند ارسال و دریافت به کارفرمایان، مشاورین و پیمانکاران مورد تجدید و بازبینی قرار گرفت. به این ترتیب لیست طی ارسالی ها و دریافت های پایایی تکمیل تر شد. در انتها از ۶۰ پرسشنامه توزیع شده مجموعاً ۴۷ پرسشنامه جمع آوری شد. ۶۸٪ مصاحبه شونده ها دارای سوابق کاری بالای ۱۰ سال در زمینه پروژه های راهسازی بودند. ریسک های شناسایی شده و نتایج نظرسنجی در جدول (۳) ذکر شده است. پرسشنامه ارسالی به متخصصین در شکل شماره ۱ نشان داده شده است.

| نام ریسک  | درصد تأثیر در هزینه تعمیرات و نگهداری | درصد تأثیر در هزینه ساخت | تزییات وجود و یا عدم وجود چنین ریسکی |                            |                                |  |  |
|---|---------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|----------------------------|--------------------------------|--|--|
|   |                                       |                          |                                      | خطا در تعیین گریز دور مسیر | خطا در مشخصات فنی و هندسی مسیر |  |  |
| استیاد در برآورد ترافیک   | دست بالا                              |                          |                                      |                            |                                |  |  |
|   | دست پایین                             |                          |                                      |                            |                                |  |  |
| عبور وسایل نقلیه غیر مجاز   |                                       |                          |                                      |                            |                                |  |  |
| تغییر در طراحی حین اجرا   |                                       |                          |                                      |                            |                                |  |  |
| تناسبات نامرست مشخصات ساختگاه   |                                       |                          |                                      |                            |                                |  |  |
| حوادث غیر مترقبه (فورس مازورها)   |                                       |                          |                                      |                            |                                |  |  |
| مالکیت زمین (رفع منارض)   |                                       |                          |                                      |                            |                                |  |  |
| ریسک کاربرد تکنولوژی جدید   |                                       |                          |                                      |                            |                                |  |  |
| ریسک عدم تبارکات مناسب  |                                       |                          |                                      |                            |                                |  |  |
| تقاعی تجهیزات بهره برناری   |                                       |                          |                                      |                            |                                |  |  |
| ریسک تأمین منابع مالی   |                                       |                          |                                      |                            |                                |  |  |
| ریسک تهیه و تأمین مصالح پروژه   |                                       |                          |                                      |                            |                                |  |  |
| <p>تداوم رشد اقتصادی یک کشور در حال توسعه، نیازمند ایجاد و توسعه تأسیسات زیر بنایی کشور از جمله نیروگاهها، مخازرات، حمل و نقل و... می باشد. کشور ایران نیز از این قاعده مستثنی نیست، با توجه به این واقعیت، در چهار به توسعه اقتصادی کشور، سرمایه گذاری کلانی بر روی تأسیسات زیر بنایی اعم از انرژی، حمل و نقل، آب و کشاورزی، مس و شهر سازی انجام گرفته است. در این میان زیرساخت های حمل و نقلی سهم بالایی از این بودجه را به خود اخته داده است. با توجه به مبالغ بالایی که هر ساله در این بخش صرف می گردد، بهینه سازی هزینه های صرف شده در بخش می تواند موجبات رشد بودجه و ترقی در سایر زیرساخت ها را به همراه داشته باشد. از سوی دیگر در نتیجه بودجه محدود، تعداد محدودی از پروژه ها قابل اجرا می باشند و این مسئله اجرای پروژه های با اولویت بالا را ضروری سازد. در روش های موجود اولویت بندی پروژه های راهسازی، مقایسه عدم قطعیت و ریسک دیده نمی شود، لذا سهم توسعه روش ها بر اساس دو رویکرد هزینه دوره عمر و مدیریت ریسک شده است.</p> <p>هدف از این تحقیق، ایجاد مدلی است که ورودی آن ریسک های گزینه های احتمالی یک پروژه راهسازی و یا های متفاوت و خروجی آن رتبه بندی پروژه های مربوطه بر اساس هزینه کل، می باشد. این هزینه مجموع هزینه دوره پروژه و هزینه ریسک است. لازم است روش شناسایی ریسک های پروژه های راهسازی و کمی کردن آنها است. در پرسشنامه قصد بر شناسایی ریسک های پروژه بر اساس نظر متخصصین ایرانی است. امید است تکمیل این پرسشنامه زیادی از جنابعالی نگیرد، پیشاپیش از همکاری و کمک شما در این زمینه کمال تشکر را داریم.</p> <p>۱- میزان تجربه های شما در زمینه پروژه های راهسازی چند سال بوده است؟</p> <p>۲- عنوانی که بیشترین سابقه کاری را در آن داشته اید؟</p> <p>کارفرما مشاور فنی پیمانکار محقق</p> <p>۳- در جدول صقحه بعد تعدادی از ریسک های یک پروژه راهسازی بر اساس بررسی تجربیات پروژه های یافته، فهرست شده اند. لازم است در مورد هر ریسک میزان تأثیر در هزینه پروژه به تکنیک هزینه ساخت و هزینه تعمیر نگهداری و... مشخص شود. چنانچه شما خود، ریسکهای دیگری را در پروژه های راهسازی تجربه کرده اید، به لیست ا نموده و میزان تأثیر آنها را در هزینه های پروژه مرقوم نمایید.</p> |                                       |                          |                                      |                            |                                |  |  |
|   |                                       |                          |                                      | کلیه اطلاعات در خصوص       |                                |  |  |
|   |                                       |                          |                                      |                            |                                |  |  |

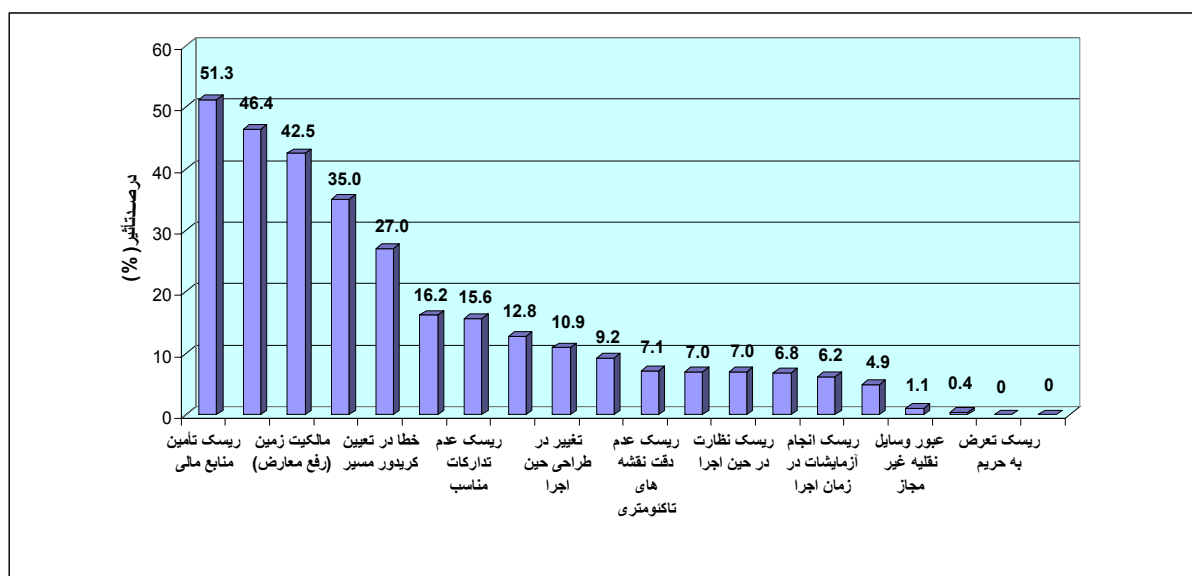
شکل ۱- پرسشنامه ارسالی به متخصصین



جدول ۳- نتایج نظرسنجی از خبرگان در مورد فاکتورهای ریسک شناسایی شده و وزن آنها در پروژه های راهسازی

| ردیف | فاکتور ریسک                        | درصد تأثیر در هزینه ساخت | درصد تأثیر در هزینه نگهداری |
|------|------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| ۱    | خطا در تعیین کریدور مسیر           | ۲۷/۰                     | ۳۳/۴                        |
| ۲    | خطا در مشخصات فنی و هندسی مسیر     | ۱۶/۲                     | ۱۴/۰                        |
| ۳    | تغییر در طراحی حین اجرا            | ۱۰/۹                     | ۰/۹                         |
| ۴    | شناسایی نادرست مشخصات ساختگاه      | ۳۵/۰                     | ۱۸/۸                        |
| ۵    | اشتباه در برآورد ترافیک (دست بالا) | ۱۲/۸                     | ۱/۴                         |
| ۶    | اشتباه در برآورد ترافیک(دست پایین) | ۴/۹                      | ۲۱/۲                        |
| ۷    | عبور وسایل نقلیه غیر مجاز          | ۱/۱                      | ۱۲/۲                        |
| ۸    | مالکیت زمین (رفع معارض)            | ۴۲/۵                     | ۰                           |
| ۹    | ریسک کاربرد تکنولوژی جدید          | ۷/۰                      | ۶/۰                         |
| ۱۰   | ریسک عدم تدارکات مناسب             | ۱۵/۶                     | ۱۰/۱                        |
| ۱۱   | ریسک تأمین منابع مالی              | ۵۱/۳                     | ۱۳/۵                        |
| ۱۲   | ریسک تهیه و تأمین مصالح پروژه      | ۴۶/۴                     | ۱۴/۲                        |
| ۱۳   | ریسک نقایص تجهیزات بهره برداری     | ۰/۴                      | ۲۱/۰                        |
| ۱۴   | حوادث غیر مترقبه( فورس ماژورها)    | ۶/۸                      | ۴/۲                         |
| ۱۵   | ریسک نظارت در حین اجرا             | ۷                        | ۰                           |
| ۱۶   | ریسک عدم دقت نقشه های اجرایی       | ۹/۲                      | ۰                           |
| ۱۷   | ریسک انجام آزمایشات در زمان اجرا   | ۶/۲                      | ۰                           |
| ۱۸   | ریسک تعرض به حریم                  | ۰                        | ۵/۰                         |
| ۱۹   | ریسک عدم دقت نقشه های تاکنومتری    | ۷/۱                      | ۰                           |
| ۲۰   | ریسک مدیریت و شیوه نگهداری         | ۰                        | ۱۵/۹                        |

ریسک های شناسایی شده به ترتیب اثر و اهمیت در هزینه های ساخت اولویت بندی شد. نتایج در نمودار شماره (۲) نشان داده شده اند. به همین ترتیب می توان فاکتورهای ریسک را به ترتیب اثر در هزینه نگهداری طبقه بندی کرد و نموداری مشابه شکل ۲ در مورد هزینه نگهداری داشت.



شکل ۲- در صد تأثیر ریسک های شناسایی شده در هزینه ساخت پروژه های راه سازی



## نتیجه گیری

مدل ارائه شده در نهایت با استفاده از فرمول (۹) به رتبه بندی پروژه ها از بین پروژه های ارایه شده می پردازد. با توجه به تأثیر ریسک های شناسایی شده در هزینه های پروژه و با در نظر گرفتن اهمیت مطالعات مراحل اولیه و دادن بهای لازم برای مرحله مقدماتی و طراحی می توان تا حد زیادی از احتمال وقوع ریسک های بالا کاست و هزینه های پروژه را تا حد بالایی کاهش داد. بالاترین درصد تأثیر در هزینه ریسک (RC) فاکتورهای ریسک در مرحله ساخت، مربوط به ریسک های تأمین منابع مالی، تهیه و تأمین مصالح پروژه و مالکیت زمین و در مورد ریسک های نگهداری ریسک های خطا در تعیین کریدور مسیر، اشتباه در برآورد ترافیک و نقایص تجهیزات بهره برداری بالاترین تأثیر را دارند. در مصاحبه ها و پرسشهای به عمل آمده، نظرات متخصصین و کارشناسان این زمینه از پراکندگی زیادی برخوردار است. این حاکی از تجربه های متفاوتی است که آنها در زمینه پروژه های مختلف داشته اند. ولیکن نبودن بانک ریسک و عدم ثبت تجربیات مربوط به پروژه ها باعث از بین رفتن این تجربیات به عنوان منبع قابل توجهی از اطلاعات می گردد. لذا تهیه بانک های ریسک و ثبت اسناد پروژه های احداث شده در بخش راه و ترابری کمک شایانی در انجام پروژه های آتی خواهد کرد. توجه به نتایج اولویت بندی ریسک های شناسایی شده به ترتیب اثر و اهمیت در هزینه های ساخت و تعمیر و نگهداری (نمودارهای (۲))، می تواند الگویی جهت مدیریت ریسک های مزبور ارائه دهد. به گونه ای که با تصمیم گیری درست در مورد ریسک های متفاوت و ارائه مدل بهینه در مورد پرداختن به ریسک ها بیشترین نتیجه را از فعالیت های مربوط به مدیریت ریسک گرفت. در توسعه مدل ارائه شده از ابزار پرسشنامه و نظر خبرگان استفاده شد. می توان با استفاده از بانک های اطلاعاتی - در صورت دسترسی - و سوابق پروژه ها مدل را واقعی تر کرد. در تهیه مدل مزبور تنها اثرات ریسک های پروژه در هزینه های تعمیرات و نگهداری و ساخت بررسی شد. و به دلیل نبودن بانک های اطلاعاتی اثرات ریسک ها بر استفاده کننده گان و هزینه های مربوط به آنها بررسی نشد. می توان با رفع این محدودیت مدل نتایج بهتری گرفت.

## منابع

۱. قانون بودجه ۸۶ انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، سال ۱۳۸۶
۲. Ossama Salem; Simaan AbouRizk; and Samuel Ariaratnam (2003) Risk-based Life-cycle Costing of Infrastructure Rehabilitation and Construction Alternatives. *JOURNAL OF INFRASTRUCTURE SYSTEMS*, ASCE / MARCH 2003.
۳. Seiglande k.fuller and Stephen R.Peterson, NIST Handbook 135: Life Cycle Costing Manual for the Federal Energy Management Program. Washington: U.S. Government Printing Office, 1996, The National Institute of Standards and Technology (NIST) Handbook 135, 1995 edition
۴. Saidur Rahman, Ph.D and Dana J. Vanier, Ph.D Life Cycle Cost Analysis as a Decision Support Tool for Managing Municipal Infrastructure. May 2-9, 2004, pp. 1-12.
۵. ASTM 1994. ASTM E917 Standard Practice for Measuring Life-Cycle Costs of Buildings and Building Systems. Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials.
۶. Rakhara, A.S. 1980. CBD-212. Buildings and Life-Cycle Costing. National Research Council Canada, Ottawa, ON, 4p.
۷. Chapman, C.B., Risk, in Investment, Procurement and Performance in Construction. E. & F.N. Spon (Chapman & Hall), London, 1991.
۸. Raftery, J. Risk Analysis in Project Management. E & FN Spon (Chapman & Hall) , London, 1994.
۹. PMBOK GUIDE, A Guide to the Project Management Body of Knowledge. Project management Institute, Four campus Boulevard Square, PA19073-3299 USA, 2004.
۱۰. Hamilton, A. Managing Projects For Success. Thomas Telford, London, 2001.
۱۱. پیش نویس کتاب راهنمای مطالعات ریسک در پروژه های عمرانی، خرداد ۱۳۸۴
۱۲. PMI, Project Management Handbook, 1998
۱۳. Wideman, Max, Project and Program Risk Management, PMI, 1993