نشـــریه بین المللـــی مهنـــدسی صنـــایع و مدیـــریت تولیـــد

شمـــاره ۱، جلـــد ۲۲، بهـــار ۱۳۹۰
صفحـــه ۲۸-۳۸

نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید دانشگاه علم و صنعت ایران

ISSN: 2008-4870

http://IJIEPM.iust.ac.ir/

ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک در پروژه‌های تونل‌سازی با استفاده از روش تخصیص خطی

احمدرضا صیادی*، محمد حیاتی و عادل آذر

کلمات کلیدی

تونل‌سازی، ارزیابی ریسک،
ساختار شکست ریسک،
رتبه‌بندی، تخصیص خطی

چکیده:

رتبه‌بندی ریسک‌های یک پروژه به‌ویژه زمانی که تعداد عوامل ریسک‌زا افزایش می‌یابد به عنوان بخشی مهم از فرایند پیچیده مدیریت ریسک محسوب می‌شود. در این تحقیق نخست ساختار جامعی از ریسک‌های اصلی پروژه‌های تونل‌سازی در قالب ۱۷ دسته اصلی و ۱۹۶ زیر سطح تهیه شده و سپس این ریسک‌ها در عملیات تونل‌سازی سد سیمره در جنوب غرب ایران رتبه‌بندی شده است. بدین منظور از روش تصمیم‌گیری گروهی و میانگین وزین جهت جمع‌آوری و تجمیع نظر خبرگان و از روش تخصیص خطی به‌عنوان یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه جهت تعیین رتبه ریسک‌ها استفاده شده است. شاخص‌های رتبه‌بندی در دو دسته اولیه و ثانویه تقسیم شده‌اند. شاخص اولیه بر مبنای احتمال و میزان اثرگذاری ریسک‌ها بر اهداف اصلی پروژه (زمان، هزینه، کیفیت و عملکرد) با وزن‌های متفاوت تعیین شده است. دسته دوم شاخص‌ها شامل اثرات اجتماعی- اقتصادی، اثرات زیست محیطی، نزدیکی زمان وقوع ریسک، میزان مواجهه با ریسک، عدم اطمینان تخمین و میزان مدیریت‌پذیری ریسک است. با کمک روش تخصیص خطی ریسک‌ها با توجه به شاخص‌های گوناگون بهتر ارزیابی می‌گردند و در نتیجه واقع بینانه‌تر رتبه‌دهی می‌شوند. بر اساس نتایج بدست آمده، عوامل اقتصادی و شرایط حقوقی به ترتیب بیشترین و کمترین رتبه ریسک را به خود اختصاص می‌دهند.

۱. مقدمه

پروژه‌های تونل‌سازی به‌دلیل عدم قطعیت‌های مرتبط با آن‌ها همواره با درصد بالایی از ریسک همراه می‌باشند. مدیریت درست و به موقع این ریسک‌ها موجب حداقل‌کردن احتمال وقوع یا اثر پیامدهای منفی بر اهداف پروژه می‌گردد. در یک پیمایش جهانی در خصوص پروژه‌های تونل‌سازی، افزایش ۳۰ تا ۵۰ درصدی در زمان و هزینه‌ها به علت مدیریت ناقص و اشتباه گزارش شده است [۱]. بر اساس پیمایشی دیگر (در بین شرکت‌های انگلیسی در سال ۱۹۹۴) ، ۴۰ درصد پروژه‌ها از نظر بودجه و یا زمان از مقدار تعیین شده تجاوزکرده‌اند و در بیش از ۶۰ درصد آن‌ها نیز مدیریت ریسک سازمان ضعیف ارزیابی شده است [۲].

ارزیابی ریسک یکی از ارکان مدیریت ریسک بوده و با توجه به ماهیت نامطمئن پروژه‌های تونل‌سازی و لزوم صرف بهینه منابع، دارای اهمیت زیاد است. هدف از ارزیابی ریسک، اندازه‌گیری ریسک‌ها بر اساس شاخص‌های مختلف از قبیل میزان تاثیر و احتمال وقوع می‌باشد. رتبه‌بندی ریسک‌ها، قسمت کلیدی این فرایند محسوب می‌شود. زیرا با انجام عملیات رتبه‌بندی، ارجحیت هر ریسک در مقابل سایر ریسک‌ها مشخص و در نتیجه امکان برنامه‌ریزی میزان تخصیص منابع موجود برای مقابله با هر ریسک فراهم می‌شود [۳]. در تحقیقات متعددی چگونگی ارزیابی ریسک در پروژه‌های تونل‌سازی بررسی شده است که به برخی از آن‌ها اشاره می‌گردد:

تاریخ وصول: ۸۹/۳/۱۸
تاریخ تصویب: ۸۹/۸/۵

***نویسنده مسئول مقاله: دکتر احمدرضا صیادی**، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس. Sayadi@modares.ac.ir
محمد حیاتی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس. Mohammad_hayaty@yahoo.com
دکتر عادل آذر، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس. Azar@modares.ac.ir

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-08-13]

انجمن بین المللی تونل جهت ارزیابی ریسک پروژه‌های تونل‌سازی از تعریف مرسوم ریسک یعنی حاصلضرب احتمال در اثر یک رخداد بهره جسته است [۴]. گروه مطالعاتی دیگری در زمینه پروژه‌های تونل‌سازی نیز ضمن شناسایی برخی از ریسک‌های بالقوه در پروژه‌های تونلی و زیرساختی مطالعه مشابهی را انجام داده‌اند [۵]. ایساکسون و استایل[1]، اثرات فاکتورهای مختلف ریسک ماشین‌های تونل‌زنی را روی زمان و هزینه حفر تونل بررسی کرده و یک مدل احتمالاتی جهت تخمین هزینه و زمان ارائه کرده‌اند[۶]. گروه بین-المللی بیمه تونل ضمن استفاده از روش مرسوم احتمال و اثر ریسک، پاسخ به ریسک را با تاکید بر بیمه مورد بررسی قرار داده-اند[۷]. برخی دیگر از محققین هزینه و زمان طراحی و ساخت پروژه‌های زیر زمینی و ساخت تونل را با لحاظ ریسک بصورت یک تابع احتمالاتی بیان کرده و تنها دو شاخص مرسوم احتمال و اثر ریسک را به منظور ارزیابی ریسک مطرح کرده‌اند [۸]. جاندی[2] ضمن تشریح انواع ریسک‌های بالقوه در حفریات روباز در عربستان فقط به ارزیابی کیفی ریسک پرداخته است [۹]. برد[3] چگونگی مدیریت ایمنی و کاهش ریسک تونل‌سازی را با استفاده از چندین شاخص بررسی نموده و شیوه انتخاب معیارهایی پذیرش ریسک را تحلیل نموده است [۱۰].

می‌توان ملاحظه نمود که در این تحقیقات جهت ارزیابی ریسک، عمدتاً از دو شاخص «میزان تاثیر» و «احتمال وقوع» ریسک در قالب ماتریس احتمال - اثر ریسک[4] استفاده شده است. این رویه غیر قابل اطمینان بوده و نتایج اخذ شده واقع گرایانه نیست [۱۱]. زیرا شاخص‌های متعدد دیگری نیز باید مد نظر قرار گیرد. به عنوان مثال، شاخص‌های «توانایی سازمان در واکنش به ریسک» [۱۲] و «عدم اطمینان تخمین» [۱۳] جهت ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک در سایر پروژه‌ها مطرح شده‌اند. همچنین بسارانی و آرچر[5] احتمال و میزان تاثیر بر زمان، هزینه و کیفیت پروژه را در رتبه‌بندی ریسک بکار برده‌اند [۱۴]. واترلند[6] و همکاران برای ارزیابی ریسک از سه معیار رخداد، شدت اثر و ردیابی استفاده کرده‌اند [۱۵]. هیمز[7] علاوه بر ماتریس احتمال و اثر ریسک از معیارهای قابلیت کنترل ریسک و قابلیت کشف یا میزان مواجهه با ریسک نیز در تعیین اولویت‌بندی ریسک-ها استفاده کرده است [۱۶]. در برخی از نرم‌افزارهای کنترل پروژه دو شاخص تکمیلی مدیریت‌پذیری و نزدیکی وقوع ریسک نیز در نظر گرفته شده‌اند [۱۷]. در برخی دیگر از منابع در زمینه ارزیابی ریسک زیست محیطی از شاخص‌های اثرات اجتماعی اقتصادی و اثرات زیست محیطی استفاده شده است [۱۸].

یکی از دیگر مشکلات استفاده از ماتریس احتمال - اثر ریسک این است که در آن ممکن است اهمیت ریسک‌های با احتمال کم و اثر مهم نادیده گرفته شود، چرا که طی این تکنیک، ریسک‌هایی که احتمال زیاد و اثر کم دارند با ریسک‌هایی که احتمال کم و اثر زیاد دارند معادل فرض شده و درنتیجه باعث بروز خطای سیستماتیک می‌شود [۱۹].

در شرایطی که اولویت‌بندی واحدهای تصمیم‌گیری بر اساس اهمیت نسبی آن‌ها با توجه مجموعه معیارهای متعددی مد نظر باشد، استفاده از فنون تصمیم‌گیری گروهی و چندمعیاره (نظیر روش تخصیص خطی) ابزاری مناسب جهت رتبه‌بندی و اتخاذ تصمیمات منطقی به‌شمار می‌رود [۲۰]. در این راستا از خبرگان مختلف با تجارب و نقطه نظرات علمی گوناگون بهره گرفته شده و در نتیجه از نظرات و قضاوت‌های چندین خبره به جای یک خبره استفاده و در نتیجه جزییات زیادی در فرایند تصمیم‌گیری اعمال می‌شود. در نهایت نظرات خبرگان با استفاده از روش‌های مختلفی نظیر میانگین‌گیری تجمیع می‌شوند [۲۱].

در این مطالعه نخست ساختار جامعی از ریسک‌های اصلی پروژه‌های تونل‌سازی تهیه شده و سپس این ریسک‌ها در عملیات ساخت تونل‌های سد سیمره در جنوب غرب ایران رتبه‌بندی شده‌اند. بدین منظور از روش تصمیم‌گیری گروهی جهت جمع‌آوری نظر خبرگان و از روش میانگین وزین جهت تجمیع نظرات استفاده شده است. همچنین روش تخصیص خطی به عنوان یکی از روش‌های تصمیم-گیری چند شاخصه جهت تعیین رتبه ریسک‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. شاخص‌های رتبه‌بندی در دو مرحله تعیین شده‌اند. نخست حوزه اثرگذاری ریسک بر اهداف زمان، هزینه، کیفیت و عملکرد پروژه با وزن‌های متفاوت لحاظ شده است. سپس به منظور ارزیابی و رتبه‌بندی واقع گرایانه ریسک‌ها، شاخص‌های تکمیلی اثرات اجتماعی اقتصادی، اثرات زیست محیطی، نزدیکی زمان وقوع ریسک، میزان مواجهه با ریسک، عدم اطمینان تخمین و میزان مدیریت‌پذیری ریسک نیز در نظر گرفته شده‌اند.

۲. روش تخصیص خطی

این روش یکی از مهمترین فنون تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM[8]) می‌باشد. در روش تخصیص خطی[9] (LA) گزینه‌های مفروض از یک مساله بر حسب امتیازات آن‌ها از هر شاخص رتبه‌بندی شده و سپس رتبه نهایی گزینه‌ها از طریق یک فرایند جبران خطی (به ازای تبادلات ممکن در بین شاخص‌ها) مشخص خواهد شد. در روش تخصیص خطی براساس خاصیت سیمپلکس فضای جواب، ضمن در نظر گرفتن تمامی ترتیبات به طور ضمنی، جواب بهینه در یک فضای محدب سیمپلکس استخراج می‌شود.

[1] *Isaksson & Stille*
[2] *Jannadi*
[3] *Beard*
[4] *Probability-impact risk rating matrix (I-P Matrix)*
[5] *Baccarini & Archer*
[6] *Waterland*
[7] *Haimes*
[8] *Multi Attribute Decision Making*
[9] *Linear Assignment*

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-08-13]

بعلاوه خاصیت جبرانی بودن شاخص‌ها از مبادله بین رتبه‌ها و گزینه‌ها بدست می‌آید، اگر چه بردار وزن شاخص‌ها براساس نظر خبرگان بدست آمده باشد. مراحل بکارگیری این تکنیک به شرح زیر است [۲۲]:

گام اول: تعیین رتبه هر ریسک به ازاء هر یک از شاخص‌های موجود به صورت یک ماتریس (m×m) که سطر آن بیانگر رتبه و ستون آن بیانگر شاخص است.

گام دوم: تشکیل ماتریس تخصیص یا ماتریس گاما (γ) که یک ماتریس مربعی (m×m) بوده که سطر آن ریسک i و ستون آن رتبه k می‌باشد. مولفه‌های ماتریس γ (γ_{ik}) عبارت است از مجموع وزن شاخص‌هایی که ریسک iام در آن‌ها دارای رتبه k ام می‌باشد. ماتریس گاما یک ماتریس تخصیص است که می‌توان با هر یک از روش‌های تخصیص (حمل و نقل، روش مجارستانی، روش شبکه و روش برنامه‌ریزی خطی صفر ویک) جواب بهینه را بدست آورد. متداول‌ترین روش حل در تخصیص خطی روش برنامه‌ریزی خطی است [۲۲].

گام سوم: محاسبه جواب بهینه (رتبه نهایی) با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی به کمک مدل زیر:

$$Max\ Z = \sum_{i=1}^{m}\sum_{k=1}^{m}\gamma_{ik}h_{ik} \qquad (۱)$$

$$\sum_{k=1}^{m}h_{ik}=1 \qquad ,i=1,2,.....,17 \qquad (۲)$$

$$\sum_{i=1}^{m}h_{ik}=1 \qquad ,k=1,2,.....,17 \qquad (۳)$$

$$h_{ik}=0\ or\ 1$$

از جمله ویژگی‌های بارز این تکنیک می‌توان به موارد زیر اشاره نمود[۲۳]: ۱) روش فوق با استفاده از یک رتبه‌بندی ساده برای گزینه‌ها موجب تبادل در بین شاخص‌ها می‌گردد و محاسبات پیچیده ندارد. ۲) این روش نیازی به یکسان‌سازی مقیاس‌های اندازه‌گیری نداشته و شاخص‌ها می‌توانند از هر مقیاس باشند.

۳. ساختار شکست ریسک

ساختار شکست ریسک[1] (RBS) یک ساختار سلسله مراتبی از ریسک‌های پروژه است و می‌تواند برای ساختاردهی و هدایت فرایند مدیریت ریسک به کار گرفته شود[۲۴]. با توجه به تنوع و تعداد زیاد ریسک‌هایی که پروژه‌های تونل‌سازی را تحت تأثیر قرار می‌دهند عملاً بدون یک روند سیستماتیک و صحیح جهت شناسایی و مدیریت آن‌ها، هر گونه اقدامی برای درک و مقابله با ریسک‌ها با مشکل مواجه می‌شود. استفاده از روش RBS می‌تواند به انجام این مهم کمک رساند زیرا ابزار موثری جهت شناسایی هدفدار و طبقه‌بندی‌شده ریسک ارایه می‌دهد. مطالعات متعددی در خصوص شناسایی و طبقه‌بندی برخی از عوامل ریسک در پروژه‌های تونل‌سازی انجام شده است. از این جمله می‌توان موارد زیر را ذکر نمود. دودک[2] ریسک پروژه‌های فضاهای زیرزمینی را در سه دسته سازه‌ای، قراردادی و عملکردی تقسیم می‌کند. این تقسیم‌بندی تا حدود زیادی بر اساس زمان و دوره عمر یک سازه زیرزمینی می‌باشد. ریسک‌های عملکردی به زمان بهره‌برداری از یک سازه زیرزمینی مربوط بوده و شکست‌هایی که به هدف ساخت سازه زیرزمینی وابسته است را در بر می‌گیرد [۲۵]. یوگارانپان[3] ریسک‌ها را به چهار نوع: طبیعی (سیل، زلزله و...)، خارجی (اقتصادی، سیاسی و...)، داخلی (استراتژیک، طرح ریزی، ضعیف و...) و نیروی انسانی (تصادفات منجر به آسیب و ...) تقسیم نموده است [۲۶].

برخی از محققین انواع ریسک‌های مرتبط با طرح‌های تونل‌سازی را در چهار دسته کلی تقسیم می‌کند: ۱- ریسک آسیب (پرسنل، تجهیزات)، ۲- ریسک عدم دستیابی به استانداردها و معیارها، ۳- ریسک‌های تأخیر، ۴- ریسک‌های افزایش هزینه‌ها [۴]. وگنر[4] در تقسیم‌بندی خود چهار نوع ریسک را برای پروژه‌های تونل‌سازی شناسایی می‌کند که عبارتند از: ۱- ریسک‌های ساخت و طراحی ۲- ریسک‌های درآمد و تقاضا ۳- ریسک‌های عملیات و نگهداری ۴- دیگر ریسک‌ها (مانند: تغییرات در قانون، مالیات و...) [۲]. مطالعات دیگری را نیز می‌توان ذکر نمود که به برخی از عوامل ریسک در سایر پروژه‌ها پرداخته‌اند [۲۷-۲۸۸]. در یک جمع‌بندی کلی، این تحقیقات عمدتاً به صورت بخشی و در قالب مطالعات موردی انجام شده و یک ساختار جامع شکست ریسک را ارائه نمی‌کنند.

۴. روش تحقیق

در این تحقیق ابتدا یک ساختار جامع شکست ریسک برای پروژه‌های تونل‌سازی تهیه شده است. در ادامه، ریسک‌های عملیات تونل‌سازی سد و نیروگاه سیمره در قالب چهار مرحله زیر ارزیابی و رتبه‌بندی شده است.

مرحله اول: در این مرحله با توجه به ساختار شکست ریسک، نخست یک پرسشنامه جامع طراحی شده سپس نظرات خبرگان با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری گروهی در قالب چندین گروه از خبرگان جمع آوری گردید.

مرحله دوم: ابتدا یک شاخص اولیه ریسک[5] (PIR) بر مبنای معیارهای احتمال وقوع ریسک و میزان اثرگذاری ریسک بر اهداف پروژه تونل‌سازی تعریف شده است. این اهداف شامل زمان، هزینه، کیفیت و عملکرد پروژه می‌باشند (رابطه ۴).

[1] *Risk Breakdown Structure*

[2] *Duddeck*
[3] *Yogaranpan*
[4] *Wagner*
[5] *Primary Index Risk*

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-08-13]

$$PIR = \sum [W_1 (P \times I_1) + W_2 (P \times I_2) + W_3 (P \times I_3) + W4 (P \times I4)] \quad (۴)$$

PIR = شاخص اولیه ریسک به ازای هر ریسک در هر گروه

P = احتمال وقوع ریسک

I_1 الی I_4 میزان اثر گذاری ریسک به ترتیب بر زمان، هزینه، کیفیت و عملکرد پروژه و W_1 الی W_4 وزن اهمیت معیار اثر ریسک به ترتیب بر زمان، هزینه، کیفیت و عملکرد پروژه بوده به طوری‌که مجموع این اوزان برابر یک است. این شاخص بر اساس نظرات هر یک از شش گروه خبرگان به طور جداگانه محاسبه می‌شود و نهایتاً شاخص‌های PIR_1 الی PIR_6 به ازای هر کدام از ریسک‌های ۱۷ گانه بدست می‌آید. در ادامه این شاخص‌ها با استفاده از روش میانگین وزین تجمیع شده و شاخص اولیه تجمیعی ریسک[1] (APIR) به ازای هر کدام از ریسک‌ها بر اساس رابطه ۵ بدست می‌آید.

$$APIR = \frac{\sum_{j=1}^{6} (n_j \times PIR_j)}{N} \quad (۵)$$

APIR = شاخص اولیه تجمیعی هر ریسک

PIR_j = شاخص اولیه ریسک به ازای هر ریسک در گروه j

n_j = تعداد افراد خبره در گروه j j = ۱، ۲، ۳و...و۶

N = تعداد کل افراد خبره که در این تحقیق ۳۰ نفر می‌باشند.

در این مرحله با استفاده از این شاخص امکان یک رتبه‌بندی مقدماتی ریسک‌ها فراهم می‌شود. مشاهده می‌شود که تعریف ساده و مرسوم ریسک (یعنی احتمال × اثر گذاری ریسک) در قالب شاخص PIR و در نتیجه در شاخص APIR لحاظ شده است ولی حوزه اثرگذاری به چهار معیار "زمان، هزینه، کیفیت و عملکرد" با وزن‌های متفاوت گسترش داده شده است. *مرحله سوم:* همانطور که در قسمت مقدمه ذکر شد، شاخص‌های مرسوم احتمال وقوع و میزان تاثیر نتیجه جامع و قابل اعتماد و معتبری بدست نمی‌دهد لذا در این تحقیق ۶ شاخص ثانویه (تکمیلی) برای جبران کمبود مذکور پیشنهاد شده است. در این مرحله نظرات خبرگی شاخص‌های تکمیلی به ازای هر یک از ریسک‌های ۱۷ گانه را بررسی کرده و با استفاده از روش میانگین وزین، میزان تجمیعی هر شاخص) محاسبه شده است. در این راستا میزان تجمیعی شاخص اثرات اجتماعی اقتصادی[2] ($ASIR_1$) طبق رابطه ۶ بدست می‌آید.

$$ASIR_1 = \frac{\sum_{j=1}^{6} (n_j \times SIR_j)}{N} \quad (۶)$$

$ASIR_1$ = میزان تجمیعی شاخص اثرات اجتماعی اقتصادی به ازای هر ریسک

SIR_j = میزان شاخص اثرات اجتماعی اقتصادی به ازای هرریسک در گروه j

n_j = تعداد افراد خبره در گروه j = ۱، ۲، ۳و...و۶

j

N = تعداد کل افراد خبره که در این تحقیق ۳۰ نفر می‌باشند.

شاخص تجمیعی سایر معیارها نیز به طور مشابهی محاسبه می‌شود و نهایتاً شاخص‌های $ASIR_1$ الی $ASIR_6$ بدست می‌آید:

$ASIR_1$= میزان تجمیعی شاخص اثرات اجتماعی اقتصادی به ازای هر یک از ریسک‌ها

$ASIR_2$ = میزان تجمیعی شاخص اثرات زیست محیطی به ازای هر یک از ریسک‌ها

$ASIR_3$ = میزان تجمیعی شاخص نزدیکی زمان وقوع به ازای هر یک از ریسک‌ها

$ASIR_4$ = میزان تجمیعی شاخص مواجهه با ریسک به ازای هر یک از ریسک‌ها

$ASIR_5$ = میزان تجمیعی شاخص عدم اطمینان تخمین به ازای هر یک از ریسک‌ها

$ASIR_6$ = میزان تجمیعی شاخص مدیریت‌پذیری به ازای هر یک از ریسک‌ها

مرحله چهارم: در این مرحله رتبه‌بندی نهایی ریسک‌ها با استفاده از ۷ شاخص شامل شاخص APIR و شاخص‌های $ASIR_1$ الی $ASIR_6$ بر مبنای روش تخصیص خطی انجام می‌گردد.

۵. شناسایی و طبقه‌بندی ریسک‌ها

مجموعه ریسک‌های پروژه‌های تونل‌سازی در دو دسته کلی ریسک‌های داخلی و خارجی و در قالب هفده سطح و ۱۹۶ زیرسطح بر اساس روش RBS به شرح زیر دسته‌بندی شده‌اند (شکل ۱).

در تنظیم این ساختار از اصول ساختار شکست کار (WBS[3]) پیروی و یک ساختار جامع سلسله مراتبی از ریسک‌های پروژه‌های تونل-سازی ارائه شده است. ریسک‌ها به شکلی تجزیه شده‌اندکه از یک طرف جامعیت لازم را داشته باشند و از طرف دیگر فصل مشترک بین آن‌ها به حداقل برسد. قابل ذکر است که تعداد سطوح اصلی و فرعی قابل افزایش بوده ولی احتمالا باعث افزایش پیچیدگی و مشکلات جمع‌آوری نظر خبرگان می‌شود.

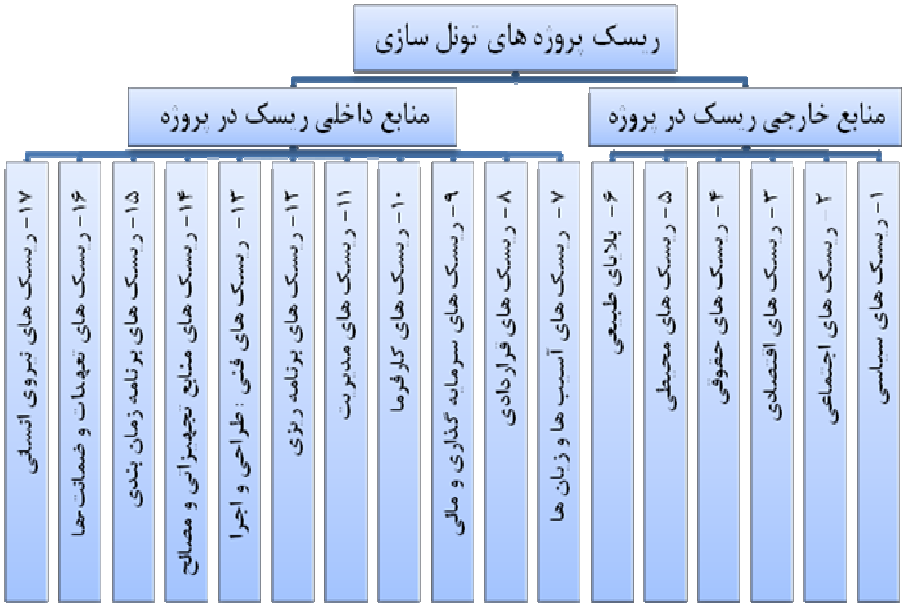
به عنوان نمونه RBS ریسک‌های اجرا از دسته ریسک‌های فنی در جدول (۱) آورده شده است. گرچه این ریسک‌ها در سیستم سه عاملی به دو طرف پیمانکار و مشاور با خصوصیات متفاوت برمی‌گردد، اما در اینجا هر دو در یک مجموعه به عنوان ریسک‌های فنی در نظر گرفته شده‌اند.

[1] *Aggregate Primary Index Risk*

[2] *Aggregate Secondary Index Risk*

[3] *Work Breakdown Structure*

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-08-13]



شکل ۱. ساختار شکست ریسک پروژه‌های تونل‌سازی (۱۷ ریسک اصلی)

جدول ۱. اجزای ریسک‌های طراحی و اجرا

پیچیدگی پروژه از لحاظ اجرا	ارتباط سازنده با بهره‌بردار نهایی
صلاحیت پیمانکار (تجربه، ظرفیت و توانایی)	نوع و اندازه پروژه
عدم دقت در اجرا	تکراری بودن یا نبودن پروژه (جدید بودن پروژه)
سطحی نگری	وقفه‌های کاری
دوباره کاری	غیر اجرایی بودن طرح
کافی نبودن مدارک و نقشه‌ها	تاخیر در ارایه اطلاعات
ارتباطات در تیم (ابنیه، تاسیسات و برق)	عدم تحقق اهداف پروژه
مشخصات فنی ضعیف	عدم حصول عملکرد پیش بینی شده
مشکلات تکنولوژیک	کیفیت ضعیف
رعایت مشخصات فنی و استانداردها	مشکلات راه‌اندازی
سیستم اجرای نامناسب	نتایج غیر قابل قبول برای بهره‌بردار
عدم تامین به موقع کالا و مصالح	مسایل راهبردی (قابلیت نگهداری، بهره‌برداری و آموزشی)
عدم دسترسی به تجهیزات اجرایی	نیروی انسانی ماهر و متخصص

۶. مطالعه موردی

سد سیمره در۶۰ کیلومتری جنوب‌شرقی شهرستان ایلام در زون زاگرس چین‌خورده و در بخش جنوب‌غربی آن واقع شده است. سنگ بستر از نوع سنگ‌های آهکی سازند آسماری شهبازان می‌باشد. مجموعه عملیات تونل‌سازی در این پروژه شامل ۲ تونل انحراف (مجموعا ۸۷۱ متر با قطر تقریبا ۹ متر)، تونل آببر نیروگاه (۱۴۷۶ متر با قطر ۱۱ متر) و ۶ گالری تزریق در طرفین بدنه سد می‌باشد. با توجه به ساختار شکست ریسک معرفی شده، ارزیابی و رتبه‌بندی عوامل ریسک این تونل‌ها در قالب ۴ مرحله زیر انجام شده است:

۶-۱. مرحله اول

پرسشنامه تهیه شده شامل ۱۷ سطر و ۱۱ ستون است. سطور این جدول شامل ریسک‌های ۱۷ گانه اصلی (شکل ۱) و ستون‌ها شامل شاخص‌های مختلف جهت ارزیابی ریسک می‌باشد. نظرات خبرگان با بهره‌مندی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری گروهی نظیر تکنیک دلفی، روش کنفرانس و طوفان فکری (در قالب ۱ گروه کارشناسی ۸ نفره، ۲ گروه ۵ نفره و ۳ گروه ۴ نفره، جمعا ۳۰ نفر در ۶ گروه) جمع-آوری شده‌اند. نظرسنجی و امتیازدهی در خصوص میزان هریک از شاخص‌ها به ازای هرکدام از ریسک‌ها مطابق با طیف پنج گانه لیکرت[۲۹] (خیلی کم، کم،.... خیلی زیاد) انجام شده است (جدول۲). همچنین نظرسنجی در خصوص میزان تاثیر ریسک‌ها بر اهداف هزینه، زمان، کیفیت و عملکرد و احتمال وقوع مطابق با استاندارد PMBOK [۲۴] صورت گرفته است (جدول ۳).

جدول ۲. طیف امتیاز دهی به شاخص ها برای هر ریسک

میزان شاخص	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
امتیاز	۰،۱	۰،۳	۰،۵	۰،۷	۰،۹

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-08-13]

جدول ۳. میزان احتمال و اثرگذاری ریسک بر فاکتورهای پروژه براساس استاندارد PMBOK و طیف امتیازدهی لیکرت

	عملکرد					کیفیت					هزینه				زمان				احتمال				
استاندارد PMBOK	عملکرد غیر قابل استفاده	عملکرد نیاز به تایید کارفرما دارد	کاهش عملکرد کم	کاهش عملکرد نامحسوس	کیفیت غیر قابل استفاده	کیفیت غیر قابل قبول کارفرما	کیفیت نیاز به تایید کارفرما دارد	کاهش کیفیت کم	کاهش کیفیت نامحسوس	افزایش هزینه بیش از ۲۰٪ منابع پیمان	افزایش هزینه از ۱۰ تا ۲۰٪ منابع پیمان	افزایش هزینه از ۵ تا ۱۰٪ منابع پیمان	افزایش هزینه کمتر از ۵٪ منابع پیمان	افزایش هزینه ناچیز	تاخیر بیش از ۲۰٪ مدت پیمان	تاخیر از ۱۰ تا ۲۰٪ مدت پیمان	تاخیر از ۵ تا ۱۰٪ مدت پیمان	تاخیر کمتر از ۵٪ مدت پیمان	تاخیر ناچیز	بیشتر از ۷۱٪	بین ۵۱ تا ۷۰٪	بین ۲۶ تا ۵۰٪	بین ۶ تا ۲۵٪	کمتر از ۵٪
طیف لیکرت	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم
	۰،۹	۰،۷	۰،۵	۰،۳	۰،۱	۰،۹	۰،۷	۰،۵	۰،۳	۰،۱	۰،۹	۰،۷	۰،۵	۰،۳	۰،۱	۰،۹	۰،۷	۰،۵	۰،۳	۰،۱	۰،۹	۰،۷	۰،۵	۰،۳	۰،۱

۶-۲. مرحله دوم

در این مرحله نخست نظرات خبرگی بدست آمده در خصوص معیارهای احتمال وقوع، میزان تاثیر بر زمان پروژه، میزان تاثیر بر هزینه پروژه، میزان تاثیر بر کیفیت پروژه، میزان تاثیر بر عملکرد پروژه، بررسی شده است.

به عنوان نمونه، نظرات خبرگی بدست آمده مربوط به گروه اول در جدول (۴) نشان داده شده است. در ادامه حاصلضرب احتمال در هر کدام از اثرات چهار گانه (P×I) برای هر ۶ گروه، را محاسبه کرده و به عنوان نمونه نتایج مربوط به گروه اول در جدول (۵) نشان داده شده است.

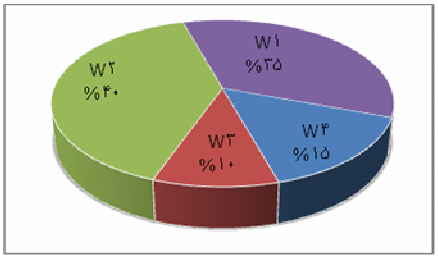
جدول ۴. نظرات خبرگی گروه اول بر اساس تصمیم‌گیری گروهی

گروه اول تعداد خبره ۸ نفر	(P)	(I_1)	(I_2)	(I_3)	(I_4)
ریسک ۱	۰،۳	۰،۹	۰،۹	۰،۱	۰،۵
ریسک ۲	۰،۹	۰،۹	۰،۹	۰،۱	۰،۵
ریسک ۳	۰،۹	۰،۹	۰،۹	۰،۳	۰،۵
ریسک ۴	۰،۳	۰،۱	۰،۱	۰،۱	۰،۱
ریسک ۵	۰،۹	۰،۵	۰،۷	۰،۱	۰،۵
ریسک ۶	۰،۷	۰،۳	۰،۳	۰،۱	۰،۵
ریسک ۷	۰،۹	۰،۱	۰،۱	۰،۱	۰،۱
ریسک ۸	۰،۵	۰،۵	۰،۹	۰،۱	۰،۵
ریسک ۹	۰،۹	۰،۹	۰،۹	۰،۱	۰،۵
ریسک ۱۰	۰،۹	۰،۹	۰،۹	۰،۱	۰،۵
ریسک ۱۱	۰،۷	۰،۷	۰،۷	۰،۵	۰،۵
ریسک ۱۲	۰،۵	۰،۹	۰،۹	۰،۵	۰،۵
ریسک ۱۳	۰،۷	۰،۹	۰،۹	۰،۵	۰،۵
ریسک ۱۴	۰،۵	۰،۱	۰،۳	۰،۵	۰،۵
ریسک ۱۵	۰،۷	۰،۹	۰،۹	۰،۱	۰،۵
ریسک ۱۶	۰،۵	۰،۳	۰،۳	۰،۱	۰،۵
ریسک ۱۷	۰،۷	۰،۳	۰،۳	۰،۳	۰،۳

جدول ۵. حاصلضرب احتمال در اثرات برای گروه اول

معیار ریسک	($P \times I_1$)	($P \times I_2$)	($P \times I_3$)	($P \times I_4$)
ریسک ۱	۰،۲۷	۰،۲۷	۰،۰۳	۰،۱۵
ریسک ۲	۰،۸۱	۰،۸۱	۰،۰۹	۰،۴۵
ریسک ۳	۰،۸۱	۰،۸۱	۰،۲۷	۰،۴۵
ریسک ۴	۰،۰۳	۰،۰۳	۰،۰۳	۰،۰۳
ریسک ۵	۰،۴۵	۰،۶۳	۰،۰۹	۰،۴۵
ریسک ۶	۰،۲۱	۰،۲۱	۰،۰۷	۰،۳۵
ریسک ۷	۰،۰۹	۰،۰۹	۰،۰۹	۰،۰۹
ریسک ۸	۰،۲۵	۰،۴۵	۰،۰۵	۰،۲۵
ریسک ۹	۰،۸۱	۰،۸۱	۰،۰۹	۰،۴۵
ریسک ۱۰	۰،۸۱	۰،۸۱	۰،۰۹	۰،۴۵
ریسک ۱۱	۰،۴۹	۰،۴۹	۰،۳۵	۰،۳۵
ریسک ۱۲	۰،۴۵	۰،۴۵	۰،۲۵	۰،۲۵
ریسک ۱۳	۰،۶۳	۰،۶۳	۰،۳۵	۰،۳۵
ریسک ۱۴	۰،۰۵	۰،۱۵	۰،۲۵	۰،۲۵
ریسک ۱۵	۰،۶۳	۰،۶۳	۰،۰۷	۰،۳۵
ریسک ۱۶	۰،۱۵	۰،۱۵	۰،۰۵	۰،۲۵
ریسک ۱۷	۰،۲۱	۰،۲۱	۰،۲۱	۰،۲۱

میزان اوزان اهمیت معیارهای W_1 الی W_4 بر اساس نظر سنجی از خبرگان تعیین شده، که در شکل (۲) آورده شده است. بدین ترتیب می‌توان میزان شاخص PIR را بر اساس رابطه ۴ و شاخص APIR را بر اساس رابطه ۵ محاسبه نمود (جدول ۶). در نهایت بر اساس این شاخص مجموعه ریسک‌ها به صورت مقدماتی رتبه‌بندی شده‌اند.



شکل ۲. وزن اهمیت معیارها

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-08-13]

جدول ۶. رتبه بندی ریسک‌ها بر مبنای شاخص اولیه تجمیعی ریسک

رتبه ریسک	شاخص اولیه تجمیعی ریسک (*APIR*)	شاخص اولیه ریسک (*PIR*) در ۶ گروه خبره						شماره ریسک
		گروه ششم تعداد ۴ نفر	گروه پنجم تعداد ۴ نفر	گروه چهارم تعداد ۴ نفر	گروه سوم تعداد ۵ نفر	گروه دوم تعداد ۵ نفر	گروه اول تعداد ۸ نفر	
۱۱	۰،۲۳۸	۰،۲۱۹	۰،۲۰۴	۰،۳۹	۰،۲۰۴	۰،۲۰۷	۰،۲۲۸	۱
۳	۰،۶۴۳	۰،۵۱۱	۰،۷۰۲	۰،۶۱۲	۰،۶۲۱	۰،۶۸۴	۰،۶۸۴	۲
۱	۰،۶۶۱	۰،۷۰۲	۰،۶۳۹	۰،۷۰۲	۰،۵۳۲	۰،۶۷۵	۰،۷۰۲	۳
۱۷	۰،۰۴۲	۰،۰۵۴	۰،۰۳۶	۰،۰۶۵	۰،۰۳	۰،۰۵۱	۰،۰۳۰	۴
۶	۰،۴۷۰	۰،۴۸۶	۰،۴۸۶	۰،۳۲۲	۰،۴۵۹	۰،۵۴۹	۰،۴۸۶	۵
۱۲	۰،۲۲۰	۰،۲۱۷	۰،۱۹	۰،۲۷۳	۰،۲۳۱	۰،۱۹۶	۰،۲۱۷	۶
۱۶	۰،۰۹۲	۰،۱۵۳	۰،۰۹	۰،۰۷	۰،۰۷	۰،۰۹۰	۰،۰۹۰	۷
۱۰	۰،۳۱۲	۰،۳۱	۰،۳۸۵	۰،۲۷	۰،۳۱	۰،۲۹۵	۰،۳۱۰	۸
۴	۰،۶۲۲	۰،۶۸۴	۰،۶۵۷	۰،۵۱۱	۰،۶۲۱	۰،۵۳۲	۰،۶۸۴	۹
۲	۰،۶۵۵	۰،۷۱۱	۰،۵۳۲	۰،۶۸۴	۰،۶۱۲	۰،۶۸۴	۰،۶۸۴	۱۰
۸	۰،۴۳۰	۰،۳۶	۰،۳۸۵	۰،۴۵۵	۰،۴۵۵	۰،۴۳۴	۰،۴۵۵	۱۱
۹	۰،۴۱۷	۰،۴	۰،۴	۰،۴	۰،۴	۰،۵۰۴	۰،۴۰۰	۱۲
۵	۰،۵۶۰	۰،۵۳۹	۰،۵۱۱	۰،۷۲	۰،۴۹	۰،۵۶۰	۰،۵۶۰	۱۳
۱۵	۰،۱۲۳	۰،۱۴	۰،۰۷۸	۰،۱۲۵	۰،۱	۰،۱۴۰	۰،۱۴۰	۱۴
۷	۰،۴۵۹	۰،۴۶۲	۰،۲۹	۰،۴۹	۰،۵۳۲	۰،۳۸۰	۰،۵۳۲	۱۵
۱۴	۰،۱۲۶	۰،۱۵۵	۰،۰۶۳	۰،۱۴	۰،۰۶۹	۰،۱۵۵	۰،۱۵۵	۱۶
۱۳	۰،۲۰۱	۰،۱۰۵	۰،۲۱۰	۰،۲۷۰	۰،۱۸۹	۰،۲۱۰	۰،۲۱۰	۱۷

۶-۳. مرحله سوم

میزان شاخص‌های $ASIR_6$ الی $ASIR_1$ در جدول (۷) آورده شده است. همچنین شاخص APIR نیز در ستون آخر این جدول ذکر شده است. این جدول به عنوان ماتریس تصمیم جهت رتبه‌بندی نهایی (مرحله چهارم) مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

افزایش میزان شاخص‌های مدیریت‌پذیری ($ASIR_6$) و عدم اطمینان ($ASIR_5$) برای هر ریسک موجب کاهش رتبه ریسک می‌گردد. ولی زیاد بودن میزان سایر شاخص‌ها موجب افزایش رتبه ریسک می‌شود.

جدول ۷. ماتریس حاصل از تلفیق نظرات خبرگان

شماره ریسک	$ASIR_1$	$ASIR_2$	$ASIR_3$	$ASIR_4$	$ASIR_5$	$ASIR_6$	APIR
(R1) ریسک ۱	۰،۲۴۰	۰،۱۶۰	۰،۸۷۳	۰،۸۷۳	۰،۱۲۷	۰،۴۶۷	۰،۲۳۸
(R2) ریسک ۲	۰،۸۴۰	۰،۱۳۳	۰،۸۴۷	۰،۶۷۳	۰،۱۰۰	۰،۷۳۳	۰،۶۴۳
(R3) ریسک ۳	۰،۸۴۷	۰،۴۷۳	۰،۸۴۰	۰،۵۳۳	۰،۱۳۳	۰،۴۷۳	۰،۶۶۱
(R4) ریسک ۴	۰،۱۳۳	۰،۱۲۷	۰،۲۲۷	۰،۱۲۷	۰،۱۲۷	۰،۵۳۳	۰،۰۴۲
(R5) ریسک ۵	۰،۱۰۰	۰،۸۷۳	۰،۸۷۳	۰،۸۷۳	۰،۱۰۰	۰،۳۳۳	۰،۴۷۰
(R6) ریسک ۶	۰،۴۷۳	۰،۸۶۷	۰،۳۳۳	۰،۳۳۳	۰،۲۷۳	۰،۴۷۳	۰،۲۲۰
(R7) ریسک ۷	۰،۶۷۳	۰،۴۷۳	۰،۸۶۷	۰،۸۶۷	۰،۱۰۰	۰،۷۲۷	۰،۰۹۲
(R8) ریسک ۸	۰،۴۶۷	۰،۱۳۳	۰،۳۳۳	۰،۱۳۳	۰،۴۷۳	۰،۷۲۷	۰،۳۱۲
(R9) ریسک ۹	۰،۷۰۰	۰،۲۷۳	۰،۸۷۳	۰،۷۳۳	۰،۱۰۰	۰،۵۶۰	۰،۶۲۲
(R10) ریسک ۱۰	۰،۸۴۷	۰،۴۷۳	۰،۸۴۰	۰،۸۶۷	۰،۱۲۷	۰،۱۳۳	۰،۶۵۵
(R11) ریسک ۱۱	۰،۶۷۳	۰،۲۷۳	۰،۹۰۰	۰،۷۳۳	۰،۱۰۰	۰،۸۷۳	۰،۴۳۰
(R12) ریسک ۱۲	۰،۶۳۳	۰،۷۲۷	۰،۳۳۳	۰،۳۲۷	۰،۳۲۷	۰،۸۶۷	۰،۴۱۷
(R13) ریسک ۱۳	۰،۸۶۷	۰،۸۷۳	۰،۷۳۳	۰،۶۷۳	۰،۱۰۰	۰،۸۷۳	۰،۵۶۰
(R14) ریسک ۱۴	۰،۶۶۷	۰،۱۲۷	۰،۴۶۷	۰،۴۶۷	۰،۲۷۳	۰،۴۷۳	۰،۱۲۳
(R15) ریسک ۱۵	۰،۸۱۳	۰،۲۴۰	۰،۶۴۷	۰،۶۴۰	۰،۳۰۰	۰،۶۴۰	۰،۴۵۹
(R16) ریسک ۱۶	۰،۴۳۳	۰،۲۴۰	۰،۴۴۷	۰،۶۴۷	۰،۴۴۰	۰،۶۴۷	۰،۱۲۶
(R17) ریسک ۱۷	۰،۸۴۰	۰،۱۲۷	۰،۶۲۰	۰،۶۳۳	۰،۱۲۷	۰،۶۴۰	۰،۲۰۱

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-08-13]

۶-۴. مرحله چهارم

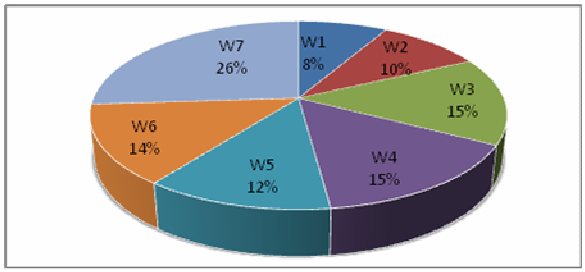
در آخرین مرحله به منظور رتبه‌بندی نهایی ریسک‌ها از روش تخصیص خطی استفاده شده است. مراحل بکارگیری این تکنیک برای مسئله مورد نظر به شرح زیر می‌باشد:

۶-۴-۱. گام اول: تعیین رتبه هر ریسک به ازاء هر یک از شاخص‌های موجود به صورت یک ماتریس (۱۷×۷) که سطر آن بیانگر رتبه و ستون آن بیانگر شاخص است (جدول۸).

جدول ۸. تعیین رتبه هر ریسک به ازاء هر یک از شاخص‌ها

شاخص / رتبه	$ASIR_1$	$ASIR_2$	$ASIR_3$	$ASIR_4$	$ASIR_5$	$ASIR_6$	$APIR$
رتبه ۱	R13	R5	R11	R1	R2	R10	R3
رتبه ۲	R3	R13	R1	R5	R5	R5	R10
رتبه ۳	R10	R6	R5	R7	R7	R1	R2
رتبه ۴	R2	R12	R9	R10	R9	R3	R9
رتبه ۵	R17	R3	R7	R9	R11	R6	R13
رتبه ۶	R15	R7	R2	R11	R13	R14	R5
رتبه ۷	R9	R10	R3	R2	R10	R4	R15
رتبه ۸	R7	R9	R10	R13	R1	R9	R11
رتبه ۹	R11	R11	R13	R16	R4	R15	R12
رتبه ۱۰	R14	R15	R15	R15	R17	R17	R8
رتبه ۱۱	R12	R16	R17	R17	R3	R16	R1
رتبه ۱۲	R6	R1	R14	R3	R6	R7	R6
رتبه ۱۳	R8	R2	R16	R14	R14	R8	R17
رتبه ۱۴	R16	R8	R6	R6	R15	R2	R16
رتبه ۱۵	R1	R4	R8	R12	R12	R12	R14
رتبه ۱۶	R4	R14	R12	R8	R16	R11	R7
رتبه ۱۷	R5	R17	R4	R4	R8	R13	R4

۶-۴-۲- گام دوم: تشکیل ماتریس تخصیص یا ماتریس گاما (γ) که یک ماتریس مربعی ۱۷×۱۷ بوده که سطر آن ریسک i و ستون آن رتبه k می باشد. مولفه‌های ماتریس γ (γ_{ik}) عبارت است از مجموع وزن شاخص‌هایی که ریسک i ام در آن‌ها دارای رتبه k ام می‌باشد. وزن هر کدام از شاخص‌ها (W1 الی W7) بر اساس نظرسنجی خبرگان مطابق شکل (۳) می‌باشد. نتایج این مرحله در جدول (۹) ارائه شده است.



شکل ۳. وزن شاخص‌های ($ASIR_1$ الی $ASIR_6$) و APIR

ماتریس گاما یک ماتریس تخصیص است و همانطور که ذکر شد می‌توان با هر یک از روش‌های تخصیص جواب بهینه را بدست آورد. متداول‌ترین روش حل در تخصیص خطی روش برنامه‌ریزی خطی است.

۶-۴-۳- گام سوم: محاسبه جواب بهینه (رتبه نهایی) با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی به کمک مدل زیر:

$$Max\ Z=\sum_{i=1}^{17}\sum_{k=1}^{17}\lambda_{ik}h_{ik} \qquad (۷)$$

$$\sum_{k=1}^{17}h_{ik}=1 \qquad ,i=1,2,.....,17 \qquad (۸)$$

$$\sum_{i=1}^{17}h_{ik}=1 \qquad ,k=1,2,.....,17 \qquad (۹)$$

$$h_{ik}=0\ or\ 1$$

برای حل این مسئله با توجه به بزرگی حجم آن (۲۸۹ متغیر تصمیم) از نرم افزار LINGO استفاده شده است. با توجه به اینکه متغیرهای تصمیم دارای مقادیر صفر یا یک می‌باشند خروجی این برنامه فقط به ازای مقادیر عدد یک در جدول (۱۰) نشان داده شده است. به عنوان مثال h(1,8) بیانگر رتبه ۸ برای ریسک ۱ می‌باشد. رتبه‌بندی ریسک‌ها بر اساس این روش در جدول (۱۱) ارائه شده است. رتبه‌بندی ریسک‌ها بر اساس روش مرسوم (حاصلضرب احتمال در اثرات) به عنوان شاخص اولیه ریسک نیز در این جدول نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود رتبه‌ها در برخی

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-08-13]

از ریسک‌ها در دو روش متفاوت است. روش LA (به‌عنوان یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه در رتبه‌بندی ریسک‌ها) نتایج معتبرتری نسبت به روش مرسوم (استفاده از حاصلضرب احتمال و اثر) بدست می‌دهد. برخی از دلایل عبارتند از: ۱- در روش کلاسیک، تنها دو شاخص مورد استفاده قرار گرفته و سایر معیارهای مهم نادیده گرفته شده‌اند. بنابراین نتایج اخذ شده از روش کلاسیک واقع‌گرایانه نیست. ۲- در این روش امکان بروز خطای سیستماتیک وجود دارد. ۳- با توجه به خصوصیات روش چند معیاره تخصیص خطی (نظیر امکان در نظر گرفتن همزمان چندین شاخص، لحاظ نمودن وزن‌های متفاوت برای شاخص‌ها، تبادل بین شاخص‌ها، انعطاف‌پذیری روش و نیز بهینه بودن نتایج)، ریسک‌ها بهتر ارزیابی شده و در نتیجه به صورت واقع بینانه‌تر رتبه‌دهی می‌شوند.

جدول ۹. ماتریس تخصیص

k رتبه / i ریسک	رتبه ۱	رتبه ۲	رتبه ۳	رتبه ۴	رتبه ۵	رتبه ۶	رتبه ۷	رتبه ۸	رتبه ۹	رتبه ۱۰	رتبه ۱۱	رتبه ۱۲	رتبه ۱۳	رتبه ۱۴	رتبه ۱۵	رتبه ۱۶	رتبه ۱۷
ریسک ۱(R1)	۰،۱۵	۰،۱۵	۰،۱۴	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۱۲	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۲۶	۰،۱۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۸	۰،۰۰	۰،۰۰
ریسک ۲(R2)	۰،۱۲	۰،۰۰	۰،۲۶	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۱۵	۰،۱۵	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۱۰	۰،۱۴	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰
ریسک ۳(R3)	۰،۲۶	۰،۰۸	۰،۰۰	۰،۱۴	۰،۱۰	۰،۰۰	۰،۱۵	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۱۲	۰،۱۵	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰
ریسک ۴(R4)	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۱۴	۰،۰۰	۰،۱۲	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۱۰	۰،۰۸	۰،۵۶
ریسک ۵(R5)	۰،۱۰	۰،۴۱	۰،۱۵	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۲۶	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۸
ریسک ۶(R6)	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۱۰	۰،۰۰	۰،۱۴	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۴۷	۰،۰۰	۰،۳۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰
ریسک ۷(R7)	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۲۷	۰،۰۰	۰،۱۵	۰،۱۰	۰،۰۰	۰،۰۸	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۱۴	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۲۶	۰،۰۰
ریسک ۸(R8)	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۲۶	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۲۲	۰،۱۰	۰،۱۵	۰،۱۵	۰،۱۲
ریسک ۹(R9)	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۵۳	۰،۱۵	۰،۰۰	۰،۰۸	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰
ریسک ۱۰(R10)	۰،۱۴	۰،۲۶	۰،۰۸	۰،۱۵	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۲۲	۰،۱۵	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰
ریسک ۱۱(R11)	۰،۱۵	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۱۲	۰،۱۵	۰،۰۰	۰،۲۶	۰،۱۸	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۱۴	۰،۰۰
ریسک ۱۲(R12)	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۱۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۲۶	۰،۰۰	۰،۰۸	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۴۱	۰،۱۵	۰،۰۰
ریسک ۱۳(R13)	۰،۰۸	۰،۱۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۲۶	۰،۱۲	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۱۵	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۱۴
ریسک ۱۴(R14)	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۱۴	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۸	۰،۰۰	۰،۱۵	۰،۲۷	۰،۰۰	۰،۲۶	۰،۱۰	۰،۰۰
ریسک ۱۵(R15)	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۸	۰،۲۶	۰،۰۰	۰،۱۴	۰،۴۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۱۲	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰
ریسک ۱۶(R16)	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۱۵	۰،۰۰	۰،۲۳	۰،۰۰	۰،۱۵	۰،۳۴	۰،۰۰	۰،۱۲	۰،۰۰
ریسک ۱۷(R17)	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۸	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۲۶	۰،۳۰	۰،۰۰	۰،۲۶	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۱۰

جدول ۱۰. بخشی از خروجی LINGO

Variable	Value
h(۱, ۸)	۱
h(۲, ۳)	۱
h(۳, ۱)	۱
h(۴, ۱۷)	۱
h(۵, ۲)	۱
h(۶, ۱۲)	۱
h(۷, ۱۶)	۱
h(۸, ۱۳)	۱
h(۹, ۴)	۱
h(۱۰, ۷)	۱
h(۱۱, ۹)	۱
h(۱۲, ۱۵)	۱
h(۱۳, ۵)	۱
h(۱۴, ۶)	۱
h(۱۵, ۱۰)	۱
h(۱۶, ۱۴)	۱
h(۱۷, ۱۱)	۱

جدول ۱۱. مقایسه رتبه ریسک در دو روش

شماره ریسک	روش رتبه بندی ریسک	
	LA	I & P Matrix
۱	۸	۱۱
۲	۳	۳
۳	۱	۱
۴	۱۷	۱۷
۵	۲	۶
۶	۱۲	۱۲
۷	۱۶	۱۶
۸	۱۳	۱۰
۹	۴	۴
۱۰	۷	۲
۱۱	۹	۸
۱۲	۱۵	۹
۱۳	۵	۵
۱۴	۶	۱۵
۱۵	۱۰	۷
۱۶	۱۴	۱۴
۱۷	۱۱	۱۳

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-08-13]

۷. نتیجه‌گیری

رتبه‌بندی ریسک‌ها در پروژه‌های پرمخاطره نظیر پروژه‌های تونل‌سازی از جمله اقدامات ضروری برای مدیریت و ارائه پاسخ به ریسک‌های مرتبط است. این امر مستلزم شناسایی و تعیین مجموعه عوامل ریسک‌زاست که در این تحقیق در قالب طراحی یک مدل ساختار جامع شکست ریسک (در ۱۷ سطح اصلی و ۱۹۶ زیرسطح) مورد توجه واقع شده است. از این مدل در عملیات تونل‌سازی سد سیمره در جنوب غرب ایران استفاده شده و با استفاده از تکنیک‌های نوین مبتنی بر تصمیم‌گیری گروهی به جمع‌آوری نظرات خبرگان و با استفاده از روش میانگین وزین به تجمیع نظرات آن‌ها پرداخته شده است. جهت رتبه‌بندی مقدماتی ریسک‌ها با استفاده از روش مرسوم ماتریس اثر - احتمال ریسک، حوزه اثر ریسک بر اهداف زمان، هزینه، کیفیت و عملکرد پروژه با وزن‌های متفاوت (محاسبه شاخص اولیه ریسک) گسترش داده شده است. به منظور ارزیابی و رتبه‌بندی واقع‌گرایانه ریسک‌ها، شاخص‌های ثانویه (تکمیلی) اثرات اجتماعی اقتصادی، اثرات زیست محیطی، نزدیکی وقوع ریسک، میزان مواجهه با ریسک، عدم اطمینان تخمین و میزان مدیریت‌پذیری ریسک نیز در نظر گرفته شده است. رتبه‌بندی نهایی به روش تخصیص خطی LA انجام گردید. روش ارائه شده نتایج معتبرتری نسبت به روش مرسوم بدست می‌دهد. این برتری به‌واسطه ارائه شاخص‌های تکمیلی ارزیابی، امکان در نظر گرفتن همزمان چندین شاخص، لحاظ نمودن وزن‌های متفاوت برای شاخص‌ها، تبادل بین شاخص‌ها انعطاف‌پذیری روش و نیز تحلیلی‌تر بودن نتایج آن می‌باشد.

مراجع

[۱] اصغرپور، محمدجواد.، « تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره »، تهران: انتشارات دانشگاه تهران. ۱۳۷۷.

[۲] وفائی، فرهاد.، « طراحی یک مدل ریاضی برای اندازه‌گیری کارائی مدل‌های جبرانی MADM به کمک روش تحلیل پوششی داده‌ها ». رساله دوره دکتری مدیریت گرایش تحقیق در عملیات. دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس تهران، ۱۳۸۶.

[3] Reilly, J.J., Thompson, R., *International Survey, 1400 Projects*. Internal report, confidential report, 2001.

[4] Wagner, H., *"Risk Evaluation and Control in Underground Construction"*. International symposium on underground excavation and tunneling. 2-4 February 2006, Bangkok: Thailand.

[5] Ghosh, S., Jintanapakanont, J., *"Identifying and Assessing the Critical Risk Factors in an Underground Rail Project in Thailand: a Factor Analysis Approach"*. International Journal of project management, vol. 22. 2004, pp. 633–643.

[6] Reilly, j.j., Brown, j., *"Management and Control of Cost and Risk for Tunneling and Infrastructure Projects"*. Tunneling and Underground Space Technology, Vol. 19 (B18). 2004, pp. 1–8.

[7] ITA/AITES., *"Guidelines for Tunneling risk Management: International Tunneling Association, Working Group No. 2"*. *Tunneling and Underground Space Technology*, Vol. 19. 2004, pp. 217–237.

[8] Isaksson, T., Stille, H., *"Model for Estimation of Time and Cost for Tunnel Projects Based on Risk Evaluation"*. Rock Mechanic. Rock Engineering, Vol. 38 (5). 2005, pp. 373–398.

[9] ITIG (The International Tunneling Insurance Group)., 2006. *" A Code of Practice for Risk Management of Tunnel Works"*. Available on:
http://www.munichre.com/publications/tunnel_code_of_practice_en.pdf

[10] Reilly, J.J., Parker, H.W., *"Benefits and Life-Cycle Costs of Underground Projects"*. Proceedings, AITES-ITA World Tunnel Congress, Prague, Vol. 1. 2007, pp. 679–684.

[11] Jannadi, O.A., *"Risks Associated with Trenching Works in Saudi Arabia"*. Building and Environment, Vol. 43. 2008, pp. 776–781.

[12] Beard, A.N., *"Tunnel Safety, Risk Assessment and Decision-Making"*. Tunnelling and Underground Space Technology, Vol. 25. 2010, pp. 91–94.

[13] Chapman C. B., Ward S. C., *Project risk management: processes, Techniques and Insights*, John Wiley, Second edition. UK: Chichester, 2003.

[14] McDermot,t R.E., Mikulak, R.J., Beauregard, M.R., *The Basics of FMEA,* New York: Quality resources, 1996.

[15] Klein, J.H., Cork, R.B., *"An Approach to Technical Risk Assessment"*. International Journal of Project Management, Vol.16, No.6. 1998, PP. 345-351.

[16] Baccarini, D., Archer, R., *" The Risk Ranking of Projects: a Methodology"*. International Journal of Project Management, Vol. 19. 2001, pp. 139-145.

[17] Waterland, L.R., Venkatesh, S., Unnasch, S., *Safety and Performance Assessment of Ethanol/diesel Blends (E-Diesel)*. California: Cupertino, 2003.

[18] Haimes, Y.Y., *Risk Modeling, Assessment, and Management*. 3rd Edition. New York: John Wiley & Sons, 2008.

[19] *Pertmaster Software*., 2002. Pertmaster Project Risk v7.5: Tutorial, manual and help, Available on: http://www.pertmaster.com/

[20] Xu, L., Liu, G.,*"The Study of a Method of Regional Environmental Risk Assessment"*. Journal of environmental assessment, Vol. 90, Issue. 11. 2009, pp. 3290-3296.

[21] Pipattanapiwong, J., *Development of Multi-Party Risk and Uncertainty Management Process for an*

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-08-13]

Infrastructure Project, Doctoral dissertation, Kochi University of Technology, 2004.

[22] Pomerol, J.C., Romero, S.B., *Multi-Criterion Decision in Management:* Principles and practice, Netherlands: Kluwer Academic, Dordrecht, 2000.

[23] Saaty, T.L., Vargas, L.G., *Decision ,aking with the Analytic Network Process: Economic, Political,* Social and Technological Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks, New York: Springer, 2006.

[24] PMI (Project Management Institute)., *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*, Pennsylvania, USA: Newtown Square, 2004.

[25] Duddeck, H., *"Risk Assessment and Risk Sharing in Tunnelling"*. Tunnelling and Underground Space Technology, Vol. 2, 1987. pp. 315-317.

[26] Yogaranpan Y. M., *Risk Management, the Key to Success in Management of Construction Projects in General and Underground Projects in Particular*, Project Manager, Australian Water Technologies Pty. Ltd, 1996. Available on: http://www.ats.org.au/

[27] Thevendran, V., Mawddesley, M.J., Perception of human" *Risk Factors in Construction Projects: an Explanatory Study"*. International journal of Project Management, Vol.22. 2004, pp.131-137.

[28] Ng, A., Loosemore, M., *"Risk Allocation in the Private Provision of Public Infrastructure"*. International Journal of Project Management, NO.25. 2007, pp. 66–76.

[29] Hwang, C., Yoon, K., *Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications:* A state of the art survey, New York: Verlag, 1989.

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-08-13]