Archive of SID

نشریه علمی «مهندسی معدن»
Journal of Mining Engineering (JME)

دوره ۱۶، شماره ۵۰، بهار ۱۴۰۰، صفحه ۳۹ تا ۵۷
Vol 16, No 50, 2021, pp 39-57.

مقاله علمی-پژوهشی

مدیریت و ارزیابی ریسک پروژه های ساخت تونل با روش ترکیبی ویکور و تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

محمد رضا شهرکی [۱*] ، ندا واحدی نژاد [۲]

۱ - استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه سیستان و بلوچستان Mr.shahraki@eng.usb.ac.ir
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه سیستان و بلوچستان Neda.vahedy77@pgs.usb.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۱۰ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۳۰)

چکیده

مدیریت پروژه شامل مدیریت زمان، هزینه، کیفیت و ریسک پروژه است. هر پروژه دارای قیود زمان، هزینه و کیفیت می باشد. از آنجایی که هر یک از این قیود پتانسیل ریسک دارند، در نتیجه مدیریت ریسک پروژه امری ضروری می باشد. افزایش هزینه و توسعه مقیاس پروژه ها از یک سو و افزایش عدم قطعیت و ریسک پروژه ها از سوی دیگر، سبب شده است که مدیریت و ارزیابی ریسک از اهمیت برخوردار باشد. هدف مدیریت و ارزیابی ریسک، شناسایی و ارزیابی رویداد های تصادفی است که می توانند اثر مثبت یا منفی بر اهداف پروژه داشته باشند. در این پژوهش، یک مدل ترکیبی برای مدیریت و ارزیابی ریسک های مرتبط با عملیات ساخت تونل با استفاده از روش های تصمیم گیری چند معیاره ارائه شده است. پس از شناسایی ریسک ها و اجرای فرآیند دلفی، برای دسته بندی ریسک ها از ساختار جامع شکست ریسک (RBS) ، برای وزن دهی ریسک ها از روش تحلیل سلسه مراتبی (AHP) و جهت تعیین رتبه ریسک ها از روش تصمیم گیری چند معیاره ویکور استفاده شده است. نتایج تحقیق نشان داد که در میان ریسک ها، ریسک نیروی انسانی، ریسک های اقتصادی و ریسک های مدیریت در دسته ریسک های بحرانی قرار گرفته اند.

کلمات کلیدی

ریسک، تصمیم گیری، تونل، AHP، ویکور

www.SID.ir

*نویسنده مسئول مکاتبات

Archive of SID

۱- مقدمه

عدم قطعیت و وجود ریسک در پروژه ها، امری غیر قابل انکار می باشد. وجود این دو عامل باعث کاهش سطح کارآیی پروژه ها می شود. در نتیجه ارزیابی ریسک پروژه ها با روش های مناسب، ضروری می باشد. برای رسیدن به اهداف پروژه، لازم است شناسایی و اولویت بندی ریسک ها انجام پذیرد [۱]. مدیریت ریسک پروژه ها برای تحقق اهداف پروژه نظیر کیفیت، ایمنی، زمان و هزینه ضروری است. وجود عناصر داخلی و خارجی موثر و دارای تأثیرات متفاوت، زمینه ساز ایجاد ریسک هستند. هدف مدیران پروژه این است که پروژه مطابق بودجه، در زمان مقرر، مطابق با انتظارات کارفرما و با کیفیت پیش بینی شده محقق گردد. مدیریت ریسک به عنوان یک روش منظم سیستماتیک برای تعیین ریسک ها است که چگونگی رفتار با هر یک از آن ها را تعیین میکند و پاسخ های مناسب برای کنترل آن ها را توسعه می دهد [۲].

ریسک های پروژه های ساخت و ساز به دلیل توسعه مقیاس این پروژه ها، گسترش یافته است. به همین علت تمرکز بر ریسک در اینگونه پروژه ها، امری ضروری می باشد. مدیریت ریسک شامل تعریف ریسک، ارزیابی ریسک، پاسخ به ریسک و نظارت بر ریسک می باشد. ارزیابی ریسک روشی برای اولویت بندی ریسک ها به منظور ایجاد روش های مدیریت و مقابله با ریسک است [۳]. بررسی و شناسایی خطرات و ریسک های احتمالی پروژه های ساخت امری حائز اهمیت است زیرا این خطرات می توانند باعث بالا رفتن هزینه و تاخیر در زمان پروژه شوند [۴]. برای دستیابی به یک پروژه واجد شرایط با حداقل ریسک، پیمانکاران باید اصول مدیریت ریسک را اعمال نمایند [۵].

در این پژوهش برای مدیریت و ارزیابی ریسک های مرتبط با عملیات ساخت تونل از روش های تصمیم گیری چند معیاره استفاده شده است. هدف از این تحقیق شناسایی و ارزیابی ریسک های پروژه های ساخت تونل می باشد. در بخش دوم این تحقیق به ادبیات و پیشینه ی تحقیق، در بخش سوم به ارائه روش تحقیق بر مبنای روش های تصمیم گیری چند معیاره، در بخش چهارم به تجزیه و تحلیل نتایج بر اساس مطالعه موردی و در نهایت در بخش پنجم نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات انجام شده است.

۲- ادبیات و پیشینه ی تحقیق

مدیریت و ارزیابی ریسک یکی از ارکان کلیدی مدیریت پروژه می باشد. برای تحلیل و ارزیابی ریسک از روش های مختلفی استفاده شده است. مطابق استاندارد کتاب راهنمای پیکره ی دانش مدیریت پروژه (PMBOK[1])، مدیریت ریسک یک فرآیند سیستماتیک شامل شناسایی، تجزیه و تحلیل و پاسخ دهی به ریسک های پروژه است. مدیریت ریسک حداکثر کردن احتمال پیامد های مثبت و حداقل کردن احتمال پیامد های منفی برای رسیدن به اهداف پروژه را در برمی گیرد. این استاندارد مدیریت ریسک را از طریق یک فرآیند هفت مرحله ای بررسی کرده است که شامل برنامه ریزی مدیریت ریسک، شناسایی ریسک، تجزیه و تحلیل کیفی ریسک، تجزیه و تحلیل کمی ریسک، برنامه ریزی پاسخ به ریسک، پیاده سازی و اجرای پاسخ به ریسک، کنترل و نظارت بر ریسک می باشد [۶]. چاپمن و وارد، فرآیند مدیریت و ارزیابی ریسک را یک فرآیند نه مرحله ای شامل شناسایی شاخص های کلیدی پروژه، تمرکز بر رویداد استراتژیک در ارزیابی و مدیریت ریسک، شناسایی زمان بروز ریسک ها، تخمین ریسک ها و بررسی روابط میان آن ها، تخصیص مالکیت ریسک ها و ارائه پاسخ مناسب، تخمین میزان عدم اطمینان، تخمین اهمیت رابطه میان ریسک های مختلف، طراحی پاسخ ها و نظارت بر وضعیت ریسک، کنترل و نظارت بر مراحل اجرای ریسک ها برشمردند [۷]. اگر احتمال وقوع یک ریسک ۱۰۰٪ باشد، این ریسک کاملاً مشخص و اگر احتمال وقوع آن ۰٪ باشد این ریسک کاملاً نامشخص است. در بین این دو نقطه، عدم قطعیت ریسک متفاوت است [۸]. ریسک همچنین به عنوان وجود محدودیت های بالقوه یا واقعی تعریف شده است که می تواند بر عملکرد پروژه تاثیرگذار باشد و باعث خرابی در هنگام ساخت و یا در زمان استفاده شود [۹].

اسکندر [۲] به ارزیابی ریسک فاکتورهای مؤثر بر پروژه های عمرانی در عربستان با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP[2]) به عنوان یکی از روش های تصمیم گیری چند معیاره پرداخت. نتایج این پژوهش نشان داد که ریسک های مالی و اقتصادی بالاترین رتبه را به خود اختصاص دادند و ریسک های طراحی و سیاسی در جایگاه دوم و سوم قرار گرفتند. صیادی و همکاران [۱۰] به مدیریت ریسک پروژه ساخت تونل با استفاده از روش های تصمیم گیری چند معیاره پرداختند. در این پژوهش برای رتبه بندی ریسک ها از روش های تخصیص خطی، شباهت به گزینه ایده آل و مجموع وزین

www.SID.ir

Archive of SID

ساده استفاده شد. نتایج حاکی از آن بود که در میان ریسک ها، ریسک های ناشی از عوامل اقتصادی بیشترین رتبه و ریسک های ناشی از تعهدات-ضمانت ها کمترین رتبه را به خود اختصاص دادند. وانگ و همکاران [۳] به ارزیابی ریسک در پروژه های ساخت و ساز با استفاده از روش ویکور پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد که تاثیر سه عامل مدیریت ریسک، دوره ریسک و اختلاف ریسک از عوامل دیگر بیشتر بوده است.

کازیمیرس و همکاران [۱۱] به بررسی ریسک پروژه های ساخت و ساز پرداختند. آن ها با وزن دهی یازده عامل موثر بر ریسک به رتبه بندی چهار پروژه به ترتیب کمترین پتانسیل ریسک پذیری پرداختند. حق شناس و میکائیل [۱۲] ارزیابی ریسک در پروژه های تونل سازی را به عنوان یکی از شاخص های مهم در دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده پروژه برشمردند و ارزیابی ریسک پروژه ها با استفاده از روش های رتبه بندی بر اساس مطالعات و تجربه متخصصان بسیار موثر دانستند. بنابراین به مطالعه و رتبه بندی خطرات پروژه تونل سازی تونل تویسرکان دولایی در جنوب استان همدان بر اساس روش تصمیم گیری چند معیاره فازی پرداختند. در پژوهش انجام شده ۱۱ ریسک و ۳ معیار برای بررسی و رتبه بندی ریسک پروژه انتخاب شدند که با استفاده از فرایند سلسله مراتبی فازی (FAHP[3]) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. طبق نتایج به دست آمده از این تحقیق خطر برآمدگی سنگ ها بالاترین رتبه و خطر حملات تروریستی کمترین رتبه را از بین خطرات موجود به خود اختصاص دادند. چوی و همکاران [۱۳] یک روش ارزیابی ریسک برای پروژه های عمرانی زیرزمینی ارائه کردند. روش ارزیابی ریسک پیشنهادی آن ها از چهار مرحله شناسایی، تجزیه و تحلیل، ارزیابی و مدیریت ریسک در پروژه های عمرانی تشکیل شد. صیادی و همکاران [۱۴] به ارزیابی، رتبه بندی و خوشه بندی ریسک عملیات تونل سازی سد سیمره با استفاده از روش تصمیم گیری چند معیاره ELECTRE[4] پرداختند. آن ها ریسک ها در هشت خوشه دسته بندی کردند و ریسک های اقتصادی، ریسک هایی با منشا کارفرما و ریسک های فنی در بحرانی ترین خوشه قرار گرفتند. میکائیل و همکاران [۱۵] پروژه های تونل سازی را پروژه های پیچیده ای با عوامل تأثیرگذار بی شمار از جمله شرایط متغیر و غیر قابل اعتماد زمین برشمردند و یکی از ابزارهای مناسب برای انجام یک پروژه موفق را اجرای مدیریت ریسک در طول عمر آن دانستند. در این پژوهش به خوشه بندی خطرات تونل زنی مدیریت ریسک هفت بخش زمین شناسی در مسیر قسمت دوم تونل امامزاده هاشم با استفاده از الگوریتم فرا ابتکاری ازدحام ذرات (PSO[5]) بر اساس تکنیک بهینه سازی تصادفی و رویکرد خوشه بندی بر پایه الگوریتم فازی C-mean پرداخته شد. نتایج نشان داد که عملکرد مدل های هوشمند توانایی قابل توجهی در ارزیابی خطرات ژئوتکنیکی تونل زنی دارد. سرانجام هفت بخش در مسیر قسمت دوم این پروژه تونل سازی به دو دسته بالاترین سطح و کمترین سطح خطر طبقه بندی شدند.

هاتفی و حیدری [۱۶] به ارزیابی و اولویت بندی پروژه های ساخت بر اساس فاکتورهای ریسک با استفاده از تلفیق روش های تصمیم گیری چند معیاره فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و روش ویکور در شرایط فازی پرداختند. نتایج حاصل نشان داد که ریسک زمان و ریسک هزینه اهمیت بالاتری نسبت به سایر ریسک ها داشتند. ضعف در برنامه زمان بندی ساخت و ساز، فروپاشی و نقص در ساخت و ساز و قیمت بالای مناقصه به عنوان مهم ترین زیر فاکتورهای ریسک شناخته شدند. سلطانی و همکاران [۱۷] به ارزیابی و تحلیل ریسک مخاطرات پروژه های حفاری تونل خط ۷ متروی تهران پرداختند. در این پژوهش معیارهای احتمال وقوع، میزان تاثیر، توانایی مقابله و عدم اطمینان بررسی و برای تصمیم گیری از روش تصمیم گیری شباهت به گزینه ی ایده آل استفاده شد. نتایج پژوهش نشان داد ریسک برخورد با شبکه قنات ها با اهمیت ترین ریسک و ریسک آلودگی هوا کم اهمیت ترین ریسک تشخیص داده شده است. محمودیان و همکاران [۱۸] به ارزیابی ریسک ایمنی سدها با استفاده از روش درخت رویداد (ETA[6]) پرداختند. نتایج پژوهش از میان ریسک ها، خطر وقوع سیل در بالادست سد را به عنوان مهم ترین خطر، معرفی کرد. صیادی و همکاران [۱۹] به بررسی و ارزیابی ریسک در پروژه های تونل سازی پرداختند. بدین منظور از روش تصمیم گیری گروهی و میانگین وزین جهت جمع آوری و تجمیع نظر خبرگان و از روش تخصیص خطی به عنوان یکی از روش های تصمیم گیری چند معیاره جهت تعیین رتبه ریسک ها استفاده شد. بر اساس نتایج به دست آمده، عوامل اقتصادی و شرایط حقوقی به ترتیب بیشترین و کمترین رتبه ریسک را به خود اختصاص دادند. عسکری و همکاران [۲۰] به شناسایی و اولویت بندی ریسک پروژه های نفت و گاز در ایران با استفاده از قالب ساختار شکست ریسک (RBS) و تکنیک تاپسیس پرداختند. نتایج این تحقیق اینگونه خلاصه گردید: در این پژوهش ۶۰ ریسک شناسایی و در ۴ دسته طبقه بندی شد و در مرحله بعد با استفاده از روش تاپسیس به اولویت بندی آن ها پرداخته شد. رمضان نیا و همکاران [۲۱] در پژوهشی به اولویت بندی ریسک

www.SID.ir

Archive of SID

در تونل سازی مکانیزه در محیط های سنگی با روش تاپسیس فازی پرداختند. به منظور اولویت بندی ابتدا ریسک ها شناسایی شدند. محاسبات در ۱۹ پهنه به صورت مجزا انجام شد و در نهایت ۳ ریسک به عنوان ریسک اصلی در هر پهنه مشخص شد. نتایج نشان داد که نشت گازهای سمی موجود در سنگ ها و نشت و هجوم آب به داخل تونل به ترتیب مهم ترین ریسک ها در این پژوهش بودند. ژو و همکاران [۲۲] در پژوهشی به بررسی و ارزیابی ریسک ها و خطرات ساخت تونل در زیر دریا پرداختند. در این مقاله یک روش و سیستم جدید برای ارزیابی و مدیریت خطرات در طول مراحل ساخت تونل با ترکیب سیستم مدیریت ریسک، سیستم مدیریت کیفیت، بررسی داده های زمین شناسی، داده های طراحی و داده های محیطی ارائه شد. در این روش و سیستم جدید عوامل خطر به انسان ، ماده ، ماشین ، روش و محیط یا M1E4 دسته بندی شدند. تئوری Dempster-Shaffer (D-S) در این روش هم برای داده های M1E4 و هم برای محاسبه شاخص خطر کل به کار گرفته شد. این روش و سیستم جدید در حین پروژه خط ۳ مترو Xiamen هنگام وقوع حادثه دستگاه برش مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان داد قبل از حادثه ، اندازه گیری ریسک در هر پنج بعد (M1E4) و شاخص خطر کل بسیار بالا بود که به وضوح امکان سنجی و توانایی روش و سیستم توسعه یافته جدید را نشان داد.

۳- روش تحقیق

در این پژوهش یک مدل ترکیبی برای مدیریت و ارزیابی ریسک های مرتبط با عملیات ساخت تونل با استفاده از روش های تصمیم گیری چند معیاره ارائه شده است. برای شناسایی و تعیین ریسک ها از ساختار جامع شکست ریسک (RBS[7])، برای وزن دهی ریسک ها از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و سپس جهت تعیین رتبه ریسک ها از روش ویکور استفاده شده است.

جهت تعریف شاخص های رتبه بندی، نخست حوزه اثرگذاری ریسک بر اهداف زمانی، هزینه ای، کیفیتی و عملکردی پروژه لحاظ شده است. پس از شناسایی ریسک ها و اجرای فرآیند دلفی، برای دسته بندی ریسک ها از ساختار جامع شکست ریسک (RBS) و برای تعیین وزن شاخص ها از روش تحلیل سلسله مراتبی با استفاده از نظرات خبرگان استفاده شده است. جهت تعیین رتبه ریسک ها از روش تصمیم گیری چند معیاره ویکور استفاده شده است. هنگامی که فرآیند تصمیم گیری بر اساس تعدادی از معیارهای تاثیرگذار انجام می شود، روش های تصمیم گیری چند معیاره ابزاری مناسب برای تصمیم گیری است. روش های تصمیم گیری چند معیاره برای انتخاب بهترین گزینه یا رتبه بندی گزینه ها به کار می روند [۲۳].

در این پژوهش ارزیابی ریسک پروژه و رتبه بندی آن ها طی سه مرحله انجام شده است :

۳ .۱. تعیین ریسک پروژه : ابتدا ریسک ها با استفاده از تحقیقات پیشین شناسایی و گردآوری شد و سپس در اختیار کارشناسان و خبرگان قرار گرفت و بر اساس روش دلفی ریسک ها در ۱۷ گروه و ۴۵ زیرگروه تعیین شده است (جدول ۱).

روش دلفی به عنوان یکی از روش های ساخت یافته برای ساخت دادن به فرآیند ارتباطات گروهی است، به نحوی که چنین فرآیندی در فراهم کردن زمینه اعمال نظر مجموعه ای از افراد به عنوان یک کل با مسئله موثر باشد. این ارتباط ساخت یافته با دریافت بازخورد اطلاعات و دانش افراد، ارزیابی نظر گروه، فراهم کردن فرصتی جهت بازنگری افراد در نظراتشان و با تامین درجه ای از محرمانه بودن پاسخ های افراد فراهم می شود. روش دلفی در عمل، یک سری پرسش نامه یا دوره های متوالی همراه با بازخوردهای کنترل شده ای است که تلاش دارد به اتفاق نظر میان یک گروه از افراد متخصص درباره ی یک موضوع خاص دست یابد [۲۴]. روش دلفی با مشارکت افرادی انجام می پذیرد که در راستای موضوع پژوهش دارای دانش و تخصص باشند. این افراد به عنوان پانل دلفی شناخته می شوند. این افراد بر مبنای درک و دانش مناسب از موضوع پژوهش انتخاب می شوند. تعداد مناسب برای اعضای پانل به عواملی مانند امکان دسترسی به افراد، زمان لازم و هزینه گردآوری اطلاعات بستگی دارد [۲۵].

برای اجرای فرآیند دلفی ابتدا موضوع و عوامل تاثیرگذار بر آن تعریف و سپس پنج نفر از از دانشجویان مقطع دکتری عمران که دارای سابقه کار در زمینه تونل بوده و پانزده نفر از اعضای هیات علمی گروه ه های مهندسی معدن و عمران که صاحب نظر در زمینه ساخت و ساز تونل و ارزیابی ریسک های ساخت و ساز بودند، به عنوان اعضای پانل دلفی انتخاب شدند.

پس از شناسایی ریسک ها و اجرای فرآیند دلفی، برای دسته بندی ریسک ها از ساختار جامع شکست ریسک (RBS) طبق راهنمای PMBOK استفاده گردید. طبقه بندی ریسک ها می تواند امکان شناسایی ریسک ها را به صورت ضابطه مند میسر سازد و سبب افزایش اثربخشی و کیفیت فرآیند شناسایی

www.SID.ir

Archive of SID

ریسک ها شود. پیکره ی دانش مدیریت پروژه (PMBOK)، طبقه بندی ریسک ها را در قالب ساختار شکست ریسک (RBS) انجام می دهد. این ساختار، گروه ها و زیر گروه هایی از ریسک ها را که ممکن است در یک پروژه بروز کنند، مشخص میکند. در ساختار شکست ریسک، ریسک ها بر اساس منشا بروز آن ها طبقه بندی می شوند [۲۶]. در ساختار مورد استفاده، مجموعه ریسک های پروژه های تونل سازی در دو دسته کلی ریسک های داخلی و خارجی در قالب هفده سطح اصلی بر اساس روش ساختار شکست ریسک (RBS) مطابق جدول ۲ ریسک خلاصه گردیده است.

برای وزن دهی به معیارها پرسش نامه مقایسه زوجی معیارها در بین بیست خبره توزیع گردید که به وسیله ی آن اهمیت اهداف پروژه شامل زمان، هزینه، کیفیت و عملکرد پروژه نسبت به هم تعیین گردید. میانگین هندسی پاسخ های داده شده به بیست پرسش نامه به عنوان داده های ورودی برای وزن دهی به معیارها از طریق روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده گردید. در مرحله بعد برای تعیین اثر هفده ریسک شناسایی شده بر اهداف پروژه، پرسش نامه تعیین اثر ریسک ها بر اهداف پروژه طراحی گردید. سطر های این پرسش نامه شامل هفده ریسک شناسایی شده و ستون های پرسش نامه شامل اهداف زمانی، هزینه ای، کیفیتی و عملکردی پروژه بود که اعضای پانل دلفی با استفاده از طیف لیکرت به سوالات آن پاسخ دادند. میانگین هندسی پاسخ های داده شده به بیست پرسش نامه به عنوان داده های ورودی برای رتبه بندی ریسک ها از طریق روش ویکور استفاده گردید.

جدول۱- شناسایی ریسک ها در ۱۷ گروه اصلی و ۴۵ زیر گروه

شماره ریسک	گروه ریسک های شناسایی شده	زیر گروه ریسک های شناسایی شده
۱	ریسک های سیاسی	انتخاب یک رئیس جمهور جدید
		تنش در سیاست های خارجی کشور
		یک جنگ ناگهانی یا پایان یافتن آن
		بی نظمی های داخلی
۲	ریسک های اجتماعی	افزایش جمعیت
		مهاجرت
		ساخت و ساز غیراستاندارد در مناطق حاشیه ای
۳	ریسک های اقتصادی	تورم یا رشد ناگهانی قیمت ها
		تحریم ها
		تغییر در تعرفه های اداری
		کمبود مالی کارفرما
۴	ریسک های حقوقی	مجوزها
		حق امتیاز
		مسائل قراردادی
۵	ریسک های محیطی	آب و هوا
		آلودگی
		گرد و خاک
۶	بلایای طبیعی	سیل
		زلزله
		طوفان
۷	ریسک های آسیب ها و زیان ها	حوادث ناخواسته حین کار

www.SID.ir

Archive of SID

		صدمه دیدن کارگران
		آسیب دیدن مصالح و مواد
۸	ریسک های قراردادی	احتمال تغییر در هدف گذاری ها
		تغییر در برنامه های اجرایی
۹	ریسک های سرمایه گذاری و مالی	نوسان نرخ تبدیل ارز
		هزینه مصالح
		عدم مدیریت جریان نقدینگی
		هزینه مصالح
۱۰	ریسک های کارفرما	عدم تنظیم و ارائه به موقع صورت وضعیت ها
۱۱	ریسک های مدیریت	مدیریت نامناسب و ناکارآمد
		بروکراسی اداری
		تغییرات ساختاری-مدیریتی
۱۲	ریسک های برنامه ریزی	عدم برنامه ریزی زمانی
		عدم برنامه ریزی هزینه ای
		عدم برنامه ریزی منابع و امکانات
۱۳	ریسک های فنی	اطلاعات ناکافی از شرایط زمین و محل کار
		نامناسب بودن طراحی و اطلاعات طرح برای برآورد صحیح هزینه و برنامه ریزی
۱۴	ریسک های منابع تجهیزاتی و مصالح	کمبود دسترسی به مواد و مصالح
		استاندارد نبودن مواد و مصالح
۱۵	ریسک های برنامه زمان بندی	عدم تحویل پروژه طبق قرارداد زمانی
۱۶	ریسک های تعهدات و ضمانت ها	عدم تعهد به ضمانت پیش پرداخت
		عدم انجام تعهدات عقد شده در ابتدای پروژه
۱۷	ریسک های منابع و نیروی انسانی	چرخش شغلی ناخواسته
		شکست در جذب نیروی انسانی مناسب
		از دست دادن کارکنان کلیدی
		انگیزش ناکافی

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۲-تهیه ساختار شکست ریسک (RBS)

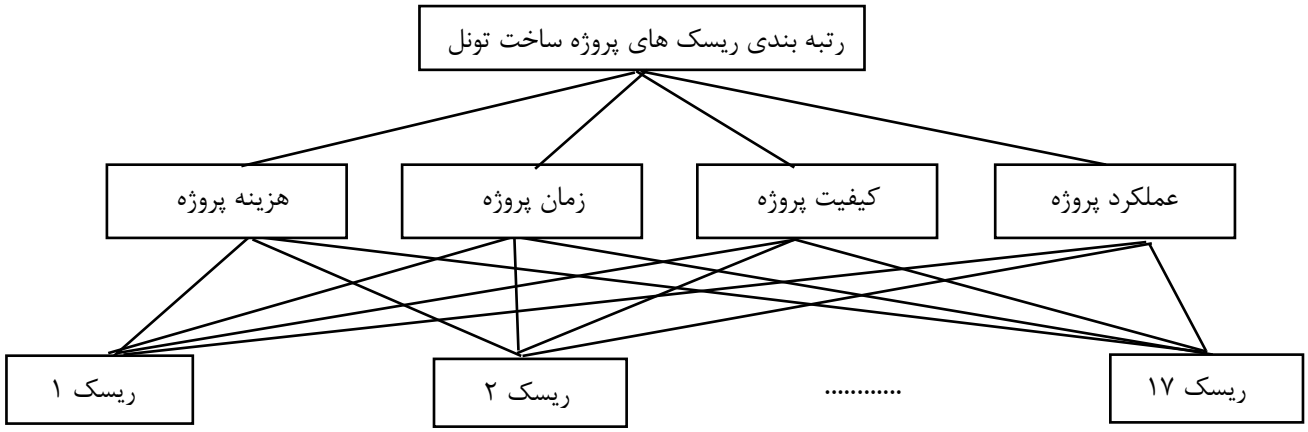
سطح صفر RBS	سطح یک RBS	سطح دو RBS
ریسک پروژه های تونل سازی	منابع خارجی ریسک در پروژه	۱- ریسک های سیاسی
		۲- ریسک های اجتماعی
		۳-ریسک های اقتصادی
		۴- ریسک های حقوقی
		۵- ریسک های محیطی
		۶- بلایای طبیعی
ریسک پروژه های تونل سازی	منابع داخلی ریسک در پروژه	۷- ریسک های آسیب ها و زیان ها
		۸- ریسک های قراردادی
		۹- ریسک های سرمایه گذاری و مالی
		۱۰- ریسک های کارفرما
		۱۱- ریسک های مدیریت
		۱۲- ریسک های برنامه ریزی
		۱۳- ریسک های فنی
		۱۴- ریسک های منابع تجهیزاتی و مصالح
		۱۵- ریسک های برنامه زمان بندی
		۱۶- ریسک های تعهدات و ضمانت ها
		۱۷- ریسک های نیروی انسانی

۳. ۲. مرحله دوم: ریسک های شناسایی شده بر چهار هدف پروژه شامل هزینه، زمان، کیفیت و عملکرد تاثیر می گذارند [۱۰]. در این مرحله نخست معیارهای احتمال وقوع، میزان تاثیر بر زمان، هزینه، کیفیت و عملکرد پروژه بر اساس نظرات خبرگان بررسی شد و وزن و اهمیت معیارهای کیفیت، هزینه، زمان و عملکرد پروژه به وسیله روش AHP محاسبه شد.

برای وزن دهی ریسک های شناسایی شده با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی اقدام گردید [۲۷]. گام اول ساختن نمودار سلسله مراتبی است. در نمودار سلسله مراتبی، مسئله تصمیم گیری به سطوح مختلف هدف، معیارها و گزینه ها تقسیم می شود. هدف در این تحقیق رتبه بندی ریسک های پروژه ساخت تونل است. معیارهای تصمیم گیری شامل کیفیت، عملکرد، زمان و هزینه پروژه هستند. گزینه های تصمیم گیری در این تحقیق هفده ریسک شناسایی شده هستند. در این پژوهش ساختار سلسله مراتبی ریسک ها مطابق شکل (۲) می باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۲- ساختار سلسله مراتبی با چهار معیار و ۱۷ گزینه

پس از تشکیل ساختار سلسله مراتبی ریسک ها، تشکیل ماتریس مقایسات زوجی معیارها صورت گرفت. در این مرحله هر یک از معیارها نسبت به سایر معیارها به صورت زوجی مقایسه شده و ماتریس های مقایسه زوجی تشکیل می شوند. تخصیص امتیازهای عددی مربوط به مقایسه زوجی اهمیت دو معیار بر اساس جدول (۳) صورت می گیرد.

جدول ۳- طبقه بندی کمی و کیفی برای مقایسه زوجی معیارها [28]

مقایسه نسبی شاخص ها (قضاوت شفاهی)	امتیاز عددی
اهمیت مطلق (Extremely preferred)	۹
اهمیت خیلی قوی (Very Strongly preferred)	۷
اهمیت قوی (Strongly preferred)	۵
اهمیت ضعیف (Moderately preferred)	۳
اهمیت یکسان (Equally preferred)	۱
ترجیحات بین فاصله های بالا	۲،۴،۶ و۸

ماتریس مقایسه زوجی به صورت رابطه (۱) نشان داده می شود.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \qquad (1)$$

که در آن a_{ij} ترجیح عنصر i نسبت به j است. در مقایسه زوجی معیارها نسبت به یکدیگر، شرط معکوسی مطابق رابطه (۲) برقرار است:

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \qquad (2)$$

ماتریس مقایسه زوجی یک ماتریس n*n بوده که n تعداد عناصری است که مورد مقایسه قرار گرفته اند. برای هر ماتریس زوجی n*n، عناصر روی قطر مساوی یک بوده ولی سایر درایه های ماتریس باید بر اساس مقایسه های زوجی تعیین شوند. درایه های قرینه نسبت به قطر، معکوس یکدیگر هستند.

در مرحله پایانی برای محاسبه وزن معیارها، ماتریس تصمیم نرمال سازی می گردد. به این صورت که مقدار هر یک از عناصر ستون بر حاصل جمع عناصر آن ستون تقسیم می گردد. بردار وزن معیارها از میانگین سطری عناصر به دست می آید.

۳. ۳. مرحله سوم : در این مرحله رتبه بندی ریسک ها با استفاده از وزن های به دست آمده از روش تحلیل سلسله مراتبی، بر مبنای روش ویکور انجام شده است. برای استفاده از روش ویکور ابتدا نظرات خبرگان به وسیله ی پرسش نامه جمع آوری گردید و بر اساس آن ها جدول تصمیم گیری ایجاد گردید. سطرهای این جدول شامل ریسک های هفده گانه و ستون های آن شامل معیارهای کیفیت، هزینه، زمان و عملکرد پروژه بود. نظر سنجی در خصوص میزان تاثیر هر یک از ریسک ها بر معیار ها مطابق طیف لیکرت انجام گرفت. بدین وسیله میزان تاثیر هر یک از ریسک ها بر اهداف پروژه مشخص گردید. سپس با استفاده از روش ویکور رتبه بندی ریسک ها انجام گرفت.

روش ویکور از طریق ارزیابی گزینه ها بر اساس معیارها، گزینه ها را اولویت بندی می کند. این روش امکان تعیین انواع تصمیم گیری و انتخاب راه حل توافقی شامل معیارهای ارزیابی متفاوت را فراهم می کند. در این روش همواره چند گزینه مختلف وجود دارد که این گزینه ها بر اساس چند معیار به

www.SID.ir

Archive of SID

صورت مستقل ارزیابی می شوند و در نهایت گزینه ها رتبه بندی می گردند [۲۹].

اگر در یک مسئله تصمیم گیری چند معیاره، n معیار و m گزینه وجود داشته باشند، رتبه بندی و انتخاب بهترین گزینه با استفاده از روش ویکور، به صورت زیر انجام می شود [۲۷] :

گام اول : تشکیل ماتریس تصمیم

با توجه به معیارها و گزینه ها و ارزیابی همه گزینه ها بر اساس معیارها، ماتریس تصمیم به صورت رابطه (۳) تشکیل می شود.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \qquad (۳)$$

که در آن x_{ij} عملکرد گزینه i (i = 1,2,….,m) در رابطه با معیار j (j=1,2,….,n) را نشان می دهد.

گام دوم : بی مقیاس سازی ماتریس تصمیم

در این گام سعی می شود معیارها با ابعاد مختلف به معیارهای بی بعد تبدیل شوند و ماتریس F به صورت رابطه (۴) تعریف می گردد.

$$F = \begin{bmatrix} f_{11} & \cdots & f_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{m1} & \cdots & f_{mn} \end{bmatrix} \qquad (۴)$$

که در این ماتریس، f_{ij} توسط رابطه (۵) محاسبه می گردد.

$$f_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} X_{ij}^2}} \qquad (۵)$$

گام سوم : تعیین بردار وزن معیارها

در این گام با توجه به ضریب اهمیت معیارهای مختلف در تصمیم گیری، برداری به صورت رابطه (۶) تعریف می شود که نشان دهنده ی وزن معیارهای مختلف است که در این تحقیق بر اساس روش تحلیل سلسله مراتبی وزن معیارها محاسبه گردید.

$$W=[w_1,w_2,\ldots,w_n] \qquad (6)$$

گام چهارم : تعیین بهترین و بدترین مقدار از بین مقادیر موجود برای هر معیار

بهترین مقدار(f_j^*) برای معیارهای مثبت از رابطه (۷) و برای معیارهای منفی از رابطه (۸) محاسبه می گردد.

$$f_j^* = \max_i f_{ij} \qquad (۷)$$

$$f_j^* = \min_i f_{ij} \qquad (۸)$$

بدترین مقدار (f_j^-) برای معیارهای مثبت طبق رابطه (۹) و برای معیارهای منفی طبق رابطه (۱۰) محاسبه شده است.

$$f_j^- = \min_i f_{ij} \qquad (۹)$$

$$f_j^- = \max_i f_{ij} \qquad (۱۰)$$

در این روابط f_j^* بهترین مقدار معیار j از بین تمام گزینه ها و f_j^- بدترین مقدار معیار j از بین تمام گزینه هاست.

گام پنجم : محاسبه مقدار سودمندی (S) و مقدار تاسف (R)

مقادیر سودمندی و تاسف برای هر گزینه طبق رابطه (۱۱) و (۱۲) محاسبه می شوند.

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} w_j \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \qquad (۱۱)$$

$$R_i = Max \left\{ w_j \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \right\} \qquad (۱۲)$$

که در آن w_j وزن مورد نظر برای معیار j است.

مقدار Q با توجه به رابطه (۱۳) محاسبه می گردد.

$$Q = V\left[\frac{S_i - S^-}{S^* - S^-}\right] + (1+V)\left[\frac{R_i - R^-}{R^* - R^-}\right] \qquad (۱۳)$$

$$S^- = Min\, S_i$$

$$R^* = Max\, R_i$$

$$R^- = Min\, R_i$$

$$S^* = Max\, S_i$$

$\frac{S_i - S^-}{S^* - S^-}$ بیانگر فاصله نسبی گزینه i ام از نقطه ایده آل و $\frac{R_i - R^-}{R^* - R^-}$ بیانگر حداکثر ناراحتی گزینه i ام از دوری از نقطه ایده آل است و پارامتر V با توجه به میزان توافق گروه تصمیم گیرنده انتخاب می شود. در صورت توافق بالا، مقدار آن بیش از ۰/۵، در صورت توافق با اکثریت آرا مقدار آن مساوی ۰/۵ و در صورت توافق پایین، مقدار آن کمتر از ۰/۵ خواهد بود. در آخر با توجه با مقادیر Q، S و R گزینه ها در سه گروه، از کوچک به بزرگ مرتب می شوند. در نهایت گزینه ای به عنوان گزینه ی برتر انتخاب می شود که در هر سه گروه به عنوان گزینه برتر شناخته شود. لازم به ذکر است که در هر گروه مقدار Q به عنوان گزینه برتر انتخاب می شود که بتواند دو شرط زیر را ارضا کند :

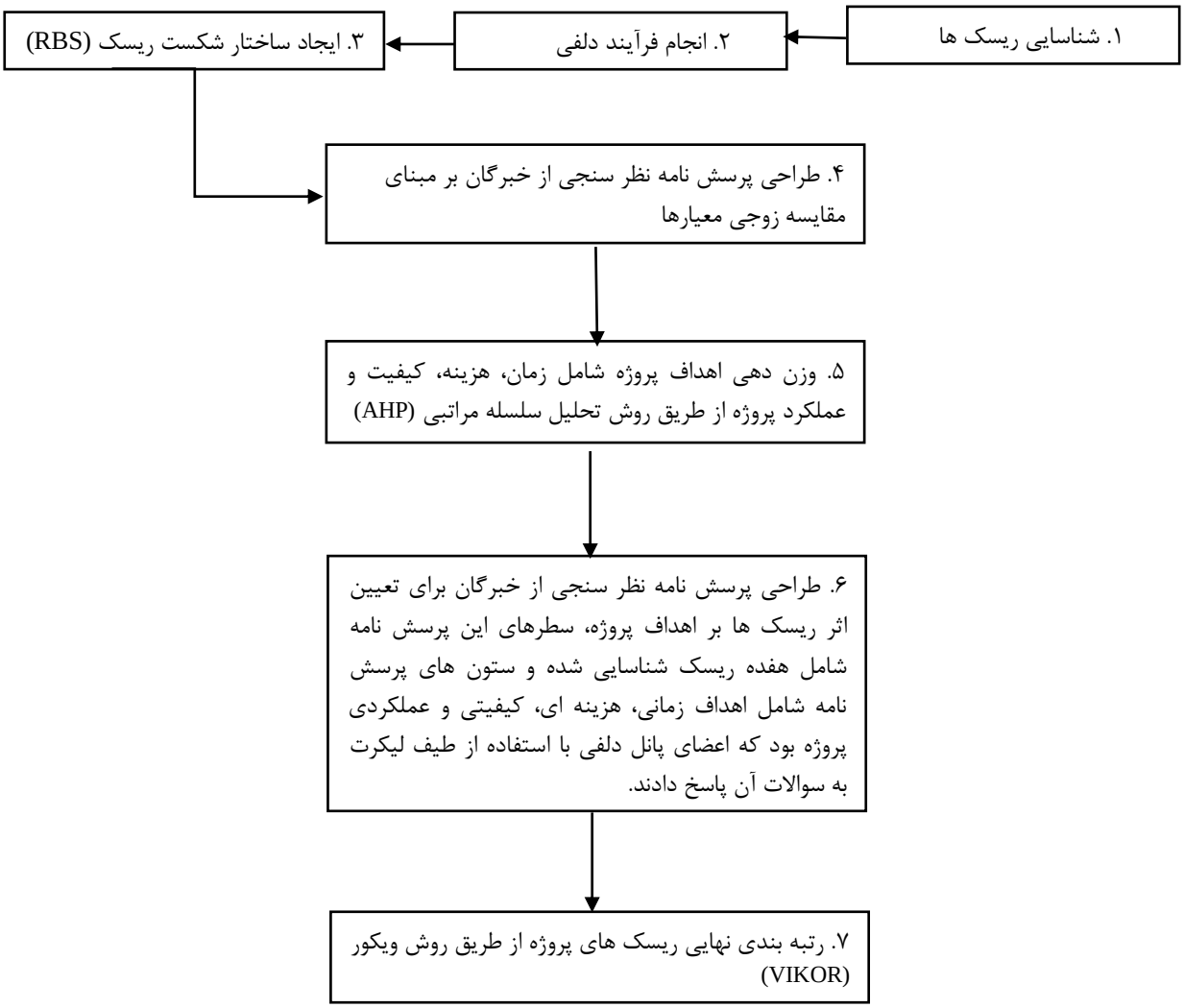
www.SID.ir

Archive of SID

شرط یک : اگر گزینه A_1 و A_2 به ترتیب اولین و دومین گزینه برتر در گروه و n بیان گر تعداد گزینه ها باشد، رابطه (۱۴) برقرار باشد:

$$Q(A_2)_Q(A_1) \geq \frac{1}{n-1} \qquad (۱۴)$$

شرط دو : گزینه A_1 باید حداقل در یکی از گروه‌های R و S به عنوان رتبه برتر شناخته شود. اگر شرط نخست برقرار نباشد هر دو گزینه بهترین گزینه خواهند بود. اگر شرط دوم برقرار نباشد گزینه A_1 و A_2 هر دو به عنوان گزینه برتر انتخاب می‌شوند. مدل ارزیابی ریسک در پروژه های تونل سازی در شکل ۳ خلاصه شده است.



شکل۳- مدل ارزیابی ریسک در پروژه های تونل سازی

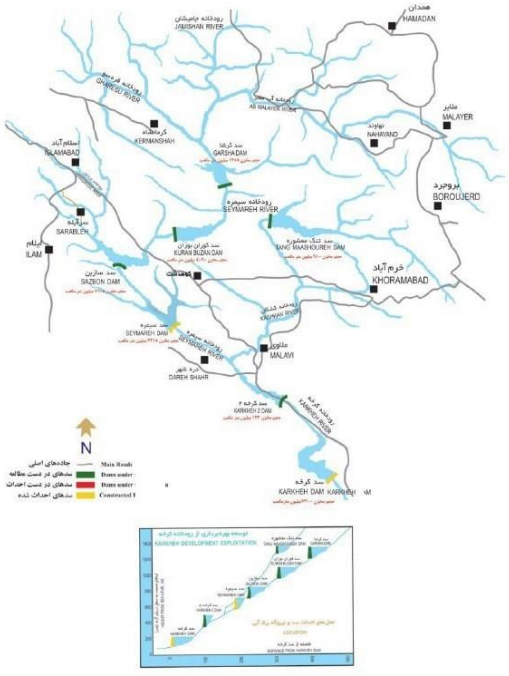
www.SID.ir

Archive of SID

۴- مطالعه موردی و تحلیل نتایج

برای ارزیابی و بررسی مدل ترکیبی ارائه شده در این تحقیق، پروژه ساخت تونل سد سیمره انتخاب شده است. سد سیمره بر روی رودخانه مشترک استان های ایلام و لرستان در ۶۰ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان ایلام احداث شده است. سد سیمره سدی بتنی، دو قوسی و با ارتفاع ۱۸۰ متر از پی است که کل حجم مخزن آن ۲ میلیارد و ۸۰۰ میلیون متر مکعب در تراز نرمال و طول تاج ۲۰۲ متر و عرض تاج ۶ متر است. این سد دارای ۲ تونل انحراف در مجموع به طول ۸۷۱ متر با قطر تقریبا ۹ متر، تونل آب بر نیروگاه به طول ۱۴۷۶ متر با قطر ۱ متر و ۶ گالری تزریق در طرفین بدنه سد است. تولید انرژی برق آبی به میزان ۸۵۰ گیگاوات ساعت در سال و کمک به پایداری شبکه برق کشور، کنترل و تنظیم جریان های سطحی رودخانه، تامین حقابه های پایین دست، کنترل سیلاب ها، توسعه کشاورزی منطقه و اشتغال زایی از جمله اهداف احداث سد سیمره است. تصویر و موقعیت مکانی سد سیمره در شکل ۴ نشان داده شده است.

شکل۴-تصویر و موقعیت مکانی سد سیمره



همانگونه که در روش تحقیق ذکر شد برای تعیین اهمیت معیارهای پروژه شامل زمان، هزینه، عملکرد و کیفیت پروژه نسبت به یکدیگر، از روش AHP استفاده شد. در این روش برای وزن دهی به معیارها، از پرسش نامه نظر سنجی از خبرگان (جمعا ۲۰ نفر از افراد خبره) استفاده شد. جهت رسیدن به جمع بندی نظرات خبرگان، از روش میانگین هندسی استفاده شد. ماتریس مقایسه زوجی معیارها نسبت به یکدیگر در جدول ۴ ارائه شده است.

برای به دست آوردن بردار وزن، میانگین سطری عناصر جدول (۵) محاسبه گردیده است و نتایج آن ارائه شده‌است.

$W_1 = ۰.۳۸$ کیفیت

$W_2 = ۰.۱۶$ هزینه

$W_3 = ۰.۲۷۵$ زمان

$W_4 = ۰.۱۸۵$ عملکرد

اعداد فوق میزان اهمیت هر یک از معیارها را نشان می دهد. به این صورت که معیار کیفیت بالاترین وزن و در نتیجه بیشترین اهمیت و معیار هزینه پایین ترین وزن و در نتیجه کمترین اهمیت را داراست.

۴. ۳. مرحله دوم

با استفاده از وزن های به دست آمده از روش تحلیل سلسله مراتبی، رتبه بندی ریسک ها با روش تصمیم گیری چند معیاره ویکور انجام شد. ابتدا با استفاده از پرسش نامه نظرسنجی از خبرگان (جمعا بیست نفر) میزان تاثیر ریسک های هفده گانه بر اهداف پروژه با استفاده از طیف لیکرت مشخص شد. نتیجه ارزیابی گزینه ها برای معیارهای مختلف، به صورت جدول (۶) می باشد که با استفاده از میانگین گیری هندسی نظرات خبرگان به سوالات پرسشنامه به دست آمده است.

سپس بی مقیاس سازی ماتریس تصمیم با استفاده از رابطه (۵) انجام شد و نتایج به صورت جدول (۷) نشان داده شده است.

بهترین و بدترین مقدار برای معیارهای مبت و منفی مطابق روابط (۷) تا (۱۰) محاسبه گردیده است که نتایج آن در جدول (۸) نشان داده شده است. دو معیار زمان و هزینه منفی و معیارهای کیفیت و عملکرد معیارهایی مثبت هستند.

مقدار سودمندی (S) و مقدار تاسف (R) برای هر گزینه مطابق روابط (۱۱) و (۱۲) محاسبه گردید که نتایج آن در جدول (۹) نشان داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۴- ماتریس مقایسه زوجی معیارها نسبت به یکدیگر در روش AHP

	کیفیت	هزینه	زمان	عملکرد
کیفیت	۱	۳	۳/۷۰	۱/۷۲
هزینه	۰/۳۳	۱	۲/۴	۰/۳۸
زمان	۰/۲۶	۰/۴۱	۱	۰/۴۱
عملکرد	۰/۵۸	۲/۶۰	۲/۳۹	۱
مجموع هر ستون	۲/۱۷	۷/۰۱	۹/۴۹	۳/۵۱

سپس نرمال سازی ماتریس تصمیم با تقسیم هر یک از این عناصر بر مجموع ستونی آن ها صورت گرفت که نتایج در جدول (۵) نشان داده شده است.

جدول ۵- نرمال سازی ماتریس تصمیم

	کیفیت	هزینه	زمان	عملکرد
کیفیت	۰/۴۶	۰/۴۳	۰/۳۹	۰/۴۹
هزینه	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۲۵	۰/۱۱
زمان	۰/۱۲	۰/۰۶	۰/۱۰	۰/۱۲
عملکرد	۰/۲۷	۰/۳۷	۰/۲۴	۰/۲۸

جدول۶- ماتریس تصمیم در روش ویکور

معیار / گزینه	زمان	هزینه	کیفیت	عملکرد
ریسک سیاسی	۳/۸۶۴۸	۴/۲۲۲۰	۲/۴۶۷۴	۳/۳۱۶۵
ریسک اجتماعی	۲/۵۰۹۷	۲/۲۷۰۶	۲/۱۳۱۰	۲/۰۵۸۴
ریسک اقتصادی	۴/۰۳۰۵	۴/۵۰۷۷	۳/۰۰۴۰	۳/۱۲۸۴
ریسک حقوقی	۳/۰۷۵۵	۲/۹۱۲۹	۲/۵۴۹۲	۲/۷۶۲۸
ریسک محیطی	۳/۲۹۲۳	۳/۲۰۰۸	۲/۹۱۷۰	۲/۵۸۶۱
ریسک بلایای طبیعی	۴/۰۹۱۴	۳/۸۵۴۸	۲/۸۹۲۴	۳/۱۶۳۵
ریسک آسیب و زیان	۲/۵۱۹۴	۲/۷۷۷۴	۲/۱۹۴۶	۲/۴۱۴۵
ریسک قراردادی	۳/۶۵۰۸	۳/۶۱۵۶	۲/۷۷۱۸	۳/۰۷۵۵
ریسک سرمایه گذاری و مالی	۳/۷۸۷۳	۴/۱۹۷۲	۳/۲۰۹۳	۳/۴۳۹۶
ریسک کارفرما	۳/۵۸۷۱	۳/۴۰۶۳	۲/۶۶۸۷	۲/۹۶۱۱
ریسک مدیریت	۳/۶۸۹۷	۳/۷۲۳۵	۳/۲۶۴۵	۳/۵۱۷۲
ریسک برنامه ریزی	۳/۸۷۵۱	۴/۱۴۲۲	۲/۷۹۳۸	۳/۰۱۹۹
ریسک فنی	۳/۹۶۰۱	۴/۳۳۱۳	۳/۵۴۵۳	۳/۶۱۷۷
ریسک منابع تجهیزاتی و مصالح	۳/۴۷۸۲	۳/۲۱۷۸	۳/۵۲۲۲	۳/۶۷۹۹

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول۶- ماتریس تصمیم در روش ویکور

ریسک برنامه زمان بندی	۴/۲۹۲۰	۳/۳۲۹۳	۲/۳۸۶۲	۳/۰۰۴۰
ریسک تعهدات و ضمانت ها	۳/۱۱۰۰	۳/۰۴۹۵	۲/۵۶۲۷	۳/۲۱۹۷
ریسک نیروی انسانی	۳/۴۴۶۷	۳/۴۵۷۸	۳/۴۴۱۸	۳/۴۱۹۴

جدول ۷- ماتریس تصمیم نرمال شده

معیار / گزینه	زمان	هزینه	کیفیت	عملکرد
ریسک سیاسی	۰/۲۶۱۸	۰/۰۵۹۳	۰/۲۰۸۱	۰/۲۵۶۳
ریسک اجتماعی	۰/۱۷۰۰	۰/۰۳۱۸	۰/۱۷۹۷	۰/۱۵۹۰
ریسک اقتصادی	۰/۲۷۳۱	۰/۰۶۳۳	۰/۲۵۳۴	۰/۲۴۱۷
ریسک حقوقی	۰/۲۰۸۴	۰/۰۴۰۹	۰/۲۱۵۰	۰/۲۱۳۵
ریسک محیطی	۰/۲۲۳۰	۰/۰۴۴۹	۰/۲۴۶۱	۰/۱۹۹۸
ریسک بلایای طبیعی	۰/۲۷۷۲	۰/۰۵۴۱	۰/۲۴۴۰	۰/۲۴۴۴
ریسک آسیب و زیان	۰/۱۷۰۷	۰/۰۳۹۰	۰/۱۸۵۱	۰/۱۸۶۵
ریسک قراردادی	۰/۲۴۷۳	۰/۰۵۰۷	۰/۲۳۳۸	۰/۲۳۷۶
ریسک سرمایه گذاری و مالی	۰/۲۵۶۶	۰/۰۵۸۹	۰/۲۷۰۷	۰/۲۶۵۸
ریسک کارفرما	۰/۲۴۳۰	۰/۰۴۷۸	۰/۲۲۵۱	۰/۲۲۸۸
ریسک مدیریت	۰/۲۵۰۰	۰/۰۵۲۳	۰/۲۷۵۴	۰/۲۷۱۸
ریسک برنامه ریزی	۰/۲۶۲۵	۰/۰۵۸۱	۰/۲۳۵۷	۰/۲۳۳۳
ریسک فنی	۰/۲۶۸۳	۰/۰۶۰۸	۰/۲۹۹۱	۰/۲۷۹۵
ریسک منابع تجهیزاتی و مصالح	۰/۲۳۵۶	۰/۰۴۵۲	۰/۲۹۷۱	۰/۲۸۴۳
ریسک برنامه زمان بندی	۰/۲۹۰۸	۰/۰۴۶۷	۰/۲۰۱۳	۰/۲۳۲۱
ریسک تعهدات و ضمانت ها	۰/۲۱۰۷	۰/۰۴۲۸	۰/۲۱۶۲	۰/۲۴۸۸
ریسک نیروی انسانی	۰/۲۳۳۵	۰/۰۴۸۵	۰/۲۹۰۳	۰/۲۶۴۲

جدول۸- بهترین و بدترین مقدار برای معیارها

	زمان	هزینه	کیفیت	عملکرد
f_j^*	۲/۵۰۹۷	۲/۲۷۰۶	۳/۵۴۵۳	۳/۶۷۹۹
f_j^-	۴/۲۹۲۰	۴/۵۰۷۷	۲/۱۳۱۰	۲/۰۵۸۴

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۹- مقدار سودمندی و تاسف برای گزینه ها

گزینه ها	R	S
ریسک ۱	$R_1 = 0.2812$	$S_1 = 0.675$
ریسک ۲	$R_2 = 0.2800$	$S_2 = 0.4785$
ریسک ۳	$R_3 = 0.3157$	$S_3 = 0.3157$
ریسک ۴	$R_4 = 0.3098$	$S_4 = 0.6314$
ریسک ۵	$R_5 = 0.1954$	$S_5 = 0.613$
ریسک ۶	$R_6 = 0.3283$	$S_6 = 0.7338$
ریسک ۷	$R_7 = 0.4202$	$S_7 = 0.6769$
ریسک ۸	$R_8 = 0.2406$	$S_8 = 0.6779$
ریسک ۹	$R_9 = 0.2652$	$S_9 = 0.5491$
ریسک ۱۰	$R_{10} = 0.2727$	$S_{10} = 0.7016$
ریسک ۱۱	$R_{11} = 0.2449$	$S_{11} = 0.4641$
ریسک ۱۲	$R_{12} = 0.2834$	$S_{12} = 0.7628$
ریسک ۱۳	$R_{13} = 0.3010$	$S_{13} = 0.459$
ریسک ۱۴	$R_{14} = 0.2010$	$S_{14} = 0.3705$
ریسک ۱۵	$R_{15} = 0.37$	$S_{15} = 0.9232$
ریسک ۱۶	$R_{16} = 0.3056$	$S_{16} = 0.5653$
ریسک ۱۷	$R_{17} = 0.5306$	$S_{17} = 0.8176$

در پایان این گام، مقادیر مطلوبیت و عدم مطلوبیت به صورت زیر به دست آمده است.

$$S^- = Min\ S_i = S_۳ = ۰/۳۱۵۷$$

$$S^* = Max\ S_i = S_{۱۵} = ۰/۹۲۳۲$$

$$R^- = Min\ R_i = R_۵ = ۰/۱۹۵۴$$

$$R^* = Max\ R_i = R_۷ = ۰/۵۳۰۶$$

در آخرین مرحله، شاخص ویکور (Q) جهت ارزیابی نهایی گزینه ها مطابق رابطه (۱۳) محاسبه گردید و نتایج آن در جدول (۱۰) نشان داده شده است. گزینه ها با توجه به مقادیر S، R و Q از کم به زیاد مرتب شده و نتایج آن در جدول (۱۱) نشان داده شده است.

جدول (۱۰)- محاسبه شاخص VIKOR برای هر گزینه

گزینه ها	Q
ریسک ۱	$Q_1 = 0.4237$
ریسک ۲	$Q_2 = 0.2601$
ریسک ۳	$Q_3 = 0.1794$
ریسک ۴	$Q_4 = 0.4305$
ریسک ۵	$Q_5 = 0.2447$

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول (۱۰)- محاسبه شاخص VIKOR برای هر گزینه

ریسک ۶	$Q_6 = 0.5424$
ریسک ۷	$Q_7 = 0.6326$
ریسک ۸	$Q_8 = 0.3656$
ریسک ۹	$Q_9 = 0.2962$
ریسک ۱۰	$Q_{10} = 0.4330$
ریسک ۱۱	$Q_{11} = 0.1959$
ریسک ۱۲	$Q_{12} = 0.4993$
ریسک ۱۳	$Q_{13} = 0.2754$
ریسک ۱۴	$Q_{14} = 0.0536$
ریسک ۱۵	$Q_{15} = 0.7605$
ریسک ۱۶	$Q_{16} = 0.3697$
ریسک ۱۷	$Q_{17} = 0.9579$

جدول ۱۱- رتبه بندی گزینه ها بر اساس سه شاخص S، R و Q

بر اساس مقدار S		بر اساس مقدار R		بر اساس مقدار Q	
A_3	۰/۳۱۵۷	A_5	۰/۱۹۵۴	A_{14}	۰/۰۵۳۶
A_{14}	۰/۳۷۰۵	A_{14}	۰/۲۰۱۰	A_3	۰/۱۷۹۴
A_{13}	۰/۴۵۹	A_8	۰/۲۴۰۶	A_{11}	۰/۱۹۵۹
A_{11}	۰/۴۶۴۱	A_{11}	۰/۲۴۴۹	A_5	۰/۲۴۴۷
A_2	۰/۴۷۸۵	A_9	۰/۲۶۵۲	A_2	۰/۲۶۰۱
A_9	۰/۵۴۹۱	A_{10}	۰/۲۷۲۷	A_{13}	۰/۲۷۵۴
A_{16}	۰/۵۶۵۳	A_2	۰/۲۸۰۰	A_9	۰/۲۹۶۲
A_5	۰/۶۱۳	A_3	۰/۲۸۱۲	A_8	۰/۳۶۵۶
A_4	۰/۶۳۱۴	A_{12}	۰/۲۸۳۴	A_{16}	۰/۳۶۹۷
A_1	۰/۶۷۵	A_{13}	۰/۳۰۱۰	A_1	۰/۴۲۳۷
A_7	۰/۶۷۶۹	A_{16}	۰/۳۰۵۶	A_4	۰/۴۳۰۵
A_8	۰/۶۷۷۹	A_4	۰/۳۰۹۸	A_{10}	۰/۴۳۳۰
A_{10}	۰/۷۰۱۶	A_3	۰/۳۱۵۷	A_{12}	۰/۴۹۹۳
A_6	۰/۷۳۳۸	A_6	۰/۳۲۸۳	A_6	۰/۵۴۲۴
A_{12}	۰/۷۶۲۸	A_{15}	۰/۳۷	A_7	۰/۶۳۲۶
A_{17}	۰/۸۱۷۶	A_7	۰/۴۲۰۲	A_{15}	۰/۷۶۰۵
A_{15}	۰/۹۲۳۲	A_{17}	۰/۵۳۰۶	A_{17}	۰/۹۵۷۹

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به مقادیر سه شاخص R , S و Q و رعایت دو شرط مربوط به شاخص ویکور (Q) رتبه بندی نهایی ریسک ها به ترتیب از کمترین تا بیشترین رتبه ریسک مطابق جدول (۱۲) انجام شده است. بر این اساس مدیریت پروژه باید پاسخ به ریسک های بحرانی را در اولویت قرار دهد. مطابق این رتبه بندی ریسک شماره ۱۴ یعنی ریسک منابع تجهیزاتی و مصالح دارای کمترین مقدار Q می باشد در نتیجه پرخطرترین ریسک است و ریسک شماره ۱۷ یعنی ریسک نیروی انسانی دارای بیشترین مقدار Q می باشد و در نتیجه کم خطر ترین ریسک است.

جدول ۱۲- رتبه بندی نهایی ریسک ها

رتبه ریسک	شماره ریسک	نوع ریسک
۱	A_{14}	ریسک های منابع تجهیزاتی و مصالح
۲	A_{3}	ریسک های اقتصادی
۳	A_{11}	ریسک های مدیریت
۴	A_{5}	ریسک های محیطی
۵	A_{2}	ریسک های اجتماعی
۶	A_{13}	ریسک های فنی
۷	A_{9}	ریسک های سرمایه گذاری و مالی
۸	A_{8}	ریسک های قراردادی
۹	A_{16}	ریسک های تعهدات و ضمانت ها
۱۰	A_{1}	ریسک های سیاسی
۱۱	A_{4}	ریسک های حقوقی
۱۲	A_{10}	ریسک های کارفرما
۱۳	A_{12}	ریسک های برنامه ریزی
۱۴	A_{6}	ریسک های بلایای طبیعی
۱۵	A_{7}	ریسک های آسیب ها و زیان ها
۱۶	A_{15}	ریسک های برنامه زمان بندی
۱۷	A_{17}	ریسک های نیروی انسانی

۵- نتیجه گیری

مدیریت ریسک یکی از فازهای مدیریت پروژه است و ارزیابی ریسک نیز یکی از قدم های اصلی فرآیند مدیریت ریسک است. ارزیابی ریسک به معنی اندازه گیری ریسک ها بر اساس معیار های معین است که بر این اساس امکان ارائه راهکار های مقابله با ریسک ها در مراحل بعدی مدیریت ریسک فراهم شود. فقدان مدیریت ریسک در پروژه های تونل سازی منجر به پیامدهای منفی از جمله افزایش هزینه ها و طولانی شدن زمان پروژه می شود. رتبه بندی ریسک ها یکی از ارکان اصلی مدیریت ریسک پروژه و ارائه ی پاسخ مناسب به ریسک های مرتبط است. مدیریت ریسک به ویژه در پروژه هایی با حجم سرمایه گذاری بالا اهمیت زیادی دارد. یکی از گام های اصلی در مدیریت ریسک، ارزیابی ریسک و یکی از بخش های ارزیابی ریسک رتبه بندی آن ها می باشد که کمک شایانی به انجام هر چه موفق تر فرآیند مدیریت ریسک می کند. در این پژوهش پس از شناسایی و تعیین ریسک ها از طریق اجرای روش دلفی، برای دسته بندی ریسک ها از ساختار جامع شکست ریسک (RBS)، برای وزن دهی ریسک ها از روش تحلیل سلسه مراتبی (AHP) و جهت تعیین رتبه ریسک ها از روش تصمیم گیری چند معیاره ویکور استفاده شده است. نتایج تحقیق نشان داد که در میان ریسک ها، ریسک نیروی انسانی و ریسک منابع تجهیزاتی و مصالح به ترتیب کمترین و بیشترین رتبه ریسک را به خود اختصاص داده اند. طبق این دسته بندی، ریسک های منابع تجهیزاتی و مصالح، ریسک های

www.SID.ir

Archive of SID

اقتصادی و ریسک های مدیریت در دسته بحرانی ترین ریسک ها قرار گرفتند.

مطابق نتایج پژوهش صیادی و همکاران [۱۴] و[۱۰] ریسک های اقتصادی، ریسک های کارفرما و ریسک های فنی در خوشه ی بحرانی تری ریسک ها قرار گرفته است که در مورد ریسک های اقتصادی با این پژوهش همخوانی دارد همچنین در خوشه دوم ریسک های بحرانی، ریسک های محیطی و اجتماعی جز بحرانی ترین ریسک ها شناخته شده است که این نتیجه هم نیز با نتایج این پژوهش همخوانی دارد.

مطابق پژوهشی دیگر از صیادی و همکاران [۱۹] ریسک های اقتصادی بیشترین رتبه ریسک و ریسک های حقوقی کمترین رتبه ریسک را به خود اختصاص دادند که این نتیجه نیز با نتایج این پژوهش قابل انطباق است زیرا در این پژوهش ریسک های اقتصادی جز بحرانی ترین ریسک ها یعنی رتبه دوم و ریسک های حقوقی جز ریسک های رتبه پایین یعنی رتبه یازدهم می باشند.

در پایان پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی به صورت زیر ارائه می گردد که شامل:

۱. محققان می توانند از سایر تکنیک ها مانند برنامه ریزی آرمانی برای حل مسائل تصمیم گیری استفاده کنند. در نظر گرفتن ورودی های مدل به صورت فازی نیز می تواند فرضیه خوبی برای پژوهش های بعدی باشد.

۲. وقتی صحبت از ریسک می شود مولفه های مختلف آن از یک منطقه به منطقه دیگر فرق می کند. در نتیجه شناسایی ریسک های مرتبط با هر منطقه (مطالعه موردی خاص) و ایجاد ساختار شکست ریسک و سپس انجام بررسی پیشنهاد می گردد.

۳. با افزایش معیارها و زیر معیارها حجم محاسبات به شدت افزایش پیدا می کند. در نتیجه ارائه یک روش فرا ابتکاری برای کاهش محاسبات پیشنهاد می گردد.

منابع

[۱] محقر، علی؛ حسینی دهشیری، سید جلال الدین؛ عرب، علیرضا؛ ۱۳۹۶؛ «بررسی و ارزیابی ریسک های پروژه بر اساس روش بهترین-بدترین»، پژوهش های مدیریت منابع انسانی. دوره ۷، شماره ۲، ص۱۷۳-۱۵۸.

[2] Eskander, R.; 2018. "Risk assessment influencing factors for Arabian construction projects using analytic hierarchy", process Alexandria engineering journal, Vol. 57, pp. 4207-4218.

[3] Wang, L., Zhang, H., Wang, J., Li, L; 2018. "Picture fuzzy normalized projection-based VIKOR method for the risk evaluation of construction project", Applied Soft Computing, Vol. 64, pp. 216-226.

[4] Khodeir, L., Nabawy, M; 2019. "Identifying key risks in infrastructure projects – Case study of Cairo Festival City project in Egypt", Ain Shams Engineering Journal, Vol. 10, pp. 613-621.

[5] Esmaeili, B., Hallowell, M., Rajagopalan, B; 2015. "Attribute-based safety risk assessment. ii: predicting safety outcomes using generalized linear models", Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 141 (8).

[6] Project Management Institute, "A Guide to the project management body of knowledge (PMBOK)", 2017. Sixth ed., Project Management Institute, PA, USA.

[7] Land, R.; 2007. "Project Risk Management Handbook (Threats and Opportunities) ", 2nd ed., Press: Office of Statewide Project Management Improvement (OSPMI).

[8] Jaafari, A.; 2001. "Management of risks, uncertainties and opportunities on projects: time for a fundamental shift", International Journal of Project Management, Vol. 19(2), pp. 89-101.

[9] Zayed, T., Chang, L.; 2002. "Prototype model for build-operate-transfer risk assessment", Journal of Management in Engineering, Vol. 18 (1), pp. 7-16.

[۱۰] صیادی، احمدرضا؛ حیاتی، محمد؛ منجزی، مسعود؛ ۱۳۹۰؛ «مدیریت ریسک ساخت تونل با استفاده از تکنیک های MADM» ، مدیریت صنعتی، دوره ۳، شماره ۷، ص ۱۱۶-۹۹.

[11] Kazimieras, E., Turskis, Z., Tamosaitience, j.; 2010. "Risk assessment of construction projects", Journal of Civil Engineering and Management, Vol. 16(1), pp. 33-46.

www.SID.ir

Archive of SID

[12] Haghshenas SS, Ozcelik Y, Haghshenas SS, Mikaeil R, Moghadam PS.; (2017). "Ranking and assessment of tunneling projects risks using fuzzy MCDM (Case study: Toyserkan doolayi tunnel) ". In: IMCET 2017: new trends in mining—proceedings of 25th international mining congress of Turkey. pp. 289–296

[13] Choi, H., Cho, H., Seo, J.; 2004. "Risk assessment methodology for underground construction projects", Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 130(2), pp. 258-272.

[۱۴] صیادی، احمدرضا؛ حیاتی، محمد؛ منجزی، محمود؛ ۱۳۹۰؛ «ارزیابی، رتبه بندی و خوشه بندی ریسک عملیات تونل سازی سد و نیروگاه سیمره با استفاده از روش ELECTRE» ، نشریه علمی-پژوهشی مهندسی معدن، دوره ۱۱، شماره ۶، ص ۵۷-۶۹.

[15] Mikaeil, R., Haghshenas, SS., Sadeghati, Z; 2019. "Geotechnical risk evaluation of tunneling projects using optimization techniques (case study: the second part of Emamzade Hashem tunnel)" , Journal of Natural Hazards, Vol. 97(3), pp. 1099-1113.

[۱۶] هاتفی، سید مرتضی؛ حیدری، علی؛ ۱۳۹۷؛ «ارزیابی پروژه های ساخت با استفاده از مدل یکپارچه فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی و روش ویکور فازی»، نشریه علمی-پژوهشی مهندسی سازه و ساخت، دوره ۵، شماره ۴، ص ۱۵۶-۱۷۵.

[۱۷] سلطانی محمدی، سعید؛ زمزم، محمد صابر؛ بخشنده امینه، حسن؛ موسوی، سید احسان؛ مختاری، هادی ۱۳۹۶؛ «ارزیابی و تحلیل ریسک مخاطرات پروژه ی حفاری مکانیزه تونل خط ۷ متروی تهران با استفاده از روش تصمیم گیری چند معیاره»، نشریه مهندسی عمران شریف، دوره ۳۳، شماره ۱، ص ۸۱-۸۸.۲

[۱۸] محمودیان شوشتری، منا؛ ملک محمدی، بهرام؛ بنی هاشمی، محمدعلی؛ ۱۳۹۵؛ «ارزیابی ریسک ایمنی سدها (مطالعه موردی : ریسک سیلاب در سد گلستان) » ، نشریه علمی-پژوهشی امیرکبیر-مهندسی عمران و محیط زیست، دوره ۴۸، شماره ۴، ص ۳۹۵-۴۰۵.

[۱۹] صیادی، احمدرضا؛ حیاتی، محمد؛ آذر، عادل؛ ۱۳۹۰؛ «ارزیابی و رتبه بندی ریسک در پروژه های تونل سازی با استفاده از روش تخصیص خطی»، نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید، دانشگاه علم و صنعت ایران، دوره ۲۲، شماره ۱، ص ۲۸-۳۸.

[۲۰] عسکری، محمد مهدی؛ صادقی شاهدانی، مهدی؛ سیفلو، سجاد؛ ۱۳۹۵؛ «شناسایی و اولویت بندی ریسک های پروژه های بالادستی نفت و گاز در ایران با استفاده از قالب ساختار شکست ریسک (RBS) و تکنیک تاپسیس (TOPSIS) »، فصلنامه پژوهش ها و سیاست های اقتصادی، سال۲۴، شماره ۷۸، ص ۵۷-۹۶.

[۲۱] رمضان نیا، سید رسول؛ عطایی، محمد؛ میرزایی نصیرآباد، حسین؛ ۱۳۹۴؛« اولویت بندی ریسک های زمین شناسی در تونل سازی مکانیزه با استفاده از روش های تصمیم گیری چندمعیاره فازی»، نشریه علمی-پژوهشی روش های تحلیلی و عددی در مهندسی معدن، شماره ۱۰، ص ۴۹-۶۲.

[22] Zhou, H., Zhao, Y., Shen, Q., Yang, L., Cai, H. ; 2020. "Risk assessment and management via multi-source information fusion for undersea tunnel construction", Automation in Construction, Vol.111, pp. 1-16.

[23] Stirbanovic, Z., Stanujkic, D., Miljanovic, I., Milanovic, D.; 2019. "Application of MCDM methods for flotation machine selection", Minerals Engineering, Vol. 137, pp. 140-146.

[۲۴] مشایخی، علینقی؛ فرهنگی، علی اکبر؛ مومنی، منصور؛ علی دوستی، سیروس ۱۳۸۴؛ «بررسی عوامل کلیدی موثر بر کاربرد فناوری اطلاعات در سازمان های دولتی ایران: کاربرد روش دلفی»، فصلنامه مدرس علوم انسانی، ویژه نامه مدیریت، دوره ۹، شماره ۳، ص ۱۹۱-۲۳۱.

[25] Powell, C.; 2003. "The Delphi Technique: Myths and Realities", Methodological Issues in Nursing Research, Vol. 41 (4), pp. 376-382.

[۲۶] صالحی، مجتبی؛ همه وند، محمد؛ ۱۳۹۵؛ «رویکردی نوین مبتنی بر تجزیه و تحلیل آنالیز خطا و کپ لند جهت استخراج و اولویت بندی مخاطرات موثر بر مدت زمان تکمیل پروژه ها»، نشریه علمی-پژوهشی مدیریت فردا، شماره ۴۶، ص ۴۹-۷۲.

www.SID.ir

Archive of SID

[۲۷] عطایی، محمد (۱۳۸۸) ، تصمیم گیری چند معیاره، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود.

[28] Saati T.; 1980. "The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation", McGraw-Hill, New York.

[29] Wu, Z., Xu, J., Jiang, X., Zhong L.; 2019. "Two MAGDM models based on hesitant fuzzy linguistic term sets with possibility distributions: VIKOR and TOPSIS", Information Sciences, Vol. 473, pp. 101-120.

پی نوشت

[1] Project Management Body of Knowledge (PMBOK)

[2] Analytical Hierarchy process (AHP)

[3] Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP)

[4] Elimination et Choice in Translation to Reality (ELECTRE)

[5] Particle swarm optimization (PSO)

[6] Event Tree Analysis (ETA)

[7] Risk Breakdown Structure (RBS)

www.SID.ir

Archive of SID

[1] Project Management Body of Knowledge
[2] Analytical Hierarchy process
[3] Fuzzy Analytical Hierarchy Process
[4] Elimination et Choice in Translation to Reality
[5] Particle swarm optimization
[6] Event Tree Analysis
[7] Risk Breakdown Structure

www.SID.ir