

## ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک پروژه‌های مشارکت عمومی خصوصی بر مبنای تلفیق تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (مطالعه موردی: آزادراه شمال)

ابراهیم جوکار<sup>۱</sup>، بابک امین نژاد<sup>۲\*</sup>، علیرضا لرک<sup>۳</sup>

۱- گروه عمران، واحد بین‌المللی کیش، دانشگاه آزاد اسلامی، جزیره کیش، ایران.

۲- گروه عمران، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران.

۳- گروه عمران، واحد صفادشت، دانشگاه آزاد اسلامی، صفادشت، ایران.

### تاریخچه داوری:

دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۰۸

بازنگری: ۱۳۹۹/۰۵/۰۸

پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۲۴

ارائه آنلاین: ۱۳۹۹/۱۰/۰۶

### کلمات کلیدی:

اولویت‌بندی ریسک

پروژه آزادراهی

روش مشارکت عمومی- خصوصی

روش تحلیل نسبت ارزیابی وزن

دهی تدریجی (SWARA)

روش ارزیابی تناسب جامع (CO-PRAS)

(PRAS)

**خلاصه:** اجرای پروژه‌های زیرساختی از جمله عوامل مهم و حیاتی در رشد و توسعه اقتصادی کشورها به شمار می‌رود. در سال‌های اخیر بدلیل رشد روزافزون جمعیت و توسعه اقتصادی کشورهای مختلف در حال توسعه، نیاز شدیدی به توسعه زیرساخت‌ها در بسیاری از کشورها احساس می‌شود. یکی از مهمترین جنبه‌های ساخت و توسعه پروژه‌های عمرانی، تأمین مالی پروژه‌هاست که مهمترین نقش را در توسعه و رسیدن به اهداف از پیش تعیین شده ایفا می‌کند. به همین منظور در پژوهش حاضر، مطالعه موردی در پروژه‌های آزادراهی کشور ایران و انجام مصاحبه‌های نیمه ساختار یافته با متخصصین و خبرگان در زمینه قراردادهای مشارکت عمومی- خصوصی در کشور قرار گرفته است. بدین منظور در گام نخست به شناسایی و غربال ریسک‌ها از دیدگاه کارشناسان قراردادهای مشارکت عمومی- خصوصی و معرفی معیارهای ارزیابی ریسک پرداخته، سپس با استفاده از روش تحلیل نسبت ارزیابی وزن دهی تدریجی، وزن معیارها در پروژه آزادراه تهران شمال بدست آورده شد. در نهایت رتبه‌بندی نهایی ریسک‌های قراردادهای مشارکت عمومی- خصوصی، با در نظر گرفتن نتایج گام‌های اولیه و با استفاده از روش ارزیابی تناسب جامع صورت گرفته است. از این رو جهت ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک‌های پروژه مشارکت عمومی- خصوصی، ریسک‌های شناسایی شده در گام اول غربالگری و در گام نهایی رتبه‌بندی شدند. نتایج نشان می‌دهد که ریسک‌های کیفیت پایین مواد و تجهیزات، مقاومت از طرف ذی‌نفعان برای تصویب و نداشتن اهداف واقع‌بینانه از اهمیت بالایی برخوردار هستند. چارچوب پیشنهادی می‌تواند به ذی‌نفعان قراردادهای مشارکت عمومی- خصوصی کشورهای در حال توسعه کمک کند تا ریسک‌های قراردادهای مشارکت عمومی را بهتر مدیریت کنند.

### ۱- مقدمه

در یک تعریف کلی، مشارکت عمومی- خصوصی عبارت است از چارچوبی قراردادی مابین یک نهاد خصوصی و یک نهاد عمومی که با هدف ارائه خدمات زیرساختی به مردم با کمک بخش خصوصی ایجاد می‌شود. در این تعریف می‌توان وظایف و مسئولیت بخش خصوصی در ارائه خدمات زیرساختی را در سطوح مختلفی مانند تأمین مالی، طراحی و ساخت، مدیریت، تعمیر و نگهداری و بهره‌برداری پیش‌بینی نمود. ان‌جی و همکاران [۱] یک مدل شبیه‌سازی برای شناسایی دوره تضمین بر اساس سرمایه‌گذاری مورد انتظار و تعرفه‌های موجود

\* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: aminnejad@riau.ac.ir

در قراردادهای مشارکت عمومی- خصوصی ارائه نموده‌اند. به همین منظور ابتدا اساسی‌ترین نیازهای بنیادین در ایجاد سناریوهای مختلف تعیین کننده ریسک‌ها و فاکتورهای مؤثر بر عدم اطمینان در این‌گونه پروژه‌ها را شناسایی نموده و سپس با استفاده از یک مدل تصمیم‌گیری چند معیاره فازی، سه دسته از مهمترین پارامترهای مؤثر در این زمینه تعیین شده است. ویژگی‌های ترکیبی ارائه شده در مدل تصمیم‌گیری چند معیاره ارائه شده در این پژوهش، امکان انتخاب سناریوی برتر به منظور تعیین برنده در چنین مناقصاتی را ارائه می‌نماید. پس از ارائه مدل پیشنهادی، یک نمونه موردی برای اعتبارسنجی آن مورد بررسی قرار گرفته و بر اساس آن، اهمیت تصمیم‌گیری در خصوص انتخاب



پرداخته خواهد شد، در انتها برای رتبه‌بندی ریسک‌های مؤثر، از روش COPRAS استفاده گردید.

باقی مطالب این مقاله از مرور مطالعات گذشته در ارتباط با شناسایی و ارزیابی ریسک‌های قراردادهای مشارکت عمومی- خصوصی آغاز می‌گردد. سپس به معرفی فرمول‌ها و تکنیک‌های ارزیابی ریسک می‌پردازد. پس از آن کاربرد روش‌شناسی پیشنهادی نشان داده می‌شود، سپس نتایج و بحث‌های مربوطه بیان می‌شوند. نتیجه‌گیری و چشم‌اندازها در بخش آخر ارائه می‌گردند.

## ۲- مبانی نظری و مروری بر مطالعات گذشته

که و همکاران در پژوهش خود به بررسی مسأله تخصیص ریسک‌های موجود در جهت پیاده‌سازی قراردادهای مشارکت عمومی- خصوصی پروژه‌های ساخت و ساز کشور چین با استفاده از تکنیک دلفی پرداخته‌اند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که بخش دولتی تنها مسئولیت ریسک (سبک مالکیت و بومی‌سازی) را بر عهده خواهد داشت و مسئولیت اکثریت ریسک‌های شناسایی شده بعدی مربوط به مقامات دولتی بوده و مستلزم اقدامات آنها خواهد بود. علاوه بر این، ۱۴ ریسک که بخش‌های عمومی و خصوصی قادر به مقابله با آنها نیستند، باید به طور مساوی در بین آنها به اشتراک گذاشته شود. بخش خصوصی مسئولیت ۱۰ ریسکی که در سطح پروژه قرار دارد را بر عهده داشته و بر این اساس باید راهکارهای اجرایی در راستای برون رفت از ریسک‌های شناسایی شده پیشنهاد گردد [۳]. آلبرت و همکاران در پژوهش خود با انجام پیمایشی موانع اصلی اجرای موفق مشارکت عمومی- خصوصی در پکن و هنگ‌کنگ را بررسی کرده و بر این اساس، به اولویت‌بندی ۱۳ مانع بالقوه مشارکت استخراج شده از ادبیات پژوهشی تحقیق پرداخته‌اند. بر اساس یافته‌های این تحقیق، سه مانع تأخیرات زیاد در روند مذاکرات، نبود تجربه و مهارت کافی و تأخیرات زیاد به دلیل مناقشات و مباحث سیاسی در انعقاد قراردادهای مشارکت عمومی- خصوصی، به ترتیب به عنوان موانع اصلی توسعه مشارکت در پکن بوده که مورد اول و سوم در هنگ‌کنگ نیز صادق بوده است؛ ولی عامل رسیدن تعداد کمی از پروژه‌ها به مرحله عقد قرارداد لغو قرارداد پیش از انعقاد آن در رتبه دوم به لحاظ درجه مانعیت مشارکت، در هنگ‌کنگ ارزیابی شده است [۴]. آجیمانگ در مطالعه خود با عنوان کارایی مشارکت‌های

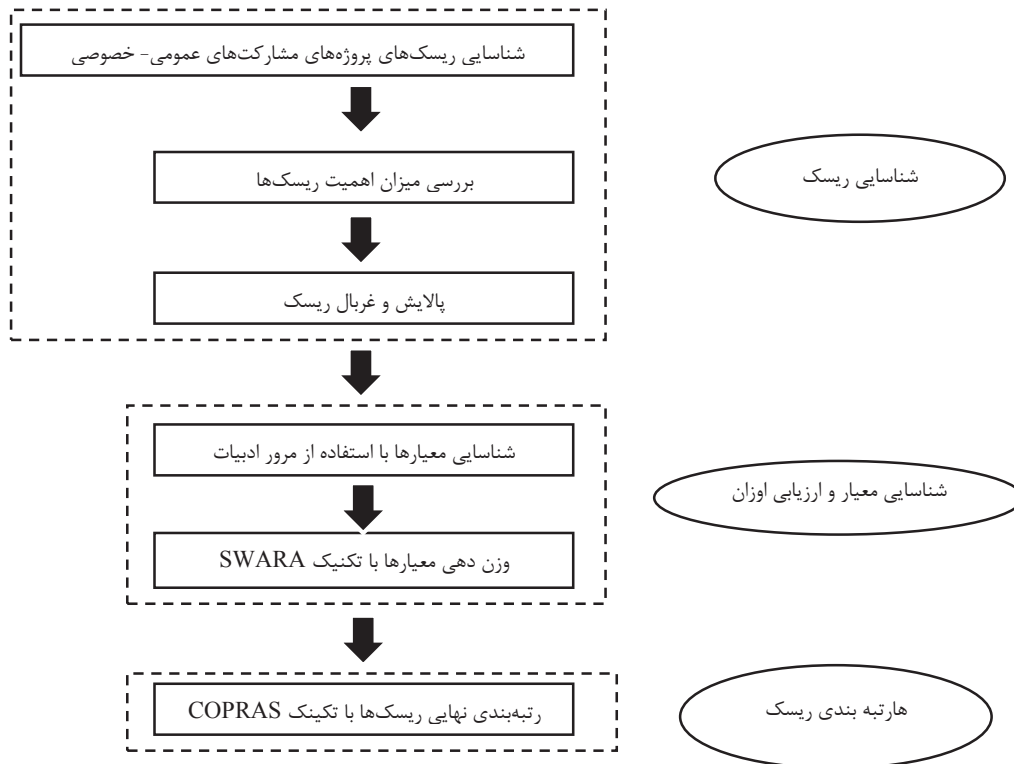
برنده در مناقصه بر مبنای تصمیم‌گیری گروهی ارزیابی شده است. والی‌پور و همکاران در مقاله خود، روشی برای اولویت‌بندی ریسک در پروژه‌های مشارکت عمومی- خصوصی با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای و با مطالعه موردی در یک پروژه آزادراهی در کشور ایران ارائه نموده‌اند. داده‌های مربوط به این مطالعه از طریق بررسی ادبیات، مصاحبه و بررسی پرسشنامه‌های توزیع شده در بین متخصصان در زمینه پروژه‌های مشارکت عمومی- خصوصی آزادراهی جمع‌آوری شده است. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که ریسک‌های مالی، حقوقی و سیاسی مهمترین گروه ریسک‌های شناسایی شده در این پروژه‌ها هستند، اگر چه طراحی نامناسب، تغییر در ارزش زمین‌های اعطا شده و پایان دادن به امتیازات نیز از درجه اهمیت بالایی در بین ریسک‌های شناسایی شده برخوردار هستند [۲]. ماهیت توسعه زیر ساخت‌های عمرانی همواره با مفاهیم اتکایی و تامل‌پذیری همچون پذیرش ریسک سروکار خواهد داشت و بدون پذیرش ریسک قادر به سودآوری و رشد نیستند. ریسک در پروژه‌های مشارکت عمومی- خصوصی رویدادها یا وضعیت‌های ممکن الوقوع نامعلوم هستند که در صورت وقوع بصورت پیامدهای منفی یا مثبت بر اهداف پروژه مؤثر می‌باشد هر یک از این رویدادها یا وضعیت‌ها دارای علل مشخص و نتایج و پیامدهای قابل تشخیص هستند. یکی از مشکلات مدیران پروژه‌ها، شناسایی و نحوه برخورد با ریسک در پروژه می‌باشد، بنابراین فاز شناسایی و اولویت‌بندی ریسک، مسأله‌ای مهم در مدیریت ریسک است. در این مقاله به دنبال روشی مفید برای تصمیم‌گیری و انتخاب اولویت مناسب ریسک و رتبه‌بندی آنها هستیم تا نتایج این مطالعه، کمکی به مدیران و کارشناسان پروژه‌ها باشد. الگوریتم این تحقیق بر مبنای شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های قراردادهای مشارکت عمومی- خصوصی طراحی شده است. روش خاص بررسی و رتبه‌بندی این ریسک‌ها، متفاوت از مطالعات گذشته می‌باشد و تاکنون برای ریسک‌های قراردادهای مشارکت عمومی- خصوصی استفاده نشده است. در مرحله اول ریسک‌های قراردادهای مشارکت عمومی- خصوصی را از طریق مرور ادبیات شناسایی کرده سپس با استفاده از پرسشنامه از کارشناسان نظام‌مهندسی خواسته می‌شود ریسک‌های مؤثر در قراردادهای مشارکت عمومی- خصوصی بر اساس اهمیت انتخاب شوند در ادامه به شناسایی معیارهای ارزیابی ریسک پرداخته خواهد شد و با استفاده از روش SWARA، به ارزیابی وزن هر معیار

عمومی - خصوصی در پروژه‌های زیرساختی با پیمایش‌های مختلف به بررسی عوامل موفقیت این مشارکت‌ها پرداخته است. این تحقیق بیان می‌دارد که تخصیص ریسک باید به عنوان یکی از موضوعات مهم در مشارکت‌های عمومی - خصوصی مورد توجه قرار بگیرد. بخش دیگر تحقیق که به شناسایی و رتبه‌بندی مشکلات و محدودیت‌های این مشارکت‌ها می‌پردازد، دعاوی عمومی و کاربرد صرف پروژه‌های بزرگ در مشارکت‌های عمومی - خصوصی به عنوان دو مشکل عمده این مشارکت‌ها ارزیابی شده‌اند [۵]. والی‌پور و همکاران در تحقیق خود اقدام به ارائه یک رویکرد بهینه‌سازی چند هدفه برای تخصیص ریسک در پروژه‌های مشارکت عمومی و خصوصی با مطالعه موردی در کشور مالزی پرداخته‌اند. در این تحقیق، ریسک‌های موجود در پروژه‌ها از طریق بررسی جامع ادبیات و بررسی پرسشنامه حاصل از متخصصان درگیر در پروژه‌های مشارکت عمومی - خصوصی در کشور مالزی، مورد شناسایی قرار گرفته و سپس توابع هدف به منظور به حداقل رساندن کل زمان و هزینه پروژه و به حداکثر رساندن کیفیت با رعایت محدودیت‌های آستانه ریسک، توسعه یافته است. ماهیت ترکیبی مسأله تخصیص ریسک، یک وضعیت چند هدفه را که می‌تواند به عنوان یک مشکل پیچیده شبیه‌سازی شود، توصیف می‌کند [۶]. لیو و همکاران در تحقیق خود، به ارزیابی مهمترین عوامل مؤثر بر اثر بخشی و کارایی تدارکات در پروژه‌های قراردادی مبتنی بر روش مشارکت‌های عمومی - خصوصی در کشورهای استرالیا و چین پرداخته‌اند. در این تحقیق، ۱۴ عامل بحرانی در پیاده‌سازی تدارکات در پروژه‌های مشارکت‌های عمومی - خصوصی تحت اثر ۷ عامل اصلی توسعه کسب‌وکار، کیفیت روند انجام کار، ظرفیت بخش دولتی، ساختار دولتی، اثر بخشی ارتباطات، تعادل بین رقابت ارکان پروژه و شفافیت فرایندهای مناقصه شناسایی شده و نتایج تجزیه و تحلیل مقایسه‌ای این عوامل در دو کشور مذکور، نشان داد که اختلاف آماری معنی داری در خصوص میزان اهمیت عوامل در بین پروژه‌های مشارکت‌های عمومی - خصوصی دو کشور مورد مطالعه وجود داشته و با اتخاذ استراتژی‌های توصیه شده، هر دو بخش دولتی و خصوصی درگیر در پروژه‌های مشارکت‌های عمومی - خصوصی در موقعیت بهتری برای ساخت و مدیریت فرایندهای مناقصه قرار خواهند گرفت [۷]. کی‌پرس و فینما در تحقیق دیگری به بررسی و ارزیابی ریسک و شیوه‌های مدیریت ریسک در پروژه‌های مشارکت‌های عمومی -

خصوصی پرداخته‌اند. نتایج این تحقیق نشان داد که سازمان‌ها با چندین ریسک غیر قابل جبران مرتبط با مدیریت پروژه و مسئولیت‌های مدیریت پروژه مواجه هستند که از جمله مهمترین آنها می‌توان به عدم وجود تعداد کافی از کارکنان واجد شرایط، عدم وجود یک تیم با سیستم عملکردی مشترک، عدم اختصاص شفاف مسئولیت‌ها و نبود قدرت تصمیم‌گیری در پروژه در حین بروز تغییرات، عدم وجود توافق برای مشارکت در به عهده گرفتن تغییرات مورد نیاز در طول پروژه، نبود زمان‌بندی مشخص برای شروع مشارکت در پروژه اشاره نمود [۸]. تجزیه و تحلیل عوامل شناسایی شده در این تحقیق نشان داد که نقش سطوح مختلفی از آگاهی ریسک و دخالت مدیریت ارشد در کاهش و برون‌رفت از ریسک‌های شناسایی شده بسیار حائز اهمیت می‌باشد. همان‌طور که از مرور ادبیات پژوهشی مشخص گردید، شکاف تحقیقاتی که در پژوهش‌های پروژه‌های مشارکت‌های عمومی - خصوصی وجود دارد عدم پرداختن به ریسک‌های ارزیابی بر اساس رویکردهای دقیق است از این رو در این پژوهش به رویکردهای جدیدی در این حوزه پرداخت خواهد شد.

### ۳- روش شناسی تحقیق

الگوریتم تصمیم مسأله در این تحقیق بر مبنای شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های پروژه‌های مشارکت‌های عمومی - خصوصی طراحی شده و شامل سه بخش اصلی است. بخش اول، ریسک‌های پروژه‌های مشارکت‌های عمومی - خصوصی از طریق مرور ادبیات، از قبیل مقالات علمی، منابع اینترنتی، کتاب‌ها و اسناد موجود در شرکت‌های عمرانی شناسایی شده است، سپس با طراحی پرسشنامه از خبرگان خواسته شده تا ریسک‌ها را ارزش دهی کنند تا اهمیت هر ریسک مشخص گردد سپس غربال‌سازی ریسک‌ها با در نظر گرفتن میانگین کل ارزش‌ها انجام گرفته است و ریسک‌هایی که اهمیت شان از میانگین کل بیشتر بوده انتخاب شده‌اند. بخش دوم، به شناسایی معیارهای ارزیابی ریسک پرداخته و در ادامه با استفاده از روش SWARA وزن هر معیار مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت. بخش سوم بر ارزیابی هر ریسک در پروژه‌های مشارکت‌های عمومی - خصوصی تمرکز دارد. این بخش شامل طراحی، توزیع پرسشنامه و تجزیه و تحلیل با استفاده از روش COPRAS می‌باشد. شکل ۱ رویکرد مورد استفاده در این تحقیق را به نمایش می‌گذارد.



شکل ۱. مراحل اجرای تحقیق

Fig. 1. Steps of research

برای تعداد زیادی از مسائل تصمیم‌گیری قابل‌استفاده است [۱۲].  
 فرآیند رتبه‌بندی و وزن دهی معیارها با استفاده از روش SWARA  
 به شرح زیر است:

#### فاز اول) رتبه‌بندی معیارها

در این فاز ابتدا با استفاده از پرسشنامه از کارشناسان خواسته  
 می‌شود رتبه هر معیار را مشخص کنند، بطوری‌که مهم‌ترین معیار،  
 رتبه‌ی یک را گرفته و به کم‌اهمیت‌ترین آن‌ها رتبه‌ی آخر تعلق  
 خواهد گرفت، سپس گام‌های زیر انجام می‌شود [۱۲]:

#### ۳-۱- روش تحلیل نسبت ارزیابی وزن دهی تدریجی (SWARA)<sup>۱</sup>

روش (SWARA) یکی از روش‌های نوین تصمیم‌گیری  
 چندمعیاره است که در سال ۲۰۱۰ برای توسعه‌ی روش تحلیل  
 اختلاف معقول بین معیارها به کار گرفته شد [۹]. در این روش،  
 هر متخصص اهمیت هر معیار را با توجه به دانش ضمنی، اطلاعات  
 و تجربیات خود مشخص می‌کند، بطوری‌که مهم‌ترین معیار، رتبه‌ی  
 یک را گرفته و به کم‌اهمیت‌ترین آن‌ها رتبه‌ی آخر تعلق خواهد  
 گرفت، آنگاه با توجه به ارزش متوسط به‌دست‌آمده برای هر معیار  
 توسط متخصصین، وزن هر معیار تعیین می‌گردد [۱۰]. SWARA  
 بر مبنای نظرات خبرگان استوار است و یک روش کاملاً قضاوتی  
 می‌باشد. در این روش خبرگان می‌توانند با یکدیگر مشورت کنند، این  
 مشورت نتایج حاصله را نسبت به دیگر روش‌های MCDM دقیق‌تر  
 می‌کند [۱۱]. روش SWARA ساده و قابل‌فهم است و در مقایسه با  
 روش‌هایی مانند ANP و AHP پیچیدگی کمتری دارد و به راحتی

1 Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis

$\bar{t}_j = \frac{\sum_{k=1}^r t_{jk}}{r}$	<p>مقادیر <math>t_{jk}</math> برای پردازش آماری از طریق مصاحبه با پاسخ‌دهندگان به دست می‌آیند، سپس میانگین مقدار ویژگی <math>\bar{t}_j</math> محاسبه می‌شود. (<math>t_{jk}</math> رتبه‌بندی معیار <math>j</math> از طریق پاسخ‌دهنده <math>k</math> است و <math>r</math> تعداد پاسخ‌دهندگان می‌باشد)</p>	<p>(۱) محاسبه مقادیر <math>t_{jk}</math></p>
$q_j = \frac{\bar{t}_j}{\sum_{j=1}^n \bar{t}_j}$	<p>وزن معیارها با تقسیم مجموع میانگین مقادیر معیارها بر میانگین مقدار هر معیار محاسبه می‌شوند. (<math>n</math> تعداد معیارهای ارزیابی می‌باشد و مجموع وزن معیارها باید معادل با یک باشد، که به معنای <math>\sum_{j=1}^n q_j = 1</math> است)</p>	<p>(۲) شناسایی وزن‌ها (<math>q_j</math>)</p>
$\sigma^2 = \frac{1}{r-1} \sum_{k=1}^r (t_{jk} - \bar{t}_j)^2$	<p>طبق نظر کارشناسان</p>	<p>(۳) محاسبه پراکندگی رتبه‌بندی معیارها <math>\sigma^2</math></p>
$W = \frac{12S}{r^2(n^3 - n) - r \sum_{k=1}^r T_k}, w \in [0;1]$	<p>قابلیت اطمینان داده‌ها می‌تواند با ضریب همبستگی (سازگاری) نظرات پاسخ‌دهندگان از طریق توصیف میزان نزدیکی دیدگاه‌های فردی بیان شود. (<math>S</math> مجموع مربعات انحراف رتبه‌بندی‌های هر معیار است. <math>T_k</math> شاخص رتبه‌های تکرار شده در مرتبه <math>r</math> است)</p>	<p>(۴) تعیین مقادیر <math>W</math></p>
$S = \sum_{j=1}^n \left[ \sum_{k=1}^r t_{jk} - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r t_{jk} \right]^2$	<p>درجه آزادی معیارها <math>v = n - 1</math> است.</p>	<p>(۵) تعیین انحراف رتبه‌بندی معیارها</p>
$\chi^2_{(\alpha, v)} = W \cdot r \cdot (n - 1) = \frac{12S}{r \cdot n(n + 1) - \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^r T_k}$	<p>(۶) محاسبه مقادیر <math>\chi^2</math></p>	
<p>در گام نهایی چنانچه مقدار محاسبه شده <math>\chi^2</math> بزرگ‌تر از مقدار بحرانی جدول <math>\chi^2_{tbl}</math> برای سطح از پیش تعیین شده معناداری (برای مثال، <math>\alpha=0/05</math>) باشد، پس فرضیه درباره توافق "نظرات" کارشناسان مستقل رد نمی‌شود. همچنین، اگر <math>\chi^2_{\alpha, v} &gt; \chi^2_{tbl}</math>، معناداری ضریب همبستگی در سطح <math>\alpha</math> وجود دارد؛ توافق عقاید کارشناسان رضایت‌بخش است و نظرات گروه تثبیت می‌شود.</p>	<p>(۷) آزمایش <math>\chi^2 &gt; \chi^2_{tbl}</math></p>	

**فاز دوم) وزن دهی معیارها**

پس از مرتب‌سازی معیارهای ارزیابی مربوطه در فاز اول، گام‌های زیر برای وزن دهی معیارها اجرا می‌شود [۱۲]:

<p>استفاده از معیار <math>z</math>ام برای تعیین اهمیت نسبی در رابطه با معیار <math>1 - z</math>، طبق نظر کارشناسان با در نظر گرفتن بازه <math>0/5</math></p>	<p>(۸) اهمیت نسبی <math>S_j</math></p>
$k_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ S_j + 1 & j > 1 \end{cases}$	<p>(۹) تعیین ضریب <math>k_j</math></p>

$$q_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ \frac{k_{j-1}}{k_j} & j > 1 \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{میزان وزن اولیه} \\ \text{هر شاخص} \end{array} \quad (10)$$

$$w_j = \frac{q_j}{\sum_{j=1}^n q_j} \quad \begin{array}{l} \text{وزن نرمال نهایی} \\ \text{معیارها} \end{array} \quad (11)$$

بار در سال ۱۹۹۴ توسط زاوادسکاس و همکارانش معرفی گردید [۱۳]. گرچه حدود دو دهه از ارائه این روش گذشته است، اما استفاده از این روش یک سیر صعودی را طی کرده و در همه رشته‌های علمی

روش (COPRAS) از خانواده روش‌های سازشی است که اولین روش ارزیابی تناسب جامع (COPRAS) [۲-۳]

انتخاب بهترین مجموعه از معیارها و ریسک‌های ریسک‌های پروژه‌های مشارکت‌های عمومی - خصوصی در گام اول تحقیق و معیارهای ارزیابی در گام دوم تحقیق شناسایی خواهند شد. (۱)

$$D = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ A_1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ A_2 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ A_m & x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{matrix} \quad \begin{array}{l} \text{تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری } D \text{ با } m \text{ گزینه و } n \\ \text{شاخص} \end{array} \quad (2)$$

$$i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^n x_{ij}} \quad \begin{array}{l} \text{نرمالایزه کردن ماتریس تصمیم‌گیری} \end{array} \quad (3)$$

$$v_{ij} = w_j * r_{ij} \quad \begin{array}{l} \text{محاسبه ماتریس نرمال شده وزین} \end{array} \quad (4)$$

$$P_i = \sum_{j=1}^k v_{ij} \quad \begin{array}{l} \text{محاسبه شاخص‌های مثبت } P_i \end{array} \quad (5)$$

$$R_i = \sum_{j=k+1}^m v_{ij} \quad \begin{array}{l} \text{محاسبه شاخص‌های منفی } R_i \end{array} \quad (6)$$

$$Q_i = P_i + \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{R_i \sum_{i=1}^m \frac{1}{R_i}} \quad \begin{array}{l} \text{محاسبه اهمیت نسبی (وزن) هر گزینه} \end{array} \quad (7)$$

$$K = \max Q_i \quad \begin{array}{l} \text{تعیین معیار بهینه توسط فرمول } K \end{array} \quad (8)$$

$$N_i = \frac{Q_i}{K} * 100\% \quad \begin{array}{l} \text{محاسبه درجه مطلوبیت هر گزینه} \end{array} \quad (9)$$

در انتها مقادیر گزینه‌ها را به ترتیب نزولی مرتب و رتبه‌بندی می‌گردد. رتبه‌بندی گزینه‌ها (۱۰)

خبرگان اهمیت داده شود، توان علمی و ارتباط داشتن دانش افراد با موضوع اهمیت دارد، به عنوان مثال در روش هایی مانند *ahp* و *delphi*، بصورت معمول، تعداد خبرگان  $7 \pm 2$  نفر می باشد تا ناسازگاری نظرات خبرگان به کمترین میزان ارزیابی خود برسند [۱۸]. کارشناسان تحقیق شامل افرادی است که در پروژه مورد نظر درگیر یا از آن اطلاع دارند که شامل ۹ نفر از کارشناسان پروژه های عمرانی می باشند و مشخصات خبرگان در جدول ۱ ارائه شده است.

#### گام اول) شناسایی ریسکها

پس از بررسی های گوناگون با استفاده از مطالعات کتابخانه ای، مقالات، اسناد، پایان نامه های در دسترس در خصوص ریسک های پروژه های مشارکت عمومی- خصوصی، اطلاعاتی جمع آوری شده است. بر این اساس، ۵۲ ریسک پروژه های مشارکت عمومی- خصوصی در ۱۲ گروه شناسایی گردید که در جدول ۲ نشان داده شده است.

#### گام دوم) بررسی میزان اهمیت ریسکها

در این گام برای مشخص نمودن اهمیت هر یک از ریسک های پروژه های مشارکت عمومی- خصوصی پرسشنامه ای طراحی می شود و بین کارشناسان توزیع می گردد که به وسیله نظرخواهی از

کاربرد دارد [۱۴]. مزیت این روش نسبت به سایر روش ها، ساده بودن مراحل کار، در نظر گرفتن کلیه داده های یک معیار، تفکیک معیارهای مثبت و منفی است [۱۵]. در این روش گزینه های مختلف از نظر معیارهای متعدد به صورت مستقل (نه مقایسه زوجی) مورد ارزیابی قرار گرفته و بر اساس هدف اولویت بندی می شوند [۱۶]. فرآیند روش COPRAS به شرح زیر است [۱۷]:

#### ۴- نتایج و بحث

##### ۴-۱- مطالعه موردی

هر ساله پروژه های مشارکت های عمومی- خصوصی به دلیل افزایش جمعیت اجرا می گردد. با گذشت زمان این پروژه ها اثرات مخربی بر محیط زیست می گذارند در نتیجه مدیریت مناسب پروژه های مشارکت های عمومی- خصوصی راهکار مناسبی برای کاهش این اثرات می باشد؛ بنابراین، لازم است ارزیابی ریسک بر روی پروژه های مشارکت های عمومی- خصوصی صورت گیرد تا راهکار مفیدی برای مدیران باشد.

در روش های تصمیم گیری، دقت نظرات در انتخاب مناسب و صحیح تعداد خبرگان پژوهش می باشد. برای این مسأله در روش هایی که مبتنی بر نظرات خبرگان است، بیشتر از اینکه به تعداد

جدول ۱. مشخصات کارشناسانی که مورد مطالعه قرار گرفتند

Table 1. Details of the experts who were studied

ردیف	مشخصات پاسخ دهنده	رشته تحصیلی	سابقه کار در پروژه های ساختمانی	میزان تحصیلات	جنس	سن	آشنایی با پروژه های مشارکت های عمومی- خصوصی		
							زیاد	متوسط	کم
D <sub>1</sub>	پاسخ دهنده ۱	عمران	۱۰ سال	ارشد	زن	۳۲	✓		
D <sub>2</sub>	پاسخ دهنده ۲	عمران	۱۲ سال	کارشناسی	مرد	۳۸		✓	
D <sub>3</sub>	پاسخ دهنده ۳	معماری	۱۰ سال	ارشد	زن	۳۵	✓		
D <sub>4</sub>	پاسخ دهنده ۴	عمران	۱۷ سال	کارشناسی	مرد	۳۹	✓		
D <sub>5</sub>	پاسخ دهنده ۵	معماری	۱۵ سال	ارشد	مرد	۴۰	✓		
D <sub>6</sub>	پاسخ دهنده ۶	عمران	۳۵ سال	کارشناسی	مرد	۶۵	✓		
D <sub>7</sub>	پاسخ دهنده ۷	عمران	۱۳ سال	ارشد	مرد	۳۲	✓		
D <sub>8</sub>	پاسخ دهنده ۸	عمران	۱۵ سال	ارشد	مرد	۴۴	✓		
D <sub>9</sub>	پاسخ دهنده ۹	معماری	۱۲ سال	کارشناسی	زن	۴۱	✓		



پس از حذف ریسک‌های ناکارآمد، ریسک‌های مؤثر برای پروژه‌های مشارکت عمومی - خصوصی نیز در جدول ۲ نشان داده شده است؛ که شامل ۲۶ ریسک می‌باشد که در ۹ گروه طبقه‌بندی شده است (طبقه‌بندی ریسک‌های شناسایی شده بر اساس مطالعه کتابخانه ای و نظرات خبرگان در غربالگری اولیه می‌باشد؛ صورتی که ریسک‌های شناسایی شده در مطالعات کتابخانه ای طبقه بندی شده و توسط خبرگان تأیید و یا رد گردیده اند).

### گام چهارم) شناسایی معیارهای ارزیابی ریسک در پروژه‌های مشارکت عمومی - خصوصی

پس از بررسی‌های گوناگون با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای، مقالات، اسناد، پایان‌نامه‌های در دسترس در مورد موضوع مرتبط، اطلاعاتی در خصوص معیارهای ارزیابی ریسک جمع‌آوری شده است. بر این اساس ۱۲ معیار به منظور ارزیابی ریسک‌های پروژه‌های مشارکت عمومی - خصوصی شناسایی گردید که در جدول ۳ نمایش داده شده است.

صاحب‌نظران، کارآمد بودن و یا نبودن ریسک‌ها مشخص شود. اگرچه کارشناسان از شایستگی‌ها و توانایی‌های ذهنی خود برای انجام مقایسات استفاده می‌نمایند، اما قضاوت بشر عموماً با نظرات مبهم از قبیل "اهمیت خیلی کم = ۱"، "اهمیت کم = ۲"، "اهمیت متوسط = ۳"، "اهمیت زیاد = ۴"، "اهمیت خیلی زیاد = ۵" مشخص می‌شود. معمولاً تصمیم‌گیرندگان با استفاده از واژگان غیر دقیق و غیر کمی اتفاقات را محدود می‌کنند.

پس از پاسخ دادن پرسشنامه توسط کارشناسان در خصوص اهمیت هر یک از ریسک‌های پروژه‌های مشارکت عمومی - خصوصی، پرسشنامه مورد نظر جمع‌آوری شده است، در ادامه برای غربال و تأیید نهایی ریسک‌ها، هر ریسکی که ارزشش بیشتر مساوی میانگین کل ارزش‌ها (۴/۰۲۷) بود جزء ریسک‌های کارآمد به حساب می‌آید، انتخاب می‌شود و هر ریسکی که ارزشش کمتر از میانگین کل ارزش‌ها بود جزء ریسک‌های ناکارآمد به حساب می‌آید و حذف می‌شود.

### گام سوم) پالایش و غربال ریسک‌ها

جدول ۲. ریسک‌های پروژه‌های مشارکت عمومی - خصوصی

Table 2. Risks of public-private partnership projects

ریسک‌های مؤثر	ارزش	منابع	ریسک‌ها	گروه
<input type="checkbox"/>	۴/۴۴۴	[19,20]	عدم رعایت استاندارد	ساخت
<input type="checkbox"/>	۴/۱۱۱	[6,21]	تأخیر در تحویل تجهیزات به موقعیت (محل)	
<input type="checkbox"/>	۴/۴۴۴	[22,23]	هزینه‌های اضافی ناشی از ساخت‌وساز (تجهیزات و مواد)	
<input type="checkbox"/>	۳/۷۷۸	[19,22]	افزایش زمان ناشی از ساخت‌وساز	اقتصادی و مالی
<input type="checkbox"/>	۴/۱۱۱	[6,20,24-26]	تورم	
<input type="checkbox"/>	۴/۲۲۲	[23,24,27]	تأثیر نوسانات نرخ ارز و نرخ بهره در واردات مواد	
<input type="checkbox"/>	۴/۲۲۲	[19,23-25,28,29]	بودجه محدود	
<input type="checkbox"/>	۳/۸۸۹	[19,24,26]	نوسانات نرخ کار و مواد	
<input type="checkbox"/>	۴/۶۶۷	[19,26]	پیش بینی نادرست تقاضای بازار و عدم برآورد دقیق بازده سرمایه‌گذاری	
<input type="checkbox"/>	۳/۵۵۶		زمان‌بندی‌های نادرست در پرداخت	مدیریت
<input type="checkbox"/>	۴/۵۵۶	[19,26][29,30]	کمبود تجربه مدیریتی	
<input type="checkbox"/>	۴/۶۶۷	[22,26,28,29]	عدم آگاهی در مورد تکنولوژی و مواد	
<input type="checkbox"/>	۴	[20,22]	دسترسی محدود به تأمین‌کنندگان و اطلاعات	
<input type="checkbox"/>	۴/۳۳۳	[19,23]	فقدان شرکت‌های پیمانکاری با تجربه	
<input type="checkbox"/>	۳/۸۸۹	[22]	کمبود ابزار ارزیابی کمی برای عملکرد	
<input type="checkbox"/>	۳/۱۱۱	[19,22,26,28,29]	ارتباطات ضعیف میان سهامداران	
<input type="checkbox"/>	۴/۶۶۷	[21]	مقاومت از طرف ذی‌نفعان برای تصویب ایده‌ها	
<input type="checkbox"/>	۴/۲۲۲	[19,23,26,28,29]	تخصیص نامشخص نقش‌ها و مسئولیت‌ها	
<input type="checkbox"/>	۴/۱۱۱		نداشتن اهداف واقع بینانه	



گروه	ریسک‌ها	منابع	ارزش	ریسک‌های مؤثر
	مداخلات نامناسب مشتریان	[23,31]	۳/۴۴۴	
	عدم رعایت فاکتورهای ساختی	[20]	۴	
طراحی	عدم وجود اسناد و اطلاعات برای فن‌آوری‌های جدید	[21,26]	۴/۳۳۳	<input type="checkbox"/>
	کیفیت طراحی نامناسب	[19,21,26,29,32]	۴/۲۲۲	<input type="checkbox"/>
	محدودیت خلاقیت و نوآوری در طراحی	[20]	۳/۷۷۸	
زیست محیطی	شرایط نامساعد زمین‌شناسی	[21]	۳/۷۷۸	
	شرایط نامساعد آب و هوا	[21,33]	۳/۶۶۷	
کیفیت و مسائل فنی	عدم اطمینان در عملکرد مواد و تجهیزات	[19,22]	۴/۲۲۲	<input type="checkbox"/>
	فقدان اطلاعات / اسناد برای ارزیابی ساخت	[19]	۴/۲۲۲	<input type="checkbox"/>
	محدودیت‌های تولید و تکنولوژی جدید	[22,26]	۳/۸۸۹	
	کیفیت پایین مواد و تجهیزات	[2,26]	۴/۱۱۱	<input type="checkbox"/>
	کنترل کیفیت نامناسب و کار معیوب	[22]	۴/۲۲۲	<input type="checkbox"/>
	دوام مواد (تکنولوژی جدید)	[19,21]	۴/۲۲۲	<input type="checkbox"/>
	استفاده از فن‌آوری‌های غیرمجاز در زمینه ساخت‌وساز	[19]	۴/۴۴۴	<input type="checkbox"/>
	فقدان محصولات جدید برای برآورده ساختن	[19]	۳/۸۸۹	
	پیچیدگی فنی	[21,22,24,26,28]	۴/۳۳۳	<input type="checkbox"/>
	عدم نقل و انتقالات به موقع مالی به دلیل تحریم	[6,20]	۳/۸۸۹	
سیاسی	عدم انتقال مواد و مصالح به دلیل تحریم	[6]	۳/۸۸۹	
	تغییر سیاست‌ها یا قوانین و مقررات محلی (سیاست‌های دولتی)	[19,24,26]	۴/۲۲۲	<input type="checkbox"/>
	بوروکراسی حکومتی و روند تصویب پیچیده در پروژه	[19,24,26]	۳/۸۸۹	
مواد و مصالح	عدم تعریف روشن از مواد بکارگیری در پروژه	[20]	۴/۲۲۲	<input type="checkbox"/>
	خسارات ناشی از خطای انسانی	[21,28]	۳/۸۸۹	
نیروی کار	کمبود متخصصان ماهر و باتجربه	[21]	۴/۳۳۳	<input type="checkbox"/>
	قراردادهای پیچیده و مبهم و غیرحرفه‌ای		۳/۸۸۹	
قانونی	فقدان قراردادهای مشابه مربوط به پروژه‌های مشارکت عمومی - خصوصی	[19]	۳/۷۷۸	
	کنترل ضعیف بر قراردادهای	[29-31]	۳/۷۷۸	
	تاخیر در صدور اسناد	[34,35]	۳/۱۱۱	
	تقابل ماهیت پروژه با ارزش‌های فرهنگی		۳/۵۵۶	
اجتماعی	عدم مشارکت و همکاری انجمن‌ها و سازمان‌ها		۳/۸۸۹	
	حوادث منجر به معلولیت یا فوت	[19,22,31,34,36]	۳/۷۷۸	
ایمنی	حوادث منجر به آسیب‌دیدگی و مصدومیت	[22,31,34,37]	۳/۷۷۸	
	عدم شناسایی فعالیت‌های پر خطر		۳/۵۵۶	
	نبود تجهیزات ایمنی	[19]	۴/۲۲۲	<input type="checkbox"/>

#### ۲-۴-۲- نتایج محاسباتی

#### ۲-۴-۱- ارزیابی وزن معیارها با روش SWARA

ابتدا طی پرسشنامه از جامعه آماری خواسته شد تا معیارهای شناسایی شده در جدول ۳ را اولویت‌بندی نمایند، بطوری‌که معیارهای پر اهمیت در رده‌های بالاتر و معیارهای کم اهمیت‌تر

در رده‌های پایین‌تر قرار گیرند. پس از رتبه‌بندی معیارها توسط کارشناسان، فرآیند رتبه‌بندی معیار با استفاده از الگوریتم گفته شده در SWARA پیاده‌سازی خواهد شد. محاسبات در جدول ۴ نشان داده شده است.

پس از انجام محاسبات، نتایج نشان داد  $\mu_{\alpha, \nu} = 0.53/9 < 2$ ،  $\mu_{tbl}$  در نتیجه فرضیه رضایت کارشناسان در رتبه‌بندی پذیرفته شده است

جدول ۳. معیارهای ارزیابی ریسک‌های پروژه‌های مشارکت عمومی - خصوصی  
Table 3. Criteria for assessing the risks of public-private partnership projects

ردیف	معیار	توضیحات	هزینه / سود	منابع
۱	آسیب‌پذیری	آسیب‌پذیری و ضعف یک دارایی است که می‌تواند آن را به یک رخداد تبدیل کند.	هزینه	[6,38-40]
۲	تهدید	تهدید به عنوان یک رویداد با تأثیر بالقوه نامطلوب که بر روی اهداف پروژه (زمان، هزینه و کیفیت) تعریف می‌شود.	هزینه	[40-43]
۳	نتیجه	نتیجه یا دست آورد به عنوان یک رخداد یا حادثه بیان می‌شود.	هزینه	[6,38,39,41]
۴	منحصربه‌فرد بودن ریسک	یک ریسک ممکن است در هنگام برخورد با یک موضوع خاص، توجه خاصی را جلب کند.	هزینه	[44-46]
۵	عدم قطعیت ریسک	کمبود اطلاعات در خصوص ماهیت تابع توزیع احتمال معیارهای ریسک	هزینه	[40,41,43,44]
۶	مجاورت ریسک	مجاورت ریسک فاصله ایست که در طول آن انتظار می‌رود ریسک رخ دهد	هزینه	[42,44,46]
۷	اتصال ریسک	تأثیری که یک ریسک بر ریسک‌های دیگر می‌گذارد	هزینه	[43,45]
۸	واکنش به ریسک	قابلیت پاسخ مناسب برای کاهش تأثیر رخداد مربوطه	سود	[6,44,45]
۹	پیش‌بینی ریسک	این معیار تعیین می‌کند که ریسک ممکن است چه زمانی و کجا در پروژه رخ دهد	سود	[43,46]
۱۰	مدیریت ریسک	میزان کنترل کردن یک ریسک معین	سود	[38-40]
۱۱	قابلیت شناسایی	قابلیت و پتانسیل شناسایی و از بین بردن نقص	سود	[6,43]
۱۲	احتمال ریسک	میزان احتمالی که هر ریسک رخ خواهد داد	سود	[40,44]

جدول ۴. فرآیند محاسبات رتبه‌بندی معیارها  
Table 4. Criteria ranking calculation process

معیار	فرآیند محاسبه												
	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
مجموع رتبه‌ها	۹۴	۱۸	۴۳	۶۷	۱۴	۹۹	۹۶	۴۰	۲۲	۸۰	۵۶	۷۳	$\sum_{k=1}^{r=9} t_{jk}$
میانگین مقدار رتبه هر معیار $\bar{t}_j$	۱۰/۴۴	۲	۴/۷۸	۷/۴۴	۱/۵۶	۱۱	۱۰/۶۷	۴/۴۴	۲/۴۴	۸/۸۹	۶/۲۲	۸/۱۱	
رتبه هر معیار	۱۰	۲	۵	۷	۱	۱۲	۱۱	۴	۳	۹	۶	۸	
وزن هر معیار $q_j$	۰/۱۳۴	۰/۰۲۶	۰/۰۶۱	۰/۰۹۵	۰/۰۲۰	۰/۱۴۱	۰/۱۳۷	۰/۰۵۷	۰/۰۱۳	۰/۱۱۴	۰/۰۸۰	۰/۱۰۴	
$\sum_{k=1}^{r=9} (t_{jk} - \bar{t}_j)^2$	۱۰/۲۲۲	۶	۳/۵۵۶	۴/۲۲۲	۴/۲۲۲	۱۰	۴	۲/۲۲۲	۴/۲۲۲	۳۲/۸۸۹	۹/۵۵۶	۱۸/۸۸۹	
پراکندگی رتبه‌بندی $\sigma^2$	۱/۲۷۸	۰/۷۵۰	۰/۴۴۴	۰/۵۲۸	۰/۵۲۸	۱/۲۵۰	۰/۵	۰/۲۷۸	۰/۵۲۸	۴/۱۱۱	۱/۱۹۴	۲/۳۶۱	
رتبه‌بندی میانگین مجموع $V$	۵۸/۵												
جمع مربعات انحراف	۱۰۵۹۳												
مقادیر رتبه‌بندی $S$	۰/۹۱۴۵۲۹۹۱۵												
ضریب همبستگی $W$	۹۰/۵۳۸۴۶۱۵۴												
اهمیت ضریب همبستگی $\chi_{\alpha,v}^2$													
درجه همبستگی $\chi_{\alpha,v}^2$	مقدار درجه آزادی $V = 12 - 1 = 11$												

از جامعه آماری خواسته شد تا با در نظر گرفتن بازه ۰/۵، هر یک از معیارهای اولویت‌بندی شده را نسبت به معیار قبلی مورد ارزیابی قرار دهند. از آنجا که تمامی معیارها از اهمیت برخوردار هستند و

و نتایج رتبه‌بندی معیارها در جدول ۵ آمده است. پس از رتبه‌بندی معیارها، اهمیت نسبی هر یک از معیارها بدین صورت محاسبه می‌گردد: برای به دست آوردن اهمیت نسبی معیارها طی پرسشنامه

جدول ۵. نتایج حاصل از روش SWARA  
Table 5. Results of SWARA method

رتبه	نماد	معیار	$S_j$	$k_j = S_j + 1$	$q_j = \frac{k_{j-1}}{k_j}$	$w_j = \frac{q_j}{\sum q_j}$
۱	C <sub>1</sub>	واکنش به ریسک	-	۱	۱	۰/۲۲۶۵۵
۲	C <sub>2</sub>	قابلیت شناسایی	۰/۲۰۵۵۶	۱/۲۰۵۵۶	۰/۸۲۹۴۹	۰/۱۸۷۹۲
۳	C <sub>3</sub>	منحصربه‌فرد بودن ریسک	۰/۲۶۶۶۷	۰/۲۶۶۶۷	۰/۶۵۴۸۶	۰/۱۴۸۳۶
۴	C <sub>4</sub>	عدم قطعیت ریسک	۰/۴	۱/۴	۰/۴۶۷۷۶	۰/۱۰۵۹۷
۵	C <sub>5</sub>	مدیریت ریسک	۰/۲۲۲۲۲	۱/۲۲۲۲۲	۰/۳۸۲۷۱	۰/۰۸۶۷۰
۶	C <sub>6</sub>	تهدید	۰/۳	۱/۳	۰/۲۹۴۳۹	۰/۰۶۶۶۹
۷	C <sub>7</sub>	پیش‌بینی ریسک	۰/۳۰۵۵۶	۱/۳۰۵۵۶	۰/۲۲۵۴۹	۰/۰۵۱۰۹
۸	C <sub>8</sub>	آسیب‌پذیری	۰/۲۴۴۴۴	۱/۲۴۴۴۴	۰/۱۸۱۲۰	۰/۰۴۱۰۵
۹	C <sub>9</sub>	نتیجه	۰/۲۵۵۵۶	۱/۲۵۵۵۶	۰/۱۴۴۳۲	۰/۰۳۲۷۰
۱۰	C <sub>10</sub>	احتمال ریسک	۰/۴۲۳۳۳	۱/۴۲۳۳۳	۰/۱۰۰۶۹	۰/۰۲۲۸۱
۱۱	C <sub>11</sub>	مجاورت ریسک	۰/۳۱۶۶۷	۱/۳۱۶۶۷	۰/۰۷۶۴۷	۰/۰۱۷۳۲
۱۲	C <sub>12</sub>	اتصال ریسک	۰/۳۵	۱/۳۵	۰/۰۵۶۶۵	۰/۰۱۲۸۳
					sum=۴/۴۱۴۰۳۷	sum=۱

۳- در این گام ماتریس نرمال شده وزین طبق رابطه (۴) محاسبه می‌گردد؛ بدین‌صورت که اوزان معیارهای به‌دست‌آمده، از روش SWARA در عناصر ماتریس نرمال شده ضرب می‌گردد تا حاصل آن ماتریس نرمال وزین باشد.

۴- محاسبه شاخص‌های مثبت: طبق رابطه (۵)، ارزش شاخص‌های مثبت را برای هر گزینه با هم جمع می‌گردد.

۵- محاسبه شاخص‌های منفی: طبق رابطه (۶)، ارزش شاخص‌های منفی را برای هر گزینه با هم جمع می‌شود.

۶- در این گام اهمیت نسبی هر یک از ریسک‌ها توسط رابطه (۷) مشخص می‌گردد.

۷- حاصل این گام تعیین معیار بهینه: معیاری که بیشترین اهمیت نسبی را دارد، توسط رابطه (۸) می‌باشد.

۸- در نهایت درجه مطلوبیت هر یک از گزینه‌ها توسط رابطه (۹) به دست می‌آید.

هر چه مقدار  $Q_i$  بزرگ‌تر باشد نشان‌دهنده رتبه بهتر آن گزینه در اولویت‌بندی است، گزینه‌ای که بیشترین مقدار را دارد گزینه ایده‌آل است. گزینه‌هایی که بهترین وضعیت را به لحاظ معیارها داشته باشند، با بالاترین درجه اهمیت  $N$  مشخص می‌شوند که  $N$  برابر با ۱۰۰ درصد است. نتایج شاخص‌های منفی ( $R_i$ )، شاخص‌های مثبت ( $P_i$ )، اهمیت نسبی ( $Q_i$ ) و درجه مطلوبیت ( $N_i$ ) به همراه رتبه هر ریسک

نباید در وزن دهی تفاوت زیادی به وجود بیاید، از بازه ۰/۵ استفاده می‌شود. معیار اول فاقد اهمیت نسبی می‌باشد از معیار دوم به بعد هر معیار با معیار قبل خود سنجیده می‌شود. در نهایت نتایج حاصله از پرسشنامه نیز ریز فرم جمع‌آوری می‌شود و با توجه به میانگین حاصله از مجموعه پرسشنامه، اهمیت نسبی هر معیار به دست می‌آید. سپس طبق روابط SWARA، ضریب  $k_j$ ، وزن اولیه شاخص‌ها ( $q_j$ ) و وزن نهایی هر معیار ( $w_j$ ) به دست می‌آید که در جدول ۵ نشان داده شده است.

#### ۴-۲- رتبه‌بندی نهایی ریسک‌ها با روش COPRAS

۱- انتخاب بهترین مجموعه از معیارها و گزینه‌های تعریف شده: ابتدا ماتریس تصمیم‌گیری با ۲۶ ریسک و ۱۲ معیار در اختیار متخصصان قرار گرفت و از کارشناسان خواسته شد هر گزینه را برحسب تک‌تک معیارها مورد ارزیابی قرار دهند. جهت کمی‌سازی ارزیابی کارشناسان از طیف (خیلی کم = ۱ کم = ۲ متوسط = ۳ زیاد = ۴ خیلی زیاد = ۵) استفاده شده است. معیارهای مشخص شده در ستون و ریسک‌ها در سطرهاى مختلف قرار می‌گیرند، سپس هر ریسک با در نظر گرفتن تک‌تک معیارها ارزیابی می‌شود.

۲- نرمال‌سازی ماتریس تصمیم‌گیری با استفاده از رابطه (۳) انجام می‌شود.

جدول ۶. نتایج حاصل از روش COPRAS  
Table 6. Results of COPRAS method

رتبه	$N_i$	$Q_i$	$P_i$	$R_i$	ریسک	نماد
۵	۹۴/۳۵۶۵	۰/۰۴۰۷	۰/۰۲۵۶	۰/۰۱۷۷	عدم رعایت استاندارد	R11
۱۸	۸۷/۶۴۵۱	۰/۰۳۷۸	۰/۰۲۱۳	۰/۰۱۶۲	تأخیر در تحویل تجهیزات به موقعیت (محل)	R21
۱۷	۸۷/۶۷۸۰	۰/۰۳۷۸	۰/۰۲۰۸	۰/۰۱۵۷	تورم	R12
۱۵	۸۸/۳۳۲۷	۰/۰۳۸۹	۰/۰۲۱۵	۰/۰۱۶۰	هزینه‌های اضافی ناشی از ساخت و ساز (تجهیزات و مواد)	R22
۲۴	۸۰/۸۵۷۹	۰/۰۳۴۹	۰/۰۲۰۱	۰/۰۱۸۱	تأثیر نوسانات نرخ ارز و نرخ بهره در واردات مواد	R32
۹	۹۱/۷۵۸۷	۰/۰۳۹۶	۰/۰۲۴۲	۰/۰۱۷۳	بودجه محدود (مشکلات در بودجه‌بندی به خاطر عدم آشنایی)	R42
۷	۹۲/۲۰۶۰	۰/۰۳۹۸	۰/۰۲۲۳	۰/۰۱۵۳	پیش‌بینی نادرست تقاضای بازار و عدم برآورد دقیق بازده سرمایه‌گذاری	R52
۱۳	۸۹/۰۶۸۷	۰/۰۳۸۴	۰/۰۲۲۶	۰/۰۱۸۰	کمبود تجربه مدیریتی	R13
۸	۹۱/۹۱۴۵	۰/۰۳۹۶	۰/۰۲۲۸	۰/۰۱۵۸	عدم آگاهی در مورد تکنولوژی و مواد	R23
۲۲	۸۴/۴۷۵۱	۰/۰۳۶۴	۰/۰۱۹۹	۰/۰۱۶۱	فقدان شرکت‌های پیمانکاری باتجربه	R33
۲	۹۹/۸۸۰۴	۰/۰۴۳۱	۰/۰۲۴۲	۰/۰۱۴۱	مقاومت از طرف ذی‌نفعان برای تصویب ایده‌ها	R43
۱۱	۸۹/۹۱۱۸	۰/۰۳۸۸	۰/۰۲۲۴	۰/۰۱۶۳	تخصیص نامشخص نقش‌ها و مسئولیت‌ها	R53
۳	۹۷/۴۶۰۸	۰/۰۴۲۰	۰/۰۲۶۴	۰/۰۱۷۰	نداشتن اهداف واقع‌بینانه	R63
۲۳	۸۴/۳۹۲۵	۰/۰۳۶۴	۰/۰۱۹۸	۰/۰۱۶۰	عدم وجود اسناد و اطلاعات برای فن‌آوری‌های جدید	R14
۲۵	۷۹/۷۴۱۴	۰/۰۳۴۴	۰/۰۱۸۳	۰/۰۱۶۶	کیفیت طراحی نامناسب	R24
۱۴	۸۸/۵۸۹۰	۰/۰۳۸۲	۰/۰۲۱۴	۰/۰۱۵۹	عدم اطمینان در عملکرد مواد و تجهیزات	R15
۴	۹۷/۱۲۶۹	۰/۰۴۱۹	۰/۰۲۵۱	۰/۰۱۵۹	فقدان اطلاعات / اسناد برای ارزیابی ساخت	R25
۱	۱۰۰	۰/۰۴۳۱	۰/۰۲۵۱	۰/۰۱۴۷	کیفیت پایین مواد و تجهیزات	R35
۶	۹۳/۰۲۶۹	۰/۰۴۰۱	۰/۰۲۴۴	۰/۰۱۶۹	کنترل کیفیت نامناسب و کار معیوب	R45
۲۶	۷۵/۰۹۴۴	۰/۰۳۲۴	۰/۰۱۷۰	۰/۰۱۷۴	دوام مواد (تکنولوژی جدید)	R55
۲۱	۸۴/۶۱۳۹	۰/۰۳۶۵	۰/۰۲۰۷	۰/۰۱۶۵	استفاده از فن‌آوری‌های غیرمجاز در زمینه ساخت و ساز	R65
۱۰	۹۰/۱۴۶۵	۰/۰۳۸۹	۰/۰۲۲۶	۰/۰۱۶۴	پیچیدگی فنی	R75
۱۹	۸۷/۱۴۲۷	۰/۰۳۷۵	۰/۰۲۱۴	۰/۰۱۶۴	تغییر سیاست‌ها یا قوانین و مقررات محلی (سیاست‌های دولتی)	R16
۱۲	۸۹/۶۰۰۸	۰/۰۳۸۶	۰/۰۲۲۴	۰/۰۱۶۴	عدم تعریف روشن از مواد بکارگیری در پروژه	R17
۱۶	۸۷/۷۲۴۸	۰/۰۳۷۸	۰/۰۲۱۵	۰/۰۱۶۳	کمبود متخصصان ماهر و باتجربه	R18
۲۰	۸۶/۵۷۴۴	۰/۰۳۷۳	۰/۰۲۰۴	۰/۰۱۵۸	نبود تجهیزات ایمنی	R19

در جدول ۶ نشان داده است. پروژه محور است؛ بگونه ای که سازمان ها نمی توانند از این موضوع به سادگی گذر نمایند و همواره جزء جداناپذیر از سیستم برنامه ریزی پروژه است. حال شرکت های مجری در زمینه ریسک های پروژه های مشارکت عمومی- خصوصی بایستی این ریسک ها را شناسایی نموده و در اجرای اقدامات کنترلی جهت کاهش اثرات ریسک اقدامات لازم را انجام داده و یا در صورت عدم قابل کنترل بودن ریسک های شناسایی شده خود را برای مواجهه با این دست از ریسک ها آماده نماید. هدف از این پژوهش شناسایی ریسک‌های پروژه مشارکت عمومی- خصوصی، رتبه‌بندی ریسک‌ها و تعیین مؤثرترین آن‌ها بوده است، توجه خاص به شرایط اقلیمی و امکان بکارگیری مواد و مصالح موجود بازار در تولید از مهم‌ترین ویژگی‌های پژوهش مذکور است. از این رو در این پژوهش یک چارچوب جدید توسعه‌یافته برای ارزیابی خطرات در پروژه مشارکت عمومی- خصوصی با استفاده از روش SWARA-

در جدول ۶ نشان داده است. بنابراین با توجه به محاسبات انجام‌شده وزن نهایی هر یک از شاخص‌های مدل با تکنیک COPRAS محاسبه شده است. بر اساس جدول ۶ در بین ریسک‌های مؤثر مسأله، ریسک‌های کیفیت پایین مواد و تجهیزات، مقاومت از طرف ذی‌نفعان برای تصویب ایده‌ها، نداشتن اهداف واقع بینانه، فقدان اطلاعات / اسناد برای ارزیابی ساختی و عدم رعایت استاندارد به ترتیب با مطلوبیت ۱۰۰، ۹۹/۸۸، ۹۷/۴۶، ۹۷/۱۲ و ۹۴/۳۵ از نظر کارشناسان دارای بالاترین اهمیت می‌باشند.

##### ۵- نتیجه‌گیری

ریسک های پروژه مشارکت عمومی- خصوصی آزاد راهی بخشی جداناپذیر از اقدامات اجرایی در جهت توسعه و اجرای فعالیت‌های

private partnerships in Beijing and the Hong Kong special administrative region, *Journal of Management in Engineering*, 26(1) (2010) 30-40.

[5] P.F.K. Agyemang, Effectiveness of public private partnership for infrastructure projects, (2011).

[6] A. Valipour, N. Yahaya, N. Md Noor, S. Kildienė, H. Sarvari, A. Mardani, A fuzzy analytic network process method for risk prioritization in freeway PPP projects: an Iranian case study, *Journal of Civil Engineering and Management*, 21(7) (2015) 933-947.

[7] T. Liu, Y. Wang, S. Wilkinson, Identifying critical factors affecting the effectiveness and efficiency of tendering processes in Public-Private Partnerships (PPPs): A comparative analysis of Australia and China, *International Journal of Project Management*, 34(4) (2016) 701-716.

[8] B.B. Keers, P.C. van Fenema, Managing risks in public-private partnership formation projects, *International Journal of Project Management*, 36(6) (2018) 861-875.

[9] V. Keršulienė, E.K. Zavadskas, Z. Turskis, Selection of rational dispute resolution method by applying new step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA), *Journal of business economics and management*, 11(2) (2010) 243-258.

[10] S.H. Zolfani, J. Saporas, New application of SWARA method in prioritizing sustainability assessment indicators of energy system, *Engineering Economics*, 24(5) (2013) 408-414.

[11] A. Dehnavi, I.N. Aghdam, B. Pradhan, M.H.M. Varzandeh, A new hybrid model using step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA) technique and adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) for regional landslide hazard assessment in Iran, *Catena*, 135 (2015) 122-148.

[12] S.H. Zolfani, M. Yazdani, E.K. Zavadskas, An extended stepwise weight assessment ratio analysis (SWARA) method for improving criteria prioritization process, *Soft Computing*, 22(22) (2018) 7399-7405.

[13] E.K. Zavadskas, A. Kaklauskas, V. Sarka, The new method of multicriteria complex proportional assessment of projects, *Technological and economic development of economy*, 1(3) (1994) 131-139.

[14] Y. Ayrim, K.D. Atalay, G.F. Can, A New Stochastic MCDM Approach Based on COPRAS, *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 17(03) (2018) 857-882.

[15] M. Yazdani, P. Chatterjee, E.K. Zavadskas, D. Streimikiene, A novel integrated decision-making approach for the evaluation and selection of renewable energy technologies, *Clean Technologies and Environmental Policy*, 20(2) (2018) 403-420.

[16] M. Ehteram, H. Karami, S. Farzin, Reservoir

COPRAS معرفی شده است. از این رو در این پژوهش، مدل پیش‌بینی ارزیابی ریسک معمول را از طریق معرفی معیارهای جدید برای رتبه‌بندی ریسک گسترش داده شده است. دوازده معیار ارزیابی ریسک از بررسی ادبیات مشخص شده است، سپس وزن این معیارها از روش SWARA به دست آمد. نتایج SWARA نشان داد سه معیار واکنش به ریسک ( $C_1$ )، قابلیت شناسایی ( $C_2$ ) و منحصربه‌فرد بودن ریسک ( $C_3$ ) به ترتیب با نمرات ۰/۲۲۶۵، ۰/۱۸۷۹ و ۰/۱۴۸۳ دارای بیشترین وزن شده‌اند. روش COPRAS برای به دست آوردن رتبه ریسک‌ها بر اساس وزن معیارها استفاده شد. در ابتدا ۵۲ ریسک بر اساس مطالعه ادبیات در پروژه‌های مشارکت‌های عمومی-خصوصی شناسایی شدند سپس با استفاده از نظرات کارشناسان ۲۶ ریسک کارآمد برای تحقیق انتخاب گردید و ارزیابی شد. نتایج COPRAS نشان داد که ریسک کیفیت پایین مواد و تجهیزات ( $R_{۲۵}$ )، مقاومت از طرف ذی‌نفعان برای تصویب ایده‌ها ( $R_{۳۳}$ ) و نداشتن اهداف واقع بینانه ( $R_{۴۳}$ ) به ترتیب، سه ریسک بالا در پروژه‌های مشارکت عمومی-خصوصی می‌باشد. یافته‌های این مطالعه، پایه و اساس مدیریت ریسک در پروژه‌های مشارکت عمومی-خصوصی را ایجاد می‌کند و به شرکت‌های عمرانی در ایران و کشورهای در حال توسعه کمک می‌کند تا نظارت و شناسایی خطرات در پروژه مشارکت عمومی-خصوصی براحتی انجام شود. با توجه به نتایج این پژوهش پیشنهاد می‌گردد تا اقدامات کنترلی ریسک‌های شناسایی شده با استفاده از تکنیک FMEA فازی ارزیابی و تحلیل شوند.

## مراجع

[1] S.T. Ng, J. Xie, M. Skitmore, Y.K. Cheung, A fuzzy simulation model for evaluating the concession items of public-private partnership schemes, *Automation in construction*, 17(1) (2007) 22-29.

[2] V. Alireza, Y. Mohammadreza, R.M. Zin, N. Yahaya, N.M. Noor, An enhanced multi-objective optimization approach for risk allocation in public-private partnership projects: a case study of Malaysia, *Canadian Journal of Civil Engineering*, 41(2) (2014) 164-177.

[3] Y. Ke, S. Wang, A.P. Chan, P.T. Lam, Preferred risk allocation in China's public-private partnership (PPP) projects, *International Journal of Project Management*, 28(5) (2010) 482-492.

[4] A.P. Chan, P.T. Lam, D.W. Chan, E. Cheung, Y. Ke, Potential obstacles to successful implementation of public-

network model, *Building and Environment*, 73 (2014) 208-222.

[30] B.-G. Hwang, X. Zhao, L.L.G. Tan, Green building projects: Schedule performance, influential factors and solutions, *Engineering, Construction and Architectural Management*, (2015).

[31] K. Chatterjee, E.K. Zavadskas, J. Tamošaitienė, K. Adhikary, S. Kar, A hybrid MCDM technique for risk management in construction projects, *Symmetry*, 10(2) (2018) 46.

[32] H.M. Tollin, Green building risks: it's not easy being green, *Environmental Claims Journal*, 23(3-4) (2011) 199-213.

[33] A. Valipour, N. Yahaya, N. Md Noor, J. Antuchevičienė, J. Tamošaitienė, Hybrid SWARA-COPRAS method for risk assessment in deep foundation excavation project: An Iranian case study, *Journal of Civil Engineering and Management*, 23(4) (2017) 524-532.

[34] K. Panthi, S.M. Ahmed, S.O. Ogunlana, Contingency estimation for construction projects through risk analysis, *International journal of construction education and research*, 5(2) (2009) 79-94.

[35] S.M. El-Sayegh, Risk assessment and allocation in the UAE construction industry, *International journal of project management*, 26(4) (2008) 431-438.

[36] H. Zhi, Risk management for overseas construction projects, *International journal of project management*, 13(4) (1995) 231-237.

[37] N. Hlaing, D. Singh, R. Tiong, M. Ehrlich, Perceptions of Singapore construction contractors on construction risk identification, *Journal of Financial Management of Property and Construction*, (2008).

[38] L.Y. Shen, G.W. Wu, C.S. Ng, Risk assessment for construction joint ventures in China, *Journal of construction engineering and management*, 127(1) (2001) 76-81.

[39] F. Honari Choobar, A. Nazari, E. Rezaee Nik, Power plant project risk assessment using a fuzzy-ANP and fuzzy-TOPSIS method, *International Journal of Engineering*, 25(2) (2012) 107-120.

[40] H. Sarvari, A. Valipour, N. Yahaya, M.N. Norhazilan, Risk ranking of Malaysian public private partnership projects, in: *Applied Mechanics and Materials*, Trans Tech Publ, 2014, pp. 613-618.

[41] V. Carr, J. Tah, A fuzzy approach to construction project risk assessment and analysis: construction project risk management system, *Advances in engineering software*, 32(10-11) (2001) 847-857.

[42] Linkov, F.K. Satterstrom, G. Kiker, C. Batchelor, T.

optimization for energy production using a new evolutionary algorithm based on multi-criteria decision-making models, *Water resources management*, 32(7) (2018) 2539-2560.

[17] S. Hashemkhani Zolfani, M. Bahrami, Investment prioritizing in high tech industries based on SWARA-COPRAS approach, *Technological and Economic Development of Economy*, 20(3) (2014) 534-553.

[18] T.L. Saaty, A scaling method for priorities in hierarchical structures, *Journal of mathematical psychology*, 15(3) (1977) 234-281.

[19] X. Qin, Y. Mo, L. Jing, Risk perceptions of the life-cycle of green buildings in China, *Journal of Cleaner Production*, 126 (2016) 148-158.

[20] G. Polat, H. Turkoglu, A.P. Gurgun, Identification of material-related risks in green buildings, *Procedia engineering*, 196 (2017) 956-963.

[21] B.-G. Hwang, M. Shan, H. Phua, S. Chi, An exploratory analysis of risks in green residential building construction projects: The case of Singapore, *Sustainability*, 9(7) (2017) 1116.

[22] S. Lu, H. Yan, A comparative study of the measurements of perceived risk among contractors in China, *International Journal of Project Management*, 31(2) (2013) 307-312.

[23] B.-g. Hwang, M. Shan, N.N.B. Supa'at, Green commercial building projects in Singapore: Critical risk factors and mitigation measures, *Sustainable cities and Society*, 30 (2017) 237-247.

[24] R. Ranaweera, R.H. Crawford, Using Early-Stage Assessment to Reduce the Financial Risks and Perceived Barriers of Sustainable Buildings, *Journal of green building*, 5(2) (2010) 129-146.

[25] P.X. Zou, P. Couani, Managing risks in green building supply chain, *Architectural Engineering and Design Management*, 8(2) (2012) 143-158.

[26] X. Zhao, B.-G. Hwang, Y. Gao, A fuzzy synthetic evaluation approach for risk assessment: a case of Singapore's green projects, *Journal of Cleaner Production*, 115 (2016) 203-213.

[27] Q. Shi, J. Zuo, G. Zillante, Exploring the management of sustainable construction at the programme level: a Chinese case study, *Construction Management and Economics*, 30(6) (2012) 425-440.

[28] R.J. Yang, P.X. Zou, J. Wang, Modelling stakeholder-associated risk networks in green building projects, *International journal of project management*, 34(1) (2016) 66-81.

[29] R.J. Yang, P.X. Zou, Stakeholder-associated risks and their interactions in complex green building projects: A social



risk of deep foundation excavation engineering management based on RBS and AHP, in: Applied Mechanics and Materials, Trans Tech Publ, 2013, pp. 1010-1014.

[45] O. Taylan, A.O. Bafail, R.M. Abdulaal, M.R. Kabli, Construction projects selection and risk assessment by fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methodologies, Applied Soft Computing, 17 (2014) 105-116.

[46] M.S. Islam, M.P. Nepal, M. Skitmore, M. Attarzadeh, Current research trends and application areas of fuzzy and hybrid methods to the risk assessment of construction

Bridges, E. Ferguson, From comparative risk assessment to multi-criteria decision analysis and adaptive management: Recent developments and applications, Environment international, 32(8) (2006) 1072-1093.

[43] N. Zarbakhshnia, H. Soleimani, H. Ghaderi, Sustainable third-party reverse logistics provider evaluation and selection using fuzzy SWARA and developed fuzzy COPRAS in the presence of risk criteria, Applied Soft Computing, 65 (2018) 307-319.

[44] Q.K. Hong, J.B. Wang, J. Ge, P. Chen, Research on the

برای ارجاع به این مقاله از عبارت زیر استفاده کنید:

*E. Jokar, B. Aminnejad, A. Lork, Risk Assessment and Prioritization in Projects with Private Public Participation Method Based on Combination of Fuzzy Multi-criteria Decision-Making Techniques (Case Study: North Freeway). Amirkabir J. Civil Eng., 53(3) (2021) 847-862.*

DOI: [10.22060/ceej.2020.16664.6292](https://doi.org/10.22060/ceej.2020.16664.6292)





