

شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز با استفاده از رویکرد ترکیبی SWARA-COPRAS

مسعود فضلی^{*}، احمد جعفرزاده افشاری^{**}، مصطفی حاجی آفائی کشتلی^{***}

تاریخ دریافت: ۹۷/۷/۱ - تاریخ پذیرش: ۹۸/۷/۲

چکیده:

در سال‌های اخیر ساختمان سبز توجه گسترده‌ای را به خود جلب کرده است. افزایش تعداد پروژه‌های ساختمانی در ایران تأثیرات قابل توجهی بر محیط‌زیست گذاشته است و اجرای ساختمان سبز یک راه مفید برای کاهش خطرات زیست‌محیطی است. پروژه‌های ساختمان سبز به‌طور ناخواسته با ریسک‌هایی مواجه هستند که از بازدهی آنها می‌کاهد، بنابراین شناسایی و رتبه‌بندی ریسک می‌تواند نقش مؤثری در موفقیت پروژه‌های ساختمانی سبز داشته باشد. با توجه به اینکه تحقیقات اندکی در زمینه ارزیابی ریسک در پروژه‌های ساختمانی سبز در ایران صورت گرفته است، این مطالعه تلاش می‌کند با ارائه مدلی جامع از کلیه معیارها و ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز، اقدام به رتبه‌بندی نهایی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز کند. بدین منظور در گام نخست به شناسایی و غربال ریسک‌ها از دیدگاه کارشناسان پروژه‌های ساختمانی سبز و معرفی معیارهای ارزیابی ریسک پرداخته، سپس با استفاده از روش تحلیل نسبت ارزیابی وزن دهی تدریجی (SWARA)، وزن معیارها را به دست می‌آوریم. در نهایت رتبه‌بندی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز، با توجه به نتایج گام‌های اولیه و استفاده از روش ارزیابی تناسب جامع (COPRAS) صورت گرفته است. این اولین تلاش در حل یک پروژه ساختمانی سبز با ترکیب روش‌های SWARA و COPRAS و با در نظر گرفتن یک مطالعه موردی (شهرستان آمل) است. نتایج نشان می‌دهد که ریسک‌های کیفیت پایین مواد و تجهیزات، مقاومت از طرف ذینفعان برای تصویب ایده‌های سبز و نداشتن اهداف واقع‌بینانه از اهمیت بالایی برخوردار هستند. چارچوب پیشنهادی می‌تواند به ذینفعان پروژه‌های ساختمان سبز کشورهای در حال توسعه کمک کند تا ریسک‌های پروژه را بهتر مدیریت کنند.

کلمات کلیدی: ریسک پروژه، مدیریت ریسک، پروژه‌های ساختمانی سبز، روش تحلیل نسبت ارزیابی وزن دهی تدریجی، روش ارزیابی تناسب جامع

^{*} کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شمال، آمل، مازندران

^{**} استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه مهر البرز، تهران

^{***} استادیار، دانشکده مهندسی شیمی و صنایع، دانشگاه علم و فناوری مازندران، بهشهر، (نویسنده مسئول)

مقدمه

در سال‌های اخیر با افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای، نگرانی‌ها نسبت به تغییرات آب‌وهوای جهان افزایش یافته است، اگرچه هیچ نشانه‌ای از کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای مشاهده نمی‌شود اما حداقل ۵٪ تولید ناخالص جهانی، ناشی از اثرات معکوس تغییرات آب و هوایی است (وو و همکاران، ۲۰۱۵). فعالیت‌های انسانی مسبب بسیاری از بحران‌های جهانی مانند تغییرات آب‌وهوا، کاهش منابع و تخریب محیط‌زیست است، یکی از این فعالیت‌ها، ساخت‌وساز است. بر اساس برنامه زیست‌محیطی سازمان ملل (هوانگ و همکاران، ۲۰۱۷)، صنعت ساخت‌وساز، مصرف‌کننده بزرگ انرژی با ۴۰-۵۰٪ کل انرژی دنیا و ۴۰٪ مواد خام دنیا است و ۴۰٪ گازهای گلخانه‌ای و پسماندها توسط این صنعت منتشر می‌شود. این مسئله باعث شد سیاست‌مداران در زمینه‌ی پذیرش و بهبود ساخت‌وساز سبز تصمیم‌گیری کنند (یانگ و همکاران، ۲۰۱۶). از این‌رو، ساخت‌وساز سبز طی سال‌های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده است و رشد چشمگیری داشته است.

ساخت‌وساز سبز به لحاظ زیست‌محیطی برای متخصصان صنعت، مالکان، مقامات دولتی و سایر ذینفعان حائز اهمیت است (وو و لو، ۲۰۱۴). اخیراً، بیش از ۱۲٫۴ میلیارد مترمربع از فضای ساختمانی در بیش از ۱۵۰ کشور به این نوع ساختمان‌ها اختصاص یافته است و کشورها نوعی از سیستم طراحی زیست‌محیطی را پذیرفته‌اند و ۱٫۸۵ میلیون مترمربع از فضای ساختمان در دنیا مورد تأیید این سیستم قرار دارد (کین و همکاران، ۲۰۱۶). از سال ۱۹۹۰، بیش از ۴۲۵۰۰۰ ساختمان مورد تأیید ارزیابی‌های زیست‌محیطی بوده و بیش از ۲ میلیون ساختمان در صف انتظار برای ثبت این مجوز هستند (کین و همکاران، ۲۰۱۶). بناهای سبز در بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته از قبیل آمریکا، کانادا، انگلستان و سایر کشورها، گزینه ارزشمند در صنعت ساختمانی است. افزایش قیمت انرژی، افزایش هزینه محصولات ساختمانی و قوانین و مقررات، فشاری را بر بازار ساخت‌وساز سبز که در حال رشد و توسعه است، وارد می‌آورد. از این‌رو، احداث ساختمان‌هایی سازگار با محیط‌زیست طی ۱۰ سال گذشته با رشد همراه بوده است.

پروژه‌های ساختمانی با ریسک و عدم قطعیت همراه هستند. همانند پروژه‌های ساختمانی سنتی، پروژه‌های ساختمانی سبز نیز با ریسک‌هایی همراه هستند، اما این ریسک‌ها به دلیل استفاده از مواد خام؛ فناوری‌های پیچیده و رویکردهای طراحی (آدم و همکاران، ۲۰۰۸؛ کین و همکاران، ۲۰۱۶)، شیوه‌های پایدار ساخت و کسب مجوزهای سبز (ژاعو و همکاران، ۲۰۱۶) متفاوت است. اگر ریسک‌های مرتبط با پروژه‌ها به درستی مدیریت نشود، مانعی در جهت ساختمان‌سازی سبز خواهد بود؛ بنابراین، بررسی موضوعات مرتبط با توسعه بناهای سبز و شناخت اثرات آن بسیار مهم و مدیریت ریسک برای اطمینان از موفقیت ساخت‌وساز سبز ضروری است. با پیشرفت روزافزون فناوری و افزایش استانداردهای زندگی، مواردی از قبیل ایمنی و بهداشت محیط‌زیست بیشتر از گذشته نیاز به توجه و پیگیری دارد. بدین ترتیب استفاده از ابزارهای مدیریتی قوی که مخاطرات موجود در ایمنی در پروژه‌های ساختمانی سبز را به‌طور دقیق تعیین و کنترل کند، یک امر مهم به نظر می‌رسد.

یکی از مشکلات مدیران پروژه‌ها، شناسایی و نحوه برخورد با ریسک در پروژه است، بنابراین فاز شناسایی و رتبه‌بندی ریسک، مسئله‌ای مهم در مدیریت ریسک است. طبعاً اجرای پروژه در مناطق و اقلیم‌های مختلف، با ریسک‌های متفاوتی روبرو می‌باشد. باوجوداینکه در زمینه‌ی شناسایی ریسک‌های ساختمانی در دنیا، مطالعات بسیاری انجام شده است، ولی با توجه به تأثیر مختصات محلی بر نتایج، لزوماً نتایج قابل تعمیم به تمامی مناطق کشور ایران نمی‌باشد. از طرفی وقتی گستره بررسی این ریسک‌ها را محدود به ساختمان‌های سبز می‌کنیم، انجام چنین تحقیقی توجه بیشتری می‌یابد، چراکه اکثر مطالعات گذشته در رابطه با ریسک پروژه‌های ساختمانی به‌طور عمومی بوده است و به ابعاد سبز آن توجه کمتری شده 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 پروژه‌های ساختمانی سبز در شهرستان آمل طراحی شده است. روش خاص بررسی و رتبه‌بندی این ریسک‌ها، متفاوت از مطالعات گذشته می‌باشد و تاکنون برای ریسک‌های ساختمان‌های سبز استفاده نشده است. در مرحله اول

ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز را از طریق مرور ادبیات شناسایی کرده سپس با استفاده از پرسشنامه از کارشناسان نظام‌مهندسی خواسته می‌شود ریسک‌های مؤثر در پروژه‌های ساختمانی سبز شهرستان آمل بر اساس اهمیت انتخاب شوند در ادامه به شناسایی معیارهای ارزیابی ریسک می‌پردازیم و با استفاده از روش SWARA^۱ به ارزیابی وزن هر معیار خواهیم پرداخت، در انتها برای رتبه‌بندی ریسک‌های مؤثر، از روش COPRAS^۲ استفاده می‌کنیم.

باقی مطالب این مقاله از مرور مطالعات گذشته در ارتباط با شناسایی و ارزیابی ریسک‌های پروژه‌های ساختمان سبز آغاز می‌گردد. سپس به معرفی فرمول‌ها و تکنیک‌های ارزیابی ریسک می‌پردازد. پس از آن کاربرد روش شناسایی پیشنهادی در شهرستان آمل نشان داده می‌شود، سپس نتایج و بحث‌های مربوطه بیان می‌شوند. نتیجه‌گیری و چشم‌اندازها در بخش آخر ارائه می‌گردند.

مبانی نظری و مروری بر مطالعات گذشته

امروزه تعداد و حجم ساختمان‌ها و بناهای مسکونی و اداری، به شکل روزافزونی افزایش می‌یابد و بیش از یک‌چهارم زمین‌های زیر کشت و جنگل‌ها، به‌منظور ساخت بناهای جدید، تخریب و خشک شده‌اند. همچنین دو سوم از مصالح ساختمانی به‌کاررفته در ساختمان‌های مختلف، سبب نابودی و از میان بردن میزان قابل توجهی از انرژی و منابع زیرزمینی شده است. چنانچه این روند با همین سرعت ادامه یابد، تا چند سال آینده، منابع محدود زمین به‌طور کامل تمام شده و اثری از جنگل‌ها و اقیانوس‌ها باقی نخواهد ماند (ودادی و همکاران، ۱۳۹۲).

ساختمان سبز به چرخه عمر یک بنا اشاره دارد که میزان منابع (انرژی، زمین، آب و مواد) را افزایش می‌دهد، باعث حفظ محیط شده، آلودگی را کاهش می‌دهد و زندگی سالمی برای افراد ایجاد می‌کند ضمن اینکه از فضا نهایت استفاده به‌عمل آمده و با طبیعت همخوانی دارد.

1 .Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis

2 .Complex Proportional Assessment

محققان بررسی کردند که شیوه‌های ساخت پایدار می‌تواند باعث کاهش مصرف منابع شود. منظور از ساختمان سبز، رنگ آن‌ها نیست، بلکه ساختمان‌هایی است که بر مبنای یک فلسفه جدید سازگار با محیط‌زیست و با رویکردی پایدار ساخته شده‌اند (کیبرت، ۲۰۱۶). در ساختمان‌های سبز مهم‌ترین مساله، تضمین و تأمین سلامت جسمی و روحی ساکنین است. ساختمان سبز می‌تواند آینده زمین را که به نظر می‌رسد رو به نابودی است، نجات دهد و برای نسل‌های بعدی، فرصت زندگی توأم با آسایش و آرامش را فراهم آورد.

انجمن ساختمان سبز آمریکا^۱ (۲۰۰۷) نشان داد که پروژه‌های ساختمانی سبز، بر سلامت و اشتغال مؤثر هستند. ودینگ و کروفور (۲۰۰۸) اظهار داشتند، مصرف انرژی ساختمان‌های سنتی، ۵۰٪ بیشتر از ساختمان‌های سبز است. در آمریکا، ساختمان‌های سبز در مقایسه با ساختمان‌های سنتی، سبب کاهش ۸ تا ۹٪ هزینه عملیاتی، افزایش اشتغال به میزان ۳٫۵٪ و بهبود نرخ بازگشت سرمایه تا ۶٫۶٪ می‌شود (دارموس پدینی و آشوری، ۲۰۱۰). توسعه ساختمان سبز به وسیله سیستم‌های رتبه‌بندی تسهیل شده است. نمونه‌هایی از سیستم‌های رتبه‌بندی شناخته شده در دنیا عبارت‌اند از: سیستم رتبه‌بندی رهبری در انرژی و طراحی محیط‌زیست (LEED)^۲ در ایالات متحده آمریکا، سیستم طرح نشان سبز (GMS)^۳ در سنگاپور، سیستم ارزیابی جامع برای کارایی محیط‌زیست (CASBEE)^۴ در ژاپن، موسسه تحقیقاتی ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی ساختمان (BREEAM)^۵ در انگلستان، شورای ساختمان سبز استرالیا (GBCA)^۶ و روش ارزیابی زیست‌محیطی در هنگ‌کنگ (HKBEAM)^۷ است (ژاعو و همکاران، ۲۰۱۹). همه این سیستم‌های ارزیابی باید تعیین کنند که آیا یک ساختمان، سبز است یا خیر؟ (شان و هوانگ، ۲۰۱۸).

-
1. United States Green Building Council
 2. Leadership in Energy and Environmental Design
 3. Green Mark Scheme
 4. Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency
 5. Building Research Establishment Environmental Assessment Method
 6. Green Building Council of Australia Green Star
 7. Hong Kong Building Environmental Assessment Method

پروژه‌های ساخت‌وساز با ریسک همراه هستند که این ریسک در همه پروژه‌های ساخت و به‌ویژه ساخت‌وساز سبز مشاهده می‌شود. از این رو، مدیریت ریسک برای اطمینان از اجرای موفق پروژه‌های سبز و تحقق اهداف کلیدی دولت ضروری است. برخی از مطالعات تلاش کردند بسیاری از عوامل ریسک را در پروژه‌های مختلف ساخت‌وساز شناسایی کنند. گرچه تحقیق در زمینه‌ی ساخت پروژه‌های ساختمانی سبز اندک است اما تحقیقات مرتبط با این حوزه طی سال‌های اخیر افزایش داشته است. در ادامه تعدادی از مطالعات مرتبط خارجی و داخلی در زمینه ریسک‌های ساختمانی سبز، مورد بررسی قرار می‌گیرد.

تالازس (۲۰۰۸) اشاره کرد که ریسک اصلی ساختمان‌های سبز، عدم کسب مجوز سبز بودن است. سایر ریسک‌های مهم، ریسک‌های مرتبط با محصولات و فناوری‌های جدید، شکست در طراحی، تأخیر ناشی از عدم دسترسی به محصولات سبز و ابهام نسبت به مسئولیت اعطای مجوز سبز است. گالوینیچ (۲۰۰۸) در کتاب خود نشان داد که طراحی و ساخت بناهای پایدار می‌تواند بر تهیه ابزار و تجهیزات و برنامه‌ریزی کار، بهره‌وری شغل و انجام وظایف مؤثر باشد. زو و گروه تحقیقاتی او، ریسک ساختمان‌های سبز را در استرالیا بررسی کردند، آن‌ها ۱۲ ریسک اصلی را شناسایی کردند که بر مجوز طراحی سبز ساختمان‌های تجاری اثرگذار است (زو و همکاران، ۲۰۱۰).

راناورا و کروفورد (۲۰۱۰)، تأکید کردند که پروژه‌های ساختمانی سبز با ریسک مالی بالاتری نسبت به ساختمان‌های معمولی مواجه هستند زیرا پذیرش استراتژی‌های زیست‌محیطی اساساً مستلزم سرمایه‌گذاری گسترده‌ای است که باعث افزایش هزینه پروژه می‌شود. دلانی و همکارانش (۲۰۱۱) دریافتند که کسب مجوزهای زیست‌محیطی و انرژی با ریسک زیادی همراه است. تحقیقات آن‌ها نشان داد که در مقایسه با پروژه‌های غیر زیست‌محیطی، مدیرانی که در پروژه‌های زیست‌محیطی فعالیت دارند، ۳۶٪ بیشتر در معرض فشار استفاده از محصولات ساختمانی قرار داشته و به میزان ۲۴٪ بیشتر در معرض سقوط از پشت‌بام، حین

نصب پنل‌های خورشیدی و تجدیدپذیر قرار دارند. همچنین به میزان ۱۴٪ بیشتر در معرض مسمومیت حین قراردادن ابزارهای نوآورانه پیشگیری از اتلاف منابع آب قرار می‌گیرند. رایبچاد و آنانتامولا (۲۰۱۱)، موانع ساخت‌وساز سبز را ناشی از ریسک هزینه‌های مالی دانستند. فورتاناتو و همکارانش (۲۰۱۱) نیز در مطالعه‌ای نشان داد کارگرانی که در پروژه‌های زیست‌محیطی فعالیت دارند در معرض کار سنگین قرار دارند این افراد مجبور هستند ساعات طولانی با ابزارها و تجهیزات سنگینی سروکار داشته باشند. همچنین، تالین (۲۰۱۱) تأکید کرد که اگر پروژه‌های ساختمان سبز نتواند سطح مورد انتظار تائیده‌ها را کسب کنند، مالکان آن در معرض ریسک انتخاب درست مالک و مستأجر، کاهش ارزش مالیات و مزیت‌های مالی یا وام مواجه می‌شود. زو و کوانی (۲۰۱۲) ۴۰ ریسک را در ارتباط با توسعه ساختمان سبز بررسی کردند و در زمینه‌ی صنعت ساختمان استرالیا، پرسشنامه‌ای را تهیه کردند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که ۵ ریسک مهم شامل سرمایه‌گذاری بالاتر، عدم تعهد به زنجیره تأمین، عدم اطلاعات مشترک در زمینه‌ی ساختمان سبز، هزینه‌های مازاد در توسعه مهارت‌ها و عدم تخصص در ساخت‌وساز سبز هستند.

یانگ و زو (۲۰۱۴) و یانگ و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از رویکرد تحلیل شبکه اجتماعی، مدل‌های ریسک مرتبط با ذینفع را به‌منظور بررسی ریسک در پروژه‌های ساختمانی سبز توسعه دادند. آن‌ها دریافتند که ذینفعان متعدد، ریسک اخلاقی و شهرت را مهم‌تر دانسته و به ریسک‌های فناوری اهمیت ندادند. هوانگ و همکاران (۲۰۱۵)، ۲۰ عامل ریسک را در پروژه‌های سبز شناسایی و ارزیابی کردند و ۸ عامل مهم را به‌صورت جزئی بحث کردند، این ریسک‌ها شامل مشارکت مستأجران در سود و زیان، مقررات، تقاضای بازار، تأمین مالی پروژه، مشارکت مستأجران پیش از پایان مهلت، نگرانی ذینفعان، تأمین و دسترسی به مواد و کیفیت بنا است.

بر اساس یک پژوهش پرسشنامه‌ای، کین و همکاران (۲۰۱۶) ریسک پروژه‌های ساختمانی سبز در چین را بررسی کردند و پنج ریسک مهم را رویه‌های مرتبط با بوروکراسی دولت، نگهداری ضعیف ساختمان‌های سبز، عدم تجربه طراحی، عدم مدیریت ماهرانه دارایی‌ها و

تعیین اهداف ناصحیح توسط مالکان و توسعه‌دهندگان دانستند. همچنین، ژاعو و همکاران (۲۰۱۶)، چارچوب ریسک ساختمان سبز را پیشنهاد دادند که شامل ۲۸ ریسک تحت ۱۱ گروه است. ژاعو و همکاران (۲۰۱۶)، مدل فازی برای ارزیابی این ریسک‌ها ارائه دادند، نتیجه ارزیابی آن‌ها نشان داد که مهم‌ترین عامل ریسک، تخمین ناصحیح هزینه و مهم‌ترین گروه ریسک در پروژه‌های ساختمانی سبز، افزایش بی‌رویه هزینه‌ها است.

پولات و همکاران (۲۰۱۷)، در یک تحقیق به شناسایی خطرات مرتبط با مواد در ساختمان‌های سبز پرداخته‌اند، نتایج نشان داد "غفلت سازگاری در طرح‌های سبز" یکی از مهم‌ترین عوامل خطر است که بر هزینه و زمان اجرای پروژه‌های سبز تأثیر می‌گذارد. هوانگ و همکاران (۲۰۱۷)، به بررسی عوامل خطرساز و اقدامات کاهش‌دهنده در پروژه‌های ساختمانی تجاری سبز سنگاپور پرداختند، در این مطالعه از پرسشنامه‌ای برای ۲۵ شرکت ساختمانی در سنگاپور استفاده گردید، نتایج نشان داد که پنج عامل مهم بحران در پروژه‌های تجاری سبز، "تورم" "تغییر نرخ ارز و نرخ بهره توسط واردات مواد سبز"، "دوام مواد سبز"، "آسیب‌های ناشی از خطای انسانی" و "کمبود مواد سبز" می‌باشند. علاوه بر این، هفت اقدام کاهش ریسک مورد استفاده قرار گرفته است. گورگون و همکاران (۲۰۱۸)، در تحقیقی به ارزیابی ریسک در پروژه‌های سبز پرداختند. در این مطالعه، طی یک نظرسنجی از متخصصان ساخت و ساز باتجربه در اجرای ساختمان سبز خواسته شده تا ریسک‌های مهم را شناسایی کنند. بر اساس پاسخ‌های متخصصان، ریسک‌های مهم با توجه به تأثیر بالقوه بر برنامه پروژه و احتمال وقوع هر ریسک، نشان داده شده‌اند.

ودادی و همکاران (۱۳۹۲)، در پژوهشی به بررسی کیفی استانداردهای یک ساختمان پرداختند. در این پژوهش استاندارد معتبر LEED با نگرش کاربردی برای یک ساختمان سبز بومی مورد بررسی قرار گرفته و جنبه‌های مختلف این معیار ارزیابی شده است. یکپارچه سازی، روش‌های کاهش مصرف، بهینه سازی مصرف آب، کاهش بهره برداری مواد، تامین سلامت ساکنین، فایق آمدن به مشکلات ساخت و غیره از جمله موارد اساسی استاندارد یک ساختمان سبز است. همچنین در پژوهش دیگری اردشیر و همکارانش، به ارائه پیشنهاداتی

برای طراحی و معماری ساختمان سبز پرداختند به گونه ای که بتواند حداکثر بهره را از انرژی خورشیدی داشته باشد (اردشیر و همکاران، ۱۳۹۳).

اکبری و همکاران (۱۳۹۳)، در پژوهشی ریسک‌های ایمنی ساختمان‌های سبز را با استفاده از استاندارد LEED اولویت بندی کردند. قاسمی نژاد (۱۳۹۵)، در پژوهشی به شناسایی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز و رتبه بندی آنها پرداخته است. این پژوهش با استفاده از مطالعات انجام شده در میان ذینفعان پروژه‌های سبز در کشورهای چین و استرالیا انجام شده و نتایج نشان می‌دهد ریسک‌های اخلاقی، ارزیابی تجربه و انصاف در چین برجسته تر از استرالیا است. قبادی و همکاران (۱۳۹۶)، در یک تحقیق به شناسایی و اولویت بندی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز با تلفیق روش‌های FDEMATEL^۱ و FANP^۲ پرداخته‌اند. نتایج پژوهش حاضر نشان داده است که ریسک‌های مربوط به کیفیت بد مواد و نامناسب بودن تجهیزات اهمیت بالایی برخوردار بوده اند و نداشتن مقیاس برای هزینه فعالیت‌ها دارای کم ترین اهمیت بوده است. خلاصه‌ای از مطالعات انجام شده در زمینه‌ی ریسک پروژه در جدول ۱ نشان داده شده است.

1. Fuzzy Decision Making Trial And Evaluation

2. Fuzzy Analysis Network Process

جدول ۱: خلاصه‌ای از مطالعات انجام شده در زمینه‌ی ریسک پروژه

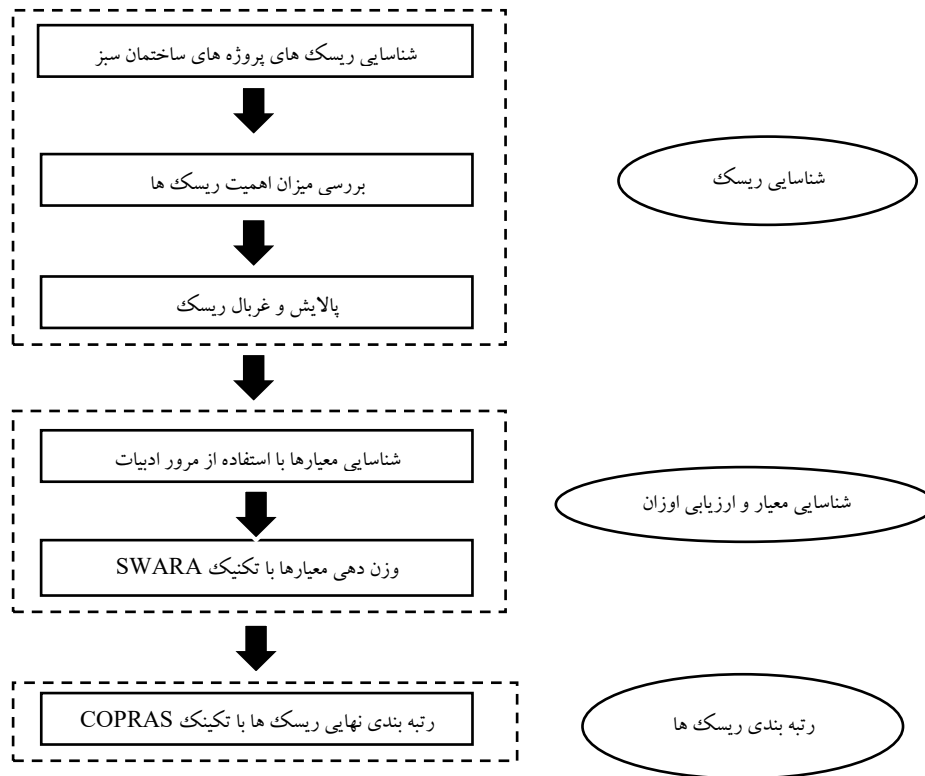
ردیف	نویسنده/سال	ریسک پروژه	پروژه‌های ساختمانی سبز	SWARA	COPRAS	SWARA-COPRAS
۱	یزدانی و همکاران، ۲۰۱۱	*			*	
۲	کیان شی، ۲۰۱۳		*		*	
۳	خوان کین، ۲۰۱۶	*	*			
۴	یانگ، ۲۰۱۶	*	*	*		
۵	کبیرت، ۲۰۱۶		*	*		
۶	پولات، ۲۰۱۷	*	*	*		
۷	هوانگ، ۲۰۱۷	*	*			
۸	ولی پور و همکاران، ۲۰۱۷	*				*
۹	پانچولی و بات، ۲۰۱۸	*			*	
۱۰	ولی پور و همکاران، ۲۰۱۹	*				*
۱۱	اکبری، ۱۳۹۳	*	*	*		
۱۲	اردشیر، ۱۳۹۳		*	*		
۱۳	همتی نیا، ۱۳۹۵	*		*		
۱۴	پژوهش حاضر	*	*			*

محققان فوق، جهت‌دهی خوبی به ما می‌دهند و مطالعات انجام گرفته نشان می‌دهد که تاکنون تحقیقات کمی در زمینه‌ی ارزیابی ریسک در پروژه‌های ساختمانی سبز در ایران صورت گرفته است و به صورت کلی، هیچ‌کدام از مطالعات گذشته، از رویکرد ترکیبی SWARA و

COPRAS برای ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک‌های ساختمانی سبز استفاده نکرده‌اند. بنابراین رویکرد اشاره‌شده در این تحقیق، می‌تواند راهکار متفاوتی برای مرحله رتبه‌بندی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز در دنیا باشد. به‌منظور ارزیابی وزن معیارها، روش‌های زیادی مانند AHP و ANP وجود دارد، ولی با توجه به تعداد زیاد معیارهای تصمیم‌گیری در این تحقیق، استفاده از این روش‌ها، نیاز به تعداد مقایسات زوجی زیادی دارد. علاوه بر آن، اطمینان از سازگاری مقایسات انجام‌شده در این شرایط، بررسی نرخ سازگاری و اصلاح مجدد مقایسات زمان‌بر است که همه این عوامل، سبب کم‌شدن اعتبار نظرسنجی می‌گردد. لذا به منظور رفع این مشکل، در این تحقیق، برای ارزیابی وزن معیارها از روش SWARA استفاده می‌شود. یکی از عاملی که سبب بروز اشتباهات در نظرخواهی از خبرگان می‌گردد، عدم تناسب نظرات و نرخ ناسازگاری در حجم جامعه خبرگان بالا می‌باشد به‌گونه‌ای که ناسازگاری نظرات سبب می‌گردد تا نتوان تحلیل مناسبی از رویکردهای اجرایی و موجود ارزیابی نمود از طرفی دیگر اکثر روش‌های تصمیم‌گیری بر مبنای ارزیابی مقایسات زوجی شاخص‌ها و گزینه‌ها نسبت به یکدیگر هستند که این رویکرد سبب بروز اشکالات ارزیابی می‌گردد از این رو با توسعه روش‌های تصمیم‌گیری رویکرد جدید در این حوزه طراحی شده است تا بتوان با ارزیابی ادغامی جواب‌های متناسب‌تری در خصوص جنبه‌های علمی و اجرایی طرح‌های عمرانی مانند ساختمان سبز طرح‌ریزی و اجرا نمود. ریسک‌های استفاده‌شده در مطالعات قبلی در ایران، عموماً به ریسک‌های ساختمانی، به‌طور کلی پرداخته شده است و به سبز بودن ریسک‌ها توجه زیادی نشده است، اما در این تحقیق، به طور تخصصی به مسئله ریسک‌های ساختمانی سبز پرداخته می‌شود. هدف از این تحقیق توسعه یک چارچوب برای غلبه بر محدودیت روش‌های قبلی به منظور ارزیابی ریسک در پروژه‌های ساختمانی سبز است. در این مطالعه، ابتدا به شناسایی ریسک‌های موجود در ساختمان‌های سبز می‌پردازیم و در ادامه با استفاده از یک روش ترکیبی جامع ریسک‌ها ارزیابی و رتبه‌بندی می‌شوند. یافته‌های مطالعه، آگاهی محققان را از مدیریت ریسک در پروژه‌های ساختمانی سبز افزایش داده و در صنعت نیز اثرگذار است.

روش شناسی تحقیق

الگوریتم تصمیم مسئله در این تحقیق بر مبنای شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز در شهرستان آمل طراحی شده و شامل سه بخش اصلی است. در بخش اول، ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز از طریق مرور ادبیات، از قبیل مقالات علمی، منابع اینترنتی، کتاب‌ها و اسناد موجود در شرکت‌های ساختمانی شناسایی می‌شود، سپس با طراحی پرسشنامه از خبرگان درخواست می‌گردد که ریسک‌ها را ارزش دهی کنند تا اهمیت هر ریسک مشخص گردد. آنگاه غربال سازی ریسک‌ها با در نظر گرفتن میانگین کل ارزش‌ها انجام می‌گیرد و ریسک‌هایی که اهمیت‌شان از میانگین کل بیشتر است، انتخاب می‌شوند. بخش دوم، به شناسایی معیارهای ارزیابی ریسک پرداخته و در ادامه با استفاده از روش SWARA وزن هر معیار مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. بخش سوم بر ارزیابی هر ریسک در پروژه‌های ساختمانی سبز 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

روش تحلیل نسبت ارزیابی وزن دهی تدریجی^۱ (SWARA)

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 (کرسولین، ۲۰۱۰). 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 به‌دست آمده برای

1. Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis

هر معیار توسط متخصصین، وزن هر معیار تعیین می‌گردد (ذلفانی، ۲۰۱۳). 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 (دهنوی، ۲۰۱۵). روش SWARA ساده و قابل فهم است و در مقایسه با روش‌هایی مانند AHP و ANP پیچیدگی کمتری دارد و به راحتی برای تعداد زیادی از مسائل تصمیم‌گیری قابل استفاده است (ذلفانی و همکاران، ۲۰۱۸). 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: (ذلفانی، ۲۰۱۸)

$\bar{t}_j = \frac{\sum_{k=1}^r t_{jk}}{r}$	<p>مقادیر t_{jk} برای پردازش آماری از طریق مصاحبه با پاسخ‌دهندگان به دست می‌آیند، سپس میانگین مقدار ویژگی \bar{t}_j محاسبه می‌شود.</p> <p>(t_{jk} رتبه‌بندی معیار j از طریق پاسخ‌دهنده k است و r تعداد پاسخ‌دهندگان می‌باشد)</p>	<p>محاسبه مقادیر t_{jk}</p>	<p>(۱)</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.</p>	<p>شناسایی وزن‌ها (q_j)</p>	<p>(۲)</p>

	<p>n) تعداد معیارهای ارزیابی می باشد و مجموع وزن معیارها باید معادل با یک باشد، که به معنای $\sum_{j=1}^n q_j = 1$ است)</p>		
$\sigma^2 = \frac{1}{r-1} \sum_{k=1}^r (t_{jk} - \bar{t}_j)^2$	<p>طبق نظر کارشناسان</p>	<p>محاسبه پراکندگی رتبه بندی معیارها σ^2</p>	<p>(۳)</p>
$W = \frac{12S}{r^2(n^r - n) - r \sum_{k=1}^r T_k} \in [0; 1]$	<p>قابلیت اطمینان داده ها می تواند با ضریب همبستگی (سازگاری) نظرات پاسخ دهندگان از طریق توصیف میزان نزدیکی دیدگاه های فردی بیان شود. (S مجموع مربعات انحراف رتبه بندی های هر معیار است. T_k شاخص رتبه های تکرار شده در مرتبه r است)</p>	<p>تعیین مقادیر W</p>	<p>(۴)</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 $= v$ $n - 1$ است.</p>	<p>تعیین انحراف رتبه بندی معیارها</p>	<p>(۵)</p>

$\chi_{\alpha.v}^2 = W.r.(n-1) = \frac{12S}{r.n(n+1) - \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^r T_k}$	محاسبه مقادیر χ^2	(۶)
<p>در گام نهایی چنانچه مقدار محاسبه شده χ^2 بزرگتر از مقدار بحرانی جدول χ_{tbl}^2 برای سطح از پیش تعیین شده معناداری (برای مثال، $\alpha=0.05$) باشد، پس فرضیه درباره توافق "نظرات" کارشناسان مستقل رد نمی‌شود. همچنین، اگر $\chi_{\alpha.v}^2 > \chi_{tbl}^2$، معناداری ضریب همبستگی در سطح α وجود دارد؛ توافق عقاید کارشناسان رضایت‌بخش است و نظرات گروه تثبیت می‌شود.</p>	آزمایش $\chi^2 >$ χ_{tbl}^2	(۷)

فاز دوم) وزن دهی معیارها

پس از مرتب‌سازی معیارهای ارزیابی مربوطه در فاز اول، گام‌های زیر برای وزن دهی معیارها اجرا می‌شود: (ذلفانی، ۲۰۱۸)

استفاده از معیار J_m برای تعیین اهمیت نسبی در رابطه با معیار $1 - j$ (۸) اهمیت نسبی S_j

طبق نظر کارشناسان با در نظر گرفتن بازه ۰،۵،

$$k_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ S_j + 1 & j > 1 \end{cases} \quad \text{تعیین ضریب } k_j \quad (۹)$$

$$q_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ \frac{k_{j-1}}{k_j} & j > 1 \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{میزان وزن اولیه هر} \\ \text{شاخص} \end{array} \quad (۱۰)$$

$$w_j = \frac{q_j}{\sum_{j=1}^n q_j} \quad \begin{array}{l} \text{وزن نرمال نهایی} \\ \text{معیارها} \end{array} \quad (۱۱)$$

روش ارزیابی تناسب جامع (COPRAS)

روش (COPRAS) از خانواده روش‌های سازشی است که اولین بار در سال ۱۹۹۴ توسط زاوادسکاس و همکارانش معرفی گردید (زاوادسکاس و همکاران، ۱۹۹۴). 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 کاربرد دارد (یلدا آیریم و همکاران، ۲۰۱۸). مزیت این روش نسبت به سایر روش‌ها، ساده بودن مراحل کار، در نظر گرفتن کلیه داده‌های یک معیار و تفکیک معیارهای مثبت و منفی است (یزدانی و همکاران، ۲۰۱۸؛ فضلی و همکاران، ۲۰۱۸). در این روش گزینه‌های مختلف از نظر معیارهای متعدد به صورت مستقل (نه مقایسه زوجی) مورد ارزیابی قرار گرفته و بر اساس هدف اولویت‌بندی می‌شوند (ولی پور و همکاران، ۲۰۱۸؛ ولی پور و همکاران، ۲۰۱۹). فرآیند روش COPRAS به شرح زیر است: (هاشمخانی و بهرامی، ۲۰۱۴)

انتخاب بهترین

(۱) مجموعه از معیارها و ریسک‌های پروژه‌های ساختمان سبز در گام اول تحقیق و معیارهای ریسک‌های ارزیابی در گام دوم تحقیق شناسایی خواهند شد. تعریف شده

$$A_i \begin{bmatrix} C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{in} \\ x_{r1} & x_{r2} & \dots & x_{rn} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} = D \quad (2)$$

تشکیل ماتریس
تصمیم‌گیری D با m
گزینه و n شاخص

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

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^n x_{ij}} \quad (3)$$

نرمالایزه کردن
ماتریس تصمیم‌گیری

$$v_{ij} = w_j * r_{ij} \quad (4)$$

محاسبه ماتریس نرمال

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

$$P_i = \sum_{j=1}^k v_{ij} \quad \text{محاسبه شاخص های مثبت } P_i \quad (5)$$

$$R_i = \sum_{j=k+1}^m v_{ij} \quad \text{محاسبه شاخص های منفی } R_i \quad (6)$$

$$Q_i = P_i + \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{R_i \sum_{i=1}^m \bar{R}_i} \quad \text{محاسبه اهمیت نسبی (وزن) هر گزینه} \quad (7)$$

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

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

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

مطالعه موردی

شهرستان آمل یکی از شهرستان‌های بزرگ صنعتی است و در استان مازندران قرار دارد. از شمال به شهرستان محمودآباد، از شمال شرق به شهرستان فریدون‌کنار، از شرق به شهرستان بابل، از غرب به شهرستان نور و از جنوب به استان تهران محدود می‌شود. مرکز این شهرستان شهر آمل است. این شهرستان با ۳۰۷۴۰۴ کیلومترمربع مساحت دارای پنج شهر آمل، امامزاده عبدالله، رینه، گزنک و دابودشت و پنج بخش مرکزی، لاریجان، دابودشت، دشت‌سر و امامزاده عبدالله است. توسعه ساختمان‌های بلند در آمل به‌عنوان یک شهر در حال توسعه در ایران با شرایط مختلف جغرافیایی بسیار مهم است. هر ساله پروژه‌های ساختمانی چندطبقه به دلیل افزایش جمعیت اجرا می‌گردد. باگذشت زمان این پروژه‌ها اثرات مخربی بر محیط‌زیست می‌گذارند در نتیجه ساختمان سبز راهکار مناسبی برای کاهش این اثرات می‌باشد؛ بنابراین، لازم است ارزیابی ریسک بر روی پروژه‌های ساختمانی سبز صورت گیرد تا راهکار مفیدی برای مدیران باشد. در روش‌هایی که مبتنی بر نظرات خبرگان است، بیشتر از اینکه به تعداد خبرگان اهمیت داده شود، توان علمی و ارتباط داشتن دانش افراد با موضوع اهمیت دارد، به عنوان مثال در روش‌هایی مانند AHP و Delphi، تعداد خبرگان 2 ± 7 است (ستی، ۱۹۷۷). کارشناسان تحقیق مورد نظر شامل افرادی است که در پروژه‌های ساختمان سبز درگیر یا از آن اطلاع دارند. حجم نمونه شامل ۹ نفر از کارشناسان نظام‌مهندسی شهرستان آمل می‌باشند و مشخصات خبرگان در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲: مشخصات کارشناسانی که مورد مطالعه قرار گرفتند.

ردیف	مشخصات پاسخ‌دهنده	رشته تحصیلی	سابقه کار در پروژه‌های ساختمانی	میزان تحصیلات	جنس	سن	آشنایی با ساختمان سبز		
							زیاد	متوسط	کم
D _۱	پاسخ‌دهنده ۱	عمران	۱۰ سال	ارشد	زن	۳۲	✓		
D _۲	پاسخ‌دهنده ۲	عمران	۱۲ سال	کارشناسی	مرد	۳۸		✓	
D _۳	پاسخ‌دهنده ۳	معماری	۱۰ سال	ارشد	زن	۳۵			✓
D _۴	پاسخ‌دهنده ۴	عمران	۱۷ سال	کارشناسی	مرد	۳۹	✓		
D _۵	پاسخ‌دهنده ۵	معماری	۱۵ سال	ارشد	مرد	۴۰	✓		
D _۶	پاسخ‌دهنده ۶	عمران	۳۵ سال	کارشناسی	مرد	۶۵		✓	
D _۷	پاسخ‌دهنده ۷	عمران	۱۳ سال	ارشد	مرد	۳۲		✓	
D _۸	پاسخ‌دهنده ۸	عمران	۱۵ سال	ارشد	مرد	۴۴		✓	
D _۹	پاسخ‌دهنده ۹	معماری	۱۲ سال	کارشناسی	زن	۴۱	✓		

گام اول) شناسایی ریسک‌های ساختمان سبز

پس از بررسی‌های گوناگون با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای، مقالات، اسناد، پایان‌نامه‌های در دسترس در خصوص ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز، اطلاعاتی جمع‌آوری شده است. براین اساس، ۵۲ ریسک پروژه‌های ساختمانی سبز 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 ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز پرسشنامه‌ای طراحی می‌شود و بین کارشناسان توزیع می‌گردد که به وسیله‌ی نظرخواهی از 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 غیردقیق و غیر کمی اتفاقات را محدود می‌کنند.

پس از پاسخ دادن پرسشنامه توسط کارشناسان در خصوص اهمیت هر یک از ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز، پرسشنامه موردنظر 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

پس از حذف ریسک‌های ناکارآمد، ریسک‌های مؤثر برای پروژه‌های ساختمانی سبز در شهرستان آمل نیز در جدول ۳ نشان داده شده است؛ که شامل ۲۶ ریسک می‌باشد که در ۹ گروه طبقه‌بندی شده است.

جدول ۳: ریسک‌های پروژه‌های ساختمان سبز

ریسک‌های مؤثر	ارزش	منابع	ریسک‌ها	گروه
✓	۴,۴۴۴	(کین و همکاران، ۲۰۱۶؛ پولات و همکاران، ۲۰۱۷)	عدم رعایت استاندارد در ساختمان سبز	ساخت
✓	۴,۱۱۱	(ولی پور و همکاران، ۲۰۱۵؛ هوانگ و همکاران، ۲۰۱۷)	تأخیر در تحویل تجهیزات به موقعیت (محل)	
✓	۴,۴۴۴	(شی و همکاران، ۲۰۱۳؛ هوانگ و همکاران، ۲۰۱۷)	هزینه‌های اضافی ناشی از ساخت‌وساز سبز (تجهیزات و مواد سبز)	اقتصادی و مالی
	۳,۷۷۸	(شی و همکاران، ۲۰۱۳؛ کین و همکاران، ۲۰۱۶)	افزایش زمان ناشی از ساخت‌وساز سبز	
✓	۴,۱۱۱	(رناورا و کرافود، ۲۰۱۰؛ زو و کوانی، ۲۰۱۲؛ ولی پور و همکاران، ۲۰۱۵؛ ژاعو و همکاران، ۲۰۱۶)	تورم	

ریسک‌های مؤثر	ارزش	منابع	ریسک‌ها	گروه
		هوانگ و همکاران، ۲۰۱۷)		
✓	۴,۲۲۲	(ژاعو و همکاران، ۲۰۱۶؛ خاکسر، ۱۳۸۷؛ فرجی اصل، ۱۳۹۳؛ هوانگ و همکاران، ۲۰۱۷؛ زو و کوانی، ۲۰۱۲)	تأثیر نوسانات نرخ ارز و نرخ بهره در واردات مواد سبز	
✓	۴,۲۲۲	(رناورا و کرافود، ۲۰۱۰؛ ژاعو و همکاران، ۲۰۱۶؛ هوانگ و همکاران، ۲۰۱۷؛ یانگ و همکاران، ۲۰۱۶؛ کین و همکاران، ۲۰۱۶؛ یانگ و زو، ۲۰۱۴)	بودجه محدود (مشکلات در بودجه بندی بخاطر عدم آشنایی با ساختمان‌های سبز)	
	۳,۸۸۹	(زو و کوانی، ۲۰۱۲؛ کین و همکاران، ۲۰۱۶؛ ژاعو و همکاران، ۲۰۱۶)	نوسانات نرخ کار و مواد	
✓	۴,۶۶۷	(زو و کوانی، ۲۰۱۲؛ کین و همکاران، ۲۰۱۶)	پیش بینی نادرست تقاضای بازار و عدم برآورد دقیق بازده سرمایه گذاری ساختمان‌های سبز	
	۳,۵۵۶	(اطمینانی مقدم، ۱۳۸۴؛ خاکسر، ۱۳۸۷؛ فرجی اصل، ۱۳۹۳)	زمان بندی‌های نادرست در پرداخت	
✓	۴,۵۵۶	(کین و همکاران، ۲۰۱۶؛ یانگ و زو، ۲۰۱۴؛ زو و کوانی، ۲۰۱۲؛ هوانگ و همکاران، ۲۰۱۵؛ خاکسر، ۱۳۸۷؛ فرجی اصل، ۱۳۹۳)	کمبود تجربه مدیریتی	مدیریت

ریسک‌های مؤثر	ارزش	منابع	ریسک‌ها	گروه
✓	۴,۶۶۷	(زو و کوانی، ۲۰۱۲؛ یانگ و همکاران، ۲۰۱۶؛ یانگ و زو، ۲۰۱۴؛ شی و همکاران، ۲۰۱۳)	عدم آگاهی در مورد تکنولوژی و مواد سبز	
	۴	(شی و همکاران، ۲۰۱۳؛ پولات و همکاران، ۲۰۱۷)	دسترسی محدود به تامین کنندگان و اطلاعات سبز	
✓	۴,۳۳۳	(هوانگ و همکاران، ۲۰۱۷؛ کین و همکاران، ۲۰۱۶)	فقدان شرکت‌های پیمانکاری با تجربه در ساختمان سبز	
	۳,۸۸۹	(شی و همکاران، ۲۰۱۳)	کمبود ابزار ارزیابی کمی برای عملکرد سبز	
	۳,۱۱۱	(کین و همکاران، ۲۰۱۶؛ زو و کوانی، ۲۰۱۲؛ یانگ و همکاران، ۲۰۱۶؛ یانگ و زو، ۲۰۱۴؛ هوانگ و همکاران، ۲۰۱۷)	ارتباطات ضعیف میان سهامداران	
✓	۴,۶۶۷	(هوانگ و همکاران، ۲۰۱۷)	مقاومت از طرف ذینفعان برای تصویب ایده‌های سبز	
✓	۴,۲۲۲	(کین و همکاران، ۲۰۱۶؛ زو و کوانی، ۲۰۱۲؛ یانگ و همکاران، ۲۰۱۶؛ یانگ و زو، ۲۰۱۴؛ هوانگ و همکاران، ۲۰۱۷)	تخصیص نامشخص نقش‌ها و مسئولیت‌ها	
✓	۴,۱۱۱	(خاکسر، ۱۳۸۷؛ فرجی اصل، ۱۳۹۳؛ قبادی و همکاران، ۱۳۹۶)	نداشتن اهداف واقع بینانه	
	۳,۴۴۴	(هوانگ و همکاران، ۲۰۱۷؛ چاترجی و همکاران، ۲۰۱۸)	مداخلات نامناسب مشتریان	
	۴	(پولات و همکاران، ۲۰۱۷)	عدم رعایت فاکتورهای ساختمانی سبز	طراحی

ریسک‌های مؤثر	ارزش	منابع	ریسک‌ها	گروه
✓	۴,۳۳۳	(زو و کوانی، ۲۰۱۲؛ هوانگ و همکاران، ۲۰۱۷)	عدم وجود اسناد و اطلاعات برای فن آوری‌های سبز جدید	
✓	۴,۲۲۲	(کین و همکاران، ۲۰۱۶؛ زو و کوانی، ۲۰۱۲؛ یانگ و همکاران، ۲۰۱۶؛ یانگ و زو، ۲۰۱۴؛ هوانگ و همکاران، ۲۰۱۷؛ تالین، ۲۰۱۱)	کیفیت طراحی نامناسب	
	۳,۷۷۸	(پولات و همکاران، ۲۰۱۷)	محدودیت خلاقیت و نوآوری در طراحی ساختمان سبز	
	۳,۷۷۸	(هوانگ و همکاران، ۲۰۱۷)	شرایط نامساعد زمین شناسی	زیست محیطی
	۳,۶۶۷	(هوانگ و همکاران، ۲۰۱۷؛ ولی پور و همکاران، ۲۰۱۷)	شرایط نامساعد آب و هوا	
✓	۴,۲۲۲	(شی و همکاران، ۲۰۱۳؛ کین و همکاران، ۲۰۱۶)	عدم اطمینان در عملکرد مواد و تجهیزات سبز	کیفیت و مسائل فنی
✓	۴,۲۲۲	(کین و همکاران، ۲۰۱۶)	فقدان اطلاعات / اسناد برای ارزیابی ساختمان سبز	
	۳,۸۸۹	(زو و کوانی، ۲۰۱۲؛ شی و همکاران، ۲۰۱۳)	محدودیت‌های تولید و تکنولوژی جدید سبز	
✓	۴,۱۱۱	(زو و کوانی، ۲۰۱۲؛ ولی پور و همکاران، ۲۰۱۳)	کیفیت پایین مواد و تجهیزات	
✓	۴,۲۲۲	(هوانگ و همکاران، ۲۰۱۷)	کنترل کیفیت نامناسب و کار معیوب	
✓	۴,۲۲۲	(هوانگ و همکاران، ۲۰۱۷؛ کین و همکاران، ۲۰۱۶)	دوام مواد سبز (تکنولوژی جدید)	

ریسک‌های مؤثر	ارزش	منابع	ریسک‌ها	گروه
✓	۴,۴۴۴	(کین و همکاران، ۲۰۱۶)	استفاده از فن آوری‌های غیر مجاز در زمینه ساخت و ساز سبز	
	۳,۸۸۹	(کین و همکاران، ۲۰۱۶)	فقدان محصولات جدید برای برآورده ساختن نیازهای ساختمان سبز	
✓	۴,۳۳۳	(کین و همکاران، ۲۰۱۶؛ زو و کوانی، ۲۰۱۲؛ یانگ و همکاران، ۲۰۱۶؛ یانگ و زو، ۲۰۱۴؛ هوانگ و همکاران، ۲۰۱۷؛ ژاعو و همکاران، ۲۰۱۶)	پیچیدگی فنی	
	۳,۸۸۹	(یانگ و همکاران، ۲۰۱۶؛ ولی پور و همکاران، ۲۰۱۵)	عدم نقل و انتقالات به موقع مالی به دلیل تحریم	
	۳,۸۸۹	(ولی پور و همکاران، ۲۰۱۵)	عدم انتقال مواد و مصالح به دلیل تحریم	سیاسی
✓	۴,۲۲۲	(هوانگ و همکاران، ۲۰۱۷؛ ولی پور و همکاران، ۲۰۱۵؛ کین و همکاران، ۲۰۱۶)	تغییر سیاست‌ها یا قوانین و مقررات محلی (سیاست‌های دولتی) ساختمان سبز	
	۳,۸۸۹	(ژاعو و همکاران، ۲۰۱۶؛ زو و کوانی، ۲۰۱۲؛ کین و همکاران، ۲۰۱۶)	بوروکراسی حکومتی و روند تصویب پیچیده در ساختمان سبز	
✓	۴,۲۲۲	(پولات و همکاران، ۲۰۱۷)	عدم تعریف روشن از مواد ساختمان سبز	مواد و مصالح
	۳,۸۸۹	(یانگ و همکاران، ۲۰۱۶؛ هوانگ و همکاران، ۲۰۱۷)	خسارات ناشی از خطای انسانی	نیروی کار

ریسک‌های مؤثر	ارزش	منابع	ریسک‌ها	گروه
✓	۴,۳۳۳	(هوانگ و همکاران، ۲۰۱۷)	کمبود متخصصان ماهر و باتجربه	
	۳,۸۱۹	(تقی زاده، ۱۳۹۳)	قراردادهای پیچیده و مبهم و غیر حرفه ای	قانونی
	۳,۷۷۸	(کین و همکاران، ۲۰۱۶)	فقدان قراردادهای مشابه مربوط به ساختمان سبز	
	۳,۷۷۸	(یانگ و همکاران، ۲۰۱۶؛ هوانگ و همکاران، ۲۰۱۵؛ چاترجی و همکاران، ۲۰۱۸)	کنترل ضعیف بر قراردادها	
	۳,۱۱۱	(پانتھی و همکاران، ۲۰۰۹؛ ال سابق، ۲۰۰۸)	تاخیر در صدور اسناد	
	۳,۵۵۶	(خاکسر، ۱۳۸۷؛ فرجی اصل، ۱۳۹۳)	تقابل ماهیت پروژه با ارزش‌های فرهنگی	اجتماعی
	۳,۸۱۹	(خاکسر، ۱۳۸۷؛ فرجی اصل، ۱۳۹۳)	عدم مشارکت و همیاری انجمن‌ها و سازمان‌ها	
	۳,۷۷۸	(ژی، ۱۹۹۵؛ لو و یان، ۲۰۱۳؛ پانتھی و همکاران، ۲۰۰۹؛ چاترجی و همکاران، ۲۰۱۸)	حوادث منجر به معلولیت یا فوت	ایمنی
	۳,۷۷۸	(هلایینگ و همکاران، ۲۰۰۸؛ لو و یان، ۲۰۱۳؛ پانتھی و همکاران، ۲۰۰۹؛ چاترجی و همکاران، ۲۰۱۸)	حوادث منجر به آسیب دیدگی و مصدومیت	
	۳,۵۵۶	(اکبری، ۱۳۹۳؛ فرجی اصل، ۱۳۹۳)	عدم شناسایی فعالیت‌های پر خطر	
✓	۴,۲۲۲	(اکبری، ۱۳۹۳؛ فرجی اصل، ۱۳۹۳؛ کین و همکاران، ۲۰۱۶)	نبود تجهیزات ایمنی	

گام چهارم) شناسایی معیارهای ارزیابی ریسک در ساختمان سبز پس از بررسی های گوناگون با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای، مقالات، اسناد، پایان‌نامه‌های در دسترس در مورد موضوع مرتبط، اطلاعاتی در خصوص معیارهای ارزیابی ریسک جمع‌آوری شده است. براین اساس ۱۲ معیار به‌منظور ارزیابی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز شناسایی گردید که در جدول ۴ نمایش داده شده است.

جدول ۴: معیارهای ارزیابی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز

ردیف	معیار	توضیحات	هزینه/ سود	منابع
۱	آسیب‌پذیری	آسیب‌پذیری و ضعف یک دارایی است که می‌تواند آن را به یک رخداد تبدیل کند.	هزینه	(شن و همکاران، ۲۰۰۱؛ ذگردی و همکاران، ۲۰۱۲؛ سروری و همکاران، ۲۰۱۴؛ ولی پور و همکاران، ۲۰۱۵)
۲	تهدید	تهدید به‌عنوان یک رویداد با تأثیر بالقوه نامطلوب که بر روی اهداف پروژه (زمان، هزینه، کیفیت) تعریف می‌شود.	هزینه	(کر و تاه، ۲۰۰۱؛ لینکو و همکاران، ۲۰۰۶؛ سروری و همکاران، ۲۰۱۴؛ زربخش نیا و همکاران، ۲۰۱۸)
۳	نتیجه	نتیجه یا دست آورد به‌عنوان یک رخداد یا حادثه بیان می‌شود.	هزینه	(کر و تاه، ۲۰۰۱؛ شن و همکاران، ۲۰۰۱؛ ذگردی و همکاران، ۲۰۱۲؛ ولی پور و همکاران، ۲۰۱۵)
۴	منحصربه‌فرد بودن ریسک	یک ریسک ممکن است در هنگام برخورد با یک موضوع خاص، توجه خاصی را جلب کند.	هزینه	(هونگ و همکاران، ۲۰۱۳؛ تایلان و همکاران، ۲۰۱۴؛ اسلام و همکاران، ۲۰۱۷)
۵	عدم قطعیت ریسک	کمبود اطلاعات در خصوص ماهیت تابع توزیع احتمال معیارهای ریسک	هزینه	(کر و تاه، ۲۰۰۱؛ هونگ و همکاران، ۲۰۱۳؛ سروری و همکاران، ۲۰۱۴؛ زربخش نیا و همکاران، ۲۰۱۸)

ردیف	معیار	توضیحات	هزینه/ سود	منابع
۶	مجاورت ریسک	مجاورت ریسک فاصله ایست که در طول آن انتظار می‌رود ریسک رخ دهد	هزینه	(لینکو و همکاران، ۲۰۰۶؛ هونگ و همکاران، ۲۰۱۳؛ اسلام و همکاران، ۲۰۱۷)
۷	اتصال ریسک	تأثیری که یک ریسک بر ریسک‌های دیگر می‌گذارد	هزینه	(تایلان و همکاران، ۲۰۱۴؛ زربخش نیا و همکاران، ۲۰۱۸)
۸	واکنش به ریسک	قابلیت پاسخ مناسب برای کاهش تأثیر رخداد مربوطه	سود	(همپل و همکاران، ۲۰۰۴؛ هونگ و همکاران، ۲۰۱۳؛ تایلان و همکاران، ۲۰۱۴؛ ولی پور و همکاران، ۲۰۱۵)
۹	پیش‌بینی ریسک	این معیار تعیین می‌کند که ریسک ممکن است چه زمانی و کجا در پروژه رخ دهد	سود	(اسلام و همکاران، ۲۰۱۷؛ زربخش نیا و همکاران، ۲۰۱۸)
۱۰	مدیریت ریسک	میزان کنترل کردن یک ریسک معین	سود	(فضلی و همکاران، ۱۳۹۶؛ شن و همکاران، ۲۰۰۱؛ ذگردی و همکاران، ۲۰۱۲؛ سروری و همکاران، ۲۰۱۴)
۱۱	قابلیت شناسایی	قابلیت و پتانسیل شناسایی و از بین بردن نقص	سود	(فضلی و همکاران، ۱۳۹۹؛ ولی پور و همکاران، ۲۰۱۵؛ زربخش نیا و همکاران، ۲۰۱۸)
۱۲	احتمال ریسک	میزان احتمالی که هر ریسک رخ خواهد داد	سود	(ذگردی و همکاران، ۲۰۱۲؛ هونگ و همکاران، ۲۰۱۳)

نتایج محاسباتی

ارزیابی وزن معیارها با روش SWARA

ابتدا طی پرسشنامه از جامعه آماری خواسته شد تا معیارهای شناسایی شده در جدول ۴ را اولویت بندی نمایند، بطوریکه معیارهای پراهمیت در رده های بالاتر و معیارهای کم اهمیت تر در رده های پایین تر قرار گیرند. پس از رتبه بندی معیارها توسط کارشناسان، فرآیند رتبه بندی معیار با استفاده از الگوریتم گفته شده در SWARA پیاده سازی خواهد شد. محاسبات در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵: فرآیند محاسبات رتبه بندی معیارها

معیار											فرآیند محاسبه	
۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲		۱
۹۴	۱۸	۴۳	۶۷	۱۴	۹۹	۹۶	۴۰	۲۲	۸۰	۵۶	۷۳	مجموع رتبه ها $r=9$ $\sum_{k=1} t_{jk}$
۱۰,۴ ۴	۲,۰ ۰	۴,۷ ۸	۷,۴ ۴	۱,۵ ۶	۱۱,۰ ۰	۱۰, ۶۷	۴,۴ ۴	۲,۴ ۴	۸,۸۹ ۴	۶,۲ ۲	۸,۱۱	میانگین مقدار رتبه هر معیار \bar{t}_j
۱۰	۲	۵	۷	۱	۱۲	۱۱	۴	۳	۹	۶	۸	رتبه هر معیار
۰,۱۳ ۴	۰,۰ ۲۶	۰,۰ ۶۱	۰,۰ ۹۵	۰,۰ ۲۰	۰,۱۴ ۱	۰,۱ ۳۷	۰,۰ ۵۷	۰,۰ ۳۱	۰,۱۱ ۴	۰,۰ ۸۰	۰,۱۰ ۴	وزن هر معیار q_j
۱۰,۲ ۲۲	۶,۰ ۰۰	۳,۵ ۵۶	۴,۲ ۲۲	۴,۲ ۲۲	۱۰,۰ ۰۰	۴,۰ ۰۰	۲,۲ ۲۲	۴,۲ ۲۲	۳۲,۸ ۸۹	۹,۵ ۵۶	۱۸,۸ ۸۹	$r=9$ $\sum_{k=1} (t_{jk} - \bar{t}_j)^2$
۱,۲۷ ۸	۰,۷ ۵۰	۰,۴ ۴۴	۰,۵ ۲۸	۰,۵ ۲۸	۱,۲۵ ۰	۰,۵ ۰۰	۰,۲ ۷۸	۰,۵ ۲۸	۴,۱۱ ۱	۱,۱ ۹۴	۲,۳۶ ۱	پراکندگی رتبه بندی σ^2
۵۸,۵											رتبه بندی میانگین مجموع V	
۱۰۵۹۳											جمع مربعات انحراف مقادیر رتبه بندی S	

معیار											فرآیند محاسبه
۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	
۰,۹۱۴۵۲۹۹۱۵											ضریب همبستگی W
۹۰,۵۳۸۴۶۱۵۴											اهمیت ضریب همبستگی $\chi_{\alpha,v}^2$
$V = 12 - 1 = 11$ مقدار درجه آزادی											درجه همبستگی $\chi_{\alpha,v}^2$

پس از انجام محاسبات، نتایج نشان داد $\chi_{\alpha,v}^2 = 90.53 > \chi_{tbl}^2$ ، در نتیجه فرضیه رضایت کارشناسان در رتبه‌بندی پذیرفته شده است و نتایج رتبه‌بندی معیارها در جدول ۶ 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 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 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 ریک فرم جمع‌آوری می‌شود و با توجه به میانگین حاصله از مجموعه پرسشنامه، اهمیت نسبی هر معیار به دست می‌آید. سپس طبق روابط SWARA، ضریب z_k ، وزن اولیه شاخص‌ها (q_j) و وزن نهایی هر معیار (w_j) به دست می‌آید که در جدول ۶ نشان داده شده است.

جدول ۶: نتایج حاصل از روش SWARA

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_1	واکنش به ریسک	-	۱,۰۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰۰	۰,۲۲۶۵۵
۲	C_2	قابلیت شناسایی	۰,۲۰۵۵۶	۱,۲۰۵۵۶	۰,۸۲۹۴۹	۰,۱۸۷۹۲
۳	C_3	منحصربه‌فرد بودن ریسک	۰,۲۶۶۶۷	۱,۲۶۶۶۷	۰,۶۵۴۸۶	۰,۱۴۸۳۶
۴	C_4	عدم قطعیت ریسک	۰,۴۰۰۰۰	۱,۴۰۰۰۰	۰,۴۶۷۷۶	۰,۱۰۵۹۷
۵	C_5	مدیریت ریسک	۰,۲۲۲۲۲	۱,۲۲۲۲۲	۰,۳۸۲۷۱	۰,۰۸۶۷۰
۶	C_6	تهدید	۰,۳۰۰۰۰	۱,۳۰۰۰۰	۰,۲۹۴۳۹	۰,۰۶۶۶۹
۷	C_7	پیش‌بینی ریسک	۰,۳۰۵۵۶	۱,۳۰۵۵۶	۰,۲۲۵۴۹	۰,۰۵۱۰۹
۸	C_8	آسیب‌پذیری	۰,۲۴۴۴۴	۱,۲۴۴۴۴	۰,۱۸۱۲۰	۰,۰۴۱۰۵
۹	C_9	نتیجه	۰,۲۵۵۵۶	۱,۲۵۵۵۶	۰,۱۴۴۳۲	۰,۰۳۲۷۰
۱۰	C_{10}	احتمال ریسک	۰,۴۳۳۳۳	۱,۴۳۳۳۳	۰,۱۰۰۶۹	۰,۰۲۲۸۱
۱۱	C_{11}	مجاورت ریسک	۰,۳۱۶۶۷	۱,۳۱۶۶۷	۰,۰۷۶۴۷	۰,۰۱۷۳۲
۱۲	C_{12}	اتصال ریسک	۰,۳۵۰۰۰	۱,۳۵۰۰۰	۰,۰۵۶۶۵	۰,۰۱۲۸۳
		sum ۱=		sum ۴,۴۱۴۰۳۷=		

رتبه‌بندی نهایی ریسک‌ها با روش COPRAS

۱- انتخاب بهترین مجموعه از معیارها و گزینه‌های تعریف‌شده: 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 سطرهای مختلف قرار می‌گیرند، سپس هر ریسک با در نظر گرفتن تک تک معیارها ارزیابی می‌شود.
- ۲- نرمال‌سازی ماتریس تصمیم‌گیری با استفاده از رابطه شماره ۳ انجام می‌شود.
- ۳- در این گام ماتریس نرمال شده وزین طبق رابطه ۴ محاسبه می‌گردد بدین صورت که اوزان معیارهای به دست آمده، 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 می‌کنیم.
- ۵- محاسبه شاخص‌های منفی: طبق رابطه ۶، ارزش شاخص‌های منفی را برای هر گزینه با هم جمع می‌کنیم.
- 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 ایده آل 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 در جدول ۷ نشان داده است.

جدول ۷: نتایج حاصل از روش COPRAS

رتبه	N_i	Q_i	P_i	R_i	ریسک	نماد
۵	۹۴,۳۵۶۵۰۳۳۱	۰,۰۴۰۶۸۲۸۱۹	۰,۰۲۵۶۲۴۴	۰,۰۱۷۶۸۴۴	عدم رعایت استاندارد در ساختمان سبز	R_{11}
۱۸	۸۷,۶۴۵۰۶۹۳۸	۰,۰۳۷۷۸۹۱۱۳	۰,۰۲۱۳۴۰۷	۰,۰۱۶۱۹۰۰	تأخیر در تحویل تجهیزات به موقعیت (محل)	R_{21}
۱۷	۸۷,۶۷۸۰۱۱۱۲	۰,۰۳۷۸۰۳۳۱۶	۰,۰۲۰۸۳۱۷	۰,۰۱۵۶۹۰۹	تورم	R_{11}
۱۵	۸۸,۳۳۲۷۳۰۹۱	۰,۰۳۸۰۸۵۶۰۵	۰,۰۲۱۴۷۳۲	۰,۰۱۶۰۳۰۱	هزینه‌های اضافی ناشی از ساخت و ساز سبز (تجهیزات و مواد سبز)	R_{21}
۲۴	۸۰,۸۵۷۹۰۴۷۶	۰,۰۳۴۸۶۲۷۵۴	۰,۰۲۰۱۴۶۲	۰,۰۱۸۰۹۵۳	تأثیر نوسانات نرخ ارز و نرخ بهره در واردات مواد سبز	R_{31}
۹	۹۱,۷۵۸۷۵۵۱۶	۰,۰۳۹۵۶۲۷۷۲	۰,۰۲۴۱۹۵۷	۰,۰۱۷۳۲۹۳	بودجه محدود (مشکلات در بودجه‌بندی به خاطر عدم آشنایی با ساختمان سبز)	R_{41}
۷	۹۲,۲۰۶۰۴۹۷۷	۰,۰۳۹۷۵۵۶۲۸	۰,۰۲۲۳۰۸۵	۰,۰۱۵۲۶۳۳	پیش‌بینی نادرست تقاضای بازار و عدم برآورد دقیق بازده سرمایه‌گذاری ساختمان‌های سبز	R_{51}
۱۳	۸۹,۰۶۸۶۹۹۴۳	۰,۰۳۸۴۰۲۹۲۶	۰,۰۲۳۵۹۵۵	۰,۰۱۷۹۸۴۲	کمبود تجربه مدیریتی	R_{11}
۸	۹۱,۹۱۴۵۱۶۳۳	۰,۰۳۹۶۲۹۹۳۱	۰,۰۲۲۸۰۴۴	۰,۰۱۵۸۲۷۱	عدم آگاهی در مورد تکنولوژی و مواد سبز	R_{21}
۲۲	۸۴,۴۷۵۱۴۰۱۵	۰,۰۳۶۴۲۲۳۶۴	۰,۰۱۹۹۳۸۶	۰,۰۱۶۱۵۵۳	فقدان شرکت‌های پیمانکاری باتجربه در ساختمان سبز	R_{31}
۲	۹۹,۸۸۰۳۸۱۳۴	۰,۰۴۳۰۶۴۴۹۹	۰,۰۲۴۲۴۴۳	۰,۰۱۴۱۴۹۷	مقاومت از طرف ذینفعان برای تصویب ایده‌های	R_{41}

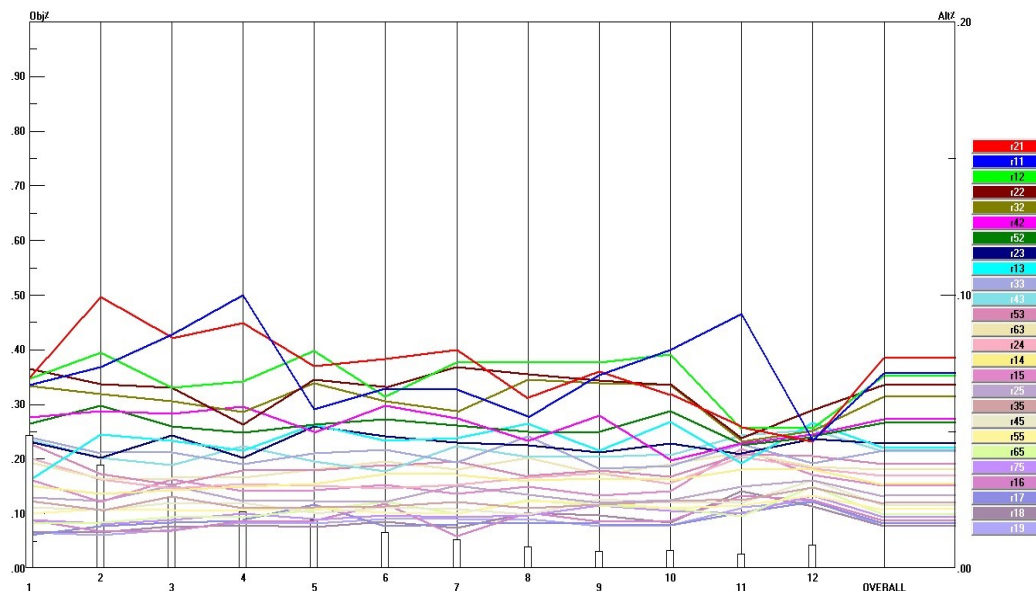
رتبه	N_i	Q_i	P_i	R_i	ریسک	نماد
					سبز	
۱۱	۸۹,۹۱۱۷۶۵۵۳	۰,۰۳۸۷۶۶۴۲۳	۰,۰۲۲۴۰۸۳	۰,۰۱۶۲۷۹۳	تخصیص نامشخص نقش‌ها و مسئولیت‌ها	R_5
۳	۹۷,۴۶۰۸۱۴۳۴	۰,۰۴۲۰۲۱۲۷۷	۰,۰۲۶۳۵۶۵	۰,۰۱۶۹۹۹۸	نداشتن اهداف واقع‌بینانه	R_6
۲۳	۸۴,۳۹۲۵۳۷۲۱	۰,۰۳۶۳۸۶۷۴۹	۰,۰۱۹۷۵۴۹	۰,۰۱۶۰۱۱۴	عدم وجود اسناد و اطلاعات برای فن‌آوری‌های سبز جدید	R_{11}
۲۵	۷۹,۷۴۱۳۸۳۳۷	۰,۰۳۴۳۸۱۳۵۴	۰,۰۱۸۳۱۶۱	۰,۰۱۶۵۷۶۱	کیفیت طراحی نامناسب	R_{12}
۱۴	۸۸,۵۸۸۹۶۳۹	۰,۰۳۸۱۹۶۰۸۳	۰,۰۲۱۴۰۶۰	۰,۰۱۵۸۶۰۵	عدم اطمینان در عملکرد مواد و تجهیزات سبز	R_{15}
۴	۹۷,۱۲۶۹۴۶۶۴	۰,۰۴۱۸۷۷۳۲۶	۰,۰۲۵۱۱۰۷	۰,۰۱۵۸۸۲۷	فقدان اطلاعات / اسناد برای ارزیابی ساختمان سبز	R_{16}
۱	۱۰۰	۰,۰۴۳۱۱۶۰۷۴	۰,۰۲۵۰۶۴۲	۰,۰۱۴۷۵۱۹	کیفیت پایین مواد و تجهیزات	R_{17}
۶	۹۳,۰۲۶۹۱۱۴۹	۰,۰۴۰۱۰۹۵۵۲	۰,۰۲۴۳۷۵۵	۰,۰۱۶۹۲۵۰	کنترل کیفیت نامناسب و کار معیوب	R_{18}
۲۶	۷۵,۰۹۴۴۱۹۸۳	۰,۰۳۲۳۷۷۷۶۵	۰,۰۱۷۰۵۰۸	۰,۰۱۷۳۷۴۶	دوام مواد سبز (تکنولوژی جدید)	R_{26}
۲۱	۸۴,۶۱۳۹۳۳۴۱	۰,۰۳۶۴۸۲۲۰۶	۰,۰۲۰۳۶۴۰	۰,۰۱۶۵۲۱۶	استفاده از فن‌آوری‌های غیرمجاز در زمینه ساخت‌وساز سبز	R_{21}
۱۰	۹۰,۱۴۶۵۱۸۲۷	۰,۰۳۸۸۶۷۶۳۹	۰,۰۲۲۶۳۳۲	۰,۰۱۶۴۰۳۳	پیچیدگی فنی	R_{10}
۱۹	۸۷,۱۴۲۷۲۵۴۴	۰,۰۳۷۵۷۲۵۲۲	۰,۰۲۱۳۸۹۸	۰,۰۱۶۴۵۵۸	تغییر سیاست‌ها یا قوانین و مقررات محلی (سیاست‌های دولتی) ساختمان سبز	R_{19}
۱۲	۸۹,۶۰۰۷۵۰۹۴	۰,۰۳۸۶۳۲۳۲۶	۰,۰۲۲۳۹۴۵	۰,۰۱۶۳۹۹۹	عدم تعریف روشن از مواد	R_{12}

رتبه	N_i	Q_i	P_i	R_i	ریسک	نماد
					ساختمان سبز	
۱۶	۸۷,۷۲۴۸۰۹۸۲	۰,۰۳۷۸۲۳۴۹۴	۰,۰۲۱۵۱۶۸	۰,۰۱۶۳۳۰۷	کمبود متخصصان ماهر و باتجربه	R_{16}
۲۰	۸۶,۵۷۴۴۰۷۴۷	۰,۰۳۷۳۲۷۴۸۵	۰,۰۲۰۴۲۶۶	۰,۰۱۵۷۵۶۵	نبود تجهیزات ایمنی	R_{20}

بنابراین با توجه به محاسبات انجام شده وزن نهایی هر یک از شاخص‌های مدل با تکنیک COPRAS محاسبه شده است. بر اساس جدول ۷ در بین ریسک‌های مؤثر مسئله، ریسک‌های کیفیت پایین مواد و تجهیزات، مقاومت از طرف ذینفعان برای تصویب ایده‌های سبز، نداشتن اهداف واقع بینانه، فقدان اطلاعات / اسناد برای ارزیابی ساختمان سبز و عدم رعایت استاندارد در ساختمان سبز به ترتیب با مطلوبیت ۱۰۰، ۹۹، ۸۸، ۹۷، ۴۶، ۹۷، ۱۲ و ۹۴، ۳۵ از نظر کارشناسان دارای بالاترین اهمیت می‌باشند.

تحلیل حساسیت

در این تحقیق از نرم افزار Excel برای حل مدل استفاده شده است. در حل مدل، ۱۲ معیار و ۲۶ ریسک در نظر گرفته شده‌اند. از آنجاییکه تعداد معیارها زیاد بوده است، از روش SWARA به منظور ارزیابی وزن معیارها بدون در نظر گرفتن مقایسات زوجی استفاده شده است، پس از حل مدل به کمک نرم افزار اکسل، معیارهای واکنش به ریسک، قابلیت شناسایی و منحصر به فرد بودن ریسک مجموعاً ۵۷٪ اوزان را در اختیار گرفته اند. از این رو ضروری است که مدیر پروژه ابتدا بر اهمیت وزن معیارها و انتخاب خبرگان دقیق تمرکز نماید و توجه بیشتری به ۳ معیار گفته شده را معطوف کند. سپس از روش COPRAS برای رتبه بندی گزینه‌ها با در نظر گرفتن وزن معیارها در اکسل پرداخته است. ریسک‌های کیفیت پایین مواد و تجهیزات (R_{16})، مقاومت از طرف ذینفعان برای تصویب ایده‌های سبز (R_{20}) و نداشتن اهداف واقع بینانه (R_{26}) به ترتیب اولویت اول تا سوم را کسب کردند.



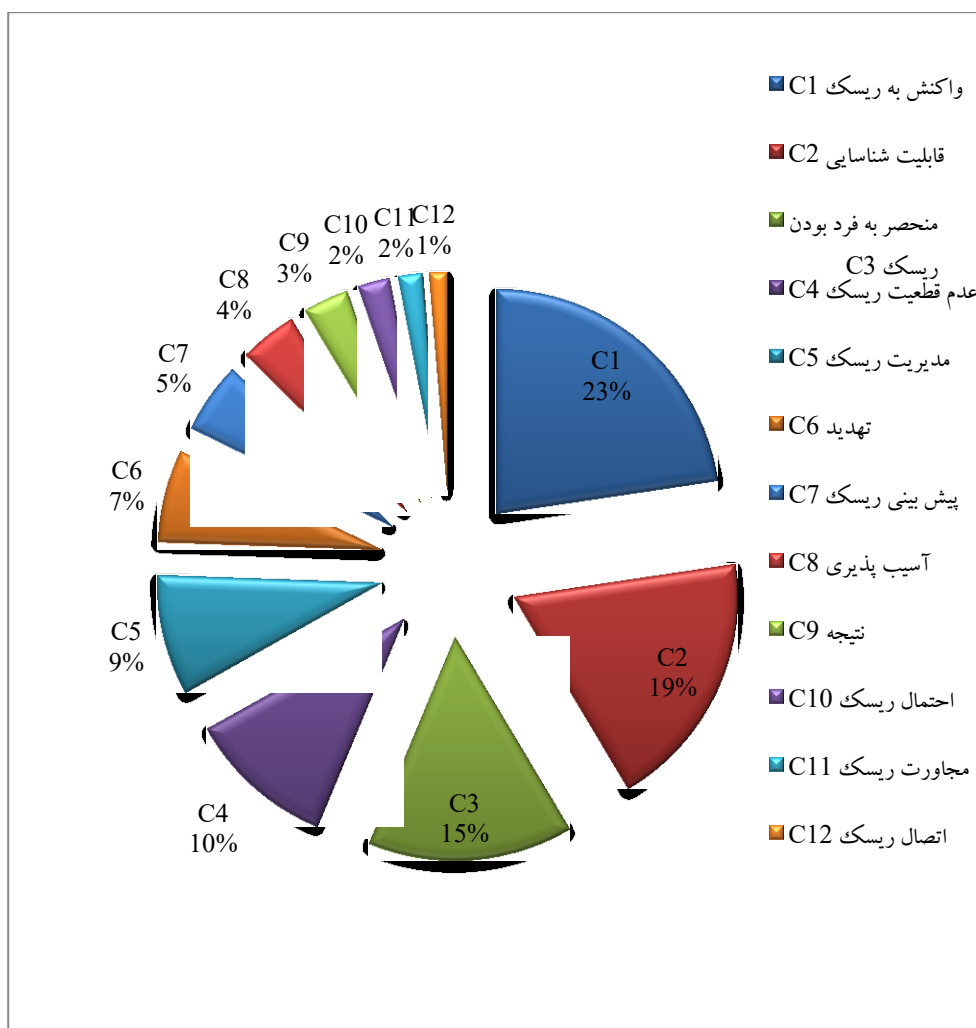
شکل ۲: تاثیر معیارها بر ریسک‌ها

شکل ۲ میزان تاثیر معیارها بر روی گزینه‌ها را نشان می‌دهد. ستون افقی نشان‌دهنده ی معیار و ستون عمودی نشان‌دهنده ی ریسک‌ها است که به منظور نمایش بهتر از رنگ‌های متمایز برای معرفی هر ریسک استفاده شده است. با توجه به شکل ۲ تاثیر معیار r_C بر روی ریسک r_{17} با رنگ قرمز به مراتب بیشتر از تاثیر آن بر روی ریسک r_{11} با رنگ سبز است. همچنین می‌توان درک کرد که بیشترین تاثیرات از سوی معیارها مربوط به تاثیر r_C بر روی ریسک r_{17} و r_C بر روی ریسک r_{11} است و کمترین تاثیر در بین معیارها مربوط به r_C بر روی ریسک r_{17} است. بنابراین، تغییر در وزن معیارها بر روی رتبه بندی ریسک‌ها تاثیر می‌گذارد که این مساله در نتیجه پژوهش بسیار حائز اهمیت است.

بحث و دیدگاه‌ها

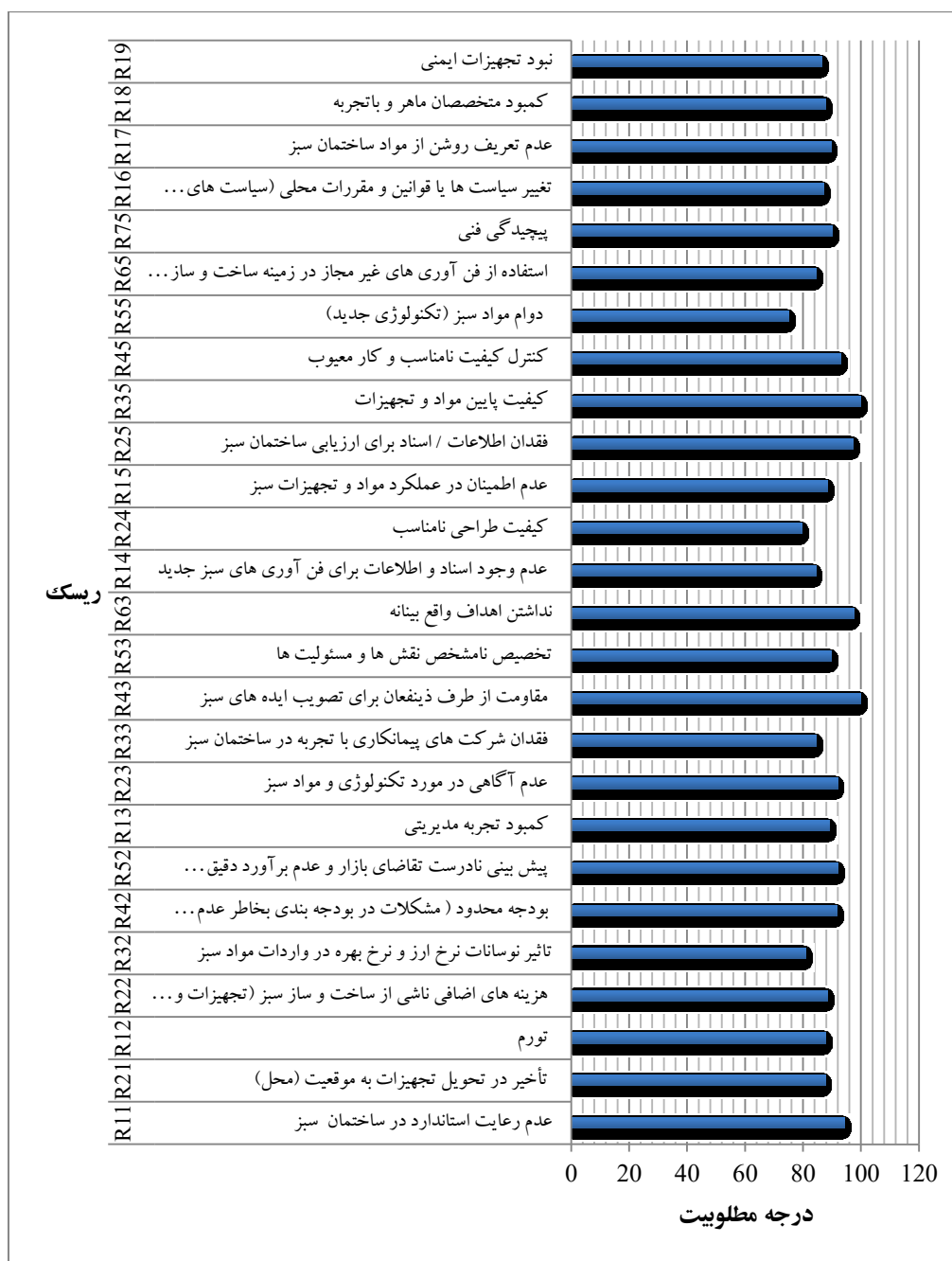
هدف از تحقیق حاضر شناسایی ریسک‌های پروژه ساختمانی سبز، رتبه‌بندی ریسک‌ها و تعیین مؤثرترین آن‌ها بوده است، توجه خاص به شرایط اقلیمی استان و امکان به کارگیری مواد و مصالح موجود بازار در ایجاد ساختمان سبز از مهم‌ترین ویژگی‌های طرح مذکور است و روش ترکیبی SWARA_COPRAS برای این ارزیابی مطرح شد. در این تحقیق مراحل انجام کار به شرح زیر است:

- طی این تحقیق ابتدا ۵۲ ریسک ساختمان سبز در ۱۲ گروه با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای، مقالات، اسناد، پایان‌نامه‌های در دسترس جمع‌آوری شده است که نتایج در جدول ۳ نشان داده شده است.
- از مهندسين با تجربه نظام مهندسی خواسته شده تا بر اساس طیف لیکرت ریسک‌های کارآمد را مشخص کنند که نتایج این پرسشنامه در جدول ۳ آمده است، سپس از بین تمامی آن‌ها ریسک‌هایی که ارزششان از میانگین ارزش‌ها (۴,۰۲) بیشتر و مساوی بوده انتخاب گردید که در نهایت ۲۶ ریسک در ۹ گروه به عنوان ریسک‌های مؤثر از نظر کارشناسان انتخاب شده‌اند.
- با استفاده از مطالعات قبلی ۱۲ معیار به منظور ارزیابی ریسک مشخص شده‌اند که از ۵ معیار مثبت و ۷ معیار منفی تشکیل شده است. معیارهای شناسایی شده ابتدا توسط کارشناسان رتبه‌بندی سپس با الگوریتم رتبه‌بندی SWARA اثبات گردیدند، در ادامه با روش SWARA وزن دهی شدند، اوزان به دست آمده میان این تفاوت افکار و انتظارات تعادل ایجاد می‌نماید. نتایج نشان داده است معیار واکنش به ریسک و اتصال به ریسک به ترتیب با اوزان ۰,۲۲۶ و ۰,۰۱۲ بیشترین تأثیر و کمترین تأثیر را در انتخاب گزینه دارند. شکل ۳ میزان تأثیر معیارها را نشان می‌دهد.



شکل ۳: وزن معیارها

- در انتها ریسک‌های ساختمان سبز برحسب معیارها با تکنیک **COPRAS** رتبه‌بندی شده‌اند. در این میان ریسک‌های کیفیت پایین مواد و تجهیزات، مقاومت از طرف ذینفعان برای تصویب ایده‌های سبز و نداشتن اهداف واقع‌بینانه به ترتیب با مطلوبیت ۱۰۰ و ۹۹٫۸۸ و ۹۷٫۴۶ اولویت اول تا سوم را کسب کردند. این بدان معناست که توجه به این ریسک‌ها می‌تواند انتظارات اکثریت افراد درگیر در پروژه‌های ساختمانی سبز در استان مازندران و به‌خصوص شهرستان آمل را برآورده نماید، در واقع می‌تواند پاسخگوی خیلی خوبی برای تمام خواسته‌های ذینفعان باشد. سایر گزینه‌ها نیز بدین ترتیب بر اساس توجه در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرند و ریسک‌های تأثیر نوسانات نرخ ارز و نرخ بهره در واردات مواد سبز، کیفیت طراحی نامناسب و دوام مواد سبز (تکنولوژی جدید) به ترتیب با مطلوبیت ۸۰٫۸۵ و ۷۹٫۷۴ و ۷۵٫۰۹ در اولویت‌های آخر قرار گرفته‌اند. شکل ۴ میزان مطلوبیت ریسک‌های موثر را نشان داده است.



شکل ۴: درجه مطلوبیت ریسک های مؤثر ساختمان سبز

با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش، ریسک‌های شناسایی شده در حوزه ساختمان سبز در مجموعه عمرانی- تفریحی اکسین آمل طرح ریزی گردید و مطابق با نظرات خبرگان، مهندسین ناظر طرح و مشاوران پروژه، بهبود ذیل در ریسک‌های پروژه حاصل گردید، نتایج در جدول ۸ نشان داده شده است.

جدول ۸: اعتبارسنجی یافته‌های پژوهش

گروه	ایمنی	اجتماعی	قانونی	نیروی کار	مواد و مصالح	سیاسی	کیفیت و مسائل فنی	زیست محیطی	طراحی	مدیریت	اقتصادی و مالی	ساخت
درصد بهبود	۱۳٪	۰٪	۵٪	۲۵٪	۱۳٪	۰٪	۲۲٪	۳۴٪	۳۱٪	۵٪	۱۷٪	۳۳٪

نتیجه‌گیری

دانش‌های مختلف جهانی از پنجاه سال پیش برآنند تا در کنار اکتشافات جدید علمی به راه‌حل‌هایی برای کاهش آلودگی، کاهش مصرف انرژی و در نهایت پایین آوردن سوخت‌وساز منابع طبیعی بپردازند. پروژه‌های ساختمانی سبز از این قاعده مستثنا نیستند و بلکه بیش از علوم دیگر در پی آشتی با محیط‌زیست هستند و تلاش می‌کنند بین انسان و طبیعت رابطه نزدیک‌تر و سالم برقرار کنند. ساختمان‌های سبز بر مبنای یک فلسفه جدید سازگار با محیط‌زیست، ساخته شده‌اند، هدف از این پژوهش شناسایی ریسک‌های پروژه ساختمانی سبز، رتبه‌بندی ریسک‌ها و تعیین مؤثرترین آن‌ها بوده است، توجه خاص به شرایط اقلیمی و امکان به‌کارگیری مواد و مصالح موجود بازار در تولید ساختمان سبز از مهم‌ترین ویژگی‌های پژوهش مذکور است. پروژه ساختمانی سبز به یکی از مهم‌ترین و چالش‌برانگیزترین مسائل در آمل به‌عنوان یک شهر در حال توسعه در ایران تبدیل شده است. در پاسخ به رشد سریع شهرنشینی، نیاز به شناسایی و

ارزیابی ریسک، زمان و توجه زیادی را به پیمانکاران ساختمانی، بخش‌های مسئول و دولت اختصاص داده است. علاوه بر این، پیش‌بینی و اندازه‌گیری ریسک برای ذینفعان و تصمیم‌گیرندگان به دلیل ماهیت نامحدود ریسک دشوار است. مطالعات قبلی فقط از پارامترهای تأثیر و فرکانس برای ارزیابی هر ریسک استفاده می‌کنند. این مقاله یک چارچوب جدید توسعه‌یافته برای ارزیابی خطرات در پروژه‌های ساختمانی سبز با استفاده از روش SWARA-COPRAS معرفی کرد. مدل پیشنهادی، مدل پیش‌بینی ارزیابی ریسک معمول را از طریق معرفی معیارهای جدید برای رتبه‌بندی ریسک گسترش داد. 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 (R)، قابلیت شناسایی (C) و منحصربه‌فرد بودن ریسک (M) 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 ساختمانی سبز شناسایی شد 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_{PR})، مقاومت از طرف ذینفعان برای تصویب ایده‌های سبز (R_{PR}) و نداشتن اهداف واقع بینانه (R_{PR}) به ترتیب، سه ریسک موثر در پروژه‌های ساختمانی سبز در آمل بود. مقایسه روش COPRAS و دیگر روش‌های تصمیم‌گیری نشان داده است که روش COPRAS بسیار مفید است، زیرا تعداد معیارها و گزینه‌ها بسیار بالا است و مقایسه زوجی مانند روش FANP نیاز نیست و در مقابل محاسبات پیچیده مانند روش فازی، این روش می‌تواند یک رتبه‌بندی کامل از گزینه‌ها را ارائه دهد و با مشکلات و مسائل کمی و کیفی در یک ارزیابی مقابله کند. روش ترکیبی SWARA_COPRAS برای اینکه در اکسل کد نویسی شده، می‌تواند تعداد زیادی از مسائل را پوشش دهد.

نتایج این پژوهش، پشتوانه محکمی را برای ورود سرمایه‌گذاران و پیمانکاران به پروژه‌های ساختمانی سبز ایجاد خواهد نمود و منجر به کاهش هزینه‌های ساخت این گونه ساختمان‌ها خواهد

شد. این وضعیت نه تنها برای سازندگان به صرفه خواهد بود، بلکه با توجه به قیمت تمام شده مناسب‌تر، مشوق بهتری برای خریداران خواهد شد. در نهایت این مطالعه، پایه و اساس مدیریت ریسک در پروژه‌های ساختمانی سبز را ایجاد می‌کند و به شرکت‌های ساختمانی سبز در ایران و کشورهای در حال توسعه کمک می‌کند تا نظارت و شناسایی خطرات در پروژه‌های ساختمانی سبز به راحتی انجام شود.

منابع

- اردشیر، آرش، خیاط فتحی، افشین، ایمان زاده، علی، و نادر یدلی یاروق. ۱۳۹۳. "طراحی سبز با هدف صرفه جویی و بهینه سازی در مصرف انرژی". *اولین همایش ملی مهندسی برق و کامپیوتر در شمال کشور*.
- اطمینانی مقدم، فرنوش. ۱۳۸۴. "بررسی تحلیلی شناسایی ریسک‌های معمول در پروژه‌های ساختمانی". *دومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت پروژه*.
- اکبری، سعید، حسینی، سید محمد جواد، و علی شعبانی اصل. ۱۳۹۳. "اولویت بندی ریسک‌های ایمنی برای ساختمان‌های سبز با استفاده از استاندارد LEED". *اولین کنفرانس ملی مهندسی عمران و توسعه پایدار ایران*.
- تقی زاده، محمد، بامداد صوفی، جهانیار، و مریم میر افشار. ۱۳۹۳. "شناسایی و اولویت بندی ریسک‌های پروژه‌های همکاری فناوری (حوزه زیست فناوری)". *فصلنامه مدیریت توسعه فناوری*. دوره دوم. شماره ۳.
- خاکسر، منصور، شافعی، رضا، و بهاره اله ویسی. ۱۳۸۷. "شناسایی منشاءهای ریسک در پروژه‌های ساختمانی و نحوه مدیریت آنها". *فراسوی مدیریت*. سال دوم. شماره ۷.
- فرجی اصل، یاسر. ۱۳۹۳. "شناسایی و اولویت بندی خطرات موثر بر پروژه‌های ساختمانی سبز". *دومین همایش ملی معماری، عمران و محیط زیست شهری*.
- فضلی، مسعود، فلاح، علی، و امیر خاکباز. ۱۳۹۶. "مدیریت واکنش ریسک در پروژه‌های ساختمانی با در نظر گرفتن روابط متقابل ریسک پروژه (مطالعه موردی)". *دهمین کنفرانس بین‌المللی انجمن ایرانی تحقیق در عملیات*.
- فضلی، مسعود، فلاح، علی، و امیر خاکباز. ۱۳۹۹. "مدیریت ریسک در پروژه‌های ساختمانی با در نظر گرفتن روابط متقابل ریسک پروژه: بیشینه نمودن مطلوبیت". *مطالعات مدیریت صنعتی*. دوره ۱۸، شماره ۵۶. صفحه ۳۷۴-۳۳۷.

قاسمی نژاد، رویا. ۱۳۹۵. "بررسی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز (به ویژه ریسک‌های ایمنی و ذینفعان)". چهارمین کنگره بین‌المللی عمران، معماری و توسعه شهری، تهران.

قبادی، جواد، رضائیان، جواد، و مصطفی حاجی آقایی کشتلی. ۱۳۹۶. "شناسایی و اولویت بندی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز مبتنی بر تلفیق روش‌های FDEMATEL و (FANP) (مطالعه موردی: شهرستان سوادکوه)". نشریه مهندسی عمران امیرکبیر.

ودادی کلاتر، سعید، اسماعیلی، علی، و محمد مهدی رفیعی. ۱۳۹۲. "بررسی کیفی استانداردهای یک ساختمان سبز". نخستین کنفرانس ملی ساختمان سبز.

همتی نیا، سلمان، رضائیان، سحر، و سید علی جوزی. ۱۳۹۵. "ارزیابی ریسک محیط زیستی پروژه ۱۹ شهرداری تهران با استفاده از روش EFMEA مکانندهای عمرانی معاونت خدمات شهری منطقه". فصلنامه پایداری توسعه و محیط زیست. دوره ۳. شماره ۲. صفحه ۸۰-۶۳.

Ashuri, B & ,Durmus-Pedini, A. (2010). An overview of the benefits and risk factors of going green in existing buildings. *International Journal of Facility Management*. (۱)۱ ,

Ayrim, Y., Atalay, K. D & ,Can, G. F. (2018). A New Stochastic MCDM Approach Based on COPRAS. *International Journal of Information Technology & Decision Making*. ۱۷, (۰۳), ۸۵۷-۸۸۲,

Baum, M & ,Council, U. G. B. (2007). *Green building research funding: an assessment of current activity in the United States*. Washington, DC: US Green Building Council.

Carr, V & ,Tah, J. H. M. (2001). "A fuzzy approach to construction project risk assessment and analysis: construction project risk management system." *Advances in engineering software*-۸۴۷, (۱۱-۱۰)۳۲ , ۸۵۷

Chatterjee, K., Zavadskas, E. K., Tamošaitienė, J., Adhikary, K & , Kar, S. (2018). A hybrid MCDM technique for risk management in construction projects *Symmetry*. ۴۶, (۲) ۱۰, ,

Dehnavi, A., Aghdam, I. N., Pradhan, B & ,Varzandeh, M. H. M. (2015). (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* , ۱۳۵ , .۱۴۸-۱۲۲

Deng, X., Low, S. P., Li, Q & ,Zhao, X. (2014). Developing competitive advantages in political risk management for international construction enterprises *Journal of Construction Engineering and Management*. ۰۴۰۱۴۰۴۰, (۹) ۱۴۰, ,

Dewlaney, K. S., Hallowell, M. R & ,Fortunato III, B. R. (2011) Safety risk quantification for high performance sustainable building construction *Journal of Construction Engineering and Management* , .۹۷۱-۹۶۴, (۸) ۱۳۸

El-Sayegh, S. M. (2008). Risk assessment and allocation in the UAE construction industry *International journal of project management* , .۴۳۸-۴۳۱, (۴) ۲۶

Fazli, M., Afshari, A. J & ,Hajiaghahi-Keshteli, M. (2018) (Identification and ranking of risks in Green Building projects using the hybrid SWARA-COPRAS method *In Proceedings of the International conference of Iranian Operations Research Society, Kermanshah, Iran* ; pp. 1-5.

Fortunato III, B. R., Hallowell, M. R., Behm, M & ,Dewlaney, K. (2011).(Identification of safety risks for high-performance sustainable

construction projects *Journal of Construction Engineering and Management*. ۵۰۸-۴۹۹, (۴) ۱۳۸,

Glavinich, T. E. (2008). *Contractor's guide to green building construction: management, project delivery, documentation, and risk reduction*. John Wiley & Sons.

Gurgun, A. P., Bayhan, H. G., Polat, G & ,Turkoglu, H. A. R. U. N. . (۲۰۱۸) Schedule risk assessment in green building projects. In *Euro-Med-Sec-2 ,The Second European and Mediterranean Structural Engineering and Construction Conference: Responsible Design and Delivery of the Constructed Project in Istanbul* pp. 1-6.

Hashemkhani Zolfani, S & ,Bahrami, M. (2014). "Investment prioritizing in high tech industries based on SWARA-COPRAS approach." *Technological and Economic Development of Economy*, (۳) ۲۰, ۵۵۳-۵۳۴.

Hlaing, N. N., Singh, D., Tiong, R. L. K & ,Ehrlich, M. (2008). (Perceptions of Singapore construction contractors on construction risk identification *Journal of Financial Management of Property and Construction*. ۹۵-۸۵, (۲) ۱۳,

Hong, Q. K., Wang, J. B., Ge, J & ,Chen, P. (2013). "Research on the risk of deep foundation excavation engineering management based on RBS and AHP." *In Applied Mechanics and Materials* Vol. 438, pp. 1010-1014. (Trans Tech Publications.

Hwang, B. G., Shan, M & ,Supa'at, N. N. B. (2017). Green commercial building projects in Singapore: Critical risk factors and mitigation measures *Sustainable cities and Society*. ۲۴۷-۲۳۷, ۳۰,

Hwang, B. G., Shan, M., Phua, H & ,Chi, S. (2017). An exploratory analysis of risks in green residential building construction projects: The case of Singapore *Sustainability*. ۱۱۱۶, (۷) ۹,

Hwang, B. G., Zhao, X & ,Tan, L. L. G. (2015). Green building projects: Schedule performance, influential factors and solutions . *Engineering ,Construction and Architectural Management*. ۳۴۶-۳۲۷, (۳) ۲۲,

Hwang, B. G., Zhao, X., See, Y. L & ,Zhong, Y. (2015). Addressing risks in green retrofit projects: The case of Singapore *Project Management Journal* ۸۹-۷۶, (۴) ۴۶,

Islam, M. S., Nepal, M. P., Skitmore, M & ,Attarzadeh, M. (2017) .("Current research trends and application areas of fuzzy and hybrid methods to the risk assessment of construction projects ." *Advanced Engineering Informatics*. ۱۳۱-۱۱۲, ۳۳ ,

Keršulienė, V., Zavadskas, E. K & ,Turskis, Z. (2010). Selection of rational dispute resolution method by applying new step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA). *Journal of business economics and management*. ۲۵۸-۲۴۳, (۲) ۱۱ ,

Linkov, I., Satterstrom, F. K., Kiker, G ,Batchelor, C., Bridges, T & , Ferguson, E. (2006). "From comparative risk assessment to multi-criteria decision analysis and adaptive management: Recent developments and applications." *Environment International*. ۱۰۹۳-۱۰۷۲, (۸) ۳۲ ,

Lu, S & ,Yan, H. (2013). A comparative study of the measurements of perceived risk among contractors in China. *International Journal of Project Management*. ۳۱۲-۳۰۷, (۲) ۳۱ ,

Odom, J. D., Scott, R & ,DuBose, G. H. (2008). Hidden Risks of Green Buildings *Contracting Business*.

Pancholi, N & ,Bhatt, M. (2018). FMECA-based maintenance planning through COPRAS-G and PSI *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. ۲۴۳-۲۲۴ ,(۲) ۲۴ ,

Panthi, K., Ahmed, S. M & ,Ogunlana, S. O. (2009). “Contingency estimation for construction projects through risk analysis .” *International journal of construction education and research* ۹۴-۷۹ ,(۲) ۵ ,

Polat, G., Turkoglu, H & ,Gurgun, A. P. (2017). Identification of Material-related Risks in Green Buildings *Procedia Engineering* , ۱۹۶ , ۹۶۳-۹۵۶

Qin, X., Mo, Y & ,Jing, L. (2016). Risk perceptions of the life-cycle of green buildings in China *Journal of Cleaner Production*. ۱۵۸-۱۴۸ , ۱۲۶ ,

Ranaweera, R & ,Crawford, R. H. (2010). Using Early-Stage Assessment to Reduce the Financial Risks and Perceived Barriers of Sustainable Buildings *Journal of green building*. ۱۴۶-۱۲۹ ,(۲) ۵ ,

Robichaud, L. B & ,Anantatmula, V. S. (2010). Greening project management practices for sustainable construction *Journal of Management in Engineering*. ۵۷-۴۸ ,(۱) ۲۷ ,

Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures *Journal of mathematical psychology*. ۲۸۱-۲۳۴ ,(۳) ۱۵ ,

Sarvari, H., Valipour, A., Nordin, Y & ,Norhazilan, M. N. (2014). “Risk ranking of Malaysian Public Private Partnership projects”. In *Applied Mechanics and Materials*) Vol. 567, pp. 613-618.(

Shan, M & ,Hwang, B. G .(۲۰۱۸) .Green building rating systems: Global reviews of practices and research efforts.*Sustainable cities and society*.۱۸۰-۱۷۲ ,۳۹ ,

Shen, L. Y., Wu, G. W & ,Ng, C. S. (2001). "Risk assessment for construction joint ventures in China ." *Journal of construction engineering and management* ۸۱-۷۶ ,(۱)۱۲۷ ,

Shi, Q., Zuo, J & ,Zillante, G. (2012). Exploring the management of sustainable construction at the programme level: a Chinese case study . *Construction Management and Economics*.۴۴۰-۴۲۵ ,(۶)۳۰ ,

Stern, N & ,Stern, N. H. (2007) .(*The economics of climate change: the Stern review* .cambridge University press.

Taylan, O., Bafail, A. O., Abdulaal, R. M & ,Kabli, M. R. (2014) .("Construction projects selection and risk assessment by fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methodologies ." *Applied Soft Computing*.۱۱۶-۱۰۵ ,۱۷ ,

Tollin, H. M. (2011). Green building risks: it's not easy being green . *Environmental Claims Journal*.۲۱۳-۱۹۹ ,(۴-۳)۲۳ ,

Tulacz, G. J. (2008). Insurers worry about green-building risks . *Engineering News Record*.

USGBC .(۲۰۰۷) .*A National Green Building Research Agenda* .US Green Building Council, Washington, DC.

Valipour, A., Sarvari, H & ,Tamošaitiene, J. (2018). Risk Assessment in PPP Projects by Applying Different MCDM Methods and Comparative Results Analysis *Administrative Sciences* ۸۰ ,(۴)۸ ,

Valipour, A., Yahaya, N., Md Noor, N., Antuchevičienė, J & , Tamošaitienė, J. (2017). Hybrid SWARA-COPRAS method for risk assessment in deep foundation excavation project: An Iranian case study . *Journal of Civil Engineering and Management*. ۵۳۲-۵۲۴ ,(۴) ۲۳ ,

Valipour, A., Yahaya, N., Md Noor, N., Kildienė, S., Sarvari, H & , Mardani, A. (2015). A fuzzy analytic network process method for risk prioritization in freeway PPP projects: an Iranian case study *Journal of Civil Engineering and Management*. ۹۴۷-۹۳۳ ,(۷) ۲۱ ,

Valipour, A., Yahaya, N., Noor, N. M., Valipour, I & ,Tamošaitienė, J .(۲۰۱۹) A SWARA-COPRAS approach to the allocation of risk in water and sewerage public-private partnership projects in Malaysia . *International Journal of Strategic Property Management*. ۲۸۳-۲۶۹ ,(۴) ۲۳ ,

Wedding, G. C & ,Crawford-Brown, D. (2008). Improving the link between the LEED green building label and a building's energy-related environmental metrics *Journal of Green Building*. ۱۰۵-۸۵ ,(۲) ۳ ,

Wu, P & ,Low, S. P. (2014). Barriers to achieving green precast concrete stock management—a survey of current stock management practices in Singapore *International Journal of Construction Management* ۸۹-۷۸ ,(۲) ۱۴ ,

Wu, P., Feng, Y., Pienaar, J & ,Xia, B. (2015). A review of benchmarking in carbon labelling schemes for building materials . *Journal of Cleaner Production*. ۱۱۷-۱۰۸ , ۱۰۹ ,

Wu, P., Xia, B & ,Zhao, X. (2014). The importance of use and end-of-life phases to the life cycle greenhouse gas (GHG) emissions of concrete—a review *Renewable and Sustainable Energy Reviews*-۳۶۰ , ۳۷ , ۳۶۹

Wu, P., Xia, B., Pienaar, J & ,Zhao, X. (2014). The past, present and future of carbon labelling for construction materials—a review *Building and Environment*.۱۶۸-۱۶۰ ,۷۷,

Yang, R. J & ,Zou, P. X. (2014). Stakeholder-associated risks and their interactions in complex green building projects: A social network model *Building and Environment*.۲۲۲-۲۰۸ ,۷۳,

Yang, R. J., Zou, P. X & ,Wang, J. (2016). Modelling stakeholder-associated risk networks in green building projects *International journal of project management* ۸۱-۶۶ ,(۱)۳۴,

Yazdani, M., Alidoosti, A & ,Zavadskas, E. K. (2011). Risk analysis of critical infrastructures using fuzzy COPRAS.*Economic research-Ekonomska istraživanja*.۴۰-۲۷ ,(۴)۲۴ ,

Yazdani, M., Chatterjee, P., Zavadskas, E. K & ,Streimikiene, D . “ (۲۰۱۸).A novel integrated decision-making approach for the evaluation and selection of renewable energy technologies.”*Clean Technologies and Environmental Policy*.۱۸-۱ ,

Yuan, X., Zuo, J & ,Huisingh, D. (2015). Social acceptance of wind power: a case study of Shandong Province, China.*Journal of Cleaner Production*.۱۷۸-۱۶۸ ,۹۲ ,

Zarbakhshnia, N., Soleimani, H & ,Ghaderi ,H. (2018). “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*.۳۱۹-۳۰۷ ,۶۵ ,

Zavadskas, E. K., Kaklauskas, A & ,Sarka, V. (1994). The new method of multicriteria complex proportional assessment of projects . *Technological and economic development of economy*. ۱۳۹-۱۳۱ , (۳) ۱ ,

Zegordi, S. H., Nik, E. R & ,Nazari, A. (2012). "Power plant project risk assessment using a fuzzy-ANP and fuzzy-TOPSIS method ." *International Journal of Engineering-Transactions B: Applications* , ۱۲۰-۱۰۷ , (۲) ۲۵

Zhao, X., Hwang, B. G & ,Gao, Y. (2016). A fuzzy synthetic evaluation approach for risk assessment: a case of Singapore's green projects *Journal of Cleaner Production*. ۲۱۳-۲۰۳ , ۱۱۵ ,

Zhao, X., Zuo, J., Wu, G & ,Huang, C. (2019). A bibliometric review of green building research 2000–2016 *Architectural Science Review* , ۸۸-۷۴ , (۱) ۶۲

Zhi, H. (1995). "Risk management for overseas construction projects ." *International journal of project management*. ۲۳۷-۲۳۱ , (۴) ۱۳ ,

Zolfani, S. H & ,Saparauskas, J. (2013). New application of SWARA method in prioritizing sustainability assessment indicators of energy system *Engineering Economics*. ۴۱۴-۴۰۸ , (۵) ۲۴ ,

Zolfani, S. H., Yazdani, M & ,Zavadskas, E. K. (2018). An extended stepwise weight assessment ratio analysis (SWARA) method for improving criteria prioritization process. *Soft Computing*. ۷-۱ ,

Zou, P. X. W., Rischmillier, S & ,Xu, A. Y. X. (2010). Risk identification and assessment in green retail building development.

Zou, P. X & ,Couani, P. (2012). Managing risks in green building supply chain *Architectural Engineering and Design Management* ,(۲)۸ , ۱۴۳-۱۵۸.

Zuo, J., Pullen, S., Palmer, J., Bennetts, H., Chileshe, N & ,Ma, T . (۲۰۱۵).Impacts of heat waves and corresponding measures: a review . *Journal of Cleaner Production*.۱۲-۱ , ۹۲ ,

Zuo, J., Read, B., Pullen, S & ,Shi, Q. (2012). Carbon-neutral commercial building development *Journal of Management in Engineering*.۱۰۲-۹۵ ,(۱)۲۹ ,