



## شناسایی و اولویت بندی ریسک های پروژه های ساختمانی سبز مبتنی بر تلفیق روش های (FANP و FDEMATEL): (مطالعه موردی: شهرستان سوادکوه)

جواد قبادی<sup>۱</sup>، جواد رضائیان<sup>۱\*</sup>، مصطفی حاجی آقایی کشتلی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>دانشکده مدیریت، دانشگاه علوم فنون مازندران، بابل، ایران  
<sup>۲</sup>دانشکده صنایع، دانشگاه علم و فناوری مازندران، بهشهر، ایران

### تاریخچه داوری:

دریافت: ۱۶ شهریور ۱۳۹۶  
بازنگری: ۲۶ آبان ۱۳۹۶  
پذیرش: ۱۰ آذر ۱۳۹۶  
ارائه آنلاین: ۶ بهمن ۱۳۹۶

### کلمات کلیدی:

مدیریت ریسک  
ریسک پروژه  
پروژه های ساختمانی سبز  
تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی فازی  
تکنیک دیمتل فازی

**چکیده:** ساختمان سبز روندی است که با محیط زیست و حفظ منابع طبیعی در طول چرخه عمر ساختمان سازگار می باشد. وجود ریسک در پروژه های ساختمانی سبز موجب کاهش دقت در تخمین مناسب اهداف پروژه شده و از کارایی پروژه های ساختمانی سبز می کاهد. بنابراین شناسایی و اولویت بندی ریسک می تواند نقش بسزایی در موفقیت پروژه های ساختمانی سبز داشته باشد. در پژوهش حاضر با ارائه مدلی جامع از کلیه معیارها و شاخص های ریسک های پروژه های ساختمانی سبز، شاخص های ریسک های پروژه های ساختمانی سبز اولویت بندی شدند. بدین منظور در گام اول به شناسایی و غربال شاخص ها از دیدگاه کارشناسان پروژه های ساختمانی سبز با استفاده از تکنیک دلفی فازی پرداخته شد، و در ادامه روش نوینی به کمک ترکیب نتایج فرآیند تحلیل شبکه ای و تکنیک دیمتل در شرایط فازی (F.DEMATEL) برای رتبه بندی و ارزیابی روابط علی و معلول بین عوامل به کار برده شده است، و در نهایت اولویت بندی نهایی شاخص های ریسک های پروژه های ساختمانی سبز، با لحاظ نتایج گام های اولیه و با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه فازی و تکنیک دیمتل در نرم افزار super decision صورت گرفته است. نتایج در پژوهش حاضر نشان می دهد که ریسک های مربوط به کیفیت بد مواد و نامناسب بودن تجهیزات اهمیت بالایی برخوردار هستند و نداشتن مقیاس برای هزینه فعالیت ها دارای کم ترین اهمیت می باشد.

### ۱- مقدمه

امروزه با توسعه تکنولوژی و ارتقاء یافتن استانداردهای زندگی و هم چنین افزایش روز افزون مسائل مربوط به ایمنی، بهداشت و محیط زیست بیش از پیش مورد اهمیت قرار گرفته است. از این رو دستیابی به ابزار مدیریتی و هدفمند که مخاطرات بالقوه و بالفعل در زمینه ایمنی و محیط زیست در پروژه های ساختمانی به گونه ای دقیق تعیین و به طور موثر کنترل کند، یک امر ضروری به نظر می رسد. از آنجایی که ریسک جزء ذاتی تمام پروژه ها است و امکان حذف کامل آن وجود ندارد، می توان برای کاهش ریسک در دستیابی به اهداف پروژه، آن را به طور موثری مدیریت کرد. اما احتمال رخداد آن حداقل در یکی از ابعاد پروژه از قبیل محدوده، زمان، هزینه یا کیفیت وجود دارد. بنابراین، شناسایی و اولویت بندی ریسک، می تواند نقش بسزایی در موفقیت پروژه داشته باشد [۱].

در دنیای امروز که هر لحظه بر تعداد و حجم ساختمان ها و بناهای مسکونی و اداری افزوده می شود، بر اساس آمار پایگاه های اطلاع رسانی شهرسازی و معماری، مساحت کل ساختمان های

موجود در جهان، حدود یک ششم از عرصه های آبی اعم از رودخانه ها، دریاچه ها، دریاها و اقیانوس ها را به خود اختصاص داده است. بیش از یک چهارم زمین های زیر کشت و جنگل ها، خراب و خشک شده اند تا خانه یا کارخانه های جدید بنا شود و دو سوم از مصالح ساختمانی به کار رفته در ساختمان های مختلف، موجب نابودی و از میان رفتن میزان غیر قابل تصویری از انرژی و منابع زیر زمینی شده است. چنانچه این روند با همین سرعت سرسام آور ادامه یابد، تا چند سال آینده دیگر زمین تحمل هیچ انسانی را نخواهد داشت، چرا که منابع محدود آن به طور کامل تمام شده و اثری از جنگل ها و اقیانوس ها باقی نخواهد ماند [۲]. در ساختمان های سبز مهم ترین مساله، تضمین و تامین سلامت جسمی و روحی ساکنین است. ساختمان سبز می تواند آینده زمین را که به نظر می رسد رو به نابودی است، نجات دهد و به نسل های بعد فرصت زندگی توأم با آسایش و آرامش را فراهم آورد.

منظور از ساختمان سبز رنگ آن نیست، بلکه ساختمان هایی هستند که بر مبنای یک فلسفه جدید سازگار با محیط زیست، ساخته شده اند. این ساختمان ها یک ماموریت سه گانه را انجام می دهند: ۱- حفظ محیط زیست ۲- صرفه جویی انرژی و مالی ۳- حفظ سلامت

و بهبود بهره‌وری ساکنین. ساختمان سبز روندی است که با محیط زیست و حفظ منابع طبیعی در طول چرخه عمر ساختمان سازگار می‌باشد. از ایده گرفته تا طراحی، ساخت و ساز، بهره‌برداری، نگهداری، تعمیر و تخریب آن با محیط‌زیست سازگار بوده ساخت آن نیازمند همکاری متقابل اعضای تیم طراحی می‌باشد. معماران و مهندسين و کارفرمایان در هر مرحله از تکمیل پروژه ساختمان سبز در تلاشند تا توسعه دهنده و تکمیل کننده انتظارات سنتی از ساختمان باشند تا از نظر صرفه اقتصادی، ماندگاری و تامین آسایش در سطح بالایی قرار گیرد [۳].

مدیریت ریسک فرآیندی سیستماتیک در شناسایی، تجزیه و تحلیل و واکنش در برابر ریسک‌های پروژه، به منظور پیشینه سازی نتایج و وقایع مثبت و کاهش احتمال یا اثرات وقوع پیامدهای ناگوار بر اهداف پروژه است که می‌تواند روی زمان، هزینه، کیفیت، بهره‌وری و عملکرد پروژه تأثیر بگذارد [۴]. مدیریت ریسک گامی در راستای اثر بخشی، کارایی و البته علمی تر شدن پروژه می‌باشد. به طوری که عدم قطعیت‌ها را قبل از اینکه رخ دهند و به بحران تبدیل شوند شناسایی کرده و یک تعادل بین تهدیدها و فرصت‌ها ایجاد می‌کند [۵]. در مدیریت ریسک سوالاتی نظیر چگونگی شناسایی ریسک‌های پروژه، نحوه درجه اولویت بندی ریسک‌های پروژه، چگونگی در نظر گیری وابستگی عدم قطعیت‌ها به یکدیگر، چگونگی پاسخ به ریسک‌ها و مواردی از این قبیل مطرح می‌باشد که پاسخ به آن‌ها نیازمند تجزیه و تحلیل دقیق پروژه دارد [۶].

مدیریت ریسک یکی از موضوعات عمده پروژه است [۷]. با توجه به عدم قطعیت‌های محیطی و ویژگی‌های منحصر به فرد پروژه‌ها، مدیریت ریسک در پروژه‌ها یک ضرورت غیر قابل اجتناب بوده و از درجه اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد، در این ارتباط فازهای شناسایی و اولویت بندی ریسک به عنوان مهم‌ترین مولفه‌های اثرگذار در پروژه‌ها می‌باشند. شناسایی ریسک فرآیند تعیین و مستند سازی آن دسته از ریسک‌هایی است که ممکن است بر پروژه تأثیر گذارد، شرکت کنندگان در فرآیند شناسایی ریسک، ممکن است مدیران پروژه، اعضای تیم پروژه، تیم مدیریت ریسک، مشتریان، کارشناسان خارج از تیم پروژه و ذینفعان باشند. از آنجا که همه این افراد ممکن است در شناسایی ریسک تأثیر گذار باشند، باید آن‌ها را در شناسایی ریسک تشویق نمود [۱].

اردشیر و همکارانش در پژوهشی، به ارائه پیشنهاداتی برای طراحی و معماری ساختمان سبز پرداختند به گونه‌ای که بتواند حداکثر بهره‌را از انرژی خورشیدی داشته باشد [۸]. هم‌چنین در پژوهش دیگری، بررسی کیفی استانداردهای یک ساختمان سبز توسط ودادی و همکارانش مورد تحلیل قرار گرفته است. در این پژوهش استاندارد معتبر لید با

نگرش کاربردی برای یک ساختمان سبز بومی مورد بررسی قرار گرفته و جنبه‌های مختلف این معیار ارزیابی شده است. همچنین معیاری کیفی برای ساختمان‌های سبز با توجه به فرهنگ ایرانی-اسلامی ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که بهره‌گیری از ضوابط استانداردهای بین‌المللی ساختمان سبز می‌تواند، نقش موثری در بهبود هر چه بیشتر و بهتر کیفیت ساختمان سبز داشته باشد. یکپارچه سازی، روش‌های کاهش مصرف، بهینه سازی مصرف آب، کاهش بهره‌برداری مواد، تامین سلامت ساکنین، فایده‌آمدن به مشکلات ساخت و دیگر موارد از جمله موارد اساسی استاندارد یک ساختمان سبز است. بر اساس تحقیقات به عمل آمده برای طراحی یک ساختمان سبز باید رعایت جنبه‌های گوناگون این استانداردها به دقت بررسی شود [۲]. در پژوهش دیگری توسط فرجی اصل، خطرات موثر بر پروژه‌های ساختمانی سبز شناسایی و اولویت بندی شده است. در آن پژوهش نرمال بودن معیارها و زیرمعیارها با استفاده از آزمون کاموگروف - اسمیرنوف (K-S) سنجیده شده، و برای تاثیر گذاری هر یک از زیر معیارها از آزمون ویلکاکسون استفاده شده است. در نهایت از ۳۷ زیر معیار، ۱۲ معیار تأثیر گذار بودند. این ۱۲ معیار برای تجزیه و تحلیل توسط روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای انتخاب شد. ماتریس‌های مختلف وابستگی درونی معیارهای اصلی به یکدیگر، وابستگی درونی زیر معیارها به یکدیگر، مقایسه زوجی معیارهای اصلی بر اساس هدف، مقایسه زوجی معیارهای اصلی با توجه به وابستگی درونی آن‌ها با کنترل هر یک از ابعاد اصلی، مقایسه زوجی زیر معیارهای مربوط به هر یک از ابعاد اصلی، مقایسه زوجی زیر معیارهای دارای وابستگی متقابل با هر یک از زیر معیارهای تشکیل داده و در نهایت با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه به اولویت بندی آن‌ها پرداخته است [۹]. هم‌چنین پژوهشی تحت عنوان ذینفعان و ریسک‌های مرتبط با آن‌ها در پروژه‌های ساختمانی سبز پیچیده در یک مدل شبکه اجتماعی (SNA) توسط ربکا و همکارانش پرداخته شده است. در آن پژوهش یک تحلیل شبکه اجتماعی (SNA) بر اساس ذینفعان و ریسک‌های مرتبط با آن‌ها در پروژه‌های ساختمانی سبز پیچیده می‌باشد. SNA یک مدل شبکه اجتماعی است که متشکل شده از ذینفعان و ریسک‌ها که ارتباطی بین آن‌ها وجود دارد. وابستگی بین ریسک‌ها و ذینفعان گره‌هایی تشکیل می‌دهند. هر چه گره بیشتر باشد شبکه هم پیچیده تر می‌شود. ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز در آن پژوهش در مرحله اجرا می‌باشد. هم‌چنین روش شناسی استفاده شده در تحقیق تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد، در آن پژوهش ۷ ریسک وجود دارد که ریسک‌ها با ذینفعان در ارتباط بوده و بر اساس ذینفعان ریسک‌های مربوط به آن را مشخص می‌کند [۱۰]. هم‌چنین پژوهشی تحت عنوان بررسی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز (به ویژه ریسک‌های ایمنی

است و به صورت اتوماتیک تحت شرایط آب و هوای عادی شانگهای عمل می‌کند. یافته شده است که متوسط ظرفیت گرما بیش از ۲۵/۰۴ کیلو وات در زمستان، میانگین خروجی سرما به ۱۵/۳۱ کیلو وات در تابستان می‌رسد و میزان جریان هوای طبیعی خورشیدی در فصل‌های در حال تغییر دو برابر می‌شود. بررسی آزمایش، عملیات موثر علمی از سیستم تصفیه جذب هوای خنک کننده پایه را معتبر ساخته است. بعد از عملیات یکساله، تایید شده است که سیستم خورشیدی به ۷۰ درصد کل انرژی فضای شامل شده برای شرایط آب و هوای شانگهای کمک می‌کند [۱۳]. در پژوهش دیگر، توسط همتی و همکارانش، ریسک محیط زیستی پروژه‌های عمرانی معاونت خدمات شهری منطقه ۱۹ شهرداری تهران با استفاده از روش EFMEA ارزیابی شده است. نتایج در آن پژوهش نشان می‌دهد که ۹٪ ریسک‌ها مربوط به ساختمان‌ها، ۲۵٪ به فضای سبز، ۱۶٪ مربوط به رینگ سبز و بند کندرو، ۱۶٪ شهر بانو، ۱۱٪ شهرورزش، ۶٪ پارکینگ و ۱۷٪ مربوط به عموم فضای بوستان می‌باشد [۱]. هم‌چنین پژوهشی تحت عنوان مقایسه راحتی و رضایت ساکنین بین ساختمان سبز و ساختمان معمولی توسط وارن و پیتر انجام شده است. در این پژوهش برای آزمون این امر، مفاهیم رضایت بخشی و آسودگی ساکنین بین دو ساختمان دانشگاه سبز و ساختمان دانشگاه معمولی را با یک پرسشنامه‌ای که ساکنین نسبت به محیط کار خود بر حسب علاقه مندی، آرامش، روشنایی، صوتی (سر و صدا)، تهویه، دما، رطوبت و رضایت بخشی کل تقاضا کرده‌اند مورد سنجش قرار گرفته است. ساختمان دانشگاه در مرکز این مطالعه، در آبروی ودنگ در درون جنوب شرقی استرالیا واقع شده است. نتایج در آن پژوهش نشان می‌دهد که به جز سیستم خنک کننده هیدرونیکی در ساختمان سبز که در زمان بررسی و پاسخ به پرسشنامه خراب بود (البته این مورد قابل قبولی نمی‌باشد)، همه جنبه‌های دیگر اعم از زیبایی، آرامش، روشنایی، صوتی و رطوبت مورد رضایت بیشتری از ساکنین ساختمان سبز می‌باشد، که این امر موجب افزایش بازدهی آن‌ها است [۱۴].

اهداف کلی در تحقیق حاضر شناسایی و اولویت بندی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز می‌باشد. به‌گونه‌ای که درک آن آسان شده و بتوان ریسک را به طور مؤثرتری مدیریت کرد. از آنجایی که یکی از مشکلات مدیران پروژه‌ها، شناسایی و نحوه برخورد با ریسک در پروژه می‌باشد، بنابر این فاز شناسایی و اولویت‌بندی ریسک، مسئله‌ای مهم در مدیریت ریسک است. با نتایج این تحقیق می‌توان ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز را در مرحله اجرا کاهش داده و علاوه بر استفاده مؤثر از منابع و حفظ سلامت ساکنین و بهبود بهره‌وری ساکنین، اثرات مخرب زیست محیطی کمتری را دارا می‌باشد.

و ذینفعان) توسط قاسمینژاد انجام شده است. هدف از آن پژوهش شناسایی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز، رتبه بندی ریسک‌ها و تعیین موثرترین آن‌ها می‌باشد. در آن مقاله با استفاده از مطالعات انجام شده در میان ذینفعان پروژه‌های سبز در کشورهای چین و استرالیا، گروه‌های متمرکز در کارگاه‌های آموزشی مطالعات دستک‌تاپ جمع‌آوری شده و با استفاده از روش شبکه‌های اجتماعی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که در حالی که خطر شهرت در هر دو کشور مهم است، اما خطر اخلاقی، ارزیابی تجربه و انصاف در چین برجسته‌تر است. در بخش ایمنی شرح داده شده در این مقاله بر اساس دانش قبلی، توسط کمی‌سازی کردن درصد محاسبه افزایش درصد ریسک ایمنی در سطح اولیه از استراتژی‌های طراحی و روش اجرا شده به منظور کسب اعتبار گواهینامه است. نتایج نشان می‌دهد که عناصر و ابزارها و روش‌های اجرا شده ساخت و ساز به منظور دستیابی به افزایش اعتبارات ۸۱ مورد از پروژه‌های LEED، از ۴۹ پروژه دفعات آسیب و یا قرار گرفتن در معرض آسیب را در محیط‌های با خطر بالای شناخته شده افزایش می‌دهند. و در آخر با استفاده از روش ANP به اولویت بندی ریسک‌ها پرداخته شده است [۱۱].

در پژوهش دیگری، اکبری و همکارانش ریسک‌های ایمنی برای ساختمان‌های سبز با استفاده از استاندارد LEED را اولویت بندی کردند. نتایج در آن پژوهش نشان می‌دهد که مهم‌ترین اثرات مربوط به ریسک‌های ایمنی شامل: افزایش ۳۶٪ در جراحات، کشش‌ها، و رگ به رگ شدن ناشی از بازیافت مواد ساخت و ساز، افزایش ۲۴٪ در سقوط به سمت سطوح پایین در حین اجرای سقف به دلیل نصب و راه اندازی در محل انرژی‌های تجدیدپذیر (به عنوان مثال، پانل PV)، افزایش ۱۹٪ در فشار چشم در هنگام نصب غشاء‌های بازتابنده و افزایش ۱۴٪ به علت قرار گرفتن در معرض مواد مضر در هنگام نصب فناوری‌های جدید فاضلاب بوده است [۱۲]. هم‌چنین پژوهشی تحت عنوان سیستم انرژی یکپارچه خورشیدی برای ساختمان سبز ژای و همکارانش در شانگهای چین انجام شده است. این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از سیستم خورشیدی تا چه اندازه بر شرایط آب و هوای شهر شانگهای<sup>۱</sup> موثر است. در این سیستم ۲۲۱۵۰ کلکتور خورشیدی، دو چیلر جذب کننده، لوله گرما تشعشع کف زمین، تبادل کننده گرمای لوله و منبع ذخیره آب گرم به حجم ۲/۵M<sup>۳</sup> وجود دارد که برای گرما در زمستان، سرما در تابستان، تهویه طبیعی در بهار و پاییز، تامین آب گرم در تمامی سال برای ۴۶۰M<sup>۲</sup> نواحی ساختمانی استفاده می‌شود. کل این سیستم توسط یک کامپیوتر صنعتی کنترل شده

1 Shanghai

سبز شهرستان سوادکوه طراحی شده است. پژوهش حاضر براساس  
مراحل نظام مند و مبتنی بر روش تحقیق علمی طراحی شده است. هر یک  
از مراحل انجام شده در راستای نیل به هدف تحقیق در شکل ۱ آمده است:

## ۲- روش شناسی پژوهش

روش شناسی این پژوهش با هدف ارائه مدلی بهبود یافته جهت  
شناسایی اولویت بندی شاخص های ریسک های پروژه های ساختمانی



شکل ۱. روش شناسی تحقیق  
Fig 1. Research methodology

ترکیب شاخص های شناسایی شده می شود. پنل مورد نظر براساس  
ترکیبی از خبرگان نظام مهندسی با تخصص های گوناگون تعیین  
گردید که مشتمل بر ۸ نفر می باشد. اگر چه کارشناسان از شایستگی ها  
و توانایی های ذهنی خود برای انجام مقایسه ها استفاده می نمایند، اما  
قضاوت بشر عموماً با نظرات مبهم از قبیل اهمیت خیلی کم، اهمیت  
کم، اهمیت متوسط، اهمیت زیاد، اهمیت خیلی زیاد مشخص می شود.  
معمولاً تصمیم گیرندگان با استفاده از واژگان غیر دقیق و غیر کمی اتفاقات  
و اشیای فازی را محدود می کنند. باید به این نکته توجه کرد که تفکر  
انسان فرآیند کمی کردن عددی را به طور کامل ندارد. بنابراین بهتر است  
که با استفاده از مجموعه های فازی (بکارگیری اعداد فازی) به پیش بینی  
بلند مدت و تصمیم گیری در دنیای واقعی پرداخت [۱۵]. در این تحقیق  
از اعداد فازی مثلثی به دلیل محاسبات ساده تر استفاده می گردد.

### ۲-۱- شناسایی معیارها و شاخص های مدل

در گام نخست این پژوهش به بررسی مطالعات و ادبیات موضوع در  
زمینه ریسک های پروژه های ساختمانی سبز پرداخت می شود. در ادامه  
با استفاده از مطالعات کتابخانه ای، مقالات، اسناد، پایان نامه های در  
دسترس در مورد موضوعات مرتبط و مراجعه به اطلاعات سایت های  
اینترنتی و انجام مصاحبه هایی با مدیران و خبرگان، اطلاعاتی در  
خصوص معیارها و شاخص های ریسک های پروژه های ساختمانی  
سبز جمع آوری و بر این اساس، معیارها و شاخص های ریسک های  
پروژه های ساختمانی سبز شهرستان سوادکوه شناسایی می گردد.

### ۲-۲- پالایش و غربال شاخص ها با تکنیک دلفی فازی

در این مرحله با استفاده از تکنیک دلفی فازی اقدام به پالایش و

دارای ارزش کمتر از مقدار میانگین حذف می گردند. روابط مورد نظر به صورت زیر می باشد [۱۸].

(۲)

$$\text{FuzzyAverage} = \left[ \frac{l_1 + l_2 + \dots + l_n}{n}, \frac{m_1 + m_2 + \dots + m_n}{n}, \frac{u_1 + u_2 + \dots + u_n}{n} \right]$$

Average Fuzzy: میانگین فازی n: تعداد شاخص های مساله

$$x_{max}^1 = \frac{l + m + u}{3} \quad (3)$$

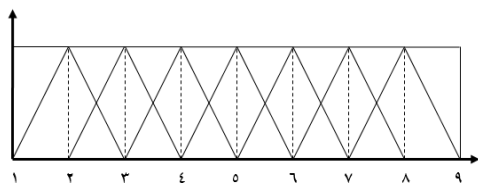
$$x_{max}^2 = \frac{l + 4m + u}{6} \quad (4)$$

$$x_{max}^3 = \frac{l + 2m + u}{4} \quad (5)$$

$$\text{Crisp Number} = \max\{x_{max}^1, x_{max}^2, x_{max}^3\} \quad (6) [19]$$

### ۳-۲- دسته بندی و تعیین الگوی ارجحیت و اولویت متغیرها

در این مرحله شاخص های با اهمیت از دیدگاه خبرگان در چند معیار اصلی طبقه بندی و دسته بندی می شوند. سپس مقایسات زوجی معیارهای اصلی براساس هدف و مقایسات زوجی شاخص ها براساس معیار مربوطه توسط خبرگان صورت می گیرد. دیدگاه خبرگان با استفاده از مقیاس ۹ درجه ساعتی طبق شکل ۴ فازی سازی شده است. پس از گردآوری و فازی سازی دیدگاه خبرگان، با استفاده از میانگین فازی طبق رابطه ۲ اقدام به تجمیع دیدگاه خبرگان می شود.



شکل ۴. اعداد فازی مثلثی در تعیین ارجحیت [۱۹]  
Fig 4. Triangular fuzzy numbers in preference

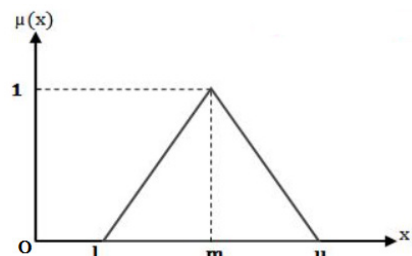
### ۴-۲- شناسایی الگوی روابط درونی متغیرها با تکنیک فازی DEMATEL

در این تحقیق فرض بر این است که برخلاف رویکردهای مرسوم، میان معیارهای مدل ریسک های پروژه های ساختمانی سبزرابطه وجود دارد. از آنجا که در مطالعات موجود اشاره صریحی به این روابط وجود ندارد می توان از تکنیکی مانند DEMATEL استفاده کرد. تکنیک دیمتل توسط Fonetla و Gabus در سال ۱۹۷۱ ارائه شد. تکنیک دیمتل

براساس نظریه مجموعه های فازی، یک عدد فازی، که با سه عدد حقیقی (به صورت  $F=(l,m,u)$ ) نمایش داده می شود. کران بالا که با  $u$  نشان داده می شود بیشینه مقادیری است که عدد فازی  $F$  می تواند اختیار کند. کران پایین که با  $l$  نشان داده می شود کمینه مقادیری است که عدد فازی  $F$  می تواند اختیار کند. مقدار  $m$  محتمل ترین مقدار یک عدد فازی است. تابع عضویت یک عدد فازی مثلی به صورت زیر است [۱۶]:

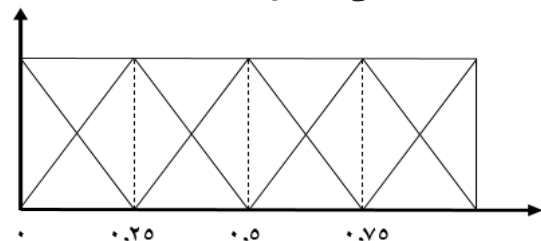
$$\mu_f = (x) \begin{cases} (x-l)/(m-l) & l \leq x < m \\ 1 & x = m \\ (u-x)/(u-m) & m < x \leq u \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

عدد فازی مثلثی  $F=(l,m,u)$  در فضای هندسی به صورت زیر در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲. عدد فازی مثلثی [۱۶]  
Fig 2. Triangular fuzzy number

در این مطالعه متغیرهای کلامی برای تعیین اهمیت شاخص ها، مطابق با اعداد فازی مثلثی در شکل ۳ فازی سازی شده است.



شکل ۳. اعداد فازی مثلثی در تکنیک دلفی [۱۷]  
Fig 3. Triangular Fuzzy Numbers in Delphi Technique

پس از گردآوری داده ها، میانگین فازی نظرات n پاسخ دهنده با استفاده از رابطه ۲ محاسبه می شود. در ادامه کار از روابط ۳ تا ۶ جهت فازی زدایی و تعیین میزان اهمیت شاخص های ریسک های پروژه های ساختمانی سبزرابطه استفاده می گردد. از رابطه ۳ برای بدست آوردن مقدار کران پایین  $l$ ، رابطه ۴ برای بدست آوردن مقدار محتمل ترین حالت  $m$  و رابطه ۵ برای بدست آوردن مقدار کران بالا  $u$  استفاده می شود. در نهایت با استفاده از  $(\max=l,m,u)$  رابطه ۶ بدست می آید و شاخص های

### ۲-۴-۲- تشکیل ماتریس ارتباط مستقیم نرمال<sup>۲</sup>

ماتریس نرمال شده طبق روابط ۷ و ۸ بدست می‌آید. ابتدا جمع تمامی سطرها و ستون‌ها محاسبه می‌شود. معکوس بزرگترین عدد سطر و ستون، مقدار  $k$  را تشکیل می‌دهد. سپس از حاصلضرب مقدار  $k$  در ماتریس ارتباط مستقیم، ماتریس ارتباط مستقیم نرمال بدست می‌آید.

$$k = \frac{1}{\max(\sum_{i,j=1}^n a_{ij})} \quad (7)$$

$$a_{ij}: \text{درایه سطر } i \text{ ام و ستون } j \text{ ام ماتریس ارتباط مستقیم} \\ N = K * D \quad (8)$$

D: ماتریس ارتباط مستقیم

N: ماتریس ارتباط مستقیم نرمال

### ۲-۴-۳- محاسبه ماتریس ارتباط کامل<sup>۳</sup>

این ماتریس طبق رابطه ۹ محاسبه می‌شود.

$$T = N \times (I - N)^{-1} \quad (9)$$

T: ماتریس ارتباط کامل

I: ماتریس همانی

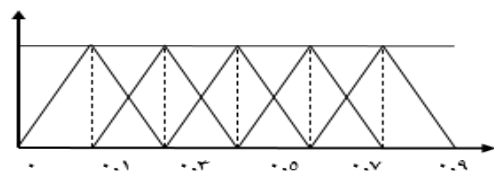
### ۲-۴-۴- رسم نقشه روابط شبکه و ایجاد نمودار علی<sup>۴</sup>

مجموع عناصر سطر برای هر عامل نشانگر میزان تاثیرگذاری آن عامل بر سایر عامل‌های سیستم است (میزان تاثیرگذاری متغیرها).  
مجموع عناصر ستون برای هر عامل نشانگر میزان تاثیرپذیری آن عامل از سایر عامل‌های سیستم است (میزان تاثیرپذیری متغیرها).  
بنابراین بردار افقی (D+R)، میزان تاثیر و اثر عامل مورد نظر در سیستم است. به عبارت دیگر هرچه مقدار D+R عاملی بیشتر باشد، آن عامل تعامل بیشتری با سایر عوامل سیستم دارد. بردار عمودی (D-R)، قدرت تاثیرگذاری هر عامل را نشان می‌دهد. بطور کلی اگر D-R مثبت باشد، متغیر علی محسوب می‌شود و اگر منفی باشد، معلول محسوب می‌شود.

در نهایت یک دستگاه مختصات دکارتی ترسیم می‌شود. در این دستگاه محور طولی مقادیر D+R و محور عرضی براساس D-R می‌باشد. موقعیت هر عامل با نقطه‌ای به مختصات (D+R, D-R) در دستگاه معین می‌شود. به این ترتیب یک نمودار گرافیکی نیز بدست خواهد آمد.

که از انواع روش‌های تصمیم‌گیری براساس مقایسه زوجی است، با بهره‌مندی از قضاوت خبرگان در استخراج عوامل یک سیستم و ساختاردهی نظام‌مند به آن‌ها با بکارگیری اصول نظریه گراف‌ها، ساختار سلسله‌مراتبی از عوامل موجود در سیستم همراه با روابط تاثیر و تاثیرمتقابل ارائه می‌دهد، بگونه‌ای که شدت اثر روابط مذکور را به صورت امتیاز عددی معین می‌کند. روش دیمتل جهت شناسایی و بررسی روابط متقابل بین معیارها و ساختن نگاشت روابط شبکه به کار گرفته می‌شود. از آنجا که گراف‌های جهت‌دار روابط عناصر یک سیستم را بهتر می‌توانند نشان دهند، لذا تکنیک DEMATEL مبتنی بر نمودارهایی است که می‌تواند عوامل درگیر را به دو گروه علت و معلول تقسیم نماید و روابط میان آن‌ها را به صورت یک مدل ساختاری قابل درک درآورد.

در این مطالعه از تکنیک دیمتل برای در نظر گرفتن ارتباطات متقابل استفاده می‌شود. مزیت این روش نسبت به تکنیک تحلیل شبکه‌ای، روشنی و شفافیت آن در انعکاس ارتباطات متقابل میان مجموعه‌ی وسیعی از اجزاء می‌باشد. به طوری که متخصصان قادرند با تسلط بیشتری به بیان نظرات خود در رابطه با اثرات (جهت و شدت اثرات) میان عوامل بپردازند. لازم به ذکر است که ماتریس حاصله از تکنیک دیمتل (ماتریس ارتباطات داخلی)، در واقع تشکیل دهنده بخشی از سوپرماتریس است. به عبارت دیگر از نتایج تکنیک دیمتل به عنوان زیرسیستمی از سیستم بزرگتری چون ANP استفاده شده است. برای تعیین اثرات و ارتباطات متقابل بین عوامل، داده‌ها با طیف پنج درجه لیکرت گردآوری شده و مطابق با شکل ۵ فازی سازی می‌شود.



شکل ۵. اعداد فازی مثلثی در تکنیک دیمتل [۱۷]

Fig 5. Triangular Fuzzy Numbers in Dematel Technique

### ۲-۴-۱- تشکیل ماتریس ارتباط مستقیم<sup>۱</sup>

روابط بین معیارها بصورت یک ماتریس نمایش داده شده است. از آنجایی که از دیدگاه چند کارشناس استفاده شده، میانگین ساده نظرات مورد استفاده قرار می‌گیرد. در نهایت ماتریس ارتباط مستقیم تشکیل داده می‌شود.

2 Normalized Initial Direct Relation Matrix (N)

3 Total Relation Matrix (T)

4 Causal Diagram

1 Direct Relation Matrix (D)

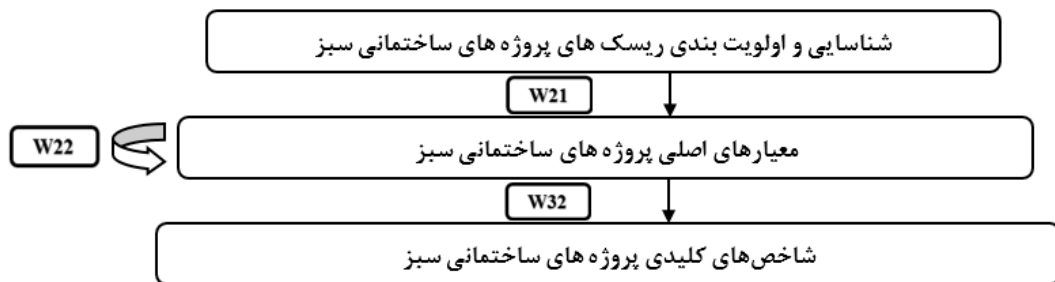
رابطه علی در نظر گرفته نمی شود.

#### ۲-۴-۵- محاسبه آستانه روابط<sup>۱</sup>

جهت تعیین نقشه روابط شبکه باید ارزش آستانه محاسبه شود. با این روش می توان از روابط جزئی صرف نظر کرده و شبکه روابط قابل اعتنار اترسیم کرد. تنها روابطی که مقادیر آن ها در ماتریس ارتباط کامل از مقدار آستانه بزرگتر باشد در NRM نمایش داده خواهد شد. برای محاسبه مقدار آستانه روابط کافی است تا میانگین مقادیر ماتریس کامل محاسبه شود. پس از آنکه شدت آستانه تعیین شد، تمامی مقادیر ماتریس ارتباط کامل که کوچکتر از آستانه باشد صفر شده یعنی آن

#### ۲-۵- اولویت بندی نهایی متغیرها با تکنیک ANP فازی

در گام نهایی این تحقیق با در نظر گرفتن الگوی ارجحیت و روابط درونی متغیرها با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه فازی اقدام به اولویت بندی و رتبه بندی نهایی شاخص های ریسک های پروژه های ساختمانی سبز می گردد. فرآیند تحلیل شبکه فازی در شکل ۶ نشان داده شده است.



شکل ۶. مدل ANP عوامل پیاده سازی ریسک های پروژه های ساختمانی سبز  
Fig 6. ANP model risk factors implementation of green building projects

مستلزم تشخیص ارتباط درونی بین معیارها است. برای این منظور از تکنیک دیمتل استفاده می شود.

برای اطلاع از میزان اعتبار قضاوت های صورت گرفته باید نرخ ناسازگاری نظرها محاسبه شوند تا در صورتی که میزان ناسازگاری از حد مجاز بیشتر باشد، در قضاوت ها تجدید نظر صورت گیرد. نرخ ناسازگاری نشان می دهد تا چه اندازه می توان به اولویت های تعیین شده اعتماد کرد. تجربه نشان داده است که اگر نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱ باشد سازگاری مقایسه ها قابل قبول بوده و در غیر این صورت مقایسه ها باید تجدید نظر شود. گام های زیر برای محاسبه نرخ ناسازگاری به کار گرفته می شود برای محاسبه نرخ ناسازگاری هر ماتریس مقایسه زوجی باید مراحل زیر انجام شود [۲۰]:

الف) ماتریس مقایسات زوجی را در بردار ستونی «وزن نسبی» ضرب می کنیم. بردار جدیدی را که به این طریق بدست می آید، بردار مجموع وزنی نامیده می شود.

ب) عناصر بردار مجموع وزنی را بر بردار اولویت نسبی تقسیم کرده، بردار حاصل بردار سازگاری نامیده می شود. بدست آوردن میانگین عناصر بردار ناسازگاری  $Imax$  را به دست می دهد.

پ) شاخص ناسازگاری طبق رابطه ۱۰ تعریف می شود.

$$II = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (10)$$

ت) شاخص ناسازگاری تصادفی است که برای  $n = 1, 2, \dots, 7$

ترتیب برابر با صفر، صفر، ۰/۵۲، ۰/۸۸، ۰/۱۰، ۰/۲۴، ۰/۳۴، ۰/۴۴ است.

در این تکنیک علاوه بر رابطه سلسله مراتبی متغیرها، روابط درونی آن ها نیز در نظر گرفته می شود. براساس مدل ترسیم شده در شکل ۵ بایستی محاسبات زیر صورت گیرد:

- ۱- محاسبه بردار  $W_{21}$ : تعیین اولویت معیارهای اصلی براساس هدف
  - ۲- محاسبه بردار  $W_{32}$ : تعیین اولویت شاخص ها براساس معیار مربوطه
  - ۳- محاسبه بردار  $W_{22}$ : تعیین اولویت معیارهای اصلی براساس روابط درونی معیارهای اصلی
- بنابراین محاسبه وزن نهایی شاخص های مدل با تکنیک ANP نیازمند محاسبه سوپر ماتریس مطابق جدول ۱ است:

#### جدول ۱. سوپر ماتریس نهایی مدل تحقیق

Table 1. Ultimate Supermatrix Research Model

معیارها	هدف	
•	•	هدف
$W_{22}$	$W_{21}$	معیارها
$W_{32}$	•	شاخص ها

بردار ویژه مقایسه معیارها براساس هدف ( $W_{21}$ ) و بردار ویژه مقایسه شاخص ها براساس معیار مربوطه ( $W_{32}$ ) مانند تکنیک AHP محاسبه شده است. محاسبه بردار روابط بین معیارهای اصلی ( $W_{22}$ )

1 Threshold Value

اطلاعاتی در خصوص معیارها و شاخص‌های ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز شهرستان سوادکوه جمع آوری شده است. براین اساس، معیارها و شاخص‌های ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز شهرستان سوادکوه شناسایی گردید. که شامل ۱۰ معیار و ۲۸ شاخص می‌باشد که در جدول ۲ نشان داده شده است. اگر چه معیارهای شناسایی شده توسط مطالعات کتابخانه‌ای کلی هستند و امکان استفاده در پروژه‌های دیگر را دارند، اما کارشناسان معیارهای مورد نظر را به منظور شناسایی و اولویت بندی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهند.

ث) نرخ ناسازگاری از رابطه ۱۱ بدست می‌آید. نرخ ناسازگاری ۰/۱ یا کمتر، قابلیت اعتماد و سازگاری در مقایسات را بیان می‌کند [۲۱].

$$IR = II/IRI \quad (11)$$

### ۳- تجزیه و تحلیل پژوهش

#### ۳-۱- شناسایی معیارها و شاخص‌های ریسک‌های

#### پروژه‌های ساختمانی سبز شهرستان سوادکوه

پس از بررسی‌های گوناگون با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای، مقالات، اسناد، پایان نامه‌های در دسترس در مورد موضوع مرتبط

#### جدول ۲. شناسایی معیارها و شاخص‌ها

Table 2. Identification of criteria and indicators

شاخص	معیار	شاخص	معیار
نوسانات نرخ ارز		نبود تجهیزات ایمنی	
تورم و بالارفتن نرخ بهره	مالی [9-22-23]	عدم شناسایی فعالیت‌های پرخطر	ایمنی [9-12]
زمانبندی‌های نادرست پرداخت		عدم تخمین احتمال وقوع و شدت حادثه	
نداشتن مقیاس برای هزینه فعالیت‌ها		محدودیت‌های مکانی	اجتماعی [9-22]
کمبود یا نبود تجهیزات		تقابل ماهیت پروژه با ارزش‌های فرهنگی	
نامناسب بودن تجهیزات	تجهیزات [9]	بی ثباتی	
استفاده نامناسب از ابزار و تجهیزات		بی نظمی‌های داخلی	سیاسی [9]
نبود سیستم نظارتی و قانونی		تنش در سیاست‌های خارجی	
فرآیند ضعیف تصمیم‌گیری در سازمان	سازمانی [24]	عدم آگاهی مدیریتی	
قراردادهای پیچیده و مبهم و غیر حرفه‌ای		نداشتن اهداف واقع بینانه	مدیریتی [9-22]
حوادث غیر مترقبه (طوفان، زلزله، سیل، ...)		کنترل بد (مدیریت نامناسب)	
تأخیر در فراهم نمودن وسایل و تجهیزات مورد نیاز	زمان [25]	پیش بینی نشدن تاخیر	
کیفیت بد مواد	کیفیت و مسائل فنی	بازدهی و بهره‌وری ناکافی	ساخت [9]
کیفیت بد ساخت و ساز	[9]	ناکافی بودن دانش پیمانکار	

تائید نهایی شاخص‌ها شناسایی شده از تکنیک دلفی فازی استفاده شده است. بدین منظور در پایان ۳ دور تکنیک دلفی طبق نظر خبرگان، شاخص‌های دارای همپوشانی مفهومی با یکدیگر ادغام گردید. هم‌چنین از خبرگان خواسته شده در صورت لزوم شاخص‌های جدیدی توسط آن‌ها معرفی گردد که در پایان مرحله اول دلفی اضافه شود و در مرحله نهایی در صورت تایید جزو شاخص‌های نهایی قرار گیرد. در مرحله بعدی برای مشخص نمودن اهمیت هر یک از شاخص‌های شناسایی شده ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز شهرستان سوادکوه پرسشنامه مقایسات زوجی طراحی شده و بین خبرگان مجدداً توزیع گردید، و از آن‌ها در خواست شد تا میزان مرتبط بودن

#### ۳-۲- پالایش و غربال شاخص‌های کارآمد و ناکارآمد با

#### تکنیک دلفی فازی

دلفی روشی است برای گردآوری نظرات متخصصان و یکی از بهترین روش‌های تردیب بینش، تجربه، ارزیابی‌ها و تصورات افراد است. این روش برای نخستین بار توسط شرکت رند بکار گرفته شد. در این روش برای کسب نظرات خبرگان، از پرسشنامه استفاده می‌گردد [۱۶]. روش دلفی معمولاً در چندین مرحله انجام می‌گیرد که پایان هر مرحله آن، اطلاعات بدست آمده تجزیه و تحلیل شده و اطلاعات بدست آمده همراه با سوالات جدید در مرحله بعد در اختیار پاسخ دهندگان قرار می‌گیرد. در این پژوهش برای غربال و



**جدول ۴. میانگین فازی و مقدار قطعی هر یک از شاخص‌ها**

**Table 4. Fuzzy mean and definite value of each index**

مقدار قطعی	میانگین فازی	شرح شاخص
۰/۷۹	(۰/۵۵، ۰/۸۰، ۱)	بی ثباتی
۰/۸۲	(۰/۶۰، ۰/۸۵، ۱)	بی نظمی های داخلی
۰/۶۹	(۰/۴۵، ۰/۷۰، ۰/۹۰)	تنش در سیاست های خارجی
۰/۴۵	(۰/۲۰، ۰/۴۵، ۰/۷۰)	عدم آگاهی مدیریتی
۰/۶۵	(۰/۴۰، ۰/۶۵، ۰/۹۰)	نداشتن اهداف واقع بینانه
۰/۷۲	(۰/۵۰، ۰/۷۵، ۰/۹۰)	کنترل بد (مدیریت نامناسب)
۰/۶۰	(۰/۳۵، ۰/۶۰، ۰/۸۵)	پیش بینی نشدن تاخیر
۰/۷۴	(۰/۴۵، ۰/۸۰، ۰/۹۰)	ناکافی بودن دانش پیمانکار
۰/۱۹	(۰/۰۵، ۰/۱۵، ۰/۴۰)	بازدهی و بهروری ناکافی
۰/۸۶	(۰/۶۵، ۰/۹۰، ۱)	نوسانات نرخ ارز
۰/۹۰	(۰/۷۰، ۰/۹۵، ۱)	تورم و بالارفتن نرخ بهره
۰/۷۶	(۰/۵۵، ۰/۸۰، ۰/۹۰)	زمان بندی های نادرست پرداخت
۰/۶۴	(۰/۴۰، ۰/۶۵، ۰/۸۵)	نداشتن مقیاس برای هزینه فعالیتها
۰/۲۷	(۰/۱۰، ۰/۲۵، ۰/۵۰)	کمبود یا نبود تجهیزات
۰/۸۱	(۰/۶۰، ۰/۸۵، ۰/۹۵)	نامناسب بودن تجهیزات
۰/۷۰	(۰/۴۵، ۰/۷۰، ۰/۹۵)	استفاده نامناسب از ابزار و تجهیزات
۰/۳۰	(۰/۰۵، ۰/۳۰، ۰/۵۵)	نبود سیستم نظارتی وقانونی
۰/۴۰	(۰/۱۵، ۰/۴۰، ۰/۶۵)	فرآیند ضعیف تصمیم گیری در سازمان
۰/۱۱	(۰، ۰/۱۰، ۰/۲۵)	قراردادهای پیچیده و مبهم و غیر حرفه ای
۰/۴۵	(۰/۲۰، ۰/۴۵، ۰/۷۰)	تأخیر در فراهم نمودن وسایل و تجهیزات مورد نیاز
۰/۲۲	(۰/۰۵، ۰/۲۰، ۰/۴۵)	حوادث غیر مترقبه (طوفان، زلزله، سیل، ...)
۰/۸۵	(۰/۶۵، ۰/۹۰، ۰/۹۵)	کیفیت بد مواد
۰/۶۰	(۰/۳۵، ۰/۶۰، ۰/۸۵)	کیفیت بد ساخت و ساز
۰/۱۱	(۰، ۰/۱۰، ۰/۲۵)	قراردادهای پیچیده و مبهم و غیر حرفه ای
۰/۴۵	(۰/۲۰، ۰/۴۵، ۰/۷۰)	تأخیر در فراهم نمودن وسایل و تجهیزات مورد نیاز
۰/۲۲	(۰/۰۵، ۰/۲۰، ۰/۴۵)	حوادث غیر مترقبه (طوفان، زلزله، سیل، ...)
۰/۸۵	(۰/۶۵، ۰/۹۰، ۰/۹۵)	کیفیت بد مواد
۰/۶۰	(۰/۳۵، ۰/۶۰، ۰/۸۵)	کیفیت بد ساخت و ساز

پس از حذف شاخص های ناکارآمد، معیارها و شاخص های مؤثر برای ریسک های پروژه های ساختمانی سبز در شهرستان سوادکوه به

عوامل ارائه شده را با موضوع تحقیق بر اساس طیف ارائه شده، تعیین نمایند. با توجه به اینکه در این تحقیق هدف، اجرای یک روش نظام مند جهت شناسایی و اولویت بندی ریسک های پروژه های ساختمانی سبز در شهرستان سوادکوه بوده است، بنابراین خبره های تحقیق شامل افرادی است که در پروژه مورد نظر درگیر و یا از آن اطلاع دارند. که شامل ۸ نفر از خبرگان عضو سازمانهای نظام مهندسی، شهرسازی و شهرداری منطقه می باشند که تجربه و مشخصات حرفه ای خبرگان در جدول ۳ ارائه شده است.

**جدول ۳: تجربه و مشخصات حرفه ای خبرگان**

**Table 3. Experience and professional profile of Experts**

متغیر	سطوح متغیر	فراوانی
تحصیلات	لیسانس	۵
	فوق لیسانس	۳
سابقه کار	۵-۱۰ سال	۳
	۱۵-۱۰ سال	۵
آموزش	تعداد سمینارهای آموزشی مرتبط با موضوع	حداقل ۳
	تعداد کنفرانسهای شرکت کرده مرتبط با موضوع	حداقل ۴
مهارت	تعداد قراردادهای منعقد شده مرتبط با موضوع	حداقل ۵

پس از پاسخ دادن پرسشنامه توسط خبره ها در خصوص اهمیت هر یک از شاخص های پروژه های ساختمانی سبز شهرستان سوادکوه، پرسشنامه مورد نظر جمع آوری شده و اطلاعات مورد نظر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در نهایت نتایج بدست آمده از این دو مرحله مورد تجزیه و تحلیل نهایی قرار گرفت. سپس داده های کلامی جمع آوری شده توسط خبره ها برای سنجش نهایی میزان اهمیت شاخص های مربوط به هر یک از معیارهای ریسک های پروژه های ساختمانی سبز در شهرستان سوادکوه مطابق شکل ۳ ارزش گذاری فازی می شوند. هم چنین میانگین فازی نظرات کارشناسان، با استفاده از رابطه ۲ محاسبه می شود. در ادامه کار از رابطه ۶ جهت فازی زدایی و تعیین اهمیت شاخص های ریسک های پروژه های ساختمانی سبز استفاده می شود. میانگین فازی و مقدار قطعی مقادیر مربوط به شاخص ها در جدول ۴ نشان داده شده است. در نهایت هر شاخصی که دارای مقدار قطعی بزرگتر از ۰/۵ باشد جزء شاخص های کارآمد به حساب می آید و انتخاب می شود، و هر شاخصی که دارای مقدار قطعی کوچکتر از ۰/۵ است جزء شاخص های ناکارآمد به حساب می آید و حذف می شود.

صورت زیر در جدول ۵ نشان داده شده است. که شامل ۶ معیار و ۱۵ شاخص می باشد.

**جدول ۶. میانگین فازی اولویت معیارها**

Table 6. Fuzzy mean of criteria priority

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	۱	۰/۱۷۲	۰/۳۴۷	۰/۸۵۲	۰/۳۰۹	۰/۴۱۱
C2	۰/۱۷۲	۱	۰/۱۴۷	۰/۶۹۸	۰/۳۴۷	۰/۳۳۹
C3	۰/۳۴۷	۰/۱۴۷	۱	۰/۱۷۳	۱/۸۵۹	۱/۸۵۹
C4	۰/۸۵۲	۰/۶۹۸	۰/۱۷۳	۱	۱/۳۹۲	۱/۳۹۲
C5	۰/۳۰۹	۰/۳۴۷	۱/۸۵۹	۱/۳۹۲	۱	۰/۹۶۹
C6	۰/۴۱۱	۰/۳۳۹	۱/۸۵۹	۱/۳۹۲	۰/۹۶۹	۱

**جدول ۵. معیارها و شاخص های کارآمد**

Table 5. Effective benchmarks and indicators

شناسه	معیار	نماد	شاخص
		S11	بی ثباتی
C1	سیاسی	S12	بی نظمی های داخلی
		S13	تنش در سیاست های خارجی
C2	مدیریتی	S21	نداشتن اهداف واقع بینانه
		S22	کنترل بد (مدیریت نامناسب)
C3	ساخت	S31	پیش بینی نشدن تاخیر
		S32	ناکافی بودن دانش پیمانکار
C4	مالی	S41	نوسانات نرخ ارز
		S42	تورم و بالارفتن نرخ بهره
		S43	زمان بندی های نادرست پرداخت
		S44	نداشتن مقیاس برای هزینه فعالیت ها
C5	تجهیزات	S51	نامناسب بودن تجهیزات
		S52	استفاده نامناسب از ابزار و تجهیزات
C6	کیفیت و مسائل فنی	S61	کیفیت بد مواد
		S62	کیفیت بد ساخت و ساز

**۳-۳-۳- دسته بندی و تعیین الگوی ارجحیت و اولویت متغیرها**

**۳-۳-۱- تعیین ارجحیت معیارهای اصلی بر اساس هدف**

در این مرحله برای مشخص نمودن تعیین ارجحیت معیارهای اصلی ریسک های پروژه های ساختمانی سبز در شهرستان سوادکوه پرسشنامه ای طراحی شده و بین کارشناسان مورد نظر توزیع گردید، و از آن ها درخواست شد تا میزان اهمیت هر یک از معیارهای مربوطه را نسبت به یکدیگر تعیین کنند. پس از جمع آوری اطلاعات و تبدیل داده های کلامی به اعداد فازی با استفاده از میانگین هندسی، نظرات همه متخصصان جمع بندی و بصورت زوجی توسط خبرگان مقایسه شده است. دیدگاه خبرگان با استفاده از مقیاس فازی طبق شکل ۴ کمی شده و در ادامه پس از گردآوری و فازی سازی دیدگاه خبرگان، با استفاده از میانگین فازی اقدام به تجمیع دیدگاه خبرگان گردیده است. میانگین فازی نظرات خبرگان مربوط به مقایسات زوجی معیارها، طبق رابطه ۲ محاسبه گردید و در جدول ۶ نشان داده شده است.

برای نرمال سازی ترجیحات هر معیار، باید مجموع مقادیر آن معیار بر مجموع تمامی ترجیحات (عناصر ستون) تقسیم شود. چون مقادیر فازی هستند معکوس مجموع محاسبه شده و جمع فازی هر سطر در معکوس مجموع ضرب می شود.

$$\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n M_{Ci}^j\right)^{-1} = -(49/742, 60/905, 73/453)^{-1}$$

$$= (0/014, 0/016, 0/020)$$

$$S_{Ci} = \sum_{i=1}^n M_{Ci}^i * \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n M_{Ci}^j\right)^{-1}$$

$S_{Ci}S_{Ci}$ : وزن فازی نرمال معیار  $C_i$

در نهایت نتایج حاصل از نرمال سازی مقادیر بدست آمده به صورت زیر خواهد بود:

$$S_{C1} = (14/084, 17/560, 21/082) * (0/014, 0/016, 0/020)$$

$$= (0/197, 0/280, 0/42)$$

$$S_{C2} = (3/699, 4/668, 5/736) * (0/014, 0/016, 0/020)$$

$$= (0/0520, 0/075, 0/115)$$

$$S_{C3} = (4/814, 5/858, 7/038) * (0/014, 0/016, 0/020)$$

$$= (0/067, 0/094, 0/141)$$

$$S_{C4} = (19/694, 23/771, 28/152) * (0/014, 0/016, 0/020)$$

$$= (0/276, 0/380, 0/563)$$

$$S_{C5} = (4/097, 5/043, 6/355) * (0/014, 0/016, 0/020)$$

$$= (0/057, 0/081, 0/127)$$

$$S_{C6} = (3/354, 4/005, 5/090) * (0/014, 0/016, 0/020)$$

$$= (0/047, 0/064, 0/102)$$

هریک از مقادیر بدست آمده، وزن فازی نرمال شده مربوط به معیارهای اصلی هستند. برای فازی زدایی مقادیر بدست آمده از رابطه ۶ استفاده می کنیم. نتایج حاصل از محاسبات فازی زدایی و بردار ویژه معیارهای اصلی مطابق با جدول ۷ می باشد.

در ادامه پس از تشکیل ماتریس مقایسات زوجی، بردار ویژه محاسبه می شود. در ابتدا جمع فازی هر سطر طبق رابطه به صورت زیر محاسبه می شود. به عنوان مثال بسط فازی جمع عناصر معیار اول پژوهش ( $C_1$ ) بصورت زیر خواهد بود:

$$\sum_{j=1}^6 M_{C1}^j = (1, 1, 1) + (4/800, 5/800, 6/800) + (3/232, 4/040, 4/850)$$

$$+ (0/938, 1/174, 1/432) + (2/432, 3/240, 4/050)$$

$$+ (1/682, 2/306, 2/950) = (14/084, 17/560, 21/082)$$

$M_{Ci}^j$  = درایه سطر  $C_i$  و ستون  $j$  ام ماتریس میانگین اولویت معیارها بنابراین بسط فازی ترجیحات هر یک از معیارهای اصلی به صورت زیر خواهد بود:

$$\sum_{j=1}^6 M_{C1}^j = (14/084, 17/560, 21/082)$$

$$\sum_{j=1}^6 M_{C2}^j = (3/699, 4/668, 5/736)$$

$$\sum_{j=1}^6 M_{C3}^j = (4/814, 5/858, 7/038)$$

$$\sum_{j=1}^6 M_{C4}^j = (19/694, 23/771, 28/152)$$

$$\sum_{j=1}^6 M_{C5}^j = (4/097, 5/043, 6/355)$$

$$\sum_{j=1}^6 M_{C6}^j = (3/354, 4/005, 5/090)$$

در ادامه جمع فازی مجموع عناصر ستون ترجیحات طبق رابطه محاسبه می شود. مجموع عناصر ستون ترجیحات معیارهای اصلی به صورت زیر خواهد بود:

$$\sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^6 M_{Ci}^j = -(49/742, 60/905, 73/453)$$

### جدول ۷. فازی زدایی و بردار ویژه معیارهای اصلی

Table 7. Fuzzy Decomposition and Vector Special Criteria

معیار	وزن فازی نرمال	$x_{max}^1$	$x_{max}^2$	$x_{max}^3$	وزن قطعی	وزن قطعی نرمال	بردار ویژه (W21)
C1	۰/۱۹۷	۰/۳۰۰	۰/۲۹۰	۰/۲۹۵	۰/۳۰۰	۰/۲۸۸	۰/۲۸۸
C2	۰/۰۵۲	۰/۰۹۴	۰/۰۸۴	۰/۰۸۹	۰/۰۹۴	۰/۰۷۷	۰/۰۷۷
C3	۰/۰۶۷	۰/۰۹۴	۰/۱۰۱	۰/۰۹۹	۰/۱۰۱	۰/۰۹۶	۰/۰۹۶
C4	۰/۲۷۶	۰/۳۸۰	۰/۴۰۶	۰/۳۹۳	۰/۴۰۰	۰/۳۹۰	۰/۳۹۰
C5	۰/۰۵۷	۰/۰۸۱	۰/۰۸۸	۰/۰۸۵	۰/۰۸۶	۰/۰۹۳	۰/۰۹۳
C6	۰/۰۴۷	۰/۰۶۴	۰/۰۷۱	۰/۰۶۷	۰/۰۶۹	۰/۰۶۶	۰/۰۶۶

معیار مربوطه را نسبت به یکدیگر تعیین کنند. پس از جمع آوری اطلاعات و تبدیل داده‌های کلامی به اعداد فازی با استفاده از میانگین هندسی، نظرات همه متخصصان جمع بندی و بصورت زوجی توسط خبرگان مقایسه شده و در ادامه دیدگاه خبرگان با استفاده از مقیاس فازی طبق شکل ۴ کمی گردید.

به عنوان مثال میانگین فازی دیدگاه خبرگان جهت تعیین اولویت شاخص‌های C1 در جدول ۸ ارائه شده است. از آنجایی که این معیار از ۳ شاخص تشکیل شده است بنابراین سه مقایسه زوجی انجام گرفته است.

جدول ۸. میانگین فازی اولویت شاخص C1  
Table 8. Average Fuzzy Preference C1

	S13		S12		S11				
S11	۱/۳۰۶	۱/۷۳۴	۲/۱۸۲	۰/۹۳۰	۱/۱۶۲	۱/۴۱۴	۱	۱	۱
S12	۲/۸۸۲	۳/۵۰۶	۴/۱۵۰	۱	۱	۱	۰/۷۰۷	۰/۸۶۰	۱/۰۷۵
S13	۱	۱	۱	۰/۲۴۱	۰/۲۸۵	۰/۴۸۰	۰/۴۵۸	۰/۵۷۷	۰/۷۶۶

مجموع عناصر ستون ترجیحات شاخص‌ها به صورت زیر خواهد

$$\sum_{j=1}^6 \sum_{i=1}^6 M_{si}^j = (9/524, 11/124, 13/067) \quad \text{بود:}$$

$$\left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n M_{si}^j \right)^{-1} = (0/076, 0/090, 0/105)$$

بنابراین نتایج حاصل از نرمال سازی مقادیر بدست آمده به صورت زیر خواهد بود:

$$S_{s11} = (3/236, 3/896, 4/596) * (0/076, 0/090, 0/105) = (0/246, 0/351, 0/482)$$

$$S_{s12} = (4/589, 53/66, 6/225) * (0/076, 0/090, 0/105) = (0/349, 0/483, 0/654)$$

$$S_{s13} = (1/699, 1/862, 2/246) * (0/076, 0/090, 0/105) = (0/129, 0/164, 0/236)$$

$S_{si}$ : وزن فازی نرمال شاخص Si

هریک از مقادیر بدست آمده وزن فازی و نرمال شده مربوط به شاخص‌ها هستند. برای فازی زدایی مقادیر بدست آمده از رابطه ۶ استفاده می‌کنیم. برای شاخص‌های سایر معیارهای اصلی نیز به همین صورت عمل می‌کنیم. نتایج حاصل از محاسبات فازی زدایی و بردار ویژه شاخص‌های هر معیار اصلی مطابق با جدول ۹ می‌باشد.

نرخ سازگاری مقایسات در این مرحله ۰/۰۶۸ می‌باشد. از آنجا که  $IR = 0/068$  کوچکتر از ۰/۱ است. پس بنابراین مقایسات زوجی انجام شده، سازگار و قابل اعتماد است.

۲-۳-۳- تعیین ارجحیت شاخص‌ها بر اساس معیار مربوطه  
در این مرحله برای مشخص نمودن تعیین ارجحیت شاخص‌های ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز در شهرستان سوادکوه پرسشنامه‌ای طراحی شده و بین کارشناسان مورد نظر توزیع گردید، و از آنها درخواست شد تا میزان اهمیت هر یک از شاخص‌ها را بر اساس

نرخ سازگاری مقایسات در این مرحله ۰/۰۹۶ می‌باشد. از آنجا که  $IR = 0/096$  کوچکتر از ۰/۱ است. پس بنابراین مقایسات زوجی انجام شده، سازگار و قابل اعتماد است.

بنابراین جمع فازی ترجیحات هر یک از شاخص‌های C1 به صورت

زیر خواهد بود:  
 $M_{Si}^j$ : درایه سطر Si و ستون j ام ماتریس میانگین اولویت شاخص‌های هر معیار

$$\sum_{j=1}^6 M_{s11}^j = (3/236, 3/896, 4/596)$$

$$\sum_{j=1}^6 M_{s12}^j = (4/589, 5/366, 6/225)$$

$$\sum_{j=1}^6 M_{s13}^j = (1/699, 1/862, 2/246)$$

جدول ۹. فازی زدایی و بردار ویژه شاخص‌های هر معیار اصلی

Table 9. Fuzzy decomposition and vector specificity indices of each main criterion

معیار	شاخص	وزن فازی نرمال	$x_{max}^1$	$x_{max}^2$	$x_{max}^3$	وزن قطعی	وزن قطعی نرمال	بردار ویژه $(W^1)$
C1	S11	۰/۲۴۶	۰/۳۶۰	۰/۳۵۵	۰/۳۵۷	۰/۳۶۰	۰/۳۵۰	۰/۳۵۰
	S12	۰/۳۴۹	۰/۴۹۵	۰/۴۸۹	۰/۴۹۲	۰/۴۹۵	۰/۴۸۲	۰/۴۸۲
	S13	۰/۱۲۹	۰/۱۶۴	۰/۱۷۷	۰/۱۷۴	۰/۱۷۷	۰/۱۶۷	۰/۱۶۷
C2	S21	۰/۴۶۵	۰/۶۴۹	۰/۶۴۱	۰/۶۴۵	۰/۶۴۹	۰/۶۳۶	۰/۶۳۶
	S22	۰/۲۹۲	۰/۳۶۳	۰/۳۷۴	۰/۳۷۱	۰/۳۷۴	۰/۳۶۴	۰/۳۶۴
C3	S31	۰/۴۶۶	۰/۶۳۷	۰/۶۴۴	۰/۶۴۷	۰/۶۴۴	۰/۶۳۷	۰/۶۳۷
	S32	۰/۲۹۴	۰/۳۶۳	۰/۳۷۶	۰/۳۷۳	۰/۳۷۶	۰/۳۶۳	۰/۳۶۳
C4	S41	۰/۲۳۶	۰/۳۵۱	۰/۳۷۸	۰/۳۶۴	۰/۳۷۱	۰/۳۵۳	۰/۳۵۳
	S42	۰/۳۱۶	۰/۴۴۹	۰/۴۸۴	۰/۴۶۶	۰/۴۷۵	۰/۴۵۲	۰/۴۵۲
	S43	۰/۰۸۲	۰/۱۱۷	۰/۱۲۵	۰/۱۲۱	۰/۱۲۳	۰/۱۱۷	۰/۱۱۷
C5	S44	۰/۰۵۸	۰/۰۷۷	۰/۰۸۴	۰/۰۸۰	۰/۰۸۲	۰/۰۷۸	۰/۰۷۸
	S51	۰/۵۹۸	۰/۷۷۹	۰/۷۹۴	۰/۷۸۶	۰/۷۹۰	۰/۷۷۸	۰/۷۷۸
C6	S52	۰/۱۹۱	۰/۲۲۲	۰/۲۲۵	۰/۲۲۴	۰/۲۲۴	۰/۲۲۲	۰/۲۲۲
	S61	۰/۶۱۶	۰/۸۱۶	۰/۸۳۴	۰/۸۲۵	۰/۸۲۹	۰/۸۱۶	۰/۸۱۶
	S62	۰/۱۵۸	۰/۱۸۴	۰/۲۱۸	۰/۱۸۷	۰/۱۸۶	۰/۱۸۴	۰/۱۸۴

روابط درونی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز شهرستان سوادکوه پرسشنامه‌ای طراحی شده و بین کارشناسان مورد نظر توزیع گردید، و از آن‌ها درخواست شد تا میزان روابط درونی معیارهای اصلی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز را نسبت به یکدیگر تعیین کنند. سپس دیدگاه کلامی تمامی کارشناسان طبق شکل ۵ به صورت فازی درآمده است. در ادامه با محاسبه میانگین فازی دیدگاه خبرگان، ماتریس ارتباط مستقیم محاسبه شده است. در این مرحله برای فازی زدایی ماتریس ارتباط مستقیم از رابطه ۶ استفاده شده است.

۳-۴-۲- محاسبه ماتریس ارتباط مستقیم نرمال

ابتدا حاصل جمع تمامی سطرها و ستون‌ها محاسبه می‌شود. معکوس بزرگترین عدد سطر و ستون  $k$  را تشکیل می‌دهد. بزرگترین عدد  $۳/۵۱$  است، بنابراین تمامی مقادیر ماتریس ارتباط مستقیم در معکوس این عدد یعنی  $۰/۲۸$  ضرب می‌شود تا ماتریس ارتباط مستقیم نرمال بدست آید.

نرخ سازگاری کلیه مقایسات انجام شده در این مرحله حداکثر  $۰/۰۹۶$  می‌باشد. از آنجا که  $IR/۰۰۹۶ = ۰$  کوچکتر از  $۰/۱$  است. پس بنابراین مقایسات زوجی انجام شده، سازگار و قابل اعتماد است.

۳-۴-۳- شناسایی و تعیین الگوی روابط درونی بین معیارهای اصلی

در این مرحله به تعیین روابط درونی معیارهای اصلی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز شهرستان سوادکوه برای بدست آوردن ماتریس روابط معیارهای اصلی  $W_{22}$  می‌پردازیم. جهت بدست آوردن روابط درونی میان معیارهای اصلی از تکنیک دیمتل فازی استفاده شده است. این تکنیک شامل ۵ گام می‌باشد، که عبارت اند از:

۳-۴-۱- محاسبه ماتریس ارتباط مستقیم

در تکنیک دیمتل گروهی یعنی زمانی که از چند کارشناس استفاده می‌شود از میانگین حسابی ساده نظرات استفاده می‌شود و ماتریس ارتباط مستقیم را تشکیل می‌دهیم. برای مشخص نمودن تعیین

**جدول ۱۰. الگوی روابط علی معیارهای اصلی**

**Table 10. The main criteria of causal relationships**

D-R	D+R	R	D	T
۱/۷۴	۵/۷۴	۱/۹۹	۳/۷۵	<b>C1</b>
۰/۱۸۸	۶/۶۷	۳/۲۳	۳/۴۲	<b>C2</b>
-۰/۷۸	۷/۷۱	۴/۲۴	۳/۴۶	<b>C3</b>
-۰/۲۴	۷/۰۲	۳/۶۲	۳/۳۸	<b>C4</b>
-۰/۳۳	۶/۷۲	۳/۵۲	۳/۱۹	<b>C5</b>
-۰/۶۰	۷/۰۶	۳/۸۳	۳/۲۳	<b>C6</b>

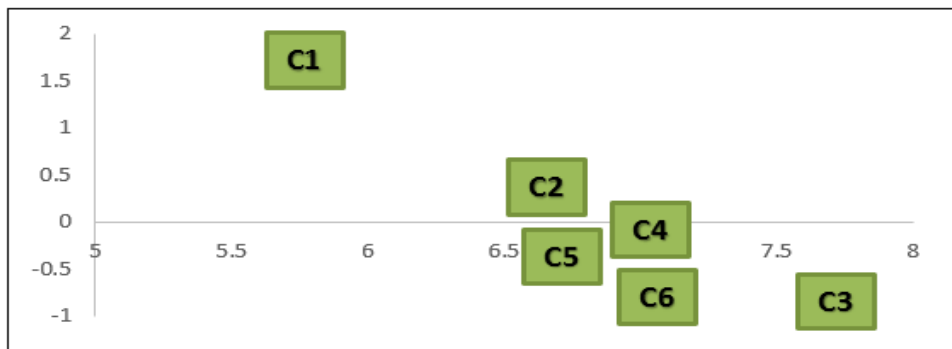
در جدول ۱۶ جمع عناصر هر سطر (D) نشانگر میزان تاثیرگذاری آن عامل بر سایر عامل‌های سیستم است. براین اساس: C۱ از بیشترین تأثیر گذاری و C۶ نیز دارای کمترین تأثیر گذاری است.

جمع عناصر ستون (R) برای هر عامل نشانگر میزان تاثیرپذیری آن عامل از سایر عامل‌های سیستم است. براین اساس: C۳ از بیشترین تأثیر گذاری و C۱ نیز دارای کمترین تأثیر گذاری است.

بردار افقی (D+R)، میزان تاثیر و تاثر عامل مورد نظر در سیستم است. به عبارت دیگر هرچه مقدار D+R عاملی بیشتر باشد، آن عامل تعامل بیشتری با سایر عوامل سیستم دارد. براین اساس: C۳ از بیشترین تأثیر گذاری و C۱ نیز دارای کمترین تأثیر گذاری است.

بردار عمودی (D-R)، قدرت تاثیرگذاری هر عامل را نشان می‌دهد. بطور کلی اگر D-R مثبت باشد، متغیر یک متغیر علی محسوب می‌شود و اگر منفی باشد، معلول محسوب می‌شود. در این مدل ریسک‌های «سیاسی» و «مدیریتی» متغیرهای علی و ریسک‌های «ساخت» و «کیفیت» و مسائل فنی» و «تجهیزات» و «مالی» متغیرهای معلول بوده هستند.

نمودار مختصات دکارتی خروجی DEMATEL برای معیارهای اصلی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز در شهرستان سوادکوه را مطابق با جدول ۱۰ نشان داد.



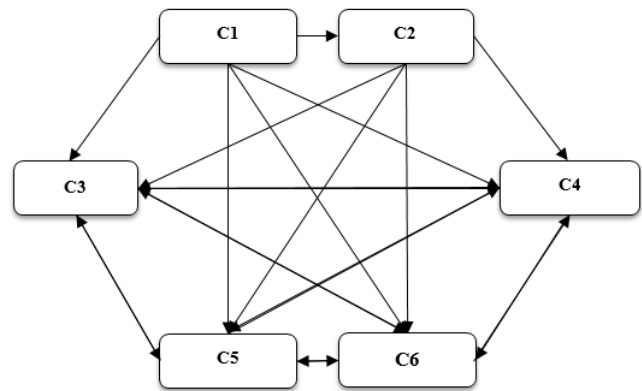
**شکل ۸. نمودار مختصات دکارتی خروجی DEMATEL برای معیارهای اصلی**  
**Fig 8. Descartes graph of the DEMATEL output for the main criteria**

**۳-۴-۳- محاسبه ماتریس ارتباط کامل**

برای محاسبه ماتریس ارتباط کامل ابتدا ماتریس همانی تشکیل می‌شود. سپس ماتریس همانی را منهای ماتریس نرمال کرده و ماتریس حاصل را معکوس می‌کنیم. در نهایت طبق رابطه ۹ ماتریس نرمال را در ماتریس معکوس ضرب می‌کنیم و ماتریس ارتباط کامل بدست می‌آید.

**۳-۴-۴- رسم نقشه روابط شبکه و ایجاد نمودار علی**

در این مرحله برای تعیین نقشه روابط شبکه بین معیارها ابتدا باید ارزش آستانه ماتریس T را بدست آوریم. ارزش آستانه از میانگین حسابی کلیه درایه‌ها بدست می‌آید. در این تحقیق ارزش آستانه برابر ۰/۵۶۸ بدست آمده است. در ادامه از ماتریس T درایه‌هایی که ارزش آن‌ها از ارزش آستانه کمتر باشد صفر، و اگر ارزش آن‌ها از ارزش آستانه بیشتر باشد ۱ قرار داده می‌شود. نقشه روابط شبکه مطابق با شکل ۷ است:



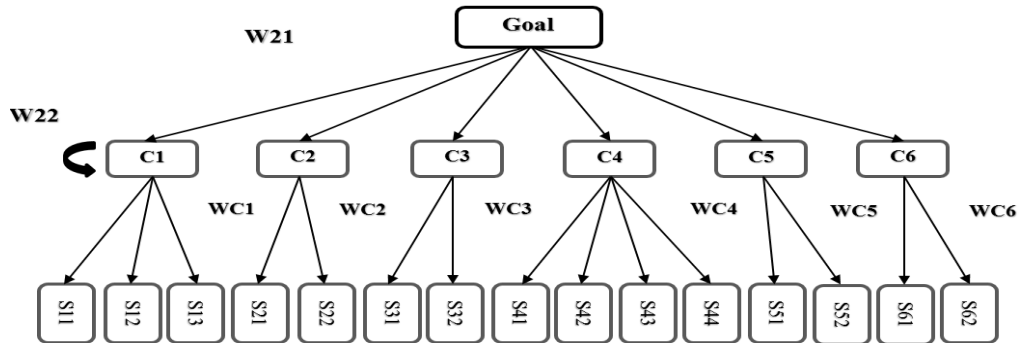
**شکل ۷. نقشه روابط شبکه**

**Fig 7. Network relations map**

با توجه به ماتریس ارتباط کامل، می‌توان الگوی روابط علی معیارهای اصلی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز در شهرستان سوادکوه را مطابق با جدول ۱۰ نشان داد.

سبزدرد شهرستان سوادکوه می‌گردد. مدل ANP معیارها و شاخص‌های ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبزدرد شهرستان سوادکوه در شکل ۹ نشان داده شده است.

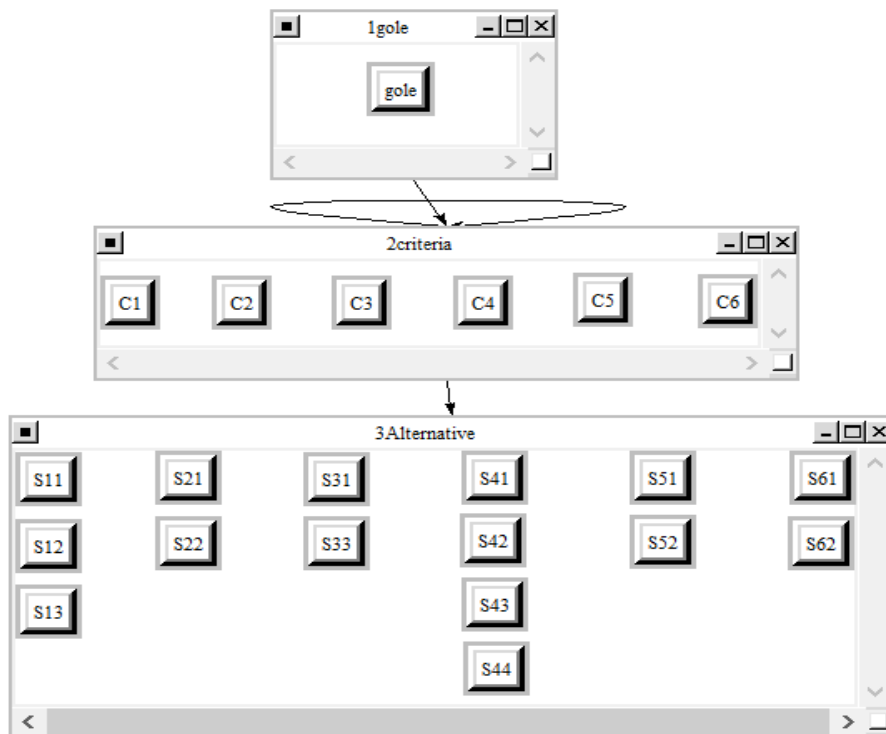
۵-۳- اولویت بندی نهایی شاخص‌ها با تکنیک ANP فازی در گام نهایی این مطالعه با در نظر گرفتن الگوی ارجحیت و روابط درونی متغیرها با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه فازی اقدام به اولویت بندی نهایی شاخص‌های ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی



شکل ۹. مدل ANP معیارها و شاخص‌ها  
Fig 9. ANP Model of Criteria and Indicators

بدست می‌آید. به عبارت دیگر سوپر ماتریس، ماتریسی از روابط بین اجزای شبکه می‌باشد که از بردارهای ویژه این روابط به دست می‌آید. این ماتریس چارچوبی برای مشخص کردن اهمیت نسبی شاخص‌ها پس از انجام مقایسه‌های زوجی در اختیار قرار می‌دهد [۲۶]. نمایش شبکه‌ای مدل در نرم افزار Super Decision مطابق شکل ۱۰ ترسیم شده است.

به منظور اولویت بندی نهایی شاخص‌های ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبزدرد شهرستان سوادکوه، بردارهای ویژه داخلی محاسبه شده در ستون‌های مناسب یک ماتریس وارد شده (W21, W22, W32) در نتیجه یک سوپر ماتریس تقسیم بندی شده که هر بخش از این ماتریس ارتباط بین یک دو خوشه در یک سیستم را نشان می‌دهد،



شکل ۱۰. نمودار ANP معیارها و شاخص‌های ریسک‌ها در نرم افزار Super Decision  
Fig 10. ANP chart of criteria and risk indicators in Super Decision software

این عمل آنقدر تکرار می‌شود تا تمامی عناصر سوپر ماتریس شبیه هم شود. در این حالت تمامی درایه‌های سوپر ماتریس برابر صفر خواهد بود و تنها درایه‌های مربوط به شاخص‌ها عددی می‌شود که در تمامی سطر مربوط به آن درایه تکرار می‌شود. وزن نرمال و رتبه نهایی شاخص‌ها در سوپر ماتریس حد محاسبه شده با نرم افزار Super Decision در جدول ۱۱ نشان داده شده است.

با توجه به محاسبات انجام گرفته در مراحل قبل، سوپر ماتریس ناموزون (اولیه) بدست می‌آید. در مرحله بعد با استفاده از مفهوم نرمال کردن، سوپر ماتریس ناموزون به سوپر ماتریس موزون (نرمال) تبدیل می‌شود. در سوپر ماتریس موزون جمع عناصر تمامی ستون‌ها برابر با یک می‌شود. گام بعدی محاسبه سوپر ماتریس حد می‌باشد. سوپر ماتریس حد با توان رساندن تمامی عناصر سوپر ماتریس موزون بدست می‌آید.

### جدول ۱۱. رتبه بندی نهایی شاخص‌های ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز شهرستان سوادکوه

Table 11. Final Ranking of Risk Indicators for Green building Projects in Savadkoh County

رتبه نهایی	Raw	Normals	Ideals	شاخص	نماد
۷	۰/۰۳۱۱	۰/۰۶۲۲	۰/۴۷۵۷	بی ثباتی	S11
۵	۰/۰۴۲۹	۰/۰۸۵۹	۰/۶۵۶۵	بی نظمی‌های داخلی	S12
۱۲	۰/۰۱۴۸	۰/۰۲۹۷	۰/۲۲۶۹	تنش در سیاست‌های خارجی	S13
۴	۰/۰۵۲۷	۰/۱۰۵۴	۰/۸۰۵۷	نداشتن اهداف واقع بینانه	S21
۹	۰/۰۳۰۱	۰/۰۶۰۳	۰/۴۶۱۱	کنترل بد (مدیریت نامناسب)	S22
۳	۰/۰۵۴۰	۰/۱۰۸۱	۰/۸۲۶۰	پیش بینی نشدن تاخیر	S31
۸	۰/۰۳۰۸	۰/۰۶۱۶	۰/۴۷۰۷	ناکافی بودن دانش پیمانکار	S32
۱۰	۰/۰۲۹۶	۰/۰۵۹۲	۰/۴۵۲۵	نوسانات نرخ ارز	S41
۶	۰/۰۳۷۹	۰/۰۷۵۸	۰/۵۷۴۹	تورم و بالارفتن نرخ بهره	S42
۱۴	۰/۰۰۹۸	۰/۰۱۹۶	۰/۱۴۹۹	زمان بندی‌های نادرست پرداخت	S43
۱۵	۰/۰۰۶۵	۰/۰۱۳۰	۰/۰۹۹۹	نداشتن مقیاس برای هزینه فعالیت‌ها	S44
۲	۰/۰۶۱۶	۰/۱۲۳۳	۰/۹۴۲۵	نامناسب بودن تجهیزات	S51
۱۱	۰/۰۱۷۵	۰/۰۳۵۰	۰/۲۶۷۴	استفاده نامناسب از ابزار و تجهیزات	S52
۱	۰/۰۶۵۴	۰/۱۳۰۸	۱	کیفیت بد مواد	S61
۱۳	۰/۰۱۴۷	۰/۰۲۹۵	۰/۲۲۵۴	کیفیت بد ساخت و ساز	S62

اجرای قرارداد، افزایش قیمت مواد اولیه ناشی از تورم و افزایش هزینه نیروی انسانی و لاجرم به منزله افزایش هزینه‌های بالاسری می‌شود که این امر ماهیت پروژه‌های ساختمانی سبز را به خطر می‌اندازد. این شاخص به عنوان یکی از مولفه‌های اصلی موثر بر پروژه‌های ساختمانی سبز است که قرار گرفتن آن در اولویت سوم در تحقیق حاضر اهمیت آن را می‌رساند. آنچه که از نتایج پژوهش حاضر استنتاج می‌شود، شاخص کیفیت بد مواد از بعد کیفیت و مسائل فنی به عنوان اولین مولفه‌ی اثر گذار در پروژه‌های ساختمانی سبز در شهرستان سوادکوه می‌باشد. در حالی که نامرغوب بودن مواد استفاده شده در ساختمان سبز رابطه مستقیمی با هدررفت سرمایه و کاهش ایمنی و مقاومت ساختمان‌ها دارد. بنابراین با توجه به اینکه شهرستان سوادکوه در معرض بلایای طبیعی مثل سیل و در شرایط جوی نامناسب نیز قرار دارد از دیدگاه

### ۴- بحث و تحلیل نتایج

نتایج حاصل از تحقیقات نشان می‌دهد که کیفیت بد مواد، نامناسب بودن تجهیزات، پیش بینی نشدن تاخیر، نداشتن اهداف واقع بینانه و بی نظمی‌های داخلی از مهم‌ترین ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز می‌باشند. هم‌چنین نتایج جدول ۱۱ نشان می‌دهد که در بین شاخص‌های اصلی شاخص کیفیت مهمترین عامل ریسک و عوامل ساخت، مدیریت و تجهیزات از اهمیت‌های بعدی می‌باشند. در این راستا، نتایج حاصل از پژوهش مشابه فرجی اصل در شناسایی و اولویت بندی خطرات موثر بر پروژه‌های ساختمانی سبز به روش ANP [۹]، حاکی از آن است که شاخص پیش بینی نشدن تاخیر از بعد ساخت به عنوان اولین مولفه‌ی موثر از خطرات پروژه‌های ساختمانی سبز می‌باشد. تاخیر در ساخت پروژه ساختمانی سبز موجب طولانی شدن



## مراجع

1. Dinarwandi, M., et al., Management Health, Safety and Environment in Urban Parks (Case Study: District 6 of Tehran Municipality). Environmental, 2013. 39(3): p. 75-90. (In Persian)
2. Kalantar, S., A. Esmaceli, and M. Rafiee, Quality Review of Green Building Standards. First National Conference on Green Building, 2013. (In Persian)
3. SadatiSeyedMahallah, E., Green Building - How to Build Green Building in Iran. Second Conference on Environmental Planning and Management; Clean Energy Expansion, 2012. (In Persian)
4. Institute, P.M., Project Management Body of Knowledge. 3rd ed. 2004: Project Management Institute.
5. Nazari, A., E. Forsatkar, and K. Behrad, Project risk management. 2008: Presidency, Vice President of Strategic Planning and Supervision, Academic Records Center, Museum & Publication. (In Persian)
6. Nazari, A. and M. Jabari, Project Risk Identification with Risk Fracture Structure Design Approach, Case Study: Project-Based Industrial Organization. International Journal of Industrial Engineering and Production Management, 2015. 26(1). (In Persian)
7. Lee, E., Y. Park, and J.G. Shin, Large engineering project risk management using a Bayesian belief network. Expert Systems with Applications, 2009. 36(3): p. 5880-5887.
8. Ardeshir, A., et al., Green Building Design with the Purpose of Saving and Optimizing Energy Consumption. First Conference on Electrical and Computer Engineering in the North, 2014. (In Persian)
9. ASL, Y.F., Identifying and Prioritizing the Risks to Green Building Projects using ANP. Second National Conference on Architecture, Civil Engineering and Urban Environment, 2014. (In Persian)
10. Yang, R.J. and P.X. Zou, Stakeholder-associated risks and their interactions in complex green building projects: A social network model. Building and Environment, 2014. 73: p. 208-222.
11. Nejad, R.G., Risk of Green Building Projects (Especially Safety Risks and Stakeholders). Fourth International Congress on Urban Development and Development, 2016. (In Persian)
12. Akbari, S., S.M.J. Hosseini, and A.S. Asl, Prioritizing Safety Risks for Green Buildings Using the LEED Standard. First National Conference on Civil Engineering and Sustainable Development of Iran, 2014. (In Persian)
13. Zhai, X., et al., Solar integrated energy system for a green building. Energy and buildings, 2007. 39(8): p. 985-993.
14. Paul, W.L. and P.A. Taylor, A comparison of occupant com-

خبرگان این مولفه دارای بالاترین اهمیت می باشد.

## ۵- نتیجه گیری

دانش‌های مختلف جهانی از پنجاه سال پیش بر آنند تا در کنار اکتشافات جدید علمی به راه‌حلی برای کاهش آلودگی، کاهش مصرف انرژی، و در نهایت پایین آوردن سوخت و ساز منابع طبیعی بپردازند. پروژه‌های ساختمانی سبز از این قاعده مستثنی نیستند و بلکه بیش از علوم دیگر در پی آشتی با محیط زیست هستند و تلاش می‌کنند بین انسان و طبیعت رابطه نزدیک‌تر و سالم برقرار کنند [۲۷]. ساختمان‌های سبز بر مبنای یک فلسفه جدید سازگار با محیط زیست، ساخته شده‌اند، هدف از این پژوهش شناسایی ریسک‌های پروژه ساختمانی سبز، اولویت بندی ریسک‌ها و تعیین موثرترین آن‌ها بوده است، توجه خاص به شرایط اقلیمی شهرستان سوادکوه و امکان به کارگیری مواد و مصالح موجود بازار در تولید ساختمان سبز از مهم‌ترین ویژگی‌های پژوهش مذکور است. هدف دیگر اولویت بندی ریسک‌های شناسایی شده بر اساس تاثیر گذاری آن‌ها، عنوان گردید. برای این کار پس از مرور ادبیات با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای، ۲۸ ریسک شناسایی شده است، سپس پرسشنامه‌ای بین کارشناسان پروژه مورد نظر توزیع و پس از پاسخ، پرسشنامه مورد نظر دریافت و با استفاده از تکنیک دلفی فازی، شاخص‌های شناسایی شده غربال شده‌اند و در ادامه برای دسته بندی و تعیین الگوی ارجحیت و اولویت متغیرها از روش تحلیل شبکه‌ای فازی و برای شناسایی الگوی روابط درونی متغیرها از تکنیک DEMATEL فازی استفاده شده است. دیمتل با بهره‌مندی از اصول تئوری گراف‌ها به استخراج روابط تأثیر گذاری و تأثیر پذیری متقابل عناصر موجود در گراف مورد مطالعه می‌پردازد به طوری که شدت اثر روابط مذکور را به صورت امتیازی عددی معین می‌کند. در نهایت نتایج نشان می‌دهد که ریسک‌های مربوط به کیفیت بد مواد و نامناسب بودن تجهیزات اهمیت بالایی برخوردار هستند و نداشتن مقیاس برای هزینه فعالیت‌ها دارای کم‌ترین اهمیت می‌باشد. با استفاده از این پژوهش می‌توان ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز شهرستان سوادکوه را در مرحله اجرا کاهش داد. همانطور که بیان شده است، هدف از این پژوهش شناسایی و اولویت بندی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز در شهرستان سوادکوه می‌باشد. پیشنهاد می‌شود از یافته‌های این پژوهش در پروژه ساختمانی سبز استفاده شود و نتیجه آن، با پروژه ساختمانی سبز دیگر مورد بررسی قرار گیرد. تا مشخص شود که شناسایی و اولویت بندی ریسک تا چه مقدار می‌تواند نقش بسزایی در موفقیت پروژه‌های ساختمانی سبز داشته باشد.

fort and satisfaction between a green building and a conventional building. *Building and Environment*, 2008. 43(11): p. 1858-1870.

15. Ferrante, A. and G. Mihalakakou, The influence of water, green and selected passive techniques on the rehabilitation of historical industrial buildings in urban areas. *Solar Energy*, 2001. 70(3): p. 245-253.

16. Habibi, A., S. Izadbar, and A. Sarafrazi, Fuzzy Multi-criteria Decision Making. 2014: Katib Gil Publishing. (In Persian)

17. Kunadhamraks, P. and S. Hanaoka, Evaluating the logistics performance of intermodal transportation in Thailand. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 2008. 20(3): p. 323-342.

18. Bojadziev, G. and M. Bojadziev, Fuzzy logic for business, finance, and management. Vol. 23. 2007.

19. Lee, A.H., W.-C. Chen, and C.-J. Chang, A fuzzy AHP and BSC approach for evaluating performance of IT department in the manufacturing industry in Taiwan. *Expert systems with applications*, 2008. 34(1): p. 96-107.

20. Hodesh, M.M., Optimal Location of Uncentricated Power Plants in Yazd Province Using FANP Fuzzy Network Analysis, in *Industrial Engineering - Economic and Social Systems*. 2009, Mazandaran University of Science and Technology. (In Persian)

21. Mehregan, M.R., *Advanced Operational Research*. 2016: Academic Edition. (In Persian)

22. Khaksar, M., R. Shafei, and B.A. VeSi, Building of risk sources in construction projects and their management. *Productivity Management*, 2009. 2(4): p. 139-160. (In Persian)

23. Etminanmoghaddam, F., Analysis of the Building of common risks in construction projects. Second Project Management Conference, 2005. (In Persian)

24. Aminzadeh, R. and A.M. Mahani, Building and Prioritization of Effective Risks in Construction Projects and their Causes. Second International Conference on Engineering, Science and Technology, 2015. (In Persian)

25. Taghizadeh, M., J.B. Sofi, and M.M. Afshar, Identifying and Prioritizing the Risks of Technology Collaboration Projects (Biotechnology). *Emplate Management Technology Development*, 2014. 2(3): p. 9-33. (In Persian)

26. Zebardast, E., Application of Analytical Hierarchy Process in Urban and Regional Planning. *Journal of Architecture & Urban Development - Beautiful arts*, 2010. 2(41): p. 79-90. (In Persian)

27. Sadeghi, S. and N. Sadeghi, Green Building and Optimizing Energy Consumption. The First Regional Conference on Civil Engineering and Architecture, 2011. (In Persian)

برای ارجاع به این مقاله از عبارت زیر استفاده کنید:

Please cite this article using:

J. Ghobadi, J. Rezaian, M. Haji Aghaei Keshteli, Identification and Prioritization the Risks of Green Building Projects Based on the Combination of FANP and FDEMATEL: (Case study: Savadkooh County), *Amirkabir J. Civil Eng.*, 51(3)(2019)599-616.

DOI: 10.22060/ceej.2017.13302.5398

