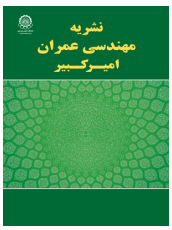
Archive of SID



نشریه مهندسی عمران امیرکبیر

نشریه مهندسی عمران امیرکبیر، دوره ۵۱، شماره ۳، سال ۱۳۹۸، صفحات ۵۹۹ تا ۶۱۶
DOI : 10.22060/ceej.2017.13302.5398

شناسایی و اولویت بندی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز مبتنی بر تلفیق روش‌های (FDEMATEL و FANP): (مطالعه موردی: شهرستان سوادکوه)

جواد قبادی[۱]، جواد رضائیان[۱]*، مصطفی حاجی آقایی کشتلی [۲]

[۱]دانشکده مدیریت، دانشگاه علوم فنون مازندران، بابل، ایران
[۲]دانشکده صنایع، دانشگاه علم و فناوری مازندران، بهشر، ایران

چکیده: ساختمان سبز روندی است که با محیط زیست و حفظ منابع طبیعی درطول چرخه عمر ساختمان سازگار می‌باشد. وجود ریسک در پروژه های ساختمانی سبز موجب کاهش دقت در تخمین مناسب اهداف پروژه شده و از کارآیی 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 اولویت‌بندي نهایی شاخص‌های 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.

تاریخچه داوری:
دریافت: ۱۶شهریور ۱۳۹۶
بازنگری: ۲۶ آبان ۱۳۹۶
پذیرش: ۱۰ آذر ۱۳۹۶
ارائه آنلاین: ۰۶ بهمن ۱۳۹۶

کلمات کلیدی:
مدیریت ریسک
ریسک پروژه
پروژه‌های ساختمانی سبز
تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی فازی
تکنیک دیمتل فازی

۱ـ 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 محیط‌زیست در پروژه‌های ساختمانی به گونه‌ای دقیق تعیین و به طور موثر کنترل کند، یک امر ضروری به نظر می‌رسد. از آنجایی که ریسک جزء ذاتی تمام پروژه‌ها است و امکان حذف کامل آن وجود ندارد، می‌توان 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، می‌تواند نقش بسزایی در موفقیت پروژه داشته باشد [۱].

در دنیای امروز که هر لحظه بر تعداد و حجم ساختمان‌ها و بناهای مسکونی و اداری افزوده می‌شود، بر اساس آمار پایگاه‌های اطلاع رسانی شهرسازی و معماری، مساحت کل ساختمان‌های موجود در جهان، حدود یک ششم از عرصه‌های آبی اعم از رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، دریاها و اقیانوس‌ها را به خود اختصاص داده است. بیش از یک چهارم زمین‌های زیر کشت و جنگل‌ها، خراب و خشک شده‌اند تا خانه یا کارخانه‌های جدید بنا شود و دو سوم از مصالح ساختمانی به کار رفته در ساختمان‌های مختلف، موجب نابودی و از میان رفتن میزان غیر قابل تصوری 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 جنگل‌ها و اقیانوس‌ها باقی نخواهد ماند [۲]. در ساختمان‌های سبز مهم‌ترین مساله، تضمین و تامین سلامت جسمی و روحی ساکنین است. ساختمان سبز می‌تواند آینده زمین را که به نظر می‌رسد رو به نابودی است، نجات دهد و به نسل‌های بعد فرصت زندگی توام با آسایش و آرامش را فراهم آورد.

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

نویسنده عهده‌دار مکاتبات : J.rezaeian@ustmb.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

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

مدیریت ریسک فرآیندی سیستماتیک در شناسایی، تجزیه و تحلیل و واکنش در برابر ریسک‌های پروژه، به منظور بیشینه سازی نتایج و وقایع مثبت و کاهش احتمال یا اثرات وقوع پیامدهای ناگوار بر اهداف پروژه است که می‌تواند روی زمان، هزینه، کیفیت، بهره وری و عملکرد پروژه تأثیر بگذارد [۴]. مدیریت ریسک گامی در راستای اثر بخشی، کارایی و البته علمی‌تر 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 و 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 فرایند 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 تاثیر 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 بهره را از انرژی خورشیدی داشته باشد [۸]. هم‌چنیندر 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 بین المللی 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 بهره برداری مواد، تامین سلامت ساکنین، فایق آمدن 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 برسی شود [۲]. در پژوهش دیگری توسط فرجی اصل، خطرات موثر بر پروژه‌های ساختمانی سبز شناسایی و اولویت‌بندی شده است. در آن پژوهش نرمال بودن معیارها و زیر معیار ها با استفاده از آزمون کاموگروف - اسمیرنف (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 تاثیر 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 معیار های تشکیل داده و در نهایت با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه به اولویت بندی آن‌ها پرداخته است [۹]. هم‌چنینپژوهشی تحت عنوان ذینفعان و ریسک‌های مرتبط با آن‌ها در پروژه‌های ساختمانی سبز پیچیده در یک مدل شکبه 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 پیچیده‌تر می‌شود. ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز در آن پژوهش در مرحله اجرا می‌باشد. هم‌چنینروش شناسی استفاده شده در تحقیق تصمیم گیری 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

www.SID.ir

Archive of SID

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 واسترالیا، گروه های متمرکز در کارگاه های آموزشی مطالعات دسکتاپ جمع آوری شده و با استفاده ازروش شبکه های اجتماعی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که در حالی که خطر شهرت در هر دوکشور 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 کمی سازی کردن درصدد 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[1] موثر است. در این سیستم M۲۱۵۰ کلکتور خورشیدی، دو چیلر جذب کننده، لوله گرما تشعشع کف زمین، تبادل کننده گرمای لوله و منبع ذخیره آب گرم به حجم M۳ ۲/۵ وجود دارد که برای گرما در زمستان، سرما در تابستان، تهویه طبیعی در بهار و پاییز، تامین آب گرم در تمامی سال برای M۲ ۴۶۰ نواحی ساختمانی استفاده می‌شود. کل این سیستم توسط یک کامپیوتر صنعتی کنترل شده 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 آلبری 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 بهره وری ساکنین، اثرات مخرب زیست محیطی کمتری را دارا می‌باشد.

1 Shanghai

www.SID.ir

Archive of SID

۲-روش شناسی پژوهش

روش شناسی این پژوهش با هدف ارائه مدلی بهبود یافته جهت شناسایی و اولویت بندی شاخص‌های ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز شهرستان سوادکوه طراحی شده است. پژوهش حاضر براساس مراحلی نظام‌مند و مبتنی برروش تحقیق علمی طراحی شده است. هریک از مراحل انجام شده درراستای نیل به هدف تحقیق در شکل۱ آمده است:

شکل۱. روش شناسی تحقیق

Fig 1. Research methodology

۲-۱- شناسایی معیارها و شاخص‌های مدل

در گام نخست این پژوهش به بررسی مطالعات و ادبیات موضوع در زمینه ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز پرداخت می‌شود. در ادامه با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای، مقالات، اسناد، پایان نامه‌های در دسترس در مورد موضوعات مرتبط و مراجعه به اطلاعات سایت‌های اینترنتی و انجام مصاحبه‌هایی با مدیران و خبرگان، اطلاعاتی در خصوص معیارها و شاخص‌های ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز جمع آوری و بر این اساس، معیارها و شاخص‌های ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز شهرستان سوادکوه شناسایی می گردد.

۲-۲- پالایش و غربال شاخص‌ها با تکنیک دلفی فازی

در این مرحله با استفاده از تکنیک دلفی فازی اقدام به پالایش و ترکیب شاخص‌های شناسایی شده می‌شود. پنل مورد نظر براساس ترکیبی از خبرگان نظام مهندسی با تخصص‌های گوناگون تعیین گردید که مشتمل بر ۸ نفر میباشد. اگر چه کارشناسان از شایستگی‌ها و توانایی‌های ذهنی خود برای انجام مقایسه‌ها استفاده می‌نمایند، اما قضاوت بشر عموماً با نظرات مبهم از قبیل اهمیت خیلی کم، اهمیت کم، اهمیت متوسط، اهمیت زیاد، اهمیت خیلی زیاد مشخص می‌شود. معمولا تصمیم گیرندگان با استفاده از واژگان غیردقیق و غیرکمی اتفاقات و اشیای فازی رامحدود می‌کنند. 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 مجموعه‌های فازی (بکارگیری اعداد فازی) به پیش بینی بلند مدت و تصمیم‌گیری در دنیای واقعی پرداخت [۱۵]. در این تحقیق از اعداد فازی مثلثی به دلیل محاسبات ساده تر استفاده می‌گردد.

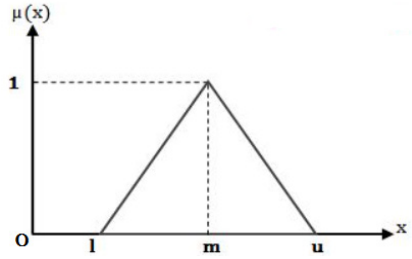
www.SID.ir

Archive of SID

بر اساس نظریه مجموعه‌های فازی، یک عدد فازی، که با سه عدد حقیقی به صورت F=(l,m,u) نمایش داده می‌شود. کران بالا که با u نشان داده می‌شود بیشینه مقادیری است که عدد فازی F می‌تواند اختیار کند. کران پایین که با l نشان داده می‌شود کمینه مقادیری است که عدد فازی F می‌تواند اختیار کند. مقدار m محتمل‌ترین مقدار یک عدد فازی است. تابع عضویت یک عدد فازی مثلثی به صورت زیر است [۱۶]:

$$\mu f=(x)\begin{cases}(x-l)/(m-l) & l\le x\, m\\ 1 & x=m\\ (u-x)/(u-m) & m<x\le u\\ 0 & otherwise\end{cases} \quad (۱)$$

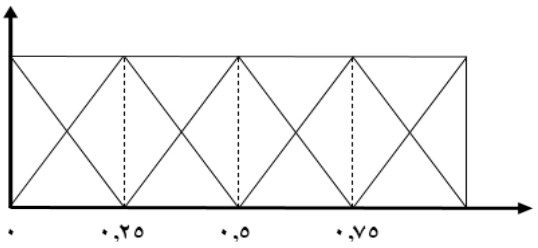
عدد فازی مثلثی F=(l,m,u) در فضای هندسی به صورت زیر در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲. عدد فازی مثلثی [۱۶]

Fig 2. Triangular fuzzy number

در این مطالعه متغیرهای کلامی برای تعیین اهمیت شاخص‌ها، 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 داده‌ها، میانگین فازی نظرات n پاسخ‌دهنده با استفاده از رابطه ۲ محاسبه می‌شود. در ادامه کار از روابط ۳ تا ۶ جهت فازی زدایی و تعیین میزان اهمیت شاخص‌های ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز استفاده می‌گردد. 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 می‌شود. در نهایت با استفاده از max=(l,m,u) رابطه ۶ بدست می‌آید و شاخص‌های دارای ارزش کمتر از مقدار میانگین حذف می گردند. روابط مورد نظر به صورت زیر می‌باشد [۱۸].

(۲)

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

Average Fuzzy: میانگین فازی n: تعداد شاخص‌های مساله

$$x^1_{max}=\frac{l+m+u}{3} \quad (۳)$$

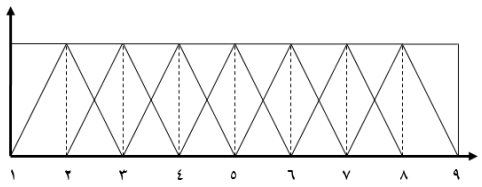
$$x^2_{max}=\frac{l+4m+u}{6} \quad (۴)$$

$$x^3_{max}=\frac{l+2m+u}{4} \quad (۵)$$

$$\text{Crisp Number}=\max\{x^1_{max},x^2_{max},x^3_{max}\} \quad [۱۹]\ (۶)$$

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

در این مرحله شاخص‌های با اهمیت از دیدگاه خبرگان در چند معیار اصلی طبقه بندی و دسته بندی می‌شوند. سپس مقایسات زوجی معیارهای اصلی براساس هدف و مقایسات زوجی شاخص‌ها براساس معیار مربوطه توسط خبرگان صورت می‌گیرد. 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 می‌شود.



شکل ۴. اعداد فازی مثلثی در تعیین ارجحیت [۱۹]

Fig 4. Triangular fuzzy numbers in preference

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

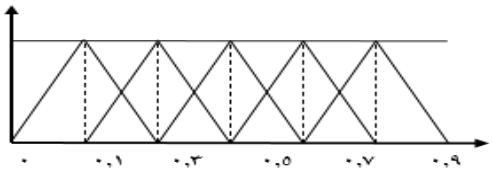
در این تحقیق فرض بر این است که برخلاف رویکردهای مرسوم، میان معیارهای مدل ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز رابطه وجود دارد. از آنجا که در مطالعات موجود اشاره صریحی به این روابط وجود ندارد می‌توان از تکنیکی مانند DEMATEL استفاده کرد. تکنیک دیمتل توسط Fonetla و Gabus در سال ۱۹۷۱ ارائه شد. تکنیک دیمتل

www.SID.ir

Archive of SID

که از انواع روش‌های تصمیم‌گیری براساس مقایسه زوجی است، با بهره مندی از قضاوت خبرگان در استخراج عوامل یک سیستم و ساختاردهی نظام‌مند به آن‌ها با بکارگیری اصول نظریه گراف‌ها، ساختار سلسله مراتبی از عوامل موجود در سیستم همراه با روابط تاثیر و تاثرمتقابل 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 نظرگرفتن 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 Demetel Technique

۲-۴-۱- تشکیل ماتریس ارتباط مستقیم [۱]

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.

۲-۴-۲- تشکیل ماتریس ارتباط مستقیم نرمال [۲]

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.

$$k = \frac{1}{\max(\sum_{i,j=1}^{n} a_{ij})} \quad (۷)$$

a_{ij}: درایه سطر i ام و ستون j ام ماتریس ارتباط مستقیم

$$N = K*D \quad (۸)$$

D: ماتریس ارتباط مستقیم

N: ماتریس ارتباط مستقیم نرمال

۲-۴-۳- محاسبه ماتریس ارتباط کامل [۳]

این ماتریس طبق رابطه ۹ محاسبه می‌شود.

$$T = N \times (I - N)^{-1} \quad (۹)$$

T: ماتریس ارتباط کامل

I: ماتریس همانی

۲-۴-۴- رسم نقشه روابط شبکه و ایجاد نمودار علّی [۴]

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 عامل های سیستم است (میزان تاثیرپذیری متغیرها).

بنابراین 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. بردار عمودی (D-R)، قدرت تاثیرگذاری هر عامل را نشان می‌دهد. بطور کلی اگر D-R مثبت باشد، متغیر علّی 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.

1 Direct Relation Matrix (D)

2 Normalized Initial Direct Relation Matrix (N)

3 Total Relation Matrix (T)

4 Causal Diagram

www.SID.ir

Archive of SID

۲-۴-۵- محاسبه آستانه روابط[1]

جهت تعیین نقشه روابط شبکه باید ارزش آستانه محاسبه شود. با این روش می‌توان از روابط جزئی صرف‌نظر کرده و شبکه روابط قابل اعتنا را ترسیم کرد. تنها روابطی که مقادیر آن‌ها 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 رابطه علی در نظر گرفته نمی‌شود.

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

در گام نهایی این تحقیق با درنظر گرفتن الگوی ارجحیت و روابط درونی متغیرها با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه فازی اقدام به اولویت‌بندی و رتبه بندی نهایی شاخص‌های ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز می‌گردد. فرآیند تحلیل شبکه فازی در شکل ۶ نشان داده شده است.

شکل ۶. مدل ANP عوامل پیاده سازی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز

Fig 6. ANP model risk factors implementation of green building projects

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

۱- محاسبه بردار W۲۱: تعیین اولویت معیارهای اصلی براساس هدف

۲- محاسبه بردار W۳۲: تعیین اولویت شاخص‌ها براساس معیار مربوطه

۳- محاسبه بردار W۲۲: تعیین اولویت معیارهای اصلی براساس روابط درونی معیارهای اصلی

بنابراین محاسبه وزن نهایی شاخص‌های مدل با تکنیک ANP نیازمند محاسبه سوپرماتریس مطابق جدول ۱ است:

جدول ۱. سوپرماتریس نهایی مدل تحقیق

Table 1 .Ultimate Supermatrix Research Model

	هدف	معیارها
هدف	۰	۰
معیارها	W۲۱	W۲۲
شاخص‌ها	۰	W۳۲

بردار ویژه مقایسه معیارها براساس هدف (W۲۱) و بردار ویژه مقایسه شاخص‌ها براساس معیار مربوطه (W۳۲) مانند تکنیک AHP محاسبه شده است. محاسبه بردار روابط بین معیارهای اصلی (W۲۲) مستلزم تشخیص ارتباط درونی بین معیارها است. برای این منظور از تکنیک دیمتل استفاده می‌شود.

برای اطلاع از میزان اعتبار قضاوت‌های صورت گرفته باید نرخ ناسازگاری نظرها محاسبه شوند تا در صورتی که میزان ناسازگاری از حد مجاز بیشتر باشد، در قضاوت‌ها تجدید نظر صورت گیرد. نرخ ناسازگاری نشان می‌دهد تا چه اندازه می‌توان به اولویت‌های تعیین شده اعتماد کرد. تجربه نشان داده است که اگر نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱ باشد سازگاری مقایسه‌ها قابل قبول بوده و در غیر اینصورت مقایسه‌ها باید تجدید نظر شود. گام‌های زیر برای محاسبه نرخ ناسازگاری به کار گرفته می‌شود 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 می‌کنیم. بردار جدیدی را که به این طریق بدست می‌آید، بردار مجموع وزنی نامیده می‌شود.

ب) عناصر بردار مجموع وزنی را بر بردار اولویت نسبی تقسیم کرده، بردار حاصل بردار سازگاری نامیده می‌شود. بدست آوردن میانگین عناصر بردار ناسازگاری lmax را به دست می‌دهد.

پ) شاخص ناسازگاری طبق رابطه ۱۰ تعریف می‌شود.

$$II = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \qquad (۱۰)$$

ت) شاخص ناسازگاری تصادفی است که برای ۷ ..... ۱،۲ =n به ترتیب برابر با صفر، صفر، ۰/۵۲، ۰/۸۸، ۱/۱۰، ۱/۲۴، ۱/۳۴ است.

1 Threshold Value

www.SID.ir

Archive of SID

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 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.

جدول ۲. شناسایی معیارها و شاخص‌ها

Table 2 .Identification of criteria and indicatorsl

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

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 معمولا 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 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 هریک از شاخص-های شناسایی شده ریسکهای پروژه‌های ساختمانی سبز شهرستان سوادکوه پرسشنامه مقایسات زوجی طراحی شده و بین خبرگان مجددا توزیع گردید، و از آن‌ها در خواست شد تا میزان مرتبط بودن

www.SID.ir

Archive of SID

عوامل ارائه شده را با موضوع تحقیق براساس طیف ارائه شده، تعیین نمایند. با توجه به اینکه در این تحقیق هدف، اجرای یک روش نظام مند جهت شناسایی و اولویت بندی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز در شهرستان سوادکوه بوده است، بنابر این خبرههای 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 می‌باشند که تجربه و مشخصات حرفه‌ای خبرگان در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳: تجربه و مشخصات حرفه‌ای 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
	۱۰-۱۵ سال	۵
آموزش	تعداد سمینارهای آموزشی مرتبط با موضوع	حداقل ۳
	تعدادکنفرانسهای شرکت کرده مرتبط باموضوع	حداقل ۴
مهارت	تعداد قراردادهای منعقد شده مرتبط با موضوع	حداقل ۵

پس از پاسخ دادن پرسشنامه توسط خبرها در خصوص اهمیت هر یک از شاخص‌های پروژه‌های 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 داده‌های کلامی جمع آوری شده توسط خبرها برای سنجش نهایی میزان اهمیت شاخص‌های مربوط به هریک از معیارهای ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز در شهرستان سوادکوه مطابق شکل ۳ ارزش گذاری فازی می‌شوند. هم‌چنین میانگین فازی نظرات کارشناسان، با استفاده از رابطه ۲ محاسبه می‌شود. در ادامه کار از رابطه ۶ جهت فازی زدایی و تعیین اهمیت شاخص‌های ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبزاستفاده می‌شود. میانگین فازی و مقدار قطعی مقادیر مربوط به شاخص‌ها در جدول ۴ نشان داده شده است. در نهایت هر شاخصی که دارای مقدار قطعی بزرگتر از ۰/۵ باشد جزء شاخص‌های کارآمد به حساب می‌آید و انتخاب می‌شود، و هر شاخصی که دارای مقدار قطعی کوچکتر از ۰/۵است جزء شاخص‌های ناکارآمد به حساب می‌آید و حذف می‌شود.

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

Table 4 .Fuzzy mean and definite value of each index

شرح شاخص	میانگین فازی	مقدار قطعی
بی ثباتی	(۰/۵۵، ۰/۸۰، ۱)	۰/۷۹
بی نظمی های داخلی	(۰/۶۰، ۰/۸۵، ۱)	۰/۸۲
تنش در سیاست های خارجی	(۰/۴۵، ۰/۷۰، ۰/۹۰)	۰/۶۹
عدم آگاهی مدیریتی	(۰/۲۰، ۰/۴۵، ۰/۷۰)	۰/۴۵
نداشتن اهداف واقع بینانه	(۰/۴۰، ۰/۶۵، ۰/۹۰)	۰/۶۵
کنترل بد (مدیریت نامناسب)	(۰/۵۰، ۰/۷۵، ۰/۹۰)	۰/۷۲
پیش بینی نشدن تاخیر	(۰/۳۵، ۰/۶۰، ۰/۸۵)	۰/۶۰
ناکافی بودن دانش پیمانکار	(۰/۴۵، ۰/۸۰، ۰/۹۰)	۰/۷۴
بازدهی و بهروری ناکافی	(۰/۰۵، ۰/۱۵، ۰/۴۰)	۰/۱۹
نوسانات نرخ ارز	(۰/۶۵، ۰/۹۰، ۱)	۰/۸۶
تورم و بالارفتن نرخ بهره	(۰/۷۰، ۰/۹۵، ۱)	۰/۹۰
زمان بندی های نادرست پرداخت	(۰/۵۵، ۰/۸۰، ۰/۹۰)	۰/۷۶
نداشتن مقیاس برای هزینه فعالیتها	(۰/۴۰، ۰/۶۵، ۰/۸۵)	۰/۶۴
کمبود یا نبود تجهیزات	(۰/۱۰، ۰/۲۵، ۰/۵۰)	۰/۲۷
نامناسب بودن تجهیزات	(۰/۶۰، ۰/۸۵، ۰/۹۵)	۰/۸۱
استفاده نامناسب از ابزار و تجهیزات	(۰/۴۵، ۰/۷۰، ۰/۹۵)	۰/۷۰
نبود سیستم نظارتی وقانونی	(۰/۰۵، ۰/۳۰، ۰/۵۵)	۰/۳۰
فرآیند ضعیف تصمیم گیری در سازمان	(۰/۱۵، ۰/۴۰، ۰/۶۵)	۰/۴۰
قراردادهای پیچیده و مبهم و غیر حرفه ای	(۰، ۰/۱۰، ۰/۲۵)	۰/۱۱
تأخیر در فراهم نمودن وسایل و تجهیزات	(۰/۲۰، ۰/۴۵، ۰/۷۰)	۰/۴۵
حوادث غیر مترقبه (طوفان، زلزله، سیل،...) مورد نیاز	(۰/۰۵، ۰/۲۰، ۰/۴۵)	۰/۲۲
کیفیت بد مواد	(۰/۶۵، ۰/۹۰، ۰/۹۵)	۰/۸۵
کیفیت بد ساخت وساز	(۰/۳۵، ۰/۶۰، ۰/۸۵)	۰/۶۰
قراردادهای پیچیده و مبهم و غیر حرفه‌ای	(۰، ۰،۱۰، ۰،۲۵)	۰،۱۱
تأخیر در فراهم نمودن وسایل و تجهیزات	(۰۲۰، ۰،۴۵، ۰،۷۰)	۰،۴۵
حوادث غیر مترقبه (طوفان، زلزله، سیل،...) مورد نیاز	(۰،۰۵، ۰،۲۰، ۰،۴۵)	۰،۲۲
کیفیت بد مواد	(۰،۶۵، ۰،۹۰، ۰،۹۵)	۰،۸۵
کیفیت بد ساخت و ساز	(۰،۳۵، ۰،۶۰، ۰،۸۵)	۰،۶۰

پس از حذف شاخص‌های ناکارآمد، معیار ها و شاخص‌های مؤثر برای ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز در شهرستان سوادکوه به

www.SID.ir

Archive of SID

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

جدول ۵. معیارها وشاخص‌های کارآمد

Table 5 .Effective benchmarks and indicators

شناسه	معیار	نماد	شاخص
C1	سیاسی	S11	بی ثباتی
		S12	بی نظمی‌های داخلی
		S13	تنش در سیاست‌های 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 بندی‌های نادرست پرداخت
C5	تجهیزات	S44	نداشتن مقیاس برای هزینه فعالیت‌ها
		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-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 ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز در شهرستان سوادکوه پرسشنامه‌ای طراحی شده و بین کارشناسان مورد نظر توزیع گردید، و از آن‌ها در خواست شد تا میزان اهمیت هریک از معیارهای مربوطه را نسبت به یکدیگر تعیین کنید. 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 است. دیدگاه خبرگان با استفاده از مقیاس فازی طبق شکل ۴ کمّی 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.

جدول ۶. میانگین فازی اولویت معیارها

Table 6 .Fuzzy mean of criteria priority

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	۱	۰/۲۰۸	۰/۳۰۹	۱/۰۶۶	۰/۴۱۱	۰/۵۹۴
	۱	۰/۱۷۲	۰/۲۴۷	۰/۸۵۲	۰/۳۰۹	۰/۴۳۴
	۱	۰/۱۴۷	۰/۲۰۶	۰/۶۹۸	۰/۲۴۷	۰/۳۳۹
C2	۶/۸۰۰	۱	۰/۷۶۱	۶/۱۷۳	۱/۸۵۹	۱/۸۵۹
	۵/۸۰۰	۱	۰/۵۷۳	۴/۹۵۰	۱/۲۹۲	۱/۲۹۲
C3	۴/۸۰۰	۱	۰/۴۵۴	۳/۷۸۸	۰/۹۶۹	۰/۹۶۹
	۴/۸۵۰	۲/۲۰۰	۱	۷/۴۶۳	۰/۷۶۱	۰/۵۸۶
	۴/۰۴۰	۱/۷۴۶	۱	۶/۳۲۹	۰/۵۷۳	۰/۴۶۹
C4	۳/۲۳۲	۱/۳۱۴	۱	۵/۳۷۶	۰/۴۵۴	۰/۳۸۷
	۱/۴۳۲	۰/۲۶۴	۰/۱۸۶	۱	۰/۱۹۲	۰/۲۷۵
	۱/۷۴	۰/۲۰۲	۰/۱۵۸	۱	۰/۱۶۱	۰/۲۲۵
C5	۰/۹۳۸	۰/۱۶۲	۰/۱۳۴	۱	۰/۱۳۹	۰/۱۹۰
	۴/۰۵۰	۱/۰۳۲	۲/۲۰۰	۷/۲۰۰	۱	۰/۷۷۶
	۳/۲۴۰	۰/۷۷۴	۱/۷۴۶	۶/۲۰۰	۱	۰/۵۸۵
C6	۲/۴۳۲	۰/۵۳۸	۱/۳۱۴	۵/۲۰۰	۱	۰/۴۶۹
	۲/۹۵۰	۱/۰۳۲	۲/۵۸۲	۵/۲۵۰	۲/۱۳۲	۱
	۲/۳۰۶	۰/۷۷۴	۲/۱۳۴	۴/۴۴۰	۱/۷۰۸	۱
	۱/۶۸۲	۰/۵۳۸	۱/۷۰۶	۳/۶۳۲	۱/۲۸۸	۱

www.SID.ir

Archive of SID

درادامه پس از تشکیل ماتریس مقایسات زوجی، بردار ویژه محاسبه می‌شود. در ابتدا جمع فازی هر سطر طبق رابطه به‌صورت زیر محاسبه می‌شود. به عنوان مثال بسط فازی جمع عناصر معیار اول پژوهش (C1) بصورت زیر خواهد بود:

$$\sum_{j=1}^{6} M_{c_1}^{j} = (1,1,1) + (4/800, 5/800, 6/800) + (3/232, 4/040, 4/850) + (0/938, 1/174, 1/432) + (2/432, 3/240, 4/050) + (1/682, 2/306, 2/950) = (14/084, 17/560, 21/082)$$

M_{Ci}^{j} = درایه سطر Ci وستون زام ماتریس میانگین اولویت معیارها بنابراین بسط فازی ترجیحات هریک از معیارهای اصلی به صورت زیرخواهد بود:

$$\sum_{j=1}^{6} M_{c_1}^{j} = (14/084, 17/560, 21/082)$$

$$\sum_{j=1}^{6} M_{c_2}^{j} = (3/699, 4/668, 5/736)$$

$$\sum_{j=1}^{6} M_{c_3}^{j} = (4/814, 5/858, 7/038)$$

$$\sum_{j=1}^{6} M_{c4}^{j} = (19/694, 23/771, 28/152)$$

$$\sum_{j=1}^{6} M_{c5}^{j} = (4/097, 5/043, 6/355)$$

$$\sum_{j=1}^{6} M_{c6}^{j} = (3/354, 4/005, 5/090)$$

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

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

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 می‌شود.

$$\left(\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} M_{ci}^{j}\right)^{-1} = -(۴۹/۷۴۲, ۶۰/۹۰۵, ۷۳/۴۵۳)^{-۱} = (0/014, 0/016, 0/020)$$

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

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

در نهایت نتایج حاصل از نرمال‌سازی 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 فازی‌زدایی مقادیر بدست آمده از رابطه ۶ استفاده می‌کنیم. نتایج حاصل از محاسبات فازی زدایی و بردار ویژه معیارهای اصلی مطابق با جدول ۷ می‌باشد.

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	۰/۲۸۰	۰/۴۲۲	۰/۳۰۰	۰/۲۹۰	۰/۲۹۵	۰/۳۰۰	۰/۲۸۸	۰/۲۸۸
C2	۰/۰۵۲	۰/۰۷۵	۰/۱۵۵	۰/۰۹۴	۰/۰۸۴	۰/۰۸۹	۰/۰۹۴	۰/۰۷۷	۰/۰۷۷
C3	۰/۰۶۷	۰/۰۹۴	۰/۱۴۱	۰/۱۰۱	۰/۰۹۷	۰/۰۹۹	۰/۱۰۱	۰/۰۹۶	۰/۰۹۶
C4	۰/۲۷۶	۰/۳۸۰	۰/۵۶۳	۰/۴۰۶	۰/۳۹۳	۰/۴۰۰	۰/۴۰۶	۰/۳۹۰	۰/۳۹۰
C5	۰/۰۵۷	۰/۰۸۱	۰/۱۲۷	۰/۰۸۸	۰/۰۸۵	۰/۰۸۶	۰/۸۸	۰/۰۹۳	۰/۰۹۳
C6	۰/۰۴۷	۰/۰۶۴	۰/۱۰۲	۰/۰۷۱	۰/۰۶۷	۰/۰۶۹	۰/۷۱	۰/۰۶۶	۰/۰۶۶

www.SID.ir

Archive of SID

نرخ سازگاری مقایسات در این مرحله ۰/۰۶۸ می‌باشد. از آنجا که ۰/۰۶۸ IR=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 در خواست شد تا میزان اهمیت هریک از شاخص‌ها را بر اساس 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 کمّی گردید.

به عنوان مثال میانگین فازی دیدگاه خبرگان جهت تعیین اولویت شاخص‌های C۱ 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 C۱

Table 8. Average Fuzzy Preference C1

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

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

بنابراین جمع فازی ترجیحات هریک از شاخص‌های C۱ به صورت زیر خواهد بود:

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

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

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

M_{Si}^{j}: درایه سطر Si وستون j ام ماتریس میانگین اولویت شاخص‌های هر معیار

مجموع عناصر ستون ترجیحات شاخص‌ها به صورت زیر خواهد بود:

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

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

بنابراین نتایج حاصل از نرمال‌سازی 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 فازی‌زدایی 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.

www.SID.ir

Archive of SID

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^1_{max}	x^2_{max}	x^3_{max}	وزن قطعی	وزن قطعی نرمال	بردار ویژه (W_{11})
C۱	S۱۱	۰/۲۴۶	۰/۳۵۱	۰/۴۸۲	۰/۳۶۰	۰/۳۵۵	۰/۳۵۷	۰/۳۶۰	۰/۳۵۰	۰/۳۵۰
	S۱۲	۰/۳۴۹	۰/۴۸۳	۰/۶۵۴	۰/۴۹۵	۰/۴۸۹	۰/۴۹۲	۰/۴۹۵	۰/۴۸۲	۰/۴۸۲
	S۱۳	۰/۱۲۹	۰/۱۶۴	۰/۲۳۹	۰/۱۷۷	۰/۱۷۱	۰/۱۷۴	۰/۱۷۷	۰/۱۶۷	۰/۱۶۷
C۲	S۲۱	۰/۴۶۵	۰/۶۳۴	۰/۸۴۸	۰/۶۴۹	۰/۶۴۱	۰/۶۴۵	۰/۶۴۹	۰/۶۳۶	۰/۶۳۶
	S۲۲	۰/۲۹۲	۰/۳۶۳	۰/۴۶۷	۰/۳۷۴	۰/۳۶۸	۰/۳۷۱	۰/۳۷۴	۰/۳۶۴	۰/۳۶۴
C3	S31	۰/۴۶۶	۰/۶۳۷	۰/۸۴۹	۰/۶۵۱	۰/۶۴۴	۰/۶۴۷	۰/۶۵۱	۰/۶۳۷	۰/۶۳۷
	S32	۰/۲۹۴	۰/۳۶۳	۰/۴۷۱	۰/۳۷۶	۰/۳۶۹	۰/۳۷۳	۰/۳۷۶	۰/۳۶۳	۰/۳۶۳
C4	S41	۰/۲۳۶	۰/۳۵۱	۰/۵۴۶	۰/۳۷۸	۰/۳۶۴	۰/۳۷۱	۰/۳۷۸	۰/۳۵۳	۰/۳۵۳
	S42	۰/۳۱۶	۰/۴۴۹	۰/۶۸۷	۰/۴۸۴	۰/۴۶۶	۰/۴۷۵	۰/۴۸۴	۰/۴۵۲	۰/۴۵۲
	S43	۰/۰۸۲	۰/۱۱۷	۰/۱۷۷	۰/۱۲۵	۰/۱۲۱	۰/۱۲۳	۰/۱۲۵	۰/۱۱۷	۰/۱۱۷
	S44	۰/۰۵۸	۰/۰۷۷	۰/۱۱۶	۰/۰۸۴	۰/۰۸۰	۰/۰۸۲	۰/۰۸۴	۰/۰۷۸	۰/۰۷۸
C5	S51	۰/۵۹۸	۰/۷۷۹	۱/۰۰۴	۰/۷۹۴	۰/۷۸۶	۰/۷۹۰	۰/۷۹۴	۰/۷۷۸	۰/۷۷۸
	S52	۰/۱۹۱	۰/۲۲۲	۰/۲۶۳	۰/۲۲۵	۰/۲۲۴	۰/۲۲۴	۰/۲۲۵	۰/۲۲۲	۰/۲۲۲
C6	S61	۰/۶۱۶	۰/۸۱۶	۱/۰۶۹	۰/۸۳۴	۰/۸۲۵	۰/۸۲۹	۰/۸۳۴	۰/۸۱۶	۰/۸۱۶
	S62	۰/۱۵۸	۰/۱۸۴	۰/۲۱۸	۰/۱۸۷	۰/۱۸۵	۰/۱۸۶	۰/۱۸۷	۰/۱۸۴	۰/۱۸۴

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

۳-۴- 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 W۲۲ می پردازیم. 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 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 کنید. 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.

www.SID.ir

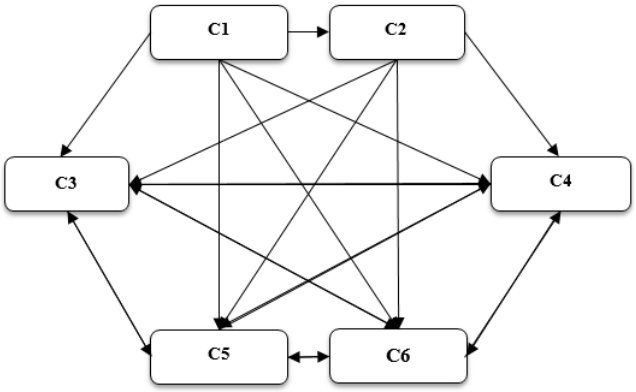
Archive of SID

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.

۴-۴-۳- رسم نقشه روابط شبکه و ایجاد نمودار علّی

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 علّی معیارهای اصلی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز در شهرستان سوادکوه را مطابق با جدول ۱۰ نشان داد.

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	C1
۰/۱۸۸	۶/۶۷	۳/۲۳	۳/۴۲	C2
-۰/۷۸	۷/۷۱	۴/۲۴	۳/۴۶	C3
-۰/۲۴	۷/۰۲	۳/۶۲	۳/۳۸	C4
-۰/۳۳	۶/۷۲	۳/۵۲	۳/۱۹	C5
-۰/۶۰	۷/۰۶	۳/۸۳	۳/۲۳	C6

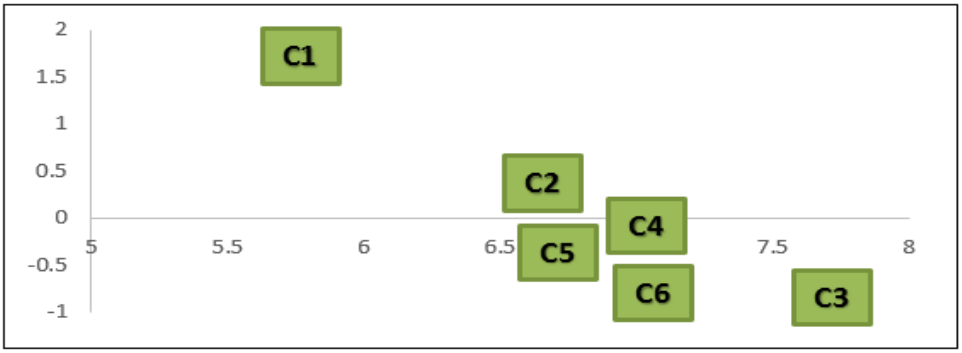
در جدول ۱۶ جمع عناصر هر سطر (D) نشانگر میزان تاثیرگذاری آن عامل بر سایر عامل‌های سیستم است. براین اساس: C۱ از بیشترین تأثیرگذاری و C۶ نیز دارای کم ترین تأثیرگذاری است.

جمع عناصر ستون (R) برای هر عامل نشانگر میزان تاثیرپذیری آن عامل از سایر عامل‌های سیستم است. براین اساس: C۳ از بیشترین تأثیرگذاری و C۱ نیز دارای کم ترین تأثیرگذاری 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 کم ترین تأثیرگذاری 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 شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل ۸. نمودار مختصات دکارتی خروجی DEMATEL برای معیارهای اصلی

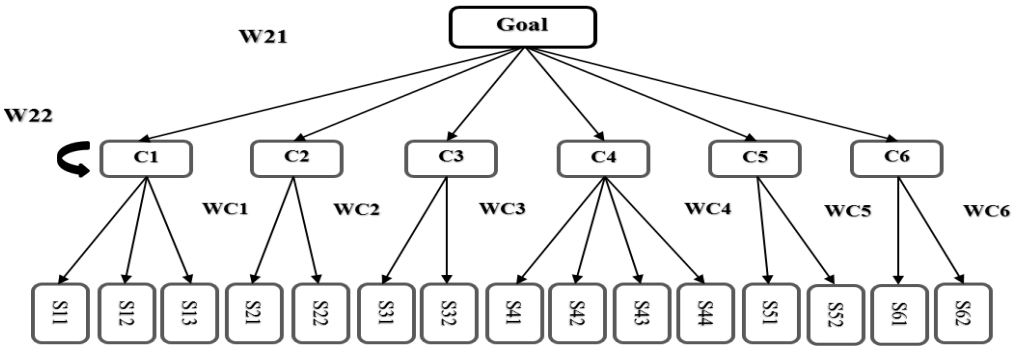
Fig 8. Descartes graph of the DEMATEL output for the main criteria

www.SID.ir

Archive of SID

۵-۳- اولویت بندی نهایی شاخص‌ها با تکنیک ANP فازی

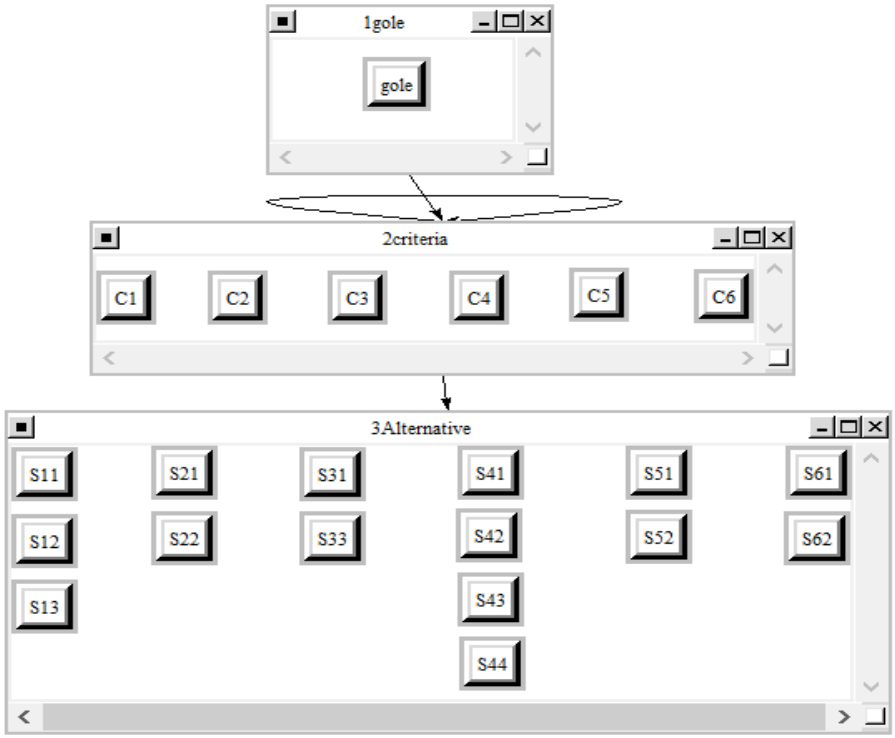
در گام نهایی این مطالعه با درنظر گرفتن الگوی ارجحیت و روابط درونی متغیرها با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه فازی اقدام به اولویت‌بندی نهایی شاخص‌های ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبزدر شهرستان سوادکوه می‌گردد. مدل ANP معیارها و شاخص‌های ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز شهرستان سوادکوه در شکل ۹ نشان داده شده است.



شکل ۹. مدل ANP معیارها و شاخص‌ها

Fig 9. ANP Model of Criteria and Indicators

به منظور اولویت بندی نهایی شاخص‌های ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز شهرستان سوادکوه، بردارهای ویژه داخلی محاسبه شده (W۲۱، W۲۲،W۳۲) در ستون‌های مناسب یک ماتریس وارد می‌شوند. در نتیجه یک سوپرماتریس تقسیم‌بندی شده که هر بخش از این ماتریس ارتباط بین یک دو خوشه در یک سیستم را نشان می‌دهد، 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.



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

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به محاسبات انجام گرفته در مراحل قبل، سوپرماتریس ناموزون (اولیه) بدست می‌آید. در مرحله بعد با استفاده از مفهوم نرمال کردن، سوپرماتریس ناموزون به سوپرماتریس موزون (نرمال) تبدیل می‌شود. در سوپرماتریس موزون جمع عناصر تمامی ستون‌ها برابر با یک می‌شود. گام بعدی محاسبه سوپرماتریس حد می‌باشد. سوپرماتریس حد با توان رساندن تمامی عناصر سوپرماتریس موزون بدست می‌آید. این عمل آنقدر تکرار می‌شود تا تمامی عناصر سوپر ماتریس شبیه هم شود. در این حالت تمامی درایه‌های سوپرماتریس 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 سوپرماتریس حد محاسبه شده با نرم‌افزار Super Decision در جدول ۱۱ نشان داده شده است.

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

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

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 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

www.SID.ir

Archive of SID

خبرگان این مولفه دارای بالاترین اهمیت می‌باشد.

۵- نتیجه گیری

دانش‌های مختلف جهانی از پنجاه سال پیش بر آنند تا در کنار اکتشافات جدید علمی به راه حل‌هایی 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 تأثیرگذاری و تأثیرپذیری 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 گرید. تا مشخص شود که شناسایی و اولویت بندی ریسک تا چه مقدار می‌تواند نقش بسزایی در موفقیت پروژه‌های ساختمانی سبز داشته باشد.

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. Esmaeili, 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-

www.SID.ir

Archive of SID

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

www.SID.ir