

تعیین مهم‌ترین دسته‌های ریسک پروژه با در نظر گرفتن روابط علت و معلولی میان آنها در محیط فازی

سید محمد علی خاتمی فیروزآبادی^{۱*}، امین وفادار نیکجو^۲، علی شهابی^۳

- ۱- دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران
- ۲- کارشناس ارشد مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران
- ۳- کارشناس ارشد مهندسی صنایع، مؤسسه آموزش عالی غیرانتفاعی آیندگان، تنکابن، مازندران، ایران

دریافت: ۹۱/۳/۲۰

پذیرش: ۹۱/۱۲/۲۰

چکیده

هر پروژه دارای ریسک‌هایی می‌باشد و از آن جایی که پیچیدگی‌های زیادی در پروژه‌های امروزی وجود دارند، شناسایی مهم‌ترین دسته‌های ریسک برای موفقیت و کارآمدی پروژه‌ها نقش مهمی ایفا می‌کند.

این پژوهش به دنبال تعیین مهم‌ترین ریسک‌ها در چارچوب ساختار شکست ریسک ویرایش چهارم راهنمای گسترده دانش مدیریت پروژه^۱ می‌باشد که قابلیت تعمیم به تمامی مواردی را که در تعریف پروژه در سطح کشور می‌گنجد، دارد. نظر به اینکه ریسک‌های پروژه دارای آثار متقابل بر یکدیگر هستند با در نظر گرفتن این روابط متقابل و علت و معلولی برای تعیین مهم‌ترین دسته‌های ریسک پروژه براساس ساختار شکست ریسک ویرایش چهارم راهنمای گسترده دانش مدیریت پروژه از روش دیماتل^۲ بهره گرفته شد. همچنین از نظریه مجموعه‌های فازی برای کسب نظرهای ذهنی خبرگان که دارای تجربه و دانش کافی در سطح پروژه‌های کشور بودند، استفاده شد.

نتایج پژوهش بیانگر این بود که دسته‌های ریسک «بیرونی»، «فنی»، «مدیریت پروژه» و «سازمانی» به ترتیب با اهمیت‌ترین دسته‌های ریسک هستند و در مهم‌ترین دسته، یعنی ریسک‌های «بیرونی»، ریسک‌های متأثر از قوانین تنظیمی در دسته ریسک‌های «فنی» ریسک‌های مرتبط به «فناوری»، در دسته ریسک‌های «مدیریت پروژه» ریسک‌های مرتبط به «تخمین» و در دسته ریسک‌های «سازمانی»، ریسک‌های مرتبط به «وابستگی‌های پروژه» در رتبه اول اهمیت می‌باشند.



کلیدواژه‌ها: ریسک پروژه، مدیریت پروژه، دیماتل، نظریه مجموعه‌های فازی، تصمیم‌گیری چند شاخصه.

۱- مقدمه

مدیریت ریسک برای انجام موفقیت‌آمیز و به‌موقع پروژه‌ها بسیار ضروری است. از این رو شناسایی و اولویت‌بندی مهم‌ترین انواع ریسک‌های پروژه به عنوان بخشی از فرایند مدیریت ریسک برای سازمان‌های پروژه محور حایز اهمیت می‌باشد.

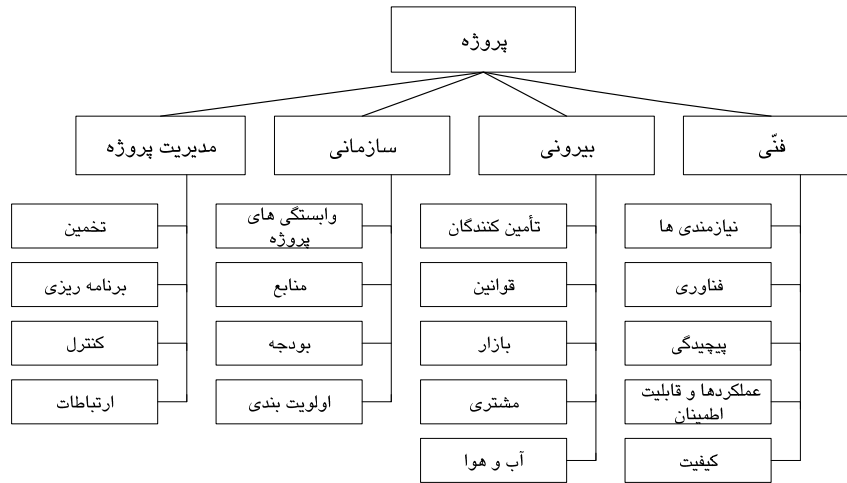
ریسک در پروژه‌ها به صورت شانس وقوع رخدادی تعریف می‌شود که دارای اثر منفی احتمالی بر اهداف پروژه می‌باشد و با عباراتی نظیر احتمال وقوع و پیامد اندازه‌گیری می‌شود [۳؛۲؛۱]. مؤسسه مدیریت پروژه^۳، ریسک را به این صورت تعریف می‌کند: «رویدادی نامعین یا موقعیتی که اگر اتفاق بیفتد بر هدف پروژه تأثیر مثبت یا منفی خواهد گذاشت. ریسک دلیلی دارد و در صورت وقوع نیز تجربه‌ای از آن حاصل می‌شود»، پس مدیریت ریسک عبارت است از به حداقل رساندن نتایج و پیامدهای حاصل از رویدادهای نامطلوب و به حداکثر رساندن نتایج حاصل از رویدادهای مطلوب [۴؛ ص ۱۵]. مدیریت ریسک پروژه از شش فرایند برنامه‌ریزی مدیریت ریسک، شناسایی ریسک‌ها، انجام تجزیه و تحلیل کیفی ریسک، انجام تجزیه و تحلیل کمی ریسک، برنامه‌ریزی پاسخ‌های ریسک و کنترل ریسک‌ها تشکیل شده است [۵].

طبقه‌بندی‌های ریسک، ساختاری را فراهم می‌کند که تضمین‌کننده فرایند جامعی برای شناسایی نظام‌مند ریسک‌ها تا سطح مناسبی از جزئیات می‌باشد. در این میان ساختار شکست ریسک^۴ فهرستی از مجموعه‌ها و زیر مجموعه‌هایی را که ریسک‌ها ممکن است در قالب یکی از آنها برای پروژه‌های معمولی به وقوع بپیوندند، ارائه می‌کند. ساختار شکست ریسک براساس چهارمین ویرایش راهنمای گسترده دانش مدیریت پروژه در شکل ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، مجموعه‌های اصلی ریسک عبارتند از «فنی»، «بیرونی»، «سازمانی» و «مدیریت پروژه». ریسک‌های فنی، ریسک‌هایی هستند که در نتیجه فناوری به کار گرفته شده در پروژه و یا محیط کاری پروژه به وجود می‌آیند و خود شامل نیازمندی‌ها، فناوری، پیچیدگی، عملکردها و قابلیت اطمینان و درنهایت کیفیت می‌شوند.

ریسک‌های بیرونی پروژه در محدوده اختیارهای مدیران پروژه نمی‌باشند. تأمین‌کنندگان، قوانین، بازار، مشتریان و آب و هوا جزء ریسک‌های بیرونی هستند. ریسک‌هایی که معمولاً در اثر کمبود منابع سازمانی به وجود می‌آیند، ریسک‌های سازمانی نام دارند و از جمله آنها می‌توان وابستگی‌های پروژه، منابع، بودجه و اولویت‌بندی‌های سازمانی را نام برد. از مصادیق ریسک‌های مدیریت پروژه می‌توان به مسائل مرتبط با تخمین یا پیش‌بینی، برنامه‌ریزی، کنترل و ارتباطات اشاره کرد [۵].

در دنیای واقعی، ریسک‌های پروژه به ندرت مستقل هستند و معمولاً دارای درجه‌ای از روابط متقابل می‌باشند که با لحاظ کردن این تعامل‌ها می‌توان به ارزیابی صحیح‌تری در خصوص مهم‌ترین ریسک‌های تأثیرگذار در موفقیت پروژه دست پیدا کرد. همچنین در مطالعات مرتبط با شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌ها در گذشته، بررسی ریسک‌های پروژه در قالب استاندارد جامع که در برگرفته تمامی مواردی-که پروژه خطاب می‌شوند- باشد و به ریسک‌های پروژه‌ای خاص محدود نباشد، مغفول مانده بود؛ به عبارتی دیگر، به تعیین مهم‌ترین دسته‌بندی‌های ریسک به صورت عمومی و کلی پرداخته نشده است. در این تحقیق برای اینکه بتوان روابط متقابل را در تعیین مهم‌ترین دسته‌های ریسک پروژه در نظر گرفت و با نظر به اینکه روش دیماتل برای در نظر گرفتن روابط پیچیده میان عوامل از جمله ریسک‌ها بسیار مناسب می‌باشد، از روش دیماتل در محیط فازی برای این منظور بهره‌گیری شده است. در این تحقیق بنا بر ساختار شکست ریسک چهارمین راهنمای پیکره دانش مدیریت پروژه و استفاده از نظریه مجموعه‌های فازی برای اندازه‌گیری قضاوت‌های ذهنی گروهی از خبرگان دارای تجربه در پروژه‌های مختلف ایران و سپس تحلیل داده‌ها با کمک روش دیماتل سعی بر این است که مهم‌ترین دسته‌های ریسک پروژه که سازمان‌های پروژه محور ایرانی با آن دست به گریبان هستند، اولویت‌بندی شوند.

باقی ساختار مقاله به این شکل است که در بخش ۲ پیشینه تحقیق و در بخش ۳ به توضیح روش‌شناسی تحقیق پرداخته می‌شود. در بخش ۴ نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها مورد بحث قرار می‌گیرند. در نهایت نیز در بخش ۵ نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها برای تحقیقات آینده مطرح می‌شوند.



شکل ۱ ساختار شکست ریسک [۵]

۲- پیشینه تحقیق

تحقیقات مختلفی برای رتبه‌بندی ریسک پروژه‌ها انجام شده است که به تعدادی از آنها اشاره می‌شود. باکارینی و آرچر^۵ به توصیف یک روش‌شناسی با استفاده از فرایند درجه‌بندی ریسک پروژه^۶ برای رتبه‌بندی ریسک پروژه‌های مرتبط با دپارتمان خدمات قرارداد و مدیریت^۷ که بنگاهی دولتی در استرالیا^۸ غربی می‌باشد، پرداختند [۶، صص ۱۳۹-۱۴۵]. در تحقیق دیگری^۹ که توسط باکارینی، سلم و لاو^{۱۰} انجام شد- آنها ۲۷ ریسک در پروژه‌های فناوری اطلاعات را به وسیله مصاحبه‌های دقیق با متخصصان فناوری اطلاعات از شرکت‌های پیشرو در استرالیا^{۱۱} غربی و نیز مرور ادبیات معین کردند. دو ریسک دارای رتبه بالا هم در ادبیات و هم در تحقیق آنها عبارت بودند از: «کمبود پرسنل» و «زمان‌بندی و بودجه غیر واقعی» [۷، صص ۲۸۶-۲۹۵]. گاش و جیناتاناکانونت^{۱۲} در تحقیقی که برای شناسایی و ارزیابی عوامل ریسک بحرانی در - یک پروژه مترو در تایلند انجام دادند- از رویکرد تحلیل عاملی بهره جستند و ۵۹ عامل ریسک شناسایی شده را در ۹ دسته کلی گروه‌بندی کردند [۸، صص ۶۳۳-۶۴۳]. ابراهیم‌نژاد، موسوی و

سیرافیان‌پور^{۱۰} از روش تاپسیس فازی^{۱۱} و روش لینمپ فازی^{۱۲} به منظور رتبه‌بندی ریسک‌های عمده در پروژه‌های ساخت، اجرا و انتقال^{۱۳} استفاده کردند. آنها در مدل پیشنهادی خود، ریسک‌های پروژه ساخت، اجرا و انتقال نیروگاه برق ایران را مورد شناسایی و ارزیابی قرار دادند و رتبه‌بندی مهم‌ترین ریسک‌ها را ارائه کردند [۹، صص ۵۷۵-۵۸۶]. در تحقیقی که توسط والاس، کیل و رای^{۱۴} با روش تجزیه و تحلیل خوشه‌ای انجام شد، ۳۵ ریسک تهدیدکننده موفقیت پروژه‌های نرم‌افزاری مختلف شناسایی و در شش دسته کلی گروه‌بندی شدند [۱۰، صص ۱۱۵-۱۲۵]. اصغری‌زاده، مهرگان و سعیدی در سال ۱۳۸۶ مروری بر روش‌های شناسایی و انواع ریسک‌های تهدیدکننده پروژه‌های بزرگ صنعتی کردند و با استفاده از نتایج مطالعات گذشته و مطالعه موردی ساخت چند نیروگاه، ریسک‌های تهدیدکننده پروژه‌های نیروگاهی را شناسایی و دسته‌بندی نمودند [۱۱، صص ۲-۱۲].

در تحقیق دیگری- که در سال ۱۳۸۹ توسط الفت، خسروانی و جلالی انجام گرفت- ریسک‌های پروژه در مطالعه موردی پروژه‌های ساخت تقاطع غیر هم سطح در استان بوشهر براساس استاندارد گستره دانش مدیریت پروژه شناسایی شدند، سپس روش‌های تحلیل سلسله مراتبی فازی و تاپسیس فازی برای اولویت‌بندی آنها استفاده شد [۱۲، صص ۱۴۷-۱۶۳]. برادران کاظم‌زاده و شریف موسوی در سال ۱۳۹۰ به ارائه یک متدولوژی ارزیابی ریسک فازی برای تعیین میزان ریسک زمانی پروژه و تخمین انحراف از برنامه زمان‌بندی پروژه پرداختند و مطالعه عملی این مدل روی بخشی از یک پروژه بهسازی خط مربوط به اداره کل خط و ابنیه راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران انجام شد [۱۳]. جعفرنژاد و یوسفی زنوز در سال ۱۳۸۷ ریسک‌های ممکن‌الوقوع در یک پروژه حفاری چاه نفت را شناسایی و سپس با رویکرد فازی به سنجش و رتبه‌بندی آنها پرداختند. مدل شناسایی و تحلیل مورد استفاده آنها مبتنی بر مدل استاندارد مدیریت پروژه بوده است [۱۴، صص ۲۱-۳۸]. در تحقیق جبل عاملی، رضایی‌فر و چائی بخش لنگرودی- که در سال ۱۳۸۶ انجام شد- روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چند شاخصه به عنوان رویکردی کمی به منظور امکان استفاده از آنها در مسئله رتبه‌بندی ریسک‌های پروژه مورد بررسی قرار گرفتند و روش‌های مناسب معرفی شدند. همچنین کاربرد این رویکرد را در رتبه‌بندی ریسک‌های یک پروژه واقعی صنعت انرژی ایران با استفاده از روش تاپسیس نشان دادند [۱۵، صص ۸۶۳-۸۷۱]. در تحقیقی که در سال ۱۳۹۰



توسط صیادی، حیاتی و آذر انجام شد، نخست ساختار جامعی از ریسک‌های اصلی پروژه‌های تونل‌سازی در قالب ۱۷ دسته اصلی و ۱۹۶ زیرسطح تهیه و سپس این ریسک‌ها در عملیات تونل‌سازی سد سیمره در جنوب غرب ایران با استفاده از روش تخصیص خطی رتبه‌بندی شدند. شاخص‌های رتبه‌بندی نیز در دو دسته اولیه و ثانویه تقسیم‌بندی شدند. شاخص‌های اولیه بر مبنای احتمال و میزان اثرگذاری ریسک‌ها بر اهداف اصلی پروژه (زمان، هزینه، کیفیت و عملکرد) با وزن‌های متفاوت تعیین شدند. دسته دوم شاخص‌ها نیز شامل آثار اجتماعی-اقتصادی، آثار زیست محیطی، نزدیکی زمان وقوع ریسک، میزان مواجهه با ریسک، عدم اطمینان تخمین و میزان مدیریت‌پذیری ریسک بودند. در نهایت عوامل اقتصادی، بیش‌ترین و شرایط حقوقی کم‌ترین رتبه ریسک را به خود اختصاص دادند [۱۶، صص ۲۸-۳۸].

جدول ۱ خلاصه‌ای از تحقیقات برای شناسایی و رتبه‌بندی ریسک پروژه‌ها

روش مورد استفاده	محققان- سال	زمینه پروژه- کشور	مشخصات
فرایند درجه‌بندی ریسک پروژه	[۶، صص ۱۳۹-۱۴۵]	پروژه‌های دیارتمان خدمات قرارداد و مدیریت- استرالیا	تجزیه و تحلیلی شبه کمی می‌باشد.
احتمال وقوع و نتیجه ریسک	[۷، صص ۲۸۶-۲۹۵]	فناوری اطلاعات - استرالیا	براساس مصاحبه با خبرگان شامل اطلاعات جامعه‌شناختی، رتبه‌بندی ریسک و راه‌حل آن انجام شد.
تحلیل عاملی	[۸، صص ۶۲۳-۶۴۳]	پروژه مترو - تایلند	فقط شناسایی و دسته‌بندی ریسک انجام گردید.
تاپسیس و لینمپ فازی	[۹، صص ۵۷۵-۵۸۶]	پروژه‌های ساخت، اجرا و انتقال نیروگاه برق - ایران	دو روش به کار رفته از چهار جهت: تفاوت و جدایی میان گزینه‌ها، خطای فازی در وزن‌های معیارها، برنامه‌ریزی پاسخ ریسک و تعدد گزینه‌ها به نسبت معیارها بررسی شدند. استفاده از لینمپ برای بررسی آثار متقابل ریسک‌ها امکان‌پذیر نیست.

ادامه جدول ۱

روش مورد استفاده	محققان- سال	زمینه پروژه- کشور	مشخصات
تجزیه و تحلیل خوشه‌ای	[۱۰، صص ۱۱۵-۱۲۵]	پروژه‌های نرم افزاری - آمریکا	فقط شناسایی و دسته‌بندی ریسک انجام شد و مطالعه‌ای گسترده شامل جمع‌آوری اطلاعات از ۵۰۷ مدیر پروژه بود.
فرایندی سه مرحله‌ای مبتنی بر ساختار شکست کار سازمانی	[۱۱، صص ۳-۱۲]	پروژه‌های نیروگاهی - ایران	فقط شناسایی و دسته‌بندی انجام شد. به سطوح مختلف ریسک در فاز شناسایی ریسک توجه ویژه شد.
برای شناسایی از PMBOK و برای رتبه‌بندی از AHP و تاپسیس فازی	[۱۲، صص ۱۴۷-۱۶۳]	پروژه‌های ساخت تقاطع غیرهم سطح در استان بوشهر- ایران	در مطالعه‌ای موردی شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌ها انجام شد.
متدولوژی ارزیابی ریسک فازی	[۱۳]	پروژه بهسازی خط اداره کل خط و ابنیه فنی راه‌آهن- ایران	میزان ریسک زمانی پروژه مشخص شد.
رویکرد فازی	[۱۴، صص ۲۱-۳۸]	پروژه حفاری چاه نفت- ایران	شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌ها انجام شد.
تاپسیس	[۱۵، صص ۸۶۳-۸۷۱]	پروژه صنعت انرژی - ایران	به مقایسه روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چند شاخصه برای رتبه‌بندی ریسک‌ها پرداخته است.
تخصیص خطی	[۱۶، صص ۲۸-۳۸]	پروژه تونل‌سازی سد سیمره - ایران	با کمک دو دسته شاخص اولیه و ثانویه، ریسک‌های شناسایی شده رتبه‌بندی گشتند.



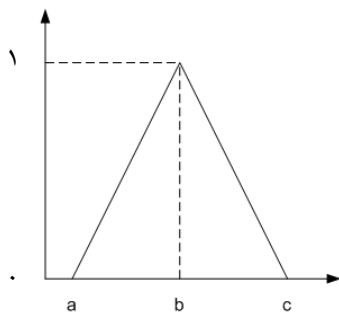
۳- روش‌شناسی تحقیق

روش تحقیق این پژوهش از نظر ماهیت توصیفی-تحلیلی و از نظر هدف توسعه‌ای-کاربردی است. این مطالعه تلاش می‌کند تا با استفاده از روش دیماتل فازی به این پرسش پاسخ دهد که مهم‌ترین دسته‌های ریسک در پروژه‌ها بنا بر ساختار شکست ریسک ویرایش چهارم راهنمای گستره دانش مدیریت پروژه کدام‌اند. همچنین داده‌های مورد نیاز تحقیق از ۷ نفر از خبرگان دارای تجربه و دانش کافی در زمینه مدیریت پروژه در سطح ایران به صورت نظرخواهی و از طریق پرسشنامه گردآوری شده است.

۳-۱- نظریه مجموعه‌های فازی

در مسائل تصمیم‌گیری، ارزیابی‌های انجام شده توسط متخصصان به صورت عبارات کلامی منطبق بر تجارب آنها می‌باشند. این ارزیابی‌های زبانی، مبهم و تجزیه و تحلیل آنها دشوار است. از این رو نظریه مجموعه‌های فازی می‌تواند برای اندازه‌گیری مفاهیم گنگ و مبهم که در ارتباط با قضاوت‌های ذهنی انسان هستند، به کار برده شود. یک مجموعه فازی، مجموعه‌ای از اعضا با درجه‌های عضویت می‌باشد. یک تابع عضویت عددی حقیقی از بازه $[0, 1]$ می‌باشد. در میان انواع شکل‌های عدد فازی، عدد فازی مثلثی^{۱۰} متداول‌ترین است. یک عدد فازی مثلثی می‌تواند به شکل (a, b, c) که $a \leq b \leq c$ است، تعریف شود. پارامترهای a ، b و c به ترتیب کوچک‌ترین مقدار ممکن، مقدار متوسط ممکن و بزرگ‌ترین مقدار ممکن هستند که یک رویداد فازی را توصیف می‌کنند. تابع عضویت یک عدد فازی به صورت رابطه ۱ تعریف می‌شود [۱۷، صص ۳۳۸-۳۵۳؛ ۱۸، صص ۲۴۹-۲۹۱؛ ۱۹] (شکل ۲).

$$f_A(x) = \begin{cases} 0 & x < a, x > c \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (1)$$



شکل ۲ تابع عضویت عدد فازی مثلثی A

دیفازی کردن^{۱۶} اشاره به انتخاب یک عنصر قطعی خاص بر مبنای خروجی مجموعه فازی دارد، به این معنا که عدد فازی را به عددی قطعی تبدیل می‌کند. روش CFCS^{۱۷} که در این مطالعه از آن برای دیفازی نمودن استفاده می‌شود، از سه گام تشکیل یافته است. فازی k که $k = 1, 2, \dots, K$ است، نشان می‌دهد. گام‌های روش CFCS در زیر نشان داده شده است [۲۰، صص ۶۳۵-۶۵۲]:

۱. نرمال کردن

$$xa_{ij}^k = \left(a_{ij}^k - \min_j a_{ij}^k \right) / \Delta_{\min}^{\max} \quad (۲)$$

$$xa_{vij}^k = \left(a_{vij}^k - \min_j a_{ij}^k \right) / \Delta_{\min}^{\max} \quad (۳)$$

$$xa_{\bar{v}ij}^k = \left(a_{\bar{v}ij}^k - \min_j a_{ij}^k \right) / \Delta_{\min}^{\max} \quad (۴)$$

$$\Delta_{\min}^{\max} = \max_j a_{3ij}^k - \min_j a_{1ij}^k \quad (۵)$$

۲. تعیین مقادیر قطعی نرمال راست (rs)، نرمال چپ (ls) و نرمال کل

$$xls_{ij}^k = xa_{ij}^k / \left(1 + xa_{vij}^k - xa_{ij}^k \right) \quad (۶)$$

$$xrs_{ij}^k = xa_{\bar{v}ij}^k / \left(1 + xa_{\bar{v}ij}^k - xa_{ij}^k \right) \quad (۷)$$



$$x_{ij}^k = [xls_{ij}^k(1 - xls_{ij}^k) + xrs_{ij}^k \times xrs_{ij}^k] / (1 - xls_{ij}^k + xrs_{ij}^k) \quad (8)$$

۳. محاسبه مقادیر قطعی نرمال نهایی و مقادیر قطعی برآیند K پاسخ‌دهنده

$$\tilde{w}_{ij}^k = \min_j a_{ij}^k + x_{ij}^k \Delta_{\min}^{\max} \quad (9)$$

$$\tilde{w}_{ij}^k = (\tilde{w}_{ij}^1 + \tilde{w}_{ij}^2 + \dots + \tilde{w}_{ij}^k) / K \quad (10)$$

۳-۲- روش دیماتل

دیماتل روشی است برای ایجاد مدل‌های ساختاری میان عوامل پیچیده که سیستم مورد مطالعه را به صورت مجموعه‌ای از عوامل در نظر می‌گیرد و دارای روابط متقابل می‌باشند. این روابط قابل ارزیابی هستند. دیماتل تمامی عوامل را با کمک مقادیر تأثیر بین آنها به دو گروه علت و معلول تقسیم می‌کند. این تقسیم‌بندی به درک بهتری از عناصر سیستم و در نتیجه یافتن راه‌حل‌هایی برای حل مشکلات سیستم‌های پیچیده منتهی می‌شود [۲۱: ۲۲؛ ۲۳، صص ۴۳-۵۸؛ ۲۴، صص ۵۶۳-۵۷۲]. گام‌های روش دیماتل در ادامه توضیح داده شده‌اند [۲۵]:

۳-۲-۱- ایجاد ماتریس رابطه مستقیم^{۱۸}

گروه متخصصان مقایسه‌های زوجی بین معیارها را انجام می‌دهند، در نتیجه ماتریس رابطه مستقیم A - که ماتریسی $n \times n$ (تعداد معیارها است) می‌باشد- ایجاد می‌شود و a_{ij} (هر عنصر ماتریس A) عددی است که نشان‌دهنده مقدار اثر معیار i بر معیار j می‌باشد.

۳-۲-۲- نرمال کردن ماتریس رابطه مستقیم

ماتریس نرمال روابط اولیه می‌تواند به وسیله روابط ۱۱ و ۱۲ محاسبه شود.

$$X = k \times A \quad (11)$$

$$k = \frac{1}{\max_{j=1}^n \sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad 1 \leq i \leq n \quad (12)$$

۳-۲-۳- به دست آوردن ماتریس رابطه کلی^{۱۹}

ماتریس رابطه کلی (T) می‌تواند به وسیله رابطه ۱۳ محاسبه شود. I نیز ماتریس یگه می‌باشد.

$$T = X(I - X)^{-1} \quad (۱۳)$$

۳-۲-۴- ایجاد نمودار علت و معلول^{۲۰}

مجموع ردیف‌ها، D و مجموع ستون‌ها، R از ماتریس T با استفاده از روابط ۱۴ تا ۱۶ محاسبه می‌شود.

$$T = [t_{ij}]_{n \times n} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (۱۴)$$

$$R = \left[\sum_{i=1}^n t_{ij} \right]_{1 \times n} = [t_{.j}]_{1 \times n} \quad (۱۵)$$

$$D = \left[\sum_{j=1}^n t_{ij} \right]_{n \times 1} = [t_{i.}]_{n \times 1} \quad (۱۶)$$

بردار محور افقی نمودار علت و معلول یعنی $(D+R)$ بردار برتری^{۲۱} نامیده می‌شود که نشان‌دهنده اهمیت نسبی هر معیار است. محور عمودی، یعنی $(D-R)$ بردار رابطه^{۲۲} نام دارد که به طور کلی اگر مقدار آن مثبت باشد، معیار متناظر آن متعلق به گروه علت است و در صورت منفی بودن، معیار متناظر عضوی از گروه معلول می‌باشد.

۳-۲-۵- به دست آوردن ماتریس وابستگی داخلی

در این گام، مجموع هر ستون در ماتریس رابطه کلی به وسیله روش نرمال‌سازی برابر ۱ می‌شود و سپس ماتریس وابستگی داخلی می‌تواند نتیجه گردد.

۳-۳- روش دیماتل فازی پیشنهادی

۳-۳-۱- گام ۱: شناسایی گروه خبرگان

گروه خبرگان شامل ۷ نفر از متخصصان دارای دانش و تجربه کافی در زمینه مدیریت پروژه در



پروژه‌های مختلف سطح کشور می‌باشد که از آنها خواسته شده است تا نظر خود را با پرکردن پرسشنامه‌های مربوط به آن در مورد روابط بین دسته‌های ریسک پروژه اعلام دارند.

۳-۳-۲- گام ۲: تعیین دسته‌های اصلی ریسک پروژه

در شکل ۱ ساختار شکست ریسک پروژه بنا بر ویرایش چهارم راهنمای گسترده دانش مدیریت پروژه ارائه شده است که دسته‌های اصلی ریسک و زیردسته‌های آنها معین شده است.

۳-۳-۳- گام ۳: تعیین روابط بین دسته‌های ریسک

از اعضای تیم خبرگان خواسته شده است تا به ارزیابی روابط متقابل بین دسته‌های ریسک با استفاده از یک مقیاس رتبه‌بندی زبانی ۵ تایی که در جدول ۲ مشخص شده است، بپردازند که هر عدد نشان‌دهنده میزان تأثیر هر دسته ریسک بر دسته دیگر است (یعنی، $=0$ بدون تأثیر، $=1$ تأثیر خیلی کم، $=2$ تأثیر کم، $=3$ تأثیر زیاد و $=4$ تأثیر خیلی زیاد).

۳-۳-۴- گام ۴: جایگزینی اطلاعات زبانی با اعداد فازی

ما از اعداد فازی مثلثی- همان طور که در جدول ۲ مشخص شده است- برای جایگزینی امتیازهای داده شده اطلاعات زبانی در ماتریس رابطه مستقیم استفاده می‌کنیم. سپس با استفاده از روابط ۲ تا ۱۰ این اعداد فازی را به اعداد قطعی تبدیل می‌کنیم و ماتریس قطعی شده حاصل را برای استفاده از روش دیماتل به کار می‌بریم.

۳-۳-۵- گام ۵: ترسیم نمودار علّت و معلول

ماتریس رابطه مستقیم اولیه نرمال شده به وسیله رابطه‌های ۱۱ و ۱۲ حاصل می‌شود. سپس با استفاده از رابطه ۱۳ ماتریس رابطه کلی به دست می‌آید. بردارهای رابطه و برتری برای گروه‌های علّت و معلول نیز با استفاده از روابط ۱۴ تا ۱۶ قابل محاسبه هستند. تمامی محاسبه‌های بالا در نرم‌افزار متلب^{۳۳} انجام گرفته است. مقادیر منفی ($D-R$) نشانگر تعلق ریسک به گروه معلول و

مقادیر مثبت ($D-R$) نشانگر علت بودن ریسک دارد. نمودار علت و معلول می‌تواند بینشی ارزشمند در مورد درک کل سیستم و تشخیص دسته ریسک‌های مهم در اختیار ما قرار دهد. دسته ریسک‌های متعلق به گروه معلول تمایل به تأثیرپذیری از دیگر دسته ریسک‌ها دارند و دسته ریسک‌های گروه علت، ریسک‌های مهمی هستند که می‌توانند بر موفقیت کل پروژه تأثیر به‌سزایی داشته باشند و باید مورد توجه ویژه قرار بگیرند و بیشتر تأثیرگذار هستند تا تأثیرپذیر.

جدول ۲ مقیاس ارزیابی فازی

متغیر زبانی	امتیاز تأثیر	اعداد فازی مثلثی
بدون تأثیر	۰	(۰، ۰/۱، ۰/۳)
تأثیر خیلی کم	۱	(۰/۱، ۰/۳، ۰/۵)
تأثیر کم	۲	(۰/۳، ۰/۵، ۰/۷)
تأثیر زیاد	۳	(۰/۵، ۰/۷، ۰/۹)
تأثیر خیلی زیاد	۴	(۰/۷، ۰/۹، ۱)

۴- نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها

ماتریس رابط کلی برای ریسک‌های پروژه در جدول ۳ و نمودار علت و معلول آن در شکل ۳ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود دسته ریسک‌های «فنی» و «بیرونی» به دلیل مثبت بودن ($D-R$) جزء گروه علت هستند و ریسک‌های «سازمانی» و «مدیریت پروژه» جزء گروه معلول به حساب می‌آیند. از لحاظ اهمیت نسبی نیز دسته ریسک «مدیریت پروژه» دارای بیش‌ترین مقدار ($D+R$) می‌باشد. برای تعیین مهم‌ترین دسته ریسک‌های پروژه باید به ($D-R$) و ($D+R$) با هم توجه کرد. از این رو ترتیب زیر حاصل می‌شود:

سازمانی > مدیریت پروژه > فنی > بیرونی



جدول ۳ ماتریس رابطه کلی برای ریسک‌های پروژه

<i>D-R</i>	<i>D+R</i>	مدیریت پروژه	سازمانی	بیرونی	فنی	
۰/۲۷۹۶	۳۵/۸۷۸۸	۴/۹۷۷۱	۴/۷۲۳۳	۴/۰۵۴۸	۴/۳۲۴۰	فنی
۲/۸۵۴۶	۳۴/۷۹۲۵	۵/۱۵۴۱	۴/۹۲۳۱	۴/۰۴۲۱	۴/۷۰۴۳	بیرونی
-۱/۵۰۷۶	۳۵/۹۰۹۷	۴/۷۳۹۷	۴/۳۲۵۳	۳/۸۵۸۲	۴/۲۷۷۸	سازمانی
-۱/۶۲۶۷	۳۷/۵۷۳۳	۴/۷۲۹۱	۴/۷۳۶۹	۴/۰۱۳۸	۴/۴۹۳۴	مدیریت پروژه

ماتریس رابطه کلی برای دسته ریسک‌های «فنی» نیز در جدول ۴ به همراه مقادیر (*D+R*) و (*D-R*) آمده است. همان طور که ملاحظه می‌شود ریسک‌های مرتبط با «فناوری» مهم‌ترین ریسک در دسته ریسک‌های «فنی» شناسایی شده است، زیرا هم از لحاظ بردار برتری و هم بردار رابطه رتبه اول را دارد. ریسک‌های مرتبط با «پیچیدگی» و «عملکردها و قابلیت اطمینان» جزء گروه معلول هستند؛ یعنی از دسته ریسک‌های دیگر تأثیر می‌پذیرند و ریسک‌های مرتبط با «نیازمندی‌ها» و «کیفیت» علاوه بر «فناوری» جزء گروه علت هستند و باید مورد توجه بیشتر قرار گیرند. به طور کلی ترتیب زیر را داریم:

پیچیدگی > عملکردها و قابلیت اطمینان > نیازمندی‌ها > کیفیت > فناوری

جدول ۴ ماتریس رابطه کلی برای ریسک‌های فنی

<i>D-R</i>	<i>D+R</i>	عملکردها و		نیازمندی‌ها	فناوری	پیچیدگی	کیفیت
		قابلیت اطمینان	کیفیت				
۰/۱۷۶۶	۲۱/۴۹۵۰	۲/۳۱۰۴	۲/۳۰۷۶	۱/۹۹۸۲	۲/۲۵۳۳	۱/۹۶۶۳	نیازمندی‌ها
۰/۴۸۳۶	۲۳/۵۴۲۳	۲/۵۵۹۸	۲/۵۵۸۳	۲/۲۱۸۳	۲/۳۵۰۶	۲/۳۲۵۹	فناوری
-۰/۱۲۳۱	۲۰/۱۳۶۷	۲/۰۹۴۲	۲/۱۳۷۸	۱/۷۳۰۶	۲/۱۱۲۲	۱/۹۳۲۰	پیچیدگی
-۰/۶۴۵۳	۲۲/۷۹۴۹	۲/۳۶۴۶	۲/۲۰۵۲	۲/۰۳۹۳	۲/۳۲۷۱	۲/۱۳۸۷	عملکردها و قابلیت اطمینان
۰/۱۰۸۲	۲۳/۴۲۹۴	۲/۳۳۱۷	۲/۵۱۱۲	۲/۱۴۳۶	۲/۴۸۶۱	۲/۲۹۶۳	کیفیت

ماتریس رابطه کلی برای دسته ریسک‌های «بیرونی» در جدول ۵ نشان داده شده است. در دسته ریسک‌های «بیرونی» تنها دسته ریسک «قوانین» و «آب و هوا» جزء گروه علت و تأثیرگذار بر بقیه ریسک‌ها قلمداد و بقیه دسته‌ها جزء گروه معلول شناسایی شدند. به طور کلی ترتیب مقابل مناسب به نظر می‌رسد: مشتری > بازار > تأمین‌کنندگان > آب و هوا > قوانین

جدول ۶ نشان‌دهنده ماتریس رابطه کلی برای دسته ریسک‌های «سازمانی» می‌باشد. در این دسته از ریسک‌ها، «وابستگی‌های پروژه» رتبه اول را به خود اختصاص می‌دهد چون هم از لحاظ مقدار ($D+R$) و هم ($D-R$) امتیاز بالایی کسب کرده است. دسته ریسک‌های «بودجه»، «منابع» و «اولویت‌بندی» همگی جزء گروه معلول بوده و به ترتیب رتبه‌های بعدی را در اختیار دارند.

جدول ۵ ماتریس رابطه کلی برای ریسک‌های بیرونی

$D-R$	$D+R$	آب و هوا	مشتری	بازار	قوانین	تأمین کنندگان	
-۱/۱۰۶۷	۲۳/۷۰۰۸	۱/۸۱۰۰	۲/۳۲۰۹	۲/۰۳۲۷	۲/۱۲۹۴	۲/۰۰۴۰	تأمین‌کنندگان
-۰/۸۰۹۲	۲۰/۱۶۰۹	۱/۶۳۰۴	۲/۱۶۰۰	۲/۳۴۱۵	۱/۸۲۵۰	۲/۰۳۰۶	قوانین
-۰/۱۰۴۶	۲۳/۲۳۰۴	۱/۸۳۱۶	۲/۴۲۷۱	۲/۴۰۵۰	۲/۱۲۵۸	۲/۷۴۸۲	بازار
-۰/۴۱۷۷	۲۱/۲۶۹۰	۱/۶۵۴۵	۲/۰۲۳۰	۲/۳۶۴۳	۱/۹۲۰۴	۲/۴۶۳۴	مشتری
-۰/۹۱۹۹	۱۷/۰۴۸۷	۱/۳۸۷۹	۱/۹۱۲۳	۲/۰۴۹۰	۱/۶۷۷۶	۲/۲۰۷۵	آب و هوا

جدول ۶ ماتریس رابطه کلی برای ریسک‌های سازمانی

$D-R$	$D+R$	اولویت‌بندی	بودجه	منابع	وابستگی‌های پروژه	
-۰/۹۱۱۷	۳۹/۱۹۲۷	۴/۸۴۳۷	۵/۲۳۲۸	۵/۱۴۰۹	۴/۸۳۴۸	وابستگی‌های پروژه
-۰/۰۴۵۵	۳۸/۴۶۶۴	۴/۰۹۱۷	۴/۹۳۵۰	۴/۶۶۰۳	۴/۷۷۳۵	منابع
-۰/۱۰۵۴	۳۹/۴۸۸۳	۴/۷۶۱۳	۴/۹۰۹۵	۵/۰۴۶۲	۴/۹۴۹۵	بودجه
-۰/۲۱۰۸	۳۶/۶۳۰۹	۴/۲۳۰۷	۴/۷۴۴۵	۴/۶۵۸۶	۴/۰۸۲۷	اولویت‌بندی

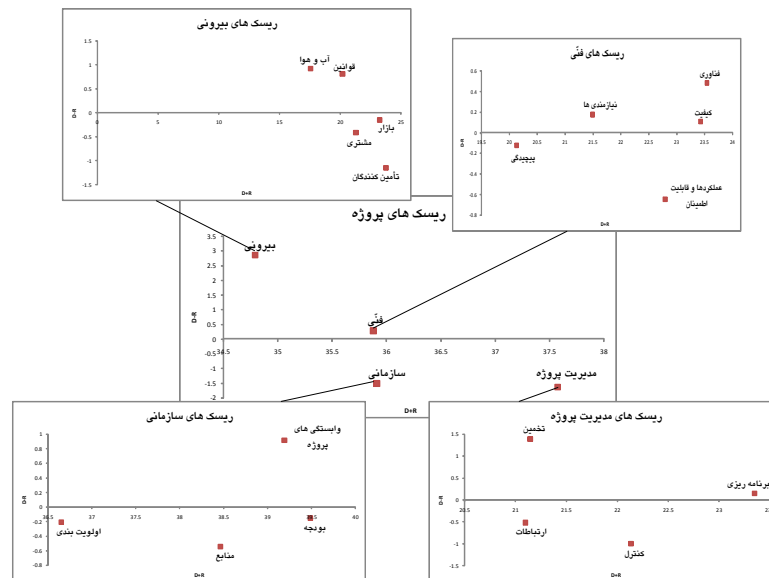


جدول ۷ ماتریس رابطه کلی برای ریسک‌های مدیریت پروژه

$D-R$	$D+R$	ارتباطات	کنترل	برنامه‌ریزی	تخمین	
۱/۳۸۰۱	۲۱/۱۴۴۰	۲/۸۰۷۶	۳/۰۰۴۳	۳/۰۴۰۶	۲/۴۰۹۶	تخمین
-۰/۱۴۳۹	۲۳/۳۴۷۷	۲/۹۴۰۷	۳/۱۶۵۴	۲/۹۳۹۳	۲/۷۰۰۴	برنامه‌ریزی
-۱/۰۰۰۹	۲۲/۱۳۲۸	۲/۶۵۴۸	۲/۶۴۱۹	۲/۸۵۳۲	۲/۴۱۶۱	کنترل
-۰/۵۲۳۱	۲۱/۰۹۸۲	۲/۴۰۷۵	۲/۷۵۵۳	۲/۷۶۸۸	۲/۳۵۵۹	ارتباطات

در دسته ریسک‌های «مدیریت پروژه»- همان طور که در جدول ۷ مشاهده می‌شود- ریسک‌های «تخمین» و «برنامه‌ریزی» جزء گروه علت هستند و ریسک‌های «کنترل» و «ارتباطات» به دلیل منفی بودن ($D-R$) به گروه معلول تعلق دارند. به طور کلی این رتبه‌بندی برای آنها مناسب به نظر می‌رسد:

ارتباطات > کنترل > برنامه‌ریزی > تخمین



شکل ۳ نمودارهای علت و معلول

با توجه به اینکه ریسک‌های «بیرونی» به عنوان مهم‌ترین و تأثیرگذارترین ریسک‌ها شناسایی شدند و از میان آنها «قوانین» در رتبه اول جای دارد، پس می‌توان این گونه نتیجه گرفت که قوانین مختلف تنظیمی نقش به‌سزایی در ایجاد ریسک برای پروژه‌ها دارند و باید مورد توجه قرار گیرند. با توجه به قرار داشتن ریسک‌های «فنی»، «مدیریت پروژه» و «سازمانی» در رتبه‌های بعدی، ترتیب زیر را برای مهم‌ترین دسته‌های ریسک پروژه داریم:

وابستگی‌های پروژه > تخمین > فناوری > قوانین

۵- نتیجه‌گیری

در مدیریت ریسک پروژه، نیاز به تعیین مهم‌ترین ریسک‌های پروژه وجود دارد، زیرا به دلیل پیچیدگی‌های فراوان در پروژه‌های امروزی این امر برای اجرای موفقیت‌آمیز پروژه‌ها ضروری است. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده شد در پژوهش‌های گذشته به وابستگی متقابل بین ریسک‌ها پرداخته نشده بود و نیز ریسک‌ها در پروژه‌های خاص یا نوع خاصی از پروژه‌ها شناسایی و یا گاهی اوقات رتبه‌بندی نیز شده بودند. به منظور رفع این دو ضعف از روش دیماتل در محیط فازی استفاده کردیم تا ضمن لحاظ کردن روابط متقابل میان دسته‌های ریسک مختلف بنا بر ویرایش چهارم راهنمای گسترده دانش مدیریت پروژه با استفاده از نظریه مجموعه‌های فازی نظرات ذهنی قضاوت‌های خبرگان را نیز لحاظ کنیم. این روش بر مبنای در نظر گرفتن روابط و وابستگی‌های میان ریسک‌ها در محیط فازی، به رتبه‌بندی می‌پردازد. به عبارت دیگر در این پژوهش در پی تعیین مهم‌ترین ریسک‌ها در چارچوب ویرایش چهارم راهنمای گسترده دانش مدیریت پروژه بودیم که قابلیت تعمیم به تمامی مواردی را که در تعریف پروژه می‌گنجند، دارد نه مهم‌ترین ریسک‌ها در پروژه‌هایی خاص چرا که به این ترتیب می‌توان متوجه شد که پروژه‌های سطح کشور بیشتر در معرض کدام دسته از ریسک‌ها براساس ویرایش چهارم راهنمای گسترده دانش مدیریت پروژه هستند. به این منظور از نظرات هفت متخصص که در زمینه اجرای پروژه در سطح کشور صاحب نظر بودند، استفاده شد. قابل ذکر است که سعی شد متخصصان دارای تنوع تجربه باشند و از آن جایی که ریسک‌های ویرایش چهارم راهنمای گسترده دانش مدیریت پروژه برای تمامی آنها و تمامی مواردی که در تعریف پروژه می‌گنجند، وجود دارد و منحصر به پروژه‌های



خاص نیست، نتایج نظرات قابل تجمیع است. نتایج بررسی در پروژه‌های سطح کشور نشان می‌دهد که دسته‌های ریسک «بیرونی»، «فنی»، «مدیریت پروژه» و «سازمانی» به ترتیب اولویت قرار دارند و در مهم‌ترین دسته ریسک شناسایی شده، یعنی ریسک‌های «بیرونی» ریسک‌های متأثر از قوانین مختلف تنظیمی که خارج از محدوده کنترلی سازمان مجری پروژه می‌باشد، قرار دارند. در دسته ریسک‌های «فنی»، ریسک‌های مرتبط به «فناوری»، در دسته ریسک‌های «مدیریت پروژه»، ریسک‌های مرتبط به «تخمین» یا پیش‌بینی و در دسته ریسک‌های «سازمانی»، ریسک‌های مرتبط به «وابستگی‌های پروژه» در رتبه اول اهمیت قرار دارند. با اطلاع از موارد بالا، مدیران پروژه می‌توانند تمرکز خود را به ترتیب بر ریسک‌های مرتبط با قوانین تنظیمی (البته چندان در کنترل مدیر پروژه قرار ندارد)، فناوری مورد استفاده در پروژه، تخمین یا پیش‌بینی زمان، هزینه و منابع و در نهایت وابستگی‌های پروژه معطوف دارند و درصدد کنترل آنها تا حد ممکن برآیند.

در تحقیقات آینده می‌توان برای دستیابی به نتایج قابل استنادتر، تعداد متخصصان خبره نظردهنده را افزایش داد و همچنین برای لحاظ کردن عدم اطمینان و ابهام نظرهای ذهنی خبرگان، از نظریه‌های دیگری نظیر تئوری خاکستری، نظریه مجموعه‌های فازی نوع ۲، نظریه مجموعه‌های فازی شهودی بهره برد و نتایج را با یکدیگر مقایسه کرد.

۶- پی‌نوشت‌ها

1. Project Management Body of Knowledge Guide (PMBOK Guide)
2. DEMATEL (Decision making Trial and Evaluation Laboratory)
3. Project Management Institute (PMI)
4. Risk Breakdown Structure (RBS)
5. Baccarini and Archer, 2001
6. Project Risk Rating (PRR)
7. Department of Contract and Management Services (CAMS)
8. Baccarini, Salm and Love, 2004
9. Ghosh and Jinatanapakanont, 2004
10. Ebrahimnejad, Mousavi and Seyrafiانpour, 2010
11. Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (FTOPSIS)
12. Fuzzy Linear Programming Technique for Multidimensional Analysis of Preference (FLINMAP)

13. Build-Operate-Transfer (BOT)
14. Wallace, Keil and Rai, 2004
15. Triangular Fuzzy Number (TFN)
16. Defuzzification
17. Converting Fuzzy data into Crisp Scores (CFCS)
18. Direct relation matrix
19. Total relation matrix
20. The causal diagram
21. Prominence
22. Relation
23. MATLAB

۷- منابع

- [1] Wideman R.M.; Project and program risk management: A guide to managing risks and opportunities; Project Management Institute, Pennsylvania, PA, 1992.
- [2] Carter B., Hancock T., Morin J., Robins N.; *Introducing Riskman: The European Project Risk Management Methodology*, NCC Blackwell, Oxford. 1993.
- [3] Chapman R. J.; "Effectiveness of working group risk identification and assessment techniques"; *International Journal of Project Management*, Vol. 16, 1998.
- [4] Avazkhah H., Mohebbi A.H.; *Project Risk Management*; 1st Ed. Tehran: Kiyan Rayaneh Sabz, 2010 [In Persian].
- [5] Project Management Institute; *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK Guide)*; 4th Ed. Pennsylvania: Project Management Institute, Inc., 2008.
- [6] Baccarini D., Archer R.; "The risk ranking of projects: A methodology"; *International Journal of Project Management*, Vol. 19, 2001.
- [7] Baccarini D., Salm G. , Love P.E.D.; "Management of risks in information technology projects"; *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 104, 2004.
- [8] Ghosh S., Jinatanapakanont J.; "Identifying and assessing the critical risk



- factors in an underground rail project in Thailand: A factor analysis approach"; *International Journal of Project Management*, Vol. 22, 2004.
- [9] Ebrahimnejad S., Mousavi S.M., Seyrafiانpour H.; "Risk identification and assessment for build-operate-transfer projects: A fuzzy multi attribute decision making model"; *Expert Systems with Applications*, Vol. 37, 2010.
- [10] Wallace L., Keil M., Rai A.; "Understanding software project risk: A cluster analysis"; *Journal of Information & Management*, Vol. 42, 2004.
- [11] Asgharizadeh E., Mehregan M.R., Saeidi A.; "Identifying and classifying the critical risk factors in a power plant project in Iran"; *Journal of Financial Research*, Vol. 9, No. 2, 2008 [In Persian].
- [12] Olfat L., Khosravani F., Jalali R.; "Identification and ranking of project risk based on the PMBOK standard by fuzzy approach"; *Journal of Industrial Management Studies*, Vol. 8, No. 19, 2010 [In Persian].
- [13] Kazemzadeh R., Sharif Mousavi S.M.; "Developing a fuzzy risk assessment model to assess the schedule risks in construction projects (Case: Track renewal project in Iran railway administration)"; *Management Research in Iran*, Vol. 15, No. 1, 2011 [In Persian].
- [14] Jafarnejad A., Yousefi Zenouz R.; "A fuzzy model of ranking risks at the Petropars company's excavation of oil well projects"; *Journal of Industrial Management*, Vol. 1, No. 1, 2009 [In Persian].
- [15] Jabal Ameli M.S., Rezaeifar A., Chaeibakhsh Langeroodi A.; "Ranking project risks using MADM methodologies"; *Journal of the College of Engineering*, Vol. 41, No. 10, 2008 [In Persian].
- [16] Sayadi A., Hayati M., Azar A.; "Assessment and ranking of risks in tunneling projects using linear assignment technique"; *International Journal of Industrial Engineering and Production Management*, Vol. 22, No. 1, 2011 [In Persian].
- [17] Zadeh L.A.; "Fuzzy sets"; *Information and Control*, Vol. 8, 1965.
- [18] Zadeh L.A.; "A fuzzy algorithmic approach to the definition of complex or

- imprecise concepts"; *International Journal of Man-Machine Studies*, Vol. 8, 1976.
- [19] Zimmermann H.J.; Fuzzy set theory and its applications; 4th Ed. Boston: Academic Publishers, 2001.
- [20] Opricovic S., Tzeng G.H.; "Defuzzification within a multicriteria decision model"; *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, Vol. 11, 2003.
- [21] Gabus A., Fontela E.; World Problems: An invitation to further thought within the framework of DEMATEL; Battelle Geneva Research Centre, Switzerland, Geneva, 1972.
- [22] Gabus A., Fontela E.; Perceptions of the world problematic: Communication procedure, communicating with those bearing collective responsibility (DEMATEL report No. 1); Battelle Geneva Research Centre, Switzerland Geneva, 1973.
- [23] Herrera F., Herrera-Viedma E., Martinez L.; "A fusion approach for managing multi-granularity linguistic term sets in decision making"; *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 114, 2000.
- [24] Wang R., Chuu S.; "Group decision-making using a fuzzy linguistic approach for evaluating the flexibility in a manufacturing system"; *European Journal of Operational Research*, Vol. 154, 2004.
- [25] Fontela E., Gabus A.; The DEMATEL observer : DEMATEL's 1976 Report, Switzerland, Geneva, Battelle Geneva Research Center, 1976.

