نشریه عمران و پروژه
Civil & Project Journal(CPJ)

رتبه بندی ریسک های پروژه خطوط انتقال آب با استفاده از فرآیند تصمیم گیری فازی

مصطفی پورحسین زکریایی [1*]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی عمران-مدیریت ساخت، دانشگاه پیام نور کرج، ایران

پست الکترونیکی:

m.pourhosein@yahoo.com

تاریخ دریافت مقاله:۱۳۹۸/۰۶/۰۱، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۶۰/۲۶

چکیده

مدیریت ریسک ، بخش جدا نشدنی در موفقیت یک پروژه است و فرآیندی محسوب می‌گردد که به شناسایی زود هنگام مشکلات احتمالی و در نتیجه انجام اقدامات لازم جهت جلوگیری از تبدیل آن ها به مشکلات و مسائل واقعی در آینده پروژه کمک می‌کند. رتبه بندی ریسک معمولا با رویکر های مختلفی از جمله رویکرد های کیفی و یا کمی انجام می‌پذیرد. در این مقاله روش‌های تصمیم گیری چند شاخصه به عنوان رویکرد کمی به منظور اولویت بندی ریسک‌های شناسایی شده در پروژه به کار گرفته شده است. انتخاب روش های تصمیم گیری چند معیاره، مستلزم اشراف کامل بر شرایط و ویژگی های مساله است، در غیر این صورت حصول نتایج اشتباه دور از انتظار نخواهد بود. در انتها پس از بررسی شرایط مساله، روش تصمیم گیری چند شاخصه برای رتبه بندی ریسک های پروژه در حالت فازی معرفی شده و کاربرد این رویکرد در صنعت خطوط انتقال آب با استفاده از روش تاپسیس فازی به عنوان مطالعه موردی پروژه طرح گرمسیری- قطعه۲ مورد بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: مدیریت ریسک، منطق فازی، رتبه بندی ریسک، روش فازی

۱- مقدمه

مدیران بخش های صنعتی و عمرانی در حوزه های مختلفی با مسائل تصمیم گیری رو به رو هستند. بطور کلی هر زمان با فعالیت هایی از قبیل شناسایی، ارزیابی، دسته بندی و اولویت بندی روبه رو شود، یک مساله تصمیم گیری در حال شکل گرفتن است. مدیریت پروژه که یکی از اجزای جدایی ناپذیر آن مدیریت ریسک می‌باشد، برای تهیه و تدوین برنامه مناسب برای هدایت پروژه، موظف به شنایی، ارزیابی، دسته بندی و در نهایت اولویت بندی انواع ریسک های احتمالی در هر پروژه می‌باشد. هدف از ارزیابی ریسک، شناسایی و اندازه گیری انواع ریسک ها بر اساس شاخص های مختلف از قبیل *احتمال وقوع* و *میزان اثر گذاری* هر یک از آن ها بر روند پروژه می‌باشد. رتبه بندی ریسک از این نظر حائز اهمیت است که پس از اعلام نتایج اولویت بندی، میزان اهمیت و ارجحیت هر یک از ریسک ها مشخص شده و بر این اساس تصمیم گیرنده می تواند برای مواجهه با هر یک از ریسک ها، به منظور ارائه واکنش مناسب در زمان وقوع، برنامه ریزی نماید.

رتبه بندی ریسک های پروژه می تواند از طرق مختلفی صورت پذیرد، یکی از ساده ترین و متداول ترین نوع رتبه بندی، مرتب کردن بر اساس حاصل ضرب مقادیر "احتمال وقوع" و "اثرگذاری" می‌باشد. که به این روش در واقع روش سنتی، اتلاق می‌گردد. در این مقاله از روش تصمیم گیری چند شاخصه فازی برای رتبه بندی با رویکرد کمی استفاده شده است.

در نظر گرفتن شرایط مساله برای انتخاب روش مناسب بسیار ضروری می باشد چرا که هر یک از روش های تصمیم گیری چند شاخصه دارای ویژگی ها و یا محدودیت هایی هستند که نمی توان آن ها را در هر مساله ای به کار گرفت. از این رو معیار هایی همچون کمی یا کیفی بودن شاخص ها، مثبت یا منفی بودن اثر هر شاخص، نیاز به دانستن نظرات تصمیم گیرنده و .... اشاره کرد [۱]. عمدتا روش های تصمیم گیری با توجه به روند محاسباتی قانونمند و قابل تحلیل شان، می توانند ضامن دقت و افزایش درجه اعتبار تصمیم اتخاذ شده باشند و تصمیم گیرنده می تواند با استناد به این روش ها از درستی تصمیم خود اطمینان حاصل نماید.

۲-شناسایی، ارزیابی و رتبه بندی ریسک

ریسک ها در پروژه، رویدادها یا وضعیت‌های ممکن الوقوعی هستند که در صورت وقوع، به صورت پیامدهای منفی یا مثبت بر اهداف پروژه مؤثر می‌باشد. هر یک از این رویدادها یا وضعیت ها، دارای علل مشخص و نتایج و پیامدهای قابل تشخیص هستند. پیامدهای این رویدادها مستقیماً در **زمان**، **هزینه** و **کیفیت پروژه** مؤثر می باشد. بنابراین شناسایی ریسک و تعیین میزان پیامدهای مثبت و منفی آن بر اهداف پروژه از اهمیت خاصی برخوردار است.

مدیریت ریسک عبارت از فرآیند مستندسازی تصمیمات نهایی اتخاذ شده و شناسایی و به‌کارگیری معیارهایی است که می‌توان از آنها جهت رساندن ریسک تا سطحی قابل قبول استفاده نمود[۲]. فرآیند ارزیابی ریسک[۱] اولین فاز از مجموعه فعالیت های مدیریت ریسک است که مراحل شناسایی ریسک، تحلیل و بررسی ابعاد ریسک، واکنش قابل قبول در برابر ریسک، نظارت و کنترل بر ریسک و در نهایت برنامه ریزی برای ریسک را شامل می شود(شکل۱). ارزیابی ریسک برای پاسخ به سوالات زیر انجام می‌شود:

- اگر یک ریسک خاص اتفاق بیافتد چه میزان آسیب در پی خواهد داشت؟
- احتمال وقوع هر ریسک چقدر است؟
- توانایی مواجه با هر ریسک از سوی سازمان چقدر خواهد بود و یا به عبارتی تصمیم گیرنده چه تدابیری برای مواجهه با هر یک از ریسک ها در نظر دارد؟

[۱] Risk Assessment

شکل ۱: چرخه مدیریت ریسک

مهمترین فایده ارزیابی ریسک، کمک به تصمیم گیری صحیح برای انتخاب راه حل مناسب به منظور پیشگیری و یا روبه‌رویی با هر ریسک - خصوصا از بُعد ایمنی - است. نتایج ارزیابی ریسک به جهت‌گیری صحیح در انتخاب راه حل ها (که همانا دفع تهدیدهای اصلی است) کمک می‌کند، همچنین می‌تواند در تولید و اصلاح خط مشی‌های سازمان استفاده شود. در این تعریف، مدیریت ریسک پروژه عبارت است از "کلیه فرآیند های مرتبط با شناسایی، تحلیل و پاسخگویی به هرگونه عدم اطمینان که شامل حداکثر سازی نتایج رخدادهای مطلوب و به حداقل رساندن نتایج وقایع نامطلوب می باشد"[۳].در سایر منابع تعاریف مختلفی از مدیریت ریسک بیان شده است.

"ارزیابی ریسک" یک روش منطقی برای تعیین اندازه‌کمّی و کیفی خطرات و بررسی پیامدهای بالقوه ناشی از حوادث احتمالی بر روی افراد، مواد، تجهیزات و محیط است. در حقیقت از این طریق میزان کارآمدی روش‌های کنترلی موجود مشخص شده و داده‌های با ارزشی برای تصمیم‌گیری در زمینه کاهش ریسک، خطرات، بهینه سازی سیستم‌های کنترلی و برنامه ریزی برای واکنش به آنها فراهم می‌شود. ارزیابی ریسک کمّی نیازمند محاسبه دو مولفه ریسک یعنی شدت پیامدِ رخداد و احتمالِ روی دادن آن رخداد می‌باشد[۴].

فرایند ارزیابی ریسک شامل مراحل مختلفی است. اولین قدم در ارزیابی ریسک، شناسایی تهدید ها و فرصت هایی است که می تواند در نتایج مورد نظر از پروژه تاثیر گذار باشند. پس از آنکه اصلی ترین ریسک های پروژه شناسایی شدند، در قدم دوم میزان احتمال وقوع و نتایج احتمالی حاصل از وقوع هریک مورد بررسی دقیق قرار خواهد گرفت. "احتمال وقوع هر ریسک" یکی از عوامل عمده در تعیین رتبه بندی خواهد بود چرا که بعد از مشخص شدن احتمال وقوع، ریسک ها با یکدیگر مورد مقایسه قرار خواهند گرفت. این مقایسه به تهیه و تدوین تصمیم گیری درباره اتخاذ راه حل مناسب برای واکنش مناسب در مقابل هر ریسک منجر خواهد شد.

اکثر منابع موجود، ریسک را صرفا با داشتن دو معیار "احتمال وقوع ریسک" و"میزان اثر گذاری"، مورد ارزیابی قرار میدهند، درحالیکه برخی منابع معیار های دیگری از جمله "عدم اطمینان تخمین" [۵] و "توانایی در واکنش به ریسک" [۶] و یا "سرعت مقابله با ریسک" را نیز معرفی می نمایند.

۱-۲-کاربرد تصمیم گیری چند شاخصه در مدیریت ریسک

تصمیم گیری چند شاخصه در ابتدا توسط ماتریسی تحت عنوان ماتریس تصمیم گیری به شکل زیر فرموله می‌شود.

معیار / گزینه	$X_۱$	$X_۲$	.	.	.	X_n
$A_۱$	$r_{۱۱}$	$r_{۱۲}$	.	.	.	$r_{۱n}$
$A_۲$	$r_{۲۱}$	$r_{۲۲}$	.	.	.	$r_{۲n}$
.						
.						
.						
A_n	$r_{m۱}$	$r_{m۲}$	.	.	.	r_{mn}

شکل ۲- ماتریس تصمیم گیری

به طوریکه A_i نشان دهنده گزینه i ام، X_j نشان دهنده معیار j ام و r_{ij} نشان دهنده میزان ارزش معیار j ام برای گزینه i ام می‌باشد. به عنوان مثال در این مساله معیار ها شامل تاثیر، احتمال وقوع، عدم اطمینان از تخمین و توانایی سازمان به واکنش هستند و در جایگاه گزینه انواع ریسک های مساله را قرار می دهیم.

به طور کلی برای حل مسائل تصمیم گیری دو رویکرد دنبال می شود:

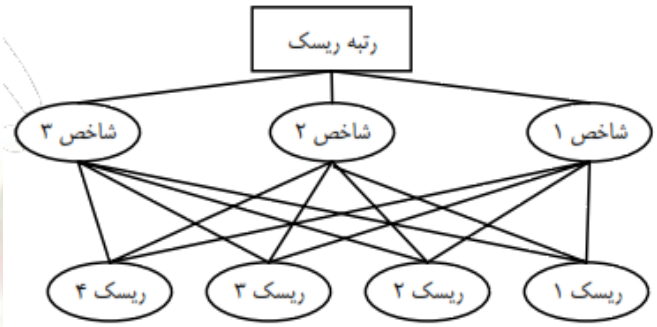
- استفاده از مدل های غیر جبرانی
- استفاده از مدل های جبرانی

مدل غیر جبرانی به مدلی گفته می شود که تبادل بین معیار ها وجود ندارد، به عبارتی ضعف یک معیار توسط قوت معیار دیگر جبران نمی شود. از این روش عموما برای حذف گزینه استفاده می شود. به این صورت که اگر گزینه ای، تنها یکی از معیار های تصمیم گیرنده را نداشته باشد، بدون توجه به سایر معیار ها، حذف خواهد شد. در مقابل مدل های جبرانی قرار دارند که در آن ها مبادله بین معیار ها مجاز بوده و ضعف یک معیار توسط مزایای دیگر معیار ها جبران خواهد شد.
به منظور رتبه بندی ریسک ها باید معیار ها و شاخصه های مختلفی را مد نظر قرار داد، بنابراین مساله رتبه بندی ریسک نیزمی تواند خود یک مساله تصمیم گیری چند شاخصه باشد. در هر مساله تصمیم گیری در واقع گزینه ها بر اساس معیار های موجود در مساله مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته و با توجه به روش حل اتخاذ شده ، رتبه بندی می گردد. اولین قدم در تعیین جایگاه مساله حال حاضر، توجه به قرار گیری مساله در دسته بندی های مسائل تصمیم گیری می‌باشد.

واضح است که مساله رتبه بندی ریسک ها در دسته مدل های غیر جبرانی قرار نخواهد گرفت، چرا که طبق مطالب گفته شده، در این روش ها هیچ گونه مبادله ای بین معیار ها وجود ندارد و قوت و ضعف معیار ها بر یکدیگر اثری ندارد، در حالیکه در مساله رتبه بندی ریسک ، معیار های مختلف بر یکدیگر اثر دارند. به عنوان مثالی ریسکی که دارای احتمال وقوع بالایی است، ممکن است تاثیر خیلی زیادی بر روند پروژه نداشته باشد، بنابراین نمی‌توان گفت یک ریسک صرفا به علت احتمال وقوع بالا ،دارای اهمیت خیلی زیادی است. بنابراین در حل این مساله تنها از روش های جبرانی می‌توان بهره گرفت. در ادامه پس از معرفی انواع روش های جبرانی، به دلایل مربوط به انتخاب روش تاپسیس فازی برای استفاده در مساله پرداخته خواهد شد.. قسمت آخر این مقاله بحث و نتایج استفاده از این روش در رتبه بندی ریسک های خطوط لوله های انتقال آب ارائه شده است. لازم به ذکر است که مبانی ریاضی ارائه شده در این مقاله از مراجع مختلفی هستند که برای جلوگیری از تکرار در متن، در انتها در بخش مرجع به آن ارجاع داده شده است.

۲-تحلیل سلسله مراتبی

یکی از روش های تصمیم گیری چند معیاره که به تصمیم گیرنده دید خوبی از مساله می دهد، روش AHP[۲] است. این روش که بر اساس تحلیل مغز انسان برای مسائل پیچیده و فازی طراحی شده است، برای اولین بار توسط ساعتی در دهه ۱۹۷۰ مطرح گردید[۷] . در این روش یک مساله پیچیده به چندین قسمت کوچکتر و ساده تر تقسیم می‌شود و در هر قسمت اهمیت هر شاخص در ارتباط با هدف و همچنین اهمیت هرگزینه در ارتباط با هر شاخص سنجیده می‌شود. این روش بر اساس رده بندی "هدف"، "معیار" و "گزینه" طراحی شده است. رده های مختلف مساله رتبه بندی ریسک را به صورت شماتیک در قالب روش AHP به شکل زیر می‌توان ترسیم کرد.



شکل۳- ساختار دهی مساله رتبه بندی ریسک بر اساس روش AHP

در اولین سطح از سطوح در روش AHP هدف اصلی مساله قرار می‌گیرد که در این جا رتبه بندی ریسک ها می‌باشد، در سطوح میانی معیار ها و زیر معیار ها (درصورت وجود) قرار می گیرند. در این مساله معیار های معرفی شده احتمال وقوع، تاثیر، عدم اطمینان از تخمین و توانایی در واکنش می باشد و در سطح آخر گزینه های مساله قرار می‌گیرند که در این جا لیستی از ریسک های موجود در مساله تهیه و در آخرین سطح تعبیه می شود.

برای انجام پروژه های تصمیم گیری چند معیاره می‌توان از الگو های منطق فازی استفاده نمود. به ویژه روش های MADM با رویکرد های فازی، برای حل این دسته از مسائل، بسیار قابل تامل هستند. از جمله این روش ها می‌توان به روش تاپسیس فاز ی اشاره نمود که این روش توسط دانشمندان زیادی از جمله دلگادو[۳] در سال ۱۹۸۸ مورد بررسی قرار گرفته که البته اصلی ترین توسعه توسط چن [۴] در سال ۲۰۰۰ انجام شده است. بر این اساس می توان از داده هایی که دارای دقت کمتری می باشند نیز، جهت تصمیم گیری با روش تاپسیس استفاده نمود. دقت کنید که منطق فازی بک تکنیک تصمیم گیری چند معیار نیست بلکه یک رویکرد معادل برای کمی کردن مقادیر است.

در قسمت بعدی یک مثال واقعی از خطوط لوله های انتقال آب معرفی می‌شود و با توجه به شرایط مساله و نیز سادگی روش تاپسیس، از این روش در حالت فاز برای حل این مساله استفاده می شود.

۳-مطالعه موردی

مثالی که در این قسمت ارائه شده، مثالی واقعی از پروژه خطوط انتقال آب می باشد که در مرز غربی کشور در حال اجراست. عنوان این پروژه عبارت است از "پروژه انتقال آب طرح گرمسیری" که به عنوان یکی از بزرگ ترین طرح های منطقه عمرانی – آبی کشور مطرح می‌گردد.

[۲] Analytic Hierarchy Process
[۳] Delgado
[۴] Chen

هدف از اجرای این پروژه آبرسانی به استان های ایلام و کرمانشاه از محل رودخانه سیروان و همچنین جمع آوری آب های مرزی کشور است. این پروژه به طول ۴۶۵ کیلومتر از شهرستان سرپل ذهاب تا ایلام است که در این مقاله به بررسی ریسک های قسمتی از خطوط انتقال آب این طرح عظیم پرداخته شده است و مراحل اجرای آن به صورت تفصیلی شامل :

- مسیر سازی به حجم ۹ میلیون متر مکعب در عرض ۴۵ متر
- تامین و ساخت ورق و لوله مورد نیاز پروژه
- اجرای سه خط لوله در مجاور یکدیگر به طول ۴۵ کیلومتر که دو خط آن لوله گذاری به قطر ۲۴۰۰میلی متر و یک خط به صورت تلسکوپی اجرا میگردد.
- عبور از تقاطع ها
- اجرای عملیات سیفون در چندین نقطه از پروژه در تقاطع با رودخانه ها
- استقرار شیرآلات در طول خط
- اجرای عملیات حفاظت کاتدیک

هر پروژه از جمله پروژه یاد شده، همواره دارای ریسک هایی است که اهداف پروژه از جمله اهداف مالی، کیفیتی و زمانی پروژه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. هدف از معرفی پروژه فوق، به عنوان یک پروژه واقعی و عملی، ارزیابی، دسته بندی و در نهایت اولویت بندی ریسک های پروژه به عنوان فرصت ها و تهدید ها می باشد.

جدول ۱- تقسیم بندی ده ریسک اصلی پروژه

الف - بیرونی- غیر قابل پیش بینی	ب - بیرونی- قابل پیش بینی	ج - درونی- غیر فنی	د - درونی - فنی	ه - قانونی
۱- شرایط جوی- بارش و وقوع سیلاب های فصلی	۱- وجود معارض	۱- افزایش فاصله جبهه های کاری از محل تجهیز کارگاه	۱- ماشین آلات- مستهلک بودن ماشین آلات	۱- افزایش نرخ ارز و تورم
۲-امنیت محل پروژه- برخورد با مواد منفجره باقی مانده از جنگ تحمیلی	۲- عدم ابلاغ به موقع نقشه ها توسط مشاور طرح	۲- انتخاب صحیح پیمانکار	۲- عدم تامین بموقع لوله، شیرآلات و مصالح	-
-	۳- تائید و یا پرداخت بموقع صورت وضعیت ها توسط کارفرما	-	-	-

جدول۲- نتایج ارزیابی ریسک ها

شماره ریسک	الف- ۱	الف- ۲	ب- ۱	ب- ۲	ب-۳	ج- ۱	ج- ۲	د- ۱	د- ۲	ه- ۱
احتمال (٪)	۱۰۰	۲۰	۵۰	۵۰	۳۰	۵۰	۵۰	۶۰	۷۰	۳۰
تاثیر (۱ - ۱۰)	بسیار کم	کم	نسبتا زیاد	زیاد	متوسط	نسبتا کم	نسبتا زیاد	متوسط	زیاد	نسبتا کم
عدم اطمینان (٪)	۲۵	۲۰	۳۰	۳۰	۵۰	۱۰	۵	۶۰	۱۵	۶۰
توانایی واکنش (۱ - ۱۰)	کم	کم	زیاد	نسبتا کم	کم	نسبتا زیاد	زیاد	نسبتا زیاد	نسبتا کم	بسیار کم

جدول۳- طیف اعداد فازی مثلثی[۸]

متغیر زبانی	عدد فازی مثلثی معادل
بسیار کم	(۰،۰،۰,۱)
کم	(۰،۰,۱،۰,۳)
نسبتا کم	(۰,۱،۰,۳،۰,۵)
متوسط	(۰,۳،۰,۵،۰,۷)
نسبتا زیاد	(۰,۵،۰,۷،۰,۹)
زیاد	(۰۷،۰,۹،۱)
بسیار زیاد	(۰,۹،۱،۱)

جدول۴: ماتریس کمّی شده فازی مساله رتبه بندی ریسک ها

شماره ریسک	الف- ۱	الف- ۲	ب- ۱	ب- ۲	ب-۳	ج- ۱	ج- ۲	د- ۱	د- ۲	ه- ۱
احتمال (٪)	۱۰۰	۲۰	۵۰	۵۰	۳۱۳۰	۵۰	۵۰	۶۰	۷۰	۳۰
تاثیر (۱ - ۱۰)	(۰،۰،۰,۱)	(۰،۰,۱،۰,۳)	(۰,۵،۰,۷،۰,۹)	(۱،۰,۷،۰,۹)	(۰,۳،۰,۵،۰,۷)	(۰,۱،۰,۳،۰,۵)	(۰,۵،۰,۷،۰,۹)	(۰,۳،۰,۵،۰,۷)	(۱،۰,۷،۰,۹)	(۰,۱،۰,۳،۰,۵)
اطمینان (٪)	۷۵	۸۰	۷۰	۷۰	۵۰	۹۰	۹۵	۴۰	۸۵	۴۰
توانایی واکنش (۱ - ۱۰)	(۰۷،۰,۹،۱)	(۰۷،۰,۹،۱)	(۰،۰,۱،۰,۳)	(۰,۵،۰,۷،۰,۹)	(۰۷،۰,۹،۱)	(۰,۱،۰,۳،۰,۵)	(۰۷،۰,۹،۱)	(۰,۵،۰,۱،۰,۳)	(۰,۵،۰,۷،۰,۹)	(۰,۹،۱،۱)

روش تاپسیس یکی از پر کاربردترین مدل‌های جبرانی است که برای اولین بار در سال ۱۹۸۰ توسط یون[۵] ارائه گردیده است و سپس توسط وانگ[۶] در سال ۱۹۸۱ توسعه داده شده است. نکته متمایزی که این روش نسبت به سایر روش ها دارد ایجاد جواب های ایده آل[۷] به دو

۵ Yoon
۶ Hwang
۷ Ideal Solution

صورت ایده آل مثبت[8] و ایده آل منفی[9] است. و منطق این روش برای رتبه بندی نهایی، مقایسه با ایده آل مثبت و منفی است. گزینه هایی که فاصله کمتری از نقطه ایده آل مثبت و فاصله بیشتری از ایده آل منفی داشته باشند دارای ارجحیت بالاتری هستند.

گام اول- از آنجایی که هر یک از معیار های استفاده شده در ماتریس تصمیم گیری، دارای واحد خاصی هستند، در اولین گام از هر یک از روش های تصمیم گیری چند معیاره، باید به بی مقیاس سازی ماتریس تصمیم گیری (ماتریس جدول شماره ۶) اقدامشود. . بی مقیاس سازی یا اصطلاحا نرمالسازی، با هدف از میان برداشتن واحد های معیارها به منظور مقایسه راحت‌تر معیار ها بایکدیگر است. با توجه به اینکه تمامی اعداد فازی بین صفر و یک هستند، نرمالسازی تنها روی دو شاخص احتمال و اطمینان انجام می شود:

جدول۵- ماتریس تصمیم گیری

	ماتریس تصمیم گیری			
انواع ریسک پروژه	احتمال	تاثیر	اطمینان	واکنش
الف - ۱	۱۰۰	(۰،۰،۰،۱)	۷۵	(۰،۰،۱،۰،۳)
الف - ۲	۲۰	(۰،۰،۱،۰،۳)	۸۰	(۰،۰،۱،۰،۳)
ب - ۱	۵۰	(۰،۵،۰،۷،۰،۹)	۷۰	(۰،۷،۰،۹،۱)
ب - ۲	۵۰	(۰،۷،۰،۹،۱)	۷۰	(۰،۱،۰،۳،۰،۵)
ب - ۳	۳۰	(۰،۳،۰،۵،۰،۷)	۵۰	(۰،۰،۱،۰،۳)
ج - ۱	۵۰	(۰،۱،۰،۳،۰،۵)	۹۰	(۰،۵،۰،۷،۰،۹)
ج - ۲	۵۰	(۰،۵،۰،۷،۰،۹)	۹۵	(۰،۷،۰،۹،۱)
د - ۱	۶۰	(۰،۳،۰،۵،۰،۷)	۴۰	(۰،۵،۰،۷،۰،۹)
د - ۲	۷۰	(۰،۷،۰،۹،۱)	۸۵	(۰،۱،۰،۳،۰،۵)
ه - ۱	۳۰	(۰،۱،۰،۳،۰،۵)	۴۰	(۰،۰،۰،۱)

به منظور بی مقیاس سازی ماتریس از فرمول زیر استفاده شده است به این صورت که هر یک از درایه های ماتریس فوق را در فرمول زیر جاگذاری کرده و نتایج به دست آمده در ماتریس زیر تحت عنوان ماتریس بی مقیاس ثبت شده اند:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}^2}} \qquad (1)$$

[8] Positive Ideal Solution
[9] Negative Ideal Solution

جدول۶- ماتریس بی مقیاس شده

	ماتریس بی مقیاس			
انواع ریسک پروژه	احتمال	تاثیر	اطمینان	واکنش
الف – ۱	۰,۰۱	(۰,۰,۰,۱)	۰,۳۲۹۲۹۲۷۸	(۰٫۷,۰,۹,۱)
الف – ۲	۰,۱۱۴۱۴۶۰۲۹	(۰,۰,۱,۰,۳)	۰,۳۵۱۲۴۵۶۳۲	(۰٫۷,۰,۹,۱)
ب – ۱	۰,۲۸۵۳۶۵۰۷۳	(۰,۵,۰,۷,۰,۹)	۰,۳۰۷۳۳۹۹۲۸	(۰,۰,۱,۰,۳)
ب – ۲	۰,۲۸۵۳۶۵۰۷۳	(۰,۷,۰,۹,۱	۰,۳۰۷۳۳۹۹۲۸	(۰,۵,۰,۷,۰,۹)
ب – ۳	۰,۱۷۱۲۱۹۰۴۴	(۰,۳,۰,۵,۰,۷)	۰,۲۱۹۵۲۸۵۲	(۰٫۷,۰,۹,۱)
ج – ۱	۰,۲۸۵۳۶۵۰۷۳	(۰,۱,۰,۳,۰,۵)	۰,۳۹۵۱۵۱۳۳۶	(۰,۱,۰,۳,۰,۵)
ج – ۲	۰,۲۸۵۳۶۵۰۷۳	(۰,۵,۰,۷,۰,۹)	۰,۴۱۷۱۰۴۱۸۸	(۰٫۷,۰,۹,۱)
د – ۱	۰,۳۴۲۴۳۸۰۸۷	(۰,۳,۰,۵,۰,۷	۰,۱۷۵۶۲۲۸۱۶	(۰,۱,۰,۳,۰,۵)
د – ۲	۰,۳۹۹۵۱۱۱۰۲	(۰,۷,۰,۹,۱)	۰,۳۷۳۱۹۸۴۸۴	(۰,۵,۰,۷,۰,۹)
ه – ۱	۰,۱۷۱۲۱۹۰۴۴	(۰,۱,۰,۳,۰,۵)	۰,۱۷۵۶۲۲۸۱۶	(۰,۹,۱,۱)

گام دوم- دومین گام در هر یک از روش های تصمیم گیری چند معیاره ، داشتن بردار وزن و یا محاسبه وزن شاخص هاست. در این جا فرض بر این است که متخصصین و خبرگان، یک بردار وزن به صورت زیر برای این مساله در نظر گرفته باشند، که با توجه به کیفی بودن اوزان، لازم است بردار وزن نیز با استفاده از طیف جدول ۵، به حالت فازی تبدیل شوند:

W = [زیاد , نسبتا زیاد , بسیار زیاد , نسبتا کم]

تبدیل بردار وزن به حالت فازی:

$$W = [(۰,۰.۱,۰.۳) , (۰.۱,۰.۳,۰.۵) , (۰.۹,۱,۱) , (۰.۱,۰.۳,۰.۵)]$$

گام سوم- در گام بعد ماتریس بی مقیاس شده وزین را از طریق ضرب بردار وزن در ماتریس بی مقیاس شده، بدست می‌آوریم. توجه کنید که اعداد قطعی را نیز می‌توان به شکل اعداد فازی مثلثی نمایش داد. به عنوان مثال درایه $x_{۱۱}$ از ماتریس بی مقیاس را می‌توان به صورت (۰.۰۱،۰.۰۱،۰.۰۱) نوشت در این صورت اولین درایه ماتریس بی مقیاس وزین، برابر خواهد بود با:

$$(۰.۰۱,۰.۰۱,۰.۰۱)\otimes(۰.۱,۰.۳,۰.۵) = (۰.۰۰۱,۰.۰۰۳,۰.۰۰۵)$$

و به همین ترتیب سایر درایه های ماتریس V (ماتریس بی مقیاس وزین) به شرح شکل شماره ۴ به دست می‌آید:

	احتمال	تاثیر	اطمینان	توانایی
ریسک ۱	(0.001و0.003و0.005)	(0و0و0.1)	(0.032و0.096و0.16)	(0و0.09و0.3)
ریسک ۲	(0.011و0.033و0.055)	(0و0.1و0.3)	(0.035و0.105و0.175)	(0و0.09و0.3)
ریسک ۳	(0.028و0.084و0.14)	(0.45و0.7و0.9)	(0.03و0.09و0.15)	(0و0.01و0.09)
ریسک ۴	(0.028و0.084و0.14)	(0.63و0.9و1)	(0.03و0.09و0.15)	(0و0.07و0.27)
ریسک ۵	(0.017و0.051و0.085)	(0.27و0.5و0.7)	(0.021و0.063و0.105)	(0و0.09و0.3)
ریسک ۶	(0.028و0.084و0.14)	(0.09و0.3و0.5)	(0.039و0.117و0.195)	(0و0.03و0.15)
ریسک ۷	(0.028و0.084و0.14)	(0.45و0.7و0.9)	(0.041و0.123و0.205)	(0و0.09و0.3)
ریسک ۸	(0.034و0.102و0.17)	(0.27و0.5و0.5)	(0.017و0.051و0.085)	(0و0.03و0.15)
ریسک ۹	(0.039و0.117و0.195)	(0.63و0.9و1)	(0.037و0.111و0.185)	(0و0.07و0.27)
ریسک ۱۰	(0.017و0.051و0.085)	(0.09و0.3و0.5)	(0.017و0.051و0.085)	(0و0.1و0.3)

شکل شماره ۴- درایه های ماتریس V (ماتریس بی مقیاس وزین)

گام چهارم- در این مرحله مقادیر ایده آل مثبت و منفی را با توجه به ماتریس V و با استفاده از روابط زیر بدست می‌آید:

$$A^{+} = \{(\max_i V_{ij} \mid j\in J), (\min_i V_{ij} \mid j\in J) \mid i=1,2,\ldots,m\} \qquad (۲)$$

$$A^{-} = \{(\min_i Vij \mid j\in J), (\max_i Vij \mid j\in J) \mid i=1,2,\ldots,m\} \qquad (۳)$$

$$A^{+} = [(۰.۰۳۹,۰.۱۱۷,۰.۱۹۵) , (۰.۶۳,۰.۹,۱) , (۰.۰۴۱,۰.۱۲۳,۰.۲۰۵) , (۰,۰.۱,۰.۳)]$$

$$A^{-} = [(۰.۰۰۱,۰.۰۰۳,۰.۰۰۵) , (۰,۰,۰.۱) , (۰.۰۱۷,۰.۰۵۱,۰.۰۸۵) , (۰, ۰.۰۱, ۰.۰۹)]$$

گام پنجم- لازم است در این مرحله فاصله هر آلترناتیو از ایده آل های مثبت و منفی را با استفاده از روابط زیر محاسبه شود:

$$S_i^{+} = \sum_{j=1}^{n} d(v_{ij} . v_j^{+}) \qquad i = 1.2 \ldots . m \qquad (۴)$$

$$S_i^{-} = \sum_{j=1}^{n} d(v_{ij} . v_j^{-}) \qquad i = 1.2 \ldots . n \qquad (۵)$$

اگر اعدا فازی به صورت مثلثی باشند، فاصله دو عدد مثلثی (a_1,b_1,c_1) و (a_2,b_2,c_2) از طریق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$d(m_1,m_2) = \sqrt{\left(\frac{1}{3}\right)[(a_1-a_2)^2 + (b_1-b_2)^2 + (c_1-c_2)^2]} \qquad (۶)$$

بنا بر روابط بالا، محاسبات زیر گام به گام انجام شده است:

جدول۷- محاسبه میزان فاصله از ایده آل مثبت

انواع ریسک	احتمال	تاثیر	اطمینان	توانایی	S_i^+
A۱	۰,۱۲۹۷۹٤۷۱	۰,٦۳٤۲۷۱۲۳٥	۰,۰۳۰۷٤۰۸٥۲	۰,۰۰٥۷۷۳٥۰۳	۰,۸۰۰٥۸۰۳
A۲	۰,۰۹٥٦۳۸۲۰۷	۰,۷۱۳٤۱۸۹۹۸	۰,۰۲۰٤۹۳۹۰۲	۰,۰۰٥۷۷۳٥۰۳	۰,۸۳٥۳۲٤٦۰۹
A۳	۰,۰۳۷٥۷۲۱٥۳	۰,٦۳٦۷٦۲٦٤٥	۰,۰۳۷٥۷۲۱٥۳	۰,۱۳۱۹۰۹۰٦	۰,۸٤۳۸۱٦۰۱۱
A٤	۰,۰۳۷٥۷۲۱٥۳	۰,۷۲۷٤٦۱۳۳۹	۰,۰۳۷٥۷۲۱٥۳	۰,۰۲٤٤۹٤۸۹۷	۰,۸۲۷۱۰۰٥٤۲
A٥	۰,۰۷٥۱٤٤۳۰٦	۰,٥۹٤٤۱۸٤۸۳	۰,۰٦۸۳۱۳۰۰٥	۰,۰۰٥۷۷۳٥۰۳	۰,۷٤۳٦٤۹۲۹۷
A٦	۰,۰۳۷٥۷۲۱٥۳	۰,٦۱۳۲۹۷۱	۰,۰۰٦۸۳۱۳۰۱	۰,۰۹۰٥٦۸٤۷٥	۰,۷٥۳۲٦۹۰۲۸
A۷	۰,۰۳۷٥۷۲۱٥۳	۰,٦۳٦۷٦۲٦٤٥	۰	۰,۰۰٥۷۷۳٥۰۳	۰,٦۸۰۱۰۸۳۰۱
A۸	۰,۰۱۷۰۷۸۲٥۱	۰,٦۳۷۷۰٤۲۱٦	۰,۰۸۱۹۷٥٦۰٦	۰,۰۹۰٥٦۸٤۷٥	۰,۸۳۲۳۲٦٥٤۸
A۹	۰	۰	۰,۰۱۳٦٦۲٦۰۱	۰,۰۲٤٤۹٤۸۹۷	۰,۰۳۸۱٥۷٤۹۸
A۱۰	۰,۰۷٥۱٤٤۳۰٦	۰,٦۱۳۲۹۷۱	۰,۰۸۱۹۷٥٦۰٦	۰	۰,۷۷۰٤۱۷۰۱۲

جدول۸-محاسبه میزان فاصله از ایده آل منفی

انواع ریسک	احتمال	تاثیر	اطمینان	توانایی	S_i^-
A۱	۰	۰	۰,۰٥۱۲۳٤۷٥٤	۰	۰,۰٥۱۲۳٤۷٥٤
A۲	۰,۰۳٤۱٥٦۰۰۳	۰,٤۰۸۲٤۸۲۹	۰,۰٦۱٤۸۱۷۰٥	۰	۰,٥۰۳۸۸٦٤۹۸
A۳	۰,۰۹۲۲۲۲٥٥۷	۰,٤۸۳۹۰۷۷۰٥	۰,۰٤٤٤۰۳٤٥۳	۰,۱۲۹۷٤۳۳۳٦	۰,۷٥۰۲۷۷۰٥۱
A٤	۰,۰۹۲۲۲۲٥٥۷	۰,٦۳٤۲۷۱۲۳٥	۰,۰٤٤٤۰۳٤٥۳	۰,۰۲۰۸۱٦٦٦	۰,۷۹۱۷۱۳۹۰٦
A٥	۰,۰٥٤٦۰٤۰٤	۰,۳۷۰۹۸۹٦٦۷	۰,۰۱۳٦٦۲٦۰۱	۰	۰,٤۳۹۳۰۲٦۷۳
A٦	۰,۰۹۲۲۲۲٥٥۷	۰,۳٤۰٦۳٦٦۰۹	۰,۰۷٥۱٤٤۳۰٦	۰,۰۹۳۲۷۳۷۹۱	۰,٦۰۱۲۷۷۳۱۲
A۷	۰,۰۹۲۲۲۲٥٥۷	۰,٤۸۳۹۰۷۷۰٥	۰,۰۸۱۹۷٥٦۰٦	۰	۰,٦٥۸۱۰٥۸٦۸
A۸	۰,۱۱۲۷۱٦٤٥۸	۰,٤۳٦۹۹۷۳۳	۰	۰,۰۹۳۲۷۳۷۹۱	۰,٦٤۲۹۸۷٥۷۹
A۹	۰,۱۲۹۷۹٤۷۱	۰,٦۳٤۲۷۱۲۳٥	۰,۰٦۸۳۱۳۰۰٥	۰,۰۲۰۸۱٦٦٦	۰,۸٥۳۱۹٥٦۱
A۱۰	۰,۰٥٤٦۰٤۰٤	۰,۳٤۰٦۳٦٦۰۹	۰	۰,۰۰٥۷۷۳٥۰۳	۰,٤۰۱۰٦۰٥٦٦

گام ششم- آخرین مرحله از روش رتبه بندی تاپسیس، محاسبه نزدیکی نسبی به ایده آل است که بر اساس نتایج آن رتبه بندی نهایی صورت می‌گیرد که رابطه زیر برای این گام تعریف شده است:

$$C_i = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \qquad (۷)$$

مقادیر C_i محاسبه شده در جدول زیر نشان داده شده است:

جدول۹- محاسبه میزان نزدیکی به ایده آل

۰,۰۶۰۱۴۷۷۴	C۱
۰,۳۷۶۲۰۶۲۱	C۲
۰,۴۷۰۶۶۰۷۶	C۳
۰,۴۸۹۰۷۰۲۰	C٤
۰,۳۷۱۳۶۱۳۸	C٥
۰,۴۴۳۸۹۰۷۱	C٦
۰,۴۹۱۷۷۹۱۸	C۷
۰,۴۳۰۸۳۰۹۶	C۸
۰,۹۰۷۱۹۱۴۹	C۹
۰,۳۴۲۳۰۴۴۰	C۱۰

بنا براین رتبه ریسک ها به ترتیب صعودی به شکل زیر خواهد بود:

رتبه ریسک	نوع ریسک
۱	امنیت محل پروژه- برخورد با مواد منفجره باقی مانده از جنگ تحمیلی
۲	ماشین آلات- مستهلک بودن ماشین آلات
۳	تائید و یا پرداخت بموقع صورت وضعیت ها توسط کارفرما
٤	عدم ابلاغ به موقع نقشه ها توسط مشاور طرح
٥	عدم تامین بموقع لوله، شیرآلات و مصالح
٦	افزایش فاصله جبهه های کاری از محل تجهیز کارگاه
۷	وجود معارض
۸	انتخاب صحیح پیمانکار
۹	شرایط جوی- بارش و وقوع سیلاب های فصلی
۱۰	افزایش نرخ ارز و تورم

شکل شماره ۵- رتبه بندی نهایی ریسک های پروژه

۴-نتیجه گیری

مدیریت ریسک یکی از فاز های مدیریت پروژه بوده و ارزیابی ریسک ها نیز یکی از اقدامات اصلی فرآیند مدیریت ریسک می‌باشد. ارزیابی ریسک به معنی اندازه گیری ریسک ها بر اساس شاخص های معین است که بر این اساس امکان ارائه راه‌کار های مقابله با آنها در مراحل بعدی مدیریت ریسک فراهم شود. در این مقاله امکان استفاده از روش های مختلف تصمیم گیری چند شاخصه به عنوان رویکرد کمی در مساله " رتبه بندی ریسک های پروژه " مورد بررسی قرار گرفته است.روش های تصمیم گیری چند شاخصه هریک دارای ویژگی‌ها و محدودیت های خاصی هستند که در نتیجه نمی‌توان از تمام این روش ها در مساله رتبه بندی ریسک ها استفاده

نمود. در این مقاله از چهار معیار"احتمال"، "تاثیر"، "عدم اطمینان" و " توانایی" به عنوان معیار های رتبه بندی ریسک ها استفاده شده است. در انتها، روش تاپسیس فازی با توجه به شرایط ویژگی های مساله برای حل انتخاب شده است. و رتبه بندی نهایی در رابطه اخیر نمایش داده شده است. این رتبه بندی نشان دهنده اهمیت و ارجحیت هر یک از ریسک ها نسبت به سایر ریسک ها می‌باشد.

مراجع

١ - Pan, J., Teklu, Y., Rahman, S. and Castro, A. D. (٢٠٠٠). "An Interval-based MADM Approach to the Identification of Candidate Alternatives in Strategic Resource Planning." *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol.١٥, No. ٤, PP. ١٤٤١-١٤٤٦.

٢ - North, D. W. (١٩٩٥). "Limitations, Definitions, Principles and Methods of Risk Analysis." *OIE Review of Science and Technology*. Epiz., Vol.١٤, No. ٤.

٣- Zandin, K. B. (٢٠٠١). *Maynard's Industrial Engineering Handbook*, ٥th Edition, McGraw-Hill.

٤ - TECHNICAL REPORT: ISO/IEC TR ٣:١٩٩٨-١٣٣٣٥(E) Information technology — Guidelines for the management of IT Security -Part ٣:Techniques for the management of IT Security.

٥ - Klein, J. H. and Cork, R. B. (١٩٩٨). "An approach to technical risk assessment." *International Journal of Project Management*, Vol.١٦, No.٦, PP. ٣٤٥-٣٥١.

٦ - McDermott, R. E., Mikulak, R. J. and Beauregard, M. R. (١٩٩٦). "The basics of FMEA." *Quality Resources*, PP. ١٢.

٧.Lee, Y. and Wu, W.(٢٠٠٥). "Development strategic for competency models." International Trade Department, Ta Hwa Institute of Technology, Taiwan.

٨. AriapourA ,A. and VeisanlooB ,F. and AsgariC ,M.(٢٠١٤)." An Application of Fuzzy TOPSIS Method for Plant Selection in Rangeland Improvement (Case Study: Boroujerd Rangeland, Lorestan Province, Iran)"

٩. Kuo, T.(٢٠١٧). "A modified TOPSIS with a different ranking index". European Journal of Operational Research, Volume ٢٦٠, Issue ١, ١ July ٢٠١٧, Pages ١٥٢-١٦٠.

١٠. Walczak, D. and Rutkowska, A.(٢٠١٧). Project rankings for participatory budget based on the fuzzy TOPSIS method. European Journal of Operational Research, Volume ٢٦٠, Issue ٢, ١٦ July ٢٠١٧, Pages ٧٠٦-٧١٤.

١١..جبل عاملی، محمد سعید. رضایی فر، آیت. چائی بخش لنگرودی، علی. رتبه بندی ریسک های پروژه با استفاده از فرآیند تصمیم گیری چند شاخصه. (١٣٨٥). نشریه دانشکده فنی، جلد۴١، شماره ٧، ص ٨۶٣ الی ٨٧١