



مدل تاپسیس فازی ارزیابی ریسک‌های اقتصادی برای پروژه‌های EPC نفت و گاز

فرزاد فیروزی جهانتیغ (نویسنده مسؤل)

دانشگاه سیستان و بلوچستان، استادیارگروه مهندسی صنایع

Email: firouzi@eng.usb.ac.ir

غلامرضا اسماعیلیان

دانشگاه پیام نور، عضو هیئت علمی و استادیارگروه مهندسی صنایع

محمدایمان هزاوه ای

کارشناسی ارشد مهندسی صنایع دانشگاه پیام نور مرکز تهران

تاریخ دریافت: ۹۴/۹/۴ * تاریخ پذیرش: ۹۵/۴/۲۸

چکیده

با توجه به وجود بحران اقتصادی در کشورهای در حال توسعه، این کشورها در پی کاهش ریسک به خصوص در حوزه اقتصاد هستند. ریسک‌های اقتصادی براساس موارد مربوط به تورم، انرژی، نقدینگی، مالی و پولی در پروژه‌ها دسته‌بندی می‌شوند. هدف اصلی این تحقیق شناسایی تعدادی از مهمترین ریسک‌های اقتصادی پروژه‌های EPC (طراحی، تدارکات، اجرا) صنایع نفت و گاز، سپس ارزیابی و اولویت‌بندی این ریسک‌های اقتصادی توسط مدل فازی تاپسیس می‌باشد. مطالعه موردی تحقیق فوق پروژه‌های پالایشگاهی انجام شده و در حال انجام در مناطق مختلف کشور می‌باشد. اهمیت این نوع پروژه‌های پایین دستی صنایع نفت، به دلیل نیاز به سرمایه گذاری نسبتاً زیاد، ظرفیت پالایشگاهها در تولید درآمد ملی و نقش پروژه‌های بزرگ نفتی در توسعه کشوری، نمود می‌یابد. در این تحقیق ریسک‌هایی با توجه به مصاحبه و استفاده از تجربیات مهندسی فعال این حوزه استخراج گردید و با روش تاپسیس فازی رتبه بندی شدند. در انتها خروجی مدل تاپسیس فازی با خروجی مدل‌های دیگر مقایسه و تحلیل گردید.

کلمات کلیدی: مدل تصمیم‌گیری تاپسیس فازی، ارزیابی ریسک، پروژه‌های EPC نفت و گاز، ریسک اقتصادی.

۱- مقدمه

پروژه خود دارای ماهیتی خاص است و بخش بزرگی از صنایع و سازمان‌ها را دربرمی‌گیرد مانند: پروژه‌های استراتژیک، پروژه‌های تولیدی، پروژه‌های تحقیقاتی، پروژه‌های آماری و اطلاع‌رسانی، پروژه‌های آموزشی، پروژه‌های صنعتی و نفت و گاز، پروژه‌های ساخت فیلم، پروژه‌های نرم‌افزاری، پروژه‌های ۶ سیگما، پروژه‌های بهبود کیفیت، پروژه‌های بازرگانی و... که مدیریت ریسک می‌تواند سهم زیادی در به ثمر رسیدن هر پروژه‌ای ایفا کند و شناسایی و ارزیابی ریسک برای هر گونه پروژه‌ای ضروری به‌نظر می‌رسد.

در خصوص پروژه‌های EPC (Engineering Procurement Construction) پالایشگاهی که امروزه درصد زیادی از سرمایه‌گذاری‌های ملی را تشکیل می‌دهد و ریسک‌های اقتصادی تأثیر گذار بر اینگونه پروژه‌ها، که منجر به اتلاف سرمایه، به بهره‌برداری نرسیدن به موقع، خارج شدن از توجیه اقتصادی، صرف هزینه‌های مازاد بر برآوردها، خروج از عرصه رقابت صنعت فوق و... می‌شود، اهمیت مدیریت ریسک در پروژه‌های نفت و گاز خصوصاً از نوع قرار دادهای EPC را توجیه می‌نماید. در رابطه با بررسی ریسک پروژه از دیدگاه اقتصادی یا همان ریسک اقتصادی پروژه می‌توان بیان داشت که مشکلات و موانع اقتصادی موضوع روز درون و برون مرزی است و ریسک‌هایی مانند تورم و انرژی حوزه استقبال داخلی و خارجی مناسبی را دارا هستند. امروزه اکثر پروژه‌ها به دلیل مشکلات مالی و اقتصادی و ریسک‌های منفی تحمیل شده یا متاسفانه به پایان نمی‌رسند و یا با اختلاف قابل توجهه در بین بودجه برنامه ریزی شده و بودجه مختص شده به پروژه، به اتمام می‌رسند. از این رو ارزیابی ریسک‌های اقتصادی که به افزایش هزینه‌های پروژه می‌انجامد نسبتاً ضروری به نظر می‌رسد. در اغلب تحقیقات انجام‌شده در زمینه ارزیابی ریسک، ریسک‌های اقتصادی به‌صورت یک بسته برون‌سازمانی برای پروژه در نظر گرفته شده است. ریسک‌های برون‌سازمانی ریسک‌هایی هستند که خارج از کنترل مدیر پروژه هستند اما بطور مستقیم بر پروژه تأثیر می‌گذارند (Project Management Institute, 2008). این تحقیق به بررسی و باز کردن بسته ریسک فوق‌پرداخته و با شناسایی و ارزیابی ریسک‌های دسته اقتصادی پروژه، اولویت‌بندی مورد نظر را برای پروژه‌ها ارائه می‌نماید. منابع شناسایی شده ریسک اقتصادی تورم، انرژی، مالی و پولی و نقدینگی می‌باشد (Sabzeparvar, 2012) که بر سه دیسپلین طراحی، تدارکات و اجرای پروژه متأثر هستند. با توجه به بروز تأخیر و حاصل شدن کیفیت نامناسب در تمامی عملیات پروژه که نهایتاً به مغایرت‌های هزینه‌ای می‌انجامد و به شکل اتلاف هزینه‌ای نمود می‌کند، تحقیق فوق در پی یافتن تأثیر ریسک‌های اقتصادی بر هزینه‌های پروژه می‌باشد.

۲- مواد و روشها

در سال ۱۹۹۰ ریسک‌های عملیاتی و مدیریت ریسک نقدینگی بوجود آمد در همین سال نظامنامه بین‌المللی ریسک تدوین شد و مؤسسات مالی مدل‌های مدیریت ریسک درون‌سازمانی و فرمولهای محاسباتی را برای حفاظت از خودشان در مقابل ریسک‌های غیرقابل پیش‌بینی توسعه دادند در همین زمان نظارت بر مدیریت ریسک ضرورت پیدا کرد و یکپارچه سازی مدیریت ریسک عنوان شد با این وجود نظام نامه‌ها، قوانین نظارت و روشهای مدیریت ریسک نتوانستند جلوی بحران مالی سال ۲۰۰۷ را بگیرند و بدین ترتیب رفته رفته مدیریت ریسک جایگاه ویژه‌ای در پروژه‌ها پیدا کرد (Project Management Institute, 2008). مدیریت ریسک یک جنبه‌ی مهم مدیریت پروژه است و یکی از ۱۰ دانش تعریف شده در PMBOK (Project Management Body Of Knowledge) است، ریسک پروژه به عنوان یک رویداد پیش‌بینی نشده یا فعالیت روی پیشرفت پروژه تأثیر می‌گذارد. ریسک را می‌توان بر اساس دو فاکتور شدت و احتمال تعیین کرد. مدیریت ریسک شامل: شناسایی، ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌ها به دنبال برنامه هماهنگ و مقرون به صرفه از منابع برای کاهش یا کنترل احتمال و یا شدت رویدادهای بد یا تحقق افزایش فرصت‌هاست (Project Management Institute, 2008). در شناسایی ریسک، ریسک‌هایی که می‌توانند بر روی اهداف پروژه تأثیر بگذارند، تعیین و مستندسازی می‌شوند. روش‌های مختلفی برای شناسایی ریسک‌های پروژه وجود دارد که برخی از آنها عبارتند از (Project Management Institute, 2008):

- ✓ مرور مستندات
- ✓ روش‌های جمع‌آوری اطلاعات
- ✓ تجزیه و تحلیل چک لیست
- ✓ تجزیه و تحلیل فرضیات
- ✓ قضاوت خبرگان

به‌منظور شناسایی ریسک‌ها یک تیم ارزیابی ریسک با تخصص‌های مختلف تشکیل می‌شود و با روش‌هایی مانند مرور مستندات، مصاحبه، روش دلفی و ... ریسک‌ها مشخص می‌گردد (Zegordi, Rezaee, & NikNazari., 2012).
 آمر و همکاران (Amer, Jayin, & Zayed, 2008) در مقاله‌هایی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی به ارزیابی ریسک در پروژه‌های بزرگ راه‌های چین پرداختند. جیاهوزنگ و همکاران نیز در تحقیقی از روشی فازی جهت تصمیم‌گیری و ارزیابی ساختار ریسک پروژه استفاده نمودند. وانگ و سان (Wang & Sun, 2012) جهت اولویت‌بندی پروژه‌های انرژی از مدل فازی AHP (Analytic Hierarchy Process) استفاده کردند. سان و همکاران (Sun, Huang, Chen, & Li, 2008) مدلی فازی جهت ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک پروژه‌های ساختمانی ارائه نمودند. (Nieto- Morote & Ruz-Vila, 2010) رویکردی فازی جهت ارزیابی ریسک پروژه‌های ساخت ارائه کردند. در این مقاله از ساختار سلسله مراتبی برای ارزیابی ریسک استفاده شده است. کرین و همکاران (Krane, Asbjorn, & Nils, 2010) نیز در تحقیقی ریسک ۷ پروژه بزرگ را طبقه‌بندی و مهمترین ریسک‌هایی که در این پروژه‌ها باید مورد توجه قرار گیرند را معرفی کردند.

تکنیک یا اولویت‌بندی بر اساس شباهت به راه‌حل ایده‌آل، که نخستین بار به‌وسیله (Yoon & Hwang, 1985) معرفی شد، یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مانند AHP است. از این تکنیک می‌توان برای رتبه‌بندی و مقایسه گزینه‌های مختلف و انتخاب بهترین گزینه و تعیین فواصل بین گزینه‌ها و گروه‌بندی آنها استفاده نمود. ابتدا معیارها توسط فرایند تحلیل شبکه‌ای در محیط فازی ارزیابی و وزن آنها تعیین می‌شود. در مرحله بعد رتبه‌بندی ریسک‌ها توسط الگوریتم تاپسیس در محیط فازی انجام می‌شود (Zegordi et al., 2012). ابراهیمی نژاد و همکاران (Ebrahimnejad, Mousavi, & Seyrafiانpour, 2010) از رویکرد فازی چند هدفه جهت شناسایی و ارزیابی ریسک در پروژه‌ها استفاده نمودند. در این تحقیق از روش‌های لینمپ و تاپسیس فازی استفاده شده است. (Lee, Chen, & Chang, 2008) از فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی و ارزیابی متوازن جهت ارزیابی عملکرد دایره فناوری اطلاعات صنایع تولیدی کشور تایوان استفاده نمودند. نتایج این پژوهش نشان داد که سیستم فازی می‌تواند از طریق ارائه راهکارهای اصلاحی منجر به بهبود عملکرد در واحدهای فناوری اطلاعات شرکت‌های تولیدی گردد.

بمنظور ایجاد یک مدل مناسب جهت شناسایی و ارزیابی ریسک‌های اقتصادی پروژه در سه فاز طراحی، تدارکات و اجرا مطالعات مختلفی انجام گرفت و نهایتاً مدل فوق طراحی شد، جدول شماره ۱ هفت مرحله مدل را نشان می‌دهد.

جدول شماره (۱): الگوریتم تحقیق

مرحله	عملیات	روش پیشنهادی
۱	تشکیل ساختار شکت ریسک پروژه	مطالعه و مصاحبه
۲	شناسایی ریسک	طوفان ذهنی - دلفی
۳	شناسایی شاخصها	مطالعه و مصاحبه
۴	وزن دهی به شاخصها	مقایسات زوجی فازی مثلثی
۵	طراحی پرسشنامه و جمع‌آوری داده‌ها	لیکرت - کرونباخ - وزن دهی به تصمیم‌گیرندگان
۶	فازی سازی اطلاعات	فازی مثلثی
۷	رتبه بندی ریسک‌ها	تاپسیس فازی

در حوزه اقتصادی ریسک‌های فراوانی وجود دارد که اکثراً از چهار منبع ریسک یعنی تورم، انرژی، مالی و پولی و جریان نقدی نشات می‌گیرند و چهار بعد نامبرده می‌تواند تفکیک مناسبی برای ریسک‌ها باشد.

جدول شماره (۲): ساختار شکست ریسک پروژه (Project Management Institute, 2008)

ریسک کل پروژه				
مدیریتی	ساخت	سیاسی	مربوط به قرارداد	اقتصادی
بهره وری	تجهیزات	شرایط محیطی	پرداخت‌ها	تورم
کیفیت	نیروی انسانی	پیش بینی نشده	تاخیرها	انرژی
ایمنی	مصرفی	اقدامات دولتی	تغییرات	مالی و پولی
اشتباهات	هزینه‌های سرمایه‌ای	تحریم‌ها	فروش خوشبینانه	جریان نقدی
منافع به مخارج	ریسک ساخت یا تولید	زمانبندی	هزینه‌های توسعه	

شناسایی ریسک که از طریق مصاحبه، مطالعات و مشاهدات ریسک‌هایی استخراج شده و نهایتاً با تشکیل جلساتی مثل دلفی و طوفان ذهن با افراد خبره ریسک‌های نهایی می‌شوند. بعد از شناسایی شدن ریسک می‌بایست به شناسایی و استخراج شاخص‌های ارزیابی پرداخته شود. در این مرحله مطالعات گسترده و استفاده از تجربیات افراد خبره روش نسبتاً مناسبی است.

جدول شماره (۳): شاخص‌های شناسایی شده

ردیف	کد	شاخص
۱	I _۱	نرخ منابع انسانی
۲	I _۲	نرخ ماشین آلات
۳	I _۳	نرخ متریکال مصرفی
۴	I _۴	هزینه‌های غیر مستقیم
۵	I _۵	نرخ انرژی
۶	I _۶	نرخ بهره
۷	I _۷	نرخ ارز
۸	I _۸	نرخ مالیات‌ها
۹	I _۹	نرخ حمل و نقل
۱۰	I _{۱۰}	نرخ اقلام تامینی
۱۱	I _{۱۱}	توقفات کاری
۱۲	I _{۱۲}	تغییرات نقشه‌ای و رویژن‌ها

در این مدل از روش مقایسات زوجی (روش ساعتی) استفاده شد (Azar & Faraji, 2009). که با استفاده از میانگین هندسی، وزن هر شاخص به صورت فازی مثلثی به دست می‌آید.

جدول شماره (۴): ضرایب اهمیت

جدول ضرایب اهمیت شاخص‌ها					
شاخص	c	b	a	(a,b,c)	مقدار
ترجیح یکسان	۱	۱	۱	(۱, ۱, ۱)	۱

۲	(۱, ۱, ۲)	۱	۱	۲	یکسان تا نسبتاً مرجع
۳	(۱, ۲, ۳)	۱	۲	۳	نسبتاً مرجع
۴	(۲, ۳, ۴)	۲	۳	۴	نسبتاً تا قویاً مرجع
۵	(۳, ۴, ۵)	۳	۴	۵	قویاً مرجع
۶	(۴, ۵, ۶)	۴	۵	۶	قویاً تا بسیار قوی مرجع
۷	(۵, ۶, ۷)	۵	۶	۷	ترجیح بسیار قوی
۸	(۶, ۷, ۸)	۶	۷	۸	بسیار تا بی اندازه مرجع
۹	(۷, ۸, ۹)	۷	۸	۹	بی اندازه مرجع

$$\text{رابطه (۱) فرمول میانگین هندسی} \quad \left(\prod_{i=1}^n a_i\right)^{\frac{1}{n}} = \sqrt[n]{a_1 \cdot a_2 \dots a_n}$$

در این مرحله با استفاده از پرسشنامه پنج گزینه‌ای لیکرت اطلاعات لازم اخذ می‌شود که به منظور بهینه سازی گزینه‌ها از ضریبی برای تصمیم گیرندگان بر اساس سابقه کاری استفاده می‌شود. برای روایی پرسشنامه از سه استاد دانشگاه نظر خواهی شده و برای پایایی از روش آلفای کرونباخ استفاده شده است.

جدول شماره (۵): جدول متغیرهای زبانی و ضرایب تصمیم گیرندگان

شدت		جدول ضریب وزنی تصمیم گیرندگان		احتمال	
تغییر هزینه پروژه	متغیر	ردیف	سابقه	ضریب	احتمال وقوع در طول پروژه
۱ تا ۲ درصد	خیلی کم	۱	زیر ۲ سال	۱	۱ تا ۲ درصد
۲ تا ۵ درصد	کم	۲	۲ تا ۴ سال	۲	۲ تا ۵ درصد
۵ تا ۱۰ درصد	متوسط	۳	۴ تا ۷ سال	۳	۵ تا ۱۰ درصد
۱۰ تا ۲۰ درصد	زیاد	۴	۷ تا ۱۰ سال	۴	۱۰ تا ۲۰ درصد
بیش از ۲۰ درصد	خیلی زیاد	۵	بالای ۱۰ سال	۵	بیش از ۲۰ درصد

جهت بررسی اعتبار پرسشنامه از روش محاسبه ضریب آلفای کرونباخ (رابطه ۲) استفاده شد. در مجموع روشهای مختلفی برای سنجش پایایی وجود دارد که از جمله آنها می‌توان به محاسبه پایایی از طریق آزمون - بازآزمون، فرم‌های هم‌تا، مقایسه داخلی و امتیاز دهنده نام برد (تال و هاوکینز، ۱۳۸۳، ص ۴۱۲-۴۰۸). نظر به اینکه پرسشنامه به صورت طیف لیکرت طراحی شده و در واقع از نوع نگرش سنج می‌باشد، به همین جهت مناسب‌ترین روش برای محاسبه اعتبار، ضریب آلفای کرونباخ است:

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left(\frac{\sum S_i^2 - S_t^2}{S_t^2} \right) \quad \text{رابطه (۲) فرمول آلفای کرونباخ}$$

روایی محتوایی به منظور بررسی اجزای تشکیل دهنده یک پرسشنامه یا ابزار به کار برده می‌شود و به سوال‌های تشکیل دهنده آن بستگی دارد. اگر سوال‌های ابزار معرف ویژگی‌ها و مهارت‌های ویژه‌ای باشند که محقق قصد اندازه گیری آنها را داشته باشد،

پرسشنامه دارای روایی است. روایی محتوایی معمولاً در حین طراحی ابزار و توسط افرادی متخصص در موضوع مورد مطالعه تعیین می‌شود (سرمد و دیگران، ۱۳۸۳، ص ۱۷۱-۱۷۰).

در این مرحله داده‌های پرسشنامه که اطلاعات شدت و احتمال ریسک‌ها هستند از طریق الگوریتم فازی تاپسیس رتبه بندی شد.

جدول شماره (۶): عبارات زبانی و اعداد فازی

مقدار	(a,b,c)	a	b	c	شاخص
۱	(۱,۱,۲)	۱	۱	۲	خیلی کم
۲	(۱,۲,۳)	۱	۲	۳	کم
۳	(۲,۳,۴)	۲	۳	۴	متوسط
۴	(۳,۴,۵)	۳	۴	۵	زیاد
۵	(۴,۵,۵)	۴	۵	۵	خیلی زیاد

نرمال سازی یا بی مقیاس کردن ماتریس تصمیم‌گیری

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

رابطه (۳) فرمول نرمال سازی

$$V = N * W_{n,m}$$

رابطه (۴) فرمول وزن دار کردن

رابطه (۵) فرمول گزینه ایده‌آل مثبت

$$A^+ = \{(\max v_{ij} | j \in J), (\min v_{ij} | j \in J) | i = 1, \dots, m\} = \{v + 1, v + 2, \dots, v + n\}$$

رابطه (۶) فرمول گزینه ایده‌آل منفی

$$A^- = \{(\min v_{ij} | j \in J), (\max v_{ij} | j \in J) | i = 1, \dots, m\} = \{v - 1, v - 2, \dots, v - n\}$$

برای یافتن فاصله از ایده‌آل مثبت و منفی از روابط زیر استفاده می‌کنیم.

$$d(m_1, m_2) = \left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right) \left(\sqrt{(a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 + (c_1 - c_2)^2}\right) \quad (۷)$$

رابطه (۸) فرمول فاصله هر گزینه از گزینه ایده‌آل

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, m,$$

رابطه (۹) فرمول فاصله هر گزینه از گزینه ایده‌آل

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, m,$$

بمنظور محاسبه نزدیکی نسبی A_i به راه‌حل ایده‌آل از رابطه ۱۰ استفاده می‌کنیم که در این تحقیق با توجه به هدف مدل که رتبه بندی ریسک‌ها از پرخطرترین ریسک به کم خطرترین می‌باشد پرخطرترین ریسک می‌بایست دارای کمترین مقدار CL باشد. رابطه (۱۰)

$$C_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad \text{and } 0 \leq C_i \leq 1.$$

در تحقیق فوق الگوریتم پیشنهادی، بر روی دو پالایشگاه در جنوب کشور که به صورت EPC در حال اجرا بودند، پیاده سازی شد و نتایج آن به صورت زیر به دست آمد. با بررسی موارد ریسک در سه دیسپلین پروژه‌های EPC ده حوزه برای ریسک‌ها تعیین گردید که طبق جدول ذیل در فاز طراحی از بعد انرژی و در فاز اجرا از بعد مالی و پولی حوزه ریسک شناسایی نشده است.

جدول شماره (۷): ساختار شکست ریسک‌ها در سه دیسپلین

پروژه EPC نفت و گاز				
براساس فاز	جریان نقدی	مالی و پولی	انرژی	تورم
طراحی (E)	۱	۱	۰	۱
تدارکات (P)	۱	۱	۱	۱
اجرا (C)	۱	۰	۱	۱

پس از مطالعات انجام شده و رأی زنی با چند مدیر فعال در صنعت پالایشگاه ریسک‌های شناسایی شده به صورت جدول شماره ۸ تدوین شدند. ریسک‌های فوق در سه دیسپلین طراحی، خرید و اجرا تفکیک شدند تا بتوان تأثیر ریسک‌های اقتصادی را بر سه فاز اصلی پروژه EPC اولویت بندی نمود.

جدول شماره (۸): ریسک‌های شناسایی شده

Ri	ردیف	فاز	منبع ریسک	ریسک شناسایی شده
R1	۱	طراحی	تورم	افزایش هزینه پروژه مربوط به طراحی پایه و تفصیلی
R2	۲	طراحی	مالی و پولی	افزایش هزینه‌های مربوط به خرید لایسنس
R3	۳	طراحی	نقدینگی	افزایش دوباره کاری‌ها و توقفات کاری در دیسپلین طراحی
R4	۱	تدارکات	تورم	افزایش قیمت اقلام پروژه ناشی از تورم
R5	۲	تدارکات	انرژی	افزایش هزینه‌های حمل و نقل در تأمین اقلام پروژه به دلیل تغییرات نرخ انرژی
R6	۳	تدارکات	نقدینگی	هزینه‌های تحمیل شده به دلیل عدم نقدینگی مناسب برای تأمین به موقع اقلام
R7	۴	تدارکات	مالی و پولی	افزایش هزینه‌های مربوط به خرید اقلام ناشی از تغییرات نرخ ارز
R8	۱	اجرا	انرژی	افزایش هزینه‌های مربوط به تأمین سوخت و انرژی دیسپلین اجرا
R9	۲	اجرا	تورم	افزایش هزینه‌های پروژه مربوط به اجرا

R10 ۳ اجرا نقدینگی افزایش دوباره کاری‌ها و توقفات کاری در دیسپلین اجرا

جدول شماره ۹ که اعداد مقایسات زوجی را نشان می‌دهد با استفاده از مصاحبه حضوری با ۶ مهندس فعال در دیسپلین برنامه‌ریزی و کنترل پروژه و هزینه سه پروژه پالایشگاهی انجام گردید و اعداد ارجحیت شاخص به دست آمد. جدول شماره (۹): مقایسات زوجی

ماتریس مقایسات زوجی شاخص‌ها	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8	I_9	I_{10}	I_{11}	I_{12}	
نرخ منابع انسانی	I_1	۱	۰/۲۵	۰/۳	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۵	۰/۳۳	۰/۲	۰/۳۳	۰/۶	۰/۲	۰/۳۳
نرخ ماشین آلات	I_2	۴	۱	۱	۰/۵	۰/۵	۱	۰/۲	۴	۱	۰/۲۵	۳	۲
نرخ متریکال مصرفی	I_3	۳	۱	۱	۰/۵	۰/۳۳	۲	۰/۲	۳	۲	۰/۲۵	۱	۲
هزینه‌های غیر مستقیم	I_4	۴	۲	۱	۱	۱	۳	۰/۳۳	۳	۰/۳۳	۰/۲۵	۲	۴
نرخ انرژی	I_5	۴	۲	۲	۱	۱	۰/۵	۰/۲۵	۵	۰/۵	۰/۳۳	۰/۵	۱
نرخ بهره	I_6	۲	۱	۰/۵	۲	۲	۱	۰/۲۵	۱	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۵	۰/۵
نرخ ارز	I_7	۳	۵	۵	۳	۴	۴	۱	۵	۱	۱	۳	۴
نرخ مالیات‌ها	I_8	۴	۰/۲۵	۰/۳	۰/۳۳	۰/۲	۱	۰/۲	۱	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۵	۱
نرخ حمل‌ونقل	I_9	۳	۲	۰/۵	۳	۲	۳	۱	۴	۱	۰/۵	۳	۳
نرخ اقلام تامینی	I_{10}	۶	۴	۴	۴	۳	۳	۱	۴	۲	۱	۴	۴
توقفات کاری	I_{11}	۵	۰/۳۳	۱	۰/۵	۲	۲	۰/۳۳	۲	۰/۳۳	۰/۲۵	۲	۲
تغییرات نقشه‌ای و رویژن	I_{12}	۳	۰/۵	۰/۵	۰/۲۵	۱	۲	۰/۲۵	۱	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۵	۱

در جدول شماره ۱۰ رتبه شاخص‌ها آورده شده است. با توجه به جدول وزن‌های به دست آمده رتبه‌ی اهمیت هر شاخص مشخص شده که پر اهمیت‌ترین شاخص نرخ اقلام تامینی و کم اهمیت‌ترین آن نرخ منابع انسانی است.

جدول شماره (۱۰): وزن فازی شاخص‌ها

ماتریس مقایسات زوجی شاخص‌ها	رتبه شاخص	وزن شاخص (فازی مثلثی)			
نرخ منابع انسانی	I_1	۱۲	۰/۰۰۸	۰/۰۱۰	۰/۱۶۰
نرخ ماشین آلات	I_2	۶	۰/۰۰۰۱۹	۰/۰۲۵	۰/۰۳۱
نرخ متریکال مصرفی	I_3	۷	۰/۰۱۶	۰/۰۲۱	۰/۰۳۰
هزینه‌های غیر مستقیم	I_4	۴	۰/۰۲۰	۰/۰۲۷	۰/۰۴۱
نرخ انرژی	I_5	۵	۰/۰۱۹	۰/۰۲۷	۰/۰۳۴
نرخ بهره	I_6	۹	۰/۰۱۴	۰/۰۱۹	۰/۰۲۶

۲	۰/۰۶۸	۰/۰۵۴	۰/۰۳۸	I_7	نرخ ارز
۱۱	۰/۰۱۹	۰/۰۱۴	۰/۰۱۱	I_8	نرخ مالیات‌ها
۳	۰/۰۴۶	۰/۰۳۶	۰/۰۲۳	I_9	نرخ حمل‌ونقل
۱	۰/۰۷۲	۰/۰۵۴	۰/۰۳۹	I_{10}	نرخ اقلام تامینی
۸	۰/۰۳۳	۰/۰۲۱	۰/۰۱۷	I_{11}	توقفات کاری
۱۰	۰/۰۲۴	۰/۰۱۸	۰/۰۱۳	I_{12}	تغییرات نقشه‌ای و رویژن‌ها

پرسشنامه در اختیار ۵۵ نفر از مهندسين فعال در حوزه پالایشگاه قرار گرفت و احتمال وقوع و شدت ریسک‌های شناسایی شده مورد سنجش واقع شد. در خصوص روایی این پرسشنامه که بر اساس تجربیات کاری و مصاحبات با افراد صاحب نظر طراحی گردیده و نهایتاً با اعمال نظرات سه استاد دانشگاه نهایی گردید. همچنین نتایج نشان می‌دهد که ضریب آلفای محاسبه شده براساس رابطه شماره ۲ برای کل پرسشنامه‌ها برابر ۰.۸۸ است. با توجه به این که ضرایب پایایی محاسبه شده از ۰.۷ بیشتر است، لذا می‌توان نتیجه گرفت که پرسشنامه مورد استفاده از پایایی تحقیقی لازم برخوردار می‌باشد. با توجه به پرسشنامه‌ها و با استفاده از ضرایب جدول ۵ دو ماتریس شدت و احتمال ریسک‌ها به دست آمده است. ماتریس نرمال شده تصمیم‌گیری مدل با استفاده از رابطه ۳ به دست می‌آید و پس از آن وزن هر شاخص که به صورت عددی فازی می‌باشد (جدول ۱۰) طبق رابطه ۴ در ماتریس نرمال شده ضرب می‌گردد.

جدول شماره (۱۱): جدول شدت * احتمال (تصمیم‌گیری) فازی مثلثی

D	ماتریس شدت * احتمال																	
	I_7	I_8	I_9	I_{10}	I_{11}	I_{12}												
R_1	۲	۶	۱۲	۱	۲	۶	۱	۱	۴	۲	۳	۸	۶	۱۲	۲۰	۸	۱۵	۲
R_2	۱۶	۲۵	۲۵	۱	۴	۹	۱	۱	۴	۱	۱	۴	۲	۳	۸	۶	۱۲	۲
R_3	۱	۲	۶	۱	۲	۵	۶	۱	۴	۱	۱	۴	۱۲	۲۰	۲۵	۱۶	۲۵	۲
R_4	۴	۱۰	۱۵	۴	۹	۱۶	۳	۴	۱۰	۱۶	۲۵	۲۵	۹	۱۶	۲۵	۹	۱۶	۲
R_5	۱۲	۲۰	۲۵	۲	۶	۱۲	۸	۱۵	۲۰	۲	۳	۸	۳	۸	۱۵	۱	۲	۶
R_6	۱۲	۲۰	۲۵	۱۲	۲۰	۲۵	۱	۴	۹	۳	۴	۱۰	۱۲	۲۰	۲۵	۳	۴	۱
R_7	۱۶	۲۵	۲۵	۹	۱۶	۲۵	۲	۶	۱۲	۱۲	۲۰	۲۵	۳	۸	۱۵	۶	۱۲	۲
R_8	۱	۱	۴	۲	۳	۸	۶	۱۲	۲۰	۱	۱	۴	۹	۱۶	۲۵	۱	۱	۴
R_9	۱	۲	۶	۲	۳	۸	۲	۶	۱۲	۲	۳	۸	۱۲	۲۰	۲۵	۶	۱۲	۲
R_{10}	۱	۱	۴	۱	۲	۶	۱	۲	۶	۱	۱	۴	۱۶	۲۵	۲۵	۳	۸	۱
N	۲۹	۴۷	۵۵	۱۶	۲۹	۴۴	۱۱	۲۲	۳۷	۲۱	۳۳	۴۰	۳۰	۵۱	۶۸	۲۳	۴۰	۵۷
W	۰.۰۴	۰.۰۵	۰.۰۷	۰.۰۱	۰.۰۲	۰.۰۲	۰.۰۲	۰.۰۲	۰.۰۴	۰.۰۲	۰.۰۳	۰.۰۴	۰.۰۲	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۱	۰.۰۲	۰.۰۲

A+	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
A-	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

پس از حاصل شدن ماتریس وزین شده تصمیم‌گیری با گرفتن مینیمم هر ستون برای مؤلفه مثبت و ماکزیمم برای مؤلفه منفی (به دلیل اینکه تمامی شاخص‌های استفاده‌شده در مدل تحقیق ماهیتی منفی دارند و دارای تأثیر نامطلوب هستند) دو مقدار A+, A- طبق رابطه‌های ۵ و ۶ به دست می‌آید. جدول شماره ۱۲ دارای مقادیر d+, d- است که از فرمول فاصله ایده‌آل منفی و مثبت ایجاد می‌گردد. اطلاعات این جدول با استفاده از روابط ۷ و ۸ و ۹ و ۱۰ به دست آمده است.

جدول شماره (۱۲): جدول نزدیکی نسبی به راه‌حل ایده‌آل

	d+	d-	CL+
R _۱	۰/۰۲۸۸۰	R _۱ ۰/۱۴۵۴۸	R _۱ ۰/۸۳۴۷۷۳۳۰۴۳
R _۲	۰/۰۳۸۹۶	R _۲ ۰/۱۳۳۴۸	R _۲ ۰/۷۷۴۳۹۰۴۴
R _۳	۰/۰۲۹۲۷	R _۳ ۰/۱۴۳۴۵	R _۳ ۰/۸۳۰۶۶۵۶۹۸
R _۴	۰/۰۸۸۴۵	R _۴ ۰/۰۸۶۶۷	R _۴ ۰/۴۹۴۴۹۸۲۳۶۷
R _۵	۰/۰۷۴۷۹	R _۵ ۰/۱۰۰۰۴	R _۵ ۰/۵۷۲۲۱۷۴۵۸۹
R _۶	۰/۰۶۵۲۷	R _۶ ۰/۱۰۹۵۱	R _۶ ۰/۶۲۴۹۳۱۷۸۹
R _۷	۰/۰۸۸۷۷	R _۷ ۰/۰۸۶۹۸	R _۷ ۰/۴۹۴۸۸۰۴۸۷۶
R _۸	۰/۰۵۸۷۴	R _۸ ۰/۱۱۶۶۶	R _۸ ۰/۶۶۵۱۱۹۸۷۲۳
R _۹	۰/۰۷۸۱۴	R _۹ ۰/۰۹۶۵۰	R _۹ ۰/۵۵۲۵۶۲۷۷۴۹
R _{۱۰}	۰/۰۳۹۷۶	R _{۱۰} ۰/۱۳۵۶۲	R _{۱۰} ۰/۷۷۳۲۷۱۱۹۰۷

جدول شماره (۱۳): جدول مقایسه‌ای ۴ روش رتبه بندی

کارشناسی	RP	تاپیس	تاپیس فازی	Ri	دیسپیلین	منبع ریسک	ریسک شناسایی شده
۱۰	۹	۱۰	۱۰	R _۱	طراحی	تورم	افزایش هزینه پروژه مربوط به طراحی پایه و تفصیلی
۸	۱۰	۵	۸	R _۲	طراحی	مالی و پولی	افزایش هزینه‌های مربوط به خرید لایسنس
۹	۸	۹	۹	R _۳	طراحی	نقدینگی	افزایش دوباره‌کاری‌ها و توقفات کاری در دیسپیلین طراحی
۲	۱	۲	۲	R _۴	تدارکات	تورم	افزایش قیمت اقلام پروژه ناشی از تورم

R _۵	تدارکات	انرژی	افزایش هزینه‌های حمل‌ونقل در تأمین اقلام پروژه به دلیل تغییرات نرخ انرژی	۴	۵	۳	۴
R _۶	تدارکات	نقدینگی	هزینه‌های تحمیل شده به دلیل عدم نقدینگی مناسب برای تأمین به‌موقع اقلام	۵	۶	۴	۵
R _۷	تدارکات	مالی و پولی	افزایش هزینه‌های مربوط به خرید اقلام ناشی از تغییرات نرخ ارز	۲	۲	۱	۱
R _۸	اجرا	انرژی	دیسپیلین اجرا افزایش هزینه‌های مربوط به تأمین سوخت و انرژی	۶	۷	۷	۶
R _۹	اجرا	تورم	افزایش هزینه‌های پروژه مربوط به اجرا	۳	۳	۶	۳
R _{۱۰}	اجرا	نقدینگی	افزایش دوباره‌کاری‌ها و توقفات کاری در دیسپیلین اجرا	۷	۴	۸	۷

۳- نتایج و بحث

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود جدول شماره ۱۳ رتبه بندی ریسک‌ها به وسیله ۴ روش کارشناسی (روش کارشناسی رتبه‌بندی این ۱۰ ریسک توسط هم‌فکری دو مدیر پروژه فعال در حوزه نفت و گاز می‌باشد.)، RP (Risk Priority)، تاپسیس و تاپسیس فازی را نشان می‌دهد. با توجه به تفاوت‌های مشاهده شده بین ۴ روش در جدول ۱۷، نتیجه‌گیری می‌شود که استفاده از ریاضیات فازی در علم تصمیم‌گیری و رتبه‌بندی حائز اهمیت بوده و روش تاپسیس فازی و تاپسیس در این مطالعه موردی به میزان ۶۰٪ مغایرت دارند. بیشترین و چشمگیرترین تفاوت در رتبه ۱ و ۲ ریسک‌ها است که روش‌های تاپسیس فازی و تاپسیس رتبه ۱ را به ریسک ۷ داده‌اند و دو روش دیگر رتبه ۲ را همچنین در خصوص ریسک شماره ۴ رتبه ۱ را روش کارشناسی و RP و روش فازی تاپسیس و تاپسیس رتبه ۲. در خصوص مقایسه روش فازی تاپسیس و تاپسیس مشاهده می‌شود که تنها ۴۰٪ ریسک‌ها به‌صورت یکسان رتبه بندی

شده‌اند یعنی ریسک‌های شماره ۱ و ۳ و ۴ و ۷ و بقیه ریسک‌ها در این دو روش رتبه یکسانی ندارند. در خصوص رتبه‌های آخر ریسک‌ها مانند تأثیر تورم بر فاز طراحی پروژه با توجه به اینکه درصد خیلی کم و تقریباً ناچیز از هزینه‌های هر پروژه را در برمی‌گیرد رتبه ریسک فوق منطقی به نظر می‌رسد.

همچنین با نگاه اجمالی به جدول ۱۳ ملاحظه می‌گردد نوسانات نرخ ارز (مالی و پولی) و تورم قوی‌ترین منبع ریسک‌های موجود هستند که این فرضیه با توجه به وضعیت پروژه‌های نفت و گاز در چند سال اخیر و مواجه اقتصاد ملی و پروژه‌ای با ریسک‌های مختلف اقتصادی از جمله تورم و نرخ ارز فرضی نسبتاً درست به نظر می‌رسد. رتبه اول و دوم ریسک‌ها مربوط به دیسپیلین تدارکات پروژه می‌باشد که با فاکتور وزنی این دیسپیلین که در اکثر پروژه‌های نفت و گاز حدوداً ۷۰ تا ۸۰ درصد هزینه‌های کل پروژه می‌باشد تحلیل مناسبی است. در خصوص ریسک‌های رتبه ۳ و ۴ که اولی مربوط به دیسپیلین اجرا با منبع ریسکی تورم می‌باشد و دومی مربوط به هزینه‌های حمل‌ونقل تدارکات رتبه‌های اولویت‌بندی شده همخوانی مناسبی با داده‌های واقعی و مشاهدات محقق در پروژه‌های نفت و گاز را داراست.

حجم بالای سرمایه و نیاز مبرم صنعت کشور برای توسعه و ایجاد پتروشیمی و پالایشگاه‌ها در حوزه نفت و گاز که ارتباط تنگاتنگی با اقتصاد ملی دارد نیازمند مدیریت ریسک مناسب به‌منظور اتمام پروژه‌ها با مدیریت و کنترل مناسب ریسک‌هاست که تحقیق فوق با دارا بودن دو مرحله از مراحل مدیریت ریسک طبق استاندارد PMBOK می‌تواند با توجه به مدل ارائه‌شده در تحقیق بسته یا پکیج ریسک برون‌سازمانی (External) که اکثراً ریسک‌های اقتصادی پروژه هستند، رتبه بندی و ارزیابی نماید. به‌منظور بهبود در داده‌ها می‌توان از اطلاعات پروژه‌های انجام‌شده استفاده کرد. مدل فوق قادر به دسته‌بندی ریسک‌های مختلف

با شاخص‌های مختلف را داراست که می‌تواند از دیدگاه‌های کارفرمایی و پیمانکاری ریسک‌ها را رتبه بندی نماید. در تحقیقات آتی می‌توان بجای استفاده از پرسشنامه‌های مختلف از داده‌های واقعی پروژه‌های پیشین و همچنین نرخ‌های شاخص‌های اقتصادی موجود مانند تورم بهره جست. همچنین موارد مربوط به پاسخ‌دهی‌ها و ارزیابی راهکارهای موجود نیز می‌تواند موضوعات مناسبی باشد.

۴- منابع

1. Amer, M., Jiayin, P., & Zayed, T. (2008). Assessing risk and uncertainty inherent in chine highway projects using AHP. *International Journal of Project Management*, 26, 11.
2. Azar, A., & Faraji, M. (2009). *Fuzzy Management Science*. Tehran: Amir-Kabir.
3. Ebrahimnejad, S., Mousavi, S. M., & Seyrafiyanpour, H. (2010). Risk identification and assessment for build-operate-transfer projects: A fuzzy multi attribute decision making model. *Expert Systems with Applications* 2008, 37, 12.
4. Krane, H. s. p., Asbjorn, R., & Nils, O. (2010). Categorizing Risks in Seven Large Project Which Risks Do the Projects Focus On? *Project Management Journal*.
5. Lee, A. H., Chen, W., & Chang, C. (2008). 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), 12.
6. Nieto- Morote, A., & Ruz-Vila, F. (2010). A fuzzy approach to construction 3 project risk assessment. *International Journal of Project Management*.
7. Project Management Institute (2008). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge: (PMBOK Guide)*, 4th Edition, Maryland.
8. Sabzeparvar, M. (2012). *Project Control*. Tehran: Termeh.
9. Sun, Y., Huang, R., Chen, D., & Li, H. n. (2008). Fuzzy Set Based Risk Evaluation Model for RealEstate Projects. *Tsinghua Sciene and Technology*, 13, 7.
10. Wang, J., & Sun, Y. (2012). The Intuitionistic Fuzzy Sets on Evaluation of Risks in Projects of Energy Management Contract.
11. Yoon, K., & Hwang, C. L. (1985). Manufacturing plant location analysis by multiple attribute decision making: Part II, Multi-plant strategy and plant relocation. *International Journal of Production Research*, 23(2), 9.
12. Zegordi, S. H., Rezaee, & NikNazari. (2012). Power Plant Project Risk Assessment Using a Fuzzy-ANP and Fuz.