نشریه علمی - پژوهشی مهندسی سازه و ساخت، دوره ۷، شماره ویژه ۲، سال ۱۳۹۹، صفحه ۱۰۱ تا ۱۲۳

نشریه مهندسی سازه و ساخت
(علمی - پژوهشی)

www.jsce.ir

شناسایی و ارزیابی ریسک در پروژه‌های ساخت پتروشیمی در ایران؛ مطالعه موردی: هلدینگ پتروشیمی باختر

محمد شریعتمداری[۱]، نسیم نهاوندی[۲*]

۱-دانشجوی دکتری تخصصی، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه تربیت مدرس، تهران ، ایران
۲- دانشیار، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه تربیت مدرس، تهران ، ایران

چکیده

یکی از اساسی‌ترین موضوعات مطرح در بسیاری از سازمان‌های پروژه‌محور، مدیریت ریسک پروژه‌های درحال انجام آن سازمان است. در این راستا در گام نخست می‌بایست ریسک‌های بالقوه پروژه‌ها، تحت ساختاری نظام‌مند و فراگیر، شناسایی شده و پس از آن با بهره‌گیری از روش‌های مناسب و مطلوب به ارزیابی آن‌ها از حیث احتمال رخداد و نیز میزان اثرگذاری آن‌ها بر اهداف پروژه پرداخته شود. در این مطالعه، با در نظرگیری شرکت هلدینگ پتروشیمی باختر به عنوان یکی از بزرگترین شرکت‌های ایجاد کننده و بهره‌بردار پروژه‌های پتروشیمی در ایران به عنوان مطالعه موردی، به شناسایی و ارزیابی عدم‌قطعیت‌ها و ریسک‌های جاری و محتمل پروژه‌های ساخت پتروشیمی در ایران پرداخته شده است. برای شناسایی ریسک‌ها از دو روش بررسی مستندات و مصاحبه بهره برده شده است. این فرآیند منجر به شناسایی و طبقه‌بندی ۱۰۴ ریسک بالقوه در پروژه‌های پتروشیمی، در دو دسته و ۸ زیردسته، شده است. همچنین از آن‌جا که ارزیابی ریسک‌ها یک فرآیند تصمیم‌گیری شهودی، ذهنی و وابسته به تجربیات گذشته است، برای این مرحله از روش منطق شهودی استفاده شده است. روش منطق شهودی که روشی مبتنی بر تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه و تئوری شواهد دمپستر-شافر است، برای مواجهه با چنین قضاوت‌های شهودی و نادقیقی که در فضایی نامطمئن و با نقص در دسترسی به اطلاعات و شواهد انجام می‌گیرد، روشی کارا و سودمند است. استفاده از این روش، علاوه بر ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک‌های شناسایی شده، منجر به اندازه‌گیری سطح شناخت از ریسک‌های شناسایی شده نیز شده است.

کلمات کلیدی: عدم‌قطعیت و ریسک، پروژه‌های ساخت پتروشیمی در ایران، شناسایی ریسک، ارزیابی ریسک، تئوری شواهد دمپستر-شافر، روش منطق شهودی (ER).

سابقه مقاله:					شناسه دیجیتال:
دریافت	بازنگری	پذیرش	انتشار آنلاین	چاپ	10.22065/JSCE.2018.132587.1563
۱۳۹۷/۰۲/۳۰	۱۳۹۷/۰۷/۲۴	۱۳۹۷/۰۹/۲۴	۱۳۹۹/۰۴/۰۱	۱۳۹۹/۰۴/۰۱	doi: 10.22065/JSCE.2018.132587.1563

*نویسنده مسئول: نسیم نهاوندی

پست الکترونیکی: n_nahavandi@modares.ac.ir

Numerical Analysis on the Influence of the Cross Section of Ultimate Capacity of Reinforced Concrete Columns Reinforced with CFRP

Mohammad Shariatmadari[1] ,Nasim Nahavandi[2]

Faculty of Industrial & Systems Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

ABSTRACT

One of the most important issues in many project-oriented organizations is the risk management of the ongoing projects of that organization. In this regard, in the first step, the potential risks of projects should be identified under a systematic and comprehensive scheme, and then, using appropriate and desirable methods, they should be evaluated in terms of their probability and their impact on project goals. In this study, considering Bakhtar Petrochemical Company, a holding company, as one of the largest companies that construct and operate petrochemical projects in Iran as a case study, the current and potential uncertainties and risks of petrochemical projects in Iran have been identified and evaluated. Two methods, namely documentation review and interview, have been used to identify risks. This procedure has led to the identification and classification of 104 potential risks in petrochemical projects in two categories and eight sub-categories. Also, since the risk assessment is an evidential, intuitive, and empirical decision-making process, the Evidential Reasoning approach has been used for this stage. Evidential Reasoning, based on the Multi-Attribute Decision-Making approach and Dempster-Shafer's Theory of Evidence, is a useful and effective method to deal with overly intuitive and inaccurate judgments made in this uncertain environment. Using this method, in addition to assessing and ranking the identified risks, has also produced a measurement of the level of recognition of the identified risks.

ARTICLE INFO

Receive Date: 20 May 2018
Revise Date: 16 October 2018
Accept Date: 15 December 2018

Keywords:
Petrochemical Projects in Iran, Risk Identification, Risk Assessment, Dempster-Shafer's Theory of Evidence, Evidential Reasoning Approach

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: 10.22065/JSCE.2018.132587.1563

*Corresponding author: Nasim Nahavandi
Email address: n_nahavandi@modares.ac.ir

۱- مقدمه

هر پروژه دارای عدم‌قطعیت و ریسک‌هایی[1] است که از فاکتورهای داخلی و خارجی نشأت می‌گیرند. عدم‌قطعیت در تمامی جنبه-های پروژه‌های مهندسی-خرید-ساخت (EPC)[2] وجود دارد [۱]. کارفرمایان و پیمانکاران می‌بایست تمامی فاکتورهای ریسک موجود در سازمانشان و نیز محیط پیرامونشان را، که بصورت بالقوه وجود دارند، شناسایی کنند [۲]. ریسک‌ها می‌بایست یا مورد اجتناب قرار گیرند، یا کاهش داده شده، و یا پذیرفته شوند ولیکن نبایست مورد غفلت قرار گیرند [۳]. چادری و همکارانش [۴] معتقدند که می‌بایست برای تمامی ریسک‌های قریب‌الوقوع برنامه پشتیبان مهیا گردد. این برنامه‌ها می‌بایست پیش‌بینی کاهش، و تدارکات پاسخ‌دهی مناسب برای تمامی رخدادهای منفی که ممکن است رخ دهند را دربرگیرند. ریسک‌ها پویا هستند و در طول زمان تغییر می‌کنند: بسیاری از پروژه‌ها متحمل هزینه‌های اضافی و یا تأخیراتی می‌گردند که ناشی از عدم درنظرگیری ریسک‌ها است. آدافین و همکارانش [۵] نشان داده‌اند که نتایج واقعی پروژه معمولاً از آنچه که انتظار می‌رود ضعیفتر بوده و هزینه‌های پروژه‌ها نیز فراتر از هزینه‌های تخمین زده شده است. از طرف دیگر در بسیاری موارد پیمانکاران بدلیل کمبود زمان برای ارائه پیشنهادهای مالی خود ممکن است با این ریسک روبه‌رو گردند که هزینه-های خود را تنها براساس یک طرح کلی تخمین زده باشند. از این رو ضروری است پیمانکاران ریسک‌های بالقوه را بررسی کرده، توانایی‌های خود را تخمین زده و منابع خود را در راستای بکارگیری فرایند مدیریت ریسک، مهیا سازند. آن‌ها همچنین می‌بایست رخدادهایی را که پروژه و یا منافع پروژه را متأثر می‌سازد شناسایی کرده و آن‌ها را مدیریت و کنترل کنند [۶]. این فعالیت‌ها به افزایش سودآوری و تأمین مطلوبیت پیمانکار و کارفرما منجر خواهد شد. از این‌رو در پروژه‌ها، مدیریت ریسک باید از سوی تمامی نهادهای حاضر (کارفرما، مشاور و پیمانکار) اعمال گردد.

مدیریت ریسک از آن جهت دارای اهمیت است که این شانس را برای اعضای تیم پروژه مهیا می‌سازد که از طریق برقراری ارتباط مستمر در یک کار جمعی به شناخت و ارزیابی بهتری از ریسک‌های بالقوه پروژه دست یابند. پس از آن است که آن‌ها خواهند توانست به پاسخ‌های مناسبی در جهت کنترل و نظارت بر ریسک‌ها دست یابند [۷]. کریمی عزیمی و همکارنش [۸] و پکین و همکارانش [۳] بیان داشته‌اند که مدیریت ریسک یک فعالیت مستمر و تکرارشونده است و می‌بایست در سرتاسر اجزای پروژه و نیز مراحل مختلف آن انجام گیرد. مطالعات متعددی در ارتباط با فواید مدیریت ریسک در فاز ساخت پروژه های EPC وجود دارد. برای مثال، مدیریت ریسک می‌تواند کیفیت تخمین‌های هزینه و نیز تصمیم‌گیری در پروژه‌های ساخت را بهبود دهد [۹, ۱۰]، همچنین می‌تواند در تکمیل ساخت پروژه‌ها با زمان و هزینه تعیین شده کمک کند [۴] و نیز می‌توان منجر به کاهش هزینه‌های تخصیص یافته به مدیریت ریسک گردد [۱۱, ۱۲]. از شناسایی و ارزیابی کیفی ریسک‌های پروژه، به عنوان یکی از حیاتی‌ترین مراحل مدیریت ریسک‌ها یاد می‌شود. هدف از شناسایی ریسک فراهم آوردن لیستی از ریسک‌های محتمل است که می‌بایست در طول زمان پروژه مدیریت گردند [۱۳]. پس از آن فاکتورهای ریسکی که شناسایی شده می‌بایست از لحاظ احتمال رخداد و تغییر میزان تأثیرگذاری آن‌ها بر اهداف پروژه بررسی شوند [۱۴].

با وجود مطالعات گسترده در زمینه شناسایی و ارزیابی ریسک، توجه چندانی به شناسایی و ارزیابی ریسک‌های پروژه‌های پتروشیمی، به عنوان یکی از مهمترین و حساس‌ترین پروژه‌ها در ایران و جهان، نشده است. در این مقاله کوشش شده است تحت ساختاری نظام‌مند به شناسایی و ارزیابی ریسک‌های پروژه‌های پتروشیمی در ایران پرداخته شود. در این راه هلدینگ پتروشمی باختر به عنوان یکی از بزرگترین مجریان و بهره‌برداران صنعت پتروشیمی ایران در راستای مطالعه موردی انتخاب شده است. برای شناسایی ریسک‌ها از رویکردهای بررسی مستندات و مصاحبه استفاده شده است. از آنجاکه فرآیند ارزیابی ریسک‌های شناسایی شده در محیطی غیرقطعی و در شرایط عدم دسترسی کامل به اطلاعات و شواهد انجام می‌گیرد، برای ارزیابی ریسک‌ها از روش منطق شهودی (ER)[3] بهره برده شده است.

[1] - Uncertainties And Risks
[2] - Engineering Procurement Construction (EPC) Projects
[3] - Evidential Reasoning (ER)

این روش به هنگام ارزیابی میزان دسترسی به اطلاعات و شواهد را در نظر گرفته و ساختار مناسبی را برای تجمیع نظرات ارزیابان فراهم می‌آورد.

ساختار این مقاله بدین گونه است: در ابتدا ادبیات موضوع در خصوص شناسایی و ارزیابی ریسک و روش منطق شهودی به کفایت مرور شده است. پس از آن چهارچوب پیشنهادی برای شناسایی و ارزیابی ریسک ارائه شده است. این چهارچوب در بعد شناسایی ریسک‌ها متشکل از ۲ مرحله شناسایی اولیه ریسک‌ها از طریق بررسی مستندات و تکمیل شناسایی و طبقه‌بندی آن‌ها از طریق مصاحبه است. در بعد ارزیابی ریسک نیز این ساختار از ۵ مرحله تعیین شاخص‌های ارزیابی ریسک، تعیین اهمیت و رتبه ارزیابی، ارائه چهارچوب ارزیابی روش منطق شهودی، تجمیع ارزیابی‌ها و در نهایت رتبه‌دهی بر اساس تئوری مطلوبیت تشکیل شده است. در انتها نیز نتیجه‌گیری مطالعه ارائه شده است.

۲- ادبیات موضوع

۲-۱- شناسایی ریسک[۴]

شناسایی ریسک‌ها به معنی فرآیند تخصیص ریسک و نیز گردآوری خصوصیات آن‌ها است [۱۵]. گستره دانش مدیریت پروژه (PMBOK)[۵] دسته‌بندی ریسک‌ها را بعنوان ساختار تضمین کننده کارایی و کیفیت فرایند شناسایی ریسک معرفی می‌کند. هدف از شناسایی ریسک فراهم آوردن لیستی از ریسک‌های محتمل است که می‌بایست در طول زمان پروژه مدیریت گردند [۱۳]. شناسایی و دسته‌بندی ریسک‌ها منجر به افزایش شفافیت نگرش افراد در ارزیابی خواهد شد [۱۶, ۱۷]. شناسایی تمامی ریسک‌های پروژه، زمان‌بر و غیربهینه است از اینرو شناسایی مهمترین آن‌ها در اولویت است [۱۸]. ریسک‌های پروژه را با روش‌ها و تکنیک‌های گوناگون می‌توان شناسایی و دسته‌بندی نمود. برخی محققان در طبقه‌بندی ریسک، به منشا و ماهیت آن‌ها [۱۹, ۲۰] و برخی دیگر به نوع آن‌ها [۲۱] توجه کرده‌اند. طوفان فکری، مصاحبه، چک‌لیست، الگوگیری، روش دلفی، ارزیابی خبرگان و تجربیات گذشته پرتکرارترین روش‌های شناسایی فاکتورهای ریسک در مطالعات صورت گرفته بوده‌اند [۲۲-۲۴]. مطابق با PMBOK بهترین روش از میان روش‌های فوق، روشی است تیم مدیریت پروژه با آن آشنایی بیشتری دارند [۱۳].

شناسایی و طبقه‌بندی ریسک‌ها برای پروژه‌ها، در مطالعات متعددی انجام گرفته است. خروجی این مطالعات طبقه‌بندی تعداد کثیری از ریسک‌هایی است که بر اهداف پروژه اثرگذارند. در مطالعه‌ای کو و لو [۲۵] اثرگذاری ۲۰ ریسک را بر عملکرد پروژه‌های ساخت مورد بررسی قرار داده‌اند. این ریسک‌ها به ۵ دسته طراحی، مدیریت ساخت، اجتماعی، اقتصادی و ایمنی و حوادث طبیعی تفکیک شده‌اند. تایلان و همکارانش [۱۹]، پروژه‌هایی در عربستان سعودی را بررسی نموده و ریسک‌های کلی برای شرایط غیرقطعی را شناسایی کرده‌اند. آن‌ها ۳۰ ریسک شناسایی شده را در ۵ گروه هزینه، زمان، کیفیت، پایداری محیط و ایمنی تفکیک کرده و همچنین ۱۶ ریسک به عنوان ریسک‌های اساسی شناسایی و متمایز نموده‌اند. ال و همکارانش [۲۶] ریسک‌هایی را که بر زمان و هزینه پروژه‌ها اثرگذارند شناسایی کرده‌اند. آن‌ها ۷۰ ریسک شناسایی شده را در چهار دسته و ۱۳ زیردسته تفکیک کرده‌اند. بغدادی و کیشک [۲۷] ۵۴ ریسک مرتبط با پروژه‌های فرودگاهی را در سه گروه داخلی، خارجی و حوادث غیرقابل پیش‌بینی شناسایی کرده‌اند. لیو و همکارانش [۲۸] به بررسی ریسک‌های اجتماعی در مگاپروژه‌های حکومتی پرداخته‌اند. آن‌ها ۱۱ ریسک مرتبط را در ۵ گروه اصلی شناسایی و تفکیک کرده‌اند. سامانترا و همکارانش [۲۹] به شناسایی و ارزیابی ریسک‌های مرتبط با پروژه‌های احداث خطوط مترو پرداخته‌اند. آن‌ها ۲۰ ریسک را در ۵ دسته طراحی مهندسی، مدیریت ساخت، ایمنی ساخت، خطرات طبیعی و مسائل اجتماعی و اقتصادی شناسایی و دسته‌بندی کرده‌اند. دانگ و همکارانش [۳۰] ارزیابی الگوهای ریسک در پروژه‌های احداث جاده در ویتنام را مطالعه کرده‌اند. در این مطالعه چهار دسته مرتبط با پیمانکار، مرتبط با پروژه، مرتبط با کارفرما، و ریسک‌های خارجی برای دسته‌بندی ۵۱ ریسک شناسایی شده مورد استفاده قرار گرفته است.

[4] - Risk Identification
[5] - Project Management Body Of Knowledge (PMBOK)

ماتره و همکارانش [۳۱] به شناسایی و ارزیابی ریسک‌های پروژه‌های ساخت در هند پرداخته‌اند. آن‌ها در این مطالعه ۲۰ ریسک و ۳۲ سنجه عملکردی را مورد شناسایی و ارزیابی قرار داده‌اند.

مدیریت ریسک در پروژه‌های نفت، گاز و پتروشیمی بصورت گسترده‌ای مورد بررسی قرار نگرفته است. تنها چند مطالعه با تمرکز به مدیریت ریسک در این نوع پروژه‌ها وجود دارد. ون‌ثویت و همکارانش [۳۲] ۵۹ ریسک اصلی مرتبط با پروژه‌های نفت و گاز در ویتنام را ارزیابی کرده‌اند. در تحقیق دیگری مبین و مانان [۳۳] فاکتورهای ریسک مرتبط با قراردادهای EPC در پروژه‌های نفت و گاز را بررسی کرده‌اند، آن‌ها ۱۶۸ ریسک فاکتور را شناسایی و در ۷ دسته ذیل طبقه‌بندی کرده‌اند: مالی، انسانی، کیفی، خرید و قراردادها، مدیریت پروژه، مهندسی. الشحابی و همکارانش [۳۴] ریسک‌های مرتبط با پروژه نفت و گاز دور از خشکی را ارزیابی کرده‌اند. ۵۹ ریسک در این تحقیق شناسایی شده است که از آن میان ۹ عدد از آن‌ها بعنوان ریسک‌های حیاتی و اساسی متمایز شده‌اند.

۲-۲- ارزیابی ریسک[۶]

ارزیابی ریسک بعنوان «فرایند اولویت‌بندی ریسک‌ها برای آنالیز بیشتر براساس احتمال رخداد آن‌ها و میزان تأثیرگذاریشان» تعریف شده است [۱۵]. ارتباط مستقیمی فی‌مابین موفقیت مدیریت ریسک و موفقیت ارزیابی ریسک وجود دارد. زیرا نتایج ارزیابی ریسک در برنامه مدیریت ریسک کاربرد فراوانی دارد [۳۵]. ارزیابی ریسک تکنیکی برای ارزیابی منابع ریسک، شناسایی ریسک‌های محتمل و محاسبه اثرات بالقوه ریسک‌ها بر اهداف پروژه است [۳۶].

در ارزیابی کیفی ریسک از ابزارهای چون نمودار پارتو[۷]، آنالیز اثرات و مدل‌های خرابی (FMEA)[۸]، ماتریس احتمال و اثر ریسک[۹] و تکنیک‌های مشابه استفاده می‌شود. در روش احتمال و اثر ریسک، برای هر یک از ریسک‌ها ماتریسی دوبعدی تشکیل می‌شود بنام ماتریس سطوح ریسک[۱۰] که دو بعد آن شامل شانس یا احتمال ریسک[۱۱] و اثر، نتیجه و یا شدت ریسک[۱۲] است. احتمال ریسک بیانگر شانس رخدادن رویداد و شدت ریسک بیانگر درجه اهمیت اثرات ریسک و یا به عبارت بهتر نتایج رویدادهای مرتبط با ریسک، می‌باشد. در متن ماتریس نیز شاخص مواجهه با ریسک قرار می گیرد.

مطالعات متعددی از روش‌های تصمیم گیری با معیارهای چندگانه (MADM)[۱۳] همچون TOPSIS، AHP و ANP برای ارزیابی ریسک بهره برده‌اند. ژنگ و همگاران [۳۷] با بهره گیری از روش AHP فازی، متدلوژی جدیدی را برای مواجهه با ریسک‌ها در شرایط بحرانی ارائه کرده‌اند. بعلاوه، AHP مورد استفاده آنها به گونه‌ای اصلاح شده است که فاکتورهای ریسک ساختاردهی و اولویت‌بندی شوند. دیکمن و بیرگنول [۳۸] متدلوژیی را برای ریسک سرریز هزینه با استفاده از ارزیابی ریسک فازی برای پروژه‌های بین‌المللی ساخت پیشنهاده داده‌اند. متدلوژی پیشنهاد شده از یک روش امتیازدهی ریسک فازی بهمراه یک فرایند دیاگرامی شناسایی ریسک بهره می‌برد. دیاگرام یاد شده به سادگی تعاملات فی‌مابین ریسک‌ها را نشان می‌دهد. نیتو مورت و رازویلا [۱۵] متدلولوژی را برای ارزیابی ریسک‌ها با استفاده از مجموعه فازی و نیز روش AHP برای مدلسازی تعداد بیشتری از ریسک‌ها ارائه کرده‌اند. آن‌ها همچنین از روش وزن‌دهی سلسله مراتبی که بر پایه مقایسات زوجی است برای تعیین اوزان ریسک‌ها بهره برده‌اند. کو و لو [۲۵] ریسک‌ها را برای پروژه ساخت مترو با بهره-گیری از یک روش MADM فازی، ارزیابی کرده‌اند. آن ها از روش CFPR برای اندازه‌گیری میزان اثرگذاری گروه‌های ریسک و نیز فاکتورهای ریسک بر عملکرد پروژه بهره برده‌اند. همچنین در این تحقیق از CFRR برای آنالیز احتمال رخداد ریسک و نیز سطح ریسک کلی پروژه استفاده شده است. تایلان و همکارانش [۱۹] از متدولوژی یکپارچه شامل TOPSIS فازی و AHP فازی استفاده کرده‌اند. آن‌ها از

6 - Risk Assessment
7 - Pareto Chart
8 - Failure Mode & Effect Analysis (FMEA)
9 - Risk probability and Impact Matrix
10 - Risk Level Matrix
11 - Risk Likelihood
12 - Risk Impact
13 - Multi Attribute Decision Making (MADM)

مدل ترکیبی TOPSIS فازی و AHP فازی برای ارزیابی ریسک‌های مبهم، نادقیق و نامطمئن بهره برده‌اند. ایدوغان و کوکسال [۳۹] ریسک‌های پروژه‌های ساخت بین‌المللی را با استفاده از روش ANP ارزیابی کرده‌اند. این روش از آنجا انتخاب شده است که در آن روابط دوطرفه فی‌مابین ریسک ها قابل مدلسازی و نمایش است. چمونو و همکارانش [۴۰]، یک متدلوژی جدید برای گزینش روش ارزیابی ریسک مناسب ارائه کرده‌اند. آن‌ها متدولوژی خود را بر پایه ANP بنا نهاده‌اند. فضلی و هاوی [۴۱] یک چهارچوب ارزیابی ریسک در زنجیره تأمین نفت را با استفاده از DEMATEL و ANP ارائه کرده‌اند. از DEMATEL برای آنالیز وابستگی‌های فی‌مابین ریسک ها و از ANP برای رتبه-دهی به ریسک‌ها استفاده شده است. مطالعات صورت گرفته تاکنون تمامی جوانب ارزیابی ریسک در پروژه‌های نفت، گاز و پتروشیمی را پوشش نداده است. وود [۴۲] تنها بر روی درک عملکرد پروژه در صنایع نفت و گاز در هنگامی که با عدم‌قطعیت‌های مهمی مواجه‌ایم تمرکز کرده است. این مطالعه به فرایند ارزیابی ریسک ورود نکرده و آن را مورد بررسی قرار نداده است. در مطالعه دیگری بوسیله میدل و کاربویی [۴۳] مدیریت ریسک بنگاه (ERM) در صنایع نفت و گاز مورد بررسی قرار گرفته است. در این مطالعه نیز به ارزیابی ریسک‌های تأثیرگذار بر اهداف پروژه پرداخته نشده است.

۲-۳- روش منطق شهودی

در دنیای واقعی بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری با هر دو دسته معیارهای کمی و کیفی درگیر هستند. به عنوان مثال در فرآیند ارزیابی ریسک‌ها، در بسیاری از موارد تعیین احتمال رخداد و نیز میزان اثر هر یک از ریسک‌های شناسایی شده بر اهداف پروژه بصورت کمی مشکل و در بسیاری از موارد ناممکن است. از اینرو در عمل این معیارها می‌بایست بصورت کیفی و تحت قضاوت‌های انسانی[۱۴] مورد ارزیابی قرار گیرند. این طیف از قضاوت‌ها ذهنی بوده و همواره با عدم‌قطعیت‌هایی نشأت گرفته از ناتوانی انسانی ارزیابان همراه است. ناتوانی‌هایی از جنس عدم توانایی در فراهم آوردن قضاوت‌های کامل، فقدان اطلاعات و شواهد، و یا ابهام معنایی معیارها در فرآیند ارزیابی. این چنین عدم‌قطعیت‌هایی را می‌توان به دو دسته کلی تقسیم کرد: فازی بودن (ابهام)[۱۵] و جهل (نقص)[۱۶] [۴۴]. ابهام در ارزیابی را می‌توان با بهره گیری از تئوری مجموعه‌های فازی[۱۷] [۴۵] بیان کرد. از سوی دیگر در پاسخ به نوع دوم از عدم‌قطعیت‌های معرفی شده، تئوری شواهد دمپستر- شافر (D-S)[۱۸] [۴۶] چهارچوب مناسبی را برای مدلسازی جهل ارائه کرده است. در دو دهه گذشته، روش منطق شهودی (ER) برای مسئله تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه پیشنهاد و توسعه داده شده است [۴۷] [۴۸]. اساس این روش بر پایه یک مدل ارزیابی سلسله مراتبی و قوانین ترکیب تئوری شواهد دمپستر- شافر (D-S) است، که حاصل دگرگونی یکی از تکنیک‌های اساسی برای مواجه با حالت عدم‌اطمینان در هوش مصنوعی است. به هنگام ارزیابی ریسک‌های پروژه در اکثر مواقع به جای مواجهه با عدم‌قطعیت‌هایی از جنس ابهام با عدم‌قطعیتی از جنس جهل و عدم دسترسی کامل به اطلاعات و شواهد روبه‌رو هستیم. به عنوان مثال ارزیابان در هنگام ارزیابی میزان اثر ریسک‌های پروژه به پشتیبانی میزان شناخت و آگاهی خود از اثرات آن ریسک‌ها بر اهداف پروژه، ارزیابی خود را ارائه می-کنند. از اینرو به جهت درنظرگیری میزان دسترسی به اطلاعات و شواهد در فرآیند ارزیابی، در این مقاله از روش منطق شهودی استفاده شده است. تاکنون روش ER در گستره وسیعی از مسائل مهندسی و مدیریت استفاده شده است، از جمله ارزیابی و انتخاب پروژه ها [۴۹, ۵۰]، ارزیابی رویه‌های تعمیرات و نگهداری [۵۱]، ارزیابی عملکرد [۵۲]، آنالیز حالات بالقوه خرابی [۵۳]، مسئله موازنه زمان-هزینه-کیفیت در پروژه‌های ساخت [۵۴] و انتخاب روش‌های طراحی [۵۵].

همچنین در مقایسه با روش مرسوم احتمال و شدت ریسک نیز بهره‌گیری از روش منطق شهودی دارای برتری و رجحان قابل توجهی است. اولاً همانطور که در بخش پیشین تشریح شد در روش احتمال و اثر ریسک، اثرات ریسک بصورت کلی و تحت یک معیار کلی مورد سنجش قرار می‌گیرد. ولیکن در روش منطق شهودی امکان تفکیک میزان تاثیرگذاری ریسک‌های شناسایی شده بر هر یک از اهداف سه‌گانه پروژه مشتمل بر زمان، هزینه و کیفیت و عملکرد پروژه، حتی با درنظرگیری اوزان و اهمیت نسبی متفاوت، وجود داشته و می‌توان

[14] - Human Judgments
[15] - Fuzziness (Vagueness)
[16] - Ignorance (Incompleteness)
[17] - Fuzzy Sets Theory
[18] - Dempster–Shafer (D–S) Theory of Evidence

با بهره‌گیری از این روش تحت فرایندی کارا به تجمیع این ارزیابی ها اقدام نمود. ثانیاً در ماتریس احتمال و اثر ریسک میزان دسترسی به شواهد و اطلاعات در فرآیند ارزیابی در نظر گرفته نمی‌شود. به عبارت دیگر طراحی و استفاده از این روش با فرض دسترسی کامل به شواهد و اطلاعات صورت می گیرد. که این فرض با توجه به ماهیت ارزیابی عدم‌قطعیت‌ها و ریسک‌های پروژه به دور از واقعیت است.

۳- چهارچوب پیشنهادی برای شناسایی و ارزیابی ریسک

چهارچوب پیشنهادی برای شناسایی و ارزیابی ریسک در پروژه‌های پتروشیمی، با در نظرگیری هلدینگ پتروشیمی باختر به عنوان مطالعه موردی، که متشکل از ۷ مرحله است در شکل ۱ نشان داده شده است. در ادامه به تشریح هر یک از این مراحل خواهیم پرداخت:

شکل ۱: چهارچوب پیشنهادی برای شناسایی و ارزیابی ریسک

۳-۱- شناسایی اولیه ریسک‌ها از طریق بررسی مستندات پروژه‌های انجام شده و در حال انجام

در این مطالعه در راستای شناسایی ریسک‌های پروژه‌های انجام شده و در حال انجام هلدینگ باختر سه دسته از اسناد مورد بررسی قرار گرفت:

- گزارش‌های پیشرفت تهیه شده در بخش‌های برنامه‌ریزی و مدیریت پروژه کارفرما
- گزارش‌های پیشرفت تهیه شده توسط پیمانکاران
- لوایح تأخیرات و مدارک الحاقیه قرارداد ارائه شده توسط پیمانکاران

جدول ۱ تعداد گزارش‌ها و لوایح بررسی شده برای استخراج عدم‌قطعیت‌ها و ریسک، تعداد ریسک‌های شناسایی شده و فراوانی تجمعی آن‌ها را نشان می‌دهد. تعداد کل ریسک‌های استخراج شده در در مجموع از ۳ دسته اسناد بررسی شده ۶۴ ریسک بوده است، که با توجه به ۲۰ ریسک مشترک در آن‌ها مجموع کل ریسک‌های استخراج شده ۴۴ ریسک بوده است.

جدول ۱: کلیات بررسی گزارشات و لوایح

ردیف	عنوان سند	تعداد گزارش‌های بررسی شده	تعداد ریسک‌های شناسایی شده	فراوانی ریسک‌های شناسایی شده
۱	گزارش‌های پیشرفت کارفرما	۳۵۳	۲۳	۶۳۴
۲	گزارش‌های پیشرفت پیمانکاران	۶۰۹	۲۳	۳۸۵
۳	لوایح تاخیرات و الحاقیه‌ها	۲۹	۱۸	۱۵۸
	مجموع	**۹۹۱**	**۴۴**	**۱۱۷۷**

۳-۲- تکمیل شناسایی ریسک‌ها و دسته‌بندی آنها از طریق مصاحبه با خبرگان

در ادامه، در راستای تکمیل شناسایی ریسک‌های جاری و محتمل در پروژه‌های انجام شده و یا در حال انجام هلدینگ باختر، با بهره‌گیری از گروهی از کارشناسان و مدیران این هلدینگ از طریق مصاحبه اقدام شده است. از آنجا که در این مصاحبه‌ها سؤالات موردنظر تا حد زیادی تعیین شده و در زمان مصاحبه به مصاحبه‌شوندگان ارائه شده است، مصاحبه‌ها «نیمه ساختاریافته» بوده است و از آنجا که مصاحبه حول موضوع از پیش‌تعیین‌شده انجام گرفته است مصاحبه «نیمه‌باز» بوده است. گروه همکار در این بخش از مطالعه متشکل از ۱۷ نفر از کارشناسان و مدیران شاغل در شرکت‌های زیرمجموعه هلدلینگ باختر بوده است. جدول ۲ اطلاعات تحصیلی و شغلی تیم کارشناسی همکار در مطالعه را نشان می‌دهند.

جدول ۲: اطلاعات تحصیلی و شغلی گروه همکار در مطالعه

سطح تحصیلات		سابقه کار		جایگاه سازمانی		محل سازمانی	
کارشناسی	۵	۱۰ تا ۱۵ سال	۳	مدیر عامل و عضو هیت مدیره	۴	مدیریت عالیه و مدیریت پروژه	۴
کارشناسی ارشد	۱۲	۱۵ تا ۲۰ سال	۴	رییس بخش	۱۰	مهندسی	۳
		۲۰ تا ۲۵ سال	۷	کارشناس ارشد	۳	تدارکات	۳
		۲۵ سال به بالا	۳			مالی	۲
						نظارت و بازرسی	۵

مصاحبه‌های صورت گرفته حول سه سوال ذیل انجام گرفته است:

- در تجارب پیشین‌تان با توجه به بخشی که در پروژه مشغول به فعالیت بوده‌اید، با چه موارد و حوادثی روبه‌رو شده اید که زمان، هزینه، یا کیفیت فعالیت‌های پروژه را از حد مطلوب برنامه‌ریزی شده برای آن خارج کرده است؟
- به نظر شما در زمان کنونی آیا موارد، و رخدادی (علاوه بر موارد ذکر شده برای سؤال ۱) ممکن است رخ دهد که زمان، هزینه و یا کیفیت پروژه را دستخوش تغییرات اساسی کند؟
- چه طبقه‌بندی را برای تفکیک ریسک های شناسایی شده پیشنهاد می‌کنید؟

با تجمیع نتایج بدست آمده از مصاحبه‌های صورت گرفته با گروه همکار دراین مطالعه و نیز فرآیند بررسی مستندات، تعداد ۱۰۴ ریسک مرتبط با پروژه‌های انجام شده و در حال انجام هلدینگ باختر استخراج و شناسایی شد، که در دو دسته داخلی و خارجی و ۸ زیردسته پیشنهاد شده برای طبقه‌بندی ریسک‌ها تفکیک شده است. جداول ۳ و ۴ به ترتیب ریسک‌های شناسایی شده داخلی و خارجی در پروژه‌های پتروشیمی را نشان می‌دهد.

جدول ۳: ریسک‌های داخلی شناسایی شده در پروژه‌های پتروشیمی

	کد ریسک	عنوان ریسک	کد ریسک	عنوان ریسک
مالکیت و مدیریت عالیه	IM1	تأخیر در فرایند دریافت تسهیلات	IM11	عدم تخصیص مالی بهنگام در پروژه
	IM2	عدم هماهنگی و تعارضات میان سهامداران	IM12	عدم کفایت کنترل‌ها
	IM3	نقص در فرایند ارزیابی و انتخاب پیمانکاران	IM13	عدم تکمیل ساختار سازمانی مصوب
	IM4	بی‌انگیزگی و عدم مهارت و تجربه کافی تیم راهبری پروژه	IM14	بروکراسی سازمانی و عدم پیگیری کافی امور
	IM5	تعارضات و بحث‌ها فی‌مابین بخش‌های مختلف پروژه	IM15	نقص در بروزرسانی مطالعات اقتصادی طرح
	IM6	نقص در تعیین شرح وظایف و مسئولیت‌های مشخص برای بخش‌ها و افراد درگیر پروژه	IM16	نقص در بودجه‌ریزی و برنامه‌ریزی منابع طرح

	IM7	تجربه ناکافی در مدیریت برخی فعالیت های راهبری	IM17	تاخیر در امضا و موثرسازی قراردادها
	IM8	نقص در فرایندهای مدیریت دانش در سازمان	IM18	ابهامات در قراردادها
	IM9	برنامه‌ریزی ضعیف	IM19	انتخاب نامناسب محل پروژه
	IM10	نقص در ارتباطات و فرایند های تبادل اطلاعات میان ارکان و اشخاص در پروژه		
مهندسی	IE1	نقص در تشخیص و تعریف نیازمندی‌های پروژه	IE8	نقص در As-Built نمودن نقشه های مهندسی
	IE2	نقص در مذاکرات و فرایند های دریافت لایسنس	IE9	مشکلات قراردادی با پیمانکار EPs
	IE3	عدم همکاری مناسب لایسنسور و پیمانکار EPs	IE10	تأخیر در بررسی و ارسال اسناد توسط پیمانکار EPs
	IE4	نقص در فرآیندهای تهیه TBE	IE11	تأخیر در ارسال و تصحیح اسناد ساخت توسط تامین کنندگان
	IE5	اشتباهات و خطاها در طراحی	IE12	پیچیدگی طراحی و مهندسی ساخت در برخی تجهیزات
	IE6	استانداردهای متفاوت تأمین کننده و پیمانکار EPs	IE13	تغییرات در طراحی بوسیله لایسنسور و با پیمانکار Eps
	IE7	نقص در دیتابیس یکپارچه طراحی شده برای اطلاعات مهندسی		
تدارکات	IP1	مشکلات احتمالی در حمل زمینی محموله‌های ترافیکی	IP9	نقص در فرایندهای ترخیص از گمرگات خارجی
	IP2	مشکلات احتمالی در انعقاد قراردادهای حمل و بیمه	IP10	نقص در فعالیت های مرتبط با Forwarder
	IP3	تاخیرات و مشکلات احتمالی به هنگام حمل دریایی تجهیزات	IP11	مشکلات احتمالی در پرداخت ها و انتقال پول
	IP4	نقص در فعالیت های مرتبط با Third Party	IP12	نقص در فرایند نظارت بر ساخت
	IP5	تأخیر در فرایند ساخت تأمین‌کنندگان علی‌الخصوص تامین کنندگان داخلی	IP13	پنهان‌کاری و استفاده از متریال نامرغوب توسط تامین‌کنندگان
	IP6	مشکلات تأمین مواد برای تأمین‌کنندگان داخلی	IP14	افزایش قیمت متریال و تجهیزات
	IP7	ادعاهای قراردادی و حقوقی تأمین‌کنندگان	IP15	ورشکستگی تأمین‌کنندگان متریال و تجهیزات
	IP8	نقص در فرایندهای ترخیص از گمرگات داخلی	IP16	نقص در عملکرد برخی تجهیزات ساخته شده
ساخت	IC1	عدم تجربه کافی پیمانکاران ساخت	IC10	نقص در فرایندهای نظارت سایت پروژه
	IC2	تداخلات کاری میان پیمانکاران	IC11	نقص در فرایندهای ارتباطی و اطلاعاتی میان پیمانکاران و تیم نظارت
	IC3	تجهیزات ناکافی پیمانکاران	IC12	نقص در اهتمام به مسایل مرتبط با HSE
	IC4	ادعاهای قراردادی پیمانکاران	IC13	خرابی ماشین‌آلات
	IC5	نقص در برنامه‌ریزی پیمانکاران ساخت	IC14	عدم دریافت بهنگام مواد
	IC6	عدم تجهیز بهنگام کارگاه توسط پیمانکاران	IC15	عدم هماهنگی، دعاوی و جدل‌های فیمابین پیمانکاران و پیمانکاران خرد
	IC7	نقص در تأمین نیروی انسانی با مهارت کافی توسط	IC16	ورشکستگی پیمانکاران ساخت

		پیمانکاران		
	IC8	تخمین اشتباه زمان و هزینه فعالیت توسط پیمانکاران	IC17	اعتبار و قدرت مالی ناکافی برخی پیمانکاران
	IC9	نقص در مدیریت در سطح پیمانکاران ساخت	IC18	تعارضات فی مابین مشاور طرح، تیم نظارت و پیمانکاران

جدول ۴: ریسک های خارجی شناسایی شده در پروژه های پتروشیمی

	کد ریسک	عنوان ریسک	کد ریسک	عنوان ریسک
سیاسی و اجتماعی	EP1	جنبه ها و تفاسیر گوناگون از تحریم‌های بین‌المللی جاری برای ایران	EP5	عدم همکاری سلیقه‌ای برخی نهادها و اشخاص تصمیم‌گیر محلی و منطقه‌ای
	EP2	تهدیدات و فشار برخی نهادهای داخلی	EP6	ناآرامی‌ها، هرج و مرج و اعتصابات ملی و منطقه‌ای
	EP3	مخالفت‌های ساکنان بومی منطقه	EP7	محدودیت ها در خصوص فروش محصولات پتروشیمی
	EP4	احتمال وضع تحریم‌های جدید	EP8	اعتصابات کارگری
اقتصاد کلان و بازار	EM1	تورم در خصوص مواد و تجهیزات داخلی	EM8	افزایش حقوق و دستمزد
	EM2	افزایش ظرفیت و تسریع فرایند ساخت واحدهای مشابه داخلی	EM9	افزایش قیمت خوراک
	EM3	ظهور تکنولوژی های جدید با بهره وری و اقتصاد طرح بهتر	EM10	افزایش قیمت یونیلیتی‌ها
	EM4	افزایش ظرفیت تولید بین‌المللی	EM11	نقص در دسترسی بهنگام و مطمئن به خوراک
	EM5	امکان کاهش تقاضای جهانی	EM12	نقص در دسترسی بهنگام و مطمئن به یوتیلیتی‌ها
	EM6	رکود و کاهش قدرت ارائه تسهیلات توسط بانک‌های داخلی	EM13	تغییرات نرخ برابری ارزها
	EM7	امکان عدم همکاری های دولتی در ارائه تضامین مناسب در خصوص استفاده از تسهیلات خارجی		
حقوقی و قانونی	EL1	امکانات افزایش فشار نهادهای زیست – محیطی بر طرح	EL5	وضع قوانین و دستورالعمل‌های جدید از سوی NPC
	EL2	دعاوی با نهادها و اتحادیه‌های کارگری	EL6	وضع قوانین و مقررات جدید از سوی سازمان منطقه ویژه
	EL3	تأخیر در دریافت مجوزها و امتیازات منطقه‌ای	EL7	تأخیر در دریافت مجوزها و تأییده‌های ملی
	EL4	معارضان بومی و دعاوی مربوط به آن‌ها	EL8	عدم قطعیت‌ها و ناعدالتی در دعاوی حقوقی
حوادث طبیعی و غیرطبیعی	EA1	زمین لرزه	EA5	تروریسم و خرابکاری
	EA2	ریزگردها و طوفان	EA6	آتش‌سوزی و انفجار در واحد
	EA3	باران شدید	EA7	آتش‌سوزی و انفجار در واحدهای مجاور

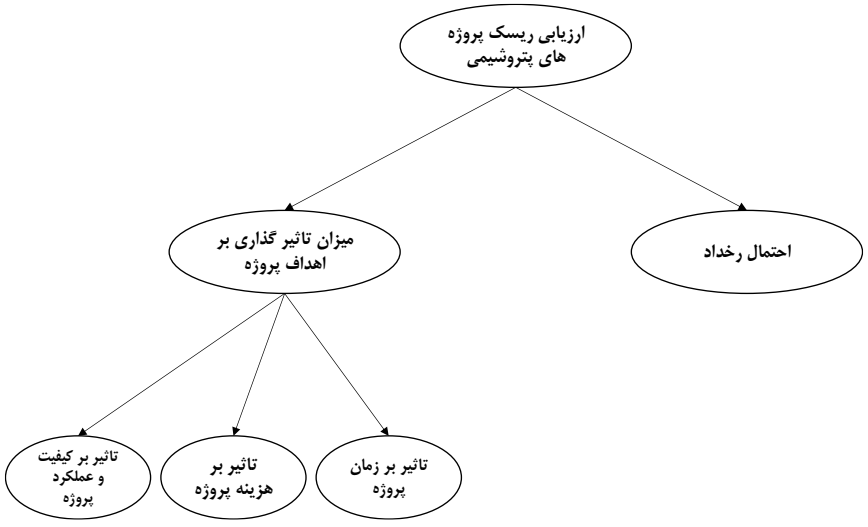
	EA4	دما و رطوبت بالا	EA8	سرقت

۳-۳- تعیین شاخص‌های ضروری برای ارزیابی ریسک‌ها

به منظور استفاده از روش منطق شهودی در مسئله ارزیابی ریسک‌های پروژه، در ابتدا می‌بایست معیارهای لازم جهت سنجش ریسک‌ها تعیین گردد. شکل ۲ سلسله مراتب معیارها برای ارزیابی ریسک‌های پروژه را نشان می‌دهد. در سطح نخست ارزیابی ریسک پروژه‌های ایجاد پتروشیمی قرار دارد. سطح دوم به دو معیار احتمال رخداد ریسک و میزان تأثیر آن بر اهداف پروژه تفکیک شده است. ولیکن میزان اثرگذاری ریسک به خودی خود قابل ارزیابی نبوده و به سه دسته میزان تأثیر بر زمان پروژه، میزان تأثیر بر هزینه پروژه و میزان تأثیر بر کیفیت و عملکرد پروژه، تفکیک شده است.

۴-۳- تعیین اهمیت و رتبه ارزیابی برای هریک از شاخص‌های ارزیابی

در این مطالعه به سبب آنکه تصمیم‌گیرندگان مقایسه فی‌مابین معیارهای در دو سطح داده شده را ناممکن می‌دانستند، در هر دو سطح اهمیت نسبی معیارها برابر در نظر گرفته شده است. از طرف دیگر به منظور ارزیابی معیارهای ارزیابی ریسک پروژه لازم است رتبه‌های ارزیابی[19] تعریف شوند. این رتبه‌ها در حقیقت فراهم کننده یک مجموعه کامل از استانداردهای متمایزکننده[20] برای ارزیابی معیارهای موردبحث‌اند. یک جنبه ی مهم برای ارزیابی، سطح تمایز و یا به عبارتی تعداد اعضای مجموعه رتبه‌های ارزیابی است. تعداد عناصر می‌بایست به اندازه‌ای زیاد باشد که دقت بی‌استفاده را به تصمیم‌گیرنده تحمیل نکند، و می‌بایست به اندازه‌ای کم باشد که اجازه تمایز مناسب بین گزینه‌ها را به تصمیم‌گیرنده بدهند. مطابق با بررسی انجام شده، درعمل عدد ۵ مقدار معقولانه‌ای برای این تعداد است. بعلاوه، اگرچه در بیشتر مقالات به منظور سادگی کار، یک مجموعه یکسان از رتبه‌های ارزیابی را برای همه معیارها در نظر گرفته‌اند، ولی معیارهای مختلف می‌توانند مجموعه رتبه‌های ارزیابی متفاوتی داشته باشند. برای استفاده از الگوریتم روش منطق شهودی ابتدا می بایست بواسطه روش تبدیل ارائه شده در ادبیات موضوع این مجموعه‌های متفاوت به مجموعه رتبه معیار سطح بالایشان تبدیل شوند. در این مطالعه، رتبه‌های ارزیابی برای تمامی معیارها یکسان و به صورت ذیل تعریف شده است: بسیار بالا(VH)۲۱، بالا(H)۲۲، متوسط(M)۲۳، پایین(L)۲۴، بسیار پایین(VL)۲۵.



[19] - Evaluation Grades
[20] - Distinct Standards
21 -Very High
22 -High
23 -Medium
24 -Low
25 -Very Low

شکل ۲: سلسله مراتب معیارها برای ارزیابی ریسک‌های پروژه

۳-۵- چهارچوب مدل شده روش منطق شهودی برای ارزیابی ریسک‌ها

پس از تعیین اوزان و رتبه‌های ارزیابی برای همه شاخص‌های ارزیابی، در این قسمت چهارچوبی برای مدلسازی ارزیابی ریسک-های پروژه بر پایه روش منطق شهودی ارائه می‌شود. تشریح این چهارچوب برای "میزان تاثیرگذاری بر اهداف پروژه" ارائه می گردد، ولیکن بسط آن به قسمت دیگر یعنی "احتمال رخداد" و نیز سطح فوقانی این دو معیار یعنی "ارزیابی ریسک در پروژه‌های پتروشیمی"، به‌راحتی امکان‌پذیر است.

در ابتدا یک ساختار سلسله مراتبی متشکل از دو سطح برای ارزیابی ریسک در نظر بگیرید، "تاثیرگذاری بر اهداف پروژه" را با نماد RI در سطح بالایی نشان داده و یک مجموعه محدود از شاخص‌های ارزیابی تاثیرگذاری بر اهداف را در سطح پایین قرار می‌دهیم. این شاخص‌ها را اینگونه در نظر بگیرید:

$$RI = \{RI_1, \dots, RI_i, \dots, RI_L\} \quad (۱)$$

و فرض کنید اوزان معیارهای پایه به صورت $W = (w_1, \dots, w_i, \dots, w_L)$ داده شده است، بطوریکه w_i اهمیت نسبی مربوط به iامین شاخص (RI_i) است و $0 \le w_i \le 1$. برای ارزیابی این دسته از شاخص‌ها فرض کنید مجموعه رتبه‌های ارزیابی ذیل در نظر گرفته شده است:

$$\mathcal{H} = \{H_1, \dots, H_n, \dots, H_N\} \quad (۲)$$

یک ارزیابی برای شاخص RI_i مربوط به ریسکی خاص را می‌توان به صورت زیر نشان داد:

$$S(HC_i) = \{(H_n, \beta_{n,i}), n = 1, \dots, N\} \quad (۳)$$

که $\beta_{n,i}$ نشان‌دهنده یک درجه اطمینان است بطوریکه:

$$\beta_{n,i} \ge 0 \quad (۴)$$

$$\sum_{n=1}^{N} \beta_{n,i} \le 1 \quad (۵)$$

یک ارزیابی کامل نامیده می‌شود اگر:

$$\sum_{n=1}^{N} \beta_{n,i} = 1 \quad (۶)$$

و ناقص نامیده می‌شود اگر:

$$\sum_{n=1}^{N} \beta_{n,i} < 1 \quad (۷)$$

برای ارزیابی هر کدام از این ریسک‌ها در مقابل معیار احتمال رخداد، این پرسش صورت می‌گیرد که: " احتمال رخداد این ریسک در پروژه‌های پتروشیمی تا چه حد است؟" و در مقابل زیرمعیارهای میزان تاثیرگذاری بر اهداف پرسش بدین گونه خواهد بود که : "میزان تاثیرگذاری این ریسک بر این هدف چگونه است؟ " پاسخ تصمیم‌گیرنده بدین سوال می‌بایستی در قالب رتبه‌های ارزیابی داده شود.

به سبب محدودیت فضا، ارزیابی‌های انجام شده تنها برای زیردسته "مالکیت و مدیریت عالیه" در جدول ۵ آورده شده است. برای مثال تیم کارشناسی، ریسک " عدم هماهنگی و تعارضات میان سهامداران (IM2)" را در قبال عامل "تاثیر بر هزینه پروژه" بصورت ۴۰٪ بالا و ۴۰٪ بسیار بالا ارزیابی کرده است، که در جدول بصورت {VH(0.4);H(0.4)} نمایش داده شده است، که در آن حروف VH و H نمایانگر همان رتبه‌های ارزیابی "بسیار بالا" و "بالا" در مجموعه رتبه‌های ارزیابی پنج‌گانه مورد استفاده و اعداد ۴۰٪ و ۴۰٪ درجات اطمینان تصمیم‌گیرنده برای دو رتبه ارزیابی ارائه شده، بوده است. از آنجا که در این ارزیابی درجات اطمینان ارائه شده جمعی کمتر از یک دارند، ارزیابی ناقص بشمار می‌آید. این چنین ارزیابی‌های ناقصی در دنیای واقعی بکرات رخ داده و می‌توان دلیل آن را فقدان داده و شواهد و یا عدم توانایی تصمیم‌گیرنده در ارائه یک ارزیابی، به سبب فقدان مهارت و تجربه کافی در این چنین معیارهایی، نسبت داد. از طرف دیگر در خصوص ارزیابی ریسک " برنامه‌ریزی ضعیف (IM9)" در ارتباط با عامل " تاثیر بر زمان پروژه " بصورت ۳۰٪ بالا و ۷۰ ٪ متوسط ارزیابی شده است، که در ارزیابی کامل به شمار می‌آید.

جدول ۵ : ارزیابی ریسک‌های شناسایی شده در زیردسته مالکیت و مدیریت عالیه

کد ریسک	ارزیابی های صورت گرفته			
	احتمال رخداد	تاثیر بر زمان پروژه	تاثیر بر هزینه پروژه	تاثیر بر عملکرد و کیفیت پروژه
IM1	VH(0.6), H(0.3)	VH(0.8), H(0.1)	L(0.9), VL(0.1)	H(0.6), M(0.2)
IM2	H(0.3), M(0.2)	VH(0.4), H(0.4)	M(0.5), L(0.2)	L(0.2), VL(0.6)
IM3	M(0.9)	H(0.6), M(0.4)	H(0.6), M(0.4)	H(0.8), M(0.1)
IM4	H(0.6), M(0.2)	M(0.9)	M(0.6), L(0.4)	H(0.5), M(0.5)
IM5	VH(0.5), H(0.5)	M(0.2), L(0.5)	M(0.1), L(0.6)	M(0.1), L(0.8)
IM6	M(0.5), L(0.4)	H(0.3), M(0.6)	M(0.2), L(0.7)	H(0.4), M(0.5)
IM7	M(0.7)	H(0.5), M(0.1)	H(0.7), M(0.1)	H(0.3), M(0.4)
IM8	M(0.4), L(0.6)	M(0.2), L(0.8)	L(0.5), VL(0.5)	L(0.8), VL(0.2)
IM9	M(0.9)	H(0.3), M(0.7)	M(0.2),L(0.7)	L(0.6), VL(0.4)
IM10	H(1)	M(0.8)	L(0.5), VL(0.5)	M(0.4), L(0.6)
IM11	M(0.2), L(0.7)	VH(0.6), H(0.3)	H(0.8)	VL(0.8)
IM12	M(0.8)	H(0.4), M(0.6)	M(0.4),L(0.5)	H(0.5), M(0.5)
IM13	L(0.9), VL(0.1)	M(0.5), L(0.5)	VL(0.8)	M(0.2), L(0.7)
IM14	M(0.9)	M(0.4), L(0.5)	L(0.9)	VL(0.8)
IM15	L(0.8)	VL(1)	H(0.8), M(0.1)	M(0.4), L(0.6)
IM16	VH(0.1), H(0.8)	VH(0.5), H(0.5)	H(0.5), M(0.5)	VL(0.7)

VL(0.7)	L(0.8), VL(0.1)	M(0.5), L(0.5)	M(1)	IM17
L(0.5), VL(0.5)	M(0.3), L(0.7)	M(0.2), L(0.7)	H(0.8), M(0.2)	IM18
H(0.2), M(0.7)	VH(0.1), H(0.7)	H(0.6), M(0.4)	M(0.5), L(0.5)	IM19

۳-۶- الگوریتم منطق شهودی برای تجمیع ارزیابی‌ها

این فرایند بر پایه قانون ترکیب تئوری شواهد دمپستر-شافر بنا نهاده شده است. در ابتدا یک الگوریتم بازگشتی برای این فرآیند تجمیع ارائه شد [۴۸]، که در سال ۲۰۰۲ به سبب برطرف کردن برخی نواقص، دچار اصلاحاتی شد [۵۶]. در ذیل خلاصه ای از این الگوریتم اصلاح شده منطق شهودی ارائه می‌گردد.

در ابتدا درجات اطمینان با ضرب در اوزان مرتبطشان به جرم‌های احتمال پایه تبدیل می‌شوند و نیز داریم:

$$m_{n,i} = w_i \beta_{n,i}, \quad n = 1, \dots, N; \quad i = 1, \dots, L \tag{۸}$$

$$m_{H,i} = 1 - \sum_{n=1}^{N} m_{n,i} = 1 - w_i \sum_{n=1}^{N} \beta_{n,i}, \quad i = 1, \dots, L \tag{۹}$$

$$\bar{m}_{H,i} = 1 - w_i, \quad i = 1, \dots, L \tag{۱۰}$$

$$\tilde{m}_{H,i} = w_i \left(1 - \sum_{n=1}^{N} \beta_{n,i}\right), \quad i = 1, \dots, L \tag{۱۱}$$

با توجه به این مسئله که:

$$m_{H,i} = \bar{m}_{H,i} + \tilde{m}_{H,i} \tag{۱۲}$$

$$\sum_{i=1}^{L} w_i = 1 \tag{۱۳}$$

که $m_{n,i}$ یک جرم احتمال پایه بوده و نشان‌دهنده درجه اطمینان برای معیار پایه RI_i است و از این فرضیه حمایت می‌کند که برای معیار RI_i رتبه ارزیابی H_n برگزیده شود. بایستی توجه داشته که جرم احتمال تخصیص یافته به کل مجموعه H یعنی $m_{H,i}$ میزان احتمال عدم تخصیص به هیچکدام از رتبه‌های ارزیابی تعریف می‌شود. این جرم به دو قسمت تقسیم می‌شود: $\bar{m}_{H,i}$ و $\tilde{m}_{H,i}$. اولین قسمت از مجموع احتمال باقی مانده $\bar{m}_{H,i}$ است که به این سبب که معیارها در یک ارزیابی تنها به تناسب وزنشان نقش ایفا می کنند، به رتبه‌های منحصربه‌فرد تخصیص داده نشده است. $\tilde{m}_{H,i}$ دومین قسمت از مجموع احتمال باقی‌مانده تخصیص نیافته به رتبه‌های ارزیابی به سبب نقص در ارزیابی $S(RI_i)$ است. اگر $S(RI_i)$ کامل باشد، $\tilde{m}_{H,i}$ صفر خواهد بود.

$E_{I(i)} = \{RI_1, \dots, RI_i\}$ را زیرمجموعه‌ای شامل i معیار پایه اول در نظر بگیرید. $m_{n,I(i)}$ را یک جرم احتمال نشان‌دهنده درجه اطمینان برای همه معیارهای پایه در $E_{I(i)}$ در نظر بگیرید، که از این فرضیه حمایت می‌کند که ارزیابی در رتبه H_n قرار می‌گیرد. $m_{H,I(i)}$ را نیز جرم احتمال باقی‌مانده تخصیص نیافته برای معیارهای پایه حاضر در $E_{I(i)}$ در نظر بگیرید.

حال با توجه به این نشانه‌گذاری‌ها، فرایند بازگشتی تجمیع طبق الگوریتم زیر صورت می‌گیرد:

$$\{H_n\}: m_{n,I(i+1)} = K_{I(i+1)}\left[m_{n,I(i)}m_{n,i+1} + m_{n,I(i)}m_{H,i+1} + m_{H,I(i)}m_{n,i+1}\right], \quad (۱۴)$$

$$m_{H,I(i)} = \bar{m}_{H,I(i)} + \tilde{m}_{H,I(i)}, \quad n = 1, \dots, N \quad (۱۵)$$

$$\{H\}: \tilde{m}_{H,I(i+1)} = K_{I(i+1)}\left[\tilde{m}_{H,I(i)}\tilde{m}_{H,i+1} + \tilde{m}_{H,I(i)}\bar{m}_{H,i+1} + \bar{m}_{H,I(i)}\tilde{m}_{H,i+1}\right], \quad (۱۶)$$

$$\{H\}: \bar{m}_{H,I(i+1)} = K_{I(i+1)}\left[\bar{m}_{H,I(i)}\bar{m}_{H,i+1}\right], \quad (۱۷)$$

$$\{H\}: \bar{m}_{H,I(i+1)} = K_{I(i+1)}\left[\bar{m}_{H,I(i)}\bar{m}_{H,i+1}\right], \quad (۱۸)$$

بعد از تجمع M ارزیابی انجام شده و تعیین $\bar{m}_{H,I(L)}$، درجات اطمینان ترکیبی همه رتبه‌ها با استفاده از فرایند نرمال‌سازی زیر بدست می‌آیند:

$$\{H_n\}: \beta_n = \frac{m_{n,I(L)}}{1 - \bar{m}_{H,I(L)}}, \quad n = 1, \dots, N, \quad (۱۹)$$

$$\{H\}: \beta_H = \frac{\tilde{m}_{H,I(L)}}{1 - \bar{m}_{H,I(L)}} \quad (۲۰)$$

β_n بدست آمده در بالا یک درستنمایی برای H_n بوده و β_H نمایانگر اندازه نقص در ارزیابی کلی و به عبارتی ارزیابی در کل مجموعه H است.

بااستفاده از الگوریتم ارائه شده در فوق و اعمال آن بر ارزیابی های ارائه شده برای ۱۰۴ ریسک شناسایی شده می توان امتیازات نهایی و تجمیع شده برای هر ریسک را در هر یک از معیارهای اصلی "احتمال رخداد" و "تاثیرگذاری بر اهداف پروژه" و در نهایت "ارزیابی نهایی ریسک های پروژه های پتروشیمی" بدست آورد. جدول ۶ نشان‌دهنده ارزیابی‌های تجمیع شده برای زیردسته مالکیت و مدیریت عالیه است.

هر عدد در مقابل هر رتبه در جدول ۶ نشان دهنده ی درجه باور تجمعی تصمیم‌گیرنده است. نتایج نشان داده شده در جدول فوق‌الذکر را بواسطه مقدارشان در هر یک از رتبه‌های ارزیابی می‌توان تحلیل کرد. برای مثال "عدم تخصیص مالی بهنگام در پروژه (IM11)" بصورت ۱۲.۶٪ بسیار پایین، ۳۶.۰۲٪ پایین، ۱۰.۲۹٪ متوسط، ۱۹.۳۵٪ بالا، ۹.۹۰٪ بسیار بالا و ۱۱.۸۵٪ نامشخص ارزیابی شده است . با درنظرگیری مستقیم این نتایج شاید بتوان یک رتبه‌بندی اولیه ارائه کرد ولیکن در بسیاری از موارد ارزیابی گزینه‌ها بسیار به هم نزدیک بوده و رتبه‌بندی مستقیم آن‌ها بسیار مشکل است.

جدول۶ : ارزیابی تجمیع شده در زیردسته مالکیت و مدیریت عالیه

کد ریسک	ارزیابی های تجمیع شده					
	Very Low	Low	Medium	High	Very High	Unknown
IM1	0.0159	0.1432	0.0289	0.4369	0.2908	0.0843
IM2	0.1155	0.0787	0.1949	0.2282	0.0770	0.3057
IM3	0.0000	0.0000	0.6177	0.3283	0.0000	0.0540
IM4	0.0000	0.0539	0.4991	0.3525	0.0000	0.0945
IM5	0.0000	0.3240	0.0545	0.2702	0.2702	0.0810
IM6	0.0000	0.3011	0.5199	0.1009	0.0000	0.0781
IM7	0.0000	0.0000	0.4837	0.2813	0.0000	0.2350
IM8	0.0788	0.7300	0.1912	0.0000	0.0000	0.0000
IM9	0.0571	0.2093	0.6354	0.0428	0.0000	0.0554
IM10	0.0759	0.1897	0.1931	0.5138	0.0000	0.0276
IM11	0.1260	0.3602	0.1029	0.1935	0.0990	0.1185
IM12	0.0000	0.0625	0.7184	0.1313	0.0000	0.0878
IM13	0.1477	0.7212	0.0962	0.0000	0.0000	0.0350
IM14	0.1151	0.2433	0.5430	0.0000	0.0000	0.0986
IM15	0.1692	0.5150	0.0870	0.1289	0.0000	0.0999
IM16	0.0896	0.0000	0.0736	0.6345	0.1238	0.0785
IM17	0.1062	0.2104	0.6336	0.0000	0.0000	0.0498
IM18	0.0673	0.3366	0.1837	0.3995	0.0000	0.0128
IM19	0.0000	0.2389	0.4791	0.2340	0.0121	0.0358

۳-۷- روش رتبه‌دهی منطق شهودی بر پایه مطلوبیت بازه‌ای

ممکن است مواردی پیش بیاید که توضیحات ارائه شده در قالب β_n و β_H، برای نمایش تفاوت بین دو ارزیابی کافی نباشد. در چنین مواردی، پسندیده آن است که مقادیر عددی هم‌ارز برای ارزیابی‌های توزیع شده طی روشی تولید گردد. مفهوم مطلوبیت مورد انتظار برای تعیین چنین مقادیری استفاده می‌شود. فرض کنید$u(H_n)$ مطلوبیت رتبه H_n باشد به طوری که:$u(H_{n+1}) > u(H_n)$ اگر H_{n+1} بر H_n ارجحتر باشد.

$u(H_n)$ ممکن است با استفاده از روش تخصیص احتمال یا با استفاده از مدل‌های رگریسون ساخته شده با استفاده از رتبه‌بندی جزئی یا مقایسه جفتی بدست آید. مطلوبیت مورد انتظار گزینه R می تواند برای رتبه بندی گزینه‌های مورد استفاده قرارگیرد. بدین صورت:

$$u(R) = \sum_{n=1}^{N} \beta_n \, u(H_n). \qquad (۲۱)$$

در این مطالعه به سبب دستیابی به یک رتبه‌بندی نهایی برای ریسک‌های مورد مطالعه در قبال عوامل داخلی و خارجی و هر یک از زیرمجموعه‌های آنها مقادیر مطلوبیتی بدین شرح را، برای هر یک از رتبه‌های ارزیابی پنج‌گانه مورد استفاده، در نظر گرفته شده است: بسیارپایین: ۰ ، پایین: ۰.۲۵ ، متوسط: ۰.۵ ، بالا: ۰.۷۵ بسیاربالا: ۱ . با استفاده از این مقادیر مطلوبیت و نیز ارزیابی‌های تجمیع شده در مرحله قبل به یک رتبه‌بندی مناسب برای ریسک‌های مورد مطالعه اقدام شده است. جداول ۷ و ۸ به ترتیب نتایج نهایی ارزیابی ریسک‌های داخلی و خارجی شناسایی شده را نشان می‌دهند.

در میان این ۲۰ ریسک با بیشترین اهمیت ، ۱۱ ریسک داخلی و ۹ ریسک خارجی بوده است. در میان ۱۱ ریسک داخلی ریسک‌های مرتبط با "مالکیت و مدیریت عالیه" با ۴ ریسک بیشترین سهم را داشته و پس از آن ریسک‌های مرتبط با "مهندسی" و ریسک‌های مرتبط با "ساخت" هر یک ۳ ریسک را از این مجموعه به خود اختصاص داده‌اند. در میان ۹ ریسک خارجی نیز ۵ ریسک متعلق به دسته "بازار و اقتصاد کلان" بوده است و بخش‌های "سیاسی-اجتماعی" و "حوادث طبیعی و غیرطبیعی" هر یک ۲ ریسک را به خود اختصاص داده‌اند.

جدول ۷: نتایج نهایی ارزیابی ریسک‌های داخلی شناسایی شده در پروژه‌های پتروشیمی

	کد ریسک	ماکزیمم اهمیت ریسک	مینیمم اهمیت ریسک	میانگین اهمیت ریسک	رتبه ریسک	کد ریسک	ماکزیمم اهمیت ریسک	مینیمم اهمیت ریسک	میانگین اهمیت ریسک	رتبه ریسک
مالکیت و مدیریت عالیه	IM1	0.7530	0.6687	0.7109	6	IM11	0.5041	0.3856	0.4448	54
	IM2	0.6710	0.3653	0.5181	35	IM12	0.5611	0.4733	0.5172	36
	IM3	0.6091	0.5551	0.5821	18	IM13	0.2633	0.2284	0.2459	99
	IM4	0.6219	0.5274	0.5746	20	IM14	0.4309	0.3323	0.3816	75
	IM5	0.6622	0.5812	0.6217	11	IM15	0.3688	0.2689	0.3189	89
	IM6	0.4890	0.4109	0.4499	53	IM16	0.7150	0.6365	0.6758	9
	IM7	0.6878	0.4528	0.5703	21	IM17	0.4192	0.3694	0.3943	74
	IM8	0.2781	0.2781	0.2781	97	IM18	0.4885	0.4757	0.4821	44
	IM9	0.4575	0.4021	0.4298	58	IM19	0.5227	0.4869	0.5048	38
	IM10	0.5569	0.5293	0.5431	27					
مهندسی	IE1	0.8035	0.7143	0.7589	2	IE8	0.3640	0.3640	0.3640	81
	IE2	0.7306	0.6656	0.6981	7	IE9	0.2315	0.1931	0.2123	102
	IE3	0.6311	0.3895	0.5103	37	IE10	0.6086	0.3894	0.4990	41
	IE4	0.6672	0.4098	0.5385	30	IE11	0.6582	0.4472	0.5527	26
	IE5	0.7775	0.5098	0.6436	10	IE12	0.5151	0.2863	0.4007	70

	IE6	0.5768	0.5067	0.5418	28	IE13	0.5445	0.3140	0.4292	59
	IE7	0.5031	0.4311	0.4671	48					
تدارکات	IP1	0.5006	0.2908	0.3957	72	IP9	0.5130	0.3662	0.4396	55
	IP2	0.3937	0.3574	0.3756	79	IP10	0.5165	0.3876	0.4520	51
	IP3	0.4749	0.2315	0.3532	83	IP11	0.5245	0.3263	0.4254	61
	IP4	0.4527	0.3924	0.4226	63	IP12	0.5649	0.4307	0.4978	42
	IP5	0.5653	0.4924	0.5288	34	IP13	0.3178	0.2770	0.2974	94
	IP6	0.3266	0.2568	0.2917	95	IP14	0.5371	0.4506	0.4938	43
	IP7	0.4559	0.3725	0.4142	66	IP15	0.3298	0.3024	0.3161	90
	IP8	0.3924	0.2281	0.3103	93	IP16	0.6490	0.4115	0.5302	33
ساخت	IC1	0.6344	0.5733	0.6039	14	IC10	0.4247	0.3381	0.3814	76
	IC2	0.5471	0.5341	0.5406	29	IC11	0.3468	0.3030	0.3249	88
	IC3	0.6096	0.5789	0.5943	15	IC12	0.4754	0.3980	0.4367	57
	IC4	0.5831	0.5407	0.5619	25	IC13	0.5135	0.3021	0.4078	69
	IC5	0.5828	0.5572	0.5700	22	IC14	0.5322	0.2634	0.3978	71
	IC6	0.3412	0.2899	0.3156	91	IC15	0.3624	0.3108	0.3366	86
	IC7	0.4241	0.3654	0.3948	73	IC16	0.3438	0.2311	0.2875	96
	IC8	0.6945	0.4410	0.5677	24	IC17	0.5234	0.4805	0.5019	39
	IC9	0.6499	0.5933	0.6216	12	IC18	0.6258	0.3314	0.4786	46

جدول ۸: نتایج نهایی ارزیابی ریسک‌های خارجی شناسایی شده در پروژه‌های پتروشیمی

	کد ریسک	ماکزیمم اهمیت ریسک	مینیمم اهمیت ریسک	میانگین اهمیت ریسک	رتبه ریسک	کد ریسک	ماکزیمم اهمیت ریسک	مینیمم اهمیت ریسک	میانگین اهمیت ریسک	رتبه ریسک
سیاسی و اجتماعی	EP1	0.7933	0.7704	0.7819	1	EP5	0.5023	0.2596	0.3810	77
	EP2	0.6696	0.3951	0.5324	31	EP6	0.2981	0.1049	0.2015	103
	EP3	0.2283	0.1612	0.1948	104	EP7	0.6578	0.4806	0.5692	23
	EP4	0.6887	0.4934	0.5910	16	EP8	0.3541	0.1292	0.2417	100
اقتصاد کلان و بازار	EM1	0.5025	0.4025	0.4525	50	EM8	0.5136	0.3888	0.4512	52
	EM2	0.3505	0.3369	0.3437	85	EM9	0.4466	0.4005	0.4236	62
	EM3	0.4605	0.4147	0.4376	56	EM10	0.4841	0.4264	0.4552	49

19	0.5795	0.5666	0.5924	EM11	68	0.4094	0.3861	0.4326	EM4	
4	0.7380	0.7254	0.7506	EM12	98	0.2667	0.2429	0.2905	EM5	
3	0.7513	0.7334	0.7691	EM13	5	0.7342	0.7214	0.7469	EM6	
					8	0.6893	0.6604	0.7182	EM7	
82	0.3560	0.3248	0.3871	EL5	78	0.3763	0.2685	0.4841	EL1	حقوقی و قانونی
65	0.4145	0.3890	0.4401	EL6	101	0.2160	0.1973	0.2347	EL2	
32	0.5322	0.4330	0.6314	EL7	64	0.4164	0.3221	0.5107	EL3	
84	0.3447	0.3393	0.3502	EL8	45	0.4810	0.4472	0.5148	EL4	
47	0.4733	0.3177	0.6288	EA5	17	0.5894	0.4307	0.7481	EA1	حوادث طبیعی و غیر طبیعی
40	0.5016	0.3577	0.6454	EA6	87	0.3287	0.1782	0.4793	EA2	
13	0.6184	0.4241	0.8127	EA7	92	0.3153	0.2165	0.4142	EA3	
67	0.4117	0.3765	0.4468	EA8	80	0.3656	0.3354	0.3957	EA4	

۴- نتیجه‌گیری

در این مطالعه به شناسایی و ارزیابی ریسک های بالقوه پروژه‌های هلدینگ پتروشیمی باختر به عنوان نمونه‌ای از پروژه‌های صنعت پروژه‌های پتروشیمی در ایران پرداخته شد. در فاز شناسایی قریب به ۱۰۰۰ گزارش و لایحه موجود در شرکت‌های زیرمجموعه مورد مطالعه قرار گرفته و برای شناسایی سایر ریسک‌های محتمل و نیز دسته‌بندی آن‌ها، با تشکیل گروه کارشناسی متشکل از ۱۷ نفر از مدیران و کارشناسان این شرکت از طریق مصاحبه اقدام شد. از ۱۰۴ ریسک شناسایی شده در این فرایند ۵۶ ریسک داخلی و ۴۸ ریسک خارجی تشخیص داده شد. در فاز ارزیابی ریسک‌های شناسایی شده نیز از آن‌جا که ارزیابی ریسک پروژه بسیار پیچیده بوده و اغلب نیازمند قضاوت-های شهودی و نادقیق است، در راستای هدایت آنالیز تصمیم‌گیری به سمتی منطقی، قابل اطمینان، تکرارپذیر و شفاف از روش منطق شهودی استفاده شد. در این تحقیق از آنجاکه ماهیت عدم‌قطعیت‌ها در فرآیند ارزیابی ریسک‌ها بیش از آنکه ناشی از ابهام باشد نشأت گرفته از عدم دسترسی کامل به اطلاعات و شواهد است، استفاده از روش منطق شهودی بر استفاده از رویکردهای فازی برتری داشت. از سوی دیگر در قیاس با روش مرسوم احتمال و شدت ریسک، استفاده از روش منطق شهودی درنظرگیری و تجمیع ارزیابی‌ها در خصوص اثرگذاری ریسک‌های پروژه بر اهداف مختلف پروژه را ممکن ساخت و همچنین میزان دسترسی به شواهد و اطلاعات را نیز در فرآیند ارزیابی در نظر گرفت.

در این راستا فرایند ساخت ساختار سلسله مراتبی مرتبط، چهارچوب ارزیابی مورد استفاده و نیز فرایند تجمیع ارزیابی‌ها بطور کامل تشریح شد. در نهایت پنج ریسک "جنبه‌ها و تفاسیر گوناگون از تحریم‌های بین‌المللی جاری برای ایران" ، "نقص در تشخیص و تعریف نیازمندی‌های پروژه"، "تغییرات نرخ برابری ارزها"، "نقص در دسترسی بهنگام و مطمئن به یوتیلیتی‌ها" و "رکود و کاهش قدرت ارائه تسهیلات توسط بانک‌های داخلی" به عنوان ریسک‌های پراهمیت در پروژه‌های پتروشیمی ایران ارزیابی شد.

مراجع

[1] Zhi, H. (1995). Risk management for overseas construction projects. *International Journal of Project Management*, 13(4), 231-237.

[2] Ling, F. Y. Y., & Hoi, L. (2006). Risks faced by Singapore firms when undertaking construction projects in India. *International Journal of Project Management*, 24(3), 261-270.

[3] Peckiene, A., Komarovska, A., & Ustinovicius, L. (2013). Overview of risk allocation between construction parties. *Procedia Engineering*, 57, 889-894.
[4] Choudhry, R. M., Aslam, M. A., Hinze, J. W., & Arain, F. M. (2014). Cost and schedule risk analysis of bridge construction in Pakistan: Establishing risk guidelines. *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(7), 04014020.
[5] Adafin, J., Rotimi, J. O., & Wilkinson, S. (2016). Risk impact assessments in project budget development: architects' perspectives. *Architectural Engineering and Design Management*, 12(3), 189-204.
[6] Ou-Yang, C., & Chen, W.-L. (2017). Applying a risk assessment approach for cost analysis and decision-making: a case study for a basic design engineering project. *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 1-13.
[7] Du, L., Tang, W., Liu, C., Wang, S., Wang, T., Shen, W., Zhou, Y. (2016). Enhancing engineer–procure–construct project performance by partnering in international markets: Perspective from Chinese construction companies. *International Journal of Project Management*, 34(1), 30-43.
[8] KarimiAzari, A., Mousavi, N., Mousavi, S. F., & Hosseini, S. (2011). Risk assessment model selection in construction industry. *Expert Systems with Applications*, 38(8), 9105-9111.
[9] Wang, J., Guan, S., & Lin, D.-q. (2010). Study on approach of cost risk assessment in bidding phase. *Internet Technology and Applications, 2010 International Conference*.
[10] Arslan, G., Tuncan, M., Birgonul, M. T., & Dikmen, I. (2006). E-bidding proposal preparation system for construction projects. *Building and Environment*, 41(10), 1406-1413.
[11] Lu, W., Zhang, L., & Pan, J. (2015). Identification and analyses of hidden transaction costs in project dispute resolutions. *International Journal of Project Management*, 33(3), 711-718.
[12] Hwang, B.-G., Zhao, X., & Toh, L. P. (2014). Risk management in small construction projects in Singapore: status, barriers and impact. *International Journal of Project Management*, 32(1), 116-124.
[13] institute, P. m. (2008). A guide to the project management body of knowledge.
[14] Sukumaran, P., Bayraktar, M. E., Hong, T., & Hastak, M. (2006). Model for analysis of factors affecting construction schedule in highway work zones. *Journal of transportation engineering*, 132(6), 508-517.
[15] Nieto-Morote, A., & Ruz-Vila, F. (2011). A fuzzy approach to construction project risk assessment. *International Journal of Project Management*, 29(2), 220-231.
[16] Gładysz, B., Skorupka, D., Kuchta, D., & Duchaczek, A. (2015). Project risk time management–a proposed model and a case study in the construction industry. *Procedia Computer Science*, 64, 24-31.
[17] Cárdenas, I. C., Al-Jibouri, S. S., Halman, J. I., & Tol, F. A. (2014). Modeling Risk-Related Knowledge in Tunneling Projects. *Risk analysis*, 34(2), 323-339.
[18] El-Sayegh, S. M. (2008). Risk assessment and allocation in the UAE construction industry. *International Journal of Project Management*, 26(4), 431-438.
[19] Taylan, O., Bafail, A. O., Abdulaal, R. M., & Kabli, M. R. (2014). Construction projects selection and risk assessment by fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methodologies. *Applied Soft Computing*, 17, 105-116.
[20] Chapman, R. J. (2001). The controlling influences on effective risk identification and assessment for construction design management. *International Journal of Project Management*, 19(3), 147-160.
[21] Kartam, N. A., & Kartam, S. A. (2001). Risk and its management in the Kuwaiti construction industry: a contractors' perspective. *International Journal of Project Management*, 19(6), 325-335.
[22] Serpell, A., Ferrada, X., Rubio, L., & Arauzo, S. (2015). Evaluating risk management practices in construction organizations. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 194, 201-210.
[23] Dziadosz, A., & Rejment, M. (2015). Risk Analysis in Construction Project-Chosen Methods. *Procedia Engineering*, 122, 258-265.
[24] Lyons, T., & Skitmore, M. (2004). Project risk management in the Queensland engineering construction industry: a survey. *International Journal of Project Management*, 22(1), 51-61.
[25] Kuo, Y.-C., & Lu, S.-T. (2013). Using fuzzy multiple criteria decision making approach to enhance risk assessment for metropolitan construction projects. *International Journal of Project Management*, 31(4), 602-614.
[26] El, M. S. B. A. A., El Nawawy, O. A. M., & Abdel-Alim, A. M. (2015). Identification and assessment of risk factors affecting construction projects. *HBRC Journal*.
[27] Baghdadi, A., & Kishk, M. (2015). Saudi Arabian aviation construction projects: Identification of risks and their consequences. *Procedia Engineering*, 123, 32-40.
[28] Liu, Z.-z., Zhu, Z.-w., Wang, H.-j., & Huang, J. (2016). Handling social risks in government-driven mega project: An empirical case study from West China. *International Journal of Project Management*, 34(2), 202-218.
[29] Samantra, C., Datta, S., & Mahapatra, S. S. (2017). Fuzzy based risk assessment module for metropolitan construction project: An empirical study. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*.

[30] Dang, C. N., Dang, C. N., Le-Hoai, L., Le-Hoai, L., Kim, S.-Y., Kim, S.-Y., . . . Lee, Y.-D. (2017). Identification of risk patterns in Vietnamese road and bridge construction: contractor's perspective. *Built Environment Project and Asset Management*, 7(1), 59-72.
[31] Mhatre, T. N., Mhatre, T. N., Thakkar, J., Thakkar, J., Maiti, J., & Maiti, J. (2017). Modelling critical risk factors for Indian construction project using interpretive ranking process (IRP) and system dynamics (SD). *International Journal of Quality & Reliability Management*, 34(9), 1451-1473.
[32] Van Thuyet, N., Ogunlana, S. O., & Dey, P. K. (2007). Risk management in oil and gas construction projects in Vietnam. *International journal of energy sector management*, 1(2), 175-194.
[33] Mubin, S., & Mannan, A. (2013). Innovative Approach to Risk Analysis and Management of Oil and Gas Sector EPC Contracts from a Contractor's Perspective. *Journal of Business & Economics*, 5(2), 149.
[34] El-Shehaby, M., Nosair, I., & Sanad, A. E.-M. (2014). Risk assessment and analysis for the construction of off shore oil & gas projects. *Int. J. Sci. Res. Educ*.
[35] Baloi, D., & Price, A. D. (2003). Modelling global risk factors affecting construction cost performance. *International Journal of Project Management*, 21(4), 261-269.
[36] Asgari, S., Awwad, R., Kandil, A., & Odeh, I. (2016). Impact of considering need for work and risk on performance of construction contractors: An agent-based approach. *Automation in Construction*, 65, 9-20.
[37] Zeng, J., An, M., & Smith, N. J. (2007). Application of a fuzzy based decision making methodology to construction project risk assessment. *International Journal of Project Management*, 25(6), 589-600.
[38] Dikmen, I., Birgonul, M. T., & Han, S. (2007). Using fuzzy risk assessment to rate cost overrun risk in international construction projects. *International Journal of Project Management*, 25(5), 494-505.
[39] Aydogan, G., & Koksal, A. (2013). An analysis of international construction risk factors on partner selection by applying ANP approach. *ICCREM 2013: Construction and Operation in the Context of Sustainability* (pp. 658-669).
[40] Chemweno, P., Pintelon, L., Van Horenbeek, A., & Muchiri, P. (2015). Development of a risk assessment selection methodology for asset maintenance decision making: An analytic network process (ANP) approach. *International Journal of Production Economics*, 170, 663-676.
[41] Fazli, S., Mavi, R. K., & Vosooghidizaji, M. (2015). Crude oil supply chain risk management with DEMATEL–ANP. *Operational Research*, 15(3), 453-480.
[42] Wood, D. A. (2017). Gas and oil project time-cost-quality tradeoff: Integrated stochastic and fuzzy multi-objective optimization applying a memetic, nondominated, sorting algorithm. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*.
[43] Meidell, A., & Kaarbøe, K. (2017). How the enterprise risk management function influences decision-making in the organization–A field study of a large, global oil and gas company. *The British Accounting Review*, 49(1), 39-55.
[44] Yang, J.-B., Wang, Y.-M., Xu, D.-L., & Chin, K.-S. (2006). The evidential reasoning approach for MADA under both probabilistic and fuzzy uncertainties. *European Journal of Operational Research*, 171(1), 309-343.
[45] Zadeh, L. A. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning—I. *Information Sciences*, 8(3), 199-249.
[46] Shafer, G. (1976). A mathematical theory of evidence (Vol. 1): *Princeton University press* Princeton.
[47] Yang, J.-B., & Sen, P. (1994). A general multi-level evaluation process for hybrid MADM with uncertainty. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 24(10), 1458-1473.
[48] Yang, J.-B., & Singh, M. G. (1994). An evidential reasoning approach for multiple-attribute decision making with uncertainty. *IEEE Transactions on systems, Man, and Cybernetics*, 24(1), 1-18.
[49] Zhu, W.-d., Liu, F., Chen, Y.-w., Yang, J.-b., Xu, D.-l., & Wang, D.-p. (2015). Research project evaluation and selection: an evidential reasoning rule-based method for aggregating peer review information with reliabilities. *Scientometrics*, 105(3), 1469-1490.
[50] Liu, H.-C., Liu, L., Bian, Q.-H., Lin, Q.-L., Dong, N., & Xu, P.-C. (2011). Failure mode and effects analysis using fuzzy evidential reasoning approach and grey theory. *Expert Systems with Applications*, 38(4), 4403-4415.
[51] Ahmadzadeh, F., & Bengtsson, M. (2017). Using evidential reasoning approach for prioritization of maintenance-related waste caused by human factors—a case study. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 90(9-12), 2761-2775.
[52] Fu, C., & Yang, S. (2012). The combination of dependence-based interval-valued evidential reasoning approach with balanced scorecard for performance assessment. *Expert Systems with Applications*, 39(3), 3717-3730.
[53] Liu, F., Zhu, W.-d., Chen, Y.-w., Xu, D.-l., & Yang, J.-b. (2017). Evaluation, ranking and selection of R&D projects by multiple experts: an evidential reasoning rule based approach. *Scientometrics*, 111(3), 1501-1519.
[54] Monghasemi, S., Nikoo, M. R., Fasaee, M. A. K., & Adamowski, J. (2015). A novel multi criteria decision making model for optimizing time–cost–quality trade-off problems in construction projects. *Expert Systems with Applications*, 42(6), 3089-3104.
[55] Ng, C. (2016). An evidential reasoning-based AHP approach for the selection of environmentally-friendly designs. *Environmental Impact Assessment Review*, 61, 1-7.

[56] Yang, J.-B., & Xu, D.-L. (2002). On the evidential reasoning algorithm for multiple attribute decision analysis under uncertainty. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans*, 32(3), 289-304.