Industrial Management Journal
Print ISSN: 2008-5885
Online ISSN: 2423-5369

Evaluating the Response to Risks in Complex Construction Projects Using the Fuzzy TOPSIS Method

Omid Tasa *
*Corresponding Author, Ph.D. Candidate, Department of Civil Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. E-mail: omidtasa@ut.ac.ir

Mahmoud Gholabchi
Prof., Department of Project and Construction Management, School of Architecture, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: golabchi@ut.ac.ir

Mehdi Ravanshadnia
Associate Prof., Department of Civil Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. E-mail: ravanshadnia@srbiau.ac.ir

Abstract

Objective: The swift expansion of intricate projects in the global construction industry has prompted numerous investigations in the last twenty years, highlighting the significance of comprehending project intricacy for the triumph of construction project management. Identifying, assessing, and ranking procedures in response to risk is a crucial yet currently difficult aspect of project management to handle intricate projects at every phase of their existence effectively. Project managers have consistently focused on complexity and its linked hazards since it is a significant factor in project cost and time delays. This study explores the correlation between project complexity and modeling its outcomes' risks.

Methods: The study employed a deductive, positivistic methodology. The literature review examined the history and definition of complex projects. The risk factors were identified based on the underlying causes of the project's complexity. To achieve the best possible outcome in financial terms, a comprehensive model was proposed that considered the type of project contract with different risk response activities. The model was then tested by analyzing the risks associated with a sample project, and cost-response index graphs were generated for each risk individually and aggregated.

Results: This research aimed to examine the current state and developments in project complexity research and to provide valuable insights for scholars and practitioners. The study's findings indicated that risks do not impact all projects equally. It was found that the actual effects of a risk event depend not only on the event itself but also on the management actions taken to address the contingency and their timing. These factors can influence the severity of the problems caused by the event and its ripple effects throughout the project organization.

Conclusion: According to the results of this field study, risks do not uniformly affect all projects. The actual impact of a risk event is contingent not only on the nature of the event itself but also on the managerial response to the contingency and its timing. These factors can influence the severity of problems caused by the event and the cascading effects within the project organization. While no single set of guidelines can guarantee project success, it is essential to recognize that the process is not random. A better understanding of the organizational dynamics that affect project performance and the factors contributing to risks in complex projects is a crucial precondition for creating a cross-functional solid team capable of managing risks before they negatively impact project outcomes. Therefore, this study can represent the first attempt to investigate the relationship between project complexity, risk consequences, and financial goals in complex construction projects. Among the various criteria contributing to complexity, the project's content, organization, and external environment were identified as the most significant risk generators in complex construction projects.

Keywords: Complexity, Complex project, Risk, response to risk, Fuzzy TOPSIS.

Citation: Tasa, Omid; Gholabchi, Mahmoud & Ravanshadnia, Mehdi (2023). Evaluating the Response to Risks in Complex Construction Projects Using the Fuzzy TOPSIS Method. *Industrial Management Journal*, 15(2), 335-364. (*in Persian*)

Industrial Management Journal, 2023, Vol. 15, No 2, pp. 335-364
Published by University of Tehran, Faculty of Management
https://doi.org/10.22059/IMJ.2023.352751.1008010
Article Type: Research Paper
© Authors
Received: December 20, 2022
Received in revised form: April 30, 2023
Accepted: May 06, 2023
Published online: July 19, 2023

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مدیریت صنعتی
شاپا چاپی: ۲۰۰۸-۵۸۸۵
شاپا الکترونیکی: ۲۴۲۳-۵۳۶۹

ارزیابی پاسخ به ریسک در پروژه‌های پیچیده ساختمانی با استفاده از روش تاپسیس فازی

امید تاسا*

* نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری، گروه مهندسی و مدیریت ساخت، دانشکده عمران، معماری و هنر، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. رایانامه: omidtasa@ut.ac.ir

محمود گلابچی

استاد، گروه مدیریت پروژه و ساخت، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: golabchi@ut.ac.ir

مهدی روانشادنیا

دانشیار، گروه مهندسی و مدیریت ساخت، دانشکده عمران، معماری و هنر، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. رایانامه: ravanshadnia@srbiau.ac.ir

چکیده

هدف: در کل چرخه حیات پروژه‌های پیچیده، شناسایی و ارزیابی و فرایند اولویت‌بندی پاسخ به ریسک، برای مدیریت مؤثر، بسیار ضروری و دشوار است. تجربه نشان داده است که موضوع پیچیدگی و ریسک‌های ناشی از آن، به‌دلیل داشتن سهمی بزرگ در شکست پروژه‌ها از منظر هزینه و زمان، همواره دغدغه مدیران پروژه بوده است. ارتباط میان پیچیدگی پروژه و مدل‌سازی ریسک‌های ناشی از آن، هدف این مطالعه است تا به دریافت وابستگی بین آن‌ها و اهداف پروژه، کمک کند.

روش: در گام نخست، به بررسی تاریخچه و مفهوم پروژه‌های پیچیده در ادبیات موضوع پرداخته شد و عوامل بالقوه ایجاد ریسک با توجه به ریشه‌های پیچیدگی در پروژه شناسایی شدند؛ سپس با توجه به نوع قرارداد پروژه، برای فعالیت‌های متفاوت پاسخ به ریسک و یافتن نزدیک‌ترین گزینه بهینه از منظر شاخص‌های مالی، مدلی جامع پیشنهاد شد. برای آزمایش مدل، ریسک‌های یک پروژه موردی، بررسی شد و برای هر یک از ریسک‌ها، نمودارهای شاخص هزینه ـ پاسخ به‌طور جداگانه محاسبه و ترسیم شد.

یافته‌ها: مطالعات میدانی نشان داد که ریسک‌ها به‌طور یکسان بر همه ابعاد پروژه تأثیر نمی‌گذارند. تأثیر ریسک هم به رویداد ریسک و هم به اقدام‌های مدیریتی در برخورد با رویداد احتمالی و زمان‌بندی آن بستگی دارد. تأثیرهای هزینه‌ای آن نیز، به‌صورت آبشاری در سازمانی که پروژه اجرا می‌شود، تأثیر می‌گذارد.

نتیجه‌گیری: در پروژه‌های پیچیده ساختمانی، از میان معیارهای ایجادکننده پیچیدگی، سه معیار محتوا، سازمان‌دهی و محیط خارجی پروژه، بیشترین ایجادکننده ریسک شناسایی شدند.

کلیدواژه‌ها: پیچیدگی، پروژه پیچیده، ریسک، پاسخ به ریسک، تاپسیس فازی.

استناد: تاسا، امید؛ گلابچی، محمود و روانشادنیا، مهدی (۱۴۰۲). ارزیابی پاسخ به ریسک در پروژه‌های پیچیده ساختمانی با استفاده از روش تاپسیس فازی. *مدیریت صنعتی*، ۱۵(۲)، ۳۳۵- ۳۶۴.

مدیریت صنعتی، ۱۴۰۲، دوره ۱۵، شماره ۲، صص. ۳۳۵- ۳۶۴
ناشر: دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران
نوع مقاله: علمی پژوهشی
© نویسندگان
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۲۹
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۲/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۱۶
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۴/۲۸
doi: https://doi.org/10.22059/IMJ.2023.352751.1008010

مقدمه

امروزه محیط‌های پویای پروژه‌های ساخت‌وساز، به شرایطی با عدم قطعیت و ریسک بالا منجر می‌شوند که معمولاً با محدودیت‌های زمانی سخت نیز همراه هستند. این صنعت در چند سال گذشته، تغییرات چشمگیری داشته است و پیچیدگی به جنبه جدایی‌ناپذیر از پروژه‌های آن تبدیل شده و به‌تبع آن، عدم قطعیت‌ها و ریسک‌ها در این پروژه‌ها دگرگون شده‌اند. اهمیت مدیریت ریسک پروژه‌های پیچیده ساختمانی به چند دلیل است: یک) بر مدل‌سازی، ارزیابی و کنترل پروژه‌ها و اهداف زمان، هزینه، کیفیت و ایمنی تأثیر می‌گذارد؛ دو) می‌تواند در انتخاب یک سازمان و مدیر پروژه مناسب از منظر تخصص و الزامات تجربه‌ای مؤثر باشد. تعامل هم‌زمان با ریسک‌ها و فرصت‌ها بخش مهم فرایند برنامه‌ریزی این پروژه‌هاست. پیچیدگی در این پروژه‌ها اغلب منجر به تأخیرهای عمده و سرریز هزینه‌های بیش از انتظار می‌شود بنابراین، در نظر گرفتن پیچیدگی و وابستگی متقابل آن و ریسک‌ها بسیار مهم بوده و می‌بایست ذی‌نفعان مختلف در شناسایی ریسک‌های کلیدی درگیر باشند (آکرمن، هاویک، کویگلی، والز و هاگتون[1]، ۲۰۱۴). پیچیدگی به عناصر ساختاری و پویا و تعامل این عناصر در دسته‌های وسیعی از حوزه‌های فنی، سازمانی و محیطی مربوط می‌شود (بوتچراو و فامینین[2]، ۲۰۱۵). اتخاذ رویکردهای مجزا برای ارزیابی پیچیدگی و ریسک در پروژه‌ها منجر به تضعیف اثر هم‌افزایی در ویژگی‌های متقابل (محرک‌های) پیچیدگی و ریسک‌های ناشی از آن می‌شود و امکان انتخاب استراتژی‌های بهینه در مقابل ریسک‌ها را کاهش می‌دهد. درک و ارزیابی پیچیدگی پروژه نه تنها مهم است، بلکه تجسم تعامل بین پیچیدگی پروژه و ریسک‌های ناشی از آن به‌منظور اولویت‌بندی ریسک‌های حیاتی و انتخاب استراتژی‌های بهینه جهت پاسخ به ریسک، بسیارحیاتی است. علاوه‌بر این، این ریسک‌ها باید به اهداف پروژه نیز مرتبط باشند؛ زیرا بر سودمندی تصمیم‌گیرنده در رابطه با اهمیت نسبی هر هدف پروژه تأثیر می‌گذارد (استاندارد ایزو[3]، ۳۱۰۰۰). مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که تکنیک‌های زیادی برای مراحل شناسایی و ارزیابی و پاسخ به ریسک، معرفی شده است. همچنین، تحقیقات متعددی به شناسایی شاخص‌های اصلی پیچیدگی پرداخته‌اند. در مقابل فقدان مدلی منطقی و جامع در خصوص مدیریت ریسک بسیار مشهود است، مدلی که اثرات شاخص‌های پیچیدگی و ریسک‌های ایجاد شده در پروژه‌ها را مطالعه وتحلیل کند. بر این اساس، هدف کلی این تحقیق پرکردن بخشی از این شکاف و پاسخ‌دادن به پرسش‌های زیر بود:

۱. پیچیدگی پروژه و ریسک‌های ناشی از آن به‌طور عام و در پروژه‌های ساختمانی به‌طور خاص، چگونه است؟
۲. رویکرد مؤثر و بهینه برای پاسخ به وابستگی متقابل بین پیچیدگی و ریسک چیست ؟
۳. وابستگی متقابل بین پیچیدگی پروژه و ریسک در صنعت ساخت و ساز چگونه مدیریت می‌شود؟

در این تحقیق جهت پاسخ به سؤال اول با بررسی ادبیات موضوع، به موضوع پیچیدگی و ریسک پرداخته شده است و برای پاسخ به سؤال دوم با توجه به ماهیت عدم قطعیت ریسک از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره تاپسیس فازی استفاده

1. Ackermann, Howick, Quigley, Walls & Houghton
2. Botchkarev & Finnigan
3. ISO 31000:2009

شده و برای پاسخ به سؤال سوم پروژه مجتمع تجاری ـ مسکونی ـ اداری به‌عنوان یک نمونه از پروژه‌های پیچیده ساختمانی انتخاب شد.

پیشینه پژوهش

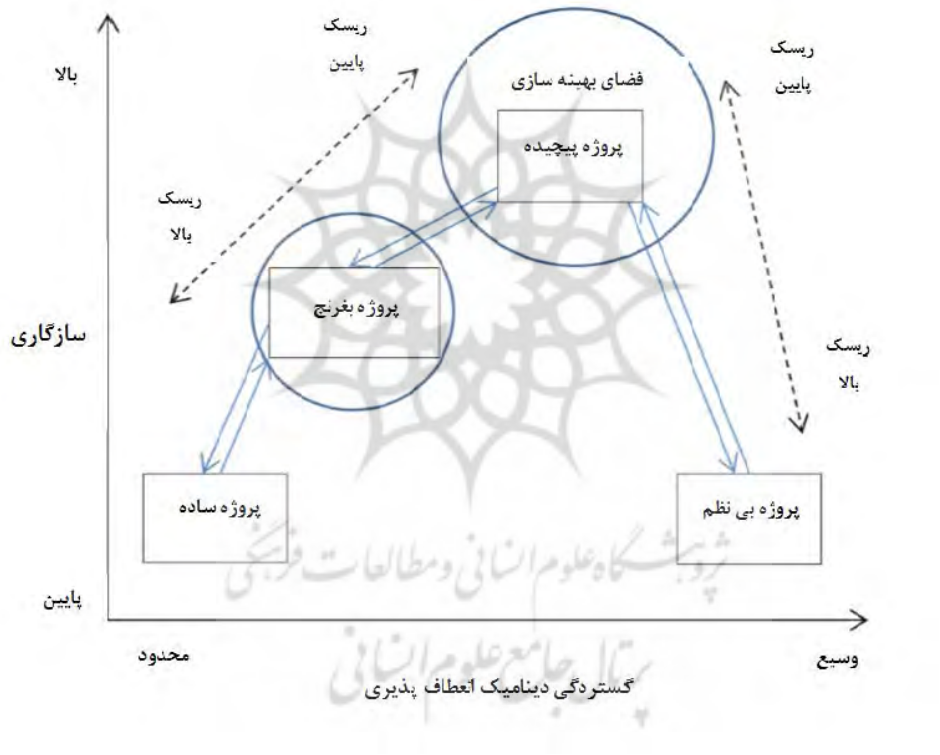
پروژه سنتی، بغرنج، پیچیده

پروژه یک تلاش موقتی برای ارائه یک نتیجه خاص است، که توسط یک حوزه خاص محدود شده و در یک زمان خاص اجرا می‌شود. پروژه‌های ساده را به‌عنوان فعالیت‌های موقت انجام می‌دهیم تا محصولات و خدماتی با روابط و اثرگذاری مشخص ایجاد کنیم. در پروژهای پیچیده، رابطه‌های علت و معلولی میان عوامل مختلف دخیل در پروژه مبهم است، بر این اساس دانش و تخصص برای فهمیدن پروژه‌های پیچیده ضروری است (اسنودن و بونه[1]، ۲۰۰۷). کرزنر[2] (۲۰۲۲) در کتاب *دانشبوردهای مدیریت پروژه* پروژه‌ها را به دو گروه پروژه‌های متداول (یا سنتی) و پیچیده تقسیم می‌کند و دلیل تفاوت آن‌ها را در داشتن ترکیبی از این عوامل می‌داند: ۱. اندازه (احجام کاری) بزرگ پروژه؛ ۲. ارزش مالی زیاد پروژه؛ ۳. نیازمندی‌های نامشخص در چرخه عمر؛ ۴. محدوده و اقلام قابل تحویل نامشخص پروژه؛ ۵. روابط داخلی نامشخص؛ ۶. گستره جغرافیایی بزرگ تیم پروژه؛ ۷. استفاده از تیم‌های مجازی بزرگ؛ ۸. استفاده از نیروی کاری با فرهنگ‌های مختلف. هر گاه پروژه‌ای ترکیبی از این خصوصیات را داشته باشد پروژه پیچیده محسوب می‌شود. در شکل ۱ به‌طور مختصر تفاوت مدیریت پروژه پیچیده و ساده را بیان شده است.

شکل ۱. تفاوت‌های مدیریت پروژه پیچیده و سنتی

1. Snowden & Boone
2. Kerzner

طی سی سال گذشته، پیچیدگی پروژه به‌تدریج توجه زیادی را به خود جلب کرده و به یک موضوع تحقیقاتی محبوب تبدیل شده است. بسیاری از محققان دیدگاه‌های متفاوتی را در مورد این موضوع گزارش کرده‌اند. براساس نتایج گلوبرمان و زیمرمن «پروژه‌های پیچیده حاوی زیرمجموعه از پروژه‌های ساده هستند که قابل تقلیل به تک تک آن‌ها نیست». ماهیت پروژه‌های پیچیده همیشه به مقیاس آن‌ها بستگی ندارد، اما متناسب با موضوع و تجربه و تخصص است (گلوبرن و زیبرمن[1]، ۲۰۱۶). کم‌توجهی به موضوع پیچیدگی پروژه باعث کاهش عملکرد و تحمیل هزینه‌های اضافی و تاخیرات در برنامه زمان‌بندی در پروژه‌های مختلف بوده است (توماس و منگل[2]، ۲۰۰۸). در دسته‌بندی دیگری گاندهی و بردمن[3] (۲۰۰۸) پروژه‌ها را به چهار دسته ساده، بغرنج[4]، پیچیده[5] و بی‌نظم یا آشوبناک[6] تقسیم کردند و تفاوت آن‌ها را در سازگاری و انعطاف‌پذیری عنوان نمودند، در شکل ۲ این دسته‌بندی ارائه شده است.

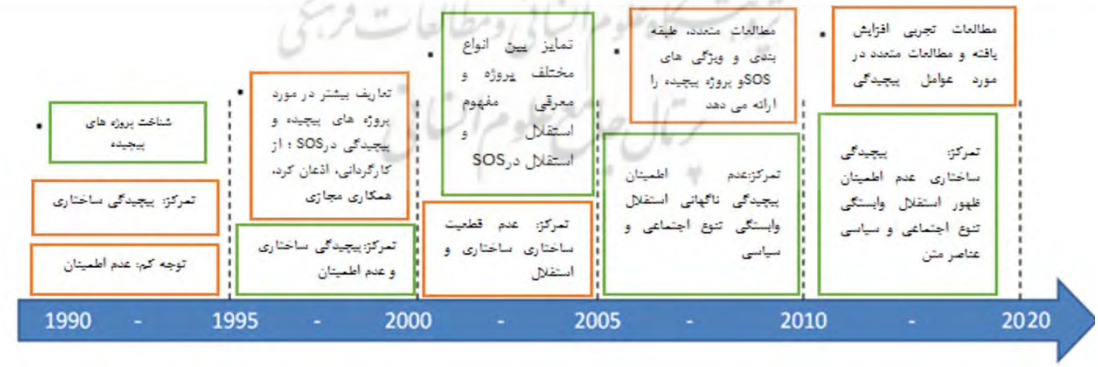


شکل۲. گونه‌شناسی پروژه‌ها بر اساس مطالعات گاندهی و بردمن

بخشی (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای پروژه پیچیده را یک ترکیب پیچیده از قطعات و اجزایی متفاوتی تعریف کردند که عناصر می‌توانند به‌طور مداوم با تأثیر روی اهداف پروژه باعث تغییر و تحول آن‌ها شوند آن‌ها معتقد بودند برای تعریف

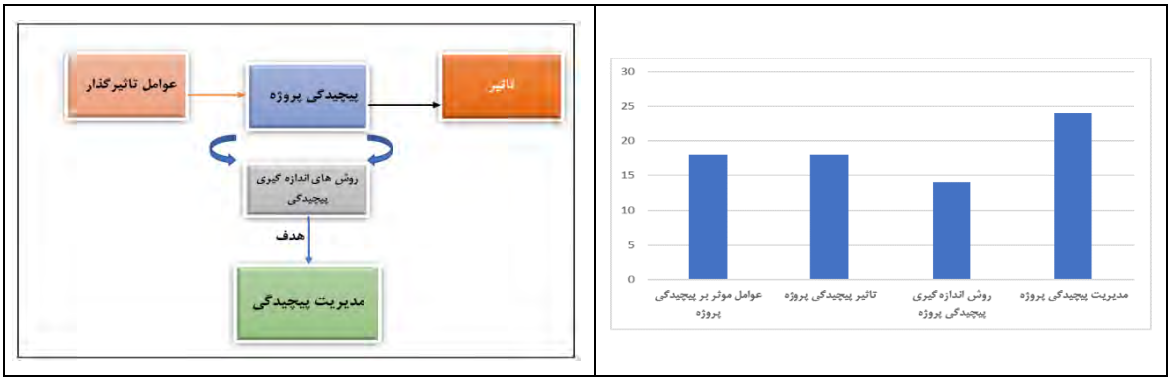
1. Glouberman, & Zimmerman
2. Thomas & Mengel
3. Gandhi and beridman
4. Complicated
5. Complex
6. Chaotic

پروژه پیچیده بایستی در ابتدا به تعریف سیستم‌های پیچیده پرداخت به همین منظور به بررسی سه دیدگاه در این زمینه پرداختند. نظریه پیچیدگی توضیح می‌دهد که نبوغ و خلاقیت از طریق دانش و تجربیات به هم پیوسته عوامل پروژه در دسترس است. دانشمندان پیچیدگی لحظات قبل از ورود یک سیستم پیچیده به الگوی جدیدی از ثبات را به‌عنوان «لبه هرج و مرج»[1] توصیف می‌کنند (گرانسبرگ، شانه، استرانگ و دلپورتو[2]، ۲۰۱۳). بوتلر پیچیدگی پروژه را به‌عنوان یک ویژگی بسیار مهم معرفی مینمایند که معمولاً به‌صورت منفی بر نتیجه بسیاری از پروژه‌ها تأثیر می‌گذارد و می‌تواند از یک پروژه موفق یک پروژه شکست خورده بسازد (بوتلر، ویجایاساری و روبرت[3]، ۲۰۲۰). گورد[4] در کتاب *ابزارهای مدیریت پیچیدگی در پروژه* بیان می‌کند که در نتیجه گسترش پیچیدگی، پروژه‌های امروزی اغلب با شکست مواجه می‌شوند و مدیران پروژه با وظایف پیچیده‌تری مواجه می‌شوند که نیازمند مهارت‌های بسیاری از رشته‌ها است. وی ۲۱ عنوان را عوامل پیچیدگی ساز معرفی، و برای هر کدام ابزارهایی جهت کنترل این پیچیدگی معرفی می‌کند (گورد، هالو ایرلند و هاناوان، ۲۰۱۹). جابر در مطالعه‌ای (۲۰۲۱)، مسائل پیچیدگی در پروژه‌های بزرگ را در سه بعد واقعی، اجتماعی و زمانی شناسایی می‌کنند. در این مطالعه که مرجعی برای بسیاری از مطالعات آتی قرار گرفت به پیچیدگی ساختاری و پیچیدگی پویا اشاره دارد، بعد اجتماعی پیچیدگی روابط متقابل، گروه‌های تیمی، احساسات و انگیزه‌ها، علایق و اقدامات سیاسی خرد تصمیم گیرندگان، پشتیبانی، عدم حمایت و اولویت‌های متناقض ذی‌نفعان را دربرمی‌گیرد. در شکل ۳ مهم‌ترین نتایج حاصل از مطالعات صورت گرفته در این بخش را از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۲ نشان داده‌ایم، در بررسی‌های صورت گرفته مشخص شد که علایق پژوهشی در پیچیدگی پروژه بر چهار حوزه متمرکز شده است: عوامل مؤثر بر پیچیدگی پروژه، تأثیر و پیامدهای پیچیدگی پروژه، روش‌های اندازه‌گیری، و مدیریت پیچیدگی پروژه. توزیع دسته‌بندی موضوعات تحقیق در پیچیدگی پروژه در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۳. مهم‌ترین نتایج حاصل از مطالعات صورت گرفته از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰

1. Edge of chaos
2. Gransberg, Shane, Strong & del Puerto
3. Butler, Vijayasarathy & Roberts
4. Gorod, Hallo, Ireland & Gunawan



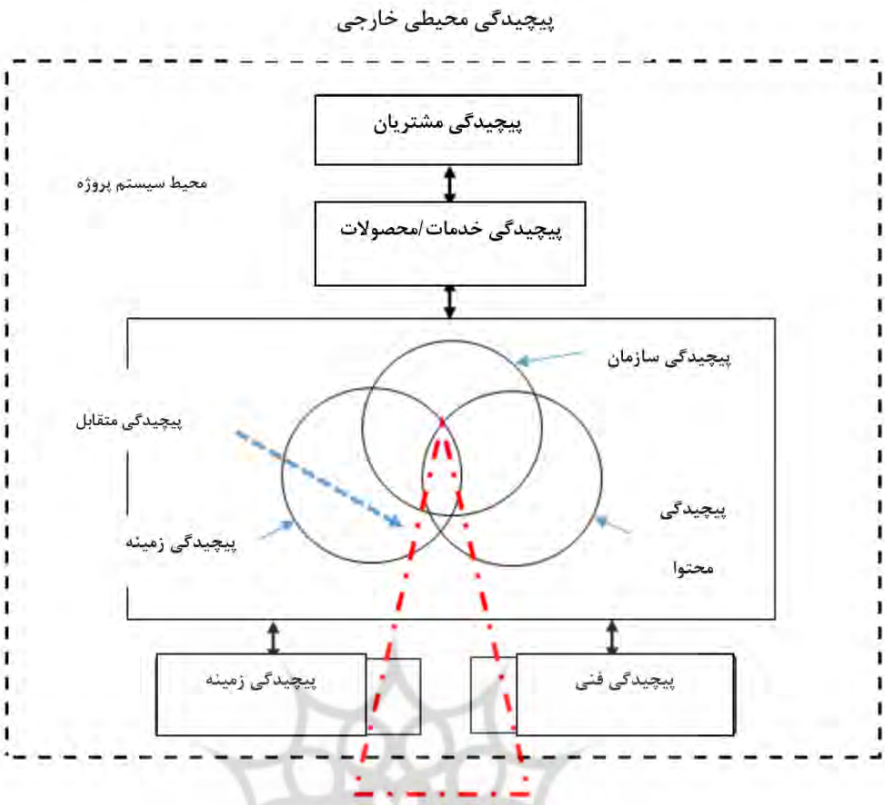
شکل ٤. توزیع دسته‌بندی موضوعات تحقیق در پیچیدگی پروژه از سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۲

مؤسسه بین‌المللی مدیریت پروژه[1]، گزارش مفصلی با عنوان «پیاده‌سازی پیچیدگی»[2] (۲۰۱۴) را منتشر و در آن «تعدد ذی‌نفعان» و «ابهام» را دو ویژگی کلیدی پیچیدگی پروژه معرفی کرده است. همچنین بعدها در ویرایش هفتم از راهنمای گستره مدیریت پروژه[3] (۲۰۲۱) پیچیدگی را ویژگی پروژه یا محیط آن می‌داند و مدیریت آن را به‌دلیل رفتار انسان یا محیط یا ابهام‌های موجود، دشوار معرفی می‌کند. این مؤسسه دو سال بعد در کتاب *راهنمای گروه‌های فرایندی*[4] (۲۰۲۳) پیچیدگی را به سه بُعد تقسیم می‌کند:

۱. رفتار سیستم (ناشی از وابستگی‌های داخلی بین عناصر تشکیل‌دهنده و سیستم؛
۲. رفتارهای انسانی (تعامل بین افراد و گروه‌های مختلف)؛
۳. ابهام (عدم اطمینان از مسائل نوظهور و عدم درک یا سردرگمی) و به‌طور مفصل در بخش‌های مختلف در مورد آن بحث می‌کند.

برای افزایش آگاهی از عوامل هنگام برخورد با پیچیدگی پروژه، مهم است که چارچوبی[5] برای آن تعریف شود. پژوهشگران بسیاری برای این منظور پیشنهادهایی را ارائه داده‌اند (گوترمن[6]، ۲۰۰۵؛ گوش و اسکیبینوفسکی[7]، ۲۰۱۰؛ تایسون براونینگ[8]، ۲۰۱۴؛ ناچباگار[9] ۲۰۲۱ ؛ دانیل[10] ۲۰۲۲). بر این اساس نویسندگان با بررسی مطالعات صورت گرفته در گذشته، چارچوب زیر را پیشنهاد می‌کنند (شکل ۵).

1. Project Management Institute (PMI)
2. Navigating Complexity: A Practice Guide (2014)
3. A guide to the project management body of knowledge. PMBOK guide(2021)
4. PMI - Process Groups_ A Practice Guide-Project Management Institute, Inc (2023)
5. Framework
6. Cotterman
7. Ghosh & Skibniewski
8. Tyson Browning
9. Nachbagauer
10. Daniel



شکل ۵. چارچوب پیشنهادی برای عوامل پیچیدگی پروژه

ریسک

ریسک را می‌توان به‌عنوان یک وضعیت یا رویداد نامشخص تعریف کرد که وقوع آن حداقل بر یکی از اهداف پروژه تأثیر دارد. چند علت در به وجود آمدن ریسک ممکن است دخیل باشند، بنابراین وقوع آنهم بیش از یک تـأثیر خواخـد داشـت. شرایط و الزامات، محدودیت‌ها یا مفروضات ممکن است عللی باشد که ریسک‌ها با احتمـال اثـر منفـی یـا مثبـت ایجـاد می‌کنند (امیری، ۲۰۱۴). مدیریت ریسک به فرایندی گفته می‌شود که با استفاده از روشی مناسب می‌توانـد ریسـک‌هـا را بیابد، تجزیه و تحلیل کند و سپس در پاسخ به آن ریسک‌ها واکنش مناسب نشان دهـد، تـا در نهایـت موفقیـت پـروژه و دستیابی به اهداف آن را افزایش دهد. پس از بررسی نویسندگان مختلف، یک رویکرد که برای مدیریت ریسک ساخت و ساز مناسب است تقسیم‌بندی مدیریت ریسک به سه بخش شناسایی، تحلیل و پاسخ است. در ادامه مهم‌ترین حوزه‌هـای مطالعاتی ریسک در تحقیقات ۱۰ سال گذشته در جدول ۱ ارائه شده است در کنار حوزه اصلی زیر مجموعه آن حوزه هـم ذکر شده است (اباو و کولجیوسکی[1] ۲۰۱۴؛ یونس، مویاد وآبومندیل[2] ۲۰۲۱؛ یانگ، لو و ژائو[3] ۲۰۲۱؛ دلامینی[4] ۲۰۲۲).

1. Ibadov N., Kulejewski
2. Younus, Muayad & Abumandil
3. Yang, Lou & Zhao
4. Dhlamini

جدول ۱. مهم‌ترین حوزه‌های مطالعاتی ریسک در تحقیقات از سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۲

حوزه اصلی	زیر مجموعه حوزه اصلی
محدوده پروژه	تعریف محدوده، مبنای طراحی، الزامات آینده
اهداف پروژه	تعریف اهداف پروژه
سازمان پروژه	تیم پروژه، نقش‌ها و مسئولیت‌ها، ارتباطات
محرمانه بودن و امنیت اطلاعات در پروژه	محرمانگی اطلاعات، امنیت اطلاعات
زمان‌بندی پروژه	برنامه کلی، محصولات تحویلی شخص ثالث، تیم پروژه، تصمیم‌گیری، طراحی دقیق، تدارکات، ساخت و ساز، راه‌اندازی، صلاحیت
بودجه و هزینه	تصویب بودجه، کنترل بودجه، توسعه طراحی، مدیریت ارزش، هزینه‌های اقتضایی، کنترل تغییرات
سیاست‌های خرید و قراردادها	استراتژی قرارداد، استراتژی تدارکات، بیمه، حمل و نقل، الزامات حمل و نقل، تجهیزات حیاتی
تهدیدهای محیط خارجی پروژه	تهدیدهای خارجی پروژه، نقاط ضعف سازمانی
عملکرد کیفیت در پروژه	استراتژی کیفیت، الزامات مشتری، خرابی‌های محصول
تأییدات عامل سوم در پروژه	شرایط برنامه ریزی، ایرادات برنامه ریزی، گواهی آتش سوزی، مقررات ساختمانی، مقررات مربوط به مجوزات، الزامات بیمه گر
مراحل طراحی نقشه‌های پروژه	فناوری های جدید، طراحی فرایند، تجهیزات فرایند، ابزارهای فرایند، اتوماسیون، ابزاردقیق، برق، فناوری اطلاعات، خدمات ساختمان، مهندسی آتش نشانی، عمران، سازه، معماری، سیستم‌های امنیتی،پایش محیطی، طرح‌های محیطی، هماهنگی طراحی، مشخصات و استانداردها
ایمنی	سیستم‌های مدیریت ایمنی، ایمنی اپراتور، ایمنی پیمانکار، دسترسی/خروج ایمن، مقررات ساخت و ساز
زیست محیطی	استراتژی مدیریت و جلوگیری از انتشار ضایعات،صداهای مزاحم
انتقال دانش	مدیریت انتقال تکنولوژی و دانش در پروژه
مرحله بهره‌برداری	مسائل مرحله بهره‌برداری، مسائل مربوطه پیمانکاران در این مرحله
تداخلات حین اجرای پروژه	مسائل ایمنی ساخت و ساز، ارتباط مرحله ساخت با بهره‌برداری و با پروژه‌های دیگر
مرحله راه‌اندازی پروژه	راه‌اندازی، مراحل راه‌اندازی، مسائل مربوط به تاسیسات
پشتیبانی پروژه	دفاتر، تخصیص فضا، پشتیبانی فناوری اطلاعات، مدیریت اسناد

مدل‌های مدیریت ریسک

در مطالعات صورت گرفته توسط محققان مدل‌ها و ساختارهای متعددی ارائه شده است جهت نشان دادن مراحل مختلف در ساختارهای پیشنهادی مدیریت ریسک که در مطالعات مختلف بیشترین ارجاعات را به خود اختصاص داده بودند، جدول ۲ تهیه شد (کلیم و لودین[1]، ۱۹۹۷؛ لیونز و اسکیدمور[2]، ۲۰۰۴؛ رازتی و هیلسون دی[3]، ۲۰۰۵؛ لیندسی، رز، فرانزون و نورد نیلسون[4]، ۲۰۱۴؛ ورزو[5]، ۲۰۲۱؛ وایدمن[6]، ۲۰۲۲؛ مهاجری، پوررستم، شرفیلو و صفا، ۱۴۰۱).

1. Kliem & Ludin
2. Lyons & Skitmore
3. Raz & Hillson
4. Lind, Rose, Franzon & Nord-Nilsson
5. Verzuh
6. Wideman

جدول ۲. ساختارهای ارائه شده برای مدیریت ریسک در مطالعات با بیشترین ارجاعات

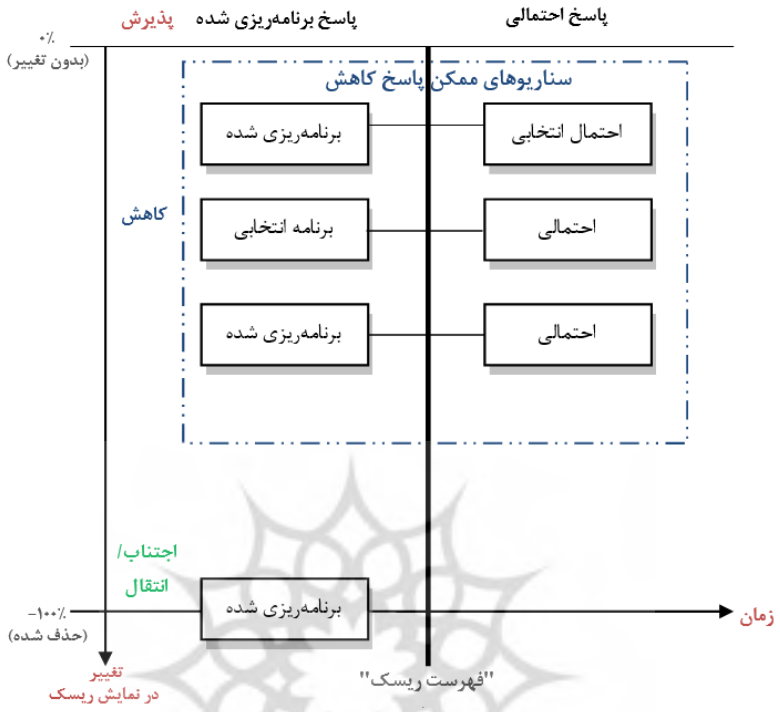
PMBOX	SHAMPU	PRAM	PAMP
برنامه‌ریزی مدیریت ریسک	تعریف پروژه	تعریف پروژه	شروع فرایند
	تمرکز بر فرایند	تمرکز بر فرایند	
شناسایی ریسک	شناسایی	شناسایی	
	ساختاردهی	ساختاردهی	
	تعیین مسئولیت‌ها	تعیین مسئولیت‌ها	
تجزیه‌وتحلیل کیفی ریسک	برآورد ارزیابی	برآورد ارزیابی	بازنگری ریسک
تجزیه‌وتحلیل کمی ریسک			
برنامه‌ریزی واکنش به ریسک			
کنترل و نظارت	کنترل	برنامه‌ریزی	مدیریت ریسک
VERZUH	**KLIEM & LUDIN**	BOHEM	**FERLI**
			تعیین عوامل ریسک
شناسایی ریسک	شناسایی ریسک	شناسایی، ارزیابی، تجزیه‌وتحلیل و اولویت‌بندی ریسک	ارزیابی احتمالات ریسک و تأثیرات آن
			تعیین استراتژی‌ها به منظور کاهش ریسک‌های شناسایی شده
برنامه واکنش ریسک	آنالیز ریسک	برنامه‌ریزی، مدیریت و کنترل ریسک	پایش عوامل ریسکی
			تهیه برنامه واکنش و برخورد با پدیده‌های احتمالی
مدیریت ریسک	کنترل و گزارش ریسک		مدیریت بحران جبران پیشامدهای بحرانی

پاسخ به ریسک

پاسخ به ریسک مجموعه‌ای از اطلاعات در مرحله تجزیه و تحلیل و به‌منظور تصمیم‌گیری در مورد بهبود امکان تکمیل پروژه در زمان، هزینه و عملکرد بهینه است. تمرکز در این مرحله بر روی آماده سازی پاسخ به ریسک‌های اصلی است و افرادی را که مسئول هر پاسخ هستند تعیین می‌شود.کتاب راهنمای گستره دانش مدیریت پروژه (ویرایش هفتم) پاسخ به ریسک را در دو دسته ریسک مثبت (پذیرش، تشدید، بهره‌برداری، افزایش، واگذاری) و ریسک منفی (اجتناب، واگذاری، پذیرش، انتقال، کاهش) تعریف می‌کند(کتاب راهنمای جامع مدیریت پروژه ۲۰۲۱). یانگ و همکاران[1] (۲۰۰۶) در مطالعه‌ای تلاش کردند که با طراحی مدلی بهینه به حل مسئله پاسخ به ریسک بپردازند آن‌ها با با ترکیب سه مشخصه زمان، کیفیت و هزینه تلاش نموده‌اند بسیاری از نیازمندی‌های استراتژیک در پاسخ به ریسک را مرتفع نمایند این مدل که توسط آن‌ها لینگو نامگذاری شده با سبک سنگین[2] کردن گزینه‌های مختلف در راه یافتن نتیجه مؤثر است. درمدل پیشنهادی سناریوهای ممکن برای پاسخ به دو دسته برنامه‌ریزی شده و احتمالی تقسیم می‌شوند. این مدل در شکل ۶

1. Young
2. Tradeoff

نشان داده شده است. انتخاب گروهی از استراتژی‌های پاسخ به ریسک برای دستیابی به اثرات مطلوب پاسخ، مستلزم تعادل هزینه، زمان بسته به الزامات تابع هدف است که در زیر نتایج این دو معیار قرار می‌گیرد.



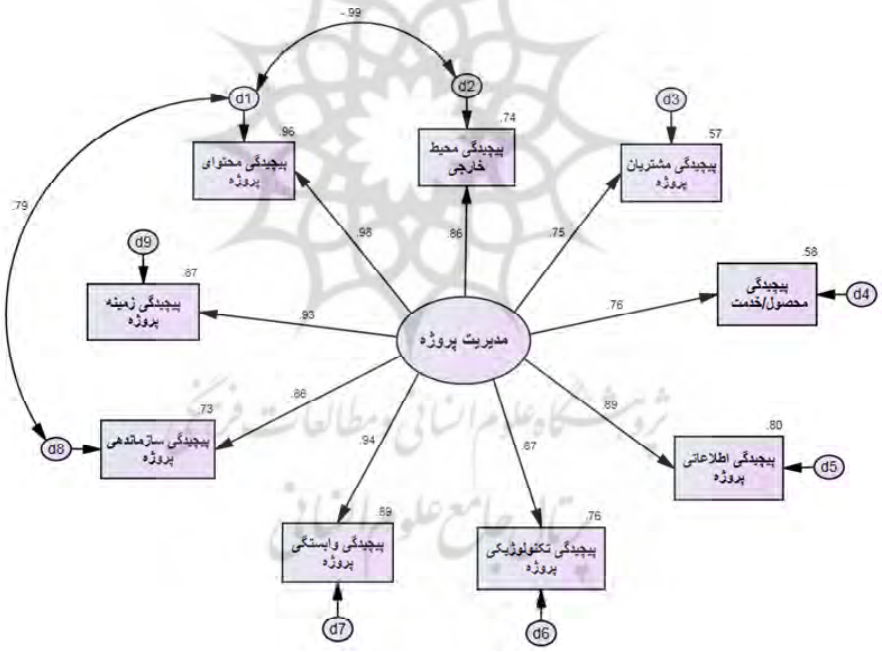
شکل ٦. مدل پاسخ به ریسک معرفی شده توسط یانگ و همکاران

مدیریت ریسک در پروژه‌های پیچیده ساختمانی

یک پروژه پیچیده که به‌عنوان یک سیستم با تعاملات پیچیده، بین سازمان‌ها شناخته می‌شود، ریسک ناشی از خصوصیت‌های پیداشی در پروژه‌های پیچیده و تعاملات آن‌ها را نمی‌توان با تئوری‌های مدیریت ریسک سنتی مدیریت کرد. یافته‌های لئو[1] (۲۰۱۷)، نشان می‌دهد که تحقیقات در مورد پیچیدگی پروژه ساختمانی در درجه اول بر چهار حوزه متمرکز است: عوامل مؤثر در پیچیدگی پروژه، تأثیر پیچیدگی پروژه، روش‌های اندازه‌گیری پیچیدگی، و ملاحظات برای مدیریت پیچیدگی پروژه. دائو[2] (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای ۳۴ فاکتور تأثیر گذار بر ریسک در پروژه‌های پیچیده ساختمانی را شناسایی کرده‌اند در مطالعات صورت گرفته توسط این محققان نشان داده شده که فاکتورهای هزینه‌ای دارای بیشترین اثرگذاری در ایجاد ریسک‌های ثانویه از منظر کارفرما و پیمانکار در پروژه‌های ساختمانی بوده‌اند. در مطالعه‌ای جایاسودها و ویده ولی [3] در سال ۲۰۱۶، برای کشور هند، ریسک‌های مربوط به پروژه‌های پیچیده ساختمانی را پس از شناسایی به کمک نظر خبرگان و کارشناسان این صنعت، رتبه‌بندی نمودند در این مطالعه از میان ۹۰ ریسک شناسایی شده، ریسک زیست محیطی، ریسک طراحی، ریسک مالی، ریسک محیط کار و ریسک بازار دارای حداکثر رتبه ریسک هستند. در

1. Luo et al
2. Dao et al
3. Jayasudha & Vidivelli

مطالعه‌ای هانس تامهن[1] به بررسی ابعاد مدیریت ریسک در پروژه‌های پیچیده ساختمانی پرداخته است نتـایج تحقیقـات وی نشان دهنده سه بعد شدت اثر (به ترتیب شامل: کم، محدود، اثرگذار بروی پروژه، اثرگذار بروی سازمان)، درجه عـدم اطمینان (به ترتیب شامل: متغیر، پیش‌بینی‌پذیر، پیش‌بینی‌ناپذیر و ناشناخته‌های ناشناخته) و درجـه پیچیـده‌گـی (شـامل: پیچیدگی در سطح پروژه(کم)، پیچیدگی در سطح برنامه (متوسط) و پیچیدگی در سطح کسب و کار (زیاد)) تشکیل دهنده ابعاد مدیریت ریسک پروژه‌های پیچیده ساختمانی هستند (تامهن، ۲۰۱۳). در تحقیقی تاسا ، گلابچی و روانشادنیا (۲۰۲۳) عوامل ایجاد پیچیدگی در پروژه در ۹ گروه فرایندی (محتوا، زمینه، سازمان، وابستگی‌های پروژه، تکنولـوژی، اطلاعـاتی، محصولات و خدمات، مشتریان، محیط خارجی) تقسیم‌بندی کردندکه در مجموع در زیر این نه گروه بیش از ۱۵۵ عامـل را شناسایی نموده‌اند که با مطالعات صورت گرفته روی پروژه‌های صنعتی در ایـران ۴۰ عامـل بـه‌عنـوان عوامـل اصـلی معرفی شده‌اند. در شکل ۷ مدل تحلیل عاملی تأییدی این گروه‌های فرایندی ارائه شده است، نکته تأمـل‌برانگیـز در ایـن مدل وجود ارتباط میان پیچیدگی محیط خارجی، پیچیدگی محتوا و پیچیدگی سازمان‌دهی پروژه است، در مطالعه پیش رو از این گروه‌ها و عوامل به‌عنوان یکی از ورودی‌های فرایند شناسایی ریسک در پروژه مورد مطالعه استفاده نمودیم.



شکل ۷. مدل تعاملی تأییدی گروه‌های پیچیدگی‌ساز

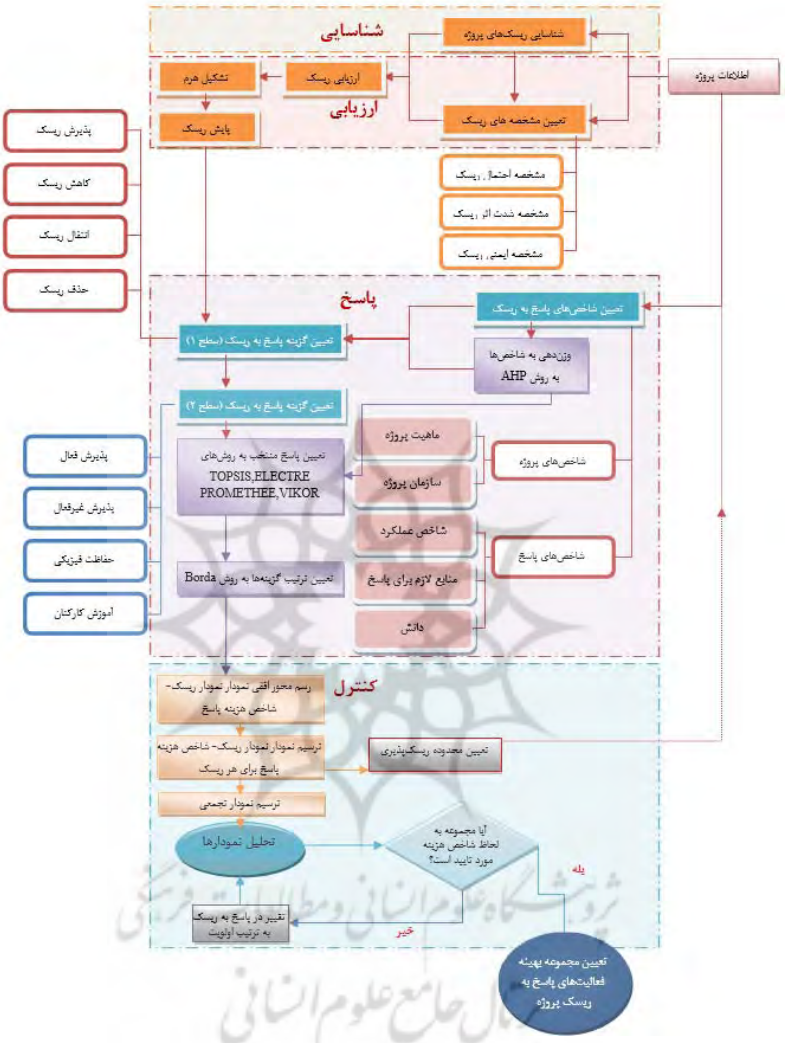
(تاسا و همکاران، ۲۰۲۳)

ارائه مدلی برای پاسخ به ریسک

مدل، نمایش انتزاعی از اجزا و ارتباطات یک پدیده است که روابط بین موجودیت‌ها و متغیرهای مختلف آن پدیـده را بـه نمایش در می‌آورد. از آن جا که تجربه کردن همه واقعیت‌ها و پدیده‌ها به‌صورت عملی ممکن نیسـت، از مـدل‌هـا بـرای

1. Hans Thamhain

ترسیم وقایع، حقایق یا وضعیت‌ها استفاده می‌شود. مدل طراحی شده در این پژوهش یک مدل منطقی است که هدف آن یافتن مجموعه‌ای از پاسخ‌های ریسک با در نظر گرفتن هزینه بوده است، در شکل ۸ فلوچارت روابط مدل طراحی شده نشان داده شده است.



شکل ۸. دیاگرام روابط مدل طراحی شده

روش‌شناسی پژوهش

برای پاسخ به سؤالات تحقیق از کتابچه راهنمای کوکران برای بررسی سیستماتیک (۲۰۰۸) بهره گرفته شد. با این هدف، کلمات کلیدی مورد جست‌وجو (پیچیدگی، پروژه پیچیده، ریسک، پاسخ به ریسک) در پایگاه‌های داده[1] مورد کاوش قرار گرفت روش جست‌وجوی در ابتدا شامل رشته‌های، مهندسی، مدیریت، علوم تصمیم‌گیری و ساخت‌وساز بود، داده‌های اولیه مرور ادبیات با محدوده تاریخی بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۳ مورد کاوش قرار گرفتند. پایگاه‌های داده، با

1. Scopus, Web of Science, Google scholar, Inspec, Business Source Premier, Business Source, Complete, ProQuest Science journals, Springer Link, ACM Digital library, and IEEE

توجه به پوشش ادبیات علمی و سطح هم‌پوشانی انتخاب شدند. نتایج مقالات و تحقیقات علمی صورت گرفته در این بازه زمانی را به دو دسته تقسیم شدند: دسته اول مطالعاتی که به تعریف پیچیدگی پروژه، ریسک‌های ناشی از آن پرداخته‌اند، این تحقیقات برای پاسخ به سؤال اول تحقیق به ما کمک می‌کردند. دسته دوم مطالعاتی که رویکردهای پاسخ به ریسک‌ها در پروژه‌ها را بررسی نموده‌اند، و فاکتورهای مؤثر بر آن را برشمرده‌اند که به کمک آن‌ها تلاش نمودیم سؤال دوم تحقیق را پاسخ دهیم. عوامل و فاکتورهای بیان شده در تحقیقات در مختلف با هم مقایسه شده و ضعف‌ها و قوت‌های هر یک جداگانه بررسی شده است، سپس چارچوبی برای پیچیدگی پروژه‌ها پیشنهاد شد.

تصمیمات در دنیای واقعی نمی‌توانند براساس یک معیار اندازه‌گیری واحد مورد ارزیابی قرار گیرند. رویکرد یک بعدی برای شناخت سیستم‌های واقعی نمی‌تواند راه حلی برای اندازه‌گیری و ارزیابی ارائه دهد و حتی ممکن است به تصمیمات غیرواقعی منجر شود، بنابراین، برای اندازه‌گیری و ارزیابی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره[1] استفاده می‌شود. روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به دو دسته تصمیم‌گیری چندهدفه و تصمیم‌گیری چندشاخصه تقسیم می‌شوند (زوو ، ژانگ و وانگ[2] ۲۰۰۷). در حالت دیگر می‌توان مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره را به دو دسته جبرانی و غیرجبرانی دسته‌بندی کرد. بر این اساس مدل‌های جبرانی تصمیم‌گیرنده حاضر به تبادل بین معیارها و شاخص‌ها وجود دارد. تغییر در یک شاخص توسط تغییری مخالف در شاخص یا شاخص‌های دیگر جبران می‌شود؛ اما در مدل‌های غیرجبرانی تصمیم‌گیرنده حاضر به تبادل بین معیارها نیست. روش‌های غیرجبرانی جدیدا در پژوهش‌ها و مقالات مورد استفاده قرار نمی‌گیرند؛ زیرا الگوریتم ساده و غیرانعطاف‌پذیری دارند. در این مقاله، از دو روش تاپسیس[3] فازی و تحلیل سلسه‌مراتبی[4] که از روش‌های متداول پاسخ به ریسک در پروژه‌ها هستند، استفاده شده است. همچنین از منطق فازی که به‌عنوان منطق چندمتغیر شناخته می‌شود استفاده شده است، منطق فازی یک روش مدل سازی برای استدلال نامشخص سیستم‌های انسانی و پویا برای تعریف و تبدیل به یک مقدار مشخص است؛ زیرا قضاوت و رفتار انسان، ساختار بسیار پیچیده‌ای دارد و نمی‌تواند پیش از آن با ارزش عددی دقیق محاسبه کرد روش تاپسیس فازی برای حل مسئله تصمیم‌گیری گروهی مانند مسائل پاسخ به ریسک در محیط‌های متغیر انسانی بسیار مناسب است (نادبان و دزیتاس[5] ۲۰۱۶). در ادامه از مدل تعاملی تأییدی گروه‌های پیچیدگی‌ساز ارائه شده توسط تاسا و همکاران به‌عنوان ورودی‌های مدل تدوین شده برای پاسخ به ریسک‌های پروژه‌های پیچیده ساختمانی استفاده شد، جهت بررسی مدل از یک نمونه موردی که بیشترین شباهت را از لحاظ ویژگی‌ها با پروژه پیچیده ساختمانی داشت استفاده شد.

یافته‌های پژوهش

در ادامه برای بررسی نتایج تحقیق ابتدا پروژه مورد مطالعه را معرفی کرده سپس به بررسی و تحلیل ریسک‌های آن می‌پردازیم، مشخصات پروژه ساختمان تجاری اداری ـ تجاری قلهک تهران مطابق با جدول ۹ است، این پروژه در شهر

1. Multi Criteria Decision Making
2. Zou, Zhang & Wang
3. TOPSIS
4. AHP
5. Nădăban & Dzitac

تهران، در مقطعی از زمان که محیط خارجی پروژه دچار ریسک‌ها و ابهامات بسیار زیادی بود شروع شده بود (نرخ تورم کاملا نامشخص، کمبود و نایاب شدن ناگهانی برخی از مصالح ساختمانی نظیر سیمان، ابهامات زیاد در تأمین تجهیزات به‌دلیل تحریم‌ها، تغییر دولت و وجود ابهامات در سیاست‌های کلی و...) زمین پروژه دارای چندین مالک با تفکرات گوناگون و متضاد و چندین بار تغییر در کلیت پروژه (از پروژه مسکونی به تجاری به اداری به مجموعه اداری تجاری)، به همین علت غیرقابل شناسایی بودن اقلام قابل تحویل از ابتدای پروژه. رقم قراردادی بالغ بر ۵۰۰ میلیارد تومانی و فاصله زیاد جغرافیایی بخش‌های درگیر در پروژه (مالکان ساکن کشور کانادا، طراح پروژه در ایتالیا، مشاور ساخت در اصفهان، تیم‌های اجرایی از نقاط مختلف ایران)، ابهامات در مجوزهای شهرداری و تغییرات در قوانین حاکمیتی با تغییرات شهردار، وجود سیستم سازه‌ای جدید و نوآورانه (ترکیب جدیدی از سیستم‌های فلزی و بتنی در کنار هم که برای اولین بار در ایران اجرا می‌شد)، باعث شد این پروژه با مدل‌ها وتعاریف مختلف سنجش پیچیدگی پروژه، معرفی شده در ادبیات تحقیق پایش شده و در نهایت به‌دلیل داشتن تمامی خصوصیات مطرح شده در مدل (شکل ۷) به‌عنوان نمونه‌ای از یک پروژه پیچیده ساختمانی انتخاب شود.

محل پروژه	تقاطع خیابان شریعتی و خیابان شهید کلاهدوز (دولت) تهران
زیربنا	مساحت کل ۱۷۸۹۳/۳ مترمربع، شامل: ۵۷۴۹/۳ مترمربع پارکینگ در ۱۷۴ واحد، ۱۱۹۳ مترمربع تاسیسات، ۲۳۳۶/۲ مترمربع اداری در ۳۵ واحد، ۱۹۴۰/۶ مترمربع پله و آسانسور، ۹۲۶/۲ مترمربع تجاری در ۱۷ واحد و ۱۶۵۰/۸ مترمربع مسکونی در ۲۴ واحد
تعداد طبقات	جمعاً ۳۰طبقه شامل: ۴ طبقه زیرزمین، یک طبقه زیر همکف، یک طبقه همکف، ۲۳ طبقه بالای همکف، و یک طبقه فوقانی محل استقرار تاسیسات سرمایشی
اسکلت ساختمان	فولادی- دیوارهای برشی و حایل در زیرزمین و قاب خمشی‌گیر در طبقات بالا با اتصالات پیچ و مهره، سقف زیرزمین‌ها دال بتنی ۲۰ سانتی‌متری و سقف همکف دال بتنی ۲۵ سانتی‌متری و سقف طبقات با مقطع کامپوزیت
تجهیزات	ایمنی شامل : در پله فرار، سیستم اعلام حریق، سیستم اطفای حریق خودکار در پارکینگ‌ها و خطوط آتش‌نشانی خشک و تر، جعبه‌های آتش‌نشانی و کپسول‌های اطفای حریق و صاعقه‌گیر و چاه ارت، تجهیزات رفاهی: سیستم تهویه مطبوع، موتورخانه مجزا برای واحدهای تجاری و اداری مجهز به چیلر آبرورپشن (شامل دو دستگاه ۲۳۰ تن و یک دستگاه ۸۰ تن از نوع سانتریفوژ) و دستگاههای هواساز و فنکویل، سه دستگاه آسانسور (دو دستگاه ۱۲ نفره و یک دستگاه باربر از نوع تیسن المان)، سیستم برق اضطراری، دربیازکن مرکزی و سیستم صوتی مرکزی؛
سایر تجهیزات	شامل پست اصلی برق با ظرفیت ۴۸۰ کیلووات و ۱۰ انشعاب سه‌فاز و ۵۲ انشعاب تکفاز، تعداد ۱۰۰ خط تلفن، انشعاب آب ۱ اینچ، انشعاب گاز، سیستم تصفیه فاضلاب و مخازن ذخیره آب

شکل ۹. مشخصات و تصویر پروژه مورد مطالعه

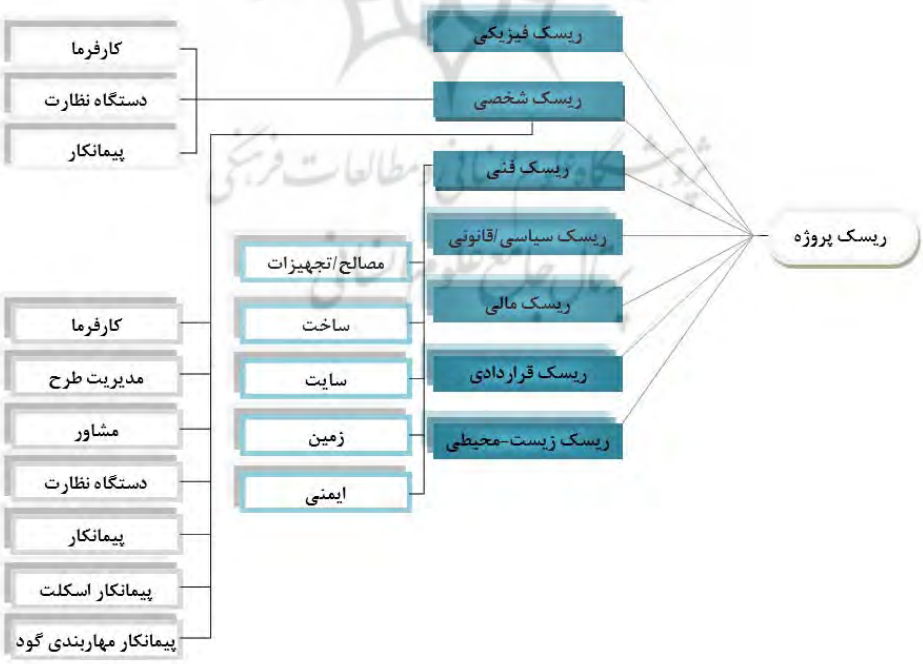
جمع‌آوری اطلاعات

یکی از بخش‌های اصلی هر طرح پژوهشی جمع‌آوری اطلاعات است که با استفاده از تحلیل آن‌ها، نهایتا نتیجه‌ی کار مشخص می‌شود. ابزارهای جمع آوری به دو دسته کلی استاندارد و محقق ساخته تقسیم می‌شوند. ابزارهای استاندارد قابلیت اعتماد بالایی دارند و پژوهشگران بیشتر از آن‌ها استفاده می‌کنند. ابزارهای جمع آوری اطلاعات باید متناسب با اهداف طرح باشد، جنبه‌های مختلف آن‌ها به خوبی تعریف کند، معتبر و قابل استناد و دارای روایی و پایایی مشخص و تأیید شده باشد، در این تحقیق از مطالعات کتابخانه‌ای و پرسش‌نامه برای جمع‌آوری اطلاعات اولیه استفاده شد. پس از بررسی‌های انجام شده، فهرست جامعی از ریسک‌ها تهیه شد، سپس این فهرست با استفاده از دیاگرام تأثیر استفاده شده

توسط دیکمن، پایش شد (دیکمن، پریگونول و هان[1]، ۲۰۰۷). در مرحله مطالعات و بررسی شرایط پروژه‌های پیچیده عوامل و شاخص‌های این نوع پروژه‌ها بررسی شد در این مرحله با توجه دستاورد مطالعات صورت گرفته در آن مرحله، به‌عنوان یکی از ورودی‌های این مرحله مورد استفاده قرار گرفت، در شکل ۱۰ مراحل انجام کار از جمع آوری اطلاعات تا رتبه‌بندی نهایی ریسک‌ها به‌صورت دیاگرام نشان داده شده است.

شکل ۱۰. مراحل انجام کار

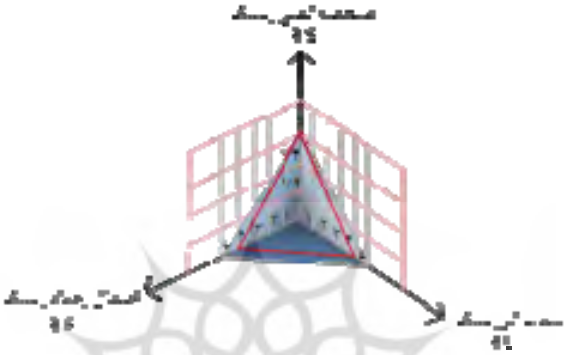
جهت تهیه ریسک‌های پروژه از نمودار درختی استفاده شد، نمودار ساختار شکست ریسک در شکل ۱۱ معرفی شده است.



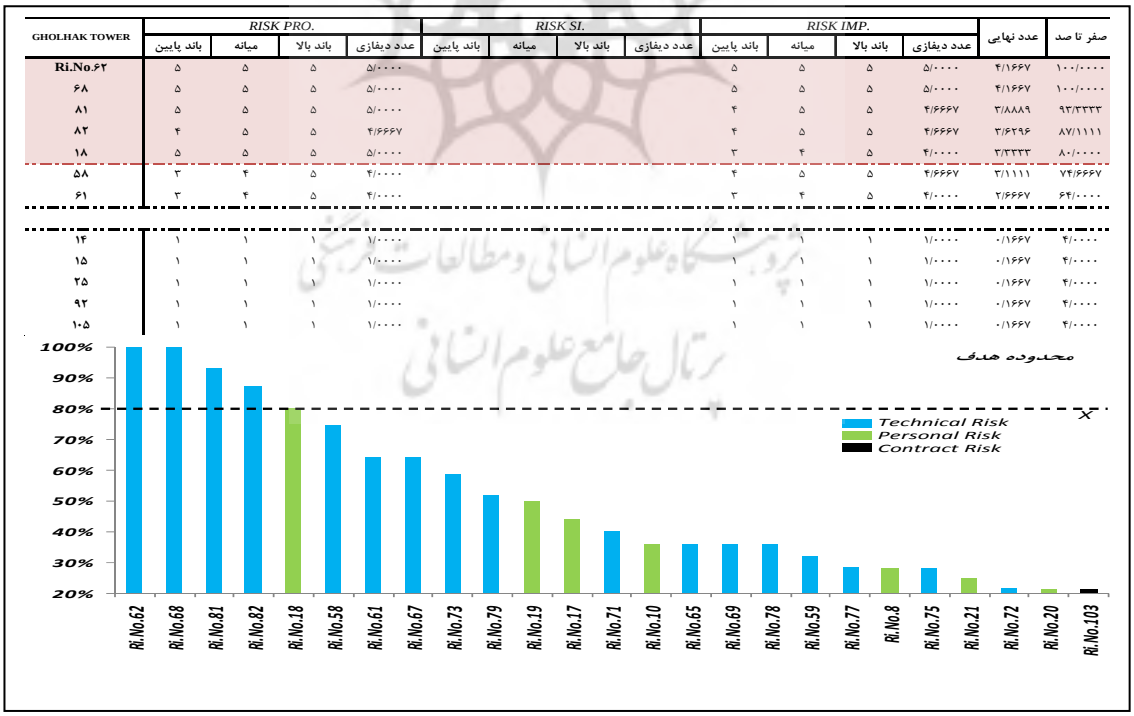
شکل ۱۱. نمودار درختی ریسک‌های شناسایی شده

1. Dikmen Birgonul & Han

خروجی‌های مرحله شناسایی ریسک، ورودی‌های مرحله ارزیابی است در این مرحله برای ارزیابی، سه مشخصه احتمال، شدت اثر و تأثیر ریسک بر حوادث ایمنی مورد بررسی قرار گرفت به همین دلیل از روش هرم ریسک (شکل۱۲) جهت بررسی هر سه فاکتور به‌طور هم‌زمان استفاده شد. ابزار مورد استفاده در این مرحله نیز پرسش‌نامه بود.برای بررسی ایمنی از اعداد ۱تا ۵ و برای شدت اثر و احتمال رخداد از شاخص‌های زبانی خیلی کم تا خیلی زیاد استفاده شد. خروجی مرحله ارزیابی تعین محدوده ریسک‌های مهم برای پروژه بود، این محدوده که در شکل ۱۳ با رنگی متفاوت نشان داده شده است بر اساس اصل پارتو (۸۰درصد مشکلات، از ۲۰درصد عوامل نشئت می‌گیرد) انتخاب شده است.



شکل ۱۲. نمودار محاسبه حجم هرم ریسک

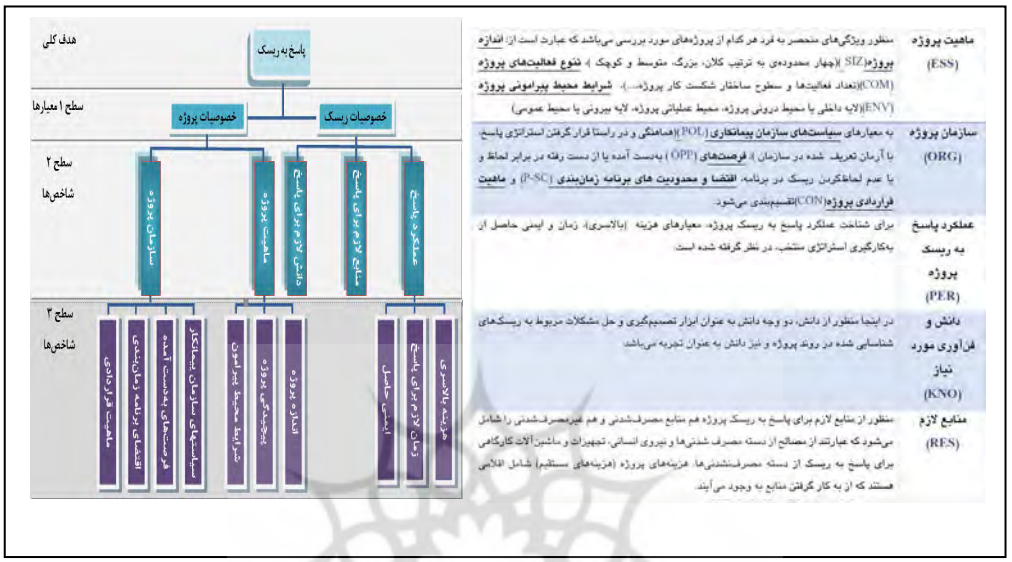


GHOLHAK TOWER	RISK PRO.				RISK SI.				RISK IMP.				عدد نهایی	صفر تا صد
	باند پایین	میانه	باند بالا	عدد دیفازی	باند پایین	میانه	باند بالا	عدد دیفازی	باند پایین	میانه	باند بالا	عدد دیفازی		
Ri.No.۶۲	۵	۵	۵	۵/۰۰۰۰					۵	۵	۵	۵/۰۰۰۰	۴/۱۶۶۷	۱۰۰/۰۰۰۰
۶۸	۵	۵	۵	۵/۰۰۰۰					۵	۵	۵	۵/۰۰۰۰	۴/۱۶۶۷	۱۰۰/۰۰۰۰
۸۱	۵	۵	۵	۵/۰۰۰۰					۴	۵	۵	۴/۶۶۶۷	۳/۸۸۸۹	۹۳/۳۳۳۳
۸۲	۴	۵	۵	۴/۶۶۶۷					۴	۵	۵	۴/۶۶۶۷	۳/۶۲۹۶	۸۷/۱۱۱۱
۱۸	۵	۵	۵	۵/۰۰۰۰					۳	۴	۵	۴/۰۰۰۰	۳/۳۳۳۳	۸۰/۰۰۰۰
۵۸	۳	۴	۵	۴/۰۰۰۰					۴	۵	۵	۴/۶۶۶۷	۳/۱۱۱۱	۷۴/۶۶۶۷
۶۱	۳	۴	۵	۴/۰۰۰۰					۳	۴	۵	۴/۰۰۰۰	۲/۶۶۶۷	۶۴/۰۰۰۰
۱۴	۱	۱	۱	۱/۰۰۰۰					۱	۱	۱	۱/۰۰۰۰	۰/۱۶۶۷	۴/۰۰۰۰
۱۵	۱	۱	۱	۱/۰۰۰۰					۱	۱	۱	۱/۰۰۰۰	۰/۱۶۶۷	۴/۰۰۰۰
۲۵	۱	۱	۱	۱/۰۰۰۰					۱	۱	۱	۱/۰۰۰۰	۰/۱۶۶۷	۴/۰۰۰۰
۹۲	۱	۱	۱	۱/۰۰۰۰					۱	۱	۱	۱/۰۰۰۰	۰/۱۶۶۷	۴/۰۰۰۰
۱۰۵	۱	۱	۱	۱/۰۰۰۰					۱	۱	۱	۱/۰۰۰۰	۰/۱۶۶۷	۴/۰۰۰۰

شکل ۱۳. نمایش ریسک‌های محدوده هدف پروژه موردی

پاسخ به ریسک

در این تحقیق ساختار شکست شاخص‌های پاسخ به ریسک به پنج معیار اصلی در سطح دوم شاخص‌ها و ده زیر معیار در سطح سوم شاخص‌ها تقسیم‌بندی شدند.نمودار ساختار شکست شاخص‌های پاسخ به ریسک مطابق با شکل ۱۴ ترسیم شد.



شکل ۱۴. مشخصات ساختار شکست شاخص‌های پاسخ به ریسک

از اعداد قطعی به اعداد فازی

فازی سازی روشی است که در آن عبارات کلامی و مقادیر کیفی به اعداد فازی به‌صورت کمی در می‌آیند. بطور کلی در یک سیستم تصمیم‌گیری فازی سه مرحله اصلی وجود دارد: فازی‌سازی داده‌ها، استنتاج فازی، فازی‌زدایی داده‌ها. در یک سیستم فازی ابتدا از فازی سازی عناصر ورودی شروع می‌شود. پس از آن محاسبات بـه روش فـازی صـورت مـی‌گیـرد، نتایج فازی به‌سادگی قابل فهم و تفسیر نیستند بنابراین باید به اعداد قطعی (معمولی) تبدیل شوند. فراینـد تبـدیل اعـداد فازی به اعداد قطعی را فازی زدایی می‌گویند. با فازی‌زدایی کردن نتایج یک سیستم محاسباتی فازی می‌توان گزارش‌هـا را به‌صورت قابل فهم برای بهره‌مندان آن ارائه کرد متداول‌ترین روش مورد استفاده، روش مرکز سـطح اسـت کـه یـک مقدار قطعی را بر اساس مرکز ثقل مجموعه فازی ارائه می‌کند. این یک روش میـانگین وزنـی اسـت کـه در آن از تـابع عضویت برای وزن دهی استفاده می‌شود. در این روش رابطه ۱ برای تبدیل یک عدد فازی به عدد قطعـی فرمولـه شـده است.در این تحقیق برای استخراج اطلاعات خبرگان، از ابزار پرسش‌نامه استفاده شد، برای فازی‌کـردن اعـداد قطعـی، از آنجا که در نظر گرفتن مقیاسی از پیش تعیین شده استخراج اطلاعات را با مشکل مواجه می‌کرد، به همین علت بر اساس قالب طراحی شده در پرسش‌نامه عملیات فازی زدایی انجام شد. در وزن‌دهی به شاخص‌ها از روش تحلیل سلسه مراتبی[1]

1. AHP

استفاده شد، با توجه به تعداد زیاد مقایسات زوجی و جهت سهولت در کار، از نرم افزار اکسپرت چویس[1] استفاده شد. نتایج حاصل از مقایسات زوجی خروجی از نرم‌افزار در شکل ۱۶ نشان داده شده است، مبنا مقیاس پنج‌نقطه‌ای (طیف لیکرت) بود. با استفاده از رابطه ۲ نرخ ناسازگاری برای این مقایسات محاسبه شد که مقدار کمتر از ۰/۱ بود که که مورد قبول بودند خروجی این مرحله مقادیر ماتریس تصمیم‌گیری بی مقیاس شده است.

با کمک رابطه ۳ بردار وزن کلی مدل محاسبه می‌شود. با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌توان گزینه‌های پژوهش را رتبه‌بندی نمودبا توجه به این نکته که هیچ روشی برتری خاصی بر روش‌های دیگرندارد و هر کدام دارای مزایای خاص خودبودند از چهار روش روش شباهت به گزینه ایدئال[2]، ویکور[3]، تسلط تقریبی[4]، ساختار یافتهٔ رتبه‌بندی ترجیحی برای غنی سازی ارزیابی‌ها[5] استفاده شد.

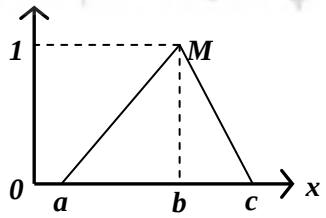
در مدل‌های قطعی ریسک‌هایی همچون بی‌نظمی در فشار کاری یا نیاز به مصالح و تجهیزات جدید و... به‌صورت عباراتی مبهم و غیردقیق بیان می‌شوند که به آسانی این عبارات مبهم را نمی‌توان مورد محاسبه قرار داد، در این موارد تئوری مجموعه‌های فازی بهترین ابزار برای شرایط غیرقطعی است. در شرایطی که پیچیدگی زیاد بوده و داده‌های کافی موجود نیست یا اطلاعات مبهم و غیرصریح، وجود دارد می‌توان از این روش استفاده کرد. در حل مسائلی که درک آن‌ها مشکل است منطق فازی ابزار توانمندی به شمار می‌آید.

رابطهٔ ۱) $$\text{مرکز سطح مثلثی M} = \text{CA} = \frac{(\text{c}-\text{a})+(\text{b}-\text{a})}{3}+\text{a}$$

رابطهٔ ۲) $$CI = \frac{\lambda_{\max}-\text{n}}{\text{n}-1}$$

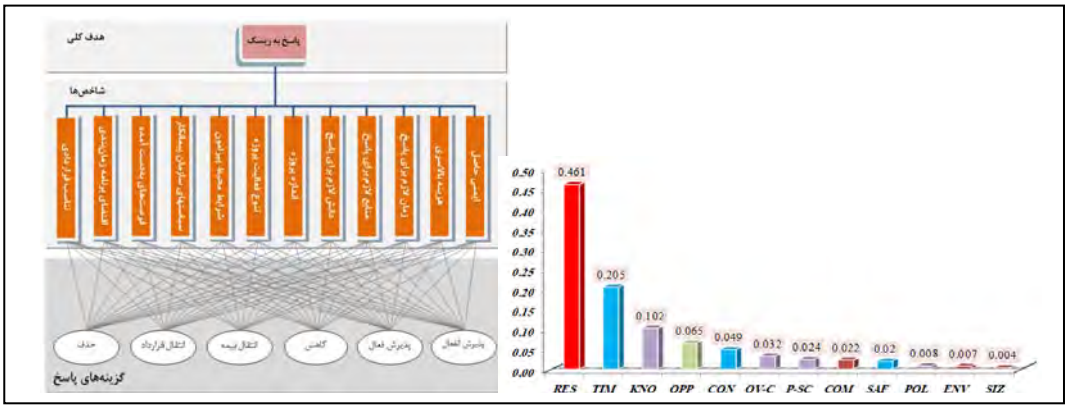
رابطهٔ ۳) $$\begin{bmatrix} \text{w}_1 \\ \text{w}_2 \\ \vdots \\ \text{w}_\text{n} \end{bmatrix}$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۱۵. نمایش اعداد فازی مثلثی

1. Expert Choice 2000
2. TOPSIS
3. VIKOR
4. ELECTRE
5. PROMETHEE



شکل ۱۶. ارزیابی اوزان شاخص‌ها

امتیازدهی در ماتریس تصمیم‌گیری

روش شباهت به گزینه ایدئال (تاپسیس) یکی از تکنیک‌های مورد استفاده در تصمیم‌گیری چندمعیاره است. معیار محاسبه نمرات در روش نزدیکی تا حد امکان به گزینه ایدئال مثبت و دوری تا حد امکان از گزینه ایدئال منفی است. جدول۳ امتیازهای گزینه پاسخ در مواجهه با یک ریسک نمونه از ریسک‌های پروژه مورد مطالعه را در یک ماتریس تصمیم‌گیری با کمک رابطه ۴ نشان می‌دهد.

$$F = \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & \cdots & f_{1J} \\ f_{21} & f_{22} & \cdots & f_{2J} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{n1} & f_{n2} & \cdots & f_{nJ} \end{bmatrix} \quad i = 1.2 \ldots . n \; ; j = 1.2. \ldots . J$$

رابطهٔ ۴)

جدول ۳. امتیازهای اختصاص یافته به گزینه‌های پاسخ یک ریسک نمونه

ریسک بی‌نظمی در فشار کاری		KNO	RES	PE=0/225			ORG=0/215				ESS=0/047			شاخص‌ها
				OV-C	TIM	SAF	POL	OPP	P-SC	CON	SIZ	COM	ENV	معیارها
		۰/۰۷۱	۰/۴۴۳	۰/۱۴۳	۰/۲۸۶	۰/۵۷۱	۰/۰۵۴	۰/۱۸	۰/۴۸۱	۰/۲۸۵	۰/۱۲۵	۰/۱۲۵	۰/۷۵	وزن
کاهش ریسک		۱/۵۰	۳/۰۰	۲/۶۷	۳/۶۷	۳/۰۰	۴/۶۷	۴/۰۰	۲/۳۳	۲/۶۷	۴/۰۰	۳/۰۰	۳/۶۷	
انتقال ریسک	انتقال به شخص ثالث	۱/۰۰	۱/۶۷	۲/۶۷	۲/۳۳	۲/۰۰	۲/۰۰	۱/۳۳	۲/۳۳	۳/۳۳	۲/۶۷	۳/۶۷	۴/۰۰	
	انتقال مالی(بیمه)													
پذیرش ریسک	فعال	۲/۰۰	۱/۶۷	۲/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۶۷	۲/۰۰	۱/۶۷	۴/۳۳	۲/۰۰	۱/۰۰	۲/۰۰	
	انفعالی	۱/۳۳	۲/۳۳	۲/۶۷	۱/۶۷	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۴/۳۳	۳/۶۷	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۶۷	
حذف ریسک		۴/۰۰	۴/۰۰	۴/۰۰	۵/۰۰	۵/۰۰	۴/۳۳	۴/۳۳	۱/۶۷	۲/۳۳	۴/۶۷	۴/۳۳	۳/۶۷	

گروهی از شاخص‌ها، شاخص‌های هزینه‌ای بودند، به همین دلیل با افزایش امتیاز آن‌ها مطلوبیت گزینه پاسخ کاهش پیدا می‌کرد. این شاخص‌ها با رنگ تیره مشخص شده‌اند.

نرمال‌سازی ماتریس

امتیازهای نرمال‌سازی یا بی‌مقیاس شده ماتریس تصمیم‌گیری محاسبه شدند. جدول ۴ امتیازهای بی‌مقیاس شده گزینه‌های پاسخ به یک ریسک به‌صورت نمونه را نشان می‌دهد. در گام بعد باید ماتریس تصمیم نرمال ایجاد شده، موزون شود. برای این منظور وزن هر معیار در تمامی درایه‌های زیر همان معیار ضرب می‌شود. ماتریس بی مقیاس موزون هم با کمک رابطه ۵ محاسبه و برای ریسک نمونه (فشارکاری) در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ٤. امتیازهای بی‌مقیاس شده گزینه‌های پاسخ به ریسک فشار کاری

	KNO	RES	OV-C	TIM	SAF	POL
کاهش ریسک	۰/۲۹۹۸۹	۰/۵۰۰۰۳	۰/۴۱۴۷۸	۰/۵۰۷۳۰	۰/۴۳۳۰۱	۰/۶۰۷۷۰
انتقال به شخص ثالث	۰/۱۹۹۹۲	۰/۲۷۸۳۵	۰/۴۱۴۷۸	۰/۴۶۰۳۱	۰/۲۸۸۶۸	۰/۰۶۰۲۶
پذیرش فعال	۰/۳۹۹۸۵	۰/۲۷۷۷۹	۰/۳۱۱۰۹	۰/۴۱۴۶۹	۰/۴۳۳۰۱	۰/۴۷۷۵۷
پذیرش انفعالی	۰/۲۶۵۹۰	۰/۳۸۸۳۶	۰/۴۱۴۷۸	۰/۲۳۰۳۸	۰/۱۴۴۳۴	۰/۱۳۰۱۳
حذف ریسک	۰/۷۹۹۷۰	۰/۶۶۶۷۱	۰/۶۲۲۱۷	۰/۵۵۲۹۲	۰/۷۲۱۶۹	۰/۵۶۳۸۹
وزن شاخص‌ها	۰/۰۷۱۰۰	۰/۴۴۳۰۰	۰/۰۳۲۰۰	۰/۰۶۴۰۰	۰/۱۲۸۰۰	۰/۰۱۲۰۰
	OPP	**P-SC**	**CON**	**SIZ**	**COM**	**ENV**
کاهش ریسک	۰/۶۲۰۵۱	۰/۳۹۳۱۰	۰/۳۵۷۱۸	۰/۵۶۶۲۱	۰/۴۵۶۳۲	۰/۵۲۰۲۸
انتقال به شخص ثالث	۰/۲۰۶۸۴	۰/۳۹۳۱۰	۰/۴۴۵۴۷	۰/۳۷۷۹۵	۰/۵۵۷۷۲	۰/۵۶۷۵۸
پذیرش فعال	۰/۳۱۰۲۵	۰/۲۸۱۳۵	۰/۵۷۹۲۴	۰/۲۸۳۱۱	۰/۱۵۲۱۱	۰/۲۸۳۷۹
پذیرش انفعالی	۰/۱۵۵۱۳	۰/۷۳۰۰۴	۰/۴۹۰۹۵	۰/۱۴۱۵۵	۰/۱۵۲۱۱	۰/۲۳۶۴۹
حذف ریسک	۰/۶۷۲۲۱	۰/۲۸۰۷۸	۰/۳۱۲۱۴	۰/۶۶۰۵۸	۰/۶۵۹۱۳	۰/۵۲۰۲۸
وزن شاخص‌ها	۰/۰۳۹۰۰	۰/۱۰۳۰۰	۰/۰۶۱۰۰	۰/۰۰۶۰۰	۰/۰۰۶۰۰	۰/۰۳۵۰۰

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

رابطهٔ ۵)
$$v_{ji} = r_{ji} \times w_i = \begin{bmatrix} r_{11}w_1 & r_{12}w_2 & \cdots & r_{1n}w_n \\ r_{21}w_1 & r_{22}w_2 & \dots & r_{2n}w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{J1}w_1 & r_{J2}w_2 & \dots & r_{Jn}w_n \end{bmatrix} \quad i = 1.2. \dots . n \; ; j = 1.2. \dots . J$$

رابطهٔ ۶)
$$D_j^* = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(v_{ij} - v_i^+)^2} \qquad j = 1,2, \dots, J$$

رابطهٔ ۷)
$$D_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(v_{ij} - v_i^-)^2} \qquad j = 1,2, \dots, J$$

رابطهٔ ۸)
$$C_j = \frac{D_j^-}{D_j^- + D_j^*} \qquad j = 1.2. \dots . J$$

جدول ۵. امتیازهای بی‌مقیاس شده موزون گزینه‌های پاسخ به ریسک فشار کاری

	KNO	RES	OV-C	TIM	SAF	POL
کاهش ریسک	۰/۰۲۱۲۹	۰/۲۲۱۵۱	۰/۰۱۳۳۵	۰/۰۳۲۶۴	۰/۰۵۵۶۳	۰/۰۰۷۰۶
انتقال به شخص ثالث	۰/۰۱۴۱۹	۰/۱۲۳۳۱	۰/۰۱۳۳۵	۰/۰۲۹۶۲	۰/۰۳۷۰۹	۰/۰۰۳۰۲
پذیرش فعال	۰/۰۲۸۳۹	۰/۱۲۳۰۶	۰/۰۱۰۰۱	۰/۰۲۶۶۹	۰/۰۵۵۶۳	۰/۰۰۵۵۴
پذیرش انفعالی	۰/۰۱۸۸۸	۰/۱۷۲۰۴	۰/۰۱۳۳۵	۰/۰۱۴۸۳	۰/۰۱۸۵۴	۰/۰۰۱۵۱
حذف ریسک	۰/۰۵۶۷۸	۰/۲۹۵۳۵	۰/۰۲۰۰۲	۰/۰۳۵۵۸	۰/۰۹۲۷۲	۰/۰۰۶۵۵
وزن شاخص‌ها	۰/۰۷۱۰۰	۰/۴۴۳۰۰	۰/۰۳۲۰۰	۰/۰۶۴۰۰	۰/۱۲۸۰۰	۰/۰۱۲۰۰
	OPP	**P-SC**	**CON**	**SIZ**	**COM**	**ENV**
کاهش ریسک	۰/۰۲۴۰۱	۰/۰۴۰۶۵	۰/۰۲۱۸۹	۰/۰۰۳۳۳	۰/۰۰۲۶۸	۰/۰۱۸۳۴
انتقال به شخص ثالث	۰/۰۰۸۰۰	۰/۰۴۰۶۵	۰/۰۲۷۳۰	۰/۰۰۲۲۲	۰/۰۰۳۲۸	۰/۰۲۰۰۱
پذیرش فعال	۰/۰۱۲۰۱	۰/۰۲۹۱۰	۰/۰۳۵۴۹	۰/۰۰۱۶۶	۰/۰۰۰۸۹	۰/۰۱۰۰۰
پذیرش انفعالی	۰/۰۰۶۰۰	۰/۰۷۵۵۰	۰/۰۳۰۰۸	۰/۰۰۰۸۳	۰/۰۰۰۸۹	۰/۰۰۸۳۴
حذف ریسک	۰/۰۲۶۰۱	۰/۰۲۹۰۴	۰/۰۱۹۱۳	۰/۰۰۳۸۸	۰/۰۰۳۸۷	۰/۰۱۸۳۴
وزن شاخص‌ها	۰/۰۳۹۰۰	۰/۱۰۳۰۰	۰/۰۶۱۰۰	۰/۰۰۶۰۰	۰/۰۰۶۰۰	۰/۰۳۵۰۰

محاسبه ایدئال‌های مثبت و منفی

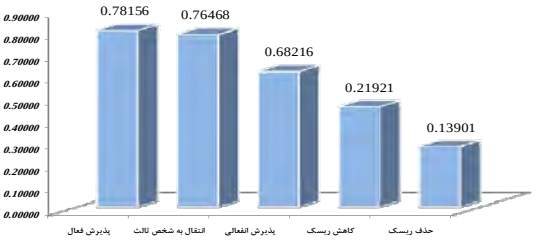
در این گام برای هر شاخص یک ایدئال مثبت و یک ایدئال منفی محاسبه می‌شود.جدول۶ مجموعه ایدئال مثبت و منفی انتخاب گزینه پاسخ به ریسک نمونه را نشان می‌دهد.

جدول ٦. مجموعه راه‌حل‌های ایدئال مثبت و منفی

شاخص	کاهش ریسک	انتقال ریسک		پذیرش ریسک		حذف ریسک	A*	A^-
		شخص ثالث	مالی	فعال	انفعالی			
KNO	۰/۰۳۴۵۶	۰/۰۴۱۴۷		۰/۰۲۷۶۵	۰/۰۳۶۹۱	۰/۰۰۰۰۰	۰/۰۴۱۴۷	۰/۰۰۰۰۰
RES	۰/۱۱۵۶۹	۰/۲۶۹۵۶		۰/۲۶۹۹۵	۰/۱۹۳۲۱	۰/۰۰۰۰۰	۰/۲۶۹۹۵	۰/۰۰۰۰۰
OV-C	۰/۰۱۳۹۷	۰/۰۱۳۹۷		۰/۰۲۰۹۵	۰/۰۱۳۹۷	۰/۰۰۰۰۰	۰/۰۲۰۹۵	۰/۰۰۰۰۰
TIM	۰/۰۰۷۹۸	۰/۰۱۶۲۰		۰/۰۲۴۱۹	۰/۰۵۶۴۳	۰/۰۰۰۰۰	۰/۰۵۶۴۳	۰/۰۰۰۰۰
SAF	۰/۰۵۵۴۳	۰/۰۳۶۹۵		۰/۰۵۵۴۳	۰/۰۱۸۴۸	۰/۰۹۲۳۸	۰/۰۹۲۳۸	۰/۰۱۸۴۸
POL	۰/۰۰۷۲۹	۰/۰۰۳۱۲		۰/۰۰۵۷۳	۰/۰۰۱۵۶	۰/۰۰۶۷۷	۰/۰۰۷۲۹	۰/۰۰۱۵۶
OPP	۰/۰۲۴۲۰	۰/۰۰۸۰۷		۰/۰۱۲۱۰	۰/۰۰۶۰۵	۰/۰۲۶۲۲	۰/۰۲۶۲۲	۰/۰۰۶۰۵
P-SC	۰/۰۴۳۷۲	۰/۰۴۳۷۲		۰/۰۵۸۲۲	۰/۰۰۰۰۰	۰/۰۵۸۲۹	۰/۰۵۸۲۹	۰/۰۰۰۰۰
CON	۰/۰۳۵۴۱	۰/۰۲۱۳۳		۰/۰۰۰۰۰	۰/۰۱۴۰۸	۰/۰۴۲۵۹	۰/۰۴۲۵۹	۰/۰۰۰۰۰
SIZ	۰/۰۰۳۴۰	۰/۰۰۲۲۷		۰/۰۰۱۷۰	۰/۰۰۰۸۵	۰/۰۰۳۹۶	۰/۰۰۳۹۶	۰/۰۰۰۸۵
COM	۰/۰۰۲۷۴	۰/۰۰۳۳۵		۰/۰۰۰۹۱	۰/۰۰۰۹۱	۰/۰۰۳۹۵	۰/۰۰۳۹۵	۰/۰۰۰۹۱
ENV	۰/۰۱۸۲۱	۰/۰۱۹۸۷		۰/۰۰۹۹۳	۰/۰۰۸۲۸	۰/۰۱۸۲۱	۰/۰۱۹۸۷	۰/۰۰۸۲۸

نزدیکی نسبی گزینه‌ها به راه‌حل ایدئال و رتبه‌بندی نهایی

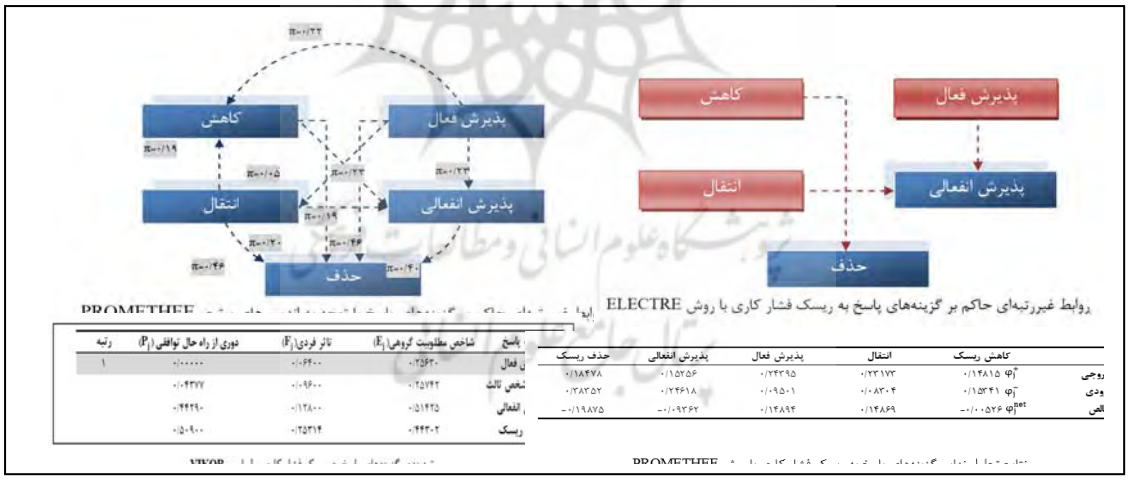
با توجه به نتایج به‌دست آمده در مراحل قبل در این مرحله مقادیر پاسخ‌های متفاوت به ریسک (انتقال، پـذیرش انفعـالی، پذیرش فعال، کاهش و حذف) محاسبه شده، در شکل ۱۷ نشان داده شده‌اند.



گزینه پاسخ	جدایش از راه حال ایده آل مثبت (D_j^*)	جدایش از راه حل ایده آل منفی(D_j^-)	نزدیکی نسبی به راه حل ایده آل(C_j)	رتبه
کاهش ریسک	۰/۱۶۶۹۶	۰/۱۴۰۸۵	۰/۴۵۷۵۸	۴
انتقال به شخص ثالث	۰/۰۷۵۸۵	۰/۲۷۸۷۴	۰/۷۸۶۰۹	۲
پذیرش فعال	۰/۰۶۸۷۴	۰/۲۸۱۹۱	۰/۸۰۳۹۶	۱
پذیرش انفعالی	۰/۱۲۷۳۷	۰/۲۰۵۵۹	۰/۶۱۷۴۶	۳
حذف ریسک	۰/۲۷۹۶۸	۰/۱۰۵۹۴	۰/۲۷۴۷۴	۵

شکل ۱۷. نتایج تحلیل نهایی رتبه‌بندی گزینه‌های پاسخ به ریسک

از سه روش دیگر (ویکور[1]، تسلط تقریبی[2]، ساختار یافتهٔ رتبه‌بندی ترجیحی برای غنی سازی ارزیابی‌ها[3]) نیز جهـت رتبه‌بندی استفاده شد. در ادامه نتایج حاصل از این روش‌ها در شکل ۱۸ ارائه شده است.



شکل ۱۸. نتایج تحلیل نهایی رتبه‌بندی گزینه‌های پاسخ به ریسک

در ادامه برای برایند حاصل از روش‌های مختلف از روش بـردا[4] اسـتفاده شـد در ایـن روش بـرای تصـمیم‌گیـری، ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها ایجاد می‌شود. در صورتی که بر اساس روش‌های مختلف تصمیم‌گیـری چنـدمعیاره،

1. VIKOR
2. ELECTRE
3. PROMETHEE
4. Borda

تعداد ارجحیت گزینه‌ای بر گزینه دیگر، بیش از تعداد مغلوب شدن آن گزینه بر گزینه دیگری باشد، در ماتریس مقایسه زوجی عدد ۱ گذاشته می‌شود و در صورتی که رأی اکثریت وجود نداشته یا آرا با هم مساوی باشد، در ماتریس مقایسه زوجی عدد صفر گذاشته می‌شود. در ادامه نتایج این مقایسات در شکل ۱۹ نشان داده شده است.

رتبه بندی بر اساس روش های مختلف MADM				
گزینه پاسخ	TOPSIS	ELECTRE	PROMETHEE	VIKOR
کاهش ریسک	۴	۱	۳	
انتقال به شخص ثالث	۲	۱	۲	
پذیرش فعال	۱	۱	۱	۱
پذیرش انفعالی	۳		۴	
حذف ریسک	۵		۵	

شکل ۱۹. نتایج برایند حاصل از روش‌های مختلف

برای تمامی ریسک‌های شناسایی شده برای پروژه این فرایند انجام شد و در نهایت ریسک‌ها با رتبه بالاتر در شکل ۲۰ نشان داه شده است.

گزینه‌های پاسخ به ریسک‌های محدوده هدف براساس روش‌های مختلف تصمیم گیری چند معیاره

VIKOR	PROMETHEE	ELECTRE	TOPSIS	توصیف ریسک ها	No.
AAc,PAc	AAc	Mit,TTP	PAc	نیاز به واردات	Ri.۶۲
TTP	TTP	Mit,TTP	TTP	تجهیزات بدون جایگزین	۶۸
TTP	AAc	AAc	TTP	کاربری فضاهای همجوار سایت	۸۱
TTP	TTP	AAc,TTP	TTP	ترافیک	۸۲
AAc	AAc	AAc,Avo	AAc	تاخیر پیمانکار جزء	۱۸

ماتریس تعیین گزینه پاسخ به ریسک‌های محدوده هدف براساس روش بردا

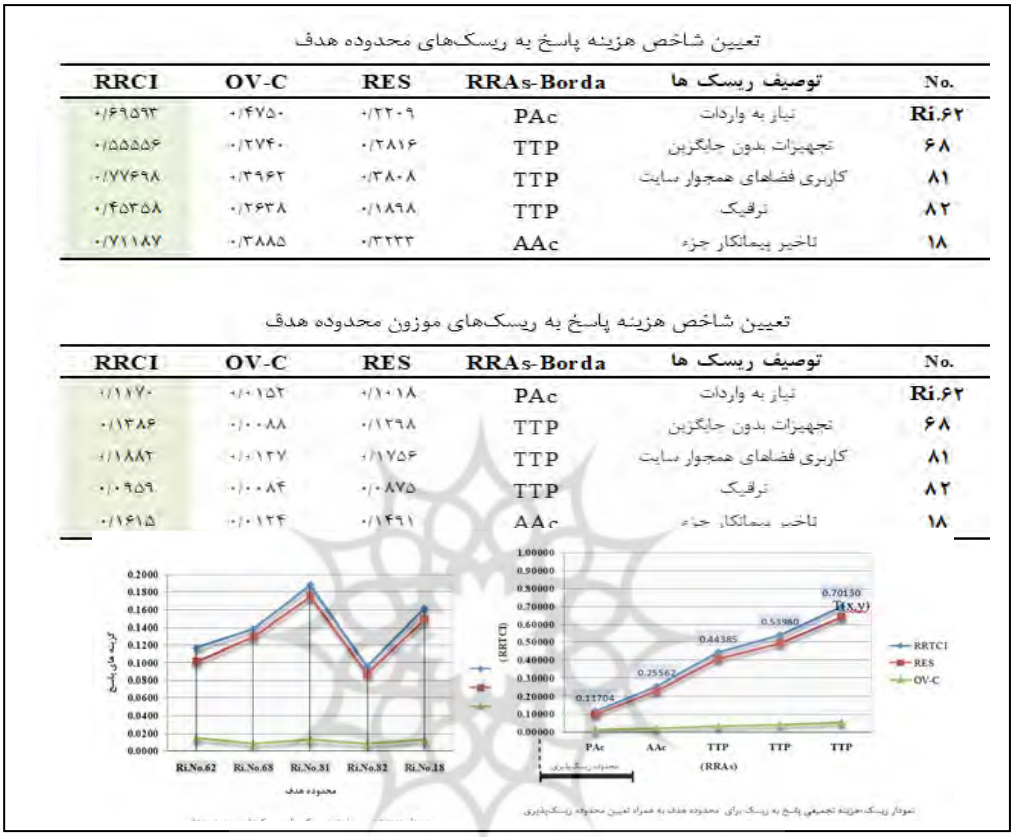
RRAs-Borda	VIKOR	PROMETHEE	ELECTRE		TOPSIS	توصیف ریسک ها	No.
AAc,PAc	---	AAc	Mit	TTP	PAc	نیاز به واردات	Ri.۶۲
TTP	TTP	TTP	TTP	Mit	TTP	تجهیزات بدون جایگزین	۶۸
TTP	TTP	AAc	Aac		TTP	کاربری فضاهای همجوار سایت	۸۱
TTP	TTP	TTP	TTP	AAc	TTP	ترافیک	۸۲
AAc	AAc	AAc	AAc	Avo	AAc	تاخیر پیمانکار جزء	۱۸

شکل ۲۰. نتایج برایند حاصل از روش‌های مختلف برای کلیه ریسک‌ها

بهینه‌سازی

بهینه‌سازی تقلید یک وضعیت یا یک فرایند است و معمولاً متضمن وانمایاندن شماری از ویژگی‌ها یا رفتارهای کلیدی در یک سامانه است. با توجه به اینکه این تحقیق از منظر پیمانکار به بررسی ریسک‌های یک پروژه پیچیده پرداخته است

شاخص هزینه را جهت بهینه‌سازی مدل انتخاب نمودیم، پس شاخص‌های هزینه پاسخ به ریسک[1] و هزینه‌های تجمیعی[2] را در نظر گرفتیم. نمودارهای مجموعه فعالیت‌های پاسخ به ریسک[3] با تأثیرپذیری از این شاخص‌ها ترسیم شد. در ادامه در شکل ۲۱ این نمودارها و جداول متناظر با آن‌ها قرارداده شده است.


تعیین شاخص هزینه پاسخ به ریسک‌های محدوده هدف

No.	توصیف ریسک ها	RRAs-Borda	RES	OV-C	RRCI
Ri.۶۲	نیاز به واردات	PAc	۰/۲۲۰۹	۰/۴۷۵۰	۰/۶۹۵۹۳
۶۸	تجهیزات بدون جانگزین	TTP	۰/۳۸۱۶	۰/۲۷۴۰	۰/۵۵۵۵۶
۸۱	کاربری فضاهای همجوار سایت	TTP	۰/۳۸۰۸	۰/۳۹۶۲	۰/۷۷۶۹۸
۸۲	ترافیک	TTP	۰/۱۸۹۸	۰/۲۶۳۸	۰/۴۵۳۵۸
۱۸	تاخیر پیمانکار جزء	AAc	۰/۳۲۳۳	۰/۳۸۸۵	۰/۷۱۱۸۷

تعیین شاخص هزینه پاسخ به ریسک‌های موزون محدوده هدف

No.	توصیف ریسک ها	RRAs-Borda	RES	OV-C	RRCI
Ri.۶۲	نیاز به واردات	PAc	۰/۱۰۱۸	۰/۰۱۵۲	۰/۱۱۷۰
۶۸	تجهیزات بدون جانگزین	TTP	۰/۱۲۹۸	۰/۰۰۸۸	۰/۱۳۸۶
۸۱	کاربری فضاهای همجوار سایت	TTP	۰/۱۷۵۶	۰/۰۱۲۷	۰/۱۸۸۲
۸۲	ترافیک	TTP	۰/۰۸۷۵	۰/۰۰۸۴	۰/۰۹۵۹
۱۸	تاخیر پیمانکار جزء	AAc	۰/۱۴۹۱	۰/۰۱۲۴	۰/۱۶۱۵

شکل ۲۱. نتایج برایند بررسی نمودارهای شاخص هزینه - ریسک

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

بررسی ادبیات نشان می‌دهد پیچیدگی اتفاقی از قبل تعیین، یا برنامه‌ریزی شده در خلال پروژه نیست، در هر مقطع از زمان و یا در هر بخش از چرخه عمر ممکن است پروژه را تحت تأثیر قرار دهد. «ابهام» در بخش‌های مختلف پروژه از مهم‌ترین ویژگی پروژه پیچیده است، عدم قطعیت و ابهام[4] می‌توانند با هم ترکیب شوند و روابط علی را تا حدی محو کنند که احتمال و شدت اثر ریسک‌ها را در آن نتوان به درستی تعریف کرد پس اساسا هدایت و مدیریت اینگونه پروژه‌ها تنها از طریق شناخت و کنترل ماهیت عناصر تشکیل‌دهنده ابهام، صورت‌پذیر است. وظیفه تیم پروژه این است که این عناصر را در پروژه، با نگاه مستمر به اجزا و همچنین کل پروژه به‌عنوان یک سیستم شناسایی کنند. در این مقاله، نویسندگان به آنچه بر پیچیدگی پروژه و پیامدهای آن برای اجرای پروژه تأثیر می‌گذارد، پرداخته‌اند. ادبیات پیچیدگی

1. RRCI
2. RRTCI
3. RRAs
4. Uncertainty and ambiguity

پروژه بررسی شده، و مدلی برای شناسایی و تجزیه و تحلیل محرک‌های پیچیدگی و عوامل پیچیدگی ایجاد شده است. این مدل با محرک‌های پیچیدگی مانند ابهام، عدم قطعیت، پیش‌بینی‌ناپذیری شروع می‌شود. این محرک‌ها در پروژه‌های ساختمانی مورد بررسی قرار گرفتند تا به عوامل پیچیدگی که مختص پروژه مورد تجزیه و تحلیل هستند منجر شود. نتایج نشان دادند داشتن دانش تفکر سیستمی، دانش در مورد پیچیدگی، تجربه‌کاری در پروژه‌های مشابه، یادگیری مستمر در ارتباط با تعاملات پروژه و افزایش مستمر دانش تیم پروژه در ارتباط با هدایت پروژه در مدیریت پیچیدگی بسیار مهم است. در این تحقیق جهت شفاف‌سازی موضوع، در یک بررسی سیستماتیک، موضوع پیچیدگی مورد کاوش قرار گرفت و چارچوبی برای پیچیدگی پروژه ارائه شد. استراتژی‌های مؤثر برای مدیریت و پاسخ به ریسک و پیچیدگی را می‌توان تنها با درک سه‌گانه پیچیدگی ـ عدم قطعیت ـ عملکرد در پروژه‌های ساختمانی و مدل‌سازی تعاملات گاها غیرخطی بین این عوامل فرموله کرد. در این مطالعه، یک رویکرد فرا مدل سازی برای درک تعاملات پیچیده در این سه گانه مورد استفاده قرار گرفت. در نهایت مدل منطقی ارائه شده در این پژوهش با هدف یافتن مجموعه‌ای از پاسخ‌های ریسک با در نظر گرفتن هزینه بوده و عملکرد را از منظر شاخص مالی در یک پروژه موردی بررسی شد، نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد از میان عوامل ایجادکننده پیچیدگی در پروژه، مستخرج از ادبیات تحقیق، پیچیدگی محیط خارجی پروژه، پیچیدگی سازماندهی و پیچیدگی محتوای پروژه، با در نظر گرفتن شاخص‌های مالی از منظر پیمانکار دارای اثرگذاری بیشتری روی اهداف پروژه است، مطابق شکل ۱۶، شاخص منابع لازم (منابع مصرف شدنی و غیرمصرف شدنی پروژه) با اختلاف زیاد نسبت به شاخص‌های دیگر بیشتر امتیاز را به خود اختصاص داده است. دلیل این امر در نوسانات شدید تورم و اختلاف قیمت‌های روزانه و اضطراب ناشی از این موضوع در مرحله ساخت پروژه‌ها می‌توان جست‌وجو نمود، همچنین از تحلیل نمودارهای هزینه ـ پاسخ به ریسک می‌توان میزان ریسک‌پذیر بودن پیمانکاران ساختمانی را در برابر پاسخ‌های مختلف برداشت نمود. نکته بسیار مهم (شکل ۱۷) این بود که در میان گزینه‌های پاسخ، پذیرش فعال با اختلاف زیاد نسبت به کاهش ریسک، بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داد. در میان ریسک‌های شناسایی شده نیاز به واردات، تجهیزات بدون جایگزین، کابری فضاهای همجوار سایت، ترافیک و تاخیر پیمانکاران جزء دارای بالاترین اوزان بودند، به همین دلیل پایش مداوم آن‌ها یکی از روش‌های هدایت پیچیدگی در این نوع از پروژه‌هاست. به مدیران پروژه‌های پیچیده ساختمانی پیشنهاد می‌شود قبل از انجام برنامه‌ریزی‌های اولیه پروژه‌های خود، مدل و نتایج بررسی ریسک‌های معرفی شده در این تحقیق را مطالعه و راه‌کارهای لازم در خصوص ریسک‌ها و ابهامات شناسایی شده را از قبل مدنظر قرار دهند. محققانی که مطالعات آتی خود را در زمینه مدیریت پیچیدگی پروژه انجام می‌دهند برای آنکه نتایج مولد و ملموسی را داشته باشند پیشنهاد می‌شود به سؤالات زیر پاسخ دهند:

۱. چگونه مدیریت پروژه باید پیچیدگی را برای انواع مختلف پروژه‌ها به بهترین نحو کنترل کند؟
۲. هنگامی که سطح پیچیدگی در طول چرخه عمر پروژه تغییر می‌کند، مدیریت پروژه چگونه باید به پیچیدگی پروژه بپردازد؟
۳. چگونه می‌توان عملکرد را در پروژه‌های پیچیده سنجش نمود؟

در این مطالعه به‌منظور سهولت انتقال مطالب در مدل‌سازی، از علائم اختصاری زیر استفاده شده است:

علائم	عبارت اصلی	مفهوم
MADM	Multi-attribute decision making	تصمیم‌گیری چندشاخصه
FMADM	Fuzzy multi-attribute decision making	تصمیم‌گیری چندشاخصه فازی
AHP	Analytical hierarchy process	فرایند سلسله مراتبی تحلیلی
TOPSIS	Technique of order preference by similarity to ideal solution	تکنیک رتبه‌بندی اولویت‌ها، بر اساس مشابهت به راه‌حل ایدئال
ELECTRE	Elemination et choix traduisant la realite	روش حذف و گزینش با هدف انعکاس واقعیت
PROMETHEE	Preference ranking organization method for enrichment evaluations	روش سازمان‌دهی رتبه‌بندی اولویت‌ها، با هدف غنی‌سازی ارزیابی‌ها
VIKOR	Visekriterijumsko kompromisno rangiranje	روش تعیین نزدیکی به راه‌حل توافقی
RRA	Risk response action	فعالیت پاسخ به ریسک
RRAs	Risk response actions	مجموعه فعالیت‌های پاسخ به ریسک
ORRAs	Optimal risk response actions	مجموعه بهینه فعالیت‌های پاسخ به ریسک
$RRAs_2$	Second risk response actions	مجموعه فعالیت‌های پاسخ به ریسک با رتبه دوم
RRCI	Risk response cost index	شاخص هزینه پاسخ به ریسک
RRTCI	Risk response total cost index	شاخص هزینه تجمعی پاسخ به ریسک
KNO	Knowledge	دانش لازم برای پاسخ به ریسک
RES	Resource	منابع لازم برای پاسخ به ریسک
OV-C	Overhead cost	هزینه بالاسری برای پاسخ به ریسک
TIM	Time	زمان لازم برای پاسخ به ریسک
SAF	Safety	ایمنی به‌دست‌آمده در پروژه، پس از به‌کارگیری گزینه پاسخ
POL	Policy	سیاست سازمان پیمانکار در مقابل پاسخ به ریسک
OPP	Opportunity	فرصت‌های به‌دست آمده، پس از به‌کارگیری گزینه پاسخ
P-SC	Program scheduling	محدودیت‌های به‌دست آمده، در اثر برنامه زمان‌بندی پروژه
CON	Contract	محدودیت‌های قراردادی در پاسخ
SIZ	Project Size	اندازه پروژه
COM	Project complexity	پیچیدگی‌های پروژه
ENV	Project environment	شرایط محیط پیرامون پروژه
PE	Performance	عملکرد گزینه پاسخ به ریسک
ORG	Organization	سازمان پروژه

مفهوم	عبارت اصلی	علائم
ماهیت پروژه	Project essence	ESS
انتقال به شخص‌ثالث	Transfer to third party	TTP
انتقال مالی	Financial transfer	FTr
پذیرش فعال	Active acceptance	AAc
پذیرش انفعالی	Passive acceptance	PAc
اجتناب	Avoidance	Avo
کاهش	Mitigation	Mit
ریسک	Risk	Ri

منابع

تاسا، امید، گلابچی، محمود و روانشادنیا، مهدی (۱۴۰۱). شناسایی و بررسی عوامل پیچیدگی در پروژه‌های صنعتی ایران با استفاده از مدل معادلات ساختاری (مطالعه موردی: پروژه چند منظوره (تونل، سد و نیروگاه) اوماویا در کشور سریلانکا. *مهندسی تونل و فضاهای زیرزمینی*، ۱۱(۱)، ۴۷-۷۱.

مهاجری برج قلعه، رضا؛ پوررستم، توحید؛ منصور شریف‌لو، ناصر؛ مجروحی سردرود، جواد و صفا، ابراهیم (۱۴۰۱). بهبود فرایند مدیریت ریسک پروژه در پروژه‌های ساخت با ارائه یک روش پیشنهادی بر اساس استاندارد PMBOK و مدل SHAMPU. *مهندسی سازه و ساخت*، ۹(۵)، ۵-۱۹.

References

Ackermann, F., Howick, S., Quigley, J., Walls, L., Houghton, T. (2014). Systemic risk elicitation: using causal maps to engage stakeholders and build a comprehensive view of risks. *Eur. J. Oper. Res.* 238 (1), 290–299.

Ardeshir, A., Amiri, M., Ghasemi, Y., & Errington, M. (2014). Risk assessment of construction projects for water conveyance tunnels using fuzzy fault tree analysis. *International Journal of Civil Engineering*, *12*(4), 396-412.

Bakhshi, J. (2016). *Exploring project complexities and their problems: a critical review of the literature*. (Doctoral dissertation).

Botchkarev, A., & Finnigan, P. (2015). Complexity in the context of information systems project management. *Organisational Project Management*, *2*(1), 15-34.

Browning, T. R. (2014). Managing complex project process models with a process architecture framework. *International Journal of Project Management*, *32*(2), 229-241.

Butler, C. W., Vijayasarathy, L. R., & Roberts, N. (2020). Managing software development projects for success: Aligning plan-and agility-based approaches to project complexity and project dynamism. *Project Management Journal*, 51(3), 262-277

Cotterman, H., Forsberg, K., & Mooz, H. (2005). *Visualizing project management: models and frameworks for mastering complex systems*. John Wiley & Sons.

Daniel, P. A. (2022). Multi-level perspective framework in macro project studies: Towards a complex project organizing approach to sustainability transitions. *International Journal of Project Management*, *40*(8), 865-870.

Dao, B., Kermanshachi, S., Shane, J., Anderson, S., & Hare, E. (2016). Exploring and assessing project complexity. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(5), 04016126. https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001275

Dhlamini, J. (2022). Strategic risk management: A systematic review from 2001 to 2020. *Journal of Contemporary Management*, *19*(2), 212-237.

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, 494-505.

Ghosh, S., & Skibniewski, M. J. (2010). Enterprise resource planning systems implementation as a complex project: a conceptual framework. *Journal of Business Economics and Management*, *11*(4), 533-549.

Glouberman, S., & Zimmerman, B. (2016). *Complicated and Complex Systems: What Would Successful Reform of Medicare Look Like?* (pp. 21-53). University of Toronto Press.

Gorod, A., Gandhi, S. J., Sauser, B., & Boardman, J. (2008). Flexibility of system of systems. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 9(4), 21-31.

Gorod, A., Hallo, L., Ireland, V., & Gunawan, I. (Eds.). (2019). *Evolving Toolbox for Complex Project Management*. CRC Press.

Gransberg, D. D., Shane, J. S., Strong, K., & del Puerto, C. L. (2013). Project complexity mapping in five dimensions for complex transportation projects. *Journal of Management in Engineering*, 29(4), 316-326.

Guide, A. (2021). Project management body of knowledge (pmbok® guide). In *Project Management Institute* (Vol. 11, pp. 7-8).

Ibadov, N., Kulejewski J. (2014). The assessment of construction project risks with the use of fuzzy sets theory. *Technical Transactions, Cracow University of Technology*, 175-182.

Iso, I. (2009). *Risk management–Principles and guidelines*. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

Jaber, H., Marle, F., Vidal, L. A., Sarigol, I., & Didiez, L. (2021). A Framework to Evaluate Project Complexity Using the Fuzzy TOPSIS Method. *Sustainability*, 13(6), 3020.

Jayasudha, K., & Vidivelli, B. (2016). Analysis of major risks in construction projects. *ARPN journal of engineering and applied sciences*, 11(11), 6943-6950.

Kerzner, H. (2022). *Project management metrics, KPIs, and dashboards: a guide to measuring and monitoring project performance*. John Wiley & Sons.

Kliem, R. L., Ludin, I. S., & Robertson, K. L. (1997). *Project management methodology: A practical guide for the next millenium*. CRC Press.

Lind, C., Rose, L., Franzon, H., & Nord-Nilsson, L. (2014). RAMP: Risk management Assessment tool for Manual handling Proactively. In *Nordic Ergonomics Society Annual Conference–46/Human Factors In Organizational Design And Management–XI* (pp. 107-110).

Luo, L., He, Q., Xie, J., Yang, D., & Wu, G. (2017). Investigating the relationship between project complexity and success in complex construction projects. *Journal of Management in Engineering*, *33*(2), 04016036.

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.

Mohajeri Borje Ghaleh, R., Pourrostam, T., Mansour Sharifloo, N., Majrouhi Sardroud, J., & Safa, E. (2022). Improving the project risk management process in construction projects by provide a suggested method based on PMBOK standard and SHAMPU model. *Journal of Structural and Construction Engineering*, *9*(5), 5-19. (*in Persian*)

Nachbagauer, A. (2021). Managing complexity in projects: Extending the Cynefin framework. *Project Leadership and Society*, *2*, 100017.

Nădăban, S., Dzitac, S., & Dzitac, I. (2016). Fuzzy TOPSIS: A general view. Procedia computer science, 91, 823-831.

Raz, T., & Hillson, D. (2005). A comparative review of risk management standards. *Risk Management*, *7*(4), 53-66.

Snowden, D. J., & Boone, M. E. (2007). A leader's framework for decision making. *Harvard Business Review*, 85(11), 68.

Tasa, O., Gulabchi, M. & Ravanshadnia, M. (2022). Identifying and investigating the complexity factors in Iran's industrial projects using the structural equation model (case study: Umaawiya multi-purpose project (tunnel, dam, and power plant) in Sri Lanka). *Tunnel engineering and underground space*. Doi: 10.22044/TUSE.2023.12405.1464 (*in Persian*)

Thomas, J., & Mengel, T. (2008). Preparing project managers to deal with complexity–Advanced project management education. *International journal of project management*, 26(3), 304-315.

Verzuh, E. (2021). *The Fast Forward MBA in Project Management: The Comprehensive, Easy-to-Read Handbook for Beginners and Pros*. John Wiley & Sons.

Vidal, L. A., & Marle, F. (2008). Understanding project complexity: implications on project management. *Kybernetes*.

Wideman, R. M. (2022). *Project and program risk management a guide to managing project risks and opportunities*. Project Management Institute, Inc.

Yang, L., Lou, J., & Zhao, X. (2021). Risk response of complex projects: Risk association network method. *Journal of Management in Engineering*, 37(4), 05021004.

Young, L., Ockelford, P., Milne, D., Rolfe- Vyson, V., Mckelvie, S., & Harper, P. (2006). Post-treatment residual thrombus increases the risk of recurrent deep vein thrombosis and mortality. *Journal of Thrombosis and Haemostasis*, 4(9), 1919-1924.

Younus, D., Muayad, A., & Abumandil, M. (2021). The Impact of Agile Risk Management Utilization in Small and Medium (SME) Enterprises. *International Journal of Scientific Research and Engineering Development*, 4(3).

Zou P. X. W., Zhang G., Wang J., (2007), Understanding the key risk in construction projects in China. *International Journal of Project Management*, 25, 601-614.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی