نشریه علمی
حسابرسی سیستم‌ها و فناوری اطلاعات
انجمن علمی حسابرسی فناوری اطلاعات ایران

مقالهٔ پژوهشی

# ارزیابی ریسک در پروژه‌های کلان فناوری اطلاعات با استفاده از منطق فازی و مدل‌سازی وابستگی‌های متقابل[1]

آمنه خدیور*[2] و فاطمه عباسی[3]

نشریه علمی حسابرسی سیستم‌ها و فناوری اطلاعات
انجمن حسابرسی فناوری اطلاعات ایران
سال اول، پیاپی ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۴
صص ۱۷۶ - ۲۰۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۰۴
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۶/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۳۱

## چکیده

*کلان پروژه های فناوری اطلاعات شامل مجموعه‌ای از پروژه‌های مرتبط هستند که در طول چرخه عمر برنامه به‌صورت هماهنگ مدیریت می‌شوند. اگرچه مدیریت برنامه تلاش‌ها را در میان پروژه‌ها هم‌راستا می‌کند، اما به‌طور مستقیم مدیریت پروژه‌های منفرد را بر عهده ندارد. یکی از دلایل اصلی شکست در چنین برنامه‌هایی، بی‌توجهی به مدیریت جامع ریسک است. ریسک‌ها در برنامه‌های فناوری اطلاعات اغلب به‌صورت وابسته به یکدیگر هستند و تأثیر تجمعی آن‌ها می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی بر نتایج برنامه اثر بگذارد. این مطالعه، روشی برای ارزیابی ریسک‌های سطح برنامه ارائه می‌دهد که وابستگی‌های بین ریسک‌ها و عدم قطعیت را از طریق منطق فازی در نظر می‌گیرد. در این روش، یک طبقه‌بندی چندسطحی از ریسک‌ها پیشنهاد شده است که شامل ریسک‌های سطح پروژه، سطح برنامه و ریسک‌های راهبردی تجمیعی می‌شود. این روش‌شناسی، با بهره‌گیری از ماتریس ساختار تصمیم‌گیری، تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و آنتروپی شانون، قضاوت کارشناسان را دریافت کرده و وزن ریسک‌ها را به‌صورت کمّی محاسبه می‌کند. چارچوب پیشنهادی در یک پروژه مدرن‌سازی در گمرک ایران پیاده‌سازی شد و اثربخشی عملی آن در اولویت‌بندی ریسک‌ها و بهبود تصمیم‌گیری‌های راهبردی را نشان داد. نتایج این پروژه نشان داد که ریسک‌های محیطی—که خارج از کنترل مستقیم سازمان هستند—بحرانی‌ترین نوع ریسک محسوب می‌شوند. این پژوهش، رویکردی ساختاریافته برای مدیران برنامه‌های فناوری اطلاعات فراهم می‌کند تا بتوانند ریسک‌ها را در شرایط عدم قطعیت ارزیابی و رتبه‌بندی کنند و ابزاری برای افزایش تاب‌آوری و موفقیت برنامه‌ها ارائه می‌دهد.*

**واژه‌های کلیدی:** *کلان پروژه فناوری اطلاعات ، ریسک پروژه ،وابستگی متقابل،ارزیابی ریسک ، منطق فازی.*

**طبقه‌بندی موضوعی:** *C44, C61, C65, D81, O32, M15*

---

[1] https://doi.org/10.22034/JISTA. 2025.543458.1060

۲. دانشیار، گروه مدیریت، دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران. (نویسنده مسئول). Email: a.khadivar@alzahra.ac.ir

[3] . استادیار، گروه مدیریت صنعتی و مدیریت فناوری اطلاعات، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. Email: f_abbasi@sbu.ac.ir

## مقدمه

در عصر تحول دیجیتال، پروژه‌های فناوری اطلاعات به عنوان محرک‌های اصلی نوآوری و بهره‌وری در سازمان‌ها شناخته می‌شوند. انجمن مدیریت پروژه[1]، پروژه را مجموعه‌ای از فعالیت‌های موقتی با هدف تحقق یک تعهد، تولید محصول یا ارائه خدماتی منحصربه‌فرد تعریف می‌کند. با افزایش پیچیدگی و وابستگی میان پروژه‌ها، مدیریت یکپارچه آن‌ها در قالب «طرح» اهمیت فزاینده‌ای یافته است. طرح، بنا بر تعریف انجمن مدیریت پروژه، مجموعه‌ای از پروژه‌های مرتبط است که به‌صورت هماهنگ مدیریت می‌شوند تا دستیابی به منافع و کنترل مؤثرتر امکان‌پذیر گردد (یو و شیائو[2]، ۲۰۲۴).

در این میان، مدیریت کلان پروژه‌های فناوری اطلاعات مستلزم به‌کارگیری اصول، روش‌ها و ابزارهایی است که بتوانند هماهنگی میان پروژه‌های وابسته را تسهیل کرده و ادغام برنامه‌ها و فعالیت‌ها را ممکن سازند. اداره مدیریت منابع انسانی ایالات متحده[3] در سال ۲۰۲۰ نیز بر اهمیت این هماهنگی در سطح طرح تأکید دارد. یکی از چالش‌های اساسی در این حوزه، مدیریت ریسک در سطح طرح است؛ چرا که ریسک‌ها می‌توانند به‌طور مستقیم بر موفقیت طرح تأثیرگذار باشند. ریسک‌های مثبت به عنوان فرصت و ریسک‌های منفی به عنوان تهدید شناخته می‌شوند و منشأ آن‌ها ممکن است از تعاملات میان اجزای طرح، پیچیدگی‌های فنّی، محدودیت‌های زمانی و مالی، یا شرایط محیطی ناشی شود. مدیریت مؤثر ریسک در طرح‌های کلان، نیازمند معیارهایی برای پایش سطح ریسک است. با این حال، معیارهای موجود عمدتاً برای ارزیابی ریسک در سطح پروژه طراحی شده‌اند و به دلیل وابستگی‌های میان ریسک‌های طرح، نمی‌توان آن‌ها را به‌طور مستقیم در محیط طرح به کار گرفت (کوان و لیونگ[4]،۲۰۰۹). از سوی دیگر، پیچیدگی، ابهام و نادقیقی موجود در داده‌ها و شاخص‌های ارزیابی، استفاده از مدل‌های خاص برای تحلیل ریسک را ضروری می‌سازد. مدل‌هایی مانند شبیه‌سازی مونت‌کارلو، نظریه تصمیم، نظریه آماری بیزین و مجموعه فازی، ابزارهایی هستند که در شرایط عدم قطعیت می‌توانند به تصمیم‌گیری کمک کنند(خورشیدی و کارولوکس[5]، ۲۰۰۴؛ طاهردوست[6]، ۲۰۲۱).

---

[1] Project Management Institute (PMI)
2 Yu& Xiao
[3] United States Office of Personnel Management (OPM)
[4] Kwan& Leung
5 Khorshidi & Karolux
[6] Taherdoost

در سال‌های اخیر، پژوهشگران به توسعه چارچوب‌های نوین برای ارزیابی ریسک در محیط‌های پیچیده فناوری اطلاعات پرداخته‌اند. به‌عنوان مثال، استفاده از یادگیری ماشین و تحلیل‌های چندمعیاره برای ارزیابی ریسک در پروژه‌های زیرساختی و خدمات ابری مورد توجه قرار گرفته است(شارما و روثو[1]،۲۰۲۵). این رویکردها با هدف افزایش دقت در شناسایی تهدیدها و بهبود تصمیم‌گیری در شرایط مخاطره‌آمیز طراحی شده‌اند.

در این پژوهش، با تمرکز بر ویژگی‌های خاص طرح‌های کلان فناوری اطلاعات، به بررسی چالش‌های موجود در ارزیابی ریسک و معرفی رویکردهای مناسب برای مدل‌سازی ابهام و نادقیقی در شاخص‌های ارزیابی پرداخته می‌شود. هدف اصلی این پژوهش، ارائه روشی برای سنجش میزان تاثیرمتقابل ریسک‌ها در طرح‌های کلان فناوری اطلاعات با استفاده از رویکرد فازی و پیاد سازی روش پیشنهادی در طرح آسیکودا[2] در شرکت گمرک می باشد. با توجه به آنکه طرح‌های کلان از چند پروژه مرتبط تشکیل شده‌اند، اندازه گیری این ریسک‌ها با در نظر گرفتن میزان وابستگی آنها از اهمیت ویژه برخوردار است. بنابراین، سوال اصلی پژوهش حاضر را می‌توان اینگونه بیان کرد که میزان تاثیرگذاری متقابل ریسک‌های طرح‌های کلان فناوری اطلاعات در طرح آسیکودا به چه میزان می‌باشد؟ در پژوهش حاضر، بر اساس روش وان[3]، شیوه‌ای برای اندازه‌گیری ریسک‌های طرح‌های کلان ارائه گردیده است که در آن، وابستگی‌های میان ریسک‌ها نیز در نظر گرفته شده است. به این ترتیب که با استفاده از رویکرد فازی و با کمک روش‌های آنتروپی شانون، تحلیل سلسله مراتبی[4] ماتریس ساختار طراحی[5] روشی برای تخمین ریسک‌های طرح‌های کلان با در نظر گرفتن عدم اطمینان و ابهام ارائه شده است.

مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد که در حال حاضر، بیش از هفتاد نوع روش ارزیابی ریسک کیفی و کمّی در سطح جهانی وجود دارد. به فرآیند کلی برآورد میزان ریسک و تصمیم‌گیری درباره قابل‌تحمل بودن آن، «ارزیابی ریسک» گفته می‌شود(انجمن مدیریت پروژه، ۲۰۲۱). این

1 Sharma & Routh
2 Automated System for Customs Data (ASYCUDA)
3 Kwan
4 Analytical Hierarchy Process (AHP)
5 Design Structure Matrix (DSM)

انجمن، ریسک را تابعی از احتمال وقوع خطر، پیامد ناشی از آن و میزان تماس با خطر تعریف کرده و ارزیابی ریسک را بر اساس این سه عامل بنا نهاده است.

روش‌های ارزیابی ریسک متعددند و رویکردهای کمّی و کیفی برای سنجش ریسک استفاده شده است. روش‌های آماری مانند واریانس، شبه‌واریانس، تحلیل درخت تصمیم، تحلیل سر به سر و مدل ارزش در معرض ریسک، بر پایه علم آمار بنا شده‌اند و نرم‌افزارهای متعددی برای تحلیل ریسک بر اساس این روش‌ها توسعه یافته‌اند(طاهردوست، ۲۰۲۱). غیر از روش‌های آماری و ریاضی، روش‌های دیگری مانند پویایی‌شناسی نیز برای مدلسازی ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات استفاده شده است(حاجی حیدری و رحمتی،۱۳۹۷). با توجه به محدودیت‌های روش‌های آماری، منطق فازی به‌عنوان جایگزینی برای ارزیابی ریسک پروژه‌ها مطرح شده است. منطق فازی[1]، نوعی منطق چندارزشی است که برخلاف منطق کلاسیک با دو مقدار صفر و یک، امکان بیان درجاتی از درستی را فراهم می‌کند. این منطق برای مدل‌سازی و تصمیم‌گیری در شرایطی طراحی شده که اطلاعات دارای ابهام، نادقتی یا عدم قطعیت هستند. مفهوم منطق فازی نخستین‌بار توسط دکتر لطفی زاده در سال ۱۹۶۵ مطرح شد و هدف آن نزدیک‌سازی فرآیندهای تصمیم‌گیری ماشینی به شیوه تفکر انسانی بود (زاده[2]، ۱۹۶۵).

انجمن مدیریت پروژه، تکنیک‌هایی مانند تحلیل درخت تصمیم، ارزش پولی مورد انتظار، تحلیل درخت خطا و شبیه‌سازی را برای تحلیل کمی ریسک‌های پروژه پیشنهاد می‌دهد (انجمن مدیریت پروژه، ۲۰۲۱). بیشتر تحقیقات در زمینه ارزیابی ریسک در سطح پروژه‌ها انجام شده‌اند و پژوهشی جامع درباره اندازه‌گیری ریسک در طرح‌های کلان فناوری اطلاعات وجود ندارد. برخی مطالعات بین‌المللی، به دسته‌بندی ریسک‌های عمومی، سنجش و ارائه روش‌شناسی‌هایی برای یکپارچگی ریسک در طرح‌های کلان پرداخته‌اند(کوان و لونگ، ۲۰۰۹؛ یو و شیائو، ۲۰۲۴) اما مطالعه‌ای یافت نشد که به وابستگی‌های متقابل ریسک‌های این پروژه‌ها پرداخته و آن را به صورتی کمّی، مدلسازی کرده باشد. با توجه به این شکاف پژوهشی، هدف این تحقیق، ارائه معیارهایی برای سنجش ریسک‌های طرح‌های کلان فناوری اطلاعات و مدلسازی آنها و همچنین پیاده‌سازی روش‌شناسی پیشنهادی در یک نمونه کلان پروژه فناوری اطلاعات است.

[1] Fuzzy Logic
[2] Zadeh

در ادامه مقاله، مروری بر مبانی نظری و تحقیقات قبلی صورت گرفته در این زمینه انجام خواهد شد. در بخش سوم، روش تحقیق و جامعه آماری معرفی گردیده است. در بخش چهارم، روش‌شناسی سنجش ریسک کلان پروژه و در نهایتا در بخش آخر، یافته‌ها، خلاصه و نتیجه گیری ارائه گردیده است.

## مبانی نظری و توسعه فرضیه‌ها

### ریسک‌های طرح‌های کلان فناوری اطلاعات

ریسک طرح، رویداد یا مجموعه‌ای از شرایط است که در صورت وقوع، احتمال دارد بر معیارهای موفقیت طرح تأثیر بگذارد. این ریسک‌ها ممکن است مثبت (فرصت‌ها) یا منفی (تهدیدها) باشند و از تعامل اجزای طرح، پیچیدگی فنی، محدودیت‌های زمانی و مالی یا محیط اجرایی نشأت بگیرند (انجمن مدیریت پروژه، ۲۰۲۱). شناسایی ریسک‌ها نخستین گام در مدیریت مؤثر آن‌هاست. روش‌هایی مانند بازنگری مستندات، تحلیل چک‌لیست، تحلیل فرضیه و متاسنتز برای شناسایی ریسک‌های طرح‌های کلان فناوری اطلاعات به‌کار گرفته شده‌اند.

### دسته‌بندی ریسک‌های طرح‌های کلان

ریسک کلان پروژه، رویداد یا مجموعه‌ای از شرایط است که در صورت وقوع، احتمال دارد بر معیارهای موفقیت طرح تأثیر بگذارد. یک طرح از چندین پروژه تشکیل شده است که ریسک‌های تأثیرگذار بر اهداف پروژه‌ها، در مجموع می‌توانند اجرای اهداف کلان طرح را تحت تأثیر قرار دهند. البته ریسک‌های طرح تنها ناشی از ریسک‌های پروژه‌ها نیستند، بلکه ریسک‌هایی نیز خارج از پروژه‌ها وجود دارند که بر دستیابی به اهداف طرح اثر می‌گذارند.

ریسک‌های طرح، از جنبه‌های مختلفی قابل بررسی هستند. براون[1](۲۰۱۰)، سطوح محیط ریسک مدیریت طرح را شامل سه سطح کسب‌وکار، سطح کلان پروژه و سطح پروژه، توصیف می‌کند. سطح طرح، میان راهبردهای سازمان و پروژه‌های مرتبط قرار دارد. هیلسون[2] (۲۰۱۰) نیز سه سطح بالقوه برای ریسک‌های طرح شناسایی کرده است: (۱) ریسک‌هایی که نمایانگر سطح استراتژی سازمان هستند. (۲) ریسک‌هایی که از سطح کلان پروژه نشأت می‌گیرند. (۳)

[1] Brown
[2] Hillson

ریسک‌هایی که ناشی از مجموع اجزای طرح یا پروژه‌ها هستند. زکریا[1] (۲۰۱۲)، ساختار شکست ریسک[2] را برای مدیریت طرح ارائه کرده است. در بالاترین سطح این ساختار، چهار عنصر پایه‌ای شامل مدیریت، پیاده‌سازی پروژه، برنامه‌ریزی عملیاتی و عوامل خارجی طرح، وجود دارد. انجمن مدیریت پروژه، بیان می‌کند که این ریسک‌ها از اجزای طرح و تعاملات میان آن‌ها، پیچیدگی فنّی، محدودیت‌های زمان‌بندی یا هزینه و محیط وسیع‌تری نشأت می‌گیرند که طرح در آن مدیریت می‌شود. این انجمن، ریسک‌های طرح را به شش دسته ریسک‌های سطح طرح، ریسک‌های پروژه، ریسک‌های سطح عملیاتی، ریسک‌های مرتبط با پورتفولیو، و ریسک‌های مرتبط با منافع طبقه‌بندی می‌کند(انجمن مدیریت پروژه، ۲۰۲۱). کوان و لونگ (۲۰۰۹) نیز بر اساس مالکان ریسک، ریسک‌های کلان پروژه را به دو سطح تقسیم می‌کنند: (۱) ریسک‌های سطح پروژه که توسط مدیران پروژه مدیریت می‌شوند، (۲) ریسک‌های سطح طرح که توسط مدیران طرح هدایت می‌شوند.

همچنین، پژوهش‌های دیگری مانند یو[3] و همکاران[4](۲۰۱۵)، سانچز و هنشل[5] (۲۰۲۰)، لوکاتلی و همکاران[6](۲۰۱۷)، و مولر و ترنر[7](۲۰۱۰) نیز به بررسی ریسک‌های راهبردی، پیچیدگی‌های فنّی و عوامل موفقیت در پروژه‌های کلان پرداخته‌اند. در جدول ۱، تقسیم‌بندی ریسک‌های کلان پروژه ارائه شده است. با توجه به کثرت استفاده در پژوهش‌ها و مرجعیت انجمن مدیریت ریسک، در این پژوهش، از دسته‌بندی ارائه‌شده توسط مؤسسه مدیریت پروژه استفاده شده است.

[1] Zacharias
[2] Risk Breakdown Structure (RBS)
3 Yu
[4] Floricel et al.
[5] Sanchez & Henschel
[6] Locatelli et al.
[7] Müller& Turner

**جدول ۱.** دسته بندی های سطوح ریسک در کلان پروژه(محقق)

| وان | براون | هیلسون | زکریا | انجمن مدیریت پروژه |
|---|---|---|---|---|
| ریسک‌های سطح طرح | سطح کسب و کار | سطح استراتژی سازمان | مدیریت | ریسک‌های مرتبط منافع |
| | | | خارجی | ریسک‌های مرتبط پورتفلیو |
| | | | برنامه‌ریزی | ریسک‌های سطح محیط |
| | سطح طرح | سطح طرح | عملیاتی طرح | ریسک‌های سطح طرح |
| ریسک‌های سطح پروژه | سطح پروژه | پروژه یا اجزاء طرح | پیاده‌سازی پروژه | ریسک‌های پروژه |
| | | | | ریسک‌های سطح عملیاتی |

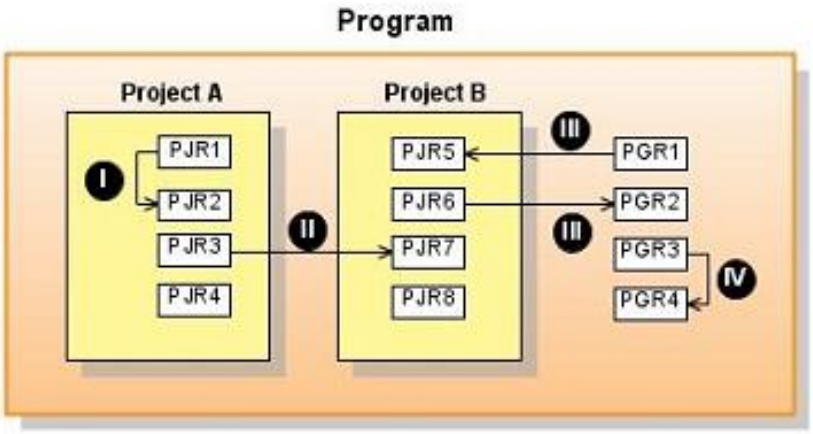
## وابستگی ریسک‌ها در طرح‌های کلان

در طرح‌های کلان، وابستگی ریسک‌ها نه تنها میان ریسک‌های یک پروژه وجود دارد، بلکه میان ریسک‌های پروژه‌های مرتبط نیز می‌تواند وجود داشته باشد. چهار نوع وابستگی میان ریسک‌های یک طرح می‌تواند وجود داشته باشد. جدول ۲، انواع وابستگی احتمالی میان ریسک‌ها را نشان می‌دهد(کوان و لیونگ، ۲۰۰۹).

**جدول ۲.** انواع وابستگی میان ریسک ها در کلان پروژه

| نوع | شرح | مالک |
|---|---|---|
| I | وابستگی میان ریسک در یک پروژه | مدیر پروژه |
| II | وابستگی میان ریسکها در دو پروژه | مدیر طرح |
| III | وابستگی میان ریسکهای سطح طرح و سطح پروژه | مدیر طرح |
| IV | وابستگی میان ریسکهای سطح طرح | مدیر طرح |

شکل ۱، مثالی از وابستگی میان ریسک‌ها در یک طرح است (کوان و لیونگ، ۲۰۰۹).




**شکل ۱.** وابستگی میان ریسک ها در یک طرح

دو روش برای بیان احتمال تاثیر یک ریسک بر ریسک دیگر وجود دارد که مقدار وابستگی ریسک و افزاینده وابستگی ریسک نامیده می‌شود(کوان و لیونگ، ۲۰۰۹). در پژوهش حاضر، برای سنجش اثر متقابل ریسک‌ها از روش مقدار وابستگی ریسک استفاده گردیده است. فرض کنید مجموع ریسک‌های شناسایی شده R(t) در زمان t برابر |R(t)| = n می‌باشد و برای هر( Rx ∈ R(t ، Rx =f (Px, Ix) می‌باشد که 1 ≤x ≤ n و Px∈ P که P مجموع مقادیر احتمالی ممکن است. اگر تنها Rb پیامد مستقیم Ra باشد، $Ra \to Rb$ که $Ra, Rb \in R(t)$ هستند و $Rb \neq Ra$ و مقدار وابستگی ریسک Dab بین Ra و Rb وجود دارد که:

$$R_b^{+a} = \int (P_b^{+a}, I_b) \quad ,$$

$$where\ P_b^{+a} \in P \quad , \quad = \int (P_b + D_{ab}, I_b)$$

که $R_b^{+a}$ ریسک پسین[1] $R_b$ نامیده می‌شود که از ریسک $R_a$ اثر می‌پذیرد و $P_b^{+a}$ احتمال پسین می‌باشد (براون[2]، ۲۰۱۰).

[1] Posterior Risk
[2] Brown

## سنجش ریسک کلی کلان پروژه فناوری اطلاعات

از آنجایی که ریسک‌های کلان پروژه فناوری اطلاعات شامل ریسک‌های سطح طرح و سطح پروژه می‌شوند، بنابراین، برای اندازه‌گیری اثرات کلی این ریسک‌ها لازم است این شاخص‌ها در سه سطح ریسک‌های سطح طرح، سطح پروژه و ریسک کلی کلان پروژه فناوری اطلاعات سنجیده شوند. در هریک از این سطوح، لازم است سه شاخص $RS^+(t)$ امتیاز ریسک پسین[1]، $ARS^+(t)$ میانگین امتیاز ریسک پسین[2] و $RI^+(t)$ شاخص ریسک پسین[3] استفاده می‌شود که به ترتیب مجموع و میانگین ریسک‌های شناسایی شده می‌باشند(براون[4]، ۲۰۱۰).

$$RS^+(t) = \sum_{x=1}^{m} R_x + \sum_{x=m+1}^{n} R_x^+ = \sum_{x=1}^{n} R_x^*$$

$$ARS^+(t) = \frac{1}{n} RS^+(t) = \frac{1}{n} \sum_{x=1}^{n} R_x^*$$

$$RI^+(t) = \frac{RS^+(t)}{nM} = \frac{1}{nM} \sum_{x=1}^{n} R_x^*$$

- تعداد n ریسک در زمان t در پروژه z شناسایی شده اند.
- تعداد m ریسک مستقل وجود دارد که دارای هیچگونه پیش نیاز مستقیم نیستند، $R(t) = \{R1, R2, \ldots, Rm\}$ و $|R(t)| = m$
- M حداکثر ریسک سطح پروژه می‌باشد.

## تئوری مجموعه‌های فازی

در مسائل تصمیم‌گیری، ارزیابی‌های انجام شده توسط متخصصین به صورت عبارات کلامی منطبق بر تجارب آنها می‌باشند. این ارزیابی‌های زبانی، مبهم و تجزیه و تحلیل آنها دشوار است. از این رو، نظریه مجموعه‌های فازی می‌تواند برای اندازه‌گیری مفاهیم گنگ و مبهم به کار برده

[1] Posterior Risk Score
[2] Average Posterior Risk Score
[3] Posterior Risk Index
[4] Brown

شود که در ارتباط با قضاوت‌های ذهنی انسان هستند. یک مجموعه فازی، مجموعه‌ای از اعضا با درجه‌های عضویت می‌باشد. یک تابع عضویت عددی حقیقی از بازه $[0,1]$ است. در میان انواع شکل‌های عدد فازی، عدد فازی مثلثی[1] متداول‌ترین می‌باشد. یک عدد فازی مثلثی می‌تواند به شکل $(a,b,c)$ که $a \le b \le c$ است، تعریف گردد. پارامترهای $a$، $b$ و $c$ به ترتیب کوچکترین مقدار ممکن، مقدار متوسط ممکن و بزرگترین مقدار ممکن هستند که یک رویداد فازی را توصیف می‌کنند( زاهد[2]، ۱۹۶۵). تابع عضویت، یک عدد فازی به صورت رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$f_A(x) = \begin{cases} 0 & x < a, x > c \\ \dfrac{x-a}{b-a} & a \le x \le b \\ \dfrac{c-x}{c-b} & b \le x \le c \end{cases}$$

جهت دفازی کردن، از روش میانگین به صورت روبرو استفاده شده است:

$$\mathrm{COG(F)} = \frac{a+b+c}{3}$$

## مدل ساختار طراحی

روش مدل ساختار طراحی، برای مدلسازی، نمایش و تحلیل یک سیستم پیچیده و روابط درونی آن به شکلی ساده و مختصر می‌باشد. روش مدل ساختار طراحی، روش مناسبی برای تحلیل کمّی و کیفی سیستم هاست ( خان و یو[3]، ۲۰۱۲). ادبیات مدل ساختار طراحی، توسط استوارد آغاز گردید. استوارد، روش مدل ساختار طراحی را برای تحلیل و نمایش سیستم‌های پیچیده ارائه کرد و از روش‌های ریاضیات کاربردی برای گروه‌بندی و بازچینش اجزای سیستم برای طراحی کارامدتر استفاده نمود. در سال ۱۹۹۰ و گروهی از محققان دانشگاه ام آی تی با استفاده از مجموعه‌ای از مطالعات تجربی و تئوریکی، جانی تازه به مدل مدل ساختار طراحی

[1] Triangular Fuzzy Number (TFN)
2 Zadeh
3 Khan & Yu

برای فعالیت‌های طراحی مربوط به ساخت محصول به منظور افزایش کارآمدی و کاهش چرخه‌های زمانی استفاده نمودند (خان[1]، ۲۰۱۲).

اخیرا انجمن مدل ساختار طراحی، چهار نوع آن را شناسایی نموده است که در جدول ۳ نمایش شده اند ( جرو[2]، ۱۹۹۰).

**جدول۳.** انواع مدل ساختار طراحی

| روش تحلیل | کاربرد | نمایش دهنده | انواع |
|---|---|---|---|
| گروه‌بندی | طراحی، معماری و مهندسی سیستم‌ها | ارتباط چندگانه بین اجزاء | بر مبنای اجزای فیزیکی |
| گروه‌بندی | طراحی سازمان، مدیریت اینترفیس و ادغام تیم | اینترفیس‌های بین تیم‌ها | بر مبنای تیم |
| ترتیب بندی و پارتیشن‌بندی | برنامه‌ریزی پروژه، اولویت‌بندی فعالیت‌ها | ارتباطات ورودی / حروجی فعالیت‌ها | بر مبنای فعالیت |
| ترتیب بندی و پارتیشن‌بندی | ترتیب‌بندی فعالیت‌های سطح پایین و ساخت فرآیند | پارامتر نقاط تصمیم‌گیری و اولویت‌ها | بر مبنای پارامتر |

ژینو و برگر دو نوع مدل ساختار طراحی را بر حسب کاربرد شناسایی نموده اند:

۱. مدل ساختار طراحی پایا که یک ماتریس مربعی است که برای نمایش اینترفیس‌های معماری طراحی سیستم‌ها، تجزیه طراحی، واحدبندی و برنامه‌ریزی هندسی سازمان بکار می رود.

۲. مدل ساختار طراحی زمانی، که برای انتصاب فرآیندهای طراحی و برنامه ریزی و مدیریت فعالیت‌های روی زمان بکار می رود.

در این پژوهش از ماتریس مدل ساختار طراحی، به منظور مشخص نمودن ارتباط میان ریسک‌ها استفاده نموده ایم.

[1]- Khan
2 Gero

## پیشینه تحقیق

پروژه‌های کلان فناوری اطلاعات به‌عنوان زیرساخت‌های حیاتی تحول دیجیتال در سازمان‌ها و دولت‌ها، از پیچیدگی‌های چندبعدی برخوردارند که آن‌ها را در معرض طیف وسیعی از ریسک‌های راهبردی، عملیاتی، فنی و نهادی قرار می‌دهد. این ریسک‌ها، به‌ویژه در محیط‌های پویا و چندذی‌نفع، می‌توانند منجر به شکست پروژه، افزایش هزینه‌ها، تأخیر در اجرا و کاهش اثربخشی نهایی شوند. از این‌رو، مدیریت ریسک در این نوع پروژه‌ها نه‌تنها یک الزام اجرایی، بلکه یک مؤلفه کلیدی در حکمرانی فناوری اطلاعات محسوب می‌شود.

ادبیات علمی در حوزه مدیریت ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات، به‌ویژه در سطح کلان، طی سال‌های اخیر رشد قابل‌توجهی داشته و رویکردهای متنوعی را برای شناسایی، تحلیل، اولویت‌بندی و کنترل ریسک‌ها پیشنهاد کرده است. این رویکردها شامل مدل‌سازی پویایی سیستم، تحلیل سلسله‌مراتبی، منطق فازی، شبکه‌های بیزی، ماتریس ساختار وابستگی و مطالعات موردی چندملیتی هستند که هرکدام از منظر خاصی به مسئله ریسک پرداخته‌اند. جدول۴ حاصل تلفیق و طبقه‌بندی مجموعه‌ای از مقالات منتخب داخلی و بین‌المللی در این حوزه است که با هدف مقایسه روش‌های تحقیق استخراج یافته‌های کلیدی و تحلیل روندهای پژوهشی تنظیم شده است.

**جدول ۴.** پیشینه داخلی و خارجی تحقیق

| عنوان مقاله | نویسندگان | سال | روش تحقیق | یافته‌های کلیدی |
|---|---|---|---|---|
| تحلیل ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات با استفاده از پویایی‌های سیستم | نسترن حاجی‌حیدری، فاطمه رحمتی | ۱۳۹۷ | مدل‌سازی پویایی سیستم | وابستگی‌های اطلاعاتی و زمانی عامل تشدید ریسک‌ها هستند |
| ارائه مدل اولویت‌بندی پروژه‌های فناوری اطلاعات به منظور توسعه دولت الکترونیکی | نغمه همتی‌نژاد، آمنه خدیور | ۱۴۰۰ | مدل‌سازی ترکیبی + تحلیل خبره | توسعه دولت الکترونیک نیازمند اولویت‌بندی دقیق پروژه‌های IT است |
| مدیریت ریسک در پروژه‌های کلان فناوری اطلاعات با رویکرد ترکیبی AHP-TOPSIS | فاطمه سادات موسوی، حمیدرضا کریمی | ۱۴۰۰ | تصمیم‌گیری چندمعیاره | رتبه‌بندی ریسک‌ها با وزن‌دهی فازی و اولویت‌بندی استراتژیک |

| عنوان مقاله | نویسندگان | سال | روش تحقیق | یافته‌های کلیدی |
|---|---|---|---|---|
| تحلیل ریسک‌های پروژه‌های ERP در سازمان‌های دولتی ایران | محمدرضا شریفی، لیلا قاسمی | ۱۴۰۱ | مطالعه موردی + مصاحبه | عدم تطابق نیازمندی‌ها و ضعف آموزش کاربران عامل شکست ERP |
| ارزیابی ریسک‌های پروژه‌های تحول دیجیتال در بخش عمومی | سارا محمدی، علی‌اکبر قنبری | ۱۴۰۱ | پرسشنامه + تحلیل فازی | مقاومت ذینفعان و ضعف مدیریتی از مهم‌ترین ریسک‌ها هستند |
| مدل‌سازی ریسک‌های راهبردی در پروژه‌های کلان فناوری اطلاعات دولتی | جی لی، مارتین یانسن[1] | ۲۰۲۵ | مدل‌سازی سیستمی | ریسک‌های سیاستی و بین‌سازمانی بیشترین تهدید را دارند |
| اولویت‌بندی ریسک‌های برنامه‌های فناوری اطلاعات با استفاده از AHP فازی و DSM | دی وو، هانگ ژانگ[2] | ۲۰۲۴ | ترکیب AHP فازی و DSM | وابستگی بین ریسک‌ها باعث تغییر در اولویت‌بندی نهایی می‌شود |
| وابستگی‌های ریسک در پروژه‌های بزرگ فناوری اطلاعات | فرانسوا مارل، لوران-آلن ویدال[3] | ۲۰۲۳ | شبکه‌های بیزی | تأثیرات متقابل ریسک‌ها بر کل برنامه به‌صورت غیرخطی عمل می‌کند |
| مدیریت پیچیدگی و ریسک در پروژه‌های تحول دیجیتال | الکساندر بودزیر، بنت فلایبیرگ[4] | ۲۰۲۲ | مطالعه موردی چندملیتی | پیچیدگی‌های فنی و فرهنگی عامل شکست پروژه‌های تحول دیجیتال هستند |
| ارزیابی چندسطحی ریسک در برنامه‌های فناوری اطلاعات | سورش کومار، راجیو سینگ[5] | ۲۰۲۱ | آنتروپی شانون + تحلیل سلسله‌مراتبی | طبقه‌بندی ریسک‌ها در سه سطح پروژه، برنامه و راهبردی |

[1] Lee & Janssen
[2] Wu & Zhang
[3] Marle & Vidal
[4] Budzier & Flyvbjerg
[5] Kumar & Singh

| عنوان مقاله | نویسندگان | سال | روش تحقیق | یافته‌های کلیدی |
|---|---|---|---|---|
| ارزیابی ریسک‌های راهبردی در حکمرانی فناوری اطلاعات با استفاده از منطق فازی | محمد الحواری، ناصر الشحی[1] | ۲۰۲۰ | منطق فازی + تحلیل خبره | ارزیابی غیرقطعی ریسک‌های راهبردی نیازمند انعطاف‌پذیری است |
| روش‌شناسی مدیریت ریسک برای وابستگی‌های ریسک پروژه | تاک وا کوان، هارتون لیونگ[2] | ۲۰۱۹ | ماتریس DSM + تحلیل ساختاری | معرفی مفهوم Posterior Risk برای بازنگری در اولویت‌ها |

با وجود رشد قابل توجه ادبیات علمی در حوزه مدیریت ریسک فناوری اطلاعات، بررسی‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که ریسک‌های خاص مرتبط با طرح‌های کلان، به‌ویژه آن دسته از ریسک‌هایی کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند که ناشی از وابستگی‌های متقابل بین اجزای پروژه، نهادهای درگیر و لایه‌های راهبردی و عملیاتی هستند. این نوع ریسک‌ها که می‌توانند به‌صورت غیرخطی و شبکه‌ای بر عملکرد کل پروژه تأثیر بگذارند، در بسیاری از مطالعات بین‌المللی به‌صورت محدود و در قالب مدل‌های وابستگی تحلیل شده‌اند، اما در فضای پژوهشی ایران، به‌ویژه در پروژه‌های کلان ملی، کمتر به‌صورت ساختاریافته و تجربی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. این خلأ پژوهشی، نشان‌دهنده ضرورت توسعه چارچوب‌های تحلیلی بومی برای شناسایی، مدل‌سازی و مدیریت ریسک‌های وابسته در طرح‌های کلان فناوری اطلاعات در کشور است.

## روش‌شناسی پژوهش

تحقیق حاضر از لحاظ هدف، تحقیقی کاربردی و از لحاظ داده ، توصیفی-تحلیلی محسوب می‌شود. همچنین راهبرد تحقیق از نوع تحقیقات میدانی به شمار می‌رود، چون از پرسشنامه برای جمع آوری داده‌های آن استفاده شده و محقق عملا در جریان تحقیق درگیر شده است. به منظور جمع آوری اطلاعات، پرسشنامه‌ای در دو بخش طراحی گردید که میزان احتمال هریک از

[1] Alhawari & AlShihi
[2] Kwan & Leung

ریسک‌ها، میزان اثر ریسک‌ها بر زمان، هزینه، کیفیت، عملکرد، هماهنگی پروژهای طرح، اهداف راهبردی بازگشت سرمایه و ذینفعان و وابستگی ریسک‌ها بر اساس مدل ساختار طراحی، مورد پرسش قرار گرفت. تصمیم گیرندگان، ارجحیت‌ها و قضاوت‌های خود را در شکل واژه‌های زبانی و اصطلاحات کیفی (بسیار زیاد، زیاد، متوسط، کم و بسیار کم) بیان می‌دارند برای سنجش ریسک‌های شناسایی شده، جامعه آماری آماری مدیران و کارشناسان پروژه مرتبط با ریسک‌های طرح آسیکودای شرکت گمرک می‌باشد و نمونه آماری به صورت هدفمند از این جامعه اخذ شده است. با توجه به هدف تحقیق و روش مورد استفاده از روش نمونه گیری هدفمند(قضاوتی) استفاده شده است.

## روش‌شناسی سنجش ریسک کلان پروژه

روش‌شناسی پیشنهادی در این پژوهش، با تمرکز بر روش وان، ایجاد و مراحل سنجش مشتمل بر شش گام می‌باشد:

گام ۱: تعیین شاخص‌هایی جهت سنجش

گام۲: شناسایی روشی جهت سنجش ریسک‌های طرح‌های کلان فناوری اطلاعات

گام۳: تعیین معیارهایی جهت سنجش

گام۴: محاسبه اوزان معیارها و شاخص‌ها

گام۵: تبدیل اعداد منطقی به معیارهای زبانی

گام۶: ارزیابی شاخص‌ها

## یافته‌های پژوهش

بر اساس گام‌های ذکر شده در بخش قبلی، در ابتدا با توجه به بررسی‌های صورت گرفته، شش ریسک در دوسطح ریسک‌های سطح طرح و سطح پروژه در نظر گرفته شد. ریسک‌های طرح، محیط، پورتفولیو و منافع در سطح طرح و ریسک‌های پروژه و عملیاتی در سطح پروژه انتخاب گردید. به منظور سنجش ریسک، سه معیار احتمال، اثر و وابستگی متقابل ریسک‌ها مدنظر قرار گرفت و برای سنجش میزان تاثیر ریسک‌ها هشت معیار زمان، هزینه، کیفیت، عملکرد، هماهنگی پروژه‌های طرح، اهداف راهبردی، بازگشت سرمایه و ذینغعان در نظر گرفته

شد. اوزان این هشت معیار بر اساس روش آنتروپی شانون و نظرات خبرگان به ترتیب ۰/۰۸۲، ۰/۱۳، ۰/۱۴۷، ۰/۱۳، ۰/۰۹۲، ۰/۱۶۳، ۰/۱۵۸ و ۰/۰۹۸ تعیین گردید. جهت اندازه‌گیری میزان وابستگی متقابل ریسک‌ها از مدل ساختار طراحی استفاده گردیده است که با توجه به مزایای روش میزان وابستگی‌ها به اطمینان بالایی سنجش شوند. به منظور سوال از میزان هر یک از معیارها، از واژگان و اصطلاحات کیفی استفاده گردید. در ادامه، معانی ارزش‌های زبانی و تابع عضویت هر یک نیز مشخص گردیده است.

در مرحله بعد، وزن هر یک از شاخص‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی مشخص گردید و میزان هر یک از معیارهای سه گانه در دو سطح ریسک‌های سطح طرح و سطح پروژه اندازه گیری گردیده است. برای مشخص کردن معیارهای نهایی امتیاز ریسک پسین، میانگین امتیاز ریسک پسین و شاخص ریسک پسین، ریسک‌های هر یک از سطوح با استفاده از روش میانگین دفازی و معیارهای مورد نظر در سه سطح ریسک‌های سطح سطح، سطح پروژه و ریسک کلی کلان پروژه، اندازه‌گیری و مورد سنجش قرار گرفته است.

## پیاده‌سازی روش‌شناسی سنجش ریسک کلان پروژه فناوری اطلاعات در طرح آسیکودای گمرک

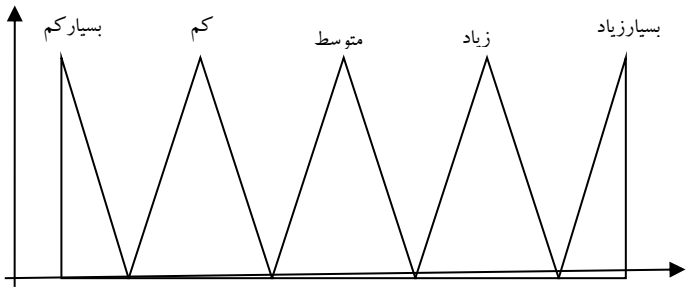
دراین بخش، روش‌شناسی محاسبه ریسک در کلان پروژه فناوری اطلاعات با رویکرد فازی ارائه می‌گردد:

۱) همان طور که قبلا اشاره شد، به منظور جمع آوری اطلاعات در این مرحله، از پرسشنامه استفاده می‌شود. تصمیم گیرندگان، ارجحیت‌ها و قضاوت‌های خود را در شکل واژه‌های زبانی و اصطلاحات کیفی (بسیار زیاد، زیاد، متوسط، کم و بسیار کم) بیان می‌دارند. هر تصمیم گیرنده، برای بیان ارجحیات خویش، دارای یک فضای منحصر به فرد است و بعید است که یک فضای کیفی جهانی وجود داشته باشد که تمام تصمیم گیرندگان بر روی آن توافق داشته باشند. در این مقاله، در ابتدا فرض شد که تصمیم‌گیرندگان بر روی فضای کیفی جدول۵ به توافق رسیده‌اند.

**جدول ۵** . واژه های زبانی و معانی آنها

| ارزش های زبانی | معانی ارزش های زبانی |
|---|---|
| بسیار کم | (۰/۲، ۰/۱، ۰/۱) |
| کم | (۰/۴، ۰/۳، ۰/۲) |
| متوسط | (۰/۶، ۰/۵، ۰/۴) |
| زیاد | (۰/۸، ۰/۷، ۰/۶) |
| بسیار زیاد | (۰/۹، ۰/۹، ۰/۸) |

تابع عضویت فضای کیفی و معانی فازی واژه‌های زبانی در شکل ۲ رسم شده است.




**شکل ۲.** تابع عضویت مجموعه واژه های زبانی

۲) در گام بعدی میزان احتمال هریک از ریسک ها بر اساس میانگین فازی از نظرات خبرگان بدست آمد که نتایج در جدول ۶ ارائه گردیده است. به منظور اندازه‌گیری میزان اثر هریک از شاخص‌ها ابتدا بر اساس روش آنتروپی شانون و بر اساس نظر سوال شوندگان، وزن هریک مشخص گردید و با استفاده از میانگین‌گیری از اثرات، با در نظر گرفتن وزن هریک، میزان متغیر زبانی استخراج اثر هریک از شاخص‌ها استخراج گردید که در جدول۶ اوزان استخراج شده بر اساس روش آنتروپی شانون ارائه شده است.

**جدول۶.** وزن هریک از شاخص های اثرات بر اساس روش آنتروپی شانون

| شاخص | زمان | هزینه | کیفیت | عملکرد | هماهنگی پروژه‌های طرح | اهداف استراتژیک | بازگشت سرمایه | ذینفعان |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| وزن | ۰/۸۲۰ | ۰/۱۳ | ۰/۱۴۷ | ۰/۱۳ | ۰/۰۹۲ | ۰/۱۶۳ | ۰/۱۵۸ | ۰/۰۹۸ |

در جدول ۷ اثر هریک از ریسک ها ارائه گردیده است.

**جدول۷.** میزان احتمال و اثر هریک از ریسک ها

| نام شاخص | احتمال | اثر |
|---|---|---|
| ریسک های سطح طرح(R1) | (۰/۷, ۰/۶۱, ۰/۵۱) | (۰/۷۳, ۰/۶۷, ۰/۵۷) |
| ریسک های سطح محیط(R2) | (۰/۷۶, ۰/۷, ۰/۶۱) | (۰/۷۳, ۰/۶۷, ۰/۶) |
| ریسک های سطح عملیاتی(R3) | (۰/۵۷, ۰/۵۶, ۰/۴۶) | (۰/۶۹, ۰/۵۸, ۰/۴۹) |
| ریسک های مرتبط منافع(R4) | (۰/۷۱, ۰/۶۴, ۰/۵۴) | (۰/۷, ۰/۶۴, ۰/۵۴) |
| ریسک های مرتبط پورتفلیو(R5) | (۰/۶۷, ۰/۵۹, ۰/۴۹) | (۰/۷۱, ۰/۶۱, ۰/۵۱) |
| ریسک های پروژه(R6) | (۰/۶۷, ۰/۶۱, ۰/۵۳) | (۰/۷۶, ۰/۷, ۰/۶) |

۳) در این مرحله، بر اساس مدل ساختار طراحی نظرات خبرگان در مورد میزان وابستگی هر یک از ریسک‌ها، مورد سنجش قرار گرفت که نتایج، در جدول ۸ ارائه گردیده است.

**جدول ۸.** میزان وابستگی شاخص ها

| شاخص | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| R1 | | (۰/۷۶, ۰/۷, ۰/۶) | (۰/۷۶, ۰/۷, ۰/۶) | (۰/۷۶, ۰/۷, ۰/۶) | (۰/۷۶, ۰/۷, ۰/۶) | (۰/۷۶, ۰/۷, ۰/۶) |
| R2 | (۰/۷۶, ۰/۷, ۰/۶) | | (۰/۷۶, ۰/۷, ۰/۶) | (۰/۷۶, ۰/۷, ۰/۶) | (۰/۷۶, ۰/۷, ۰/۶) | (۰/۷۶, ۰/۷, ۰/۶) |
| R3 | (۰/۷۶, ۰/۷, ۰/۶) | (۰/۷۶, ۰/۷, ۰/۶) | | (۰/۷۶, ۰/۷, ۰/۶) | (۰/۷۶, ۰/۷, ۰/۶) | (۰/۷۶, ۰/۷, ۰/۶) |
| R4 | (۰/۷۶, ۰/۷, ۰/۶) | (۰/۷۶, ۰/۷, ۰/۶) | (۰/۷۶, ۰/۷, ۰/۶) | | (۰/۷۶, ۰/۷, ۰/۶) | (۰/۷۶, ۰/۷, ۰/۶) |

| شاخص | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| R5 | ,۰/۷ ,۰/۷۶) (۰/۶ | ,۰/۷ ,۰/۷۶) (۰/۶ | ,۰/۷ ,۰/۷۶) (۰/۶ | ,۰/۷ ,۰/۷۶) (۰/۶ | | ,۰/۷ ,۰/۷۶) (۰/۶ |
| R6 | ,۰/۷ ,۰/۷۶) (۰/۶ | ,۰/۷ ,۰/۷۶) (۰/۶ | ,۰/۷ ,۰/۷۶) (۰/۶ | ,۰/۷ ,۰/۷۶) (۰/۶ | ,۰/۷ ,۰/۷۶) (۰/۶ | |

۴) در این گام بر اساس فرمول وان جهت اندازه گیری ریسک های طرح های کلان ابتدا مجموع احتمال و ابستگی و سپس حاصلضرب مجموع حاصل در اثر مورد اندازه گیری قرار گرفت که بر اساس فرمولهای فازی تخمین ها صورت می گیرد، در جدول ۹ میزان هریک از ریسک ها ارائه گردیده است. برای مثال :

$R_{34}$ = اثر ریسک عملیاتی بر ریسک منافع

$R_{43}$ = اثر ریسک منافع بر ریسک عملیاتی

**جدول۹** . میزان هریک از ریسک های شناسایی شده

| شاخص | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| R1 | | ,۰/۹۴ ,۱/۱۲) (۰/۶۸ $R_{12}$ | ,۰/۸۶ ,۱/۰۴) (۰/۶۲ $R_{13}$ | ,۷۸۰ ,۰/۹۹) (۰/۵۶ $R_{14}$ | ,۰/۸۶ ,۱/۰۵) (۰/۶۲ $R_{15}$ | ,۱/۰۹) ,۰/۸۹ (۰/۶۵$R_{16}$ |
| R2 | ,۰/۷۳ ,۰/۹۵) (۰/۵۶ $R_{21}$ | | ,۰/۶۷ ,۰/۷۶) (۰/۶۱ $R_{23}$ | ,۰/۸۴ ,۱/۰۸) (۰/۶۴ $R_{24}$ | ,۰/۸۶ ,۱/۱) (۰/۶۶ $R_{25}$ | ,۰/۹ ,۱/۱۱) (۰/۶۹$R_{26}$ |
| R3 | ,۰/۶ ,۰/۷۹) (۰/۴۱ $R_{31}$ | ,۰/۶۷ ,۰/۸۶) (۰/۴۵ $R_{32}$ | | ,۰/۶۱ ,۰/۸۱) (۰/۴۲ $R_{34}$ | ,۰/۵۵ ,۰/۷۳) (۰/۳۸ $R_{35}$ | ,۰/۷۷) ,۰/۶۸ (۰/۴۷$R_{36}$ |
| R4 | ,۰/۷۱ ,۰/۸۹) (۰/۴۹ $R_{41}$ | ,۰/۷۱ ,۰/۹) (۰/۴۹ $R_{42}$ | ,۰/۶۶ ,۰/۸۴) (۰/۴۵ $R_{43}$ | | ,۰/۶۹ ,۰/۸۸) (۰/۴۹ $R_{45}$ | ,۰/۷۶) ,۰/۷۱ (۰/۴۹$R_{46}$ |
| R5 | ,۰/۶۶ ,۰/۸۸) (۰/۴۵ $R_{51}$ | ,۰/۶۳ ,۰/۸۵) (۰/۴۲ $R_{52}$ | ,۰/۶ ,۰/۸۲) (۰/۴۸ $R_{53}$ | ,۰/۶۸ ,۰/۹۲) (۰/۴۶ $R_{54}$ | | ,۰/۷ ,۰/۹۴) (۰/۴۸$R_{56}$ |
| R6 | ,۰/۶۴ ,۰/۸۱) (۰/۴۶ $R_{61}$ | ,۰/۶۶ ,۰/۸۳) (۰/۴۸ $R_{62}$ | ,۰/۷۸ ,۰/۹۴) (۰/۵۸ $R_{63}$ | ,۰/۷۳ ,۰/۹۲) (۰/۵۳ $R_{64}$ | ,۰/۷۳ ,۱/۹) (۰/۵۲ $R_{65}$ | |

۵) در این گام، مجموع ریسک‌های هر یک از شاخص‌ها محاسبه و ریسک متقابل با در نظر گرفتن اثرگذاری هر یک از ریسک‌ها تخمین زده می‌شود. برای مثال، مجموع میزان ریسک طرح بر اساس اثر ریسک طرح بر دیگر ریسک‌ها(۵/۲۹، ۴/۳۳، ۳/۱۲) است و مجموع ریسک طرح بر اساس اثر گذاری سایر ریسک‌ها بر ریسک طرح(۴/۳۲، ۳/۳۴، ۲/۳۸) است که ریسک متقابل بر اساس میانگین اثرگذاری و اثر پذیری (۴/۸، ۳/۸۳، ۲/۷۵) می‌باشد. در ادامه، به منظور تخمین ریسک‌های سطح طرح، پروژه و ریسک کلی کلان پروژه لازم است تا ریسک‌های متقابل را با استفاده از روش میانگین، دفازی نماییم که در جدول ۱۰ اعداد قطعی ریسک‌های متقابل ارائه شده است و البته رتبه بندی ریسک‌ها نیز بر اساس اعداد مستخرج ارائه گردیده است. در این گام با استفاده از وزن‌هایی که با روش AHP از نظرات خبرگان استخراج شد، میانگین وزنی ریسک‌های سطح طرح و پروژه نیز تخمین گردید که اعداد مستخرج بیانگر اهمیت بیشتر ریسک‌های سطح طرح می‌باشد. در جدول ۱۰ وزن‌های روش AHP نیز ارائه گردیده است.

**جدول ۱۰**. رتبه بندی و وزن شاخص ها بر اساس AHP

| شاخص | محیط | طرح | پروژه | منافع | پورتفلیو | عملیاتی |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ریسک متقابل | ۳/۸۶۶ | ۳/۸۵۷ | ۳/۶۶۳ | ۳/۵۲۲ | ۳/۴۹۴ | ۳/۳۷۶ |
| رتبه | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ |
| وزنAHP | ۰/۲۲۶ | ۰/۱۵۶ | ۰/۱۱۹ | ۰/۲۴۷ | ۰/۱۱۸ | ۰/۱۳۴ |

۶) در انتها نیز ریسک‌های سطح طرح، سطح پروژه و ریسک کلی کلان پروژه مورد سنجش قرار گرفته است که بر این اساس، شاخص‌های ریسک‌های سطح طرح، سطح محیط، منافع و پورتفولیو به عنوان ریسک‌های سطح طرح و شاخص‌های ریسک‌های پروژه و عملیاتی به عنوان ریسک‌های سطح پروژه در نظر گرفته شده‌اند. در جدول ۱۱ نتایج برآورد شاخص‌های مورد نظر ارائه گردیده است.

**جدول ۱۱.** شاخص های ریسک های سطح طرح، پروژه و ریسک کلی کلان پروژه

| | | | |
|---|---|---|---|
| ریسک های سطح پروژه | $Q\text{-}PJR\text{-}RS^{+}$ | $Q\text{-}PJR\text{-}ARS^{+}$ | $Q\text{-}PJR\text{-}IR^{+}$ |
| | ۷/۰۳۹ | ۰/۳۹۱ | ۰/۴۳۵ |
| ریسک های سطح طرح | $Q\text{-}PGR\text{-}RS^{+}$ | $Q\text{-}PGR\text{-}ARS^{+}$ | $Q\text{-}PGR\text{-}IR^{+}$ |
| | ۱۴/۴۵۲ | ۰/۵۱۶ | ۰/۵۶۵ |
| ریسک کلی کلان پروژه | $Q\text{-}RS^{+}$ | $Q\text{-}ARS^{+}$ | $Q\text{-}IR^{+}$ |

## بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش، ریسک‌های طرح‌های کلان فناوری اطلاعات را با در نظر گرفتن وابستگی متقابل میان آن‌ها و با بهره‌گیری از روش تحلیل فازی مورد ارزیابی قرار داده است. ریسک‌ها در سه سطح «ریسک‌های سطح طرح»، «ریسک‌های سطح پروژه» و «ریسک کلی کلان پروژه فناوری اطلاعات» در طرح آسیکودای گمرک شناسایی، اولویت‌بندی و سنجش شدند.

نتایج تحقیق نشان داد ریسک‌های سطح طرح، به‌ویژه «ریسک محیط»، بیشترین تهدید را برای پروژه‌های کلان فناوری اطلاعات ایجاد می‌کنند؛ یافته‌ای که با نتایج لی و جانسن[1] (۲۰۲۵) و کومار و سینگ[2] (۲۰۲۱) همخوان است. همچنین مطالعات بودزیر و فلاپیبرگ[3] (۲۰۲۲) و مارل و ویدال[4] (۲۰۲۳) بر نقش پیچیدگی‌های محیطی، فرهنگی و وابستگی‌های غیرخطی ریسک‌ها در شکست پروژه‌ها تأکید دارند. از آنجا که این عوامل خارج از کنترل مستقیم سازمان‌اند، تشکیل تیم‌های تخصصی برای شناسایی و تحلیل فرصت‌ها و تهدیدات محیطی می‌تواند به کاهش اثرات آن‌ها و اجرای موفق‌تر طرح‌ها با انحراف کمتر در زمان، هزینه و کیفیت کمک کند.

نتایج این پژوهش می‌تواند راهنمایی مؤثر برای سازمان‌های فعال در حوزه فناوری اطلاعات باشد تا تصمیماتی منطقی‌تر و کم‌مخاطره‌تر اتخاذ کنند. روش پیشنهادی این مطالعه دارای چند مزیت نسبت به مدل‌های کلاسیک ارزیابی ریسک است:

- توانایی مدل در تسخیر عدم‌اطمینان‌های ذهنی تصمیم‌گیرندگان از طریق استفاده از متغیرها و واژه‌های زبانی؛

1 Lee & Janssen
2 Kumar & Singh
3 Budzier & Flyvbjerg
4 Marle & Vidal

- بهره‌گیری از مدل‌های وابستگی ساختاری برای تحلیل روابط میان ریسک‌ها و افزایش اعتبار نتایج؛
- استفاده ترکیبی از روش تحلیل سلسله‌مراتبی و آنتروپی شانون برای تعیین وزن شاخص‌ها، به‌گونه‌ای که قضاوت‌های ذهنی پاسخ‌دهندگان به‌طور کامل لحاظ شده و اثرات متقابل وضعیت‌های مختلف در تصمیم‌گیری‌ها مدنظر قرار گرفته است؛
- امکان استفاده از معیارهای کیفی در شرایطی که داده‌های کمی دقیق در دسترس نیستند؛
- ارائه روش‌شناسی سنجش ریسک با در نظر گرفتن وابستگی‌های درونی و عدم‌اطمینان‌های ذهنی؛
- کاربردپذیری بالا در شرایط فعلی کشور، به‌ویژه با توجه به اجرای هم‌زمان چندین کلان‌پروژه فناوری اطلاعات و مخاطرات ناشی از شکست آن‌ها.

در مجموع، توجه به مقوله ریسک در طرح‌های کلان فناوری اطلاعات، نه‌تنها یک ضرورت مدیریتی، بلکه یک الزام راهبردی برای موفقیت پایدار این طرح‌هاست. ارائه معیارهایی برای سنجش و رتبه‌بندی ریسک‌ها می‌تواند مبنایی برای اولویت‌بندی و تصمیم‌گیری‌های دقیق‌تر در سازمان‌های فعال در این حوزه باشد. از محدودیت‌های این تحقیق، می‌توان به استفاده از پرسشنامه و نظرسنجی از خبرگان به صورت خود اظهاری در مورد ریسک‌های پروژه‌ها اشاره کرد. برای تحقیقات آتی، ترکیب سایر تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مانند ویکور[1]، واسپاس[2] و.. با منطق فازی و استفاده از آنها در مدلسازی ریسک توصیه می‌گردد.

## ملاحظات اخلاقی

حامی مالی: مقاله حامی مالی ندارد.
مشارکت نویسندگان: تمام نویسندگان در آماده‌سازی مقاله مشارکت داشته‌اند.
تعارض منافع: بنا بر اظهار نویسندگان در این مقاله هیچ‌گونه تعارض منافعی وجود ندارد.
تعهد کپی‌رایت: طبق تعهد نویسندگان حق کپی‌رایت رعایت شده‌است.

[1] VIKOR
[2] WASPAS

## منابع

حاجی حیدری، ن.، و رحمتی، ف. (۱۳۹۷). تحلیل ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات با استفاده از پویایی‌شناسی سیستم. *فصلنامه مدیریت پروژه دانشگاه اصفهان*، ۹(۲)، ۴۵–۶۰.

خدیور، آ. (۱۴۰۲). ریسک‌های فناوری اطلاعات: تبدیل تهدیدهای کسب‌وکار به مزیت رقابتی. تهران: انتشارات نظری.

خرمندی، س.، و کارولوکس، م. (۱۳۸۳). رویکرد فازی برای ارزیابی و محاسبه نرخ ریسک تجمعی پروژه‌های تحقیق و توسعه. پنجمین کنفرانس سیستم‌های فازی ایران، تهران.

فرجی، د.، و علیرضانژاد، م. (۱۴۰۰). بررسی تأثیر مدیریت ریسک در پروژه‌های فناوری اطلاعات. کنفرانس بین‌المللی دانش و فناوری هزاره سوم، مشهد.

محمدی، س.، و قنبری، ع. (۱۴۰۱). ارزیابی ریسک‌های پروژه‌های تحول دیجیتال در بخش عمومی. *فصلنامه مدیریت فناوری اطلاعات*، ۱۳(۱)، ۲۳–۳۸.

موسوی، ف. س.، و کریمی، ح. ر. (۱۴۰۰). مدیریت ریسک در پروژه‌های بزرگ فناوری اطلاعات با استفاده از رویکرد ترکیبی .AHP-TOPSIS کنفرانس ملی مهندسی صنایع ایران، تهران.

همتی، ن.، و خدیور، آ. (۱۴۰۱). ارائه مدل اولویت‌بندی پروژه‌های فناوری اطلاعات در راستای توسعه دولت الکترونیک. *پژوهش‌های منابع سازمانی مدیریت*، ۱۱(۳)، ۱۷۳–۱۹۴.

## References

Alhawari, M., & AlShihi, N. (2020). Fuzzy logic-based evaluation of strategic risks in IT governance. *Technological Forecasting and Social Change, 157*, 120094. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120094

Brown, K. (2010). *Managing risk in complex programs*. McGraw-Hill.

Budzier, A., & Flyvbjerg, B. (2022). Managing complexity and risk in digital transformation projects. *MIS Quarterly Executive, 21*(3), 45–59.

Faraji, D., & Alirezanajad, M. (2021). Investigating the impact of risk management in IT projects. In *International Conference on Knowledge and Technology of the Third Millennium*, Mashhad. (In Persian)

Floricel, S., Michela, J. L., & Piperca, S. (2016). Complexity, uncertainty, and performance in large-scale projects. *International Journal of Project Management, 34*(7), 1360–1383. https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.11.003

Hajiheydari, N., & Rahmati, F. (2018). Risk analysis of IT projects using system dynamics. *Project Management Journal of University of Isfahan, 9*(2), 45–60. (In Persian)

Hemmati, N., & Khadivar, A. (2022). A model for prioritizing information technology projects in order to develop e-government. *Researches of Management Organizational Resources, 11*(3), 173–194. (In Persian)

Hillson, D. (2009). *Program risk management: Principles and practices*. Routledge.

Khadivar, A. (2023). *Information Technology Risks: Turning Business Threats into Competitive Advantage*. Tehran: Nazari Publishing. (In Persian)

Khan, M. S., & Yu, H. (2012). A new approach for project scheduling using fuzzy dependency structure matrix. *International Journal of Project Management, 30*(3), 313–324. https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2011.11.003

Khorshidi, S., & Karolux, M. (2004). A fuzzy approach for evaluating and calculating the aggregate risk rate of R&D projects. In *5th Iranian Conference on Fuzzy Systems*. (In Persian)

Kwan, T. W., & Leung, H. K. N. (2009). Measuring risks within a program consist of multiple interdependent projects. *IEEE*.

Kwan, T. W., & Leung, H. K. N. (2019). A risk management methodology for project risk dependencies (Doctoral dissertation, The Hong Kong Polytechnic University).

Kumar, S., & Singh, R. (2021). Multi-level risk assessment in IT programs using entropy-based weighting. *Information Systems Frontiers, 23*(4), 765–781. https://doi.org/10.1007/s10796-020-10036-3

Lee, J., & Janssen, M. (2025). Strategic risk modeling in government IT megaprojects. *Government Information Quarterly, 42*(1), 101–115.

Locatelli, G., Invernizzi, D. C., & Brookes, N. J. (2017). Project characteristics and performance in infrastructure megaprojects. *International Journal of Project Management, 35*(4), 716–733.

Mohammadi, S., & Ghanbari, A. (2022). Evaluation of digital transformation project risks in the public sector. *Information Technology Management Quarterly, 13*(1), 23–38. (In Persian)

Mousavi, F. S., & Karimi, H. R. (2021). Risk management in large-scale IT projects using hybrid AHP-TOPSIS approach. In *National Conference on Industrial Engineering of Iran*, Tehran. (In Persian)

Müller, R., & Turner, J. R. (2010). Leadership competency profiles of successful project managers. *International Journal of Project Management, 28*(5), 437–448.

Project Management Institute. (2013). *The standard for program management* (3rd ed.). Project Management Institute.

Project Management Institute. (2021). *A guide to the project management body of knowledge* (7th ed.). Project Management Institute.

Sanchez, H., & Henschel, T. (2020). Strategic risk management in megaprojects: A review of critical success factors. *Journal of Risk Research, 23*(6), 761–779. https://doi.org/10.1080/13669877.2019.1694964

harma, C., & Routhu, S. C. (2025). The importance of IT risk assessments in mitigating risks: A comparative analysis of standards and supporting technologies. *International Journal of Science and Research (IJSR)*.

Taherdoost, H. (2021). A review on risk management in information systems: Risk policy, control and fraud detection. *Electronics, 10*(24), 3065. https://doi.org/10.3390/electronics10243065

United States Office of Personnel Management. (2011). *IT program management career path guide*.

Wu, D., & Zhang, H. (2024). Integrated fuzzy-AHP and DSM for IT program risk prioritization. *Expert Systems with Applications, 234*, 119876. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.119876

Yu, J., & Xiao, X. (2025). A cloud service security risk measurement method based on information entropy and Markov chain. *Cluster Computing*.

Zacharias, T. (2012). Risk breakdown structure for program management. *International Journal of Project Management, 30*(3), 345–356. https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2011.11.004

Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control, 8*(3), 338–353. https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X

COPYRIGHTS

This license allows others to download the works and share them with others as long as they credit them, but they can’t change them in any way or use them commercially.