

## به کارگیری شبیه‌سازی مونت کارلو در سنجش عوامل ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات

حمید شاهبندرزاده\*

خداکرم سلیمی فرد\*\*

رضا مغدانی\*\*\*

### چکیده

برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری از وظایف اساسی یک مدیر پروژه است که بدون آن دستیابی به اهداف پروژه را غیرممکن می‌سازد. در فرایند برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری، ابتدا عوامل ریسک شناسایی شده و سپس اثر و احتمال وقوع هر یک محاسبه می‌شود. کم‌توجهی به عوامل ریسک یکی از دلایل اصلی شکست پروژه است. از این رو، مدیریت ریسک یکی از کارکردهای مهم مدیریت پروژه است. هدف این مطالعه سنجش عوامل ریسک در پروژه‌های فناوری اطلاعات است. در این مطالعه بر اساس بازخوانی پیشینه پژوهش، ۱۳ عامل اصلی ریسک شناسایی شده و با کمک متخصصان به سه گروه عوامل پروژه، عوامل نرم‌افزار و عوامل برون و درون سازمانی دسته‌بندی شدند. در نهایت اقدام به سنجش ریسک بر اساس شبیه‌سازی مونت‌کارلو می‌شود. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که عامل "منابع" مهم‌ترین عامل ریسک در این حوزه است. از این رو، برای اثربخشی بیشتر، مدیران باید راهبردهای مناسبی را با هدف کاهش خطر ناشی از ریسک‌های احتمالی در حوزه منابع بکار گیرند.

**کلیدواژه‌گان:** پروژه‌های فناوری اطلاعات، سنجش عوامل ریسک، شناسایی ریسک، شبیه‌سازی مونت‌کارلو

\* استادیار مدیریت صنعتی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران

\*\* استادیار مدیریت صنعتی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران

\*\*\* دانشجوی دکترا مدیریت صنعتی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران (نویسنده مسئول)

(reza.moghdani@gmail.com)

## مقدمه

با پیدایش فناوری‌های الکترونیکی فرصت نوینی برای بهره‌برداری از این بستر برای ساماندهی منابع اطلاعاتی به صورت یکپارچه در سازمان به دست آمد. امروزه، استفاده از فناوری اطلاعات و نرم‌افزارهای کاربردی در سازمان‌ها برای کسب مزیت رقابتی در بازارهای جهانی و داخلی اجتناب‌ناپذیر است (بهلی و ریوارد، ۲۰۰۵)، بنابراین اجرای درست پروژه‌های فناوری اطلاعات یکی از هدف‌های مهم مدیران است. از آنجاکه دستیابی به سودمندی‌های گوناگون مالی و اقتصادی از دلایل اصلی اجرای پروژه‌های فناوری اطلاعات است، از این رو تعریف موفقیت در آغاز پروژه و نیز شناسایی و مدیریت ریسک‌ها و روشی که بتوان آن‌ها را پیگیری نمود، از الزامات اساسی موفقیت پروژه‌های فناوری اطلاعات است. در این میان شناسایی مهم‌ترین ریسک‌های فناوری اطلاعات و سنجش آنان نقش اساسی در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی ایفا می‌کند. مدیریت ریسک بایستی یک فعالیت پیشگیرانه باشد (بارکی، ریوارد و تالبوت، ۲۰۰۳). در واقع، موفقیت در شناسایی و کاهش ریسک‌های پروژه می‌تواند مخاطرات و مشکلات فنی و غیر فنی را برای مدیران و ذینفعان کلیدی آشکار کرده منابع را در حوزه‌هایی که ریسک بالاست متمرکز نماید و ضمن قرار دادن ریسک‌ها در محدوده‌های منطقی آن‌ها را به شیوه‌ای صحیح و قابل سنجش مدیریت کند.

اجرای صحیح پروژه‌های فناوری اطلاعات در سازمان‌ها نیازمند آگاهی مدیران از میزان ریسک‌های موجود در این دسته از پروژه‌ها و برنامه‌ریزی برای پیشگیری و رفع این‌چنین ریسک‌هایی است (ون، ژو و وانگ، ۲۰۰۸)؛ بنابراین، شناسایی و سنجش مهم‌ترین ریسک‌های پروژه‌های فناوری اطلاعات می‌تواند ضامن موفقیت سازمان در اجرای این‌چنین پروژه‌های شود؛ بنابراین پژوهش حاضر به دنبال این پرسش است که چگونه می‌توان عوامل مؤثر بر ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات مورد سنجش قرار داد. در این پژوهش مسئله مورد بررسی سنجش عوامل ریسک در پروژه‌های فناوری اطلاعات است. بدین منظور از روش شبیه‌سازی مونت کارلو استفاده شده است. اهداف اصلی سنجش عوامل ریسک در پروژه‌های فناوری اطلاعات است.

هزینه‌های پروژه‌های فناوری اطلاعات بالا است و همچنین دارای ریسک‌های بسیار بالایی می‌باشند؛ بنابراین، مهم‌ترین کاربرد نتایج حاصل از این پژوهش می‌تواند به سیاست‌گذاری مدیران در اجرای هرچه بهتر و همچنین مدیریت صحیح ریسک‌های

پروژه‌های فناوری اطلاعات کمک شایانی کند.

### پیشینه‌ی تحقیق

مطالعات زیادی در ارتباط با ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات صورت گرفته است که می‌توانند در ارزیابی این پروژه‌ها سودمند باشد. سه بعد اندازه پروژه (سطوح کارمندان، زمان، هزینه و بخش‌های درگیر)، تجربه استفاده از فناوری و درجه ساختاریافتگی پروژه برای ارزیابی ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات وجود دارد (مک‌فارلان، مک‌کنی و کش، ۱۹۹۲). فن و همکاران شناسایی ریسک را نخستین گام در تدوین استراتژی‌های مقابله با ریسک بیان می‌کنند. مشخصه‌های پروژه می‌تواند مهم‌ترین شاخص در ارتباط با انتخاب استراتژی‌های مناسب در این زمینه باشد (فن، پای‌لین و شیو، ۲۰۰۷). لاسیتی و همکاران در پژوهش خود مهم‌ترین موضوعاتی که در ارتباط با استراتژی پروژه‌های فناوری اطلاعات مورد مطالعه قرار دادند و همچنین اقدام به شناسایی ریسک‌های این‌گونه پروژه‌ها نمودند. در بررسی این پژوهشگران، ۳۶ مقاله مربوط به شناسایی ریسک‌های برون‌سپاری پروژه‌های فناوری اطلاعات شناسایی شد که ۱۱ ریسک مهم برای این‌گونه پروژه‌ها معرفی گردید (لاسیتی، خان و ویلکاکس، ۲۰۰۹).

امروزه برون‌سپاری پروژه‌های فناوری اطلاعات بسیار مورد توجه قرار گرفته است، هرچند که دلایل مختلفی برای برون‌سپاری پروژه‌های فناوری اطلاعات وجود دارد، اما مهم‌ترین دلیل آن را می‌توان صرفه‌جویی در هزینه‌ها عنوان کرد (رابینسون و کلاکوتا، ۲۰۰۴). چو زیست چرخه پروژه‌های فناوری اطلاعات برون‌سپاری شده را شناسایی کرده و همچنین ریسک‌های مربوط به هر مرحله در زیست چرخه پروژه‌های فناوری اطلاعات را شناسایی و مورد سنجش قرار می‌دهند (چو، ۲۰۰۹). همچنین در حوزه پژوهش‌های داخلی، می‌توان به مطالعه‌ای که توسط آسوشه و همکاران (۱۳۸۸) انجام شده اشاره نمود؛ در این پژوهش این تحقیق ابتدا ریسک‌های برون‌سپاری سیستم‌های اطلاعاتی شناسایی و رتبه‌بندی گردید، سپس علل برون‌سپاری سیستم‌های اطلاعاتی مورد پیمایش قرار گرفت و بالاترین علل شناسایی شد و در نهایت ریسک‌هایی که ارتباطی با بالاترین دلایل برون‌سپاری سیستم‌های اطلاعاتی نداشتند حذف و عوامل مؤثر در موفقیت مدیریت ریسک‌های باقیمانده استخراج گردید.

اوبرت و همکاران (۱۹۹۹) نیز پس از بازشماری فواید برون‌سپاری پروژه‌های فناوری

اطلاعات، به ارائه مدل کلی پرداخت که ریسک‌های پروژه‌های فناوری اطلاعات در این زمینه را مشخص می‌کند. همچنین داس اونده و ماتپو (۲۰۰۹) سه عامل کلی ریسک برون‌سپاری پروژه‌های فناوری اطلاعات را شناسایی کرده و با استفاده از رویکردهای آماری ارتباط میان این سه عامل را بررسی نمودند. باهلی و ریوارد (۲۰۰۵) نیز اقدام به اعتبارسنجی ارزیابی عوامل ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات برون‌سپاری شده می‌کنند. این دو پژوهشگر پس از شناسایی سه منبع مهم ریسک و همچنین عوامل مربوطه با استفاده از تحلیل معادلات ساختاریافته اقدام به اعتبارسنجی روایی و پایایی مدل ریسک برون‌سپاری کردن پروژه‌های فناوری اطلاعات کردند.

باتاکرایا و همکاران (۲۰۰۳) در رویکردی متفاوت عوامل مؤثر خارجی و داخلی سازمانی بر درون‌سپاری پروژه‌های فناوری اطلاعات را بررسی نمودند و با وارد کردن مدیریت ریسک به این مقوله سعی در ارائه مدلی برای جهت‌دهی استراتژیک به پژوهش‌های آینده را داشته‌اند.

یکی از مهم‌ترین پروژه‌های فناوری اطلاعات، پروژه‌های آموزشی مربوط به دانشگاهی است. بیزوی و همکاران (۲۰۱۰) دو پروژه آموزشی که در بسیاری از کشورهای قاره اروپا اجرا شده بود را مورد مطالعه قرار دادند. هر دو پروژه ابزارهای مختلفی به‌منظور اجرای هر چه بهتر مورد استفاده قرار دادند. در این مطالعه، ریسک مربوط به کارکنان که در جنبه‌های گوناگون پروژه درگیر بودند را مورد بررسی قرار دادند.

اسکلتون و تمهاین (۲۰۰۳) افراد سازمان را یکی از عناصر مهم موفقیت در پروژه‌های فناوری اطلاعات ذکر کردند، به گفته اسکلتون ریسکی که از ناحیه افراد سازمان متوجه پروژه‌ها است بسیار حیاتی و حساس است؛ چنانچه سازمانی از این ناحیه دچار آسیب شود می‌تواند به زوال و نابودی آن منجر گردد؛ بنابراین توجه بیشتر مدیران به ریسک‌های این ناحیه می‌تواند ضامن موفقیت پروژه‌های فناوری اطلاعات گردد.

در پژوهشی با استفاده از رویکرد ارزیابی متوازن و با به‌کارگیری تلفیق فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی و دیمتل نسبت به ارزیابی مهم‌ترین ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات اقدام شد. نتایج پژوهش نشان داد که در میان دیدگاه‌های ارزیابی متوازن، دیدگاه مشتری از برتری اندکی نسبت به سایر دیدگاه برخوردار است (مغدانی، شهاب‌نورزاده و سلیمی‌فرد)، ینگ‌هونگ و چانگ‌یونگ بر اساس مطالعات نظری و همچنین نظر متخصصان اقدام به ارائه تعریف جامعی از پروژه‌های فناوری اطلاعات دادند، سپس حوزه و عوامل ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات را تعیین نمودند. در پایان چارچوبی

برای مدیریت ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات را معرفی نمودند (ینگ‌هونگ و چانگ‌یونگ، ۲۰۱۱).

عدم اطمینان بالا در پروژه‌های فناوری اطلاعات و همچنین افزایش تعداد پروژه‌های کاربردی در این زمینه که نشان‌دهنده اهمیت آن در سطح جهانی است باعث توجه هر چه بیشتر پژوهشگران به این حوزه نموده است. در این خصوص برای غلبه بر عدم اطمینان موجود از نظریه اعداد فازی استفاده می‌شود. زندگی و توانا با استفاده از تحلیل‌های آماری، ریسک‌های مرتبط به سرمایه‌گذاری در پروژه‌های فناوری اطلاعات را تعیین نموده و در مرحله بعد با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی گروهی با رویکرد نظریه اعداد فازی و همچنین برنامه‌ریزی آرمانی استراتژی‌های موجود برای ارزیابی سرمایه‌گذاری در پروژه‌های فناوری اطلاعات را مورد سنجش قرار دادند (زندى و توانا، ۲۰۱۱). پارسیانی (۲۰۰۶) در رساله دکترای خود سعی در توسعه یک روش‌شناسی جدید برای ارزیابی مسئله ریسک در پروژه‌های فناوری اطلاعات با هدف افزایش جذابیت سرمایه‌گذاری در این زمینه داشت. در این پژوهش بر اساس نظریه اعداد فازی نرم‌افزاری به‌منظور ارزیابی ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات شده است. روش‌شناسی ارائه داده شده ابزاری سریع و کارا را در اختیار مدیران با صرف پایین‌ترین هزینه ممکن در جهت ارزیابی پروژه‌های فناوری اطلاعات می‌نماید. همچنین نتایج حاصل از این پژوهش برای توسعه پروژه‌های نرم‌افزاری می‌تواند بسیار مؤثر باشد (پارسیانی، ۲۰۰۶).

موسی‌خانی و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهش خود که در حوزه سازمان‌های مجازی صورت گرفت، ابتدا ریسک‌های موجود در پروژه‌های فناوری اطلاعات شناسایی و گروه‌بندی و سپس ارزیابی شده، در نهایت با تشکیل گروه کانونی، ریسک‌های بنیادی استخراج و عوامل حیاتی موفقیت برای ریسک‌های با اولویت بالا تعیین شده است.

موسی و همکاران (۱۳۹۴) اقدام به شناسایی ریسک‌های امنیت اطلاعات سازمانی، از طریق مطالعه اسنادی و به‌کمک روش دلفی فازی و نظر خبرگان شامل ۱۰ متخصص فناوری اطلاعات بانک، الگویی بر اساس استاندارد ایزو ۲۷۰۰۲ و چارچوب کویت ۴ ارائه کردند. در این الگو شش شاخص و ۲۰ زیر شاخص ریسک امنیت اطلاعات سازمانی برای بانک شناسایی شد. (موسوی، یوسفی زنوز، & حسن پور، ۱۳۹۴)

هرچند پژوهشگرانی مانند بوهم (۱۹۹۱)، بارکی و همکاران (۲۰۰۳) وان و همکاران (۲۰۰۸) از دسته‌بندی‌های متفاوتی در پژوهش خود استفاده کردند، اما به‌طورکلی بر این

باورند که می‌توان همه عوامل ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات را به سه دسته نرم‌افزاری، پروژه و برون و درون‌سازمانی تقسیم‌بندی کرد. با بازخوانی دسته‌بندی‌های مطرح‌شده در زمینه عوامل ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات صورت گرفت، این مطلب تأیید می‌شود که همه ریسک‌ها در حیطه پروژه‌های فناوری اطلاعات را می‌توان در این سه دسته طبقه نمود. همچنین با توجه به ادعای (جیانگ و کلین، ۲۰۰۱) (رید و نایت، ۲۰۱۲)، (لیو و دنگ، ۲۰۱۵) و (چن، ۲۰۱۵) هیچ دسته‌بندی کاملی در حوزه ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات وجود ندارد، از این رو در این پژوهش ادعا نمی‌شود که دسته‌بندی ارائه‌شده کامل و عاری از هرگونه کاستی و نقص است، از سوی دیگر می‌توان ادعا نمود که در این پژوهش یکی از کامل‌ترین دسته‌بندی‌های در این حوزه ارائه داده شده است، زیرا روند دستیابی به این مدل بدین گونه بوده است که ابتدا ۷۸ ریسک شناسایی شده و هرکدام از آن‌ها در یکی از سه دسته‌بندی اصلی مذکور قرار گیرند. قرار گرفتن گویه‌ها (ریسک‌ها) در سه دسته‌بندی مذکور بر اساس ادبیات نظری و در نهایت نظر کارشناسان است. سپس به منظور تعیین زیرمعیارهای هر دسته از تحلیل عاملی اکتشافی استفاده می‌شود. درخت سلسله مراتبی پژوهش دارای ۳ سطح هدف، معیارها (دسته) و زیرمعیارها (عامل‌های ریسک هر دسته) است و دارای ۱۳ عامل ریسک است. در واقع درخت سلسله مراتبی خروجی تحلیل عاملی بوده و ورودی فرایند تحلیل شبکه‌ای است که به منظور تعیین وزن عامل‌های ریسک مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ بنابراین، همه عوامل ریسک شناسایی‌شده در بخش یافته‌های پژوهش مورد سنجش قرار می‌گیرد.

## روش‌شناسی پژوهش

### شبیه‌سازی مونت کارلو

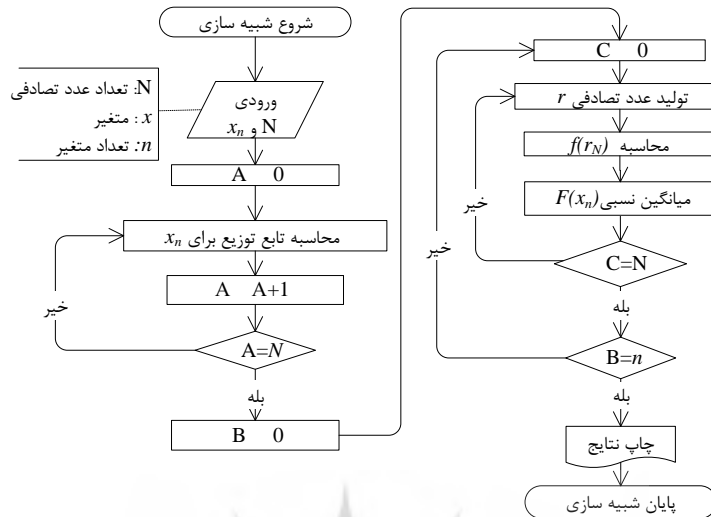
روش مونت کارلو یک طبقه از الگوریتم‌های محاسبه‌گر می‌باشند که برای محاسبه نتایج خود بر نمونه‌گیری‌های تکرارشونده تصادفی اتکا می‌کنند. روش‌های مونت کارلو اغلب زمان انجام شبیه‌سازی یک سامانه ریاضیاتی یا فیزیکی می‌شوند استفاده می‌شوند. به دلیل اتکای آن‌ها بر محاسبات تکراری و اعداد تصادفی یا تصادفی کاذب، روش‌های مونت کارلو اغلب به‌گونه‌ای تنظیم می‌شوند که توسط رایانه اجرا شوند. گرایش به استفاده از روش‌های مونت کارلو زمانی بیشتر می‌شود که محاسبه پاسخ دقیق با کمک

الگوریتم‌های قطعی ناممکن یا ناموجه باشد. روش‌های شبیه‌سازی مونت کارلو مخصوصاً در مطالعه سیستم‌هایی که در آن تعداد زیادی متغیر با درجه آزادی‌های دوه‌دو مرتبط وجود دارد مفید است، از آن گذشته، روش‌های مونت کارلو برای شبیه‌سازی پدیده‌هایی که عدم قطعیت زیادی در ورودی‌های آن‌ها وجود دارد نیز مفید هستند، از این رو برای سنجش و ارزیابی ریسک در این پژوهش از روش شبیه‌سازی مونت کارلو استفاده می‌شود. ایده شبیه‌سازی مونت کارلو برای نخستین بار در کشور آمریکا و برای انجام مطالعاتی در زمینه بمب اتم مطرح گردید (ژینگ و جیان، ۲۰۰۹). واژه شبیه‌سازی به معنی ایجاد یک مدل رایانه‌ای از یک سیستم واقعی برای مطالعه و درک سیستم مورد نظر است. واژه مونت کارلو به ماهیت تصادفی این تجزیه و تحلیل اشاره دارد.

در سنجش ریسک، باید در دو بعد تأثیر هر عامل بر ریسک و همچنین احتمال وقوع هر عامل مورد بررسی قرار گیرد. روش شبیه‌سازی مونت کارلو با تعیین تابع توزیع برای هر متغیر آغاز می‌شود. در این پژوهش به تعداد زیرمعیارهای موجود در مدل ریسک متغیر وجود دارد. در این روش شبیه‌سازی عدد  $N$  برای تعداد اجراهای ممکن در نظر گرفته می‌شود؛ بنابراین برای هر کدام از متغیرهای ( $x$ ) موجود به تعداد  $N$  عددی به تصادفی استخراج می‌شود. با تولید هر عدد تصادفی، مقدار تابع به ازای هر عدد تصادفی به دست می‌آید. به استناد ادبیات پژوهش و همچنین نظر کارشناسان حوزه فناوری اطلاعات، اثر هر کدام از متغیرهای موجود بر ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات متفاوت است، بنابراین از وزن‌های به دست آمده در روش تحلیل شبکه‌ای به عنوان ضریب اثر دهی در روش شبیه‌سازی مونت کارلو استفاده می‌شود. به طور کلی در این پژوهش از رابطه (۱) برای سنجش ریسک کلی پروژه‌های فناوری اطلاعات استفاده می‌شود.

$$\text{Risk}(x_1, x_2, \dots, x_n) = w_1 \bar{F}(x_1) + w_2 \bar{F}(x_2) + \dots + w_n \bar{F}(x_n) = \sum_{n=1}^n w_n \bar{F}(x_n) \quad (\text{رابطه ۱})$$

که  $w$  وزن محاسبه شده در فرایند تحلیل شبکه‌ای و  $\bar{F}(x)$  (احتمال وقوع) مقدار میانگین معیار  $x$  به ازای اعداد تصادفی مختلف در تابع توزیع معیار مربوطه است. شکل ۱ فرایند کلی شبیه‌سازی مونت کارلو برای این پژوهش است.



شکل ۱. فرایند جریان شبیه سازی مونت کارلو

همان گونه که دیده می شود، پس از دریافت ورودی (تعداد اعداد تصادفی و متغیرها)، تابع توزیع هر کدام از متغیرها تولید می شود. بدین منظور از داده های پرسشنامه استفاده می شود. از آنجایی که در پرسشنامه مربوطه از طیف لیکرت استفاده شده، برای هر متغیر ۵ سطح ریسک در نظر گرفته می شود. در گام نخست مشخص می شود که هر متغیر چند گویه را در تحلیل عاملی به خود اختصاص داده است. با مشخص شدن فراوانی هر کدام از سطوح ریسک (عدد ۱ تا ۵ طیف لیکرت) در متغیر مورد نظر با توجه به گویه های مربوطه مشخص می شود؛ بنابراین در این مرحله از فراوانی نسبی انباشته هر معیار برای تعیین مقدار تابع به ازای تولید هر عدد تصادفی مورد استفاده قرار می گیرد. پس از تولید هر عدد تصادفی با توجه به قرار گرفتن هر عدد تصادفی در یکی از سطوح فراوانی نسبی انباشته، مقدار تابع مشخص می شود؛ بنابراین، مقدار تابع بر اساس رابطه (۲) به دست می آید.

$$f(r) = \begin{cases} r < D_1 & f(r) = 1 \\ D_2 > r \geq D_1 & f(r) = 2 \\ D_3 > r \geq D_2 & f(r) = 3 \\ D_4 > r \geq D_3 & f(r) = 4 \\ D_5 \geq r \geq D_4 & f(r) = 5 \end{cases} \quad \text{رابطه (۲)}$$

برای همه متغیرها به اندازه  $N$ ، عدد تصادفی تولید شده و به همین اندازه نیز مقدار تابع



$(f(r))$  به دست می‌آید. در هر بار تولید عدد تصادفی، میانگین نسبی  $(\bar{F}(x))$  مقدار تابع تولیدشده محاسبه می‌شود و در وزن آن ضرب می‌شود. اگر نمودار میانگین مقدار تابع کشیده شود، می‌توان دید که این مقدار به سمت یک عدد مشخص همگرا می‌شود. در پایان میانگین نسبی همه متغیرها را با هم جمع نموده و نتایج به صورت درصدی ارائه داده می‌شود (عدد به دست آمده تقسیم بر ۵ می‌شود)؛ بنابراین با توجه به جدول ۱ سطح ریسک کلی پروژه‌های فناوری اطلاعات در مشخص می‌شود.

جدول ۱. میزان ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات

سطح ریسک	میزان ریسک
خیلی کم	۰-۲۰
کم	۲۰-۴۰
متوسط	۴۰-۶۰
زیاد	۶۰-۸۰
خیلی زیاد	۸۰-۱۰۰

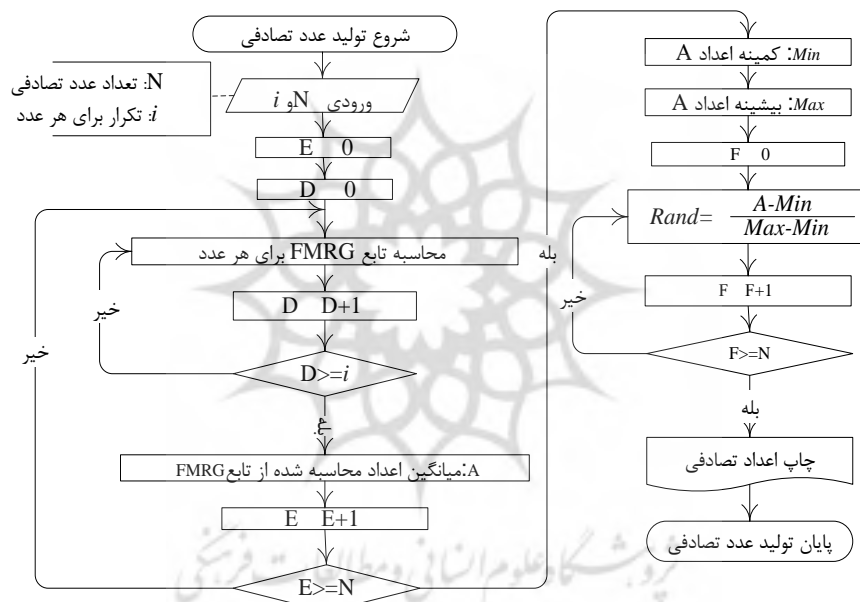
### تولید اعداد تصادفی در شبیه‌سازی مونت کارلو

در این پژوهش از معادله<sup>۱</sup> FMRG به این منظور استفاده می‌شود که توسط بارتو و هاوولد (۲۰۰۶) پیشنهاد گردید. این معادله مانند تولیدکننده اعداد تصادفی خطی عمل می‌کند، یعنی عدد تصادفی تولیدشده بعدی بر اساس عدد تصادفی تولیدشده قبلی است، ولی بجای اینکه فقط از عدد تصادفی قبلی استفاده کند از ترکیبی از  $h$  عدد تصادفی پیشین برای تولید عدد تصادفی بعدی سود می‌جوید. از این رو در این الگوریتم از رابطه (۳) زیر برای تولید عدد تصادفی استفاده می‌شود:

$$x_i = (a_1 x_{i-1} + \dots + a_h x_{i-h}) \bmod m \quad \text{رابطه ۳}$$

رابطه بالا نشان می‌دهد که تولید هر عدد تصادفی ترکیبی از  $h$  عدد است، همچنین  $\bmod$  بیانگر مقدار باقیمانده تقسیم عدد  $x_i$  بر عدد  $m$  است. بارتو و هالند برای ساده‌سازی بیشتر، از ۲ عدد ( $h=2$ ) به عنوان ترکیب عدد خطی برای تولید تصادفی عدد بعدی مورد استفاده قرار دادند. در نتیجه اعداد  $a_1$  و  $a_2$  از لیستی مشخص مورد استفاده قرار می‌گیرند. بعد از تولید  $i$  عدد تصادفی به وسیله فرمول بالا، میانگین  $i$  عدد تصادفی محاسبه شده و به عنوان یک عدد تصادفی مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ بنابراین دوره عدد

تصادفی ایجاد شده در این الگوریتم  $4/611686014132420608$  است که تقریباً برابر با  $10^{17} \times 46$  بوده و نسبت به دوره عدد تصادفی ایجاد شده توسط نرم افزار اکسل که  $16,777,216$  است بسیار بیشتر است که نشان از اثربخشی بالاتر این الگوریتم است. شکل ۲ الگوریتم پیشنهادی برای تولید عدد تصادفی مورد استفاده در این پژوهش را نشان می دهد. همان گونه که دیده می شود در این فرایند از روابط و عملگرهای ریاضی برای تولید یک عدد تصادفی استفاده می شود. هر چند که بیان می شود این اعداد تصادفی می باشند، اما در واقع اعداد تولید شده شبه تصادفی بوده و نزدیک به اعداد تصادفی واقعی است.



شکل ۱. مراحل تولید عدد تصادفی به وسیله الگوریتم FMRG

### یافته های پژوهش

در این بخش به سنجش ریسک عوامل ریسک پروژه های فناوری اطلاعات با استفاده از شبیه سازی مونت کارلو پرداخته می شود؛ بنابراین، ابتدا باید تابع توزیع هر کدام از عوامل ریسک تعیین گردد. پس از تعیین تابع توزیع، برای هر عامل، عدد تصادفی تولید می شود. مقدار تابع توزیع بر اساس عدد تصادفی تولید شده تعیین می شود و با مقادیر

قبلی جمع شده و میانگین گرفته می‌شود. این کار تا زمانی انجام می‌شود که میانگین‌های به دست آمده به حالت وضعیت پایدار برسند. همان‌طور که پیش‌ازین بیان شد، ۷۸ ریسک اصلی شناسایی شدند و این تعداد در قالب ۳ گروه دسته‌بندی شد. پس از دسته‌بندی این تعداد ریسک در ۳ گروه، اقدام به شناسایی عوامل اصلی هر گروه گردید. در واقع برای هر گروه از تحلیل عاملی اکتشافی استفاده گردید که نهایتاً ۱۳ عامل اصلی استخراج شدند. برای تعیین تابع توزیع از نظراتی که در مورد عوامل ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات از نظرات پاسخ‌دهندگان استفاده شده است. بدین منظور برای هر کدام از عامل‌های شناسایی شده گویه‌هایی تعیین می‌شود. تعیین گویه‌های بر اساس پیشینه پژوهش بوده و در نهایت به تأیید کارشناسان حوزه فناوری اطلاعات رسیده است. در اینجا از پاسخ‌دهندگان خواسته شد که میزان ریسک گویه‌های مشخص شده را تعیین نمایند. تحلیل عاملی با توجه به روش مؤلفه‌های اصلی بر داده‌های جمع‌آوری شده صورت گرفته است. ابتدا جدول کفایت مدل که شامل شاخص KMO، مقدار شاخص کروییت بارتلت و مقدار احتمال این شاخص است آورده شده است. سپس جدول عوامل که نشان‌دهنده تعداد عوامل مدل، مقدار ویژه هر عامل و درصد واریانس تبیین شده توسط هر عامل است آورده خواهد شد؛ بنابراین پاسخ‌دهندگان به هر کدام از گویه‌ها مقدار ۱ تا ۵ دادند. جدول ۲ و جدول ۳ نتایج مربوط به فرایند تحلیل عاملی اکتشافی که به ترتیب مربوط به شاخص KMO و نتایج آزمون کروییت بارتلت ماتریس همبستگی و همچنین واریانس تبیین شده توسط هر عامل در ماتریس دوران یافته را نمایش می‌دهد.

جدول ۲. شاخص KMO و نتایج آزمون کروییت بارتلت ماتریس همبستگی ابعاد پژوهش

مقادیر	شاخص
۰/۶۷	شاخص KMO
۴/۴۵۱	مشخصه کروییت بارتلت
۰/۰۰	مقدار احتمال
۰/۶۰۳	شاخص KMO
۶/۱۴۹	مشخصه کروییت بارتلت
۰/۰۰	مقدار احتمال
۰/۶۵۷	شاخص KMO
۳/۳۲۶	مشخصه کروییت بارتلت
۰/۰۰	مقدار احتمال

جدول ۳. واریانس تبیین شده توسط هر عامل در ماتریس دوران یافته ابعاد پژوهش

عاملها	مقدار ویژه	درصد واریانس	مجموع درصد واریانس
عمل‌های پژوهشی	عامل اول (فرایند توسعه)	۷/۷۲۸	۲۹/۷۲۲
	عامل دوم (مدیریت)	۶/۳۹۱	۲۴/۵۸۲
	عامل سوم (سیستم‌های کاری)	۳/۵۱۸	۱۳/۵۳
	عامل چهارم (محیط کاری)	۱/۹۳	۷/۴۲۳
عمل‌های نرم‌افزاری	عامل اول (تجزیه و تحلیل نیازمندی‌ها)	۸/۶۷۸	۲۹/۹۲۶
	عامل دوم (طراحی)	۴/۵۲۳	۱۵/۵۹۶
	عامل سوم (برنامه‌نویسی و کدگذاری)	۳/۴۷۳	۱۱/۹۷۵
	عامل چهارم (آزمایش و ادغام)	۳/۲۶۵	۱۱/۲۵۹
	عامل پنجم (نگهداری)	۲/۶۲۱	۹/۰۳۸
عمل‌های برون‌سازمانی	عامل اول (منابع)	۶/۶۲۴	۲۸/۸۰
	عامل دوم (مالی)	۴/۶۳۱	۲۰/۱۳۶
	عامل سوم (سیاسی)	۲/۸۷۹	۱۲/۵۱۷
	عامل چهارم (قانونی)	۲/۱۴۱	۹/۳۱

چندین معیار پایایی می‌توانند جهت ایجاد پایایی یک ابزار سنجش مورد استفاده قرار گیرند که عبارت‌اند از: روش آزمون - بازآزمون، فرم‌های معادل، روش دو نیمه کردن و روش سازگاری درونی. در میان روش‌های فوق، روش سازگاری درونی نیازمند یک بار اجرا بوده و معمولاً پرکاربردترین است هرچند این روش به‌عنوان کلی‌ترین شکل برآورد در نظر گرفته می‌شود. در این روش، پایایی به‌عنوان سازگاری درونی عملیاتی می‌گردد که میزان همبستگی درونی میان گویه‌هایی که یک مقیاس را شکل می‌دهند، است. سازگاری درونی با استفاده از یک ضریب پایایی به نام آلفای کرونباخ محاسبه می‌گردد. یک آلفا با مقدار  $0/6$  و  $0/7$  و بالاتر معیار خوبی جهت نشان دادن سازگاری درونی یک مقیاس جدید در نظر گرفته می‌شود. مقادیر آلفای کرونباخ برای هر ۳ بعد اصلی پژوهش در نشان داده شده است. همان‌گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود همه ابعاد از سازگاری درونی برخوردار بوده و مقادیر پایایی قابل قبولی را نشان می‌دهند.

جدول ۴. مقدار آلفای کرونباخ برای پایایی سازه

آلفای کرونباخ	ابعاد
۰/۷۵۸	عامل‌های پروژه
۰/۷۸۲	عامل‌های نرم‌افزاری
۰/۸۲۸	عامل‌های برون و درون سازمانی

محاسبات تجزیه و تحلیل پایایی با استفاده از نرم‌افزار IBM SPSS نسخه 20 انجام گرفته است. به منظور آزمون درستی و خوب بودن یک سنج، انواع آزمون‌های روایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در زیر، انواع روایی‌های مختلف که در پژوهش مورد بررسی قرار گرفته‌اند تشریح شده است.

۱- روایی محتوا: روایی محتوا، گونه‌ای از روایی است که شواهد برای آن به جای آماری بودن، ذهنی و منطقی است. اگر گویه‌های نشان‌دهنده سازه‌های مختلف یک ابزار از طریق مروری جامع بر ادبیات موضوع به دست آمده باشند، می‌توان روایی محتوا را تضمین نمود. ابزار حاضر بر مبنای تجزیه و تحلیل مشروح از متون مفهومی و تجربی در فناوری اطلاعات توسعه داده شده است. به علاوه، کارشناسان نیز روایی محتوای ابزار از طریق مرور کامل آن تأیید نموده‌اند.

۲- روایی صوری: از آنجاکه در پژوهش حاضر سازه‌های فناوری اطلاعات از متون شناسایی گردیده‌اند و انتخاب آن‌ها توجیه شده است، روایی صوری آن تضمین می‌گردد.

۳- روایی همگرا: روایی همگرا را می‌توان با استفاده از ضریب بنتلر بونت<sup>۱</sup> ( ) یا همان شاخص نرم شده برازندگی (NFI) محاسبه نمود. یک مقیاس با مقدار ضریب بنتلر بونت ۰/۹ به بالا نشانگر روایی همگرای قوی است. مقدار ضریب بنتلر-بونت (شاخص نرم شده برازندگی) در این پژوهش ۰/۹۴۵۵ به دست آمده است. همان‌گونه که ملاحظه گردید ۷۸ گویه مربوط ۱۳ عامل شناسایی شده‌اند.

1. Bentler Bonett Coefficient

جدول ۵ فراوانی گویه های هر عامل را نشان می دهد. همان گونه که دیده می شود ۱۳ عامل در ۳ گروه کلی طبقه بندی شده اند.

در این پژوهش از فرایند تحلیل شبکه ای (ANP) به منظور محاسبه وزن ۱۳ عامل استفاده می شود از بین این روش های تصمیم گیری و وزن دهی، فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) یکی از روش هایی است که بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. یکی از محدودیت های جدی AHP این است که وابستگی های متقابل بین عناصر تصمیم، یعنی معیارها، زیرمعیارها و گزینه ها را در نظر نمی گیرد و ارتباط بین عناصر تصمیم را سلسله مراتبی و یک طرفه فرض می کند. روش فرایند تحلیل شبکه ای (ANP) ارتباطات پیچیده بین و میان عناصر تصمیم را از طریق جایگزینی ساختار سلسله مراتبی با ساختار شبکه ای در نظر می گیرد. همچنین بر اساس نتایج پژوهش های (بوهم، ۱۹۹۱)، (یلهی، ۲۰۰۵) و نظرهای کارشناسان حوزه فناوری اطلاعات، ارتباط بین عوامل ریسک در این حوزه، غیرخطی و پیچیده است. لذا در این مقاله فرایند تحلیل شبکه ای در تعیین اوزان عوامل ریسک بکار گرفته می شود. نتایج به دست آمده از پژوهش های مختلف نشان می دهد که فرایند تحلیل شبکه ای، ضمن حفظ کلیه قابلیت های AHP از جمله سادگی، انعطاف پذیری، به کارگیری معیارهای کمی و کیفی به طور هم زمان، قابلیت بررسی سازگاری در قضاوت ها، و امکان رتبه بندی نهایی گزینه ها، می تواند بر محدودیت های جدی آن، از جمله در نظر نگرفتن وابستگی های متقابل بین عناصر تصمیم و فرض اینکه ارتباط بین عناصر تصمیم، سلسله مراتبی و یک طرفه است، فائق آمده و چارچوب مناسبی را برای تحلیل مسائل فراهم آورد.

تشریح کامل محاسبات به دست روش فرایند تحلیل شبکه ای (ANP) خارج از حوصله این نوشتار است، از این رو فقط به وزن های به دست آمده از این روش در جدول ۵ آمده است.

جدول ۵. فراوانی گویه‌های هر عامل

عوامل	عوامل پروژه				عوامل نرم‌افزار				عوامل برون و درون‌سازمانی			
	فرایندهای توسعه	مدیریت توسعه	مشکلات فردی سیستم و ابزارهای توسعه	مشکلات فردی نیازمندی	طراحی تجزیه و تحلیل نیازمندی	آزمایش	کد نویسی	نگهداری	منابع	مالی	مسئولیت و حساب پس دهی	نظم و انضباط
وزن عامل	۰/۰۴۵۷	۰/۱۰۲۲	۰/۰۲۰۷	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۰۴۸	۰/۰۵۱	۰/۱۱۲۸	۰/۰۲۷۳	۰/۱۷۴۱	۰/۰۳۱۱	۰/۰۹۳۳
تعداد	۸	۴	۱۱	۳	۵	۵	۴	۷	۸	۴	۵	۸
میزان ریسک	۱	۱۲۴	۸۷	۳۰۱	۵۴	۹۴	۱۱۷	۲۶۲	۱۵۷	۱۱۳	۲۳۹	۱۷۲
	۲	۲۹۶	۱۶۱	۶۲۰	۱۱۱	۲۸۲	۲۳۴	۳۹۰	۴۹۵	۲۲۴	۳۱۹	۳۶۹
	۳	۳۵۲	۱۳۷	۳۹۰	۱۲۶	۱۹۲	۱۳۱	۱۶۸	۳۱۸	۱۶۰	۱۶۸	۳۱۷
	۴	۲۲۴	۱۴۶	۲۰۵	۹۵	۸۷	۱۱۷	۱۲۷	۱۲۸	۶۴	۶۸	۲۲۵
	۵	۱۶۹	۵۲	۹۰	۵۲	۷۵	۱۳۷	۳۲	۷۴	۴۱	۸۰	۸۵
جمع	۱۱۶	۵۸۴	۱۶۰	۴۳۸	۷۳۰	۷۳۰	۵۸۴	۱۰۲	۱۱۶	۷۳۰	۸۷۶	۱۱۶

همچنین برای تعیین تابع توزیع، فراوانی نسبی انباشته هر عامل باید محاسبه گردد. در جدول ۶ فراوانی نسبی و فراوانی نسبی انباشته عامل‌های ریسک پروژه دیده می‌شود.

جدول ۶. فراوانی عامل‌های ریسک پروژه

عامل ریسک	فرایندهای توسعه	
	فراوانی نسبی	فراوانی نسبی انباشته
۱	۰/۱۲۳	۰/۱۲۳
۲	۰/۲۵۳	۰/۳۷۷
۳	۰/۲۸۸	۰/۶۶۴
۴	۰/۲۱۷	۰/۸۸۱
۵	۰/۱۱۹	۱

پس از تعیین تابع توزیع برای هر عامل، باید اقدام به تولید عدد تصادفی از طریق الگوریتم FMRG شود. اعداد تولید شده توسط این الگوریتم کاملاً تصادفی نبوده ولی دوره آن بسیار بالاتر از دوره اعداد تصادفی ایجاد شده در برنامه‌های اکسل و ویژوال بیسیک است؛ از این رو اعداد تولید شده توسط این الگوریتم قابل قبول است. پس از تولید اعداد تصادفی، مقدار تابع به ازای هر عدد تصادفی محاسبه می‌شود.

محاسبه مقدار تابع به ازای قرار گرفتن عدد تصادفی در بازه‌های فراوانی نسبی انباشته صورت می‌گیرد، به‌عنوان مثال برای محاسبه مقدار متوسط عامل فرایندهای توسعه این‌گونه عمل می‌شود؛ ابتدا عددی تصادفی تولید می‌شود، اگر عدد تولیدشده کمتر از ۰/۱۲۳ باشد (به جدول ۷، ستون فراوانی نسبی انباشته عامل فرایندهای توسعه دقت شود) مقدار تابع ۱، اگر بین ۰/۱۲۳ و ۰/۳۷۷ باشد مقدار تابع ۲، اگر بین ۰/۳۷۷ و ۰/۶۴۴ مقدار تابع ۳، اگر بین ۰/۶۴۴ و ۰/۸۸۱ مقدار تابع ۴ و اگر بیشتر از ۰/۸۸۱ باشد مقدار تابع عدد ۵ است. سپس مقدار تابع را در وزن عامل که از روش تحلیل شبکه‌ای فازی به‌دست‌آمده است ضرب می‌شود. در ادامه از اعداد تولیدشده میانگین نسبی گرفته می‌شود. رابطه (۴) نحوه محاسبه ریسک عامل فرایندهای توسعه را نشان می‌دهد.

$$Risk(s_1) = \frac{\sum_{i=1}^n w_{s_1} \times F(r_{s_1})}{n} \quad \text{رابطه (۴)}$$

بنابراین با توجه به جدول تولید اعداد تصادفی و جدول فراوانی نسبی مربوط به فرایندهای توسعه (جدول ۷)، اقدام به محاسبه مقدار تابع به ازای هر عدد تصادفی می‌شود. همان‌گونه که دیده می‌شود، اولین عدد تصادفی تولیدشده برای معیار فرایندهای توسعه ۰/۴۸۴۴۹۹ است (جدول ۷)، با توجه به ستون فراوانی نسبی انباشته فرایندهای توسعه در جدول ۵، این مقدار در سومین سطح ریسک قرار گرفته، بنابراین، مقدار تابع به ازای این عدد تصادفی ۳ است. احتمال وقوع هر عامل در شبیه‌سازی مونت‌کارلو برابر است با مقدار میانگین نسبی تابع به ازای تولید N عدد تصادفی است. اگر میانگین نسبی مقدار تابع عامل فرایندهای توسعه (احتمال وقوع) در وزن به‌دست‌آمده از فرایند تحلیل شبکه‌ای ضرب شود، مقدار ریسک به ازای اعداد تصادفی مختلف به دست می‌آید

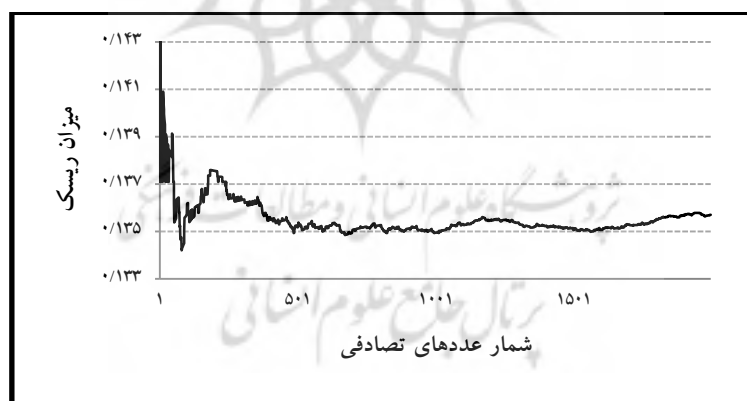
خلاصه‌ای از محاسبات ابتدایی و انتهایی برای عامل فرایند توسعه را نشان می‌دهد که برای سایر عوامل نیز به همین صورت عمل می‌شود.



جدول ۷. خلاصه‌ای از محاسبات ابتدا و انتهای مربوط به شبیه‌سازی عامل فرایندهای توسعه

ردیف	عدد تصادفی	مقدار تابع	میانگین نسبی مقدار تابع	میزان ریسک
۱	۰/۴۸۴۴۹۹	۳	۳	۰/۱۳۷۱
۲	۰/۶۸۱۶۲۲	۴	۳/۵	۰/۱۵۲۳۳۳
۳	۰/۳۴۹۰۵	۳	۳/۳۳	۰/۱۴۸۵۲۵
۴	۰/۵۸۴۷۹۶	۳	۳/۲۵	۰/۱۵۲۳۳۳
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
۳۱۹۹۷	۰/۵۵۸۰۲۱	۳	۲/۹۷۰۱۲۲۱۹۹	۰/۱۳۵۷۳۴۵۸۴
۳۱۹۹۸	۰/۶۲۳۸۴۵	۳	۲/۹۷۰۱۲۳۱۳۳	۰/۱۳۵۷۳۴۶۲۷
۳۱۹۹۹	۰/۵۳۶۴۶۸	۳	۲/۹۷۰۱۲۴۰۶۶	۰/۱۳۵۷۳۴۶۷
۳۲۰۰۰	۰/۴۹۴۹۰۳	۳	۲/۹۷۰۱۲۵	۰/۱۳۵۷۳۴۷۱۳

همان‌گونه که دیده می‌شود، در ردیف ۳۲۰۰۰ امین عدد تصادفی میانگین نسبی مقدار تابع ۲/۹۷ است که با تقسیم نمودن این عدد بر ۵، مقدار احتمال وقوع عامل فرایندهای توسعه (۵۹/۴ درصد) حاصل می‌شود. همچنین در همین ردیف میزان ریسک ۰/۱۳۵ محاسبه گردیده است.

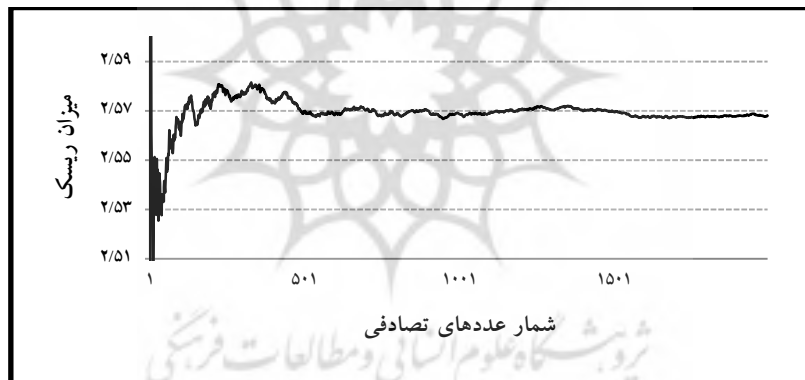


شکل ۳. شبیه‌سازی عامل فرایندهای توسعه

شکل ۳ مقدار ریسک فرایندهای توسعه برای ریسک کلی پروژه‌های فناوری اطلاعات به ازای تولید ۲۰۰۰ عدد تصادفی را نشان می‌دهد. همان‌گونه که دیده می‌شود مقدار ریسک این عامل پس‌تولید تقریباً ۵۰۰ عدد تصادفی در حال همگرا شدن است.

پس از اجرای شبیه‌سازی مونت‌کارلو مقدار ریسک عامل فرایندهای توسعه در ریسک کلی ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات ۰/۱۳۵ محاسبه شده است؛ بنابراین این روند برای همه عوامل ریسک تکرار شده و نتایج حاصل از شبیه‌سازی مونت‌کارلو برای همه عوامل در بخش نتیجه‌گیری مورد بحث قرار می‌گیرد. با تشریح نتایج حاصل از میزان عامل‌های ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات می‌توان اقدام به شبیه‌سازی ریسک کلی پروژه‌های فناوری اطلاعات نمود. ریسک کلی پروژه‌های فناوری اطلاعات برابر است با مقدار ریسک هر یک از عوامل اصلی ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات با ازای تولید اعداد تصادفی. بدین منظور پس از تولید  $n$  آمین عدد تصادفی، مقدار ریسک همه ۱۳ عامل را به ازای  $n$  آمین عدد تصادفی را با هم جمع کرده تا ریسک کلی پروژه‌های فناوری اطلاعات به دست آید.

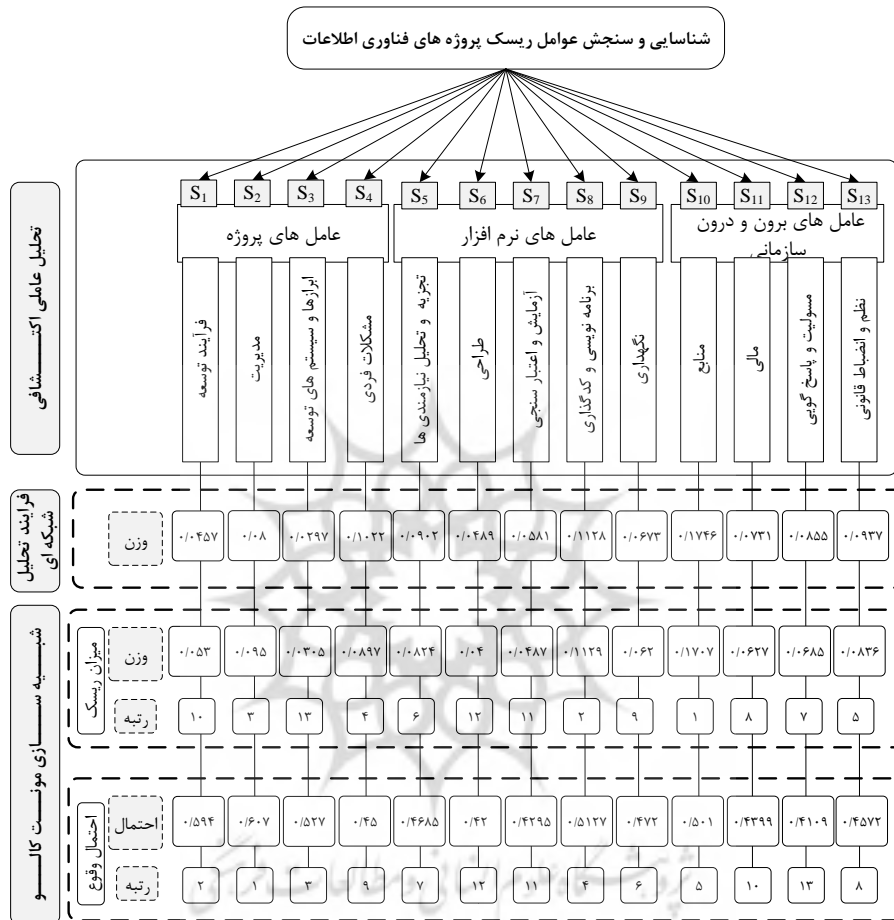
شکل ۴ مقدار ریسک کلی پروژه‌های فناوری اطلاعات به ازای تولید ۲۰۰۰ عدد تصادفی را نشان می‌دهد. همان‌گونه که دیده می‌شود مقدار ریسک پس تولید تقریباً ۹۰۰ عدد تصادفی در حال همگرا شدن است.



شکل ۴. شبیه‌سازی ریسک کلی پروژه‌های فناوری اطلاعات

پس از اجرای شبیه‌سازی مونت‌کارلو مقدار ریسک کلی پروژه‌های فناوری اطلاعات ۲/۵۶۲ محاسبه شده است؛ بنابراین سطح ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات در استان بوشهر ۵۱/۲۴ درصد بدست می‌آید. با توجه به جدول ۱ سطح ریسک اجرای پروژه فناوری اطلاعات متوسط ارزیابی می‌شود. کسب منافع گوناگون مالی و اقتصادی تنها دلیل اجرای یک پروژه فناوری اطلاعات است، به اعتقاد بسیاری از کارشناسان حوزه فناوری اطلاعات، موفقیت در ابتدای پروژه و شناسایی و مدیریت ریسک‌ها و

مخاطرات و روشی که بتوان آن‌ها را پیگیری نمود، از الزامات اساسی موفقیت پروژه‌های فناوری اطلاعات است.



شکل ۵. خلاصه نتایج پژوهش

این پژوهش تلاشی است برای تبیین روش شناسایی و سنجش عوامل ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات. به‌هرحال هر پژوهش درصدد دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده است. یکی از اهداف این پژوهش شناسایی عوامل ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات است. پس از شناسایی و دسته‌بندی عوامل ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات و دسته‌بندی آنان به سه گروه کلی، اقدام به تحلیل عاملی اکتشافی توسط نرم‌افزار SPSS گردید. در تحلیل عاملی اکتشافی ۱۳ عامل شناسایی شدند که این

عوامل توسط فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی وزن دهی گردید. در مرحله بعد با استفاده از شبیه‌سازی مونت کارلو اقدام به سنجش ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات می‌شود. خلاصه نتایج حاصل از این پژوهش در شکل ۵ آورده شده است.

### نتیجه‌گیری

در این پژوهش از سه دسته کلی به‌منظور ارزیابی ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات استفاده گردید. بسته به نوع عامل‌های مربوط به این سه دسته‌ی کلی، هر کدام بر روی ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات دارای سطوح ریسک متفاوتی می‌باشند. در این پژوهش، عامل برون و درون‌سازمانی دارای بیشترین میزان ریسک را نسبت به دو دسته کلی به خود اختصاص داده است. همان‌گونه که ملاحظه گردید، سطح ریسک عامل برون و درون‌سازمانی ۳۸/۵۶ درصد بوده و با فاصله نسبتاً کمی نسبت به عوامل نرم‌افزار با سطح ریسک ۳۶/۶۱ درصد قرار دارد. از سوی دیگر عامل پروژه با سطح ریسک ۲۶/۸۲ درصد از کل ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات دارای کمترین پتانسیل نسبت به ریسک را از خود نشان می‌دهد.

با توجه به نتایج این پژوهش، عامل منابع دارای بالاترین سطح ریسک در بین ۱۳ عامل را داشته است، این عامل در ارتباط با افراد، تجهیزات سخت‌افزاری و تأمین منابع مالی است، لذا پیشنهادهای زیر به‌منظور بهبود و اثربخشی این عامل مهم از پروژه‌های فناوری اطلاعات ارائه می‌شود:

امروزه از سیستم مدیریت کار مهندسی به‌منظور مدیریت هزینه و منابع در طول پروژه استفاده می‌شود. این سیستم می‌تواند به بهبود و عملکرد کلی سیستم بسیار کمک کند. در این سیستم اقدام به شناسایی مهم‌ترین فعالیت‌های ریسک‌زا در مرحله از پروژه می‌شود، سپس اقدام به مدیریت نمودن منابع بحرانی در این مراحل می‌شود. بدیهی است که به‌کارگیری صحیح این سیستم می‌تواند به مدیریت نمودن ریسک ناشی از عامل منابع را در مهم‌ترین مراحل پروژه یاری‌رسان باشد.

به‌منظور مدیریت نمودن ریسک مربوط به منابع مالی می‌توان از رویکرد گزینه‌های مالی بهره برد که برای کنترل ریسک مالی در صنایع مختلف بکارگرفته شده است. لذا در این پژوهش پیشنهاد می‌شود که برای کاهش ریسک ناشی از ابعاد منابع مالی از این رویکرد در مدیریت پروژه‌های فناوری اطلاعات استفاده شود.

همواره منابع انسانی جز مهم‌ترین منابع هر سازمان بود و موفقیت عمده سازمان ناشی

از استفاده صحیح این منابع حیاتی است. لذا برقراری روابط انسانی و اجتماعی سالم و فراهم آوردن محیط مناسبی که باعث خشنودی و رضایت کارکنان شده و در نتیجه مانع ترک سازمان و هزینه‌های ناشی از آن خواهد شد.

طراحی سیستم بهداشت و ایمنی مؤثر و نظارت دقیق بر آن برای پیشگیری از بروز حوادث و متحمل شدن هزینه‌های مانند پرداخت خسارت، داروئی درمان، بیمه بیکاری و یا از کارافتادگی و ضررهای ناشی از توقف و اتلاف وقت.

استفاده از روش‌های صحیح بودجه‌بندی تا ریسک ناشی از تخمین اشتباه آن برای پروژه‌های فناوری اطلاعات کاهش گردد.

استفاده از راهبردهایی که عدم اطمینان را در قیمت منابع کاهش دهد. عامل بعدی که بیشترین تأثیر را بر ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات داشته است، عامل برنامه‌نویسی است، لذا پیشنهادهای زیر به منظور کاهش ریسک ناشی از این عامل ارائه شده است:

باید شرایطی فراهم شود تا مبانی کلی برنامه‌نویسی به مدیران پروژه فناوری اطلاعات آموزش داده شود تا ریسک ناشی از عدم کنترل کافی فرایندهای برنامه‌نویسی توسط مدیران کاهش یابد.

از رویکردهای مختلفی به منظور خطایابی زبان برنامه‌نویسی استفاده شود، از مهم‌ترین رویکردهای که امروزه توسط مدیران پروژه‌های مختلف استفاده شده است رویکرد کشف و پیشگیری خطا است. این رویکرد قابل استفاده در بیشتر زبان‌های برنامه‌نویسی بوده و ریسک ناشی اشتباهات برنامه‌نویس را بشدت کاهش می‌دهد.

یافته‌های این پژوهش، یافته‌های پژوهش‌های قبلی (بیوزی و همکاران، ۲۰۱۰)، (لاستی و همکاران، ۲۰۰۹) و (وان و همکاران، ۲۰۰۸) در ارتباط با اهمیت عامل مدیریت را مورد تأیید قرار می‌دهد. در این اینجا پیشنهادهایی به منظور کاهش ریسک این عامل ارائه می‌شود:

س همان‌گونه که قبلاً بیان گردید، برای شناسایی ریسک‌های پروژه‌های فناوری اطلاعات ابزارهای مختلفی وجود دارد؛ بنابراین به منظور کنترل مؤثر بر ریسک‌های احتمالی، مدیران باید به ابزارهای گوناگون شناسایی ریسک آشنایی کامل داشته باشند. پیشنهاد می‌شود دوره‌های آموزشی به منظور افزایش دانش مدیران در این حوزه با بهره‌گیری از آخرین ابزارها و روش‌های شناسایی ریسک برگزار گردد.

س برنامه‌ریزی، زمان‌بندی، پیکربندی سایت و تخمین بودجه‌های مورد نیاز برای انجام

پروژه از جمله وظایف مدیریت است. به منظور کنترل صحیح مدیریت بر عوامل ذکر شده باید از ساختار شکست کار (WBS) استفاده گردد. می‌تواند ارتباط بسیار قوی بین موارد ذکر شده برقرار کرده و کنترل مدیریت بر کل پروژه‌های فناوری اطلاعات را تسهیل می‌کند. همچنین به علت قابل نمایان بودن وضعیت پروژه در هر لحظه، منجر به اطمینان و رضایت مشتری از پیشبرد پروژه گردد و نهایت ریسک‌های محتمل مربوط به این ناحیه را کاهش دهد.

س در بیشتر پروژه‌های فناوری اطلاعات به دلیل مستندسازی ضعیف، مدیریت در هنگام توسعه محصول با مشکل مواجه می‌شود. بدین منظور پیشنهاد می‌شود که از مدل‌های جدید به منظور مستندسازی و ایجاد پایگاه داده با هدف ارائه گزارش سریع و شفاف از وضعیت پروژه به مدیریت استفاده گردد. از جمله مدل‌هایی که در این راستا استفاده می‌شود مدل ماشین بردار پشتیبان است که در مستندسازی پروژه‌های فناوری اطلاعات مورد تأیید است.

در این پژوهش برای محاسبه سطح ریسک از نرم‌افزار که در محیط ویژوال پیسیک و اکسل طراحی شده، استفاده گردیده است. با بهره‌گیری از اصول اولیه طراحی بکار گرفته در این نرم‌افزار، می‌توان اقدام به طراحی سیستم پشتیبانی تصمیم (DSS) نمود تا به تصمیم‌گیری مدیران در زمینه ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات کمک نماید. همچنین DSS طراحی شده بر اساس این نرم‌افزار می‌تواند در سایر بخش‌های صنعت به منظور تسهیل تصمیم‌گیری مدیران در برخورد با ریسک‌های احتمالی یاری‌رسان باشد.

ریسک در دو بعد تعریف می‌شود: عدم قطعیت و تأثیر روی اهداف. واژه‌های رایج برای توصیف این دو بعد، «احتمال» و «تأثیر» است، و ارزیابی اهمیت هر ریسکی با در نظر گرفتن هر دو این‌ها معنی خواهد داشت؛ بنابراین بدیهی است که بررسی این دو یکی از مهم‌ترین مراحل سنجش ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات است و مدیران با در نظر گرفتن این دو مفهوم اقدامات بعدی را در قبال ریسک انجام می‌دهند. در مفهوم «تأثیر» بیان می‌شود که میزان اهمیت ریسک در ریسک کلی پروژه فناوری اطلاعات چقدر است. در واقع تأثیر هر ریسک درصدی از ریسک کلی است که باید سنجیده شده و جمع تأثیر همه عوامل برابر با یک است.

بعد دیگری که در این اینجا باید مورد بررسی قرار گیرد، احتمال وقوع ریسک است. احتمال وقوع ریسک هر عامل جدا از ریسک کلی پروژه‌های فناوری اطلاعات است.

این مطلب بدین معنی است که در هنگام بررسی احتمال وقوع هر عامل باید بدون در نظر گرفتن میزان اهمیت آن عامل در ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات صورت گیرد. در شرایطی ممکن است که یک عامل دارای بیشترین تأثیر در کل ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات داشته باشد، این در حالی است که همین عامل ممکن است دارای کمترین احتمال وقوع داشته شود. دقت شود که در بسیاری موارد این دو مفهوم به اشتباه به جای هم مورد استفاده قرار می‌گیرند.

مدیریت ریسک بایستی یک فعالیت پیشگیرانه باشد. موفقیت در شناسایی و کاهش ریسک‌های پروژه می‌تواند مخاطرات و مشکلات فنی و غیر فنی را برای مدیران و ذینفعان کلیدی مشهود کرده منابع را در حوزه‌هایی که ریسک بالاست متمرکز نماید و ضمن قرار دادن ریسک‌ها در محدوده‌های منطقی آن‌ها را به شیوه‌ای صحیح و قابل‌سنجش مدیریت کند.



## منابع

- آسوشه، ع.، دیواندری، د.، کرمی، ا.، و یزدانی، ح. (۱۳۸۸). شناسایی عوامل حیاتی موفقیت در مدیریت ریسک برون‌سپاری سیستم‌های اطلاعاتی در بانک‌های تجاری ایران. *فصلنامه علمی - پژوهشی مدیریت فناوری اطلاعات*، ۱(۳)، ۳-۱۸.
- مغدانی، ر.، شاهبندرزاده، ح.، و سلیمی فرد، خ. (۲۰۱۱). ارزیابی مهم‌ترین ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات با رویکرد کارت امتیازی متوازن: تلفیق فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی و دیمتل. *چهارمین کنفرانس ایرانی پژوهش در عملیات*، رشت: انجمن پژوهش در عملیات، ۲۲۲-۲۲۴.
- موسوی، پ.، یوسفی زنوز، ر.، و حسن‌پور، ا. (۱۳۹۴). شناسایی ریسک‌های امنیت اطلاعات سازمانی با استفاده از روش دلفی فازی در صنعت بانکداری. *فصلنامه علمی - پژوهشی مدیریت فناوری اطلاعات*، ۱(۱)، ۱۶۳-۱۷۴.
- موسی‌خانی، م.، محمدی، ش.، و مدیری آثاری، م. (۱۳۹۰). تعیین عوامل کلیدی موفقیت در مدیریت ریسک پروژه‌های فناوری اطلاعات در سازمان‌های مجازی. *فصلنامه علمی - پژوهشی مدیریت فناوری اطلاعات*، ۳(۶)، ۱۲۷-۱۴۴.
- Liu, S., & Deng, Z. (2015). How environment risks moderate the effect of control on performance in information technology projects: Perspectives of project managers and user liaisons. *International Journal of Information Management*, 35(1), 80-97.
- Aubert, B., Dussault, S., Patry, M., & Rivard, S. (1999). Managing the Risk of IT Outsourcing. *Hawaii International Conference on System Science*.
- Bahli, B., & Rivard, S. (2005). Validating measures of information technology outsourcing risk factors. *Omega*, 175-178.
- Barki, H., Rivard, S., & Talbot, J. (2003). Toward an assessment of software development risk. *Journal of Management Information Systems*, 201-225.
- Barreto, H., & Howland, F. (2006). *Using Monte Carlo Simulation With Microsoft Excel*. New York City: Cambridge University Press.
- Bhattacharya, S., Behara, R., & Gundersen, D. (2003). Business risk perspectives on information systems outsourcing. *International Journal of Accounting Information Systems*, 75-93.
- Bízoi, M., Maria Suduc, A., Gorghiu, G., & Monica Gorghiu, L. (2010). Risk assessment of information and communication technology use in multinational educational projects. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2836° 2840.
- Bohem, M. (1991). *Software risk management: principles and practices*. IEEEEX Software, 32-41.
- Chen, c. (2015). Risk-bearing capacity as a new dimension to the analysis of project governanceOriginal. *International Journal of Project Management*, 32(6), 1195-1205.



- Chou, D. (2009). **Information systems outsourcing life cycle and risks analysis**. *Computer Standards & Interfaces*, 1036° 1043.
- DasAundhe, M., & Mathew, S. K. (2009). Risks inoff shore IT outsourcing: A service provider perspective. **European Management Journal**, 418° 428.
- Fan, M., Pai Lin, N., & Sheu, C. (2007). Choosing a project risk-handling strategy: An analytical model. **International journal of production economics**, 700-713.
- Jiang, J., & Klein, G. (2001). Information System Success as Impacted by Risks and Development Strategies. **Transportation on Engineering Management**, 46-55.
- Lacity, M., Khan, S., & Willcocks. (2009). A review of the IT outsourcing literature: Insights for practice. **Journal of Strategic Information Systems**, 130-146.
- McFarlan, w., McKenney, J., & Cash, J. (1992). **Corporate Information Systems Management**. Irwin and Boston publisher.
- Reed, A. H., & Knight , L. V. (2012). Technology Related Risks on Virtual Software Development Projects. **International Journal of Information Technology Project Management (IJITPM)**, 3(1), 1-14.
- Robinson, M., & Kalakota, R. (2004). **Offshore Outsourcing: Business Models, ROI and Best Practices**. Mivar Press,Inc.Alpharetta.
- Skelton, M., & Thamhain, H. (2003). The Human Side of Managing Risks in High-Tech Product Developments. **IEEEEX**, 600-605.
- Wan, J., Zhu, S., & Wang, Y. (2008). Empirical Analysis on Risk Factors of IT Service Management Project Implementation. **IEEEEX**, 1-4.
- Xing, W., & Jian, H. (2009). Risk Analysis of Construction Schedule Based on Monte Carlo Simulation. **IEEEEX**, 1-14.
- Yinghong, Z., & Changyong, L. (2011). The Research on the Risks & the Countermeasures of the Distributed IT Projects. **IEEE**, 16-22.
- Zandi, F., & Tavana, M. (2011). A fuzzy goal programming model for strategic information technology investment assessment. **Benchmarking: An International Journal**, 172-196.