دریافت مقاله: ۵ / ۵ / ۹۲
پذیرش مقاله: ۱ / ۷ / ۹۲

فصلنامه علمی- پژوهشی مدیریت نظامی
شماره ۵۱ ، سال سیزدهم، پاییز ۱۳۹۲
ص ص ۱ - ٤٤

مدیریت ریسک در محیط‌های نظامی و ارائه‌ی یک الگوی ارزیابی مبتنی بر نظریه‌ی بازی‌ها

ناصر پورصادق[۱]، سیدمحمدرضا فرشچی[۲] ، محمدرضا موحدی صفت[۳]

چکیده

این تحقیق به پیاده‌سازی یک الگوی جدید مدیریت ریسک، مبتنی بر نظریه‌ی بازی‌های تکاملی با رویکرد سازمان‌های نظامی می‌پردازد. در حال حاضر تمامی روش‌های سنتی مدیریت ریسک از دو مشکل اصلی؛ یعنی عدم توانایی کارکرد در محیط‌های پویا و همچنین ناتوانی محاسبه الگوهای راهبردی رقابتی- همکارانه رنج می‌برند. اگرچه تاکنون روش‌های زیادی برای رفع این دو مشکل ارائه شده است، این راه حل‌ها نتوانسته‌اند مشکل ناتوانی کارکرد را حل کنند. در ضمن نرخ صحت سیستم نیز کاهش چشمگیری پیدا کرده است. این تحقیق با استفاده از ارائه‌ی یک الگوی اکتشافی- استنتاجی علاوه بر حل هر دو مشکل یاد شده، به صورت هم‌زمان، به ارائه‌ی یک الگوی نوین در مدیریت ریسک‌های نظامی پرداخته است. نوع تحقیق کاربردی و از روش توصیفی- تحلیلی استفاده شده است. استفاده از نظریه‌ی ترکیب تکاملی در انتخاب عوامل مؤثر بر ریسک‌های نظامی، سبب بهبود عملکرد الگوی پیشنهادی شده است. نتایج نشان می‌دهد روش پیشنهادی علاوه بر افزایش ۷٪ نرخ صحت تصمیم‌ها نسبت به بهترین الگوهای سنتی، روش جدیدی را برای ارزیابی و مدیریت ریسک‌ها ارائه کرده است.

واژگان کلیدی: مدیریت‌ریسک دفاعی، عواملِ پویای‌ریسک، نظریه‌ی بازی‌ها، بازی‌های‌تکاملی.

---

۱. استادیار و عضو هیئت علمی دانشگاه عالی دفاع ملی.
۲. دانشجوی دکترای هوش مصنوعی دانشگاه فردوسی مشهد.
۳. دانشجوی دکترای فناوری اطلاعات و عضو هیئت علمی دانشگاه عالی دفاع ملی.

مقدمه

امروزه سازمان‌ها و سیستم‌های آنها در محیطی پر از چالش و تحول قرار گرفته‌اند. لازمه‌ی ادامهِ کار سازمان‌ها در چنین محیط‌های پویا، همگامی با تحولات محیط، اتخاذ تصمیم‌های درست و مدیریت به‌موقع رویدادهاست. از طرف دیگر پاسخگویی درست به عوامل مختلف، مستلزم تصمیم‌گیری درست است. البته در تمامی شرایط کاری، کلیه‌ی جوانب کار برای تصمیم‌گیری مشخص نیست. بنابراین از جمله مواردی که در هنگام تصمیم‌گیری باید مورد توجه قرار گیرد، خطرات احتمالی یا قطعی موجود است که می‌تواند بر نتایج تصمیم‌های گرفته شده تأثیر بگذارد و این همان حوزه‌ی مورد بحث در مدیریت ریسک است. در دنیای دیجیتالی امروز و عصر ارتباطات، لازمه‌ی پاسخگویی به تحولات پویای محیط، به‌کارگیری فناوری‌های نوین مانند فناوری‌اطلاعات (IT)، سیستم‌های اطلاعاتی و سیستم‌های پشتیبان تصمیم است.

لغت‌نامه‌های عمومی، ریسک را امکان وقوع اتفاقی (غیرمنتظره)، زیان یا صدمه تعریف می‌کنند. برخی از لغت‌نامه‌های تخصصی‌تر نیز تغییر در بازدهی مورد انتظار یک سرمایه‌گذاری را ریسک می‌دانند. چه این تغییر بازدهی مثبت باشد چه منفی، باید دو ویژگی در یک رویداد نهفته باشد تا آن رویداد را ریسک بنامیم. اول امکان وقوع یک رویداد و دوم آسیب‌پذیری نسبت به آن رویداد است. انواع متفاوتی از ریسک‌ها در دسته‌های مختلف موجود است. این ریسک‌ها هر یک خود شامل عوامل مؤثر دیگری (ایستا یا پویا) هستند که بر آنها تأثیر می‌گذارند. از طرف دیگر، برای ارزیابی ریسک می‌توان از رویکردهای کمی مانند توزیع گسسته و یا رویکردهای کیفی مانند مصاحبه استفاده کرد. در کاربردهای عملی در ارزیابی ریسک رویکردهای مبتنی بر الگو و کمی مورد استفاده بیشتری قرار می‌گیرد (آسوشه، ۱۳۸۸؛۶۵). این ارزیابی‌ها به صورت موردی نیز برای حل مسئله ارزیابی ریسک در مدیریت بحران به شدت مورد توجه قرار گرفته است. نمونه‌ای از این ارزیابی‌ها در گزارش رفیعیان (۱۳۹۱)، تجزیه و تحلیل شده است.

در حوزه‌ی حل مسائل ریسک کمی، بهترین روش‌های کنونی، روش‌های مبتنی بر نظریه‌ی بازی‌ها هستند که در ادامه‌ی این مقاله به بررسی این الگوها خواهیم پرداخت. عموماً این الگوها به دلیل تناسب ساختاری مسئله، ارزیابی بهتری از دنیای واقعی ارائه می‌کنند (یوسفی، ۱۳۹۰). تصمیم‌گیری در حوزه‌ی مدیریت ریسک نیازمند در نظر گرفتن قوانین و رویه‌های مدیریتی مختلف است. سازمانی که برای تحقق بخشیدن به تصمیم‌هایش در حوزه‌ی مدیریت ریسک از سیستم‌های هوشمند استفاده می‌کند. مدیریت‌ریسک در حمایت از منابع اطلاعاتی آن سازمان نقش حیاتی دارد. در واقع فرآیند مدیریت ریسک جزئی از یک برنامه‌ی قویِ امنیتِ اطلاعاتی یک سازمان محسوب می‌شود؛ زیرا برای پشتیبانی از مأموریت‌های سازمان وجود چنین برنامه‌هایی بسیار ضروری است. بنابراین می‌توان تعریف ریسک را به صورت عام، امکان وقوع یک خسارت، زیان مالی و غیرمالی در نتیجه‌ی انجام یک کار دانست. باردهان (۲۰۱۰) این مفهوم را استفاده کرده است.

برای مدیریت ریسک نیز تعاریف مختلفی ارائه شده است. کابرو (۲۰۱۰)، بهترین تعریف «مدیریت‌ریسک» را این‌چنین تعریف کرده است. مدیریت‌ریسک، فرآیند شناسایی، ارزیابی و کنترل ریسک‌های (اتفاقی) بالقوه‌ای است که مشخصا پیامدهای ممکن آن خسارت یا عدم تغییر در وضع موجود می‌باشد. مدیریت ریسک، ریسک‌ها را به وسیله کنترل آنها و تأمین مالی خسارت‌هایی که به‌رغم تلاش‌های کنترل خسارت اتفاق افتاده‌اند، اداره می‌کند. بنابراین مهم‌ترین هدف مدیریت ریسک، کمک به سازمانی خاص در مدیریت بهتر ریسک‌های مربوط به ماموریتش است.

بیان مسئله و ضرورت انجام تحقیق

مدیریت ریسک در هر زمینه‌ای به عوامل ثابت و پویا وابسته است. عوامل پویا در طول زمان و با توجه به نیاز سازمان‌ها دچار تغییر می‌شوند. این تغییر نیازها، خود سبب بروز مشکلاتی برای نهادها و عدم گرایش مدیران به سمت استفاده از سیستم‌های

هوشمند شده است. مقایسه کابرو (۲۰۱۰) نشان می‌دهد، برای لحاظ کردن تغییرات جدید، هزینه‌های زیادی به صورت دوره‌ای برای تغییر سیستم پرداخت می‌شود.

مدیریت ریسک به مدیران کمک می‌کند تا بتوانند هزینه‌های عملیاتی و اقتصادی خود را تعدیل کنند و به آنها در اتخاذ تصمیم‌های بهتر یاری دهد. این مدیریت می‌تواند به صورت‌های گوناگونی انجام پذیرد. یکی از بهترین الگوها در حل مسئله مدیریت ریسک، الگوی رقابتی- همکارانه است (چنگ، ۲۰۰٤). این الگو با کمک‌گرفتن از نتایج و عملکرد دیگر تصمیم‌ها در سازمان‌های همکار یا رقیب و جمع‌آوری چنین اطلاعاتی، به تصمیم‌های گفته‌شده کمک شایانی می‌کند. آثار مدیریت صحیح ریسک تأثیر شگرفی بر عملیات چرخه‌ی حیات سازمان‌های مختلف خواهد گذاشت. برخی از این آثار عبارتند از: افزایش کارایی و اثربخشی (کول، ۲۰۱۱)، تسهیلات و روان‌سازی (دیاژن، ۲۰۱۲)، کاهش‌هزینه‌های اجرایی، سرعت عمل و کاهش زمان انجام عملیات سازمانی (دیلون، ۲۰۱۳)، بهبود اطمینان و شناسایی تهدیدهای مربوط به سیستم (فنگ، ۲۰۰۷). بنابراین برای تحقق بخشیدن به اهداف فوق، استفاده از افراد خبره یا سیستم‌های هوشمند بهبود شگرفی در مدیریت سازمان ایجاد خواهد کرد.

بنابر ادعای فولی (۲۰۰۷) امروزه استفاده از روش‌های معمول و سنتی در مدیریت ریسک به تدریج از حیطه‌ی سازمان‌ها درحال گذار است. استفاده از الگوهای هوشمند برای استفاده از اطلاعات گذشته سازمانی، مثل چارچوب عملکردی سازمان‌ها، نحوه‌ی تصمیم‌گیری‌ها و هزینه‌های نسبی، جایگاه این دسته از سیستم‌های مدیریت ریسک را به‌شدت بهبود بخشیده است.

این بررسی و مطالعه بر روی سیستم‌های مدیریت اطلاعات امروزه به صورت وسیع مورد بررسی و تحقیق قرار گرفته است. برخی از مهم‌ترین این تحقیقات در قسمت دوم بیان می‌شود. اخیرا در قسمت غیرسازمانی و صنعت همچنین سیستم‌های مدیریت ریسکی، برای ارزیابی و برآورد هوشمند سیستم‌های اطلاعاتی و پشتیبانی تصمیم، مورد استفاده قرار گرفته‌است (گارسیا، ۲۰۱۰).

طبق گزارش حادث (۲۰۱۰) و هودر (۲۰۰۷) روش‌های مدیریت ریسک را می‌توانیم به دو دسته انسانی و هوشمند تقسیم کرد. در روش‌های انسانی استفاده از فرد خبره، علاوه بر تحمیل هزینه‌ی زیاد به سازمان، پایداری سازمان را به شدت کاهش می‌دهد؛ زیرا سازمان در برهه‌های زمانی، وابسته به قدرت فرد خبره عمل خواهد کرد. از طرف دیگر عموماً روش‌های مبتنی بر یادگیری ماشین (هوشمند)، به دلیل پایداری و هزینه کمتر نسبت به استفاده از افرادِ خبره در بسیاری از سازمان‌ها بیشتر مورد اعتبار هستند. اما گزارش همچنان دقت پیش‌بینی، ارزیابی و مدیریت ریسک در سیستم‌های انسانی قابل توجه است.

سیستم‌های هوشمند کنونی در مدیریت ریسک را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد. دسته اول، سیستم‌های مبتنی بر الگوهای احتمالاتی و دسته دوم سیستم‌های مبتنی بر الگوهای شبکه عصبی. برآورد جنینگ (۲۰۱۰) نشان داد، سیستم‌های آماری به دلیل نیاز به داده‌های گذشته سازمان‌ها عمومیت و دقت چندانی ندارند. سیستم‌های مبتنی بر الگوهای احتمالاتی و عصبی فعلی از دو مشکل عمده رنج می‌برند؛ نخست عدم‌پشتیبانی چنین سیستم‌هایی از الگوی رقابتی- همکارانه در مدیریت ریسک‌ها و دوم عدم توانایی عملکرد این سیستم‌ها در محیط‌های پویا (تغییر عوامل مؤثر در مدیریت‌ریسک، در چرخه‌حیات‌سازمان). تاکنون روش‌های زیادی برای حل این دو مشکل ارائه شده است و ما به این پیشرفت‌ها در قسمت بعد اشاره خواهیم کرد، اما طبق گزارش چان (۲۰۰۹) و ژیان (۲۰۰۵) سیستم‌های مدیریتی‌هوشمند موفق به حل کامل مشکلات فوق نشده است. ژنیکس (۲۰۰۹) در گزارشی اثبات کرده است که این دو مشکل از تابع ریاضی مقعر الگوهای ارزیابی احتمالی و آماری نشأت می‌گیرد. چنین توابعی وجود و انحصار عوامل مدیریت‌ریسک را تضمین نمی‌کنند.

در این تحقیق برای اولین بار به ارائه‌ی یک الگوی جدید هوشمند، مبتنی بر یک الگوی ریاضی در مدیریت ریسک می‌پردازد. برای نمایشِ عملکرد مطلوب الگویی پیاده‌سازی و در مدیریت ریسک‌های نظامی (دفاعی) به کار گرفته شده است. هدف از

مدیریت ریسک‌های نظامی در حقیقت همان مدیریت ریسک‌های مربوط به مأموریت‌های دفاعی یا نظامی است. در الگوی جدید پیشنهادی، ارزیابی ریسک مبتنی بر یک الگوی رقابتی- همکارانه و با استفاده از نظریه‌ی بازی‌های تکاملی انجام می‌گیرد. این الگو به دلیل استفاده از یک تابع محدب جدید، علاوه بر حل هر دو مشکل روش‌های سنتی به صورت هم‌زمان، مزایای عمده‌ای را برای مدیریت ریسک فراهم می‌کند. نخست اینکه این الگو از سطح مفهومی بسیار بالایی برخوردار است و در فرآیندهای بسیار پیچیده در محیط‌های پویا، روش‌های مناسب و تصمیم‌های ساده‌ای را ارائه می‌کند؛ دوم اینکه این الگوی جدید قابل استفاده در الگوهای رقابتی- همکارانه، برای بررسی و مدیریت ریسک‌های اثرگذار بر چندسازمان رقیب یا همکار قابل استفاده است و سوم اینکه قابلیت استفاده از خروجی این الگو در سیستم‌های پشتیبان تصمیم با استفاده از اطلاعات نامتقارن (همانند سیستم پیشنهادی جو) ۲۰۰۹ و شرایط غیرایده‌آل (همانند سیستم پیشنهادی وینسکی) ۲۰۱۰ (نبودن اطلاعات مورد نیاز در حین تصمیم‌گیری) مدیریت ریسک از جمله مزایای منحصر به فرد الگو ارائه شده است.

در قسمت بعد به اختصار کلیه‌ی روش‌های هوشمند سنتی و روش جدید ارائه شده مبتنی بر نظریه‌ی بازی‌های تکاملی بیان می‌شود و سپس الگو و مفاهیم آن بررسی شده‌اند. در ادامه مثال تشریحی از مدیریت ریسک مطرح و به اثبات آن پرداخته شده است. در بخش پایانی نیز آزمایش‌ها و مقایسه‌ها بین بهترین روش‌های کنونی و روش پیشنهادی بررسی شده است.

مبانی نظری و پیشینه تحقیق

در این بخش مروری بر الگوهایی که تاکنون با استفاده از روش‌های مبتنی بر الگوهای هوشمند اعم از احتمالاتی و عصبی (هوش ماشین) در ارتباط با مدیریت ریسک در زمینه‌های مختلف انجام شده صورت گرفته است. در بحث‌های نظامی روش‌های زیادی برای مدیریت ریسک‌های مختلف ارائه شده است و گزارشات لی (۲۰۰۸)، لی

(۲۰۱۰)، جی (۲۰۰۹)، لیجان (۲۰۱۰) بین این روش‌ها مقایسه‌های قابل‌قبولی انجام داده‌اند. بهترین و مهم‌ترین روش‌های مبتنی بر الگوهای احتمالاتی عبارتند از: FRMM[1]، FDTM[2]، FRM2[3].

روش FRMM توسط لوند (۲۰۱۰) معرفی شد. در حقیقت اساس پیشنهاد لوند بر اساس الگوریتم مک کولی (۲۰۰۰) ارائه شد. این الگو یک روش مبتنی بر نظریه‌ی کلاسیک فازی بوده و در مدیریت ریسک‌های مالی کاربرد دارد. الگوی وی تعداد ثابتی از عوامل مشخص در ریسک‌های مالی را دریافت کرده است و سپس گزارش و آنالیز خود را با توجه به داده‌های گذشته سیستم محاسبه می‌کند. روش لوند به عنوان اولین الگوی ارزیابی کننده تلفیقی ریسک‌های نظامی فرانسه از پیشرفت بسیار خوبی برخوردار بود، اما در حقیقت پس از گزارش میلی (۲۰۱۰)، به تدریج استفاده از این سیستم به دلیل عدم نرخ صحّت کافی کاسته شد. میلی یک سال بعد و در مقاله‌ی خود به دو ضعف عمده این روش اشاره کرد. ضعف اول، بی‌توجهی الگوی مدیریتی به خروجی‌های گذشته در ریسک‌های متفاوت و ضعف دوم دقت بسیار کم سیستم نسبت به هزینه‌ی زیاد این الگو نسبت به نیروی انسانی خبره بود. علاوه بر وجود دو ضعف عمده در این الگو، استفاده نکردن این سیستم از عوامل متغیرسازمانی در «مدیریت‌ریسک» را می‌توان اصلی‌ترین مشکل این سیستم دانست. کائو (۲۰۱۰)، برای رفع نقایص سیستم فوق الگویی را با استفاده از درخت تصمیم فازی طراحی کرد. اگرچه این الگو مشکلات اولیه‌ی روش FRMM را حل کرده بود، طراحی درخت تصمیم‌فازی به تعیین دقیق دسته‌ها و عوامل مؤثر بر ریسک‌ها نیاز داشت که در واقع خلاف فرض هدف طراحی یک سیستم هوشمند که تعیین نسبی عوامل و میزان تأثیر آن در مدیریت‌ریسک بود، می‌باشد و بنابراین رویکرد ارائه شده توسط کائو با عنوان FDTM، در عمل با استقبال چندانی روبرو نشد. این عدم استقبال در گزارش میلی

1. Fuzzy Risk Management Model
2. Fuzzy Decission Tree Model
3. Fuzzy Type2 Risk Management

(۲۰۱۰) نیز ارزیابی شده است. روش دیگری با عنوان FRM2 توسط لنسون (۲۰۱۰)، مبتنی بر فازی نوع دو و برای از بین بردن مشکل درخت تصمیم فازی ارائه شد. مشکل اصلی سیستم‌های مدیریت ریسک که عدم توانایی کار با متغیرهای محیطی که در طول زمان به سازمان اضافه می‌شوند، از جمله مشکلات باقی مانده در این الگو بود؛ اگرچه این روش یک روش نسبتا پراستفاده در طراحی سیستم‌های پشتیبان تصمیم در مدیریت ریسک است، طبق گزارش میلی (۲۰۱۰)، به ناچار سازمان‌ها هزینه‌ی زیادی را برای پشتیبانی و بروزرسانی از سیستم‌های مدیریتی پرداخت می‌کنند.

مطالعه و بررسی‌های وسیع پولوس (۲۰۱۰) نشان داد، از بین هفت روش مبتنی بر الگوهای احتمالی تنها سه روش عملیاتی شده‌اند؛ در تمامی این روش‌ها، دو مشکلِ وجود وابستگی به محیط‌های ایستا و عدم پوشش ریسک‌های رقابتی- همکارانه همچنان باقی است.

دسته‌ی دوم الگوهای فعلی در مدیریت ریسک‌ها استفاده از روش‌های مبتنی بر شبکه عصبی است. در واقع طبق استدلال پرسون (۲۰۱۰)، این الگوها برای حل مشکلات روش‌های احتمالاتی به کارگرفته شدند. شبکه‌های عصبی به‌خوبی مشکل عوامل ثابت در مدیریت ریسک محیط‌های ایستا را به دلیل انعطاف ساختاری خود از بین می‌بردند. بهترین روش‌های شبکه عصبی نیز به سه روش BPM، ENMو ISM تقسیم می‌شوند.

اولین روش معروف به BPM[1] توسط پینگ (۲۰۱۰) ارائه شد. این روش رویکردی جدید را برای ارزیابی ریسک‌ها ارائه کرد. هدف از ارائه‌ی این روش، اضافه کردن ورودی‌های متغیر در محیط‌های پویا به الگوی ارزیابی‌کننده ریسک بود. ستزر (۲۰۱۱)، در مقایسه‌ی جامعی بین روش‌های پیش‌بینی کننده ریسک، این روش را از لحاظ دقت مدیریتی بهترین روش مدیریت ریسک توصیف کرده است. این روش تنها برای ارزیابی ریسک‌های مالی ارائه شده بود و به‌دلیل ماهیت ساختاری الگو، قابلیت استفاده

1. Back Propagation Model

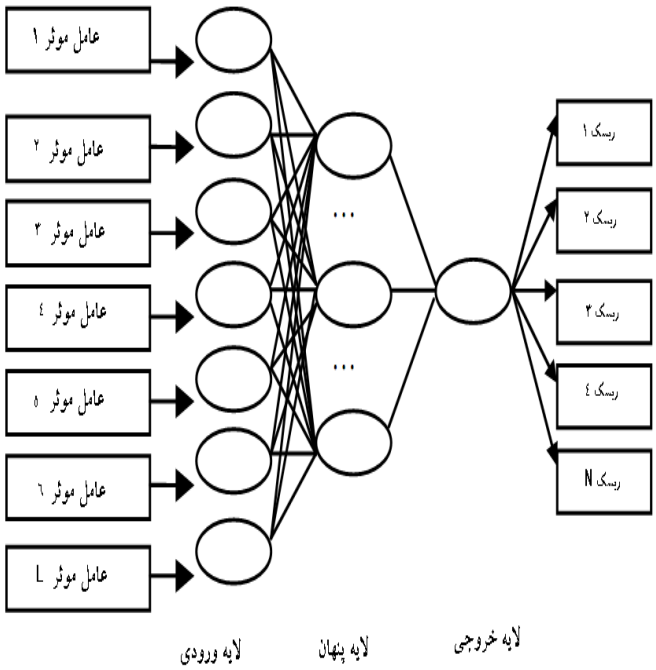
در زمینه‌های دیگر مدیریتی از جمله ماهیت‌های پویای نظامی را نداشت. علاوه بر این موضوع حل مسئله مدیریت ریسک‌های مالی بی‌ارتباط از حل مدیریت ریسک توسط روش‌های رقابتی- همکارانه برای استفاده در سیستم‌های پشتیبان تصمیم است.

الگوی ENM[1] را می‌توان پراستفاده‌ترین الگوریتم شبکه‌ی عصبی در مدیریت ریسک نامید (ری، ۲۰۱۰).ENM توسط شن (۲۰۱۲)، و ابتدا برای مدیریت‌ریسک‌های پویا ارائه شد. این الگو توسط مینگ (۲۰۰۳)، در همین سال به‌عنوان روشی در تحلیل ریسک‌های پروژه استفاده گردید. بررسی دیگری توسط فانگ (۲۰۱۳)، در ارزیابی الگوهای مدیریت ریسک انجام شد و استفاده از این الگو به دلیل داشتن دقتِ مناسب توصیه گردید. همین روش مجددا توسط شامینگ (۲۰۱۳)، به عنوان یک روش کاربردی در مدیریت ریسک‌های عملیاتی به‌کار گرفته شد. الگوی ارائه شده در این تحقیق، یک روش پایه‌ای در طراحی جزئیات الگوی مدیریت ریسک است. اگرچه این روش به دلیل سادگی ساختار از محبوبیت زیادی برخوردار شد (سوبرام، ۲۰۱۳)، ارائه‌ی الگوی ENM دقت چندانی را نسبت به روش FRMM ارائه نکرد. نحوه‌ی سازماندهی این روش به الگوی سه لایه شباهت داشت. فلوچارت این روش در نمودار ۱ نمایش داده شده است.

در سال ۲۰۱۳ الگوی دیگری مبتنی بر شبکه‌های عصبی خود سازمانده افزایشی به نام ISM[2] توسط لوتکینا (۲۰۱۳) به عنوان روش جدیدی در مدیریت ریسک ارائه شد. جزئیات این روش ابتدا برای تحلیل ریسک‌ها در مقاله ون (۲۰۱۰) معرفی شد. کاربردهای دیگری از این الگو در پیش‌بینی بازار سهام ارزیابی ریسک‌های فنی و برآورد ریسک‌های پروژه در همین سال انجام شد (براک، ۲۰۱۳). طبق برآورد کوت (۲۰۱۳)، تمامی روش‌های مبتنی بر شبکه عصبی در مدیریت ریسک، به دلیل استفاده از الگوهای یادگیری سه عیب عمده دارند؛ اول اینکه داده‌های آموزشی برای همه الگوهای

1. Elman Neural Network
2. Information-based Risk Management

ریسک فراهم نیست؛ دوم اینکه عوامل مؤثر بر یک ریسک در طول زمان در سازمان ثابت نیست و امکان دارد یک شبکه‌ی آموزش دیده به دفعات مورد آموزش مجدد قرار بگیرد و مشکل پایانی اینکه این سیستم‌ها دقت بسیار کمتری نسبت به روش‌های سنتی دارند و نسبت به الگوهای احتمالی قسمت قبل سرعت بسیار کمتری در آموزش و تحلیل دارند. (هول، ۲۰۱۳)



نمودار ۱: دیاگرام الگوی ENM.

از طرف دیگر بهترین روشی که برای رفع متغیر بودن عوامل‌محیطی و پویایی آن در مدیریت ریسک ارائه شده، الگوی مبتنی بر الگوی شبکه‌های عصبی هاپفیلد توسط شن (۲۰۱۲) است. این روش، الگویی را برای مدیریت ریسک در بانک‌ها طراحی کرد که نیاز به عوامل ثابت ورودی نداشتند و تنها با انجام تغییر کوچکی در الگوی ارائه شده

سیستم قابلیت تعمیم‌سازی به پشتیبان تصمیم را پیدا می‌کرد و در واقع مشکل دوم را به‌طور کامل از بین می‌برد، اما در حقیقت این روش به حلِ مشکلِ دوم، با دوری از اصل مشکل پرداخته بود؛ چرا که عموماً ریسک‌های مالی تغییرات بنیادینی در عوامل ورودی خود ندارند و تنها ورودی‌های متغیرانه شبکه دچار تغییر می‌شوند.

روش ابداعی این تحقیق مبتنی بر نظریه‌ی بازی‌های تکاملی در مدیریت‌ریسک، برای اولین بار به ارائه‌ی الگوی با درنظرگرفتن شرایط و عوامل متغیرمحیطی پرداخته است. این تغییرات با استفاده از یک تابع محدب تکاملی در الگوی ارزیابی‌کننده ریسک انجام شده‌اند. این تغییر به دلیل محدب‌بودن تابع ارزیاب، علاوه بر پشتیبانی از وجود و انحصار جواب دقت سیستم‌های ارزیابی‌کننده ریسک را بیش از ۷ درصد بهبود داده است. علاوه بر این سه عملکرد ویژه در الگوی پیشنهادی نسبت به تمامی روش‌های سنتی مشاهده شده‌اند. برتری اول اینکه پیاده‌سازی الگوی جدید به‌صورتی انجام شده است که سیستم پشتیبان‌تصمیم با اطلاعات نامتقارن می‌تواند مدیریت ریسک خود را با نرخِ صحّت بسیار بالا انجام دهد. برتری دوم حل مشکل مدیریت ریسک‌های رقابتی- همکارانه- به خصوص در مسائل نظامی یا استراتژیکی با عوامل پویا- به گونه‌ای است که با روش‌های پیشین در نوع عملکرد متفاوت است؛ چراکه در الگوهای ارائه شده‌ی کنونی مدیریت ریسک به صورت رقابتی یا مشارکتی تنها می‌تواند انجام بگیرد و برتری سوم اینکه خروجی الگوی ارائه شده دارای سطح مفهومی بالایی است. بنابراین این خروجی امکان تحلیل تصمیم‌ها و بررسی تصمیم‌های مدیریتی سیستم پشتیبان تصمیم را برای کاربران عمومی فراهم می‌کند.

نظریه‌ی بازی‌ها شاخه‌ای از ریاضیات است. این نظریه سعی دارد قدرت تغییر و انعطاف‌پذیری ریاضیات را از سطح مجرد به سطح مفهومی بالاتری تغییر دهد. این سطح مفهومی امکان درگیر شدن با جزئیات را کاهش می‌دهد و پیاده‌سازی مفاهیم را به صورت عام دنبال می‌کند. به‌عنوان مثال در هندسه محاسباتی برای بیان کرویت ابتدا از ذکر مثال‌های جزئی مثل سکه، چرخ، دیسک‌های فشرده و... خودداری کرده و مفهوم

کرویت را در حالت کلی برای اشیاء بیان می‌کنیم. جان نیومن اولین شخصی بود که مفهوم نظریه‌ی بازی‌ها را ارائه کرد. وی یکی از بزرگ‌ترین ریاضی‌دانان سال‌های ۱۹۰۳ تا ۱۹۵۷ بود و به خاطر ارائه‌ی این نظریه برنده‌ی جایزه نوبل گردید.

امروزه نظریه‌ی بازی‌ها در بسیاری از گرایش‌های علوم پایه و مهندسی گسترش یافته است. این زمینه به‌خصوص در نظریه‌های اقتصادی کاربرد زیادی دارد. بسیاری از روش‌های مبتنی بر نظریه‌ی بازی‌ها برای بهبود عملکردهای الگوریتم‌های مختلف در گزارش هاران (۲۰۱۱)، بررسی شده است. استفاده از نظریه‌ی بازی‌ها در برخی مسائل سبب بهینه شدن عملکرد کلی آن مسئله شده است (یانگ، ۲۰۱۳). در مدیریت‌ریسک، استفاده از الگوی‌بازی سبب می‌شود مدیریت ریسک‌های رقابتی- همکارانه به صورت یکجا الگوسازی شوند. در همین الگو اگر تابع استفاده شده محدب باشد، الگوی ارزیابی کننده وجود جواب را تضمین می‌کند و به راحتی با اضافه کردن ساختار تکاملی و تغییر متغیرها می‌توان محیط‌های پویا را شبیه‌سازی کرد.

نظریه‌ی بازی‌ها از یک نگاه به دو دسته‌ی بازی‌های کلاسیک و بازی‌های تکاملی تقسیم می‌شود. در نظریه‌ی بازی‌های کلاسیک، سود حاصل از هر بازیکن وابسته به انتخاب فرد منطقی دیگری است که به نحوی در بازی شرکت دارد. محاسبه‌ی سود بازیکنان در این روش با محاسبه‌ی نقطه‌ی تعادلش به دست می‌آید (کوماتسو، ۲۰۱۲ و کنان ۲۰۱۰). نظریه‌ی بازی‌های کلاسیک مبتنی بر انتخاب راهبرد بازیکنان به گونه‌ای است که بهترین راهبرد انتخاب شود. کاربرد بیشتر بازی‌های کلاسیک در محیط‌های ایستاست و عموماً نسبت به الگوهای تکاملی دقت کمتری دارد. در بازی‌های تکاملی محاسبه چندین باره راهبردها در طول دوره‌ی تکامل، سبب بهبود سود بازیکنان (عوامل مؤثر بر ریسک) در محیط‌های پویا خواهد شد. قابل ذکر است که مدیریت ریسک‌های رقابتی- همکارانه با نظریه‌ی بازی‌های کلاسیک امکان‌پذیر نخواهد بود (بوهمر، ۲۰۱۱).

نظریه‌ی بازی‌های تکاملی در ابتدا جمعیت اولیه‌ای را به‌عنوان تصمیم‌گیرنده در نظر می‌گیرد. جمعیت اولیه به‌عنوان انتخاب گره‌های راهبردهای ممکن در بازی به کار

می‌روند. میزان خوبی یک راهبرد، σ با تابع برازندگی سنجیده می‌شود. والدینی‌که تناسب بیشتری در انتخاب راهبردها دارند در انتخاب و تولید مثل نسلِ بعد، بیشتر شرکت می‌کنند. با این انتخاب و تعویض والدها امکان انتخاب بین حالت‌های مختلف (عوامل مؤثر مدیریت‌ریسک) و تعویض مکرر بین راهبردها فراهم می‌شود. با استفاده از الگوهای رقابتی محدب و ترکیب آن با روش پیشنهادی در بخش بعد، پرسش دوم تحقیق اجرا خواهد شد. این عملی است که در حقیقت بین انسان‌های خبره نیز برای مدیریت ریسک‌ها انجام‌شده و تجربه‌ی حاصل از شرایط مختلف علاوه بر بهبود تصمیم‌ها، امکان هم‌گرایی به یک سود مناسب برای بازیکنان (تصمیم‌های مدیریتی) را نیز فراهم می‌کند.

پرسش‌های تحقیق

پرسش اصلی: الگوی مناسب ارزیابی و مدیریت ریسک در تصمیم‌های نظامی کدام است؟

پرسش فرعی ۱: عوامل و شاخص‌های مؤثر در ارزیابی مدیریت‌ریسک در تصمیم‌های نظامی کدامند؟

پرسش فرعی ۲: چگونه متغیرهای صحت و اعتماد را در یک الگوی پایدار برای مدیریت ریسک ایجاد کرد؟

نوع و روش تحقیق

با توجه به اینکه نتایج این تحقیق به ارائه‌ی یک الگوی کاربردی برای مدیریت ریسک نظامی می‌انجامد، روش تحقیق به صورت کاربردی است. همچنین نوع تحقیق به صورت توصیفی– تحلیلی است و به‌صورت مشخص سعی دارد که کلیه ویژگی‌هایی که در ایجاد این الگو نقش دارند را مد نظر قرار دهد و در نهایت یک الگوی کاربردی را ارائه کند.

مراحل انجام تحقیق و روش گردآوری داده‌ها

الگوی پیشنهادی خود را با تعداد ریسک‌های متفاوت در سه آزمایش مورد بررسی قرار خواهیم داد. تلفیق داده‌ای، جداسازی و میزان عوامل مؤثر بر هرکدام از ریسک‌ها در اولین مرحله توسط نرم افزار SPSS انجام گرفته است. بعد از جداسازی ها و تشخیص متغیرهای مؤثر ریسک در مرحله‌ی بعد، الگوی استخراجی به شبکه آموزش داده خواهد شد. استفاده از الگوی نظریه‌ی بازی با داده‌های عملکردی سابق (الگوی کنونی سازمان) و داده‌های ارزیابی جدید و استفاده از داده‌های توصیفی- تحلیلی موجود استفاده می‌شود. در مرحله‌ی پایانی نیز خروجی حاصل برای بررسی میزان دقت و صحت با خروجی داده‌های موجود مقایسه می‌شود. داده‌های گردآوری شده شامل تنوع مختلفی از متغیرها با میزانی از حصول تأثیر تصمیم‌گیری بر مؤلفه‌های ریسک می‌باشد، تا کارایی روش پیشنهادی مشخص شود. داده‌ها در گروه‌های ۷، ۱۱ و ۱۵ تایی بررسی شده‌اند. در بدترین حالت ۱۵ عامل مؤثر بر ریسک و در بهترین حالت ۷ متغیر بررسی شده است.

تجزیه و تحلیل

در این بخش با استفاده از چند تعریف جدید و الگوسازی ریاضی سیستم ارزیابی‌کننده ریسک، به توصیف و بررسی الگوی جدید پرداخته شده است.

تعریف ۱: در یک جمعیت‌متناهی از عامل‌ها، که از راهبرد خالص S استفاده می‌کنند، پروفایل جمعیت، برداری مثل x است که برای هر عنصر در جمعیت، احتمال انتخاب هر راهبرد $s \in S$، برابر $x(s)$ خواهد بود.

یک‌بازی با N بازیکن با شماره‌های $I = \{1,2,...,n\}$ و بازه‌های تصمیم‌گیری T به‌صورت $T = \{1,2,...,T\}$ در نظر گرفته می‌شود. در این الگو پیامد هر عامل در تصمیم‌گیری با نماد $\pi(x, K_1)$ نمایش داده می‌شود. در این نمایش x عامل تصمیم در ارزیابی تصمیم K_1 و کل عبارت بیانگر پیامد تأثیر این عامل در تصمیم کلی خواهد بود.

در الگوی جدید برای راحتی در پیاده‌سازی بازه‌های تصمیم‌گیری را به صورت گسسته در نظر می‌گیریم. برای هر بازیکن عوامل مؤثر آن بر ریسک k ام توسط جمعیت اولیه‌اش در نظر گرفته خواهد شد. مسلما این فرض برای تمامی دسته‌های ریسک (تمامی بازیکنان) نیز برقرار خواهد بود. این دسته و همچنین عوامل مؤثر بر دسته، در طول تکامل و قرار گرفتن در تعادل پایدار تکاملی به تناسب با افزایش و کاهش جمعیت تغییر خواهند کرد.

برای الگو سازی هم‌زمان الگوی رقابتی، هر بازیکن تصمیم خود را در یک بازه‌ی زمانی T خواهد گرفت. این تصمیم ممکن است در جهت کمینه‌سازی یا بیشینه‌سازی تأثیر عوامل یک دسته از ریسک‌ها در تولید جمعیت در نظر گرفته شود. تابع هزینه تکاملی $C_i(\Gamma)$، به صورت محدب و به صورت معادلات (۱) در نظرگرفته می‌شود. این تغییر سبب می‌شود علاوه بر تضمین وجود جواب، مشکل الگوسازی الگوی رقابتی بین جمعیت (تصمیم‌های رقابتی) نیز حل شود.

$$\min_{X_t}\{\sum_{s=t}^{T}\sum_{i=l}^{n}\beta^t[C_i(X_i(t),Y(t))]\} \quad .(۱)$$
$$s.t. \quad Y(t)=f(X_i(t-1),Y(t-1))$$

$$X_i(t)\geq 0, Y(0)=Y^0, i=1,2,...,n. \quad t=1,2,...,T$$

در معادله (۱) عبارت $X_i(t)$ یک عبارت کنترلی است. این عبارت بیانگر تفاضل خروجی‌های دسته‌های ریسک در لحظه t ام است. ضریب $0\leq\beta\leq 1$ بیانگر تأثیر ضریب، هر یک از عوامل ریسک‌های رقیب است. معادله حالت $Y(t)$، تغییرات محیطی (پویا) را در نظرگرفته و تأثیر عوامل تغییرکننده در محیط بر عامل β را کنترل می‌کند.

از اصل بهینگی بلمن در حل معادله (۱) استفاده می‌کنیم و جواب معادله فوق با حل معادله‌های (۲) و (۳) به کمک برنامه‌ریزی پویا به راحتی به دست می‌آید.

$$W(T,Y(T)) = \min_{E_T}\{\sum_{i=1}^{n}\beta^t[C_i(X_i(t),Y(t))]\}$$

.(۲)

$$W(t,Y(T)) = \min_{E_T}\{\sum_{i=1}^{n}[C_i(X_i(t),Y(t))] + \beta W(t+1,Y(t+1))\}$$
$$t = 1,2,...,T-1$$

.(۳)

پس از حل‌معادله فوق مهم‌ترین قسمت در الگوسازی بازی‌های تکاملی، نقطه‌ی انتهایی این بازی‌هاست؛ به عبارت دیگر دنبال یافتن شرایطی خواهیم بود که جمعیت در آن شرایط پایدار باشد. فرض می‌کنیم، x^* پروفایل جمعیت تولید شده توسط جمعیتی باشد که از راهبرد σ^* ($x^* = \sigma^*$) که معادل ورودی تأمین امنیت ریسک است استفاده می‌کند. در این صورت شرط لازم برای پایداری جمعیت معادل معادله (٤) خواهد بود (یونگ، ۲۰۰۵) :

$$\sigma^* \in \arg\max_{\sigma\in\sum} \pi(\sigma, x^*)$$

.(٤)

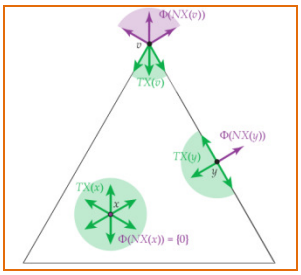
تعریف ۲: فرض کنید σ^* همان راهبرد معادله (٤) باشد، که پروفایل‌جمعیت x^* آن را تولیدکرده است. همچنین S^* مجموعه پشتیبان σ^* باشد. اگر جمعیت پایدار باشد، داریم:

$$\pi(s,x^*) = \pi(\sigma^*,x^*) \qquad \forall s \in S^* \qquad .(۵)$$

اثبات: اگر مجموعه S^* تنها شامل یک راهبرد (یک عامل مؤثر در تصمیم‌گیری ریسک) باشد، تعریف فوق به صورت بدیهی درست است. اکنون فرض کنید، مجموعه S^* شامل بیش از یک راهبرد باشد. اگر تعریف فوق درست نباشد، حداقل یک راهبرد با پیامد بیشتر از $\pi(\sigma^*,x^*)$ وجود دارد. در این صورت اگر S' اقدامی باشد که بیشترین پیامد را در تصمیم‌گیری داشته باشد، آنگاه خواهیم داشت:

$$\pi(\sigma^*, x^*) = \sum_{s \in S^*} p^*(s)\pi(s, x^*) = \sum_{s \neq s'} p^*(s)\pi(s, x^*) + p^*(s')\pi(s, x^*)$$
$$< \quad \sum_{s \neq s'} p^*(s)\pi(s', x^*) + p^*(s')\pi(s', x^*) = \pi(s', x^*)$$

که با فرض اولیه که جمعیت پایدار است، در تناقض است. این تعریف توسط شکل زیر نیز به راحتی اثبات می‌شود.



شکل ۲: نمودار مثلثی اثبات گرافیکی لم ۲.

در شکل فوق دایره‌ها بیانگر سه نوع دلخواه مختلف پیامد عامل‌های ریسک هستند. در این بردارها جهت هم‌گرایی توسط پیکان‌های مختلف نشان داده شده است. در صورتی که تعریف فوق صحیح نباشد؛ یعنی پیامدی وجود داشته باشد که از $\pi(\sigma^*, x^*)$ بیشتر باشد (پیامدها در شکل فوق با تابع $\phi(NX(x))$ به معنای اعمال ورودی x در ریسک جاری نمایش داده شده‌اند)، این سه عامل هرگز در هیچ نقطه‌ای همگرا نخواهند شد. در قسمتی از شکل فوق که پیکان‌های بنفش رنگ عدم هم‌گرایی را نشان می‌دهند همچنان به ازای حداقل یک پیکان (سبز) این فرض برقرار است.

اگر σ^* بهترین ضریب شرکت عامل s در تصمیم‌گیری ریسک برای x^* باشد، تکامل جمعیت متوقف می‌شود. (رسیدن به بهترین پاسخ). با این وجود اگر راهبرد دیگری وجود داشته باشد که به خوبی جمعیت با پروفایل x^* باشد آنگاه جمعیت به سمت راهبرد دیگر متمایل می‌شود (بررسی عوامل مؤثر دیگر در تصمیم‌گیری)، تا زمانی که از تمایل به سمت راهبرد باز داشته شود. (ضریب حضور عامل در

تصمیم‌گیری صفر منظور شود؛ به عبارت دیگر این عامل در مرور زمان از سیستم مدیریتی عوامل ریسک سازمان حذف شود).

برای بررسی نسل‌های آینده یک جمعیت (عوامل مدیریت ریسک که در محیط تغییرکرده‌اند) ما نیازمند اطلاعاتی راجع به نحوه تغییر پیامدها در هنگام تغییرات جمعیتی هستیم و این پیامدها در واقع از خروجی‌های تصمیم‌های گذشته سازمان گرفته می‌شوند؛ به عبارت بهتر، دانستن $\pi(s,x)$ به عنوان تابعی از x از لحاظ ریاضی، تفاوت در خطی یا غیرخطی بودن پیامدها نسبت به احتمالات گوناگون $x(s)$ ایجاد نمی‌کند.

تعریف ۳: فرض‌کنید یک عامل مؤثر خاص در پروفایل x موجود است. (عامل تاثیرگذار سازمانی موجود در مدیریت‌ریسک) اگر این عامل از راهبرد σ استفاده کند، در این حالت پیامد این عامل را با $\pi(\sigma,x)$ نمایش خواهیم داد.

نکته دیگر در تعادل‌تکاملی بازیکنان دیگری نیز در جمعیت حضور دارند اما تمامی این بازیکنان دارای پیامد کمتری خواهند بود. بنابراین در حالت کلی پیامد این عامل در ارزیابی ریسک k ام به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$\pi(\sigma,x)=\sum_{s\in S}p(s)\pi(s,x) \qquad (٦).$$

پیامد معادله (٦) تعداد نسل‌های آینده و تأثیر این عوامل در آینده‌سازمان را به‌ازای هر عامل نمایش می‌دهد. بنابراین جمع پیامدها در تکامل جمعیت، خروجی و ضریب هر عامل در ارزیابی کل را نمایش می‌دهد.

برای تضمین کردن وجود و همچنین منحصر بودن جواب همان‌طور که ذکر شد، محدب بودن تابع هزینه‌کافی‌است. به‌خاطر حل این الگوی برای مسائل مدیریتی در ریسک‌های‌رقابتی نیز تعادل پایدارتکاملی زمانی برقرار خواهد شد که در هر بازه تصمیم‌گیری فقط یکی از دسته‌ها بیشترین امتیاز خود را گرفته باشد. به عبارت دیگر برای هر $t\in T$ و بازیکن (عامل ریسک) $i\in I$ معادله زیر دارای جواب باشد.

$$\max_{\{X_t\}}\{\sum_{s=t}^{T}\beta^t[U_i(X_i(t),Y(t))]\}$$
$$s.t.\ Y(t)=f(X_i(t-1),Y(t-1)) \qquad (۷)$$
$$X_i(t)\geq 0,\ Y(0)=Y^0, i=1,2,...,n.\ t=1,2,...,T,\ X_j(t)\neq 0,\ j\neq i.$$

در معادله (۷) شرط پایداری، وجود معادله حالت اولیه صحیح Y^0 خواهد بود.

تعریف ٤: راهبرد σ^*، یک‌نقطه‌ی پایدار تکاملی در معادله (۷) است. اگر جمعیتِ جهش‌یافته‌ای که از راهبرد دیگری مثل σ استفاده می‌کنند (سازمان رقیب)، فرزندان کمتری در جمعیت داخل شده جدید داشته باشند. از محدب‌بودن تابع و معادله (٤)، می‌دانیم که سهم جهش در جمعیت کم است. دلیل شهودی این حضور کم به دلیل غیرمنطقی بودن ارزیابی ریسک، تنها با اکتفا کردن به اطلاعات سازمان‌های رقیب است.

در نهایت با استفاده از تعریف‌های ۲ تا ٤ و به کمک از روش برنامه‌ریزی پویا، جواب‌های معادلات (۲) و (۳) در هم‌گرایی به نقطه‌ی پایدار تکاملی به صورت زیر خواهد بود.

$$N_i(T,Y(T))=\min_{X_i(T)}\{[C_i(X_i(T),Y(t))]\} \qquad (۸)$$

$$N_i(t,Y(t))=\min_{X_i(y)}\{C_i[(X_i(t),Y(t))]+\beta N_i(t+1,Y(t+1))\},\ t=1,2,...,T-1 \qquad (۹)$$

قضیه ۱: اگر بازی جمعیتی دارای پیامدی برابر تعریف ٤ باشد، پیامد مرتبط این بازی با پیامدهای عوامل داده شده برای تصمیم‌گیری به صورت زیر خواهد بود.

$$\pi_1(s,s')=\pi(s,s')=\pi_2(s',s) \qquad (۱۰)$$

که $s'\in Max(Risk\ Component)$ می‌باشد. در جمعیت یکسان و بدون تغییر در عوامل تاثیرگذار بر ریسک، اگر σ^* یک نقطه‌ی تعادل تکاملی باشد، داریم: $x^*=\sigma^*$. بنابراین اگر تعادلِ نش در بازی منطبق بر تعادل تکاملی‌در بازی‌جمعیتی باشد، باید به فرم $(\sigma^*\sigma^*)$ باشد؛ لذا تعادل نش می‌تواند مطابق با یک تعادل تکاملی باشد. همچنین C بیانگر قیود محدود تصمیم‌گیری خواهد بود.

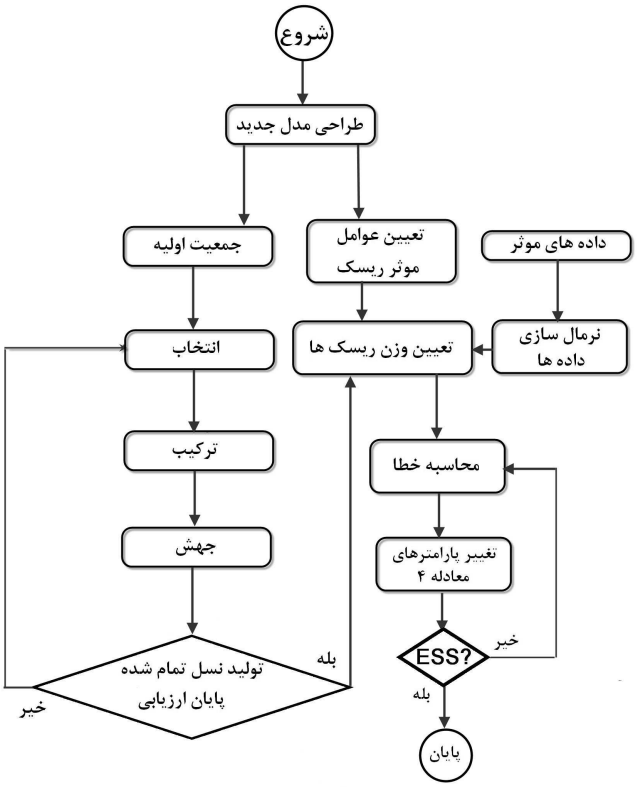
طبق خاصیت مجموعه پشتیبان نقاط پایدار تکاملی معادله (۷) وابستگی و توانایی کار با جمعیت متفاوت (ظهور و تغییر عوامل مؤثر سازمانی در مدیریت ریسک) را تضمین می‌کند. در نهایت عبارت کنترلی معادله‌های (٤) تا (٦) در واقع یک خروجی بازخوردی را برای مدیریت ریسک‌های رقابتی فراهم کرده است. تابع مقدار N_i هم، هزینه تقابل نقطه نش محاسبه شده را نسبت به هر بازیکن دیگر محاسبه می‌کند.

با استفاده از الگوی ارائه شده و فرم تحدب معادله (۱) وجود و انحصار تعادل تکاملی تضمین می‌شود. در واقع با این تضمین علاوه بر رفع مشکلات روش‌های سنتی در مدیریتِ ریسک، رویکردی نو برای الگوسازی و تصمیم‌گیری در زمینه‌ی مدیریت‌ریسک به‌صورت عمومی که قابلیت استفاده نظامی را نیز داراست، بیان شده است.

مدیریت ریسک نظامی و ابزار مدیریت ریسک

این قسمت به پیاده‌سازی نمونه‌ای از الگوهای ارزیابی ریسک در مدیریت ریسک‌های تقابلی- همکاری نظامی با استفاده از الگوی ارائه شده می‌پردازد. فلوچارت کلی سیستم تحلیل‌کننده ریسک به صورت زیر خواهد بود.

در حقیقت مدیریت‌ریسک نظامی به معنای شناسایی، ارزیابی و کاهش ریسک‌های موجود در ایجاد و به‌کارگیری سیستم‌های اطلاعاتی یا مدیریت دانش تا سطح مورد قبول است. نرم‌افزاری که بخواهد مدیریت‌ریسک را انجام دهد باید سه فرآیند شناسایی‌ریسک، پیش‌بینی طرق کاهش ریسک تا یک سطح‌قابل‌قبول و در نهایت ارزیابی آن باشد. اکنون مراحل سیستم طراحی شده برای ارزیابی ریسک را به صورت گام به گام تشریح شده است.



شکل ۳: فلوچارت کلی سیستم ارزیابی کننده ریسک

گام ۱: ابتدا حوزه‌ی کار سیستم یعنی دانش‌اولیه و مرز آن مشخص‌شده و سپس با استفاده از داده‌های موجود سیستم، عملیات نرمال‌سازی داده‌های ورودی، اهمیت و میزان حساس بودن آنها و به طورکلی حوزه‌ی عملکرد میدانی سیستم مشخص می‌شود.

گام ۲: شناسایی تهدیدهای سازمانی مثل تهدیدات طبیعی و انسانی و تنظیم و اعمال مؤثر آنها برای اعمال به ورودی ارزیاب ریسک جدید است.

گام ۳: با استفاده از خروجی‌های گذشته تصمیم‌گیری شده در معادلات حالات قبلی الگوی به شناسایی نقاط نامشخص سیستم پرداخته می‌شود. در صورت عدم وجود

گزارش‌های مسبوق در سازمان‌ها اطلاعاتِ سازمان‌های همکار یا رقیب قابل استفاده خواهد بود. این کار با انتخاب جمعیت در زادوولد هر عامل نیز کنترل خواهد شد.

گام ٤: تحلیل کنترل‌های لازم برای ورودی‌ها و تعیین اینکه این متغیرهای مشخص شده کمک به کاهش سطح ریسک خواهد کرد یا خیر.

گام ٥: با در دسترس بودن عوامل مؤثر ریسک و تعداد آن سیستم به تحلیل و ارزیابی خواهد پرداخت. اگر شرایط ذکر شده در معادله (۷) برآورده شود تعادل پایدار تکاملی یافت شده است. در غیر این صورت متغیرهای معادله (ضرایب عوامل ورودی) تا رسیدن به شرایط آرامش و پایدار، تغییر خواهند کرد.

برای بررسی نحوه کار الگوی ارزیاب، مثال کوتاهی را در این قسمت مورد بررسی قرار خواهیم داد.

مثال ۱: الگوی طراحی‌شده را برای ارزیابی‌وتحلیل ریسک‌های‌اطلاعاتی با شرایط مختلف مورد بررسی قراردادهایم. داده‌ها و متغیرهای مورد نیاز در جدول‌های بعد ذکر شده‌اند. متغیرهای تکاملی معادله (۳) به صورت جدول ۱ در نظر گرفته شده‌اند.

جدول ۱- متغیرهای معادلات‌تکاملی مثال۱

متغیر.	مقدار.
تابع پیامد.	**معادله (۳).**
جمعیت اولیه.	**۵۹۵=۱+۳۳+۳۳+۳۳×۱٦**
C_m	**۱۵**
$\Delta = C_m - C_r$	**۱۰**
m	**٤۰**
σ	**۱۰**

در جدول فوق و در ردیف چهارم، متغیر دلتا بیانگر میزان تغییرات متغیرهای ورودی مؤثر بر ریسک و m میزان متغیرهای ریسک‌پذیر در تصمیمِ نهایی خواهد بود.

عامل‌های (بازیکنان) در نظر گرفته شده مؤثر در ریسک به صورت جدول ۲ انتخاب شده است.

جدول ۲- جدول پیامد بازی آزمایشی.

ریسک دوم. \ ریسک اول.	R	S	P
R	A_{11}, A_{11}	A_{12}, A_{21}	A_{13}, A_{31}
S	A_{21}, A_{12}	A_{22}, A_{22}	A_{23}, A_{32}
P	A_{31}, A_{13}	A_{32}, A_{23}	A_{33}, A_{33}

نمادهای R، S و P بیانگر تأثیر ریسک‌کم، متوسط و زیاد هستند. عامل‌های دارای اندیس یکسان عوامل مشترک هستند که یا در سازمان رقیب استفاده می‌شوند و یا اطلاعات گذشته و مشابه سازمان استفاده شده‌است. در جدول بعد این موارد در عوامل مؤثر بر ریسک‌های نمونه‌ای به تفضیل ذکر شده است.

جدول ۳- متغیرهای دسته‌عوامل مؤثر بر ریسک.

متغیر	مقدار
A_{11}	ریسک‌های امنیتی
A_{12}	ریسک مربوط به وضعیت اقتصادی
A_{13}	فقدان حمایت سیاست تقابل
A_{21}	ریسک‌های مربوط به تکنولوژی سخت افزاری
A_{22}	ریسک‌های مربوط به منابع انسانی
A_{23}	ریسک‌های مربوط به مقررات و شهرت

ماتریس احتمالات، ارزیابی و سطح‌ریسک را به ترتیب در سه جدول بعد مشاهده می‌کنید.

جدول ٤- دسته‌بندی انواع مؤثر بر الگوی‌خروجی.

احتمال/اثر	بی اهمیت	کم اهمیت	مهم	بحرانی	فاجعه برانگیز
نادر	L	L	M	S	S
غیرمحتمل	L	L	M	S	H
پنجاه پنجاه	L	M	S	H	H
محتمل	M	S	S	H	H
تقریبا قطعی	M	S	H	H	H

جدول ۵- طبقه‌بندی‌خروجی‌برای‌شناسایی‌مقیاس ریسک

۲۱-۵	۱۶-۲۰	۱۱-۱۵	۶-۱۰	۱-۵
بسیار بالا	بالا	متوسط	پایین	بسیار پایین

جدول ٦- ماتریس‌سطح‌ریسک

۵	٤	۳	۲	۱	
۵	٤	۳	۲	۱	۱
۱۰	۸	٦	٤	۲	۲
۱۵	۱۲	۹	٦	۳	۳
۲۰	۱٦	۱۲	۸	٤	٤
۲۵	۲۰	۱۵	۱۰	۵	۵

پس از مشخص شدن جزئیات ساختاری ریسک‌ها، مهم‌ترین متغیرهای روشِ ارائه‌شده در ادامه بیان شده است.

$$T=5, i=3, X_i(t)=0, B^t=f(x-A_{i1}), C_i=A_{ij}\ \forall j\in I$$

که به‌ترتیب‌متغیرهای موجود از چپ به راست، T برابر تعداد تکرار متغیرمحیط، شروع تصمیم‌گیری از مرحله‌ی سوم i با مقدار صفر، نگاشت وابستگی به مقدار قبلی‌تابع f وقیود محدودیت، C می‌باشد.

حل: ابتدا خروجی محاسبه شده توسط حل دستی معادلات ۱ تا ٤ را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

$$R_1=2-0.4*(A_{11}+40)^2-C_1t*(p_1-q_1)-0.4*(0.5-0.1).$$
$$R_2=4-0.2*(A_{12}+40)^2-C_2t*(p_2-q_1)-10*(0.5-0.3).$$
$$R_3=6-0.1*(A_{13}+40)^2-C_3t*(p_3-q_1)-0.1*(0.7-0.3).$$
$$R_4=8-0.7*(A_{14}+40)^2-C_4t*(p_4-q_1)-5*(0.4-0.1).$$

به همین‌ترتیب به‌تعداد $5^3\times5\times3$ فرمول برای۵ راهبرد ریسک و سه حالت برای هر ماتریس احتمال باید محاسبه گردد. عدد محاسبه شده در هر خط میزان تأثیر کنونی عامل فعلی در کنترل ریسک را نشان می‌دهد. در نهایت خروجی به دست آمده (تنها برای عامل A)، به صورت زیر خواهد بود.

$$R_1=40, R_2=44.9, R_3=50.1, R_4=65.2, w=5,$$
$$A_{11}=22.7, A_{12}=39.4, A_{13}=50.5, A_{21}=49.6,$$
$$A_{22}=64.9, A_{23}=27.12, A_{31}=34.2, A_{32}=39.76$$

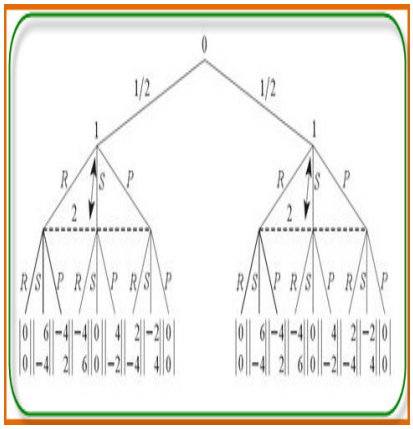
که با استفاده از جداول ۲ و ۵ داریم.

$$A_{11}=L, A_{12}=L, A_{13}=M, A_{21}=M,$$
$$A_{22}=H, A_{23}=L, A_{31}=M, A_{32}=S$$

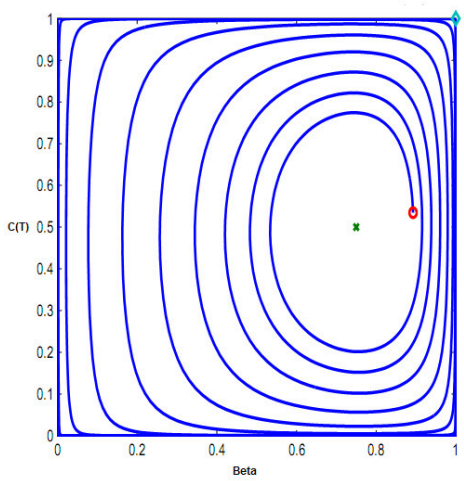
بدین ترتیب میزان تأثیر هر یک از ریسک‌ها برای عوامل مؤثر در نظرگرفته شده جدول ۱ محاسبه گردید. طبق این محاسبه سهم هر یک از عوامل مشخص شده و ارزیابی آن توسط مدیر برحسب ضرایب محاسبه شده به‌سادگی امکان‌پذیرخواهد بود.

در شکل بعد الگوی درختی ریسک‌های در نظر گرفته شده برای مثال خود را به تصویر کشیده‌ایم. این الگو برای ارزیابی پیامدهای مثال قبل با استفاده از نرم‌افزار

شبیه‌ساز Game Tracer [۷۳] انجام شده است. در این درخت، ارزیابی‌الگوی‌جدید در بهترین‌حالت (۰,۰)، را با انتخاب راهبردهایS-S-P ، (از عوامل دسته‌ریسک $A_{33}, A_{32}, A_{1,3}$)، نشان‌داده و صحت عملکرد را همان‌طور که از معادله (٤) به صورت دستی محاسبه شد، نشان می‌دهد.



شکل ٤: خروجی درختی عوامل الگوی ریسک در مثال ۱



شکل ۵: نمایش تراژکتوری تا رسیدن به تعادل در مثال ۱

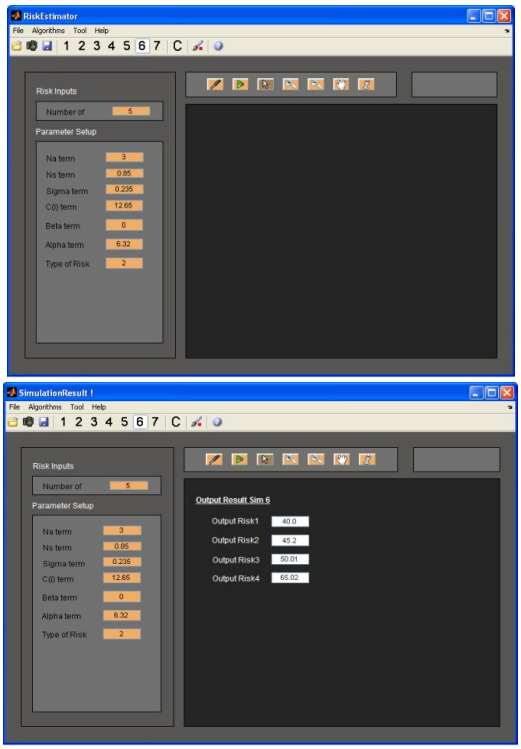
لازم به ذکر است که محدوده مدیریت‌ریسک محدود به‌عوامل ذکر شده در مثال‌فوق‌نیستند. نمونه‌های فوق به‌منظور نمایشِ ارزیابی عملکرد الگو در مدیریت‌ریسک نظامی نمونه‌ای انتخاب شده‌اند.

برای‌سادگی انجام محاسبات توسط الگوی ارائه شده، واسط کاربری توسط نرم‌افزار Matlab طراحی و پیاده‌سازی شد. شکل ٦ نحوه‌ی تنظیم متغیرها در نرم‌افزار مربوط و خروجی محاسبه‌شده را نمایش می‌دهد.

پس از مشخص‌شدن مقادیر هر دسته ریسک با استفاده از منوی Tools نرم‌افزار طراحی‌شده می‌توان نمودارهای آنالیزی مختلف ریسک‌ها را برحسب عوامل آنها تشکیل داد تا میزان تأثیر هر ریسک مشخص گردد. برای نشان دادن کیفیت الگوی طراحی شده جدید، نمودار آنالیز هم‌گرایی تعادل پایدار تکاملی برحسب متغیرهای β و $C(t)$ را، در شکل زیر به‌تصویر کشیده‌ایم.

شکل فوق نشان می‌دهد که معادله حالت اولیه اگرچه در معادله (٤) تا (٦) بین صفر و یک مقدار می‌گیرد، اما هم‌گرایی تضمین شده الزاما در بین مقادیر بزرگ‌تر از

۰.۵ اتفاق خواهد افتاد. تراژکتوری‌های شکل فوق تنها به ازای یک عامل از ریسک‌های مثال فوق ترسیم گردیده است. همان‌طور که در مثال فوق ذکر شد، الگوی جدید مدیریت ریسک مبتنی بر نظریه‌ی بازی‌های تکاملی برای اولین‌بار توانایی در نظرگرفتن شرایط و عوامل متغیرمحیطی را به‌خصوص برای مدیریت ریسک‌های نظامی؛ که دارای عوامل‌متغیری پویا هستند را داراست. الگوی‌جدید علاوه بر تضمین هم‌گرایی و وجود تعادل تکاملی از سطح مفهومی (تحلیلی) بالایی نیز برخوردار است.



شکل ٦: نمونه‌ای از واسط‌گرافیکی‌طراحی‌شده برای مدیریت‌ریسک به همراه خروجی حاصل

نتایج تجربی و شبیه‌سازی

در این بخش به‌بررسی و ارزیابی الگوی جدید پیشنهادی خود نسبت به بهترین و مشهورترین روش‌های کنونی در مدیریت ریسک می‌پردازیم. روش‌های مورد آزمایش به ترتیب، FRMM، HFB، ISM و ENM خواهد بود. برای بررسی‌های آماری از نرم‌افزار SPSS 17.0 [۷٤] استفاده کرده‌ایم. مهم‌ترین متغیرهای روش‌های منتخب در جدول ۷ ذکر شده‌اند. تعداد ریسک‌ها در سه آزمایش به ترتیب ۷، ۱۱ و ۱۵ نوع و تعداد عوامل مؤثر هم بین بازه ۱ تا ۱۰۰ متغیر می‌باشد. بقیه متغیرهای موردنیاز شبیه‌سازی هم مشابه مثال ۱ در نظر گرفته شده است.

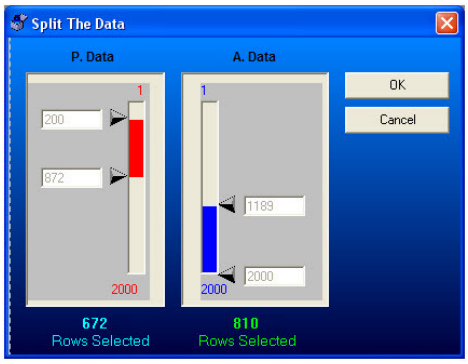
داده‌های متغیر یک مساله مدیریت‌ریسک، از داده‌های موجود در پایگاه RiskEstimation.Com [۷۵] که یکی از معتبرترین پایگاه داده‌های تحلیل و ارزیابی ریسک است استفاده کرده‌ایم. داده‌های استخراج شده با استفاده از نرم افزار SPSS به دو قسمت افراز شده‌اند. برخی‌داده‌ها به‌عنوان داده‌های عملکردی گذشته (P.Data) و برخی داده‌ها به عنوان ارزیابی (A.Data) یک شرایط جدید مورد استفاده قرار گرفته‌اند. شکل ۷ این تقسیم‌بندی را نمایش می‌دهد.

جدول ۷- متغیرهای عملیاتی شبیه‌سازی.

نام الگوریتم.	متغیرها.
FRMM	$\Lambda_{edge}=50, \lambda=100, \delta_r=0.15$
HFB	$\lambda=1.9, \zeta=0.1$
ISM	$a_0=0.1, a_f=0.5, T=15$
ENM	$a_0=0.1, a_f=0.5, T=15, d_f=10^{-3}$

تعداد و نوع داده‌های آموزشی مورد استفاده برای ارزیابی نیز در جدول ۸ نشان داده شده است.

در آنالیز کیفی ریسک (نلسون، ۲۰۱۰)، برای مقایسه از ابزارهایی چون نمودار پارتو، آنالیز اثرات و مدهای خرابی، ماتریس احتمال و اثر ریسک و تکنیک‌های دیگر استفاده می‌شود. در این پژوهش از الگوی احتمال و اثر ریسک به دلیل سادگی در پیاده‌سازی استفاده کرده‌ایم، اگرچه الگوی ارائه شده جدید، مستقل از این الگو نیز عمل‌خواهدکرد. در این الگوی احتمال ریسک، بیانگر شانس رخ‌دادن رویداد و شدت ریسک، بیانگر درجه اهمیت اثرات ریسک و نتایج رویدادهای مرتبط با ریسک است. قابل تذکر است که دسته‌بندی کلاس‌های ریسک‌های نظامی نیز محدود به عوامل ذکر شده نیستند. این آنالیزها را به چند بخش تقسیم و در هر قسمت مزایای الگوی پیشنهادی را بررسی خواهیم کرد. تعداد و نوع داده‌ها در آزمایش‌های گوناگون یکسان و معادل جدول ۸ خواهد بود.



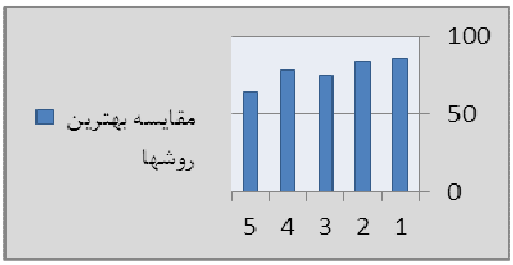
شکل ۷: تقسیم داده‌ها در SPSS

جدول ۷- تعداد و نوع داده‌های مورد استفاده

نام طبقه	تعداد داده آموزشی از الگوی تصمیم قبلی	تعداد داده‌های ارزیابی	کل
ریسک زمان	٦٠	٢٠	٨٠
ریسک هزینه	٥٦	٨٠	١٣٦
ریسک افزایشی	٩٠	٩٦	١٨٦
ریسک فاجعه انگیز	٤٦	٢٠	٦٦
ریسک محیطی، ایمنی	١١٠	٦٤	١٧٤
ریسک فنی	٢٩	١٤	٤٣
ریسک انسانی	١٠٠	٤٥	١٤٥
ریسک اقتصادی	٧٦	٤٨	١٢٤
ریسک نبودن حمایت	٦٩	٤٣	١١٢
کل	٦٣٦	٤٣٠	١٠٦٦

بررسی نرخ صحت‌تصمیم‌گیری

آزمایش دقت خروجی‌سیستم پیشنهادی را بر روی الگوهای ارزیابی‌کننده ریسک و با توجه به سوابق داده‌های موجود انجام شد. در این آزمایش محیط سازمانی شبیه‌سازی شده را ثابت در نظر گرفتیم. بدیهی است در این صورت فرض ورود عوامل متغیر به عوامل تاثیرگذار سازمانی، لحاظ نخواهد شد. تمایز دقت تصمیم‌گیری (نسبت به تصمیم‌صحیح فردخبره) در شکل ۸ نمایش داده شده است. در این شکل دقت (برحسب درصد) روش پیشنهادی خود را با روش‌های کنونی به مقایسه گذاشته‌ایم.

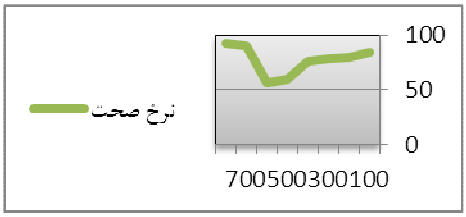


شکل ۸- مقایسه دقت تصمیم‌گیری به ترتیب از راست به چپ برای، روش ارائه شده، BPM، ISM ،ENM ،FRMM.

بررسی نمودار فوق نشان می‌دهد روش پیشنهادی با دقت ۸٤.٦٪ تنها، با روش BPM قابل مقایسه است. روش BPM نسبت به سه روش سنتی دیگر، عملکرد بهتری ارائه کرده اما به دلیل استفاده از فرایند تکاملی، بهبود نسبی در دقت تصمیم‌گیری الگوی پیشنهادی ما بیشتر است. عملکرد روش ENM نسبت به‌حالتی‌که سوابق اطلاعاتی سازمان موجود نباشد، از BPM بهتر است اما در شرایط واقعی الگوی ریسک پیاده‌سازی‌شده باید با اطلاعات سازمان‌های همکار یا رقیب سازگار باشد. به دلیل ساختار الگوی طراحی شده، حتی در زمانی که ورودی‌های مؤثر تصیم‌گیرنده در ریسک نتوانند از اطلاعات گذشته خود استفاده کنند، باز هم دقت الگوی پیشنهادی نسبت به تمامی‌روش ها مطلوب‌تر خواهد بود.

بررسی نرخ صحت‌الگو

در الگوهای ارزیابی‌کننده‌ریسک، دقت‌تصمیم‌گیری‌الگو به شباهت تصمیم‌های اخذشده و درصد ضرایب هر یک از عوامل اشاره می‌کند اما نرخ‌صحت الگو، تنها به‌برابر بودن ضرایب محاسبه شده اشاره می‌کند (دیلون، ۲۰۱۳). الگوی‌ارزیابی‌ریسکی که بتواند نرخی بالاتر از ۵۰٪ برای داده‌های ارزیابی‌کننده خود ارائه کند، پایدار خواهد بود. شکل ۹ نمودار نرخ صحت برای ۷۸۰ نوع عامل مؤثر بر ریسک‌های جداول ۳ و ۸ را نشان می‌دهد.



شکل ۹- مقایسه نرخ صحت در روش ارائه شده با افزایش ضرایب عوامل مؤثر (بر حسب درصد).

نمودار فوق میزان دقت ضرایب محاسبه شده روش جدید را برای ارزیابی پایداری نشان می‌دهد. طبق‌گزارش میلی (۲۰۱۰) در میان کلیه الگوی‌های سنتی، تنها الگوی‌ارزیابی‌کننده، ENM پایدار بوده و دیگر روش‌های موجود، زمانی‌که سابقه اطلاعاتی از داده‌های ارزیابی‌کننده موجود نباشد، پایداری خود را از دست می‌دهند. به‌عبارت‌دیگر پایداری یک الگوی ارزیابی‌کننده را می‌توان با اضافه یا کم کردن ضریب ثابت به عوامل مؤثر ریسک (جمعیت‌باقی‌مانده‌انتهایی در الگوی‌بازی) سنجید. همچنین یک الگوی ارزیابی کننده ریسک صحیح در مقابل این تغییر پایدار خواهد بود. بنابراین روش پیشنهادی همواره پایدار خواهد بود.

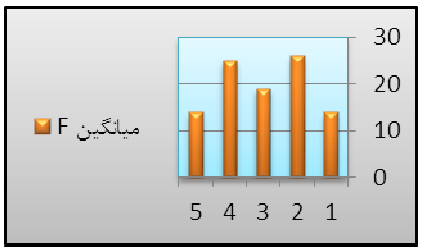
میانگین متوسط F

میانگینF (تکمن، ۲۰۱۰)، در واقع ترکیبی از متغیرهای‌مناسبی که یک الگوریتم‌خوب در ارزیابی‌ریسک باید آنها را رعایت کند، تشکیل شده است. در گزارش شن، (۲۰۱۲)، اثبات شده که الگوریتم‌ارزیابی‌کننده‌ای‌که میانگین F، بهتری نسبت به روش‌های دیگر داشته باشد، به طور قطع از هیورستیک بهتر و عملکرد بهینه‌تری نسبت به دیگر روش‌ها برخوردار خواهد بود. نتایج محاسبه شده از میانگینF درشکل ۱۰ نشان می‌دهد به دو دلیل، عملکرد الگوریتم جدید ارائه شده در ارزیابی‌ریسک از هر الگوریتم دیگری بهتر عمل کرده است. اول اینکه در میانگینF، زمان لازم برای تصمیم‌گیری صحیح و غلط در نظرگرفته‌شده و دوم اینکه در میانگین F نرخ صحت داده‌ها اعتبار خاصی دارد. طبق نتایج قبل تنها روشی که می‌تواند از لحاظ دقت با الگوی پیشنهادی در الگوی ارزیابی

ریسک رقابت‌کند، روش ENM است که از لحاظ دقت در آزمایش‌های بسیار ضعیف عملکرده است. میانگین F از ترکیب‌زمان، دقت و خطا در ارزیابی ریسک و تعداد مراحل تصمیم‌گیری که با β نمایش داده می‌شود تشکیل شده و به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$F_\beta = \frac{(\beta^2+1) * precision * recall}{\beta^2 * time * precision + recall} \quad (۱۲)$$

در فرمول فوق محاسبه‌دقت، نرخ‌صحت و تعداد مراحل تصمیم‌گیری متغیر یک برای الگوهای ارزیابی ریسک مورد بررسی قرار گرفته است. در این حالت نیز نزدیک‌ترین روش به الگوی ارائه شده BPM است. به‌راحتی می‌توان نشان داد که با میانگین F، پایداری یک‌الگوی ارزیابی‌کننده ریسک اثبات نمی‌شود بلکه تنها با میانگین F، می‌توان نشان داد که دقت و تحلیل سیستم پیشنهادی از سرعت و کیفیتی حدود ۷٪ بیش از دیگر روش‌ها که تنها در محیط ایستا کاربرد دارند، برخوردار است.



شکل ۱۰- مقایسه میانگین F، به ترتیب از راست به چپ، BPM، روش جدید ارائه شده، FRMM، ISM ،ENM.

کارایی در محیط‌های پویا

الگوهای‌ارزیابی کنونی توانایی بررسی و ارزیابی ریسک‌های سازمان‌هایی که در طول زمان به سرعت، عوامل مؤثر آنها در تصمیم‌گیری تغییر می‌کنند را ندارند. اگرچه برخی الگوها به بررسی و حل‌ظاهری این مشکل پرداخته‌اند اما در گزارش کوت (۲۰۱۳) نشان داده شده که هیچ روش کم‌هزینه و مطلوبی برای تصمیم‌گیری در این محیط‌ها

ارائه نشده است. به‌همین دلیل هیچ سیستمی برای مدیریت ریسک‌های نظامی تاکنون ارائه‌نشده‌است.

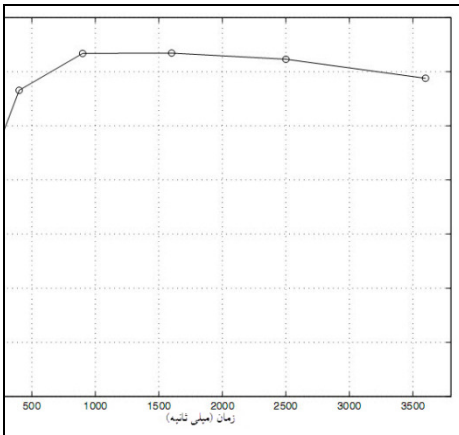
در الگوی‌جدید به دلیل استفاده از ساختار محدب بودن یک تابع و تلفیق آن با الگوی تکاملی امکان تغییرالگو به‌صورت پویا و بدون نیاز به تغییر پیچیده در ساختار الگو حین‌اعمال‌تغییرات را فراهم کرده است. برای بررسی این امر، نرخ‌صحت را در برهه‌های زمانی مختلف برای تعداد متفاوتی از انواع ریسک بررسی کرده‌ایم. در هر بازه زمانی چهار عامل ریسک را با ضرایب بیش از ۰.۲۰ در نظر گرفتیم. علت این محدودیت تاثیرداشتن عامل وارد شده در تصمیم‌گیری در برهه زمانی جاری برای ارزیابی خروجی است. همان‌طور که در شکل ۱۱ مشاهده می‌شود دقت الگو نسبت به حالتی که در محیط ایستا عمل می‌کرد، تغییر چندانی نکرده و همچنان مطلوب است. اما در مرحله‌ی پایانی، زمانی که حدود ۳٤ عامل به الگو اضافه شده است، نرخ صحت شروع به کاهش یافتن می‌کند. اگرچه در محیط‌های واقعی چنین تعداد عامل مؤثری هرگز به‌طورهمزمان در تصمیم‌گیری ریسک شرکت نخواهد شد، همچنان دقت سیستم در محیط‌های ایستا (بین چهار روش سنتی) برتر است.

بررسی تعداد رجوع در کاهش خطا

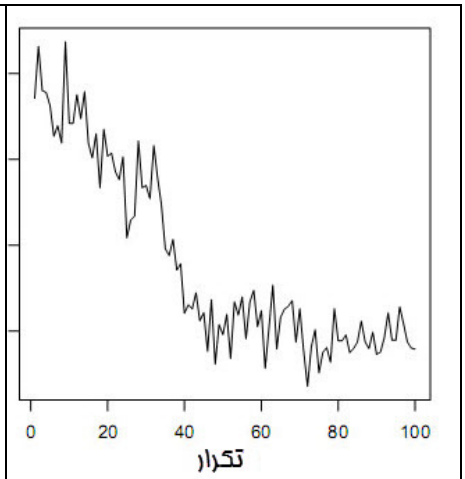
بررسی‌نهایی که بر روی الگوی پیشنهادی انجام شده‌اند بررسی تعداد رجوع به معادلات الگوی ارائه شده برای تصحیح و کاهش خطا است. مسلما الگویی که نخست مشکل استفاده از داده‌های قبلی سازمان‌های همکار یا رقیب را با الگوی رقابتی-همکارانه و دوم ناتوانی کارکرد این سیستم‌ها در محیط‌های پویا را به طور هم‌زمان حل نماید، به‌تنهایی برای یک نهاد کافی نیست. زمان تصمیم‌گیری، ارزیابی و تحلیل از عوامل دیگری است که نقش تعیین‌کننده‌ای بر کیفیت الگوی خواهد داشت. از این‌رو این معیار را نیز در مقایسه‌های خود لحاظ کرده‌ایم.

در ۱۰٦٦ داده مورد بررسی (عامل‌ها به همراه ۲ دسته ریسک برای هر عامل در جدول ۸)، نتیجه‌ی بررسی در تکرارهای متوالی، درصد تکرار خطای محاسبه شده به میزان قابل قبولی کاهش می‌یابد. پس از رسیدن به مقدار آستانه نیز خروجی‌الگوی ارزیاب حاصل می‌شود. شکل ۱۲ میزان خطای اصلاح شده در تغییر متغیرها را نمایش می‌دهد. خطای محاسبه تکامل در معادله (٤) پس از صد اصلاح (تکرار)، به دقت مورد نظر رسیده است. اگر مقدار آستانه هم برابر خطای صفر در نظر گرفته شود، (در واقعیت به دلیل احتمالاتی‌بودن مفهوم ریسک امکان پذیر نیست)، باز هم الگوی‌جاری به دلیل محدب بودن و شرایط مذکور توقف و رسیدن به جواب را تضمین می‌کند.

در نهایت، با ارزیابی این عوامل و بررسی‌های انجام شده، به صورت میانگین کل عوامل مقایسه، بیش از ۷.۱٪ بهبود کلی در شاخص‌های ارزیابی و تصمیم‌گیری برای مدیریت ریسک، حاصل شده است. استفاده از میانگین کل عامل، به جای بررسی تک به تک ارزیابی‌ها، به دلیل عدم وجود پایگاه مقایسه‌ای استاندارد در روش‌های ارائه شده سنتی بوده است.



شکل ۱۱- مقایسه نرخ صحت در افزایش عوامل مؤثر محیطی (محیط پویا)



شکل ۱۲- مقایسه نرخ صحت

نتیجه‌گیری

الگوهای سنتی مدیریت‌ریسک اعم از الگوهای مبتنی بر احتمال و یا عصبی از سه مشکل عمده رنج می‌برند. اول، به‌دلیل ضعف تهیه داده‌های آموزشی مجتمع، نرخ‌صحت این الگوها پایین می‌باشد. مشکل دوم از متغیر بودن عوامل‌محیطی نشات‌گرفته و هزینه زیادی را برای آموزش چندین باره شبکه یا هزینه زیاد در اصلاح ساختار الگو تحمیل می‌کند. مشکل پایانی اینکه این الگوها در محیط‌های ایستا عمل‌کرده و قابلیت تطبیق با محیط‌های پویا را ندارند. با استفاده از الگوی جدید و خاصیت محدب بودن یک الگوی‌تکاملی مبتنی بر نظریه بازی‌ها علاوه بررفع‌مشکلات فوق، برای اولین‌بار به ارائه‌الگویی برای ارزیابی و تحلیل ریسک‌های نظامی پرداختیم.

با ارائه‌ی الگوی جدید چهار امتیاز عمده در الگوی مشاهده می‌شود؛ اول اینکه پیاده‌سازی الگو به گونه‌ای انجام شده که امکان مدیریت ریسک‌های رقابتی و همکارانه فراهم شده است. امتیاز دوم کاربردی بودن روش با توجه به نتیجه آزمایش‌ها است. امتیاز سوم حل مسئله مدیریت‌ریسک در زمانی است که عوامل مؤثر بر ریسک در یک محیط به‌شدت تغییر می‌کنند و امتیاز چهارم سطح بالا بودن الگوی پیشنهادی به دلیل طراحی واسط کاربر و صرف نظر کردن از جزئیات ساختاری در مدیریت ریسک‌ها است.

چند کار را به‌عنوان تحقیقات بعدی در این زمینه می‌توان در نظر گرفت. اول تبدیل الگوی فوق در ترکیب الگویی با فرآیندهای رقابتی– همکارانه در مدیریت کسب وکار است. همچنین ارائه الگویی برای استفاده در سازمان‌ها با عوامل ایستا در مدیریت ریسک که قابل تجمیع با سیستم‌های پشتیبان تصمیم را داشته باشد، می‌تواند در ادامه این کار انجام گیرد.

منابع و مآخذ

۱. آسوشه، عباس؛ دیواندری، علی؛ کرمی، امیر و یزدانی، حمیدرضا (۱۳۸۸). شناسایی عوامل حیاتی موفقیت در مدیریت ریسک برون سپاری سیستم‌های اطلاعاتی در بانک‌های تجاری ایران، نشریه مدیریت فناوری اطلاعات، شماره ۳.

۲. رفیعیان، مجتبی و مطهری، زینب‌السادات (۱۳۹۱). طراحی مدلی برای مطالعه رویکرد مدیریت ریسک بحران اجتماع محور مطالعه موردی طرح دوام، نشریه مدیریت بحران، شماره ۱، دوره ۱.

۳. یوسفی، روزبه (۱۳۹۰). طراحی ارائه مدل ریاضی جبران‌سازی اثرات جانبی در نظریه اقتصاد رفاه با کمک نظریه‌ی بازی‌ها و کاربرد بازی‌های اولی، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه ترتیب مدرس.

4. Bardhan, I. R., *et al.*, (2010). IT project portfolio optimization: A risk management approach to software development governance. *IBM Journal of Research and Development,* 54, 1-18.

5. Benaroch, M., & Appari, A. (2010). Financial Pricing of Software Development Risk Factors. *IEEE Transaction on Software,* 27, 65-73.

6. Baudrit, C., *et al.*, (2006). Joint Propagation and Exploitation of Probabilistic and Possibilistic Information in Risk Assessment. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems.* 14, 593-608.

7. Benaroch, M., & Goldstein, J., (2010). An Integrative Economic Optimization Approach to IS Development Risk Management. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 35, 638-653.

8. Boehmer, W. (2011). Dynamic Systems Approach to Analyzing Event Risks and Behavioral Risks with Game Theory. Third International Conference on Privacy, Security. 1231-1238.

9. Cabero, J.*, et al.*, (2010). Modeling Risk Management in Oligopolistic Electricity Markets: A Benders Decomposition Approach. *IEEE Transactions on Power Systems,* 25, 263-271.

10. Ching-Torng, L., & Chen-Tung, C., (2004). A fuzzy-logic-based approach for new product Go/NoGo decision at the front end. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans,* 34, 132-142.

11. Ching-Torng, L., & Chen-Tung, C., (2005). New product go/no-go evaluation at the front end: a fuzzy linguistic approach. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 51, 197-207.

12. Cogliandro, J., & Brucks, L., (2013). Using a triage risk identification process to Improve Monte Carlo Schedule Risk Analysis efficiency. *Reliability and Maintainability Symposium (RAMS),* 1-14.

13. Cole, D., *et al.*, (2011). Protecting Essential Refining Operations Using Blast-Resistant Electrical Equipment Shelters. *IEEE Transactions on Industry Applications,* 46, 1311-1320.

14. Diagne, M., *et al.*, (2012). Multisource Data Integration for Fire Risk Management: The Local Test of a Global Approach. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters,* 7, 93-97.

15. Dillon, R. L., & Mazzola, J. B., (2013). Management of disruption risk in global supply chains. *IBM Journal of Research and Development,* 54, 1-10.

16. Feng, Y., *et al.*, (2007). The Risk-Evaluation Model in Customs Based on BP Neural Networks. *Natural Computation. Third International Conference on ICNC*, 377-380.

17. Foley, S. N., & Moss, H., (2010). A risk-metric framework for enterprise risk management. *IBM Journal of Research and Development,* 54, 1-30.

18. Garcia, E. (2010). Electromagnetic Compatibility Uncertainty, Risk, and Margin Management. *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility,* 52, 3-10.

19. Halkidis, S. T., *et al.*, (2010). Architectural Risk Analysis of Software Systems Based on Security Patterns. *IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing,* 5, 129-142.

20. Hao, Y. h., *et al.*, (2007). An Early Warning System for Technological Innovation Risk Management Using Artificial Neural Networks. *International Conference* in *Management Science and Engineering, ICMSE 2007*, 2128-2133.

21. Hole, K. J., (2013). Management of Hidden Risks. *IEEE Transaction* on *Computer Systems*, 46(1) , 65-80.

22. Jennings, P. (2010). Managing the risks of Smarter Planet solutions. *IBM Journal of Research and Development,* 54, 1-9.

23. Jhan Yhee, C., *et al.*, (2009). Generic Failure-Risk Assessment of Industrial Processes due to Voltage Sags. *IEEE Transactions on Power Delivery,* 24, 2405-2414.

24. Jianhui, Y., & Zhiming, L., (2005). An early warning model for risk management of securities based on the error inverse propagation neural

network. *IEEE International Workshop on VLSI Design and Video Technology,* 393-396.

25. Jianping, Y. & Zhenxing, C., (2009). BP Neural Network for the Risk Management of MICE. *First International Workshop* in *Education Technology and Computer Science,ETCS '09,* 119-122.
26. Ju, Y. J., *et al.*, (2009). A Study on Risk Evaluation of Real Estate Project Based on BP Neural Networks. *International Conference on E-Business and Information System Security, EBISS '09*, 1-14.
27. Komatsu, T., & Namatame, A., (2012). Cascade of coordinated behaviors in interdependent security games. 6th International Conference on Soft Computing, 657-662.
28. Kott, A., & Arnold, C., (2013). The Promises and Challenges of Continuous Monitoring and Risk Scoring. *IEEE Security & Privacy*, 11(1) , 90-113.
29. Kwasinski, A., (2010). Technology Planning for Electric Power Supply in Critical Events Considering a Bulk Grid, Backup Power Plants, and Micro-Grids. *IEEE Systems Journal,* 4, 167-178.
30. Lei, W., (2008). IT Project risk assessment with GCPSO-based artificial neural network. *7th World Congress on Intelligent Control and Automation, WCICA 2008*, 2023-2036.
31. Li, H., *et al.*, (2010). A statistical model for risk management of electric outage forecasts. *IBM Journal of Research and Development,* 54, 8-21.
32. Li-Jie, C., *et al.*, (2009). The research on the early-warning system model of Operational Risk for commercial banks based on BP Neural Network analysis. *International Conference* in *Machine Learning and Cybernetics,* 2739-2744.
33. Lijuan, Y., (2009). Employee demission risk assessment based on AHP and BP neural network. *IEEE International Conference on Grey Systems and Intelligent Services, GSIS 2009*, 1511-1516.
34. Loutchkina, L., et al., (2013). Systems' Integration Technical Risks' Assessment Model (SITRAM). *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 40(99) , 1-40.
35. Lund, M. S., *et al.*, (2010). Evolution in Relation to Risk and Trust Management. *Computer Journal,* 43, 49-55.
36. McCauleyBell P., & Crumpton, L., (2000). A fuzzy linguistic model for the prediction of carpal tunnel syndrome risks in an occupational environment. *IBM Journal of Research and Development,* 44, 759-769.
37. Mili, A., *et al.*, (2010). Unified process for action plan management: Case study in a research and production semiconductor factory. *IEEE Transaction on Aerospace and Electronic Systems Magazine,* 25, 4-18.

38. Mougiakakou, S. G., *et al.*, (2010). SMARTDIAB: A Communication and Information Technology Approach for the Intelligent Monitoring, Management and Follow-up of Type 1 Diabetes Patients. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine,* 14, 622-643.

39. Neilson, G. H., *et al.*, (2010). Lessons Learned in Risk Management on NCSX. *IEEE Transactions on Plasma Science,* 38, 320-347.

40. Pantelopoulos, A., & Bourbakis, N. G., (2010). A Wearable Health-Monitoring System for People at Risk: Methodology and Modeling. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine,* 14, 613-621.

41. Persson, J. S., & Mathiassen, L., (2010). A Process for Managing Risks in Distributed Teams. *IEEE Transaction on Software,* 27, 20-29.

42. Ping, Z., & Xiaojun, L., (2010). Risk warning model based on radial basis function neural network. *7th World Congress on Intelligent Control and Automation, WCICA 2010*, 5817-5829.

43. Popovic, D. S., & Popovic, Z. N., (2004). A risk management procedure for supply restoration in distribution networks. *IEEE Transactions on Power Systems,*19, 221-228.

44. Ray, B., & McAuliffe, K., (2010). Preface: Business Integrity and Risk Management. *IBM Journal of Research and Development,* 54, 1-20.

45. Schmutz, A., *et al.*, (2002). Economic performance of contracts in electricity markets: A fuzzy and multiple criteria approach. *IEEE Transactions on Power Systems,* 17, 966-973.

46. Seker, H., *et al.*, (2003). A fuzzy logic based-method for prognostic decision making in breast and prostate cancers. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine,* 7, 114-122.

47. Setzer, T., *et al.*, (2011). Change scheduling based on business impact analysis of change-related risk. *IEEE Transactions on Network and Service Management,* 7, 58-71.

48. Shen, Q., *et al.*, (2012). Better Risk Response Method Based on Neural Network and Framework Reasoning in Aircraft Assembly Project. *nternational Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, WiCom 2012*, 4602-4605.

49. Shi-Jay, C., & Shyi-Ming, C., (2003). Fuzzy risk analysis based on similarity measures of generalized fuzzy numbers. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems,* 11, 45-56.

50. Shu-Fang, Z., & Li-Chao, C., (2013). The BP neural networks applications in bank credit risk management system. *8th IEEE International Conference on Cognitive Informatics,* 527-532.

51. Shuming, W., *et al.*, (2013). Value-at-Risk-Based Two-Stage Fuzzy Facility Location Problem. *IEEE Transactions on Industrial Informatics,* 5, 465-482.

52. Slavova, A. (2008). Cellular Neural Networks model of risk management. *11th International Workshop on Cellular Neural Networks and Their Applications,* 181-185.

53. Smith, E., & Eloff, J., Cognitive fuzzy modeling for enhanced risk assessment in a health care institution, *IEEE Transaction on Intelligent Systems and their Applications,* 15, 69-75.

54. Sridharan, S., & McEneaney, W., (2011). Risk-sensitive methods in deception games. *49th Annual Allerton Conference on Communication, Control, and Computing (Allerton)*, 1571-1580.

55. Song, L. Z., *et al.*, (2010). Competitive Advantages in the First Product of New Ventures. *IEEE Transactions onEngineering Management,* 57, 88-102.

56. Subramanian, D., *et al.*, (2013). Risk-adjusted approach to optimize investments in product development portfolios. *IBM Journal of Research and Development,* 54, 1-15.

57. Trkman, P., & McCormack, K., (2010). Estimating the Benefits and Risks of Implementing E-Procurement. *IEEE Transactions on Engineering Management,* 57, 338-349.

58. Von Kanel, J., *et al.*, (2010). Three key enablers to successful enterprise risk management. *IBM Journal of Research and Development,* 54, 50-65.

59. Wei-Dong, C. & Jun-Mei, L., (2009). A model based on factor analysis and Support Vector Machine for Credit Risk Identification in small-and-medium enterprises. *International Conference on Machine Learning and Cybernetics,* 913-918.

60. Wenyuan, L., *et al.*, (2008). Power System Risk Assessment Using a Hybrid Method of Fuzzy Set and Monte Carlo Simulation. *IEEE Transactions on Power Systems,* 23, 336-343.

61. Wu, Y., *et al.*, (2009). Study on Risk Assessment and Management of Landslide Hazard in New Bodong County, Three Gorge Reservoir. *International Conference on Management and Service Science,* 1-14.

62. Xianjin Bu, *et al.*, (2010). Existence Conditions and Analysis Approaches on Operation Risk. International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA), 250-263.

63. Xiao, J., *et al.*, (2009). The Research on the BP Neural Network Application in Food Supply Chain Risk Management. *International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering*, 545-548.

64. Yamin, H. Y., (2005). Fuzzy self-scheduling for GenCos. *IEEE Transactions onPower Systems,* 20, 503-515.

65. Yanbing, Yang, Liu, Bin. (2013). Bayes' Rule and Bank Credit Game Risk Analysis. *Fifth International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation (ICMTMA),* 335-337.

66. Yong, H., *et al.*, (2007). Software Project Risk Management Modeling with Neural Network and Support Vector Machine Approaches. *Third International Conference on Natural Computation,* 358-362.

67. Yongqiao, W., *et al.*, (2005). A new fuzzy support vector machine to evaluate credit risk. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems,* 13, 820-831.

68. Yongqing, F., *et al.*, (2008). Power System Operation Risk Assessment Using Credibility Theory. *IEEE Transactions on Power Systems,* 23, 1309-1318.

69. Zhengyuan, J., & Lihua, G., (2008). The Project Risk Assessment Based on Rough Sets and Neural Network (RS-RBF). *4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing,* 1-14.

70. Zhibin, L., & Fengshan, X., (2007). The Model and Application of the Investment Risk Comprehensive Evaluation about the Electric Power Project Based on BP Neural Network. *International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing,* 5188-5191.

71. Zhu, W., (2007). Applying an Improved BP Network to Risk Assessment of Performance for Expressway Management Corporations. *International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing*, 4618-4621.

72. Zhu, W., & Cao, D., Expressway Management Risk Evaluation Based on Fuzzy Neural Networks. *Second International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation,* 700-713.

73. Http:\\www.mathworks.com\toolbox\riskgui

74. Http:\\www.spss.com\R\distribute\demo.php

75. Http:\\ RiskEstimation.Com\dataset\tst.zip