ارزیابی ریسک‌های نرم افزاری امنیت اطلاعات سامانه اطلاعاتی تحقیقاتی با استفاده از روش ترکیبی تجزیه‌تحلیل حالات بالقوه خرابی فازی و تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه فازی

مهرداد فروزنده
دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی صنایع دانشگاه آزاد اسلامی نجف آباد؛ forouzandeh05@gmail.com
محمد جواد ارشادی
عضو هیئت علمی پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) *
مهدی کرباسیان
عضو هیئت علمی، دانشگاه صنعتی مالک اشتر؛ mkarbasi@mut-es.ac.ir

چکیده امروزه با گسترده تر شدن استفاده از رایانه در سیستم‌های اطلاعاتی، تنوع ریسک‌های امنیت اطلاعات افزایش یافته و مدیریت اینگونه ریسک‌ها بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به اهمیت امنیت اطلاعات در سامانه‌های اطلاعاتی تحقیقاتی برخط بعنوان منابع اصلی تحقیقات و پژوهش های آتی، این مطالعه با بکارگیری مدل ترکیبی از منطق فازی، ابزار FMEA و روش‌های تصمیم‌گیری AHP و TOPSIS، سعی در ارزیابی و اولویت‌بندی بهینه ریسک‌های امنیت‌اطلاعات یک سامانه اطلاعاتی تحقیقاتی برخط در ایران را دارد. با استفاده از منطق فازی در روش FMEA سنتی، امتیازات شفاف‌تر و دقیق‌تر ارزیابی شده و با بکارگیری روش‌های AHP و TOPSIS فازی ابتدا وزن معیارهای روش FMEA اندازه‌گیری و سپس با محاسبه ضریب نزدیکی، ریسک‌های بالقوه شناسایی شده، اولویت‌بندی گردیده است. نتایج حاصل از این مقاله در بررسی کاربرد این مدل در شناسایی، ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌های بالقوه سامانه مورد مطالعه در سه حوزه اصلی: محرمانگی، دردسترس بودن و یکپارچگی اطلاعات نشان می‌دهد، ریسک‌های مربوط به دسترسی غیرمجاز به اطلاعات و درست و یکپارچه نبودن اطلاعات از نظر کارشناسان این سامانه در اولویت بالاتری قرار دارد.

کلمات کلیدی سامانه اطلاعاتی تحقیقاتی، مدیریت ریسک، امنیت اطلاعات، تجزیه و تحلیل حالات خراب یو آثار آن.

۱- مقدمه

امروزه فناوری اطلاعات به سرعت توسعه یافته و سیستم‌های اطلاعاتی نقشی تعیین کننده و فراگیر در کسب وکارهای سازمانی دارند [۱]. از این رو عالی ترین سطح مدیریت پاسخگوی سازمان، مسئولیت حفاظت از اطلاعات سازمان را بر عهده دارد. اگر چه امنیت اطلاعات اغلب منافع بسیاری را برای سازمان به ارمغان می آورد اما پیاده‌سازی آن، گاه با مشکل مواجه می شود. در پژوهشی که توسط شرکت امنیتی مک آفی در سال ۲۰۰۸ انجام شده نشان داده که نقض امنیت اطلاعات در شرکت‌های جهانی به زیانی به ارزش بیش از یک هزار میلیارد دلار در عرض یک سال منجر می‌شود [۲].

مدیریت امنیت اطلاعات وظیفه پیاده‌سازی و کنترل عملکرد سیستم امنیت سازمان را بر عهده داشته و در نهایت باید تلاش کند سیستم را همیشه روز آمد نگه دارد [۳]. هدف مدیریت امنیت اطلاعات در سازمان، حفظ سرمایه‌های سازمان در برابر هرگونه

* (Corresponding author) ershadi@irandoc.ac.ir

تهدید است و برای رسیدن به این هدف به برنامه جامع و یکپارچه‌ای نیاز دارد.

بهترین راه مدیریت، اطلاع از وضعیت موجود و اتخاذ تصمیمات صحیح جهت بهبود آن می‌باشد. ارزیابی ریسک مهم ترین بخش ارزیابی و شناسایی وضعیت موجود می‌باشد [۴]. مدیریت ریسک از چهار فاز شناسایی، ارزیابی، برنامه‌ریزی یا مدیریت و ردیابی رخدادهای ریسکی تشکیل می‌گردد.

در چارچوب مدیریت ریسک امنیت اطلاعات دو بعد ساختاری و دو بعد رویه‌ای تعریف شده که حوزه و معیارهای ارزیابی، ابعاد ساختاری و روند و ابزار ارزیابی، ابعاد رویه‌ای می‌باشند. این چارچوب دیدی جامع، دربرگیرنده استراتژی، فنآوری، سازمان، مردم و محیط برای دامنه این مدیریت دارا می‌باشد. در این چارچوب جهت تعیین معیارهای ارزیابی می توان از استانداردهای گوناگون و جهت ابعاد رویه‌ای نیز می توان از چرخه شش سیگما (تعریف، اندازه‌گیری، تجزیه و تحلیل، بهبود و کنترل) و ابزارهای دیگر استفاده نمود[۵]. در سامانه های تحقیقاتی برخط بعنوان پایگاه های جمع آوری، سازمان‌دهی، ذخیره، حفظ، بازیابی، تحلیل و اشاعه اطلاعات پشتیبان آنها در سطح بین المللی، امنیت اطلاعات و مدیریت ریسک از اهمیت بسزایی برخوردار می باشد. در اینگونه سامانه‌ها عوامل شکست می‌توانند سطوح دسترسی به اطلاعات، درستی و یکپارچه بودن اطلاعات و محرمانه بودن اطلاعات را تهدید نموده و در نهایت اعتبار سامانه و مطالعات تحقیقاتی ارجاع شده به این مراکز را زیر سوال ببرند.

پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک) که سابقا مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران نامیده می‌شد، از سال ۱۳۴۷ عهده دار شناسایی، گردآوری، سازماندهی و اشاعه اطلاعات مربوط به مدارک علمی متعددی در ایران بوده است. این مرکز از سال ۱۳۶۹ با استفاده از نرم‌افزار CDS/ISIS شروع به تولید پایگاه اطلاعات علمی نمود و از سال ۱۳۷۲، عرضه و روزآمدی پایگاه‌های اطلاعات متنوعی در این محیط را آغاز نمود و به مدت چندین سال به انتشار نسخه‌های چاپی این اطلاعات، ادامه داده است. در سالهای اخیر با توجه به گسترش برنامه‌های رایانه‌ای در بستر وب، این پایگاه اطلاعات با نام گنج و در محیط MYSQL ارائه شده است. سامانه گنج، گنجینه‌ای با ارزش از اطلاعات علمی و فراداده‌ای اساتید، دانشجویان و محققان ایرانی است.

این سامانه علی‌رغم کارایی و اثر بخشی در ثبت و اشاعه اطلاعات علمی به کاربران، با معایب و اشکالاتی مواجه است و نیاز به بهینه-سازی بخصوص در حوزه مدیریت امنیت اطلاعات دارد تا اهداف راهبردی بهتر محقق شوند.

پیش‌نیاز برنامه‌ریزی موفق جهت کاهش ریسک‌ها، شناسایی و ارزیابی مناسب و در ادامه ارائه طرح های اصلاحی و پیشگیرانه کم هزینه و موثر می باشد. در این زمینه روش تجزیه و تحلیل حالات شکست و آثار آنها (FMEA[1]) به عنوان ابزاری کارامد می تواند بهترین گزینه باشد. اگرچه روش FMEA سنتی بطور گسترده در منابع تحقیقاتی استفاده شده است اما نقاط ضعف و محدودیت‌هایی نیز دارد که از جمله اینها عبارتند از:

- در نظر نگرفتن درجه اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر
- گاهاً ممکن است امتیازات چند ریسک یکسان شده و تصمیم‌گیری را سخت نمایند
- معیارها دارای ماهیت ذهنی و امتیاز ها نادقیق و مبهم هستند
- سوال برانگیز بودن فرمول محاسبه امتیاز ریسک‌ها

برای حل مشکلات فوق از روش FMEA سنتی همراه با تئوری‌فازی و ترکیب روش‌های امتیازدهی و روش‌های تصمیم‌گیری چندگانه استفاده می شود [۶].

در این پژوهش تلاش می شود با هدف صرفه‌جویی در هزینه‌های مدیریت امنیت اطلاعات و جلوگیری از به خطر افتادن اعتبار سامانه اطلاعاتی تحقیقاتی برخط مورد مطالعه، ریسک‌های حوزه نرم افزاری امنیت اطلاعات این سامانه با استفاده از جلسات طوفان فکری خبرگان این سازمان و با بهره گیری از روش FMEA فازی شناسایی و ارزیابی و با بکارگیری مدل ترکیبی روش‌های تصمیم گیری فازی فرایند تحلیل سلسله مراتبی[2] (AHP) و روش تصمیم گیری ترجیح براساس مشابهت به راه حل ایده‌آل[3] (TOPSIS) رتبه‌بندی شده تا برنامه‌ریزی و مدیریت آنها در برنامه آتی سازمان قرار گیرد.

1 Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)
2 Analytical Hierarchy Process (AHP)
3 Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

۲-پیشینه پژوهش

موضوع امنیت اطلاعات از زمانی در کانون توجه قرار گرفت که مبحث امنیت فیزیکی مطرح شد و این دو موضوع با پشتیبانی از یکدیگر، به استخوان‌بندی امنیت شرکت ها می پردازند. با پیدایش اولین استاندارد مدیریت امنیت اطلاعات در سال ۱۹۹۵، نگرش نظام‌مند به مقوله ایمن‌سازی فضای تبادل اطلاعات شکل گرفت[۶]. بر اساس این نگرش، امنیت اطلاعات سازمان‌ها، با تکرار تامین نمی‌شود، بلکه باید این کار بصورت مداوم طی چرخه ایمن-سازی شامل مراحل طراحی، پیاده‌سازی، ارزیابی و اصلاح، بر اساس روش‌شناسی مشخص و برنامه‌ریزی شده‌ای در سازمان انجام گیرد[۷].

پژوهش‌های زیادی در زمینه مدیریت ریسک امنیت اطلاعات بوسیله ابزارهای و مدل‌های گوناگون در سازمان‌های مختلف انجام گردیده و با توجه به زمینه‌های کاری، اهداف و استراتژی‌های آنها نتایج متنوعی در ارزیابی اینگونه ریسک‌ها حاصل گردیده است.

با توجه به اهمیت مدیریت ریسک امنیت اطلاعات در بیمارستان‌ها، در پژوهشی با استفاده از گروه های خبره و سوابق گذشته تهدیدات امنیت اطلاعات در بیمارستان‌ها را بررسی شده است. یافته‌های این پژوهش حاکی از آن است که عوامل مختلفی مثل عدم آموزش کارکنان، دستورالعمل‌های مبهم در مورد امنیت اطلاعات، چالش‌های بهره‌وری، کاربرد نامناسب اطلاعات و زیرساخت های امنیتی منسوخ شده، می‌توانند امنیت و محرمانگی اطلاعات را در معرض خطر قرار دهند [۸].

جهت ارزیابی ریسک‌های امنیت اطلاعات دولت الکترونیک از ادغام نتایج تحقیقات فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی[1] (FAHP) و روش شبکه عصبی مصنوعی[2] (ANN) استفاده شده است. در این تحقیق عدم حفاظت از سیستم‌ها و داده‌های مدیریت، نقص‌ها و عیوب فنی و کیفیت خطوط انتقال داده اطلاعات از جمله ارجح‌ترین این ریسک ها بیان شده است [۹].

در مقاله‌ای مدلی جهت ارزیابی و کنترل ریسک امنیت اطلاعات پیشنهاد می‌دهند که می‌تواند امنیت اطلاعات را برای شرکت‌ها و سازمان‌ها ارتقا دهد. این مدل یک مدل تصمیم‌گیری چند معیاره ترکیبی از روش بهینه‌سازی چندمعیاره و حل‌سازشی[3] (VIKOR)، روش تصمیم‌گیری قضاوتی و ارزیابی آزمایشی[4] (DEMATEL) و روش فرآیند تحلیل شبکه[5] (ANP) برای حل مساله معیارهای متناقض است که وابستگی و بازخورد آنها را نشان می‌دهد. علاوه بر این، یک مطالعه موردی نیز برای ارزیابی مدل ارائه شده و نشان دادن اثربخشی آن، انجام گرفته است [۱۰].

در ارزیابی ریسک‌های امنیت اطلاعات یک گروه پژوهشی در دانشگاه، از روش FMEA فازی استفاده شده است . در این روش ۵ بعد از امنیت اطلاعات شامل: دسترسی به اطلاعات و سیستم ها، ارتباطات، زیرساخت ها، مدیریت امنیت، توسعه سیستم های امنیت اطلاعات توسط روش FMEA فازی آنالیز و ریسک‌های مربوطه اولویت‌بندی شده است [۱۱].

با استفاده از شبکه‌های بیزین، ریسک‌های امنیت اطلاعات در یک شرکت خدمات مالی شناسایی و سپس بوسیله الگوریتم کلونی مورچگان بر اساس مسیر انتشار با بالاترین احتمال و بزرگی امتیاز ریسک برآوردی رتبه بندی شده که در این تحقیق ریسک شبکه و حالات شکست مربوط به احراز هویت برای کاربر در اتصالات خارجی در اولویت قرار گرفته است [۱۲].

با ترکیب روش FMEA و تئوری خاکستری مدلی جهت شناسایی و ارزیابی ریسک‌های امنیت داده های بزرگ ارائه شده که در این مدل از روش FMEA جهت شناسایی و ارزیابی ریسک های امنیت اطلاعات در چهار حوزه اصلی شناسایی و مدیریت دسترسی ، ثبت نام دستگاه و برنامه ، مدیریت زیرساخت، مدیریت اطلاعات و از تئوری خاکستری جهت رتبه بندی ریسک‌ها استفاده شده است[۱۳].

در پژوهشی با ارائه مدلی ترکیبی از درخت رویداد و تئوری تصمیم‌گیری فازی به شناسایی و ارزیابی ریسک‌های امنیت اطلاعات پرداخته و در این مدل رویدادها و خطرات شناسایی و با استفاده از نظرات خبرگان و ابزار تصمیم‌گیری فازی و بر اساس احتمال وقوع و زیان های مالی، ریسک‌ها اولویت‌بندی می-شوند[۱۴].

برای ارزیابی حالات شکست رایانش‌های ابری از مدلی با استفاده از منطق فازی و اعداد فازی ذوزنقه‌ای استفاده شده که

[1] Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP)
[2] Artificial Neural Network (ANN)
[3] Vlse Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR)
[4] Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL)
[5] Analytical Network Process (ANP)

در این پژوهش ریسک‌ها با در نظر گرفتن شدت اثر و احتمال وقوع آنها رتبه‌بندی می‌شوند[۱۵].

از آنجا که ارزیابی ریسک در امنیت اطلاعات تاریخچه جدیدی دارد، مطالعات، استاندارد ها و متدولوژی ها در زمینه مدیریت ریسک امنیت اطلاعات روز به روز در حال افزایش می‌باشد.

با ترکیب روش FMEA سنتی بعنوان یک ابزار کارآمد در مدیریت ریسک با ابزار های دیگر سعی شده محدودیت های این روش را کاهش و اعتماد به نتایج را افزایش داد. از جمله این روش-های ترکیبی، در مطالعه‌ای از ابزار FMEA و منطق فازی جهت اصلاح ضعف‌های FMEA سنتی و شناسایی، ارزیابی و اولویت‌بندی دقیق‌تر ریسک‌های اورژانس یک بیمارستان بهره برده است[۱۶].

مدلی دیگر ترکیب AHP و روش FMEA فازی می باشد؛ در این روش بوسیله FMEA حالات شکست بالقوه شناسایی وارزیابی شده، سپس با بکارگیری روش AHP معیارها وزن‌دهی شده و در نهایت ریسک‌ها اولویت بندی می‌شوند [۱۷]. در تجزیه تحلیل حالات خطای کارخانه صنایع فولاد کرمان با بهره‌گیری از FMEA فازی، حالات خطا شناسایی و ارزیابی و جهت اولویت‌بندی دقیق‌تر از روش‌های AHP و MULTIMOORA فازی جهت وزن‌دهی معیارهای ابزار FMEA و حالات خطا استفاده شده است [۱۸].

برای تعیین اولویت‌های تعمیر و نگهداری در برنامه‌ریزی نت یک شرکت بین المللی مواد غذایی ترکیب FMEA فازی و روش تصمیم گیری TOPSIS بکارگیری شده است[۱۹]. یکی از مدل های پر کاربرد دیگر، استفاده از ترکیب منطق فازی، روش های تصمیم گیری AHP و TOPSIS با ابزار FMEA جهت بهبود ارزیابی و اولویت بندی ریسک می‌باشد. در این روش نیز بوسیله FMEA فازی عدم انطباق ها شناسایی و ارزیابی و سپس با AHP فازی معیارها وزن‌دهی و با روش TOPSIS ریسک‌ها اولویت‌بندی شده‌اند[۲۰]. همچنین در پژوهشی دیگر از ترکیب روش‌های DEMATEL وTOPSIS در مرحله تصمیم‌گیری روش FMEA استفاده شده است [۲۱].

در ادامه سوابق فوق با توجه به نبود پیشینه در حوزه امنیت‌اطلاعات سازمان‌ها و سامانه‌های علمی تحقیقاتی و ارزیابی ریسک‌های آنها، سعی می‌شود برای نخستین‌بار، با استفاده از روش بهبود یافته FMEA فازی تهدیدات و عدم انطباق‌های حوزه نرم افزاری امنیت اطلاعات سامانه اطلاعاتی تحقیقاتی برخط مورد مطالعه، شناسایی و ارزیابی و پس از وزن‌دهی معیارهای روش FMEA از نظر کارشناسان بوسیله روش تصمیم‌گیری مقایسات زوجی AHP فازی، با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندگانه TOPSIS فازی ضریب نزدیکی هر کدام از ریسک‌ها محاسبه و اولویت‌بندی شوند.

۳-روش پژوهش

مدل استفاده شده در این پژوهش و مراحل شناسایی و ارزیابی حالات خطا امنیت اطلاعات با محوریت ابزار FMEA نشان داده شده است. در این مدل پس از شناسایی و بررسی فرایندها و دارایی‌های حوزه نرم‌افزار سامانه علمی تحقیقاتی مورد مطالعه، حالات خطا و عدم انطباق‌های احتمالی با استفاده از نظرات کارشناسان خبره این سامانه و ابزار FMEA شناسایی و ارزیابی می گردد؛ سپس با بکارگیری روش تصمیم گیری AHP فازی و نظرسنجی از خبرگان سامانه وزن‌های سه معیار ابزار FMEA، شدت اثر، احتمال وقوع و احتمال شناسایی، محاسبه و در نظرات اعمال می‌گردد. در نهایت با بهره‌گیری از روش تصمیم‌گیری TOPSIS فازی ضریب‌نزدیکی هریک از ریسک‌های شناسایی و پیش‌بینی شده محاسبه و با توجه به نزدیکی آنها به عدد یک، ریسک ها رتبه بندی و اولویت‌بندی می‌گردند.

در ادامه ابزارها و روش‌های مورد استفاده در مدل ترکیبی FMEA فازی و روش‌های تصمیم‌گیری فازی AHP و TOPSIS شرح داده می‌شوند.

۳-۱- روش FMEA

با توجه به کاستی‌های رویکرد سنتی FMEA تحقیقات بسیاری با هدف توسعه و بهبود عملکرد آن انجام شده است، یکی از راه‌حل‌های موجود برای رفع این کاستی‌ها، ترکیب این رویکرد با منطق فازی است. در تحقیقی در سال ۱۹۹۵ برای نخستین بار، FMEA با منطق فازی ترکیب شد. این منطق در مواردی که داده های کافی در دسترس نیست، جمع‌آوری آنها کار مشکلی است یا داده ها به صورت عبارات ومتغیرهای زبانی و ذهنی موجود است، ابزار مناسبی به شمار می‌آید.

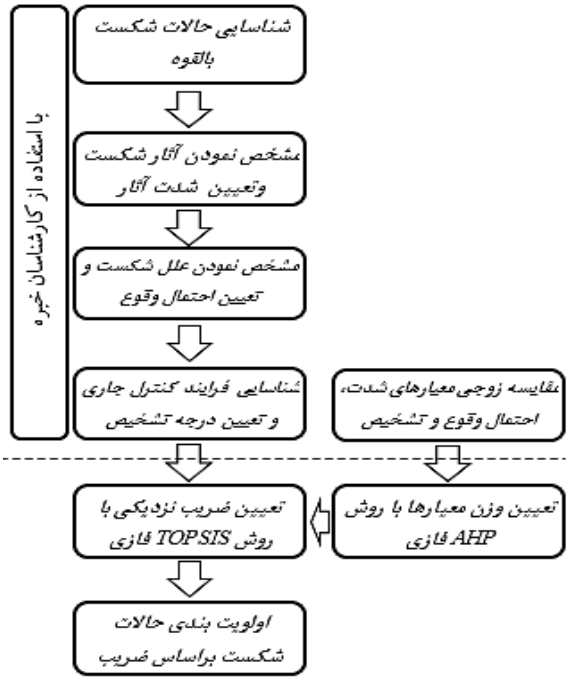
مزایای استفاده از FMEA فازی عبارتند از [۲۲]:

- خبرگان با استفاده از متغیرهای زبانی در رویکرد فازی مقادیر معنادارتر و ملموس‌تری را به معیارهای سه گانه اختصاص می-دهند.

- انعطاف‌پذیری در تخصیص وزن به سه متغیر روش FMEA فازی

- استنتاج فازی ، قابلیت ترکیب شدن با دانش خبرگان را داشته و نتایج قابل تفسیر ی را توسط آنان ارائه می‌دهد.

از دیگر کاستی‌های FMEA سنتی تاثیر یکسان متغیرهای سه-گانه در محاسبه درجه اولویت ریسک[1] می‌باشد که با استفاده از روش AHP فازی و نظرات خبرگان می‌توان وزن معیارهای FMEA را با توجه به نظر کارشناسان محاسبه نموده و این موضوع را نیز بهبود بخشید و در نهایت با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندگانه TOPSIS فازی، بجای محاسبه RPN سنتی، ضریب نزدیکی هر کدام از عوامل شکست را نسبت به امتیاز ایده‌آل محاسبه، آنها را اولویت‌بندی نمود [۶].



شکل ۱: مراحل ارزیابی حالات شکست براساس روش FMEA بهبود یافته

۳-۲-تئوری فازی

نظریه مجموعه‌های فازی بصورت رسمی اولین بار توسط پرفسور لطفی عسگرزاده با انتشار مقاله در مجله "اطلاعات و کنترل"، در سال ۱۹۶۹ مطرح گردید. این نظریه از آن زمان تاکنون گسترش زیادی یافته و کاربرد های گوناگونی یافته است.

مجموعه های فازی، مجموعه ای از اشیا نادقیق با درجات عضویت مختلف می باشد. تابع عضویت تابعی با برد $[0,1]$ است [۲۳].

منطق فازی جهت استدلال های تقریبی در مقابل استدلال‌های دقیق در محیط عدم قطعیت از تئوری مجموعه های فازی استخراج شده است. این موضوع باعث ترکیب آسان نظرات مختلف کارشناسان در برآورد پارامترهای موضوعات مختلف می‌شود.

از میان اعداد مختلف فازی، اعداد فازی مثلثی متداول تر بوده، که با سه درجه نشان داده می‌شوند[۲۴]:

$$A = (a_1, a_2, a_3) \qquad (۱)$$

تابع عضویت این اعداد بصورت زیر می باشد:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0 \ , & x < a_1 \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1} \ , & a_1 \le x \le a_2 \\ \frac{a_3-x}{a_3-a_2} \ , & a_2 \le x \le a_3 \\ 0 \ , & a_3 < x \end{cases} \qquad (۲)$$

اگر دو عدد فازی A و B را بصورت $A = (a_1, a_2, a_3)$ و $B = (b_1, b_2, b_3)$ تعریف شوند آنگاه:

- جمع این دو، عدد C:

$$C = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3) \qquad (۳)$$

- تفریق آنها، عدد D:

$$D = (a_1 - b_3, a_2 - b_2, a_3 - b_1) \qquad (۴)$$

- ضربشان، عدد E:

$$E = (a_1.b_1, a_2.b_2, a_3.b_3) \qquad (۵)$$

۳-۳-AHP فازی

فرایند تحلیل سلسله مراتبی به صورت مقایسات زوجی توسط خبرگان صورت می‌گیرد که از منطق فازی جهت واقعی‌تر کردن این توصیفات زبانی و مبهم می‌توان استفاده نمود. در ادامه روش

[1] RISK PRORITY NUMBER (RPN)

تحلیل سلسله مراتبی فازی بصورت مختصر شرح داده می‌شود [۲۵]:

اگر $X=(x_1,x_2,...,x_n)$ را مجموعه اشیا و $U=(u_1,u_2,...,u_n)$ مجموعه اهداف باشند آنگاه با توجه به این روش می توان مقدار هر شی به ازای هر یک از اهداف را به ترتیب بدست آورد:

m ارزش بدست آمده برای هر شی می‌باشد و $\tilde{M}_{gi}^{1}, \tilde{M}_{gi}^{2}, \dots, \tilde{M}_{gi}^{j}$ (i =۱,۲,...,n و j =۱,۲,...,m) اعداد فازی هستند.

مرحله اول: ارزش ترکیبی فازی برای هر شی بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^{m} \tilde{M}_{gi}^{j} \odot \left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} \tilde{M}_{gi}^{j}\right]^{-1} \quad (۶)$$

$$\tilde{M}_{gi}^{j} = \left[\sum_{j=1}^{m} l_j, \sum_{j=1}^{m} m_j, \sum_{j=1}^{m} u_j\right]^{-1} \quad (۷)$$

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} \tilde{M}_{gi}^{j} = \left(\sum_{i=1}^{n} l_i, \sum_{i=1}^{n} m_i, \sum_{i=1}^{n} u_i\right) \quad (۸)$$

$$\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} \tilde{M}_{gi}^{j}\right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{l} u_i}\right) \quad (۹)$$

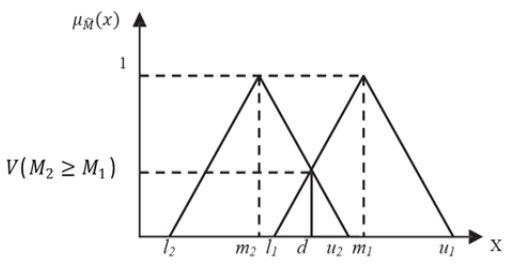
مرحله دوم: $\tilde{M}_1$و $\tilde{M}_2$ دو عدد فازی مثلثی هستند که $\tilde{M}_1 \geq \tilde{M}_2$ تعریف می‌شود:

(۱۰)

$$V(\tilde{M}_1 \geq \tilde{M}_2) = sup_{x \geq y}\left[\min(\mu_{\tilde{M}_1}(x), \mu_{\tilde{M}_2}(y))\right]$$

$$V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1) = \mu(d) = \begin{cases} 1 \ , \ if \ \ m_1 \geq m_2 \\ 0 \ , \ if \ \ l_2 \geq u_1 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, otherwise \end{cases} \quad (۱۱)$$

با توجه به شکل ۲، d در نقطه D بزرگترین تقاطع بین $\mu_{\tilde{M}_1}$ و$\mu_{\tilde{M}_2}$ عمود می‌شود و در مقایسه $\tilde{M}_1$ و $\tilde{M}_2$ نیاز به $V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1)$ و $V(\tilde{M}_1 \geq \tilde{M}_2)$ پیدا می‌شود.



شکل۲: درجه بزرگی اعداد فازی

مرحله سوم: برای $\tilde{M} \geq \tilde{M}_1, \tilde{M}_2, \dots, \tilde{M}_k$ خواهیم داشت:

(۱۲)

$$V(\tilde{M} \geq \tilde{M}_1, \tilde{M}_2, \dots, \tilde{M}_k) = minV(\tilde{M} \geq \tilde{M}_i), \ i = 1,2, \dots, k$$

(۱۳)

$$\acute{d}(A_i) = minV(S_i \geq S_k), \quad k = 1,2, \dots, n, \quad k \neq i$$

در نتیجه وزن برداری برای n شی برابر می‌شود با:

(۱۴)

$$\acute{W} = (\acute{d}(A_1), \acute{d}(A_2), \dots, \acute{d}(A_i))^T, \quad i = 1,2, \dots, n$$

و با نرمالیزه کردن وزن برداری:

(۱۵)

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_i))^T, \quad i = 1,2, \dots, n$$

که عدد W یک عدد غیرفازی می‌باشد.

جدول۱: امتیازات ارزیابی فازی جهت روش AHP فازی

امتیازات فازی	متغیر های زبانی	علائم اختصاری
(۳و۵,۲و۲)	کاملا قوی	AS
(۵,۲و۲و۳,۲)	بسیار قوی	VS
(۲و۳,۲و۱)	نسبتا قوی	FS
(۳,۲و۱و۱)	کمی قوی	SS
(۱و۱و۱)	برابر	E
(۱و۱و۲,۳)	کمی ضعیف	SW
(۱و۲,۳و۱,۲)	نسبتا ضعیف	FW
(۲,۳و۲,۲و۱,۲و۲,۵)	بسیار ضعیف	VW
(۱,۲و۲,۵و۱,۳)	کاملا ضعیف	AW

مقایسات زوجی با استفاده از جدول ۱ صورت می پذیرد. بعد از انجام مقایسات لازم است که درجه سازگاری چک شود، برای اینکار از رویکرد روش ادغام متوسط جهت غیرفازی کردن ماتریس استفاده می شود. برای تبدیل عدد فازی $A = (a_1, a_2, a_3)$ به عدد قطعی باید از معادله زیر استفاده نمود:

$$P(\tilde{A}) = A = (\frac{a_1+4a_2+a_3}{6}) \quad (۱۶)$$

و پس از غیر فازی کردن ارزش‌های داخل ماتریس، درجه سازگاری ماتریس را محاسبه می‌گردد.

۳-۴- TOPSIS فازی:

جهت استفاده از روش TOPSIS در تصمیم‌گیری گروهی فازی، اعداد مثلثی فازی در نظر گرفته شده و فاصله اقلیدسی قطعی بین دو عدد فازی تعریف می‌گردد.

در جدول ۲ متغیر های زبانی همراه با ارزش های فازی معادل مشخص گردیده که کارشناسان می توانند جهت ارزیابی معیارها از این متغیرها استفاده نمایند.

اگر گروه تصمیم گیرندگان متشکل از K نفر باشند آنگاه داریم [۲۰]:

$$\tilde{x}_{ij} = \left(\tilde{x}_{ij}^1 (+) \tilde{x}_{ij}^2 (+) \dots (+) \tilde{x}_{ij}^k\right) \quad (۱۷)$$

که $\tilde{x}_{ij}^k$ رتبه تصمیم گیرنده K ام با توجه به معیار j ام برای مورد i ام می‌باشد.

(۱۸)

$$D = \begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} C_1 & C_2 & \dots & C_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\mathrm{W} = [\mathrm{w}_1, \mathrm{w}_2, \dots, \mathrm{w}_j], \quad \mathrm{j}=1,2,\dots,\mathrm{n} \quad (۱۹)$$

عدد $\tilde{x}_{ij}$ رتبه مورد A_i با توجه به معیار C_j بوده و w_j وزن این معیار می باشد. بجای استفاده از فرمول نرمالایز اعداد فازی، در روش TOPSIS سنتی از تبدیل مقیاس خطی جهت تبدیل مقیاس های معیارهای مختلف به مقیاس قابل مقایسه استفاده می‌شود. بنابراین می توان از $\tilde{R}$ ماتریس تصمیمات فازی نرمال شده بدست آورد:

جدول۲: امتیازات ارزیابی فازی جهت روش TOPSIS فازی

امتیازات فازی	متغیر های زبانی	علائم اختصاری
(۰و۰و۱)	بسیار کم	VP
(۰و۱و۳)	کم	P
(۱و۳و۵)	نسبتا کم	MP
(۳و۵و۷)	متوسط	F
(۵و۷و۹)	نسبتا زیاد	MG
(۷و۹و۱۰)	زیاد	G
(۹و۱۰و۱۰)	بسیار زیاد	VG

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m\times n} \quad (۲۰)$$

اگر C مجموعه معیار هزینه و B مجموعه معیار سود باشد آنگاه:

$$\tilde{r} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*}\right), \quad j \in B; \quad (۲۱)$$

$$\tilde{r} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}}\right), \quad j \in C; \quad (۲۲)$$

$$c_j^* = \max_i c_{ij}, \quad if \quad j \in B \quad (۲۳)$$

$$a_j^- = \min_i a_{ij}, \quad if \quad j \in C \quad (۲۴)$$

روش نرمال کردن ذکر شده ویژگی دامنه اعداد فازی مثلثی که در بازه [0,1] قرار دارد را حفظ می‌نماید.

برای در نظر گرفتن وزن اهمیت معیار ها می توان ماتریس نرمال فازی وزنی ایجاد نمود:

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m\times n}, \quad i = 1,2,\dots,m, \quad j = 1,2,\dots,n \quad (۲۵)$$

وقتی که

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij}(.)d(C_j) \quad (۲۶)$$

باید مطمئن شد $\tilde{v}_{ij}$ به ازای تمام i و j ها، اعداد مثلثی فازی نرمال مثبت هستند و در محدوده $[0,1]$ قرار دارند و سپس می توان حل ایده آل مثبت فازی و ایده آل منفی فازی تعریف نمود:

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*) \quad (۲۷)$$
$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \quad (۲۸)$$

وقتی که،

$$\tilde{v}_1^* = (0,0,0),\ \tilde{v}_1^* = (1,1,1) \text{ و } j = 1,2,\dots,n \quad (۲۹)$$

فاصله هر مورد از A^* و A^- بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$d_i^* = \sum_{j=1}^{n} d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*), \quad i = 1,2,\dots,m \quad (۳۰)$$
$$d_i^- = \sum_{j=1}^{n} d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), \quad i = 1,2,\dots,m \quad (۳۱)$$

و فاصله دو عدد فازی بصورت ذیل محاسبه می‌گردد:

(۳۲)

$$d(\tilde{\rho}, \tilde{\tau}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(\rho_1 - \tau_1)^2 + (\rho_2 - \tau_2)^2 + (\rho_3 - \tau_3)^2]}$$

که $\tilde{\rho} = (\rho_1, \rho_2, \rho_3)$ و $\tilde{\tau} = (\tau_1, \tau_2, \tau_3)$ دو عدد فازی مثلثی هستند.

و نهایتا ضریب نزدیکی بصورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$CC_i = \frac{d_j^-}{d_j^* - d_j^-}, \quad i = 1,2,\dots,m \quad (۳۳)$$

موارد A_i با توجه به نزدیکیشان به عدد یک رتبه‌بندی می‌شوند.

۴-تجزیه و تحلیل یافته ها

در این بخش ابتدا فرایندهای انتشار اطلاعات در سامانه اطلاعاتی تحقیقاتی برخط گنج و دارایی‌های حوزه نرم افزاری شناسایی و در ادامه با استفاده از جلسات طوفان فکری کارشناسان خبره سامانه، عدم انطباق‌ها و ریسک‌های نرم‌افزاری این سامانه پیش‌بینی و جمع‌بندی می‌گردد.

در نهایت با بهره‌گیری از مدل معرفی شده در بخش قبل، ریسک‌های شناسایی و پیش‌بینی شده با استفاده از ابزار FMEA فازی و نظرات خبرگان سامانه ارزیابی و با بکارگیری مدل ترکیبی روش‌های تصمیم‌گیری AHP و TOPSIS، ابتدا اوزان معیارهای ابزار FMEA اندازه‌گیری و درنهایت با محاسبه ضریب‌نزدیکی هر یک از ریسک‌های شناسایی شده، با توجه به نزدیکی ضرایب به عدد یک ریسک‌ها رتبه‌بندی و اولویت‌بندی می‌شوند.

۴-۱- فرآیندهای اصلی سامانه

فرآیندهای موجود در سامانه اطلاعاتی تحقیقاتی گنج در سه بخش کلی تعریف می شوند که این بخش‌ها به ترتیب و توالی فراهم‌آوری اطلاعات, تجزیه و تحلیل اطلاعات و اشاعه اطلاعات تحقیقاتی می‌باشند.

ورودی‌های فرایند فراهم‌آوری در سامانه‌های تحقیقاتی عموما اطلاعاتی مربوط به پژوهش‌ها پایان‌نامه‌ها و تحقیقات هستند که توسط کاربران بیرونی و درونی در این بخش ثبت می‌گردند و پس از بررسی از صحت و رفع نواقص احتمالی که در مرحله ثبت امکان دارد اتفاق بیافتد خروجی این مرحله به عنوان ورودی فرایند تجزیه و تحلیل اطلاعات استفاده شده و مورد ارزیابی ویرایش و نمایه سازی می‌گردند و در نهایت وارد فرایند نگهداری و اشاعه اطلاعات خواهد شد.

۴-۱-۱- فرایند فراهم‌آوری اطلاعات

فرایند فراهم‌آوری اطلاعات شامل بخش‌های تهیه مدارک و ثبت اطلاعات می باشد. در تمامی این زیر بخش‌ها و در تمامی فرآیند-های ذکر شده عملیات کنترل کیفی اجرا خواهد شد تا از صحت و بی مشکل بودن اطلاعات در سیستم، اطمینان خاطر کسب شود.

۴-۱-۲- فرایند تجزیه و تحلیل اطلاعات

وظایف فرایند تجزیه و تحلیل اطلاعات شامل ویرایش اطلاعات دریافتی و نمایه‌سازی اطلاعات است. که در بخش نمایه‌سازی در صورت وجود نواقص مربوط به ثبت اطلاعات دوباره به واحد فراهم‌آوری عودت داده می‌شود. سپس در صورت کامل بودن فایل‌های اطلاعات اقلام اطلاعاتی مندرج دقیقاً مورد بررسی قرار

گرفته و کامل می‌گردد. باتوجه به اینکه اطلاعات وارد شده در این بخش قبلا توسط کاربران تبت گردیده است لازم است کلیه نواقص در این مرحله مرتفع گردد. همچنین کلیدواژه‌های مولف بررسی و کنترل می‌گردد و در صورت لزوم اصلاحات مقتضی صورت خواهد پذیرفت. در بخش ویراستاری به بررسی کلی اطلاعات کتاب-شناختی و کلید واژه‌ها پرداخته خواهد شد و در صورت فاقد مشکل بودن مدرک تایید شده و اشاعه داده می‌شود.

۴-۱-۳- فرایند اشاعه اطلاعات تحقیقاتی

همانطور که گفته شد این بخش وظیفه نگهداری و اشاعه اطلاعات را برعهده دارد اما با توجه به این که در این بخش از اطلاعات خروجی بخش‌های قبلی استفاده می شود در صورت وجود و شناسایی مشکلات کیفی این اطلاعات مجددا به واحد تجزیه و تحلیل اطلاعات عودت داده می‌شود.

۴-۳-شناسایی دارایی‌ها و ریسک های نرم‌افزاری

ساختار نرم‌افزاری سازمان‌های اطلاعاتی تحقیقاتی برخط شامل بخش‌های زیر می باشد:

شبکه داخلی: سیستم‌عامل‌ها ، ویروس‌یاب‌ها ، فایروال‌ها ، نرم-افزارهای کاربردی

سرور اصلی : سیستم‌عامل ، ویروس‌یاب‌ها ، فایروال‌ها ، نرم‌افزار Database ، نرم‌افزارهای کاربردی

اینترنت : نرم‌افزار Interface ، ویروس‌یاب‌ها ، نرم‌افزارهای کاربردی ، پست‌الکترونیکی

با توجه به بخش‌های مختلف اینگونه سازمان‌ها، دارایی‌های مرتبط با بخش‌های نرم‌افزاری بصورت زیر می‌باشند:

شبکه داخلی: مکاتبات داخلی، محاسابات مالی، فایل‌های پشتیبان، برنامه ریزی داوری‌ها، گزارشات، مشخصات کارمندان و داوران و...

سرور اصلی: مقالات، رساله‌ها، مشخصات کاربران و داوران، فایل-های پشتبان، گزارشات، کدنویسی‌ها و...

اینترنت: اطلاعات نمایشی پیش فرض در بخش‌های مختلف، درخواست های کاربران، نامه‌های الکترونیکی و...

۴-۲- عدم انطباق‌ها و ریسک‌های شناسایی شده

ریسک‌های نرم‌افزاری شناسایی شده و پیش‌بینی شده توسط کارشاسان خبره سامانه گنج، در سه حوزه دسترسی غیرمجاز به اطلاعات، عدم در دسترس بودن اطلاعات و درست و یکپارچه نبودن اطلاعات به شرح ذیل می‌باشد:

۴-۲-۱- ریسک های شناسایی شده حوزه دسترسی غیر مجاز به اطلاعات:

- دسترسی غیر مجاز به گزارشات امنیتی شبکه داخلی سازمان (شامل مکاتبات، نرم افزارهاو ...)
- دسترسی غیرمجاز به اطلاعات کارکنان
- دسترسی غیر مجاز به مشاهده یا تغییر اطلاعات ذخیره سرور (مانندگزارشات امنیتی، فایل‌های پشتیبان)
- دسترسی کاربران غیر مجاز به سیستم عامل و نرم افزارهای کاربردی سرور
- دسترسی کاربران غیرمجاز به اطلاعات پایه سایت اینترنتی
- دسترسی کاربران غیرمجاز به ایمیل های ارسالی و دریافتی کاربران
- دسترسی کاربران غیر مجاز به فایل تمام متن پایان‌نامه/ رساله

۴-۲-۲- ریسک‌های شناسایی شده در حوزه عدم در دسترس بودن اطلاعات:

- عدم دسترسی کاربران مجاز به نرم‌افزارها و گزارشات امنیتی شبکه داخلی
- عدم دسترسی کاربران مجاز طبق طبقه بندی مشخص شده جهت مشاهده یا تغییر اطلاعات پایگاه داده، گزارشات امنیتی، فایل‌های پشتیبان، نرم‌افزارهای کاربردی و ...
- عدم دسترسی کاربران مجاز به اطلاعات پایه، گزارشات امنیتی، ایمیل‌های مرتبط با سایت اینترنتی
- عدم دسترسی کاربران مجاز به مقاله‌ها / رساله‌های دسترسی محدود

۴-۲-۳- ریسک‌های شناسایی شده در حوزه درست و یکپارچه نبودن اطلاعات:

- ناقص بودن و یا بهم ریخته بودن مکاتبات داخل سازمانی
- ناقص بودن یا صحیح نبودن و یا بهم ریخته بودن ایمیل‌های دریافتی یا ارسالی کاربران
- ناقص بودن یا صحیح نبودن نتایج عملیات کاربر در سایت اینترنتی
- عدم ثبت نام کاربر در سایت
- ناقص بودن و یا بهم ریخته بودن مقالات ارسالی کاربران

۴-۳- نتایج حاصل از اجرای مدل پیشنهادی

در ادامه به کمک تکنیک FMEA ریسک‌های شناسایی شده با نظرسنجی از خبرگان در سه معیار شدت اثر، احتمال وقوع و احتمال شناسایی و با استفاده از اعداد فازی معرفی شده در بخش قبل، مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. جدول (۳) نتایج جمع‌آوری شده در این خصوص را نمایش می‌دهد.

جدول۳: امتیازات خبرگان به ریسک ها با توجه به سه معیار روش FMEA

ریسک	شدت اثر	احتمال وقوع	احتمال شناسایی
دسترسی غیر مجاز به گزارشات امنیتی شبکه داخلی سازمان (شامل مکاتبات، نرم افزارهاو...)	MP,MG,MG,MG,G,G,G,VG,VG	VP,P,MP,MP,F,F,MG,G,G	VG,G,MG,F,MP,P,P,P,VP
دسترسی غیرمجاز به اطلاعات کارکنان	P,F,F,MG,MG,MG,MG,G,G	P,P,P,MP,F,F,MG,G,VG	G,G,MG,F,F,F,MP,P,P
دسترسی غیر مجاز به مشاهده یا تغییر اطلاعات ذخیره سرور (مانند گزارشات امنیتی، فایل‌های پشتیبان)	MP,MG,G,G,G,G,VG,VG,VG	P,P,P,P,MP,MP,MP,MP,F	G,G,MG,F,MP,MP,P,P,P
دسترسی کاربران غیر مجاز به سیستم عامل و نرم افزار های کاربردی سرور	VP,P,F,F,G,G,G,G,VG	P,P,P,P,MP,MP,MP,MP,G	G,G,MG,MG,F,MP,MP,P,VP
دسترسی کاربران غیرمجاز به اطلاعات پایه سایت اینترنتی	VP,MP,MP,F,MG,G,G,G	VP,P,P,MP,F,F,G,VG,VG	VG,G,G,G,MG,MP,MP,P,P
دسترسی کاربران غیرمجاز به ایمیل های ارسالی و دریافتی کاربران	MP,MP,MP,MG,G,G,G,G,VG	VP,VP,P,MP,F,MG,G,G,G	G,MG,MG,MP,P,P,P,VP
عدم دسترسی کاربران مجاز به نرم افزار ها و گزارشات امنیتی شبکه داخلی	VP,P,F,MG,MG,MG,MG,G,G	VP,P,MP,MP,F,MG,MG,G,G	VG,VG,VG,VG,G,G,G,MP,MP
عدم دسترسی کاربران مجاز طبق طبقه بندی مشخص شده جهت مشاهده یا تغییر اطلاعات پایگاه داده، گزارشات امنیتی، فایل‌های پشتیبان، نرم افزارهای کاربردی و ...	P,MP,MP,F,MG,G,G,G,VG	VP,VP,P,MP,F,F,MG,G,G	VG,VG,G,G,MG,MG,MG,MG,F,P
عدم دسترسی کاربران مجاز به اطلاعات پایه، گزارشات امنیتی، ایمیل‌های مرتبط با سایت اینترنتی	VP,MP,F,F,F,MG,MG,G,G	P,P,MP,MP,MP,MG,MG,G,G	VG,VG,G,G,MG,MG,F,F,MP
ناقص بودن و یا بهم ریخته بودن مکاتبات داخل سازمانی	VP,P,P,F,F,MG,MG,G,VG	P,MP,MP,MP,F,MG,G,G,G	VG,VG,G,G,MG,MG,MG,F,MP
ناقص بودن یا صحیح نبودن و یا بهم ریخته بودن ایمیل های دریافتی یا ارسالی کاربران	P,MP,MP,F,F,F,MG,G,G	VP,MP,MP,MP,F,MG,G,G	VG,VG,G,G,G,MG,MG,F,MP
ناقص بودن یا صحیح نبودن نتایج عملیات کاربر در سایت اینترنتی	VP,MP,MP,MP,MP,F,MG,G	VP,P,MP,MP,MP,F,MG,MG,MG	G,G,G,G,G,MG,F,P,P
عدم ثبت نام کاربر در سایت	VP,VP,P,F,F,F,MG,MG,G	VP,MP,MP,F,MG,G,G,G,VG	VG,G,G,G,MG,MG,MG,MG,F,MP

ریسک	شدت اثر	احتمال وقوع	احتمال شناسایی
ناقص بودن و یا بهم ریخته بودن مقالات ارسالی کاربران	P,P,F,F,MG,G,G,VG,VG	VP,P,MP,MP,F,F,MG,G,VG	VG,VG,G,G,MG,MG,MG,MG,MP

سپس بمنظور تعیین درجه اهمیت هر یک از سه مشخصه شدت اثر، احتمال وقوع و احتمال شناسایی وزن نسبی معیارها با توجه به نظر کارشناسان تعیین گردید، که در جدول (۴) نتایج حاصل قابل مشاهده است. رویکرد مورد استفاده در این خصوص روش AHP فازی بوده است که در بخش قبلی به آن اشاره گردید.

جدول۴: وزن اهمیت معیارهای روشFMEA

	شدت اثر	احتمال وقوع	احتمال شناسایی
شدت اثر	-	VW,FW,E,E,E,SS,SS,FS,VS	FW,FW,E,SS,SS,FS,FS,VS,VS
احتمال وقوع	-	-	AW,AW,E,E,SS,FS,FS,VS,VS
احتمال شناسایی	-	-	-
وزن های حاصل شده	۰,۳۸	۰,۴۰	۰,۲۲

در نهایت ضریب نزدیکی ریسک‌ها با استفاده از روش TOPSIS فازی و اعمال اوزان اهمیت جدول (۴)، تعیین و سپس ریسک‌های شناسایی شده سامانه اطلاعاتی تحقیقاتی بر خط گنج بر اساس فاصله ضریب نزدیکی تا عدد یک، اولویت‌بندی گردیدند (جدول ۵).

جدول۵: ضریب نزدیکی ریسک ها و اولویت بندی آنها

ردیف	ریسک	ضریب نزدیکی	اولویت
۱	دسترسی غیر مجاز به گزارشات امنیتی شبکه	۰,۳۲	۷
۲	دسترسی غیرمجاز به اطلاعات کارکنان	۰,۳۰	۹
۳	دسترسی غیر مجاز به مشاهده یا تغییر اطلاعات ذخیره سرور (مانند گزارشات امنیتی، فایل‌های پشتیبان)	۰,۴۴	۱
۴	دسترسی کاربران غیر مجاز به سیستم عامل و نرم افزار های کاربردی سرور	۰,۳۵	۵
۵	دسترسی کاربران غیرمجاز به اطلاعات پایه سایت اینترنتی	۰,۲۸	۱۲
۶	دسترسی کاربران غیرمجاز به ایمیل های ارسالی و دریافتی کاربران	۰,۳۶	۴
۷	عدم دسترسی کاربران مجاز به نرم افزار ها و گزارشات امنیتی شبکه داخلی	۰,۳۰	۱۰
۸	عدم دسترسی کاربران مجاز طبق طبقه بندی مشخص شده جهت مشاهده یا تغییر اطلاعات پایگاه داده، گزارشات امنیتی، فایل‌های پشتیبان، نرم افزارهای کاربردی و ...	۰,۲۷	۱۳
۹	عدم دسترسی کاربران مجاز به اطلاعات پایه، گزارشات امنیتی، ایمیل‌های مرتبط با سایت اینترنتی	۰,۳۰	۱۱
۱۰	ناقص بودن و یا بهم ریخته بودن مکاتبات داخل سازمانی	۰,۳۳	۶
۱۱	ناقص بودن یا صحیح نبودن و یا بهم ریخته بودن ایمیل های دریافتی یا ارسالی کاربران	۰,۳۲	۸
	داخلی سازمان (شامل مکاتبات، نرم افزارهاو...)		

ردیف	ریسک	ضریب نزدیکی	اولویت
۱۲	ناقص بودن یا صحیح نبودن نتایج عملیات کاربر در سایت اینترنتی	۰,۳۸	۲
۱۳	عدم ثبت نام کاربر در سایت	۰,۳۸	۳
۱۴	ناقص بودن و یا بهم ریخته بودن مقالات ارسالی کاربران	۰,۲۶	۱۴

رتبه‌بندی فوق نشان می‌دهد ریسک‌های پیش‌بینی شده مربوط به حوزه‌های دسترسی غیرمجاز به اطلاعات و درست و یکپارچه نبودن اطلاعات از نظر کارشناسان خبره این سازمان در اولویت بالاتری قرار دارد.

جهت کاهش خطرات آتی در خصوص عملکرد این سامانه لازم است، کاهش، حذف و یا انتقال ۱۴ ریسک شناسایی شده مطابق اولویت مشخص شده برنامه‌ریزی و در این راستا اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه مورد نیاز را پیش‌بینی نمود.

۵-نتیجه گیری

مطالعه حاضر با هدف شناسایی و ارزیابی ریسک‌های نرم‌افزاری امنیت اطلاعات سامانه اطلاعاتی تحقیقاتی برخط گنج مورد مطالعه صورت گرفته است. در این پژوهش با استفاده جلسات طوفان فکری حالات شکست بالقوه نرم‌افزاری این سامانه شناسایی و با بهره‌گیری از روش FMEA فازی و کارشناسان خبره این سازمان ارزیابی شده و سپس جهت کاهش کاستی‌های روش FMEA سنتی با استفاده از روش AHP فازی و TOPSIS فازی معیارها وزن‌دهی رتبه‌بندی گردیده‌اند. نتایج حاصل جهت بهبود وضعیت امنیت اطلاعات سازمان باید در اولویت مدیریت قرار گرفته و با پیش بینی اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه مناسب احتمال وقوع عدم انطباق‌های مورد نظر را کاهش دهند.

باوجود اینکه مطالعه حاضردر خصوص ریسک‌های نرم‌افزاری امنیت اطلاعات صورت گرفته است اما می‌توان در ادامه در مورد ارزیابی سایرحوزه‌های ریسک‌های امنیت اطلاعات اینگونه سازمان-ها با استفاده از دیگر ابزارهای نوین انجام پذیرد.

رویکرد Fuzzy FMEA برای تشخیص، ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک‌ها در کلیه سامانه‌های اطلاعاتی (اعم از تحقیقاتی و غیره) و با بکارگیری دیگر ابزارهای ارزیابی ریسک می‌تواند مورد استفاده قرار گرفته و به بهبود امنیت اطلاعاتی کمک شایانی نماید.

مراجع

[1] T. Yuan and P. Chen, "International Workshop on Information and Electronics Engineering Data Mining Applications in E-Government Information Security," Procedia Engineering, vol. 29, pp. 235-240, 2012.

[2] D. Feledi, S. Fenz, and L. Lechner, "Toward web-based information security knowledge sharing," Information Security Technical Report, vol. 17, no. 4, pp. 199-209, 2013.

[3] R. E. Crossler, A. C. Johnston, P. B. Lowry, Q. Hu, M. Warkentin, and R. Baskerville,"Future directions for behavioral information security research," Computers & Security, vol. 32, pp. 90-101, 2013.

[4] S. A. Chaharsoughi, M. A. Doustari, A. Y. Varjani, A. M. Ardestani, " Application of artificial neural networks in assessing information security risk," Journal Of Electronical & Cyber Defence, vol. 1, no. 4, pp. 23-33, 2014 (In Persian).

[5] M. S. Saleh, and A. Alfantookh, "A new comprehensive framework for enterprise information security risk management," Applied Computing and Informatics, vol. 9, no. 2, pp. 107-118, 2011.

[6] Liu, Hu-Chen, Liu, Lang, and Liu, Nan" Risk evaluation approaches in failure mode and effects analysis: A literature review," Expert Systems with Applications, vol. 40, no. 2, pp. 828-838, 2013.

[7] J. S. Broderick, "ISMS, security standards and security regulations," Information Security Technical Report, vol. 11, no. 1, pp. 26-31, 2006.

[8] J. I. Fernando, and L. L. Dawson, "The health information system security threat lifecycle: An informatics theory," International Journal of Medical Informatics, vol. 78, no. 12, pp. 815-826, 2009.

[9] G. Wei, X. Xhang, X. Zhang, and Z. Huang, "Research on E-government Information Security Risk Assessment - Based on Fuzzy AHP and Artificial Neural Network Model," Paper presented at 2010 First International Conference on Networking and Distributed Computing (ICNDC).

[10] Y.-P. Ou Yang, H.-M. Shieh, and G.-H. Tzeng, "A VIKOR technique based on DEMATEL and ANP for information security risk control assessment," Information Sciences, vol. 232, pp.482-500, 2013.

[11] M. M. Silva, A. P. H. de Gusmão, T. Poleto., L. C. e. Silva, and A. P. C .S. Costa, "A multidimensional approach to information security risk management using FMEA and fuzzy theory," International Journal of Information Management, vol. 34, no. 6, pp. 733-740, 2014.

[12] N. Feng, H. J. Wang, and M. Li, "A security risk analysis model for information systems: Causal relationships of risk factors and vulnerability propagation analysis," Information Sciences, vol. 256, pp. 57-73, 2014.

[13] Mendonça Silva, M., Poleto, T., Camara e Silva, L., Henriques de Gusmao, A. P., & Cabral Seixas Costa, A. P. , “A Grey Theory Based Approach to Big Data Risk Management Using FMEA”, Mathematical Problems in Engineering, 2016.

[14] De Gusmão, A. P. H., e Silva, L. C., Silva, M. M., Poleto, T., & Costa, A. P. C. S. “ Information security risk analysis model using fuzzy decision theory”, International Journal of Information Management, vol. 36, no. 1, pp.25-34, 2016.

[15] Amini, A., Jamil, N., Ahmad, A. R., & Sulaiman, H, ”A Fuzzy Logic Based Risk Assessment Approach for Evaluating and Prioritizing Risks in Cloud Computing Environment “, In International Conference of Reliable Information and Communication Technology, pp. 650-659, 2017.

[16] Chanamool, N., & Naenna, T. “Fuzzy FMEA application to improve decision-making process in an emergency department”, Applied Soft Computing, vol. 43, pp. 441-453, 2016.

[17] M. Abdelgawad, and A. Fayek,"Risk Management in the Construction Industry Using Combined Fuzzy FMEA and Fuzzy AHP," Journal of Construction Engineering and Management, vol. 136, no. 9, pp. 1028-1036, 2010.

[18] Fattahi, R., & Khalilzadeh, M., “Risk evaluation using a novel hybrid method based on FMEA, extended MULTIMOORA, and AHP methods under fuzzy environment”, Safety Science, vol. 102, pp. 290-300, 2018.

[19] Selim, H., Yunusoglu, M. G., & Yılmaz Balaman, Ş., “A dynamic maintenance planning framework based on fuzzy TOPSIS and FMEA: application in an international food company”, Quality and Reliability Engineering International, vol. 32, no. 3, pp. 795-804, 2016.

[20] A. C. Kutlu, and M. Ekmekçioğlu, "Fuzzy failure modes and effects analysis by using fuzzy TOPSIS-based fuzzy AHP," Expert Systems with Applications, vol. 39, no. 1, pp. 61-67, 2012.

[21] Chang, K.-H., Chang, Y.-C., & Lee, Y.-T. "Integrating TOPSIS and DEMATEL Methods to Rank the Risk of Failure of FMEA," International Journal of Information Technology & Decision Making, vol. 13, no. 06, pp. 1229-1257, 2014.

[22] Kumru, Mesut, and Kumru, Pinar, Yildiz."Fuzzy FMEA application to improve purchasing process in a public hospital," Applied Soft Computing, vol. 13, no. 1, pp. 721-733, 2013.

[23] Deng, X., & Jiang, W.,” Fuzzy risk evaluation in failure mode and effects analysis using a D numbers based multi-sensor information fusion method”, Sensors, vol.17, no.9, pp. 1-17, 2017.

[24] L. A. Zadeh, "Fuzzy logic: computing with words," IEEE Transactions on Fuzzy Systems, vol. 4, no. 2, pp.103-111, 1996.

[25] D. Y. Chang, "Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP," European Journal of Operational Research, vol. 95, no. 3, pp. 649–655, 1996.