International Conference ON MANAGEMENT ECONOMICS AND INDUSTRIAL ENGINEERING 2015 June 16
کنفرانس بین المللی مدیریت، اقتصاد و مهندسی صنایع ۲۶ خرداد ۱۳۹۴

ارائه مدلی برای اندازه گیری ریسک در زنجیره تأمین الکترونیک برمبنای سناریوهای رخداد در محیط خاکستری

لیلا احمدپور [۱،*]، ابوالفضل کاظمی [۲]

۱ - کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، گروه مهندسی صنایع، قزوین، ایران

Ahmadpour۹۰۸۲@gmail.com

۲ - استادیار، دکترای مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، گروه مهندسی صنایع، قزوین، ایران

Archive of SID

چکیده

سازمانها همواره در تلاش برای بهبود سهم بازار، افزایش سود و دستیابی به مزیت رقابتی نسبت به رقبا می‌باشند. برای دستیابی به این اهداف، توجه به کارایی و اثربخشی زنجیره تأمین از اهمیت فراوانی برخوردار است. استفاده از روشهای الکترونیک و فناوری اطلاعات و ارتباطات، سازمان ها و شرکت ها را قادر به پاسخگویی و انعطاف پذیری در مقابل نیازهای متغیر بازار نموده است. تجارت الکترونیک و اینترنت ساختار زنجیره های تأمین را به طور اساسی تغییرداده و با ظهور فناوری اطلاعات در محیط کسب و کار جدید، منجر به ایجاد زنجیره تأمین الکترونیک شده است. به علاوه، ظهور کسب و کار الکترونیک واحدهای درگیر و فعال در زنجیره تامین را بیش از پیش با هم مرتبط ساخته و روابط میان واحدها را از شکل یک‌طرفه و سنتی به شکلی دوطرفه و متقابل تبدیل ساخته است. این تغییر شکل زنجیره تأمین از روند کلاسیک و سنتی به روند الکترونیکی چالش‌های جدیدی را مطرح می‌سازد که تأخیر در خدمت رسانی به مشتریان از جمله‌ی این چالش‌ها می‌باشد. در این مقاله با بررسی سناریو رخدادهای ممکن در زنجیره تأمین و تأثیرگذاری متقابل سطوح مختلف آن به ارائه مدلی برای تخمین ریسک خدمت رسانی، بر مبنای اثر دومینو و در محیط خاکستری پرداخته خواهد شد.

واژگان کلیدی: اثر دومینو، محیط خاکستری، زنجیره تأمین ، سناریو رخداد.

www.SID.ir

Presenting a model for estimating risk of connectected units in internet based supply chains based on domino effects in grey system

Abstract

Nowadays all organizations attempt to improve their market shares and competency preference. To get this aim attention to efficiency and effectivness of supply chains are nessessary issue. Moreover with the increasing emphasis on supply chain vulnerabilities, effective mathematical tools for analyzing and understanding the effects of different units in supply chains are now attracting much attention. This paper presents a model for estimating these effects between units. In adition, we present a scenario decomposition framework based on domino effect and apply various variables that can influense the data transportation in an internet based supply chain. The presented methodology uses probability and Gray theory to measure impacts of units in electronic supply chain,

Keywords: domino effect, supply chain, Gray theory, occuranc scenario

Archive of SID

www.SID.ir

۱ – مقدمه

بر اساس نظر متخصصین کسب و کار الکترونیک، تجارت در دنیای حاضر را می‌توان حاصل حرکت بسیار سریع صنایع و سازمان‌ها به سمت الکترونیکی سازی کسب و کار و مبادلات بین سازمانی آن‌ها دانست. غیر از تعاریف متداول، تجارت الکترونیک را می‌توان ترکیبی از به اشتراک‌گذاری اطلاعات کسب و کار، پشتیبانی از روابط تجاری و انجام تراکنش‌های تجاری بین دو طرف فرایند و از طریق شبکه‌های کامپیوتری دانست. این رابطه می‌تواند بین دو بنگاه، بین دو شخص ویا بین شخص و بنگاه تعریف شود. شاید یکی از دستاوردهای اصلی تجارت الکترونیک نسبت به تجارت سنتی را بتوان باز شدن محیط و فرایندهای تجاری بر پایه‌ی اطلاعات الکترونیکی، ارتباطات الکترونیکی و تراکنش‌های الکترونیکی دانست. در این میان اطلاعات الکترونیکی را می‌توان سهل‌الوصول‌ترین پایه دانست، چرا که مخازن بسیار زیادی از اطلاعات در محیط‌های وب موجود بوده و دائما از طریق منابع گوناگون در حال توسعه و غنی‌سازی هستند. حتی شاید این ادعا دور از ذهن نباشد که بیان کنیم اطلاعات بدون قالب موجود در عرصه تجارت سنتی هم‌اکنون در قالب‌های مشخصی در محیط وب عرضه می‌شوند. از آن جمله می‌توان به کاتالوگ‌های الکترونیکی اشاره نمود که نمونه‌ی بارز ارائه اطلاعات پویا، قالب‌دار و کارآمد هستند. توسعه‌ی زنجیره‌های تأمین سنتی به شکل کنونی علی رغم ساده سازی کسب و کار ریسک‌هایی را نیز به فعالان صنایع مختلف وارد می سازد [۱].

نتیجه‌ی سنگین یک رخداد و ریسک حاصل از آن، تأثیر شدیدی بر زنجیره تأمین دارد. تأثیرات وقایع طبیعی بر زنجیره تأمین، اعتصاب کارگران، ورشکستگی تأمین کنندگان، جنگ و حملات تروریستی و .. بر زنجیره تأمین مشکلاتی را به وجود می‌آورند و می‌توانند دریافت مواد اولیه را دچار تأخیر کرده، در فروش مشکل ایجاد کرده و هزینه‌ها را افزایش دهند. در دسته بندی گسترده‌تر می‌توان گفت تأخیر، اختلال، عدم دقت در پیش‌بینی‌ها، از کار افتادگی سیستم، شکاف‌های عملیاتی، شکست در تهیه‌ی مواد، مشکلات موجودی و ظرفیت موجود باعث ایجاد ریسک در زنجیره تأمین می‌شود. از سوی دیگر پذیرفتن این که هر رده و هر واحد در زنجیره، تأثیر مخرب مربوط به خود را و استراتژی‌های کاهشی خود را دارد، نکته‌ای ضروری است.

در سال ۲۰۰۰ سائقه به خطوط قدرت در مکزیک آسیبی جدی وارد کرد. آسیب عمده به گروه شرکت‌های فیلیپس وارد شد که تأمین کننده‌ی اصلی شرکت‌های سازنده‌ی گوشی همراه مانند نوکیا و اریکسون بود. شرکت اریکسون که قطعات اولیه‌ی خود را فقط از این شرکت (فیلیپس) تأمین می‌کرد در طول بحران دچار خسارت شدیدی در حدود ۴۰۰ میلیون دلار شد. اینکه یک شرکت چگونه بحران‌ها را پشت سر گذاشته و با آن‌ها کنار می‌آید، بستگی زیادی به به نوع بحران و ویژگی‌های شرکت دارد. به منظور جلوگیری از بحران‌هایی مشابه بحرانی که برای شرکت اریکسون پیش آمد و همچنین با در نظر گرفتن تغییرات سریع دنیای کنونی، مدیران باید تعادل مناسبی بین موجودی و ظرفیت خود در زنجیره تأمین ایجاد کنند. شرکت موتورولا با افزایش دانش خود در شناسایی ریسک توانست استراتژی‌های کاهشی مناسبی را اتخاذ کند که اثرات منفی را خنثی کند. بنابراین با شناخت کافی از نوع زنجیره تأمین و نحوه تأثیر عوامل موثر بر آن ، بسیاری از صنایع قادر خواهند بود استراتژی‌های کاهشی مناسب را شناسایی کرده و در اداره‌ی امور خود به‌کار گیرند [۲].

۱-۲- ریسک زنجیره تأمین

تعریف اولیه ریسک زنجیره تأمین توسط Zsidisin مطرح شد. در این تعریف ریسک به عنوان پتانسیل پیشامد اتفاق یا شکستی که فرصت ها را محدود کرده وباعث ایجاد ضرر مالی شرکت می شود، مطرح شده است. این تعریف توسط محققان زیادی که در بخش های مختلف صنعت فعال هستند تأیید شده است. واضح است که تعریف مطرح شده، چندان توسعه داده نشده‌اند زیرا کسب توافق برای تعریفی که ازقبل درستی آن به اثبات رسیده است کار زمان‌بری است. همچنین تعاریف جدید دیدگاه‌های متفاوتی برای محققان تداعی می‌کند. هرچند که وجود ریسک در متن زنجیره تأمین می‌تواند ابعاد مختلفی داشته باشد [۱].

مدیریت ریسک یک زنجیره تأمین کار بسیار دشواری است زیرا در بیشتر مواقع ریسک‌ها به هم مرتبط هستند و ممکن است عملیاتی که یک ریسک را کاهش دهد نوع دیگری از ریسک را تشدید کند. یک زنجیره تأمین ناب را تصور کنید. زمانی‌که با تنظیم سطح موجودی اولیه اثر پیش‌بینی بیش از اندازه‌ی تقاضا خنثی می‌شود به طور همزمان اختلال در زنجیره تأمین افزایش می‌یابد. بدین معنی که عملیاتی که در کارخانه‌ای برای کاهش ریسک انجام می‌شود در کارخانه‌ی شریک ریسک را افزایش می‌دهد.

ریسک زنجیره تأمین ممکن است مشکلات تأمین را نیز تشدید کند مثلا ممکن است تغییرات در روال عادی تأمین را به جلو انداخته و باعث ایجاد اختلال شود. اختلالات می‌توانند کوتاه مدت یا بلند مدت باشند و مشکلات عدیده و غیرعدیده‌ای را برای سازمان ایجاد کنند. یک تأخیر ساده در زنجیره تأمین ممکن است یک ریسک مقطعی ایجاد کند ولی افزایش قیمت در یک شرکت باعث ایجاد ریسکی بلند مدت می‌شود. از سوی دیگر از کار افتادگی دستگاهی که دارای ظرفیت مازاد است تأثیر خفیفی دارد وبالعکس وقوع جنگ دریایی، در یک شرکت که فرایندهای آن عموما وابسته به حمل و نقل‌های دریایی است تأثیر به‌سزایی دارد. از این‌رو بسیاری از شرکت‌ها برنامه‌هایی را اجرا می‌کنند که اثرات بازگشتی ریسک‌ها بر زنجیره تأمین را خنثی کند و بسیاری از آن‌ها نیز از اثرات این نوع بازگشت‌ها چشم‌پوشی می‌کنند. به عنوان مثال تأمین‌کننده‌ای که مشکلات کیفیتی دارد با اثر بازگشتی تحت عنوان تقاضای بهبود کیفیت مواجه می‌شود، در مقابل در منطقه‌ای که زلزله خیز نیست آمادگی مقابله با زلزله‌ی شدید امریست که چندان مورد توجه قرار نمی‌گیرد و وقوع چنین زلزله‌ای اثرات بازگشتی به مراتب

Archive of SID
www.SID.ir

شدیدتری را به زنجیره تأمین فعالان آن مناطق وارد خواهد کرد. سازمان‌های پیشتاز با نگهداری ذخایر، از این‌گونه ریسک‌ها جلوگیری می‌کنند. مثلا یک شرکت بیمه با ذخایر مالی به شکایات پاسخ می‌دهد و شرکت‌های تولیدی با افزایش ظرفیت، نگهداری موجودی و افزایش تأمین‌کنندگان به ریسک‌ها پاسخ می‌دهند. در چنین مواقعی بزرگ‌ترین چالش برای مدیران، چگونگی موقعیت‌شناسی هوشمندانه و تعیین میزان ذخایر به نحوی است که سود را کاهش ندهد. می‌توان نتیجه گرفت زمانی‌که نگهداری موجودی و ذخایر،تأخیر در موارد تحویلی سازمان یا شرکت را جبران می‌کند، از سوی دیگر هزینه‌ها را افزایش می‌دهد. در چنین مواردی وظیفه‌ی مدیران به‌دست آوردن بالاترین سود با توجه به هزینه‌های موجود و سطوح مختلف زنجیره تأمین و همچنین دست‌یابی به اثربخشی در زنجیره تأمین می‌باشد. در واقع این به این معنی است که مدیر باید بیشترین سود را باتوجه به انواع مختلف ریسک در سطوح متفاوت زنجیره تأمین جست‌وجو کند. موفقیت در این زمینه نیازمند درک جامعی از زنجیره تأمین و راه‌کارهای آن و چگونگی به‌کارگیری آن‌ها در سازمان می‌باشد [۳].

- ریسک تأخیر[۳] در مواد اولیه: به طور معمول تأخیر در جریان مواد زمانی اتفاق می‌افتد که یک تأمین‌کننده به دلیل میزان زیاد تقاضا یا عدم توانایی در پاسخ‌گویی به تغییرات، قادر به برآورده ساختن به‌موقع تقاضا نمی‌باشد. از جمله موارد دیگر می‌توان به عدم کیفیت در محصولات تأمین‌کنندگان، نحوه‌ی حمل‌ونقل و ایجاد تغییرات جدید در فرایندها اشاره کرد. اگر این تأخیرات به صورت مکرر در فرایندهای سازمان‌ها مشاهده شوند اتخاذ استراتژی‌های مناسب با توجه به اطلاعات قبلی انجام گرفته و امر چندان مشکلی نخواهد بود. اگر سازمان‌ها سطح ذخیره‌ی موجودی خود را با توجه به ملاحظات اقتصادی و میزان ظرفیت خود برنامه‌ریزی نمایند، قادر خواهند بود تا از تأخیر جلوگیری کرده و یا در مقابل تأخیر آمادگی داشته باشند.
- ریسک اختلال در جریان مواد[۴]: اثرات منفی هر رخداد می‌تواند در سطح بین‌المللی تأثیرگذار باشد. مثلا وقوع زلزله در ژاپن باعث شد تا سازندگان کارت‌های صوتی در کالیفرنیا و همچنین بسیاری از صنایع کوچک به مواد مورد نیاز دسترسی نداشته باشند. در سال ۲۰۰۱ ورشکستگی شرکت تامپسون که تأمین‌کننده‌ی سوخت شاسی که مورد نیاز شرکت‌های فورد موتور و بسیاری از شرکت‌های تولیدکننده‌ی اتومبیل بود، صنعت خودروسازی را دچار مشکل نمود.
- ریسک سیستمی[۵]: کنترل ریسک در سیستم‌های پیچیده‌ای که به صورت شبکه در حال فعالیت هستند، به مراتب دشوارتر است زیرا اختلال در یک بخش، اختلال در بخش‌های دیگر را تشدید می‌نماید. به‌علاوه شکست و اختلال در سیستم‌های اطلاعاتی زنجیره تأمین باعث نابودی محیط شبکه شده و در نهایت به شکست کل سیستم منجر خواهد شد. مثلا ویروس Love Bug در سال ۲۰۰۲ به طور گسترده و سریع پست الکترونیک ناسا و مجموعه شرکت‌های فورد را مسدود ساخت و آن‌ها را دچار خسارات فراوانی نمود. از این‌رو این‌گونه شرکت‌ها و بانک‌های مختلف که فعالیت‌هایشان به صورت شبکه در جریان است، ریسک‌ها را به عنوان تهدیدی جدی پذیرفته‌اند.
- ریسک پیش‌بینی[۶]: عدم دقت در پیش‌بینی در اثر تحریف اطلاعات در زنجیره تأمین به وجود می‌آید. عدم دانش و آگاهی درباره‌ی مصرف‌کننده‌ی نهایی مثال بارزی از تحریف اطلاعات است. زیرا این عدم آگاهی مشتری نهایی را از زنجیره تأمین دور کرده و باعث به‌وجود آمدن اثر شلاقی[۷] می‌شود. برخی از شرکت‌ها با اصلاح فرایند قیمت‌گذاری و کم کردن انگیزه برای ایجاد تغییر در تقاضا، توانسته‌اند تاحدودی اثر شلاقی را کاهش دهند و از طرفی قابل مشاهده بودن اطلاعات، دسترس‌پذیری و عدم تمرکز آن‌ها در بخش خاصی از زنجیره تأمین، شدت این اثر را کاهش می‌دهد.
- ریسک مالکیت معنوی[۸]: ریسک مالکیت معنوی زمانی شکل گرفت که زنجیره‌های تأمین از حالت عمودی و متمرکز خارج شده و به صورت جهانی درآمدند. این ریسک زمانی شدت گرفت که برون‌سپاری در زنجیره تأمین گسترش یافت. این نوع ریسک تأثیر زیانباری در زنجیره تأمین دارد زیرا سودآوری مبتنی بر رقابت و مالکیت معنوی طول عمر بیشتری دارد. سازمان‌ها به وسیله‌ی ایجاد انعطاف‌پذیری، آمادگی در برابر تغییرات، سرپرستی و نظارت مستقیم بر محصولات و زیرشاخه‌هایشان می‌توانند ریسک مالکیت معنوی کاهش دهند.
- ریسک تأمین[۹]: ریسک تأمین به افزایش پیوسته‌ی هزینه‌ها در نتیجه‌ی نرخ نوسان مبادلات و یا بالا بردن قیمت توسط تأمین‌کنندگان گفته می‌شود. برای مثال ضعیف شدن ارزش دلار آمریکادر هنگام برون سپاری شرکت‌های آمریکایی به واحدهای

---

[۳] Delays
[۴] Disruptions to material flows.
[۵] Systems Risk
[۶] Forecast Risk
[۷] Bull wipe effect
[۸] Intellectual property Risk
[۹] Procurement Risk

Archive of SID
www.SID.ir

اروپایی، اروپا را دچار مشکل کرده است. با کاهش ارزش دلار و ریسک سقوط قیمت آن، کشورهای آسیایی نیز تلاش خود را برای صادرات به آمریکا متمرکز می‌کنند.

- ریسک نرخ مبادله‌ای[۱۰]: ریسک نرخ مبادله‌ای به وسیله‌ی ایجاد حصار مالی، عدم تعادل هزینه و جریان درآمد و همچنین با در نظر گرفتن انعطاف‌پذیری ظرفیت جهانی به وجود می‌آید. استراتژی تولید تویوتا به هر کشوری اجازه می‌دهد که در بازارهای محلی و حداکثر در یک بازار بین‌المللی به رقابت بپردازد. این ویژگی به تویوتا اجازه می‌دهد که در صورت تغییرات زیاد در نرخ مبادله‌ای به سرعت تولیدات خود را تغییر دهد.
- ریسک‌های قابل وصول[۱۱]: ریسک‌های قابل وصول ریسک‌هایی هستند که عدم توانایی در پذیرفتن آن‌ها باعث نابودی سازمان خواهد شد. شرکت سیرز در نتیجه‌ی کلاهبرداری دارندگان کارت‌های اعتباری دچار سرنگونی شد و در عرض یک روز ۳۰ درصد از ارزش سهام خود را از دست داد. در عوض، اهمیت انتخاب مشتریانی مطمئن، به عنوان نکته‌ای کلیدی در سیاست‌های این شرکت قرارگرفت.
- ریسک موجودی[۱۲]: افزایش موجودی در یک شرکت به طور عمده عملکرد مالی را دچار اختلال می‌کند. این واقعیت زمانی آشکار شد که شرکت‌های تولید کننده‌ی کامپیوترهای شخصی موجودی خود را به طو متوسط ۱۲ هفته نگهداری می‌کردند. در این میان کاهش قیمت و تغییرات سریع در فناوری محصولات ضربات مهلکی را به شرکت‌ها وارد می‌کرد. شرکت کامپک نمونه‌ی مناسبی برای این مورد است زیرا با نگهداری بیش از اندازه‌ی تولیدات خود پیشرفت فناوری را نادیده گرفت و در نهایت با موجودی گسترده‌ای از محصولات مواجه شد که تقاضایی برای آن‌ها وجود نداشت.
- ریسک ظرفیت[۱۳]: ریسک ظرفیت بر خلاف ریسک موجودی، برای افزایش یا کاهش نیازمند بازه‌ی زمانی طولانی است. بنابراین تصمیم برای افزایش ظرفیت به حوزه‌ی تصمیمات استراتژیک مربوط است. بنابراین افزایش ظرفیت و استفاده‌ی کمتر از ظرفیت ایجاد شده تأثیرات مخربی به همراه خواهد داشت. این امر در سال‌های ۲۰۰۳-۲۰۰۲ برای شرکت‌های تولیدکننده‌ی محصولات نیمه هادی اتفاق افتاد. این شرکت‌ها به دلیل کمبود تقاضا فقط از ۵۰ درصد ظرفیت خود استفاده می‌کردند [۲].

با این تفاسیر، اگر تحلیل ریسک را به عنوان مجموعه‌ای در نظر بگیریم که از سه مرحله‌ی کلیدی تشکیل شده است، بدون شک مرحله‌ی اول آن تجزیه و تحلیل کمی ریسک می‌باشد. این تحلیل با هدف شناسایی و ارزیابی مؤلفه‌ها و عواملی که ممکن است موفقیت یک پروژه یا دستیابی به یک هدف خاص را به مخاطره بیاندازند، مورد استفاده قرار می گیرد [۴]. تحلیل ریسک و روش‌های آن به سه بخش تقسیم می‌شوند: روش‌های کمی، روش‌های کیفی، روش‌های ترکیبی. روش‌های کیفی بر مبنای تخمین‌های تحلیلی و بر پایه‌ی دانش و توانایی مهندسان ایمنی می‌باشند. از طرفی، تکنیک‌های کمی، ریسک را به عنوان کمیتی قابل تخمین در محیط‌های ریاضی مطرح می‌کنند. این روش‌ها با جمع‌آوری داده در محیط‌های واقعی سعی در اندازه‌گیری ریسک دارند. روش‌های ترکیبی با استناد به ترکیبی از روش‌های کمی و کیفی، راه‌کارهایی را ارائه می‌دهند، این روش‌ها خاصیت ادهوکراسی دارند بنابراین از پراکندگی جلوگیری می‌کنند ولی از پیچیدگی بالایی برخوردار هستند.

۱-۳- ارزیابی کمی سناریوهای دومینو[۱۴](QADS): اثر دومینو رویدادی است که در اثر انتشار یک رویداد اولیه در کل یک فرایند به وجود می‌آید و موجب رویدادهای ثانویه در زنجیره می‌شود که این اثرات ثانویه به مراتب شدیدتر از اثر رویداد اولیه است . بنابراین اگر شدت نتایج حاصل از یک رویداد شدیدتر و بیشتر ولی همجنس با رخداد اولیه‌ای باشد که موجب به وجود آمدن آن شده است، یک رخداد دومینو شکل گرفته است. بنابراین سناریوهای رخداد دومینو در اثر پیشروی رخدادی اولیه به وجود می‌آیند. این پیشروی معمولا با آسیب فیزیکی که به بخشی از تجهیزات وارد می‌شود به وجود می‌آید. برای شناسایی ویژگی‌های یک رخداد دومینو، چهار عامل مورد نیاز است:

- سناریو اولیه‌ای که موجب به وجودآمدن اثر دومینو می‌شود.
- اثر جانبی رخداد اولیه ای که به واسطه‌ی انتشار آن به وجود می‌آید و رخداد ثانویه را موجب می‌شود.
- یک یا چند رخداد ثانویه در همان واحد، در اثر انتشار رخداد اولیه به وجود آمده باشد.
- پیشروی پیامدهای اثر اولیه به دلیل وجود اثرات ثانویه.

---

[۱۰] Exchange rate Risk
[۱۱] Receivable Risk
[۱۲] Inventory Risk
[۱۳] Capacity Risk
[۱۴] Quantitative Assessment of Domino Scenarios

Archive of SID
www.SID.ir

ارزیابی کمی رخدادهای دومینو نیازمند شناسایی فراوانی، احتمال و ارزیابی پیامدها در تمام سناریوهای دومینو می‌باشد. شناسایی سناریوهای دومینو باید بر مبنای معیار پیشروی باشد. در ارزیابی احتمال سناریوهای دومینو، احتمال خسارت در یک بخش، ممکن است مستقل از خسارات موقتی در واحدهای دیگر در نظر گرفته شود [۵].

۱-۴- تئوری اعداد خاکستری

اگر اطلاعات واضح و شفاف یک سیستم را بارنگ سفید و اطلاعات کاملاً ناشناخته یک سیستم با رنگ سیاه تجسم شود، در این صورت اطلاعات مربوط به بیشتر سیستم های موجود در طبیعت اطلاعات سفید (کاملاً شناخته شده) و یا سیاه (کاملا ناشناخته) نیستند بلکه مخلوطی از آن دو یعنی به رنگ خاکستری هستند. این گونه سیستم ها را سیستم های خاکستری می نامند که اصلی ترین مشخصه آن ها، کامل نبودن اطلاعات مربوط به آن سیستم است. هر سیستم خاکستری به وسیله اعداد خاکستری، معادلات خاکستری و ماتریس‌های خاکستری توصیف می شود که در این میان اعداد خاکستری به مثابه اتمها و سلول های این سیستم هستند. عدد خاکستری می‌تواند به عنوان عددی با اطلاعات نامطمئن تعریف شود. مثلاً رتبه معیارها در یک تصمیم گیری، به صورت متغیرهای زبانی بیان می‌شوند که می‌توان آنها را با بازه‌های عددی بیان نمود. این بازه‌های عددی شامل اطلاعات نامطمئن خواهد بود. به عبارت دیگر عدد خاکستری به عددی اطلاق می شود که مقدار دقیق آن نامشخص است اما بازه‌ای که مقدار آن را در بر می گیرد شناخته شده است. یک عدد خاکستری می‌تواند به صورت $\otimes \in [a, b]$ تعریف شود [۶].

در بخش دوم از این مقاله به مرور کلی تحقیقات انجام شده در زمینه‌ی اندازه‌گیری ریسک می‌پردازیم. مدل پیشنهادی برای تخمین ریسک در بخش سوم به تفصیل بیان خواهد شد. لازم به ذکر است که مبنای این مدل بر اساس سناریوهای خرابی در زنجیره تأمین مورد مطالعه می‌باشد. در بخش چهارم به بیان مثال عددی جهت بررسی چگونگی کارکرد مدل پرداخته و در انتها، جمع‌بندی و پیشنهادات آتی مطرح خواهند شد.

۲- مرور ادبیات

تحلیل ریسک مرحله‌ای مؤثر است که برای تکمیل فرایندهای مدیریتی به کار می‌رود و به عبارتی، نوعی مکمل در تمام زمینه‌های مدیریتی می‌باشد. اکثر مدیران در بخش بهداشت و درمان، محیط زیست و سیستم‌های فیزیکی، تحلیل ریسک را به عنوان بخشی جدایی‌ناپذیر در تمام مراحل تصمیم‌گیری خود می‌گنجانند. این کاربردها و گرایش رو به افزایش مدیران به تخمین ریسک در فرایندهای صنعتی و دولتی باعث توسعه‌ی تئوری‌ها، روش‌ها و ابزارهای عملی زیادی شده است. لذا مرور بر تحقیقات انجام شده در این بخش، با استناد به مقالاتی است که ایمنی و ریسک را در زمینه‌های متفاوتی مانند مهندسی، داروسازی، شیمی، زیست‌شناسی و... مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌دهد و سعی بر ارائه‌ی روشی ابتکاری برای تخمین ریسک دارند. بدیهی است جای بحث بسیار است و موارد مطرح شده تنها گوشه‌ای از تحقیقات گسترده‌ای است که در این زمینه انجام گرفته است.

ریسک، احتمالی است که می‌تواند در فرایندی ارزش گذار به عنوان عامل خطر وارد شود. عامل خطر به معنی هر نوع شرایط نامطمئن (نا سالم) یا منبع رخدادی نامطلوب، ضرر و یا خسارت می‌باشد. علاوه بر آن، ریسک به عنوان کمیتی که تحت تأثیر عدم قطعیت و شدت اثر می‌باشد، تعریف می‌شود. سیستم‌های انسان-ماشین از انسان، ماشین و روابط متقابل بین آن‌ها تشکیل شده‌اند که با مدل‌های سیستمی قابل توجیه می‌باشند. شناسایی مدل سیستم از این جهت مهم است که عملکردهای نادرست را نمایان می‌سازد و یا به عبارتی وضوح رخدادها را بیشتر می‌کند. اولین نکته‌ای که باید تشخیص داده شود این است که آیا رخداد پیش آمده در نتیجه‌ی عملیاتی اشتباه بوده است یا به دلیل ضعف در مدل سیستم به وجود آمده است [۷-۹].

با مروری به روش‌های ابتکاری در اندازه‌گیری ریسک، Goh و همکارانش در سال ۲۰۰۷ مدلی تصادفی برای یک زنجیره تأمین چند مرحله‌ای ارائه دادند که مشکلات توزیع، تقاضا و توزیع را نیز در نظر می‌گرفت. در این مدل هدف شرکت حداکثر کردن سود بعد از کسر مالیات و در نظر گرفتن ظرفیت‌ها است. در انتهای هر دوره زمانی دو متغیر تصادفی تقاضا و نرخ تبادل به وسیله‌ی سناریوهای مجزا تخمین زده شده است [۱۰]. در سال ۲۰۰۸، Marhavilas و Koulouriotis ریسک را به عنوان کمیتی در نظر گرفتند که با اجرای قوانین ریاضی و محاسباتی بر روی داده‌های واقعی قابل بیان است. رابطه‌ی ریاضی ارائه شده در جهت تکمیل پژوهش‌های قبلی و با هدف بهره‌گیری از داده‌های واقعی بوده و روش نسبی اندازه‌گیری نامیده شد. در این روش حاصلضرب سه کمیت احتمال وقوع، فراوانی رخداد و شدت اثر، به عنوان شاخص ریسک در نظر گرفته شد. سه کمیت یاد شده مقادیری بین یک تا ده اختیار می‌کنند. بنابراین مقدار ریسک عددی بین یک تا ۱۰۰۰ به دست می‌آید. در انتهای تحقیق با جمع‌آوری داده‌های واقعی از صنعت آلومینیم ریسک محاسبه شده است [۱۱]. در سال ۲۰۱۰ در تحقیقی که توسط Abdolhamidzadeh و همکارانش انجام گرفت، روشی جدید برای ارزیابی اثر دومینو در دنباله‌ای از واحدها ارائه شد. روش یاد شده از تکنیک‌های شبیه سازی مونت کارلو بهره گرفته و در محیط‌های غیر قطعی و پیچیده نیز قابل استفاده است. تحقیق مورد بحث با ارائه‌ی الگوریتمی با عنوان الگوریتم FREEDOM[۱۵] سعی در برطرف کردن پیچیدگی‌های مدل‌های

[۱۵] FREquency Estimation of DOMino accidents

Archive of SID
www.SID.ir

تحلیلی اثر دومینو دارد [۱۲]. MeiDana و ZhiQiang در سال ۲۰۱۱ روشی را برای اندازه‌گیری ریسک، با بهره‌گیری از تئوری عدم قطعیت و منطق فازی و همچنین در نظر گرفتن شاخص‌های تأثیرگذار در زنجیره تأمین ارائه دادند. با توجه به اینکه روش‌های اندازه‌گیری ریسک در زنجیره تأمین یا به طور یک بعدی گرایش به تئوری احتمالات داشته و یا میزان ریسک را با میزان ضرر حاصل از فرایندها، تخمین می‌زنند، روش ارائه شده در این مطالعه تخمین کمی ریسک را با استفاده از هر دو بعد ذکر شده انجام می‌دهد. در این روش شش شاخص اصلی در نظر گرفته شده است که هر کدام از آن‌ها دارای چندین زیر شاخص می‌باشند [۱۳]. به طور همزمان، Giannakis و Louis در قالب یک تحقیق، یک زنجیره تأمین را طراحی کردند که قابلیت ردیابی سفارشات را دارا بود و به این ترتیب میزان ریسک حاصل از فعالیت‌ها را به حداقل رساندند. به این منظور، ابتدا طرح سازمانی ارائه شد و مسئولیت واحدهای مختلف معین گشت. روابط متقابل بر مبنای کاهش ریسک و اختلال مدل‌سازی شد. در نهایت مدل مبنا متشکل از سه ماژول بود که دو بخش آن به مدیریت تولید (مدیریت تقاضا، تولید، خرید، لجستیک) و رخدادهای زنجیره تأمین اختصاص یافت و بخش سوم آن به عنوان عاملی مجزا، فرایندهای مدیریت ریسک را اجرا می‌کرد. در این مجموعه واحدهای مجزایی وجود دارند که هر کدام هدفی خاص را دنبال می‌کنند. مثلا واحد سنجش اثر ریسک که این اثر را در قالب واژه‌های بیانی (بدون تأثیر، تأثیر کم، تأثیر متوسط، تأثیر زیاد) گزارش می‌دهد، واحد سنجش احتمال که احتمال وقوع رخدادها را (غیرمحتمل، محتمل، احتمال متوسط، احتمال زیاد) بیان می‌کند، واحد نظارت که فرایندهایی نظیر تولید، توزیع، زمان تحویل، عملیات خارج از برنامه و ... را کنترل می‌کند. در نهایت عملیاتی که باعث ایجاد تأخیر می‌شوند شناسایی شده و احتمال رخداد آن‌ها بررسی شده و به عنوان عملیاتی هشدار دهنده، برچسب گذاری می‌شوند [۱۴]. در همان سال Mentes و Helvacioglu یک درخت تحلیل فازی را برای مشکلات پهلوگیری کشتی‌ها ارائه دادند. استفاده از درخت خطای فازی یکی از نقاط قوت این تحقیق است زیرا با در نظر گرفتن وقایع در مقیاس فازی یک محیط واقعی شبیه‌سازی شده است. از طرفی این روش محدودیت‌های درخت خطای اولیه را نداشته و نتایج واقعی‌تری را ارائه می‌دهد [۱۵]. تحلیل Bow tie روشی است که Shahriar و همکارانش در تحلیل ریسک مورد استفاده قرار داده‌اند. این روش یک تکنیک احتمالی یکپارچه است که سناریوی حوادث را به منظور ارزیابی احتمالات و مسیر رخدادها، مورد تحلیل قرار می‌دهد. به علاوه برای جلوگیری، کنترل و کاهش رویدادهای نامطلوب از طریق روابط منطقی بین پیامدها و علل آن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. طبق مباحث مطرح شده می‌دانیم که FTA روشی ترسیمی برای نمایش علل و تخمین احتمال آن‌ها و ETA روشی برای نمایش پیامدهای هر رخداد است. Bow tie رویکردی است برای ترکیب این دو روش ترسیمی به منظور نمایش علل، پیامدها و تهدیدات در یک نمای واضح‌تر. در این تحقیق خطوط انتقال نفت و گاز مورد بررسی قرار گرفته‌اند و برای تحلیل‌های کمی از روش‌های سنتی، ریاضی، درخت تحلیل خطا و در خت تحلیل رخداد استفاده می‌شود. اگرچه خطوط لوله‌کشی یکی از بهترین راه‌های انتقال سوخت معرفی شده است اما احتمالات زیادی وجود دارند که منجر به خطا و شکست در این خطوط می‌شوند. مثلا نشت سوخت از لوله‌ها، موردی است که نتایج جبران ناپذیری را به همراه دارد زیرا پیامدهای آن برای افراد و صنایع مختلف، بسته به مکان و زمان این نوع رویدادها متفاوت است. بنابراین تحقیقات زیادی برای جلوگیری و پیش‌گیری از این واقعه انجام شده است که عمده‌ی موارد استفاده آن‌ها حول مطالعه‌ی رویداد در صنعت یا مکانی خاص در گردش بوده است [۱۶].

در سال ۲۰۱۳، روشی ریاضی برای اندازه‌گیری ریسک تجمعی توسط Chang و همکارانش ارائه شد. در این تحقیق ریسک تجمعی اجرا و به کارگیری RFID در اقامت‌گاه‌های دانشجویی اندازه‌گیری شد. در تحقیق یاد شده مطالعه‌ای بر روی مکانیزه ساختن خوابگاه‌های دانشجویی انجام شده و تأکید فراوان شده که قبل از اجرای این نوع اتوماسیون کارایی، امکان‌سنجی و سایر شرایط برآورد شوند. به این منظور شش شاخص اصلی و از روش توزیع پرسشنامه شناسایی شده است. شاخص‌های شناسایی شده در این روش توسط خبرگان مقایسه و اولویت‌بندی شده‌اند. نوآوری این روش در به‌کارگیری ماتریس اولویت فازی[۱۶]، به جای ماتریس مقایسات زوجی می‌باشد. لازم به ذکر است که داده‌های مورد مطالعه در تحقیق مورد نظر در مقیاس‌های فازی و واژه‌های بیانی هستند. نکته‌ی مهم اینست که با اعمال این روش می‌توان کمترین سطح مقایسات را انجام داد [۱۷].

با توجه به تحقیقات یاد شده، در بررسی رویدادهایی که در اثر انتشار یک رویداد اولیه در کل یک فرایند به وجود می‌آید و موجب رویدادهای ثانویه در زنجیره می‌شود می‌توان نتیجه گرفت که این اثرات به مانند ابری هستند که شکل معینی ندارند. درک این ابهام به صورت عمیق زمانی ممکن است که بتوان رفتار این اثرات را مدل نمود. یک مدل، نمایش واقعیتی است که دیدی از ریسک‌ها را فراهم می‌آورد. نکته‌ی قابل توجه این است که کشف مدل، فرایندی قابل درک است و موفقیت در این امر بستگی به ابتکار انسان‌ها داشته که بسیار متناقض هستند. هدف اصلی این است که بتوان کشف ریسک را به عنوان یک فرایند تکرارپذیر توسعه داده و بتوان از تمام مزایای آن بهره گرفت. بنابراین درک فرایندهای یک زنجیره تأمین در شناسایی مدل تأثیرگذاری ریسک ارزش به‌سزایی داشته که تحت عنوان سناریو رخداد، مورد نظر تحقیق پیش‌رو می‌باشد. بدیهی است شناسایی اثر دومینو بهترین رویکرد در اندازه‌گیری ریسک حاصل از ارتباط واحدهای مختلف در زنجیره تأمین است که تاکنون به آن پرداخته نشده است و مورد مطالعه‌ی این مقاله می‌باشد.

[۱۶] Fuzzy preference relation matrix

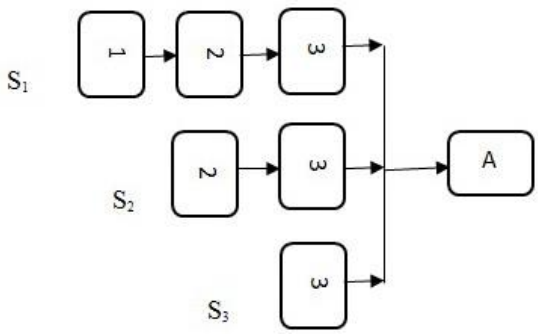
Archive of SID
www.SID.ir

۳- مدل پیشنهادی

فراوانی اثرات متقابل، در زنجیره تأمین به دلیل تراکنش‌های متقابل واحدهای مختلف، به وضوح مشهود است. از سوی دیگر تعداد رخدادهای قابل انتشار که سالانه رخ می‌دهند، روبه افزایش است. فهم دلایل این افزایش چندان مشکل نیست. با افزایش جمعیت و به دنبال آن کمبود فضا برای زندگی، همچنین رشد صنعتی و نیاز به ایجاد کارخانه‌ها و شرکت‌ها، فرایندهای تولیدی صنعتی و شیمیایی به خصوص در کشورهای در حال توسعه به این اثر دامن می‌زنند. مثلا در کشور هند بسیاری از تصفیه‌خانه‌ها و شرکت‌های پتروشیمی نزدیک شهرها و محل‌های مسکونی ساخته شده‌اند، در ایران شرکت‌های پتروشیمی در عسلویه دارای خوشه‌های صنعتی بسیاری هستند که باعث توسعه‌ی آن‌ها به سمت مکان‌های مسکونی می‌شود. این‌گونه گسترش در صنایع مختلف به خصوص در کشورهای در حال توسعه رو به افزایش نهاده است. حتی اگر صنایع شیمیایی خطرناک دور از مکان‌های مسکونی ساخته شوند، با توجه به گستردگی آن‌ها دیری نمی‌پاید که مراکز خرید و جوامع انسانی به محل این صنایع نزدیک می‌شوند. در این میان زیرساخت‌ها و معاملات محل‌های مسکونی در نزدیکی این صنایع نیز شدت می‌گیرند. فاکتور سومی که می‌توان به آن اشاره نمود افزایش آلودگی از طریق فعالیت‌های صنعتی است که انجام می‌گیرد. از طرفی، شدت اثرات متقابل فاکتوری است که باید توسط مدلی خاص برآورد شود. از دیدگاه احتمال، رخداد اولیه و ثانویه باید دو طرفه باشد مگر اینکه فرایند تشدید اتفاق بیفتد [۱۱].

مدل، یک فرایند طبیعی و ذاتی بوده که برای پیش بینی ریسک‌ها به‌کار می‌رود. به عنوان مثال مدل‌های تخمینی مانند مدل تخمین هزینه سودمند یک اسکنر قوی برای محیط‌های داخلی است. مدل قابل اعتماد می‌تواند ریسک‌های محصول را کشف کند. به این ترتیب با مدل‌های مختلف جنبه‌های متنوعی از محیط پروژه‌ها پوشش داده می‌شود. مثلا مدل تخمین، اندازه و پارامترهای ساختاری محصول و مدل قابلیت اعتماد ابعاد کیفیتی محصول را پوشش می‌دهند. این مدل‌ها برای کشف ریسک استفاده می‌شوند. مدل‌ها به صورت مکرر به‌کار گرفته شده و پارامترهای خود را تنظیم می‌کنند. نتایج این تکرارها برروی سناریو پیشنهادی برای هر اجرا نگاشت می‌شود و اگر ریسکی وجود داشته باشد در نتایج نشان داده می‌شود [۱۷]. برای محاسبه‌ی اثر دومینو شناسایی فرایندی که در حال انجام است مهم‌ترین گام به شمار می‌آید. مراحل برازش مدل برای تخمین اثر دومینو به شرح زیر می‌باشد:

- گام (۱): شناسایی و درک فرایند درحال انجام در زنجیره تأمین.
- گام (۲): تعیین سناریوهای احتمالی خرابی را در زنجیره تأمین مورد نظر. برای شناسایی سناریوها بسته به اینکه چه فرایندی در جریان است نقشه‌ی سناریو را رسم می‌کنیم. ترسیم نقشه‌ی آسیب رویدادهای متقابل سناریوها کار پیچیده‌ای است. زیرا آسیب‌ها در تمام سناریوها همگن نیستند و رخدادهای متفاوت نتیجه‌ی اثرات فیزیکی متفاوت هستند و یا اینکه در زمان‌های متفاوتی به وقوع می‌پیوندند و ترکیب مناسب رخدادها به آسانی قابل تشخیص نیست. با در نظر گرفتن این‌که پیامدهای یک حادثه شامل رخدادهای همزمان و چندگانه می‌باشند، ترسیم نقشه‌ی آسیب‌پذیری در شناسایی پیامدهای حادثه کمک بسیاری می‌کند. بنابراین دومین مرحله در شناسایی آسیب‌پذیری هر زنجیره تأمین ترسیم نقشه‌ی سناریوهای رخداد می‌باشد که تصویری واضح از ارتباطات متقابل سیستم می‌باشد. شکل (۱) نمونه‌ای از سناریوهای رخداد در یک زنجیره تأمین را نمایش می‌دهد.



یک زنجیره تأمین الکترونیک

شکل (۱): نقشه‌ی سناریوهای

S_1: سناریو اول در این زنجیره بوده و نشان دهنده‌ی این است که خرابی در واحد ۱ باعث خرابی در واحد ۲ و ۳ خواهد شد.

S_2: سناریو دوم در این زنجیره بوده و نشان دهنده‌ی این است که خرابی در واحد ۲ باعث خرابی در واحد ۳ خواهد شد.

S_3: سناریو سوم در این زنجیره است. با توجه به این‌که برای وقوع اثر متقابل وجود حداقل دو واحد الزامی است، بنابراین این سناریو در ایجاد اثر متقابل نقشی نخواهد داشت.

Archive of SID
www.SID.ir

- گام (۳): تعیین احتمال وقوع هر یک از سناریوها که با استفاده از قوانین احتمال، طبق رابطه (۱) تعیین می‌شوند.

$$a_z = P(failure\ in\ scenario\ S_1) = P(failure\ in\ 1 \cup failure\ in\ 2 \cup failure\ in\ 3)$$
$$a_z = 1 - P(\overline{failure}\ in\ 1 \cap \overline{failure}\ in\ 2 \cap \overline{failure}\ in\ 3)$$
$$a_z = 1 - [P(\overline{failure}\ in\ 1) \times (\overline{failure}\ in\ 2) \times (\overline{failure}\ in\ 3)$$

(۱)

- گام (۴): برازش مدل متناسب با هر سناریو.

i: اندیس واحدها.($i = ۱, ۲, ۳$)

j : اندیس اثرات دومینو.

a : احتمال خرابی در هر واحد.

x : مجموعه‌ی واحدها. ($x \in \{0,1\}$ ، اگر $x=۰$ واحد مورد نظر در سناریو حاضر نمی‌باشد)

z : مجموعه‌ی واحدهای هدف. ($z \in \{0,1\}$ ، اگر $z=۰$ سناریو رخ نداده است)

c : مجموعه‌ی اثرات دومینو. (c_{ij} به معنی اثر دومینو jام حاصل از iامین واحد)

n: تعداد واحدهای فعال در یک محدودیت.

بنابراین مدل بر مبنای سناریو و به صورت رابطه‌ی (۲) برازش داده خواهد شد.

$$\max = \prod c_{ij} x_i$$
$$\sum_i a_i x_i + \sum_{i,j} c_{ij} x_i \le a_z z$$
$$\sum_i x_i + z = n + 1$$
$$c_i \ge 0$$

(۲)

با توجه به اینکه S_1 سناریویی است که چهار حالت خرابی را شامل می‌شود مدل برازش داده شده به شرح زیر می‌باشد:

- حالت (۱): در واحد ۱ خرابی وجود دارد ولی واحدهای ۲ و ۳ به خوبی کار می‌کنند. بنابراین اثر دومینوی حاصل از خرابی واحد۱ در ۲ و ۳ تأثیرگذار است. تخمین اثر دومینو با استفاده از رابطه‌ی (۳) صورت می‌گیرد.

$$\max = c_{11} x_2 \times c_{(1,2)2} x_3$$
$$a_1 x_1 + c_{11} x_2 + c_{(1,2)2} x_3 \le a_z z$$
$$x_1 + x_2 + x_3 + z = 4$$
$$c_{11}, c_{12} \ge 0$$

(۳)

- حالت (۲): در واحدهای ۱ و ۲ خرابی وجود دارد ولی واحد ۳ به خوبی کار می‌کند. بنابراین اثر دومینوی حاصل از خرابی واحدهای ۱ و ۲ در ۳ تأثیرگذار است. تخمین اثر دومینو با استفاده از رابطه‌ی (۴) صورت می‌گیرد.

$$\max = c_{11} x_2 \times c_{(1,2)2} x_3$$
$$a_1 x_1 + a_2 c_{11} x_2 + c_{(1,2)2} x_3 \le a_z z$$
$$x_1 + x_2 + x_3 + z = 4$$
$$c_{11}, c_{(1,2)2} \ge 0$$

(۴)

- حالت (۳): در واحدهای ۱ و ۳ خرابی وجود

$$\max = c_{11} x_2 \times c_{(1,2)2} x_3$$
$$a_1 x_1 + c_{11} x_2 + a_3 c_{(1,2)2} x_3 \le a_z z$$
$$x_1 + x_2 + x_3 + z = 4$$
$$c_{11}, c_{(1,2)2} \ge 0$$

Archive of SID
www.SID.ir

دارد ولی واحد ۲ به خوبی کار می‌کند. بنابراین اثر دومینوی حاصل از خرابی واحدهای ۱ در ۲ و ۳ تأثیرگذار است. تخمین اثر دومینو با استفاده از رابطه‌ی (۵) صورت می‌گیرد:

(۵)

- حالت (۴): در واحدهای ۱ و ۲ و ۳ خرابی وجود دارد. بنابراین اثر دومینوی حاصل از خرابی هر سه واحد در سناریو تأثیرگذار است. تخمین اثر دومینو با استفاده از رابطه‌ی (۶) صورت می‌گیرد.

$$\max = c_{11}x_2 \times c_{(1,2)2}x_3$$
$$a_1x_1 + a_2c_{11}x_2 + a_3c_{(1,2)2}x_3 \le a_z z$$
$$x_1 + x_2 + x_3 + z = 4$$
$$c_{11}, c_{(1,2)2} \ge 0$$

(۶)

همین روند برای سناریو S_2 نیز صادق بوده ومدل‌های مربوط به این سناریو نیز طبق این اصول نوشته می‌شود.

- گام (۵): حل مدل متناسب با هر سناریو با نرم‌افزار لینگو.
- گام (۶): جایگذاری اثر دومینو در فرمول کلاسیک تعیین ریسک که در رابطه (۷) نشان داده شده است:

$$R=P.S$$

(۷)

در رابطه‌ی (۷)، P نشان دهنده‌ی احتمال وقوع سناریو می‌باشد، S نشان دهنده‌ی شدت رخداد سناریو که از حل مدل‌ها بدست آمده می‌باشد. بعلاوه، پاسخ حاصل از حالت‌های خاص در مقیاس فاصله ای می‌باشد.

۴- مثال عددی

با توجه به اینکه زنجیره تأمین مورد مطالعه به صورت الکترونیکی می‌باشد، احتمال خرابی در هر واحد توسط طراحان نرم افزار که در بسترهای الکترونیک در فعالیت هستند ارائه می‌شود. جدول (۱) این احتمالات را بر اساس نظر طراحان کسب و کار الکترونیک نشان می‌دهد.

با جایگذاری داده‌های جدول (۱) در مدل‌های ارائه شده و حل آن‌ها توسط نرم‌افزار لینگو می‌توان به بازه‌ای از اثرات دومینو دست یافت که در جدول (۲) نشان داده شده است.

واحد	احتمال خرابی
۱	۰/۰۷
۲	۰/۱۴
۳	۰/۱۲

جدول (۱): احتمال خرابی در هر واحد

سناریو	a_z	اثردومینو
S_1	۰/۳	(۰/۱۱۵,۰/۹۵)
S_2	۰/۲۴۳۲	(۰/۱,۰/۸۳)

جدول (۲): نتایج محاسبه‌ی اثرات دومینو با استفاده از نرم‌افزار لینگو

Archive of SID
www.SID.ir

اثرات محاسبه شده در این بخش به صورت بازه‌ای از اعداد می‌باشند که با جایگذاری آن‌ها در روابط کلاسیک ریسک می‌توان به شاخص ریسک دست یافت. با توجه به مقیاس فاصله‌ای اثر دومینو در جدول (۳) تحلیل حساسیتی در نقاط آغازین و پایانی بازه انجام شده است. R_L نشان دهنده میزان ریسک به ازای نقاط ابتدایی بازه و R_H نشان دهنده‌ی میزان ریسک به ازای نقاط پایانی بازه‌ی اثر دومینو می‌باشد. جدول (۳) نتیجه حاصل را نشان می‌دهد

سناریو	a_z	اثردومینو	R_L	R_H
S_1	۰/۳	(۰/۱۱۵,۰/۹۵)	۰/۰۳۴۵	۰/۲۸۵
S_2	۰/۲۴۳۲	(۰/۱,۰/۸۳)	۰/۰۲۴۳	۰/۲۰۱

جدول (۳) مقدار نهایی ریسک

۵- نتیجه‌گیری و تحقیقات آتی

در این مقاله با بررسی سناریوهای رخداد در یک زنجیره تأمین روابط موجود بین واحدهای مختلف مورد تحلیل قرار گرفت. با توجه به ارتباطات مداومی که در زنجیره تأمین الکترونیک وجود دارد اثرات متقابلی که بین واحدها وجود دارد نقش مهمی را در خدمت رسانی به مشتریان ایفا می‌کند. تخمین این اثر با استفاده از مدل‌های تک هدفه انجام گرفت و نتایج حاصل از این مدل‌ها با جایگذاری در رابطه‌ی کلاسیک ریسک موجب تخمین شاخص ریسک گشت.

روش پیشنهادی بر پایه‌ی سناریوهای احتمالی خرابی پایه‌ریزی شده است و مدل محاسبات بسته به وقوع هر سناریو نوشته می‌شود. با در نظر گرفتن اینکه این اثر در نهایت در احتمال وقوع هر سناریو ضرب می‌شود، می‌توان عوامل تأثیرگذار دیگری را در مرحله‌ی آخر محاسبات، جهت بهینه‌سازی نتایج، وارد نمود. تعیین این عامل می‌تواند با بهره‌گیری از علوم کامپیوتر و تراکنش‌های تحت وب صورت گیرد که به عنوان تحقیقات آتی می‌توان به آن‌ها پرداخت.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع و مراجع

[۱]. Zsidisin, G.A., Ritchie, B. (۲۰۰۵). Supply Chain Risk A Handbook of assessment, management, and performance, ed. S.U. Frederick S. Hillier: Springer.

[۲]. Chopra, S. and Sodhi, M. (۲۰۱۲). Managing risk to avoid supply-chain breakdown. MIT Sloan Management Review .

[۳]. Teymouria, M and Ashoori, M. (۲۰۱۱). The impact of information technology on risk management, Procedia Computer Science, ۳, ۱۶۰۲–۱۶۰۸

[۴]. صائبی، علی‌رضا، گلپایگانی، علی‌رضا، (۱۳۸۹) " مدیریت زنجیره تأمین مبتنی برعامل، انتشارات ناقوس"، انتشارات الیاس.

[۵]. Marhavilas, Koulouriotis, P. D., Gemeni, V. (۲۰۱۱). Risk analysis and assessment methodologies in the work sites: On a review, classification and comparative study of the scientific literature of the period ۲۰۰۰–۲۰۰۹. Journal of Loss Prevention in the Process Industries,Volume ۲٤(٥). p: ٤۷۷-٥۲۳.

[٦]. Guo, X. Liu, S. Wu, L. Gao, Y and Yang, Y. (۲۰۱٥). A multi-variable grey model with a self-memory component and its application on engineering prediction, Engineering Applications of Artificial Intelligence, Volume ٤۲, ۸۲–۹۳

[۷]. Qureshi, Z.H. (۲۰۰۷). *A review of accident modelling approaches for complex socio-technical systems*. Proceedings of the twelfth Australian workshop on Safety critical systemsand software and safety-related programmable systems. Australian Computer Society, Inc. Volume ۸٦.

[۸]. Hollnagel, E. (۲۰۰٤). *Barriers and accident prevention*. Ashgate Publishing, Ltd.

[۹]. Hollnagel, E. Woods, D.D. and Leveson, N. (۲۰۰۷). *Resilience Engineering (Ebk) Concepts and Precepts*. Ashgate Publishing.

[۱۰]. Goh, M. Lim, J.Y.S. and Meng, F. (۲۰۰۷). A stochastic model for risk management in global supply chain network. European Journal of Operational Research, Volume ۱۸۲, ۱٦٤-۱۷۳.

[۱۱]. Marhavilas, P.K and Koulouriotis, D. (۲۰۰۸). A risk-estimation methodological framework using quantitative assessment techniques and real accidents' data: Application in an aluminum extrusion industry, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Volume ۲۱(٦),٥۹٦-٦۰۳.

[۱۲]. Abdolhamidzadeh, B. Abbasi, T. Rashtchian, D and Abbasi, S.A. (۲۰۱۰). A new method for assessing domino effect in chemical process industry. Journal of Hazardous Materials. Volume ۱۸۲, ٤۱٦-٤۲٦.

[۱۳]. MeiDana, X and Ye, L. (۲۰۱۱). On the Measure Method of Electronic Supply Chain Risk, Procedia Engineering, Volume ۱٥, ٤۸۰٥ – ٤۸۱۳.

[۱٤]. Giannakis, M and Louis, M. (۲۰۱۱). A multi agent based framework for supply chain risk management. Journal of Loss Purchasing and Supply Management. Volume ۱۷, ۲۳-۳۱.

[۱٥]. Mentes, A and Helvacioglu, Ismail H. (۲۰۱۱). An application of fuzzy fault tree analysis for spread mooring systems. Ocean Engineering. Volume ۳۸, ۲۸٥–۲۹٤.

[۱٦]. Shahriar, A. Sadiq, R and Tesfamariam, S. (۲۰۱۲). Risk analysis for oil and qas pipelines: A sustainability assessment approach using fuzzy based bowtie analysis. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Volume ۲٥, ٥۰٥-٥۲۳.

[۱۷]. Chang, T.H. Hsu, S.C and Wang, T.C. (۲۰۱۳). A proposed model for mrasuring the aggregative risk degree of Applied Mathematical Modeling, Volume ۳۷,۲٦۰٥-۲٦۲۲.

Archive of SID

www.SID.ir