مجله اقتصادی
شماره‌های ۳ و ٤، خرداد و تیر ١٤٠٠، صفحات ١٩٠-١٥٧

تشریح گام‌به‌گام مدیریت ریسک عملیاتی بانکی

رضا حبیبی
عضو هیأت علمی مؤسسه عالی آموزش بانکداری ایران، تهران، ایران
r_habibi@ibi.ac.ir

ریسک عملیاتی عموماً ناشی از اشتباهات انسانی یا اتفاقات و خطای تکنیکی تعریف می‌شود. این ریسک شامل تقلب (موقعیتی که معامله‌گرها اطلاعات غلط می‌دهند)، اشتباهات مدیریتی و کاستی کنترل می‌شود. خطای تکنیکی ممکن است ناشی از نقص در اطلاعات پردازش معاملات، سیستم‌های جابه‌جایی یا به طور کلی هر مشکل دیگری که در سطح سازمان روی می‌دهد باشد. ریسک‌های عملیاتی ممکن است منجر به ریسک‌های اعتباری و بازار شوند. به عنوان مثال یک اشتباه عملیاتی در معامله تجاری مانند عدم انجام جابه‌جایی ممکن است ریسک بازار یا ریسک اعتباری ایجاد کند؛ چراکه هزینه آن به تغییرات قیمت بازار وابسته است. لذا مدیریت این ریسک نیاز مبرم همه مؤسسات مالی اعم از بانک‌ها، مؤسسات اعتباری، بیمه‌ها و سایر موارد مرتبط است. نظر به اهمیت مدیریت ریسک عملیاتی، این مقاله به دنبال این است که مفاهیم ریسک عملیاتی و محاسبات مربوط به کفایت سرمایه بر حسب ماتریس پیشنهادی کمیته بال را به زبانی ساده بازگو کند.

واژگان کلیدی: ریسک عملیاتی، مدیریت ریسک، کفایت سرمایه، ماتریس ریسک عملیاتی، کمیته بال.

[Downloaded from ejip.ir on 2026-05-30]

۱. مقدمه

امروزه فرایند جهانی شدن و به دنبال آن بروز انواع ریسک‌ها و همچنین وقوع بحران‌های مالی، بر لزوم ارتقای سطح کمی و کیفی بخش مالی بیش از پیش تأکید دارد. در این بین، دقت در مورد قوانین بین‌المللی نظارت بر مؤسسات مالی توجه بیشتری را می‌طلبد. یکی از قوانین مهم در این خصوص، قوانین نظارتی کمیته بال است. تمرکز مدیریت در سطوح بالای سازمان در اکثر اوقات روی طبیعت سوداگرانه ریسک است. مدیریت ریسک سرمایه‌گذاری، دارایی‌های سازمانی را در مقابل بازگشت بالقوه آن سرمایه‌گذاری تعدیل می‌کند و با ملاحظات استراتژیک، ریسک را در فعالیت‌های پورتفوی سازمان و سرمایه‌گذاری‌ها مدیریت می‌کند. با وجود این در سطوح عملیاتی یک سازمان، کارکنان و مدیریت طبق معمول تمرکزشان روی مدیریت یک نوع از ریسک خطرناک به نام ریسک عملیاتی است. همچنان که کارکنان و مدیریت فرایندهای کاری را به اجرا درمی‌آورند، ریسک‌های عملیاتی شروع به ظهور می‌کنند. نقصان موجود در ذات فرایندها می‌تواند به عدم کارایی و مشکلاتی در خلال عملیات منجر شود که این امر می‌تواند اثر نامطلوبی بر موفقیت سازمان بگذارد. در نهایت می‌توان گفت که هدف کلی جریان نظارت عبارت از تأسیس و اقدام به فعالیت جریان فعالیت و تجدید ساختار بانک به شکلی مطمئن شفاف کارا و اثربخش است که در این راستا یکی از ریسک‌هایی که باید مدیریت گردد ریسک عملیاتی است.

محاسبه ریسک زیان مستقیم یا غیرمستقیم ناشی از نامناسب بودن و ناکارا بودن فرایندهای داخلی افراد سیستم‌ها و همچنین حوادث خارجی را ریسک عملیاتی می‌گویند. به عبارتی ریسک عملیاتی عبارت است از احتمال ایجاد مشکل در عملیات و فعالیت‌های بانک، همچون نقص در سیستم‌های کامپیوتری، سوءاستفاده و تقلب در اسناد بانکی، سرقت و اختلاس، اختلال در تسویه‌حساب‌ها، خطای عمدی و غیرعمدی انسان‌ها. مدیریت ریسک عملیاتی بانک‌ها شامل مراحل زیر است:

۱. ارتقای سیستم‌های کامپیوتری و کنترل و نظارت آن‌ها؛
۲. ارتقای سیستم کنترل داخلی بانک‌ها؛
۳. آموزش کارکنان؛
۴. به‌کارگیری تخصص‌های لازم متناسب با پیچیدگی امور.

[Downloaded from ejip.ir on 2026-05-30]

به‌طور خلاصه، می‌توان یک چارچوب کلی و ضمنی را از نشریات کمیته بال در خصوص مقررات و نظارت بانکی که مکمل یکدیگر باشند پیدا نمود:

۱. ترتیبات قانونی و اساسی برای تنظیم و کاربرد سیاست کلی در مورد بخش مالی به‌ویژه سیستم بانکی
۲. وضع مقررات در مورد تنظیم قوانین سیاست‌ها تجویزها و دستورالعمل‌های کاربردی مؤسسات بانکی مانند مقررات مربوط به تأسیس، میزان سرمایه، روش حسابداری، نحوه انتشار اطلاعات و راهنمای دقیق مدیریت ریسک
۳. ترتیبات فرایند نظارت در خصوص اجرای مقررات بانکی و ملاحظه و بررسی و کاربرد آن‌ها
۴. ارائه شبکه تأمینی برای ایجاد چارچوب اداره نقدینگی و مشکلات پرداخت دیون که می‌تواند بر یک بانک و یا سیستم بانکی اثر گذارد. همچنین توزیع زیان‌های مالی همچون بیمه سپرده یا روش‌های تسویه و بستن حساب‌ها محاسبه گردند.

در نهایت می‌توان گفت که هدف کلی جریان نظارت عبارت از تأسیس و اقدام به فعالیت جریان فعالیت و تجدید ساختار بانک به شکلی مطمئن شفاف کارا و اثربخش است که در این راستا یکی از ریسک‌هایی که باید مدیریت گردد ریسک عملیاتی است. نظر به اهمیت مدیریت ریسک عملیاتی، در این مقاله برآنیم که مفاهیم ریسک عملیاتی و محاسبات مربوطه را به زبانی ساده بازگو کنیم.

۲. بیان مسئله

ریسک عملیاتی از جمله منابع زیانی است که در تمامی شرایط اقتصادی و تجاری با آن روبرو هستیم که این امر مدیریت آن را بسیار حائز اهمیت می‌سازد. اندازه‌گیری این ریسک پس از شناخت ماهیت و منابع ایجادکننده آن، دومین گام در جهت مدیریت آن است که پیچیدگی‌های امروزه نظام بانکی، متخصصین را ناچار به بهره‌گیری از روش‌های پیشرفته اندازه‌گیری آن کرده است. ایجاد و بومی‌سازی ماتریس ریسک عملیاتی در نظام بانکی کشور یکی از اساسی‌ترین روش‌های پیشرفته اندازه‌گیری ریسک عملیاتی است. ریسک عملیاتی به چهار بخش ریسک تکنولوژی، ریسک استراتژی، ریسک نیروی انسانی و ریسک کنترل داخلی تقسیم می‌شود. کمیته

[Downloaded from ejip.ir on 2026-05-30]

بال نیز در سال ۲۰۰۴ ریسک عملیاتی را هرگونه زیان (اعم از مستقیم و غیرمستقیم) ناشی از چهار عنصر رویدادهای برون‌سازمانی، نیروی انسانی، فرآیندها و سیستم‌های داخلی سازمان تعریف نموده است. این تعریف شامل ریسک حقوقی (قانونی) نیز هست، اما ریسک‌های شهرت را در بر نمی‌گیرد.

ماتریس‌های زیادی برای تحلیل عوامل ریسک شناسایی شده در عمل وجود دارند. از آن جمله می‌توان به ماتریس فراوانی– شدت اثر اشاره داشت. برآورد میزان اهمیت عوامل ریسک، تعیین احتمال وقوع و اولویت‌بندی این عوامل سه مرحله اصلی ترسیم ماتریس فراوانی- شدت اثر است. در برآورد میزان اهمیت (تأثیر) عوامل ریسک شناسایی شده چندین گروه وجود دارند که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

- گروه عوامل بی‌اهمیت با عدد یک: این عوامل دارای تأثیر جزئی و قابل اغماض می‌باشند.
- گروه عوامل با اهمیت نسبی با عدد دو: این عوامل دارای تأثیرات کمی بالاتر یا در حدود آستانه‌ی اهمیت می‌باشند.
- گروه عوامل با اهمیت با عدد سه: عواملی که تأثیرات آن‌ها بین یک تا سه برابر آستانه اهمیت برآورد می‌شود.
- گروه عوامل اساسی با عدد چهار: عواملی که تأثیرات آن‌ها بین سه تا ده برابر آستانه اهمیت برآورد می‌شود.
- گروه عوامل بحرانی با عدد پنج: عواملی که تأثیر برآوردی آن‌ها بیش از ده برابر آستانه اهمیت برآورد می‌شود.

در ارزیابی احتمال وقوع عوامل ریسک شناسایی شده سطوح بسیاری از جمله سطوح زیر وجود دارند:

- سطح یک- عوامل غیرممکن (احتمال وقوع کمتر از ۵٪): عواملی که احتمال بروز آن‌ها در فاصله یک سال از تاریخ ارزیابی ریسک، غیرممکن برآورد می‌شود.
- سطح دو- عواملی ممکن (احتمال وقوع بیشتر از ۵٪ و کمتر از ۲۰٪): عواملی که احتمال بروز آن‌ها در فاصله یک سال از تاریخ ارزیابی ریسک، تقریباً ممکن برآورد می‌شود.

[Downloaded from ejip.ir on 2026-05-30]

- سطح سه- عوامل محتمل (احتمال وقوع بیش از ۲۰٪ و کمتر از ۵۰٪): عواملی که احتمال بروز آن‌ها در فاصله یک سال از تاریخ ارزیابی ریسک، محتمل برآورد می‌شود.
- سطح چهارم- عوامل بسیار محتمل (احتمال وقوع بیش از ۵۰٪ و کمتر از ۹۰٪): عواملی که بروز آن‌ها در فاصله یک سال از تاریخ ارزیابی ریسک، بسیار محتمل برآورد می‌شود.
- سطح پنجم- عوامل قطعی (احتمال وقوع بیش از ۹۰٪): عواملی که احتمال بروز آن‌ها در فاصله یک سال از تاریخ ارزیابی ریسک، قطعی برآورد می‌شود.

برای کمی‌سازی ریسک عملیاتی سه رویکرد شاخص پایه‌ای، رویکرد استاندارد شده و رویکرد اندازه‌گیری پیشرفته وجود دارد که رویکرد اصلی این مقاله استفاده از رویکرد سوم است. در این روش، یک ماتریس 7*8 از خطوط تجاری بانک Business Unit و نوع پیشامد Event type تولید کرده و طی دوره‌های متوالی داده‌هایی از جنس فراوانی (تعداد وقوع زیان) و شدت (میزان زیان) را ثبت می‌کنند؛ و سپس از حاصل‌ضرب فراوانی در شدت اثر را محاسبه می‌نمایند. خطوط تجاری بانک‌ها به‌صورت تأمین مالی شرکت‌ها، فروش و بازرگانی، بانکداری خرد، بانکداری تجاری، پرداخت و تسویه، خدمات نمایندگی (کارگزاری)، مدیریت دارایی‌ها، خدمات کارگزاری خرد تعریف شده‌اند. نوع پیشامدها را می‌توان به تقلب درون‌سازمانی، تقلب برون‌سازمانی، شیوه استخدام و ایمنی محیط کار، مشتریان، محصولات و شیوه‌های کسب‌وکار، اختلال در کسب‌وکار و خرابی سیستم‌ها، خسارت‌های وارده بر دارایی‌های فیزیکی، اجرا، تحویل و مدیریت فرآیندها تقسیم‌بندی نمود. در ادامه، نحوه تحلیل این ماتریس به زبان ساده ارائه می‌گردد. همچنین نحوه استفاده از نظرات خبرگان بانکی و وجود وابستگی بین سلول‌های ماتریس به آسانی مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

۳. مبانی نظری

ریسک‌های عملیاتی، بیشتر ناشی از گستره وسیعی از احتمالات بروز خطا و نقصان در عملیات خاص بنگاه تجاری یا مالی هستند .اغلب این ریسک را در مؤسسه‌های مالی و بانکی، ریسکی می‌دانند که به طور مستقیم به ریسک‌های اعتباری و بازار مربوط نمی‌شود .این ریسک‌ها حاصل خطای انسانی، رایانه و برنامه‌های آن، خطا در تصمیم‌گیری و حتی زیان‌های حاصل از انواع اختلاس هستند .نکته مهم در مورد ریسک‌های عملیاتی، پیچیدگی خاص این مفهوم است به گونه‌ای که معمولاً موضوع ریسک‌های عملیاتی از موارد دیگر نااطمینانی و خطر پیش روی بنگاه

[Downloaded from ejip.ir on 2026-05-30]

است. مطابق پیمان بازل در نظام بانکی کشور ریسک عملیاتی به عنوان ریسک زیان ناشی از فرآیندهای داخلی، افراد و سیستم‌های ناقص یا نادرست یا ناشی از رویدادهای خارجی، تعریف می‌شود. علاوه بر پیروی از چارچوب‌های ملی و بین‌المللی مدیریت ریسک، دلیل اصلی توجه نظام بانکی به ریسک عملیاتی شناسایی و اندازه‌گیری ریسک‌های مربوطه و بر اساس آن کاهش ریسک عملیاتی و ایجاد امکان نظارت بر آن است. به منظور ارزیابی و نظارت بر ریسک عملیاتی، واحدهای عملیاتی از چندین فرآیند برای شناسایی، ارزیابی، کاهش و مدیریت ریسک عملیاتی استفاده می‌کنند. لازم است در نظام بانکی برای این فرآیندها استانداردهای سراسری در نظر گرفته شده و شرایط حداقلی برای چگونگی اجرای آن‌ها تعریف شود. فرآیند خودارزیابی ریسک‌ها و کنترل‌ها و ساختار پشتیبان آن، الزام می‌نماید که ریسک‌های ذاتی شناسایی شده، اثربخشی طراحی و اجرای کنترل‌های مربوطه برای کاهش ریسک‌ها بررسی شود و ریسک‌های پسماند ارزیابی گردند. بانک‌هایی که این چالش جدید، یعنی رویارویی با موضوع ریسک‌های عملیاتی را می‌پذیرند نیاز به کمک‌هایی از بیرون سازمان برای شناسایی، ارزیابی و مدیریت ریسک‌های عملیاتی خواهند داشت .کمیته بال متعلق به بانک تسویه بین‌الملل، استانداردهایی را در خصوص ریسک‌های عملیاتی در سازمان‌ها تدوین کرده و آن را در قالب دستورالعمل‌هایی به بانک‌های مختلف سراسر دنیا ابلاغ کرده است، این دستورالعمل‌ها در چندین نسخه به‌روزرسانی شده‌اند و این فرآیند به‌روزرسانی در آینده نیز ادامه خواهد داشت.

در سال‌های گذشته، مقدمات مستندات مدیریت ریسک عملیاتی در بانک مرکزی تدوین شده‌اند که اجرای کامل آن شامل تدوین آیین‌نامه، استراتژی مدیریت ریسک عملیاتی، رویه‌های ریسک عملیاتی می‌باشند. همچنین در سال‌های اخیر تلاش بر بهبود کیفیت محاسبات با استفاده از روش‌های جدید محاسباتی بین‌المللی بوده است. در حال حاضر بانک‌های معتبر جهانی در حال انجام اقدامات قابل توجهی در زمینه مقابله با ریسک‌های عملیاتی هستند .این اقدامات دربرگیرنده مراحلی مانند شناسایی ریسک‌های عملیاتی در مؤسسه مالی) در اینجا منظور همان زیان‌های عملیاتی است (ارزیابی یا به بیان دقیق‌تر کمی کردن ریسک‌های عملیاتی) که نتیجه آن تعیین میزان سرمایه مورد نیاز برای مقابله با ریسک‌های عملیاتی سازمان است (مدیریت ریسک‌های عملیاتی که شامل انتقال ریسک) با استفاده از ابزار بیمه و نظایر آن یا انجام اقداماتی در راستای کاهش میزان

[Downloaded from ejip.ir on 2026-05-30]

ریسک‌های عملیاتی است. در همین زمینه واحد مدیریت ریسک بانک‌ها بایستی تلاش‌های خود برای جمع‌آوری و ثبت داده‌های مورد نیاز محاسبات در سیستم بانکی را ادامه دهند. از جمله این داده‌ها، داده‌های مورد نیاز برای محاسبات شاخص‌های کلیدی ریسک است که با استفاده از آن‌ها، شاخص‌ها برای ریسک‌ها شناسایی، محاسبه و گزارش گردند. همچنین برای مدیریت بهتر ریسک‌های عملیاتی نظام بانکی، جلسات خودارزیابی ریسک‌ها و کنترل‌ها به‌صورت مرتب در واحدهای مختلف بانک‌ها مانند مالی، شعب، پشتیبانی، اعتبارات و غیره نیاز است. هم‌اکنون نظام بانکی جهت اندازه‌گیری ریسک عملیاتی، مطابق با پیمان بازل، با استفاده از مدل‌های شاخص پایه (BIA) اقدام به برآورد ارزش در معرض خطر ریسک عملیاتی نموده است. با این وجود، رویکردهای دیگری نظیر روش استاندارد (SA) و روش پیشرفته (AMA) مورد استفاده مدل توزیع زیان و مدل بیزی است .اگرچه این مدل‌ها از نظر آماری دقیق‌تر هستند، ولی به دلیل دقت بالاتر، نسبت به دو روش قبلی از پیچیدگی بیشتری برخوردار بوده و به داده‌های بیشتری نیاز دارد. لذا واحدهای مدیریت ریسک نظام بانکی بایستی اقدام به ثبت داده‌های مدل پیشرفته به‌صورت مستمر انجام دهند.

٤. پیشینه تحقیق

تحقیقات داخلی

پویان فر و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی تخمین حد آستانه‌ای کارا برای مدل‌سازی و تخمین سرمایه پوششی در ریسک عملیاتی پرداختند. در این پژوهش مدل¬سازی و تخمین ریسک عملیاتی با محوریت روش توزیع زیان، پیاده‌سازی تئوری مقدار فرین و ارائه روشی جدید و ابتکاری برای تخمین حد آستانه دم داده‌های شدت زیان، مبتنی بر مینیمم سازی میانگین مربعات خطای برازش توزیع‌های دورفتاری، انجام شده است. با استفاده از داده‌های شدت زیان عملیاتی یکی از بانک‌های اروپایی، برای مدل‌سازی توزیع شدت زیان، توزیع‌های پارامتریک (لوگ نرمال، وایبول، گاما و نمایی)، پارتو تعمیم‌یافته و ترکیبی از آن‌ها در قالب مدل‌های دورفتاری به کار گرفته شده است. نتایج تحقیق حاکی از آن است که برازش مدل¬های کلاسیک خصوصاً در ناحیه دم، بی‌معنی بوده درحالی‌که تخمین توزیع‌های دورفتاری با حد آستانه معرفی شده، از سایر توزیع‌ها کارایی بیشتری را در میزان تطبیق چندک‌های تجربی ارائه می‌دهد. مقادیر (متفاوت) سرمایه پوششی در سطوح

[Downloaded from ejip.ir on 2026-05-30]

اطمینان خیلی بالا، به چندک‌های بی‌نهایت توزیع‌های شدت زیان بستگی مستقیم دارد. همچنین رفتار نمایی نمودار سرمایه پوششی- سطح اطمینان، مقدار انحراف معیار و فاصله اطمینان سرمایه پوششی محاسبه شده در سطوح اطمینان خیلی بالا، نشان می‌دهد که؛ اولاً با افزایش مقدار و عدم قطعیت پارامتر شکل توزیع پارتو تعمیم‌یافته، ناپایداری سرمایه پوششی بیشتر شده و ثانیاً، سطح اطمینان ۹۹.۹ درصد معرفی شده از سوی کمیته بال، محافظه‌کارانه بوده و در عوض استفاده از سطوح اطمینان پایین‌تر، منطقی‌تر به نظر می‌رسد.

نصرتی و پاکیزه (۱۳۹۳) به تخمین ذخیره سرمایه ریسک عملیاتی در صنعت بانکداری پرداختند. هدف اصلی آن‌ها معرفی و پیاده‌سازی یکی از رویکردهای پیشرفته به نام رویکرد توزیع زیان در محاسبه ذخیره سرمایه در قالب مطالعه موردی برای یکی از بانک‌های ایران بود. تمرکز اصلی این تحقیق بر مفاهیم کمی سازی ریسک عملیاتی و استفاده از داده‌های زیان پایگاه داده، توزیع‌های شدت و فراوانی زیان تخمین زده شده و سپس تخمین توزیع تجمیع شده با استفاده از الگوریتم مونت‌کارلو است. همچنین با در نظر گرفتن ساختار همبستگی مقدار ارزش در معرض ریسک و ارزش در معرض ریسک شرطی محاسبه شده و مقدار ذخیره به دست می‌آید. برای مدل‌سازی شدت زیان در کنار توزیع‌های کلاسیک، از نوع خاصی از توزیع‌های دنباله پهن به نام توزیع‌های آلفا پایدار استفاده شده است. در نهایت آن‌ها به این نتیجه رسیدند که پیاده‌سازی رویکرد توزیع زیان و عملکرد بهتر توزیع‌های پایدار نسبت به توزیع‌های کلاسیک انتخاب شده، در تخمین شدت زیان مؤثر است.

استادی و همکاران (۱۳۹۶) به ارزیابی ریسک عملیاتی با استفاده از روش استنتاج بیزی با در نظر گرفتن ترکیب منابع داده‌ای و فرض وابستگی بین نظرات کارشناسان و داده‌های زیان داخلی پرداختند. در پژوهش مذکور برای اعتبار سنجی مدل‌های برآورد شده برای توزیع پسین از آزمون‌های نیکویی برازش استفاده شده و برای محاسبه توزیع توأم بین منابع داده‌ای با فرض وابستگی از توابع کاپولا خانواده گوسی استفاده شد. نتایج پژوهش اخیر نشان می‌دهد که با در نظر گرفتن فرض وابستگی بین دو منبع داده‌ای نظرات کارشناسان و داده‌های زیان داخلی با افزایش تعداد دوره‌های پیش‌بینی پارامتر توزیع فراوانی مقدار پارامتر توزیع کاهش یافته که این امر نشان از کاهش نمایه ریسک با گذشت زمان است.

[Downloaded from ejip.ir on 2026-05-30]

دولت‌آباد و همکاران (۱۳۹۶) به شناسایی و تحلیل ریسک‌های عملیاتی با استفاده از نگاشت شناختی فازی پرداختند. در این پژوهش، نگاشت ریسک مبتنی بر فرایند به عنوان ابزار شناسایی ریسک انتخاب و امکان تهیهٔ نگاشت ریسک با استفاده از یک تکنیک نگاشت شناختی فازی به عنوان تکنیک ساختاردهی مسئله بررسی شد .پس از تشکیل نگاشت با افراز ریسک‌های شناسایی شده به فعالیت‌های مربوط در فرایند مدنظر مشخص شد. فعالیت اعتبار سنجی پرریسک‌ترین فعالیت در این فرایند است. سپس با تجزیه‌وتحلیل عناصر نگاشت ریسک‌ها و عوامل کلیدی شناسایی درنهایت، اثر سیاست‌های مختلف کنترل ریسک در عناصر نگاشت در قالب سه دسته سناریو بررسی شد.

تحقیقات خارجی

هافمن[1] (۲۰۰۲)، الکساندرز[2] (۲۰۰۳)، پاور[3] (۲۰۰۵) و موسا[4] (۲۰۰۷)، اشاره داشتند که ریسک‌های عملیاتی در بسیاری از بحران‌های مالی در گذشته اثر داشته‌اند. مطالعات فوق نشان می‌دهد که ریسک‌های عملیاتی جدید نیستند در واقع، اشتباهات انسانی، تقلب، سرقت، خرابی‌های فرآیند، خطاهای سیستم و خطرات خارجی مانند آتش‌سوزی و سیلاب‌ها در طی چندین دهه اثرات خود را داشته است. با این حال، در گذشته تأثیر ریسک عملیاتی اغلب نسبتاً ناچیز بود. در مقابل، روند اخیر از قبیل جهانی شدن، اتصال به اینترنت جهانی و زنجیره‌ای از وابستگی‌ها، ریسک‌های عملیاتی را از قبل افزایش داده‌اند. شفچنکو[5] (۲۰۰۷) متدولوژی ترکیب سه منبع داده‌ای ریسک عملیاتی با استفاده از استنتاج بیزی به منظور برآورد پارامترهای توزیع فراوانی و شدت ریسک عملیاتی با فرض استقلال بین منابع داده‌ای را بیا نمودند. آن‌ها از این متدولوژی برای اندازه‌گیری ریسک عملیاتی در حالتی که بین سلول‌های ریسک عملیاتی وابستگی وجود دارد نیز استفاده نمودند و با همان فرض استقلال بین منابع داده‌ای ریسک عملیاتی این رویکرد را توسعه دادند. چرنوبای[6] و همکاران (۲۰۰۷)، تارانتینو[7] (۲۰۰۸)، مالک[1] (۲۰۱۳) و بردن[2] (۲۰۱۷) بر این باورند که اگرچه استفاده از

1. Hoffman
2. Alexander
3. Power
4. Moosa
5. Shevchenko
6. Chernobai
7. Breden

[Downloaded from ejip.ir on 2026-05-30]

سیستم‌های اطلاعاتی مدرن مزایایی را به همراه دارند اما همین امور باعث پیچیدگی و ازدیاد حجم ریسک‌ها می‌گردد که به افزایش الزامات و فعالیت‌های واحد مدیریت ریسک بانک‌ها منتج خواهد شد.

مارکوز[3] و برگ[4] (۲۰۱۱) و کروز[5] (۲۰۱۲) خاطرنشان نمودند که چگونه مدیریت ریسک یکپارچه تحت تأثیر قراردادهای فراساختاری سازمان‌ها و بانک‌ها (که بخشی از ریسک عملیاتی است) قرار می‌گیرد. همچنین ریسک عملیاتی یک منبع عمده در سوء مدیریت در بخش‌های مالی و صنعتی سازمان‌ها و بانک‌ها هستند. جورین و یو[6] (۲۰۱۱) متغیرهای ایجادکننده ریسک عملیاتی را به دو دسته سطح بنگاه و متغیرهای کلان اقتصادی تقسیم نمودند سپس یک پایگاه داده زیان عملیاتی به عنوان Algo first برای شناسایی عوامل ایجادکننده هر یک از رویدادهای ثبت شده در ریسک عملیاتی استفاده نمودند. بیردار اوغلو و یالچین[7] (۲۰۱۳) عوامل چهارگانه ذکر شده در کمیته بال (نیروی انسانی، فرایند، سیستم و عوامل خارجی) را به عنوان عوامل اصلی ریسک عملیاتی در نظر گرفتند و با شناسایی زیر عامل‌های مربوط به هر عامل اصلی به کمک خبرگان ساختاری سلسله مراتبی از عوامل ایجادکننده ریسک عملیاتی در بانک‌های دولتی و خصوصی ترکیه ارائه دادند و سپس از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی فازی برای ارزیابی عوامل ایجادکننده ریسک عملیاتی در بانک‌های خصوصی و دولتی ترکیه استفاده نمودند. لام[8] (۲۰۱۴) و ارنولد[9] (۲۰۱۵) شرح دادند که استفاده از تکنولوژی و سیستم‌های اطلاعاتی می‌توانند به عنوان ابزاری مناسب برای مدیریت بهینه ریسک عملیاتی به حساب آیند. در واقع با افزایش پیچیدگی‌ها، حجم و الزامات ریسک‌ها، سیستم‌های اطلاعاتی مزایایی برای مدیریت ریسک یکپارچه و ارائه فعالیت‌هایی در جهت بهینه‌سازی عملکرد مدیریت ریسک دارا هستند.

1. Tarantino
2. Malik
3. Fontnouvelle
4. Marques
5. Berg
6. Jorion and Yu
7. Bayrakdaroglu and Yalcin
8. Lam
9. Arnold

[Downloaded from ejip.ir on 2026-05-30]

فونتنول[1] (۲۰۱۵) اشاره دارد که با افزایش روزافزون سازمان‌ها، عمدتاً در بخش مالی، این نیاز احساس می‌شود که سازمان‌ها بایستی تحت نظارت مقامات و قانون‌گذاران برای مدیریت ریسک‌های عملیاتی خود قرار گیرند. وی بیان می‌کند که در اوایل سال ۲۰۰۰ اکثر بانک‌های بین‌المللی منابع مالی بیشتری را برای حساب آوردن ریسک عملیاتی نسبت به ریسک بازار اختصاص دادند. آن‌ها دریافتند که سازمان‌های مالی نظیر بانک‌ها انتظار زیان بیشتری از ریسک عملیاتی نسبت به سایر ریسک‌ها دارند. آن‌ها ذکر می‌کنند که ریسک عملیاتی از سایر ریسک‌های موجود در سیستم بانکی نظیر ریسک بازار و اعتباری متفاوت است زیرا ریسک عملیاتی عموماً در محاسبه بازدهی مورد انتظار سازمان‌ها به حساب نمی‌آید. در واقع، ریسک عملیاتی در فعالیت‌های هر سازمانی وجود دارد و سوء مدیریت این ریسک عواقب جبران‌ناپذیری را به همراه خواهد داشت. مارتینز سانچز[2] و همکاران (۲۰۱۶) به برآورد پارامترهای توزیع دم زیان تجمیعی در روش تئوری مقدار فرین با استفاده از استنتاج بیزی و در نظر گرفتن سه منبع داده‌ای برای داده‌های زیان داخلی، خارجی و نظرات کارشناسان پرداخت. همچنین آن‌ها به بیان تئوری اعتبار بیزی و کاربرد آن در روش استنتاجی بیزی پرداختند. نیز استنتاج بیزی در مدل‌های تصمیم‌گیری گسسته پویا را تبیین نمود. وسریک[3] و اسپوریت[4] (۲۰۱۸) بهبود مدیریت ریسک عملیاتی را با استفاده از تکنولوژی‌های تکنولوژی‌های مدیریت عملکرد تجاری پیشنهاد دادند. آن‌ها نشان دادند که چگونه جریان کار، انباره داده، تحلیل‌های پیشرفته، داشبوردها و گزارش‌های ریسک عملیاتی می‌توانند در بهبود مدیریت مستمر این ریسک تأثیرگذار باشد. روش‌های پیشنهادی آن‌ها نه‌تنها در بانک‌ها بلکه تقریباً برای همه سازمان‌های مالی مفید واقع می‌گردد. آن‌ها مدیریت ریسک عملیاتی را به عنوان یک فرایند در نظر گرفتند که تکنولوژی‌های مدیریت عملکرد تجاری به عنوان جعبه ابزاری برای این فرایند به کار گرفته شده و کیفیت فرایند را ارتقا می‌بخشد.

1. Cruz
2. Martinez-Sanchez
3. Weeserik
4. Spruit

[Downloaded from ejip.ir on 2026-05-30]

۵. تحلیل ریسک عملیاتی

در این بخش، به نحوه مدل بندی ریسک عملیاتی و محاسبات مورد نیاز می‌پردازیم. در واقع، محاسبات مربوطه، بر روی سلول‌های ماتریس Business Unit/ Event Type (BU/ET) که در بخش قبل مورد بحث قرار گرفت، اجرا می‌شود. قابل ذکر است که محاسبات ارائه شده انواع دیگر ماتریس هم قابل به‌کارگیری است.

۵-۱. تحلیل‌های مبتنی بر ماتریس ریسک

در بخش‌های قبل ملاحظه گردید که درون این ماتریس، به ازای هر سلول فراوانی (احتمال، frequency) و شدت زیان (severity) بر حسب داده‌های ثبت شده در طول زمان ارائه می‌گردد. مثلاً در شکل زیر شمایی از ماتریس مذکور در یک بانک فرضی ارائه گردیده است.

	تقلب درون‌سازمانی	تقلب برون‌سازمانی	شیوه استخدام و ایمنی محیط‌کار	مشتریان، محصولات و شیوه‌های کسب‌وکار	خسارت‌های وارده بر دارایی‌های فیزیکی	اختلال در کسب‌وکار و خرابی سیستم‌ها	اجرا، تحویل و مدیریت فرآیندها
تامین مالی شرکت‌ها	۱ ۱۲۷.۵			۷ ۱۵۶.۲			۱ ۲۰
فروش و بازرگانی							
بانکداری خرد			۱ ۰.۱		۱ ۱۵		
بانکداری تجاری	۶ ۹۶.۵	۳ ۳۷.۴					
پرداخت و تسویه	۱ ۸۸						
خدمات نمایندگی	۲ ۲۰.۵			۱ ۱.۳			
مدیریت دارایی‌ها							
خدمات کارگزاری خرد	۵ ۱۸۸۷.۴	۲ ۳.۲	۶ ۲۰.۱	۱۴ ۹۸	۸ ۱۲۰۳۵	۱ ۱۷۴.۶	۲ ۶۲.۷

شکل ۱: شمایی از ماتریس BU/ET در یک بانک فرضی

بعد از ثبت داده‌ها طی چندین دوره و اجرای روش‌های داده‌کاوی برای پاک‌سازی داده‌ها، به ازای هر سلول از ماتریس مذکور، می‌توان اثر (effect = e) را از حاصل‌ضرب شدت زیان (severity = s) در فراوانی (frequency = f) به دست می‌آید، یعنی $e = f \times s$. سؤالی که مطرح می‌شود این است که چرا این ضرب انجام می‌شود؟ چرا به‌طور مستقیم از خود شدت استفاده

[Downloaded from ejip.ir on 2026-05-30]

نمی‌کنیم و از اثر در تحلیل‌ها استفاده می‌گردد؟ پاسخ این است که اگرچه میزان زیان s است اما این زیان در f درصد از مواقع رخ می‌دهد و همان‌طوری که مثلاً اگر یک سیب به وزن ده گرم باشد آنگاه دو سیب بیست گرم است طبیعی است که از حاصل‌ضرب فراوانی در شدت یعنی اثر در تحلیل‌ها استفاده کنیم. در واقع، اثر نقش یک امید ریاضی را بازی می‌نماید: بدین‌صورت که فرض کنیم با احتمال f زیان s رخ دهد و با احتمال $1-f$ زیان صفر رخ می‌دهد. لذا، دیده می‌شود که امید ریاضی این توزیع جدید برابر با اثر e است، یعنی

$$e = f \times s + (1 - f) \times 0.$$

در بخش‌های آتی استدلال خواهیم نمود که استفاده از فرمول حاصل‌ضربی برای یافتن اثرها فقط جنبه سادگی در محاسبات را دارد و اتفاقاً در برخی موارد هم منجر به استدلال‌های اشتباه می‌گردد. اگرچه این اشتباه مصطلح در بسیاری از بانک‌های داخل و خارج از کشور با یک نگاه صرفاً کاربردی، به کار گرفته می‌شود. مثلاً در مثال سیب‌ها توجه کنیم که دو سیب لزوماً هم‌وزن نیستند که دو ضربدر ده گرم بشود بیست گرم. در بخش‌های بعدی این استدلال را قوی‌تر می‌گردد.

حال فرض کنید که در هر سلول از ماتریس اثرها محاسبه گردید، سؤال این است که آیا می‌توان زیان کلی از ریسک عملیاتی بانک مفروض را مجموع اثرهای محاسبه شده تصور نمود و زیان کلی را مجموع این اثرات در نظر گرفت؟ پاسخ این است که به ظاهر بله؛ اما تحلیل گران معتقدند که اثرهای به دست آمده مشاهداتی از هزاران مقادیر محتملی است که می‌توانسته مشاهده بشوند. در واقع، پذیرفته می‌شود که هر سه فراوانی، شدت و نتیجتاً اثر متغیرهای تصادفی هستند که توزیع‌های احتمال بخصوصی دارند. در واقع، ما معتقدیم که تعداد وقایع در هر سلول از قبل تعیین نشده است و همچنین شدت وقایع نیز تصادفی است. مثلاً با ماتریس روبرو بعد از گذشت چندین سال و ثبت داده‌ها مواجهیم. شکل زیر شمایی از ماتریس BU/ET بعد از چندین دوره که داده‌های ریسک عملیاتی حاصل شدند نشان می‌دهد.

[Downloaded from ejip.ir on 2026-05-30]

	تقلب درون‌سازمانی						
تامین مالی شرکت‌ها	f_1 $s_{11}, \dots, s_{1f_1}$						

شکل ۲: شمایی از داده‌های به‌دست‌آمده در ماتریس BU/ ET در یک بانک فرضی

در شکل فوق، f_1 و $s_{11}, \dots, s_{1f_1}$ مشاهداتی از توزیع‌های آماری هستند. چون از قبل نمی‌دانستیم که چند بار زیان رخ خواهد داد و هرکدام از زیان‌ها به چه میزان زیان ایجاد خواهد نمود. مثلاً ممکن است ۲ بار زیان رخ دهد و هرکدام به‌طور متوسط ۳ میلیون به من زیان وارد کند و یا ۳ بار رخ دهد و هرکدام به‌طور متوسط یک میلیون به من زیان وارد نماید. بالطبع، اثر هم که حاصلضرب شدت در فراوانی و یا احتمال است نیز تصادفی است. با این مقادیر تصادفی چه باید کرد؟ این‌ها تصادفی هستند. آیا باید میانگین گرفت؟ آیا میانگین شاخص خوبی است؟ آیا نمی‌شود ماکزیمم گرفت؟ اگر داده کم بود چه کنیم؟ پس نیاز است که به‌طور اجمالی در این بخش از مقاله، کمی در مورد احتمالات صحبت نماییم.

۵-۲. خلاصه‌ای از نظریه احتمالات

نظریه آمار و احتمالات مخصوص آزمایش‌های تصادفی است، یعنی آزمایش‌هایی که نتیجه آن‌ها از قبل از رخداد آن‌ها مشخص نیست. در این حالت، آسان‌ترین عمل این است که همه خروجی‌های محتمل یک آزمایش تصادفی را درون یک مجموعه با نام فضای نمونه‌ای حفظ نماییم و به هرکدام از آن نتایج محتمل‌الوقوع اعدادی را منتسب کنیم که احتمال رخداد آن‌ها هستند. ساده‌ترین تفسیر از این اعداد نامنفی با جمع یک (احتمالات) تعبیر آن‌ها از تعداد تقریبی رخداد یک پیشامد در تعداد تکرار زیاد آزمایش تصادفی است. مثلاً در پرتاب یک سکه، اگر احتمال شیر آمدن ۰/۴۵

[Downloaded from ejip.ir on 2026-05-30]

باشد انتظار داریم که در ۱۰۰۰ بار پرتاب یک آن سکه، تقریباً ۴۵۰ بار شیر بیاید. به معنایی دیگر احتمال شانس وقوع یک پیشامد خاص است که به دو بخش عینی و ذهنی تقسیم می‌شود. احتمال عینی، ثابت و مقدار آن از قبل مشخص است و به عقاید اشخاص بستگی ندارد. مثلاً احتمال ۶ آمدن تاس در یک بار پرتاب. در مقابل احتمال ذهنی، متغیر و وابسته به نظر اشخاص است. مثلاً پاسخ مسافران در مورد احتمال تأخیر پرواز تهران- تبریز. فضای نمونه‌ای در آزمایش‌های گوناگون ممکن است پیوسته (طول عمر لامپ‌های تولیدی یک کارخانه) و یا گسسته (مثل فضای نمونه پرتاب یک تاس)، متناهی (مثل فضای نمونه پرتاب یک تاس) و یا نامتناهی (طول عمر لامپ‌های تولیدی یک کارخانه) باشد.

متغیر تصادفی همانند متغیرهای ریاضی (که مثلاً در تعریف توابع گوناگون به کار می‌روند) مقادیر مختلفی را اخذ می‌کنند اما آن مقادیر را با احتمال‌های گوناگون می‌پذیرند. مثلاً فرض کنید متغیر تصادفی X مقادیر x_1, x_2 را با احتمالات ۰/۳ و ۰/۷ بگیرد. در این صورت میانگین X (امید ریاضی E(X) = X) به‌صورت $E(X) = 0.3x_1 + 0.7x_2$ تعریف می‌شود که طبیعی هم هست زیرا اگر ۱۰۰۰ بار آزمایش را پرتاب کنیم انتظار داریم ۳۰۰ بار x_1 و ۷۰۰ بار x_2 مشاهده شود و لذا با میانگین‌گیری عادی دیده می‌شود که میانگین عادی $\frac{300}{1000}x_1 + \frac{700}{1000}x_2$ همان امید ریاضی است. پس مثلاً میانگین عادی ده تا عدد هم شبیه امید ریاضی است زیرا به هرکدام از مشاهدات احتمال یکسان ۰/۱ داده شده است.

همان‌طور که دیده می‌شود هر متغیر تصادفی تغییرات هم دارد یعنی اگر چندین بار رخ دهد مشاهدات گوناگونی مشاهده می‌شوند. به عنوان یک معیار از پراکندگی می‌توان به واریانس (var) اشاره داشت که میانگین توان دوم فاصله همه مشاهدات از میانگین داده‌ها را به عنوان ملاکی از تغییرات در نظر می‌گیرد و می‌توان نشان داد که $var(X) = E(X^2) - (E(X))^2$. جذر واریانس یک متغیر تصادفی را انحراف معیار آن می نامند.

مثال ۱: یک سکه را آنقدر پرتاب می‌کنیم تا شیر بیاید. در این حالت فضای نمونه‌ای گسسته و نامتناهی است و به‌صورت $\Phi = \{H, TH, TTH, \dots\}$ تعریف می‌شود. زیرا اولین بار شیر (*H=Head*) می‌آید. یا اول خط (*T =Tail*) می‌آید بعد از آن شیر می‌آید و الی آخر. در این

[Downloaded from ejip.ir on 2026-05-30]

آزمایش، احتمال پیشامد اینکه قبل از سومین پرتاب شیر بیاید (فرض کنیم این پیشامد را A بنامیم و P نشان‌دهنده احتمال باشد) عبارت است از

$$P(A) = P(H) + P(TH) = 0.5 + 0.25 = 0.75$$

است. در این آزمایش امید ریاضی، واریانس و انحراف معیار متغیر تصادفی X=0,1,2,… که نشانگر تعداد دفعات لازم برای رسیدن به یک شیر است به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$E(X) = (0 \times 0.5) + (1 \times 0.5^2) + (2 \times 0.5^3) + \cdots = 1$$
$$E(X^2) = (0^2 \times 0.5) + (1^2 \times 0.5^2) + (2^2 \times 0.5^3) + \cdots = 3$$

و در نتیجه $var(X) = 3 - 1^2 = 2$ و انحراف معیار X عبارت است از $\sqrt{2} = 1.41$.

محاسبات فوق هم با استفاده از قضایای سری‌های حسابان ریاضی قابل انجام است و هم با استفاده از محاسبات تقریبی که با نرم‌افزار اکسل قابل انجام است که در این مقاله از روش دوم استفاده شد. پس X به طور متوسط یک است با خطای ۱/۴۱. مثلاً به ازای یک انحراف معیار بیشتر یا کمتر از میانگین X (تعداد پرتاب‌های لازم برای رسیدن به شیر) بین صفر تا تقریباً ۳ پرتاب است.

۵-۳. کاربرد در ریسک عملیاتی

در زیر با ارائه یک مثال، کاربردی از نظریه احتمالات را در ریسک عملیاتی شرح می‌دهیم.

مثال ۲: فرض کنید در یکی از سلول‌های ماتریس ۷*۸ پیشنهادی کمیته بال، فراوانی و شدت دارای توزیع‌های زیر هستند. توزیع اثر را بیابید و به‌طور متوسط مقدار آن چقدر است؟

جدول ۱: توزیع فراوانی زیان در یک سلول ماتریس کمیته بال

فراوانی= f	0	1	2
Prob. (احتمال)	0.9	0.045	0.055

جدول ۲: توزیع شدت زیان در یک سلول ماتریس کمیته بال

شدت=s	1	2
Prob. (احتمال)	0.3	0.7

[Downloaded from ejip.ir on 2026-05-30]

تمام حالت‌های گوناگون متغیر تصادفی شدت را در نظر گرفته و جدول زیر را رسم می‌نماییم.

جدول ۳: حالت‌های گوناگون متغیر اثر و احتمالات مربوطه

اثر=e						
0	1) f=0,s=1	2) f=0,s=2		p1=0.9*0.3=0.27	p2=0.9*0.7=0.63	p1+p2=0.9
1	3) f=1,s=1	*		p3=0.045*0.3=0.0135	*	*
2	4) f=1,s=2	5) f=2,s=1		p4=0.045*0.7=0.0315	p5=0.055*0.3=0.0165	p4+p5=0.048
4	6) f=2,s=2	*		p6=0.055*0.7=0.0385	*	*

نتیجتاً توزیع احتمال اثر به‌صورت زیر خلاصه می‌گردد

جدول ٤: توزیع اثر در یک سلول ماتریس کمیته بال

e	0	1	2	4
	0.9	0.0135	0.048	0.0385

برای یافتن امید ریاضی اثر (میانگین اثر) به‌صورت زیر عمل می‌کنیم.

$$E(e)= (0*0.9)+(1*0.0135)+(2*0.048)+(4*0.0385)=0.2635$$

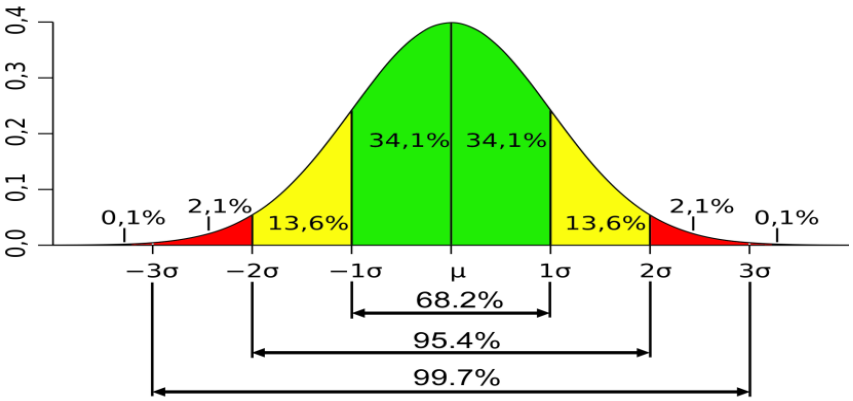
البته راه ساده‌تری هم وجود دارد و آن هم اینکه با فرض استقلال شدت زیان از فراوانی زیان (فرضی که ممکن است در مورد برخی از سلول‌های ماتریس صادق نباشد)، با فرض اینکه $E(f)=0.155$ و $E(s)=1.7$، آنگاه

$$E(e)=E(f)*E(s)=0.155*1.7=0.2635$$

پس می‌توان به ازای همه سلول‌های ماتریس متوسط اثر را به دست آورد و با هم جمع نمود. تا متوسط اثر (زیان) را به دست آورد. سؤالی که مطرح می‌شود این است که آیا میانگین معیار خوبی برای بیان نمودن عدم قطعیت موجود در مورد اثر در ریسک عملیاتی است؟ آیا اصولاً میانگین معیار خوبی است که بتوان بر اساس آن عدم قطعیت‌ها را مدل نمود. پاسخ خیر است دلایل زیر را ارائه می‌دهیم.

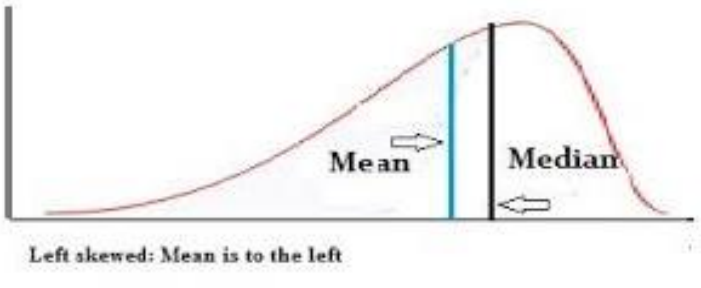
الف) معیار میانگین یک معیار خوش‌بینانه است. زیرا به‌طور متوسط عددی را تولید می‌نماید (شاخص گرایش به مرکز است)؛ اما حتی در حالت متقارن بودن توزیع زیان هم با شانس ۵۰ درصد زیان‌های بسیار بدتری از میانگین مشاهده می‌شود. خاصه زمانی که واریانس هم زیاد باشد احتمال رخ دادن زیان‌های بدتر از میانگین بسیار زیاد باشد. به شکل زیر توجه نمایید.

[Downloaded from ejip.ir on 2026-05-30]



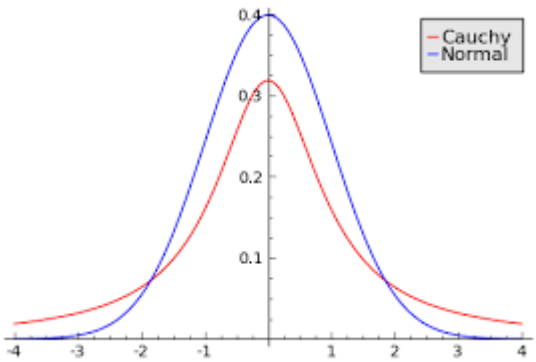
شکل ۳: عدم کارایی میانگین برای برآورد اثر: در حالت توزیع‌های متقارن و نرمال

ب) معیار میانگین در توزیع‌های چوله به چپ بسیار بدتر عمل می‌کند.



شکل ٤: عدم کارایی میانگین برای برآورد اثر: در حالت توزیع‌های چوله به چپ

ج) میانگین در توزیع‌هایی با دم‌های بزرگ (حوادث و پیشامدها خیلی بعیدند در حالت عادی و زیان‌ها بسیار زیادند اما در این‌گونه توزیع‌ها احتمال بالایی برای رخ دادن دارند) بسیار بدتر عمل می‌کند (تقلب‌ها و اختلاس‌های بسیار بزرگ و محتمل).



شکل ٥: عدم کارایی میانگین برای برآورد اثر: در حالت توزیع‌های با دم پهن

[Downloaded from ejip.ir on 2026-05-30]

د) مثال‌های زیر را در نظر بگیرید: ۱) یک جت اسکی سوار در حال سواری بر روی برف بود. با سرعت به یک کوه یخی برخورد می‌نماید. نوک جت اسکی داخل کوه یخ می‌رود که دمای آن ۷۰ درجه منفی است و موتور که در انتهای جت اسکی است آتش گرفته و دمای آن به ۱۰۰ درجه مثبت می‌رسد. از جت اسکی سوار می‌پرسند که حالت چطور است؟ می‌گوید به‌طور متوسط بد نیستم. درست هم می‌گوید. چون میانگین ۷۰- و ۱۰۰+ عدد ۱۵ مثبت است که نشان از هوایی بهاری است اما میانگین‌گیری باعث از بین رفتن دو ریسک یخ‌زدگی و آتش گرفتن می‌شود. ۲) برای بررسی دمای روز اول بهار، آیا میانگین معیار خوبی است؟

پس بهتر است از معیار دیگری که بدبینانه‌تر است استفاده کنیم. این معیار ارزش در معرض خطر Value at Risk (VaR) است. طبق تعریف این معیار بیشترین زیانی است که با احتمال بالایی مثلاً ۹۹/۰ یا ۹۹۹/۰ در آن سلول خاص از ماتریس وارد می‌شود. یعنی

$$P(e \leq VaR_{0.999}) = 0.999.$$

پس ما نیازمند به دانستن توزیع زیان (در یک سلول یک اثر) و در ماتریس جمع همه اثرها داریم. برخی مواقع این توزیع‌ها ساده هستند اما برخی مواقع، نیازمند تحلیل‌های دیگری نظیر شبیه‌سازی مونت‌کارلو (Monte Carlo) هستند. در زیر الگوریتم ۱ لیستی از کارهای مورد نیاز برای نیل به ارزش در معرض خطر را ارائه می‌دهد.

الگوریتم ۱:

الف) به ازای هر سلول فراوانی‌ها و شدت‌های گوناگون را در طول زمان ثبت کنید.

ب) از روی این داده‌ها توزیع‌های آماری مناسب برای فراوانی و شدت را برازش کنید (جلسه بعد)

ج) از توزیع‌های قسمت ب داده تولید کنید (شبیه‌سازی کنید) و با حاصلضرب داده‌های شدت و فراوانی درهم اثرهای شبیه‌سازی‌شده را بیابید

د) یک توزیع آماری مناسب برای اثرهای شبیه‌سازی‌شده بیابید و با محاسبه صدک ۹۹، بیشترین ریسک عملیاتی در هر سلول را بیابید.

ه) در صورتی که سلول‌ها از هم مستقل باشند بیشترین ریسک عملیاتی (ارزش در معرض خطر) کلی مجموع ارزش در معرض خطر همه سلول‌هاست.

[Downloaded from ejip.ir on 2026-05-30]

انواع توزیع‌های شدت

در این بخش به اختصار، توزیع‌های متعارف که در مدل بندی شدت در ریسک عملیاتی به کار می‌روند و نحوه تشخیص این توزیع‌ها در عمل را تشریح می‌نماییم.

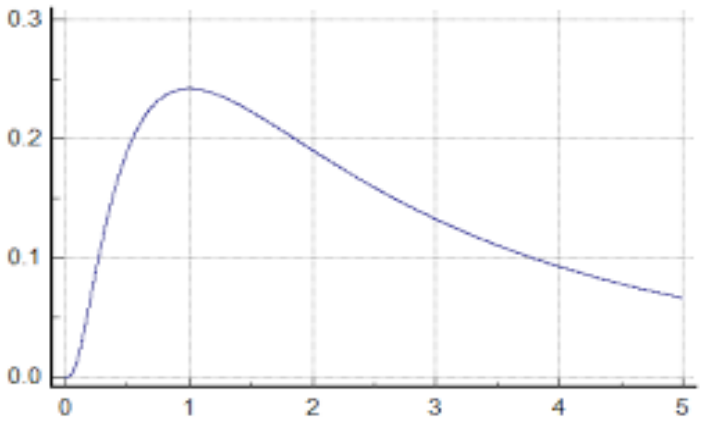
توزیع نرمال

یکی از توزیع‌هایی که به ندرت در مدل‌بندی شدت در ریسک عملیاتی به کار می‌رود توزیع نرمال است. زیرا این توزیع متقارن حول میانگین است و دم‌های پهن هم ندارد. حالتی که عمدتاً در شدت ریسک عملیاتی رخ می‌دهد. در این توزیع معیارهای چولگی صفر و کشیدگی ۳ است که با مقایسه مقادیر نمونه‌ای این داده‌ها با اعداد صفر و سه می‌توان به‌صورت توصیفی متوجه شد که شدت دارای توزیع نرمال هست یا خیر؟ توابع Skew و Kurt از نرم‌افزار اکسل به‌راحتی چولگی و کشیدگی نمونه‌ای داده‌های در دست را محاسبه می‌نماید. همچنین آزمون جارک- برا و نمودار QQplot که تقریباً در هر نرم‌افزار آماری و اقتصادسنجی نظیر Spss و Eviews یافت می‌شود هم نرمال بودن داده‌ها را کنترل می‌نماید. بدین‌صورت که p-value (یا در برخی نرم‌افزارها sig یا prob) بایستی خیلی بالای ۰/۰۵ باشد تا بتوان فرض نرمال بودن را در آزمون جارک برا قبول کرد. همچنین نمودار QQplot که چندک‌های نمونه‌ای داده‌های در دست را با مقادیر جامعه‌ای آن‌ها مقایسه می‌نماید هم در صورتی که داده‌ها حول خط راستی که توسط نرم‌افزار کشیده شده باشند نشان از نرمال بودن داده‌های تجربی است. هر جند این دو ابزار خیلی مفید در مدل بندی شدت از تعداد داده‌های کم رنج می‌برد و احتمالاً آزمون جارک-برا توان آزمون کمی خواهد داشت که در این حالت‌ها همان چولگی و کشیدگی نمونه‌ای خیلی مفیدتر است. از ابزارهای دیگر بافت نگار (هیستوگرام) توزیع است که در صورت وجود تقارن تقریبی توزیع نرمال یکی از گزینه‌های (نه‌تنها گزینه، ممکن است گزینه‌های دیگری نیز وجود داشته باشند، چون در این حالت فقط چولگی صفر است اما تعیین‌کننده کشیدگی است) مدل بندی توزیعی شدت در ریسک عملیاتی است. در صورتی که توزیع نرمال توزیعی قابل قبول برای داده‌های شدت بود پارامترهای توزیع نرمال (میانگین و واریانس جامعه‌ای) با میانگین و واریانس نمونه‌ای داده‌ها تقریب می‌شود. در صورت تقارن و کشیدگی مخالف ۳ سعی کنید به داده‌های استاندارد شده (داده‌ها از میانگین نمونه‌ای کم شده و بر انحراف معیار نمونه‌ای تقسیم شده باشند) برازش دهید.

[Downloaded from ejip.ir on 2026-05-30]

توزیع لوگ- نرمال

اگر هیستوگرام داده‌ها را رسم نمودید و با توزیعی چوله به راست مواجه شدید امکان دارد که توزیع مورد بررسی لوگ نرمال باشد.



شکل ٦: شمایی از توزیع لوگ نرمال

در این حالت، اگر از داده‌ها لگاریتم در پایه طبیعی (ln) گرفته شد و داده‌های تبدیل شده دارای توزیع نرمال باشند (با استفاده از ترفندهایی که در حالت قبل شرح داده شد) آنگاه با اطمینان می‌توان گفت که توزیع شدت لوگ-نرمال است. از ویژگی‌های توزیع لوگ نرمال چولگی مثبت (به راست) و دم سنگین (کشیدگی بالای ۳) است. برای برازش توزیع لوگ-نرمال فقط کافی است ln داده‌های اصلی را محاسبه نموده و میانگین و واریانس داده‌های تبدیل شده (ln گرفته شده) را محاسبه نمایید. در این صورت پارامترهای توزیع لوگ-نرمل را به دست آورده‌اید.

توزیع گاما

این توزیع نیز از توزیع‌های چوله به راست و دم پهن است. درصورتی‌که توزیع شدت لوگ نرمال نشد (ln داده‌ها نرمال نشد) توزیع گاما را امتحان نمایید. این توزیع دارای پارامترهای شکل α و مقیاس β است. برای برآورد این پارامترها ابتدا میانگین $\bar{x}$ و واریانس نمونه‌ای s^2 را به دست آورده و سپس پارامترها به‌صورت $\hat{\alpha} = \frac{\bar{\bar{x}}}{\hat{\beta}}$ و $\hat{\beta} = \frac{s^2}{\bar{x}}$ برآورد می‌شوند. با استفاده از آزمون‌های کلموگروف- اسمیرنوف می‌توان نیکویی برازش این توزیع را چک نمود.

[Downloaded from ejip.ir on 2026-05-30]

توزیع وایبل

این توزیع در سال ۱۹۳۹ توسط فیزیکدان سوئدی وایبل ارائه گردید. در این توزیع تابع چگالی به‌صورت

$$f(x) = \frac{\alpha}{\beta^{\alpha}} x^{\alpha-1} e^{-(\frac{x}{\beta})^{\alpha}}$$

ارائه می‌گردد. فرض کنید c, b, a به ترتیب چارک اول، چارک سوم داده‌ها و عدد ۰/۲۶۲۱- باشند. در این صورت برآورد پارامترهای توزیع به‌صورت

$$\hat{\alpha} = \frac{\ln(\ln(4))}{\ln(b) - \ln(\hat{\beta})}$$

و $\hat{\beta} = \frac{cln(a) - \ln(b)}{c-1}$ ارائه می‌گردد. برای چک کردن نیکویی برازش این توزیع کافی است $y = e^{-(\frac{x}{\beta})^{\alpha}}$ را به ازای داده‌های موجود و با استفاده از پارامترهای برآورد شده به دست بیاوریم و چک کنیم که آیا توزیع به دست آمده یکنواخت روی بازه $(0,1)$ است یا خیر؟ و یا اینکه آیا $\Phi^{-1}(y)$ دارای توزیع نرمال هست یا خیر؟

توزیع پارتو

پارتو چگالی توزیع درامد به ازای هر نفر از جمعیت را به‌صورت

$$f(x) = \frac{\alpha\theta}{(x+\theta)^{\alpha+1}}$$

ارائه داد که در آن پارامترها به‌صورت

$$\hat{\alpha} = \frac{2(\overline{x^2} - \bar{x}^2)}{\overline{x^2} - 2\bar{x}^2} \text{ و } \hat{\theta} = \frac{\bar{x}(\bar{x}-1)}{\overline{x^2} - 2\bar{x}^2}$$

ارائه می‌گردد که در آن $\bar{x}$ و $\overline{x^2}$ به ترتیب میانگین داده‌ها و میانگین توان دوم داده‌هاست. به ازای داده‌های موجود و برآورد پارامتر درصورتی‌که $\mathrm{y} = \Phi^{-1}((\frac{\theta}{\mathrm{x}+\theta})^{\alpha})$ دارای توزیع نرمال باشد آنگاه توزیع شدت پرتو است.

[Downloaded from ejip.ir on 2026-05-30]

انواع توزیع‌های فراوانی

در این بخش توزیع‌های فراوانی را مطالعه می‌کنیم.

الف) توزیع‌های برنولی و دوجمله‌ای

این توزیع دارای دو نتیجه صفر و یک است که احتمال پیروزی (نتیجه ۱) p احتمال شکست (صفر) q=1-p است. اگر یک آزمایش برنولی را با ثابت در نظر گرفتن احتمال پیروزی n بار مستقلاً تکرار کنیم، تعداد پیروزی‌ها دارای توزیع دوجمله‌ای با پارامتر p , n خواهد بود. توزیع برنولی حالت خاصی از توزیع دوجمله‌ای با n یک است. میانگین و واریانس توزیع دوجمله‌ای برابر است با np و $np(1-p)$.

ب) توزیع پواسون

این توزیعی گسسته است که احتمال اینکه یک حادثه به تعداد مشخصی در فاصله زمانی ثابتی رخ دهد را شرح می‌دهد. نرخ رخداد وقایع در توزیع پواسون برابر با λ است و میانگین و واریانس توزیع پواسون نیز برابر با همین پارامتر است. که سبب شناسایی توزیع پواسون می‌گردد.

٥-٤. محاسبه VaR در یک سلول

فرض کنید در ماتریس BU/ET طی سه سال متوالی ۹۴ و ۹۵ و ۹۶ اعداد ۲ و ۳ و ۲ برای تعداد فراوانی‌ها برای سلول ۲*۸ (خدمات کارگزاری خرد-تقلب درون‌سازمانی) دیده شده است و میزان زیان هم به ترتیب ۳/۳، ۴/۴، ۶/۶ میلیون ریال بوده است. با فرض توزیع پواسون برای فراوانی و توزیع لوگ نرمال برای شدت، با تشریح همه مراحل ارزش در معرض خطر ۹۹ درصد را می‌یابیم.

الف) توزیع احتمال برای فراوانی: با فرض توزیع پواسون برای فراوانی‌ها دیده می‌شود که پارامتر توزیع پواسون برابر با میانگین نمونه‌ای اعداد ۲و۳و۲ یعنی عدد ۲/۳۴ است.

ب) توزیع شدت: با فرض توزیع لوگ-نرمال برای شدت و با لگاریتم (در مبنای طبیعی) از اعداد دیده می‌شود که پارامتر مکان μ و پارامتر مقیاس σ به ترتیب برابر با ۱/۵۲ و ۰/۳۴۸ است.

ج) با تولید ۱۰۰۰۰ نمونه از توزیع پواسون با پارامتر ۲/۳۴ و همین تعداد نمونه از توزیع لوگ نرمال برای شدت، تعداد ۱۰۰۰۰۰۰۰۰ عدد برای اثر (زیان) در این سلول به دست می‌آید. نمودار

[Downloaded from ejip.ir on 2026-05-30]

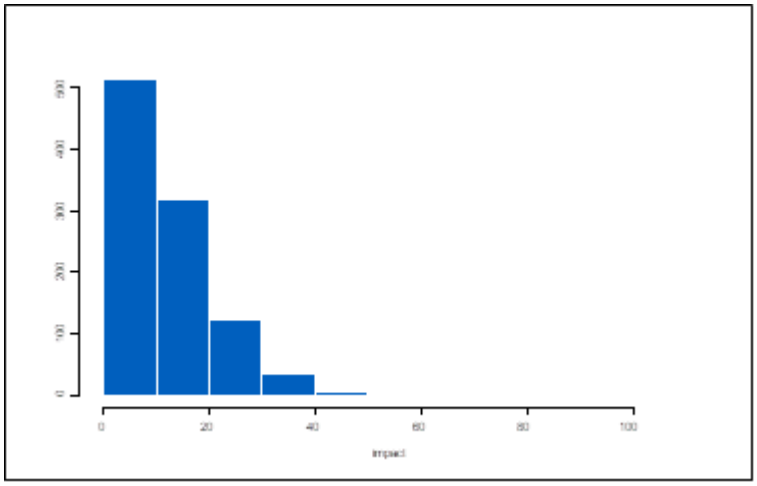
هیستوگرام اثرها در شکل زیر (شکل ۷) رسم شده است. آمار توصیفی خلاصه از توزیع اثر به‌صورت زیر ارائه شده است:

جدول ۵: آمار توصیفی از توزیع اثر

Min	Q1	Median	Q3	Mean	Max	var	stdev
0	5.15	9.84	15.89	11.75	103.76	92.26	9.6

دیده می‌شود که صدک ۹۹ ام توزیع تجربی اثر که نشان از ارزش در معرض خطر ۹۹ درصدی دارد برابر است با ۳۹/۴۷ میلیون ریال است.

د) این عدد به عنوان یک عدد تجربی، نیازمند داشتن انحراف معیار است و لذا با ۱۰۰۰ بار تکرار گزینه‌های الف–ج ۱۰۰۰ عدد ارزش در معرض خطر می‌یابیم که انحراف معیار آن‌ها عبارت است از ۲/۵۲. بنابراین با یک انحراف معیار حول میانگین ارزش در معرض خطر در فاصله (۴۱/۹۹ و ۳۶/۹۵) میلیون ریال قرار می‌گیرد.



شکل ۷: توزیع تجربی اثر

ه) بعد از محاسبه ارزش در معرض خطر همه سلول‌ها، با فرض استقلال فراوانی‌ها و شدت‌ها در همه سلول‌ها، ارزش در معرض خطر (زیان کلی) از جمع همه ارزش در معرض خطرها در همه سلول‌ها یافت می‌شود. اگر سلول‌ها از هم مستقل فرض نشوند نیاز به ارائه تحلیل تابع پیوند (Copula) است که فعلاً در این بخش به آن پرداخته نمی‌شود.

و) در این مثال قبل از ارائه تحلیل‌ها و شبیه‌سازی مونت‌کارلو، بایستی توزیع‌های اولیه شدت و فراوانی را کنترل می‌کردیم. اولاً از روی نمودار شدت می‌توان مطمئن شد که توزیع تجربی شدت

[Downloaded from ejip.ir on 2026-05-30]

(اثر) چوله به راست و همچنین دم پهن است). همچنین با لگاریتم گیری از داده‌های شدت (سه داده اصلی) و چک کردن کشیدگی و چولگی دیده می‌شود که فرض توزیع لوگ-نرمال برای داده‌های شدت اشتباه نیست. اما در مورد توزیع فراوانی دیده می‌شود که میانگین و واریانس داده‌های فراوانی اصلاً شبیه هم نیستند و لذا توزیع پواسون توزیع مناسبی برای توزیع فراوانی نیست. در اینجا توزیعی که پیشنهاد می‌گردد توزیع برنولی برای $f' = \mathrm{f} - 2$ است. احتمال صفر شدن f' برابر با $\frac{2}{3}$ است. با این مقادیر و با استفاده از شبیه‌سازی مونت‌کارلو با ۱۰۰۰ با تکرار، ارزش در معرض خطر ۹۹ درصد به میزان ۲۵/۸۷ میلیون ریال برآورد می‌شود. دقت این عدد به میزان ۱/۲۲ میلیون ریال برآورد می‌شود. بنابراین با یک انحراف معیار حول میانگین ارزش در معرض خطر در فاصله (۲۷/۰۹ و ۲۴/۶۵) میلیون ریال قرار می‌گیرد که به‌طور معنی‌داری با محاسبات قبلی متفاوت است.

۵-۵. استفاده از نظر خبرگان در محاسبه VaR

روش‌های بیزی کاربرد فراوانی در حوزه‌های اقتصادی، مالی و بانکی دارد. در واقع، روش‌های اقتصادسنجی با رویکرد بیزی توانایی خوبی در حل مسائل با داده‌های تجربی کم، ارائه تحلیل‌های پویا و پردازش مسائلی دارد که نیاز به استفاده از نظرات خبرگان است. با این توضیحات، در این بخش قصد داریم که کاربرد روش‌های بیزی را در محاسبه VaR با استفاده از نظر خبرگان ارائه دهیم. قضیه بیز ابتدا توسط توماس بیز ارائه گردید. این قضیه در تفسیر اینکه چگونه یک نظریه توسط بخشی از اطلاعات جدید تغییر می‌یابد؟ و یا اینکه چگونه احتمال یک پیشامد توسط اطلاعات پیشین (Priors) به‌روز می‌شود؟ کاربرد دارد. اطلاعات پیشین می‌تواند نظر خبره، اطلاعات غیرنمونه‌ای (non-sampling information) در مقابل اطلاعات نمونه‌ای (sampling information) باشد. کاربرد قضیه بیز در هنگام حضور نظر خبره و حجم کم اطلاعات نمونه‌ای (به عنوان یک جبران‌کننده خوب) است. در روش بیز (بیزین) احتمال به عنوان درجه اعتقاد و یا درجه باور (degree of belief) تعبیر می‌شود. مثلاً از قبل قبول داریم که در صورت پرتاب یک سکه، احتمال شیر و یا خط ۵۰ درصد است. اما بعد از پرتاب یک سکه به تعداد زیاد ممکن است این درجه اعتقاد کم، بدون تغییر و یا زیاد گردد. فرض کنیم P(A) درجه باور اولیه به پیشامد A (Prior) باشد فرض کنیم X اطلاعات جدید باشد. در این صورت P(A|X) پسین (Posterior) بعد از دیده شدن X است. به‌راحتی می‌توان دید که

[Downloaded from ejip.ir on 2026-05-30]

$$P(A|X) = \frac{P(X|A)P(A)}{P(X)}$$

در مقایسه روش‌های بیزین و فراوانی انگارها (frequentists) موارد زیر قابل ذکر است:

۱. بیزین‌ها هم از داده و هم از پیشین‌ها (فرضیات) استفاده می‌کنند. فراوانی انگارها فقط از داده استفاده می‌کنند.

۲. بیزین‌ها به پیشین و درستنمایی بستگی دارند. فراوانی انگارها فقط از درستنمایی استفاده می‌کنند.

۳. بیزین‌ها نیاز به دانستن پیشین دارند. فراوانی انگارها نیاز به پیشین ندارند.

۴. روش‌های بیزین قبل از قرن بیستم بیشتر استفاده می‌شده اما روش‌های فراوانی انگارها بعد از قرن بیست متداول شده‌اند

۵. روش‌های بیزین از لحاظ محاسباتی بسیار سنگین است اما روش‌های فراوانی انگارها محاسبات سنگین ندارند.

از جمله ایرادهایی که به روش بیزین قابل وارد کردن است می‌توان به موارد زیر اشاره داشت که

۱. پیشین Subjective است.

۲. یک فرضیه فاقد از نظر خبره می‌تواند درست یا غلط باشد.

همچنین دفاعیه‌هایی بر روش بیز قابل انجام به شرح زیر است:

۱. احتمال یک فرضیه در حضور داده واقعاً چیزی است که ما نیاز داریم بدانیم.

۲. قضیه بیز واقعاً از نظر ریاضی دقیق است

۳. پیشین‌های گوناگون را امتحان کنید و تحلیل حساسیت انجام دهید.

۴. به ازای داده‌های جدید و فرضیات جدید روش بیز قابلیت به‌روز شدن دارد.

پسین‌های فراوانی و شدت

در این قسمت توزیع‌های پسین فراوانی و شدت را به دست می‌آوریم.

الف) در این قسمت می‌خواهیم پسین‌های توزیع فراوانی را زمانی که داده‌ها از توزیع پواسون می‌آیند و توزیع پیشین توزیعی گاماست را بیابیم.

[Downloaded from ejip.ir on 2026-05-30]

فرض کنید $N_1, \ldots, N_n$ تعداد فراوانی‌های مشاهده‌شده از توزیع پواسون با پارامتر λ است و توزیع پیشین λ توزیع گاما با پارامترهای α و β است. و لذا روابط زیر برقرار است

$$f(N|\lambda) = \frac{e^{-\lambda}\lambda^{N}}{N!}, \lambda > 0$$

$$\pi(\lambda \mid \alpha, \beta) = \frac{(\lambda/\beta)^{\alpha-1}}{\Gamma(\alpha)\beta}\exp(-\lambda/\beta), \quad \lambda > 0, \alpha > 0, \beta > 0.$$

$$h(\mathbf{N} \mid \lambda) = \prod_{i=1}^{n} e^{-\lambda}\frac{\lambda^{N_i}}{N_i!}.$$

$$\pi(\lambda \mid \mathbf{N}) \propto \frac{(\lambda/\beta)^{\alpha-1}}{\Gamma(\alpha)\beta}\exp(-\lambda/\beta)\prod_{i=1}^{n} e^{-\lambda}\frac{\lambda^{N_i}}{N_i!} \propto \lambda^{\hat{\alpha}-1}\exp(-\lambda/\hat{\beta})$$

لذا برآورد پارامترهای مورد نظر از روی توزیع پسین به‌صورت زیر ارائه می‌گردد:

$$\hat{\alpha} = \alpha + \sum_{i=1}^{n} N_i,$$
$$\hat{\beta} = \beta/(1+\beta\times n).$$

همچنین متوسط مقدار فراوانی در سال آینده از روی فرمول زیر به دست می‌آید که

$$E[N_{n+1} \mid \mathbf{N}] = E[\lambda \mid \mathbf{N}] = \hat{\alpha}\times\hat{\beta} = \beta\times\frac{\alpha + \sum_{i=1}^{n} N_i}{1+\beta\times n} = w\overline{N} + (1-w)\lambda_0$$

که در آن

$$\overline{N} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} N_i$$
$$\lambda_0 = \alpha\times\beta$$
$$w = \frac{n}{n+1/\beta}$$

ب) در این بخش توزیع لوگ-نرمال را با فرض پیشین نرمال به دست می‌آوریم. در معنایی دقیق‌تر می‌دانیم که اگر شدت را با X نمایش دهیم آنگاه

[Downloaded from ejip.ir on 2026-05-30]

$$f(x \mid \mu, \sigma) = \frac{1}{x\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2} \right)$$

$$\pi(\mu \mid \mu_0, \sigma_0) = \frac{1}{\sigma_0\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\mu - \mu_0)^2}{2\sigma_0^2} \right)$$

که در آن μ_0 و σ_0 مقادیری معلوم هستند. در این صورت پسین متناسب با عبارت زیر خواهد بود

$$\exp\left(-\frac{(\mu - \hat{\mu}_0)^2}{2\hat{\sigma}_0^2} \right)$$

که بیانگر توزیعی نرمال با پارامترهای زیر است

$$\hat{\mu}_0 = (\mu_0 + \omega \sum_{i=1}^{n} Y_i) / (1 + n \times \omega),$$

$$\hat{\sigma}_0^2 = \sigma_0^2 / (1 + n \times \omega), \quad \omega = \sigma_0^2 / \sigma^2.$$

در زیر به‌صورت الگوریتمی نحوه به دست آوردن توزیع پیشین برای پارامتر توزیع پواسون (با فرض توزیع پواسون برای λ) ارائه می‌دهیم. طبیعی است که روش قابلیت به‌روز شدن برای هر توزیعی دیگر برای پیشین هست.

الگوریتم ۲ (توزیع‌های پیشین و پسین λ)

فرض کنید خبرگان $f_1, \ldots, f_n$ را برای فراوانی رخ دادن ریسک عملیاتی در یکی از سلول‌های ماتریس کمیته بال پیشنهاد داده باشند. در این صورت:

الف) به اندازه B بار با نمونه‌های هم‌حجم n از فراوانی پیشنهادی نمونه‌های خودگردان تولید نمایید و به ازای هر نمونه پارامتر λ_b $b = 1,2, \ldots, B$ را به ازای هر نمونه (میانگین نمونه) محاسبه نمایید.

ب) با استفاده از نمونه λ_b توزیع گاما را برازش داده، نیکویی برازش را چک کنید و سپس پارامترهای توزیع گاما را بیابید

ج) با استفاده از فرمول‌های بیز ارائه شده در قسمت قبل توزیع پسین را بیابید.

[Downloaded from ejip.ir on 2026-05-30]

در ادامه الگوریتمی هم برای به دست آوردن توزیع پیشین و پسین شدت S مبتنی بر نظرات خبرگان ارائه می‌دهیم.

الگوریتم ۳ (توزیع‌های پیشین و پسین μ)

فرض کنید خبرگان $s_1, \dots, s_n$ را برای شدت رخ دادن ریسک عملیاتی در یکی از سلول‌های ماتریس کمیته بال پیشنهاد داده باشند. در این صورت

الف) به اندازه B بار با نمونه‌های هم‌حجم n از فراوانی پیشنهادی نمونه‌های خودگردان تولید نمایید و به ازای هر نمونه پارامتر μ_b $b = 1,2, \dots, B$ را به ازای هر نمونه (میانگین نمونه) محاسبه نمایید.

ب) با استفاده از نمونه μ_b توزیع نرمال را برازش داده، نیکویی برازش را چک کنید و سپس پارامترهای توزیع گاما را بیابید

ج) با استفاده از فرمول‌های بیز ارائه شده در قسمت قبل توزیع پسین را بیابید.

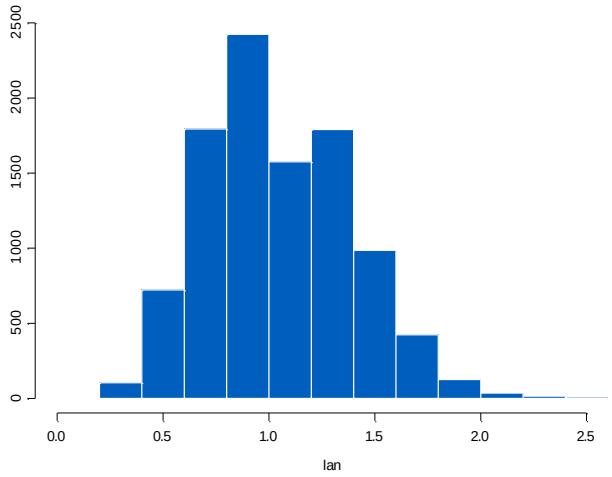
نظریه خبره در عمل

در این بخش به کاربرد روش‌ها و الگوریتم‌های بالا برای استفاده در داده‌های واقعی در قالب یک مثال می‌پردازیم.

مثال ۲ (ادامه)

فرض کنید داده‌های ۰,۰,۰,۰,۱,۱,۱,۳,۱,۱,۱,۰,۰,۰,۱,۱,۴,۴ فراوانی‌های پیشنهادی از سوی خبرگان در سلول ماتریس پیشنهادی و اعداد 2.57, 4, 3.4, 2.3, 1.2, 2.95, 2.75, 2.6, 3.3 پیشنهاد خبرگان برای شدت در همان سلول باشد. در این صورت نمودار بافت نگار این توزیع ارائه می‌گردد.

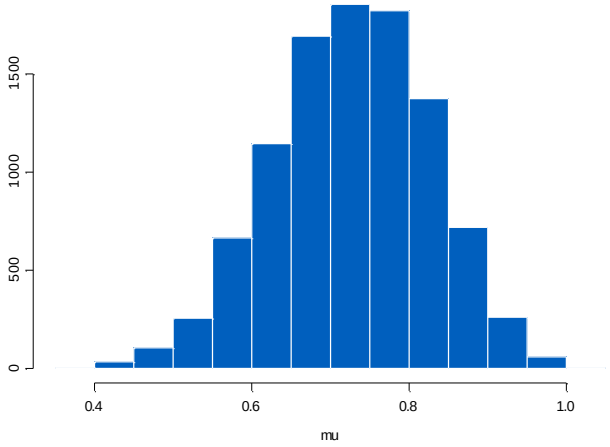
[Downloaded from ejip.ir on 2026-05-30]



شکل ۷: توزیع تجربی فراوانی نظر خبرگان

ابتدا دیده می‌شود که نمودار بافت نگار چوله به راست است و چولگی و کشیدگی تجربی این توزیع به ترتیب ۱/۳۸ و ۳/۰۶۷ است که نشان از توزیع گاما دارد. همچنین p.value آزمون نیکویی برازش برای توزیع گاما برابر با ۰/۲ است که به‌خوبی نشان می‌دهد که توزیع گاماست. لذا توزیع گاما پیشنهاد می‌گردد. همچنین پارامترهای برآوردی برای توزیع گاما $\alpha = 9.71,\ \beta = 0.108$ است. همچنین برای توزیع برای شدت همین رویه را ادامه می‌دهیم. در زیر نمودار توزیع تجربی μ را ارائه داده‌ایم. همچنین، چولگی و کشیدگی که به ترتیب برابر با ۰/۱۷۸ و ۳/۱۴۵ به‌خوبی نشان از توزیعی متقارن دارد. آزمون نیکویی برازش با *p.value* ۰/۳۵ بیانگر توزیع نرمال است. پارامترهای توزیع نرمال برای μ عبارتند از میانگین ۰/۷۲ و انحراف معیار ۰/۱ است که نشان از دقت بالای برآورد دارد.

[Downloaded from ejip.ir on 2026-05-30]



شکل ۸: توزیع تجربی شدت نظر خبرگان

در ادامه به محاسبه توزیع پسین و همچنین ارزش در معرض خطر با استفاده از نظر خبرگان می‌پردازیم. با استفاده از نظر خبرگان پارامترهای α و β به‌روز شده از توزیع پسین عبارتند از

$$\alpha = 9.71 + 19 = 28.71$$

$$\beta = \frac{\beta_{prior}}{1 + n\beta_{prior}} = \frac{0.108}{1 + 3 \times 0.108} = 0.0815.$$

توزیع پواسون جدید با پارامتر ۱/۲۳ به دست می‌آید.

همچنین برای توزیع شدت، $w = \frac{\sigma^2_{prior}}{\sigma^2_{\bar{y}}} = \frac{0.01}{0.11806} = 0.0894$ و میانگین و واریانس جدید عبارتند از

$$\mu = \frac{\mu_{prior} + w\sum y}{1 + nw} = \frac{0.72 + 0.0815 \times 0.0894}{1 + 3 \times 0.0815} = 0.5843$$

$$\sigma^2 = \frac{\sigma^2_{prior}}{1 + nw} = \frac{0.01}{1 + 3 \times 0.0815} = 0.00803$$

در فرمول‌های فوق σ^2_{prior} واریانس توزیع پیشین، $\sigma^2_{\bar{y}}$ واریانس لگاریتم طبیعی سه مشاهده شدت و $\sum y$ مجموع لگاریتم طبیعی سه مشاهده شدت است. مجدداً با شبیه‌سازی نمونه‌ها از توزیع پواسون پسین با پارامتر ۱/۲۳ و لوگ نرمال با پارامترهای μ و σ^2 به ترتیب 0.5843 و 0.00803، ارزش در معرض خطر تعدیل‌شده با نظر خبرگان بانکی به میزان ۸/۱۴۸ میلیون ریال برآورد می‌گردد. مقبولیت این عدد به اعتبار نظرات خبرگان بانکی وابسته است.

[Downloaded from ejip.ir on 2026-05-30]

٥-٦. وجود همبستگی

در بخش‌های قبل در مورد یافتن ارزش در معرض خطر برای هر یک از سلول‌های ماتریس کمیته بال بحث شد. بیان گردید که در صورت مستقل آماری بودن هر یک از سلول‌های ماتریس از یکدیگر، می‌توان ارزش در معرض خطر را به ازای سلول‌ها تک تک به دست آورده و با هم جمع نمود. در صورت عدم استقلال سلول‌ها در ادبیات موضوعی ریسک عملیاتی استفاده از تحلیل‌های تابع پیوند و کاپولا را پیشنهاد می‌دهند. در این بخش، ملهم از روش بسیار محافظه‌کارانه کمیته بال در ریسک اعتباری، رهیافت جدیدی مبتنی بر نامساوی بونفرونی ارائه می‌گردد.

فرض کنید دو سلول از ماتریس ریسک عملیاتی کمیته بال به یکدیگر وابسته باشند. در این صورت برای کنترل خطای نوع اول بایستی ارزش در معرض خطر را رد هریک از سلول‌ها به‌گونه‌ای تعریف نمود که

$$P(e_1 \leq VaR_1 \; and \; e_2 \leq VaR_2) = 0.999 = 1 - \alpha,$$

که در اینجا α خطای نوع اول است. لذا با استفاده از نامساوی بونفرونی، می‌توان دید که

$$P(e_1 \leq VaR_1 \; and \; e_2 \leq VaR_2) \geq P(e_1 \leq VaR_1) + P(e_2 \leq VaR_2) - 1.$$

و لذا کافی است که

$$P(e_1 \leq VaR_1) = P(e_2 \leq VaR_2) = 1 - \alpha/2$$

لذا فقط کافی است که ارزش در معرض خطر در سطح $1 - \alpha/2$ را به دست بیاوریم. اگر به تعداد K سلول به هم وابسته باشند کافی است که ارزش در معرض خطر $1 - \alpha/k$ را به دست آورد. ایراد اساسی این روش این است که ارزش‌های در معرض خطر ممکن است بسیار بزرگ شوند حال آنکه در عمل وقتی تعداد سلول‌های مستقل کم باشد روشی از لحاظ کاربردی کاراست.

٦. نتیجه‌گیری

در این مقاله، سعی شد با ارائه مثال‌های ساده و قابل فهم، در قالب ماتریس ریسک عملیاتی کمیته بال، مفاهیم پایه‌ای و محاسباتی ریسک عملیاتی تشریح گردد. در مواردی که طرح شد سعی گردید راه‌حل‌های ساده‌ای برای محاسبات مرتبط با ریسک عملیاتی پیاده‌سازی گردد.

[Downloaded from ejip.ir on 2026-05-30]

منابع

- استادی، بختیار، خزایی، سجاد، حسین زاده کاشان، علی (۱۳۹۶). ارزیابی ریسک عملیاتی با استفاده از روش استنتاجی بیزی و با در نظر گرفتن ترکیب منابع داده‌ای و فرض وابستگی بین نظرات کارشناسان و داده‌های زیان داخلی. *راهبرد مدیریت مالی*. شماره ۲۰. ۵۳-۷۲.
- پویان فر، احمد، بیتی، سعید، حبیبی، علی (۱۳۹۳). تخمین حد آستانه‌ای کارا برای مدل‌سازی و تخمین سرمایه پوششی. *فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار*. ۱۸، ۱۰۵-۱۱۸.
- مصطفائی دولت‌آباد، خدیجه، آذر، عادل، مقبل با عرض، عباس (۱۳۹۶). شناسایی و تحلیل ریسک‌های عملیاتی با استفاده از نگاشت شناختی فازی. *فصلنامه علمی پژوهشی مدیریت دارایی و تأمین مالی*. ۲۰، ۱-۱۸.
- نصرتی، هاشم، پاکیزه، کامران (۱۳۹۵). تخمین ذخیره سرمایه ریسک عملیاتی در صنعت بانکداری. *فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار*. ۲۰، ۱-۱۸.

- Alexander, C. (2003). *Operational Risk: Regulation, Analysis and management*. Pearson Education. UK.
- Arnold, V. (2015). Leveraging integrated information systems to enhance strategic flexibility and performance: The enabling role of enterprise risk management. *Int. J. Account. Inf. Syst*. 19, 1–16.
- Bayrakdaroglu, A., & Yalcin, N. (2013). A fuzzy multi-criteria evaluation of the operational risk factors for the state-owned and privately-owned commercial banks in turkey. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal* 19, 443-461.
- Breden, D. Managing operational risk in a continuously changing environment (Bank of Finland). Available online: http://www.webcitation.org/6tjvVI1pV.
- Chernobai, A.S. (2008). *Operational risk: a guide to Basel II capital requirements, models, and analysis*. Wiley & Sons. USA.
- Cruz, C.O. (2012). Risk-sharing in seaport terminal concessions. *Transp. Rev*. 32, 455–471.
- Fontnouvelle, P. (2015). *Using loss data to quantify operational risk*; Federal Reserve Bank of Boston: Boston, MA, USA.
- Hoffman, D.G. (2002*). Managing operational risk: 20 firm wide best practice strategies*. Wiley & Sons. .USA.
- Jorion, P., and Yu, F. (2011). The determinants of operational risk in U.S. financial institutions. *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 46, 1683–1725.
- Lam, J. (2014). *Enterprise Risk Management: From Incentives to Controls*. Wiley & Sons. USA.

[Downloaded from ejip.ir on 2026-05-30]

- Malik, S.A. (2013). Factors that affect the adoption of enterprise risk management (ERM). *OR Insight* 26, 253–269.
- Marques, R.C.; Berg, S. (2011). Risks, contracts, private sector participation in infrastructure. *J. Constr. Eng. Manag*. 137, 925–932.
- Martinez-Sanchez, J. F., Palacios, M. M. T., and Venegas, M. F. (2016). An analysis on operational risk in international banking: A Bayesian approach (2007–2011). *Estudios Gerenciales* **32**, 208-220.
- Moosa, I.A. (2007). Operational risk: a survey. *Financ. Mark. Inst. Instrum*. 16, 167–200.
- Power, M. (2005). The invention of operational risk. *Rev. Int. Political Econ*. **12**, 577–599.
- Shevchenko, P. V. (2007). The quantification of operational risk using internal, relevant external data and expert opinions. *The Journal of Operational Risk* 2, 3-27.
- Tarantino, A. (2008). *Governance, risk, and compliance handbook*. Wiley & Sons. USA.
- Weeserik, B. P. and Spruit, M. (2018). Improving operational risk management using business performance management technologies. *Sustainability MDPI* 10, 1-20.

[Downloaded from ejip.ir on 2026-05-30]