

## مدل سازی ریسک اعتباری سبد تسهیلات اعتباری بانک با استفاده از مدل سازی اکچوئری (مطالعه موردی: بانک رفاه)

محمدسعید حیدری<sup>۱</sup>

سیدبابک ابراهیمی<sup>۲</sup>

نگین محبی<sup>۳</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۰/۲۰

تاریخ دریافت: ۹۴/۸/۷

### چکیده

در این مقاله ریسک پرتفوی اعتباری تسهیلات اعطایی بانک رفاه، با هدف امکان سنجی استفاده از روش شناسی CreditRisk+ در حوزه ارزیابی ریسک اعتباری بانکها و با استفاده از داده‌های موجود در مورد تعدد موارد بروز نکول (نکول در اینجا به معنی انتقال وضعیت تسهیلات اعطایی به سرفصل مطالبات مشکوک الوصول است) برآورد گردیده است. در این راستا ابتدا با استفاده از داده‌های مربوط به تعداد موارد نکول طی سال‌های مختلف و روش‌های آماری ابتدایی نظیر میانگین و انحراف معیار موارد نکول، ریسک نکول پرتفوی اعتباری بانک به صورت کلاسیک برآورد شده است. در مرحله بعد با استفاده از روش‌های پیشرفته‌تر بر پایه مدل سازی اکچوئری میانگین و انحراف معیار و همچنین نوع توزیع به صورت دقیق‌تری برآورد شده است. از این رو دستیابی به دیدگاهی روشن در مورد ارزیابی ریسک اعتباری پرتفوی تسهیلات اعطایی بانک رفاه میسر گردیده است.

واژه‌های کلیدی: ریسک اعتباری، اکچوئری<sup>۱</sup>، مشتقات اعتباری<sup>۲</sup>، مدل CreditRisk+، مطالبات مشکوک الوصول.

۱- دانشجوی دکترای مدیریت مالی دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران saeedhaidary@gmail.com

۲- عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران (نویسنده مسئول) B\_Ebrahimi@kntu.ac.ir

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مالی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران mohebbi.negin@Kntu.ac.ir

## ۱- مقدمه

ریسک اعتباری عبارت است از احتمال عدم بازپرداخت کامل جریان‌های نقدی مقرر حاصل از وام‌های پرداخت شده و اوراق بهاداری که توسط یک نهاد مالی نگهداری می‌شود. بانک به عنوان یک نهاد مالی باید ریسک اعتباری هر یک از بدهکاران را برآورد کند. این کار مبنای اصلی قیمت‌گذاری یک وام و تعیین نرخ بهره مناسب در مورد هر وام‌گیرنده است. اما در عین حال باید به کیفیت اعتباری پرتفوی وام خود نیز به عنوان مجموعه‌ای از بدهی‌ها توجه کند. زیرا تداوم فعالیت بانک، تاحد زیادی به عملکرد آن و حجم زیان‌های اعتباری در یک دوره معین بستگی دارد. از این‌رو تحلیل پرتفوی نیز ممکن است بر قیمت‌گذاری وام‌های منفرد و تصمیمات وام‌دهی تأثیر بگذارد، به طوری که باید سهم هر دارایی در ریسک پرتفوی در نظر گرفته شود. از اواسط دهه ۸۰، اقداماتی برای نظام‌مند نمودن، افزایش کارایی و کاهش ریسک‌های نظام بانکی صورت گرفت که حاصل آن مقررات بال ۱ و ۲ و ۳ بوده است که در آن دستورالعمل‌هایی برای ارزیابی و سقف پذیرش ریسک توسط بانک‌ها در حوزه‌های مختلف (از جمله ریسک اعتباری) در نظر گرفته شده است. در بال ۱ که در ایران به صورت محدود اجرا می‌شود، مقررات ثابت و غیرپویایی برای میزان تسهیلات اعطایی توسط بانک‌ها در نظر گرفته شده است، که در آن ریسک انواع تسهیلات به صورت از پیش تعیین شده به بانک‌ها ابلاغ می‌گردد، در اینجا هیچ نقشی برای عملکرد کارا و هوشمندانه بانک‌ها در ارائه تسهیلات به اشخاص حقیقی و حقوقی کم‌ریسک در نظر گرفته نشده است. در بال ۲ و ۳ حرکت مشخصی در جهت واگذاری فرآیند اندازه‌گیری ریسک به بانک‌ها و استفاده از مدل‌های داخلی توسعه داده شده توسط خود بانک صورت گرفته است. حرکت بانک مرکزی و سیستم بانکی ایران به سمت بال ۲ و ۳ به واسطه توانایی آن در ارزیابی و مدیریت ریسک و سودآوری اجتناب‌ناپذیر

است و در صورتیکه بانک‌ها بتوانند با روش‌هایی میزان ریسک اعتباری خود در حوزه‌های مختلف را اندازه‌گیری نموده و با تمرکز بیشتر بر حوزه‌های کم ریسک، امکان گسترش میزان تسهیلات اعطایی خود از طریق کاهش حد کفایت سرمایه و ذخایر پوشش ریسک الزامی بانک مرکزی را داشته‌باشند، سودآوری آن‌ها تحت تأثیر قرار خواهد گرفت. در نگاهی وسیع‌تر باید به این موضوع توجه نمود که امروزه بانک‌ها در حوزه‌های مختلفی فعال بوده و گستره فعالیت آن‌ها به ویژه در حوزه تخصیص منابع بسیار متنوع و وسیع است. اما واقعیت این است که هر چند بانک‌داری مدرن (مانند صنعت بیمه) بر مبنای این مفهوم شکل گرفته است که دارا بودن پرتفوی متنوعی از وام‌ها، بهتر و کم ریسک‌تر از یک یا چند وام محدود است، اما عملاً بانک‌ها در سطح جهان در یک ناحیه جغرافیایی و یا در یک یا چند صنعت محدود و خاص متمرکز شده‌اند. علت این امر بهره‌گیری از مزایای نسبی بانک‌داری رابطه‌ای است. یک راه برای بانک‌ها برای غلبه بر مشکل تمرکز و در عین حال بهره‌برداری از مزایای تمرکز و تخصص و بهره‌گیری از بانک‌داری رابطه‌ای، فروش قسمتی از پرتفوی وام خود به سایر بانک‌ها و در مقابل خرید قسمتی از پرتفوی این بانک‌ها و دستیابی به تنوع‌سازی بیشتر است. این امر به صورت عملی مشکلات مدیریتی و حقوقی خاص خود را داشته و از همین رو بازار آن نیز نقدشوندگی پایینی دارد، همچنین عموماً مورد موافقت و تأیید مشتریان بانک‌ها نیست. مشتقات اعتباری راه‌حل این معضل هستند. این ابزارها به بانک‌ها امکان می‌دهند پرتفوی وام‌ها و تسهیلات مالی خود را حفظ کنند و نوعی محافظت در برابر ریسک‌های احتمالی این پرتفوی را از بازار خریداری کنند. (فیلیپ جورین، ۲۰۱۰) رشد سریع این نوع از مشتقات مالی به دلیل کارایی آن‌ها در انتقال و مبادله ریسک اعتباری در عین عدم نیاز به انتقال و خرید و فروش عملی پرتفوی تسهیلات بانک‌ها صورت گرفته است. از سال ۱۹۹۷ تا امروز، حجم بازار

مشتقات اعتباری (در رأس آن ابزار معاوضه نکول اعتباری یا CSD<sup>۴</sup> ها) از ۴۰ میلیارد دلار به بیش از ۶۰ تریلیون دلار افزایش یافته است که عملاً شاهد یک رشد نمایی تمام عیار بوده است. رشد شگفت‌انگیز این دسته از مشتقات مالی باعث شد تا تحقیق در مورد این ابزارها و پیاده‌سازی آن در ایران مورد توجه قرار گیرد. این ابزارها عبارت است از: ابزار معاوضه نکول اعتباری، معاوضه بازده کل<sup>۵</sup>، پیمان آتی شکاف اعتباری<sup>۶</sup>، اختیارات قابل صدور بر روی ریسک‌های اعتباری و موارد خاصی از بدهی‌های ساختاریافته<sup>۷</sup>. در بازارهای معاوضه نکول اعتباری واقعی، خریدار این ابزارها به صورت ۶ ماهه یا سالانه مبلغی را به فروشنده پرداخت می‌کند، در مقابل به هنگام بروز حوادث اعتباری<sup>۸</sup>، کل خسارت ناشی از نکول و یا کاهش ارزش (به واسطه افزایش احتمال نکول) پرتفوی وام و تسهیلاتی که بر روی آن ابزار معاوضه نکول اعتباری صادر شده است، توسط فروشنده این ابزار به خریدار آن پرداخت می‌گردد. طراحی و بسته‌بندی ریسک در ابزارهای مبتنی بر معاوضه نکول اعتباری خود نیازمند ارزیابی و مدل‌سازی دقیق ریسک است، بنابراین پیش از هر اقدامی جهت طراحی این ابزار باید اندازه‌گیری و ارزیابی ریسک اعتباری سید تسهیلات اعتباری بانک‌ها مدنظر قرار گیرد. هنگامی که تسهیلاتی اعطاشد، دیگر بحث سنجش ریسک تک‌تک گیرندگان این تسهیلات مطرح نیست، بلکه سبد بزرگ و متنوعی از هزاران وام و تسهیلات مطرح است که باید ریسک‌های آن‌ها در کنار هم و به صورت یک کل (یک سبد که شکل‌دهنده یک محصول مالی و اعتباری تحت نام معاوضه نکول اعتباری و ... هستند) اندازه‌گیری شود، در اینجا می‌توان شباهتی بین این سبد و سبد تسهیلات بیمه‌ای شرکت‌های بیمه مشاهده نمود (اعطای بیمه‌نامه به هزاران دارنده خودرو سواری، خانه و...)، این شباهت مبنایی بود که از ابتدا متخصصان ریسک اعتباری بانک‌ها را به سمت استفاده از ادبیات صنعت

بیمه در ارزیابی ریسک اعتباری رهنمون نمود. این مقاله نیز با استفاده از دانش اکچوئری قصد دارد نشان دهد مدل‌های بنیادین اکچوئری که جهت مدل‌سازی توزیع آماری اعداد تصادفی به کار می‌روند، در مدل‌سازی توزیع احتمال نکول اعتبارات پرداختی بانک‌ها نیز مورد استفاده قرار گیرد.

## ۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

ارزیابی ریسک اعتباری با استفاده از دو روش پرداخت و تسویه در مقاطع زمانی مختلف روز (MTM)<sup>۹</sup> و احتمال نکول (DM)<sup>۱۰</sup> صورت می‌پذیرد. مدل‌های احتمال نکول (DM) بر پیش‌بینی زیان در اثر نکول تمرکز دارند و فقط دو حالت ممکن "نکول" و "عدم نکول" را در نظر می‌گیرند؛ مدل CreditRisk+ در این گروه قرار می‌گیرد. در حالی که مدل‌های MTM شامل روش‌های اعتبارسنجی بوده و بر تغییرات بازار تسهیلات اعتباری متمرکز بوده و با استفاده از سیستم رتبه‌بندی اعتباری تغییرات اعتباری وام‌گیرنده را تعیین می‌کنند. در این پژوهش روش DM به کار گرفته می‌شود و در آن به جای بررسی وضعیت ریسک اعتباری افراد و شرکت‌ها بر روی یک پیوستار صرفاً دو حالت نکول و عدم نکول در نظر گرفته شده و عملاً از توزیع‌ها و تحلیل ریاضی گسسته جهت ارزیابی ریسک استفاده شده است. روش‌های مبتنی بر مدل‌های آنالیز تفکیک<sup>۱۱</sup> تا دهه ۸۰ بر حوزه‌های ارزیابی ریسک اعتباری و پیش‌بینی موارد نکول مسلط بودند اما به خاطر مشکلات ساختاری این دسته از مدل‌ها، تحلیل لجستیک جایگزین آن‌ها شد که در آن از متد حداکثر درست‌نمایی<sup>۱۲</sup> برای پیش‌بینی و ارتباط داده‌های باینری (صفر و یکی مانند نکول/عدم نکول) به متغیرهای توضیح دهنده استفاده می‌کند. در طول دهه ۱۹۹۰ برخی از بانک‌ها مدل‌های ارزش در معرض خطر اعتباری<sup>۱۳</sup> مبتنی بر احتمال نکول را توسعه دادند (الف آنمیوز- بایکل، ۲۰۱۰). برآیند مطالعه و توسعه این دسته از مدل‌ها باعث شد که در

نخستین فعالیت علمی در زمینه ارزیابی و پیش‌بینی احتمال نکول یا عدم نکول در سال ۱۹۳۲ توسط فیتزپاتریک صورت گرفت که در آن از نسبت‌های مالی برای تمیز قائل‌شدن بین صنایع موفق و شکست خورده استفاده نمود. گوردی (۲۰۰۲) در پژوهشی به ارائه مدل جدیدی در مدل‌سازی ریسک پرتفوی اعتباری پرداخت. او در مدل پیشنهادی خود از تابع مولد انباشته توزیع زیان پرتفوی در مدل CreditRisk+ بهره گرفت و دریافت که استفاده از روش تخمین نقطه زینی در محاسبات مربوط به دم توزیع، نتایج بهتر و دقیق‌تری را ارائه می‌کند؛ اگرچه در شرایط مشابه، مدل استاندارد CreditRisk+ نیز دارای عملکرد مناسبی می‌باشد. وندنورپ و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهش خود به بررسی رویکردی به منظور تعیین موارد نکول براساس همبستگی میان آن‌ها پرداختند، زیرا در عمل اغلب همبستگی میان موارد نکول در دسترس می‌باشد در حالی که احتمال نکول، داده ورودی موردنیاز در مدل‌سازی ریسک اعتباری با استفاده از مدل CreditRisk+ است.

مطالعاتی نیز در زمینه مقایسه عملکرد مدل‌های ریسک اعتباری در دهه اخیر انجام گرفته است که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان موارد زیر را برشمرد؛ ساندرس و آلن (۲۰۰۲) در تحقیقات خود با مقایسه نتایج به دست آمده از مدل‌های KMV، کردیت متریکس و CreditRisk+ دریافتند عملکرد این مدل‌ها کاملاً مشابه یکدیگر می‌باشد. پس از آن، گرگووا (۲۰۰۷) با بررسی این مدل‌ها دریافت که هر گونه اختلاف میان نتایج به دست آمده از این مدل‌ها ناشی از داده‌های ورودی آن‌ها، شیوه‌های ارزیابی و خطاهای موجود در هر یک از این مدل‌ها می‌باشد. لیاکین و والاسکوا (۲۰۱۴) علت اصلی تفاوت نتایج حاصله از این مدل‌ها را ناشی از روش‌های ارزیابی متفاوت آن‌ها دانسته و ادعان داشتند که خروجی مدل‌های مذکور کاملاً تحت تأثیر روش ارزیابی به کار گرفته شده در آن مدل می‌باشد که این نتیجه با

سال ۱۹۹۷ مدل CreditRisk+ در ارزیابی و اندازه‌گیری ریسک اعتباری و صرفاً بر مبنای مدل‌های اکچوئری توسط کردیت سوییس شکل بگیرد. اساس رویکرد این مدل بر پایه ادبیات علمی و مفاهیم بیمه‌ای استوار شده است. اگر موارد نکول از هم مستقل بوده و تنها دو حالت نکول و عدم نکول وجود داشته باشد، بنابراین به صورت منطقی توزیع بینم بر روی داده‌ها برازش خواهد شد، این مدل با فرض وجود تعداد زیادی وام شروع می‌کند که در نتیجه توزیع بینم احتمال نکول آن با تابع پواسون تقریب زده می‌شود. این مدل یک راه‌حل تحلیلی سریع برای یافتن توزیع زیان که به داده‌های اندکی نیز نیاز دارد، فراهم می‌آورد. (فیلیپ جورین، ۲۰۱۰) در حوزه ریسک اعتباری عموماً بانک‌ها و موسسات رتبه‌بندی به دنبال روش‌هایی هستند که بتوانند ارزیابی دقیقی از توانمندی و میزان ریسک نکول تک‌تک افراد و شرکت‌های متقاضی دریافت وام و تسهیلات به دست آورند. در این مسیر از روش‌ها و مدل‌های مختلفی نظیر مدل آلتمن، مدل KMV و غیره استفاده می‌شود. پایه تمامی این مدل‌ها دسترسی دقیق و کامل به اطلاعات تمامی مشتریان است. در مقابل وقتی داده‌های در دسترس از تک‌تک مشتریان اندک است و یا زمانی که این داده‌ها کاملاً قابل اطمینان تلقی نمی‌گردند، راه دیگری که جهت ارزیابی ریسک اعتباری وجود دارد، استفاده از روش‌های آماری و اکچوئری محض است. عمده‌ترین شرط برای استفاده از این روش‌ها دسترسی به جامعه آماری وسیعی است که بتوان بر مبنای قواعد بنیادین آمار و احتمال به ارزیابی دقیق و مناسبی از واقعیت رسید. در نهایت این روش یا مستقیماً به عنوان مبنایی جهت ارزیابی ریسک اعتباری پرتفوی‌های مختلف بانکی به کار برده می‌شود و یا این که در ترکیب با مدل‌های پایه، قدرت پیش‌بینی این مدل‌ها (و رتبه‌بندی‌های اعتباری ناشی از آن‌ها) را اندازه‌گیری می‌کند.

تحقیقات مشابه در سال‌های گذشته سازگاری داشته است. همچنین آن‌ها به این نکته نیز اشاره داشتند که مهم‌ترین عامل ریسک در یک پرتفوی عبارت است از: کیفیت اعتباری، میزان ضرر و زیان در صورت بروز نکول و همبستگی دارایی‌ها. به دنبال مقایسه این مدل‌ها با یکدیگر، میسانکووا و کوسووا (۲۰۱۴) در تحقیقات خود بیان کردند که مدل‌های مذکور از لحاظ ساختاری کاملاً مشابه بوده، اما به منظور اندازه‌گیری نرخ نکول از پارامترهای گوناگونی استفاده می‌کنند. این نرخ در مدل‌های KMV و کردیت متریکس براساس همبستگی دارایی‌ها تعیین می‌گردد، در حالی که در مدل CreditRisk+ به منظور تعیین این پارامتر از نوسان نرخ نکول بهره می‌گیرند. همچنین بودا (۲۰۱۴) علت متفاوت بودن نتایج این مدل‌ها را ناشی از روش‌های گوناگونی که برای تعیین احتمال نکول وجود دارد، دانسته که این روش‌ها عبارت است از: داده‌های تاریخی و مدل مرتن. کلار و گنزاروا (۲۰۱۵) در پژوهشی به بررسی و مقایسه عملکرد انواع مدل‌های توسعه یافته در زمینه مدل‌سازی ریسک پرتفوی اعتباری اعم از کردیت متریکس<sup>۴</sup>، KMV و CreditRisk+ پرداختند. آنها ویژگی محاسباتی و تکنیک مدل‌سازی هر یک از مدل‌های فوق را در کمی‌سازی ریسک اعتباری مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق دریافتند که مدل CreditRisk+ برخلاف دارا بودن محاسبات بسیار ساده، احتمال نکول را کمتر از واقعیت برآورد می‌کند. همچنین با توجه به آن که فرضیات لحاظ شده در مدل کردیت متریکس محدودکننده نیستند، این مدل بسیار انعطاف‌پذیر می‌باشد اما برآورد ریسک اعتباری با استفاده از آن به محاسبات بسیار زیادی نیاز دارد. ساده‌ترین مدل در این زمینه، مدل KMV بوده که به منظور بکارگیری آن تنها به ارزش بازار دارایی‌ها نیاز است. برخی از پژوهش‌های انجام شده در زمینه مدل‌سازی ریسک اعتباری در داخل کشور نیز به شرح زیر می‌باشد:

اصغری و همکاران (۱۳۸۶) در پژوهشی رویکردهای اصلی مدل‌سازی ریسک پرتفوی اعتباری (ارزش در معرض ریسک اعتباری) را بررسی کردند. رویکردهای مذکور در این پژوهش عبارت از رویکرد تغییر رتبه اعتباری، رویکرد ساختاری یا ادعای مشروط و رویکرد آماری می‌باشند. بدین منظور منطق اصلی هرمدل را تشریح، داده‌های مورد نیاز آن را توصیف و نقاط قوت و ضعف آنرا ارزیابی کرده و دریافتند که به منظور به کارگیری این مدل‌ها در صنعت بانکداری، ایجاد زیرساخت‌هایی مانند سیستم رتبه‌بندی اعتباری، بانک جامع اطلاعات مشتریان و ... ضروری می‌باشد. وکیلی و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی مدل CreditRisk+ را بررسی و تشریح نموده و فرضیات آن ارائه نمودند. آنها عملکرد مدل فوق را با پیاده‌سازی آن بر روی پرتفوی اعتباری بانک تات مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند.

در این مقاله نیز جهت ارزیابی ریسک اعتباری کل تسهیلات اعطایی بانک رفاه کارگران، از مدل‌های آماری و اکچوئری استفاده شده است. در مدل‌سازی متغیرهای تصادفی، اندازه‌گیری تعداد دفعات شکست در یک بازه زمانی و در یک فضای مشخص و محدود بسیار حائز اهمیت است و توزیع پواسون ویژگی‌هایی دارد که در نهایت بهترین و بنیادی‌ترین نوع توزیع اکچوئری را فراهم می‌سازد. این توزیع به عنوان توزیع پایه در این مقاله مدنظر قرار گرفته شده است. بدیهی است جهت دستیابی به ارزیابی‌های کاربردی‌تر و دقیق‌تر می‌توان به جای کل تسهیلات، آنها را به پرتفوی‌های مختلف تقسیم نمود و سپس بر روی هر پرتفوی ارزیابی‌های آماری و اکچوئری لازم را انجام داد.

### ۳- روش‌شناسی پژوهش

#### ۳-۱- روش حداکثر درست‌نمایی<sup>۱۵</sup>

در این پژوهش جهت شناسایی و تعیین پارامترها و بهترین توزیع که منطبق بر مشاهدات واقعی (شدت و تعدد موارد نکول) باشد، از روش حداکثر

انتزاعی تابع توزیع موارد نکول نسبت به سایر بخش‌ها بسیار محدود باشد، بنابراین اعطای وام در این بخش اقتصادی ریسک کمتری داشته و بهتر می‌توان وضعیت آینده آن را پیش‌بینی کرد.

### ۳-۲- مدل سازی ریسک اعتباری

#### ۳-۲-۱- مدل CreditRisk+

طی دهه‌های اخیر، مدل‌های متنوعی برای مدل‌سازی ریسک اعتباری منتشر شده‌اند. روش کردیت متریکس<sup>۱۷</sup> (که توسط جی. پی. مورگان بنا نهاده شد و در نتیجه آن شرکت ریسک‌متریکس<sup>۱۸</sup> پدید آمد)، براساس تحلیل تغییر رتبه اعتباری است، یعنی احتمال انتقال از یک رتبه اعتباری به رتبه دیگر (شامل نکول) در یک دوره زمانی معین که معمولاً یک سال است. این مدل توزیع احتمال ارزش (قیمت) پرتفوی وام یا اوراق قرضه در یک سال آینده را تخمین می‌زند که در آن تغییرات ارزش فقط به تغییر رتبه اعتباری بستگی دارد. در این مدل فرض می‌شود داده‌های تاریخی مربوط به تغییر رتبه هزاران اوراق قرضه، احتمال تغییر رتبه در دوره آینده را به درستی توصیف می‌کند.

تام ویلسون مدل تغییر رتبه اعتباری را توسعه داد. در مدل پیشنهادی او که کردیت پرتفولیو ویو<sup>۱۹</sup> نام دارد، احتمال نکول در یک چرخه اعتباری تغییر می‌کند و تابعی از متغیرهای کلان اقتصادی مثل بیکاری، نرخهای بهره، نرخ رشد اقتصادی، هزینه‌های دولت و نرخ ارز است. این متغیرها، عواملی هستند که تا حد زیادی بر چرخه‌های اعتباری اثر می‌گذارند. مدل ساختاری<sup>۲۰</sup> یا ادعای مشروط<sup>۲۱</sup> جایگزینی را برای مدل تغییر رتبه اعتباری در مدل‌سازی پرتفوی اعتباری ارائه می‌دهد. در این مدل، ارزش اقتصادی نکول به عنوان یک اختیار فروش روی ارزش دارایی‌های شرکت مطرح شده است.

شرکت KMV (که متخصص تحلیل ریسک اعتباری است)، یک مدل ریسک اعتباری و پایگاه داده‌ای وسیعی به منظور تعیین احتمال نکول و توزیع

درست‌نمایی استفاده شده است. در حالت کلی روش حداکثر درست‌نمایی در مورد یک مجموعه مشخص از داده‌ها عبارت است از نسبت دادن مقادیری به پارامترهای مدل که در نتیجه آن توزیعی تولید شود که بیشترین احتمال را به داده‌های مشاهده شده نسبت دهد (یعنی مقادیری از پارامتر که تابع درست‌نمایی را بیشینه کند). فرض کنید  $n$  مشاهده  $x_1, x_2, \dots, x_n$  به طور مستقل از هم و یکنواخت توزیع شده و از یک توزیع با تابع توزیع احتمال نامشخص  $f$  پیروی می‌کنند. در روش حداکثر درست‌نمایی، هدف حداکثر کردن تابع  $L(\theta)$  برحسب پارامتر  $\theta$  می‌باشد؛

$$L(\theta) = \prod_{i=1}^n f(x_i | \theta) \quad (1)$$

در رابطه فوق  $f(x_i | \theta)$  تابع چگالی مربوط به هر یک از مشاهدات می‌باشد. همان‌طور که می‌دانید به کمک برآوردهای آماری تنها می‌توان مشخص نمود که به صورت کلی احتمال نکول مثلاً در استان زنجان بیشتر یا کمتر از استان تهران است، اما این رقم و استفاده از آن در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی لزوماً باعث اخذ تصمیم بهتر نمی‌شود. بنابراین، به منظور استفاده بهتر از داده‌های موجود و رسیدن به یک مدل کامل اکچوئری می‌توان علاوه بر برآورد ارزش انتظاری احتمال نکول، ریسک تغییرات شدید در این احتمال نکول (واریانس نقاط انتهایی تعداد موارد نکول، شدت موارد نکول و درصد LGD<sup>۱۶</sup>) را برآورد نمود و هنگام اعطای وام در این مناطق به منظور برآورد سود قابل دریافت علاوه بر احتمال نکول انتظاری می‌توان گشتاورهای بالاتر آن را نیز دخالت داد و نرخ‌های دقیق‌تری به دست آورد. لازم به ذکر است که به کمک این روش می‌توان ریسک مناطق و یا بخش‌های مختلف اقتصادی را با هم مقایسه نمود، به عنوان نمونه ممکن است در یک بخش اقتصادی میانگین احتمال نکول بیشتر از سایر بخش‌ها، اما در مقابل توزیع آماری، واریانس نقاط

۶) برای تجمیع آسان زیان‌ها در یک پرتفوی، آنها را به شکل مضاربی از یک واحد مشترک زیان می‌توان بیان کرد.

۷) توزیع احتمال زیان، از توابع مولد احتمال استخراج می‌شود و اگر زیان‌ها، مقادیر گسسته را اختیار کنند، می‌توان از این توابع استفاده کرد.

۸) برای به دست آوردن توزیع احتمال زیان برای پرتفوی، از یک تخمین برای توابع مولد احتمال استفاده می‌شود که معمولاً مطابق با تخمین پواسون برای زیان یک بدهکار است.

### ۳-۲-۲- چارچوب CreditRisk+

در مدل CreditRisk+ سعی بر این است که زیان مورد انتظار وام‌ها و توزیع احتمال این زیان‌ها را با تمرکز بر محاسبه ذخایر سرمایه‌ای موردنیاز نهاد مالی برای مواجهه با این زیان‌ها در بالاتر از سطحی معین، تخمین زده شود. مدل CreditRisk+ را مدل بیمه‌ای نیز می‌نامند، زیرا مفاهیم اصلی آن از ادبیات بیمه (به ویژه بیمه آتش‌سوزی) گرفته شده است که در آن زیان متحمل شده به وسیله یک بیمه‌گر دو چیز را منعکس میکند:

۱) احتمال سوختن خانه (چیزی که بیمه‌گر آن را فراوانی حادثه می‌نامد)،

۲) ارزش خانه از بین رفته بر اثر آتش‌سوزی (چیزی که بیمه‌گر آن را شدت زیان می‌نامد).

می‌توان این مفاهیم را برای وام‌ها به کار برد، زیرا توزیع احتمال زیان در یک پرتفوی وام، ترکیب فراوانی نکول وام‌ها و شدت آنها را نشان می‌دهد. توزیع احتمال زیان نکول برای یک پرتفوی در دو مرحله استخراج می‌شود:

### الف- محاسبه فراوانی نکول و شدت زیان

**فراوانی نکول:** تاکنون فرض بر آن بود که توزیع استاندارد پواسون، توزیع تعداد نکول را تخمین می‌زند. پس انتظار می‌رود که انحراف معیار نرخ نکول تقریباً برابر با ریشه دوم میانگین نرخ متوسط نکول

زیان مربوط به ریسک نکول یا تغییر رتبه اعتباری، پدید آورده است. تفاوت مدل KMV با مدل کردیت متریکس، این است که به جای استفاده از فراوانی‌های میانگین تغییر رتبه اعتباری که توسط مؤسسات رتبه‌بندی ارائه می‌شود، از «فراوانی نکول مورد انتظار»<sup>۲۲</sup> استفاده می‌کند، این مدل براساس مدل ارزش‌داری که اولین بار توسط مرتون (1974) ارائه شده، بنا شده است.

پس از انتشار مدل کردیت متریکس، بانک سرمایه‌گذاری سوییس<sup>۲۳</sup>، مدل CreditRisk+ را در اکتبر 1997 معرفی کرد. این مدل از نظر ریاضیات به کار رفته در آن، در میان مدل‌های پرتفوی موجود، منحصر به فرد بوده و مبتنی بر علم آمار است و بر خلاف مدل‌های کردیت متریکس و KMV، فقط تغییرات نکول را در نظر گرفته و علل نکول را نادیده می‌گیرد؛ به عبارت دیگر، به جای تغییر رتبه اعتباری، فقط بر نکول تمرکز دارد. یکی از دلایل اصلی موفقیت مدل CreditRisk+ تمرکز آن بر رویداد نکول است. ویژگی‌های اصلی این مدل به شرح زیر است:

۱) علت نکول بدهکار در این مدل موضوعیت ندارد. نکول یک رویداد تصادفی است که به وسیله احتمال نکول توصیف می‌شود.

۲) احتمال نکول بدهکار یک عدد ثابت نیست، بلکه یک کمیت متغیر و تصادفی است که به وسیله یک یا چند عامل ریسک (سیستماتیک) ایجاد شده و معمولاً فرض می‌شود دارای توزیع گاما است.

۳) بین عوامل ریسک سیستماتیک و احتمال نکول رابطه خطی وجود دارد.

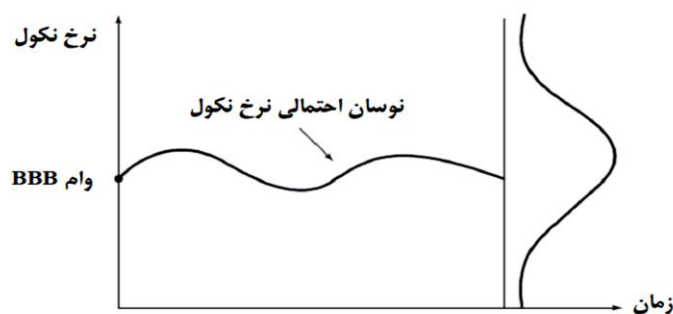
۴) نکول بدهکاران، مستقل از هم است.

۵) همبستگی بین بدهکاران آشکار نیست، بلکه تنها به طور ضمنی به خاطر عوامل ریسک مشترکی که به وجود آورنده احتمال نکول هستند، ایجاد می‌شود.

دسته با یک عدد واحد تخمین زده میشود. برخلاف کردیت‌متریکس که فرض می‌کند احتمال نکول وام در دوره بعدی ثابت است، در ساده‌ترین شکل CreditRisk+ فرض می‌شود که؛ (۱) احتمال نکول هر وام منفرد، در پرتفویی از وام‌ها تصادفی است.

(۲) همبستگی بین نکول هر دو وام دلخواه صفر است. (به عبارت دیگر، احتمال نکول وام‌های منفرد مستقل از هم است.) در نتیجه این مدل برای تجزیه و تحلیل ریسک نکول در پرتفوی‌هایی بزرگ متشکل از وام‌های خرد مناسب است نه پرتفویی که از تعداد کمی وام کلان تشکیل شده است.

مفروضات مدل درباره احتمال (فراوانی) نکول در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۱- فراوانی نکول یک وام در CreditRisk+

شرکت مربوط نیست و هیچ فرضی درباره علل نکول وجود ندارد. همچنین در این مدل فرض می‌شود که: (۱) برای یک وام، احتمال نکول در یک دوره معین، مثلاً یک ماه، به اندازه احتمال نکول در سایر ماه‌ها است.

(۲) تعداد نکول‌هایی که در هر دوره معین رخ می‌دهد، مستقل از تعداد نکول‌هایی است که در دوره دیگر روی می‌دهد.

$(\sqrt{\mu})$  باشد. در واقعیت انتظار می‌رود که نرخ متوسط نکول طی زمان، متناسب با چرخه تجاری تغییر کند (نرخ متوسط نکول، متغیری تصادفی با میانگین  $\mu$  و انحراف معیار  $\sigma_{\mu}$  است). فرض تصادفی بودن نرخ نکول توزیع آن را چوله‌تر و دنباله سمت راست آن را حجیم‌تر می‌کند.

شدت زیان: در صورت نکول یک بدهکار، زیان طرف مقابل برابر است با مبلغ بدهی (مقدار اکسپوژر او، یعنی ارزش بازار، اگر مثبت باشد و صفر، چنانچه منفی باشد) منهای مقدار بازگشت.

### ب- استخراج توزیع احتمال زیان نکول برای پرتفوی

برای استخراج توزیع احتمال زیان نکول برای یک پرتفوی به خوبی متنوع سازی شده، زیان‌ها به دسته‌هایی تقسیم می‌شوند که سطح اکسپوژر در هر

وقتی احتمال نکول وام‌های منفرد، کوچک بوده و این احتمال‌ها مستقل باشند، توزیع فراوانی نرخ نکول را می‌توان به وسیله توزیع پواسون مدلسازی کرد. مدل CreditRisk+ از علم آمار برای استخراج توزیع احتمال زیان پرتفویی از اوراق قرضه یا وام استفاده می‌کند. تنها ریسک نکول مدلسازی می‌شود، نه ریسک کاهش رتبه اعتباری. برخلاف مدل KMV، در این مدل ریسک نکول به ساختار سرمایه



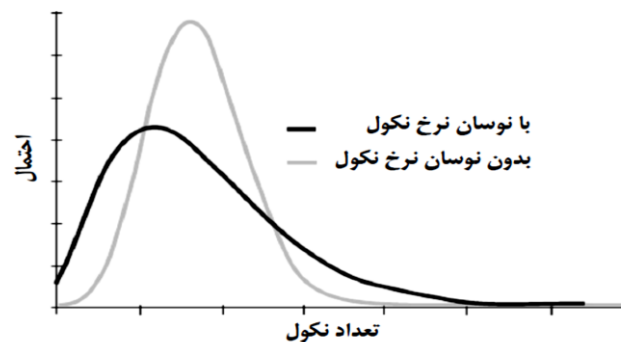
نکول‌ها، یک متغیر تصادفی با میانگین  $\lambda$  و انحراف معیار  $\lambda$  است.

مدل CreditRisk+ برای واقعی‌تر شدن مدل فرض می‌کند که نرخ نکول تغییر می‌کند و بر همین اساس مفهوم "نوسان نرخ نکول" را برای بدهکار مطرح می‌کند. چون این امر بر وجود یک توزیع برای نرخ نکول دلالت می‌کند، فرض می‌شود که نرخ متوسط نکول دارای توزیع احتمال گاما است. شکل ۲ اثر ورود نوسان نرخ نکول را به عنوان یک پارامتر بر تعداد نکول و اثر آن را بر توزیع احتمال زیان نشان می‌دهد. توجه کنید که لحاظ نوسان نرخ نکول، موجب طولانی‌تر شدن دنباله توزیع احتمال زیان می‌گردد.

۳) زیان‌های نکول همبستگی دارند. این امر دلالت می‌کند که توزیع احتمال زیان دنباله‌ای طولانی دارد. در این شرایط، توزیع احتمال برای تعداد نکول در یک دوره زمانی معین (مثلاً یک سال) به وسیله توزیع پواسون به خوبی نشان داده می‌شود:

$$P(\text{نکول}) = P(n) = \frac{\lambda^n e^{-\lambda}}{n!}$$

$\lambda$  میانگین تعداد نکول در هر سال است. توزیع پواسون علاوه بر احتمال نکول یک بدهکار منفرد، تعداد نکول سالانه در پرتفوی را نیز در نظر می‌گیرد. این توزیع تنها دارای یک پارامتر تعداد نکول مورد انتظار می‌باشد. شایان ذکر است که تعداد اکسپوژر در فرمول وارد نمی‌شود و لازم نیست که بدهکاران احتمال نکول یکسان داشته باشند. تعداد سالانه



شکل ۲- اثر نوسان نرخ نکول بر تعداد نکول

رابطه‌ای با ریسک بازار ندارد. همچنین مدل CreditRisk+ «ریسک تغییر رتبه» را نادیده می‌گیرد، یعنی اکسپوژر هر بدهکار ثابت بوده و نسبت به تغییرات احتمالی کیفیت اعتباری بدهکار یا تغییر نرخ‌های بهره در آینده، حساس نمی‌باشد. حتی در اشکال کلی‌تر مدل که احتمال نکول به تعدادی عوامل زمینه‌ای بستگی دارد، اکسپوژرهای اعتباری را ثابت و غیر مرتبط با این عوامل در نظر می‌گیرند. از این رو این مدل نیز همانند مدل‌های KMV و کردیت متریکس نمی‌تواند به خوبی از عهده برآورد ریسک

مدل CreditRisk+ این مزیت را دارد که اجرای آن نسبتاً آسان است. عبارات مربوط به احتمال‌های زیان پرتفوی به راحتی استخراج می‌شود و سهم نهایی بدهکار در ریسک نیز به سادگی محاسبه می‌گردد. به علاوه این مدل، فقط روی نکول متمرکز می‌شود و بنابراین به محاسبات و ورودی‌های نسبتاً کمی نیاز دارد و برای هر ابزار مالی تنها، احتمال نکول و مقدار اکسپوژر لازم است. محدودیت اصلی این مدل نیز همانند محدودیت مدل‌های KMV و کردیت متریکس است؛ یعنی فرض می‌کند ریسک اعتباری

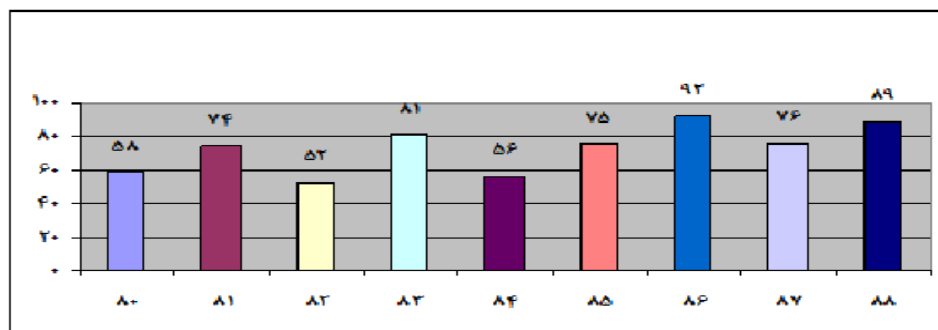
اعتباری ابزارهای مالی غیرخطی نظیر اختیار معامله و سوآپ ارز خارجی برآید.

#### ۴-۱- داده‌ها

در این پژوهش، از داده‌های مربوط به نکول بانک موجود در اداره ریسک بانک رفاه و نیز داده‌های مربوط به تجهیز و تخصیص منابع طی سالهای مختلف موجود در اداره آمار بانک رفاه استفاده شده است. به این صورت که ابتدا داده‌های مربوط به نکول رخ داده در مورد وام‌ها و تسهیلات اعطا شده طی سال‌های ۸۰ تا ۸۸ مورد بررسی قرار گرفته است.<sup>۲۴</sup> لازم به ذکر است داده‌ها براساس تاریخ ثبت حسابداری تسهیلات در قالب مطالبات مشکوک‌الوصول مورد بررسی قرار نگرفته‌اند، بلکه براساس تاریخ اعطای تسهیلات در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته‌اند، چرا که به این ترتیب جنبه تصادفی بودن حفظ می‌گردد. همچنین داده‌های ذیل مربوط به تعداد مطلق و واقعی موارد نکول رخ داده در سال‌های مختلف می‌باشد که با تغییر مقیاس عملاً کوچکتر از مقدار واقعی خود نشان داده شده‌اند که این اقدام جهت حفظ جنبه محرمانگی اطلاعات و نیز سهولت ارائه در این پژوهش انجام شده است. پیش از برآزش داده‌ها و یافتن توزیع مناسب، باید ویژگی‌های آماری توزیع داده‌های فوق را بررسی کرد. بدین منظور ویژگی‌های آماری داده‌های مربوط به موارد نکول در ذیل آورده شده است.

#### ۴- نتایج پژوهش (تحلیل تجربی)

تنوع و گستردگی تسهیلات اعطایی بانک‌ها (مطالعه موردی: بانک رفاه) امکان بهره‌گیری از توزیع‌های اکچوئری نظیر توزیع پواسون را در مدل‌سازی احتمال نکول آن‌ها فراهم می‌نماید. در واقع تعدد و تنوع تسهیلات اعطا شده در بانک‌های مختلف دولتی و خصوصی که فقط در مورد بانک رفاه که به نسبت بانک بزرگی محسوب نمی‌شود، به صدها هزار فقره تسهیلات در سال‌های مختلف و در حوزه‌های مختلف اقتصادی بالغ می‌گردد، قابل استفاده بودن روش‌های اکچوئری و احتمالات را (که مبتنی بر استقلال داده‌ها و قانون اعداد بزرگ هستند) در ارزیابی رفتار نکول تسهیلات در شبکه بانکی تقویت می‌نماید. لذا در این پژوهش بر مبنای فرضیه ارائه شده در فوق و با استفاده از داده‌های مربوط به تسهیلات اعتباری نکول شده (تسهیلات اعتباری که به سرفصل مطالبات مشکوک‌الوصول منتقل شده‌اند) بانک رفاه، سعی در برآزش توزیع داده‌های نکول سال‌های مختلف بر روی یکی از بنیادی‌ترین توابع اکچوئری که پایه و بنیاد روش‌شناسی CreditRisk+ را در ارزیابی ریسک اعتباری بانک‌ها دارد، خواهیم داشت.



شکل ۳- تعداد مطالبات مشکوک الوصول (تعداد موارد نکول)

## جدول ۱- ویژگی‌های آماری داده‌های مربوط به

## موارد نکول

میانگین	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی	حداکثر موارد نکول در سطح اطمینان ۹۹ درصد
۷۲	۳٫۸	-۰٫۲۱	-۱٫۳	۸۰٫۸۵

مورد استفاده قرار گرفته است، اولین و ساده‌ترین روش‌ها توزیع بینم و استفاده از متغیرهای برنولی است؛ چرا که هر یک از تسهیلات مورد بررسی با یک احتمال دو حالتی نکول یا عدم نکول تعریف می‌گردند. بنابراین با توجه به این که اندازه جامعه و تعداد موارد نکول از عدد ۱۰ بیشتر است، توزیع پواسون به جای توزیع بینم پیشنهاد می‌گردد.<sup>۲۷</sup> البته لازم به ذکر است، پیشنهاد یک یا چند توزیع صرفاً برای مشخص‌تر نمودن گام‌های بعدی تحقیق صورت گرفته است و در ادامه از روش‌های فنی، جهت برآورد پارامترهای توزیع مربوطه و همچنین آزمون‌های نیکویی برازش جهت ارزیابی کارایی توزیع انتخاب شده، استفاده شده است.

## گام اول: برآورد پارامتر تابع پواسون

همان‌طور که می‌دانید نمایش ریاضی تابع پواسون به صورت زیر بوده که در آن  $\theta$  پارامتر توزیع و مشخص‌کننده شکل آن است؛

$$p(k) = p(k; \theta) = \frac{\theta^k}{k!} e^{-\theta}, \quad k = 0, 1, 2, \dots \quad (2)$$

ساده‌ترین روش برای برآورد مقدار پارامتر  $\theta$ ، روش MLE<sup>۲۸</sup> می‌باشد. (آلدریچ، ۱۹۹۷) لازم به ذکر است که در صورت افزایش اندازه نمونه‌ها و گرایش آن به سمت بی‌نهایت، روش MLE تقریب‌زننده بهینه توزیع واقعی داده‌ها خواهد بود. (اندرسن، ۱۹۷۰) بدون نیاز به انجام هر گونه محاسبه‌ای، عدد  $\theta$  برای توزیع پواسون داده‌های تعداد موارد نکول برابر با میانگین حسابی تعداد نکول‌های رخ داده طی سال‌های گذشته می‌باشد. ( $\theta = 72$ )

## گام دوم: آزمون نیکویی برازش و صحه‌گذاری بر درستی تابع پیشنهادی

در این پژوهش سعی شده است تا با استفاده از تعداد موارد نکول در سال‌های مختلف، توزیعی

از میانگین (گشتاور اول) و انحراف معیار (گشتاور دوم) به دست آمده به کمک روش گشتاورها<sup>۲۵</sup> می‌توان به عنوان ساده‌ترین روش جهت ارزیابی و پیش‌بینی شدت وقوع ریسک استفاده کرد.<sup>۲۶</sup> مهم‌ترین فاکتور جهت استفاده دقیق از میانگین و انحراف معیار جهت مدل‌سازی ریسک، صادق بودن قانون اعداد بزرگ و همچنین برقراری فرض نرمال بودن توزیع در میان داده‌ها است. با توجه به آن که در این پژوهش تنها داده‌های نکول مربوط به ۹ سال مورد استفاده واقع شده است، لکن تعداد تسهیلات اعطا شده و موارد نکول مربوط به آن‌ها در این سال‌ها در حد بالایی بوده که می‌توان قانون اعداد بزرگ را تا حد زیادی در مورد آنها صادق دانست. همچنین برآوردهای فوق بیانگر آن هستند که توزیع داده‌های فوق یک توزیع نرمال استاندارد نمی‌باشد. حال در قسمت بعد نحوه به دست آوردن توزیع آماری مناسب برای داده‌های فوق با استفاده از مدل‌های اکچوئری ارائه گردیده است.

## ۴-۲- برازش داده‌ها و به دست آوردن توزیع آماری مناسب

در حوزه دانش اکچوئری توزیع‌های آماری بیشماری وجود دارد، که از ترکیب و تغییر آنها مجدداً توزیع‌های آماری متنوع‌تری حاصل می‌شود. اما با این حال در این حوزه همواره توصیه‌هایی در مورد برازش داده‌ها و انتخاب مناسب‌ترین توزیع جهت ارزیابی داده‌های واقعی وجود دارد. با توجه به اینکه در پژوهش حاضر داده‌های مربوط به تعداد نکول در یک پرتفوی از تسهیلات متعدد اعتباری

اطمینان ۹۹ درصد (  $1-\alpha$  ) درصد) توزیع پواسون تقریب زنده خوبی برای توزیع موارد نکول در بانک رفاه می‌باشد.

#### ۳-۴- معرفی و بکارگیری آزمون‌های آماری گسترده‌تر

پیش‌تر و با استفاده از آزمون مربع کای مشخص گردید که توزیع پواسون، توزیع مناسبی برای تقریب و پیش‌بینی موارد نکول در بانک رفاه است. حال به منظور بررسی آن که "آیا یک توزیع پواسون ساده برای این امر کفایت کرده و یا به توزیع‌های پواسون پیچیده و با پارامتر غیر ثابت نیاز است یا خیر؟" به معرفی یک آزمون آماری پیچیده‌تر پرداخته خواهد شد. این آزمون نیز که تحت عنوان دویانس<sup>۲۹</sup> شناخته می‌شود، از مقادیر بحرانی تابع مربع کای برای بررسی فرضیه صفر و مقابل خود استفاده می‌کند؛

H0: تابع پواسون با پارامتر ثابت تقریب زنده تابع توزیع داده‌ها است.

H1: برای تقریب توزیع واقعی به کلاسهای پیچیده‌تر تابع پواسون نیاز است.

به منظور محاسبه دویانس از رابطه (۴) استفاده می‌شود؛

$$DEV = 2 \sum_{i=1}^k n_i (\ln(\mu_i^*) - \ln(\mu^*)) = 2 \sum_{i=1}^k n_i (\ln(n_i) - \ln(\bar{n})) \quad (4)$$

در صورتی که  $DEV > \chi_{\alpha, (k-1)}^2$  برقرار باشد، دلیلی برای پذیرش فرض صفر و امکان استفاده از مدل ساده پواسون با پارامتر ساده وجود نخواهد داشت. لازم به ذکر است آزمون دویانس در مورد سایر انواع توزیع‌های آماری نیز کاربرد دارد. (نلدر، ۱۹۷۲؛ رایچلیک، ۲۰۰۶) با توجه به آن که  $\chi_{0.99, 9}^2 = 21.6$  بوده و دویانس داده‌های مورد بررسی

ریاضی برای برآورد و پیش‌بینی موارد نکول در سال‌های آتی به دست آید. بنابراین در آزمون نیکویی برازش، هدف، پاسخگویی به سوال زیر می‌باشد؛ " آیا تعداد سال‌هایی که میزان نکول آن‌ها برابر با بازه‌های مقداری مختلف می‌باشد، با پیش‌بینی تابع شناسایی شده توسط مدل انطباق دارد یا خیر؟" سپس به کمک آزمون مربع کای دقت توزیع برآورد شده مورد بررسی قرار خواهد گرفت؛

$$Q = \sum_{i=1}^r \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i} \quad (3)$$

در رابطه فوق،  $n_i$  تعداد واقعی رخدادها در هر نمونه  $(i=1, 2, \dots, r)$ ،  $p_i$  احتمال برآورد شده توسط تابع پواسون بدست آمده به کمک روش حداکثر درست‌نمایی و  $n$  تعداد کل سال‌هایی است که در برآورد توزیع مناسب برای داده‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. اگر  $Q > \chi_{\alpha}^2(f)$  باشد، دلیلی برای پذیرش فرض صفر مبنی بر مناسب بودن تابع پواسون پیشنهادی وجود نخواهد داشت. همان‌طور که در نمودار پیشین مشاهده شد، داده‌های مربوط به موارد نکول بانک رفاه به قرار جدول زیر می‌باشند؛

جدول ۲- داده‌های مربوط به موارد نکول بانک رفاه

موارد نکول	تعداد سال‌ها	
	واقعی	برآورد شده
(۰,۶۲]	۳	۱,۱۷
(۶۲,۷۲]	۰	۳,۶
(۷۲,۸۲]	۴	۳,۲۳
(۸۲, +∞)	۲	۰,۹

به منظور بررسی تطابق تعداد سال‌های به دست آمده در بازه‌های مختلف موارد نکول با تعداد واقعی آن‌ها از آزمون مربع کای کمک گرفته شده است. با توجه به اینکه  $\chi_{0.01, 3}^2 = 11.34$  و  $Q = 7.99$  می‌باشد، بنابراین نتیجه می‌شود که در سطح

نمود. در ذیل میزان تسهیلات اعطایی بانک رفاه طی سال‌های مختلف ارائه می‌گردد؛

**جدول ۳- میزان تسهیلات اعطایی بانک رفاه طی سال‌های مختلف**

سال	میزان تسهیلات اعطایی (میلیارد ریال)
۱۳۷۷	۲۷۷۰
۱۳۷۸	۵۱۴۵
۱۳۷۹	۶۵۱۳
۱۳۸۰	۱۱۰۱۰
۱۳۸۱	۱۳۴۰۸
۱۳۸۲	۱۸۴۱۲
۱۳۸۳	۲۹۴۴۱
۱۳۸۴	۳۳۳۱۴
۱۳۸۵	۳۸۶۵۵
۱۳۸۶	۴۵۱۵۶
۱۳۸۷	۵۰۰۴۰
۱۳۸۸	۵۶۱۰۹

پس از انجام تعدیلات لازم و با توجه به داده‌های در دسترس نمودار ذیل به دست خواهد آمد؛<sup>۳۰</sup>

همان‌طور که مشاهده می‌شود داده‌های مربوط به سال‌های ۷۹ تا ۸۳ عملاً غیرعادی بوده و با داده‌های سال‌های قبل و بعد از خود از لحاظ نوع توزیع هم‌خوانی ندارند. لازم به ذکر است که علاوه بر ملاحظات آماری، گفته مدیران بانک مبنی بر بروز تغییرات بنیادین در بانک طی سال‌های موردنظر، در حذف این داده‌ها از محاسبات تأثیرگذار بوده است. کاملاً مشخص است در صورت استفاده از داده‌های فوق عملاً هیچ توزیع معناداری برای داده‌ها به دست نخواهد آمد، لذا این داده‌های نامربوط<sup>۳۱</sup> حذف و برآزش توزیع پواسون و انجام آزمون نیکویی برآزش و همچنین آزمون دوپانس بر روی سایر داده‌ها انجام

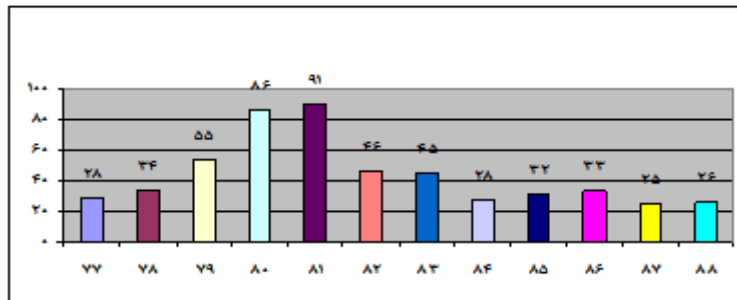
$DEV = ۳۳.۲۳$  می‌باشد، پس فرض صفر مورد پذیرش قرار نگرفته و باید از توزیع پواسون با پارامتر غیرثابت برای تقریب توزیع موارد نکول استفاده کرد، بنابراین هر چند براساس آزمون نیکویی برآزش انجام شده در قسمت قبل تابع پواسون با پارامتر  $(\theta = ۷۲)$  می‌تواند تقریب‌زننده توزیع تعداد موارد نکول باشد، اما آزمون مکمل دوپانس نشان می‌دهد که نباید از توزیع پواسون ساده استفاده نمود. البته این موضوع قابل پیش‌بینی بود، چرا که بر روی داده‌های مورد استفاده در فوق هیچ‌گونه تعدیلی در ارتباط با رشد تسهیلات اعطا شده توسط بانک (که خود عامل تغییر در تعداد موارد نکول است) انجام نشده بود.

#### ۴-۳-۱- تعدیل موارد نکول بر حسب حجم تسهیلات اعطایی

در قسمت پیشین با وجود آن که تغییر در حجم تسهیلات اعطایی بانک رفاه طی سال‌های مختلف مدنظر قرار نگرفته بود، لکن یک توزیع پواسون رضایت‌بخش به دست آمد، اما در این قسمت به صورت واقع‌بینانه‌تری محاسبات انجام می‌گیرد. واقعیت آن است که در طی سال‌های اخیر بانک رفاه رشد سریعی داشته و حجم تسهیلات اعطایی توسط آن به شدت رشد نموده است، لذا از این شاخص به منظور تعدیل داده‌های مربوط به موارد نکول استفاده می‌شود (لازم به ذکر است برای تعدیل دقیق، لازم است که تعداد تسهیلات اعطا شده در سال‌های مختلف و رشد آنها مدنظر قرار گیرد که به علت عدم وجود داده‌های مربوط به تعداد تسهیلات اعطا شده در بخش‌های مختلف اقتصادی، به جای آن از آمار مربوط به رشد ریالی تسهیلات اعطایی استفاده شده است). همچنین در این حالت داده‌های مربوط به تعدادی از سال‌های پیش از سال ۸۰ نیز در نظر گرفته شده، که در قسمت قبل به دلیل تفاوت قابل توجه این داده‌ها و تغییرات رخ داده در این بازه از لحاظ گسترش عملکرد و فعالیت بانک، قابل استفاده

پارامتر ساده (پارامتر ثابت) می‌توان استفاده نمود. در صورتی که در محاسبه دویانس برای کل داده‌ها (شامل داده‌های مربوط به سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۳) عدد غیرقابل قبول ۱۱۷ به دست می‌آید.

خواهد گرفت. با حذف داده‌های مربوط به سال‌های ۷۹ تا ۸۳ مقدار دویانس برابر با ۹,۳۵ گردیده، در حالی که  $\chi^2_{0.99,6} = 17$  می‌باشد، لذا نتیجه می‌گیریم که برای مدل‌سازی موارد نکول از توزیع پواسون با



شکل ۴ - تعداد مطالبات مشکوک الوصول (موارد نکول) تعدیل شده

برازش انجام شده در این پژوهش، کاملاً واضح است که با تعدیل داده‌های مربوط به موارد نکول بر مبنای حجم واقعی تسهیلات اعطایی در سال‌های مختلف، توزیع موارد نکول را با دقت بالاتری از طریق تابع پواسون می‌توان مدل نمود.

#### ۴-۳-۲- شناسایی و محاسبه توزیع پواسون متناسب

ابتدا با استفاده از داده‌های فوق گشتاورهای چهارگانه اول مورد محاسبه قرار می‌گیرند؛

#### جدول ۴ - گشتاورهای چهارگانه داده‌های مربوط به موارد نکول

گشتاور اول	میانگین	۲۹,۴
گشتاور دوم	واریانس	۳,۵۸
گشتاور سوم	چولگی	۰,۰۷
گشتاور چهارم	کشیدگی	-۱,۹

#### جدول ۵ - داده‌های تعدیل شده مربوط به موارد نکول بانک رفاه

موارد نکول	تعداد سال‌ها	
	واقعی	برآورد شده
(۰,۲۴]	۰	۱,۴۳
(۲۴,۲۸]	۲	۱,۹
(۲۸,۳۲]	۲	۱,۹
(۳۲,+∞)	۳	۱,۷۴

#### ۵- نتیجه‌گیری و بحث

ریسک اعتباری مهم‌ترین نوع ریسکی است که سیستم بانکی با آن مواجه بوده و عمده تمرکز بانکداران بر راه‌های اندازه‌گیری، کنترل و پوشش این نوع ریسک است. بانکداران معمولاً از طریق ارزیابی تک به تک تقاضاهای دریافت تسهیلات سعی می‌کنند، این ریسک را کنترل کنند، اما علاوه بر این

سپس با استفاده از روش MLE پارامتر توزیع پواسون مناسب برای توزیع داده‌های نکول سال‌های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۸ (به استثنای سال‌های ۷۹ تا ۸۳) محاسبه گردیده که برابر با ۲۹,۴ به دست خواهد آمد. پس از آن به منظور انجام آزمون نیکویی برازش و صحه‌گذاری بر توزیع برآورد شده، با طبقه‌بندی داده‌ها به بازه‌های مختلف، به بررسی آن‌ها پرداخته شده است.

با توجه به جدول فوق و مقادیر  $\chi^2_{0.1,2} = 11.34$  و  $Q = 2.345$  و مقایسه مقدار دو آزمون نیکویی

روش، یکی از راه‌های ارزیابی و اندازه‌گیری ریسک اعتباری بانک‌ها و استفاده از آن در جهت عارضه‌یابی سیستم‌های اعتباردهی در مناطق مختلف جغرافیایی یا بخش‌های مختلف اقتصادی، استفاده از مدل‌های اکچوئری است، این مدل‌ها در سطح سید وسیع و متنوعی از وام‌ها و تسهیلات اعتباری قابل پیاده‌سازی هستند، و خروجی و نتایج آنها علاوه بر اینکه در راستای هدف فوق قابل استفاده است، از آن در بحث بیمه وام (بیمه پورته‌ی‌های وام و تسهیلات) و طراحی مشتقات اعتباری می‌توان استفاده نمود. علاوه بر این، امروزه با افزایش تعداد بانک‌ها در ایران و افزایش سطح رقابت میان آنان، ضرورت به کارگیری ابزارهای فنی‌تر (نظیر دانش اکچوئری) در مدل‌سازی ریسک‌های اعتباری و توسعه ابزارهای مالی جدید (مشتقات اعتباری یا همان بیمه وام) جهت کمک به بازتوزیع ریسک و افزایش توان بانک‌ها در اعتباردهی امری است که بیش از گذشته (که تعداد بانک‌ها محدود و همگی نیز دولتی بودند) احساس می‌شود، بخصوص اگر شرایط برای حضور بانک‌های خارجی در کشور نیز فراهم گردد.

یکی از این روش‌های مبتنی بر دانش اکچوئری که در ایران کمتر مورد استفاده قرار گرفته روش CreditRisk+ می‌باشد. در این پژوهش نیز سعی شد در حد محدود و به ساده‌ترین شکل ممکن از این مدل‌ها استفاده شود، هر چند مدل‌های ساده، گاه مورد توجه بانک‌های بزرگ که در سطح وسیع اقدام به اعطای تسهیلات متفاوت و به مشتریان مختلف می‌کنند، قرار نمی‌گیرد اما واقعیت‌های علمی و تجربی نشان می‌دهد که گاهی مدل‌های بسیار ساده نیز به همان موفقیت مدل‌های پیچیده عمل می‌کنند. در این پژوهش نیز از مدل‌های اکچوئری ساده بر مبنای رویکرد فوق استفاده شده و به مدل‌سازی رخدادهای نکول تسهیلات اعتباری بانک رفاه پرداخته شده است. در این راستا با هدف امکان‌سنجی استفاده از روش CreditRisk+ در حوزه ارزیابی ریسک اعتباری بانک‌ها، ابتدا با استفاده از

داده‌های مربوط به تعداد موارد نکول طی سال‌های مختلف و روش‌های آماری ابتدایی نظیر میانگین و انحراف معیار موارد نکول، ریسک نکول پرتفوی اعتباری بانک به صورت کلاسیک برآورد شده است. در مرحله بعد با استفاده از روش‌های پیشرفته‌تر بر پایه مدل‌سازی اکچوئری میانگین و انحراف معیار و همچنین نوع توزیع به صورت دقیق‌تری برآورد شده است. نتایج به دست آمده نشان‌دهنده آن است که می‌توان با موفقیت در بانک‌های ایرانی از توابع اکچوئری برای مدل‌سازی ریسک اعتباری و پیش‌بینی و تحلیل موارد نکول استفاده نمود. قطعاً با این توابع بسیار دقیق‌تر از حالتی که فرض می‌گردد موارد نکول از توزیع نرمال پیروی می‌کنند و یا استفاده از روش گشتاورها، می‌توان به پیش‌بینی تعداد موارد نکول برای سال‌های آتی و برآورد ریسک‌های مربوطه (از طریق دانستن انحراف معیار تعداد موارد نکول) اقدام نمود. با توجه به نتایج فوق و با توجه به یکی از ویژگی‌های بنیادین توزیع پواسون که در خلال پژوهش نیز بدان اشاره شد (در توزیع پواسون، هر زیرمجموعه‌ای از داده‌ها نیز دارای توزیع پواسون خواهد بود) می‌توان بر روی بخش‌های مختلف تسهیلات اعطایی بانک رفاه (با طبقه‌بندی آنها به روش‌های گوناگون، نظیر نوع و یا اندازه و یا استان محل اعطای تسهیلات و...) نیز تحلیل‌های فوق را انجام داد و به اندازه‌گیری دقیق ریسک اعتباری در حوزه‌های مختلف فعالیت بانک پرداخت؛ به خصوص زمانی که هدف تصمیم‌گیری در مورد خروج از برخی حوزه‌ها و یا تمرکز بیشتر بر روی برخی حوزه‌ها (به دلیل پایین بودن میزان ریسک آنها) باشد.

#### ۶- فهرست منابع

\* اصغری، مجید؛ خوانساری، رسول؛ سیاهکار زاده، محمدسجاد، ۱۳۸۶، بررسی مدل‌های پرتفوی ریسک اعتباری و زیرساخت‌های لازم برای به

- Applied Social Science (ICASS 2014), Information Engineering Research Institute, Advances in Education Research, 51, 557-562.
- \* Rychlik, I., Rydén, J., 2006. "Probability and Risk Analysis", 1<sup>st</sup> Edition, Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- \* Nelder, J.A., Wedderburn, R.W.M., 1972. "Generalized Linear Models", Journal of the Royal Statistical Society, Series a (General) 135 (3): 370-384.
- \* Philippe J., 2010, Financial Risk Manager Handbook + Test Bank: FRM Part I Part II (Wiley Finance), 6th Edition, GARP (Global Association of Risk Professionals).
- \* Saunders, A., Allen, L., 2002. "Credit Risk Measurement: New Approaches to Value at Risk and Other Paradigms". Wiley, New York (2<sup>nd</sup> edition).
- \* Vandendorpe, A., Ho, N.D., Vanduffel, S., Dooren, P.V., 2008, "On the parameterization of the CreditRisk+ model for estimating credit portfolio risk", insurance: Mathematics and Economics 42, 736-745.
- \* Wilson, T., 1997, "CreditRisk+: A credit risk management framework", Credit Suisse Financial Products.
- کارگیری آن ها در صنعت بانکداری، نخستین کنگره بین المللی مدیریت ریسک، تهران.
- \* وکیلی، معصومه؛ فرهی کیا، مهران؛ محمدزاده منفرد، مهدی؛ وکیلی، محمود، ۱۳۹۱، بررسی بومی سازی مدل CreditRisk+ در برآورد توزیع زیان اعتباری و محاسبات سهم از ریسک، سومین کنفرانس ریاضیات مالی و کاربردها، سمنان، دانشگاه سمنان.
- \* Aldrich, J., 1997, "R. A. Fisher and the making of maximum likelihood 1912-1922". Statistical Science, 12 (3): 162-176.
- \* Andersen, E.B., 1970. "Asymptotic Properties of Conditional Maximum Likelihood Estimators", Journal of the Royal Statistical Society, B 32, 283-301.
- \* Bod'a, M., 2014. "Value at risk model based on the Johnson transformation". Proceedings of 6th International Scientific Conference on Managing and Modelling of Financial Risks, Ostrava Czech Republic, 53-63.
- \* Elif Onmus-Baykal, 2010, "A Literature Review of Credit Risk Modeling", Georgetown University.
- \* Fitzpatrick, P., 1932. A Comparison of Ratios of Successful Industrial Enterprises with Those of Failed Firms. Certif. Public Accountant 1 (1), 598-605.
- \* Gordy, M.B., 2002, "Saddlepoint approximation of CreditRisk+", Journal of Banking & Finance 26, 1335-1353.
- \* Gundlach, M., Lehrbass, F., 2004, "CreditRisk+ in the Banking Industry", Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH.
- \* Klieštík, T., Lyakin, A. N., & Valášková, K., 2014. "Stochastic Calculus and Modelling in Economics and Finance". 2nd International Conference on Economics and Social Science (ICESS), Shenzhen, Jul 29-30, 2014, Advances in Education Research, 61, 161-167.
- \* Kollára, B., Gondžárováb, B., 2015, "Comparison of Current Credit Risk Models", 2nd GLOBAL CONFERENCE on BUSINESS, ECONOMICS, MANAGEMENT and TOURISM, Prague, Czech Republic, 341 - 347.
- \* Mišanková, M., & Kočišová, K., 2014. "Theoretical Framework of Merton's Model". 4th International Conference on

#### یادداشت‌ها

1. Actuary
2. Credit Derivate
3. Relationship Banking
4. Credit Default Swap
5. Total Return Swap
6. Credit Spread Forward
7. Collateralized Debt Obligation
8. Credit Events
9. Mark to Market
10. Default Mode
11. Discriminant Analysis Models
12. Maximum Likelihood Method
13. Credit VaR
14. CreditMetrics
15. Maximum likelihood estimation
16. Loss given default
17. CreditMetrics
18. RiskMetrics
19. Credit Portfolio View
20. Structural model
21. Contingent claim
22. Expected default frequency
23. Credit Suisse Financial Products (CSFP)

<sup>۲۴</sup> هر چند داده‌های مربوط به سال‌های ۸۹، ۹۰، ۹۱ نیز موجود است، لکن با توجه به این که این داده‌ها به زمان حال نزدیکتر بوده طبیعتاً بسیاری از موارد بالقوه نکول (بویژه در مورد تسهیلات بلندمدت) در این سال‌ها هنوز اتفاق نیافتاده و هر چه به سمت گذشته حرکت کنیم پایداری داده‌ها بیشتر





شده و احتمال اینکه در سال‌های آتی تعداد موارد نکول مربوط به یک سال خاص در گذشته تغییر کند (بیشتر شود) کاهش می‌یابد.

#### <sup>25</sup>. Method of Moments

<sup>26</sup> در روش گشتاورها در یک حالت آن سعی می‌شود گشتاورهای اول (میانگین)، دوم (واریانس)، سوم (کشیدگی) و الی آخر برآورد شده و از این طریق بدون شناسایی مدل و تابع واقعی توزیع موارد نکول، اقدام به تحلیل و تفسیر شکل توزیع و پیش‌بینی اتفاقات آتی نمود.

<sup>27</sup> با بالا رفتن تعداد مشاهدات توزیع پواسون تقریب مناسبی برای توزیع بینم است.

#### <sup>28</sup>. Maximum likelihood estimation

#### <sup>29</sup>. Deviance

<sup>30</sup> لازم به ذکر است که علاوه بر تعدیل داده‌ها بر اساس میزان تسهیلات اعطایی در سال‌های مختلف، جهت محرمانه نگه‌داشتن هر چه بیشتر داده‌های بانک رفاه، یک تغییر مقیاس کلی نیز در ارائه داده‌ها ایجاد شده که باعث می‌گردد که مقایسه پذیری ساده آن با قسمت قبلی مقاله نیز کاهش یابد.

#### <sup>31</sup>. Outliers

---

## Credit Risk Modeling of Bank's Credit Portfolio (Case Study: Refah Bank)

Mohammad Saeed Haidary<sup>1</sup>  
Seyed Babak Ebrahimi<sup>2</sup>  
Negin Mohebbi<sup>3</sup>

Receipt: 2015 / 10 / 30

Acceptance: 2016 / 1 / 10

### Abstract

In this paper, with the aim of examining the feasibility of CreditRisk+ methodology on the evaluation of bank's credit risk, we try to estimate the risk of Refah Bank's credit portfolio. For this purpose, we use existing data on the number of default (default here means the transfer of the facilities granted to the headlines of bad debts) and carry out some statistical calculations. In this attempt to achieve a clear vision about credit risk assessment, we use data on the number of default in different years and also elementary statistical methods such as mean and standard deviation of default for classical estimation of default risk of bank's credit portfolio. Then by using advanced methods based on actuarial modeling, mean, standard deviation and also the type of distribution is estimated precisely.

**Keywords:** Credit Risk, Actuary, Credit Derivate, Credit Risk+ Model, Doubtful Accounts.

---

1- PhD student faculty of management and accounting Allameh Tabataba'i University saeedhaidary@gmail.com  
2- Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, K.N.Toosi University of Technology, Tehran, Iran. (Corresponding Author) b\_brahim@kntu.ac.ir  
3- MSc Student, Department of Industrial Engineering, K.N.Toosi University of Technology, Tehran, Iran nmohebbi@mail.kntu.ac.ir