تخمین توزیع زیان تسهیلات اعطای یک بانک در سطح سبد وام با استفاده از متغیرهای پنهان

شیوا زمانی

مریم بنی طرف

امین قنبرنژاد

چکیده

در چند سال اخیر بی‌ثباتی فضای مالی و اقتصادی موجب افزایش نگرانی در مورد ثبات نظام‌های بانکی شده است. ریسک اعتباری یکی از مهم‌ترین مسائل مرتبط با این بی‌ثباتی بوده است. با توجه به اهمیت مدیریت ریسک اعتباری و سعی در بهبود بخشیدن روش‌های آن در بانک‌ها و مؤسسات مالی، در این مقاله تأثیر متغیر پنهان بر ریسک اعتباری بانک‌ها بررسی می‌شود. یکی از اهداف الگوسازی ریسک اعتباری، تخمین توزیع زیان اعتباری و پیش‌بینی آن است.

در این مقاله توزیع زیان اعتباری سبد وام یکی از بانک‌های خصوصی ایران با استفاده از داده‌های فصلی در دوره ۱۳۸۷-۱۳۸۲ و با به‌کارگیری متغیرهای نرخ نکول و اندازه سبد وام، به‌صورت تابعی از متغیرهای اقتصاد کلان و متغیرهای پنهان ریسک برآورد شده است و نشان داده شده است که متغیرهای نرخ نکول نه فقط از چرخه‌های اقتصاد، بلکه از متغیرهای پنهان نیز تأثیر می‌پذیرند.

نتایج به‌دست آمده از این تحقیق مؤید این مطلب است که بدون حضور متغیرهای پنهان ریسک در مدل، مقدار زیان‌های مورد انتظار و غیرقابل انتظار سبد تسهیلات اعطایی بانک کمتر از مقدار واقعی برآورد می‌شود. بنابراین در نظر گرفتن متغیرهای پنهان ریسک به بخش مدیریت ریسک بانک این امکان را می‌دهد که تأثیر متغیرهای پنهان و مؤثر بر نکول مشتریان بانک در الگو منظور شود و تخمین دقیق‌تری برای توزیع زیان به‌دست دهد. با محاسبه دقیق‌تر زیان‌های مورد انتظار و غیر قابل انتظار، مدیریت ریسک این امکان را می‌یابد که با اطمینان بیشتری به ذخیره سرمایه قانونی و سرمایه احتیاطی بپردازد و همچنین در میزان وجوه اعطایی تسهیلات بخش‌های مختلف اقتصادی تصمیم بهینه‌ای را اتخاذ کند و مانع از زیان بسیار یا ورشکستگی بانک شود.

کلمات کلیدی: ریسک اعتباری، سبدوام، توزیع زیان، متغیرهای پنهان ریسک، تکنیک فیلتر کالمن.

مقدمه

در چند سال اخیر بی‌ثباتی فضای مالی و اقتصادی موجب افزایش نگرانی در مورد ثبات نظام‌های بانکی شده است و ریسک اعتباری یکی از مهم‌ترین مسائل مرتبط با این بی‌ثباتی بوده است. پژوهشگران معتقدند که ریسک اعتباری یکی از عامل‌هایی است که تأثیر مستقیمی بر ثبات مالی یک نظام دارد. براساس چارچوب بازل (II)، اندازه‌گیری این نوع ریسک نیاز به دقت بسیاری دارد، در نتیجه این امر، مقالات بسیاری، توزیع زیان اعتباری را برای سبد وام در کشورهای مختلف دنیا برآورد کرده‌اند[۱].

در اغلب این پژوهش‌ها بر ارزیابی تغییرات ریسک اعتباری در بخش‌های مختلف اقتصادی تاکید شده است. افزون بر این، مطالعاتی در زمینه ارتباط میان احتمال‌های قصور و تغییرات شرایط کلان اقتصادی انجام شده است، لیکن علاوه بر متغیرهای کلان، عامل‌های ریسک دیگری در فضای مالی و اقتصادی وجود دارند که بر نکول وام‌ها تأثیر می‌گذارند، لیکن قابل مشاهده نیستند. به همین دلیل در برآورد ریسک اعتباری نادیده گرفته می‌شوند. همچنین در اکثر مطالعات انجام شده در زمینه مدل‌سازی ریسک اعتباری فرض شده است که قصور در بخش‌های مختلف اقتصادی از هم مستقل هستند، که این فرضیه منجر به ایجاد تورش در نتایج شده است[۲].

در این مقاله، یک الگو ریسک اعتباری با حضور عامل‌های پنهان معرفی می‌شود و هدف آن است که زیان‌های وام‌ها با توجه به چهار جزء مدل‌سازی شود. این اجزاء عبارت‌اند از: نرخ نکول، اندازه سبد وام، مانده در ریسک و زیان ناشی از نکول.

ما در این تحقیق از الگویی که بر مبنای متغیرهای کلان اقتصادی و متغیرهای پنهان[1] ریسک است برای تحلیل داده‌های مربوط به یکی از بانک‌های خصوصی ایران در سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۷ استفاده می‌کنیم. به‌دلیل کوتاهی طول دوره زمانی مورد بررسی، داده‌ها به صورت فصلی در معادلات مربوطه وارد خواهند شد. وارد کردن متغیرهای پنهان ریسک باعث می‌شود هر عاملی که بر نکول مشتریان تأثیرگذار است و ما از آن ناآگاه هستیم، به‌طور مستقیم در الگو منظور شود، بدین ترتیب الگو نسبت به مدل‌های دیگر از دقت بیشتری برخوردار خواهد بود. در این الگو برای کارایی بیشتر، بهتر است ساختار بخشی را برای سبد وام در نظر بگیریم. برای تعیین متغیر پنهان ریسک، حداقل به دو بخش نیاز داریم. در حقیقت هر چه تعداد

[1] Latent Variable

بخش‌ها بیشتر باشد، آن‌گاه برآوردهای متغیرهای پنهان ریسک دقیق‌تر خواهد بود، زیرا اثر سرایتی میان بخش‌ها بهتر برآورد می‌شود. متغیرهای پنهان ریسکی در الگوهایی با بخش‌های زیاد، ارزشمند هستند، زیرا باعث می‌شوند که مدل بدون نیاز به پارامترهای زیاد، ساختار همبستگی و پویایی غنی داشته باشد. در این مقاله با توجه به داده‌های تحقیقی سه بخش را برای سبد وام در نظر می‌گیریم که عبارت‌اند از: ساختمان و مسکن، صنعت و معدن و سایر بخش‌ها.

در واقع این مقاله به ارائه چند نکته مهم می‌پردازد که مهم‌ترین آن‌ها، نخست معرفی متغیرهای پنهان در برآورد ریسک اعتباری و دوم در نظر گرفتن اثر سرایتی ریسک میان بخش‌های سبد وام است تا بتوان برآورد دقیق‌تری از ارزش و سرمایه در معرض خطر[1] به‌دست آورد. نادیده گرفتن اثر سرایتی میان بخش‌ها باعث می‌شود ارزش در معرض خطر کمتر از مقدار واقعی آن برآورد شود.

ساختار مقاله به این شکل است که در قسمت دوم خلاصه‌ای از فعالیت‌های مرتبط انجام شده به‌همراه بررسی نتایج و روش‌های آن‌ها ارائه می‌شود. سپس در بخش سوم چارچوبی برای معرفی مدل ریسک اعتباری در حضور متغیرهای پنهان ریسک و با در نظر گرفتن اثر سرایتی ریسک میان بخش‌های مختلف سبد وام ارئه می‌شود و درباره برآورد پارامترهای آن، داده‌ها و نتایج شبیه‌سازی در بخش چهارم بحث خواهیم کرد. در بخش پنجم نیز به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری می‌پردازیم.

۱- ادبیات موضوع

بحث در مورد ریسک اعتباری از اوایل قرن بیستم میلادی با موضوع ریسک اعتباری اوراق قرضه آغاز شد و با گذشت زمان به حوزه بانکداری گسترش یافت. مطالعات انجام شده در حوزه ریسک اعتباری در یک تقسیم‌بندی کلی به دو بخش ریسک اعتباری افراد و ریسک اعتباری سبد وام‌های بانک تقسیم می‌شود. الگوهای محاسبه ریسک اعتباری افراد در سال‌های دهه ۶۰ میلادی شکل گرفته و پس از آن تکامل یافتند.

[1] VAR: Value at Risk

مفهوم تشکیل سبد دارایی‌ها از دهه ۵۰ میلادی توسط "مارکویتز" مطرح شد، اما از دهه ۸۰ میلادی، کاربرد این مفهوم برای دارایی‌های اعتباری توسعه یافت و به‌دنبال آن در دهه ۹۰ میلادی، الگوهای سبد وام اعتباری معرفی شدند.

بیش‌ترین تحقیقات انجام شده مربوط به چهار الگوی کردیت ریسک پلاس، کردیت پرتفولیو ویو، مودیز کی ام وی و ریسک متریکز است که طی سال‌های ۱۹۹۷ تا ۱۹۹۸ معرفی شده‌اند. این الگوها باعنوان مدل‌های سبد وام اعتباری، در سه دسته الگوهای ساختاری[1]، الگوهای برمبنای متغیرهای کلان اقتصادی[2] و الگوهای مبتنی بر عملکرد گذشته[3]، تقسیم‌بندی می‌شوند. با توجه به هدف این مطالعه، در این بخش پژوهش‌های انجام شده در زمینه الگوهای برمبنای متغیرهای کلان اقتصادی را مرور خواهیم کرد.

از نخستین کارهای انجام شده برای محاسبه ریسک اعتباری در سطح سبد وام که تأثیر متغیرهای کلان اقتصادی را بر احتمال نکول بررسی کرده است می‌توان، به کار ویلسون اشاره کرد[۳].

باس(۲۰۰۲) با درنظر گرفتن متغیرهای کلان اقتصادی، ریسک اعتباری وام‌های بانکی اتریش را الگوسازی کرده و نیز مدلی برای ارزیابی زیان اعتباری ارائه کرده است. در الگو او، ریسک اعتباری با توجه به ارتباط آن با متغیرهای اقتصاد کلان مانند رشد تولید ناخالص داخلی، تورم و نرخ بهره بررسی شده است. باس یک جزء پویا برای تغییرات متغیرهای اقتصاد کلان در نظر گرفته و زیان اعتباری را با استفاده از شبیه‌سازی برآورد کرده است. همبستگی متغیرهای اقتصاد کلان نیز در الگو گنجانده شده است. او از این مدل برای تخمین زیان سبد وام‌های اتریش در سال‌های بعد نیز استفاده کرده است[۴].

باس و همکارانش(۲۰۰۹)، نسخه جدیدی از الگو ارائه شده در سال ۲۰۰۲ را نیز ارائه کرده‌اند. در این مدل علاوه بر موارد قبلی، رابطه بین احتمال نکول و متغیرهای اقتصاد کلان در بخش‌های اصلی صنعتی اتریش مورد بررسی قرار گرفت. این مقاله، در پی ارائه راه‌حلی برای دو چالش مهم بود: اول، استخراج متغیرهای مهم‌تر از مجموعه‌ای بزرگ از متغیرهای اقتصاد کلان و دوم حل مشکلاتی که به‌دلیل غیرخطی بودن رابطه بین چرخه تجاری و چرخه اعتباری وجود داشت. مشکل اول با استفاده از مدل رگرسیون و تحلیل مؤلفه‌های اصلی[4] در مجموعه وسیعی

[1] Structural Models
[2] Macro-Factor Models
[3] Actuarial Models
[4] Principal Component Analysis

از متغیرهای اقتصاد کلان، حل شده است و برای حل مشکل دوم از رویکرد آستانه‌ای[1] استفاده شده است[۵].

ویرولینن(۲۰۰۴)[2] از داده‌های مربوط به ورشکستگی و نکول بخش‌های صنعتی مختلف فنلاند در سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۳ برای برآورد الگوی ریسک اعتباری استفاده کرده است. یافته‌های این مقاله حاکی از وجود رابطه معناداری بین نرخ بهره و عامل‌های اقتصاد کلان کلیدی، مانند تولید ناخالص داخلی، نرخ بهره و بدهی شرکت[3] است. در دوره زمانی مورد مطالعه، نرخ نکول بیشتر از حد میانگین(از اوایل دهه ۹۰ میلادی به بعد) بوده و بانک‌ها وضعیت بدی را تجربه کرده‌اند. در این مقاله، نرخ‌های بهره هر شاخه صنعت، به‌طور جداگانه الگوبندی شد و این امر سبب شد برآوردهای دقیق‌تری برای توزیع زیان ارائه شود. مشخص شد که در بخش کشاورزی کشور فنلاند، متغیرهای کلان نقش زیادی در توصیف نرخ بهره ندارند. یافته‌ها نشان داد تحت شوک‌های منفی اقتصادی نیز، این مدل به‌خوبی عمل کرده و زیان‌ها را به‌نحو مناسب و درستی برآورد می‌کند. بی‌گمان این مدل در بعضی بخش‌های صنعتی جزئیات کمی را مدنظر قرار داده بود. سری زمانی مورد استفاده برای الگوسازی عامل‌های کلان در این تحقیق AR(2) بود که البته مدل بسیار ساده‌ای است. همچنین متغیر تولید ناخالص داخلی مختص هر صنعت به جای متغیر تولید ناخالص داخلی حقیقی به‌کار رفت که این امر پژوهشگر را قادر می‌ساخت تا اثر شوک‌های مختص هر صنعت را نیز تحلیل کند[۶].

پسران، شرمن، تروتلر و وینر(۲۰۰۶)[4] نیز یک الگوی ریسک اعتباری را از طریق رابطه میان دارایی‌های اعتباری یک سبد و نظام اقتصاد کلان در سطح بین‌المللی مورد بررسی قرار دادند. این مدل قادر به تفکیک نکول ناشی از شوک‌های نظام‌یافته از شوک‌های غیرنظام‌یافته است و اثر تغییرات عامل‌های ریسکی اقتصاد کلان را بر ریسک اعتباری مشخص کند. مهم‌ترین ایده‌ای که در این مقاله دنبال می‌شود، ایجاد رابطه میان ریسک اعتباری و نوسان‌های چرخه‌های تجاری است. در این مقاله متغیرهای کلان هر محل به‌صورت تابعی از وضعیت گذشته خودشان و همچنین از وضعیت گذشته و حال اقتصاد جهانی درنظر گرفته شده‌اند و فرض بر این بوده که متغیرهای محلی با متغیرهای خارجی و متغیرهای برونزای اقتصاد جهانی مانند قیمت نفت، در ارتباط بوده‌اند[۷].

در تمام تحقیقات انجام شده این‌گونه فرض می‌شود که مشروط به متغیرهای اقتصاد کلان، نکول‌ها در بخش‌های متفاوت مستقل هستند، لیکن این فرض ممکن است درصورت حذف

[1] Threshold Approach
[2] Virolainen
[3] Corporate Indebtedness
[4] Pesaran, Schuermann, Treutler and Weiner

اثرهای سرایتی[1] بین بخش‌ها به نتایج بسیار اریبی منجر شود. مهم‌تر از آن، این است که در رأس متغیرهای اقتصاد کلان ممکن است عامل‌های ریسک اعتباری موجود باشند که باعث سرایت بین بخش‌های متفاوت شوند، لیکن نتوان آن‌ها را به‌طور مستقیم مشاهده کرد، این مطلبی است که در این مقاله مورد توجه قرار گرفته است تا بتوان پیش‌بینی دقیق‌تری از زیان اعتباری قابل انتظار و غیرقابل انتظار به‌دست آورد.

۲- الگوی ریسک اعتباری

در این مدل، زیان سبد وام با استفاده از چهار متغیر نرخ نکول، اندازه سبد وام، مانده در ریسک و زیان ناشی از نکول به‌دست می‌آید و فرض بر این است که تغییرات نرخ نکول و تعداد کل وام‌ها در هر بخش تابعی از مشاهدات گذشته این متغیرها، مجموعه‌ای از متغیرهای کلان اقتصادی و عامل‌های پنهان ریسک و یک جزء تصادفی است.

در این الگو به‌دلیل حضور متغیرهای پنهان ریسک، برای کارایی بیشتر مدل، بهتر است سبد وام را به تفکیک بخش‌های مختلف گیرنده تسهیلات اعطایی تقسیم کرد. همین‌طور با توجه به فعالیت بانک مورد تحقیق، سبدوام به سه بخش ساختمان و مسکن، صنعت و معدن و سایر بخش‌ها تفکیک می‌شود.

ریسک اعتباری را برای سبد وامی که دارای k بخش است مدل می‌کنیم و نمونه‌ای از داده‌های T دوره را در نظر می‌گیریم. زیان وام i از بخش k را در زمان t می‌توان بدین صورت تجزیه کرد:

$$L_{i,k,t} = D_{i,k,t} \, LGD_{i,k,t} \, EAD_{i,k,t} \qquad (۱)$$

که $D_{i,k,t}$ یک متغیر دودویی است که اگر نکول اتفاق بیفتد برابر یک و در غیراین‌صورت برابر صفر است. $LGD_{i,k,t}$ و $EAD_{i,k,t}$ به‌ترتیب زیان ناشی از نکول و مانده در ریسک را نشان می‌دهند. در اینجا نرخ نکول را با $p_{k,t}$ نشان می‌دهیم که در واقع نسبت وام‌های نکول‌شده به تعداد کل وام‌ها تعریف می‌شود. بنابراین زیان بخش k در زمان t عبارت است از:

$$L_{k,t} = \sum_{i=1}^{n_{k,t}} L_{i,k,t} = LGD_{k,t} S_{kt} (p_{kt} n_{k,t}) \qquad (۲)$$

[1] Contagion Effects

که در آن nkt تعداد کل وام ها ی بخش k در دوره t را نشان می دهد و:

$$S_{kt} = \sum_{i=1}^{\lfloor p_{kt} n_{kt} \rfloor} EAD_{i,k,t} \qquad (۳)$$

پویایی مدل، به‌وسیله pkt و nkt معرفی می‌شود. برای هر بخش، رشد تعداد وام‌ها را به‌صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$\Delta n_{k,t} = \log(n_{k,t}) \quad \log(n_{k,t-1})$$

و pkt با استفاده از تابع معکوس توزیع تجمعی نرمال استاندارد $\Phi^{-1}(.)$ به y_{kt} تبدیل می‌شود:

$$y_{kt} = \Phi^{-1}(p_{k,t}) \quad \Phi^{-1}(p_{k,t-1}) \qquad (۴)$$

پاز بردارهای اتورگرسیو زیر برای برآورد Δnkt و ykt استفاده می‌شود:

(۵)

$$\Delta n_{k,t} = \alpha_{1,k} + \sum_{j=1}^{q} \rho_{1,j} \Delta n_{k,t-j} + \sum_{j=1}^{r} \gamma'_{1,j} x_{t-j} + \beta_{1,k} f_{1,t} + u_{1,kt}$$

$$y_{k,t} = \alpha_{1,k} + \sum_{j=1}^{q} \rho_{2,j} y_{k,t-j} + \sum_{j=1}^{r} \gamma'_{2,j} x_{t-j} + \beta_{2,k} f_{2,t} + u_{2,kt}$$

توزیع شوک‌های ویژه $u_{1,kt}, u_{2,kt}$ را به‌صورت:

$$u_{1,kt} \sim N(0, \sigma^2_{1k}) \quad j,k = 1,2,\ldots,K \quad u_{2,jt} \sim N(0, \sigma^2_{2k}) \qquad (۶)$$

در نظر می‌گیریم که این شوک‌ها توزیع توام نرمال دارند و همبستگی آن‌ها عبارتند از:

$$\mathrm{cov}(u_{1,kt}, u_{2,jt}) = 0 \text{ for } k \neq j$$

x_t برداری از، m متغیر کلان اقتصادی است که پویایی آن از رابطه زیر پیروی می‌کند:

$$x_t = \delta_0 \sum_{j=1}^{s} A_j x_{t-j} + v_t \quad و \quad v_t \sim N(0, \Omega) \qquad (۷)$$

دو عامل ریسکی پنهان $f_{1,t}, f_{2,t}$ را در این الگو درنظر می‌گیریم که مستقل از متغیرهای کلان اقتصادی هستند؛ $f_{1,t}$ بر اندازه سبد وام تأثیر گذاشته و $f_{2,t}$ بر نرخ نکول هر بخش تأثیرگذار است و این دو عامل ممکن است همبسته باشند. بردار $f_t = (f_{1,t}, f_{2,t})'$ را تعریف کرده و پویایی بردار f_t را در قالب مدل VAR (1) به شکل زیر در نظر می گیریم:

$$f_t = Rf_{1^t} + w_t \qquad (۸)$$

زمانی که متغیرهای غیر قابل مشاهده در الگو باشند، بایستی مقیاس آن‌ها را به گونه‌ای مشخص تعریف کرد، بنابراین از آن جایی که f_t غیر قابل مشاهده است، برای تعریف الگو باید مقیاس آن را ثابت در نظر بگیریم. به همین دلیل ماتریس R و $V(w_t)$ به صورت زیر تعریف می شوند تا متغیرهای پنهان ریسک، واریانس غیر شرطی واحد داشته باشند.

$$R = \begin{matrix} \varphi_1 & 0 \\ 0 & \varphi_2 \end{matrix}$$

بردار w_t دارای توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس زیر است:

$$V(w_t) = \begin{matrix} 1 - \varphi_1^2 & \rho\sqrt{(1-\varphi_1^2)(1-\varphi_2^2)} \\ \rho\sqrt{(1-\varphi_1^2)(1-\varphi_2^2)} & 1 - \varphi_2^2 \end{matrix}$$

$\varphi_i (i=1,2)$ خود همبستگی مرتبه اول مربوط به f_{it} و ρ ضریب همبستگی شرطی بین $f_{1,t}, f_{2,t}$ است.

فرض می‌شود که متغیرهای پنهان ریسک مستقل از متغیرهای مشاهده شده هستند، پس قرار می‌دهیم $\mathrm{Cov}(v_t, w_t)=0$. بدین ترتیب این مؤلفه‌های پنهان منبع سرایت ریسک اعتباری بین بخش‌ها را مدل می‌کنند، سرایتی که با شوک‌های مشاهده شده، قابل توجیه نیست.

در گام بعدی، فرض می‌شود $\mathrm{EAD}_{i,k,t}$ مشروط به پیشامد نکول و شرایط اقتصادی جاری، دارای توزیع گاما است. زیرا این توزیع برازش مناسبی برای داده‌های EAD دارد[۸] و از نظر آماری دارای خواصی است که باعث صرفه‌جویی در زمان محاسبه ضرایب در برنامه کامپیوتری می‌شود. همچنین از آن جایی که پارامترهای این توزیع در طول زمان ثابت هستند، ممکن است برای هر بخش متفاوت باشند. این توزیع به چرخه تجاری بستگی ندارد.

۳- برآوردپارامترهاو شبیه سازی الگو

برای برآورد پارامترها در معادلات (۴) و (۵) به‌دلیل حضور متغیرهای پنهان ریسک، نیازمند به‌کارگیری تکنیک کالمن فیلتر[1] (یا فیلتر کالمن) هستیم.

برای برآورد درست‌نمایی[2] در زمان t، ابتدا مقدار مورد انتظار از متغیرهای پنهان ریسک را با توجه به اطلاعات در دسترس تا زمان $t-1$، به‌دست می‌آوریم.

$$f_{t|t-1} = E\left(f_t \middle| \{\Delta n_s, y_s, x_s\}_{1\le s\le t-1}\right), \Delta n_s = \left(\Delta n_{1,s},\ldots,\Delta n_{K,s}\right)', \quad y_s = \left(y_{1s},\ldots,y_{Ks}\right)'$$

از آن جایی که $f_{t|t-1}$ یک برآورد دارای اخلال[3] از f_t است، باید خطای تخمینی این برآورد را از طریق رابطه زیر اندازه‌گیری کنیم.

$$P_{t|t-1} = V\left[f_t \middle| \{\Delta n_s, y_s, x_s\}_{1\le s\le t-1}\right]$$

[1] Kalman filter (Hamilton, 1994)
[2] Likelihood
[3] Noisy

سرانجام، فرآیند برآورد شامل حل کردن معادلات (۴) و (۵) به‌عنوان الگوبرداری خود توضیح خالص (اتو رگرسیو)[1]، با استفاده از دنباله‌های $f_{t|t\ 1}$ است. درحالی‌که فرض می‌کنیم $f_{t|t\ 1}$ را واقعاً مشاهده کرده‌ایم باید واریانس مدل را با $P_{t|t\ 1}$ تعدیل کنیم تا خطای تخمین را به حداقل برسانیم، زیرا که $f_{t|t\ 1}$ برابر مقدار حقیقی f_t نیست.

برای تعیین متغیرهای پنهان ریسک، حداقل به دو بخش نیاز داریم. در حقیقت هر چه تعداد بخش‌ها بیشتر باشد، آن گاه برآوردهای f_t دقیق‌تر خواهد بود. زیرا اثر سرایتی میان بخش‌ها بهتر برآورد می‌شود. متغیرهای پنهان ریسکی در الگوهایی با بخش‌های زیاد، ارزشمند هستند. زیرا باعث می‌شوند که الگو بدون نیاز به متغیرهای زیاد، ساختار همبستگی و پویایی‌های غنی داشته باشد.

در مرحله بعدی، توزیع گاما را برای $EAD_{i,k,t}$ در نظر گرفته و متغیرهای توزیع را به روش بیشینه درست‌نمایی برآورد می‌کنیم، تابع چگالی آن به‌صورت زیر است:

$$f_{Gamma}\left(EAD_{i,k,t} = x; \nu_k, \tau_k\right) = \frac{(x/\tau_k)^{\nu_k/2\ \ 1}}{2^{\nu_k/2}\,\Gamma(\nu_k/2)\,\tau_k} \exp\ \ \frac{x}{2\tau_k}$$

برای توزیع گاما، میانگین برابر $\nu_k\tau_k$ و واریانس برابر $\nu_k\tau_k^2$ است. توزیع مجموع متغیرهای مستقل گاما، همان گاما است. براساس این ویژگی، توزیع $S_{k,t}$ برای تعداد $\lfloor p_{kt} n_{kt} \rfloor$ نکول، مشروط به تعداد نکول‌ها در زمان t، توزیع گامای $\Gamma(\lfloor p_{kt} n_{kt} \rfloor \nu_k, \tau_k)$ است. حال، می‌توانیم توزیع مجموعی از EADها را براساس اطلاعات داده شده در زمان t-s با استفاده از مجموع زیر به‌دست آوریم:

(۹)

$$f\left(S_{k,t} \middle| I_{t\ \ s}\right) = \sum g(S_{k,t} \middle| p_{kt}\, n_{k,t} = i, I_{t\ \ s})\ \Pr\left(p_{kt}\, n_{k,t} = i \middle| I_{t\ \ s}\right)$$

[1] PVA: Pure Vector Autoregressive

که $g(S_{k,t} \mid \lfloor p_{kt} n_{kt} \rfloor = i, I_{t\ s})$ توزیع شرطی S_{kt} با فرض اینکه i نکول در زمان t اتفاق بیفتد و I_{t-s} اطلاعات داده شده در زمان t-s است. $\Pr(p_{kt}\ n_{k,\ t} = i \mid I_{t\ \ s})$ احتمال روی دادن i نکول در زمان t به شرط $I_{t\ s}$ است.

متاسفانه، عبارت (۹) را نمی‌توان به‌راحتی محاسبه کرد، زیرا حصول مقادیر دقیق $\Pr(p_{kt} n_{k,t} = i \mid I_{t\ s})$ به‌علت خاصیت پویایی الگو، بسیار پیچیده است. از این‌رو، توزیع زیان اعتباری را باید با شبیه‌سازی به‌دست بیاوریم. با توجه به ویژگی توزیع گاما، نیازی به شبیه‌سازی هر یک از مقادیر مانده در ریسک نیست، بلکه فقط باید مجموع مقادیر مانده در ریسک را شبیه‌سازی کنیم که این باعث سرعت بخشیدن به محاسبات می‌شود.

توزیع زیان اعتباری به روش شبیه‌سازی با الگوریتم زیر برآورد می‌شود:

ابتدا تعداد وام‌ها و نرخ نکول را در هر بازه زمانی سه ماهه و هر بخش تولید می‌کنیم و مرحله‌های زیر را دنبال می‌کنیم:

اول- مقادیر متغیرهای قابل مشاهده و پنهان را به‌ترتیب از روابط (۷) و (۸)، تولید می‌کنیم.

دوم- از توزیع نرمال توام مربوط به $u_{1,k}$ و $u_{2,k}$، نمونه‌ای تصادفی تولید می‌کنیم.

سوم- با استفاده از مقادیر تولید شده در مراحل قبلی و روابط (۴) و (۵)، تعداد وام و نرخ نکول را تولید می‌کنیم.

پس از اینکه تعداد وام‌ها و نرخ نکول به‌دست آمد، به شرط تعداد کل نکول‌ها و مقادیر مانده در ریسک تولید شده از توزیع مربوطه، مقادیری از عبارت (۳) را استخراج می‌کنیم.

سرانجام، با توجه به مقادیر مرحله قبل و مقدار زیان ناشی از نکول، مقدار زیان را تولید می‌کنیم و پس از آن توجه خود را بر روی پیش‌بینی زیان انتظاری در افق زمانی یک‌ساله معطوف می‌کنیم.

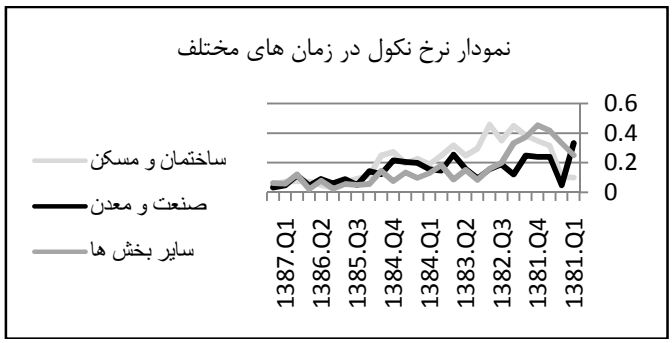
۴- یافته ها و نتایج

۴-۱- الگوی پویا بدون حضور متغیرهای پنهان

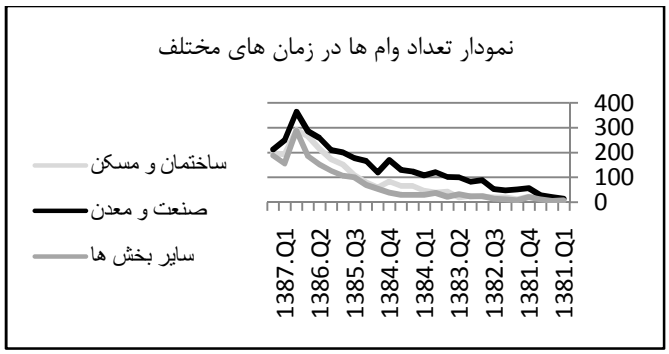
در این الگو ابتدا وام‌ها را با توجه به میزان تسهیلات اعطایی در سه بخش ساختمان و مسکن، صنعت و معدن و سایر بخش‌ها طبقه‌بندی می‌کنیم.

در گام بعدی، نمودارهای تغییرات نرخ نکول و رشد وام را در بازه‌های زمانی مختلف در بخش‌های متفاوت رسم می‌کنیم، همان‌گونه که از نمودارها مشهود است با کاهش نرخ نکول، تعداد وام‌ها افزایش می‌یابد.

نمودار شماره ۱: تغییرات نرخ نکول تسهیلات اعطایی بانک



نمودار شماره ۲: رشد سبد تسهیلات اعطایی بانک



حال برای برآورد ضرایب معادله‌های پویایی (۴) و (۵) در بخش‌های اقتصادی بیان شده به این‌صورت عمل می‌کنیم که متغیرهای Δn_{kt} و Δy_{kt} را به‌عنوان متغیر وابسته درنظر می‌گیریم و سپس چهار دوره تأخیر متغیرمستقل تولید ناخالص داخلی و دوره‌های تأخیر اول و چهارم متغیرهای وابسته برای هر بخش را در قالب یک الگوی خودتوضیح (مدل اتورگرسیو AR:) برازش می‌کنیم.

ضرایب مربوط به دوره‌های تأخیر متغیر تولید ناخالص داخلی روی رشد وام بخش مسکن و روی نرخ نکول، در جدول شماره ۱ آورده شده است. با توجه به آماره z، این ضرایب در سطح ۰/۰۵ معنادار هستند. همچنین دوره تأخیر چهارم متغیر وابسته رشد وام و تغییرات نرخ نکول در بخش مسکن نیز در سطح ۰/۰۵ معنادار است.

جدول شماره ۱: بخش ساختمان و مسکن

	ضریب N1	p > |Z|	ضریب Y1	p > |Z|
L1	۲/۵	۰/۰۰۰۱	-۱/۲۶	۰/۰۰۰۱
L2	۲/۶	۰/۰۰۰۱	-۰/۶۹	۰/۰۱
L3	۱/۸	۰/۰۰۰۱	-۱/۶۳	۰/۰۰۰۱
L4	۱/۹۷	۰/۰۰۰۱	-۱/۲۳	۰/۰۰۱

ضرایب مربوط به دوره‌های تأخیر متغیر شاخص تولید ناخالص داخلی بر تغییرات نرخ نکول دارای علامت منفی است و این نشان می‌دهد که با افزایش شاخص تولید ناخالص داخلی، نرخ نکول کاهش می‌یابد. از آن‌جا که رشد وام و نرخ نکول رابطه معکوس با یکدیگر دارند، رشد وام افزایش پیدا می‌کند که ضرایب مثبت آن در مدل، مؤید این مسئله است.

ضرایب مربوط به دوره‌های تأخیر شاخص تولید ناخالص داخلی در رابطه رشد وام در بخش صنعت و معدن، در جدول شماره ۲ آورده شده است، با توجه به مقدار آماره z، این ضرایب در سطح ۰/۰۵ معنادار هستند. همچنین دوره تأخیر چهارم متغیر وابسته رشد وام نیز در سطح ۰/۰۵ معنادار است.

جدول شماره۲: بخش صنعت و معدن

	ضریب N2	p > |Z|	ضریب Y2	p > |Z|
L1	۰/۷۸۲	۰/۰۰۰۱	-۰/۷۳۱	۰/۰۰۰۱
L2	۲/۰۳	۰/۰۰۰۱	۰	۰/۹۹۸
L3	۰/۵۲۳	۰/۰۰۱	-۱/۲۳	۰/۰۳۳
L4	۱/۳۶	۰/۰۰۰۱	-۰/۴۶۲	۰/۰۰۱

در بخش صنعت و معدن ضرایب مربوط به دوره‌های تأخیر اول و سوم تولید ناخالص داخلی بر نرخ نکول بخش صنعت و معدن با توجه به آماره z، در سطح ۰/۱ معنادار هستند و در این بخش نیز با افزایش شاخص تولید ناخالص داخلی، تغییرات نرخ نکول کاهش یافته و در نتیجه آن اندازه سبد وام افزایش می‌یابد. ضرایب مربوط به دوره‌های تأخیر تولید ناخالص داخلی روی رشد وام سایر بخش‌ها، در سطح ۰/۰۵ معنادار و همچنین دوره تأخیر اول متغیر وابسته رشد وام سایر بخش‌ها نیز در سطح ۰/۰۵ معنادار هستند.

با توجه به جدول شماره ۳، ضرایب مربوط به دوره‌های تأخیر اول و سوم متغیر تولید ناخالص داخلی روی تغییرات نرخ نکول، در سطح ۰/۰۵ و همچنین دوره تأخیر چهارم متغیر وابسته نرخ نکول سایر بخش‌ها، در سطح ۰/۰۵ معنادار هستند.

در این بخش نیز با توجه به ضرایب برآورد شده، تأثیر شاخص تولید ناخالص داخلی بر نرخ نکول منفی بوده و در نتیجه این شاخص بر رشد سبد وام تأثیر مثبت دارد.

جدول شماره ۳: سایر بخش‌ها

	ضریب N3	$p > \|Z\|$	ضریب Y3	$p > \|Z\|$
L1	۱/۷۰	۰/۰۰۰۱	-۱/۴۹۴	۰/۰۰۶
L2	۳/۰۴۴	۰/۰۰۰۱	-۰/۲۵۹	۰/۵۸۲
L3	۱/۶۹۲	۰/۰۰۰۱	-۱/۰۳۹	۰/۰۴۴
L4	۲/۵۱۴	۰/۰۰۰۱	-۰/۲۴۱	۰/۵۶۴

۲-۴- الگوی پویا با حضور متغیرهای پنهان

برای برآورد ضرایب معادله‌های پویا، با در نظر گرفتن متغیرهای پنهان، به‌صورت زیر عمل می‌کنیم:

متغیرهای Δn_{kt} و Δy_{kt} را به‌عنوان متغیروابسته در نظر گرفته، دوره تأخیر اول و چهارم متغیرهای مستقل برای هر بخش، چهار دوره تأخیر متغیرمستقل تولید ناخالص داخلی و دو متغیر پنهان f_1, f_2، را در قالب یک الگو AR به متغیرهای مستقل در هر بخش برازش می‌کنیم. به علت حضور متغیرهای پنهان در الگو، برآورد ضرایب با نرم‌افزارهای رایج مقدور نیست، بنابراین با برنامه‌نویسی در نرم‌افزار MATLAB و با به‌کارگیری روش کالمن فیلتر،

ضرایب معادلات پویا را برآورد کرده‌ایم. نتیجه برآورد ضرایب این الگو در جدول‌های شماره ۴ و ۵ آمده است.

جدول شماره ۴(الف): ضرایب متغیرهای توضیحی الگوی رشد وام با حضور متغیرهای پنهان
(*درسطح ۰/۰۱۰ و**در سطح ۰/۰۵ معناداراست)

	$GDP_{t\ 1}$	$GDP_{t\ 2}$	$GDP_{t\ 3}$	$GDP_{t\ 4}$	f_{1t}
ساختمان و مسکن	1.539**	2.279**	0.828*	1.614**	3.731**
صنعت و معدن	0.224**	2.578**	0.0353	1.927**	1.475**
سایر	3.126**	1.430**	3.366*	4.569*	1.038**

جدول شماره ۴ (ب): دینامیک الگوی رشد وام با حضور متغیرهای پنهان
(*درسطح ۰/۰۱۰ و**درسطح ۰/۰۵ معناداراست)

	α	$\Delta n_{k,t\ 1}$	$\Delta n_{k,t\ 4}$	$corr(u_{1k,t}, u_{2k,t})$
ساختمان و مسکن	-50.577**	0.213	-0.468**	-0.099**
صنعت و معدن	-8.517**	0.216	-0.0248**	0.133
سایر	-9.868**	0.276*	-0.0892	-0.0727*

جدول شماره ۵ (الف): ضرایب متغیرهای توضیحی الگوی نرخ نکول با حضور متغیرهای پنهان
(*درسطح ۰/۰۱۰ و**درسطح ۰/۰۵ معناداراست)

	$GDP_{t\ 1}$	$GDP_{t\ 2}$	$GDP_{t\ 3}$	$GDP_{t\ 4}$	f_{2t}
ساختمان و مسکن	-3.206**	1.431	-2.781**	-2.596**	1.952**
صنعت و معدن	-0.262*	-0.034	-0.819**	0.618	5.074**
سایر	-1.733**	0.454	-2.190**	-0.258	1.009**

جدول شماره ۵ (ب): پویایی الگو نرخ نکول با حضور متغیرهای پنهان
(*درسطح ۰/۰۱۰ و**درسطح ۰/۰۵ معناداراست)

	α	$\Delta y_{k,t\ 1}$	$\Delta y_{k,t\ 4}$	$corr(u_{1k,t}, u_{2k,t})$
ساختمان و مسکن	23.33**	0.0151	-0.554**	-0.099**
صنعت و معدن	13.995**	0.0125	-0.0883	0.133
سایر	28.208**	-0.890	-0.507	-0.0727*

جدول شماره ۶: پویایی متغیرهای پنهان

	دوره تاخیر اول	Covariance matrix	
		f_{1t}	f_{2t}
f_{1t}	0.289*	1	
f_{2t}	-0.264*	-0.327**	1

همان‌طورکه در جدول‌های شماره ۴ و ۵ مشاهده می‌شود، ضرایب معنادار برآورد الگوی رشد وام، مثبت و ضرایب معنادار مدل تغییرات نرخ نکول، منفی هستند، پس در این قسمت نیز نشان داده می‌شود که با افزایش شاخص تولید ناخالص داخلی، نرخ نکول کاهش یافته و در نتیجه آن رشد وام افزایش می‌یابد.

ستون آخر جدول‌های شماره ۴ و ۵، برآورد ضرایب عامل‌های پنهان را گزارش می‌کنند. همان‌گونه‌که در فصل گذشته توضیح داده شد، دو عامل پنهان f_{1t} و f_{2t} را در این الگو در نظر می‌گیریم که f_{1t} بر رشد وام‌ها و f_{2t} فقط بر نرخ‌های نکول تأثیر می‌گذارند. نتایج برآورد در جدول‌های شماره ۴ و ۵ نشان می‌دهند که عامل‌های پنهان در تمام بخش‌ها ضرایب معناداری دارند و همچنین ضرایب همبستگی متغیرهای پنهان با یکدیگر معنادار است. مثلاً در یک سه ماهه مشخص، مقدار بالای f_{2t} باعث افزایش فراوانی نکول در سایر بخش‌ها می‌شود و از ضریب همبستگی منفی که میان این دو عامل وجود دارد می‌توان نتیجه گرفت که به‌دنبال آن رشد سبد وام کاهش می‌یابد و به‌طور مشابه مقدار پایین f_{1t}، تأثیر مشابهی را به‌وجود می‌آورد. بنابراین f_{1t} و f_{2t} می‌توانند حضور یک اثر سرایتی را میان بخش‌ها اندازه بگیرند که متغیرهای قابل مشاهده قادر به اندازه‌گیری آن نیستند. با مقایسه نتایج برآورد این دو الگو

متوجه می‌شویم که تأثیر شاخص تولید ناخالص داخلی در این دو الگو از نظر کیفی مشابه است. اگر چه در نبود عامل‌های پنهان، قدرمطلق مقدار همبستگی میان خطاهای ویژه تغییرات نرخ نکول و رشد وام در هر بخش افزایش می‌یابد.

۳-۴-تخمین توزیع زیان اعتباری

برای استفاده از داده‌های مانده در ریسک در فرآیند شبیه‌سازی، ابتدا در هر بخش، یک مدل گاما به داده‌های مانده در ریسک تا سال ۸۶ برازش می‌دهیم و پارامترهای توزیع گامای مربوط به هر بخش را به روش حداکثر درست‌نمایی برآورد می‌کنیم.

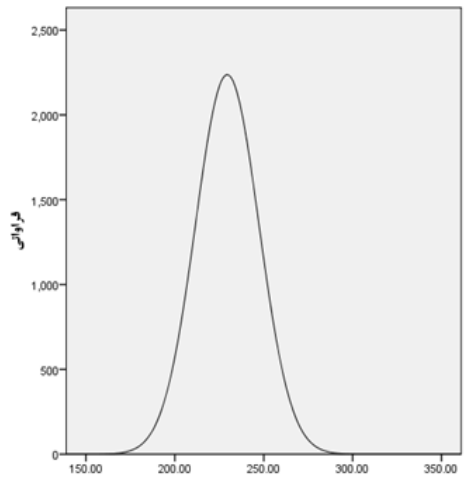
با توجه به ضرایب برآورد شده، زیان‌ها را از الگو شبیه‌سازی می‌کنیم. برای افزایش دقت و همچنین قابلیت پایایی و اطمینان نتایج به‌دست آمده، ۱۰۰ هزار بار فرآیند شبیه‌سازی را تکرار می‌کنیم.

برای شبیه‌سازی، افق پیش‌بینی یک‌ساله را با توجه به وضعیت متغیرهای کلان در ابتدای این افق زمانی درنظر گرفتیم. در هر دوره ۳ ماهه، با توجه به پویایی متغیرهای رشد وام و نرخ نکول و پویایی متغیرهای کلان و عامل‌های پنهان ریسک (درصورتی‌که این متغیرها در الگو درنظر گرفته شده باشند) و همچنین مقادیر آن‌ها در دوره سه ماهه قبلی، مقادیر جدید آن‌ها را برای هربخش شبیه‌سازی می‌کنیم. سپس از روی نمونه ۱۰۰ هزار تایی به‌دست آمده از زیان‌ها، مقدار زیان انتظاری، ارزش در معرض ریسک و زیان غیرقابل انتظار را به‌دست می‌آوریم. شبیه‌سازی را در دو حالت، یکی با درنظر گرفتن متغیرهای پنهان ریسک و دیگری بدون در نظر گرفتن متغیرهای پنهان ریسک انجام می‌دهیم.

نمودار توزیع زیان شبیه‌سازی شده را برای نمونه در یک بخش در دو حالت، با در نظر گرفتن متغیرهای پنهان ریسک و بدون در نظر گرفتن متغیرهای پنهان ریسک، با استفاده از نرم افزار SPSS رسم می‌کنیم. نمودار این توزیع‌ها در نمودارهای شماره ۳ و ۴ ارائه شده است.

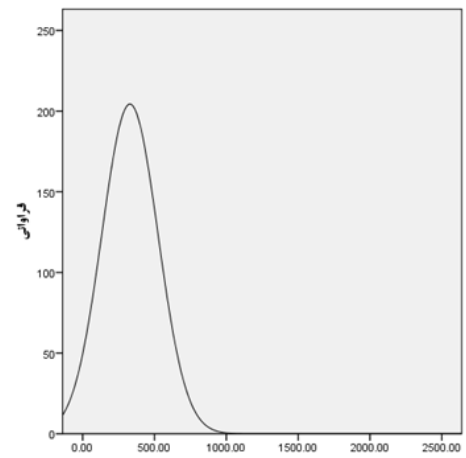
نمودارهای زیر، شکل توزیع زیان بخش مورد بررسی در دوره پیش‌بینی یک‌ساله را در الگوی پویا، بدون حضور متغیرهای پنهان ریسک نشان می‌دهد.

نمودا شماره ۳: نمودار توزیع زیان‌بخش ساختمان و مسکن بدون حضور متغیرهای پنهان ریسک



نمودار توزیع زیان اعتباری الگوی پویا با حضور متغیرهای پنهان در دوره پیش‌بینی یک ساله:

نمودار شماره ۴: نمودار توزیع زیان بخش ساختمان و مسکن با حضور متغیرهای پنهان ریسک



حال با استفاده از توزیع‌های زیان، زیان مورد انتظار و ارزش در معرض ریسک را محاسبه کرده و سپس با کم‌کردن زیان مورد انتظار از ارزش در معرض ریسک، مقدار زیان غیرقابل

انتظار را محاسبه می‌کنیم. زیان انتظاری از ۵۰ درصد مساحت زیر نمودار و ارزش در معرض ریسک در سطح اطمینان ۹۹ درصد، از ۹۹ درصد مساحت زیر نمودار تشکیل می‌شوند.

۴-۴- تخمین زیان اعتباری مورد انتظار و غیرقابل انتظار

برای اندازه‌گیری ریسک اعتباری بانک، تخمین زیان مورد انتظار و زیان غیرقابل انتظار ضروری است. زیان مورد انتظار بانک زیانی است که بانک به‌طور متوسط انتظار دارد و در اثر عدم بازپرداخت از جانب مشتری متحمل شود. برای جلوگیری از این زیان، بانک با کنار گذاشتن "سرمایه قانونی" آن را جبران می‌کند. زیان غیرقابل انتظار، زیانی است که بانک در شرایط بحرانی و غیرعادی، احتمالاً دچار آن می‌شود و میزان آن برابر است با حداکثر خسارتی که بانک در اثر از بین رفتن ارزش تسهیلات اعطایی متحمل خواهد شد. درصورتی‌که میزان این خسارت از سرمایه پایه بانک بیشتر باشد، بانک قادر به ادامه فعالیت نخواهد بود.

تخمین زیان اعتباری مورد انتظار و غیرقابل انتظار الگوی پویا بدون حضور متغیرهای پنهان ریسک، در دوره پیش‌بینی یک ساله را با استفاده از نرم‌افزار SPSS به‌شرح زیر به‌دست آورده ایم.

جدول شماره ۷: تخمین زیان اعتباری مورد انتظار و غیرقابل انتظار بدون متغیرهای پنهان

		ساختمان و مسکن	صنعت و معدن	سایر بخش‌ها
تعداد شبیه‌سازی‌ها		۱۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰
زیان انتظاری		۲۲۸/۹۷	۴۰۸/۷۸	۱۶۱/۱
ارزش در معرض ریسک	۹۹/۹	۲۸۸/۷۵	۶۸۹/۶۴	۲۶۵/۰۸
زیان غیرقابل انتظار	۹۹/۹	۵۹/۷۸	۲۸۰/۸۶	۱۰۳/۹۸

همچنین تخمین زیان اعتباری مورد انتظار و غیرقابل انتظار الگوی پویا با حضور متغیرهای پنهان در دوره پیش‌بینی یک ساله با استفاده از نرم‌افزار SPSS در جدول شماره ۸ آمده است.

جدول شماره ۸: تخمین زیان اعتباری مورد انتظار و غیرقابل انتظار با متغیرهای پنهان

		ساختمان و مسکن	صنعت و معدن	سایر بخش‌ها
تعداد شبیه سازی‌ها		۱۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰
زیان انتظاری		۲۸۱/۶	۴۱۶/۴	۱۵۰/۳
ارزش در معرض ریسک	۹۹/۹	۱۰۰۹/۶	۱۴۲۲/۴	۴۵۵/۷
زیان غیر قابل انتظار	۹۹/۹	۷۲۷/۹۶	۱۰۰۵/۹۸	۳۰۵/۴

با مقایسه جدول‌های شماره ۷ و ۸ متوجه می‌شویم که نتایج الگوی پویا در هر دو حالت از نظر کیفی مشابه هم است، لیکن در الگویی که متغیرهای پنهان حضور دارند زیان مورد انتظار در دو بخش "ساختمان و مسکن" و "صنعت و معدن" نسبت به الگویی که بدون حضور متغیرهای پنهان برآورد شده است، افزایش یافته و در سایر بخش‌ها کاهش می‌یابد و زیان غیرقابل انتظار در هر سه بخش نسبت به الگویی که متغیرهای پنهان حضور ندارند افزایش می‌یابد، این افزایش به این دلیل است که ما اثرهای سرایتی[1] میان بخش‌ها را در هنگام برآورد در نظر نگرفته‌ایم. بنا به نتایج به‌دست آمده، ریسک اعتباری بانک تا حد زیادی به بخش‌های ساختمان و مسکن و صنعت ومعدن وابسته است.

افزایش زیان موردانتظار در بخش ساختمان و مسکن نسبت به بخش صنعت و معدن بیشتر بوده و این پیشامد را می‌توان با رکود بی‌سابقه‌ای که در بازار مسکن در سال ۱۳۸۷ اتفاق افتاده بود، توجیه کرد.

جمع‌بندی و نتیجه گیری

در این تحقیق یک الگوی انعطاف‌پذیر برای برآورد توزیع زیان اعتباری سبد وام یک نظام بانک داخلی ارائه شد و اهمیت حضور متغیرهای پنهان ریسک در برآورد توزیع زیان و محاسبه زیان‌های اعتباری با استفاده از تکنیک کالمن فیلتر نشان داده شد. همچنین با استفاده از روش‌های آماری، یک الگوی پویا برای توزیع زیان شبیه سازی شده است.

اجرای شبیه سازی رایانه‌ای الگو با حضور متغیرهای پنهان ریسک، به دلیل پویایی متغیر و همچنین به کارگیری بخش های مختلف، زمان زیادی برده و برای شبیه سازی در افق‌های

[1] Contagion Effects

پیش بینی سه ساله و پنج ساله باید از رایانه‌هایی با پردازنده قوی و حافظه جانبی بالا استفاده شود که در این پژوهش به علت کاستی‌ها این پیش‌بینی‌ها انجام نشد.

نتایج به‌دست آمده از این تحقیق مؤید این مطلب است که بدون حضور متغیرهای پنهان ریسک در الگو، مقدار زیان‌های مورد انتظار و غیرقابل انتظار سبد تسهیلات اعطایی بانک کمتر از مقدار واقعی برآورد می‌شود. بنابراین درنظر گرفتن متغیرهای پنهان ریسک به بخش مدیریت ریسک بانک این امکان را می‌دهد که تأثیر عامل‌های پنهان و مؤثر بر نکول مشتریان بانک را در مدل منظور کرده و تخمین دقیق‌تری را برای توزیع زیان به‌دست دهد و در نتیجه آن، برآوردهای موجهی را برای زیان‌های انتظاری و غیرانتظاری محاسبه کند.

با محاسبه دقیق‌تر زیان‌های مورد انتظار و غیرقابل انتظار، مدیریت ریسک این امکان را می‌یابد که با اطمینان بیشتری به ذخیره سرمایه قانونی و سرمایه احتیاطی بپردازد و همچنین با توجه به برآورد زیان در افق‌های زمانی متفاوت در میزان وجوه اعطایی تسهیلات بخش‌های مختلف اقتصادی، تصمیم بهینه‌ای را اتخاذ کند و مانع از زیان بالا یا ورشکستگی بانک شود.

نتیجه مهم دیگر این تحقیق این است که با افزایش شاخص تولید ناخالص داخلی، میزان نکول وام‌ها کاهش یافته و در نتیجه آن رشد سبد وام افزایش می‌یابد. تأثیر شاخص تولید ناخالص داخلی بر نرخ نکول در اکثر بخش‌ها با اهمیت و معنادار است، لیکن تأثیر آن بر رشد سبد وام کوچک‌تر از تأثیر آن بر نرخ نکول است. از دیگر نتایج این است که نکول مشتریان بانک موردنظر در بخش صنعت و معدن، از سایر بخش‌ها بیشتر است و نکول مشتریان بخش ساختمان و مسکن در سال ۱۳۸۷ نسبت به سال‌های قبل از آن افزایش یافته که به‌نظر می‌رسد یکی از مهم‌ترین دلایل آن شروع رکود در بازار مسکن در این سال بوده است.