



آزمون بحران ریسک اعتباری در سیستم بانکی

حسین صدقی^۱

ho.sedghi@cbi.ir

چکیده

این مقاله با بکارگیری یک تکنیک شبیه سازی، نرخ نکول وام و زیان ناشی از وامهای معوق (و در نتیجه ریسک اعتباری) را در سیستم بانکی کشور در شرایط بحرانی فرضی پیش‌بینی می‌کند. در واقع هدف این تحقیق، انجام یک آزمون بحران یا استرس^۲ در خصوص ریسک اعتباری برای سیستم بانکی کشور می‌باشد. در این تحقیق، تولید ناخالص داخلی (بدون نفت) و نرخ سود بانکی، متغیرهایی هستند که برای تعریف شوک و تأثیر آنها بر سیستم و به منظور انجام آزمون بحران (یا استرس) مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین، در ابتدا رفتار نرخ نکول وام در برابر تغییرات شرایط اقتصاد کلان و ابزار سیاست پولی (نرخ سود) تخمین زده می‌شود. برای این منظور، با تخمین یک مدل خود رگرسیون برداری (VAR)^۳، مشخص گردید که نرخ نکول وام که در این مطالعه به عنوان شاخص ریسک اعتباری بانک‌ها در نظر گرفته شده است، با نرخ نکول دوره های قبل همبستگی مثبت معناداری دارد. به علاوه، میزان نکول وامها با تغییر در نرخ رشد اقتصادی و نرخ بهره بانکی نیز تغییر می‌کند. سپس با استفاده از نوع واکنش‌های تعیین شده در مدل VAR، تغییرات نرخ نکول وام در آینده با استفاده از یک تکنیک شبیه سازی تصادفی، شبیه سازی و پیش‌بینی گردید. نتایج شبیه سازی نشان می‌دهد که سیستم بانکی در برابر شوک های فرضی از جمله شوک منفی به نرخ رشد اقتصادی و کاهش سود تسهیلات، واکنش معناداری نشان می‌دهد. همچنین، در این مطالعه، با استفاده از مفهوم ارزش در معرض خطر (VaR)^۴، نوع سیاست های احتیاطی و نحوه پوشش ریسک اعتباری توسط بانک‌ها نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد.

واژه های کلیدی: آزمون بحران (استرس)، ریسک اعتباری، نکول وام، شبیه سازی

^۲Stress testing

^۳Vector autoregressive

^۴Value at Risk

^۱ دکترای اقتصاد مالی، اداره مطالعات و مقررات بانکی، بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، تهران، ایران. ۰۹۱۲۵۴۴۷۲۹۷



یکی از روشهای تجزیه و تحلیل یک سیستم مالی، ارزیابی آسیب پذیری آن در برابر شوکهای بزرگ اقتصادی است. در این نوع تحلیل، مقاومت سیستم مالی در برابر شوکهای غیر معمول، که در شرایط بحران و یا تغییر وضعیت جدی شرایط اقتصادی اتفاق می افتد، آزمون می شود. این نوع تحلیل را "آزمون بحران یا استرس"^۵ می نامند (بلیشک و دیگران، ۲۰۰۱؛ سورج، ۲۰۰۴). در آزمون بحران، "بحران" یک شوک اقتصادی است که معمولاً توسط مسئولان اقتصادی بر اساس شرایط و ساختار اقتصادی یک کشور تعریف و تحت یک نوع سناریوی تغییر مطرح می شود. در واقع هدف در فرایند "آزمون بحران" بررسی رفتار سیستم مالی (مثلاً سیستم بانکی) تحت شرایط سناریوهای از قبل تعریف شده است. این آزمون از جمله روشهای تجزیه و تحلیل سیستمهای مالی و ثبات مالی به حساب می آید (لوپز، ۲۰۰۵؛ سورج، ۲۰۰۴). این روش همچنین به فهم رابطه بین شرایط اقتصادی و سیستم مالی و اثراتی که شوکهای اقتصادی می توانند بر سیستم مالی داشته باشند، کمک شایانی می کند.

براساس مطالعات انجام شده^۶، شرایط بد اقتصادی یکی از عوامل اصلی تضعیف وضعیت مالی بانکها می باشد. بنابراین، مسئولان اقتصادی علاقه مند هستند که نحوه تعامل شرایط اقتصاد کلان و سیستم مالی را بررسی کرده تا اینکه دریابند تا چه اندازه سیستم مالی در شرایط بحرانی می تواند از خود مقاومت نشان داده و باعث حفظ ثبات مالی شود.

روش "آزمون بحران" یک روش جدید تجزیه و تحلیل ثبات سیستمهای مالی می باشد (داورن و دیگران، ۲۰۱۰). در روشهای اولیه این آزمون که توسط صندوق بین المللی پول^۷ در طرحهای ارزیابی سیستم مالی^۸ این صندوق مورد استفاده قرار گرفته، تنها اثر یک متغیر اقتصادی روی ترانزنامه بانکها مورد مطالعه قرار می گرفته است (هگارت و دیگران، ۲۰۰۵). عیب این روش این است که تعامل بین متغیرهای مختلف اقتصادی را در نظر نمی گیرد. بنابراین مطالعات جدیدتر^۹ از مدلهای خود رگرسیون برداری (VAR)^{۱۰} استفاده می کنند تا بدین وسیله تعامل بین متغیرها نیز در نظر گرفته شود.

⁵Stress-testing

^۶برای مثال، مطالعه (Gavin and Hausmann (1995)

⁷International Monetary Fund (IMF)

⁸ Financial System Assessment Programmes

^۹برای مثال مطالعه (Hoggarth *et al.* (2005b)

¹⁰Vector autoregressive



هدف از انجام این مطالعه، تجزیه و تحلیل اثرات شوکهای اقتصادی و مالی بر زیان احتمالی بانکها است تا بدین وسیله مقاومت سیستم بانکی در برابر شوکها مورد بررسی قرار گیرد. در واقع، مطالعه حاضر بدنبال اینست که نحوه تأثیر متغیرهای کلان اقتصادی را بر سیستم بانکی مشخص کرده و سپس تعیین شود که اگر شرایط اقتصاد کلان بر طبق سناریوهای فرضی تغییر کند، چه تأثیری روی وضعیت مالی سیستم بانکی خواهد داشت. در این مطالعه از نرخ نکول^{۱۱} وام به عنوان شاخص زیان احتمالی بانکها استفاده می‌شود. این فاکتور می‌تواند وضعیت مالی بانکها را تحت تأثیر قرار دهد.

ادامه این مقاله مشتمل بر قسمتهای زیر است. بخش ۳، روش تحقیق و مدل مورد استفاده در این مقاله را تبیین می‌کند. بخش ۴، به توضیح تخمین مدل می‌پردازد. بخش ۵، نتایج تخمین را نشان می‌دهد. بخش ۶، نتایج شبیه سازی انجام شده را توضیح داده و بخش ۷ به نتیجه گیری این تحقیق می‌پردازد.

۲- روش تحقیق و تبیین مدل

برای انجام "آزمون بحران" ابتدا یک مدل کاربردی اقتصاد سنجی جهت یافتن ارتباط بین نرخ نکول وام و متغیرهای اقتصادی تخمین زده می‌شود و سپس بر اساس پارامترهای (روابط) تخمین زده شده در مدل، میزان نکول وام بانکها برای سه دوره (فصل) آینده پس از آخرین زمان داده های موجود از طریق یک تکنیک "شبیه سازی احتمالات وقوع"^{۱۲}، پیش‌بینی می‌شود. واژه خطا^{۱۳} در مدل، عامل رفتار تصادفی متغیرها و در نتیجه ایجاد "احتمال وقوع" می‌باشد. بنابراین در این تحقیق، بر خلاف بعضی از مطالعات که واژه خطا را در فرایند شبیه سازی صفر فرض می‌کنند، به واژه خطا اجازه داده می‌شود که ارزشهایی را بطور تصادفی دریافت کند و از این طریق احتمال وقوع هر سناریو و تأثیرات آن بر نرخ نکول وام بانکها مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای این کار، واژه خطا باید از یک توزیع احتمال آماری پیروی کند. معمولاً از توزیع نرمال به عنوان توزیعی که رفتار واژه خطا را توضیح می‌دهد استفاده می‌شود. اما در مطالعه حاضر از توزیع آلفای معتدل شده^{۱۴} استفاده می‌شود که مزیت آن نسبت به توزیع نرمال در زیر توضیح داده می‌شود. علاوه بر این، از دیگر ویژگی تحقیق حاضر اینست که در آن از روش شبیه سازی احتمال وقوع استفاده می‌شود. تجزیه و تحلیل و پیش‌بینی رفتار تصادفی یک متغیر یا یک سیستم

در شرایط خاص، کار مشکلی است. روش شبیه سازی احتمالات وقوع، راه حلی برای این مشکل می‌باشد. علاوه بر این، شبیه سازی این امکان را فراهم می‌کند که یک سیستم را تحت شرایط مختلفی مورد تجزیه و تحلیل قرار داد.

¹¹Default rate

¹²Stochastic simulation

¹³Error term

¹⁴Tempered alpha-stable distribution



بنابراین، بجای استفاده از رویکرد "بهترین تخمین" برای رفتار یک سیستم، می توان رفتار آن سیستم را تحت شرایط و سناریوهای مختلف مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار داد. این روش شبیه سازی، امکان ایجاد توزیع احتمال زیان بانکها را فراهم می کند و در نتیجه نشان می دهد که در هر سناریو، زیان بانکها با چه احتمالی ممکن است در آینده اتفاق بیافتد.

۱.۱. توزیع آلفای معتدل شده^{۱۵}

مقادیر خارج از روند و غیر معمول در سری زمانی بعضی از متغیرهای اقتصادی و بخصوص متغیرهای مالی باعث ایجاد دنباله های ضخیم^{۱۶} در توزیع داده ها می شود. یک توزیع آماری وقتی دارای دنباله های ضخیمتری نسبت به توزیع نرمال است که تعداد زیادتری از داده ها از میانگین توزیع دور افتاده باشند و این تعداد بیشتر از آن چیزی است که در توزیع نرمال اتفاق می افتد (الن و دیگران، ۲۰۰۴). در واقع، توزیع نرمال یک توزیع آماری است که با دنباله های باریک^{۱۷} شناخته می شود و لذا جهت توصیف توزیع داده هایی که دارای دنباله های ضخیم هستند مناسب به نظر نمی رسد. بنابراین برای این نوع داده ها باید از توزیع های غیر نرمال استفاده کرد (راشو و میتنیک، ۲۰۰۰). یکی از توزیع های غیر نرمال، توزیع آلفای ثابت^{۱۸} است. یک متغیر تصادفی X وقتی ثابت است که برای یک عدد مثبت B و یک عدد حقیقی D ، $X_1 + X_2$ دارای توزیع یکسان با توزیع $B \cdot X + D$ می باشد. X_1 و X_2 کپی های مستقلی از X هستند و بنابراین X بطور نامحدود تقسیم پذیر است (سمروندیسکی و تقوو، ۱۹۹۴).

مشکل توزیع آلفای ثابت اینست که گشتاور دوم^{۱۹} آن، در ازای برخی از ارزشهای پارامترهای این توزیع، نامحدود می شود. برای غلبه بر این مشکل توزیع آلفای معتدل شده معرفی شد. در این توزیع همه گشتاورها محدود بوده و در عین حال داری دنباله های ضخیمتری نسبت به توزیع نرمال و دنباله های متعادل تری نسبت به توزیع آلفای ثابت دارد. توزیع آلفای معتدل شده داری پارامتری است که دنباله های توزیع آلفای ثابت را طوری متعادل کرده که گشتاور دوم آن را محدود^{۲۰} می کند^{۲۱}. بنابراین توزیع آلفای معتدل شده بهتر می تواند داده ها با دنباله های ضخیم (مانند تورم یا

¹⁵Tempered stable distributions

¹⁶Fat tails

¹⁷Thin tails

¹⁸Alpha-stable distribution

¹⁹Second moment

²⁰Finite

²¹توابع ریاضی این توزیع، به دلیل حجم آن ها در این مقاله ارائه نشده است.



نرخ سود بانکی در کشورهای در حال توسعه) را توضیح دهد و از اینرو در این مقاله از این توزیع برای مدل سازی توزیع آماری بعضی از متغیرها استفاده می‌شود.

۱.۲. تبیین مدل

به منظور تخمین رابطه بین نرخ نکول وام و شرایط اقتصادی، در این تحقیق از یک مدل خودرگرسیون برداری^{۲۲} (VAR) استفاده می‌شود. مدل VAR، ابزار مفیدی برای پیش‌بینی پویایی بین داده‌های اقتصادی و مالی، می‌باشد. این مدل بصورت گسترده برای توضیح و تخمین تعاملات پیچیده که بین متغیرها وجود دارد مورد استفاده قرار می‌گیرد (سیمس، ۱۹۸۰). علاوه

بر این، در این نوع مدل می‌توان تأثیر شوکهای غیر منتظره را روی متغیرها، مورد مطالعه قرار داد. علاوه بر این، هگارت و دیگران (۲۰۰۵ب) بر این اعتقاد هستند که برای مطالعه تأثیر شرایط اقتصاد کلان بر وضعیت مالی سیستم بانکی بهتر است که از مدل VAR استفاده کرد. دلیل این امر اینست که معمولا روابط بین متغیرهای بانکی و متغیرهای مربوط به اقتصاد کلان، پیچیده و دارای یک نوع پویایی است که تخمین این روابط را می‌توان با استفاده از مدل‌های VAR به بهترین شکل انجام داد.

از آنجایی که هدف از تحقیق حاضر بررسی اثر شوکهای اقتصادی و مالی روی وضعیت مالی بانکها است، و معمولا در مطالعات استاندارد از متغیرهای مطرح شده در تحقیق حاضر، به عنوان متغیرهای تأثیر گذار روی نرخ نکول وام بانکها و در نتیجه وضعیت مالی آنها، استفاده می‌شود، مدل‌های (۱) و (۲) برای تخمین طراحی شد. سپس از نتایج تخمین این مدل، برای شبیه سازی و پیش‌بینی رفتار نرخ نکول وام در آینده استفاده می‌گردد. برای تعریف نرخ نکول وام از میزان وامهای سررسید گذشته و معوق بانکهای کشور استفاده می‌شود. بدین صورت که در این مطالعه نرخ نکول به عنوان نسبت وامهای سررسید گذشته و معوق سیستم بانکی به کل وام سیستم بانکی تعریف شد. به منظور ارتباط دادن شرایط اقتصادی به نرخ نکول وام در مدل، نرخ واقعی رشد اقتصاد (GDP)، تغییر در سطح عمومی قیمت‌ها

²²Vector autoregressive (VAR)



(INF) و نرخ واقعی سود بانکی (R)، تغییرات نرخ نکول (PD) و همچنین نرخ واقعی رشد وام (L) در مدل

خود رگرسیونی برداری این مقاله مورد استفاده قرار گرفت^{۳۳}.

بطور خلاصه مدل VAR به شکل زیر تشکیل داده شد:

$$PD_t = c_1 + \gamma_1 PD_{t-1} + \dots + \gamma_q PD_{t-q} + b_1 x_{t-1} + \dots + b_q x_{t-q} + \varepsilon_{1t} \quad (1)$$

$$x_t = c_2 + \alpha_1 x_{t-1} + \dots + \alpha_q x_{t-q} + \delta_1 PD_{t-1} + \dots + \delta_q PD_{t-q} + v_t \quad (2)$$

c_1 و $c_2 = (c_{12}, c_{22}, c_{32}, c_{42})'$ و α و δ واژه های ثابت معادلات هستند. x_t بردار متغیرهای اقتصادی (که در بالا توضیح داده شد). ε_{1t} و $v_t = (\varepsilon_{2t}, \varepsilon_{3t}, \varepsilon_{4t}, \varepsilon_{5t})'$ نشان دهنده متغیر اخلال (خطا) می باشند که فرض بر اینست که بصورت سریالی همبستگی ندارند. برای شبیه سازی، نیاز داریم که توزیعی را برای واژه خطا در نظر بگیریم که از آن پیروی کند، البته با فرض اینکه بگوییم واژه خطا یک رفتار تصادفی دارد. برای این مقاله فرض بر این است که متغیر ε_{4t} و ε_{5t} از توزیع آلفای معتدل شده پیروی می کنند^{۳۴} و بقیه خطاهای معادلات (۱) و (۲) از توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس-کوواریانس Σ (تخمین زده شده در مدل) پیروی می کنند. فرض کنید که ماتریس کلیه خطاهای معادلات را با $e_t = \begin{pmatrix} \varepsilon_{1t} \\ v_t \end{pmatrix}$ تعریف کنیم. این مقاله فرض می کند که همه خطاها از طریق ماتریس واریانس-کوواریانس Σ_e با هم همبستگی و ارتباط دارند. این فرض بدین معنی است که اعداد غیر قطری ماتریس، اعداد غیر صفر هستند. این فرض این امکان را فراهم می کند که تغییرات یک متغیر روی متغیرهای دیگر هم اثر بگذارد. میزان این تأثیر، بستگی به پارامترهای تخمین زده شده معادلات (۱) و (۲) دارد.

۱.۳. شبیه سازی نرخ نکول وام بانکها در شرایط بحران (استرس)

با تعریف سناریوهای اقتصادی و با قرار دادن ارزشهای تعریف شده در این سناریوها در معادلات تخمین زده شده (۱) و (۲) فرض صفر بودن واژه اخلال یا خطا، می توان رفتار متغیرها را برای آینده پیش بینی کرد. اما در این روش، احتمال وقوع در هر سناریو در نظر گرفته نمی شود و در نتیجه عدم قطعیت که جزء ضروری هر پیش بینی است مورد توجه قرار نمی گیرد. به منظور رفع این مشکل، در این مقاله، واژه اخلال در تخمین، صفر فرض نمی شود. ولی سؤال

^{۳۳} سریهای زمانی مربوط به متغیرها از بانک داده های اقتصادی بانک مرکزی اتخاذ شده است.

^{۳۴} ε_{4t} و ε_{5t} در واقع خطاهای مربوط به معادلات تغییرات سطح عمومی قیمت ها و نرخ واقعی سود بانکی در مدل VAR می باشند.



این است که خطای تخمین (یا واژه اخلاص یا خطا) چه مقادیری را باید بخود بگیرد؟ این سوال را می توان با این فرض که رفتار خطاها از یک توزیع آماری پیروی می کند جواب داد.

بعد از تخمین مدل، دو حالت کلی برای شبیه سازی در نظر گرفته شد. حالت اول حالتی است که نرخ نکول وام برای سه دوره فصلی آینده بعد از آخرین تاریخ مشاهدات، شبیه سازی شده و پیش بینی می شود؛ بدون اینکه مدل بوسیله شوکهای اقتصادی (یا استرس) تحت تأثیر قرار بگیرد. این حالت را "شبیه سازی در شرایط عادی" یا "مدل پایه" می نامیم. در حالت دوم به سیستم شوک (استرس) وارد می شود تا واکنش سیستم بانکی در برابر شوکها آزمون شود و بنابراین میزان مقاومت در برابر شرایط بحرانی (استرس) مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گیرد. مراحل بکار گرفته شده برای انجام شبیه سازی در شرایط عادی (مدل پایه) به شرح زیر می باشد:

۱. یک بردار $(K \times 1)$ حاوی متغیر تصادفی حاصل از توزیع های نرمال استاندارد و توزیع آلفای معتدل شده ایجاد گردید. بنابراین، این یک بردار ستونی است که شامل K (تعداد متغیرهای بکار رفته شده در مدل VAR می باشد) عدد تصادفی حاصل از این توزیع ها می باشد^{۲۵}. این بردار نماینده ای از مقادیری است که واژه خطا می تواند در زمان $t+1$ به خود بگیرد. یا به عبارت دیگر، این اعداد مقادیر تصادفی است، که در بخش ۳،۲ تعریف شد و e_{t+1} می تواند در آینده اتخاذ کند. سپس تجزیه چولسکی^{۲۶} از ماتریس واریانس-کوواریانس مدل، در e_{t+1} ضرب شده و ماتریس u_{t+1} بدست می آید. بدین وسیله، نوع و تأثیر همبستگی موجود بین متغیرها نیز در فرایند شبیه سازی وارد می شود.

۲. برای یک شبیه سازی، شرایط اولیه باید تعریف شود. در این مقاله، از آخرین مشاهدات سریهای زمانی بکار رفته شده برای تخمین مدل VAR، به عنوان شرایط اولیه و شروع فرایند شبیه سازی و پیش بینی استفاده می شود. با استفاده از u_{t+1} و آخرین مشاهدات سریهای زمانی داده ها و معادلات تخمین زده شده (۱) و (۲)، ارزش متغیرها برای یک دوره آینده، یعنی برای دوره $t+1$ ، محاسبه می شوند. برای دوره دوم پیش بینی، بردار دومی از متغیرهای تصادفی بصورت مستقل، با استفاده از توزیع های آماری ایجاد شده و به عنوان e_{t+2} استفاده می شود و با کمک مقادیر پیش بینی شده در دوره $t+1$ ، مقادیر $t+2$ پیش بینی می شوند. این کار را می توان تا آخرین دوره پیش بینی، یعنی دوره سوم انجام داد. با انجام ده هزار مرتبه تکرار محاسبه برای چنین

^{۲۵} برنامه ایجاد اعداد تصادفی بوسیله توزیع آلفای معتدل شده، توسط کرمزا و ماکاروا (۲۰۱۰) در گاوس (Gauss) ایجاد شده و در برنامه شبیه سازی تهیه شده توسط محقق استفاده گردید.

^{۲۶}Cholesky decomposition



مسیری (از $t+1$ تا $t+3$) با کمک تکنیک شبیه سازی، یک توزیع فراوانی برای متغیرها می توان ایجاد کرد. این توزیع، رفتارهای احتمالی یک متغیر (مثلا نرخ نکول وام) را در آینده نشان می دهد.

در مراحل بالا که شبیه سازی در شرایط عادی یا مدل پایه را نشان می دهد هیچ گونه شوکی به سیستم تحمیل نشده و لذا نتایج حاصل از پیش بینی نشان دهنده رفتارهای متفاوت و احتمالی است که متغیرهای سیستم می تواند در آینده از خود نشان دهند. در مرحله بعد، هدف اینست که شبیه سازی رفتار نرخ نکول وام تحت سناریوهای بحران (یا استرس) انجام شود. سناریوهای استرس سناریوهایی هستند که شوکهای اقتصادی در آن تعریف شده و رفتار سیستم تحت تأثیر این شوکها یا استرسها مورد مطالعه قرار می گیرند. این مرحله را آزمون بحران (استرس) می نامند. سناریوهای استرس در تحقیق حاضر به صورت فرضی تعریف شد. در عین حال، این به معنای غیر واقعی بودن سناریوهای شوک نیست. بطور کلی، یک روش برای تعاریف سناریوهای شوک اینست که شوک به صورت فرضی و منطقی تعریف شوند. جدول ۱ نشان دهنده شوکهای وارد شده به دو متغیر رشد واقعی اقتصادی (GDP) و نرخ واقعی سود بانکی است. چون دوره پیش بینی در این مقاله، سه دوره (فصل) است، شوکها نیز برای سه فصل در این جدول تعریف شده اند.

جدول ۱: سناریوهای شوک (استرس)

تغییر در نرخ واقعی			تغییر در رشد اقتصادی			
سود			(GDP)			
دوره زمانی	۱	۲	۳	۱	۲	۳
	-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۰۲	-۰/۰۱

روش انجام شبیه سازی و پیش بینی نرخ نکول وام در شرایط بحران یا استرس (که در جدول ۱ تعریف شده است) به شرح زیر می باشد:

۱. ابتدا شوکهای تعریف شده در جدول ۱ باید به سیستم وارد شوند تا اثرات آنها مورد بررسی قرار گیرد. برای اینکار دو ستون ماتریس U که مربوط به اعداد تصادفی مربوط به خطاهای معادلات GDP و نرخ واقعی سود در مدل VAR هستند را با مقادیر تعریف شده در جدول ۱ تغییر می دهیم. به نحوی که $u_{t+1}^S =$



$S.u_{t+1} + S$ مقادیر تعریف شده شوک یا استرس در جدول ۱ است. بنابراین u_{t+1}^S نشان دهنده مقادیر خطایی است که تحت تأثیر بحران یا استرس قرار گرفته و برای پیش‌بینی زمان $t+1$ مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲. برای پیش‌بینی متغیرها به خصوص متغیر نرخ نکول وام، به همان روش شبیه سازی در شرایط عادی عمل کرده، با این تفاوت که به جای u_{t+1} از u_{t+1}^S استفاده می‌شود.

هنگامی که یک ستون یا یک عدد در ماتریس U ، با مقادیر شوک تغییر کند، این تغییر بر روی همه متغیرها تأثیر می‌گذارد زیرا همه اعداد ماتریس واریانس-کوواریانس Σ_e غیر صفر هستند و بنابراین متغیرها با هم همبستگی دارند. همانطور که در شبیه سازی در شرایط عادی انجام شد، پیش‌بینی برای دوره $t+1$ تا $t+3$ ، ده هزار مرتبه با استفاده از تکنیک شبیه سازی تکرار شد. در نتیجه ده هزار پیش‌بینی داریم که هر کدام یک ارزشی را برای متغیر مورد نظر (نرخ نکول وام) ارائه می‌دهند که در نهایت باعث می‌شود که احتمال وقوع هر کدام مشخص باشد.

۲- تخمین مدل VAR

قبل از تخمین مدل، نیاز است که مانایی^{۲۷} داده‌ها مورد آزمون قرار بگیرد. اگر سریهای زمانی دارای ریشه واحد باشند، میانگین و واریانس آنها در طول زمان ثابت نخواهد بود و این ویژگی موجب می‌شود که نتایج تخمین قابل اتکا نبوده و آماره‌های t و نیکویی برازش^{۲۸} تخمین، بصورت کاذب بالا باشند. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق، شامل تغییرات نرخ نکول وام (PD)، نرخ واقعی رشد اقتصاد (GDP)، نرخ واقعی رشد تسهیلات یا وام (L)، تغییرات شاخص عمومی سطح قیمت‌ها (INF) و نرخ واقعی سود بانکی (R) (نرخ سود تسهیلات) است. دامنه سری زمانی، داده‌های فصلی از سال ۱۳۷۸ تا فصل اول سال ۱۳۹۳ می‌باشد. برای آزمون ریشه واحد از آزمون دیکی-فولر (ADF) استفاده شد. نتایج این آزمون در جدول ۲ آمده است.

²⁷Stationarity

²⁸Goodness of fit



جدول ۲: نتایج آزمون ریشه واحد

متغیر	احتمال	آماره t
PD	۰/۰۵۸	-۳/۷۴
GDP	۰/۰۵۵	-۲/۸۰
L	۰/۰۰۷۸	-۳/۶۳
INF	۰	-۴/۲۳
R	۰/۰۰۸۲	-۳/۶۲

۲. نتایج تخمین مدل

در این بخش بطور خلاصه نتایج تخمین مدل توضیح داده می‌شود. انتظار می‌رود که افزایش در رشد اقتصادی موجب کاهش نرخ نکول وامها شود زیرا در چنین شرایطی سطح درآمد ملی بالاتر می‌رود. نتایج بدست آمده این انتظار را برآورد می‌کند، بطوری که نرخ رشد اقتصادی در دوره قبل باعث کاهش نرخ نکول وام در دوره جاری می‌شود. نرخ نکول وام دارای همبستگی مثبت با دوره های قبل خود دارد بدین معنی که میزان وامهای معوق دوره های قبل تأثیر مثبت در نرخ نکول وام در دوره جاری دارد.

در رابطه با تأثیر تغییرات نرخ بهره روی نرخ نکول وام، نتایج نشان دهنده این امر است که با کاهش نرخ سود بانکی نرخ نکول وام افزایش می‌یابد. دلیل احتمالی اینست که با نرخ سود پایین‌تر، تسهیلات ارزانتری در اختیار وام گیرندگان قرار می‌گیرد و با افزایش میزان و حجم وامها میزان وام های نکول شده هم بالا می‌رود. رابطه تخمین زده شده در معادله مربوط به تغییرات میزان وام بانکها با میزان نرخ سود بانکی، مؤید این امر می‌باشد.

۳. نتایج شبیه سازی

با استفاده از تکنیک شبیه سازی که در بخش ۱،۳ توضیح داده شد، فرایند شبیه سازی انجام شده و خلاصه‌ای از نتایج اصلی آن در جدول ۳ آمده است. از آنجایی که در شبیه سازی، یک پیش‌بینی برای دوره $t+1$ تا $t+3$ ، ده هزار مرتبه تکرار شد، نتیجه حاصل، یک توزیع فراوانی برای متغیرها در هر دوره پیش‌بینی است. جدول ۳ آمار این توزیع را



همایش مدیریت ریسک و مهندسی مالی

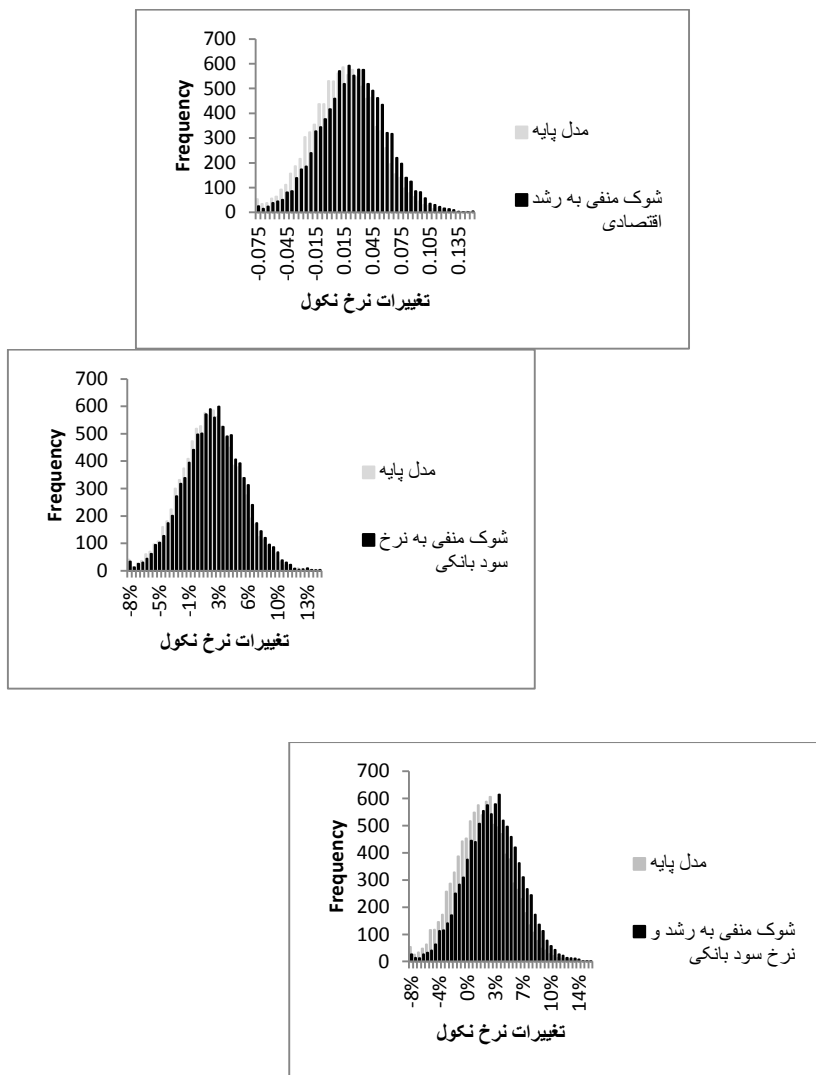
برای زمان آخر پیش‌بینی یعنی زمان $t+3$ نشان می‌دهد. این آمار شامل میانگین و صدکهای ۲۹^{۲۹} و ۹۹^{۲۹} است. این صدکها در واقع نشان دهنده سطح اطمینان وقوع یک حالت فوق العاده است. به عنوان مثال، سطح اطمینان ۹۵٪ نشان می‌دهد که میزان یک متغیر فقط در ۵٪ موارد بالاتر از میزانی است که سطح اطمینان ۹۵٪ نشان می‌دهد. در شبیه سازی در شرایط عادی که شوکی به سیستم وارد نشد، نرخ مورد انتظار نکول وامها در سیستم بانکی در زمان $t+3$ برابر است با ۱/۴ درصد. با اعمال و وارد کردن استرس به سیستم از طریق کاهش GDP، نرخ نکول وام مورد انتظار افزایش یافته و به ۲/۲ درصد می‌رسد. جدول ۳ همچنین نشان می‌دهد که حداکثر نرخ نکول مورد انتظار در سطح اطمینان ۹۹٪ به ترتیب برای سناریوهای شرایط عادی و شوک منفی به GDP عبارت است از ۹/۵ و ۱۱ درصد. این بدان معنی است که در سناریوی شوک بر GDP، نرخ نکول وام افزایش می‌یابد.

جدول ۳: آمار اصلی نرخ نکول شبیه سازی شده. سطوح اطمینان، نشان دهنده صدکهای توزیع احتمال مربوط به آن سطوح می‌باشند

مدل پایه			شوک به نرخ واقعی سود بانکی			شوک به GDP			شوک به سود بانکی و GDP		
سطح	سطح	میانگین	سطح	سطح	میانگین	سطح	سطح	میانگین	سطح	سطح	میانگین
سطح اطمینان ۹۹٪	سطح اطمینان ۹۵٪	میانگین	سطح اطمینان ۹۹٪	سطح اطمینان ۹۵٪	میانگین	سطح اطمینان ۹۹٪	سطح اطمینان ۹۵٪	میانگین	سطح اطمینان ۹۹٪	سطح اطمینان ۹۵٪	میانگین
۹/۵٪	۷/۲٪	۱/۴٪	۹/۸٪	۷/۵٪	۱/۷٪	۱۱٪	۸٪	۲/۲٪	۱۰٪	۸/۱٪	۲/۴٪

به منظور توضیح بیشتر، توزیعهای احتمال نرخ نکول وام در شکل ۱ آمده است. این شکل نشان می‌دهد که با وارد کردن شوک منفی به GDP، توزیع نرخ نکول وام به سمت راست منتقل می‌شود. این بدین معنی است که نرخ بالاتری از وامها با احتمال بالاتری نسبت به شرایط عادی نکول می‌شوند. در این مقاله، همانطور که جدول ۲ نشان می‌دهد، شوک یا استرس وارد شده به نرخ واقعی سود بانکی بطور کلی به معنای کاهش نرخ بهره می‌باشد و لذا نتایج حاصل از این شوک نتیجه کاهش نرخ بهره بوده که این کاهش نرخ بهره را میتوان به عنوان سیاست پولی انبساطی تعبیر کرد. طبق شکل ۱، با وارد کردن شوک منفی به نرخ واقعی سود بانکی، فراوانی نرخ نکول بالاتر از نرخهای نکول در شرایط عادی، بیشتر می‌شود. به عبارت دیگر، توزیع به سمت راست منتقل می‌شود.

²⁹percentiles



شکل ۱: توزیع فراوانی نرخ نکول وام تحت شرایط عادی و سه سناریوی استرس

ارزش در معرض خطر یا Var^{30} روشی است که مقامات بانکی جهت محاسبه ریسک (که همان بدترین شرایط ممکن در هر سناریو است) از آن استفاده می کنند و در نتیجه این متغیر، نشان دهنده حداکثر زیان مورد انتظار در یک سطح اطمینان مشخص (مثلاً ۹۹٪) است (جوریون، ۲۰۰۷). این شاخص، اطلاعاتی را در مورد زیان احتمالی آینده بدست می دهد و بنابراین به بانکها کمک می کند که میزان سرمایه بیشتری را برای احتیاط بیشتر نگهداری کنند. در میان روشهای مختلف Var ، روش شبیه سازی مونت کارلو (Monte Carlo) یک روش قدرتمند و انعطاف پذیر برای محاسبه Var است (جوریون، ۲۰۰۷). در این روش پس از ایجاد توزیعیهای احتمال یک متغیر توسط شبیه سازی، Var به عنوان یک صدک مشخص از آن توزیع می باشد (الن و دیگران، ۲۰۰۴؛ جوریون، ۲۰۰۷؛ نوستی، ۲۰۰۶).

³⁰ Value at risk



بر اساس این روش در این مقاله پس از محاسبه توزیعهای احتمال نرخ نکول وام، VaR به عنوان صدک ۹۵ و ۹۹ ام این توزیعها محاسبه شد. کاربرد اصلی این ابزار در تدوین سیاستهای نظارت مبتنی بر ریسک بانکهای مرکزی می باشد. این مفهوم در واقع در جدول ۳ تحت عنوان سطوح اطمینان نشان داده شده است. در واقع اعداد مزبور ذیل هر یک از سطوح اطمینان مطرح شده در جدول ۳ نشان دهنده حداکثر نرخ نکول در سطح اطمینان مورد نظر است که می تواند برای تدوین سیاست های لازم در آینده مورد استفاده قرار گیرد.

کفایت سرمایه^{۳۱} برای بانکها یکی از مهمترین ابزارها و روشهای حفظ توانایی مالی و مدیریت ریسک بانکها می باشد. سرمایه موجود در بانک می تواند اثرات ناشی از شوکهای اقتصادی را جذب کرده و اجازه ندهد که بانک نسبت به شوکها بسیار آسیب پذیر باشد. بنابراین می توان زیان محاسبه شده به وسیله VaR را با میزان سرمایه موجود در سیستم بانکی مقایسه کرد تا بررسی شود تا چه حد میزان سرمایه برای پوشش زیان احتمالی کافی است و در نتیجه میزان آسیب پذیری سیستم بانکی بدینوسیله مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار می گیرد.

۴. نتیجه گیری

تحقیق حاضر با به کار بردن یک تکنیک شبیه سازی، میزان آسیب پذیری سیستم بانکی را در برابر سه سناریوی استرس (یا شوک) یعنی کاهش ناگهانی GDP و کاهش نرخ سود بانکی بصورت مستقل و ترکیب این دو سناریو با یکدیگر مورد بررسی قرار می دهد.

نتایج شبیه سازی شده نشان می دهد که سیستم بانکی از شوک منفی به GDP آسیب می پذیرد. آسیب وارده به سیستم بانکی از طریق افزایش احتمال وقوع نرخهای بالاتر نکول وام نسبت به شرایط عادی (یا شرایط بدون بحران) خواهد بود. کاهش نرخ واقعی سود بانکی ممکن است تأثیرات متفاوتی روی نرخ نکول وام و سیستم بانکی کشورها داشته باشد. در تحقیق حاضر، نتایج تخمین مدل نشان می دهد که کاهش نرخ واقعی سود بانکی می تواند دفعات وقوع نکول های زیاد وام را افزایش دهد. این نوع سیاست انبساطی، از طریق افزایش میزان وامهای اعطایی، میزان وامهای سرسید شده و معوق را افزایش داده و بنابراین رشد نکول وامها را افزایش می دهد. ترکیب دو سناریوی شوک نیز باعث رشد مثبت نرخ نکول وام بانکها می شود.

با محاسبه رشد نرخ نکول متناظر با سطوح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد که همان اندازه گیری حداکثر رشد نرخ نکول وامها با استفاده از مفهوم ارزش در معرض خطر (VaR) است، میزان حداکثر رشد در نرخ نکول وامها با توجه به

³¹Capital adequacy



سطح اطمینان مورد نظر، برای هر یک از سناریوهای شوک محاسبه گردید. نتایج بدست آمده در این قسمت برای مسئولان سیستم بانکی بسیار مفید خواهد بود زیرا این امکان را به آنها می‌دهد که حداکثر زیان ناشی از سناریوها را بررسی کرده و برای اتخاذ سیاستهای احتیاطی کلان و ثبات مالی کل سیستم از این نتایج استفاده کرده و سیاستهای احتیاطی لازم را اتخاذ کنند.

منابع و مؤاخذ

- بانک مرکزی ج.ا.ا.، (۱۳۹۲)، رهنمود انجام آزمون بحران، <http://www.cbi.ir/category/3719.aspx>
- بانک مرکزی ج.ا.ا.، (۱۳۸۹)، درآمدی بر آزمون بحران، <http://www.cbi.ir/category/3719.aspx>
- بانک مرکزی ج.ا.ا.، (۱۳۸۴)، رویه های مؤثر مدیریت نقدینگی بانکها، <http://www.cbi.ir/category/3719.aspx>
- تهرانی، رضا و میرفیض فلاح شمس، (تابستان ۱۳۸۴)، طراحی و تبیین مدل ریسک اعتباری در نظام بانکی کشور، مجله علوم اجتماعی و انسانی، ۴۳، دانشگاه شیراز
- Alexander, C., and Sheedy, E. (2008). Developing a stress testing framework based on market risk models. *Journal of banking and Finance*, 32:, 2220-2236.
- Allen, L., Boudoukh, J., and Saunders, A. (2004). *Understanding market, credit, and operational risk. The Value at Risk approach*. Blackwell publishing.
- Beck, T., Demirgüç-Kunt, A., and Levine, R. (2000), A New Database on Financial Development and Structure (Updated December 2009). *The World Bank Economic Review* 14: 597-605.
- Blaschke, W., Jones, M.T., Majnoni, G., and Martinez Peria, S., (2001). Stress testing of financial systems: An overview of issues, methodologies and FSAP experiences. Working Paper 88, International Monetary Fund.
- Boss, M. (2002). A Macroeconomic credit risk model for stress testing the Austrian credit portfolio. *Financial Stability Report* 4, Oesterreichische Nationalbank. Statistics, 22: 129-162.
- Charemza, W.W., Makarova, S., and Shah, I. (2010). Periods of high inflation and real effects: some empirical evidence. University of Leicester, Economics Department working paper.
- Charemza, W.W., Makarova, S., Jelonek, P. (2010). An application of the choleskized multivariate distributions for constructing inflation Fan Charts. University of Leicester, Economics Department working paper.
- Chudik A., and Pesaran, MH., (2009). Infinite dimensional VARs and factor models. IZA discussion paper 3207.
- Drehmann, M., Sorensen, S., and Stringa, M. (2010). The integrated impact of credit and interest rate risk on banks: A dynamic framework and stress testing application. *Journal of Banking and Finance* 34: 713-729.
- Dovern, J., Meier, C. P., and Vilsmeier, J. (2010). How resilient is the German banking system to macroeconomic shock? *Journal of Banking and Finance* 34: 1839-1848.
- Froyland, E., and Larsen, K. (2002). How vulnerable are financial institutions to macroeconomic changes? An analysis based on stress testing. *Economic Bulletin* (October), Norges Bank.



- Hoggarth, G., Sorensen, S., and Zicchino, L. (2005). Macro stress tests of UK banks. *Investigating the Relationship Between the Financial and the Real Economy*. BIS Papers No. 22, Bank for International Settlements, pp. 392–408.
- Hoggarth, G., Sorensen, S., and Zicchino, L. (2005). Stress tests of UK banks using a VAR approach. Bank of England, Working paper No. 282.
- Jorion, P. (2007). *Value at Risk. The new benchmark for managing financial risk*. McGraw-Hill: London.
- Kunt, A. D., Detragiache, E., and Gupta, P. (2007). Inside the crisis: An empirical analysis of banking systems in distress. *Journal of International Money and Finance* 25: 702-718.
- Kwack, S.Y. (2000). An empirical analysis of the factors determining the financial crisis in Asia, *Journal of Asian Economics*, 11: 195-206.
- Lane, T. (1999). The Asian financial crisis. What have we learned? *International Monetary Fund, Finance & Development*, (36): 3.
- Lopez, J. (2005). Stress tests: Useful complements to financial risk models. *FRBSF Economic Letter*, 119-124.
- Nocetti, D. (2006). Central bank's value at risk and financial crisis: an application to the 2001 Argentine crisis. *Journal of Applied Economics*, IX (2): 381-402.
- Otani, A., et al (2009). Macro stress-testing on loan portfolio of Japanese Banks. Bank of Japan, Working paper No. 09-E-1.
- Pesaran, M.H., Schuermann, T., and Weiner, S.M. (2004). Modelling Regional Interdependencies using a Global Error-Correcting Macroeconometric Model. *Journal of Business and Economics*.
- Peura, S., and Jokivuolle, E. (2004). Simulation based stress tests of banks' regulatory capital adequacy. *Journal of Banking and Finance* 28, 1801-1824.
- Rachev, S. T., and Mitnik, S. (2000). *Stable Paretian models in finance*. John Wiley & Sons, Chichester.
- Samorodnitsky, G., and Taqqu, M. (1994). *Stable non-Gaussian random processes: stochastic models with infinite variance*. Chapman and Hall.
- Sims, C.A. (1980). Comparison of interwar and post-war business cycles: monetarism reconsidered. *American Economic Review: papers and proceedings*, 70: 250-257.
- Sorge, M. (2004). Stress-testing financial systems: an overview of current methodologies. BIS working paper No. 165.
- Vogelsang, T., J., and Perron, P. (1998). Additional tests for a unit root allowing for a break in the trend function at an unknown time. *International Economic Review* 39, (4).
- Wong, J.H.u. (2008). A framework for stress-testing banks' credit risk. *The Journal of Risk Model Validation*, 3–23.