نشریه علمی (فصلنامه) پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی شماره ۱۰۱
سال سی‌ام، بهار ۱۴۰۱، صفحه ۲۳۵ - ۱۹۹

مدل‌سازی چند عاملی هوشمند شبکه بین بانکی و ارزیابی تأثیر سیاست نظارتی

رقیه ناظم فر
دانشجوی دکتری دانشگاه مازندران
r.nazemfar@gmail.com
امیرمنصور طهرانچیان
نویسنده مسئول، استاد دانشکده علوم اقتصادی و اداری دانشگاه مازندران (نویسنده مسئول)
m.tehranchian@umz.ac.ir
زهرا (میلا) علمی
استاد دانشکده علوم اقتصادی و اداری دانشگاه مازندران
z.elmi@umz.ac.ir
محمدرضا اصغری اسکوئی
دانشیار دانشکده آمار، ریاضی و رایانه دانشگاه علامه طباطبایی
oskoei@atu.ac.ir

مدل‌سازی عامل بنیان تکنیک محاسباتی نوظهوری است که امکان شبیه‌سازی سیستم‌های پیچیده اقتصادی از جمله شبکه بانکی را با رویکرد پایین به بالا میسر می‌سازد. در مقاله پیش‌رو شبکه بانکی کشور با الگوی مدل‌سازی چند عاملی هوشمند شبیه‌سازی شده است که این عوامل بر اساس الگوی یادگیری تطبیقی رفتار می‌کنند. این مدل‌سازی با هدف بررسی و ارزیابی تأثیر سیاست‌های نظارتی بر بازار بین بانکی و بر اساس داده‌های ترازنامه‌ای ۲۵ بانک عضو بازار بین بانکی در سال‌های ۱۳۹۷-۱۳۸۵ صورت گرفته است. برای ارزیابی تأثیر سیاست نظارتی سناریوی وجود مرکز پایش تسویه به منظور عامل کاهش عدم پرداخت‌ها در بازار بین بانکی توسط بانک‌ها بررسی شده است. با توجه به اینکه عوامل در این شبیه‌سازی یادگیرنده هستند، نتایج حاصل هم تأثیر مستقیم مقررات بر بازار بین بانکی و هم تأثیر غیرمستقیم آن‌ها از طریق تغییر استراتژی‌های تطبیقی عوامل را نشان می‌دهند. بر اساس نتایج این پژوهش نظارت بر بازار بین بانکی از طریق مرکز پایش تسویه موجب رفع مشکل عدم تقارن اطلاعات در بازار بین بانکی و در نتیجه کاهش سرایت مالی و افزایش ثبات و پایداری سیستم می‌شود.

طبقه‌بندی JEL: C63, G28, G21.
واژگان کلیدی: مدل عامل بنیان، یادگیری تطبیقی، شبکه بین بانکی، سرایت مالی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۷/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۲/۱۳

۱. مقدمه [۱]

در دو دهه اخیر هزینه‌های سنگینی به دلیل بحران‌های مالی به کشورها تحمیل شده است. در برخی کشورها بازگرداندن ثبات به نظام بانکی هزینه‌ای معادل با ۵۰ درصد تولید ناخالص داخلی به همراه داشته است (اسپیتزک[۲] و همکاران، ۲۰۱۱، ۱۶). وقوع بحران‌های مالی مکرر در جهان، اهمیت تنظیم مقررات برای حفظ ثبات نظام بانکی را آشکار کرده است. برای تعیین سیاست‌های مطلوب توسط سیاست‌گذاران علاوه بر اینکه داشتن دانشِ ترتیباتِ پیچیدهٔ شبکه‌های مالی ضروری است، به دلیل رفتار متفاوت بازیگرانِ شبکه‌های مالی در شرایط بحرانی نسبت به زمان عادی، سیاست‌های ضد بحران خاصی نیز لازم است (وینهوسا[۳]، ۲۰۱۸، ۱۹). در این راستا، طراحی و شناسایی سیاست‌هایی با هدف کاهش احتمال وقوع بحران‌های سیستمیک در شبکه بانکی از اهمیت خاصی برخوردار است. سیاست‌گذاران می‌توانند با ارتقاء سیستم‌های نظارتی در شبکه بین بانکی احتمال وقوع ریسک سرایت را کاهش دهند.

در شبکه بانکی، بانک‌ها با معاملاتی که در بازار بین بانکی با یکدیگر انجام می‌دهند، به یکدیگر متصل هستند. در این شبکه، گره‌ها، بانک‌ها هستند که توسط یال جهت‌داری (وام یا بدهی) به بانک‌های دیگر وصل می‌باشند. با این معاملات، بانک‌ها و مؤسسات اعتباری در کوتاه‌مدت یکدیگر را تأمین مالی می‌کنند. در واقع، بانک‌ها با سپرده‌گذاری و وام‌گیری در سایر بانک‌ها خود را در برابر ریسک نقدینگی بیمه می‌کنند. اما این حفاظت، باعث آسیب‌پذیرتر شدن بانک‌ها نیز می‌شود. این وضعیت که در آن نقدینگی یا ریسک ورشکستگی از یک بانک یا مؤسسه مالی به بانک یا مؤسسه مالی دیگر منتقل می‌شود، سرایت مالی نامیده می‌شود و منبع اصلی ریسک سیستمیک در بخش بانکی است (براون[۴]، ۲۰۱۷، ۲). به این ترتیب اگر بانک‌ها قادر به بازپرداخت

---

۱. این مقاله مستخرج از رساله دکتری خانم رقیه ناظم فر در دانشگاه مازندران است.

2. Spitzeck
3. Vinhosa
4. Brown

وجوه قرضی نباشند، احتمال دارد شکست یک بانک در شبکه گسترش یابد. این وضعیت ممکن است منجر به گسترش تأثیرات سرایت مالی شود (گای و کاپادیا[1]، ۲۰۱۰، ۲۹). به عبارت دیگر، نکول و ورشکستگی یکی از بانک‌ها در بازار می‌تواند اثرات دومینویی ایجاد نموده و منجر به ورشکستگی و نکول بانک‌های دیگر شود (سیلوا[2] و همکاران، ۲۰۱۷، ۳). بنابراین، علیرغم این که بازار بین بانکی ابزاری برای تخصیص کارای نقدینگی است، می‌تواند در صورت سرایت مالی منجر به احتمال بروز ریسک سیستمی شود؛ یعنی ورشکستگی، نکول و ناتوانی در بازپرداخت یک بانک می‌تواند به واسطه ارتباطات بین بانکی به دیگر بانک‌ها نیز سرایت کند (گونزالز آولا[3] و همکاران، ۲۰۱۶، ۸). از این رو سرایت بین بانکی نه تنها به تعداد بانک‌های ورشکسته بلکه به میزان و شدت ارتباطات بانک‌ها نیز بستگی دارد. زمانی که بانک‌ها با توجه به شرایطِ خود، استراتژی‌هایی را انتخاب می‌کنند که منجر به قرار گرفتن در معرض ارتباطات بیشتر بین بانکی می‌شوند، سیستم را در برابر سرایت آسیب‌پذیرتر می‌کنند. امکان وقوع سرایت دلالت بر این دارد که بایستی بحران در شبکه بانکی به صورت سیستمی ارزیابی شود و در طراحی سیاست ضد بحران نباید این مسئله را نادیده گرفت (وینهوسا، ۲۰۱۸، ۱۹).

بنابراین شبکه بین بانکی، سیستمِ پیچیده‌ای[4] متشکل از اجزاء کوچکتری است که با یکدیگر و پدیده‌های خارج از سیستم برهم‌کنش‌هایی دارند. رفتارهای چنین سیستم‌هایی به تنهایی از رفتار تک تکِ اجزاء قابل استنتاج نیست. به عبارت دیگر، ویژگی‌های کلی و کلان این سیستم‌ها الزاماً مشابه ویژگی‌های اجزای منفرد آن نیست و پویایی‌های ایجاد شده در سطح کلان فقط بر اساس رفتارها و تراکنش‌های بین افراد و عوامل ایجاد می‌شوند (مروت، ۱۳۹۶، ۸۴). برای مدل‌سازی چنین شبکه‌ای ابتدا باید اجزا یا عوامل سیستم را شناسایی کرد، سپس رفتار عوامل و نحوه تعاملات آنها را معین نمود. مدل‌سازی عامل بنیان با رویکرد پایین به بالا فضایی برای عوامل ناهمگن (مهمترین فرض این رویکرد، ناهمگنی عوامل است) ایجاد می‌کند که کنش‌ها و واکنش‌های موضعی این عوامل-

1. Gai, Kapadia
2. Silva
3. González-Avella
4. Complex System

که توسط عقلانیت محدود اداره می‌شوند- باعث ظهور الگوهای سیستمیک می‌شوند (پولندا و همکاران[1]، ۲۰۲۰، ۵) . از این رو، در مقاله پیش رو برای مدل‌سازی شبکهٔ بین بانکی از رویکرد عامل بنیان و از نوعِ چند عاملی استفاده کرده‌ایم. برای این مدلسازی اجزای این شبکه یعنی عوامل فعال در این سیستم معین شده و سپس ویژگی‌ها و تعاملات آنها را مشخص کردیم. این عوامل شامل بانک‌ها، بانک مرکزی، سپرده‌گذاران، بنگاه‌ها و مرکز پایش تسویه هستند که هر کدام را در بخش سوم توضیح دادیم.

برای مدل‌سازی شبکه بین بانکی، استفاده از الگوهای یادگیری با توجه به فروض مهم بحران‌های بانکی از جمله تلاطم و غیرقابل پیش‌بینی بودن آن‌ها و رفتار متفاوت بازیگرانِ شبکه‌های مالی در شرایط بحرانی نسبت به زمان عادی ضروری است (وینهوسا، ۲۰۱۸، ۱۹). مدل‌سازی رفتار هر یک از عوامل بر اساس الگوهای یادگیری از ویژگی‌های متمایز رویکرد عامل بنیان است. در این مقاله، ما شبکه بین بانکی ایران را به صورت شبکه‌ای درون‌زا و بر اساس الگوریتم یادگیری تطبیقی برای نخستین بار در ایران مدل‌سازی کردیم. علاوه بر این، به عنوان یک سیاست ضد بحران برای جلوگیری از وقوع سرایت بین بانکی، سیاست نظارتی دفتر پایش تسویه را برای اولین بار مورد بررسی قرار داده‌ایم. دفتر پایشِ تسویه، مسئولیتِ تسویهٔ وام‌ها و جمع‌آوری وثیقه از فعالان بازار بین بانکی را به عهده دارد. هدف این مرکز کاهش میزانی از خطر سیستمیک با اطمینان‌دهی به تسویه حساب در بازار بین بانکی می‌باشد. در این راستا، مقالهٔ حاضر درصدد پاسخ به این پرسش‌ها است:

- بر اساسِ مدل‌سازی چند عاملی هوشمند، روند سرایت در شبکه بین بانکی ایران چگونه است؟

-آیا سیاست نظارتی در شبکه بین بانکی منجر به کاهش میزان سرایت و افزایش پایداری سیستم می‌شود؟

سایر بخش‌های مقاله را به شرح ذیل سازماندهی کردیم: بعد از مقدمه، در بخش دوم به مروری بر پیشینه تحقیق خواهیم پرداخت. بخش سوم پژوهش به معرفی روش تحقیق اختصاص یافته است. در بخش چهارم یافته‌های تحقیق را ارائه داده و در بخش پایانی به نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهاد پرداختیم.

---

1. Polenda et al.

۲. مروری بر پیشینه تحقیق

اثرات منفی و زیانبار بحران‌های بانکی بر تولید و رشد کشورها در مقالاتی مانند آرسیا و همکارانش[1] (۲۰۰۸) و لاوین و والنسیا[2] (۲۰۱۲) نشان داده شده است. از جمله عواملی که می‌تواند پایداری نظام مالی را تحت تأثیر قرار دهد، سرایت مالی است (لیو[3] و دیگران، ۲۰۲۰: ۴). بنابراین با توجه به اثرگذاری سرایت مالی بر روی پایداری نظام مالی انتشار سرایت در شبکه بین بانکی و همچنین سازوکار این انتشار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌شود. پایداری شبکه بانکی در صورت سرایت تکانه‌های غیرمتعارف از بانک‌ها ممکن است کاهش یابد و برخی از بانک‌ها دچار کمبود نقدینگی و یا ورشکستگی شوند. در این حالت، پایداری شبکه بانکی در معرض خطر قرار می‌گیرد و ممکن است بحران بانکی به وجود آید (رشیدی، ۱۳۹۷: ۲).

برای حفظ ثبات مالی، به دلیل رفتار متفاوت فعالان بازار مالی در طول بحران نسبت به زمان عادی سیاست‌های ضد بحران خاصی ضروری است. نیروهای بازار مانند منافع شخصی بانکداران و انضباط بازار اعمال شده توسط سرمایه‌گذاران می‌توانند برای یک بانک

سالم تثبیت کننده باشند، اما اغلب برای یک بانک مضطرب[4] بی‌ثبات کننده هستند (آیزنبک[5]، ۲۰۱۷: ۱۹). انضباط بازار بر روی یک بانک آسیب دیده ممکن است منجر به هجوم بانکی شود که به نوبه خود می‌تواند بانک را به دلیل کمبود نقدینگی مجبور به ورشکستگی کند. انگیزه‌های بانک‌های مضطرب از جمله انتخاب‌های ریسکی در تصمیمات سرمایه‌گذاری[6] امکان حراج دارایی[7] و سرایت مالی، دلالت بر این دارد که خطر باید به صورت سیستمی ارزیابی شود. اهمیت این پدیده‌ها در مواقع بحران به این معنی است که در طراحی سیاست ضد بحران نباید آنها را نادیده گرفت (وینهوسا، ۲۰۱۸، ۱۹).

---

1. Dell' Ariccia, Detragiache, and Rajar
2. Laeven, valencia
3. Liu
4. Distressed bank
5. Eisenbach
6. Gamble for resurrection
7. Fire sale

ارزیابی سیاست ساختاری برای طراحی سیاستی با هدف پیشگیری از بحران‌های مالی و بانکی مفید است. به طور سنتی تحلیل سیاست ساختاری با مدل‌های تعادلی با فرض شکل‌گیری انتظارات آینده‌نگر انجام می‌شود. با این حال، تعادل و این نوع رفتار آینده‌نگر فروض صحیحی برای تلاطم و غیرقابل پیش‌بینی بودن مرتبط با بحران‌های مالی نیستند. به این ترتیب سیستم‌های عامل بنیان از نوعِ چند عاملی با عواملی که از طریق الگوی جاذبه مبتنی بر تجربه یاد می‌گیرند، ابزار قدرتمندی برای ارزیابی چنین سیاست‌هایی هستند (باروسو و همکاران، ۲۰۱۶، ۴). تأکید این رویکرد بر مدل‌سازی عوامل به صورت جداگانه به جای استفاده از یک نماینده، این مدل‌ها را قادر می‌سازد تا ویژگی‌های منحصر به فرد بحران‌های بانکی را بازتولید کنند (وینهوسا، ۲۰۱۸، ۱۹). پس نقطه‌قوت ویژهٔ این الگو، ظرفیت مدل‌سازی سرایت، چه مستقیم و چه غیرمستقیم، ناشی از تشکیل شبکه‌های وام بین بانکی یا فروش دارایی است. این پدیده‌ها منجر به افزایش پیچیدگی و کاهش در دسترس بودن اطلاعات می‌شوند و نیاز به مدل‌های یادگیری را بیشتر می‌کنند. یادگیری کلید فعال کردن تحلیل و ارزیابی سیاست‌های ساختاری مبتنی بر انتخاب در محیط‌هایی با اطلاعات محدود است (فادنبرگ و لوین[1]، ۲۰۱۶، ۱۲).

لازم به توضیح است که در رویکرد عامل بنیان، عامل موجودیتی است که قدرت درک محیط اطراف خود از طریق حسگرها و تأثیرگذاری برآن از طریق محرک‌ها را دارد. این عامل مستقل و خودمختار است که با محیط تعامل دارد. عامل‌ها در ویژگی‌های توانمندی، نوع مشاهدات و ادراک، اهداف و تمایل و دانش درونی، اعمال و محیط متمایز هستند، در صورتی که در محیط فقط یک عامل موجود باشد، محیط تک عاملی است و در غیراین‌صورت محیط چند عاملی خواهد بود. اگر محیط در طول مدت تصمیم‌گیری و واکنش عامل تغییر نکند محیط ایستا است و اگر در این مدت زمان تغییر کند محیط پویا خواهد بود. همچنین عامل هوشمند، عاملی است واکنشی، هدف‌دار، مبتنی بر مدل و هزینه و نیز یادگیرنده که در مقابل تغییرات محیط در زمان قابل قبولی واکنش نشان می‌دهد، در صورتی که رفتار و عملکرد هدفمند با توجه به شرایط محیط از خود نشان می‌دهد و

1. Fudenberg & Levine

قدرت تعامل با دیگر عامل‌ها را دارد (راسل[1]، ۲۰۲۰، ۳۲). در مقالهٔ پیش رو برای مدل‌سازی شبکه بانکی از مدل چند عاملی هوشمند استفاده شده است که یکی از نقاط قوتِ این مدل، ظرفیت مدل‌سازی سرایت است.

در این راستا، وو[2] و همکاران (۲۰۱۸)، سازوکار تأثیر سرایت بین بانکی را برای سیستم بانکی ویتنام با استفاده از الگوی عامل بنیان مورد بررسی قرار دادند. به این معنی که چگونه ورشکستگی یک یا چند بانک می‌تواند اختلالات بعدی را ایجاد کند و در نتیجه بر کل سیستم تأثیر بگذارد. این بررسی رویکرد عامل بنیان را برای ساخت یک سیستم بین بانکی تعاملی استفاده کرده است که شبیه‌سازی تصمیمات ۱۹ بانک ویتنامی و ترازنامه‌های آن‌ها را ارائه می‌دهد. آزمون استرس نیز برای بررسی اثرات تکانه‌های غیرنظام‌مند و یا خاص[3] و سیستمیک[4] با مقادیر مختلف بر روی سیستم ارائه شده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد با وجود این که تکانه‌های خاص یا غیرسیستمیک به طور قابل توجهی به شبکه بانکی آسیب نمی‌رساند، اما اختلال سیستمیک می‌تواند سیستم را به هم بریزد، به ویژه زمانی که موجب سرایت نکول‌های بانکی می‌شود.

گئورگ[5] (۲۰۱۳) تأثیر ساختار شبکه بین بانکی را با استفاده از یک الگوی پویای چند عاملی برای سیستم بانکی بررسی کرده است. در این مقاله بانک‌ها مجموعه‌ای از سرمایه‌گذاری‌های ریسکی و ذخایر اضافی بدون ریسک را با توجه به ریسک، بازدهی و ترجیحات نقدینگی بهینه‌سازی می‌کنند. آن‌ها از طریق وام‌های بین بانکی به همدیگر متصل هستند و عرضه سپرده‌ها توسط بانک‌ها مستقل از یکدیگر است. با مد نظر قرار دادن بانک مرکزی به عنوان یکی از عوامل، سرایت ریسک سیستمیک در نتیجهٔ تکانه‌های متعارف با یکدیگر مقایسه شده‌اند. نتایج مقاله نشان داده است که در مقایسه با ساختارهای مختلف شبکه بین بانکی، شبکه‌های پولی- هسته ای[6] پایدارتر از شبکه‌های

---

1. Russell
2. Vu
3. Idiosyncratic
۴. طبق تعریف بانک مرکزی اروپا (۲۰۱۰)، ریسک سیستمیک به عنوان ریسک بی‌ثباتی مالی شامل گسترش شرایطی است که باعث به هم ریختن عملکرد یک نظام مالی شود به طوری که رشد اقتصادی و رفاه دچار آسیب شود.
4. Co-Pierre Georg
6. Money-center

تصادفی[۱] هستند، همچنین بانک مرکزی تنها در کوتاه‌مدت بازارهای بین بانکی را تثبیت می‌کند، از سوی دیگر سرایت انواع ریسک سیستمیک در نتیجهٔ تکانه‌های متعارف[۲] مستلزم استفاده از سیاست‌های مطلوب متفاوت است.

لیو[۳] و همکاران (۲۰۲۰)، سرایت مالی بین بانکی را برای سیستم بانکی ایالات متحده امریکا مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق از رویکرد عامل بنیان استفاده شد. شبکه‌های بین بانکی در این مقاله به صورت درون‌زا هستند و بر اساس ساختار ترازنامه‌های ۶۶۰۰ بانک نتایج مدل را با نتایج شبکه ایستای سنتی به لحاظ سرایت مقایسه کرده‌اند. مدل، پویایی مشابه با بحران مالی ۲۰۰۹-۲۰۰۷ را نشان داده است، همچنین بیانگر آن است که چگونه آسیب‌ها و شکست‌های بانک‌ها از اتصال شبکه و نقدینگی بازار وام‌دهی به وجود می‌آید. این مدل نشان می‌دهد که در سیستم بانکی ایالات متحده احتمال وقوع ورشکستگی‌های بانکی از طریق سرایت شبکه و نقدینگی کاهش یافته است.

باروسو[۴] و همکاران (۲۰۱۶) از مدل مبتنی بر عامل برای مطالعه تأثیر برخی از سیاست‌های نظارتی بر سیستم بانکی استفاده کرده‌اند. این مدل بر اساس الگوی یادگیری تطبیقی عوامل می‌باشد. نتایج آنها نشان داده است که یک مرکز تسویه حساب بین بانکی ابزار خوبی برای مقابله با ریسک سرایت است. دستورالعمل‌های نظارتی توافقنامه بازل در کاهش ریسک ورشکستگی بانک مؤثر است، همچنین تصویب بیمه سپرده می‌تواند برای جلوگیری از هجوم به بانک‌ها مؤثر باشد. آنها نشان دادند که این سیاست‌ها می‌تواند فعالیت بانک را کاهش دهد یا مخاطرات اخلاقی را تحریک کند.

---

۱. در شبکه تصادفی تعداد مشخصی از گره‌ها (افراد) در نظر گرفته می‌شود که ارتباط میان آ نها به صورت تصادفی و با احتمال مستقل p در هر جفت ایجاد می‌شود. شبکه بین بانکی تصادفی یعنی احتمال یکسان و مستقل وجود منابع بین بانکی بین هر جفت بانک وجود دارد.

7. Common shock:

در صورت بروز یک تکانه مشترک یا متعارف، تمام بانک‌ها متحمل از دست دادن هم‌زمان x درصد در سرمایه بانکی خود می‌شوند.

3. Liu

4. Barroso

تپلی و کلینگر[۱] (۲۰۱۹) از یک شبیه‌سازی مبتنی بر عامل همراه با تکنیک‌های کالیبراسیون جدید برای مدل‌سازی سیستم بانکی اروپا استفاده کردند. تفاوت مقالهٔ اخیرآنها با مقاله قبلی(۲۰۱۴) افزودن ناهمگنی بانک‌ها به مدل می‌باشد. آنها رویکرد شبکه را با افزودن قابلیت مدل‌سازی بانک‌ها در اندازه‌های مختلف و ارتباطات دقیق ۲۸۶ بانک در ۹ کشور اروپایی گسترش دادند. نتایج این مقاله نشان داده است که چگونه شکست یک بانک بزرگ ایتالیایی یا یک بانک متوسط آلمان می‌تواند مجموعه‌ای از مشکلات را برای کل بخش بانکی اروپا ایجاد کند. نتایج آنها نشان داد که بانک‌های ایتالیایی نسبت به بانک‌های آلمانی یا فرانسوی سهم بیشتری در ریسک سیستماتیک دارند. آزمایش‌های محاسباتی در این مدل هنگام ارزیابی برآورد اثرات سیستمیک، بینش ارزشمندی در مورد ریسک سیستمیک در سیستم بانکی اروپا برای سیاست‌گذاران ارائه داد. از دیدگاه نظارتی آنها پیشنهاد کردند که محدودیتی برای همه انواع مواجهه بین بانکی از محدودیت اخیر ۲۵ درصد سرمایه درجه۱در نظر گرفته شود، همچنین وزن ریسک‌های ناشی از مواجهه با بانک‌های بزرگ آلمان، فرانسه، ایتالیا و اسپانیا افزایش یابد.

بیوندی و جو[۲] (۲۰۱۹) مدل مبتنی بر عاملی با عوامل ناهمگن برای هماهنگی اعتبار بین بانکی با حداقل مؤسسات را توسعه داده‌اند. ابتدا ارتباط بین هماهنگی اعتبار بین بانکی و روند تولید پول بررسی شده است. برخلاف تصور اعتبار بین بانکی این ظرفیت را داشته است که سیستم پولی را نامحدود کند، سپس آنها تجزیه و تحلیل شبیه‌سازی را در موارد هماهنگی ناقص اعتبار بین بانکی، تأثیر پویایی بین بانکی بر ثبات مالی و انعطاف‌پذیری در سطوح فردی و کل انجام داده‌اند. ثابت شده است که نیروهای بی‌ثبات کننده سیستماتیک با عملکرد سیستم بانکی در طول زمان، به ویژه شرایط هماهنگی بین بانکی مرتبط هستند. بنابراین ناهماهنگی در اعتبار بین بانکی ممکن است منجر به بحران‌های سیستمیک شود و در نهایت نیاز به سیاست‌های پولی ضروری توسط بانک‌های مرکزی و استفاده از ضمانت و کمک دولت‌ها گردد.

---

2. Teply & Klinger
3. Biondi & Zhou

لازم به ذکر است که در ارتباط با پایداری سیستم مالی در ایران مطالعاتی انجام شده است که به برخی از آنها در ادامه اشاره شده است، لیکن در مطالعات داخلی شبکه بین بانکی با رویکرد عامل بنیان، نه به صورت شبکه ایستا و نه به صورت پویا تاکنون بررسی نشده است. این در حالی است که مطالعات خارجی گسترده در زمینه پایداری شبکه بین بانکی بر اساس رویکرد عامل بنیان و با در نظر گرفتن پویایی شبکه انجام شده و در سال‌های اخیر سرعت بیشتری نیز گرفته است.

طاهری(۱۳۹۹) اثر ریسک سیستمی بر ثبات بانکی در ۲۴ بانک ایرانی و برای دوره ۱۳۸۸-۱۳۹۵ با استفاده از روش برآورد گشتاورهای تعمیم یافته مورد بررسی قرارد داده است. نتایج این بررسی نشان داده که ریسک سیستمی با ثبات بانکی دارای رابطه منفی، معنی‌دار و خطی است.

مهدوی کلیشمی و همکاران(۱۳۹۶) با استفاده از معیار تغییرات ارزش به ارزیابی ریسک سیستمی در بخش بانکی ایران پرداختند. نتایج این مقاله بیانگر آن است که بحران یا اختلال در بانک خاورمیانه از بین سایر بانک‌ها بیشترین تأثیر را بر سیستم مالی تحمیل می‌کند و بانک سرمایه کمترین تأثیر را دارد، به عبارتی دیگر اگر بحرانی در بانک خاورمیانه اتفاق بیفتد به ۱۵/۶۱ درصد بر ریسک مالی سیستم (بازار) می‌افزاید، در حالی که بحران در بانک سرمایه به اندازه ۰/۳۲ درصد بر ریسک سیستم مالی می‌افزاید.

براتی و همکاران (۱۳۹۹) به سنجش ریسک فراگیر بحران مالی در نظام بانکی ایران پرداخته‌اند. سرایت پذیری ریسک با استفاده از روش ARFIMA – FIGARCH مورد ارزیابی قرار گرفته است. در گام اول، آزمون ریشه واحد بیانگر وجود ریشه کسری در شاخص قیمت سهام بانک‌ها بوده است. در ادامه شاخص‌های ریسک فراگیر محاسبه شده و به مدلسازی سرایت ریسک سیستمیک پرداخته شده است. نتایج مدل حاکی از آن است که وضعیت ریسک سیستمیک در نظام بانکی کشور طبیعی نبوده که این امر به دلیل وضعیت اهرمی بانک‌های کشور بوده است. نتایج این تحقیق بیانگر آن است که بخش‌های مختلف مالی ملزم به در نظر گرفتن سرمایه کافی هستند تا از این طریق از ورشکستگی بخش‌های با اهمیت سیستمیک در سیستم مالی در ایران جلوگیری شود.

رادفر و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی اثرات هم زمان ریسک نقدینگی و ریسک اعتباری بر ثبات بانک‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران پرداخته‌اند. جهت تخمین مدل از روش پانل دیتای پویا استفاده شده است. نتایج تخمین مدل نشان می‌دهد که تأثیر هم زمان متغیرهای ریسک نقدینگی و ریسک اعتباری بر شاخص ثبات بانکی منفی و معنادار است و تأثیر متغیرهای اندازه بانک و نسبت سرمایه بر شاخص ثبات بانکی مثبت و معنادار است، از این رو توجه بیش از پیش به ثبات بانکی و مدیریت ریسک در بانک‌ها به عنوان راهکارهای مؤثری در بازارهای پولی و مالی توصیه می‌شود.

با توجه به مطالعات انجام شده در زمینه پایداری و ثبات شبکه بین بانکی، شبیه‌سازی شبکه بین بانکی ایران با رویکرد چند عاملی و براساس الگوریتم یادگیری تطبیقی برای نخستین بار در ایران صورت گرفته، همچنین سیاست نظارتی دفتر پایش تسویه برای شبکه بین بانکی نیز برای اولین بار مورد بررسی قرار گرفته است.

۳. روش پژوهش و معرفی الگو

در این مقاله، شبکه بین بانکی ایران به صورت شبکه‌ای درون‌زا و بر اساس الگوی چند عاملی هوشمند، شبیه سازی شده است. برای پارامترهای مدل از داده‌های آماری مربوط به سال‌های ۱۳۹۷-۱۳۸۵ استفاده شده است. داده‌های مورد نیاز، از داده‌های مرکز آمار بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، بورس اوراق بهادار، موسسه عالی بانکداری ایران و پژوهشکده پولی و بانکی بانک مرکزی ج.ا.ا جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل شده است.

چارچوب مدل بر اساس ساختار مطرح شده توسط باروسو و همکاران (۲۰۱۶) می‌باشد که در آن چرخه‌های شبیه‌سازی در زمان گسسته مطابق با الگوی دیبویگ[1] (۱۹۸۳)، آلن و گیل[2] (۱۹۹۸) و آلن و گیل (۲۰۰۰) می‌باشند. عوامل با عقلانیت محدود هستند که توانایی یادگیری بر اساس استراتژی‌های تطبیقی بر اساس مدل یادگیری کامرر و هو[3] (۱۹۹۹) را دارند. بانک‌ها شبکه‌های درون‌زا تشکیل می‌دهند که ترازنامه‌هایشان از طریق وام‌های بین بانکی به همدیگر وصل می‌شوند.

---

1. Diamond and Dybvig
2. Allen & Gale
3. Camerer, Ho

صد تکرار شبیه‌سازی‌ها به تعداد ۲۳۰۰ چرخه برای هر سناریو اجرا می‌شود. برای افزودن انعطاف‌پذیری به چارچوب مسأله، هر عامل جداگانه مدل‌سازی می‌شود. در چند بخش بعدی، نقش هر یک از عوامل بررسی شده است. پس از آن، در مورد چگونگی تعامل آنها در طی چرخه شبیه‌سازی و تأثیر بر روی سیستم بانکی بحث شده است. ابتدا الگوی یادگیری تشریح می‌شود، زیرا برای پی بردن به برخی از رفتارهای عوامل بسیار اهمیت دارد.

۱-۳. الگوی یادگیری EWA

یکی از جوانب اصلی در یک سیستم مالی با شبکه درون‌زا، منطقِ تصمیم‌گیری عوامل است که برای تعیین چگونگی تعامل عوامل با یکدیگر، الگوهای ایجاد شده در سیستم و در نهایت، نتایج سیاست‌ها ضروری است. برای نحوه انتخاب استراتژی‌های عوامل، الگوی یادگیری جاذبه مبتنی بر تجربه (EWA) اتخاذ شده است. این الگو توسط کامرر و هو[1] مطرح شده است. یادگیری EWA شامل دو رویکرد متفاوت برای مدل‌سازی رفتار عوامل، یعنی یادگیری تقویتی و یادگیری مبتنی بر باور می‌باشد. رویکرد یادگیری تقویتی، قانون اصلی اثرات واقعی را در خود جای داده است. این قانون به این صورت است که احتمالاً استراتژی‌های موفق انتخاب شده مجدداً اتخاذ می‌شوند (روت و ایرو[2]، ۱۹۹۵). از سوی دیگر، رویکرد مبتنی بر اعتقاد یا باور، با قانون اثرات شبیه‌سازی شده، بر این اساس است که استراتژی‌هایی که انتخاب نشده‌اند، اما در صورت انتخاب موفقیت آمیز خواهند بود، به احتمال زیاد در آینده اتخاذ می‌شوند (فادنبرگ و لوین[3]، ۱۹۹۸).

حالتی از بازی شامل n تا عامل با اندیس $(i=1, \ldots,n)$ را در نظر گرفته می‌شود. فضای استراتژی بازیگر i، S_i، شامل M_i انتخاب ممکن، یعنی $S_i = \{ s_i^1, s_i^2, \ldots, s_i^j, \ldots, s_i^{m_i-1}, s_i^{m_i}\}$ است. فضای استراتژی بازی $S = S_1*\ldots.*S_n$ و $s = (s_1,\ldots, s_n)$ ترکیبی از استراتژی‌های n تا عامل است.

---

1. Camerer and Ho
2. Roth, Erev
3. Fudenberg, Levine

در این صورت ترکیب استراتژی‌های تمام عوامل به جز i، $s_{-i} = (s_1,\ldots, s_{i-1}, s_{i+1}, \ldots, s_n)$ است. در نهایت، $s_i(t)$ استراتژی استه که واقعاً توسط عامل i انتخاب شده است. و بازده آن در زمان t، $\pi_i(s_i(t), s_{-i}(t))$ است.

عواملی که از طریق الگوی EWA یاد می‌گیرند انتخاب‌های خود را مطابق با دو قانونی که قبلا ذکر شد تطبیق می‌دهند. در این الگو، این امر از طریق جاذبه‌های استراتژی‌ها[1] حاصل می‌شود. توابعی که تمایل اولیه نسبت به استراتژی‌ها را منعکس می‌کنند. و پس از تحقق نتایج، بر اساس بازده‌های تجربه شده و شبیه سازی شده، به روزرسانی می‌شوند. به روزرسانی جاذبه استراتژی j برای عامل i در t:

$$A_i^j(t) = \frac{\emptyset.N_i(t-1).A_i^j(t-1)+\left[\delta+(1-\delta).I(s_i^j,s_i(t)\right].\pi_i(s_i^j,s_{-i}(t))}{N_i(t)} \qquad (۱)$$

در فرمول فوق، $\emptyset$، پارامتر مورد استفاده برای کاهش ارزش جاذبه‌های گذشته و δ برای وزن‌دهی به بازده‌های قبلی و $I(s_i^j, s_i(t))$ تابع نشانگر است که مقدار یک را برای زمانی که $s_i^j = s_i(t)$ و صفر را در حالت‌های دیگر در نظر می‌گیرد. در نهایت، $N_i(t)$ اندازه تجربه زمانی است که به صورت زیر به روزرسانی می‌شود:

$$N_i(t) = \rho.N(t-1) + 1 \qquad (۲)$$

ρ برابر با کاهش اثر تجربه است. ρ با $\emptyset$ هم، پدیده‌های شناختی مانند فراموش کردن و آگاهانه کاستن از تجربیات قدیمی را در هنگام تغییر محیط نشان می‌دهند (کامرر و هو، ۱۹۹۹).

پس از جاذبه‌ها، برای احتمال انتخاب استراتژی j توسط بازیکن i از مدل لاجیت استفاده می‌شود که توسط پوگت[2] (۲۰۰۷) نیز استفاده شده است:

$$P_i^j(t+1) = \frac{e^{\lambda.A_i^j(t)}}{\sum_{k=1}^{m_i} e^{\lambda.A_i^k(t)}} \qquad (۳)$$

---

1. Strategies attractions
2. Puget

که λ حساسیت بازیکنان به جاذبه‌ها را اندازه می‌گیرد، که جنبه‌های ادراک و انگیزه را به تصویر می کشد. در قسمت مربوط به آزمون‌ها، مقادیر پارامترها در یادگیری EWA برای عوامل، مورد بحث واقع شده‌اند. متغیرهایی که به عنوان بازده برای هر عامل در تابع جذب استفاده می‌شوند، در بخش‌های استراتژی آنها مورد بحث قرار گرفته‌اند.

۲-۳. عوامل

عوامل در این الگو شامل بانک‌ها، بانک مرکزی، سپرده‌گذاران، بنگاه‌ها و اتاق پایش تسویه می‌باشند. دلیل انتخاب این عوامل، انجام شبیه‌سازی شبکه بین بانکی به نحوی است که هر چه بیشتر به واقعیت و آنچه که هست نزدیک باشد، در حالی که به صورت تک عاملی نیز شبیه‌سازی می‌تواند انجام شود. از طرفی دیگر، می‌توان عوامل دیگری نیز از جمله دولت را به این الگو اضافه کرده و مدل را توسعه داد. در زیر عوامل شرح داده شده‌اند.

۱-۲-۳. بانک‌ها

در هر شبیه‌سازی تعداد B تا بانک داریم. این بانک‌ها با ترازنامه‌هایشان مشخص می‌شوند. ترازنامه بانک‌ها شامل موارد زیر است: بدهی‌های ترازنامه بانک b شامل سرمایه، سپرده ها، وام‌های بین بانکی و وام‌های بانک مرکزی می‌باشد. دارایی‌های ترازنامه بانک b شامل دارایی‌های نقد، وام‌های بین بانکی و وام‌های بخش واقعی می‌باشد.

۲-۲-۳. استراتژی بانک

در زمان انجام شبیه‌سازی‌ها، بانک‌ها یک بازی تکراری همزمان انجام می‌دهند که در آن سعی می‌کنند ROE خود را به حداکثر برسانند. در هر مرحله از بازی، استراتژی بانکb، S_b^j، توسط α_j) (β_j ,نشان داده می‌شود.α_j، نشان دهنده نسبت سرمایه به کل بدهی و β_j نشان دهنده نسبت دارایی‌های

نقد به کل دارایی‌ها است. اندازه بانک b به صورت برون‌زا و توسط T_b نشان داده می‌شود. درشروع هر چرخه، کل ترازنامه با انتخاب استراتژی S_b^j و با پارامتر برون‌زای T_b تعیین می‌شود و به شرح زیر است:

سرمایه $K_b = \alpha_j \cdot T_b$ (۴)

سپرده‌ها $D_b = (1 - \alpha_j) \cdot T_b$ (۵)

دارایی‌های نقد $L_b = \beta_j \cdot T_b$ (۶)

وام‌های بخش واقعی $R_b = (1 - \beta_j) \cdot T_b$ (۷)

در پایان یک چرخه، بانک b سود (ضرر) خود را به صورت زیر محاسبه می‌کند:

$K_b^2 - K_b^0 = \Pi$ (۸)

که علائم بالایی زمان‌هایی را نشان می‌دهند که در آن‌ها سرمایه اندازه‌گیری می‌شود.

پس از آن ROE_b، متغیری که توسط الگوی یادگیری در نظر گرفته می‌شود به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$ROE_b = \Pi / K_b^0$ (۹)

CAR : نسبت کفایت سرمایه، نسبت سرمایه به دارایی‌های دارای ریسک (RWA) است. در این چارچوب، دارایی‌های نقد در RWA گنجانده نشده‌اند در حالی که وام‌های بخش واقعی و وام‌های بین بانکی وجود دارد. بنابراین، برای بانک b، باید:

$$CAR_b = \frac{K_b}{IL_b + \sum_{f \epsilon F_b} R_{b,f} \omega_f} \quad (۱۰)$$

دلیل نوشتن معادله بالا به این روش برای تأکید روی این نکته است که بنگاه‌ها می‌توانند وزن‌های مختلف ریسک داشته باشند. باید در نظر داشت که $R_{b,f}$، مقدار وام به بنگاه f و ω_f وزن ریسک آن است. همچنین طبق بخش قبلی K_b و IL_b به ترتیب سرمایه و وام بین بانکی هستند و F_b مجموعه بنگاه‌هایی است که از بانک b وام می‌گیرند.

۳-۲-۳. بانک مرکزی

در پژوهش حاضر، هدف بانک مرکزی، به عنوان آخرین وام دهنده یا ناظر سیستم مالی، حفظ ثبات سیستم مالی است. وقتی بانک مرکزی به عنوان آخرین وام‌دهنده عمل می‌کند، به بانک‌ها در زمان کمبود نقدینگی کمک می‌کند. این اتفاق زمانی می‌افتد که بانکی دارایی‌های نقد کافی برای پاسخ به برداشت سپرده‌گذاران در اختیار نداشته باشد و نتواند نقدینگی کافی را از بازار بین بانکی دریافت کند. در این حالت، می‌تواند به بانک مرکزی مراجعه کند تا میزان نقدینگی لازم را برای تأمین درخواست سپرده گذاران دریافت کند.

نقش ناظر سیستم از طریق برقراری الزامات سرمایه‌ای انجام می‌شود. در این حالت، بانک مرکزی حداقل نسبت کفایت سرمایه (CAR_{min}) را که بانک برای ادامه کار باید داشته باشد، تعیین می‌کند. اگر نسبت کفایت سرمایه بانکی زیر حداقل تعیین شده باشد، بانک مرکزی آن را مجبور می‌کند تا به حداقل تعیین شده برساند. در غیراین صورت، بانک مرکزی بانک را منحل می‌کند.

۳-۲-۳. سپرده‌گذاران

علیرغم اینکه در این مدل سپرده‌گذاران می‌توانند به طور استراتژیک عمل کنند ولی در سناریوی مورد بررسی در پژوهش حاضر، سپرده‌گذاران به طور استراتژیک عمل نمی‌کنند. یعنی سپرده‌گذاران به طور تصادفی و با احتمال مشخصی تصمیم می‌گیرند که آیا منابع خود را زودتر برداشت کنند یا نه.

۳-۲-٤. بنگاه‌ها

در چارچوب حاضر، بنگاه‌ها به طور استراتژیک عمل نمی‌کنند. با این حال، آنها به صورت جداگانه نشان داده می‌شوند، بنابراین ما می‌توانیم ناهمگنی بین آنها را درک کنیم. به این صورت که وام‌های بنگاه‌ها دارای رتبه‌بندی، ضررهای نکول (LGD)، وزن ریسک و نرخ بهره مختلف خواهند بود. البته ناهمگنی در هر یک از این ویژگی‌ها فقط در صورت شبیه‌سازی در موارد مربوط وجود دارد. بنگاه fپارامترهای زیر را تعریف می‌کند:

$R_{b,f}$، مبلغ وام بنگاه f که از بانک b گرفته است. اگر، نرخ بهره پرداخت شده توسط شرکت i_f ؛

PD_f، احتمال عدم رعایت تعهدات (احتمال نکول)؛

LGD_f، زیان نکول بنگاه. این ضرری است که بانک در صورت عدم پرداخت پیش پرداخت در وامها به f متحمل خواهد شد. و w_f، وزن ریسک شرکت است. از وزن ریسک برای اندازه‌گیری نسبت کفایت سرمایه بانک‌ها استفاده می‌شود.

با استفاده از این پارامترها، می‌توان بازده پیش‌بینی شده وام‌های بخش واقعی بانک b را محاسبه کرد:

$$E(r_b) = \frac{\sum_{f\in F_b} R_{b,f} E(r_{b,f})}{R_b} \quad (۱۱)$$

جایی که $E(r_{b,f})$، بازده مورد انتظار وام f بنگاه است و Fb مجموعه تمام بنگاه‌هایی است که وام در بانک b دارند. بازده مورد انتظار وام f بنگاه، $E(r_{b,f})$، این است:

$$E(r_{b,f}) = E(\frac{R^2_{b,f} - R^0_{b,f}}{R^0_{b,f}}) \quad (۱۲)$$

$R^0_{b,f}$ مقدار وامی که در زمان t=0 از بانک b گرفته است.

$R^2_{b,f}$ مقدار همان وام در زمان t=2 : $R^0_{b,f}(1+i_f)$ با احتمال $1 - PD_f$

$R^0_{b,f}(1+i_f)(1-LGD_f)$ با احتمال PD_f

۳-۳. ساختار بازار بین بانکی

در این بخش، در مورد برخی از مسائل ناشی از تعامل بانک‌ها در بازار بین بانکی، از جمله عدم تقارن اطلاعاتی و وجود یک دفتر پایش تسویه برای وثیقه سپاری بانک‌ها بحث شده است. پس از آن، پیامدهای ورشکستگی بانک‌ها و چگونگی سرایت ورشکستگی بین بانک‌ها تشریح می‌شود.

۱-۳-۳. عدم تقارن اطلاعاتی

در این چارچوب، در مورد اطلاعاتی که شرکت‌کنندگان درباره یکدیگر دارند، دو حالت وجود دارد:

۱. اطلاعات کامل، به این صورت که هر یک از بانک‌های عضو شبکه بین بانکی دانش کاملی در مورد ترازنامه‌ها و ریسک‌های یکدیگر دارند.

۲. اطلاعات نامتقارن، بانک‌ها نمی‌توانند ریسک‌های یکدیگر را ارزیابی کنند. و بنابراین، نمی‌توانند روابط بین بانکی خود را بر اساس امنیت بانک‌های دیگر تعریف کنند. وجود اطلاعات کامل

برای ارزیابی تأثیر انضباط بازار در شبکه بین بانکی مهم است. با این فرض، بانک‌ها ترجیح می‌دهند با هدف به حداقل رساندن خطر نکول بین بانکی، وام‌هایی را با بانک‌های دیگری که استراتژی‌های ایمن‌تری دارند، امضا کنند. علی‌رغم تأثیر مثبت اطلاعات کامل برای سیستم مالی، اطلاعات نامتقارن فرض واقعی‌تری می‌باشد.

۲-۳-۳. دفتر پایش تسویه

در چارچوب حاضر امکان معرفی یک دفتر پایش تسویه نیز وجود دارد، طوری که بتوان مسئولیت تسویه وام‌ها و جمع آوری وثیقه از فعالان بازار را نیز به مدل اضافه کرد. هدف این مرکز کاهش میزانی از خطر سیستمیک، با اطمینان‌دهی به تسویه حساب در بازار بین بانکی، می‌باشد.

دفتر پایش تسویه، به عنوان واسطه[1] در بازار بین بانکی فعالیت می‌کند. بنابراین، هنگامی که یک بانک برای مواجهه با شوک نقدینگی در $t=1$ به نقدینگی نیاز دارد، به جای قرارداد مستقیم با سایر بانک‌ها، با اتاق پایش تسویه قرارداد منعقد می‌کند. این امر در مورد بانک‌هایی که مازاد نقدینگی دارند نیز صادق است. با این وجود، از آنجا که اتاق پایش تسویه هیچ دارایی خاصی از خود ندارد – فقط نقدینگی مازاد را به سمت بانک‌های دارای کمبود نقدینگی هدایت می‌کند – هنوز هم می‌تواند تعادل بین عرضه و تقاضا وجود داشته باشد. در این حالت، اولویت تعیین اینکه کدام بانک‌ها معاملات خود را انجام می‌دهند از قوانینی که در بخش قبل آمده است پیروی می‌کند.

همان‌طور که گفته شد، اتاق پایش تسویه همچنین از شرکت‌کنندگان در موقعیت بدهی، که باید منابع خود را به صندوق سرمایه‌گذاری مشترک بسپارند، وثیقه می‌گیرد. برای تعیین مبلغ کل این صندوق، از توصیه‌های بانک تسویه بین‌المللی[2] (۲۰۰۱)، پیروی شده است، به این صورت که این مبلغ باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا در صورت نکول مشارکت‌کننده با بیشترین بدهی، از اتمام تسویه حساب اطمینان حاصل شود. در نهایت، هر متقاضی وام در بازار بین بانکی مجبور است متناسب با اندازه وام‌های بین بانکی خود وثیقه ارائه دهد. توجه داشته باشید که منابع وثیقه در صندوق

---

1. Central counterparty
2. Bank for International Settlements (BIS)

سرمایه‌گذاری مشترک باید هنگام سررسید وام‌های بین بانکی یعنی در t = 2 در دسترس باشد. بنابراین، وام‌های بخش واقعی می‌توانند به عنوان وثیقه استفاده شوند.

معادلات زیر این قواعد را خلاصه می‌کنند:

$$g_b = \frac{ls_b}{\sum_{i \in B^s} ls_i} \max\,(ls_i) \qquad (۱۳)$$

جایی که g_b و ls_b مبلغ وثیقه و کمبود نقدینگی بانک b است. و B^s مجموعه تمام بانک‌های دارای کمبود نقدینگی است. به این ترتیب، اندازه صندوق سرمایه‌گذاری مشترک، G، خواهد بود:

$$G = \sum_{i \in B^s} g_i = \max\,(ls_i) \qquad (۱۴)$$

٤-۳. ورشکستگی و سرایت

وقتی زیان بانک‌ها بیش از سرمایه آنها باشد، ورشکست می‌شوند. در این وضعیت، بانک مرکزی مسئول فروش دارایی‌ها و بازپرداخت بدهی‌های آن می‌شود. وقتی بانک مرکزی بدهی‌های بانک‌های ورشکسته را بازپرداخت می‌کند، وام‌های بانک مرکزی را در اولویت قرار می‌دهد. پس از آن، وام‌های بین بانکی بازپرداخت می‌شوند و در نهایت، منابع باقیمانده به سپرده‌گذاران اختصاص می‌یابد. بنابراین، سرایت از طریق کانال مواجهه مستقیم بین بانکی صورت می‌گیرد. نکول‌های بین بانکی بسته به ارتباط بانک‌ها با یکدیگر، می‌توانند ضررها را در سیستم پخش کنند. برای اندازه‌گیری میزان سرایت، از تعداد ورشکستگی ناشی از معاملات بین بانکی استفاده می‌کنیم.

٥-۳. رویدادها در چرخه

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، یک چرخه به سه دوره زمانی تقسیم می‌شود: شروع چرخه، t = 0، کوتاه مدت، t = ۱ و بلندمدت، t = 2. در زیر، توالی وقایع در چرخه ها، تصمیمات و اقدامات عوامل در هر یک از این افق‌های زمانی را توضیح می‌دهیم:

زمان شروع چرخه، t = 0، زمانی است که عوامل تصمیم می‌گیرند و کل مدل روی چرخه جدید تنظیم می‌شود. این دوره با انتخاب استراتژی‌های عوامل آغاز می‌شود، به عنوان مثال، بانک‌ها ارزش خود را برای (α،β)، سپرده‌گذاران مقدار خود برای γ و بانک مرکزی مقدار $\mathrm{CAR}_{\min}$ را تعیین

می‌کنند. برای انجام این کار، آنها تجربه به دست آمده از طریق مدل یادگیری EWA در دوره‌های قبلی را در نظر می‌گیرند. پس از آن، پارامترهای اقتصادی تنظیم می‌شوند. در اینجا، طبق استراتژی‌های برگزیده بانک‌ها، میزان سرمایه، سپرده‌ها، دارایی‌های نقد و وام‌های بخش واقعی را با استفاده از معادلات در بخش عامل بانک محاسبه می‌کنند.

در t = 1 (کوتاه‌مدت) بانک‌ها با تکانه نقدینگی روبرو می‌شوند. این تکانه توسط برداشت سپرده‌گذاران نشان داده است که یا عجول هستند یا ریسک نگهداری سپرده‌های خود را بسیار بالا می‌پندارند. ابتدا، بانک‌ها با ذخایر خود به این برداشت‌ها پاسخ می‌دهند. سپس، بانک‌هایی که نقدینگی کافی ندارند برای جبران کمبود خود از بازار بین بانکی و از بانک‌های دارای نقدینگی مازاد قرض می‌گیرند. سرانجام، اگر بعد از معاملات بین بانکی، برخی از بانک‌ها هنوز دارایی‌های نقد کافی برای مواجهه با برداشت نداشته باشند، به بانک مرکزی متوسل می‌شوند. بانک مرکزی نقدینگی مورد نیاز برای پاسخ به برداشت‌های باقیمانده را فراهم می‌کند. سپس، بانک مرکزی نقش خود را به عنوان ناظر سیستم انجام می‌دهد و جهت بررسی بانک‌هایی اقدام می‌کند که ریسک آنها خیلی زیاد است. ریسک مزبور با نسبت کفایت سرمایه (CAR) اندازه‌گیری می‌شود. ناظر به منظور بالا بردن CAR برای رعایت الزامات، آن بانک‌ها را مجبور به فروش دارایی نقد با قیمت تخفیف یافته می‌کند.

در t = 2 (بلند مدت)، بانک‌ها به سود خود می‌رسند. سپرده‌ها، وام‌های بین بانکی و بخش واقعی سر می‌رسند و هر عامل تابع جذب خود را به روز می‌کند. بلندمدت با به روزرسانی ترازنامه بانک‌ها شامل به روزرسانی ارزش بدهی‌های آنها با توجه به هزینه‌های آنها و ارزش دارایی‌ها با توجه به بازده آنها آغاز می‌شود. بانک‌هایی که زیان آنها از سرمایه‌شان بیشتر است، ورشکسته می‌شوند. بانک مرکزی با اعمال جریمه بر ارزش دارایی آنها، این بانک‌ها را نقدینه می‌کند. دارایی‌های بانک‌های ورشکسته برای بازپرداخت بدهی‌های آنها تا مدت زمانی در حد امکان استفاده می‌شود و به ترتیب با توجه به اولویت مورد بحث در بخش قبلی، یعنی وام‌های بانک مرکزی، وام‌ها و سپرده‌های بین بانکی پرداخت می‌شوند. نکول وام‌های بین بانکی می‌تواند باعث خسارات محلی شود و در سیستم پخش شود. به نوبه خود، زیان‌های جدید می‌توانند باعث ورشکستگی بانک‌های دیگر شوند. از طریق این کانال، سرایت مالی می‌تواند

وقایع محلی دارای اثرات سیستمی ایجاد کند. با بستن چرخه، هر عامل بازده استراتژی انتخاب شده واقعی را به روز می‌کند و برای به روزرسانی تابع جذب در مدل یادگیری EWA، بازده استراتژی‌های دیگر را شبیه‌سازی می‌کند. هر عامل سود حاصل از شبیه سازی خود را با ثابت نگه داشتن استراتژی‌های هر عامل دیگر در اقتصاد محاسبه می‌کند که فقط با استراتژی خودش تغییر می‌کند. وقتی چرخه‌ای به پایان می‌رسد، چرخه بعدی شروع می‌شود و عوامل فقط تجربه به دست آمده را در طول چرخه‌ها حمل می‌کنند. همه متغیرهای دیگر به مقادیر پیش فرض خود بازگردانده می‌شوند.

٦-٣. کالیبراسیون پارامترهای مدل

در این مدل، تمام متغیرهای جریان وابسته به زمان برای یک سال به عنوان پایه در نظر گرفته می‌شوند. نرخ بهره وام و سپرده، نرخ نکول و نوسان سپرده همه نسبت به این دوره انتخاب شده اندازه‌گیری می‌شوند. به چند دلیل انتخاب یک دوره زمانی یک ساله مناسب است. بسیاری از نرخ‌ها، به ویژه نرخ‌های نکول انتظاری با توجه به افق زمانی یک ساله محاسبه می‌شوند.

نرخ سود پرداخت شده به سپرده‌ها برابر با مجموع هزینه سود پرداختی به سپرده‌گذاران (هزینه سود عملیاتی) تقسیم بر میانگین سپرده‌ها است[۱].

لازم به ذکر است، برای احتمال هجوم بانکی باید توجه شود که اگر بخش بانکی ایران با پدیده هجوم بانکی مواجه نشده است به دلیل حمایت دولت از بانک‌ها بوده است. بنابراین با توجه به مطالعات گسترده‌ای که در زمینه پیش بینی بحران‌های بانکی در ایران انجام شده است، فرضیه عدم وقوع بحران در ایران تأیید نمی‌شود و در این مقاله از ورشکستگی‌های بانکی که به دلیل دخالت دولت و بانک مرکزی جلوگیری شده است، صرف نظر شده است. برای پارامتر مربوط به احتمال هجوم بانکی، طبق شاخص بررسی شده توسط پورعبادالهان کویچ و همکاران (۱۳۹۷) سه دوره باریسک‌پذیری بیش از حد و دو دوره با شکنندگی بالا طی دوره زمانی مورد مطالعه به دست آمده است و با توجه به ویژگی‌های مدل پیاده شده در این مقاله ۳۷. برای احتمال وقوع بحران نقدینگی انتخاب شده است.

---

۱. برای مطالعه بیشتر به وفادار (۱۳۷۷) رجوع شود.

جدول ۱. پارامترهای سناریوی صفر (پیش فرض)

نام متغیر	توضیحات	مقدار
پارامترهای کلی مدل		
تعداد تکرارهای شبیه سازی		۱۰۰
تعداد بانک‌ها بر اساس داده‌های موجود در سال ۹۷	تعداد بانک‌های موجود در بازار بین بانکی کشور به غیر از بانک‌های قرض الحسنه	۲۵
نرخ بهره سپرده‌ها در سناریوی پایه، سال انتهای بازه	میانگین موزون نرخ سود پرداختی به کل سپرده‌ها در سال ۱۳۹۷ (درصد) بر اساس محاسبات تحقیق	۱۲/۱۷
نرخ بهره بازار بین بانکی ریالی در سناریوی پایه(صفر)، سال انتهای بازه	میانگین موزون نرخ (درصد) در سال ۱۳۹۷	۱۹/۷۲
نرخ بهره دارایی نقد		صفر
نرخ تنزیل دارایی غیر نقد بانک	نرخ تنزیل بخش بانکی؛ هولاندر و لیو(۲۰۱۳)	۰/۹۷
وجود بازار بین بانکی		بله
آیا بانک دارایی غیر نقد را به قیمت تنزیلی به فروش می‌رساند؟		بله
آیا بانک‌ها محدودیت نقدینگی دارند؟		خیر
پارامترهای عامل بانک		
توزیع اندازه بانک‌ها		توزیع یکنواخت
تعداد سپرده گذاران هر بانک	انتخابی (قراردادی)	۱۰۰
تعداد مشتریان بنگاهی هر بانک	انتخابی (قراردادی)	۵۰
آیا بانک‌ها عواملی هوشمند هستند؟		بله
پارامترهای عامل بانک مرکزی		
نرخ بهره وام دهی بانک مرکزی	وجه التزام اضافه برداشت بانک‌ها از بانک مرکزی	۰/۳۴
آیا وام از دریچه تنزیل ارائه می‌شود؟		بله
حداقل نرخ کفایت سرمایه	بنا بر دستورالعمل محاسبه سرمایه نظارتی و کفایت سرمایه مؤسسات اعتباری بانک مرکزی، نسخه اصلاحی(۱۳۹۸)	۸ درصد
آیا بانک مرکزی عاملی هوشمند است؟		خیر

نام متغیر	توضیحات	مقدار
آیا capital requirement فعال است؟		خیر
آیا نظریه زیادی بزرگ فعال است؟		خیر
آیا بیمه سپرده در دسترس است؟		خیر
پارامترهای مرکز پایش تسویه		
آیا وثیقه‌ی تسویه وام موجود است؟		خیر
اولویت بین بانکی در وام دهی در بازار بین بانکی		تصادفی
پارامترهای سپرده گذاران		
آیا سپرده‌گذاران غیر هوشمند هستند؟		بله
آیا امکان وقوع هجوم بانکی وجود دارد؟		بله
مقدار برداشت (خارج کردن سپرده‌ها) در صورت هجوم بانکی	برابر با اندازه کل سپرده	۱
احتمال برداشت سپرده	احتمال هجوم بانکی	۰/۳۷
پارامترهای یادگیری		
عامل پیش فرض یادگیری (ewadamping)		۱
پارامترهای عامل بنگاه		
آیا مشتریان بنگاهی پایه وجود دارند؟		بله
نرخ نکول مشتریان بنگاهی پایه	میانگین احتمال نکول برگرفته از مقاله سجاد کردمنجیری و دیگران (۱۳۹۹)	۰/۴
زیان نکول مشتریان بنگاهی پایه		۰/۵۰
نرخ بهره وام مشتریان بنگاهی پایه		۰/۱۸
نرخ نکول مشتریان بنگاه بزرگ		۰/۴

نام متغیر	توضیحات	مقدار
زیان نکول مشتریان بنگاه بزرگ[1]		۰/۵۰
نرخ بهره وام مشتریان بنگاهی کوچک		۰/۱۸
نرخ نکول مشتریان بنگاهی کوچک	برگرفته از مقاله محمود ختایی و دیگران	۰/۱۴
زیان نکول مشتریان بنگاهی کوچک		۰/۷۵
نرخ بهره وام مشتریان بنگاهی کوچک		۰/۱۸
پارامترهای وزن‌های ریسک[2]		
وزن ریسک موجودی نقد		صفر
وزن ریسک پایه‌ی وام بنگاه‌ها [3]		۰/۱۰۰
وزن ریسک وام بنگاه کوچک	مجموع مانده اصل و سود بابت تسهیلات اعطایی در قالب عقود غیر مشارکتی به اشخاص حقیقی، بنگاه‌های کوچک و متوسط و اشخاص حقوقی (دارای حداکثر ۱۰۰ نفر نیروی کار) که اصل تسهیلات اعطایی حداکثر ۲۰ میلیارد ریال باشد.	۰/۷۵
وزن ریسک وام بنگاه بزرگ [4]	مانده اصل و سود بابت تسهیلات اعطایی در قالب عقود غیرمشارکتی به اشخاص حقیقی و نیز بنگاه‌های کوچک و متوسط و اشخاص حقوقی (دارای حداکثر ۱۰۰ نفر نیروی کار) که اصل تسهیلات اعطایی بیش از ۲۰ میلیارد ریال باشد و نیز مانده اصل و سود بابت تسهیلات اعطایی به سایر اشخاص حقوقی (دارای بیش از ۱۰۰ نفر نیروی کار) با رتبه اعتباری ضعیف	۰/۱۰۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش

---

۱. مقدار ضرر ناشی از نکول توسط استانداردهای قانون‌های نظارتی تخمین زده می‌شود . تفاوت در مقادیر این پارامتر به مواردی از قبیل میزان و نوع وثیقه بستگی دارد .کمیته بازل برای بدهی‌هایی با وثیقه معتبرتر میزان LGD را ٪۵۰ بدهی‌ها و برای بدهی‌هایی با وثیقه دست پایین‌تر LGD را ٪۷۵ بدهی‌ها در نظر گرفته است. (کمیته بازل، ۲۰۰۱)

۲. بنا بر دستورالعمل محاسبه سرمایه نظارتی و کفایت سرمایه مؤسسات اعتباری، نسخه اصلاحی(۱۳۹۸)

3. Corporate Loan

۴. اصل تسهیلات اعطایی در قالب عقود مشارکتی نیز مشتمل بر مشارکت مدنی، مضاربه، مساقات، مزارعه به شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادا ر تهران با وزن ریسک ۱۰۰ درصد می‌باشد.

٤. تحلیل نتایج

این مدل‌سازی در محیط نرم‌افزاری پایتون پیاده‌سازی شده است. در این مدل ۱۰۰ بار تکرار شبیه‌سازی مونت کارلو برای هر سناریو و برای هر تکرار ۲۳۰۰ چرخه انجام شده است، بنابراین برای هر چرخه توزیع نتایج را داریم. در نمودارها، میانگین و فاصله اطمینان ۹۵ درصدی برای آن توزیع‌ها رسم شده است. علاوه بر این قبل از رسم هر نمودار، نتایج با روش لئس[1] هموارسازی شده‌اند. روش لئس، یک ابزار رایج است که در تحلیل رگرسیون مورد استفاده قرار می‌گیرد و یک خط صاف را از طریق نمودار زمانی یا پراکندگی ایجاد می‌کند تا در مشاهدهٔ رابطه بین متغیرها و پیش بینی روندها کمک کند.

بعد از صد تکرار شبیه‌سازی با پارامترهای جدول یک به عنوان سناریوی صفر، نمودارهای نتایج این سناریو به صورت خط چین نمایش داده شده‌اند. سپس سناریوی یک انجام شده است. هدف این سناریو برقراری مرکزی با هدف کاهش ریسک سرایت در بازار بین بانکی می‌باشد. نتایج این سناریو در نمودارها به صورت خطوط ممتد قابل مشاهده می‌باشند. مراکز پایش تسویه[2] مؤسساتی هستند که در بسیاری از بازارهای مالی به صورت دوطرفه عمل می‌کنند. آنها به گونه‌ای طراحی شده‌اند که با بستن قرارداد جدید بین خریدار و فروشنده ریسک طرف مقابل را بیمه می‌کنند. قراردادها یکی بین خریدار و مرکز به عنوان طرف مقابل و دیگری بین مرکز و فروشنده می‌باشد (کاپل، مانت، ۲۰۱۰، ۲)[3]. با این حال، این کار به تنهایی برای از بین بردن ریسک نکول کافی نیست. از این رو این مراکز معمولاً نیاز دارند از شرکت کنندگان وثیقه بگیرند (یوانف و دیگران،۲۰۰۶، ۱۰)[4]. بنابراین این مرکز، بانک‌ها را ملزم به وثیقه سپاری در زمان درخواست اعتبار از بازار بین بانکی می‌کند. این کار می‌تواند توسط نهاد نظارتی غیر از این مراکز از جمله بانک مرکزی نیز انجام شود.

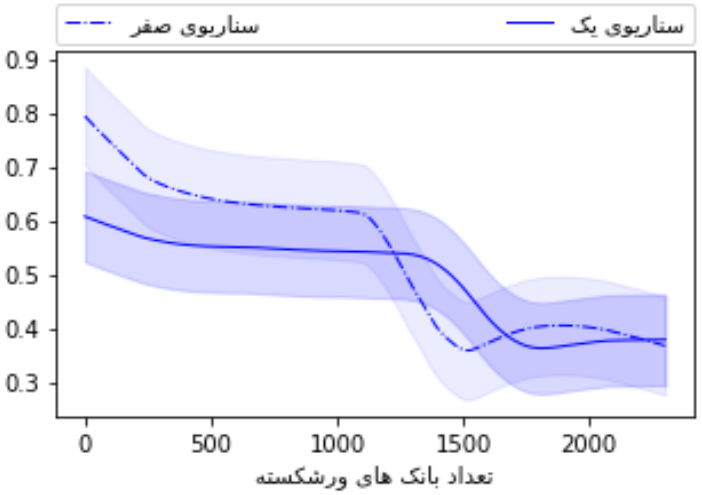
ساختار مرکزِ پایشِ تسویه که در مدل فوق اتخاذ شده است نسبتاً ساده است زیرا این مرکز در این مدل به عنوان طرف واسطی در سیستم بین بانکی عمل می‌کند و از بانک‌ها وثیقه دریافت می‌کند.

---

1. LOWESS
2. Clearing House
3. Koeppl & Monnet
4. Evanoff

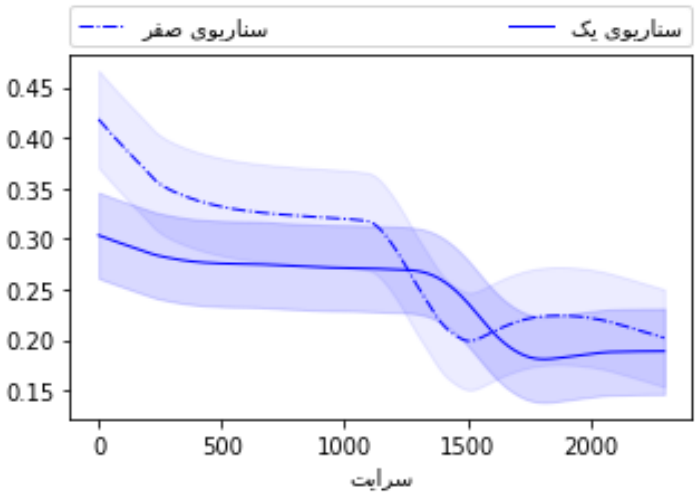
سایر ساختارهای پیچیده‌تر اتاقِ پایشِ تسویه می‌تواند شامل مرکزهایی باشد که مقررات الزامی دیگر از جمله مقرراتِ محدودیت میزان اعتبار و غیره را برقرار سازند یا حتی به عنوان آخرین وام دهنده عمل کنند. شواهد تجربی نشان می‌دهد که ممکن است اثرات استقرار این اتاق مطابق با شرایط اقتصادی متفاوت باشد (جارمسکی، ۲۰۱۵، ۲۰).

شبیه‌سازی‌های این سناریو با سناریوی پیش‌فرض مقایسه شده‌اند. پارامترهای این سناربو همان پارامترهای سناریوی صفر یا پیش فرض هستند، فقط یک پارامتر که مربوط به الزامِ وثیقه‌سپاری بانک متقاضی وام از بازار بین بانکی است تغییر می‌کند. نمودار یک نتایج حاصل از مقایسه سناریوی صفر با سناریوی اتخاذ یک مرکز پایش تسویه یا همان سناریوی یک را نشان می‌دهد. این نمودار تعداد بانک‌های ورشکسته را در هر چرخه در دو سناریوی صفر و یک نشان می‌دهد. کاهش تعداد بانک‌های ورشکسته بعد از اجرای سناریوی اتاق پایش تسویه در نمودار کاملاً مشهود است. این نتیجه نشان می‌دهد که در صورت اتخاذ مرکز پایش تسویه شبکه بین بانکی پایدارتر و ثبات سیستم بانکی افزایش می‌یابد. علاوه بر این، در هر سناریو نمودار تعداد ورشکستگی‌ها نزولی است و رفته رفته در طول شبیه‌سازی تعداد بانک‌هایی که قادر به بازپرداخت نیستند کاهش می‌یابد یکی از دلایل این نتیجه، یادگیرنده و هوشمند بودن بانک‌ها است. بانک‌ها بر اساس الگوی یادگیری تطبیقی انتخاب‌های خود را مطابق با دو قانون تطبیق می‌دهند. قانون اول این است که احتمالاً استراتژی‌های موفق انتخاب شده مجدداً اتخاذ می‌شوند. قانون دوم هم بر این اساس است که، آن استراتژی‌هایی که انتخاب نشده‌اند، اما در صورت انتخاب موفقیت‌آمیز خواهند بود، به احتمال زیاد در آینده اتخاذ می‌شوند. بنابراین به دلیل استفاده از الگوریتم یادگیری برای بانک‌ها، سیاست‌های مقررات بر سیستم علاوه بر تأثیر مستقیم روی شبکه، تأثیر غیرمستقیم نیز از طریق رفتار تطبیقی عوامل دارند.



نمودار ۱. تعداد بانک‌های ورشکسته در هر چرخه

نمودار شماره دو تعداد بانک‌های ورشکسته ناشی از سرایت در بازار بین بانکی را نشان می‌دهد. در نمودار سرایت مشاهده می‌شود که چگونه با استقرار این مرکز سرایت بین بانکی تحت تأثیر قرار گرفته است. این نتیجه گویای آن است که نظارت بر بازار بین بانکی از طریق استقرار اتاق پایش تسویه در کاهش خطرِ سرایت در سیستم موفق بوده است. در واقع، در بیش از ۱۰۰ تکرار از ۲۳۰۰ دوره شبیه سازی با اتاق پایش تسویه، ورشکستگی بانک‌ها ناشی از سرایت کاهش داشته است. این نتیجه نشان می‌دهد که در واقع این مرکز در کاهش ریسک سرایت و در نتیجه کاهش ریسک سیستمیک در سیستم موفق بوده است و بنابراین اتخاذ سیاست نظارتی در بازار بین بانکی باعث پایداری و ثبات سیستم و کارایی بیشتر بازار بین بانکی می‌شود. شواهد تجربی در بازارهای مالی اروپا نیز این نتایج را تأیید می‌کنند (گزارش ثبات مالی، ۲۰۱۷، ۲۹).

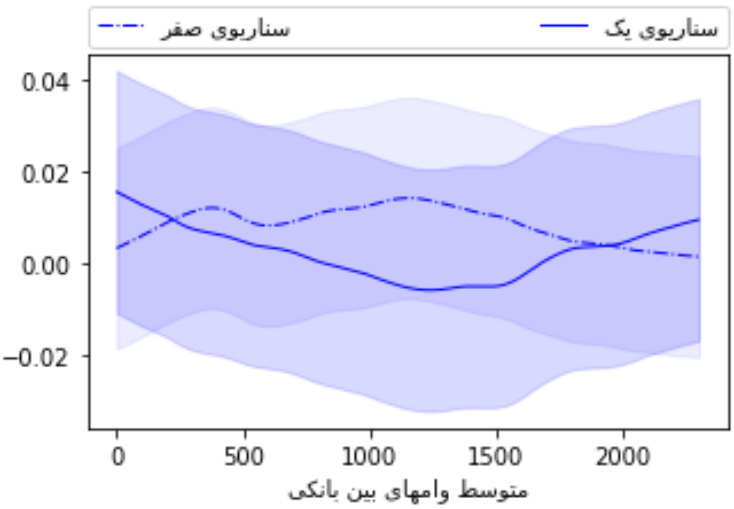


نمودار ۲. تعداد بانک‌های ورشکسته ناشی از سرایت در بازار بین بانکی

نتیجه مهم دیگر این است که کاهش ریسک سرایت ناشی از کاهش معاملات بین بانکی نیست. چون کاهش آنچنانی در وام‌های بین بانکی دیده نمی شود. این نتیجه در نمودار شماره سه، متوسط معاملات بین بانکی در چرخه‌ها مشاهده می‌شود. علامت منفی به معنی وام‌گیری از بازار بین بانکی و علامت مثبت به معنی وام‌دهی در این بازار است. بنابراین، اگر در سطح وام‌های بین بانکی تغییری ایجاد شود، رفته رفته به سمت بالا خواهد بود. این نتیجه از نتایج مهم تحقیق می‌باشد؛ اگر دلیل کاهش سرایت صرفا کاهش در معاملات بود، پایداری شبکه بین بانکی به بهای کاهش قابل توجه در معاملات بین بانکی بود و بنابراین این سیاست نظارتی، کارا و قابل توصیه به سیاست‌گذار نبود.

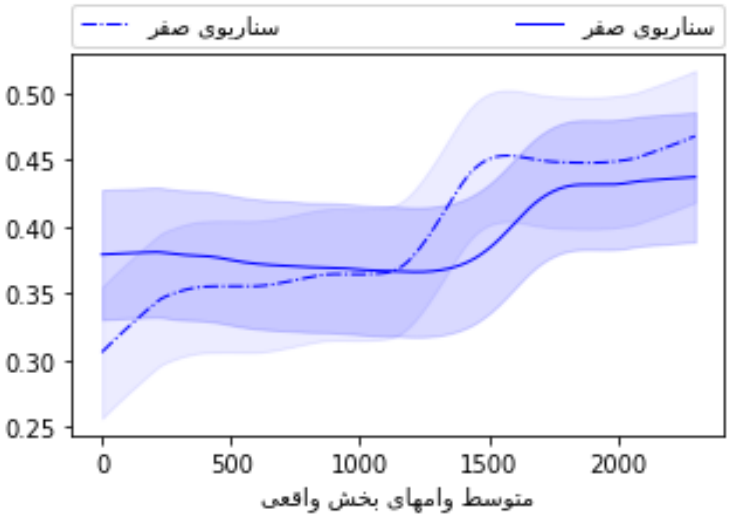
رسیدن به سیستم پایدارتر و کاهش ریسک سرایت و در نتیجه کاهش ریسک سیستمیک هزینه دارد. این هزینه در این مدل از جهت اعتبارت اختصاص یافته به بنگاه‌ها می‌باشد. نمودار شماره چهار یا نمودار وام‌های بخش واقعی، متوسط وام‌های اختصاص یافته به بنگاه‌ها را نشان می‌دهد. که در سناریوی یک کاهش اندک ولی قابل توجهی را در عرضه اعتبار نشان می‌دهد، چون این کاهش وام‌ها در کاهش سرایت مؤثر بوده است. شواهد تجربی نیز از این نتایج حمایت می‌کنند

(جارمسکی[1]، ۲۰۱۵، ۱۰). لیکن، اگرچه در کاهش سرایت مؤثر است اما همان‌طور که در نمودار تعداد ورشکستگی‌ها نشان داده شده است، بر تعداد ورشکستگی‌هایی که ناشی از قرار گرفتن در سیستم بین بانکی است تأثیر نمی‌گذارد.



نمودار ۳. متوسط وام‌های بین بانکی

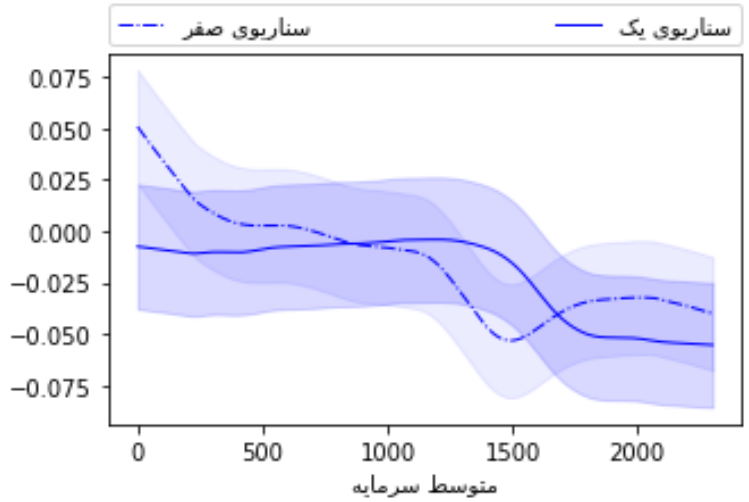
1. Jaremski



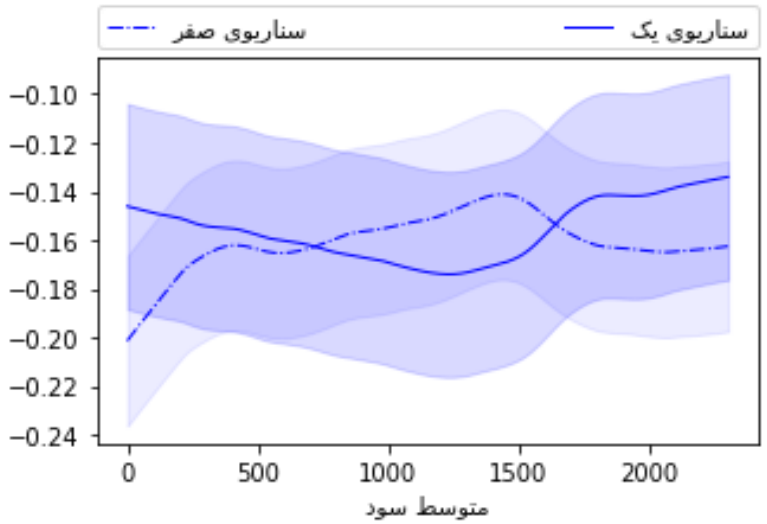
نمودار ۴. متوسط وام‌های بخش واقعی

معرفی مرکز، علاوه بر تأثیر مورد انتظار و سازگار در سیستم مالی که به صورت کاهش سرایت و در نتیجه کاهش ریسک سیستمیک و بنابراین افزایش ثبات سیستم مشاهده شده است، بازار بین بانکی را نیز تحریک می‌کند(جارمسکی، ۲۰۱۷، ۲۸-۲۵). برخی شواهد تجربی نیز نشان می‌دهد که ممکن است این اتفاق بیفتد. به عنوان مثال، اتاق مبادلات ارزی BM & FBOVESPA در کشور برزیل، از زمان معرفی آن، اکنون حدود ۷۰ درصد از بازار ارز برزیل را در اختیار دارد (باروسو، ۲۰۱۴، ۳۱).

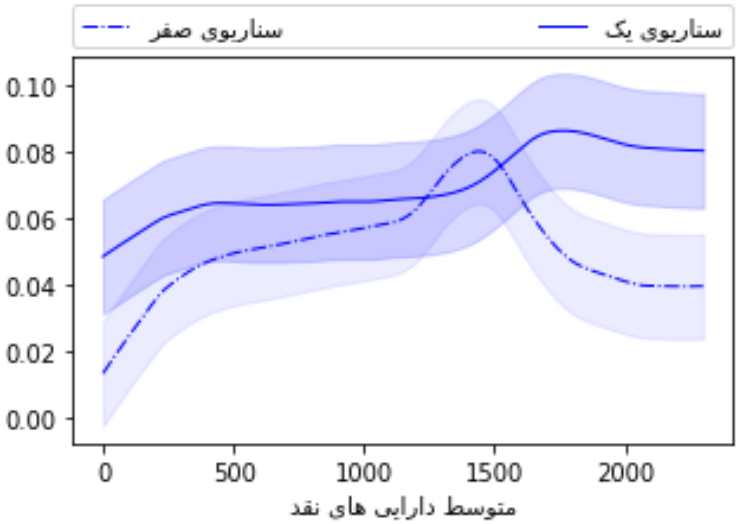
معرفی مرکز پایش تسویه بین بانکی به طور واضح ریسک سرایت و سیستمیک سیستم بانکی را کاهش می‌دهد بدون آنکه تأثیر منفی قابل توجهی بر سایر متغیرهای مهم بانک‌ها از جمله متوسط سطح سرمایه، متوسط سودآوری بانک‌ها و متوسط دارایی‌های نقد بگذارد. این نتایج در نمودارهای زیر به ترتیب قابل مشاهده هستند. نمودار پنج، متوسط سرمایه بانک‌ها در هر چرخه را نشان می‌دهد. نمودار شش متوسط سودآوری بانک‌ها در هر چرخه یعنی تفاوت سرمایه در هر چرخه با سرمایه در چرخه قبلی را نشان می‌دهد و در نهایت، نمودار هفت متوسط دارایی نقد بانک‌ها در هر چرخه را نشان می‌دهد.



نمودار ۵. متوسط سرمایه بانک‌ها



نمودار ۶. متوسط سود بانک‌ها



نمودار ۷. متوسط دارایی نقد بانک‌ها

۵. نتیجه‌گیری

در این مقاله شبکه بین بانکی کشور بر اساس رویکرد عامل بنیان و به صورت چند عاملی هوشمند شبیه‌سازی شده است. عوامل، شامل: بانک‌ها، بانک مرکزی، بنگاه‌ها، سپرده‌گذاران و اتاق پایش تسویه هستند. در این الگو رفتارهای عوامل بر طبق الگوی یادگیری تطبیقی است. این مدل در چارچوب الگوی دیبویگ، آلن، گال و ترکیب عقلانیت محدود در طرح یادگیری جاذبه با تجربه می‌باشد. این الگو به عوامل اقتصادی اجازه می‌دهد تا در طی چرخه‌ها یاد بگیرند و استراتژی‌های خود را بر اساس محیط ایجاد شده توسط سیاست‌گذار تطبیق دهند. بنابراین، پدیده‌های تجربی مشاهده شده، مانند: ارتباطات در بازار بین بانکی، انضباط بازار که توسط سپرده‌گذاران اعمال می‌شود و عدم تقارن اطلاعات در غیاب کنترل‌ها، از تعامل عوامل بوجود می‌آید.

با استفاده از این شبیه سازی، تأثیر یکی از مقررات نظارتی احتیاطی الزامی برای این بازار به صورت وجود مرکزی در سیستم بین بانکی جهت بررسی ریسک بانک‌ها با هدف کاهش نکول وام‌های بین بانکی و کاهش عدم پرداخت‌ها در معاملات بازار بین بانکی ارزیابی شده است. مرکز

پایش تسویهٔ بین بانکی به عنوان مرکز طرف مقابل خریدار و فروشنده در اعطای اعتبار عمل می‌کند. بر این اساس، مرکز پایش یک قرارداد با خریدار (در اینجا بانک وام گیرنده) و قرارداد دیگری با فروشنده (بانک وام دهنده) انعقاد می‌کند. بانک‌ها برای تقاضای وام از بازار بین بانکی ملزم به وثیقه‌سپاری در مرکز مذکور هستند. این نهاد نظارتی با افشای اطلاعات بانک‌ها در بازار، باعث افزایش کارایی بازار بین بانکی از طریق تقارن اطلاعاتی و شفافیت معاملات خواهد شد. این مرکز ریسک اعتباری طرف مقابل و ریسک نقدینگی را حذف نمی‌کند، بلکه آن را دوباره تخصیص می‌دهد. به عنوان مثال، در زمانی که خریدار قادر به انجام تعهدات خود نباشد، خطر به جای فروشنده بر عهده این مرکز خواهد بود. در این‌صورت، فروشنده فقط با این خطر مواجه است که اتاق پایش تسویه نتواند به تعهدات خود در قبال فروشنده عمل کند. این در حالی است که تخصص این مراکز در مدیریت ریسک اعتباری و نقدینگی طرف مقابل است. اگر این مراکز راهکارهای کافی داشته باشند آن‌ها نسبت به بانک‌های طرف معامله در موقعیت بهتری برای مقابله با چنین ریسک‌هایی قرار دارند. نتایج مقاله نشان می‌دهد اعمال این گونه سیاست‌های نظارتی الزامی بر بازار بین بانکی در کاهش خطر سرایت بین بانک‌ها موفق بوده است. بنابراین باعث کاهش ریسک سرایت و در نتیجه کاهش ریسک سیستمیک خواهد شد. از این رو عاملی برای ثبات و پایداری سیستم بانکی و جلوگیری از بحران‌های بانکی می‌تواند باشد. این کاهش ریسک در بازار بین بانکی با هزینه کم از نظر تأمین اعتبار به سمت واقعی اقتصاد رخ می‌دهد، بنابراین نتیجه نهایی این پژوهش جهت اتخاذ سیاست‌های مقرراتی در بازار بین بانکی کشور توسط سیاست‌گذاران بایستی مورد توجه قرار بگیرد. این سیاست نظارتی می‌تواند نقش مهمی در عملکرد بازارهای مالی ایفا کند زیرا پتانسیل کاهش ریسک‌های اعتباری طرف مقابل را دارد که فعالان بازار مالی هنگام انجام معاملات با آن مواجه می‌شوند. علاوه بر این، آنها می‌توانند با ارائه شبکه چندجانبهٔ معاملات و با تسهیل امور به بهبود کارایی در بازارهای مالی کمک کنند. مراکز پایش تسویه نقش مهمی در تخصیص مجدد مؤثر ریسک‌های اعتباری طرف مقابل و ریسک نقدینگی در بازارهای مالی دارند. با این حال، آنها به عنوان بازیگران مهم سیستمی، باید ریسک‌های خود را به شیوه‌ای مناسب مدیریت کنند تا از ایجاد خطرات جدید برای ثبات مالی جلوگیری کنند، بنابراین ورشکستگی یا مشکلات عملیاتی این مرکز

می‌تواند منجر به اختلالات شدید در بازارهای مالی شود. بر این اساس باید اقدامات پیچیده مدیریت ریسک اعمال شود و با حساسیت بیشتری توسط مقامات دولتی تنظیم و نظارت شود. با توجه به این که یک محیط دائماً در حال تغییر دارای خطرات جدیدی است شناسایی به موقع آنها و نظارت کافی الزامی است.

در این پژوهش، به مقررات نظارتی بین بانکی که یکی از مسائل جاری است پرداخته شد، اما فضای زیادی برای پتانسیل کامل مدل مقاله وجود دارد. به عنوان تحقیقات آتی تأثیر سایر مقررات نظارتی احتیاطی و محدودیت‌های اعتباری در بازار بین بانکی توسط همین مدل می‌تواند مورد بررسی قرار بگیرد.

منابع

بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران (۱۳۹۸)، مدیریت کل مقررات، مجوزهای بانکی و مبارزه با پولشویی اداره مطالعات و مقررات بانکی، دستورالعمل محاسبه سرمایه نظارتی و کفایت سرمایه مؤسسات اعتباری بانک مرکزی، نسخه اصلاحی.

براتی، لیلا؛ فلاح شمس، میر فیض؛ غفاری، فرهاد و علیرضا حیدرزاده هنزائی (۱۳۹۹). "ریسک فراگیر بحران مالی در نظام بانکی ایران با رویکرد ARFIMA - FIGARCH- Delta CoVaR و ریزش مورد انتظار حاشیه‌ای". *فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار*، ۱۱(۴۵)، صص ۶۱۱-۵۸۷.

پورعبادالهان کویچ، محسن؛ اصغرپور، حسین؛ فالحی، فیروز و ستار رستمی (۱۳۹۷). "بررسی شکنندگی سیستم بانکی ایران بر اساس شاخص BSFI". *فصلنامه اقتصاد مالی*، ۱۲(۴۵)، صص۲۶-۱.

ختایی، محمود؛ محمدی، تیمور و محمد امیدی‌نژاد (۱۳۹۵). "تخمین احتمال نکول اشخاص حقیقی مبتنی بر توافقنامه بال ۲". *فصلنامه پژوهش‌های پولی-بانکی*، ۸ (۲۴)، صص ۲۵۰-۲۲۳.

رادفر، هادی؛ شاهچرا، مهشید و بهناز صبوری (۱۳۹۸). "تأثیر همزمان ریسک نقدینگی و ریسک اعتباری بر ثبات بانک‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران". *فصلنامه سیاستهای مالی و اقتصادی*، ۷(۲۷)، صص ۲۱۴-۱۹۱.

رشیدی راوری، پویا (۱۳۹۷). *سرایت مالی، رقابت بانک‌ها و سیاست‌گذاری بانک مرکزی*، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مدیریت و اقتصاد (دانشگاه صنعتی شریف).

طاهری، ماندانا (۱۳۹۹). "ریسک سیستمی و اثر آن بر ثبات بانکی". *دوفصلنامه بررسی مسائل اقتصاد ایران*، ۲(۷)، صص ۲۴۱-۲۲۵.

کردمنجیری، سجاد؛ داداشی، ایمان خشنود، زهرا و حمیدرضا غلام نیاروشن (۱۳۹۸). "ریسک اعتباری بانک ها، با تأکید بر گزارش حسابرسی مشتریان حقوقی". *فصلنامه پژوهش‌های پولی-بانکی*، ۱۲(۴۱)، صص ۵۷۶-۵۵۱.

مهدوی کلیشمی، غدیر؛ الهی، ناصر؛ فرزین وش، اسدالله و جواد گیلانی پور (۱۳۹۶). "ارزیابی ریسک سیستمی در شبکه بانکی ایران توسط معیار تغییرات ارزش در معرض خطر شرطی"، *فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار*، ۸(۳۳)، صص ۲۸۱-۲۶۵.

وفادار، عباس (۱۳۷۷). " نسبت‌های مالی و تجزیه و تحلیل صورت‌های مالی بانک‌ها". *نشریه حسابدار*، ۱۲(۱۲۵)، صص ۱۳-۳.

Allen F. and D. Gale (2000). "Financial contagion". *Journal of political economy*, 108(1), pp. 1-33.

Anh T. M. Vu(B), Thong P. Le, Thanh D. X. Duong, and Tai T. Nguyen. (2018) Interbank Contagion: An Agent-Based Model for Vietnam Banking System**.** Econometrics for Financial Applications , pp. 397-420.

Barroso R.V., Lima J.I.A.V., Lucchetti A. H. and D.O. Cajueiro (2016). Interbank Network and Regulation Policies: an Analysis through agent-based simulations with adaptive learning". *Journal of Network Theory in Finance*, v. 2, pp. 53–86.

Barroso R.V. (2014). Avaliação de políticas regulatórias e de estrutura do mercado financeiro em um modelo dinâmico de sistema bancário com aprendizado.

Biondi Y. and F. Zhou (2017). "Interbank credit and the money manufacturing process: a systemic perspective on financial stability". *Journal of Economic Interaction and Coordination*, pp. 1-32.

Brown M., Trautmann S.T. and R. Vlahu (2017). "Understanding bank-run contagion". *Management Science*, 63(7), pp. 2272-2282.

Camerer C. F. and T.H. Ho (1999). "Experience weighted attraction learning in normal form games". *Econometrica*, No. 67, pp. 827–874.

Dawid H. and D.D. Gatti (2018). "Agent-based macroeconomics". *In Handbook of computational economics*.Vol. 4, pp. 63-156.

Dell'Ariccia G., Detragiache E. and R. Rajan (2008). "The real effect of banking crises". *Journal of Financial Intermediation*, *17*(1), pp. 89-112.

Diamond D.W. and P.H. Dybvig (1983). "Bank runs, deposit insurance and liquidity". *Journal of political economy*, 91(3), pp. 401-419.

Eisenbach, T. M. (2017). "Rollover risk as market discipline: A two-sided inefficiency". *Journal of Financial Economics*, Elsevier, 126(2), pp. 252–269.

Evanoff D.D., Steigerwald R.S. and D. Russo (2006). "Policymakers, researchers, and practitioners discuss the role of central counterparties". *Economic Perspectives, 30*(4).

Financial Stability Review (2017), European Central Bank.
Fudenberg D. and D.K. Levine (1998). The Theory of Learning in Games. [S.l.]: The MIT Press.
Fudenberg D. and D.K. Levine (2016). "Whither game theory? towards a theory of learning in games". *Journal of Economic Perspectives*, 30(4), pp. 151–70.
Gai P. and S. Kapadia (2010). "Contagion in financial networks. Proceedings of the Royal Society A: Mathematical", *Physical and Engineering Sciences*, 466(2120), pp.2401-2423.
Georg C.P. (2013). "The effect of the interbank network structure on contagion and common shocks". *Journal of Banking & Finance*, 37(7), pp. 2216-2228.
González-Avella J.C., de Quadros V. H. and J.R. Iglesias (2016). "Network topology and interbank credit risk". *Chaos, Solitons & Fractals*, No. 88, pp. 235-243.
Hommes C.H. (2006). "Heterogeneous agent models in economics and finance. Handbook of computational economics", *Elsevier*, No. 2, pp. 1109–1186.
IMF. (2009), WORLD ECONOMIC OUTLOOK, Global slowdown and rising inflation. Available at:
https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2016/12/31/Global-slowdown-and-rising-inflation.
Jaremski M. (2015). Clearinghouses as credit regulators before the fed? Journal of Financial Stability, Elsevier, No. 17, pp. 10–21.
Jaremski M. (2017). *The (Dis)Advantages of Clearinghouses Before the Fed*. doi:10.3386/w23113.
Klinger T. and P. Teplý (2014). "Systemic risk of the global banking system-an agent-based network model approach". *Prague Economic Papers*, 1(14), pp. 24-41.
Koeppl T.V. and C. Monnet (2010). *Emergence and Future of Central Counterparties*. Laeven, L., & Valencia, F. (2013). Systemic banking crises database. *IMF Economic Review*, 61(2), pp. 225-270.
Leventides J., Loukaki K. and V.G. Papavassiliou (2019). "Simulating financial contagion dynamics in random interbank networks". *Journal of Economic Behavior & Organization*, No. 158, pp. 500-525.
Liu A., Paddrik M., Yang S.Y. and X. Zhang (2020). "Interbank Contagion: An agent-based model approach to Endogenously formed Networks". *Journal of Banking & Finance*. No. 112 , pp. 1-15.
Montagna M. and C. Kok (2013). Multi-Layered Interbank Model for Assessing Systemic Risk (55 pp.). Kiel Working Paper, 1873, Kiel Institute for the World Economy, Kiel.
Montagna M. and C. Kok (2016). Multi-layered interbank model for assessing systemic risk.
Poledna S., Miess M.G. and C.H. Hommes (2020). *Economic Forecasting with an Agent-Based Model.* IIASA Working Paper. Laxenburg, Austria: WP-20-001.
Roth A. E. and I. Erev (1995). "Learning in Extensive-form games: Experimental data and simple dynamic models in the intermediate term". *Games and Economic Behavior*, No. 8, pp. 164–212.
Russell S. and P. Norvig (2020). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 4th Edition, Prentice Hall Press.

Serri M., Caldarelli G. and Cimini (2017). "How the interbank market becomes systemically dangerous: An agent-based network model of financial distress propagation". *Journal of Network Theory in Finance*, 3(1), pp.1-18.

Silva T.C., Guerra S.M., da Silva M.A. and B.M. Tabak (2015). Measuring Systemic Risk under Monetary Policy Shocks: a network approach.

Spitzeck H., Pirson M. and C. Dierksmeier (Eds.). (2011). "Banking with Integrity: the Winners of the Financial Crisis?". *Springer*.

Teplý P. and T. Klinger (2019) "Agent-based modeling of systemic risk in the European banking sector". *Journal of Economic Interaction and Coordination*. volume 14, pp. 811–833.

Vinhosa Bernardo Arraes. (2018). "Economic Interaction and Coordination". *Learning and Bounded Rationality in Banking Crises*, PhD Thesis, Field of Economics. University of Brasília. volume 14, pp. 811–833.