

طراحی شاخص استرس مالی در نظام مالی ایران با رویکرد نظریه

پرتفوی

سعید فلاح پور

دانشیار مدیریت مالی دانشگاه تهران، sfallahpour@gmail.com

سعید شیر کوند

دانشیار مدیریت مالی دانشگاه تهران، shirkavnd@ut.ac.ir

اکبر قنبری*

دانشجوی مدیریت مالی دانشگاه تهران، ghanbari@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۳/۲۰

چکیده

شاخص استرس مالی معیاری از ریسک سیستمی است که سعی دارد استرس را در کل نظام مالی کمی نماید و توصیفی از سهم هر بخش از بازار مالی بر استرس کلی نظام ارائه دهد. در این پژوهش، شاخصی ترکیبی برای سنجش استرس نظام مالی ایران با استفاده از رویکرد پرتفوی معرفی شده است. این شاخص، ترکیبی از متغیرهای استرس در بخش‌های مختلف نظام مالی ایران (بازار سهام، بازار اوراق بدهی، بخش بانکی، بازار پول و بازار نرخ ارز) می‌باشد. برای ترکیب این متغیرها از روش‌های میانگین متحرک موزون نمایی (EWMA)، همبستگی شرطی پویا (DCC-GARCH) و BEKK-GARCH برای بررسی ساختار همبستگی بین زیر شاخص‌های استرس مالی طی دوره زمانی فروردین ۱۳۸۹ تا اسفند ۱۳۹۶ استفاده شده است. در پایان، برای تعیین اینکه کدامیک از شاخص‌های استرس طراحی شده برای نظام مالی ایران مطلوبتر است، از نتایج پیش‌بینی مدل VAR برای توضیح دهندگی تغییرات GDP استفاده شده است. نتایج مقایسه معیارهای دقت پیش‌بینی نشان داد که گرچه اختلاف نتایج عملکرد این شاخص‌های قابل توجه نیست، اما شاخص استرس ساخته شده به روش BEKK-GARCH عملکرد بهتری داشته و در مقایسه با دو روش دیگر استفاده شده برای برآورد همبستگی زیرشاخص‌ها، بهتر تغییرات بخش واقعی اقتصاد را توضیح می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: شاخص استرس مالی (FSI)، ثبات مالی، نظام مالی ایران، گارچ چند متغیره، میانگین متحرک موزون نمایی، مدل خودرگرسیون برداری.

طبقه‌بندی JEL: G01، G10، E44، C43.

* نویسنده مسئول مکاتبات

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر نظام مالی ایران از جنبه ارائه ابزارهای جدید و اثرگذار در بخش‌های مختلف با رشد و توسعه قابل توجهی همراه بوده است. این رشد و ایجاد ابزارهای و نهادهای نوین و شکل‌گیری بازار اوراق بدهی و اوراق مشتقه و نیز افزایش حجم منابع صندوق‌های سرمایه‌گذاری در بازار سرمایه به عنوان بخشی از این نظام مالی، لزوم توجه به ثبات و کارایی در آن را بیش از پیش مشخص می‌نماید. در کنار این بخش از بازار مالی، بازار پول و حوزه بانکداری نیز به دلیل وابستگی به نرخ‌های بهره و جریان نقدینگی از این رشد تأثیرات زیادی پذیرفته است.

توسعه ابزارهای مالی در کشور چشم انداز مثبتی را برای نظام مالی ایران نوید می‌دهد که البته نگرانی‌هایی نیز به همراه خواهد داشت. بدون شک توسعه این ابزارها در هم‌تنیدگی و نیز عمق بازار مالی کشور را افزایش داده و وابستگی اجزاء آن به یکدیگر را بیش از گذشته خواهد نمود. این افزایش وابستگی متقابل زمانی نگران‌کننده خواهد بود که یک بخش یا اجزایی از این نظام مالی عملکرد تعریف شده خود را به خوبی صورت ندهد، این مسأله یادآور وضعیتی است که در سال ۲۰۰۸ برای اقتصاد جهانی پدید آمد و مفاهیمی چون ثبات مالی، بحران و درماندگی را در ادبیات مالی بیشتر مطرح ساخت.

پس از بحران مالی اخیر محافل علمی و مقامات مالی در اقصی نقاط جهان، تلاش‌های خود را در جهت بهبود شاخص‌ها و مدل‌ها در زمینه ریسک سیستمی و نیز تحلیل ابزارهای احتیاطی معطوف ساختند (هالو و همکاران^۱، ۲۰۱۲). از این رو ادبیات مربوط به سیستم هشدار سریع برای بحران‌های بانکی و نرخ ارز در میان مباحث ریسک سیستمی بسیار گسترده شده است، با این حال اقتصادهای پیشرفته به دلیل اینکه وقوع بحران مالی به فراوانی کمی رخ می‌دهد به شاخص‌های مربوط به آن نیز توجه محدودی داشته‌اند و همچنین توجه بسیار اندکی نیز به شاخص‌های ترکیبی هشدار سریع برای شناسایی نشانه‌های اولیه دوره درماندگی مالی

^۱ Hollo et al.

صورت گرفته است (گالگاتی^۱، ۲۰۱۴). اما این بدان معنا نیست که توجه به ریسک سیستمی کمتر شده بلکه ابزار و روش مطالعه این ریسک در مقایسه با آنچه در سال‌های بعد از بحران مالی مشاهده می‌شد، تغییر یافته است.

باید توجه داشت که تنوع بسیار زیادی در زمینه شاخص‌های استاندارد اندازه‌گیری سطح استرس در اجزا نظام مالی به صورت تفکیک شده وجود دارد که هر یک نشانه‌ای از اصطکاک مالی را مشخص می‌کند (هالو و همکاران، ۲۰۱۲). در حالی که همه این شاخص‌ها اطلاعات مفیدی بدست می‌دهند، اما همیشه این مسأله مطرح است که آیا استرس مشاهده شده در یک جزء خاص از یک بازار ماهیت خاص آن بازار است یا اینکه این استرس بسیار وسیع بوده و پدیده‌ای سیستمی محسوب می‌شود. یکی از روش‌های تحلیل اطلاعات شاخص‌های مجزا این است که شاخصی ترکیبی از استرس مالی یا همان «شاخص استرس مالی^۲» را طراحی نماییم. بنابراین در ادبیات مرتبط با ریسک سیستمی، گروهی از تحقیقات در سال‌های پس از بحران با هدف اندازه‌گیری ریسک سیستمی به توسعه شاخص‌های استرس مالی یا شاخص‌های شکنندگی^۳ اختصاص یافته است.

به اذعان محققین شاخص‌های استرس مالی در آینده بیش از پیش مورد توجه قرار خواهند گرفت و نتایج ملموس آنها به عنوان ابزاری کاربردی در زمینه سیاست‌گذاری احتیاطی کلان و پولی خواهد بود (کرمر^۴، ۲۰۱۶). بنابراین رشد و توسعه سریع بازارها و ابزارهای مالی در ایران لزوم توجه به ابزارهای سنجش ریسک سیستمی را در این نظام بیش از گذشته آشکار می‌سازد، از این رو در این مقاله سعی شده است طراحی شاخصی که بتواند معیاری از سنجش سلامت و ثبات مالی در کشور باشد با بهره‌گیری از رویکردهای جدید در برآورد همبستگی بین متغیرها، مدنظر قرار گیرد و عملکرد شاخص‌های طراحی شده با معیار قرار دادن تولید ناخالص داخلی (GDP) به عنوان متغیر بخش واقعی اقتصاد با هم مقایسه گردد.

¹ Gallegati

² Financial stress index

³ Fragility indexes.

⁴ Kremer

در این مقاله نخست مبانی نظری و پیشینه پژوهش بیان می‌گردد و سپس روش‌شناسی ساخت شاخص استرس مالی با توجه به ادبیات غنی در این حوزه تبیین خواهد شد. پس از معرفی متغیرهای مورد استفاده در این شاخص، نحوه برآورد همبستگی بین متغیرها در سه روش پیشنهادی تشریح و اثرات این شاخص‌ها بر بخش واقعی اقتصاد بررسی می‌گردد. در انتها نیز نتایج تجربی پژوهش در قالب ارزیابی دقت پیش‌بینی هر یک از شاخص‌های ساخته شده ارائه خواهد شد.

۲- ادبیات موضوع و پیشینه پژوهش

در سال‌های اخیر تلاش‌های زیادی توسط پژوهشگران صورت گرفته است تا عدم تعادل مالی در فعالیت‌های اقتصادی را در قالب شاخص استرس مالی شناسایی و ارائه نمایند، هدف از این کار اندازه‌گیری وضعیت عدم ثبات، سطح اصطکاک و کشش در نظام مالی و ترکیب آن در یک عدد واحد بوده است. از این رو استفاده از شاخص استرس مالی (FSI) که ادامه تحقیقات مربوط به شاخص‌های هشدار سریع^۱ می‌باشد در توصیف استرس‌های وسیعی سیستمی در بازارهای مالی بسیار مرسوم شده است (هوتاری^۲، ۲۰۱۵).

استرس مالی می‌تواند به صورت یک اختلال در عملکرد طبیعی بازارهای مالی تعریف گردد، با این حال به دلیل اینکه دوره‌های استرس مالی دقیقاً یکسان نیستند ارائه تعریف مشخص و مورد توافق در مورد آن بسیار دشوار است، با این حال بررسی و تحلیل شاخص‌های استرس مالی مختلف نشان می‌دهند که در زمان استرس: ۱- عدم اطمینان ارزش بنیادین دارایی‌ها افزایش می‌یابد و در اغلب موارد منجر به نوسان زیاد در قیمت دارایی می‌شود و ۲- عدم اطمینان در مورد رفتار سرمایه‌گذاران افزایش می‌یابد و ۳- عدم تقارن اطلاعاتی زیاد می‌شود و ۴- رفتن به سمت کیفیت^۳ (فروش سرمایه‌گذاری‌های با ریسک بالا و خرید سرمایه‌گذاری‌های ایمن همچون اوراق خزانه یا طلا) افزایش می‌یابد و ۵- تمایل به نگهداری

¹ Early Warning Indicators (EWI)

² Huotari

³ Flight to quality

دارایی‌های ریسکی کاهش می‌یابد و ۶- تمایل به نگهداری دارایی‌های غیرنقد (حرکت به سوی نقدینگی^۱) نیز کاهش می‌یابد (میتنیک و سملر^۲، ۲۰۱۴؛ هاکیو و کیتون^۳، ۲۰۰۹).

ابورا و ون رُی^۴ (۲۰۱۷) برای اندازه‌گیری استرس مالی، ویژگی‌های ابعاد مختلف استرس مالی را در سه بخش بانکداری، بازار سرمایه و بازار نرخ ارز انتخاب کرده‌اند. آنان معتقدند که این سه بازار، سه نیروی زیرشاخص‌هایی هستند که امکان ارزیابی جامع از استرس مالی را فراهم می‌سازند چرا که دامنه وسیعی از کانالهای سرایت از بخش مالی به اقتصاد واقعی را در بر می‌گیرند. البته در مطالعات دیگر متغیرهایی از دو بخش بازار بدهی و بازار پول نیز در ساخت شاخص ترکیبی استرس اضافه شده‌اند. بر اساس ماهیت این زیرشاخص‌ها می‌توان گفت که شکاف^۵، تلاطم (نوسان) و شاخص‌های پراکندگی به عنوان متغیرهایی برای شاخص استرس مالی در نظر گرفته می‌شوند.

بر طبق ادبیات یکی از معیارهای انتخاب شاخص استرس مالی این است که متغیرهای تشکیل دهنده شاخص با اقتصاد واقعی ارتباط داشته باشند، چرا که استرس مالی مربوط به نگرانی خاصی است که به صورت منفی بر تولید، فعالیت‌های بنگاه‌های اقتصادی و رفاه اجتماعی اثر می‌گذارد. بنابراین به صورت ضمنی می‌توان نتیجه گرفت که طراحی شاخص استرس مالی به تنهایی هدف پژوهشگران نبوده و عمدتاً کوشیده‌اند اثر نوسانات این شاخص را بر متغیرهایی همچون درآمد، تورم، بازار املاک و مستغلات، نفت، طلا، سیاست‌های پولی، سودآوری شرکت‌های مالی، بازده بیتکوین و غیره بررسی نمایند. در این بین بخش بسیار زیادی از مطالعات به اثر نوسانات شاخص استرس مالی و نیز دوره‌های استرس مالی بر متغیرهای اقتصاد واقعی پرداخته‌اند. از نگاه نظری و نیز تجربی، اثرات استرس مالی بر بخش واقعی اقتصاد قابل ملاحظه است. نظریات اقتصادی نشان می‌دهد که افزایش در استرس مالی منجر به تغییر

¹ Flight to liquidity

² Mittnik & Semmler

³ Hakkio & Keeton

⁴ Aboura & Van Roye

⁵ Spread

رفتار سرمایه‌گذار و نیز میزان مصرف می‌گردد. تحقیقات متعددی نیز نشان داده‌اند که افزایش در شکاف بازار پول، قدرت اعتباردهی بانک را کاهش می‌دهد که در نتیجه کاهش فعالیت اقتصادی را منجر می‌شود (ابورا و ون رُی، ۲۰۱۷). همچنین هالو و همکاران (۲۰۱۲) نشان داده‌اند که افزایش در شاخص استرس مالی در صورتی که از یک حد آستانه بیشتر باشد باعث کاهش مداوم در تولیدات صنعتی می‌شود. در توضیح اثر استرس بر فعالیت‌های اقتصادی باید گفت، این موضوع به نگرش صبر کردن تا رفع بی‌ثباتی در خانوارها و شرکت‌ها، مربوط می‌شود؛ در زمانی که عدم اطمینان بالاست میزان مصرف خانوار و تصمیمات سرمایه‌گذاری به تأخیر می‌افتد. البته اثر استرس بازار مالی فوری نیست ولی پس از مدتی اثر خود را آشکار می‌سازد (فرر و همکاران^۱، ۲۰۱۸). همچنین در دوره‌های با استرس مالی بالا، سهم وام‌های غیر عملیاتی افزایش می‌یابد و هیجانات منفی در بازارها ارزش‌داری‌ها را کاهش می‌دهند، در نتیجه اخلاص در بازارهای مالی یا انباشت وام‌های غیر عملیاتی در ترازنامه بانک‌ها با کاهش جریان اعتبار در سایر بخش‌ها ممکن است منجر به آغاز رکود گردد. بنابراین مشخص است که استرس مالی ریسک‌هایی را بر اقتصاد واقعی همچون کسب و کارها، خانوارها و شرایط اعتباری تحمیل می‌کند. هاکيو و کیتون (۲۰۰۹) سه مسیری ممکن که از طریق آن افزایش استرس مالی می‌تواند به کاهش فعالیت اقتصادی منجر شود را بیان می‌کنند. مسیر اول افزایش عدم اطمینان در خصوص قیمت‌داری‌های مالی و به طور کلی چشم‌انداز اقتصادی است. مسیر دوم افزایش هزینه تأمین مالی برای کسب و کارها و خانوارهاست و سومین مسیر این است که استرس مالی منجر به کاهش فعالیت اقتصادی با فشار بر بانک‌ها در جهت سخت‌تر کردن استانداردهای اعتباری می‌شود.

بررسی پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که در میان مطالعات داخلی توجه قابل توجهی به ساخت شاخص استرس مالی ایران صورت نگرفته است و صرفاً به بحث استرس در سطح شرکت‌ها و بانک‌ها پرداخته شده است که در زیر به مهمترین آنها اشاره شده است.

¹ Ferrer et al.

احمدیان^۱ (۱۳۹۴) در مقاله خود به ارائه سیستم هشدار سریع جهت پیش‌بینی زمان در معرض ورشکستگی قرار گرفتن بانک‌ها پرداخته است، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که بقای بانک‌های ایران تحت تأثیر سیزده متغیر است که می‌توان با آنها بانک‌های در معرض خطر را شناسایی نمود. در این مطالعه ارائه سیستم هشدار سریع صرفاً برای صنعت بانکداری مدنظر بوده و به کل نظام مالی پرداخته نشده است.

لشکر بلوکی^۲ (۱۳۹۵) در پایان‌نامه خود ارتباط بین محافظه‌کاری حسابداری و استرس مالی را در بین شرکت‌های بورس اوراق بهادار تهران بررسی نموده است. در این مطالعه تغییرات منفی شاخص کل بازار به عنوان متغیر استرس مالی بازار سرمایه در پژوهش لحاظ شده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد محافظه‌کاری سبب کاهش استرس مالی در شرکت‌های موجود در بورس اوراق بهادار تهران می‌گردد.

معطوفی^۳ (۱۳۹۷) در مطالعه خود به بررسی مشخصه‌های استرس مالی شامل عدم اطمینان سرمایه‌گذاران به ارزش‌های بنیادین دارایی‌های مالی، عدم تقارن اطلاعاتی، عدم تمایل سرمایه‌گذاران به نگهداری دارایی‌های پر ریسک و دارایی‌های غیرنقد پرداخته است. این پژوهش در قالب مطالعه توصیفی و همبستگی صورت گرفته و نتایج آن نشان می‌دهد که متغیرهای ذکر شده در بالا به عنوان مشخصه‌های استرس مالی در بازار سرمایه ایران محسوب می‌شوند. در این پژوهش به بحث طراحی شاخص استرس مالی برای کل بازارهای مالی و اثرات این شاخص بر سایر متغیرهای کلان اقتصادی اشاره‌ای نشده است.

در پژوهش ولیان و معطوفی^۴ (۱۳۹۷) رابطه کیفیت سود و استرس مالی در بورس اوراق بهادار تهران بررسی شده است. در این پژوهش اشاره مختصری به استرس مالی شده و در راستای بررسی فرضیه پژوهش صرفاً تغییرات شاخص سهام به عنوان متغیر استرس مالی در نظر گرفته شده است به بیان دیگر بازده شاخص بورس اوراق بهادار به عنوان شاخص استرس مالی برای

¹ Ahmadyan (2017)

² Lashkarbolouki (2016)

³ Matoufi (2018)

⁴ Valiyan & Matoufi (2018)

انجام بررسی رابطه همبستگی با کیفیت سود لحاظ شده است که البته انتخاب این شاخص در مقایسه با ادبیات موضوع که عمدتاً از شاخص تلاطم یا نوسان جهت شناسایی استرس مالی بازار سهام استفاده کرده‌اند، قابل تأمل است.

اما در خصوص طراحی شاخص‌های ریسک سیستمی و استرس سیستمی در کشورهای مختلف مطالعات زیادی صورت گرفته است و این شاخص‌ها در بازارهای جهانی بسیار شناخته شده هستند. اولین و اثرگذارترین شاخص در زمینه استرس مالی توسط ایلینگ و لیو^۱ (۲۰۰۶) با طراحی شاخصی برای نظام مالی کانادا مطرح شد که در آن از روش تحلیل مؤلفه اصلی^۲ برای ترکیب زیر شاخص‌ها استفاده شده است. سپس شاخص استرس مالی کانزاس سیتی^۳ توسط هاکیبو و کیتون (۲۰۰۹) طراحی شد که شاخص جامع استرس مالی برای اقتصاد آمریکا محسوب می‌شود. پس از آن کاردارلی و همکاران^۴ (۲۰۱۱) شاخص FSI را به صورت ماهانه برای هفده اقتصاد پیشرفته طراحی کردند و از آن برای شناسایی دوره‌های تنگنای مالی بهره جستند. شاخص ترکیبی استرس مالی دیگری که توجه زیادی به خود جلب کرده است توسط اقتصاددانان در صندوق بین‌المللی پول (IMF) ارائه شد. بر خلاف دو شاخص بانک کانادا و KCFSI، شاخص IMF از روش مؤلفه اصلی برای تعیین ضریب متغیرها استفاده نکرده است. در این شاخص متغیرها استاندارد شده و وزن یکسانی دریافت کرده‌اند. این شاخص متغیرهای کمتری را به نسبت دیگر شاخص‌ها در طراحی شاخص استرس در نظر گرفته است.

در این بین شاخص ترکیبی استرس سیستمی مطرح شده توسط هالو و همکاران (۲۰۱۲) اولین شاخص استرس مالی است که با استفاده از نظریه پرتفوی به تجمیع زیر شاخص‌های بازار مالی پرداخته است. این شاخص برای بررسی استرس در منطقه یورو استفاده شد و اولین بار همبستگی بین بازارها را مورد توجه قرار داد، از این رو به اذعان بسیاری از پژوهشگران این شاخص توان بالایی در نشان دادن مفهوم استرس سیستمی دارد.

¹ Illing and Liu

² Principal component

³ Kansas City Financial Stress Index (KCFSI)

⁴ Cardarelli et al.

شاخص‌های ارائه شده در خصوص استرس مالی در بازارهای جهانی از لحاظ تعداد اجزاء، بازه زمانی، فراوانی مشاهدات و روش وزن‌دهی متفاوت هستند. در جدول (۱) برخی از مطالعاتی که در آنها شاخص استرس مالی کشورها محاسبه شده‌اند، آورده شده است.

جدول (۱): پژوهش‌های مرتبط با طراحی شاخص استرس مالی در کشورهای مختلف

کشور	سال	موضوع	روش ساخت شاخص
کانادا	۲۰۰۶	شاخص استرس مالی کانادا	متغیرها: بتای غلتان صنعت بانکداری، نوسان نرخ ارز، شکاف اوراق قرضه دولتی، تفاوت نرخ بهره آمریکا-کانادا، نوسان بازار سهام، شکاف عرضه-تقاضای خزانه، شکاف اوراق تجاری و اوراق خزانه، شیب منحنی بازده روش ترکیب زیرشاخص‌ها: تحلیل مؤلفه اصلی
۱۷ کشور منتخب	۲۰۱۲	شاخص استرس مالی کشورها توسط IMF	متغیرها: بتای صنعت بانکداری، نوسان نرخ ارز، شکاف TED، شکاف اوراق بدهی، درصد کاهش شاخص سهام، نوسان بازار سهام، شیب منحنی بازده روش ترکیب زیرشاخص‌ها: میانگین غیر موزون متغیرهای استاندارد شده
ترکیه	۲۰۱۳	شاخص روزانه استرس مالی ترکیه	در این شاخص مجموع سطح استرس در بخش بانکی، بخش عمومی، بازار سهام و بازار نرخ ارز تجمیع گردیده است.
اتریش	۲۰۱۴	شاخص استرس مالی اتریش	ترکیب زیر شاخص‌ها: روش تحلیل مؤلفه اصلی
آفریقا	۲۰۱۴	شاخص استرس مالی آفریقای جنوبی	با استفاده از داده‌های ماهانه و ترکیب زیر شاخص‌ها با روش تحلیل مؤلفه اصلی
استرالیا	۲۰۱۴	سرایت شاخص استرس مالی آمریکا و استرالیا	با استفاده از داده‌های ماهانه از ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۱ برای دو کشور شاخص استرس مالی محاسبه و با

کشور	سال	موضوع	روش ساخت شاخص
			علیت گرانجری رابطه این دو بر هم آزمون شده است.
کنیا	۲۰۱۵	شاخص استرس مالی کشور کنیا	متغیرها: بازار بانکداری، سهام، نرخ ارز و اوراق قرضه این کشور ترکیب زیرشاخص‌ها: وزن دهی واریانس یکسان
فنلاند	۲۰۱۵	اندازه‌گیری استرس مالی برای کشور فنلاند	روش ترکیب زیرشاخص‌ها: وزندهی یکسان واریانس، تحلیل مؤلفه اصلی و نظریه پرتفوی
اسپانیا	۲۰۱۶	شاخص استرس مالی اسپانیا	استفاده از روش مشابه هالو (۲۰۱۲) و بررسی اثر شاخص استرس بر بخش واقعی اقتصاد
چک	۲۰۱۷	شاخص استرس جمهوری چک	سه روش واریانس یکسان، تابع توزیع تجمعی و تحلیل مؤلفه اصلی با هم ترکیب و اثر شاخص بر قیمت‌ها و نرخ بهره بررسی شده است.
برزیل	۲۰۱۸	شاخص استرس مالی برزیل	متغیرها: ریسک، بانک و بازارهای خارجی روش ترکیب: مدل عامل پویای فضا-حالت

منبع: کامبون و استوز^۱، ۲۰۱۶؛ استونا و همکاران^۲، ۲۰۱۸

مشخص است که طراحی این شاخص در کشورها و اقتصادهای مختلف صورت گرفته است، اما روش و اهداف محاسبه آن متفاوت بوده که در زیر به برخی از آنها اشاره می‌گردد. یوآیو و همکاران^۳ (۲۰۱۰) در ساخت شاخص استرس مالی برای هنگ‌کنگ از متغیرهای ماهانه چهار بازار سهام، بدهی، نرخ ارز و صنعت بانکداری استفاده کرده‌اند. شاخص نهایی آنان برای استرس مالی هنگ‌کنگ از طریق میانگین این چهار زیرشاخص بدست می‌آید. اکینسی^۴ (۲۰۱۳) شاخص استرس مالی برای ترکیه به صورت روزانه ارائه کرده است. در این شاخص مجموع سطح استرس در بخش بانکی، بخش عمومی، بازار سهام و بازار نرخ ارز در آن

¹ Cambón & Estévez

² Stona et al.

³ Yiu et al.

⁴ Ekinci

تجمع‌گردیده است. این شاخص اقتصاد ترکیه را به شش سطح مختلف از نظر استرس مالی تقسیم‌بندی می‌کند.

کابرا و همکاران^۱ (۲۰۱۴) نیز با استفاده از روش هالو و همکاران (۲۰۱۲) شاخص ترکیبی از استرس سیستمی برای کلمبیا ایجاد کرده‌اند. این شاخص ابعاد مرتبط با بازار مالی (مؤسسات اعتباری، بازار مسکن، بخش خارجی، بازار پول و بازار اوراق قرضه داخلی) را مد نظر داشته و ساخت شاخص از طریق تئوری پرتفوی صورت گرفته است.

گالگاتی (۲۰۱۴)، از موجد برای ارائه سیگنال هشدار سریع استرس مالی استفاده کرده است، در این پژوهش مجموعه‌ای از متغیرها در هر سطح محدوده‌ای بر اساس شاخص‌های معناداری آماری انتخاب می‌شوند. سپس در هر سطح مقیاس، متغیرهای انتخاب شده با استفاده از روش وزن‌دهی به یک زیر شاخص مبتنی بر مقیاس^۲ تبدیل می‌گردد. در پایان نیز زیرشاخص‌های ترکیبی مختلف با جمع ساده به یک شاخص ترکیبی تبدیل می‌شوند.

لی و ژیاو^۳ (۲۰۱۶) در پژوهش خود، مدل هشدار سریعی برای پیش‌بینی احتمال رخداد استرس مالی برای زمان مشخصی در آینده را پیشنهاد داده‌اند و نقش اعتبار را در مدل به عنوان منتشر کننده غیرخطی شوک، بررسی نموده‌اند.

اما همچنان که بیان شد علاوه بر ساخت شاخص استرس مالی، پژوهش‌های قابل توجهی نیز به بررسی اثرات آن بر اقتصاد کلان پرداخته‌اند برای مثال، استادی و استکی^۴ (۲۰۱۵) تأثیر شاخص استرس مالی را بر تورم، سرمایه‌گذاری و GDP مطالعه نموده‌اند. آنان با مدل معادلات نشان می‌دهند که نوسانات در شاخص سهام تأثیر منفی زیادی بر فعالیت‌های اقتصادی (تورم، سرمایه‌گذاری و GDP) دارد.

کامبون و استوز (۲۰۱۶)، پس از ارائه شاخص استرس بازار مالی اسپانیا که مشابه با شاخص معرفی شده توسط هالو و همکاران (۲۰۱۲) است، توان این شاخص را در شناسایی دوره‌های

¹ Cabrera et al.

² Scale-based sub-index

³ Li & Xiao

⁴ Ostadi & Esteki

استرس مالی شدید آزمون نموده و اثر منفی بالا بودن این شاخص بر اقتصاد واقعی را اثبات کرده‌اند، متغیر مد نظر برای این بررسی رشد تولیدات صنعتی بوده است. افونسو و همکاران^۱ (۲۰۱۸)، با استفاده از تحلیل VAR آستانه‌ای به مطالعه سرریز بین تغییرات در نسبت بدهی، فعالیت اقتصادی و استرس مالی در رژیم‌های مختلف مالی در آمریکا، انگلیس، آلمان و ایتالیا پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که عکس‌العمل خروجی به افزایش در نسبت بدهی در هر دو رژیم مالی مثبت است.

۳- طراحی شاخص استرس مالی

در این بخش، شاخص استرس مالی برای نظام مالی ایران با توجه به تفاوت‌ها و ویژگی‌های این نظام با سایر نظام‌های مالی دنیا و با ترکیب مقیاس‌های استرس از پنج بازار مختلف ارائه خواهد شد. نحوه ساخت و تخمین شاخص در الگوی پیشنهادی با روش‌های جدید تخمین در قالب مدل‌های گارچ چند متغیره^۲ ارائه می‌گردد. ساخت شاخص FSI برای نظام مالی ایران شامل چهار گام اصلی است. در گام نخست متغیرهای متناسب با استرس از بخش‌های مختلف نظام مالی انتخاب می‌گردند سپس متغیرهای هر بازار زیرشاخص‌های استرس آن بخش را تشکیل می‌دهند و در نهایت پس از تبدیل زیر شاخص‌ها، این زیر شاخص‌ها به یک شاخص واحد ترکیب می‌شوند.

۳-۱- انتخاب متغیرهای استرس

اکثر مقیاس‌های استرس مطرح شده در ادبیات شامل پنج جزء می‌باشد: بازار پول، بازار اوراق قرضه، بازار ارزهای خارجی، بازار سهام و در نهایت بخش بانکداری. انتخاب این اجزاء بستگی به ارتباط آنها با نظام مالی دارد. برای طراحی شاخص استرس برای نظام مالی ایران، با توجه به ادبیات موضوع سعی شده است که تمام اجزاء نظام مالی در این شاخص مد نظر قرار گیرد. برای انتخاب متغیرها به چند معیار توجه شده است، اول اینکه متغیرها باید حداقل یکی از پنج ویژگی استرس مالی مطرح شده توسط هاکیو و کیتون (۲۰۰۹) را که پیش از این بیان

¹ Afonso et al.

² MGARCH

شد، داشته باشد و دوم اینکه این متغیرها باید همبستگی بالایی با بخش واقعی اقتصاد داشته باشند. مسأله سوم در انتخاب شاخص، در دسترس بودن داده‌هاست. با توجه به این که تواتر محاسبه این شاخص به عنوان داماسنج بخش مالی از اهمیت بالایی برخوردار است از این رو شاخص نهایی با توجه به محدودیت دسترسی به داده‌های روزانه و هفتگی در برخی از متغیرها، به ناچار ماهانه در نظر گرفته شده است. در ادبیات تعداد متغیرهای مورد استفاده مختلف است، به عنوان مثال هوتری (۲۰۱۵) از چهارده متغیر، هالو و همکاران (۲۰۱۲) از پانزده متغیر برای ساخت FSI استفاده کرده‌اند.

با توجه به محدودیت‌های ذکر شده در ایران متغیرهای زیر با تواتر ماهانه از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۶ برای ساخت زیرشاخص‌های استرس مالی ایران مدنظر قرار گرفته‌اند.

۱-۳-۱- تلاطم شاخص کل بورس اوراق بهادار

این متغیر به صورت تلاطم (نااطمینانی) شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل GARCH محاسبه گردیده است. این متغیر نوسان در ارزش بنیادین دارایی‌ها را به عنوان عدم اطمینان در رفتار سرمایه‌گذاران مالی در نظر می‌گیرد و محاسبه می‌نماید.

۲-۳-۱- تلاطم در شاخص صنعت بانکداری

نوسان سهام بانک‌ها بازتاب عدم اطمینان در بازده سهام آنهاست که نمی‌توان با حرکت کلی بازار آن را توضیح داد. برای محاسبه این متغیر از نااطمینانی شاخص صنعت بانکداری در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل‌های GARCH استفاده شده است.

۳-۳-۱- شکاف اوراق بدهی

بر طبق ادبیات شاخص استرس مالی، درجه عدم اطمینان در بازار اوراق بدهی با استفاده از شکاف بازده دو اوراق بدهی (شکاف اوراق بدهی بانکی و دولتی و شکاف اوراق بدهی بانکی و شرکتی) سنجیده می‌شود. افزایش در این شکاف نشان دهنده فرار به سوی نقدینگی است که یکی از نشانه‌های استرس است. با توجه به در دسترس نبودن داده‌های این بخش در بازار مالی ایران و نیز در نظر گرفتن نظر خبرگان این حوزه، از شکاف میانگین ماهانه بازده اوراق بدهی (صکوک، اوراق مشارکت و اوراق خزانه اسلامی) و نرخ سپرده‌های بانکی استفاده شده است.

۳-۱-۴- شکاف نرخ بهره بین بانکی و نرخ سپرده‌های بانکی

این متغیر نماینده بازار پول است که برای محاسبه آن از نرخ‌های موزون بین بانکی اعلامی بانک مرکزی و نرخ سود سپرده‌های بانکی به صورت ماهانه استفاده شده است.

۳-۱-۵- تلاطم در نرخ ارز

به دلیل وابستگی زیاد اقتصاد ایران به درآمدهای نفتی و نیز واردات، نوسان نرخ ارز در ایران یکی از شاخص‌های مهم در سنجش استرس بازارهای مالی است. در این پژوهش دو ارز پرکاربرد یعنی دلار و یورو جهت بررسی ناطمینانی با استفاده از مدل‌های خانواده GARCH انتخاب شده است.

۳-۱-۶- بتای صنعت بانکداری

بتای صنعت بانکداری از طریق معادله CAPM به صورت غلتان با داده‌های روزانه در بازه‌ای سه ماهه محاسبه گردیده و سپس میانگین آنها به عنوان بتای ماهانه صنعت بانکداری لحاظ شده است. متداول‌ترین روش برای ارزیابی بی‌ثباتی و عدم اطمینان در متغیرها استفاده از مدل‌های GARCH می‌باشد این روش مدل‌سازی مبتنی بر واریانس متغیر در طول زمان است که از واریانس‌های گذشته و جملات خطا برای توضیح واریانس فعلی استفاده می‌کند. در اینجا برای چهار متغیر که نیاز به محاسبه تلاطم (نااطمینانی) دارند، از مدل‌های GARCH استفاده شده است. بر این اساس پیش از استخراج ناطمینانی هر یک از چهار متغیر از لحاظ مانایی و خودهمبستگی مورد آزمون قرار گرفته و با توجه به آزمون وجود اثرات ARCH در آنها، ناطمینانی آنها با استفاده از مدل‌های خانواده GARCH برآورد گردیده است. برای بررسی مانایی متغیرها از آزمون‌های ریشه واحد تعمیم یافته دیکی فولر و نیز آزمون فیلیپس-پرون^۱ در نرم افزار EViews 10 استفاده شده است. همچنان که از جدول (۲) مشخص است تمامی متغیرها در سطح نامانا هستند.

^۱ Phillips-Perron test

جدول (۲): نتایج آزمون ریشه واحد دیکی فولر تعمیم یافته و آزمون فیلیپس-پرون

فیلیپس-پرون		دیکی فولر تعمیم یافته		متغیر
نتیجه آزمون	آماره محاسباتی**	نتیجه آزمون	آماره محاسباتی**	
نامانا	-۰/۶۵۳	نامانا	-۰/۶۲۳	شاخص کل بورس (INDX)
نامانا	-۱/۸۲۶	نامانا	-۱/۸۰۰	شاخص صنعت بانکداری (BKINDX)
نامانا	-۱/۵۵۴	نامانا	-۱/۵۳۶	لگاریتم قیمت دلار (USD)
نامانا	-۱/۴۹۶	نامانا	-۱/۹۴۱	لگاریتم قیمت یورو (EU)

**مقدار بحرانی برای همه متغیرها در این آزمون در سطح ۵ درصد برابر ۲/۸۹۲- می‌باشد.

**مقدار بحرانی برای همه متغیرها در این آزمون در سطح ۵ درصد برابر ۲/۸۹۲- می‌باشد.

منبع: یافته‌های تحقیق

پیش از تفاضل‌گیری از متغیرها، لازم است آزمون ریشه واحد در صورت وجود شکست ساختاری در متغیرها با استفاده از آزمون زیوت-اندریو^۱ بررسی گردد. بر طبق اطلاعات جدول (۳) با بررسی چهار متغیر مشخص گردید که علت وجود ریشه واحد در آنها به شکست ساختاری مربوط نمی‌گردد، بنابراین جهت مانا نمودن این متغیرها از تفاضل مرتبه اول آنها استفاده گردیده است.

جدول (۳): مانایی و شکست ساختاری متغیرها با آزمون زیوت-اندریو

نتیجه آزمون	آماره محاسباتی*	متغیر
این متغیر همچنان ریشه واحد دارد.	-۴/۳۲۴	شاخص کل بورس (INDX)
این متغیر همچنان ریشه واحد دارد.	-۳/۹۸۱	شاخص صنعت بانکداری (BKINDX)
این متغیر همچنان ریشه واحد دارد.	-۱/۷۷۲	لگاریتم قیمت دلار (USD)
این متغیر همچنان ریشه واحد دارد.	-۲/۰۹۹	لگاریتم قیمت یورو (EU)

**مقدار بحرانی برای همه متغیرها در سطح ۵ درصد برابر ۵/۰۸- می‌باشد.

منبع: یافته‌های تحقیق

^۱ Zivot and Andrew

در ادامه پیش از برآورد الگوهای مناسب تلاطم متغیرها، می‌بایست از وجود ناهمسانی واریانس در اجزای اخلاص معادله میانگین و وجود اثرات ARCH اطمینان حاصل شود. برای این منظور از آزمون ضریب لاگرانژ^۱ استفاده شده است. این آزمون دارای دو آماره F و $obs^*R\text{-Squared}$ و احتمالات متناظر با آنها می‌باشد. نتایج حاصل از این آزمون در جدول (۴) وجود اثرات ARCH در متغیرها را تأیید می‌نماید.

جدول (۴): بررسی وجود اثرات ARCH در متغیرهای تلاطم شاخص استرس مالی

آزمون LM برای تشخیص اثر ARCH				
متغیر	F-Stat.	Prob.	Obs*R-Squared	Prob.
شاخص کل بورس (INDX)	۱۰۸/۷۲۲	۰/۰۰۰۰	۱۹۵/۶۴۹	۰/۰۰۰۰
شاخص صنعت بانکداری (BKINDX)	۳۹/۳۰۸	۰/۰۰۰۰	۷۵/۶۴۵	۰/۰۰۰۰
لگاریتم قیمت دلار (USD)	۵/۲۱۲	۰/۰۰۷۲	۹/۶۵۴	۰/۰۰۸۰
لگاریتم قیمت یورو (EU)	۷/۹۵۲	۰/۰۰۰۷	۱۳/۹۶۷	۰/۰۰۰۹

منبع: یافته‌های تحقیق

در مرحله بعد تعداد وقفه‌های بهینه برای جملات ARCH (یعنی q) و GARCH (یعنی p) مشخص می‌گردد. با توجه به معیارهای اطلاعاتی آکائیک و شوارتز-بیزین، ترکیب $GARCH(1,1)$ برای تمام متغیرها بهینه بوده است و در پایان میزان جزء اخلاص این الگو به عنوان نااطمینانی متغیرها برای ترکیب در شاخص استرس مالی لحاظ شده است.

۲-۳- تبدیل متغیرهای شاخص‌های بازار

متغیرهای مشخص شده بر طبق ادبیات و با در نظر گرفتن قابلیت دسترسی آنان، با فرآیند تبدیل نرمال می‌شوند. این مرحله توسط تابع توزیع تجمعی^۲ (CDF) آنان صورت می‌گیرد. در ادبیات عمدتاً از استاندارد سازی کلاسیک استفاده می‌شود که در آن داده‌ها از میانگین خود کسر و بر انحراف معیار نمونه تقسیم می‌گردد. اما استاندارد سازی کلاسیک به صورت ضمنی

^۱ ARCH-LM

^۲ Cumulative distribution function

فرض می‌کند که متغیرها توزیع نرمال دارند که این فرض در خصوص متغیرهایی که برای شناسایی ریسک استفاده می‌شوند صادق نیست (ایچینی و نوبیلی^۱، ۲۰۱۶). در روش تابع توزیع تجمعی، زیرشاخص‌های استرس از طریق تبدیل مقادیر هر سری به مقادیر متناظر تابع توزیع تجمعی تجربی خود نرمال می‌گردند. به بیان دیگر، مقادیر رتبه‌بندی شده و بر تعداد کل مشاهدات تقسیم می‌گردد و مقادیر هر زیرشاخص به ترتیب صعودی مرتب می‌شود. این روش انتقال به صورت رابطه (۱) صورت می‌گیرد.

$$z_t = \begin{cases} \frac{r}{n} & \text{for } x_{[r]}, r = 1, 2, \dots, n - 1 \\ 1 & \text{for } x_t \geq x_n \end{cases} \quad (1)$$

که در آن z_t سری نرمال، r رتبه عددی x_t و n تعداد کل مشاهدات در نمونه می‌باشد.

۳-۳- ترکیب زیرشاخص‌های استرس مالی

متغیرهای منتخب بازارهای مختلف به زیرشاخص‌ها (بازار سهام، بازار پول، بانک، اوراق بدهی و نرخ ارز) دسته‌بندی می‌شوند. هر کدام از این زیر شاخص‌ها به صورت میانگین حسابی متغیرهای خود بدست می‌آیند. به منظور تجمیع پنج زیرشاخص استرس مالی و بیان آن در یک شاخص واحد برای نظام مالی ایران (IFSI) با توجه به کثرت استفاده از روش پیشنهادی هالو و همکاران (۲۰۱۲) از ساختار کلی این روش استفاده شده است. روش آنها از نظریه پرتفوی الهام گرفته شده است. در نظریه پرتفوی زمانی که دارایی‌های ریسکی با همبستگی بالا با هم تجمیع می‌شوند، ریسک کلی پرتفوی افزایش می‌یابد چرا که دارایی‌ها توأم با هم با حرکت بازار حرکت خواهند کرد. در مقابل، زمانی که همبستگی بین دارایی‌ها کم است، ریسک غیرسیستماتیک یا قابل تنوع‌بخشی کاهش یافته و در نتیجه میزان ریسک کل پرتفوی کاهش می‌یابد. بنابراین شاخص استرس پیشنهاد شده برای نظام مالی ایران در این پژوهش، وزن نسبتاً بیشتری بر وضعیت‌هایی که در آنها استرس در چند جزء بازار در یک زمان بیشتر می‌شود، قائل است.

¹ Iachini & Nobili

در این بخش، زیرشاخص‌ها در ابتدا بر اساس میانگین حسابی متغیرهای تبدیل شده مربوط به هر بازار بدست می‌آیند. مدل کلی شاخص استرس مالی پیشنهادی برای نظام مالی ایران به صورت رابطه (۲) می‌باشد.

$$IFSI = (w \circ s_t) C_t (w \circ s_t)^T \quad (2)$$

دامنه تغییرات شاخص استرس مالی بین $[0, 1]$ به طوری که 0 نشان دهنده وضعیتی با حداقل استرس مالی و عدد 1 نشان دهنده وضعیتی با حداکثر شاخص استرس مالی است و w بردار وزن هر یک از زیرشاخص‌ها می‌باشد. عبارت $w \circ s_t$ ضرب درایه در درایه بردار وزنهای زیرشاخص‌ها و بردار مقادیر زیرشاخص در زمان t و C_t ماتریس ضرائب همبستگی

$\rho_{ij,t}$ بین زیر شاخص i و j می‌باشد که به صورت رابطه (۳) نشان داده می‌شود:

$$C_t = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{12,t} & \rho_{13,t} & \rho_{14,t} & \rho_{15,t} \\ \rho_{21,t} & 1 & \rho_{23,t} & \rho_{24,t} & \rho_{25,t} \\ \rho_{31,t} & \rho_{32,t} & 1 & \rho_{34,t} & \rho_{35,t} \\ \rho_{41,t} & \rho_{42,t} & \rho_{43,t} & 1 & \rho_{45,t} \\ \rho_{51,t} & \rho_{52,t} & \rho_{53,t} & \rho_{54,t} & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

زمانی که همه زیرشاخص‌ها به صورت کامل همبستگی دارند شاخص IFSI باید برابر با مربع میانگین موزون پنج زیرشاخص باشد (یعنی بردار $v_t = w \circ s_t$)؛ به بیان دیگر وضعیتی را نشان می‌دهد که همه زیرشاخص‌ها به تنهایی به صورت تاریخی در کمترین میزان خود هستند (کمترین استرس مالی) یا به صورت تاریخی همزمان در بالاترین حد خود هستند (بیشترین استرس مالی). با این حال در اکثر اوقات همبستگی کاملاً متنوع و کمتر از حالت همبستگی کامل است. برای محاسبه شاخص ترکیبی استرس مالی باید ماتریس همبستگی متقاطع متغیر در زمان C_t تخمین زده شود. بدین منظور در این پژوهش سه روش میانگین متحرک موزون نمایی^۱، گارچ چند متغیره^۲ با رویکرد BEKK و گارچ چند متغیره همبستگی پویایی شرطی^۳ مد نظر قرار گرفته است.

¹ Exponentially weighted moving averages (EWMA)

² Multivariate GARCH (MGARCH)

³ Dynamic conditional correlation MGARCH(DCC MGARCH)

۳-۴- همبستگی متقابل زیرشاخص‌ها

همچنان که در ادبیات اشاره شد در نظر گرفتن وابستگی بین عوامل ریسک که در طول زمان در حال تغییر می‌باشند بسیار مهم است، در این پژوهش ماتریس همبستگی متغیر در زمان^۱ (C_t) با اجرای سه رویکرد برآورد گردیده است. رویکرد اول در ادبیات اشاره گردیده است و دو رویکرد دیگر به عنوان نوآوری در این پژوهش مطرح می‌گردد.

۳-۴-۱- روش میانگین متحرک موزون نمایی

روش میانگین موزون متحرک نمایی توسط بسیاری از محققین در ساخت شاخص استرس مالی پیشنهاد شده است، این روش در مدل ریسک‌متریکس ارائه شده توسط مؤسسه جی پی مورگان مورد توجه قرار گرفت و به دلیل سادگی روشی استاندارد برای مدل‌سازی ماتریس واریانس-کواریانس شرطی در بین پژوهشگران مالی می‌باشد، گرچه روش EWMA یک راه مؤثر برای مدل‌سازی و پیش‌بینی واریانس شرطی است اما محدودیت‌هایی نیز دارد (لوزیس و وولدیس^۲، ۲۰۱۲). در این روش به مشاهدات اخیر وزن بیشتری داده می‌شود و هر میزان که از وقوع داده‌ها گذشته باشد، اهمیت کمتری در میانگین پیدا می‌کند. همبستگی متقاطع متغیر در زمان $\rho_{ij,t}$ به صورت عطفی بر اساس میانگین متحرک موزون نمایی کواریانس‌های متناظر $\sigma_{ij,t}$ و واریانس‌های $\sigma_{i,t}^2$ بر طبق روابط (۴)، (۵) و (۶) برآورد می‌گردد.

$$\sigma_{ij,t} = \lambda \sigma_{ij,t-1} + (1 - \lambda) \tilde{\sigma}_{i,t} \tilde{\sigma}_{j,t} \quad (۴)$$

$$\sigma_{i,t}^2 = \lambda \sigma_{i,t-1}^2 + (1 - \lambda) \tilde{\sigma}_{i,t}^2 \quad (۵)$$

$$\rho_{ij,t} = \sigma_{ij,t} / \sigma_{i,t} \sigma_{j,t} \quad (۶)$$

در ماتریس واریانس-کواریانس متغیرهای استرس ij امین درایه به صورت σ_{ij} نشان داده شود، که در آن $\tilde{\sigma}_{it}$ و $\tilde{\sigma}_{jt}$ زیرشاخص‌های استرس و λ پارامتر کاهنده^۳ با دامنه $\lambda \in (0,1)$ است که با توجه به پژوهش‌های مطرح در ادبیات برای شاخص‌های هفتگی معادل 0.93 و

^۱ Time-varying correlation

^۲ Louzis & Vouldis

^۳ Decay parameter

برای شاخص‌های ماهانه معادل $0/73$ (مقدار هفتگی به توان چهار) در نظر گرفته می‌شود.

۲-۴-۳- مدل‌های GARCH چند متغیره

مدل‌های GARCH چند متغیره از متداول‌ترین مدل‌ها برای برآورد نوسان و تخمین ماتریس همبستگی بین متغیرها هستند که رویکردهای متفاوتی را برای برآورد نوسان‌پذیری در نظر می‌گیرند (عباسی نژاد و همکاران^۱، ۱۳۹۶). در این مقاله از مدل‌های چند متغیره GARCH با دو رویکرد DCC-GARCH و BEKK-GARCH جهت برآورد ماتریس همبستگی متغیر در طول زمان زیرشاخص‌های استرس مالی استفاده شده است. البته مدل‌های GARCH چند متغیره دارای پارامترهای زیادی است که تخمین آنها را دشوار می‌نماید از این رو از نوع خاصی از مدل‌های GARCH چند متغیره قطری برای تخمین وابستگی متقابل متغیر در زمان زیرشاخص‌ها استفاده می‌گردد.

۱-۲-۳-۴- مدل DCC-GARCH

انگل^۲ (۲۰۰۲) و تسی و تسویی^۳ (۲۰۰۲) مدل همبستگی شرطی پویای GARCH یا DCC-GARCH را به عنوان بسط مدل همبستگی شرطی ثابت در جهت اصلاح نقص همبستگی‌های ثابت ارائه کرده‌اند، از مزایای مدل DCC این است که تعداد پارامترهای تخمین زده شده کمتر از مدل BEKK می‌باشد. مزیت دیگر این مدل این است که در هر نقطه از زمان ماتریس واریانس-کواریانس مثبت و معین ایجاد می‌شود. مدل DCC-GARCH همبستگی بین نوسان‌پذیری زیرشاخص‌ها را در قالب پویا و متغیر در زمان بررسی می‌کند. بر اساس این مدل داریم:

$$H = D_t R_t D_t \quad (7)$$

در این رابطه $D_t = \text{diag}(h_{1t}^2, h_{2t}^2, \dots, h_{nt}^2)$ انحراف معیار شرطی جملات اخلاص معادلات میانگین و R_t نشان دهنده ماتریس همبستگی بین نوسان‌پذیری متغیرهای مختلف است. در

¹ Abbasinejad et al. (2017)

² Engle

³ Tse and Tsui

صورتی که این ماتریس همبستگی را وابسته به زمان در نظر بگیریم، مدل DCC-GARCH به صورت رابطه (۸) خواهد بود (عباسی نژاد و همکاران، ۱۳۹۶).

$$h_{it} = \alpha_{i0} + \sum_{q=1}^Q \alpha_{iq} \varepsilon_{i,t-q}^2 + \sum_{p=1}^P \beta_{ip} h_{i,t-p} \quad (۸)$$

بنابراین با محاسبه G_t به عنوان ماتریس همبستگی، ترکیب زیرشاخص‌ها صورت می‌گیرد.

۲-۲-۳-۴- مدل‌های BEKK-GARCH

در این بخش از پژوهش برای تخمین GARCH چند متغیره از مدل BEKK که توسط انگل و کرونر^۱ (۱۹۹۵) مطرح شد، استفاده شده است در این زمینه لوزیس و وولدیس (۲۰۱۳) معتقدند، زمانی که اندازه مدل کوچک است (در شاخص ما $n=5$) انتخاب این روش جهت تخمین بهینه‌تر است. در این مدل مشکلات همگرایی در تخمین وجود ندارد و نیازی به اعمال محدودیت بر روی پارامترها برای اطمینان از قطعیت ماتریس کواریانس شرطی نیست و همچنین در مقایسه با روش‌های کلاسیک محاسبه همبستگی، روش انتخابی BEKK وزن بیشتری به مشاهدات اخیر می‌دهد. بنابراین مدل BEKK-GARCH این امکان را می‌دهد که تغییرات ناگهانی در همبستگی‌ها را بدست آوریم و پدیده‌هایی که با استرس بالا شناخته می‌شوند را تشخیص دهیم. همچنین، برخلاف شاخص‌های میانگین متحرک این رویکرد امکان حذف تدریجی اثرات شوک‌های تلاطم و نیز اجتناب از تصادفی بودن در انتخاب ضریب هموارسازی^۲ را فراهم می‌سازد. در شکل کلی مدل $BEKK(p,q,K)$ به صورت رابطه (۹) تعریف می‌گردد.

$$H_t = AA' + \sum_{i=1}^p \sum_{k=1}^K B'_{ki} \bar{S}_{t-1} \bar{S}'_{t-1} B_{ki} + \sum_{j=1}^q \sum_{k=1}^K D'_{kj} H_{t-1} D_{kj} \quad (۹)$$

در این معادله کلی، A ماتریس مربعی کوچک $n \times n$ ، B_{ki} و D_{kj} ماتریس‌های پارامتری $n \times n$ ، K نماد عمومیت فرآیند و همچنین p و q وقفه‌های مورد استفاده (در این مقاله $p = q = 1$)

^۱ Engle & Kroner

^۲ Decay factor

در $K = 1$ را نشان می‌دهند. پارامترهای مدل BEKK از طریق حداکثر کردن تابع درستمایی گوسی^۱ فرآیند چندمتغیره برآورد می‌گردد. خاصیت مدل BEKK این است که از معین مثبت بودن ماتریس کواریانس شرطی H_t با ایجاد دو ماتریس مربعی کوچک به عنوان عبارت ثابت اطمینان حاصل می‌نماید. البته در مدل BEKK در مقایسه با سایر ویژگی‌های MGARCH تعداد پارامترهایی که باید تخمین زده شود زیاد است. از این رو همچنان که پیش از این اشاره شد یک نمایش قطری در آن وارد شده است.

یادآوری می‌شود که برای برآورد شاخص استرس مالی ایران در حالت EWMA از کدنویسی در نرم افزار Matlab و جهت برآورد این شاخص در مدل‌های BEKK و DCC به ترتیب از نرم افزار EViews 10 و افزونه‌های آن استفاده شده است.

۴- اثر شاخص استرس مالی بر اقتصاد

مشخص شده است که شاخص استرس مالی قدرت توضیح‌دهندگی قابل توجه و قابل اتکایی برای متغیرهای کلان اقتصادی همچون تورم، نرخ رشد واقعی GDP و نرخ بهره سیاست پولی است و توانایی بالایی در پیش‌بینی متغیرهای بخش واقعی اقتصاد فراهم می‌آورد (کرمر، ۲۰۱۶). بنابراین پس از طراحی شاخص استرس مالی بررسی اثر این شاخص بر شاخص‌های اقتصاد کلان بسیار حائز اهمیت است. فرض ضمنی این است که سطح بالای استرس مالی می‌تواند برای بخش اقتصاد واقعی مضر باشد.

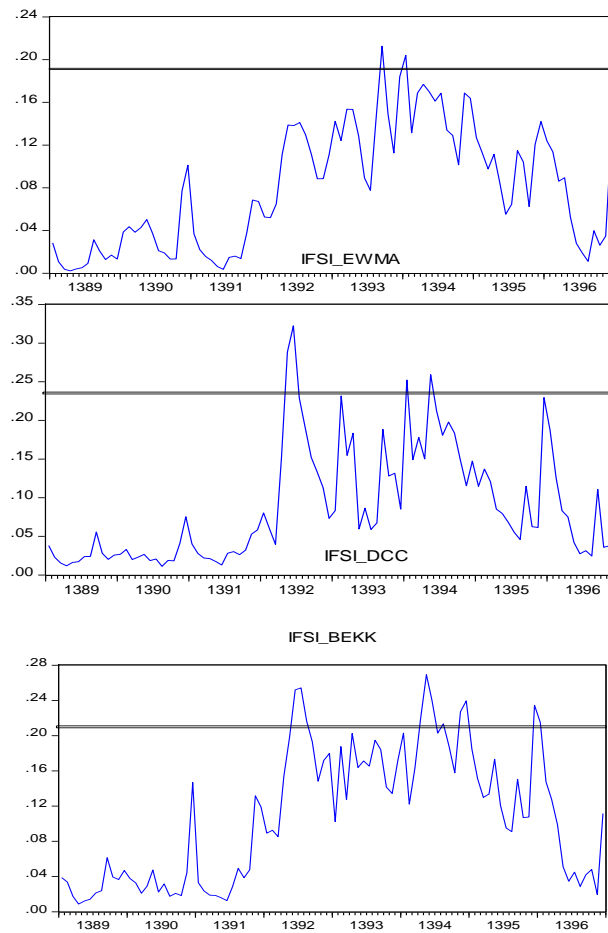
در اینجا برای ارزیابی عملکرد شاخص‌های استرس مالی ساخته شده برای نظام مالی ایران، اثرات هر یک از این شاخص‌ها را بر متغیر بخش واقعی اقتصاد بررسی و تحلیل می‌نماییم. برای انتخاب متغیر مناسب بخش واقعی اقتصاد ایران، مطالعات تجربی ادبیات موضوع، ماهیت اقتصاد ایران و کمبود اطلاعات در نظر گرفته شده است، بنابراین از داده‌های فصلی تولید ناخالص داخلی (GDP) منتشره شده توسط بانک مرکزی ج.ا.ا. بین سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۶ بدین منظور استفاده شده است.

لازم به ذکر است که به طور تجربی تعیین دوره‌های استرس مالی بسیار دشوار است، از این رو پژوهشگران به ناچار حد آستانه برای شاخص استرس تعریف نموده‌اند، به طوری که طول

¹ Gaussian likelihood

زمانی که شاخص در بالای یک سطح آستانه قرار گیرد به عنوان دوره استرس مالی مهم تلقی می‌گردد. ایلینگ و لیو (۲۰۰۶) و کاردارلی و همکاران (۲۰۱۱) دوره‌های شدید استرس مالی را با استفاده از حد آستانه‌ای که برابر با یک انحراف معیار از سطح روند شاخص است، دسته بندی نموده‌اند. در اینجا نیز از این رویکرد صرفاً جهت درک بهتر تحلیل‌ها استفاده شده است، به بیان دیگر استرس مالی بالا به صورت دوره‌ای که در آن شاخص به میزان یک انحراف معیار از سطح روند خود بیشتر باشد، تعریف می‌گردد. روند شاخص IFSI نیز بوسیله فیلتر هودریک- پرسکات (HP) بدست می‌آید و شاخص استرس برای تعیین انحراف معیار خود، روندزدایی می‌شود. میزان شاخص IFSI نسبت به یک انحراف معیار حد آستانه و دوره‌های استرس مالی ایران در نمودار (۱) مشخص است.

در ادامه رابطه بین شاخص‌های IFSI و GDP به وسیله مدل‌های VAR نامقید دومتغیره تحلیل می‌گردد. از آنجا که متغیرها در مدل VAR باید مانا باشند، نتیجه بررسی مانایی متغیرها در جدول (۵) آورده شده است. نتایج آزمون نشان از مانایی شاخص‌های IFSI و عدم مانایی GDP در سطح دارد، که با تفاضل مرتبه اول به داده‌های مانا تبدیل می‌شود.



نمودار (۱) : حد آستانه بوسیله فیلتر هودریک-پرسکات برای IFSI

منبع: یافته‌های تحقیق

گام بعدی جهت برآورد مدل VAR، تعیین طول وقفه متغیرهای الگو است. بدین منظور با استفاده از معیارهای اطلاعاتی آکائیک، شوارتز، حنان کوئین و آزمون نسبت درست‌نمایی طول

وقفه متغیرها بدست می‌آید. جدول (۶) طول وقفه بهینه در بررسی هر یک از شاخص‌های استرس مالی و متغیر GDP را نشان می‌دهد.

جدول (۵): آزمون مانایی متغیرهای مدل VAR

مانایی در تفاضل مرتبه اول		مانایی در سطح		متغیرها
فیلیپس پرون	دیکی فولر تعمیم یافته	فیلیپس پرون	دیکی فولر تعمیم یافته	
-	-	-۳/۵۵۶	-۳/۸۴۴	شاخص به روش EWMA
-	-	-۳/۷۲۵	-۳/۸۶۰	شاخص به روش DCC-GARCH
-	-	-۲/۷۶۸	-۲/۶۳۳	شاخص به روش BEKK-GARCH
-۶/۹۲۹	-۳/۳۴۷	-۲/۳۰۹	۰/۸۵۰	تولید ناخالص داخلی

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول (۶): بررسی طول وقفه بهینه شاخص‌های مختلف استرس مالی

الگوی شاخص استرس با GDP و BEEK		الگوی شاخص استرس با GDP و DCC		الگوی شاخص استرس با GDP و EWMA		طول وقفه
معیار آکائیک	معیار شوارتز	معیار آکائیک	معیار شوارتز	معیار آکائیک	معیار شوارتز	
۲۰/۹۰۶	۲۲/۰۰۶	۲۲/۴۷۹	۲۲/۳۰۶	۲۱/۳۹۷	۲۱/۲۲۴	وقفه ۱
۲۰/۵۷۴	۲۱/۷۸۹	*۲۱/۷۰۶	*۲۱/۴۱۷	*۲۰/۶۰۱	۲۰/۳۱۱	وقفه ۲
*۲۰/۳۵۶	*۲۱/۶۸۷	۲۱/۸۴۵	۲۱/۴۴۰	۲۰/۶۰۶	*۲۰/۲۰۱	وقفه ۳
۲۰/۴۰۰	۲۱/۸۴۷	۲۲/۰۱۷	۲۱/۴۹۷	۲۰/۷۶۲	۲۰/۲۴۱	وقفه ۴

*مقدار معیار اطلاعاتی برای طول وقفه بهینه مشخص شده است.

منبع: یافته‌های تحقیق

جهت تعیین تعداد روابط بلند مدت یا آزمون همجمعی یوهانسن^۱ از آماره‌های بردار ویژه^۲ و حداکثر مقدار ویژه^۳ استفاده می‌گردد. عدم معناداری این دو آماره در مراتب صفر و یک نشان می‌دهد که هیچگونه بردار همجمعی یا رابطه تعادلی بلند مدت بین متغیرها وجود ندارد، نتایج این آزمون برای سه شاخص IFSI و GDP در جدول (۷) آورده شده است. عدم معناداری

^۱ Johansen

^۲ Trace Statistics

^۳ Maximum Eigenvalue Statistics

آماره‌های بردار ویژه و حداکثر مقدار ویژه نشان می‌دهد که برای هر سه شاخص IFSI و GDP، تنها رابطه کوتاه مدت در این الگو قابل بررسی می‌باشد.

جدول (۷): آزمون یوهانسن برای شاخص‌های IFSI و GDP

آزمون یوهانسن بین شاخص استرس به روش EWMA و GDP				
Max-eigenvalue آماره		trace آماره		
r=1	r=0	r=1	r=0	فرضیه صفر
۲/۷۹	۱۰/۴۳	۲/۷۹	۱۳/۲۲	آماره
۳/۸۴	۱۴/۳۶	۳/۸۴	۱۵/۴۹	مقدار بحرانی
آزمون یوهانسن بین شاخص استرس به روش DCC-GARCH و GDP				
Max-eigenvalue آماره		trace آماره		
r=1	r=0	r=1	r=0	فرضیه صفر
۲/۷۰	۸/۷۵	۲/۷۰	۱۰/۴۶	آماره
۳/۸۴	۱۴/۳۶	۳/۸۴	۱۵/۴۹	مقدار بحرانی
آزمون یوهانسن بین شاخص استرس به روش BEKK-GARCH و GDP				
Max-eigenvalue آماره		trace آماره		
r=1	r=	r=1	r=0	فرضیه صفر
۱/۷۸	۱۰/۸۵	۱/۷۸	۱۲/۶۴	آماره
۳/۸۴	۱۴/۳۶	۳/۸۴	۱۵/۴۹	مقدار بحرانی

منبع: یافته‌های تحقیق

در ادامه در جدول (۸) شواهدی در خصوص علیت گرانجری بین این شاخص‌ها و GDP ارائه شده است. مشخص است که فرضیه صفر آزمون که IFSI علیت گرانجری شاخص‌های فعالیت اقتصادی نیست، به خوبی در سطح معناداری ۵ درصد رد می‌شود.

جدول (۸): علیت گرانجری بین شاخص‌های IFSI و شاخص‌های فعالیت اقتصادی

شاخص استرس با BEKK-GARCH		شاخص استرس با DCC-GARCH		شاخص استرس با EWMA		
Prob.	F-Stat.	Prob.	F-Stat.	Prob.	F-Stat.	فرضیه صفر
۰/۰۳۶	۲/۲۰۸	۰/۰۰۰۵	۱۱/۲۲	۰/۰۰۱	۹/۷۵۸	شاخص IFSI علیت گرانجری GDP نمی‌باشد.
۰/۴۵۹	۰/۹۱۵	۰/۶۲۷	۰/۴۶۸	۰/۶۶۰	۰/۴۱۷	GDP علیت گرانجری شاخص IFSI نمی‌باشد.

منبع: یافته‌های تحقیق

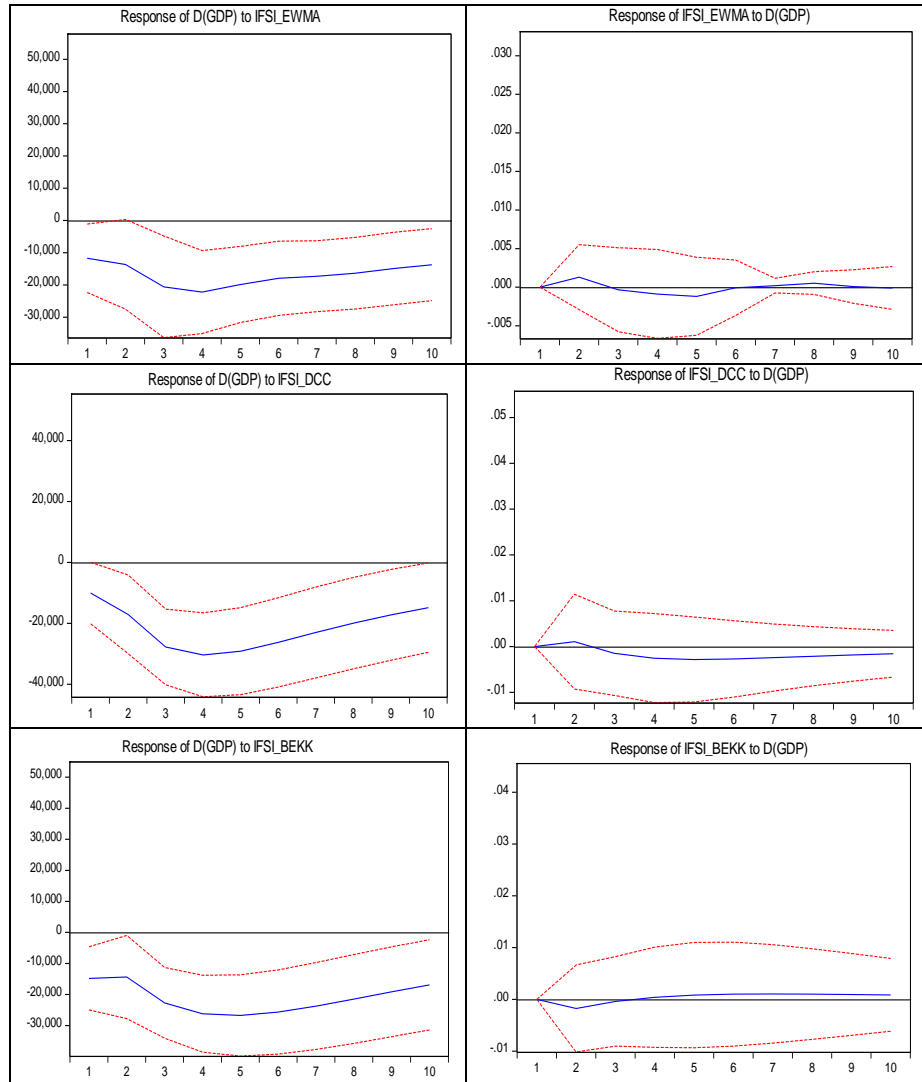
بنابراین تغییرات در شاخص‌های IFSI بر شاخص بخش واقعی اقتصاد (GDP) به شکل قابل ملاحظه‌ای اثر گذار است و جالب اینکه حالت مقابل یعنی اینکه GDP علیت گرانجری شاخص IFSI نیست رد نمی‌شود که نشان می‌دهد که نتایج تجربی این پژوهش با بنیان‌های نظری ادبیات موضوع منطبق است.

به منظور بررسی نحوه و جهت اثر شاخص‌های استرس مالی بر GDP، در این مقاله توابع پاسخ تکانه در VAR نامقید دومتغیره ارائه و برای تحلیل شوک‌ها از تجزیه هولسکی^۱ استفاده شده است. نمودار (۲) اثرات شوک‌های وارده به دو متغیره مورد تحلیل در قالب پاسخ به این تکانه‌ها را نشان می‌دهد، در بخش نخست، شوک وارده به تفاضل مرتبه اول GDP از طرف IFSI محاسبه شده به روش EWMA با یک دوره وقفه با روند نزولی خفیفی به مدت دو دوره همراه است که البته پس از آن، به تعادل اولیه همگرا می‌شود. در بخش دوم شوک وارده از طریق شاخص IFSI ساخته شده به روش DCC-GARCH به تفاضل مرتبه اول GDP نشان می‌دهد که روند نزولی بدون هیچ وقفه‌ای در سه دوره ادامه داشته و سپس شش دوره طول می‌کشد تا متغیر پاسخ به مرحله تعادل اولیه بازگردد.

در بخش سوم، اولین واکنش تفاضل مرتبه اول GDP به شوک شاخص IFSI ساخته شده به روش BEKK-GARCH، عدم تأثیر تا دو دوره است و سپس تفاضل مرتبه اول GDP با روند نزولی به مدت سه دوره همراه است و پس از آن به روند تعادلی قبل باز می‌گردد.

بنابراین مشخص است که در پاسخ به افزایش در شاخص استرس مالی ساخته شده در سه روش مختلف، متغیر فعالیت اقتصادی که در اینجا نماینده آن GDP می‌باشد، کاهش می‌یابد. از طرفی نیز همچنان که به لحاظ نظری انتظار می‌رفت، روند پاسخ‌ها نشان می‌دهد که شاخص استرس ساخته شده در سه روش مختلف پاسخ‌های معناداری به شاخص فعالیت اقتصادی نداشته‌اند.

¹ Choleski decomposition



نمودار (۲): پاسخ تکانه شاخص‌های استرس مالی طراحی شده و GDP

منبع: یافته‌های تحقیق

همگرایی نتایج حاصل شده از سه شاخص IFSI علاوه بر تأیید نتایج تجربی ادبیات موضوع،

استحکام شاخص IFSI پیشنهادی را نیز نشان می‌دهد، به بیان دیگر مدل VAR که برای روش‌های مختلف محاسبه شاخص IFSI به کار گرفته شد، پاسخ‌های مشابه بدست می‌دهد.

۵- مقایسه عملکرد شاخص‌های پیشنهادی

پس از طراحی شاخص‌های استرس مالی لازم است عملکرد آنها در نشان دادن مفهوم استرس مالی مقایسه و شاخصی که عملکرد بهتری در این خصوص دارد، تعیین گردد. به اذعان ادبیات موضوع ارزیابی عملکرد شاخص‌های استرس مالی به صورت ذاتی کار پیچیده‌ای است. در نظر گرفتن مفهوم فازی ریسک سیستمی، پیچیدگی نظام و مشکلات اندازه‌گیری استرس مالی، ساخت و ارزیابی شاخص‌های ترکیبی استرس مالی مطلوب را با مسائلی همراه می‌سازد. با این حال در این مقاله روشی مبتنی بر اثر شاخص استرس مالی بر بخش واقعی اقتصاد جهت پاسخ به سوال پژوهش در خصوص مقایسه عملکرد شاخص‌های پیشنهادی استرس مالی برای ایران ارائه می‌گردد. در این روش، از نتایج ارزیابی پیش‌بینی مدل‌های VAR در بخش قبل استفاده می‌شود. اساس مقایسه، بر این استوار است که تغییرات شاخص مطلوب استرس مالی باید بتواند تغییرات متغیر بخش واقعی اقتصاد را در آینده توضیح دهد. با این منطبق با استفاده از معیار مجموع مربعات خطا (RMSE)، میانگین قدر مطلق خطا (MAE) و معیار میانگین درصد قدر مطلق خطا (MAPE) و در نظر گرفتن پیش‌بینی پویای درون نمونه‌ای که در نرم افزار EViews برای ۷۵ درصد از داده‌های دوره زمانی پژوهش محاسبه شده است، عملکرد مطلوب شاخص‌های طراحی شده برای استرس نظام مالی ایران رتبه‌بندی شده است. البته بخش واقعی اقتصاد متأثر از متغیرهای بسیار متعدد و پیچیده‌ای است که پیش‌بینی آن را بسیار دشوار می‌سازد، از این رو گرچه پیش‌بینی در اینجا از دقت بالایی برخوردار نیست، اما هدف در این پژوهش صرفاً مشخص کردن شاخص بهینه برای استرس نظام مالی ایران بوده است، نتایج پیش‌بینی در هر سه حالت تقریباً نزدیک بوده ولی همانطور که در جدول (۹) مشخص است با توجه به دقت بیشتر پیش‌بینی شاخص ساخته شده به روش BEKK-GARCH با میانگین درصد قدر مطلق خطا ۳۰/۶۷، این روش به عنوان روش منتخب تخمین شاخص استرس مالی تعیین می‌گردد.

جدول (۹): مقایسه توانایی پیش بینی GDP با شاخص های استرس مالی ساخته شده

شاخص استرس مالی	مجموع مربعات خطا (RMSE)	میانگین قدر مطلق خطا (MAE)	میانگین درصد قدر مطلق خطا (MAPE)
به روش EWMA	۱۱۴۱۹۲۶	۹۳۱۶۵۴/۷	۳۹/۹۸
به روش DCC-GARCH	۹۰۵۴۴۷/۹	۷۵۵۵۴۵	۳۲/۴۵
به روش BEKK-GARCH	۸۶۹۵۵۴/۷	۷۱۵۷۶۲/۶	۳۰/۶۷

منبع: یافته های تحقیق

۶- جمع بندی و نتیجه گیری

در مطالعه حاضر به ارائه شاخص استرس مالی با استفاده از رویکرد جدید محاسبه همبستگی زیرشاخص ها پرداخته شده است. برای این منظور با ارائه نوآوری هایی در برآورد همبستگی زیرشاخص های استرس، در چند رویکرد مدل سازی شاخص استرس مالی ایران صورت گرفته و سپس توانایی پیش بینی مدل خودرگرسیون برداری با استفاده از اطلاعات پیشین سه شاخص استرس مالی و GDP ایران طی دوره زمانی ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۶ مورد ارزیابی قرار گرفت. مقایسه دقت پیش بینی شاخص های فوق با استفاده از معیار MAE، RMSE و MAPE نشان دهنده عملکرد بهتر شاخص استرس مالی طراحی شده به روش BEKK-GARCH در مقایسه با دو روش ساخت استرس مالی طی دوره زمانی مورد بررسی می باشد. به علاوه نتایج پژوهش بیانگر آن است که رابطه علی بین شاخص های استرس مالی و GDP در اقتصاد ایران به صورت یکطرفه و کوتاه مدت برقرار است، زمانی که شاخص استرس از یک حد آستانه بالاتر می رود با چند وقفه متغیر بخش واقعی اقتصاد اثرات منفی می پذیرد هر چند که پس از چند دوره دوباره این متغیر به تعادل می رسد. نتیجه گیری دیگر پژوهش این است که ساخت شاخص استرس برای نظام مالی ایران به عنوان یک داماسنج از وضعیت بازارهای مختلف مالی کشور از ابزارهای مهم برای سیاستگذاران در کشور است چرا که به دلیل همبستگی بالای بخش واقعی اقتصاد با بخش مالی و انعکاس سریع ریسک های سیستمی در شاخص استرس مالی، این شاخص به عنوان یک سیستم هشدار سریع برای وضعیت آتی فعالیت های اقتصاد عمل

می‌کند. از این رو به سیاستگذاران حوزه‌های مالی و اقتصادی پیشنهاد می‌گردد با در دسترس قرار دادن سریع و با تواتر بالای داده‌های این پژوهش زمینه بررسی دقیق‌تر این شاخص در بازه‌های زمانی مختلف و نیز تحلیل اثرات آن بر سایر متغیرهای اقتصادی فراهم گردد.

فهرست منابع

۱. احمدیان، اعظم (۱۳۹۴). طراحی سیستم هشدار سریع جهت پیش بینی زمان در معرض ورشکستگی قرار گرفتن بانک‌ها. *نظریه‌های کاربردی اقتصاد*، ۲(۴)، ۱۱۹-۱۴۴.
۲. عباسی نژاد، حسین، محمدی، شاپور، و ابراهیمی، سجاد (۱۳۹۶). پویایی‌های رابطه متغیرهای کلان و شاخص بازار سهام. *فصلنامه مدیریت دارایی و تامین مالی*، ۵(۱)، ۶۱-۸۲.
۳. لشکربلوکی، علی (۱۳۹۵). بررسی ارتباط بین محافظه کاری حسابداری و استرس مالی در شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران. پایان نامه کارشناسی ارشد، مؤسسه آموزش عالی حکیم جرجانی، دانشکده مدیریت و حسابداری.
۴. معطوفی، علیرضا (۱۳۹۷). تبیین مشخصه‌های استرس مالی در بازار سرمایه ایران. *فصلنامه دانش سرمایه‌گذاری*، ۷(۲۶)، ۲۳۷-۲۵۸.
۵. ولیان، حسن، و معطوفی، علیرضا (۱۳۹۷). بررسی رابطه بین کیفیت سود و استرس مالی در بورس اوراق بهادار تهران. *مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار*، ۹(۳۶)، ۲۵۱-۲۷۲.
۶. وبسایت بانک مرکزی ایران، آمار و داده‌ها (www.cbi.ir)
1. Abbasinejad, H., Mohammadi, S., & Ebrahimi, S. (2017). Dynamics of the relation between macroeconomic variables and stock market index. *Asset Management and Financing*, 5(1), 61-82 (In Persian).
2. Aboura, S., & van Roye, B. (2017). Financial stress and economic dynamics: The case of France. *International Economics*, 149, 57-73.
3. Afonso, A., Baxa, J., & Slavík, M. (2018). Fiscal developments and financial stress: a threshold VAR analysis. *Empirical Economics*, 54(2), 395-423.
4. Ahmadyan, A. (2017). Design of early warning system for predicting exposure to failure time of banks. *Quarterly Journal of Applied Theories of Economics*, 2(4), 119-144 (In Persian).
5. Cabrera, W., Hurtado, J., Morales, M., & Rojas, J. S. (2014). A composite indicator of systemic stress (CISS) for Colombia. *Borradores de Economía* (826).
6. Cardarelli, R., Elekdag, S., & Lall, S. (2011). Financial stress and economic contractions. *Journal of Financial Stability*, 7(2), 78-97.

7. Cambón, M., & Estévez, L. (2016). A Spanish financial market stress index (FMSI). *The Spanish Review of Financial Economics*, 14(1), 23-41.
8. Ekinçi, A. (2013). Financial stress index for Turkey.
9. Engle, R. (2002). Dynamic conditional correlation: A simple class of multivariate generalized autoregressive conditional heteroskedasticity models. *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(3), 339-350.
10. Engle, R. F., & Kroner, K. F. (1995). Multivariate simultaneous generalized ARCH. *Econometric theory*, 11(1), 122-150.
11. Ferrer, R., Jammazi, R., Bolós, V. J., & Benítez, R. (2018). Interactions between financial stress and economic activity for the US: A time-and frequency-varying analysis using wavelets. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 492, 446-462.
12. Gallegati, M. (2014). Early warning signals of financial stress: A “wavelet-based” composite indicators approach. In *Advances in Non-linear Economic Modeling* (pp. 115-138): Springer.
13. Hakkio, C. S., & Keeton, W. R. (2009). Financial stress: what is it, how can it be measured, and why does it matter? *Economic Review-Federal Reserve Bank of Kansas City*, 94(2), 5.
14. Hollo, D., Kremer, M., & Lo Duca, M. (2012). CISS-a composite indicator of systemic stress in the financial system.
15. Huotari, J. (2015). Measuring financial stress—A country specific stress index for Finland.
16. Iachini, E., & Nobili, S. (2016). Systemic liquidity risk and portfolio theory: An application to the Italian financial markets. *The Spanish Review of Financial Economics*, 14(1), 5-14.
17. Illing, M., & Liu, Y. (2006). Measuring financial stress in a developed country: An application to Canada. *Journal of Financial Stability*, 2(3), 243-265.
18. Kremer, M. (2016). Macroeconomic effects of financial stress and the role of monetary policy: a VAR analysis for the euro area. *International Economics and Economic Policy*, 13(1), 105-138.
19. Lashkarbolouki, A. (2016). Investigating the relationship between accounting conservatism and financial stress in listed companies in Tehran Stock Exchange. Master Thesis, *Hakim Jorjani University*, Faculty of Management and Accounting (In Persian).

20. Li, F., & Xiao, H. (2016). Early warning of financial stress events: A credit-regime-switching approach. *Bank of Canada Staff Working Paper*.
21. Louzis, D. P., & Vouldis, A. T. (2012). A methodology for constructing a financial systemic stress index: An application to Greece. *Economic Modelling*, 29(4), 1228-1241.
22. Louzis, D. P., & Vouldis, A. T. (2013). A financial systemic stress index for Greece.
23. MacDonald, R., Sogiakas, V., & Tsopanakis, A. (2015). An investigation of systemic stress and interdependencies within the Eurozone and Euro Area countries. *Economic Modelling*, 48, 52-69.
24. Malega, J., & Horváth, R. (2017). Financial stress in the Czech Republic: measurement and effects on the real economy. *Prague Economic Papers*, 2017(3), 257-268.
25. Matoufi, A. R. (2018). The features of financial stress in Iran's capital market. *Journal of Investment Knowledge*, 7(26), 237-258 (In Persian).
26. Mittnik, S., & Semmler, W. (2014). Estimating a banking-macro model using a multi-regime VAR. In *Advances in Non-linear Economic Modeling* (pp. 3-40): Springer.
27. Stona, F., Morais, I. A., & Triches, D. (2018). Economic dynamics during periods of financial stress: Evidences from Brazil. *International Review of Economics & Finance*, 55, 130-144.
28. Tse, Y. K., & Tsui, A. K. C. (2002). A multivariate generalized autoregressive conditional heteroscedasticity model with time-varying correlations. *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(3), 351-362.
29. Valiyan, h., & Matoufi, a. (2018). The Relationship between Earnings quality and Financial Stress: Evidence from Iran. *Financial Engineering and Portfolio Management*, 9(36), 251-272 (In Persian).
30. Yiu, M. S., Ho, W., & Jin, L. (2010). A measure of financial stress in Hong Kong financial market—the financial stress index. *Hong Kong Monetary Authority Research Note*, 2, 2010.