تحقیقات اقتصادی / دوره ۵۲، شمارهٔ ۴، زمستان ۹۶/ ص ۹۹۶-۹۶۳

اهمیت تصریح معادلات رگرسیونی در برآورد نااطمینانی متغیرهای اقتصاد کلان

رضا هیبتی[۱]، سعید صمدی*[۲]، محمد واعظ برزانی[۳]

۱. دانشجوی دکتری اقتصاد، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اصفهان، r.heybati@gmail.com

۲. دانشیار اقتصاد، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اصفهان، s.samadi@ase.ui.ac.ir

۳. دانشیار اقتصاد، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اصفهان، m.vaez@ase.ui.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۱۵

چکیده

در این مطالعه اندازه‌گیری نااطمینانی متغیرهای اقتصاد کلان مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به اینکه نااطمینانی به‌طور مستقیم قابل مشاهده و اندازه‌گیری نیست، پژوهشگران جانشین‌های مختلفی برای اندازه‌گیری آن پیشنهاد داده‌اند. یکی از روش‌های رایج برای برآورد این نااطمینانی‌ها، استفاده از الگوهای سری زمانی است. در این روش، برآورد مناسب و دقیق از نااطمینانی مستلزم تصریح درست معادلات رگرسیونی است. با در نظر گرفتن این موضوع، نااطمینانی برای چند سری زمانی کلیدی در اقتصاد ایران برآورد و سپس برآوردهای الگوی مبنا با الگوهای دیگر مقایسه شده است. نتایج به‌دست آمده بیانگر این هستند که برآوردهای نااطمینانی در این سری‌ها به طرز معنی‌داری تحت تأثیر تصریح معادلات رگرسیون پیش‌بینی‌کننده قرار می‌گیرند. تفاوت بین برآوردهای انجام شده در طول زمان برای این سری‌ها که در برخی دوره‌ها کاملا قابل مشاهده است، نشان می‌دهد که بیشتر تغییرات در این سری‌ها قابل پیش‌بینی هستند و نبایست به نااطمینانی نسبت داده شوند. همچنین ارزیابی دقت پیش‌بینی نااطمینانی در الگوهای مختلف بیانگر عملکرد بهتر الگوهای نوسان تصادفی و GARCH نامتقارن در دوره‌های پیش‌بینی درون نمونه‌ای و خارج از نمونه‌ای است.

طبقه‌بندی JEL: C52, E17, C5

واژه‌های کلیدی: نااطمینانی، الگوهای سری زمانی، معادله‌ی پیش‌بینی، نوسان تصادفی

---

*. نویسنده‌ی مسئول، تلفن تماس: ۰۹۱۳۳۱۴۹۴۷۸

۱- مقدمه

«نااطمینانی» را می‌توان در یک مفهوم کلی به‌صورت عدم توانایی در پیش‌بینی پیامدها تعریف کرد. این مفهوم در زمینه‌های مختلف مورد توجه قرار گرفته است. در اقتصاد این موضوع اولین بار توسط نایت[1] مورد بررسی قرار گرفته است. فرانک نایت (۱۹۲۱)، اقتصادادن دانشگاه شیکاگو، نخستین بار تعریفی برای نااطمینانی مطرح کرده است. با این حال در طی سالیان گذشته مفهوم نااطمینانی در اقتصاد گسترش پیدا کرده و در کاربردهای مختلف مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

در شرایط نااطمینانی، فرآیند برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری و همچنین سیاست‌گذاری در همه‌ی بخش‌های اقتصادی از جمله خانوارها، بنگاه‌ها، دولت و بازار مالی با اختلال مواجه می‌شود، چرا که امکان پیش‌بینی کاهش می‌یابد و تحقق چشم‌اندازهای آینده برای عاملان اقتصادی دشوار می‌شود. در چنین شرایطی عاملان اقتصادی در مورد تصمیمات مربوط به مصرف، پس‌انداز و یا سرمایه‌گذاری، سیاست‌های مخارج - مالیات، قوانین و مقررات و نرخ‌های بهره آینده با نااطمینانی مواجه هستند. به عبارت دیگر تصمیم گرفتن برای عاملان اقتصادی پرهزینه می‌شود و آنها منتظر باقی می‌مانند تا در موقعیت باثبات‌تری تصمیمات خود را عملی کنند. مطالعات برجسته‌ای که در این زمینه انجام شده نشان داده است که افزایش در نااطمینانی با کاهش چشمگیر در فعالیت‌های حقیقی اقتصادی مرتبط است (یورادو، لودویگسن، و ان جی[2]، ۲۰۱۵)، و اگر اقتصاد در شرایط رکودی با سطح بالایی از نااطمینانی‌ها، به ویژه نااطمینانی مرتبط با سیاست‌گذاری اقتصادی همراه شود، این نااطمینانی‌ها تبدیل به عاملی کلیدی در گسترش رکود و کندکردن بازگشت از رکودهای دوره‌ای می‌شوند (بیکر، بلوم و دیویس[3]، ۲۰۱۶).

موضوع دیگر این است که کمّی کردن نااطمینانی اقتصادی دشوار است؛ برخلاف متغیرهایی مانند تولید، تورم و ... نااطمینانی به‌طور مستقیم قابل مشاهده نیست. افزون بر این، انواع مختلفی از نااطمینانی در اقتصاد وجود دارند که عاملان اقتصادی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. از جمله‌ی این موارد می‌توان به نااطمینانی کلی و کلان اقتصادی[4]،

---

1. Knight
2. Jurado, Ludvigson, and Ng
3. Baker, Bloom and Davies
4. Macroeconomic Uncertainty

نااطمینانی مرتبط با سیاست‌گذاری اقتصادی[1]، نااطمینانی مرتبط با تمایلات و احساسات[2] و نااطمینانی مرتبط با متغیرهای خرد و کلان اقتصادی اشاره کرد.

همان طور که ماراکوا[3] (۲۰۱۴) یادآور شده است تا به حال معیار عینی و مشخصی از نااطمینانی اقتصادی تعریف نشده است، پژوهشگران و کارشناسان در تلاش برای تعیین جانشین‌هایی برای اندازه‌گیری نااطمینانی، معیارهای مختلفی را پیشنهاد داده‌اند. بسیاری از معیارهایی که برای اندازه‌گیری نااطمینانی به‌کار می‌روند در رکود، افزایش و در رونق کاهش می‌یابند، به این معنا که نااطمینانی می‌تواند نقش مهمی در استخراج و کنترل چرخه‌های تجاری داشته باشد. این زمینه‌های جدید منجر به شکل‌گیری پروژه‌های تحقیقاتی جدید به منظور تعریف، الگوسازی و ارزیابی دقیق‌تر از نااطمینانی شده است.

موضوع مورد بررسی در این مطالعه برآورد نااطمینانی متغیرهای کلان اقتصادی است. نااطمینانی این متغیرها به‌طور مستقیم قابل مشاهده و اندازه‌گیری نیست، از این رو سنجش آن با دشواری‌هایی همراه است. در ادبیات این موضوع روش‌ها و معیارهای جانشینی برای کمّی ساختن آن پیشنهاد شده است. در حالی که بیشتر این معیارهای جانشین از مزیت به‌طور مستقیم قابل مشاهده بودن برخوردارند، کافی بودن آنها به‌عنوان جانشینی برای نااطمینانی به این بستگی دارد که تا چه اندازه و با چه قوّتی با این فرایند تصادفی پنهان مرتبط هستند.

با توجه به مفهومی که از نااطمینانی بیان شده است. اندازه‌گیری و برآورد نااطمینانی متغیرهای اقتصادی مستلزم تشخیص تغییرات قابل پیش‌بینی و تغییرات غیرقابل پیش‌بینی در سری‌های زمانی است. بر این اساس اگر تغییرات آتی در متغیرهای اقتصادی از مجموع تغییرات پیش‌بینی‌شده و تغییرات پیش‌بینی‌نشده تشکیل شده باشد، آن گاه نااطمینانی یک متغیر اقتصادی شامل تغییرات غیرقابل پیش‌بینی آن متغیر خواهد بود (گریر و پری[4]، ۱۹۹۸؛ کمپل[5]، ۲۰۰۷).

با نگاهی گذرا بر روند متغیرهای عمده‌ی کلان اقتصادی در ایران این مطلب را می‌توان دریافت که حداقل در طول ۳ دهه‌ی گذشته بیشتر نماگرها و متغیرهای اقتصاد

---

1. Economic Policy Uncertainty
2. Sentiment-related Uncertainty
3. Marakova
4. Grier & perry
5. Campbell

کلان در ایران نوسانات چشم‌گیر داشته‌اند. از آن جایی که هر قدر متغیری نوسان بیشتری داشته باشد امکان پیش‌بینی مقادیر آن دشوارتر می‌شود و نااطمینانی آن متغیر در سطح بالاتری قرار می‌گیرد، بنابراین انتظار می‌رود متغیرهای کلان اقتصادی در ایران در طول ۳ دهه‌ی گذشته سطح قابل توجهی از نااطمینانی را تجربه کرده باشند.

این نااطمینانی‌ها به‌صورت تکانه در متغیرهای عمده‌ای مانند نرخ ارز، درآمدهای نفتی، مخارج دولتی، تورم و به تبع آن سرمایه‌گذاری، مصرف و تولید نمایان شده‌اند. بدیهی است متغیرهای اقتصاد کلان در بیشتر کشورها تحت تأثیر شوک‌ها و تکانه‌های مختلف قرار می‌گیرند، اما نااطمینانی زمانی افزایش می‌یابد که این شوک‌ها و تکانه‌ها پیش‌بینی‌نشده باشند، یا اینکه ابعادی از آنها پیش‌بینی‌نشده باشند. در حقیقت شوک‌ها و تکانه‌ها سبب می‌شوند تا واریانس شرطی یا نوسان متغیرها افزایش یابد، اما نااطمینانی، متفاوت از نوسان است. همان طور که یورادو، و همکاران (۲۰۱۵) بیان کرده‌اند، این تمایز در بسیاری از معیارهای رایج نااطمینانی لحاظ نشده است. در مطالعات و بررسی‌های انجام شده در اقتصاد ایران برخی مطالعات روی این نااطمینانی‌ها تمرکز داشته‌اند. در بررسی‌های انجام گرفته نااطمینانی مربوط به متغیرها بیش‌تر از طریق الگوهای واریانس ناهمسان شرطی خانواده (G)ARCH برآورد شده‌اند.

با توجه به این موضوع، هدف این مقاله این است که یک بررسی از رویکردهایی که برای فرمول‌سازی و اندازه‌گیری نااطمینانی اقتصادی به کار می‌روند را فراهم کرده و سپس نااطمینانی مربوط به برخی سری‌های زمانی کلیدی در اقتصاد ایران را با استفاده از الگوهای اقتصادسنجی، برآورد کند. بر این اساس، ابتدا برخی مفاهیم و اصطلاحات تبیین می‌شوند. در بخش سوم روش‌های برآورد نااطمینانی مورد بررسی قرار گرفته و مقایسه و ارزیابی این روش‌ها در بخش چهارم انجام شده است. بخش پنجم، به معرفی الگوی مطالعه اختصاص یافته و نتایج تجربی مربوط به برآورد نااطمینانی چند سری زمانی کلیدی در اقتصاد ایران در بخش ششم ارائه شده است. در بخش هفتم نیز خلاصه و جمع‌بندی صورت گرفته است.

۲- مفاهیم و اصطلاحات

در این بخش برخی از مهم‌ترین مفاهیم و اصطلاحات به‌کار رفته در مطالعه تعریف و ارتباط آنها با یکدیگر مشخص شده است.

۲-۱- نااطمینانی، نااطمینانی اقتصادی و ریسک[1]

نااطمینانی یک مفهوم گسترده است که در زمینه‌ها و رشته‌های مختلف علمی بحث و بررسی شده است. به‌عنوان مثال، این مفهوم، عدم قطعیتی که در ذهن مصرف‌کنندگان، مدیران و سیاست‌مدارن درباره حوادث محتمل در آینده وجود دارد را منعکس می‌کند. همچنین نااطمینانی پیرامون مسیر متغیرهای کلان مانند رشد GDP، پدیده‌های خرد مانند نرخ رشد بنگاه‌ها و حوادث غیراقتصادی مانند تغییرات آب و هوایی نیز مطرح است (بلوم[2]، ۲۰۱۴).

یکی از رشته‌های علمی که مفاهیم و اصطلاحات مشترک بسیاری با اقتصاد دارد، فیزیک است. نااطمینانی یا عدم قطعیت در علم فیزیک به‌صورت «اصل عدم قطعیت[3]» مطرح شده است. اصل عدم قطعیت یکی از مهم‌ترین جنبه‌هایی است که مکانیک کوانتوم را از نظریه‌های کلاسیک از طبیعت (مکانیک کلاسیک) متمایز می‌کند.[4] در اقتصاد این موضوع اولین بار توسط نایت مورد توجه قرار گرفته است. فرانک نایت (۱۹۲۱)، اقتصادادن دانشگاه شیکاگو، نخستین بار تعریفی برای نااطمینانی مطرح کرده است، با این حال در طی سالیان گذشته مفهوم نااطمینانی در اقتصاد گسترش پیدا کرده است، به‌طوری که در زمینه‌های مختلف از جمله نااطمینانی کلی و کلان اقتصادی، نااطمینانی مرتبط با سیاست‌گذاری اقتصادی، نااطمینانی‌های مرتبط با تمایلات و احساسات و نااطمینانی مرتبط با متغیرهای اقتصادی مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

نایت، در ابتدا «ریسک» که مفهومی مرتبط با نااطمینانی است را تعریف و استدلال کرده است که ریسک، یک توزیع احتمال شناخته شده پیرامون مجموعه‌ای از حوادث را توصیف می‌کند. در توصیف نایت، آزمایش پرتاب یک سکه پیامدهای ریسکی را به همراه دارد. نکته‌ی مهم این آزمایش این است که احتمال وقوع هر یک از پیامدها قبل از شروع آزمایش معین است، اما اینکه در نهایت کدام پیامد روی می‌دهد را نمی‌توان

---

1. Uncertainty, Economic Uncertainty and Risk
2. Bloom
3. Uncertainty Principle
۴. اصل عدم قطعیت که به‌عنوان اصل عدم قطعیت هایزنبرگ نیز معروف است بیانگر این می‌باشد که کمیّت‌های مزدوج از خصوصیات فیزیکی یک ذره، از قبیل مکان و اندازه حرکت را نمی توان به طور همزمان با سطح بالایی از دقّت اندازه‌گیری کرد. این اصل در سال ۱۹۲۷ توسط ورنر هایزنبرگ فیزیکدان آلمانی معرفی شده است.

تعیین کرد. این دقیقاً همان مفهوم اساسی ریسک است. در تمایز، نااطمینانی را می‌توان به‌صورت عدم توانایی در پیش بینی احتمال پیامدها و همچنین عدم اطلاع از پیامد نهایی تعریف کرد. در برخی از مطالعات بین این تعریف از نااطمینانی که به‌عنوان «نااطمینانی نایتی» شناخته می‌شود با وضعیت دیگری که «نااطمینانی غیر نایتی» نامیده می‌شود، تمایز داده شده است؛ نااطمینانی غیر نایتی مرتبط با پدیده‌هایی مطرح شده است، که می‌توان قبل از وقوع برای آنها توزیع احتمال تعریف کرد به‌عنوان مثالی از نااطمینانی غیر نایتی می‌توان به نااطمینانی متغیرهای اقتصادی از جمله نااطمینانی متغیرهای کلان اقتصادی همانند نرخ تورم، ارز و تولید اشاره کرد.

۲-۲- *نااطمینانی و نوسان*[1]

برای الگوسازی مفهوم نااطمینانی در یک سری زمانی مفروض، در نظر گرفتن تغییرات قابل پیش‌بینی در معادله‌ی میانگین رگرسیون مورد تأکید و اهمیت است. به عبارت دیگر، در ساختن معیار نااطمینانی سری‌های زمانی، تنها آن قسمت از نوسانات که غیرقابل پیش‌بینی هستند لحاظ می‌شود، یعنی بین نااطمینانی در سری زمانی تکی y_{jt} ، $y_{jt} \in Y_t = (y_{1t}, \dots, y_{Nt})'$، و «واریانس شرطی» آن تمایز وجود دارد. همان طور که یورادو و همکاران (۲۰۱۵) تأکید کرده‌اند، اندازه‌گیری مناسب نااطمینانی در هر سری زمانی، مستلزم برداشتن (یا حذف) جزء قابل پیش‌بینی سری، یعنی $E[y_{jt+h}|I_t]$، است. یک روش برای عملیاتی کردن این مفهوم، به‌دست آوردن عامل‌هایی از مجموعه نسبتاً گسترده‌ای از داده‌ها، $\{X_{it}\}, i = 1, 2, \dots, N$، است که دامنه‌ی آنها تا حد امکان به I_t نزدیک باشد. سپس این عامل‌ها به‌عنوان متغیرهای توضیحی و پیش‌بینی‌کننده در سری‌های زمانی استفاده می‌شوند.

عدم انجام چنین کاری منجر به تخمین‌هایی خواهد شد که به اشتباه تغییرات قابل پیش‌بینی را به‌عنوان نااطمینانی لحاظ می‌کنند، بنابراین نااطمینانی در یک سری مشابه با محاسبه‌ی نوسان یا واریانس شرطی نیست که، برای مثال، تنها یک میانگین ثابت از سری خام برداشته شود، بلکه مهم این است که کل جزء قابل پیش‌بینی برداشته شود. در حالی که این نکته ممکن است نسبتاً ساده به‌نظر برسد، اما تقریباً بسیاری از معیارهایی که در حال حاضر در ادبیات مربوطه به‌کار می‌روند، از جمله نوسان بازار سهام

1. Uncertainty and Volatility

(تحقق یافته یا ضمنی)، یا معیارهای پراکندگی مقطع-زمانی که به‌عنوان جانشینی برای سنجش نااطمینانی به‌کار می‌روند، این مسئله را در نظر نگرفته‌اند.

۳- روش‌های برآورد نااطمینانی متغیرهای کلان

با توجه به آنچه بیان شد، نااطمینانی به‌طور مستقیم قابل مشاهده نیست و از سوی دیگر می‌توان آن را در حیطه‌های مختلف در نظر گرفت، از این رو، نباید دور از انتظار باشد که گستره‌ای از معیارهای جانشین برای اندازه‌گیری نااطمینانی وجود داشته باشد. در ادبیات تجربی روش‌ها و رویکردهای مختلفی برای برآورد نااطمینانی در هر یک از این زمینه‌ها معرفی شده‌اند.

یادآوری می‌شود که نااطمینانی مفهومی مرتبط با آینده است، بنابراین هر معیاری از نااطمینانی می‌بایست مربوط به آینده (رو به جلو) [1] باشد و شامل تغییرات قابل پیش‌بینی نباشد. در ادامه روش‌های عمده برآورد نااطمینانی و برخی مطالعات انجام شده‌ی مرتبط با آنها بررسی می شوند.

۳-۱- داده‌های نظرسنجی[2]

در این روش، بر اساس داده‌ها و اطلاعات فراهم شده در نظرسنجی معیارهای مختلفی از نااطمینانی استخراج شده که به‌عنوان معیارهای مبتنی بر نظرسنجی[3] شناخته می‌شوند. از جمله معروف‌ترین نظرسنجی‌ها در این زمینه، نظرسنجی پیش‌بینی‌کنندگان حرفه‌ای[4] (SPF) است که در ابتدا تنها اقتصاد ایالات متحده را دربرگرفته، ولی در آینده کشورهای دیگری نیز به آن افزوده شده است. پاسخ‌دهندگان این نظرسنجی هر فصل فرمی را دریافت می‌کنند تا مقادیر انتظاری و پیش‌بینی شده‌ی خود را از دامنه‌ای از متغیرهای اقتصادی در افق‌های زمانی مختلف گزارش دهند. ایده‌ی کلی در اینجا این است که نااطمینانی را می‌توان از طریق برخی معیارهای پراکنش بین پیش‌بینی‌کنندگان متخصص که قضاوت و پیش‌بینی‌های خود را در ارتباط با یک نماگر خاص در اقتصاد کلان اظهار می‌کنند، اندازه‌گیری کرد. این معیارها از جمله شامل

---

1. Forward Looking
2. Survey Data
3. Survey-based Measures
4. Survey of Professional Forecaster

میانگین مجذور خطاهای پیش‌بینی فردی و انحراف معیار پیش‌بینی‌های نقطه‌ای (عدم توافق بین پیش‌بینی‌کنندگان) می‌شود.

مطالعات اولیه در این خصوص به زارنوویتز و لامبروس[1] (۱۹۸۷) و در کار قابل توجه بعدی به بومبرگر[2] (۱۹۹۶،۱۹۹۹) برمی‌گردد. این رویکرد در شکل اولیه خود به‌ندرت به‌کار می‌رود، ولی در مطالعات دیگر با انجام چندین تعدیل به شکل بهبود یافته‌تری به‌کار رفته است. بومبرگر (۱۹۹۶، ۱۹۹۹)، جئوردانی و سودرلیند[3] (۲۰۰۳)، عدم‌توافق بین پیش‌بینی کنندگان را به‌عنوان معیاری از نااطمینانی پیشنهاد کرده‌اند. منکیو و همکاران[4] (۲۰۰۳)، به جای استفاده از انحراف معیار مقطع زمانی پیش‌بینی‌ها که توسط این محققان معرفی شده است، تفاضل بین ۲۵- امین و ۷۵- امین صدک را به‌عنوان معیاری از نااطمینانی تعریف می‌کنند.

عمومیت یافتن این رویکرد با توسعه پیش‌بینی‌های مبتنی بر توزیع احتمال افزایش یافته است، به‌طوری که پیش‌بینی‌کنندگان قضاوت‌های خود را نه تنها در مورد مقادیر انتظاری از متغیرهای مورد نظر فرموله کرده‌اند، بلکه درباره احتمال تحقق یافتن این مقادیر نیز، معمولاً در قالب هیستوگرام یا فواصل اطمینان، اظهارنظر داشته‌اند.

تحقیقات انجام گرفته در این خصوص به‌طور کلی به یک رابطه معنی‌دار بین این معیار از نااطیمنانی و دیگر جانشین‌های نااطمینانی دست یافته‌اند، به‌طوری که استفاده از این روش به‌عنوان معیاری از نااطمینانی حجم بالایی از مطالعات را به خود اختصاص داده است. با این حال، در خصوص قوّت و تفسیر این رابطه نتایج یکسانی حاصل نشده است؛ به‌عنوان مثال، باچمن و همکاران[5] (۲۰۱۳)، به یافته‌های متقن و مستحکمی درباره مفید بودن روش عدم توافق پیش‌بینی‌کنندگان به‌عنوان جانشینی از نااطمینانی دست پیدا کرده‌اند، در حالی که ریچ و تریسی[6] (۲۰۱۰) ارتباط ضعیف‌تری بین این معیار و سنجه‌های دیگر یافته‌اند.

---

1. Zarnovitz & Lambros
2. Bomberger
3. Giordani and Söderlind
4. Mankiw et al.
5. Bachmann et al.
6. Rich and Tracy

۳-۲- الگوهای سری زمانی

در اندازه‌گیری نااطمینانی از طریق الگوهای سری‌زمانی دو رویکرد عمده به منظور ارزیابی نااطمینانی با استفاده از الگوهای تجربی وجود دارد که در ادامه به بررسی آنها پرداخته می‌شود.

۳-۲-۱- نوسان غیر شرطی[1]

ساده‌ترین روش برای تعیین معیاری از نااطمینانی، برمبنای محاسبه مقادیر انحراف معیار غیر شرطی متغیرها است. انتخاب گشتاور مرکزی مرتبه‌ی دوم به‌عنوان معیاری از نااطمینانی اغلب به‌دلیل ارتباط نزدیک بین نوسان و نااطمینانی است. البته همان طور که در بخش قبل استدلال شد اینها مفاهیم دقیقاً یکسانی نیستند.

نوسان غیرشرطی به این معنا است که نوسان متغیر مورد بررسی در طول زمان ثابت است. تغییر زمانی در معیار نااطمینانی استخراج شده معمولاً از ماهیت برگشتی[2] روش محاسبه‌ای که برای ساختن آن به‌کار می‌رود، نشأت می‌گیرد. ماهیت غیرشرطی بودن نوسانات و این واقعیت که داده‌های گذشته برای ساختن نااطمینانی استفاده می‌شوند سبب می‌شود که این روش خصوصیت روبه جلو بودن نااطمینانی را نداشته باشد و نتواند برداشت عاملان اقتصادی از آینده را لحاظ کند. بلانچارد و سیمون[3] (۲۰۰۱)، جیوانونی و دیاس تنا[4] (۲۰۰۸)، انحراف معیار رشد GDP را برای شناسایی نااطمینانی کلی اقتصادی به‌کار گرفته‌اند. گایسل و یه[5] (۲۰۱۵)، برای ارزیابی درجه‌ی نااطمینانی که بنگاه‌های کوچک و بزرگ با آن مواجه هستند از نااطمینانی گروهی متشکل از چهار متغیر کلان استفاده کرده‌اند. آنها فرض نموده‌اند هر بنگاه برای پیش‌بینی مقادیر آینده متغیرهای کلان از یک مدل ساده AR(2) استفاده می‌کند و معیارهای نااطمینانی خود را از طریق محاسبه واریانس جملات باقی‌مانده این مدل‌ها که به‌صورت برگشتی برآورد می‌شوند، به‌دست آورده‌اند.

---

1. Unconditional Volatility
2. Recursive Nature
3. Blanchard and Simon
4. Giovannoni and Dios Tena
5. Ghosal and Ye

۲-۲-۳- نوسان شرطی[1]

یک روش رایج برای تعیین نااطمینانی بر مبنای مدل‌های سری زمانی یک متغیره با واریانس متغیر نسبت به زمان است. این مدل‌ها به طور معمول از دو معادله تشکیل می‌شوند. معادله‌ی نخست مربوط به میانگین شرطی است و معادله‌ی دوم، معادله‌ی واریانس شرطی نامیده می‌شود که تصریحی از باقی‌مانده‌ها یا جزء غیرقابل پیش‌بینی معادله‌ی نخست است. انحراف معیار شرطی که از معادله‌ی دوم برآورد می‌شود، معیاری از نااطمینانی را فراهم می‌کند. در معادله‌ی دوم، واریانس شرطی به‌صورت روشنی نسبت به زمان متغیر فرض می‌شود، اما، همان‌طور که توسط چیوا و همکاران[2] (۲۰۱۱) بررسی شده است، واریانس شرطی همچنین می‌تواند با توجه به ماهیت برگشتی فرآیند تخمین تغییر کند. در ادامه دو الگوی پرکاربرد برای تصریح واریانس شرطی معرفی می‌شوند.

الگوهای خودرگرسیون واریانس شرطی (تعمیم یافته)[3]

الگوهای خودرگرسیون واریانس شرطی (تعمیم یافته) به‌صورت گسترده برای ساختن معیاری از نااطمینانی به‌کار رفته‌اند. در حقیقت هر دوی الگوهای ARCH معرفی شده توسط انگل[4] (۱۹۸۲) و الگوی GARCH بولرسلو[5] (۱۹۸۶)، در ابتدا برای الگوسازی نااطمینانی تورم به‌کار رفته‌اند.

الگوی استاندارد GARCH(1,1) به‌صورت زیر نمایش داده می‌شود:

$$y_t = \mu + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t \sim N(0, \sigma_t^2) \qquad (۱)$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 \qquad (۲)$$

برای اطمینان از اینکه فرآیند واریانس شرطی همواره مثبت و مانا باشد، فرض می‌شود که $\alpha_0 > 0$ ، $\alpha_1 \geq 0$، $\beta_1 \geq 0$ و $\alpha_1 + \beta_1 < 1$ است. علاوه بر این، الگوهایی از نوع (G)ARCH. نامتقارن نیز به‌صورت گسترده برای برآورد نااطمینانی متغیرهای اقتصادی به‌کار رفته‌اند. یکی از انواع این الگوها، الگوی GARCH-GJR است که توسط گلوستن و همکاران[6] (۱۹۹۳) معرفی شده است. در این الگو واریانس شرطی نسبت

---

1. Conditional Volatility
2. Chua et al.
3. (Generalized) Auto-Regressive Conditional Heteroskedasticity
4. Engle
5. Bollerslev
6. Glosten et al

به‌تکانه‌های مثبت و منفی به‌صورت متفاوت واکنش نشان می‌دهد. واریانس شرطی در الگوی GJR(1,1) به‌صورت زیر نمایش داده می‌شود:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1\varepsilon_{t-1}^2 + \gamma\varepsilon_{t-1}^2\mathbf{I}(\varepsilon_{t-1} < 0) + \beta_1\sigma_{t-1}^2 \qquad (۳)$$

که I(.) تابع شاخص را نشان می‌دهد و در صورتی که γ مثبت باشد، نوسان شرطی در واکنش به تکانه‌های منفی نسبت به تکانه‌های مثبت بیشتر افزایش می‌یابد.

الگوهای نوسان تصادفی[1]

الگوهای نوسان تصادفی (SV) بیش‌تر در اقتصادسنجی مالی برای الگوسازی و پیش‌بینی نوسانات به‌صورت فرآیند تصادفی پنهان به‌کار رفته‌اند (برای مثال به هاروی و همکاران[2] (۱۹۹۴)؛ کیم و همکاران[3] (۱۹۹۸) مراجعه شود). علاوه بر این، این الگوها برای پیش‌بینی نرخ تورم در آمریکا توسط استاک و واتسن[4] (۲۰۰۷) به‌کار رفته‌اند.

الگوی SV در ابتدا توسط تیلور[5] (۱۹۸۶) معرفی شده است. این الگو بر ایراداتی که به مدل‌های ARCH وارد شده است. غلبه می‌کنند. نلسون (۱۹۹۱)، دو مورد از اینها را بیان کرده است: اول اینکه، محدودیت‌های اعمال شده روی پارامترهای مدل‌های خانواده‌ی (G)ARCH، برای اطمینان از مثبت شدن واریانس شرطی، اغلب در طول فرایند تخمین با انحراف همراه می‌شوند. دوم، رفتار تصادفی واریانس شرطی، غیرمحتمل و منتفی می‌شود. در مدل‌های نوسان تصادفی اجازه داده می‌شود تا واریانس سری‌ها یک فرآیند تصادفی غیرقابل مشاهده داشته باشد. مدل SV را می‌توان به‌صورت زیر نمایش داد:

$$y_t = \mu + \varepsilon_t \quad , \quad \varepsilon_t \sim N(0, e^{h_t}) \qquad (۴)$$

$$h_t = \gamma + \phi h_{t-1} + \eta_t \quad , \quad \eta_t \sim N(0, \sigma_\eta^2) \qquad (۵)$$

که ε_t ها و η_t ها، متغیرهای تصادفی (i.i.d) با توزیع نرمال و مستقل از یکدیگر، μ و γ جملات میانگین غیرشرطی، ϕ به‌عنوان پارامتر دوام و پایداری نوسانات و h_t

1. Stochastic Volatility Models
2. Harvey et al.
3. Kim et al.
4. Stock and Watson
5. Taylor

لگاریتم نوسانات، یعنی لگاریتم طبیعی واریانس جمله خطا در معادله‌ی (۴) است. تصریح معادله‌ی (۵) برمبنای لگاریتم نوسانات این تضمین را به وجود می‌آورد که واریانس شرطی بدون نیاز به محدودیت‌های بیشتر همیشه مثبت باقی می‌ماند[۱].

اگر چه الگوهای نوع G)ARCH) برای تخمین زدن ساده هستند و معمولا در بیشتر کارهای تجربی به‌کار می‌روند، اما برخی ایرادات در خصوص بیشتر آنها وجود دارد.[۲] جایگزین مهم برای این الگوها، الگوهای نوسان تصادفی (SV) معرفی شده توسط تیلور (۱۹۸۶) هستند که اجازه می دهند واریانس سری‌ها یک فرآیند تصادفی غیرقابل مشاهده داشته باشد. تیلور (۱۹۸۶)، در مطالعه‌ی ارزشمند خود نوسان را همراه با احتمال الگوسازی کرده است، یعنی از طریق یک الگوی حالت-فضا که لگاریتم مربع نوسانات از یک فرایند خودرگرسیون مرتبه یک پیروی می‌کردند. در طول زمان این تصریح به‌عنوان الگوی نوسان تصادفی (SV) شناخته شده و به‌عنوان رقیبی برای الگوهای طبقه‌ی G)ARCH) مطرح شده است. همچنین این الگو به‌عنوان روشی برای گسسته سازی الگوهای پیوسته که در ادبیات ریاضیات مالی غالباً به‌کار می روند، مطرح شده است (برای مثال مراجعه شود به هیول و وایت[۳]، ۱۹۸۷). اگر چه چندین مقاله (مانند، جاکوییر و همکاران[۴] (۱۹۹۴)؛ گایسل و همکاران[۵] (۱۹۹۶)؛ کیم و همکاران (۱۹۹۸))، شواهدی در حمایت از به کارگیری الگوی نوسان تصادفی ارایه داده‌اند، این الگوها در کارهای تجربی نسبتاً کمتر استفاده شده‌اند. این موضوع در مقاله باس[۶] (۲۰۱۲) مورد بررسی قرار گرفته که وی دو دلیل را برای این مسئله بیان داشته است: الف) در حالی‌که انواع مختلف الگوهای G)ARCH) اساساً یک روش تخمین دارند در خصوص روش‌های تخمین برای الگوهای SV تنوع (و ناسازگاری) وجود دارد؛ ب) برای

---

۱. یادآوری می‌شود که پارامترهای مدل نوسان تصادفی به شکل‌های دیگری هم نوشته می‌شوند.

۲. نلسون (۱۹۹۱)، دو مورد از اینها را بیان کرده است: اول اینکه، محدودیت‌های اعمال شده روی پارامترهای این الگوها، برای اطمینان از مثبت شدن واریانس شرطی، اغلب در طول فرایند تخمین با انحراف همراه می‌شوند. دوم، رفتار تصادفی واریانس شرطی، غیر محتمل و منتفی می‌شود.

3. Hull and White
4. Jacquier et al
5. Ghysels et al
6. Bos

عملیاتی کردن و اجرا کردن این الگوها پیچیدگی‌های محاسباتی وجود دارد (کاستنر[1]، ۲۰۱۶). بر این اساس واریانس شرطی در این الگوها برخلاف الگوهای (G)ARCH با توجه به اطلاعات گذشته قابل مشاهده و اندازه‌گیری نیست و برآورد آن با دشواری‌هایی همراه است. به عبارت بهتر یک جزء تصادفی در شکل‌گیری فرآیند واریانس شرطی لحاظ می‌شود. از آن جایی که این جزء تصادفی، یعنی η_t، یک شوک غیر قابل مشاهده است، فرآیند واریانس شرطی پنهان و غیر قابل مشاهده می‌شود، با این وجود، گسترش روش‌های قدرتمند گشتاورهای شبیه‌سازی شده، الگوریتم زنجیر مارکوفی مونت کارلو[2] (MCMC) و دیگر رویکردهای مبتنی بر شبیه‌سازی برای برآورد و پیش‌بینی الگوهای SV، آنها را در طول زمان به رقیبی برای الگوهای (G)ARCH تبدیل کرده است (اندرسون و دیگران[3]، ۲۰۰۵).

۳-۳- *نوسان بازار سهام*

برای مدت زمان طولانی بازارهای مالی منبع غنی از داده‌ها برای پژوهشگران در زمینه‌های مختلف اقتصادی فراهم کرده‌اند. با ظهور بازار مشتقات به‌عنوان یکی از بازارهای مالی که به‌سرعت رو به گسترش می‌باشد، یافتن روش‌هایی برای استخراج معیاری از نااطمینانی بر اساس اطلاعات فراهم شده عمومیت یافته است. از آن جایی که قیمت‌گذاری مشتقات مستلزم شکل‌دهی انتظارات درباره مسیر آینده و ابعاد تغییرات محتمل در کمیت‌های اقتصاد کلان می‌باشد، این مشتقات ابزاری برای پایش انتظارات بازار فراهم کرده‌اند. اگر چه انتظارات و برآوردهای سرمایه‌گذاران مستقیم آشکار نشده، مقادیر آنها در قیمت‌های مشتقات منعکس شده است، بنابراین با دانستن قیمت‌های یک مشتق مالی، امکان تعیین نوسان دلالت شده‌ی (یا ضمنی)[4] آن فراهم شده براین‌اساس بر مبنای مقادیر دلالت‌شده از مشتقات، معیارهای مختلفی از نااطمینانی قابل استخراج بوده است. رایج‌ترین مشتقاتی که توسط محققان برای به‌دست آوردن

1. Kastner
2. Markov Chain Monte Carlo
3. Andersen et al.
4. Implied Volatility

شاخص نااطمینانی مورد استفاده قرار می‌گیرند، قراردادهای معاملات[1] روی شاخص‌های بازارسهام هستند.

این رویکرد به ویژه بعد از مطالعه بلوم[2] (۲۰۰۹) که شاخص VXO را برای اندازه‌گیری نااطمینانی مواجه شده با بنگاه‌های تولیدی به‌کار گرفته، عمومیت است. او این معیار و اهمیت آن در تحلیل تصمیمات سرمایه‌گذاری بنگاه‌ها را بررسی کرده است.

۳-۴- سایر روش‌ها

از جمله رویکردهای دیگر برای محاسبه‌ی نااطمینانی می‌توان به روش‌های جستجو در متن[3] اشاره کرد. بیکر و همکاران (۲۰۱۶)، با استفاده از این رویکرد و جستجوی برخی واژگان در گزارش‌ها و مقالات روزنامه‌ها به دنبال تعیین معیاری از نااطمینانی مرتبط با سیاست‌گذاری بوده‌اند. آنها شاخصی را برای این منظور فراهم کرده‌اند که بر مبنای محاسبه‌ی فراوانی مقالاتی که شامل واژه‌های نااطمینان یا نااطمینانی، اقتصاد یا اقتصادی و یک یا چند واژه مرتبط با سیاست‌گذاری باشد، قرار داشته است. در این رویکرد هر قدر تعداد واژگان تعریف شده در یک دوره‌ی زمانی خاص بیشتر باشد، نشان‌دهنده‌ی بالاتر بودن نااطمینانی در آن دوره است. فرناندر- ویلاورد و همکاران[4] (۲۰۱۵)، نااطمینانی سیاست مالی و اثرات آن بر فعالیت‌های حقیقی در اقتصاد را بررسی کرده‌اند. آنها قواعدی را برای سیاست مالی تعیین کرده و سپس اختلاف بین تصمیمات اقتصادی جاری درباره‌ی مالیات‌های مختلف با قواعد تعیین شده را اندازه‌گیری کرده و نوسان این تفاوت‌ها را به‌عنوان نااطمینانی سیاست مالی تعیین نموده‌اند.

یورادو و همکاران (۲۰۱۵)، با استفاده از حجم گسترده‌ای از داده‌های ماهیانه تخمین‌های مستقیم اقتصاد سنجی از نااطمینانی کلان فراهم کرده‌اند. آنها نااطمینانی کلان را به‌صورت تغییر مشترک در جزء غیر قابل پیش‌بینیِ تعداد زیادی از سری‌های زمانی اقتصادی تعریف کرده‌اند. برآوردهای انها بیانگر این است که بیشتر نوساناتی که

---

1. Options
2. Bloom
3. Text-search Methods
4. Fernández-Villaverde et al

در بازار سهام و دیگر جانشین‌های نااطمینانی وجود دارند توسط جریان نااطمینانی در کل اقتصاد تولید نشده‌اند. از نظر آنها این مسئله به این دلیل است که جانشین‌های معرفی شده در اندازه‌گیری نااطمینانی کلان به برخی سری‌های زمانی تکی بیش از اندازه وزن می‌دهند و نوسان‌های قابل پیش‌بینی را به اشتباه، به مسیر نااطمینانی نسبت می‌دهند.

۴- مقایسه معیارها و روش‌های برآورد نااطمینانی

با توجه به آنچه بیان شده است، پژوهشگران از معیارهای جانشین مختلفی برای اندازه‌گیری نااطمینانی استفاده می‌کنند. در بعضی از مطالعات به جای تکیه بر یک روش خاص، نااطمینانی‌ها از روش‌های مختلف و یا به‌صورت ترکیبی تعیین می‌شود. در رویکرد ترکیبی برخی یافته‌های اولیه مثلا قضاوت کارشناسان نیز در این ترکیب نقش دارند. این رویکرد توسط پیش‌بینی‌کنندگان در بانک مرکزی اروپا و تعدادی از بانک‌های مرکزی دیگر کشورها برای ایجاد پیش‌بینی‌های احتمالی به‌کار برده می‌شوند. به‌عنوان مثال باچمن و دیگران (۲۰۱۳) از این رویکرد پیروی کرده‌اند. آنها نااطمینانی در سطح بنگاه‌ها و کسب و کار را با استفاده از داده‌های نظرسنجی کسب و کار در آلمان و ایالات متحده اندازه‌گیری نموده‌اند. دسترسی به داده‌های سطح خرد (بنگاه‌ها و صنایع مختلف) اجازه می‌دهد تا آنها معیارهایی از نااطمینانی بر مبنای عدم‌توافق پیشین[1] و معیارهایی بر مبنای خطاهای پیش‌بینی تحقق‌یافته[2] را بسازند و با هم مقایسه کنند. نتایج آنها نشان می‌دهد که معیارهای نااطمینانی به‌دست آمده از عدم توافق با معیارهای به‌دست آمده از پراکندگی در خطاهای پیش‌بینی تحقق یافته، با یکدیگر هم‌بستگی بالایی دارند.[3]

---

1. Ex ante disagreement
2. Ex-post forecast errors

۳. می‌توان روش‌های اندازه‌گیری نااطمینانی به معیارهای قبل از وقوع (ex ante) و معیارهای بعد از وقوع یا تحقق یافته (ex post) نیز تقسیم‌بندی کرد. بر این اساس، رویکرد عدم‌توافق بین پیش‌بینی‌کنندگان که در روش‌های مبتی بر نظرسنجی قرار می‌گیرد جزء معیارهای قبل از وقوع، روش الگوهای سری‌زمانی، نوسان ضمنی بازار سهام و برخی شاخص‌های پراکندگی براساس داده‌ها نظرسنجی جزء معیارهای بعد از وقوع قرار می‌گیرند. برای جزییات بیشتر به‌عنوان مثال به کلمنتس (۲۰۱۴) مراجعه شود.

در مطالعه‌ی دیگری چیوا و همکاران (۲۰۱۱) تلاش کرده‌اند تا به این پرسش پاسخ دهند که آیا معیارهای تجربی از نااطمینانی متغیرهای کلان مشابه با یکدیگر هستند؟ آنها با فرض اینکه داده‌های مربوط به نظرسنجی‌ها معیارهای مستقیمی از انتظارات تورم و رشد تولید را فراهم می‌کنند و از این جهت از خطاهای احتمالی در تعیین اینکه عاملان اقتصادی چگونه پیش‌بینی‌های خود را شکل می‌دهند اجتناب دارند، معیارهای اقتصاد سنجی نااطمینانی را با معیار مبتنی بر نظرسنجی مقایسه کرده‌اند. برای این منظور آنها از ضرایب هم‌بستگی معیارهای مختلف استفاده کرده‌اند. یافته‌های آنها را می‌توان به این صورت خلاصه کرد: اولاً، در طبقه مدل‌های مختلف بررسی‌شده مدل GARCH دو متغیره جانشین بسیار مناسبی برای نااطمینانی تورم به‌دست می‌دهد. ثانیاً، مدل GARCH نامتقارن که بین اثر شوک‌های با علامت متفاوت روی نااطمینانی، تمایز می‌دهد جانشینی را فراهم می‌کند که به‌صورت نزدیک‌تری با معیار نظرسنجی تطابق دارد. ثالثاً، استفاده از داده‌های واقعی با روش نمونه ثابت رگرسیون برگشتی[1] نه تنها با تعریف معیار قبل از وقوع نااطمینانی سازگار است، بلکه نسبت به معیارهای نااطمینانی از داده‌های اصلاح‌شده و روش غیر برگشتی برتری دارند.

لازم به یادآوری است که در استخراج نااطمینانی از الگوهای نوسان شرطی، اگر چه فرض ثابت بودن نوسان در طول زمان برطرف شده است، اما این رویکرد همچنان مبتنی بر داده‌های گذشته و روابطی که می‌بایست بر اساس این داده‌ها شناسایی شوند، قرار دارد. از این جهت این رویکرد می‌تواند مورد نقد قرار گیرد، یعنی روابط بین نوسانات در گذشته ممکن است حاوی اطلاعاتی درباره‌ی اینکه عوامل اقتصادی چه برداشتی از شرایط اقتصادی در آینده دارند نباشد، بنابراین در الگوهای جدید تلاش بر این است تا از دامنه گسترده‌ای از اطلاعات در معادله‌ی میانگین شرطی استفاده شود. از سوی دیگر، در معیارهای مبتنی بر نظرسنجی لازم است تا نسبت به شاخص‌های استخراج شده به‌عنوان جانشین نااطمینانی، دقت شود. اغلب در این شاخص‌ها بین تغییرات قابل پیش‌بینی و تغییرات غیرقابل پیش‌بینی تمایز انجام نمی‌گیرد و بنابراین ممکن است نااطمینانی بیش از اندازه برآورد شود. همچنین نوسانات ضمنی بر مبنای قراردادهای اختیار معامله روش ساده‌ای را برای تعیین جانشینی از نااطمینانی پیشنهاد

1. Fixed Sample Recursive Method

داده‌اند. با وجود دارا بودن خصوصیت رو به جلو بودن و لحاظ انتظارات مرتبط با آینده در این معیار، اما نبایست فراموش کرد که لازم است تغییرات قابل پیش‌بینی برداشته شوند که بیشتر این معیارها چنین خصوصیتی را ندارند.

در ادبیات تجربی مربوط به ارزیابی پیش‌بینی نوسان متغیرها، برخی معیارهای آماری مبتنی بر توابع زیان پیشنهاد شده است. در این مطالعه با توجه به اینکه در تابع میانگین شرطی دامنه‌ی گسترده‌ای از اطلاعات موجود به‌کار می‌رود، از این آماره‌ها برای مقایسه دقت الگوهای سری‌زمانی در پیش‌بینی نااطمینانی استفاده می‌شود. این آماره‌ها عبارتند از:

میانگین مربع خطاهای پیش بینی (MSE)،

$$\mathrm{MSE} = \frac{1}{N}\sum_{t=1}^{N}\left(\varepsilon_{t,n}^2 - \hat{h}_{t,n}\right)^2 \qquad (۶)$$

میانه مربع خطاهای پیش‌بینی (MedSE)،

$$\mathrm{MedSE} = \mathrm{med}\left(\varepsilon_{t,n}^2 - \hat{h}_{t,n}\right)^2 \qquad (۷)$$

میانگین قدر مطلق خطاهای پیش‌بینی (MAE)،

$$\mathrm{MAE} = \frac{1}{N}\sum_{t=1}^{N}\left|\varepsilon_{t,n}^2 - \hat{h}_{t,n}\right| \qquad (۸)$$

و تابع زیان لگاریتمی (LL) معرفی شده توسط پاگان و شوارت (۱۹۹۰)،

$$\mathrm{LL} = \frac{1}{N}\sum_{t=1}^{N}\left[\ln\left(\varepsilon_{t,n}^2\right) - \ln\left(\hat{h}_{t,n}\right)\right]^2 \qquad (۹)$$

در این آماره‌ها $\hat{h}_{t,n}$ برآورد نااطمینانی در n دوره آینده بر اساس پارامترهای درون نمونه‌ای الگوهای سری‌زمانی، $\varepsilon_{t,n}^2$ جانشینی از نااطمینانی تحقق‌یافته و N تعداد مشاهدات پیش‌بینی‌شده است.

۵- معرفی الگوی مطالعه

با توجه به روش‌های بیان شده، در این مطالعه برای برآورد نااطمینانی برخی متغیرهای کلیدی در اقتصاد کلان ایران از واریانس شرطی در رویکرد الگوهای سری‌زمانی استفاده شده است. معادله‌ی رگرسیونی پیش‌بینی‌کننده‌ی سری‌های زمانی به پیروی از یورادو و همکاران (۲۰۱۵) به‌صورت زیر تصریح شده است.

$$y_{jt+1} = \phi_{y,j}(L)y_{jt} + \gamma_{Fj}(L)\hat{F}_t + \gamma_{Wj}(L)\,W_t + \sigma_{jt+1}\varepsilon_{jt+1} \qquad (۱۰)$$

جمله‌ی نخست در این معادله بیانگر جملات توضیح‌دهنده خودرگرسیون برداری است که در معادله‌ی پیش‌بینی لحاظ شده است. جملات دوم و سوم معادله‌ی فوق مجموعه‌ای از عامل‌های پیش‌بینی‌کننده هستند که برای لحاظ تغییرات قابل پیش‌بینی در معادله‌ی میانگین شرطی به‌کار رفته‌اند. این عامل‌ها شامل $\hat{F}_t = (\hat{F}_{1t}, \dots, \hat{F}_{r_F t})'$ و W_t می‌شوند، که W_t از مربع اولین عامل از $\hat{F}_t$ و عامل‌های موجود در مجذور داده‌ها، X_{it}^2، تشکیل می‌شود. این جملات مربع در W_t برای احاطه‌ی اثرات احتمالی غیرخطی و هر اثری که نوسان شرطی ممکن است روی تابع میانگی شرطی داشته باشد، به‌کار می‌روند. عامل‌های به‌کار رفته پویایی‌های خودرگرسیون دارند، به‌طوری که $\phi_{y,j}(L)$، $\gamma_{jF}(L)$ و $\gamma_{jW}(L)$ چند جمله‌ای‌های با درجه متناهی در شکل عملگر وقفه L و به‌ترتیب از درجه p_y، p_F و p_W برای لحاظ این پویایی‌ها هستند. جمله‌ی پایانی معادله‌ی رگرسیونی فوق، بیانگر تصریح واریانس ناهمسانی در چارچوب الگوی نوسان تصادفی است. این موضوع در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه عامل‌ها، پویایی‌های خودرگرسیون دارند، نمایش فشرده‌تر سیستم فوق، الگوی خودرگرسیون برداری تعمیم یافته عاملی[1] (FAVAR) نامیده می‌شود.

فرض شود y_{jt+h} یا به عبارت دیگر سری y_{jt} در h- مرحله پیش‌رو، نشان‌دهنده سری باشد که می‌خواهیم نااطمینانی آن را در دوره $h \geq 1$ محاسبه کنیم و مقدار در این دوره از الگوی پیش‌بینی تعمیم یافته عاملی (۱۰) که در بالا تعیین شده است، برآورد می‌شود. بعد از تخمین جزء قابل پیش‌بینی سری y_{jt+h}، یعنی $E[y_{jt+h}|I_t]$، با استفاده از عامل‌های استخراج شده از مجموعه داده‌های کلان، در مرحله بعد خطای پیش‌بینی در h- مرحله رو به جلو به‌صورت $V_{jt+h} \equiv y_{jt+h} - E[y_{jt+h}|I_t]$ تعریف می‌شود. در ادامه به تخمینی از نوسان یا واریانس شرطی (بر اساس اطلاعات زمان t) این خطاها یعنی $E[(V_{jt+h})^2 |I_t]$ نیاز است. برای این منظور الگوی نوسان تصادفی پارامتریک برای خطاهای پیش‌بینی در یک-مرحله رو به جلو در y_{jt} و خطاهای پیش‌بینی مشابه در عامل‌ها، تصریح می‌شود. این تخمین‌های به‌دست آمده از نوسان‌ها بطور برگشتی برای محاسبه‌ی مقادیر $E[(V_{jt+h})^2 |I_t]$ برای $h \geq 1$ به کار می‌روند.

1. Factor Augmented Vector Auto Regression

به عبارت دقیق‌تر، خطای پیش‌بینی y_{jt+1} در معادله‌ی (۱۰)، از الگوی نوسان تصادفی پیروی می‌کند، یعنی $v^{y}_{jt+1} = \sigma^{y}_{jt+1}\,\varepsilon^{y}_{jt+1}$ می‌شود، به‌طوری‌که $\varepsilon^{y}_{jt+1}\sim N(0,1)$ و لگاریتم نوسانات به‌صورت فرآیند خودرگرسیون زیر تصریح شده می‌شود.

$$\log(\sigma^{y}_{jt+1})^2 = \alpha^{y}_{j} + \beta^{y}_{j}\log(\sigma^{y}_{jt})^2 + \tau^{y}_{j}\eta_{jt+1}\,,\ \eta_{jt+1}\sim N(0,1) \qquad (۱۱)$$

در این معادله α^{y}_{j}، β^{y}_{j} و τ^{y}_{j} پارامترهای نوسان تصادفی می‌باشند، ε_{jt+1} و η_{jt+1} شوک‌های نرمال با توزیع یکسان و مستقل از یکدیگر (i.i.d.) می‌باشند. با فرض فرآیند خودرگرسیون در پیش‌بینی‌کننده‌ها، اجازه داده می‌شود تا شوک‌های مربوط به پیش‌بینی‌کننده‌ها نیز پویایی مشابهی داشته باشند. پارامترهای الگوی نوسان تصادفی از باقی مانده‌های حداقل مربعات معادله‌های پیش‌بینی، با استفاده از الگوریتم زنجیر مارکوفی مونت کارلو (MCMC) تخمین زده می‌شوند. میانگین این پارامترها بر حسب استخراج‌های MCMC برای محاسبه‌ی نااطمینانی‌ها به‌کار می‌روند. بنابراین، نااطمینانی در h- مرحله پیش‌رو در متغیر y_{jt}، که آن را با $\mathcal{U}_{jt}(h)$ نشان می‌دهیم به‌صورت واریانس شرطی «جزء غیرقابل پیش‌بینی[۱]»، از مقدار آینده‌ی سری فرمول‌سازی می‌شود.

$$\mathcal{U}_{jt}(h) \equiv \sqrt{E\left[\left(y_{jt+h} - E[y_{jt+h}|I_t]\right)^2 \middle| I_t\right]} \qquad (۱۲)$$

در عبارت بالا انتظارات $E(\cdot\,|I_t)$ نسبت به اطلاعات I_t که در زمان t برای عامل اقتصادی در دسترس است، گرفته شده است. اگر انتظارات امروز از خطای مجذورشده در پیش‌بینی y_{jt+h} افزایش یابد، نااطمینانی در متغیر افزایش می‌یابد.

بنابراین، بر طبق آنچه بیان شده است، برای به‌دست آوردن برآوردی از نااطمینانی سری y_{jt} در h- مرحله پیش‌رو، یعنی $\mathcal{U}_{jt}(h)$، در ابتدا میانگین شرطی سری با استفاده از مقادیر وقفه‌دار سری و عامل‌های استخراج شده از مجموعه داده‌ها برآورد می‌شود و سپس الگوی نوسان تصادفی پارامتریک برای تعیین برآوردی از نوسان شرطی خطاهای پیش‌بینی در h- مرحله رو به جلو در y_{jt} و خطاهای پیش‌بینی مشابه در عامل‌ها،

---

۱. عبارت های جزء غیرقابل پیش‌بینی، جزء باقی مانده، و خطای پیش‌بینی متردف با یکدیگر هستند.

تصریح می‌شود. برای گنجاندن پویای‌های خودرگرسیون، هر سری زمانی و عامل پیش‌بینی‌کننده نیز از طریق فرآیند AR(2) تصریح می‌شود.

۶- نتایج تجربی

در این بخش تحلیل و نتایج تجربی مربوط به برآورد نااطمینانی متغیرهای کلان انجام می‌گیرد. بر طبق تعریفی که از نااطمینانی ارائه شده، در تصریح رگرسیون پیش‌بینی‌کننده نااطمینانی دو ویژگی عمده لحاظ شده است. اول اینکه به جای استفاده از تعداد اندکی از متغیرهای توضیحی و پیش‌بینی‌کننده‌های برون‌زا، عامل‌های پیش‌بینی‌کننده که از مجموعه نسبتاً گسترده‌ای از داده‌های کلان استخراج شده‌اند، به کار گرفته می‌شوند. به عبارت دیگر، الگوی پیش‌بینی سری‌های زمانی در حد ممکن از اطلاعات موجود برای لحاظ شرایط اقتصادی بهره می‌گیرد، به گونه‌ای که تغییرات قابل پیش‌بینی (که در $\hat{F}_t$ و W_t منعکس شده‌اند) را به نااطمینانی در سری y_{jt+h} نسبت نمی‌دهد. افزون بر این، در تصریح نوسان خطاهای پیش‌بینی، از الگوی نوسان تصادفی استفاده می‌شود. در این بخش با استفاده از معادله‌ی رگرسیونی که از چنین خصوصیاتی برخوردار است و به‌صورت الگوی مبنا نام‌گذاری شده نااطمینانی برخی متغیرهای کلان اقتصادی برآورد شده و سپس با الگوهای جایگزین مقایسه شده است.[۱]

۶-۱- *برآورد نااطمینانی بر اساس الگوی مبنا*

برای استخراج عامل‌های پیش‌بینی‌کننده در این مطالعه از حجم نسبتاً گسترده‌ای از سری‌های زمانی اقتصاد کلان استفاده شده است. داده‌های به‌کار رفته شامل ۶۰ سری زمانی در اقتصاد کلان ایران هستند. مجموعه‌ی داده‌ها دوره‌ی ۱۳۹۳:۴-۱۳۶۹:۱ را پوشش می‌دهند. داده‌های فصلی با استفاده از فرآیند X-13 فصلی زدایی شده‌اند. بعد از انجام تبدیل‌های لازم روی داده‌های خام و وقفه‌های الگوی FAVAR برآوردهای نااطمینانی برای دوره ۱۳۹۳:۴-۱۳۶۹:۴ یا روی ۹۷ مشاهده فصلی محاسبه شده‌اند. مجموعه داده‌های به‌کار رفته در ۷ گروه طبقه‌بندی شده‌اند. گروه‌بندی متغیرها با توجه به اطلاعات اولیه در مورد ساختار داده‌ها تعریف شده است. همچنین داده‌ها با استفاده از تبدیل‌های مناسب مانا شده‌اند. مجموعه سری‌های زمانی در گروه‌هایی با عنوان

---

۱. برای انجام محاسبات از کدهای نرم‌افزار MATLAB و کدهای بسته Stochvol در نرم‌افزار R که به ترتیب توسط یورادو و همکاران (۲۰۱۵) و کاستنر (۲۰۱۶) فراهم شده‌اند، استفاده شده است.

فعالیت‌های واقعی، انرژی، شاخص‌های قیمت، متغیرهای پولی و اعتباری، متغیرهای مالی دولت، نرخ ارز و تجارت خارجی، و بازار سهام قرار گرفته‌اند[۱].

معیار بای و ان جی (۲۰۰۲)، بیانگر وجود ۷ عامل پیش‌بینی‌کننده F_t برای مجموعه سری‌های زمانی کلان X_t هستند ($r_F = 7$)[۲]. این ۷ عامل در مجموع ۵۸ درصد تغییرات در مجموعه سری‌های کلان را توضیح می‌دهند، به‌طوری که عامل‌های اول، دوم و سوم به ترتیب ۱۵، ۱۲ و ۷ درصد از تغییرات را در برمی‌گیرند. اولین عامل به مقدار بالایی روی سری‌های مربوط به بازار سهام و شاخص‌های قیمت، بارگیری می‌شود. عامل دوم روی سری‌های مربوط به فعالیت‌های واقعی بارگیری شده است. عامل‌های سوم، چهارم، و پنجم، به ترتیب در حد بالایی روی متغیرهای مالی دولت، ارزش‌افزوده نفت، و متغیرهای پولی بارگیری شده‌اند و با آنها هم‌بستگی دارند. عامل‌های تعیین شده در معادله‌ی پیش‌بینی، با استفاده از روش اجزای اصلی ایستا (PCA) تخمین‌زده شده‌اند.

این عامل‌ها علاوه بر اینکه به‌طور مستقیم بر سطح پیش‌بینی اثر می‌گذارند، نوسان آنها نقش مهمی در پیش‌بینی نااطمینانی سری‌های زمانی در h دوره‌ی بعد دارد. به پیروی از بای و ان جی[۳] (۲۰۰۸)، در نهایت پیش‌بینی‌کننده‌هایی به‌کار رفته‌اند که توانایی پیش‌بینی معنی‌داری داشته‌اند. برای این منظور، قواعد آستانه‌ای نسبتاً سخت، با استفاده از آزمون t برای نگه‌داشتن آن F_t و W_t هایی که از نظر آماری معنی‌دار هستند، به‌کار گرفته شده است.[۴] عامل‌هایی که بر اساس این معیار در دفعات بیشتری به‌عنوان پیش‌بینی‌کننده به‌کار رفته‌اند عبارتند از $\hat{F}_{1t}$ (دارای هم‌بستگی بالا با سری‌های

---

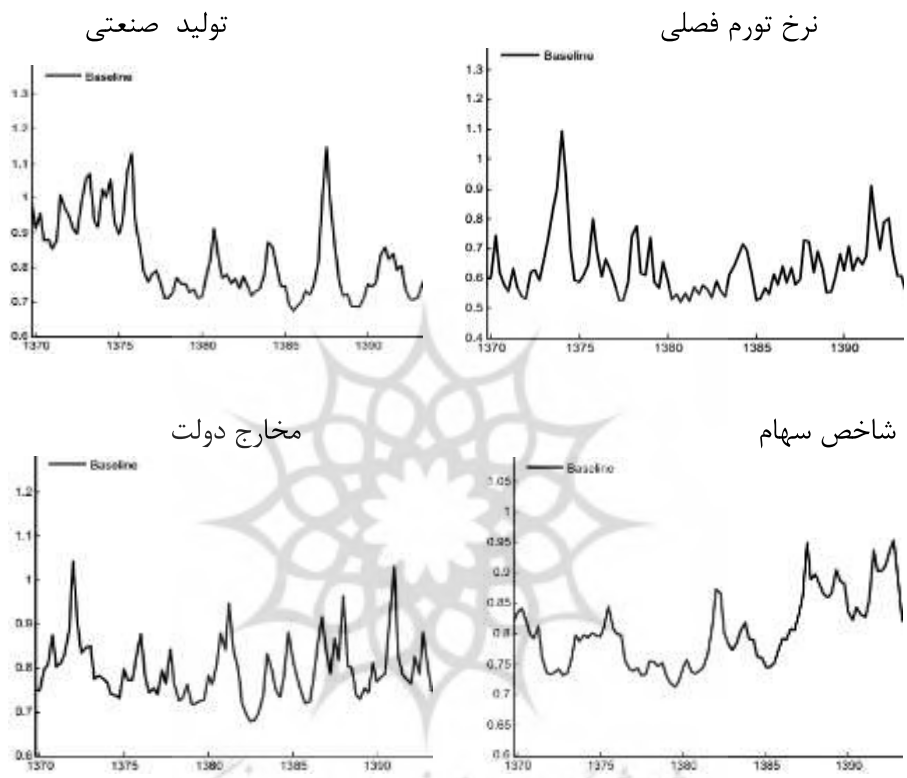
۱. داده‌های به‌کار رفته در مطالعه‌ی هیبتی و همکاران (۱۳۹۶) توصیف شده‌اند.

۲. برای استخراج عامل‌های پیش‌بینی، دوسری زمانی از مجموعه سری‌های بازار سهام دو بار تکرار شده‌اند. به‌عبارت دیگر عامل‌های پیش‌بینی از مجموعه ۶۲ سری زمانی استخراج شده‌اند. این کار به‌دلیل افزایش درصد توضیح دهنگی عامل‌ها انجام شده است. برای جزییات بیشتر به هیبتی و همکاران (۱۳۹۶) مراجعه شود.

3. Bai and Ng

۴. فرآیند انتخاب رگرسور از بین عامل ها به این صورت بوده است که از بین مجموعه عامل‌های کاندید برای پیش‌بینی که شامل همه ۷ عامل برآورد شده در X_{it} ($\hat{F}_t$)، مجذور اولین عامل در X_{it} ($\hat{F}_{1t}^2$)، و اولین عامل برآورد شده در مجذور داده‌ها X_{it}^2 ($\hat{G}_{1t}$)، می‌شود زیر مجموعه‌هایی از عامل‌های پیش‌بینی‌کننده از طریق اجرای رگرسیون سری‌های زمانی، y_{it+1}، روی یک مقدار ثابت، دو وقفه از متغیر وابسته، $\hat{F}_t$، $\hat{F}_{1t}^2$، و $\hat{G}_{1t}$ (بدون وقفه) انتخاب شده است. در حقیقت اگر مقدار تابع آزمون t رگرسورها بزرگتر از ۱/۹۶باشد، آن رگرسورها نگه داشته شده‌اند و به‌عنوان پیش‌بینی کننده به‌کار رفته‌اند.

بازار سهام و شاخص قیمت)، $\hat{F}_{3t}$ (دارای هم‌بستگی بالا با سری‌های مالی دولت)، $\hat{F}_{5t}$ (دارای هم‌بستگی بالا با متغیرهای پولی و قیمت‌های نفت، و $\hat{F}_{6t}$ (دارای هم‌بستگی بالا با متغیرهای پولی).



نمودار ۱. برآورد نااطمینانی برای چند سری کلیدی

در نمودار (۱) برآوردهای منتج شده از پیش‌بینی نااطمینانی در یک دوره (فصل) آینده، یعنی h=1، برای سری‌های زمانی تولید صنعتی، تورم فصلی بر مبنای شاخص قیمت مصرف‌کننده، مخارج دولت و بازدهی سهام نشان داده شده است. داده‌ها به‌صورت فصلی هستند و دوره ۱۳۹۳:۴-۱۳۶۹:۴ را پوشش می‌دهند.

پویایی‌ها و نوسانات قابل توجه نااطمینانی متغیرهای مورد بررسی در این نمودار، بیانگر سهم قابل توجه تغییرات غیرقابل پیش‌بینی در نوسانات این متغیرها در طول سه دهه‌ی گذشته می‌باشد. به ویژه اینکه شوک‌ها و تکانه‌های نااطمینانی در اوایل دهه

هفتاد و اوایل دهه نود در این متغیرها ابعاد بزرگ‌تری دارند. این مسئله برای سری‌های رشد تولید صنعتی و تورم به خوبی قابل مشاهده است. از آن جایی که چنین شوک‌ها و تکانه‌هایی در بیشتر متغیرهای کلیدی در اقتصاد کلان ایران در طی دوره مورد بررسی وجود داشته، پیش‌بینی‌پذیری محیط اقتصادی در چنین شرایطی کاهش داشته، یا به‌عبارتی سطح نااطمینانی کلان افزایش یافته است و تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی برای فعالان و عاملان اقتصادی را با دشواری مواجه ساخته است.

۶-۲- نااطمینانی در مقایسه با واریانس شرطی

برای مقایسه‌ی نااطمینانی سری‌های زمانی با نوسان شرطی سری‌ها یا به عبارت دیگر بررسی نقشی که اطلاعات به‌دست آمده از عامل‌ها در برآوردهای نااطمینانی ایفا می‌کنند، نااطمینانی‌ها بر طبق معادله با میانگین شرطی ثابت زیر هم برآورد شده‌اند:

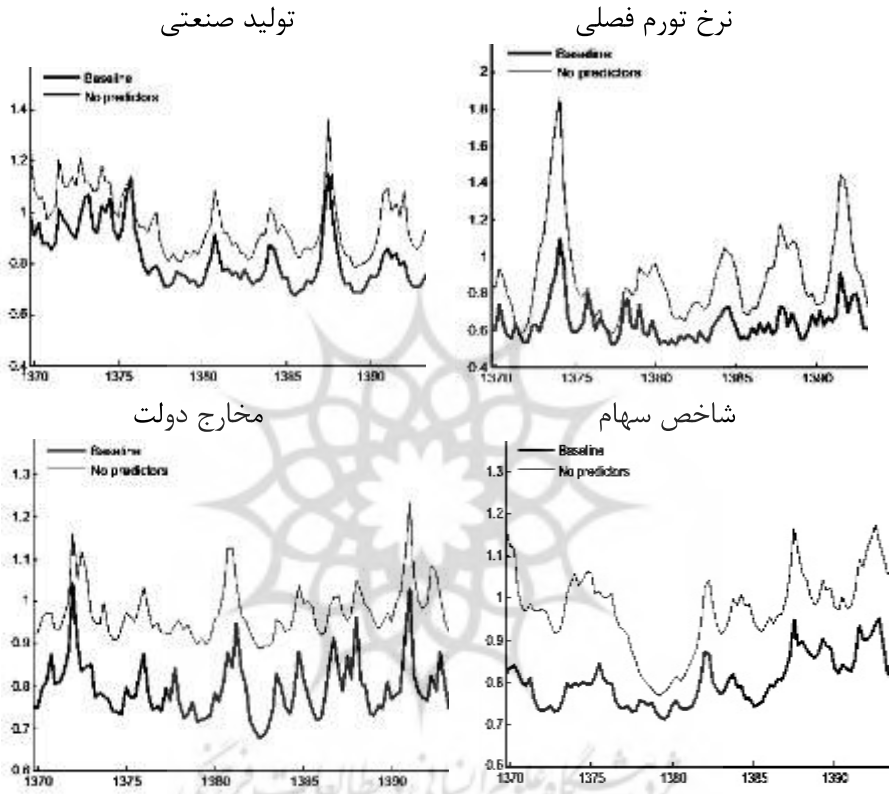
$$y_{jt+1} = \mu + \tilde{\sigma}_{jt+1}\tilde{\varepsilon}_{jt+1} \qquad (۱۳)$$

در نمودار (۲) برآوردهای منتج شده از این نااطمینانی‌ها (یا به عبارت دقیق‌تر واریانس شرطی‌ها) در یک دوره آینده با استفاده از معادله‌ی ساده (۱۳) با برآوردهای متناظر با به‌کارگیری مجموعه کامل از پیش بینی‌کننده‌های انتخابی برای سری‌های زمانی مشابه با نمودار (۱)، مقایسه شده‌اند.

در این نمودار دو برآورد مختلف از نااطمینانی برای سری‌های زمانی نرخ رشد تولید صنعتی، نرخ تورم فصلی، نرخ رشد مخارج دولت، و بازدهی شاخص سهام (نرخ رشد شاخص قیمت سهام) نمایش داده شده است. در برآورد مبنا (Baseline) مجموعه کامل از متغیرهای پیش‌بینی‌کننده لحاظ شده است. در دومین برآورد (No predictors) از عامل‌های پیش‌بینی کننده استفاده نشده است. برآورد دوم در حقیقت معیاری از نوسان شرطی است که در برخی از مطالعات به‌عنوان جانشینی از نااطمینانی به‌کار رفته است.

این نمودارها نشان می‌دهند که برآوردهای نااطمینانی در این سری‌ها به طرز معنی‌داری تحت تأثیر این که آیا تغییرات قابل پیش‌بینی قبل از محاسبه نااطمینانی برداشته شوند یا خیر، قرار می‌گیرند: هنگامی که این تغییرات برداشته شوند، برآوردهای نااطمینانی به سمت کمتر بودن گرایش دارند. به ویژه این که نااطمینانی در هر یک از چهار متغیری که در این نمودار نشان داده شده است، در طول دوران رکودی ۱۳۷۲-۱۳۷۰، ۱۳۷۴-۱۳۷۳، و ۱۳۹۲-۱۳۹۰، هنگامی که از الگوی پیش‌بینی کامل استفاده شده است سطح کمتری دارد. این موضوع به ویژه برای سری‌های شاخص قیمت

مصرف‌کننده و بازدهی سهام وضوح بیشتری دارد. تفاوت بین دو برآورد در طول زمان برای این سری‌ها که در برخی دوره‌ها کاملا قابل مشاهده است، بیانگر این است که بیشتر تغییرات در این سری‌ها قابل پیش‌بینی است و نبایست به نااطمینانی نسبت داده شود.



نمودار ۲. دو برآورد از نااطمینانی برای چند سری‌کلیدی

۶-۳- *ارزیابی استحکام الگو*

در این بخش برآوردهای نااطمینانی در الگوی مبنا با الگوهای جایگزین مقایسه می‌شوند. برای این منظور، در ابتدا در تصریح معادله‌ی میانگین شرطی الگوی AR با الگوی FAVAR مقایسه می‌شود و سپس با پذیرش رویکرد FAVAR، پیش‌بینی نااطمینانی بر حسب الگوهای GARCH و SV مقایسه می‌شوند. برای این منظور توانایی پیش‌بینی درون نمونه‌ای و خارج از نمونه‌ای الگوها ارزیابی می‌شوند:

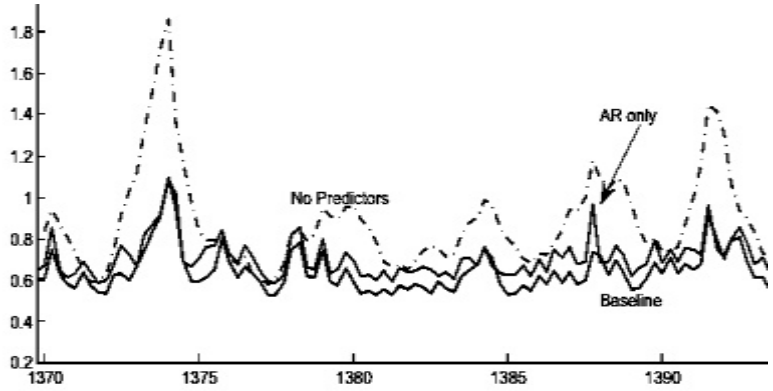
۶-۳-۱- معادله‌ی میانگین شرطی

برای تعیین معادله‌ی میانگین شرطی در چارچوب الگوی AR، معادله‌ی (۱۴) به‌صورت زیر تصریح می‌شود:

$$y_{jt+1} = \tilde{\Phi}_{y,j}(L)y_{jt} + \tilde{\sigma}_{jt+1}\tilde{\varepsilon}_{jt+1} \qquad (۱۴)$$

برآورد نااطمینانی نرخ تورم فصلی از معادله‌ی فوق در نمودار (۳) نمایش داده شده است. همچنین در این نمودار در این مورد که چگونه برآوردهای نااطمینانی تحت تأثیر تغییرات قابل پیش‌بینی قرار می‌گیرند، بررسی بیشتری انجام گرفته است، به‌طوری‌که ۳ برآورد مختلف بر حسب سری زمانی نرخ تورم فصلی با یکدیگر مقایسه شده‌اند: (الف) برآورد نااطمینانی برای حالتی که میانگین شرطی همانند معادله‌ی رگرسیونی (۱۳) ثابت فرض شده است؛ (ب) حالتی که تنها جملات خودرگرسیون برای پیش‌بینی تورم فصلی لحاظ می‌شوند، همانند معادله‌ی (۱۴) و (ج) حالتی که همه‌ی عامل‌های انتخاب شده از مجموعه داده‌ها به‌عنوان پیش‌بینی‌کننده به‌کار می‌روند، یعنی معادله‌ی رگرسیونی (۱۰). همان طور که بیان شده است، حالت نخست (میانگین شرطی ثابت) در حقیقت بیانگر نوسان شرطی سری‌زمانی است و نه نااطمینانی آن. البته اگر جزء قابل پیش‌بینی برای نرخ تورم وجود نداشته باشد، این دو برآورد با یکدیگر تطابق خواهند داشت.

نمودار (۳)، نشان می‌دهد که تغییرات قابل پیش‌بینی مشخصی در نرخ تورم فصلی وجود دارد و هنگامی که برداشته شوند، سبب تفاوت قابل توجهی در مقدار برآورد شده از نااطمینانی در طول زمان می‌شوند. با توجه به این نمودار نااطمینانی نرخ تورم فصلی در الگوی مبنا (Baseline) نسبت به الگوی بدون استفاده از پیش‌بینی‌کننده (No Predictors) و فرآیندی که تنها اجزای خودرگرسیون (AR) لحاظ شده است، در دوره‌های مختلف در سطح پایین‌تری قرار گرفته است. این خصوصیت به ویژه در دوره‌های با نرخ تورم بالا مشخص‌تر است.



نمودار۳. نااطمینانی نرخ تورم فصلی بر حسب الگوهای مختلف در معادله‌ی میانگین شرطی

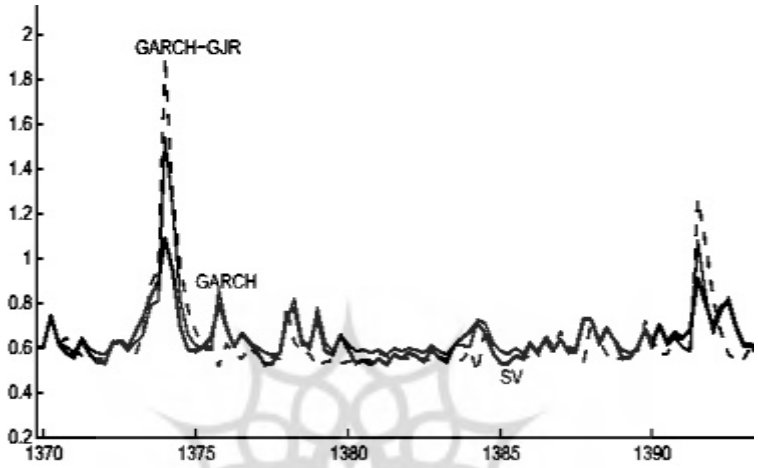
۶-۳-۲- *معادله‌ی واریانس شرطی*

خصوصیت مورد تأکید دیگر معادله‌ی رگرسیونی پیش‌کننده (۱۰)، الگوسازی واریانس ناهمسانی در چارچوب الگوی نوسان تصادفی است. به منظور الگوسازی نوسان‌ها، یک روش این است که نوسان‌ها به‌صورت معین و قطعی تعیین شوند، یعنی از طریق طبقه الگوهای G)ARCH). بعد از مقاله‌های نوآورانه و تأثیرگذار انگل (۱۹۸۲) و بولرسلو (۱۹۸۶)، این الگو به چندین روش تعمیم یافته و در حد گسترده ای برای موضوعات دنیای واقعی به‌کار می روند. واریانس شرطی، $(\sigma^{y}_{jt+1})^2$)، در الگوهای طبقه‌ی GARCH بر خلاف الگوی SV که در معادله‌ی (۱۱) نمایش داده شده، تنها تابع خطی از مجذور خطاهای گذشته و واریانس شرطی گذشته می‌شود.

در نمودار (۴) برآورد نااطمینانی سری زمانی نرخ تورم فصلی در الگوی SV با برآورد نااطمینانی در الگوهای GARCH(1,1) و GARCH-GJR(1,1) با یکدیگر مقایسه شده‌اند. به منظور مقایسه‌ی فرآیند الگوسازی نوسان، برای برآورد نااطمینانی از معادله‌ی میانگین و خطاهای پیش‌بینی مشابه استفاده شده است. به عبارت دیگر عامل‌های پیش‌بینی کننده در معادله‌ی میانگین رگرسیون پیش‌بینی‌کننده در هر سه مورد لحاظ شده‌اند و تفاوت برآوردهای به‌دست آمده تنها در الگوسازی نوسان (تصریح معادله‌ی واریانس شرطی خطاهای پیش‌بینی) می‌باشد.

این نمودارها نشان می‌دهند که تعداد و زمان رویدادهای با نااطمینانی بالا و همچنین پویایی‌های معیار نااطمینانی نرخ تورم فصلی در سه الگو مشابه با یکدیگر هستند. هم‌بستگی بین الگوی SV با الگوی GARCH و GJR به ترتیب برابر با ۹۰ و ۸۹ درصد است که بیانگر سطح بالایی از هم حرکتی و پویایی مشابه بین آنها می‌باشد.

تفاوت در نمودارها ناشی از تفاوت در الگوهای طبقه GARCH با الگوی نوسان تصادفی است. الگوی نوسان تصادفی بر خلاف الگوهای طبقه GARCH که نوسان‌ها را به‌صورت قطعی الگوسازی می‌کنند، امکان شوک به گشتاور مرتبه‌ی دوم را فراهم می‌کنند.



نمودار ۴. نااطمینانی نرخ تورم فصلی بر حسب الگوهای مختلف در معادله‌ی واریانس شرطی

این خصوصیت الگوی نوسان تصادفی که امکان شوک‌های مستقل از تکانه‌های سری y_{jt} به گشتاورهای مرتبه دوم را فراهم می‌کند با ادبیات نظری نااطمینانی که وجود یک شوک نااطمینانی که بطور مستقل، فعالیت‌های واقعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد سازگارتر است، در حالی که برای مثال الگوهای نوع GARCH این خصوصیت را ندارند، یعنی شوک مستقل از تکانه‌های خود متغیر را ندارند.

۶-۴- *عملکرد الگوهای پیش‌بینی*

در این بخش توانایی الگوهای رگرسیونی مختلف در پیش‌بینی نااطمینانی ارزیابی شده است. برای این منظور سری‌های زمانی تورم، مخارج دولت، تولید صنعتی و بازدهی سهام به‌کار رفته‌اند. پیش‌بینی نااطمینانی در افق زمانی یک فصل آینده این سری‌ها برحسب الگوهای رگرسیونی SV، GARCH و GARCH-JGR مقایسه شده‌اند.

در ابتدا پارامترهای هر سه الگو بر اساس دوره‌ی درون نمونه‌ای ۱۳۸۸:۴-۱۳۶۹:۴ برآورد و سپس پیش‌بینی‌های نااطمینانی برای دوره خارج از نمونه‌ای ۱۳۹۳:۴-۱۳۸۹:۱

محاسبه شده‌اند. پیش‌بینی‌های انجام شده در افق زمانی یک فصل آینده بر مبنای آماره‌های میانگین مجذور خطاها (MSE)، میانه مجذور خطاها (MedSE)، میانگین قدر مطلق خطاها (MAE) و میانگین لگاریتم خطاها (MLL) صورت گرفته است. نتایج این ارزیابی برای دوره‌های درون نمونه و خارج از نمونه به ترتیب در جداول ۱ و ۲ آمده است. مقادیر حداقل شده تحت آماره‌ها در این جدول‌ها به‌صورت برجسته نشان داده شده‌اند.

جدول ۱. ارزیابی پیش‌بینی نااطمینانی درون نمونه‌ای در یک فصل آینده

	MSE	MedSE	MAE	LL
الف) تورم				
SV	۱.۱۵۹۳	**۰.۰۷۷۸**	۰.۴۴۰۴	۱۱.۷۸۸۰
GARCH	۰.۸۸۵۰	۰.۱۰۱۹	۰.۴۲۹۵	۱۲.۱۲۹۸
GARCH-GJR	**۰.۷۱۲۳**	۰.۰۸۶۴	**۰.۴۲۶۸**	۱۲.۰۵۴۲
ب)مخارج دولت				
SV	۱.۲۸۳۵	**۰.۲۰۱۹**	۰.۶۱۷۴	۷.۰۱۸۰
GARCH	۱.۱۷۵۳	۰.۲۷۱۵	۰.۶۲۳۷	۷.۲۹۶۰
GARCH-GJR	**۰.۷۹۲۹**	۰.۲۰۹۹	**۰.۵۶۱۲**	۶.۹۴۰۵
ج)تولید صنعتی				
SV	۱.۶۱۹۶	**۰.۲۰۱۴**	۰.۷۱۶۰	۶.۱۰۶۷
GARCH	**۱.۱۴۹۳**	۰.۲۱۱۴	**۰.۶۴۰۰**	۵.۸۴۶۴
GARCH-GJR	۱.۱۷۱۱	۰.۲۰۱۶	۰.۶۴۱۴	۵.۸۴۲۱
د) شاخص سهام				
SV	۰.۶۶۵۳	**۰.۱۹۹۴**	**۰.۵۰۲۳**	۵.۲۰۵۵
GARCH	**۰.۶۰۲۵**	۰.۲۲۹۶	۰.۵۰۲۸	۵.۳۰۴۰
GARCH-GJR	۰.۶۹۵۰	۰.۲۲۲۳	۰.۵۰۴۳	۵.۲۸۲۴

منبع: محاسبات پژوهش

در جدول ۱، نتایج ارزیابی پیش‌بینی درون نمونه‌ای نااطمینانی برای یک فصل آینده ارائه شده است. براساس نتایج این جدول، آماره‌ی MedSE در هر چهار سری زمانی تحت الگوی SV حداقل شده است. علاوه بر این آماره‌ی LL در دو سری زمانی تحت این الگو حداقل شده است. همچنین با توجه به نتایج این جدول، الگوی SV

برآورد درون نمونه‌ای بهتری برای نااطمینانی سری زمانی بازدهی سهام داشته و از سوی دیگر الگوی GARCH نامتقارن به‌طور دقیق‌تری سری مخارج دولتی را برآورده کرده است. به‌طور کلی براساس نتایج این جدول از مجموع ۱۶ مقدار حداقل شده معیارهای دقت پیش‌بینی، ۷ مورد مربوط به الگوی SV است، یعنی الگوی SV در پیش‌بینی نااطمینانی سری‌های زمانی بر الگوهای دیگر برتری نسبی دارد.

نتایج پیش‌بینی خارج از نمونه‌ای که برحسب ۲۰ مشاهده فصلی انجام گرفته در جدول ۲، نشان داده شده است.

جدول ۲. ارزیابی پیش‌بینی نااطمینانی خارج نمونه‌ای در یک فصل آینده

	MSE	MedSE	MAE	LL
الف) تورم				
SV	۰.۵۷۹۵	۰.۰۹۲۰	۰.۴۵۹۳	۴.۲۲۷۲
GARCH	۰.۴۷۵۸	۰.۰۹۳۷	۰.۴۲۹۶	۴.۱۰۱۵
GARCH-GJR	۰.۴۳۹۷	۰.۰۹۳۵	۰.۴۶۳۹	۴.۲۲۳۸
ب)مخارج دولت				
SV	۲.۵۰۲۵	۰.۲۷۴۱	۰.۸۵۹۵	۷.۷۹۲۰
GARCH	۲.۲۰۸۸	۰.۲۷۲۱	۰.۸۵۱۲	۷.۹۰۴۱
GARCH-GJR	۲.۷۶۶۹	۰.۱۸۹۹	۰.۷۸۱۴	۷.۴۵۳۶
ج)تولید صنعتی				
SV	۰.۱۶۰۳	۰.۱۰۵۱	۰.۳۶۷۷	۵.۵۳۷۰
GARCH	۰.۱۵۵۹	۰.۱۱۲۰	۰.۳۷۰۸	۵.۴۷۴۹
GARCH-GJR	۰.۱۴۰۲	۰.۱۰۹۵	۰.۳۴۵۸	۵.۳۵۲۹
د) شاخص سهام				
SV	۱.۸۸۶۸	۰.۳۸۴۹	۰.۸۹۳۸	۲.۴۳۶۰
GARCH	۱.۶۵۷۰	۰.۲۸۶۴	۰.۸۳۷۰	۲.۱۴۷۶
GARCH-GJR	۱.۶۹۸۶	۰.۲۵۴۶	۰.۸۲۳۶	۲.۱۶۶۲

منبع: محاسبات پژوهش

با توجه به نتایج این جدول، الگوهای طبقه‌ی GARCH عملکرد پیش بینی خارج از نمونه‌ای بهتری نسبت به الگوی SV داشته‌اند، به ویژه الگوی GARCH نامتقارن عملکرد بهتری نسبت به دیگر الگوها دارد، به‌طوری‌که از مجموع ۱۶ مقدار حداقل شده

معیارهای دقت پیش‌بینی، ۹ مورد مربوط به این الگو می‌باشد، که دلالت بر برتری این الگو در پیش‌بینی نااطمینانی خارج از نمونه‌ای متغیرهای مورد نظر دارد. این برتری در پیش‌بینی نااطمینانی، بر حسب سری‌های زمانی مخارج دولت و بازدهی سهام به وضوح قابل مشاهده است. با توجه به اینکه دوره‌ی ۵ ساله خارج از نمونه‌ای، با نوسانات چشمگیر در متغیرهای مورد بررسی همراه بوده است، می‌توان نتیجه گرفت الگوی GARCH نامتقارن در چنین شرایطی پیش‌بینی بهتری خواهد داشت.

۷- خلاصه و جمع‌بندی

این مطالعه یک بررسی از رویکردهای تجربی که برای الگوسازی و اندازه‌گیری نااطمینانی متغیرهای اقتصاد کلان به‌کار می‌روند، فراهم کرده است. در ابتدا برخی مفاهیم و اصطلاحات مرتبط با نااطمینانی تبیین شده است. بر این اساس، اصطلاحات ریسک، نااطمینانی، واریانس شرطی یا نوسان شرطی از یکدیگر تمایز داده شده‌اند. همان‌طورکه بیان شد، نااطمینانی اقتصادی در یک مفهوم کلی و نااطمینانی مرتبط با متغیرهای اقتصاد کلان که در این پژوهش مورد توجه قرار گرفته است، در اصل غیرقابل مشاهده هستند، اما جانشین‌هایی را می‌توان برای اندازگیری آنها در طول زمان معرفی کرد. در این راستا، روش‌های عمده‌ی اندازه‌گیری نااطمینانی متغیرهای اقتصاد کلان معرفی و ارزیابی شده‌اند.

یکی از روش‌های رایج برآود نااطمینانی متغیرهای اقتصاد کلان مبتنی بر الگوهای سری‌زمانی است. با توجه به فقدان نظرسنجی‌های معتبر و منظم و سایر محدودیت‌هایی که در اندازه‌گیری نااطمینانی به روش‌های دیگر در ایران وجود دارد، در این مطالعه از رویکرد سری‌های زمانی برای برآورد نااطمینانی استفاده شده است. الگوی مبنایی که در این مطالعه بر اساس آن نااطمینانی سری‌ها برآورد شده است از دو ویژگی عمده برخوردار است. ویژگی نخست مربوط به استفاده از عامل‌های پیش‌بینی‌کننده برای لحاظ تغییرات قابل پیش‌بینی در معادله‌ی میانگین رگرسیونی می‌شود. بر این اساس، الگوی پیش‌بینی سری‌های زمانی در حد ممکن از اطلاعات موجود برای لحاظ شرایط اقتصادی بهره می‌گیرد، به گونه‌ای که تغییرات قابل پیش‌بینی به نااطمینانی در سری زمانی نسبت داده نشده‌اند. خصوصیت مورد تأکید دیگر، الگوسازی واریانس ناهمسانی در چارچوب الگوی نوسان تصادفی بوده است که با مطالعات نظری نااطمینانی سازگاری

بیشتری دارد. اگر چه پیش‌بینی و الگوسازی نوسانات به‌صورت گسترده‌تر در اقتصاد مالی مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما در مطالعات قابل توجهی برای اندازه‌گیری نااطمینانی متغیرهای اقتصادی و به ویژه متغیرهای اقتصاد کلان نیز از این رویکرد استفاده شده است، کما اینکه انگیزه و ایده انگل (۱۹۸۲) برای معرفی الگوی ARCH فراهم کردن ابزاری برای پویایی‌های نااطمینانی تورم بوده است.

نتایج تحلیل‌های انجام گرفته ضمن به‌دست آوردن نااطمینانی برای چند سری زمانی کلیدی با استفاده از عامل‌های پیش‌بینی‌کننده که از حجم گسترده‌ای از داده‌های در اقتصاد ایران استخراج شده بوده‌اند، تفاوت بین مفاهیم بیان شده را نیز روشن و تبیین کرده‌اند. بر این اساس، برآوردهای نااطمینانی در این سری‌ها به طرز معنی‌داری تحت تأثیر این که آیا تغییرات قابل پیش‌بینی قبل از محاسبه نااطمینانی برداشته شوند یا خیر، قرار گرفته است. هنگامی که این تغییرات برداشته شوند، برآوردهای نااطمینانی به سمت کمتر بودن گرایش دارند. تفاوت بین دو برآورد در طول زمان برای این سری‌ها که در برخی دوره‌ها کاملا قابل مشاهده است، دلالت بر این دارد که بیشتر تغییرات در این سری‌ها قابل پیش‌بینی می‌باشد و نباید به نااطمینانی نسبت داده شود.

افزون بر این، برآورد نااطمینانی در الگوی مبنا با الگوهای دیگر مقایسه شده است. برای این منظور، الگوهای جایگزین در معادله‌ی میانگین و واریانس شرطی به‌کار رفته‌اند. این مقایسه با استفاده از سری زمانی نرخ تورم فصلی انجام شده است. در ابتدا الگوی AR با الگوی FAVAR به‌صورت نموداری مورد مقایسه قرار گرفته است. با توجه به سازگاری الگوی FAVAR با تعریفی که از نااطمینانی ارائه شده است، با پذیرش این الگو برای معادله‌ی میانگین شرطی، پیش‌بینی نااطمینانی در یک فصل آینده بر حسب الگوهای SV، GARCH و JGR مقایسه شده‌اند. برای این منظور آماره‌های ارزیابی دقت پیش‌بینی به‌کار رفته‌اند. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که الگوهای SV و GARCH نامتقارن عملکرد پیش‌بینی بهتری از نااطیمنانی در دوره‌های درون نمونه‌ای و خارج از نمونه‌ای دارند.

با توجه به آنچه بیان شد، این مطالعه چارچوبی را فراهم می آورد تا نااطمینانی متغیرهای کلیدی اقتصاد کلان به درستی برآورد و آزمون‌های مربوط به روابط بین این متغیرها با نااطمینانی آنها به شکل مناسب‌تری ارزیابی شود. همچنین برآورد درست از

نااطمینانی متغیرهای کلیدی اقتصاد کلان و پویایی آنها می‌تواند زمینه‌ی لازم را برای شناخت بهتر از علّت و پیامدهای تغییرات در سطح نااطمینانی این متغیرها فراهم کند.

منابع

۱. هیبتی، رضا، شجری، هوشنگ و صمدی، سعید (۱۳۹۶). اندازه‌گیری نااطمینانی در اقتصاد کلان. فصلنامه‌ی پژوهش‌های پولی- بانکی، شماره ۲۸، ۲۵۰-۲۲۳.

2. Aastveit, K. A., Natvik, G. J., & Sola, S. (2013). Economic uncertainty and the effectiveness of Monetary Policy. Norges Bank Research Working Papers Series17.
3. Andersen, T.G., Bollerslev, T., & Meddahi, N. (2005). Correcting the errors: Volatility forecast evaluation using high-frequency data and realized volatilities". Econometrica 73, 279–296.
4. Bachmann, R., Elstner, S., & Sims, E. R. (2013). Uncertainty and economic activity: Evidence from business survey data. American Economic Journal: Macroeconomics April(5(2)), 217–249.
5. Bai, J., & Ng, S. (2002). Determining the number of factors in approximate factor models, Econometrica 70 (1), 191–221.
6. Bai, J., & Ng, S. (2008). Forecasting economic time series using targeted predictors, Journal of Econometrics 146 (2): 304–17.
7. Baker, S. R., Bloom, N., & Davis, S. J. (2016). Measuring economic policy uncertainty.The Quarterly Journal of Economics 131(4), 1593–1636.
8. Blanchard, O. & Simon, J. (2001). The long and large decline in U.S. output volatility. Brookings Papers on Economic Activity 1(1), 135–174.
9. Bloom, N. (2009). The Impact of uncertainty shocks. Econometrica 77(3), 623– 685. Bloom, N. (2014). Fluctuations in uncertainty. Journal of Economic Perspectives 28(2), 153–176.
10. Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. Journal of Econometrics 31, 307–327.
11. Bomberger, W. A. (1996). Disagreement as a measure of uncertainty, Journal of Money, Credit and Banking 28, 381-391.
12. Bomberger, W. A. (1999). Disagreement and uncertainty, Journal of Money, Credit and Banking 31, 273-276.
13. Bos, C.S. (2012). Relating stochastic volatility estimation methods. In: Handbook of Volatility Models and their Applications, John Wiley & Sons, Inc., 147–174.
14. Campbell, S., D. (2007). Macroeconomic volatility, predictability, and uncertainty in Great Moderation: Evidence from the Survey of Professional Forecasters, Journal of Business & Economic Statistics, 25(2),191-200.

15. Chua, C. L., Kim, D., & Suardi, S. (2011). Are empirical measures of macroeconomic uncertainty alike? Journal of Economic Surveys 25(4), 801–827.
16. Clements, M. P. (2014). Forecast uncertainty ex-ante and ex- post: US inflation and output growth, Journal of Business and Economic Statistics, 32, 206–216.
17. Engle, R., F. (1982). Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of UK inflation, Econometrica 50, 987–1008.
18. Fernández-Villaverde, J., Guerrón-Quintana, P., Kuester, K., & Rubio-Ramírez, J. (2015). Fiscal volatility shocks and economic activity. American Economic Review 105(11), 3352–3384.
19. Ghosal, V., & Ye, Y. (2015).Uncertainty and the employment dynamics of small and large businesses. Small Business Economics, 44(3), 529–558.
20. Ghysels, E., Harvey, A.C., & Renault, E. (1996). Stochastic volatility. In: Maddala, G.S., Rao, C.R. (Eds.), Handbook of Statistics, vol. 14. North-Holland, Amsterdam.
21. Giovannoni, F., & de Dios Tena, J. (2008). Market concentration, macroeconomic uncertainty and monetary policy. European Economic Review 52(6), 1097–1123.
22. Giordani, P. & Söderlind, P. (2003). Inflation Forecast Uncertainty. European Economic Review 47, 1037–1059.
23. Glosten, L.R., Jagannathan, R., & Runkle, D. (1993). On the relation between the expected value and the volatility of the nominal excess return on stocks. Journal of Finance 48, 1779–1801.
24. Grier, K.B. & Perry, M.J. (1998). On inflation and inflation uncertainty in the G7 countries, Journal of International Money and Finance, 17, 671-689.
25. Hull, J., & White, A. (1987). The pricing of options on assets with stochastic volatilities, The Journal of Finance 42, 281–300.
26. Harvey, A.C., Ruiz, E., & Shephard, E. (1994). Multivariate stochastic variance models. Review of Economic Studies 61, 247–264.
27. Jacquier, E., Polson, N.G., & Rossi, P.E. (1994). Bayesian analysis of stochastic volatility models. Journal of Business & Economic Statistics 12, 371–417.
28. Jurado, K., Ludvigson, S. C., & Ng, S. (2015). Measuring uncertainty, American Economic Review 105(3), 1177–1216.
29. Kastner, G. (2016). Stochvol: Efficient bayesian inference for stochastic volatility (SV) models. R Package Version 0.5-0.
30. Kim, S., Shephard, N., & Chib, S. (1998). Stochastic volatility: Likelihood inference and comparison with ARCH models, Review of Economic Studies 65, 361–393.
31. Knight, F.H. (1921), Risk, uncertainty and profit, Sentry Press.

32. Mankiw, N., Reis, R., & Wolfers, J. (2003). Disagreement about inflation expectations, NBER Macroeconomic Annual, 18:209–248.
33. Marakova, S. (2014). Risk and uncertainty: Macroeconomic perspective, Economics and Business Working Paper No.129.
34. Nelson, D. B. (1991). Conditional heteroskedasticity in asset pricing: a new approach. Econometrica 59, 347–370.
35. Rich, R., & Tracy, J. (2010). The relationship among expected inflation, disagreement, and uncertainty: Evidence from matched point and density forecasts, The Review of Economics and Statistics, 92(1),200–207.
36. Shephard, N. (1996). Statistical aspects of ARCH and stochastic volatility models, In: Cox, D.R., Hinkley, D.V., Barndorff-Nielsen, O.E. (Eds.), Time Series Models in Econometrics, Finance and Other Fields. Chapman and Hall, London, pp. 1–67.
37. Stock, J. H., & Watson, M. W. (2007). Why Has U.S. Inflation Become Harder to Forecast? Journal of Money, Credit and Banking, 39(1):3–33.
38. Taylor, S.J. (1986). Modeling financial time series. Wiley, Chichester.
39. Zarnowitz, V., & Lambros, L. A. (1987). Consensus and uncertainty in economic prediction, Journal of Political Economy, 95, 591-621.
40. Zarnowitz, V., & Lambros, L. A. (1987). Consensus and uncertainty in economic prediction, Journal of Political Economy, 95, 591-621.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی