

اهمیت تصریح معادلات رگرسیونی در برآورد ناطمینانی متغیرهای اقتصاد کلان

رضا هیبتی^۱، سعید صمدی^{۲*}، محمد واعظ برازانی^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 ناطمینانی متغیرهای اقتصاد کلان مورد توجه قرار گرفته است.

با توجه به اینکه ناطمینانی به طور مستقیم قابل مشاهده و اندازه‌گیری نیست، پژوهشگران جانشین‌های مختلفی برای اندازه‌گیری آن پیشنهاد داده‌اند. یکی از روش‌های رایج برای برآورد این ناطمینانی‌ها، استفاده از الگوهای سری زمانی است. در این روش، برآورد مناسب و دقیق از ناطمینانی مستلزم تصریح درست معادلات رگرسیونی است. با در نظر گرفتن این موضوع، ناطمینانی برای چند سری زمانی کلیدی در اقتصاد ایران برآورد و سپس برآوردهای الگوی مبنا با الگوهای دیگر مقایسه شده است. نتایج بدست آمده بیانگر این هستند که برآوردهای ناطمینانی 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 کاملاً قابل مشاهده است، نشان می‌دهد که بیشتر تغییرات در این سری‌ها قابل پیش‌بینی هستند و نبایست به ناطمینانی نسبت داده شوند. همچنین ارزیابی دقیق پیش‌بینی ناطمینانی 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: ناطمینانی، الگوهای سری زمانی، معادله‌ی پیش‌بینی، نوسان تصادفی

*: نویسنده‌ی مسئول، تلفن تماس: ۰۹۱۳۳۱۴۹۴۷۸

۱- مقدمه

«ناالطمینانی» را می‌توان در یک مفهوم کلی به صورت 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^۱ مورد بررسی قرار گرفته است. فرانک نایت (۱۹۲۱)، اقتصاددان دانشگاه شیکاگو، نخستین بار تعریفی برای ناطمینانی مطرح کرده است. با این حال در طی سالیان گذشته مفهوم ناطمینانی در اقتصاد گسترش پیدا کرده و در کاربردهای مختلف مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

در شرایط ناطمینانی، 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 محارج - مالیات، قوانین و مقررات و نرخ‌های بهره آینده با ناطمینانی مواجه هستند. به عبارت دیگر تصمیم گرفتن برای عاملان اقتصادی پرهزینه می‌شود و آنها منتظر باقی می‌مانند تا در موقعیت بابتات تری تصمیمات خود را عملی کنند. مطالعات برجسته‌ای که در این زمینه انجام شده نشان داده است که افزایش در ناطمینانی با کاهش چشمگیر در فعالیت‌های حقیقی اقتصادی مرتبط است (یورادو، لودویگسن، و ان جی^۲، ۲۰۱۵)، و اگر اقتصاد در شرایط رکودی با سطح بالایی از ناطمینانی‌ها، به ویژه ناطمینانی مرتبط با سیاست‌گذاری اقتصادی همراه شود، این ناطمینانی‌ها تبدیل به عاملی کلیدی در گسترش رکود و کندکردن بازگشت از رکودهای دوره‌ای می‌شوند (بیکر، بلوم و دیویس^۳، ۲۰۱۶).

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

1. Knight

2. Jurado, Ludvigson, and Ng

3. Baker, Bloom and Davies

4. Macroeconomic Uncertainty

ناظمینانی مرتبط با سیاست‌گذاری اقتصادی^۱، ناظمینانی مرتبط با تمایلات و احساسات^۲ و ناظمینانی مرتبط با متغیرهای خرد و کلان اقتصادی اشاره کرد. همان طور که ماراکوا^۳ (۲۰۱۴) یادآور شده است تا به حال معیار عینی و مشخصی از ناظمینانی اقتصادی تعریف نشده است، پژوهشگران و کارشناسان در تلاش برای تعیین جانشین‌هایی برای اندازه‌گیری ناظمینانی، معیارهای مختلفی را پیشنهاد داده‌اند. بسیاری از معیارهایی که برای اندازه‌گیری ناظمینانی به کار می‌روند در رکود، افزایش و در رونق کاهش می‌یابند، به این معنا که ناظمینانی می‌تواند نقش مهمی در استخراج و کنترل چرخه‌های تجاری داشته باشد. این زمینه‌های جدید منجر به شکل‌گیری پژوهه‌های تحقیقاتی جدید به منظور تعریف، الگوسازی و ارزیابی دقیق‌تر از ناظمینانی شده است.

موضوع مورد بررسی در این مطالعه برآورد ناظمینانی متغیرهای کلان اقتصادی است. ناظمینانی 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 کمی ساختن آن پیشنهاد شده است. در حالی که بیشتر این معیارهای جانشین از مزیت به‌طور مستقیم قابل مشاهده بودن برخوردارند، کافی بودن آنها به عنوان جانشینی برای ناظمینانی به این بستگی دارد که تا چه اندازه و با چه قوتی با این فرایند تصادفی پنهان مرتبط هستند.

با توجه به مفهومی که از ناظمینانی بیان شده است. اندازه‌گیری و برآورد ناظمینانی 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 پیش‌بینی شده و تغییرات پیش‌بینی شده تشکیل شده باشد، آن گاه ناظمینانی یک متغیر اقتصادی شامل تغییرات غیرقابل پیش‌بینی آن متغیر خواهد بود (گریر و پری^۴، ۱۹۹۸؛ کمپل^۵، ۲۰۰۷).

با نگاهی گذرا بر روند متغیرهای عمدی 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 ناطمینانی آن متغیر در سطح بالاتری قرار می‌گیرد، بنابراین انتظار می‌رود متغیرهای کلان اقتصادی در ایران در طول ۳ دهه‌ی گذشته سطح قابل توجهی از ناطمینانی را تجربه کرده باشند.

این ناطمینانی‌ها به صورت تکانه در متغیرهای عمدہ‌ای 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 ناطمینانی زمانی افزایش می‌یابد که این شوک‌ها و تکانه‌ها پیش‌بینی نشده باشند، یا اینکه ابعادی از آنها پیش‌بینی نشده باشند. در حقیقت شوک‌ها و تکانه‌ها سبب می‌شوند تا واریانس شرطی یا نوسان متغیرها افزایش یابد، اما ناطمینانی، متفاوت از نوسان است. همان طور که یورادو، و همکاران (۲۰۱۵) بیان کرده‌اند، این تمایز در بسیاری از معیارهای رایج ناطمینانی لحظه نشده است. در مطالعات و بررسی‌های انجام شده در اقتصاد ایران برخی مطالعات روی این ناطمینانی‌ها تمرکز داشته‌اند. در بررسی‌های انجام گرفته ناطمینانی مربوط به متغیرها بیش‌تر از طریق الگوهای واریانس ناهمسان شرطی خانواده ARCH(G) برآورد شده‌اند.

با توجه به این موضوع، هدف این مقاله این است که یک بررسی از رویکردهایی که برای فرمول‌سازی و اندازه‌گیری ناطمینانی اقتصادی به کار می‌روند را فراهم کرده و سپس ناطمینانی 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 ناطمینانی مورد بررسی قرار گرفته و مقایسه و ارزیابی این روش‌ها در بخش چهارم انجام شده است. بخش پنجم، به معنی الگوی مطالعه اختصاص یافته و نتایج تجربی مربوط به برآورد ناطمینانی 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 به کار رفته در مطالعه تعریف و ارتباط آنها با یکدیگر مشخص شده است.

۲-۱- ناطمینانی، ناطمینانی اقتصادی و ریسک^۱

ناطمینانی یک مفهوم گسترده است که در زمینه‌ها و رشته‌های مختلف علمی بحث و بررسی شده است. به عنوان مثال، این مفهوم، عدم قطعیتی که در ذهن مصرف‌کنندگان، مدیران و سیاستمداران درباره حوادث محتمل در آینده وجود دارد را منعکس می‌کند. همچنین ناطمینانی 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^۲، ۲۰۱۴).

یکی از رشته‌های علمی که مفاهیم و اصطلاحات مشترک بسیاری با اقتصاد دارد، فیزیک است. ناطمینانی یا عدم قطعیت در علم فیزیک به صورت «اصل عدم قطعیت^۳» مطرح شده است. اصل عدم قطعیت یکی از مهم‌ترین جنبه‌هایی است که مکانیک کوانتوم را از نظریه‌های کلاسیک از طبیعت (مکانیک کلاسیک) متمایز می‌کند.^۴ در اقتصاد این موضوع اولین بار توسط نایت مورد توجه قرار گرفته است. فرانک نایت (۱۹۲۱)، اقتصاددان دانشگاه شیکاگو، نخستین بار تعریفی برای ناطمینانی مطرح کرده است، با این حال در طی سالیان گذشته مفهوم ناطمینانی در اقتصاد گسترش پیدا کرده است، به‌طوری که در زمینه‌های مختلف از جمله ناطمینانی کلی و کلان اقتصادی، ناطمینانی مرتبط با سیاست‌گذاری اقتصادی، ناطمینانی‌های مرتبط با تمایلات و احساسات و ناطمینانی مرتبط با متغیرهای اقتصادی مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

نایت، در ابتدا «ریسک» که مفهومی مرتبط با ناطمینانی 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 پرتاپ 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 به عنوان اصل عدم قطعیت هایزنبرگ نیز معروف است بیانگر این می‌باشد که کمیت‌های مزدوج از خصوصیات فیزیکی یک ذره، از قبیل مکان و اندازه حرکت را نمی‌توان 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 تمايز، ناطمینانی را می‌توان به صورت عدم توانایی در پیش‌بینی احتمال پیامدها و همچنین عدم اطلاع از پیامد نهایی تعریف کرد. در برخی از مطالعات بین این تعریف از ناطمینانی که به عنوان «نااطمینانی نایتی» شناخته می‌شود با وضعیت دیگری که «نااطمینانی غیر نایتی» نامیده می‌شود، تمايز داده شده است؛ ناطمینانی غیر نایتی مرتبط با پدیده‌هایی مطرح شده است، که می‌توان قبل از وقوع برای آنها توزیع احتمال تعریف کرد به عنوان مثالی از ناطمینانی غیر نایتی می‌توان به ناطمینانی متغیرهای اقتصادی از جمله ناطمینانی متغیرهای کلان اقتصادی همانند نرخ تورم، ارز و تولید اشاره کرد.

۲-۲- ناطمینانی و نوسان^۱

برای الگوسازی مفهوم ناطمینانی 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 ناطمینانی سری‌های زمانی، تنها آن قسمت از نوسانات که غیرقابل پیش‌بینی هستند لحاظ می‌شود، یعنی بین ناطمینانی در سری زمانی تکی $y_{jt} = (y_{1t}, y_{2t}, \dots, y_{Nt})'$ ، و «واریانس شرطی» آن تمايز وجود دارد. همان‌طور که یورادو و همکاران (۲۰۱۵) تأکید کرده‌اند، اندازه‌گیری مناسب ناطمینانی 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، به دست 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 به عنوان متغیرهای توضیحی و پیش‌بینی‌کننده در سری‌های زمانی استفاده می‌شوند.

عدم انجام چنین کاری منجر به تخمينهای خواهد شد که به اشتباه تغییرات قابل پیش‌بینی را به عنوان ناطمینانی لحاظ می‌کنند، بنابراین ناطمینانی 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 به نظر برسد، اما تقریباً بسیاری از معیارهایی که در حال حاضر در ادبیات مربوطه به کار می‌روند، از جمله نوسان بازار سهام

1. Uncertainty and Volatility

(تحقیق یافته یا ضمنی)، یا معیارهای پراکندگی مقطع-زمانی که به عنوان جانشینی برای سنجش ناظمینانی به کار می‌روند، این مسئله را در نظر نگرفته‌اند.

۳- روش‌های برآورد ناظمینانی متغیرهای کلان

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

یادآوری می‌شود که ناظمینانی مفهومی مرتبط با آینده است، بنابراین هر معیاری از ناظمینانی می‌بایست مربوط به آینده (رو به جلو)^۱ باشد و شامل تغییرات قابل پیش‌بینی نباشد. در ادامه روش‌های عمدۀ برآورد ناظمینانی و برخی مطالعات انجام شده‌ی مرتبط با آنها بررسی می‌شوند.

۳-۱- داده‌های نظرسنجی^۲

در این روش، بر اساس داده‌ها و اطلاعات فراهم شده در نظرسنجی معیارهای مختلفی از ناظمینانی استخراج شده که به عنوان معیارهای مبتنی بر نظرسنجی^۳ شناخته می‌شوند. از جمله معروف‌ترین نظرسنجی‌ها در این زمینه، نظرسنجی پیش‌بینی‌کنندگان حرفه‌ای^۴ (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 ناظمینانی را می‌توان از طریق برخی معیارهای پراکنش بین پیش‌بینی‌کنندگان متخصص که قضاؤت 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 مجدور خطاهاي پيش‌بياني فردی و انحراف معیار پيش‌بياني‌هاي نقطه‌ای (عدم توافق بین پيش‌بياني‌کنندگان) می‌شود.

مطالعات اولیه در این خصوص به زارنوویتز و لامبروس^۱ (۱۹۸۷) و در کار قابل توجه بعدی به بومبرگ^۲ (۱۹۹۶، ۱۹۹۹) بر می‌گردد. این رویکرد در شکل اولیه خود به ندرت به کار می‌رود، ولی در مطالعات دیگر با انجام چندین تعديل به شکل بهبود یافته‌تری به کار رفته است. بومبرگ (۱۹۹۶، ۱۹۹۹)، جئوردانی و سودرلیند^۳ (۲۰۰۳)، عدم توافق بین پيش‌بياني‌کنندگان را به عنوان معیاري از ناطمياني پيشنهاد کرده‌اند. منکيو و همکاران^۴ (۲۰۰۳)، به جای استفاده از انحراف معیار مقطع زمانی پيش‌بياني‌ها که توسط اين محققان معرفی شده است، تفاضل بين ۲۵-امين و ۷۵-امين صدک را به عنوان معیاري از ناطمياني تعريف می‌کنند.

عمومیت یافتن این رویکرد با توسعه پيش‌بياني‌هاي مبتنی بر توزيع احتمال افزایش یافته است، به طوری که پيش‌بياني‌کنندگان قضاوت‌هاي خود را نه تنها در مورد مقادير انتظاري از متغيرهاي مورد نظر فرموله کرده‌اند، بلکه درباره احتمال تحقق یافتن اين مقادير نيز، معمولاً در قالب هيستوگرام يا فواصل اطميان، اظهارنظر داشته‌اند.

تحقیقات انجام گرفته در این خصوص به طور کلی به يك رابطه معنی‌دار بین اين معیار از ناطمياني و دیگر جانشين‌هاي ناطمياني دست یافته‌اند، به طوری که استفاده از اين روش به عنوان معیاري از ناطمياني حجم بالايی از مطالعات را به خود اختصاص داده است. با اين حال، در خصوص قوت و تفسير اين رابطه نتایج يکسانی حاصل نشده است؛ به عنوان مثال، با چمن و همکاران^۵ (۲۰۱۳)، به یافته‌هاي متقن و مستحکمی درباره مفید بودن روش عدم توافق پيش‌بياني‌کنندگان به عنوان جانشينی از ناطمياني دست پيدا کرده‌اند، در حالی که ريق و تريسي^۶ (۲۰۱۰) ارتباط ضعيف‌تری بین اين معیار و سنجه‌هاي دیگر یافته‌اند.

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

۳-۲-۱- الگوهای سری زمانی^۱

در اندازه‌گیری ناطمینانی از طریق الگوهای سری زمانی دو رویکرد عمدی به منظور ارزیابی ناطمینانی با استفاده از الگوهای تجربی وجود دارد که در ادامه به بررسی آنها پرداخته می‌شود.

۳-۲-۲- نوسان غیرشرطی^۲

ساده‌ترین روش برای تعیین معیاری از ناطمینانی، بر مبنای محاسبه مقادیر انحراف معیار غیرشرطی متغیرها است. انتخاب گشتاور مرکزی مرتبه دوم به عنوان معیاری از ناطمینانی اغلب به دلیل ارتباط نزدیک بین نوسان و ناطمینانی 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 ناطمینانی استخراج شده عموماً از ماهیت برگشتی^۳ روش محاسبه‌ای که برای ساختن آن به کار می‌رود، نشأت می‌گیرد. ماهیت غیرشرطی بودن نوسانات و این واقعیت که داده‌های گذشته برای ساختن ناطمینانی استفاده می‌شوند سبب می‌شود که این روش خصوصیت روبه جلو بودن ناطمینانی را نداشته باشد و نتواند برداشت عاملان اقتصادی از آینده را لحظه کند. بلانچارد و سیمون^۴ (۲۰۰۱)، جیوانوئی و دیاس تنا^۵ (۲۰۰۸)، انحراف معیار رشد GDP را برای شناسایی ناطمینانی کلی اقتصادی به کار گرفته‌اند. گایسل و یه^۶ (۲۰۱۵)، برای ارزیابی درجه‌ی ناطمینانی که بنگاه‌های کوچک و بزرگ با آن مواجه هستند از ناطمینانی 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 ناطمینانی خود را از طریق محاسبه واریانس جملات باقی‌مانده این مدل‌ها که به صورت برگشتی برآورد می‌شوند، به دست آورده‌اند.

1. Unconditional Volatility

2. Recursive Nature

3. Blanchard and Simon

4. Giovannoni and Dios Tena

5. Ghosal and Ye

۲-۳-۳- نوسان شرطی^۱

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 به صورت روشی نسبت به زمان متغیر فرض می‌شود، اما، همان‌طور که توسط چیوا و همکاران^۲ (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)^۳

الگوهای خودرگرسیون واریانس شرطی (تعمیم یافته) به صورت گستردۀ برای ساختن معیاری از نااطمینانی به کار رفته‌اند. در حقیقت هر دوی الگوهای ARCH معروفی شده توسط انگل^۴ (۱۹۸۲) و الگوی GARCH بولرسلو^۵ (۱۹۸۶)، در ابتدا برای الگوسازی نااطمینانی تورم به کار رفته‌اند.

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

$$y_t = \mu + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t \sim N(0, \sigma_t^2) \quad (1)$$

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

برای اطمینان از اینکه فرآیند واریانس شرطی همواره مثبت و مانا باشد، فرض می‌شود که $\alpha_0 > 0$ ، $\alpha_1 \geq 0$ ، $\alpha_1 + \beta_1 < 1$ و $\beta_1 \geq 0$ است. علاوه بر این، الگوهایی از نوع ARCH(G). نامتقارن نیز به صورت گستردۀ برای برآورد نااطمینانی متغیرهای اقتصادی به کار رفته‌اند. یکی از انواع این الگوهای الگوی GARCH-GJR است که توسط گلوستن و همکاران^۶ (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

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

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \gamma \varepsilon_{t-1}^2 I(\varepsilon_{t-1} < 0) + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 \quad (3)$$

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^۱

الگوهای نوسان تصادفی (SV) بیشتر در اقتصادسنجی مالی برای الگوسازی و پیش‌بینی نوسانات به صورت فرآیند تصادفی پنهان به کار رفته‌اند (برای مثال به هاروی و همکاران^۲ (۱۹۹۴)، کیم و همکاران^۳ (۱۹۹۸) مراجعه شود). علاوه بر این، این الگوها برای پیش‌بینی نرخ تورم در آمریکا توسط استاک و واتسن^۴ (۲۰۰۷) به کار رفته‌اند.

الگوی SV در ابتدا توسط تیلور^۵ (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 ARCH(G)، 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 به صورت زیر نمایش داد:

$$y_t = \mu + \varepsilon_t \quad , \quad \varepsilon_t \sim N(0, e^{h_t}) \quad (4)$$

$$h_t = \gamma + \phi h_{t-1} + \eta_t \quad , \quad \eta_t \sim N(0, \sigma_\eta^2) \quad (5)$$

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 به عنوان 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 خطأ در معادله‌ی^(۴) است. تصریح معادله‌ی^(۵) بر مبنای لگاریتم نوسانات این تضمین را به وجود می‌آورد که واریانس شرطی بدون نیاز به محدودیت‌های بیشتر همیشه مثبت باقی می‌ماند.^۱

اگرچه الگوهای نوع ARCH(G) برای تخمین زدن ساده هستند و عموماً در بیشتر کارهای تجربی به کار می‌روند، اما برخی ایرادات در خصوص بیشتر آنها وجود دارد.^۲ جایگزین مهم برای این الگو، الگوهای نوسان تصادفی (SV) معرفی شده توسط تیلور (۱۹۸۶) هستند که اجازه می‌دهند 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 فرآیند خودرگرسیون مرتبه یک پیروی می‌کردند. در طول زمان این تصریح به عنوان الگوی نوسان تصادفی (SV) شناخته شده و به عنوان رقیبی برای الگوهای طبقه‌ی ARCH(G) مطرح شده است. همچنین این الگو به عنوان روشی برای گستته سازی الگوهای پیوسته که در ادبیات ریاضیات مالی غالباً به کار می‌روند، مطرح شده است (برای مثال مراجعه شود به هیول و وايت^۳، ۱۹۸۷). اگرچه چندین مقاله (مانند، جاکوبیر 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 حالی که انواع مختلف الگوهای ARCH(G) 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 فرآیند 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^۱، ۲۰۱۶). بر این اساس واریانس شرطی در این الگوها برخلاف الگوهای ARCH(G) 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 قادرمند گشتاورهای شبیه‌سازی شده، الگوریتم زنجیر مارکوفی مونت کارلو^۲ (MCMC) و دیگر رویکردهای مبتنی بر شبیه‌سازی برای برآورد و پیش‌بینی الگوهای SV، آنها را در طول زمان به رقیبی برای الگوهای ARCH(G) تبدیل کرده است (اندرسون و دیگران^۳، 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 به عنوان یکی از بازارهای مالی که به سرعت رو به گسترش می‌باشد، یافتن روش‌هایی برای استخراج معیاری از ناظمینانی 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)^۴ آن فراهم شده براین اساس بر مبنای مقادیر دلالت شده از مشتقات، معیارهای مختلفی از ناظمینانی 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 ناطمینانی مورد استفاده قرار می‌گیرند، قراردادهای معاملات^۱ روی شاخص‌های بازارسهام هستند.

این رویکرد به ویژه بعد از مطالعه بلوم^۲ (۲۰۰۹) که شاخص VXO را برای اندازه‌گیری ناطمینانی مواجه شده با بنگاه‌های تولیدی به کار 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 ناطمینانی می‌توان به روش‌های جستجو در متن^۳ 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 ناطمینانی مرتبط با سیاست‌گذاری بوده‌اند. آنها شاخصی را برای این منظور فراهم کرده‌اند که بر مبنای محاسبه‌ی فراوانی مقالاتی که شامل واژه‌های ناطمینان یا ناطمینانی، 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 ناطمینانی در آن دوره است. فرناندر-ویلاورد و همکاران^۴ (۲۰۱۵)، ناطمینانی 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 به عنوان ناطمینانی سیاست مالی تعیین نموده‌اند.

یورادو و همکاران (۲۰۱۵)، با استفاده از حجم گسترهای از داده‌های ماهیانه تخمین‌های مستقیم اقتصاد سنجی از ناطمینانی کلان فراهم کرده‌اند. آنها ناطمینانی کلان را به صورت تغییر مشترک در جزء غیر قابل پیش‌بینی 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 ناظمینانی وجود دارند توسط جریان ناظمینانی در کل اقتصاد تولید نشده‌اند. از نظر آنها این مسئله به این دلیل است که جانشین‌های معرفی شده در اندازه‌گیری ناظمینانی کلان به برخی سری‌های زمانی تکی بیش از اندازه وزن می‌دهند و نوسان‌های قابل پیش‌بینی را به اشتباه، به مسیر ناظمینانی نسبت می‌دهند.

۴- مقایسه معیارها و روش‌های برآورد ناظمینانی

با توجه به آنچه بیان شده است، پژوهشگران از معیارهای جانشین مختلفی برای اندازه‌گیری ناظمینانی استفاده می‌کنند. در بعضی از مطالعات به جای تکیه بر یک روش خاص، ناظمینانی‌ها از روش‌های مختلف و یا به صورت ترکیبی تعیین می‌شود. در رویکرد ترکیبی برخی یافته‌های اولیه مثلاً 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 به کار برده می‌شوند. به عنوان مثال باچمن و دیگران (۲۰۱۳) از این رویکرد پیروی کرده‌اند. آنها ناظمینانی 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 ناظمینانی بر مبنای عدم توافق پیشین^۱ و معیارهایی بر مبنای خطاهای پیش‌بینی تحقق یافته^۲ را بسازند و با هم مقایسه کنند. نتایج آنها نشان می‌دهد که معیارهای ناظمینانی به دست آمده از عدم توافق با معیارهای به دست آمده از پراکندگی در خطاهای پیش‌بینی تحقق یافته، با یکدیگر همبستگی بالایی دارند.^۳

1. Ex ante disagreement

2. Ex-post forecast errors

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

در مطالعه‌ی دیگری چیوا و همکاران (۲۰۱۱) تلاش کردند تا به این پرسش پاسخ دهند که آیا معیارهای تجربی از ناظمینانی 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 خطاها احتمالی در تعیین اینکه عاملان اقتصادی چگونه پیش‌بینی‌های خود را شکل می‌دهند اجتناب دارند، معیارهای اقتصاد سنجی ناظمینانی را با معیار مبتنی بر نظرسنجی مقایسه کردند. برای این منظور آنها از ضرایب همبستگی معیارهای مختلف استفاده کردند. یافته‌های آنها را می‌توان به این صورت خلاصه کرد: اولاً، در طبقه مدل‌های مختلف بررسی شده مدل GARCH دو متغیره جانشین بسیار مناسبی برای ناظمینانی تورم به دست می‌دهد. ثانیاً، مدل GARCH نامتقارن که بین اثر شوک‌های با علامت متفاوت روی ناظمینانی، تمایز می‌دهد جانشینی را فراهم می‌کند که به صورت نزدیکتری با معیار نظرسنجی تطابق دارد. ثالثاً، استفاده از داده‌های واقعی با روش نمونه ثابت رگرسیون برگشتی^۱ نه تنها با تعریف معیار قبل از وقوع ناظمینانی سازگار است، بلکه نسبت به معیارهای ناظمینانی از داده‌های اصلاح شده و روش غیر برگشتی برتری دارند.

لازم به یادآوری است که در استخراج ناظمینانی 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 به عنوان جانشین ناظمینانی، دقت شود. اغلب در این شاخص‌ها بین تغییرات قابل پیش‌بینی و تغییرات غیرقابل پیش‌بینی تمایز انجام نمی‌گیرد و بنابراین ممکن است ناظمینانی بیش از اندازه برآورد شود. همچنین نوسانات ضمنی بر مبنای قراردادهای اختیار معامله روش ساده‌ای را برای تعیین جانشینی از ناظمینانی 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 به کار می‌رود، از این آماره‌ها برای مقایسه دقت الگوهای سری‌زمانی در پیش‌بینی ناطمینانی استفاده می‌شود. این آماره‌ها عبارتند از:

میانگین مربع خطاهای پیش‌بینی (MSE)،

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (\varepsilon_{t,n}^2 - \hat{h}_{t,n})^2 \quad (6)$$

میانه مربع خطاهای پیش‌بینی (MedSE)

$$MedSE = med(\varepsilon_{t,n}^2 - \hat{h}_{t,n})^2 \quad (7)$$

میانگین قدر مطلق خطاهای پیش‌بینی (MAE)،

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N |\varepsilon_{t,n}^2 - \hat{h}_{t,n}| \quad (8)$$

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

$$LL = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N [\ln(\varepsilon_{t,n}^2) - \ln(\hat{h}_{t,n})]^2 \quad (9)$$

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

۵- معرفی الگوی مطالعه

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

$$y_{jt+1} = \phi_{y,j}(L)y_{jt} + \gamma_{Fj}(L)\hat{F}_t + \gamma_{Wj}(L)W_t + \sigma_{jt+1}\varepsilon_{jt+1} \quad (10)$$

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 به کار رفته‌اند. این عامل‌ها شامل $'(\hat{F}_t, \hat{F}_{r_{pt}}, \dots, \hat{F}_{x_{it}})$ 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، به کار می‌روند. عامل‌های به کار رفته پویایی‌های خودرگرسیون دارند، به‌طوری که $(L, \phi_{y,j}(L))$ و $(\gamma_{jw}(L), \gamma_{jF}(L))$ 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 تعیین یافته عاملی^۱ (FAVAR) نامیده می‌شود.

فرض شود y_{jt+h} یا به عبارت دیگر سری در $-h$ -مرحله پیش‌رو، نشان‌دهنده سری باشد که می‌خواهیم ناظمینانی آن را در دوره $1 \leq h \leq H$ محاسبه کنیم و مقدار در این دوره از الگوی پیش‌بینی تعیین 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 به صورت $V_{jt+h} \equiv y_{jt+h} - E[y_{jt+h}|I_t]$ تعریف می‌شود. در ادامه به تخمینی از نوسان یا واریانس شرطی (بر اساس اطلاعات زمانی t) این خطاهای 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 به دست آمده از نوسان‌ها بطور برگشتی برای محاسبه‌ی مقادیر $E[(V_{jt+h})^2|I_t]$ برای $1 \leq h \leq H$ به کار می‌روند.

1. Factor Augmented Vector Auto Regression

به عبارت دقیق‌تر، خطای پیش‌بینی y_{jt+1} در معادله‌ی (۱)، از الگوی نوسان تصادفی پیروی می‌کند، یعنی $v_{jt+1}^y = \sigma_{jt+1}^y \varepsilon_{jt+1}^y$ می‌شود، به‌طوری‌که $\varepsilon_{jt+1}^y \sim N(0, 1)$ و لگاریتم نوسانات به‌صورت فرآیند خودرگرسیون زیر تصریح شده می‌شود.

$$\log(\sigma_{jt+1}^y)^2 = \alpha_j^y + \beta_j^y \log(\sigma_{jt}^y)^2 + \tau_j^y \eta_{jt+1}, \quad \eta_{jt+1} \sim N(0, 1) \quad (11)$$

در این معادله α_j^y ، β_j^y و τ_j^y پارامترهای نوسان تصادفی می‌باشند، η_{jt+1} و ε_{jt+1} شوک‌های نرمال با توزیع یکسان و مستقل از یکدیگر (i.i.d.) می‌باشند. با فرض فرآیند خودرگرسیون در پیش‌بینی کننده‌ها، اجازه داده می‌شود تا شوک‌های مربوط به پیش‌بینی کننده‌ها 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 ناظمینانی‌ها به کار می‌روند. بنابراین، ناظمینانی در $-h$ -مرحله پیش‌رو در متغیر y_{jt} ، که آن را با $U_{jt}(h)$ نشان می‌دهیم به‌صورت واریانس شرطی «جزء غیرقابل پیش‌بینی»^۱، از مقدار آینده‌ی سری فرمول‌سازی می‌شود.

$$U_{jt}(h) \equiv \sqrt{E[(y_{jt+h} - E[y_{jt+h}|I_t])^2 | I_t]} \quad (12)$$

در عبارت بالا انتظارات $E[.]|I_t$ نسبت به اطلاعات I_t که در زمان t برای عامل اقتصادی در دسترس است، گرفته شده است. اگر انتظارات امروز از خطای محدود شده در پیش‌بینی y_{jt+h} افزایش یابد، ناظمینانی در متغیر افزایش می‌یابد.

بنابراین، بر طبق آنچه بیان شده است، برای به‌دست آوردن برآورده از ناظمینانی سری y_{jt} در $-h$ -مرحله پیش‌رو، یعنی $U_{jt}(h)$ ، در ابتدا میانگین شرطی سری با استفاده از مقادیر وقه‌دار سری و عامل‌های استخراج شده از مجموعه داده‌ها برآورد می‌شود و سپس الگوی نوسان تصادفی پارامتریک برای تعیین برآورده از نوسان شرطی خطاها در پیش‌بینی در $-h$ -مرحله رو به جلو در y_{jt} و خطاها پیش‌بینی مشابه در عامل‌ها،

۱. عبارت‌های جزء غیرقابل پیش‌بینی، جزء باقی مانده، و خطای پیش‌بینی متردادف 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 ناطمینانی متغیرهای کلان انجام می‌گیرد. بر طبق تعریفی که از ناطمینانی ارائه شده، در تصریح رگرسیون پیش‌بینی‌کننده ناطمینانی دو ویژگی عمدۀ لاحظ شده است. اول اینکه به جای استفاده از تعداد اندکی از متغیرهای توضیحی و پیش‌بینی‌کننده‌های بروزنزا، 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 لاحظ شرایط اقتصادی بهره می‌گیرد، به گونه‌ای که تغییرات قابل پیش‌بینی (که در \hat{F}_t و W_t معکس شده‌اند) را به ناطمینانی 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 به صورت الگوی مبنای نام‌گذاری شده ناطمینانی برخی متغیرهای کلان اقتصادی برآورد شده و سپس با الگوهای جایگزین مقایسه شده است.^۱

۶-۱- برآورد ناطمینانی براساس الگوی مبنای

برای استخراج عامل‌های پیش‌بینی‌کننده در این مطالعه از حجم نسبتاً گسترده‌ای از سری‌های زمانی اقتصاد کلان استفاده شده است. داده‌های به کار رفته شامل ۶۰ سری زمانی در اقتصاد کلان ایران هستند. مجموعه‌ی داده‌ها دوره‌ی ۱۳۶۹:۱-۱۳۹۳:۴ را پوشش می‌دهند. داده‌های فصلی با استفاده از فرآیند 13-X FAVAR برآوردهای ناطمینانی برای دوره ۱۳۶۹:۴-۱۳۹۳:۴ یا روی ۹۷ مشاهده فصلی محاسبه شده‌اند. مجموعه داده‌های به کار 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 ($r_F = ۷$).^۲ این ۷ عامل در مجموع ۵۸ درصد تغییرات در مجموعه سری‌های کلان را توضیح می‌دهند، به طوری که عامل‌های اول، دوم و سوم به ترتیب ۱۵، ۱۲ و ۷ درصد از تغییرات را در بر می‌گیرند. 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.

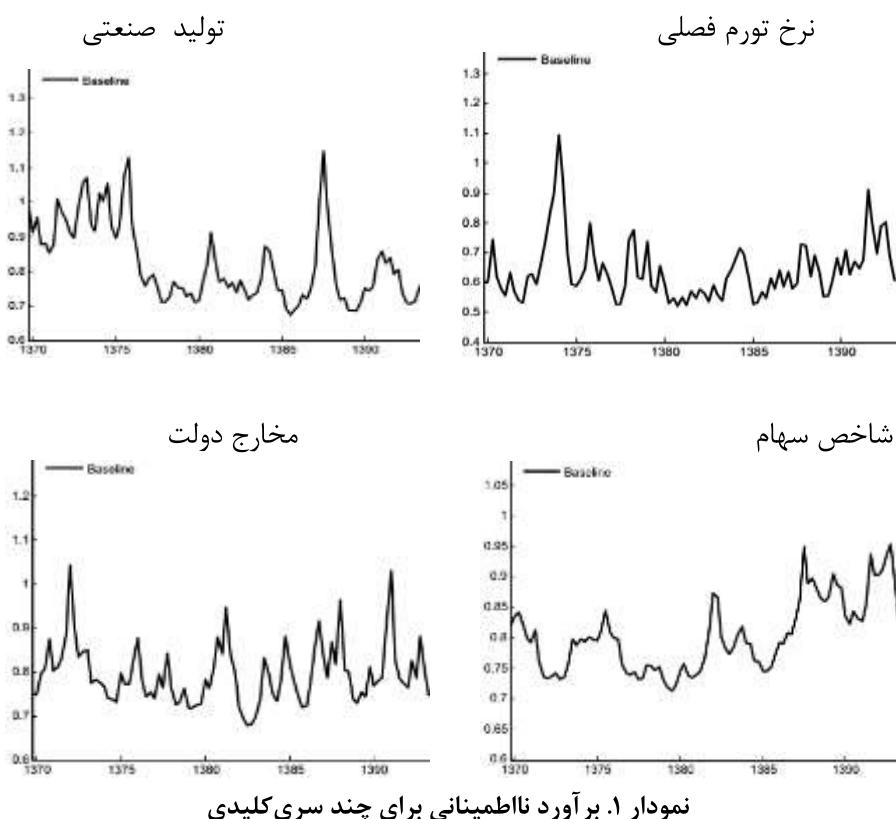
این عامل‌ها علاوه بر اینکه به‌طور مستقیم بر سطح پیش‌بینی اثر می‌گذارند، نوسان آنها نقش مهمی در پیش‌بینی ناظمینانی سری‌های زمانی در h دوره‌ی بعد دارد. به پیروی از بای و ان جی^۳ (۲۰۰۸)، در نهایت پیش‌بینی‌کننده‌هایی به کار رفته‌اند که توانایی پیش‌بینی معنی‌داری داشته‌اند. برای این منظور، قواعد آستانه‌ای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

۱. داده‌های به کار 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. به عبارت دیگر عامل‌های پیش‌بینی از مجموعه ۶۲ سری زمانی استخراج شده‌اند. این کار بدليل افزایش درصد توضیح دهنگی عامل‌ها انجام شده است. برای جزیبات بیشتر به هیبتی و همکاران (۱۳۹۶) مراجعه شود.

3. Bai and Ng^۴. فرآیند انتخاب رگرسور از بین عامل‌ها به این صورت بوده است که از بین مجموعه عامل‌های کандید برای پیش‌بینی که شامل همه ۷ عامل برآورد شده در X_{it} ، محدود اولین عامل در X_{it} (\hat{F}_{1t}^2)، و اولین عامل برآورد شده در محدود داده‌ها X_{it}^2 (\hat{G}_{1t}^2), 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}^2 (بدون وقفه) انتخاب شده است. در حقیقت اگر مقدار تابع آزمون t رگرسورها بزرگ‌تر از ۱/۹۶ باشد، آن رگرسورها نگه داشته شده‌اند و به عنوان پیش‌بینی‌کننده به کار 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).



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

پویایی‌ها و نوسانات قابل توجه ناطمینانی 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 ناطمینانی 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 مورده بررسی وجود داشته، پیش‌بینی‌پذیری محیط اقتصادی در چنین شرایطی کاوش داشته، یا به عبارتی سطح ناطمینانی کلان افزایش یافته است و تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی برای فعالان و عاملان اقتصادی را با دشواری مواجه ساخته است.

۶-۲- ناطمینانی در مقایسه با واریانس شرطی

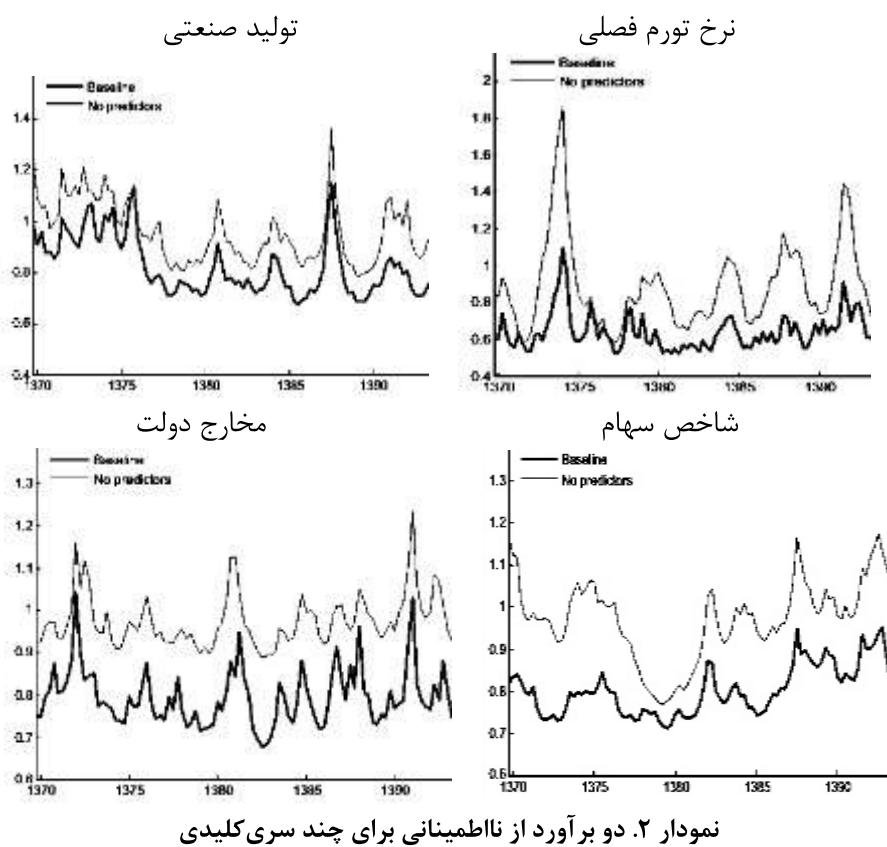
برای مقایسه ناطمینانی سری‌های زمانی با نوسان شرطی سری‌ها یا به عبارت دیگر بررسی نقشی که اطلاعات به دست آمده از عامل‌ها در برآوردهای ناطمینانی ایفا می‌کنند، ناطمینانی‌ها بر طبق معادله با میانگین شرطی ثابت زیر هم برآورد شده‌اند:

$$y_{jt+1} = \mu + \tilde{\sigma}_{jt+1} \tilde{\varepsilon}_{jt+1} \quad (13)$$

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

در این نمودار دو برآورد مختلف از ناطمینانی 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 مبنای (Baseline) مجموعه کامل از متغیرهای پیش‌بینی‌کننده لحظه شده است. در دومین برآورد (No predictors) از عامل‌های پیش‌بینی‌کننده استفاده نشده است. برآورد دوم در حقیقت معیاری از نوسان شرطی است که در برخی از مطالعات به عنوان جانشینی از ناطمینانی به کار رفته است. این نمودارها نشان می‌دهند که برآوردهای ناطمینانی در این سری‌ها به طرز معنی‌داری تحت تأثیر این که آیا تغییرات قابل پیش‌بینی قبل از محاسبه ناطمینانی برداشته شوند یا خیر، قرار می‌گیرند: هنگامی که این تغییرات برداشته شوند، برآوردهای ناطمینانی به سمت کمتر بودن گرایش دارند. به ویژه این که ناطمینانی در هر یک از چهار متغیری که در این نمودار نشان داده شده است، در طول دوران رکودی ۱۳۷۲-۱۳۷۴، ۱۳۷۴-۱۳۷۳، ۱۳۹۰-۱۳۹۲، هنگامی که از الگوی پیش‌بینی کامل استفاده شده است سطح کمتری دارد. این موضوع به ویژه برای سری‌های شاخص قیمت

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



۶-۳- ارزیابی استحکام الگو

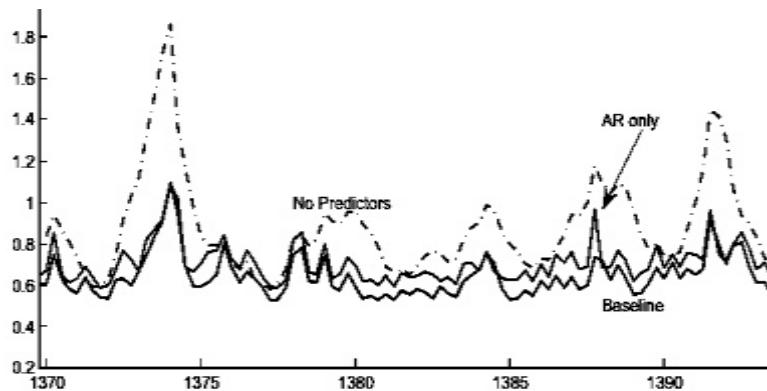
در این بخش برآوردهای ناطمینانی در الگوی مبنا با الگوهای جایگزین مقایسه می‌شوند. برای این منظور، در ابتدا در تصریح معادله میانگین شرطی الگوی AR با الگوی FAVAR مقایسه می‌شود و سپس با پذیرش رویکرد FAVAR، پیش‌بینی ناطمینانی بر حسب الگوهای GARCH و SV مقایسه می‌شوند. برای این منظور توانایی پیش‌بینی درون نمونه‌ای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

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

$$y_{jt+1} = \tilde{\Phi}_{y,j}(L)y_{jt} + \tilde{\sigma}_{jt+1}\tilde{\epsilon}_{jt+1} \quad (14)$$

برآورده ناظمینانی نرخ تورم فصلی از معادله‌ی فوق در نمودار (۳) نمایش داده شده است. همچنین در این نمودار در این مورد که چگونه برآوردهای ناظمینانی تحت تأثیر تغییرات قابل پیش‌بینی قرار می‌گیرند، بررسی بیشتری انجام گرفته است، به طوری که ۳ برآورد مختلف بر حسب سری زمانی نرخ تورم فصلی با یکدیگر مقایسه شده‌اند: (الف) برآورده ناظمینانی 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 به عنوان پیش‌بینی‌کننده به کار می‌روند، یعنی معادله‌ی رگرسیونی (۱۰). همان طور که بیان شده است، حالت نخست (میانگین شرطی ثابت) در حقیقت بیانگر نوسان شرطی سری زمانی است و نه ناظمینانی 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 ناظمینانی در طول زمان می‌شوند. با توجه به این نمودار ناظمینانی 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 پایین تری قرار گرفته است. این خصوصیت به ویژه در دوره‌های با نرخ تورم بالا مشخص‌تر است.



نمودار ۳. ناطمینانی نرخ تورم فصلی بر حسب الگوهای مختلف در معادله‌ی میانگین شرطی

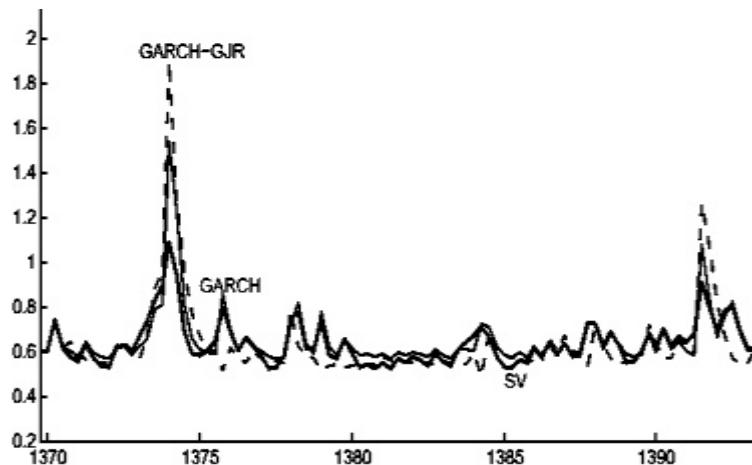
۶-۳-۳- معادله‌ی واریانس شرطی

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 به صورت معین و قطعی تعیین شوند، یعنی از طریق طبقه الگوهای GARCH. بعد از مقاله‌های نوآورانه و تأثیرگذار انگل (۱۹۸۲) و بولرسلو (۱۹۸۶)، این الگو به چندین روش تعمیم یافته و در حد گستردۀ ای برای موضوعات دنیای واقعی به کار می‌رond. واریانس شرطی، $(\sigma_{yt+1}^y)^2$ ، 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 ناطمینانی سری زمانی نرخ تورم فصلی در الگوی SV با برآورد ناطمینانی در الگوهای GARCH(1,1) و GARCH-GJR(1,1) با یکدیگر مقایسه شده‌اند. به منظور مقایسه‌ی فرآیند الگوسازی نوسان، برای برآورد ناطمینانی از معادله‌ی میانگین و خطاهای پیش‌بینی مشابه استفاده شده است. به عبارت دیگر عامل‌های پیش‌بینی کننده در معادله‌ی میانگین رگرسیون پیش‌بینی کننده در هر سه مورد لحاظ شده‌اند و تفاوت برآوردهای به دست آمده تنها در الگوسازی نوسان (تصویر معادله‌ی واریانس شرطی خطاهای پیش‌بینی) می‌باشد.

این نمودارها نشان می‌دهند که تعداد و زمان رویدادهای با ناطمینانی بالا و همچنین پویایی‌های معیار ناطمینانی 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 به صورت قطعی الگوسازی می‌کنند، امکان شوک به گشتوار مرتبه‌ی دوم را فراهم می‌کنند.



نمودار ۴. ناطمینانی 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 گشتوارهای مرتبه دوم را فراهم می‌کند با ادبیات نظری ناطمینانی که وجود یک شوک ناطمینانی 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 ناطمینانی ارزیابی شده است. برای این منظور سری‌های زمانی تورم، مخارج دولت، تولید صنعتی و بازدهی سهام به کار رفته‌اند. پیش‌بینی ناطمینانی در افق زمانی یک فصل آینده این سری‌ها بر حسب الگوهای رگرسیونی SV، GARCH-JGR و GARCH مقایسه شده‌اند.

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

محاسبه شده‌اند. پیش‌بینی‌های انجام شده در افق زمانی یک فصل آینده بر مبنای آماره‌های میانگین مجذور خطاهای (MSE)، میانه مجذور خطاهای (MedSE)، میانگین قدر مطلق خطاهای (MAE) و میانگین لگاریتم خطاهای (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 به صورت برجسته نشان داده شده‌اند.

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

LL	MAE	MedSE	MSE	
الف) تورم				
۱۱.۷۸۸۰	۰.۴۴۰۴	۰.۰۷۷۸	۱.۱۵۹۳	SV
۱۲.۱۲۹۸	۰.۴۲۹۵	۰.۱۰۱۹	۰.۸۸۵۰	GARCH
۱۲۰.۵۴۲	۰.۴۲۶۸	۰.۰۸۶۴	۰.۷۱۲۳	GARCH-GJR
ب) مخارج دولت				
۷.۰۱۸۰	۰.۶۱۷۴	۰.۲۰۱۹	۱.۲۸۳۵	SV
۷.۲۹۶۰	۰.۶۲۳۷	۰.۲۷۱۵	۱.۱۷۵۳	GARCH
۶.۹۴۰۵	۰.۵۶۱۲	۰.۲۰۹۹	۰.۷۹۲۹	GARCH-GJR
ج) تولید صنعتی				
۶.۱۰۶۷	۰.۷۱۶۰	۰.۲۰۱۴	۱.۶۱۹۶	SV
۵.۸۴۶۴	۰.۶۴۰۰	۰.۲۱۱۴	۱.۱۴۹۳	GARCH
۵.۸۴۲۱	۰.۶۴۱۴	۰.۲۰۱۶	۱.۱۷۱۱	GARCH-GJR
د) شاخص سهام				
۵.۲۰۵۵	۰.۵۰۲۳	۰.۱۹۹۴	۰.۶۶۵۳	SV
۵.۳۰۴۰	۰.۵۰۲۸	۰.۲۲۹۶	۰.۶۰۲۵	GARCH
۵.۲۸۲۴	۰.۵۰۴۳	۰.۲۲۲۳	۰.۶۹۵۰	GARCH-GJR

منبع: محاسبات پژوهش

در جدول ۱، نتایج ارزیابی پیش‌بینی درون نمونه‌ای ناظمینانی 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 ناظمینانی سری زمانی بازدهی سهام داشته و از سوی دیگر الگوی GARCH نامتقارن به طور دقیق‌تری سری مخارج دولتی را برآورده کرده است. به طور 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 ناظمینانی سری‌های زمانی بر الگوهای دیگر برتری نسبی دارد. نتایج پیش‌بینی خارج از نمونه‌ای که بر حسب ۲۰ مشاهده فصلی انجام گرفته در جدول ۲، نشان داده شده است.

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

LL	MAE	MedSE	MSE	
الف) تورم				
۴.۲۲۷۲	۰.۴۵۹۳	۰.۰۹۲۰	۰.۵۷۹۵	SV
۴.۱۰۱۵	۰.۴۲۹۶	۰.۰۹۳۷	۰.۴۷۵۸	GARCH
۴.۲۲۳۸	۰.۴۶۳۹	۰.۰۹۳۵	۰.۴۳۹۷	GARCH-GJR
ب) مخارج دولت				
۷.۷۹۲۰	۰.۸۵۹۵	۰.۲۷۴۱	۲.۵۰۲۵	SV
۷.۹۰۴۱	۰.۸۵۱۲	۰.۲۷۲۱	۲.۲۰۸۸	GARCH
۷.۴۵۳۶	۰.۷۸۱۴	۰.۱۸۹۹	۲.۷۶۶۹	GARCH-GJR
ج) تولید صنعتی				
۵.۵۳۷۰	۰.۳۶۷۷	۰.۱۰۵۱	۰.۱۶۰۳	SV
۵.۴۷۴۹	۰.۳۷۰۸	۰.۱۱۲۰	۰.۱۵۵۹	GARCH
۵.۳۵۲۹	۰.۳۴۵۸	۰.۱۰۹۵	۰.۱۴۰۲	GARCH-GJR
د) شاخص سهام				
۲.۴۳۶۰	۰.۸۹۳۸	۰.۲۸۴۹	۱.۸۸۶۸	SV
۲.۱۴۷۶	۰.۸۳۷۰	۰.۲۸۶۴	۱.۶۵۷۰	GARCH
۲.۱۶۶۲	۰.۸۲۳۶	۰.۲۵۴۶	۱.۶۹۸۶	GARCH-GJR

منبع: محاسبات پژوهش

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

معیارهای دقت پیش‌بینی، ۹ مورد مربوط به این الگو می‌باشد، که دلالت بر برتری این الگو در پیش‌بینی ناظمینانی خارج از نمونه‌ای متغیرهای مورد نظر دارد. این برتری در پیش‌بینی ناظمینانی، بر حسب سری‌های زمانی مخارج دولت و بازدهی سهام بهوضوح 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 ناظمینانی متغیرهای اقتصاد کلان به کار می‌روند، فراهم کرده است. در ابتدا برخی مفاهیم و اصطلاحات مرتبط با ناظمینانی تبیین شده است. بر این اساس، اصطلاحات ریسک، ناظمینانی، واریانس شرطی یا نوسان شرطی از یکدیگر تمایز داده شده‌اند. همان‌طور که بیان شد، ناظمینانی اقتصادی در یک مفهوم کلی و ناظمینانی مرتبط با متغیرهای اقتصاد کلان که در این پژوهش مورد توجه قرار گرفته است، در اصل غیرقابل مشاهده هستند، اما می‌توان برای اندازه‌گیری آنها در طول زمان معرفی کرد. در این راستا، روش‌های عمدی اندازه‌گیری ناظمینانی متغیرهای اقتصاد کلان معرفی و ارزیابی شده‌اند.

یکی از روش‌های رایج برآود ناظمینانی متغیرهای اقتصاد کلان مبتنی بر الگوهای سری‌زمانی است. با توجه به فقدان نظرسنجی‌های معتبر و منظم و سایر محدودیت‌هایی که در اندازه‌گیری ناظمینانی به روش‌های دیگر در ایران وجود دارد، در این مطالعه از رویکرد سری‌های زمانی برای برآوردن ناظمینانی استفاده شده است. الگوی مبنایی که در این مطالعه بر اساس آن ناظمینانی سری‌ها برآورده شده است از دو ویژگی عمدی 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 ناظمینانی در سری زمانی نسبت داده نشده‌اند. خصوصیت مورد تأکید دیگر، الگوسازی واریانس ناهمسانی در چارچوب الگوی نوسان تصادفی بوده است که با مطالعات نظری ناظمینانی سازگاری

بیشتری دارد. اگر چه پیش‌بینی و الگوسازی نوسانات به صورت گستردگر در اقتصاد مالی مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما در مطالعات قابل توجهی برای اندازه‌گیری ناطمینانی 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 ناطمینانی تورم بوده است.

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

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

با توجه به آنچه بیان شد، این مطالعه چارچوبی را فراهم می‌آورد تا ناطمینانی متغیرهای کلیدی اقتصاد کلان به درستی برآورد و آزمون‌های مربوط به روابط بین این متغیرها با ناطمینانی 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 علت 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.