

مقایسه روش‌های کمی و کیفی در پیش‌بینی قیمت گندم

(مطالعه موردی در ایران)

رضا روشن*، احمد اکبری^۲ و کاوه رستمی^۳

تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۰/۱۴

تاریخ دریافت: ۹۴/۴/۱۸

چکیده

پیش‌بینی رفتار متغیرهای اقتصادی یکی از الزامات برنامه‌ریزی برای آینده است. در بین محصولاتی که مبادرت به پیش‌بینی قیمت آن‌ها می‌شود، پیش‌بینی قیمت گندم به لحاظ استراتژیک بودن آن برای کشورمان دارای اهمیتی ویژه است. تاکنون مطالعاتی که در حوزه پیش‌بینی قیمت گندم انجام گرفته است، مطالعاتی بوده‌اند که با استفاده از الگوهای کمی انجام گرفته و از روش‌های کیفی استفاده نشده است. در این پژوهش از هر دو گروه روش‌های کمی و کیفی استفاده شد است. در این پژوهش از داده‌ها، در طی دوره ۱۳۹۳-۱۳۵۵ استفاده شده است. نتایج این مطالعه نشان دهنده آن است که معیار RMSE برای مدل‌های کمی EGARCH, ARMA و ANN به ترتیب برابر ۳۷۶۲۵/۶۸، ۳۹۳۷۳/۹۱ و ۲۴۲۵۸/۰۷۳ می باشد و معیار MAPE برای مدل‌های یاد شده به ترتیب برابر ۲۷۸۶۶/۲۱، ۲۳۰۳۴/۵۵ و ۱۸۷۱۲/۸۹ می باشد. از سوی دیگر، میانگین درصد تفاوت بین پیش‌بینی به روش ANN و روش دلفی ۰/۰۸ است. این مطالعه بیانگر این است که الگوی شبکه عصبی مصنوعی در مقایسه با روش‌های دیگر دارای خطای پیش‌بینی کم‌تری است و در پیش‌بینی قیمت آینده در مقایسه با روش کیفی (مدل دلفی) دارای تفاوتی اندک است که بیانگر اهمیت استفاده از روش‌های کیفی در کنار روش‌های کمی برای پیش‌بینی متغیرهای اقتصادی می‌باشد.

طبقه بندی JEL: P22, L67, C45, C22

واژه‌های کلیدی: پیش‌بینی قیمت، ARIMA، ARCH/GARCH، شبکه عصبی مصنوعی، مدل دلفی.

^۱ - استادیار گروه اقتصاد دانشگاه خلیج فارس، بوشهر.

^۲ - استاد گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه سیستان و بلوچستان.

^۳ - کارشناس ارشد اقتصاد کشاورزی.

* نویسنده مسئول مقاله: re.roshan@pgu.ac.ir

پیشگفتار

از آن جا که پیش‌بینی وقایع آینده در فرایند تصمیم‌گیری، نقشی عمده ایفا می‌کند، برای بسیاری از سازمان‌ها، نهادها و افراد دارای اهمیت است، بویژه این‌که بنگاههای اقتصادی در تمامی مراحل عملیات خود نیازمند پیش‌بینی حوادث و شرایط آینده هستند. در بین متغیرهای اقتصادی، قیمت اهمیتی بیش‌تر دارد زیرا قیمت‌ها از نظر اقتصادی نقش راهنما را برای گرفتن تصمیم‌های تولیدی و مصرفی ایفا می‌کنند. در حالی‌که تولیدکنندگان با ملاحظه قیمت‌های کنونی نهاده‌ها و قیمت جاری و انتظاری محصولات نسبت به تولید و تخصیص منابع تصمیم می‌گیرند، مصرف‌کنندگان نیز با توجه به قیمت‌های جاری و انتظاری تصمیم‌های مصرفی خود را جهت می‌دهند. از سوی دیگر، بروز نوسان در زمان‌های گوناگون سبب می‌شود که نتوان به سادگی الگوی مشخصی برای پیش‌بینی قیمت در نظر گرفت، بنابراین آرایه‌الگوهای برای پیش‌بینی دقیق روند و نوسانات قیمتی یکی از ابزارهای کار برای سیاست‌گذاری، تصمیم‌گیری در سطوح گوناگون بازار، سرمایه‌گذاری و بازاریابی به شمار می‌آید. (مقدسی و رحیمی بدر، ۱۳۸۸). در واقع، پیش‌بینی قیمت کالاهای استراتژیک نظیر قیمت گندم، همواره یکی از عوامل مهم و تاثیرگذار در تصمیم‌گیری برای تولید، واردات و حتی صادرات این نوع کالاها بوده است. پیش‌بینی قیمت کالاهای کشاورزی به ویژه آن دسته از محصولاتی که در تامین کالاهای اساسی نقش دارند، به دلیل استراتژیک بودنشان همواره از سوی نهادها و پژوهشگران مورد توجه بوده اند.

ارایه پیش‌بینی ابزاری مفید برای برنامه‌ریزی‌های بلندمدت و کوتاه‌مدت می‌باشد. در کوتاه‌مدت یک کشاورز، به آگاهی از قیمت برای تعیین سرعت و حجم فروش خود برای بهینه‌سازی تولید محصولات کشاورزی نیاز دارد و اما در بلند مدت اطلاع از روند قیمت به کشاورز کمک می‌کند که به تدوین و فرموله کردن یک طرح سرمایه‌گذاری در مزرعه خود نایل آید (ویشل، ۲۰۱۰)^۱. یکی از ویژگی‌های محصولات کشاورزی وجود فاصله میان زمان اتخاذ تصمیم تولید و عرضه محصول به بازار است به گونه‌ای که نتیجه فعالیت کشاورزی پس از گذشت یک دوره کشت مشخص می‌شود و پس از این نیز با توجه به محدود بودن امکان مدیریت زمان عرضه، فضای کمی برای مقابله با شرایط نامطلوب بازار وجود دارد. در چنین شرایطی نیز سیاست‌گذاران با آگاهی قبلی از شرایط تولید، بازار محصول و با دخالت لازم می‌توانند عرضه را مدیریت و از نوسان‌های شدید قیمت جلوگیری کنند. بنابراین، ارایه پیش‌بینی قیمت محصولات کشاورزی می‌تواند بهره‌برداران را برای رویارویی با ریسک بازار یا قیمت مساعدت دهد (فرج زاده، ۱۳۸۸)، این مهم بویژه در مورد برخی از محصولات استراتژیک همانند گندم از جایگاه ارزشمندی برخوردار است.

^۱ - Vishal M , Talwar (2010)

نظر به این که پیش‌بینی قیمت گندم از اهمیت و جایگاهی ارزشمند برخوردار است زیرا هم اکنون گندم از اقلام وارداتی کشور بشمار می‌رود و سازماندهی تولید و بازار آن بمنظور تامین نیاز داخل می‌تواند بویژه از منظر صرفه‌جویی ارزی از اهمیتی زیاد برخوردار باشد. چنین سازماندهی و برنامه‌ریزی بدون داشتن آگاهی از وضعیت قیمت آن جامع نخواهد بود. از این رو، در این پژوهش مدل‌های گوناگونی برای پیش‌بینی قیمت این محصول استراتژیک مورد استفاده قرار گرفته است. در تجزیه و تحلیل‌های کمی علمی، اغلب پیش‌بینی به صورت استفاده از داده‌های حال و گذشته در چارچوب الگوی یک معادله‌ای، الگوی چند معادله‌ای، الگوی سری‌های زمانی یا دیگر الگوها و بکار بردن الگوی مورد نظر برای دوره‌های بعدی است. از این رو، می‌توان گفت که پیش‌بینی عبارت از برآورد احتمالی وقایع آینده بر اساس داده‌های حال و گذشته است (کیانین، ۱۳۷۰). امروزه از ضروری‌ترین ابزارهای سیاست‌گذاری برای برنامه‌ریزی کلان یک کشور، استفاده از مدل‌های مناسب پیش‌بینی کننده بمنظور پیش‌بینی مقادیر آتی قیمت‌ها می‌باشد. از آنجایی که در مورد بسیاری از متغیرهای اقتصادی از جمله قیمت گندم، انتظار می‌رود که الگوی حاکم بر گذشته آن متغیر، به مقادیر آتی آن نیز تسری یابد، لذا شناخت فرآیند تولیدسری زمانی مربوط به قیمت محصولات استراتژیک از جمله گندم و تجزیه و تحلیل آن به کمک مدل‌های مناسب می‌تواند سیاست‌گذاران را در امر پیش‌بینی یاری کند. از جمله مدل‌های ارایه شده برای پیش‌بینی قیمت گندم که در این پژوهش بکار گرفته شده است، الگوهای سری زمانی تک متغیره است. مزیت این الگوها، آن است که تنها از مقادیر خود سری زمانی برای مدل‌سازی استفاده می‌شود و تنها مقادیر فعلی یک متغیر - که فرض می‌شود برآیند تمامی عوامل تاثیرگذار بر سری می‌باشد - را به مقادیر گذشته آن و مقادیر خطاهای حال و گذشته ارتباط می‌دهند.

در مدل‌های سری زمانی، فرض می‌شود که واریانس جمله اخلاص ثابت است، اما برای برخی از متغیرها (از جمله قیمت گندم که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است)، پسماندهای مدل برآوردی به دلایل گوناگون دارای واریانس‌های شرطی ناهمسان می‌باشد؛ در این حالت فرض "واریانس ثابت ناهمسان" نامناسب است. از این رو، در این پژوهش برای مدل‌سازی قیمت گندم از مدل‌های ناهمسانی واریانس شرطی نیز استفاده شده است. هم‌چنین در این پژوهش، بمنظور افزایش صحت پیش‌بینی قیمت گندم، از مدل‌های دیگری نیز که به مدل‌های "شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN)" شهرت یافته‌اند، استفاده شده است. در این نوع مدل‌ها با استفاده از هوش مصنوعی، می‌توان روابط بین متغیرها را هر چند که پیچیده باشد به کمک کامپیوتر فرا گرفت و از

¹ Homoscedastic-

² -Artificial Neural Networks

آن برای پیش‌بینی مقادیر آتی متغیر استفاده نمود. آنچه این پژوهش را از سایر مطالعات مشابه متمایز می‌کند این است که در این مطالعه نه تنها از روش‌های معمول پیش‌بینی که همان مدل‌های کمی (اقتصادسنجی) بوده، استفاده شده است از یک روش کیفی پیش‌بینی (مدل دلفی) که در این حوزه در داخل کشور برای نخستین بار بمنظور استفاده از نظر کارشناسان و انجام یک مقایسه بین این دو گروه از روش‌های پیش‌بینی، استفاده شده است، به همین دلیل سؤال اصلی این پژوهش این است که آیا نتایج پیش‌بینی با مدل‌های کمی و کیفی می‌تواند همسان باشد؟

در ادامه برخی از مطالعاتی که در حوزه پیش‌بینی قیمت محصولات استراتژیک انجام گرفته و در آن‌ها از روش‌های پیش‌بینی کمی استفاده شده و عملکرد مدل‌های گوناگون مقایسه شده است، مرور می‌شود. هم‌چنین، از آن‌جایی که پیش‌بینی با روش‌های کیفی و مدل دلفی تاکنون انجام نشده است به همین خاطر نمونه و مشابهی ندارد و از این حیث نقطه قوت مطالعه کنونی بشمار می‌رود.

محمدی نژاد و همکاران (۱۳۹۰)، پیش‌بینی قیمت جوجه یک‌روزه گوشتی در ایران با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و مدل‌های سری زمانی را انجام دادند، نتایج این مطالعه حاکی از آن است که شبکه عصبی مصنوعی دارای خطایی پایین‌تر جهت پیش‌بینی قیمت جوجه یک‌روزه گوشتی در افق‌های زمانی یک، سه و شش ماه آینده برخوردار است و به گونه‌ای معنی‌دار از روش فرآیند خود رگرسیون میانگین متحرک انباشته دقیق‌تر است.

نجفی و همکاران (۱۳۸۶)، پیش‌بینی قیمت برخی از محصولات زراعی را در استان فارس را با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی انجام دادند، نتایج نشان دادند که شبکه عصبی مصنوعی دارای خطایی پایین‌تر برای پیش‌بینی قیمت محصولات گوناگون در افق زمانی یک و سه ماه آینده می‌باشد و به گونه‌ای معنی‌دار از دیگر روش‌ها دقیق‌تر است.

عبدالهی عزت‌آبادی (۱۳۸۵)، به پیش‌بینی قیمت پسته در ایران پرداخته است. در این مطالعه با استفاده از مدل‌های میانگین ساده، میانگین متحرک، تعدیل نمایی یگانه، تعدیل نمایی دوگانه، ARIMA، هارمونیک و ARCH به پیش‌بینی قیمت پسته پرداخت. نتایج این مطالعه نشان داد که الگوی ARCH در مقایسه با دیگر الگوها کم‌ترین خطای پیش‌بینی را دارد و بر اساس این الگو انتخابی اقدام به پیش‌بینی قیمت پسته کرد.

محمدی، موسوی و عزیزی (۱۳۸۷)، در مقاله‌ای به پیش‌بینی قیمت بعضی از محصولات کشاورزی پرداختند. هدف از این مطالعه پیش‌بینی قیمت برخی از محصولات کشاورزی مانند پیاز، سیب زمینی و گوجه فرنگی با استفاده از الگوهایی گوناگون بوده است. نتایج این پژوهش بیانگر این

بود که برای پیش بینی قیمت سیب زمینی از میان الگوهای گوناگون، پیش بینی الگوی ARCH حاوی کمترین خطا بود.

کhezادی و همکاران (۱۹۹۶)^۱، در مقاله‌ای با عنوان مقایسه‌ای بین مدل‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی و مدل‌های سری زمانی برای پیش بینی قیمت کالاها با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پیشخور، به پیش بینی قیمت گندم و گاو زنده و مقایسه آن با مدل ARIMA پرداخته‌اند. این مطالعه برای دوره زمانی دوره زمانی ۱۹۵۰ تا ۱۹۹۰ انجام شده است. آن‌ها با استفاده از قیمت‌های ماهانه گندم و گوشت گاو طی دوره زمانی ۱۹۵۰ تا ۱۹۹۰ دریافتند که خطای پیش بینی مدل شبکه عصبی به ترتیب ۲۷ تا ۵۶ درصد کمتر از مدل ARIMA است.

پارتوگال (۱۹۹۵)، در مطالعه‌ای به پیش بینی تولید ناخالص بخش صنعت در برزیل پرداخته است. در این مطالعه از روش‌های پیش بینی شبکه عصبی و ARIMA مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این پژوهشگر در مطالعه خود از داده‌های ماهانه دوره ژانویه ۱۹۸۱ تا دسامبر ۱۹۹۲ که مربوط به تولید ناخالص صنعتی به صورت ماهیانه دولت برزیل استفاده کرده است. در نهایت، داده‌های هفت ماه بعد مورد پیش بینی قرار گرفته است. نتایج مطالعه نشان دادند که فرایند عملکردی ARIMA عملکردی بهتر در مقایسه با مدل شبکه عصبی دارد.

کیونکلی، ویکسی و ولی (۲۰۱۰)^۲، پیش بینی کوتاه‌مدت قیمت برای گوجه فرنگی با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی انجام دادند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان دادند که مدل شبکه عصبی مصنوعی عملکردی بهتر برای پیش‌بینی قیمت گوجه فرنگی نسبت به مدل سری زمانی (ARIMA) دارد به گونه‌ای که خطای پیش بینی مدل شبکه عصبی ۵ درصد کمتر از مدل ARIMA است.

در مجموع، از مطالعات انجام گرفته می‌توان پی برد که عملکرد مدل‌های غیرخطی شبکه‌های عصبی در بیش‌تر موارد از عملکرد دیگر مدل‌های کمی رقیب برای پیش‌بینی قیمت محصولات کشاورزی بهتر بوده است. در این پژوهش نیز ابتدا عملکرد مدل‌های کمی را در زمینه پیش بینی قیمت گندم با هم مقایسه می‌کنیم، سپس با استفاده از روش دلفی و بهره‌گیری از نظر کارشناسان، نتایج پیش بینی به روش کیفی، با برآورد پیش بینی با بهترین روش کمی، مقایسه خواهد شد.

پس از مقدمه و ارایه پیشینه پژوهش و در بخش دوم مقاله، روش‌شناسی مورد استفاده در این پژوهش شامل مدل‌های سری زمانی تک متغیره ARIMA، مدل‌های ناهمسانی واریانس GARCH،

^۱ -Kohzadi, N., Boyd, M. S. Kermanshah, B. and L. Kaastra (1996)

^۲ -Ganqiong Li, Shi-Wei, Xu and Zhe-min, Li (2010)

شبکه‌های عصبی مصنوعی ANN و روش دلفی مرور شده است. در بخش سوم به برآورد و تجزیه و تحلیل تجربی الگوها و پیش‌بینی به کمک مدل‌های منتخب پرداخته و در بخش انتهایی نیز نتیجه‌گیری و پیشنهادهایی ارائه شده است.

مواد و روش‌ها

روی هم رفته، روش‌های پیش‌بینی به دو گروه اصلی روش‌های کمی و روش‌های کیفی تقسیم می‌شوند. برای پیش‌بینی وقایع آینده با روش کیفی، روی هم رفته، از نظرها و باورهای کارشناسان استفاده می‌شود. روش‌های کیفی پیش‌بینی را می‌توان بر یک مبنای ذهنی با بکار بردن قضاوت، درک مستقیم و داده‌های مناسب انجام داد. روش دلفی، روش مقایسه فنی مستقل زمانی، روش برآورد ذهنی، روش تقابلی و روش پژوهش شکل‌شناسی از روش‌های کیفی پیش‌بینی است (شیوا، ۱۳۷۵). روش‌های کمی به دو دسته کلی پارامتری و غیرپارامتری تقسیم‌بندی می‌شوند. الگوهای غیرپارامتری بر اساس این نظریه شکل گرفته که رفتار یک متغیر اقتصادی به گونه‌ای در طول زمان تکرار می‌شود. لذا، از روی مشخصات رفتاری گذشته متغیر می‌توان به رفتار آینده آن پی برد. مهم‌ترین الگوهای ناپارامتری شامل الگوی میانگین متحرک و الگوی تعدیل نمایی^۵ می‌باشد. افزون بر این، در سال‌های اخیر الگوهای دیگری نیز برای پیش‌بینی متغیرهای اقتصادی بکار گرفته شده که به الگوی شبکه عصبی مصنوعی موسومند که به لحاظ فنی جزو روش‌های غیرپارامتری می‌باشند (جورابیان و هوشمند، ۱۳۸۱).

از جمله الگوهای کمی، الگوی سری زمانه تک متغیره می‌باشد که در این الگو سعی می‌شود رفتار یک متغیر براساس مقادیر گذشته آن متغیر توضیح داده شود. این الگوها قادرند این امکان را فراهم آورند که حتی در مواردی که الگوی اقتصادی زیر ساختی نامشخص است پیش‌بینی‌های دقیقی را از متغیر ارائه کنند. الگوهای سری زمانی برخلاف الگوهای اقتصادسنجی که از داده‌های مربوط به نظریه‌های اقتصادی و داده‌های آماری سود می‌جویند تنها از داده‌های مربوط به داده‌های آماری خود متغیر استفاده می‌کنند (نوفرستی، ۱۳۷۸) زیرا می‌توان داده‌های یک متغیر مانند قیمت گندم در کشور که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است را حاصل برآیند تمامی تاثیرات و کنش‌های عوامل و متغیرهای اقتصادی در تعیین قیمت گندم قلمداد کرد. از جمله الگوهای سری

¹ - Time Independent Technological Comparisons

² - Curve Estimation

³ - Cross-Impact

⁴ - Morphological Research

⁵ - Exponential Smoothing

زمانی تک متغیره که در این پژوهش برای پیش بینی قیمت گندم استفاده خواهد شد مدل‌های ARIMA و مدل‌های خانواده GARCH می‌باشند. همچنین، با توجه به اهمیت مدل‌های غیر خطی، مانند مدل‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی و توانایی این مدل‌ها در پیش بینی متغیرها، از این نوع مدل‌ها نیز در این پژوهش استفاده شده است که در بخش‌های بعدی پژوهش به آن پرداخته شده است. از سوی دیگر، به دلیل اهمیت استفاده از نظر خبرگان و کارشناسان حوزه قیمت گذاری محصولات استراتژیک کشاورزی و همچنین، بمنظور در نظر گرفتن ظرفیت‌های موجود در این حوزه و لحاظ رویدادهای آتی و تاثیر آن‌ها بر قیمت گندم، در این پژوهش با استفاده از روش دلفی و بهره گیری از نظرهای کارشناسان، به پیش بینی قیمت گندم مبادرت ورزیده شد. به همین دلیل در بخش دیگر از این مقاله، به تبیین روش دلفی پرداخته شده است.

الگوی خود رگرسیون میانگین متحرک انباشته (ARIMA)

روی هم رفته، فرایندی را $ARMA(P,q)$ گویند که شامل P مرتبه خود رگرسیون و q مرتبه جملات میانگین متحرک باشد، به عبارت دیگر شامل P مرتبه جمله با وقفه از متغیر وابسته و q مرتبه جمله با وقفه از جملات اخلال باشد. همچنین اگر یک سری زمانی پس از d مرتبه تفاضل‌گیری ساکن شود و سپس با فرایند $ARMA(P,q)$ مدل سازی شود، در این صورت سری زمانی اصلی، سری خود رگرسیون میانگین متحرک انباشته $ARIMA(P,d,q)$ می‌باشد که در آن P تعداد جمله‌های خودرگرسیونی d تعداد دفعات تفاضل‌گیری مرتبه نخست برای ساکن شدن سری زمانی و q تعداد جملات میانگین متحرک می‌باشد (ابریشمی، ۱۳۸۵).

مدل عمومی $ARIMA(P,d,q)$ عبارت است از :

$$Y_t = \mu + \phi Y_{t-1} + \phi Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta \varepsilon_{t-q} \quad (1)$$

ویژگی‌های مدل $ARMA$ ترکیبی از ویژگی مدل‌های AR و MA است. برای تشخیص این‌که یک سری زمانی از فرایند MA تبعیت می‌کند یا از فرایند AR ، می‌توان از ACF استفاده کرد. از سوی دیگر، چون فرایند $ARMA$ دارای ACF نزولی است، لذا $PACF$ را می‌توان برای تمایز بین فرایند $AR(P)$ و $ARMA(P,q)$ استفاده کرد. $AR(P)$ یک تابع خودهمبستگی نزولی دارد، اما تابع خودهمبستگی جزئی آن پس از وقفه P به صفر می‌رسد، در حالی که تابع خودهمبستگی جزئی برای فرایند $ARMA(P,q)$ نزولی است (سوری، ۱۳۹۱).

الگوی ARCH

در این روش فرض بر این است که جمله تصادفی دارای میانگین صفر و به طور سریالی ناهمبسته است، ولی واریانس آن با شرط داشتن داده‌های گذشته خود، متغیر فرض می‌شود. در این حالت انتظار بر این است که واریانس در طول روند سری زمانی، ثابت نباشد و تابعی از رفتار جمله‌های خطا باشد (انگل ۱۹۸۲).

در واقع مدل ARCH می‌تواند روند واریانس شرطی را با توجه به داده‌های گذشته خود توضیح دهد. به طور خلاصه ساختار مدل ARCH را میتوان به صورت زیر نوشت:

$$P_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^s \beta_i p_{t-i} + x_t + \varepsilon_t \quad (2)$$

$$\varepsilon_t^2 = \alpha_0 + \sum_{j=1}^q \alpha_j \varepsilon_{t-j}^2 + \lambda z_t + v_t \quad (3)$$

در سیستم معادله‌های بالا دو رابطه وجود دارد: رابطه (۲) میانگین شرطی متغیر وابسته را در طول زمان ارایه می‌کند، در حالی که رابطه (۳) مربوط به واریانس شرطی است X_t و Z_t متغیرهای برونزایی هستند که به ترتیب در معادله‌های میانگین و واریانس قرار دارند (انگل ۱۹۸۲). P_t سری مورد پیش‌بینی و v_t جملات اخلال هستند. البته، استفاده از مدل ARCH منوط به این است که مدل تخمین زده شده دارای اثر ARCH باشد. برای این منظور آزمون زیر روی معادله واریانس رابطه (۳) صورت می‌گیرد:

$$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_q = 0 \quad (4)$$

$$H_1 : \alpha_1 \neq 0, \alpha_2 \neq 0, \dots, \alpha_q \neq 0$$

در آزمون بالا اگر فرض H_0 پذیرفته شود، مدل تخمینی دارای اثر ARCH نخواهد بود و در نتیجه نمی‌توان از مدل ARCH استفاده کرد. ولی اگر فرض H_1 مورد قبول واقع شود، مدل دارای اثر ARCH است و باید جهت تخمین استفاده گردد (انگل ۱۹۸۲). لازم به توضیح است که اگر ملاک آزمون یعنی ضریب لاگرانژ که $LM = nR^2$ بوده، بزرگ‌تر از مقدار بحرانی باشد، آنگاه فرضیه H_0 رد می‌شود که بیانگر وجود اثر ARCH در باقی‌مانده‌های مدل می‌باشد (همان).

بالرسلو (۱۹۸۶) کار انگل را توسعه داد به گونه‌ای که واریانس شرطی یک فرآیند ARMA باشد. فرض کنید که فرآیند خطاها به شکل زیر باشد:

$$\varepsilon_t = v_t \sqrt{h_t}$$

¹ - Bollerslev(1986)

به گونه‌ای که که $\sigma_v^2 = 1$ و

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^p \beta_i h_{t-i} \quad (5)$$

در این حالت باید $\alpha_0 > 0$ و $|\beta_i| < 1$ و $1 - \sum_{i=1}^q \alpha_i - \sum_{i=1}^p \beta_i > 0$ باشد تا واریانس شرطی مثبت شود از آنجایی که $\{v_t\}$ یک نوفه سفید است. نکته کلیدی در این جا این است که واریانس شرطی ε_t عبارتست از:

$$E_{t-1} \varepsilon_t^2 = h_t$$

بنابراین واریانس شرطی ε_t از یک فرآیند ARMA به صورت عبارت (۵) تبعیت می‌کند (اندرس، ۲۰۰۴).

شبکه عصبی مصنوعی

امروزه دیدگاه دیگری به موازات مدل‌های سری زمانی در زمینه پیش بینی مطرح می‌باشد. برتری مهم این روش‌ها که به شبکه‌های عصبی مصنوعی معروف هستند، عدم نیاز به اعمال فرضیه‌های خاص در مورد رفتار متغیرها می‌باشد. شبکه‌های عصبی مصنوعی ساختاری شبیه به مغز انسان دارند. مغز به عنوان یک سیستم پردازش داده‌ها از عناصر اصلی ساختاری به نام نرون تشکیل شده است. شبکه‌های عصبی مصنوعی نیز شامل مجموعه‌هایی از نرون‌های به هم متصل هستند که به هر مجموعه از این نرون‌ها یک لایه گفته می‌شود. در نهایت، برای ایجاد این لایه‌ها، این نرون‌ها به وسیله توابع فعال‌سازی به یکدیگر متصل می‌شوند (منهاج ۱۳۷۷). پژوهشگران شبکه عصبی مصنوعی ترجیح می‌دهند از توابع محرک غیرخطی استفاده کنند و بویژه در داده‌های سری زمانی معمولاً از توابع زیگموئیدی و تانژانت هیپربولیکی استفاده می‌شود (کhezادی و دیگران، ۱۹۹۸). یک شبکه عصبی معمولاً از سه لایه ورودی، پنهان و خروجی تشکیل شده است. لایه ورودی فقط داده‌ها را دریافت و مشابه متغیر مستقل عمل می‌کند، لذا تعداد نرون‌های لایه ورودی بستگی به تعداد متغیرهای مستقل دارد. لایه خروجی نیز همانند متغیر وابسته عمل کرده و تعداد نرون‌های آن بستگی به تعداد متغیر وابسته دارد، اما بر خلاف لایه ورودی و خروجی، لایه پنهان هیچ مفهومی را نشان نمی‌دهد و صرفاً یک نتیجه میانی در فرآیند محاسبه ارزش خروجی است، اما از اهمیتی ویژه در فرآیند آموزش برخوردار است (قدیمی و مشیری ۱۳۸۱). پژوهشگران از روابطی گوناگون برای تعیین تعداد نرون‌های لایه مخفی استفاده کرده‌اند که هیچ کدام از آن‌ها برای تمام

¹ - Kohzadi et al.

مسایل کارایی ندارند و بهترین روش، همان روش آزمون و خطاست (کهزادی و دیگران، ۱۹۹۸). در هر مرحله داده‌ها وزن‌دار شده و به لایه بعد فرستاده می‌شوند. در ابتدا هر نرون مجموع داده‌های وزن‌دار شده را با توجه به تابع فعال‌سازی دسته‌بندی نموده و نتایج را به نرون‌های لایه بعدی می‌فرستد، لذا نتیجه پروسه نرون J به صورت زیر محاسبه می‌گردد (همان).

$$O_j = f(\sum w_{ji}x_i + w_{j0}\beta_j) \quad (۶)$$

که در آن O_j : خروجی، f : تابع فعال‌سازی، x_i : ورودی i ام، w_{ji} : وزن بین ورودی i ام و نرون J ام، w_{j0} : وزن بین اریب β_j و نرون J می‌باشد.

شبکه‌های عصبی پیشخور کاربردی ترین نوع شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی می‌باشند. چرا که می‌توان ثابت کرد شبکه‌های عصبی پیشخور با یک لایه پنهان، تابع فعال‌سازی لوجستیک در لایه پنهان، تابع فعال‌سازی خطی در لایه خروجی و تعداد نرون‌های کافی در لایه پنهان قادرند هر تابعی را با دقت دلخواه تقریب بزنند (پسران و پسران ۱۹۹۷، مشیری و کامرون ۲۰۰۲). لذا در این مطالعه از شبکه پرسپترون و رگرسیون تعمیم یافته که از انواع شبکه‌های پیشخور هستند استفاده شده است.

روش اتصالات نرون‌ها می‌تواند به گونه‌ای باشد که شبکه تک لایه و یا چندلایه را بوجود آورد. شبکه‌های چندلایه تشکیل شده از لایه ورودی که الگوهای ورودی به آن اعمال می‌شوند. لایه خروجی که خروجی شبکه را تعیین می‌کند. میان لایه ورودی و خروجی یک یا چند لایه به نام لایه پنهان وجود دارد که وظیفه این لایه‌ها ارتباط دادن لایه ورودی با لایه خروجی است. شبکه با داشتن این لایه‌های پنهان، قادر می‌گردد که روابط غیر خطی را از داده‌های عرضه شده به آن استخراج نماید. همان‌گونه که بیان شد از آنجایی که در این پژوهش از شبکه‌های عصبی پیشخور با یک لایه پنهان برای پیش‌بینی قیمت گندم استفاده می‌شود؛ از این رو، به علت انعطاف‌پذیری و غیر خطی بودن توابع لوجستیک و تانژانت زیگموئیدی از این توابع فعال‌سازی غیرخطی که در ادبیات شبکه‌های عصبی رایج می‌باشند؛ در لایه مخفی و از تابع خطی با یک نرون نیز در لایه خروجی استفاده شده است.

¹ - pesaran & pesaran

² - Moshiri & Cameron

³ - Input Layer

⁴ -Output Layer

⁵ - Hidden Layer

آموزش و یادگیری شبکه های عصبی مصنوعی

روی هم رفته، آموزش فرآیندی است که به وسیله آن، شبکه عصبی خود را برای یک محرک سازگار می کند؛ به گونه ای که پس از تعدیل مناسب پارامترهای شبکه، پاسخ مطلوب را ارائه دهد. در واقع، شبکه در فرآیند آموزش، پارامترهای خود (یعنی وزنه ها) را در پاسخ به ورودی محرک تعدیل می کند؛ به گونه ای که خروجی واقعی شبکه به خروجی مطلوب آهمگرا شود. هنگامی که خروجی واقعی، همان خروجی مطلوب گردد، آموزش شبکه خاتمه می یابد و به اصطلاح شبکه دانش را فرا گرفته است. تعدیل وزن های شبکه به وسیله الگوریتم های گوناگون تکرار که مشهورترین آن ها الگوریتم پس انتشار خطا^۴ است انجام می گیرد. به گونه ای که خطای پیش بینی داخل نمونه که به وسیله مجموع مربعات خطاها $E(w) = \sum (y - \hat{y})^2$ یا میانگین خطای مطلق اندازه گیری می شود کمینه شود. وقتی که وزن ها با هر تکرار تغییر می کنند (شبکه آموزش داده می شود) در اصطلاح گفته می شود که شبکه در حال یادگیری است. پس از همگرایی خروجی واقعی شبکه و خروجی مطلوب در داده های مجموعه آموزش و پایان فرآیند یادگیری شبکه، با استفاده از داده های مجموعه آزمون قدرت پیش بینی مدل و یا به بیان دیگر توان تعمیم مدل به خارج از مجموعه داده های مورد استفاده در تخمین، ارزیابی می شود. در این قسمت هدف کمینه کردن خطای پیش بینی در مجموعه آزمون می باشد. برای این منظور معمولاً از معیارهای گوناگون استفاده می شود مدلی که دارای اندازه معیاری کم تر است، مدلی بهتر خواهد بود.

روش دلفی

رشد شتابان و چشمگیر علوم و فناوری در جوامع بشری در چند دهه اخیر و نامشخص بودن آینده آن، موجب پیدایش، توسعه و تکامل فنون و روش هایی شده است تا پژوهشگران با بکارگیری آن ها بتوانند درباره مسایل آینده دست به پیش بینی بزنند. یکی از این فنون، دلفی نام دارد که از آن با نام های مطالعه دلفی^۵، فن دلفی^۶، و روش دلفی^۷ نیز نام می برند. این روش یا فن، که به حوزه روش های پیش بینی مکاشفه ذهنی یا شهودی تعلق دارد، در دهه ۱۹۵۰ در شرکت راند^۸ در

¹ - Actual Output

² - Desired Output

³ - Iteration

⁴ - Error Back-Propagation

⁵ - Delphi Study

⁶ - Delphi Technique

⁷ - Delphi Method

⁸ - RAND

سانتامونیکای کالیفرنیا، برای مطالعه و بررسی مسایل نظامی آینده شکل گرفت، ولی یک دهه بعد، برای پیش بینی‌های فناورانه در مقیاس‌های بزرگ و نیز برنامه‌ریزی گروهی و مشترک بکار گرفته شد (پاشایی زاد، ۱۳۸۶).

دلفی یک نظر خواهی تخصصی برای پیش بینی آینده است که بر اساس آن می توان نتایج گوناگون را استخراج کرد.

این روش ضمن سادگی، از اطمینان بالایی نیز برخوردار است، به گونه‌ای که برای گرد آوری و تلخیص نظرات و قضاوت‌های افراد در یک حیطه معین بکار می رود (نوری و طباطبایی، ۱۳۸۵). فرضیه اصلی این روش عبارت است از این‌که کارشناسان دارای ایده‌های بهتر نسبت به آنچه در آینده ممکن است روی دهد، هستند، لذا برخلاف یک بررسی ساده، روایی و اعتبار این روش بیش‌تر به خبرگی گروه شرکت کننده در مطالعه برمی‌گردد تا تعداد شرکت کنندگان (لودیگ، ۲۰۰۵).

روش دلفی مهم‌ترین ابزار برای اندازه‌گیری و کمک به پیش بینی‌ها و تصمیم‌گیری‌ها در حوزه‌های گوناگون است و از نظر کارشناسان گوناگون دارای ویژگی‌های اصلی متنوعی است.

لانگ^۲ (۱۹۹۴) چهار ویژگی را برای روش دلفی بیان می‌کند: ۱. پرسش‌نامه ساختارمند. ۲. تکرار ۳. بازخورد کنترل شده. ۴. ناشناس و گمنام بودن پاسخ دهندگان.

ویژگی گمنامی مشارکت کنندگان فرصتی برابر را برای هر عضو پانل در ارائه و واکنش به ایده‌های (بدون سوگیری) دیگر اعضای پانل دلفی ایجاد می‌کند (گودمن، ۱۹۸۷)^۳.

در این پژوهش نیز با توجه به هدف پژوهش که پیش بینی قیمت محصول گندم بود پرسش‌نامه‌ای به همین منظور برای زمان مشخص در اختیار گروه نخبگان قرار گرفت تا با توجه به تجربه و تخصص آن‌ها در این زمینه به پیش بینی قیمت گندم بپردازند. سپس با دریافت پاسخ‌های دریافتی از سوی کارشناسان با توجه به ویژگی تکرار و بازخورد کنترل شده در مدل دلفی، پاسخ‌های گروه نخبگان را جمع بندی و بدون اعلام اسامی پاسخ دهندگان نظرات آن‌ها را در اختیار گروه کارشناسان قرار دادیم تا امکان تجدید نظر در پاسخ‌های خود را داشته باشند. این مسئله ضمن حفظ ویژگی گمنام بودن مشارکت کنندگان باعث توسعه کار گروهی بدون آگاهی از وجود سایرین می‌شود و از تاثیر منفی نفوذ شخصیت و وضعیت شرکت کنندگان در پاسخ‌های دیگران اجتناب می‌شود.

¹ - Ludwing

² - Lang

³ - Goodman

اعتبار گرد آوری داده‌ها با استفاده از روش دلفی بستگی زیادی به نظرات و آرای کارشناسان و صاحب نظران دارد. بنابراین، انتخاب هدفمند کارشناسان به نمونه‌گیری تصادفی آنها ترجیح داده می‌شود (هانافین، ۲۰۰۴)^۱ به همین دلیل در دعوت از کارشناسان سعی بر این بود که در زمینه آگاهی از قیمت و بازار محصول گندم دارای آگاهی لازم باشند. کارشناسان مشارکت کننده در این روش باید دو ویژگی تمایل به مشارکت و توانایی ارائه نظرات را داشته باشند (گودمن، ۱۹۸۷).

انتخاب بهترین مدل پیش بینی

یکی از آماره‌هایی که همواره به عنوان معیاری از دقت پیش بینی مورد استفاده قرار می‌گیرد، واریانس خطای پیش‌بینی است برای ارزیابی الگوهای پیش بینی و مقایسه آن‌ها با هم، باید سه دوره را از یکدیگر متمایز ساخت، دوره نخست شامل فاصله زمانی بین T_1 تا T_2 است که برای تخمین الگو مورد استفاده قرار می‌گیرد، دوره دوم فاصله زمانی بین T_2 تا T_3 را در برمی‌گیرد. (T_3 نشان دهنده مقطع زمانی کنونی یا آخرین مشاهده در دسترس است). با وجود این که داده‌های مربوط به متغیرها در این فاصله زمانی در دسترس است، اما از آن‌ها برای تخمین الگو استفاده نمی‌شود. فاصله زمانی یاد شده که به دوره پیش‌بینی گذشته‌نگر شهرت دارد، برای مقایسه سری واقعی و سری پیش بینی و ارزیابی الگوی پیش بینی، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این دوره، مقدار نزدیکی سری پیش بینی با سری واقعی بررسی می‌شود. در دوره سوم (فاصله زمانی پس از T_3) که دوره پیش بینی آینده‌نگر نامیده می‌شود، مقادیر واقعی متغیرهای درون‌زا در دسترس نبوده و بایستی براساس الگو، پیش‌بینی شود. در واقع هدف الگو، پیش بینی متغیرهای درون‌زا در این دوره زمانی است. (مقدسی و رحیمی بدر، ۱۳۸۸)

روش‌هایی گوناگون برای اندازه‌گیری دقت مدل‌های پیش بینی وجود دارد. در این پژوهش از معیارهای $RMSE$ و $MAPE$ استفاده شده است. هر مدلی که مقدار معیارهای $RMSE$ و $MAPE$ آن کم‌تر باشد به عنوان بهترین مدل پیش بینی انتخاب می‌شود.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n}}, \quad MAPE = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{Y_i^f - Y_i}{Y_i} \right| \quad (7)$$

در این رابطه n تعداد مشاهده‌ها و e_i خطای پیش بینی است که از تفاوت مقادیر پیش بینی شده و واقعی بدست می‌آید.

¹ -Hanafin (2004)

² -Root Mean Square Error

³ -Mean Absolute Percentage Error

برآورد مدل

داده‌های مورد استفاده در این مطالعه از نوع داده‌های سری زمانی است. در مطالعات مبتنی بر این گونه داده‌ها فرض می‌شود که داده‌های سری زمانی مورد استفاده مانا یا ایستا هستند. از این رو، آزمون ریشه واحد یکی از معمول‌ترین آزمون‌هایی است که برای تشخیص مانایی یک فرآیند سری زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این پژوهش، این آزمون براساس آزمون دیکی-فولر تعمیم یافته ADF و آزمون^۱ KPSS انجام گرفته است که نتایج آن در جدول ۱ آمده است.

انتخاب وقفه

پیش از فرآیند مدل‌سازی و انجام پیش بینی لازم است ادبیات چگونگی انتخاب وقفه پیش‌تر مورد بررسی قرار گیرد. انتخاب وقفه از چالش‌ها ترین مراحل پیش بینی الگوهای سری زمانی می‌باشد. نگاهی به تعدد در روش‌های یاد شده این نکته را بیش‌تر آشکار خواهد کرد، اما اندرس (۲۰۰۴) در مقایسه با دیگر مطالعات، راهکاری جامع‌تر را ارائه کرده است که مبتنی بر تابع خود همبستگی (ACF) و تابع خود همبستگی جزئی (PACF) است. این روش را در حالت کلی می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

۱. فرآیند $AR(p)$ یک تابع خود همبستگی نزولی دارد، اما تابع خودهمبستگی جزئی آن پس از وقفه p محو می‌شود. در حالی که تابع خودهمبستگی جزئی برای فرآیند $ARMA$ نزولی است.
۲. فرآیند $MA(q)$ یک تابع خودهمبستگی جزئی نزولی دارد، اما تابع خودهمبستگی آن پس از وقفه q محو می‌شود.
۳. فرآیند $ARMA(p,q)$ یک تابع خود همبستگی نزولی و یک تابع خود همبستگی جزئی نزولی دارد.

برآورد با استفاده از روش مدل‌سازی $ARMA$

در فرآیند $ARMA$ بمنظور انتخاب وقفه یا مرتبه از روش پیشنهادی اندرس (۲۰۰۴) استفاده شد. احتمال این‌که در وقفه‌هایی که ضریب همبستگی در آن‌ها بالاست و از حدود اطمینان بیرون قرار گرفته باشند یا نزدیک خطوط باشند، همبستگی وجود داشته باشد وجود دارد، به همین دلیل وقفه‌ها را تشخیص داده و به عنوان شروع تخمین از این وقفه‌ها استفاده می‌کنیم. با انتخاب وقفه‌های گوناگون AR و MA با استفاده از بررسی نمودار همبستگی و نمودار همبستگی جزئی و

^۱ -kwiatkowski-philips-schimidit-shin

در نظر گرفتن آن‌ها به عنوان متغیرهای توضیحی عمل رگرسیون را انجام می‌دهیم. اگر ضرایب تخمینی برخی از وقفه‌ها از لحاظ آماری بی‌معنی باشند، آن‌ها را از مدل حذف و رگرسیون را دوباره برازش می‌کنیم تا این‌که وقفه‌هایی که معنی‌دار هستند را شناسایی کنیم. برای انتخاب الگوی برتر می‌توان از معیارهای داده‌ای آکائیک و شوارز استفاده کرد و هر الگویی که این دو معیار برای آن‌ها کم‌تر باشد را به عنوان الگوی برتر انتخاب کرد. لذا در این پژوهش با توجه به نمودار همبستگی و نمودار خود همبستگی جزئی از مراتب گوناگون AR و MA برای انتخاب بهترین الگو استفاده شده است. در نهایت، با توجه به مطالب عنوان شده و بررسی الگوهای گوناگون، الگوی (۱و۳) ARMA که دارای کم‌ترین مقدار آکائیک و شوارز بود، انتخاب شد. لازم به توضیح است، از آنجایی که مقدار آماره دوربین-واتسن برابر $1/89$ می‌باشد، لذا در اجزاء اخلال مدل منتخب، خودهمبستگی وجود نداشته و از سوی دیگر، مقدار احتمال مربوط به آماره جارک-برآ برای اجزاء اخلال نیز برابر $0/194$ درصد بوده که تاییدی بر فرضیه صفر نرمال بودن باقیمانده‌های مدل می‌باشد.

برآورد الگوی ARCH- GARCH

بمنظور استفاده از روش ARCH لازم است ابتدا وجود اثر ARCH را مورد آزمون قرار دهیم. به بیان دیگر، اگر سری مورد بررسی ما در این پژوهش دارای اثر ناهمسانی واریانس شرطی نباشد، از این روش نمی‌توان استفاده کرد. ابتدا وجود اثر ARCH برای مدل ARMA بهینه را به کمک آزمون (ARCH-LM) مورد بررسی قرار می‌دهیم. برای این منظور ابتدا نمودار خودهمبستگی مربع باقی‌مانده‌های این مدل را مورد بررسی قرار دادیم. پس از انجام بررسی‌های لازم به این نتیجه رسیدیم که مدل مورد بررسی دچار ناهمسانی واریانس شرطی می‌باشد زیرا وقفه نخست نمودار تابع خودهمبستگی از حدود 95% بیرون زده است. بنابراین، بین مربع باقی‌مانده‌های دوره کنونی و مربع باقی‌مانده‌های دوره پیش ارتباط وجود دارد. حال برای اطمینان از وجود ناهمسانی شرطی از آزمون ARCH-LM استفاده می‌کنیم و چون مقدار $Obs^*R\text{-Squared}$ برابر با $(10/52)$ و بیش‌تر از $\chi^2_{1,95}$ جدول $(3/841)$ می‌باشد و همچنین، با توجه به این‌که احتمال مربوط به $Obs^*R\text{-Squared}$ بزرگ‌تر از $0/05$ نمی‌باشد، لذا فرضیه صفر رد می‌شود. بنابراین، مشکل ناهمسانی واریانس شرطی در مدل وجود دارد. سپس مدل‌های متعددی از خانواده ARCH با وقفه‌های گوناگون برای جزء ARCH و جزء GARCH آزمون شدند و مدل بهینه به کمک معیارهای AIC و SBC انتخاب شد. بر اساس معیارهای یاد شده مدل (۱و۱) EGARCH انتخاب شد زیرا معیارهای

¹ -Correlogram of residuals squared

AIC و SBC مربوط به این مدل از سایر مدل‌های بررسی شده کم‌تر بود. همچنین، نمودار باقی‌مانده‌های آن را مورد بررسی قرار دادیم که بیانگر آن بود که هیچ‌گونه خودهمبستگی سریالی بین باقی‌مانده‌ها وجود ندارد. بنابراین، با توجه به عدم وجود خودهمبستگی بین باقی‌مانده‌ها و نبود ناهمسانی شرطی و داشتن کم‌ترین مقدار AIC و SBC می‌توان از مدل (۱) EGARCH استفاده کرد.

برآورد شبکه عصبی مصنوعی

پیش از برآورد این روش لازم است این نکته یادآوری شود که بمنظور مقایسه سایر روش‌های پیش‌بینی و شبکه‌های عصبی مصنوعی داده‌های آموزشی و داده‌های آزمایشی نیز مشابه با سایر روش‌های پیش‌بینی بکار رفته در این پژوهش در نظر گرفته شده‌اند. به این ترتیب که داده‌های آموزشی از تاریخ ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۷ و داده‌های آزمایشی از تاریخ ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۳ می‌باشند. به گونه معمول، بین ۱۰ تا ۲۰ درصد از داده‌ها را برای آموزش شبکه استفاده می‌کنند (منهاج، ۱۳۷۷). همان‌گونه نیز که پیش‌تر ذکر شد، در این پژوهش از دو نوع شبکه عصبی پیشخور شامل پرسپترون و رگرسیون تعمیم‌یافته استفاده خواهد شد. شبکه عصبی پرسپترون با یک لایه مخفی در نظر گرفته شد و برای تعیین تعداد نرون‌های لایه ورودی و خروجی از روش آزمون و خطا استفاده شد. تعداد نرون‌های لایه ورودی و لایه خروجی به ترتیب ۴ تا ۵ و ۳۰ در نظر گرفته شد. توابع لوجستیک و تانژانت زیگموئیدی در لایه مخفی و تابع خطی با یک نرون نیز در لایه خروجی بکار گرفته شد. با استفاده از الگوریتم پس انتشار خطا هر شبکه ۲۰ بار آموزش داده شد. با توجه به این‌که تعداد نرون‌های لایه مخفی برابر با تعداد داده‌های آموزشی در شبکه رگرسیون تعمیم‌یافته، ثابت هستند، برای تعیین نرون‌های لایه ورودی این شبکه‌ها، از روش آزمون و خطا استفاده شد. در مرحله آخر با استفاده از معیارهای دقت، بهترین شبکه برای پیش‌بینی قیمت‌گندم مورد استفاده قرار گرفت. در جدول زیر بهترین شبکه جهت پیش‌بینی قیمت‌گندم آورده شده است.

نتایج بدست آمده از پیش‌بینی درون نمونه‌ای

نتایج بدست آمده از پیش‌بینی قیمت‌گندم با استفاده از الگوهای گوناگون کمی در جدول ۳ نشان داده شده است. بر اساس مقادیر پیش‌بینی شده برای هر یک از سال‌ها، الگوها پیش‌بینی نزدیکی برای قیمت‌گندم ارائه کردند. بر اساس معیار RMSE و معیار MAPE بهترین پیش‌بینی برای قیمت‌گندم به الگوی شبکه عصبی مصنوعی تعلق دارد.

نتایج بدست آمده از پیش بینی خارج از دوره بررسی

بمنظور پیش‌بینی برای خارج از دوره مورد مطالعه طی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۹۶ از میان الگوهای مورد استفاده برای قیمت گندم، از الگوی حاوی کم‌ترین خطای پیش‌بینی استفاده شد. با توجه به جدول ۳ الگوی شبکه عصبی مصنوعی حاوی کم‌ترین خطای پیش‌بینی است که از این الگو برای پیش‌بینی خارج از نمونه استفاده شد. که نتایج پیش‌بینی مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی برای قیمت گندم و روش دلفی در جدول ۴ نشان داده شده است.

برآورد به روش دلفی

روش دلفی نیز همانند سایر روش‌های پیش‌بینی دارای اصول و ساختار مشخصی برای انجام پیش‌بینی می‌باشد. همان‌گونه که در بخش معرفی مدل دلفی بیان شد برای انجام این روش مراحل گوناگون وجود دارد که از نظر کارشناسان این امر دارای تفاوت‌هایی است که البته همگی آن‌ها از نظر چارچوب کلی کار یکی هستند. روش دلفی را که یکی از روش‌های پیش‌بینی کیفی است، در این پژوهش می‌توان شامل مراحل زیر دانست:

۱- انتخاب نخبگان و متخصصین قیمت در محصول گندم ۲- توضیح به نخبگان برای انجام عمل مورد نظر ۳- ارایه پرسش‌نامه ۴- گردآوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها ۵- ارایه دوباره نظرات و پاسخ‌ها به گروه نخبگان ۶- گردآوری دوباره پاسخ‌ها و دسته‌بندی آن‌ها ۶- گردبندی و اعلام نتایج.

فرآیند انتخاب نخبگان را می‌توان در پنج مرحله به شرح زیر بیان کرد:

مرحله یک: شناسایی مهارت‌ها، شاغلان، ادارات دولتی و شناسایی سازمان‌های مرتبط.

مرحله دو: نوشتن نام‌های افراد و مهارت‌های مرتبط و نوشتن نام‌های افراد سازمان‌های مرتبط.

مرحله سه: تماس با کارشناسان لیست شده در بالا و معرفی کارشناسان دیگر و تماس با آن‌ها.

مرحله چهار: رتبه‌بندی کارشناسان در هر لیست بر اساس صلاحیت آن‌ها.

مرحله پنج: مشخص شدن جمعیت هدف.

برای انتخاب کارشناسان همان‌گونه که در قسمت مربوط به روش‌شناسی مدل دلفی عنوان شد انتخاب هدفمند به نمونه‌گیری تصادفی آن‌ها ترجیح داده می‌شود. بنابراین، با توجه به مراحل پنج‌گانه عنوان شده در بالا برای انتخاب گروه نخبگان با توجه به هدف این پژوهش که پیش‌بینی قیمت گندم است، هدف اصلی بر روی کسانی است که دارای مهارت (تجربه) کافی در رابطه قیمت محصول گندم باشند. کسانی را که در این رابطه کارشناس به نظر می‌رسند را شناسایی و با آنان تماس به عمل آمد که از این راه آنها، کارشناسان دیگری را که در این زمینه دارای تجربه و مهارت کافی بودند را شناسایی و با آنان نیز تماس گرفته شد و سپس با توجه به مهارت و اطلاع آنان از

موضوع مورد بحث دسته بندی شدند و در آخرین مرحله هم به تعداد کارشناسان مورد نظر از این تعداد دست پیدا کردیم.

پس از انتخاب کارشناسان و ارایه توضیحاتی از پروژه مورد نظر به آنان، اقدام به ارایه پرسش‌نامه می‌کنیم. این پرسش‌نامه شامل تعدادی از پرسش‌های مشابه بمنظور ارایه پیش‌بینی قیمت محصول گندم از سوی کارشناسان است. پس از اعلام نظر کارشناسان نظرهای آن‌ها را گردآوری کرده و پس از انجام تجزیه و تحلیل داده‌ها یک بار دیگر قیمت‌های اعلام شده را به گروه نخبگان ارایه می‌کنیم که از نظر دیگر کارشناسان نیز آگاهی یابند و اگر مایل به اصلاح نظرات خود باشند، این مهم را به انجام برسانند و پس از این مرحله به تجزیه و تحلیل نهایی نتایج می‌پردازیم. گفتنی است که قیمت‌های پیش‌بینی شده به وسیله گروه نخبگان به یکدیگر نزدیک بودند و به همین منظور، برای مقایسه این ارقام با پیش‌بینی مدل‌های کمی، از قیمت‌های پیش‌بینی نخبگان میانگین گرفته شده است. هم‌چنین، با استفاده از رابطه زیر درصد تفاوت پیش‌بینی با مدل برتر روش‌های کمی و مدل دلفی بدست آمده است:

$$PD = \frac{(FP - DP)}{FP} \times 100 \quad (8)$$

که FP و DP به ترتیب بیانگر پیش‌بینی با مدل شبکه عصبی مصنوعی بهینه و پیش‌بینی با روش دلفی است. در جدول ۴ نتایج مربوط به روش دلفی و مدل شبکه عصبی مصنوعی بهینه و تفاوت پیش‌بینی‌های بدست آمده از این دو روش ارایه شده است.

نتیجه گیری و پیشنهادها

چون حوادث آینده در فرآیند تصمیم‌گیری نقشی مهم را ایفا می‌کند، پیش‌بینی حوادث دارای اهمیت است و هر تصمیم‌گیری آگاهانه نیاز به پیش‌بینی دارد. در بین محصولات که مبادرت به پیش‌بینی قیمت آن‌ها می‌شود، محصولات استراتژیک از جایگاهی ویژه‌تر برخوردارند. از این رو، در این مقاله از مدل‌های کمی (مدل‌های سری زمانی، ناهمسانی واریانس شرطی و مدل‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی) و مدل کیفی (روش دلفی) برای پیش‌بینی قیمت گندم در ایران استفاده شده است. برای این منظور، از داده‌های سالانه طی دوره ۱۳۵۵-۱۳۹۳ استفاده شد، به این ترتیب که داده‌های آموزشی از تاریخ ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۷ و داده‌های آزمایشی (درون نمونه) از تاریخ ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۳ در نظر گرفته شد و مقادیر خارج از نمونه برای سال‌های ۱۳۹۵، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۶ پیش‌بینی شد. برای انتخاب بهترین مدل در بین مدل‌های گوناگون خودرگرسیون میانگین متحرک انباشته از معیارهای آکاییک و شوارتز استفاده شده که کم‌ترین مقادیر مربوط به الگوی (۱و۳) ARMA بود. در بین مدل‌های ناهمسانی واریانس شرطی نیز، معیارهای یاد شده

نشان دادند که مناسب‌ترین الگو برای پیش بینی قیمت گندم، مدل (۱) EGARCH می‌باشد. بهترین مدل پیش‌بینی کننده قیمت گندم از نوع شبکه‌های عصبی مصنوعی مدلی است که در آن، تعداد نرون‌های لایه ورودی و لایه خروجی به ترتیب ۴ و ۵ تا ۳۰ بوده و از توابع لوجستیک و تانژانت زیگموئیدی در لایه مخفی و از تابع خطی با یک نرون نیز در لایه خروجی استفاده شد. برای انتخاب بهترین مدل در بین مدل‌های کمی استفاده شده در این مقاله، از معیار RMSE استفاده شد. نتایج گویای آن است که بر اساس معیار RMSE بهترین پیش‌بینی برای قیمت گندم به الگوی شبکه عصبی مصنوعی تعلق دارد. در کنار روش‌های کمی ذکر شده، از روش کیفی دلفی مبتنی بر نظر کارشناسان و خبرگان حوزه قیمت گذاری گندم، استفاده شد. برای این منظور پرسش‌نامه‌ای تهیه شد و برای تعدادی از خبرگان توزیع گردید و طی مراحل انجام این روش، میانگین نظر کارشناسان در مورد قیمت آتی گندم به عنوان خروجی مدل کیفی دلفی حاصل شد. در نهایت، توانایی پیش‌بینی با مدل کمی شبکه عصبی مصنوعی بهینه و پیش‌بینی با روش کیفی دلفی برای خارج از دوره مورد مطالعه طی سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۹۴ مقایسه شد. نتایج گویای آن است که مدل شبکه عصبی مصنوعی قیمت گندم را برای سال‌های ۱۳۹۴، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ به ترتیب ۱۲۴۰۰، ۱۳۹۰۰ و ۱۵۷۰۰ ریال ولی مدل کیفی دلفی مقادیر ۱۱۵۰۰، ۱۲۵۰۰ و ۱۴۳۰۰ را پیش‌بینی می‌کند؛ همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهند، تفاوت مقادیر پیش‌بینی شده در دو مدل برای سال‌های گوناگون اندک می‌باشد که این موضوع بیانگر اهمیت استفاده از روش‌های کیفی در کنار روش‌های کمی برای پیش‌بینی قیمت آتی محصول استراتژیک گندم و دیگر متغیرهای اقتصادی است. بنابراین، پیشنهاد می‌شود که پژوهشگران به موازات استفاده از روش‌های کمی و اقتصادسنجی نظیر مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی، از روش‌های کیفی پیش‌بینی کننده نظیر دلفی که متکی بر نظر خبرگان و کارشناسان حوزه مربوطه می‌باشد نیز استفاده کنند. همچنین، پیشنهاد می‌شود که سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان تاثیرگذار در حوزه تعیین قیمت گندم، با اتخاذ تدابیری همچون تعیین قیمت تضمینی این محصول برای کاهش ضررهای ناشی از نوسان‌های قیمت، حمایت از کشاورزان این حوزه با بیمه کردن محصولات از آسیب‌های ناشی از خشکسالی و آفات و سایر زیان‌های احتمالی، بهره‌گیری از نتایج بدست آمده از مطالعات پیش‌بینی قیمت گندم بمنظور کنترل واردات و حمایت از تولید داخلی با استفاده از تعیین تعرفه‌های مناسب و مدیریت اعطای مجوز واردات، مکانیزه کردن وسایل و ادوات مربوطه و انتقال فناوری‌های نو به این حوزه برای افزایش بهره‌وری، زمینه را برای رسیدن به سطح خودکفایی در تولید گندم فراهم نمایند.

منابع

- ابریشمی، ح. (۱۳۸۵). مبانی اقتصاد سنجی، جلد دوم، چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه تهران، صص ۹۷-۹۰.
- پاشایی زاد، ح. (۱۳۸۶). نگاهی اجمالی به روش دلفی، پیک نور، سال 6، شماره دوم، صص ۷۰-۶۳.
- جورابیان، م و هوشمند، ر. (۱۳۸۱). منطق فازی و شبکه های عصبی، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، چاپ اول.
- سوری، ع (۱۳۹۰). اقتصادسنجی: همراه با کاربرد نرم افزار Eviews 7، نشر فرهنگ شناسی، چاپ سوم، تهران.
- شیوا، ر. (۱۳۷۵). پیش بینی سری های زمانی، مؤسسه مطالعات و پژوهش های بازرگانی، چاپ اول، صص ۱۸-۱۷.
- عبدالهی عزت آبادی، م. (۱۳۸۵). مطالعه نوسانات درآمدی پستهکاران ایران: به سوی سیستمی از بیمه محصول و ایجاد بازار آتی و اختیار معامله، پایان نامه دوره دکتری، دانشگاه شیراز، صص ۲۰۰ فرج زاده، ز.
- و شاه ولی، ا. (۱۳۸۷). پیش بینی قیمت محصولات کشاورزی مطالعه موردی پنبه، برنج و زعفران، اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال ۱۲، شماره ۶۲، صص ۷۱-۴۳.
- قدیمی، م. ر و مشیری، س. (۱۳۸۱). مدلسازی و پیش بینی رشد اقتصادی در ایران با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی. فصلنامه پژوهش های اقتصادی ایران، جلد ۱۲، شماره ۵۴، صفحات ۱۲۵-۹۷.
- کیانپان، م. (۱۳۷۰). الگوهای اقتصاد سنجی و پیش بینی های اقتصادی، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه ها (سمت)، صص ۲۹۱.
- محمدی نژاد، ا. مقدسی، ر و عمویی، م. (۱۳۹۱). پیش بینی قیمت جوجه یکروزه گوشتی در ایران با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و مدل های سری زمانی، پژوهش های ترویج و آموزش کشاورزی، سال ۵، شماره ۱.
- محمدی، ح. موسوی، س و عزیزی، ج. (۱۳۸۷). پیش بینی قیمت محصولات کشاورزی: پیاز، سیب زمینی و گوجه فرنگی، پژوهش ها و سیاست های اقتصادی، سال ۱۶، شماره ۴۵، صص ۸۷-۱۱۹.
- مقدسی، ر و رحیمی بدر، ب. (۱۳۸۸). ارزیابی قدرت الگوهای مختلف اقتصاد سنجی برای پیش بینی قیمت گندم، پژوهش نامه اقتصادی، سال 3، شماره 11، صص ۲۶۳-۲۳۹.

- منهای، م. (۱۳۷۷). میانی شبکه‌های عصبی (هوش محاسباتی). تهران: نشر دکتر حسایی. صفحات ۱۳۵-۱۱۲.
- نجفی، ب و همکاران. (۱۳۸۶). پیش بینی قیمت برخی از محصولات زراعی در استان فارس: کاربرد شبکه عصبی، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال ۱۲، شماره اول، صص ۵۱۱-۵۰۱.
- نوری، ه و طباطبایی، ش. (۱۳۸۶). اولویت بندی توسعه صنایع تبدیلی و تکمیلی بخش کشاورزی با استفاده از روش دلفی شهرستان فلاورجان - استان اصفهان، پژوهش های جغرافیایی شماره ۶۱، صص ۱۶۱-۱۷۷.

References

- Apergis, N. & Reztis, A. (2011). Food Price Volatility and Macroeconomic Factors: Evidence from GARCH and GARCH-X Estimates, *Agricultural and Applied Economics*, 43(1), pp 95-110.
- Enders, W. (2004). *Applied Econometrics Time Series*, 2nd ed.
- Engel, R.F. (1982). Ato- regressive Conditionally Heteroscedasticity With estimates of the Variance of United Kingdom inflation, *Econometrics*, 50 : pp 987-1007.
- Ganqiong, Li., Shi-Wei, Xu., & Zhe-min, Li. (2010). Short-Term Price Forecasting for Agro-Products Using Artificial Neural Networks, *Agricultural and Agricultural Science Protedia*, pp 278-287.
- Goodman, C.M. (1987). The Delphi technique: a critique, *Journal of advanced Nursing*, Vol. 12, NO. 6, pp. 729-734.
- Hanafin, S. (2011). Review of literature on the Delphi technique, Available on : http://www.dcy.gov.ie/_documents/publications_Delphi_technique_A_Literature_Review.pdf, Retrieved at. 1 july.
- Kohzadi, N., Boyd, M. S. Kermanshah, B. & Kaastra, L. (1996). A Comparison Of Artificial Neural Networks And Time Series Model For Forecasting Commodity Price, *Neurocomputing*, 10, pp. 169-181.
- Lang, Trudi, An Overview of Four Futures Methodologies, [Online] Available: www.futures.hawaii.edu/j7/LANG.html
- Moshri, S., & Cameron, N. (2000). Neural network versus econometric models in forecasting inflation. *J. Forecasting*, 19, pp. 201-217.
- Partugal, N.S. (1995). Neural networks versus time series methods: a forecasting exercises, 14th International Symposium on.
- Pesaran, H. M., & Pesaran, B. (1997). *Working with micro fit 4.0: An introduction to econometrics*. Oxford University Press, Oxford,
- Vishal, M., Talwar. (2010), Market Dynamics and price forecasting of maize in south Karnataka - an application of GARCH model, M. Sc. (Agri.) Thesis, Univ. Agric. Sci., Dharwad Karnataka (India).

پیوست‌ها

جدول ۱- نتایج آزمون ریشه واحد ADF و KPSS

متغیر	مقدار آماره آزمون	مقادیر بحرانی	سطح	نتیجه	آزمون
قیمت گندم	۴/۲۶۲	-۲/۹۸۷	۵٪	ایستا	ADF
قیمت گندم	۱/۷۵	۲/۷۰	۵٪	ایستا	KPSS

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۲- مشخصات شبکه عصبی مصنوعی بهینه.

نام متغیر	نوع شبکه	تعداد نرون لایه ورودی	تعداد نرون لایه پنهان	تعداد نرون لایه خروجی	تابع لایه مخفی	تابع لایه خروجی
قیمت گندم	پیشخور	۳	۵	۱	تانژانت	خطی

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۳- نتایج حاصل از پیش بینی قیمت گندم با استفاده از مدل‌های مختلف

نوع مدل	مرتب‌به‌فرآیند	RMSE	MAPE
ARMA	(۱و۳)	۳۷۶۲۵/۶۸	۲۷۸۶۶/۲۱
ARCH/GARCH	EGARCH(1,1)	۳۹۳۷۲/۹۱	۲۳۰۳۴/۵۵
شبکه عصبی مصنوعی (ANN)	-----	۲۴۲۵۸/۰۷	۱۸۷۱۲/۸۹

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۴- مقایسه روش دلفی و سنجی در پیش بینی قیمت گندم (ریال/کیلوگرم).

PD	پیش‌بینی با روش دلفی (DP)	پیش‌بینی با مدل شبکه عصبی مصنوعی (FD)	سال
۰/۰۷۲	۱۱۵۰۰	۱۲۴۰۰	۱۳۹۴
۰/۱	۱۲۵۰۰	۱۳۹۰۰	۱۳۹۵
۰/۰۸۹	۱۴۳۰۰	۱۵۷۰۰	۱۳۹۶
متوسط ۰/۰۸۷			

مأخذ: یافته‌های پژوهش