اقتصادکشاورزی و توسعه، سال هفدهم، شماره ٦٥، بهار١٣٨٨

پیش‌بینی قیمت تخم‌مرغ در ایران: مقایسه روشهای ARCH و شبکه‌های عصبی مصنوعی

دکترسید کمیل طیبی*[1]، دکتر کریم آذربایجانی*، لیلی بیاری**

تاریخ دریافت: ۸۶/۹/۱۴ تاریخ پذیرش: ۸۷/۴/۲۹

چکیده

با اینکه از عمر پرورش طیور به شکل صنعتی آن در جهان بیش از چند دهه نمی‌گذرد، اما این صنعت توانسته است جایگاهی رفیع در تأمین پروتئین مورد نیاز جامعه انسانی پیدا کند. ثبات نسبی و پیش‌بینی دقیق قیمت طیور و فراورده‌های آن از طریق توجه به کاهش نوسان، باعث تخصیص بهینه منابع، افزایش کارایی و در نهایت افزایش درآمد مرغداران می‌شود.

با توجه به اهمیت پیش‌بینی قیمت محصولات پروتئینی از جمله تخم‌مرغ، در تحقیق حاضر قیمت این محصول با استفاده از روش $ARCH$ و شبکه‌های عصبی مصنوعی برای

* دانشیار دانشکده علوم اداری و اقتصاد دانشگاه اصفهان e-mail: komail@econ.ui.ac.ir

۱.نویسنده مسئول e-mail: azarbaiejani@yahoo.co.in

** کارشناس ارشد علوم اقتصادی دانشگاه اصفهان e-mail: l.bayari@gmail.com

افقهای زمانی یک ماهه، شش ماهه و دوازده ماهه پیش‌بینی گردید. در این راستا این فرضیه که شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی قیمت تخم‌مرغ کارایی بیشتری از روش $ARCH$ دارد بررسی شد. داده‌های مورد استفاده شامل متغیر قیمت تخم‌مرغ و دوره مورد مطالعه شامل سالهای ۱۳۷۱–۸۵ است. نتایج نشان می‌دهد که شبکه‌های عصبی مصنوعی در بیشتر افقهای زمانی پیش‌بینی‌های دقیقتری در مقایسه با روش $ARCH$ ارائه می‌کند؛ از این رو استفاده از روشهای پیش‌بینی قیمتی که عمدتاً متکی بر شبکه‌های عصبی مصنوعی است می‌تواند به تأثیر سیاست‌گذاری قیمتی و حتی تنظیم بازار از طریق پیش‌بینی نوسانهای مختلف کمک کند.

طبقه‌بندی JEL: Q11،C45

کلیدواژه‌ها:

پیش‌بینی قیمت، تخم‌مرغ، شبکه‌های عصبی مصنوعی، روش $ARCH$

مقدمه

در ایران برای نخستین بار در سال ۱۳۳۳ با واردات تعدادی جوجه و تخم‌مرغ از نژادهای اصلاح شده، شالوده فعالیت صنعت مرغداری به شیوه نوین بنیانگذاری شد. همزمان با توسعه و گسترش مرغداریهای پرورش مرغ گوشتی، واحدهای تولیدی مرغ تخمگذار و پولت نیز توسعه یافت، به طوری که تولید تخم‌مرغ طی سالهای ۱۳۶۱–۸۲ به طور متوسط سالانه ۴/۴ درصد رشد داشت که با توجه به رشد جمعیت کشور، مصرف سرانه آن از رشد ۱/۶ درصدی برخوردار بود. نرخ بالای بازده در این بخش باعث جذب سرمایه توسط این بخش گردید و این امر طی سالهای ۱۳۷۲–۸۲ زمینه دستیابی به رشد مناسب در تولید تخم‌مرغ (۳/۴ درصد) را فراهم ساخت و بر انگیزه صاحبان سرمایه برای سرمایه‌گذاری و ایجاد ظرفیتهای جدید تولیدی به شدت افزود (جیران و همکاران، ۱۳۸۴،۱). علی‌رغم نرخ بازده مناسب سرمایه، به دلیل نوسان شدید و غیر منتظره قیمت فراورده‌های تولیدی این صنعت، تولید در این بخش همواره با ریسک بالایی توأم بوده است. بنابراین توجه به ثبات نسبی قیمتها و پیش‌بینی قیمت طیور و فراورده‌های آن می‌تواند نقش مهمی‌در تنظیم سیاستگذاریها برای کنترل ناپایداری قیمتها و در نهایت کاهش ریسک بازار داشته باشد.

این تحقیق با پیش‌بینی قیمت تخم‌مرغ، شرایط لازم را برای سیاستگذاری در جهت توسعه صنعت مرغداری فراهم می‌سازد. علاوه بر این، پیش‌بینی قیمت طیور به طراحان و سیاستگذاران قدرت تخمین تقاضا در آینده و سیاستگذاری و تصمیم‌گیری مناسب را می‌دهد.

امروزه به موازات مدلهای متداول اقتصادسنجی، روشهای جدیدتری برای پیش‌بینی روند متغیرها ابداع شده است. در یک دسته از این روشها که به شبکه‌های عصبی مصنوعی موسومند، با استفاده از هوش مصنوعی، روابط پیچیده بین متغیرها مشخص می‌شود. محققان اقتصادی بر این باورند که شبکه‌های عصبی را می‌توان هم در تحلیلهای خرد و هم در تحلیلهای کلان با پتانسیلی آشکار جهت اصلاح و بهبود کیفیت پیش‌بینی‌های اقتصادی (به ویژه در مواردی که ارتباط غیرخطی معنیداری بین متغیرهای مستقل و وابسته وجود دارد) مورد استفاده قرار داد. البته این شبکه‌ها بهتر است به عنوان یک مکمل قدرتمند برای روشهای استاندارد اقتصادسنجی به کار روند نه اینکه به طور کامل جانشین آنها شوند (Gonzalez, 2000).

کاربرد شبکه‌های عصبی در اقتصاد و اقتصادسنجی با مطالعه وایت(White,1988) روی بازارهای مالی و پیش‌بینی قیمت سهام آغاز شد.هااوفی و همکاران (Haoffi & et al., 2007) به پیش‌بینی کوتاه مدت قیمت گندم در چین با استفاده از سه مدل MSOA[1]، BP[2] و ARIMA[3] پرداختند. آنهانشان‌دادند که‌الگوریتم‌پس‌انتشار(BP)بامشکلاتی‌ازقبیل‌همگرایی‌ضعیف‌وتدریجی مواجه‌است؛ بنابراین،یک‌مدل‌بهینه‌سازی‌چندمرحله‌ای(MSOA) را جهت غلبه بر نقاط ضعف BP پیشنهاد کردند. این‌محققان‌دریافتند که پیش‌بینی‌های مدل MSOA به طور قابل ملاحظه‌ای دقیقتر از مدلهای BP و ARIMA است. کومار و همکاران (Kumar & et al., 2005) جهت بهینه‌سازی عرضه پول نقد، اقدام به پیش‌بینی تقاضای آن با استفاده از مدلهای شبکه عصبی مصنوعی و سریهای زمانی براساس داده‌های حقیقی پول نقد یکی از شعب بانک در هندوستان برای دوره زمانی دوم آپریل تا سی‌ام جون ۲۰۰۴ نمودند. نتایج نشان داد که

1. multi-stage optimization approach
2. back-propagation
3. auto-regressive integrated moving average

شبکه‌های عصبی مصنوعی عملکردی بهتر از روشهای سری زمانی دارد. چرچ و همکاران (Church & et al., 1996) به منظور بررسی امکان ادامه روند کاهشی نرخ رشد مخارج مصرف‌کنندگان انگلیسی در دهه ۸۰ میلادی، مخارج مصرف‌کنندگان را با استفاده از مدلهای اقتصادسنجی و شبکه عصبی مصنوعی برای دهه ۹۰ بر اساس داده‌های فصلی دوره زمانی ۱۹۶۷ تا ۱۹۹۰ پیش‌بینی کردند. نتایج این تحقیق حاکی از آن است که شبکه‌های عصبی به خوبی، اما نه بهتراز روشهای اقتصادسنجی، می‌توانند مخارج مصرف‌کنندگان این کشور را پیش‌بینی نمایند.

پرتوگال (Partugal, 1995) در مطالعه‌ای پیش‌بینی تولید ناخالص بخش صنعت در برزیل را با استفاده از روشهای شبکه‌های عصبی و ARIMA مورد مقایسه قرار داد. این محقق در مطالعه خود از داده‌های ماهانه دوره ژانویه ۱۹۸۱ تا دسامبر ۱۹۹۲ استفاده نمود و در نهایت داده‌های هفت ماه بعد را پیش‌بینی کرد. نتایج مطالعه حاکی از آن است که فرایند ARIMA عملکرد بهتری در مقایسه با مدل شبکه عصبی دارد. علت اصلی عدم موفقیت شبکه عصبی در این مطالعه، نبود قاعده و آزمونی مطمئن جهت انتخاب ساختار مناسب شبکه عصبی می‌باشد.

در ایران نیز مطالعاتی در زمینه شبکه‌های عصبی مصنوعی صورت گرفته است. نجفی و همکاران (۱۳۸۵) در مطالعه‌ای اقدام به پیش‌بینی میزان صادرات پسته‌ایران با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و مدل ARIMA براساس داده‌های سالهای ۱۳۰۴ تا ۱۳۸۲ کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که شبکه عصبی پیشخور در مقایسه با سایر شبکه‌های عصبی و مدل ARIMA عملکرد بهتری در پیش‌بینی میزان صادرات پسته‌ایران دارد.

عباسیان و همکاران (۱۳۸۲) با استفاده از روشهای رگرسیونی و غیررگرسیونی، براساس قیمتهای فصلی گوشت مرغ و تخم‌مرغ در بهار ۱۳۷۳ تا زمستان ۱۳۸۱ و همچنین داده‌های سالانه تولید این محصول برای دوره زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۲، اقدام به پیش‌بینی قیمت و میزان تولید گوشت مرغ و تخم‌مرغ در ایران نمودند و نشان دادند که مدل تعدیل نمایی در مقایسه با سایر روشها موفقتر عمل می‌کند. مسئله مهم در این تحقیق آن است که در مقایسه روشهای مختلف پیش‌بینی و انتخاب بهترین روش از میان آنها، نوع داده‌ها (ماهانه، فصلی و سالانه) نیز دارای

اهمیت است، به گونه‌ای که برای پیش‌بینی دوره‌های زمانی کمتر از یک سال، روشهای غیررگرسیونی مناسبترند.

مشیری (۱۳۸۰) با هدف پیش‌بینی تورم در ایران براساس داده‌های سالهای ۱۳۳۸-۷۷، از مدلهای ساختاری تورم، مدلهای سری زمانی و شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده کرد و نشان داد که شبکه‌های عصبی در زمینه پیش‌بینی تورم، نسبت به سایر مدلها عملکرد بهتری دارند. قاسمی‌و همکاران (۱۳۷۹) نیز به پیش‌بینی قیمت شیر با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و مدل ARIMA پرداختند و دریافتند که خطای پیش‌بینی مدل شبکه عصبی ۹ تا ۲۲ درصد کمتر از مدل ARIMA است.

در این مطالعه با استفاده از روشهای سری زمانی ARCH و شبکه‌های عصبی مصنوعی به پیش‌بینی قیمت تخم‌مرغ در ایران پرداخته می‌شود. اهداف تحقیق عبارتند از:

الف) بررسی روند تغییرات قیمت تخم‌مرغ در دوره زمانی مهر ماه ۱۳۷۱ تا بهمن ماه ۱۳۸۵

ب) پیش‌بینی قیمت آتی تخم‌مرغ با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و روش ARCH

ج) مقایسه قدرت پیش‌بینی مدلهای شبکه عصبی مصنوعی و روش ARCH در افقهای زمانی مختلف برای قیمت محصول منتخب

روش تحقیق

در این بخش به دو روش براورد و پیش‌بینی مدل بازار تخم‌مرغ شامل الگوهای ARCH[1] و ANN[2] اشاره می‌شود. یکی از فروض کلاسیک مدلهای رگرسیون خطی، فرض واریانس همسانی است، بدان مفهوم که واریانس شرطی جملات اخلال مقدار ثابتی است. افرادی مثل انگل (Engle,1982) در مطالعات خود به شواهدی مبنی بر اینکه واریانس جملات اخلال در مدلهای سری زمانی از آنچه غالباً فرض می‌شود بی‌ثبات است، دست یافتند (تشکینی،۱۳۸۴ الف،۲۰۹). برای رهایی از این فرض محدودکننده روش جدیدی موسوم به

1. auto – regressive conditional heteroscedasticity
2. artificial neural network

مـدل خودتوضـیح بـا واریـانس ناهمسـانی شـرطی (ARCH) پایـه‌گـذاری شـده اسـت (Engle ,1982). در این مدل هر چند خطای پیش‌بینی قابل براورد است، اما نمی‌تـوان علامـت جمله اخلال را پیش‌بینی نمود. همچنین در این روش واریانس غیرشرطی همسـان مـی‌باشـد در حالی که واریانس در هر زمانی مشروط به اطلاعات گذشته ناهمسـان اسـت. اگـر متغیـر y_t بـه صورت رابطه زیر باشد:

$$y_t = \beta' x_t + e_t \qquad t = 1,2,.....T \qquad (۱)$$

که در آن x_t شامل $K\times 1$ بردار متغیر مستقل بـا وقفـه مـی‌باشـد و β' شـامل $K\times 1$ پـارامتر است، آنگاه مدل $ARCH$ توزیعی از جمله پسماند تصادفی (e_t) به شرط مجموعـه اطلاعـات متغیرهای بـا وقفـه $\Omega_{t-1} = \{y_{t-1}, x_{t-1}, y_{t-2}, x_{t-2}, ...\}$ اسـت. لـذا در حالـت کلـی انگـل (Engle ,1986) فـرض مـی‌نمایـد جملـه خطـای شـرطی دارای توزیـع نرمـال اسـت (Sabbatini & Linton, 1998):

$$e_t \mid \Omega_{t-1} \sim N(0, h_t) \qquad (۲)$$

$$V(e_t \mid \Omega_{t-1}) = h_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{q} \alpha_i e_{t-i}^2 + \delta' w_t \qquad (۳)$$

در رابطه فوق h_t^2 واریانس شرطی e مشروط به مجموعه اطلاعات Ω_{t-1} و w برداری از متغیرهای از پیش تعیین شده است که واریانس خطای شرطی را تحـت تـأثیر قـرار مـی‌دهـد. البته در صورتی می‌توان از این مدل استفاده نمود که وجود اثـر $ARCH$ در مـدل قطعـی شـده باشد. یکی از روشهای ساده برای آزمون اثر $ARCH$، روش دو مرحله‌ای انگل اسـت. در ایـن حالت فرضیه صفر (نبود اثر $ARCH$) و فرضیه مقابل به صورت زیر خواهد بود:

$$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = ... = \alpha_q = 0$$

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

کاربردهای تجربی مدل $ARCH$ اغلب فرایندهای با طول وقفه زیاد را برای مجذور پسماندها در نظر می‌گیرد. بولرسلو (Bollerslev ,1986) رویکرد دیگری برای مدلسازی پایداری ارائه کرد. در مدل خودتوضیح با واریانس ناهمسانی شرطی تعمیم یافته ($GARCH$)[1]، واریانس شرطی هم تابعی از مقادیر با وقفه هر دوی واریانس شرطی و هم خطای پیش‌بینی است. مدل $GARCH(p,q)$ خطی به صورت رابطه ۴ قابل بیان است. مطالعات تجربی دریافته‌اند که طول وقفه‌های کوتاه، شکل مناسبی از فرایند GARCH ارائه می‌کند. بنابراین، نسبت به مدل $ARCH$، تصریح GARCH اغلب راه باصرفه‌تری برای مدلسازی است (تشکینی، ۱۳۸۴ ب،۱۹۹):

$$V(e_t|\Omega_{t-1}) = h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{q} \alpha_i e_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^{p} \phi_i h^2{}_{t-i} + \delta' w_t \qquad (۴)$$

از طرف دیگر، در سالهای اخیر شاهد حرکتی مستمر از تحقیقات صرفاً نظری به تحقیقات کاربردی به ویژه در زمینه پردازش اطلاعات بوده‌ایم. با عنایت به‌این امر، علاقه فزاینده‌ای در توسعه نظری سیستمهای دینامیکی - که مبتنی بر داده‌های تجربی هستند - ایجاد شده است. شبکه‌های عصبی مصنوعی جزء این دسته از سیستمهای دینامیکی قرار دارند که با پردازش روی داده‌های تجربی، دانش یا قانون نهفته در ورای داده‌ها را به ساختار شبکه منتقل می‌کنند (منهاج،۱۳۸۱). این شبکه‌ها بر اساس ساختار مغز انسان طراحی شده‌اند.

شبکه‌های عصبی معمولاً توسط سه لایه زیر سازماندهی شده‌اند:

۱. لایه ورودی[2]: اولین لایه درشبکه‌های عصبی و دریافت‌کننده منابع خارج از سیستم است.

۲. لایه مخفی[3]: بین لایه‌های ورودی و خروجی قرار دارد. این لایه هیچ مفهومی‌را بیان نمی‌کند و صرفاً یک نتیجه میانی در فرایند محاسبه ارزش خروجی است و لذا همتایی در اقتصادسنجی ندارد.

1. generalized auto-regressive conditional heteroscedasticity
2. input layer
3. hidden layer

۳. لایه خروجی[1]: آخرین لایه در شبکه‌های عصبی مصنوعی و به مثابه متغیرهای وابسته در مدلهای رگرسیون‌است. تعیین تعدادنرونهای‌خروجی‌مستقیماً به‌مسئله‌تحت بررسی وابسته است.

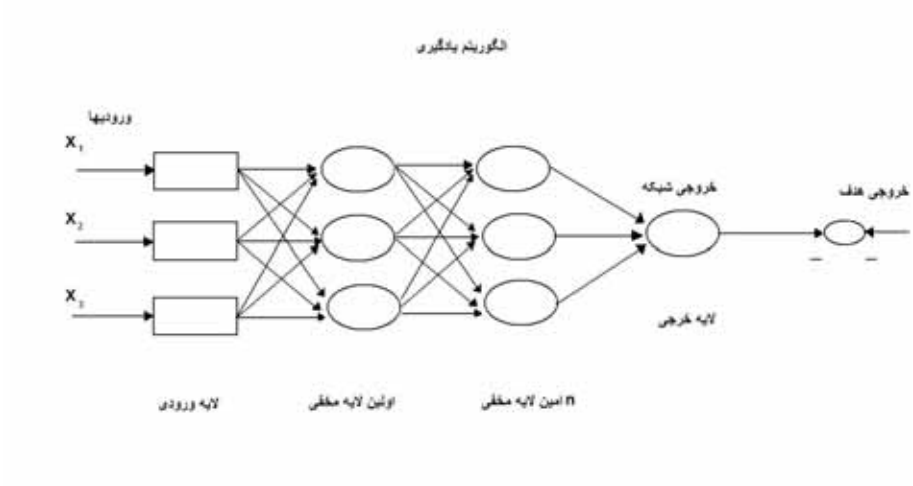
در شبکه‌های عصبی تابع فعال‌سازی[2] (محرک)، تابعی صعودی است که به کمک آن می‌توان برای نرون یک مقدار آستانه و یک مقدار اشباع در نظر گرفت. این تابع در نرونهای پردازش است و خروجی آن نرون را تعیین می‌کند و براساس نیاز خاص مسئله می‌تواند به صورت خطی یا غیرخطی انتخاب شود. دو نوع تابع فعال‌سازی متداول برای مدلهای پیش‌بینی سری زمانی توابع زیگموئید[3] و تانژانت هیپربولیک[4] هستند.

به طورکلی، شبکه‌های عصبی با توجه به مسیر جریان اطلاعات طبقه‌بندی می‌شوند. چنانچه اطلاعات در یک مسیر، از ورودی به خروجی، جریان داشته باشد، به آن شبکه عصبی پیشخور گویند. شبکه‌عصبی پس‌انتشار خطا (BPN)[5] (مورد استفاده در این مطالعه) شبکه‌ای پیشخوراست.امادرصورتی که‌اطلاعات‌درهردومسیرتوسط‌حلقه‌هایی‌درشبکه‌جریان داشته باشد، به آنها شبکه‌های عصبی بازگشتی(RNN)[6] گویند. این شبکه‌ها، شبکه‌هایی پویا هستند و وضعیت آنها تا زمان رسیدن به یک نقطه تعادل، پیوسته متغیر است. در این نوع‌شبکه‌ها، بازخورد[7] به نرونهای ورودی می‌تواند از نرون مخفی (Elman ,1988) و یا از نرونهای‌خروجی(Jordan،1986) صورت گیرد. فرم کلی‌مدل‌شبکه‌عصبی پیشخوربه‌صورت زیر ارائه می‌شود (Fernandez-Rodriguez & et al. ،1999 Moshiri & et al.,1999):

1. output layer
2. activation function
3. sigmoid: $f(x)=\frac{1}{1+e^{-x}}$
4. hyperbolic tangent (Than): $f(x)=\frac{e^{x}-e^{-x}}{e^{x}+e^{-x}}$
5. error back-propagation
6. recurrent neural network
7. feed back

$$F = F\left[\beta_0 + \sum_{j=1}^{J} \beta_j G\left[\sum_{k=1}^{K} \gamma_{kj} X_J\right]\right] \quad (۵)$$

که در رابطه فوق J تعداد نرونها در لایه مخفی، K تعداد نرونهای ورودی، β_0 جمله تورش[1] (+۱)، β_j وزنهای ارتباطی بین نرونهای خروجی و نرونهای مخفی، γ_{kj} وزنهای ارتباطی بین نرونهای مخفی و نرونهای ورودی، G تابع فعال‌سازی لایه‌های مخفی و F تابع فعال‌سازی لایه خروجی شبکه عصبی هستند.



نمودار ۱. نمایش استاندارد شبکه عصبی پیشخور

در شبکه‌های عصبی المان، واحدهای لایه ورودی نه تنها دریافت کننده بردارهای ورودی در زمان $t+1$ هستند، بلکه خروجیهای لایه مخفی را نیز در زمان t دریافت می‌کنند. ورودیهای جدید، یعنی خروجیهای لایه مخفی بازخورد، بردارهای زمینه[2] نامیده می‌شوند و مبین نوعی حافظه کوتاه‌مدت هستند. وزنهای یدکی δ - که بردارهای زمینه را به نرونهای لایه مخفی مرتبط می‌سازند - به طور تصادفی انتخاب می‌شوند (Moshiri & et al.,1999,226).

1. bias
2. context vectors

در تحقیق حاضر پیش‌بینی قیمت تخم‌مرغ در مدل ANN با استفاده از شبکه‌های پیشخور و بازگشتی صورت گرفته است. به این منظور از شبکه پیشخور پس‌انتشار خطا و شبکه بازگشتی المان استفاده شده است. به طور کلی شکل رگرسیونی تعیین قیمت تخم‌مرغ با استفاده از مدلهای شبکه عصبی پس‌انتشار و المان به صورت روابط زیر است:

(۶): الگوی شبکه BP، متغیر تخم‌مرغ

$$LnPEGG_t = b + F\left[b_0 + \sum_{j=1}^{J} b_j G\left[\sum_{k=1}^{K} a_{kj} Ln\left[PEGG_{t-i}\right]\right]\right]$$

(۷): الگوی شبکه Elman، متغیر تخم‌مرغ

$$Z_{tj} = G\left(\sum_{j=1}^{J} \gamma_j Ln\left(PEGG_{t-i}\right) + Z_{t-1}\delta_j\right)$$

$$LnPEGG_t = F\left(b_0 + \sum_{j=1}^{J} Z_{tj} b_j\right)$$

که در رابطه ۷ F_t خروجی نهایی در زمان t، β_0 جمله تورش (۱+) برای لایه خروجی، β_j وزن ارتباطی بین نرون مخفی j و نرون خروجی، Z_{tj} خروجی نرون مخفی j در زمان t، γ_j بردار $ar \times 1$ وزنهای ارتباطی نرونهای لایه ورودی i به نرون مخفی j و δ_j بردار $aq \times 1$ وزنهای ارتباطی از نرونهای لایه زمینه به نرون مخفی j می‌باشد.

معمولاً در شبکه‌های عصبی کل داده‌های در دسترس به دو مجموعه آموزشی[1] و آزمون[2] طبقه‌بندی می‌شوند. مجموعه آموزشی توسط الگوریتم یادگیری برای تخمین وزنهای شبکه و مجموعه آزمون جهت ارزیابی دقت پیش‌بینی شبکه آموزش‌دیده مورد استفاده قرار می‌گیرند (Zhang & et al., 1998).

1. training set
2. testing set

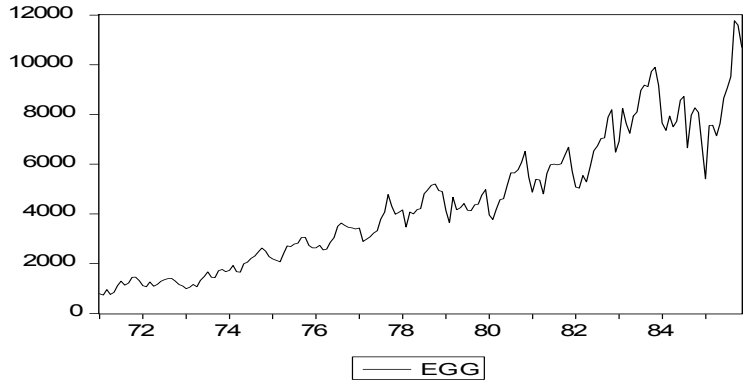
در قسمت بعد نتایج حاصل از این مطالعه ارائه می‌شود. به این منظور از داده‌های اسمی‌قیمت تخم‌مرغ طی دوره زمانی فروردین ماه ۱۳۷۱ تا بهمن ماه ۱۳۸۵ استفاده گردیده است. نتایج حاصل از پیش‌بینی و ارزیابی دقت پیش‌بینی‌ها نیز براساس معیارهای میانگین مربعات خطا (MSE)[1]، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)[2]، میانگین قدر مطلق خطا (MAE)[3] و درصد میانگین قدر مطلق خطا (MAPE)[4] ارائه می‌شود که در روابط زیر P مقدار پیش‌بینی و A مقدار واقعی است.

$$MSE = \frac{1}{T}\sum (P-A)^2 \quad RMSE = \sqrt{\frac{1}{T}\sum (P-A)^2}$$

$$MAE = \frac{1}{T}\sum |P-A| \quad MAPE = \frac{1}{T}\sum \left|\frac{P-A}{A}\right|$$

نتایج و بحث

در نمودار ۲ روند تغییرات قیمت تخم‌مرغ در کل کشور برای دوره زمانی فروردین ماه ۱۳۷۱تا بهمن‌ماه ۱۳۸۵ آورده‌شده‌است. ملاحظه می‌شودکه قیمت این محصول در فاصله زمانی مورد مطالعه، دارای نوسانهای شدیدی بوده و روند رو به افزایشی در آن مشاهده می‌گردد.



نمودار ۲. روند قیمت اسمی‌تخم‌مرغ در کل کشور در دوره زمانی فروردین ۱۳۷۱ تا بهمن ۱۳۸۵

1. mean square error
2. root mean square error
3. mean absolute error
4. mean absolute percentage error

بررسی روند قیمت تخم‌مرغ در فاصله زمانی مورد نظر نشان می‌دهد که قیمت این محصول عمدتاً متناسب با روند تغییرات قیمت نهاده‌ها و قیمت کالاهای جانشین افزایش یافته است. اما نوسانهای قیمتی کوتاه مدت این ارتباط را نشان نمی‌دهد و نوسانهای شدید قیمتی و مقطعی به وجود آمده در طول سال می‌تواند به دلیل کشش ناپذیری بازار، عدم تعادل در عرضه و تقاضا در کوتاه‌مدت و ساختار بازار باشد (جیران و همکاران،۱۳۸۴،۳۹). نوسانهای شدید قیمتی و روند نزولی قیمت تخم‌مرغ در سال ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰ باعث وارد آمدن خساراتی بر بخش تولید گردید و دولت به منظور کنترل نوسانهای بازار و کاهش ریسک تولیدکنندگان، در بازار این محصول دخالت نمود و در حمایت از تولید تخم‌مرغ در سال ۱۳۸۱ سیاست خرید تضمینی تخم‌مرغ به تصویب رسید. اما بحران وارد بر این بخش در سالهای ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰ بخشی از ظرفیتهای تولیدی را به تعطیلی کشانید و منجر به کاهش تولید در سالهای بعد شد. کاهش تولید منجر به افزایش قابل توجه قیمت تخم‌مرغ در سال ۱۳۸۲ گردید؛ لذا کمیسیون تنظیم بازار، شرکت پشتیبانی امور دام را به عنوان مجری و اتحادیه مرکزی مرغداران میهن را به عنوان پیمانکار اجرای طرح ذخیره‌سازی گردشی تخم‌مرغ تعیین نمود. اما مشکلات اداری، عدم تخصیص بموقع تسهیلات و افزایش قیمت بازاری این محصول، اجرای سیاست تنظیم بازار را با مشکل مواجه ساخت و این سیاستها توفیق چندانی در کاهش نوسانهای قیمت تخم‌مرغ به دست نیاوردند (جیران و همکاران، ۱۳۸۴،۵۵).

قبل از استفاده از روشهای معمول پیش‌بینی، تصادفی بودن داده‌ها بر اساس آزمون دوربین- واتسون مورد بررسی قرار می‌گیرد. به این منظور ابتدا نرمال بودن سری با استفاده از روش کلمگرو-اسمیرنو[1] آزمون می‌گردد و سپس آزمون تصادفی بودن دوربین- واتسون انجام می‌شود. نتایج این بررسیها در جدول ۱ آمده است.

1. Kolmogorov- Smirnov

جدول ۱. آزمون تصادفی بودن دوربین- واتسون

متغیر	آزمون تصادفی بودن دوربین- واتسون	نرمال بودن کلمگرو-اسمیرنو	نتیجه آزمون تصادفی بودن
قیمت تخم‌مرغ	۰/۳۱	۰/۰۸	سری غیر تصادفی است

مأخذ: یافته‌های تحقیق

با توجه به عدم معنیداری آماره محاسباتی در آزمون نرمال بودن، فرضیه صفر مبنی بر نرمال بودن متغیر قیمت تخم‌مرغ رد نمی‌شود و لذا آزمون تصادفی بودن دوربین- واتسون قابل انجام است. مقدار آماره دوربین- واتسون نشاندهنده وجود خودهمبستگی مثبت است و فرض تصادفی بودن این متغیر رد می‌شود و بنابراین متغیر قیمت تخم‌مرغ، متغیری پیش‌بینی‌پذیر است؛ البته در این مطالعه از لگاریتم متغیر قیمت تخم‌مرغ استفاده شده است.

در ادامه با استفاده از روشهای استاندارد دیکی- فولر (DF)[1] و دیکی- فولر تعمیم یافته(ADF)[2] و با کمک نرم‌افزار *Microfit*، به بررسی مانایی متغیر قیمت تخم‌مرغ پرداخته می‌شود. نتایج این آزمون در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. بررسی آزمون مانایی متغیر قیمت تخم‌مرغ

متغیر	مقدار آماره بحرانی	مقدار آماره محاسباتی	تعداد بهینه	مرتبه ایستایی
قیمت تخم‌مرغ (LEGG)	-۲/۸۷۹	-۱۱/۹۵	۱	I(1)

مأخذ: یافته‌های تحقیق

با توجه به جدول فوق مشاهده می‌شود که متغیر مورد نظر مانا از مرتبه یک است. چنانکه در قسمت قبل نیز گفته شد، در صورتی می‌توان از مدل ARCH استفاده نمود که وجود اثر ARCH در مدل قطعی شده باشد. نتایج بررسی وجود اثر ARCH در جدول ۳ آمده است:

جدول ۳. نتایج آزمون اثر *ARCH*

متغیر	$\chi^2(1)$	$F(1,157)$
قیمت تخم‌مرغ	۲/۹۲۷	۲/۹۲۵

مأخذ: یافته‌های تحقیق

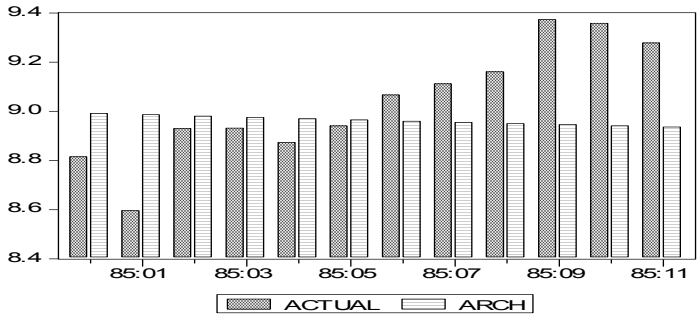
1. Dickey-Fuller test
2. Augmented Dickey-Fuller test

براساس نتایج به دست آمده، فرضیه صفر مبنی بر نبود آثار *ARCH* رد و فرضیه مقابل مبنی بر وجود آثار *ARCH* پذیرفته می‌شود. برای براورد مدل، از داده‌های دوره زمانی فروردین ماه ۱۳۷۱ تا بهمن ماه ۱۳۸۴ جهت تخمین و از بقیه داده‌ها برای ارزیابی مدل استفاده می‌گردد. با توجه به بحث مطرح شده در قسمت قبل، نهایتاً از مدل $GARCH\,(1,1)$ برای تخمین استفاده می‌شود که نتایج با فرض وجود توزیع نرمال برای جملات اخلال شرطی به صورت زیر خواهد بود[۳]:

$$dLEGG = ۰/۱۹ + ۰/۹۷\ dLEGG(-1) \qquad (۸)$$

$$V\left(e_t \middle| \Omega_{t-1}\right) = h_t^2 = 0.0051 + 0.10e_{t-1}^2 + 0.35h_{t-1}^2 \qquad (۹)$$

معادله ۸ (مدل میانگین)[۴]، قیمت تخم‌مرغ را تابعی از مقادیر با وقفه خود تصریح کرده است معادله ۹ (مدل واریانس)[۵] نیز تصریح واریانس را نشان می‌دهد که بر اساس آن واریانس جمله اخلال خود از یک فرایند مشخص تبعیت می‌کند و در طول زمان ثابت نیست. اگر با استفاده از مدل فوق اقدام به پیش‌بینی قیمت تخم‌مرغ شود، نتایج این پیش‌بینی را می‌توان در نمودار ۳ نشان داد.



نمودار ۳. مقایسه مقادیر لگاریتمی‌واقعی و پیش‌بینی قیمت تخم‌مرغ با استفاده از روش GARCH

۳. مدل مورد نظر با توجه به معیار شوارتز - بیزین انتخاب شده است.

4. mean model
5. variance model

نمودار فوق نشاندهنده اختلاف زیاد بین مقدار پیش‌بینی شده و مقدار واقعی قیمت تخم‌مرغ در ماه‌های آخر سال ۱۳۸۵ است. افزایش قیمت این محصول در ماه‌های مذکور احتمالاً ناشی از افزایش شدید قیمت نهاده‌ها در این ماه‌هاست. در حقیقت، در مدلهای سریهای زمانی گذشته، متغیرها در نظر گرفته می‌شوند، در حالی که عوامل واقعی ایجادکننده نوسانها در روندهای ایجاد شده متغیرها مورد توجه قرار نمی‌گیرد.

میزان ارزیابی دقت پیش‌بینی‌های مبتنی بر معیارهای MSE، RMSE، MAE و MAPE در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ٤. میزان خطای پیش‌بینی قیمت تخم‌مرغ با استفاده از مدل GARCH

افق زمانی	MSE	RMSE	MAE	MAPE
یک ماهه	۰/۰۳۱	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۰۲۰
شش ماهه	۰/۰۳۲	۰/۱۸	۰/۱۳	۰/۰۱۴
دوازده ماهه	۰/۰۶۲	۰/۲۵	۰/۲۰	۰/۰۲۲

مأخذ:یافته‌های تحقیق

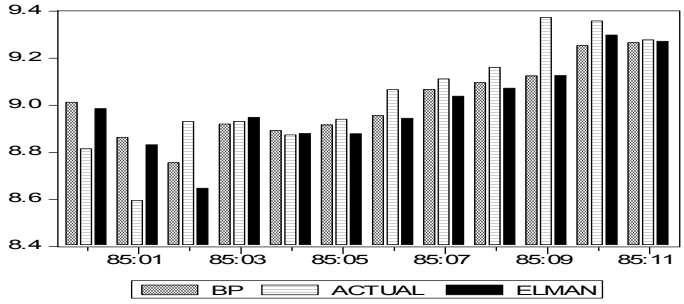
معیارهای ارزیابی میزان خطای پیش‌بینی در جدول ۴ نشان می‌دهد که مدل *ARCH* استفاده شده در پیش‌بینی قیمت تخم‌مرغ در افق زمانی کوتاه‌مدت یک ماهه و میان‌مدت شش‌ماهه توانایی بیشتری دارد و پیش‌بینی‌های دقیقتری در مقایسه با افق بلندمدت دوازده ماهه ارائه می‌کند.

از طرف دیگر، جهت مقایسه قدرت پیش‌بینی مدل *ANN* با مدل *ARCH*، داده‌های آموزشی و داده‌های آزمون در دو مدل، مشابه یکدیگر در نظر گرفته شدند. لذا داده‌های قیمتی گوشت مرغ از فروردین ۱۳۷۱ تا بهمن ۱۳۸۴ به عنوان داده‌های آموزشی (شامل ۹۰ درصد داده‌ها) و از اسفند ۱۳۸۴ تا بهمن ۱۳۸۵ به عنوان داده‌های آزمون مورد استفاده قرار گرفتند. البته قبل از آموزش و آزمون شبکه، داده‌ها بر اساس روش آماری نرمال‌سازی[1] شدند. در این تحقیق از دو مدل شبکه عصبی پس انتشار خطا و شبکه المان جهت پیش‌بینی قیمت متغیر مورد نظر استفاده گردید.

1. normalization

جهت تعیین تعداد نرونهای لایه ورودی بر اساس مشاهدات دوره‌های قبل، روش آزمون و خطا مورد استفاده قرار می‌گیرد. به این منظور تعداد نرونهای لایه ورودی از یک تا شش افزایش می‌یابد. تعداد نرونهای لایه مخفی نیز از طریق آزمون و خطا مشخص می‌شوند. به این منظور تعداد نرونهای لایه میانی دو تا سه برابر تعداد نرونهای ورودی آزمایش شده و سپس میزان خطای پیش‌بینی توسط معیارهای موردنظر محاسبه گردیده تا نرونهای لایه مخفی متناظر با کمترین میزان خطای پیش‌بینی انتخاب شوند. تعداد نرون لایه خروجی نیز برابر یک و تابع محرک آن، تابع خطی می‌باشد. علاوه بر این، در شبکه‌های مورد استفاده قاعده یادگیری LM[1]، نرخ یادگیری ۰/۰۱ و حداکثر تعداد دفعات تکرار ۲۰۰۰ انتخاب شده‌اند. همچنین برای مقابله با مسئله انطباق بیش از حد و تعیین واحدهای نامربوط از تکنیک هرس متقابل[2] استفاده می‌شود. به این منظور شبکه عصبی مصنوعی با تعداد زیادی نرون در لایه ورودی و مخفی آموزش داده شده و ضرایب همبستگی مورد مقایسه قرار می‌گیرند و در نهایت شبکه‌ای با بهترین عملکرد به عنوان مدل بهینه انتخاب می‌گردد. گفتنی است که پیش‌بینی‌ها با روش پیش‌بینی چندگام به جلو انجام می‌گیرند و از نوع پیش‌بینی تکرار شونده هستند.

مقایسه نتایج حاصل از پیش‌بینی قیمت ماهانه تخم‌مرغ با مقادیر واقعی آن، در افقهای زمانی یک ماهه، شش ماهه و دوازده ماهه در نمودار ۴ آورده شده است.



نمودار ٤. مقایسه مقادیر لگاریتمی‌واقعی و پیش‌بینی قیمت تخم‌مرغ با استفاده از شبکه‌های عصبی

1. Levenberg-Marquardt
2. interactive pruning

چنانکه مشاهده می‌شود، در دو ماه اولیه دوره پیش‌بینی، شبکه عصبی قادر به پیش‌بینی کارای این محصول نمی‌باشد و شکاف زیادی بین مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی شده وجود دارد که‌این اختلاف احتمالاً ناشی از شیوع آنفلوانزای مرغی در نیمه دوم سال ۸۴ و کاهش رغبت عمومی‌به مصرف تخم‌مرغ می‌باشد که این مسئله در نتیجه باعث کاهش غیرمنتظره قیمت تخم‌مرغ شده است (اباذری، ۱۳۸۶) و بنابراین، شبکه عصبی، با توجه به الگوی فراگرفته، قادر به پیش‌بینی این تغییر ناگهانی نیست.

در جدول ۵ نتایج ارزیابی دقت پیش‌بینی شبکه‌های مذکور در افقهای زمانی مختلف و تعداد نرونهای مورد استفاده در لایه‌های ورودی و مخفی ارائه شده است.

جدول ۵. میزان خطای پیش‌بینی قیمت تخم‌مرغ با استفاده از مدل ANN

افق زمانی	نوع شبکه	تعداد نرون لایه ورودی	تعداد نرون لایه مخفی	تابع محرک لایه مخفی	معیار دقت			
					MSE	RMSE	MAE	MAPE
یک ماهه	BP	۳	۵	Sig	۰/۰۳۹	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۰۲۲
	Elman	۳	۴	Sig	۰/۰۲۹	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۰۱۹
شش ماهه	BP	۳	۴	Sig	۰/۰۲۳	۰/۱۵	۰/۱۱	۰/۰۱۳
	Elman	۳	۳	Than	۰/۰۲۵	۰/۱۵	۰/۱۱	۰/۰۱۳
دوازده ماهه	BP	۳	۴	Sig	۰/۰۱۹	۰/۱۳	۰/۱۰	۰/۰۱۱
	Elman	۳	۲	Than	۰/۰۲۱	۰/۱۴	۰/۱۱	۰/۰۱۲

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول فوق نشان می‌دهد که خطای پیش‌بینی در هر دو شبکه المان و پس‌انتشار، نسبتاً یکسان است و شبکه‌ها عملکرد مشابهی دارند؛ البته در افق یک ماهه، شبکه المان عملکرد بهتری از خود نشان می‌دهد. اما در مقایسه‌جدول ۵ با جدول ۴ مشاهده می‌شود که شبکه‌های مذکور در جدول ۵، تقریباً در تمام افقهای زمانی پیش‌بینی‌های دقیقتری در مقایسه با مدل $ARCH$ ارائه می‌کنند (البته در افق زمانی یک ماهه مدل $ARCH$ کاراتر از شبکه عصبی پس انتشار خطا عمل می‌کند).

به طورکلی جدول ۶ جهت مقایسه عملکرد پیش‌بینی مدل *ARCH* و شبکه BP نسبت به شبکه Elman (برترین مدل) ارائه شده است.

جدول ٦. مقایسه عملکرد پیش‌بینی مدلهای ARCHو BP در **تعیین قیمت تخم‌مرغ نسبت به بهترین مدل شبکه عصبی** (Elman)

مدل / میزان خطا		MSE	RMSE	MAE	MAPE
ARCH	یک ماهه	۱/۰۷	۱	۱	۱/۰۵
	شش	۱/۲۸	۱/۲	۱/۱۸	۱/۰۷
	دوازده	۲/۹۵	۱/۷۸	۱/۸۱	۱/۸۳
BP	یک ماهه	۱/۳۵	۱/۱۲	۱/۱۲	۱/۱۶
	شش	۰/۹۲	۱	۱	۱
	دوازده	۰/۹۱	۰/۹۳	۰/۹۱	۰/۹۲

مأخذ: یافته‌های تحقیق

همان طور که جدول فوق نیز نشان می‌دهد، شبکه Elman، با توجه به تمام معیارهای ارزیابی، در افقهای شش ماهه و دوازده ماهه برتر از مدل *ARCH* عمل می‌کند اما در افق زمانی یک ماهه عملکردی نسبتاً مشابه با آن دارد. در مقایسه با شبکه BP نیز در افق زمانی یک ماهه، شبکه المان قویتر عمل می‌کند؛ اما در سایر افقهای مورد بررسی دو شبکه عملکردی نسبتاً مشابه از خود نشان می‌دهند.

علت دقت بالای شبکه‌های عصبی مصنوعی در مقایسه با مدلهای سریهای زمانی و رگرسیونی این است که شبکه‌های عصبی به صورت واقعی می‌آموزند که چگونه آینده را پیش‌بینی کنند، بنابراین نسبت به سایر مدلهای متداول پیش‌بینی دارای ارجحیت هستند. از طرف دیگر، برای یک پیش‌بینی دقیق احتیاج به ابزاری است که به وسیله آن تمام عوامل مورد ملاحظه قرار گیرد. مدلهای سریهای زمانی به گذشته خود نگاه می‌کنند ولی عوامل واقعی ایجادکننده نوسانها را در روندهای ایجاد شده متغیرها مورد توجه قرار نمی‌دهند.

نتیجه‌گیری و پیشنهاد

عملکرد مناسبتر مدل شبکه عصبی در مقایسه با روش $ARCH$ مبین وجود روابط غیرخطی از درجه‌ای است که به کارگیری شبکه‌های عصبی مصنوعی باعث بهبود پیش‌بینی‌ها می‌گردد. با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق و مطالعات مشابه، شبکه‌های عصبی مصنوعی قادرند به خوبی و حتی در برخی موارد پیش‌بینی‌هایی دقیقتر از روشهایی مانند روش $ARCH$ انجام دهند که علت این امر احتمالاً روش پردازش موازی در این شبکه‌هاست.

البته این شبکه‌ها با محدودیتهایی مانند نبود یک نظریه جامع مواجهند و همچنین به تعداد زیادی مشاهده به دلیل ساختار غیرخطی شبکه‌ها نیاز دارند. از طرفی وزنهای شبکه‌های عصبی مصنوعی مانند ضرایب مدلهای رگرسیون قابل تفسیر نمی‌باشند، بنابراین بهتر است این شبکه‌ها برای پیش‌بینی به کار روند نه برای تحلیلهای سیاستی.

در این مطالعه روند قیمت تخم‌مرغ در افقهای زمانی مختلف توسط دو مدل شبکه عصبی و روش $ARCH$ پیش‌بینی گردید و نتایج نشان داد که روند پیش‌بینی شده به وسیله شبکه‌های عصبی، در اکثر موارد (به ویژه در افقهای زمانی بلند مدت)، از کارایی بیشتری در به حداقل رساندن خطای پیش‌بینی برخورداراست. بنابراین، ابزارهای کارا و مؤثر قادرند هرگونه پیش‌بینی را از وجود نوسان و روند متغیر کالاهای راهبردی مانند تخم‌مرغ در جهت اتخاذ سیاستهای اقتصادی متناسب با شرایط بازار ارائه نمایند.

مقایسه نتایج این مطالعه با سایر مطالعات انجام گرفته توسط شبکه‌های عصبی مصنوعی نشان می‌دهد در اکثر موارد شبکه‌های عصبی عملکردی بهتر از سایر روشهای متداول اقتصادسنجی داشته‌اند. البته در برخی موارد نیز ممکن است این شبکه‌ها ضعیفتر از سایر روشهای پیش‌بینی عمل کنند؛ از جمله در مطالعه چرچ و همکاران (Church & et al., 1996) از یک شبکه عصبی پیشخور سه لایه با ۱۰ نرون در لایه مخفی استفاده گردید که نتایج آن نشان داد شبکه‌های عصبی مصنوعی قادر به پیش‌بینی کارای مخارج مصرف‌کنندگان این کشور هستند، اما دقیقتر از روشهای

اقتصادسنجی عمل نمی‌کنند. در مطالعه دیگری که توسط پرتوگال (Partugal ,1995) برای پیش‌بینی تولید ناخالص داخلی برزیل انجام گرفت، نتایج نشان داد که فرایند ARIMA برتری بیشتری در مقایسه با مدل شبکه عصبی دارد. محقق مذکور بر این باور بود که علت اصلی ناکامی شبکه عصبی نبود قاعده و آزمونی مطمئن جهت انتخاب ساختار مناسب شبکه عصبی می‌باشد؛ اما با توجه به این مطلب که نتایج فوق برگرفته از یک مطالعه خاص می‌باشد، نمی‌توان نتایج آن را عمومیت بخشید.

به طورکلی، نظام قیمتها در مورد متغیر قیمت تخم‌مرغ به خوبی نسبت به عوامل بازار علامت‌دهی می‌کند، به طوری‌که در هنگام افزایش تقاضا یا کاهش عرضه و افزایش قیمت نهاده‌های تولیدی، قیمت بازاری این محصولات زیاد می‌شود.کاهش قیمت تخم‌مرغ در تابستان نشانگر این نتیجه است (کشاورز حداد،۱۳۸۴،۳۲۷). آشکار است که پیش‌بینی دقیق قیمت تخم‌مرغ از طریق شبکه‌های عصبی مصنوعی، به طراحان و سیاستگذاران قدرت تخمین تقاضا در آینده و سیاستگذاری و تصمیم‌گیری مناسب را می‌دهد. بر این اساس، ریسک تصمیم‌گیری در برنامه‌های حمایتی این صنعت که ممکن است توسط دولت یا بخش خصوصی اعمال شود، کاهش می‌یابد و سودآوری را در بازار این محصول آشکار می‌سازد. علاوه بر این، مشخص نبودن قیمتها باعث ناامنی سرمایه‌گذاری و در نتیجه کاهش سرمایه‌گذاری در این زمینه می‌شود. بنابراین با توجه به توانایی شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی قیمت این محصول، استفاده از این روش می‌تواند تا حد زیادی ریسک سرمایه‌گذاری را کاهش دهد. علاوه بر این، با توجه به توانایی بالای شبکه‌های عصبی در پیش‌بینی قیمت تخم‌مرغ، می‌توان به دستگاه‌های مسئولِ پیش‌بینی متغیرهای اقتصادی پیشنهاد کرد تا از این مدلها در کنار سایر روشهای متداول پیش‌بینی استفاده نمایند. همچنین بر این اساس توصیه می‌شود کارشناسان و متخصصان در این فعالیت اقتصادی ضمن آموزش دیدن، مجهز به تکنیکهای متنوع شبکه‌های عصبی مصنوعی شوند.

منابع

۱. اباذری، ا.(۱۳۸۶)، مصاحبه حضوری، کارشناس شرکت پشتیبانی امور دام کشور.

۲. تشکینی، ا.(۱۳۸۴ الف)، اقتصادسنجی کاربردی به کمک Microfit، مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران، چاپ اول، تهران.

۳. تشکینی، ا.(۱۳۸۴ ب)، آیا نااطمینانی با سطح تورم تغییر می‌کند؟، *مجله تحقیقات اقتصادی*، شماره ۷۳، ص ۱۹۳ تا ۲۱۰.

۴. جیران، ع.، م. محمدیان و ا. مهربانیان (۱۳۸۴)، مروری بر سیاستهای حمایتی گوشت مرغ در کشورهای منتخب و تحلیلی بر فرآیند تنظیم بازار مرغ و تخم مرغ، وزارت جهادکشاورزی معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مؤسسه پژوهشهای برنامه‌ریزی و اقتصادکشاورزی، ۵۹ صفحه.

۵. عباسیان، م. و ع.، کرباسی (۱۳۸۲)، کاربرد روشهای کمی‌در پیش‌بینی متغیرهای اقتصادی (مطالعه موردی: تولید و قیمت عمده فروشی تخم‌مرغ)،مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس دو سالانه اقتصاد کشاورزی ایران،دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.

۶. قاسمی، ع.، ح. اسدپور و م. شاصادقی(۱۳۷۹)، کاربرد شبکه عصبی در پیش‌بینی سری‌های زمانی و مقایسه آن با مدل ARIMA، *پژوهشنامه بازرگانی*،شماره ۱۴،ص ۸۷ تا ۱۲۰.

۷. کشاورز حداد،غ.(۱۳۸۴)،تحلیل اثرات تقویمی‌در نوسانات قیمتی برخی از کالاهای اساسی (مطالعه موردی: داده‌های فصلی قیمت گوشت مرغ، گوشت قرمز و تخم‌مرغ) *مجله تحقیقات اقتصادی*، شماره ۷۳، ص ۲۹۵ تا ۳۲۸.

۸. مشیری، س. (۱۳۸۰)، پیش‌بینی تورم ایران با استفاده از مدلهای ساختاری، سری‌های زمانی و شبکه‌های عصبی، *مجله تحقیقات اقتصادی*، شماره ۵۸، ص ۱۴۷ تا ۱۸۴.

۹. منهاج، م.(۱۳۸۱)، مبانی شبکه‌های عصبی، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیر کبیر،چاپ دوم، تهران.

۱۰. نجفی، ب. و م. طرازکار(۱۳۸۵)، پیش‌بینی میزان صادرات پسته ایران: کاربرد شبکه عصبی، *فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی*، شماره ۳۹، ص ۱۹۱ تا ۲۱۴.

11. Bollerslev, T. (1986),Generalized autoregressive conditional heteroscedasticity, *Journal of Econometrics*, 31: 307-327.

12. Church, K. B. and S. P. Curram (1996), Forecasting consumers' expenditure: a comparison between econometric and neural network models , *International Journal of Forecasting*, 12: 255-267.

13. Elman,J.L. (1988), Finding structure in time, CRL Report 801, Centre for Research in Language,UC San Diego.

14. Engle, R. F. (1982), Autoregressive conditionally heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation, *Econometrics*, 50: 987-1007.

15. Engle, R. F. (1986), Modeling the persistence of conditional variances, *Econometric Review,* 5, 1-50.

16. Fernandez-Rodriguez , F., C. Gonzalez-Martel, and S. Simon Sosvilla-Rivero (1999), On the prifitability of technical trading rules based on artificial neural networks: evidence from the Madrid stock market*, Fedea - Documento De Trabajo, 99-07.*

17. Gonzalez, S. (2000), Neural network for macroeconomic forecasting: a complementary approach to linear regression models, Working Paper 2000-07.

18. Haoffi, Z., X., Guoping, Y. Fagting, and Y. Han (2007), A neural network model based on the multi- stage optimization approach for short- term food price forecasting in china, *Expert Systems with Applications*, 33: 347-356.

19. Jordan,M.T.(1986), Serial order: A parallel distributed processing approach, UC San Diego, Institute for Cognitive Science, Report 8604.

20. Kumar, P. and E. Walia (2006), Cash forecasting: an application of artificial neural networks in finance, *International Jornal of Computer Science & Applications*, 3:61-77.

21. Moshiri, S., N. Cameron and D. Scuse (1999), Static, dynamic, and hybrid neural networks in forecasting inflation, *Computational Economics,* 14: 219-235.

22. Partugal, N. S. (1995), Neural networks versus time series methods: a forecasting exercises, 14th International Symposium on Forecasting, Sweden.

23. Sabbatini, M. and O. Linton (1998), A GARCH model of the implied volatility of the Swiss market index from option price, *International Journal of Forecasting*, 14: 99-213.

24. White, H. (1988), Economic prediction using neural networks: the case of IBM daily stock returns, Proceeding of the IEEE International Conference on Neural Network, 451-458.

25. Zhang, G., B. E. Patuwo and M. Y. Hu(1998), Forecasting with artificial neural network: the state of art, *International Journal of Forecasting*, 14: 35-62.