

پیش‌بینی قیمت تخم‌مرغ با استفاده از ARIMA، شبکه عصبی مصنوعی و هموارسازی هالت - وینترز^۱

دکتر محمدرضا کهنسال* زورار پرمه**

الهام اسماعیلی پور*** دکتر عبدالرسول قاسمی***

پذیرش: ۹۰/۸/۲

دریافت: ۸۸/۱۰/۱

پیش‌بینی قیمت / ARIMA / شبکه عصبی / هموارسازی هالت - وینترز / تخم‌مرغ

چکیده

یکی از مشکلات مهم تنظیم بازار داخلی عدم پیش‌بینی مناسب قیمت‌های آتی بازار است که باعث می‌شود دولت نتواند سیاست منسجمی برای کنترل نوسانات بازار اتخاذ کند. بر این اساس، پیش‌بینی قیمت کالاها در تنظیم بازار اهمیت ویژه‌ای دارد. اما مهم‌ترین نکته این است که کدام یک از روش‌های پیش‌بینی می‌تواند در اعمال تصمیم بهینه به مدیران و تصمیم‌گیرندگان بخش‌های اقتصادی و بازرگانی کمک کند. بنابراین، در این مقاله با استفاده از سه روش هموارسازی هالت - وینترز، ARIMA و شبکه عصبی مصنوعی قیمت ماهانه تخم‌مرغ پیش‌بینی می‌شود. براساس نتایج، از بین این سه روش، پیش‌بینی نتایج حاصله از روش شبکه عصبی به واقعیت نزدیک‌تر است و می‌تواند در ارائه تصمیم‌های مناسب سیاست‌گذاران را یاری دهد.

طبقه‌بندی JEL: C53, E37, Q11.

۱. این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی «پیش‌بینی تقاضا و قیمت مواد پروتئینی» است که در مؤسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی انجام شده است.

*. دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

** . دانشجوی دوره دکتری اقتصاد کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

*** . پژوهشگر مؤسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی.

**** . عضو هیأت علمی دانشکده اقتصاد علامه طباطبائی.

■ زورار پرمه، مسئول مکاتبات.

مقدمه

پیش‌بینی یکی از مهم‌ترین اهداف ساخت مدل‌های اقتصادی است که برخلاف بسیاری از بازارهای مهم، بازار محصولات کشاورزی از عرصه تحقیقات نوین پیش‌بینی به دور مانده، به گونه‌ای که مطالعات انجام شده نیز غالباً بر پایه روش‌های اقتصادسنجی استوار است. همچنین، پیش‌بینی صحیح قیمت بازار محصولات کشاورزی، آثار مهمی در سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی‌های اقتصادی این بخش دارد که این مهم با به‌کارگیری روش‌های عصبی - مصنوعی، می‌تواند علاوه بر ایجاد زمینه توسعه روش‌های نوین پیش‌بینی، سیاست‌گذاران این بخش را در تصمیم‌گیری‌های آتی، یاری رساند. علاوه بر این، متأسفانه قیمت مواد پروتئینی که جزو کالاهای مهم سبد مصرفی خانوارها هستند، نوسان‌های فراوانی دارد. این نوسان‌ها به معنای فقدان پیش‌بینی مناسب از قیمت‌های آتی بازار است که موجب شده دولت نتواند برای کنترل این نوسان‌ها سیاست منسجمی اتخاذ کند. بر این اساس، پیش‌بینی قیمت کالاها در تنظیم بازار، اهمیت ویژه‌ای دارد.

از سوی دیگر، در بخش تولید محصولات کشاورزی نیز به‌دلیل ریسک‌های فراوان، نوسان‌های بالایی در درآمد کشاورزان مشاهده می‌شود. ریسک موجود در فعالیت‌های کشاورزی ممکن است در اثر شرایط آب‌وهوایی، نوسان‌های قیمت، تولید و سیاست‌های اتخاذ شده دولت باشد. بر این اساس، پیش‌بینی دقیق قیمت از طریق کاهش نوسان‌های قیمتی، می‌تواند موجب انتخاب نوع محصول و سطح زیرکشت مناسب آن، تخصیص بهینه منابع، افزایش کارایی، افزایش مطلوبیت کشاورزان و در نهایت افزایش درآمد آن‌ها شود.^۱ اهمیت پیش‌بینی قیمت محصولات کشاورزی علاوه بر کمک به کشاورزان و دولت، کمک فراوانی به عوامل بازاریابی می‌کند.

پیش‌بینی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین شاخه‌های علمی مطرح شده در موضوع‌های اقتصادی - بازرگانی بوده که روزبه‌روز توسعه و پیشرفت می‌کند. مدیران بخش‌های مختلف اقتصادی و بازرگانی، به‌دلیل وجود انبوه متغیرهای تأثیرگذار، ترجیح می‌دهند مکانیزمی در اختیار داشته باشند که بتواند آن‌ها را در تصمیم‌گیری یاری دهد؛ به همین دلیل، می‌کوشند

۱. فهیمی فرد و همکاران (۱۳۸۸).

۲. نجفی و همکاران (۱۳۸۶).

برای پیش‌بینی از روش‌هایی استفاده کنند که به واسطه آن‌ها تخمین‌ها به واقعیت نزدیک و خطای‌شان بسیار کم باشد.

توجه به روش‌های نوین در پیش‌بینی (از قبیل روش شبکه‌های عصبی مصنوعی و الگوریتم‌های فازی) سبب ایجاد چالش‌های دیگری در علم پیش‌بینی شده است. در بعضی مطالعات که با استفاده از داده‌های سری زمانی یک یا چند متغیره انجام شده، روش‌های پیش‌بینی شبکه عصبی جواب مناسب‌تری در اختیار گذاشته است، اما در بعضی مدل‌های دیگر روش‌های کلاسیک مانند اقتصادسنجی، جواب‌های بهتری به دست می‌آید. رویکردهای ترکیبی که از مزایای هر دو نوع مدل‌های کلاسیک و شبکه‌های عصبی بهره می‌برند اشاره به این موضوع دارند که با ترکیب روش‌های مختلف پیش‌بینی، می‌توان خطای آن را کاهش داد و به جای استفاده منحصر به فرد از یک روش پیش‌بینی، ترکیبی از این روش‌ها را به کار برد. در این مقاله با استفاده از روش ترکیبی قیمت کالای تخم‌مرغ که از کالاهای مهم پروتئینی است، پیش‌بینی می‌شود. مقاله حاضر از شش بخش تشکیل شده است. پس از مقدمه، روند قیمت تخم‌مرغ در ایران بررسی شده است. بعد از آن، متدولوژی تحقیق بررسی می‌شود. مروری بر مطالعات انجام شده بخش بعدی مقاله را تشکیل می‌دهد و سپس به ارائه نتایج حاصل از روش‌های مختلف پرداخته شده و در پایان مقاله جمع‌بندی شده است.

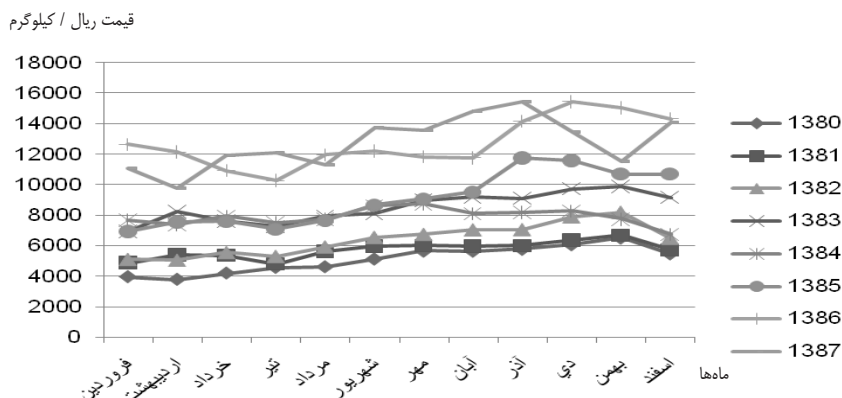
۱. بررسی قیمت تخم‌مرغ در ایران

امروزه دخالت دولت‌ها در بخش کشاورزی و بخش‌های دیگر اقتصادی از ویژگی‌های اساسی اقتصادهای مختلط است. این دخالت در کشورهای توسعه‌یافته به حداقل ممکن رسیده است، ولی در کشورهای در حال توسعه به دلیل ضرورت برنامه‌ریزی برای توسعه اقتصادی و نیز ضعف‌هایی که در نظام اقتصادی و بازار این کشورها وجود دارد، بیش‌تر به چشم می‌خورد. حتی در نظام‌های اقتصادی مبتنی بر اقتصاد آزاد، سازوکار قیمت به‌تنهایی در حل مسائل اقتصادی به‌ویژه اختصاص صحیح منابع و توزیع متعادل درآمد موفق نمی‌شود. به همین دلیل، دولت از راه‌های مختلف و به‌طور مستقیم و غیرمستقیم در امور مختلف اقتصادی و بازارها دخالت می‌کند تا کمبودهای نظام اقتصادی مبتنی بر بازار را تا حدودی برطرف سازد^۱.

۱. نمونه بارز این دخالت‌ها در بحران مالی اخیر در جهان مشاهده می‌شود.

بخش کشاورزی از جمله بخش‌هایی است که شاهد بیش‌ترین دخالت‌ها بوده است. این امر به ماهیت تولید در این بخش برمی‌گردد. تولید در بخش کشاورزی برخلاف تولیدات بخش صنعتی تابع شرایط آب و هوایی است. همین تأثیرپذیری تولید از شرایط آب و هوایی موجب ایجاد سیکل‌های تولید در این بخش شده است. از سوی دیگر، سیکل‌های تولید باعث شده بخش کشاورزی نتواند مقدار عرضه را بر حسب نوسان‌های کوتاه‌مدت بازار تنظیم کند. از این رو، دولت‌ها برای کاهش ریسک و جلوگیری از نوسان درآمد تولیدکنندگان و بی‌ثباتی در بازار، بازار را مدیریت می‌کنند.

روند قیمت خرده‌فروشی ماهانه تخم‌مرغ در سال‌های ۸۷-۱۳۸۰ در نمودار (۱) آمده است. براساس این جدول می‌توان در ماه‌های مختلف یک سال و یا در یک ماه مشخص در سال‌های مختلف وضعیت قیمت‌ها را بررسی کرد.



نمودار ۱- قیمت خرده‌فروشی تخم‌مرغ در سال‌های ۸۷-۱۳۸۰

قیمت خرده‌فروشی تخم‌مرغ در این دوره با رشد ۱۲/۱ درصد از ۵,۱۱۲ ریال به ازای هر کیلوگرم در سال ۱۳۸۰ به ۱۴,۳۱۲ ریال در سال ۱۳۸۷ (میانگین هفت ماهه) افزایش یافته است. بررسی قیمت در ماه‌های مختلف یک سال بیانگر آن است که قیمت‌های خرده‌فروشی به‌جز در سال ۱۳۸۴ در بقیه سال‌ها روند افزایشی داشته است. بیش‌ترین افزایش قیمت به سال ۱۳۸۵ اختصاص دارد و قیمت خرده‌فروشی در این سال با رشد ماهانه ۴/۰۷ درصد از ۶,۹۰۵ ریال به ازای هر کیلوگرم در فروردین ماه به ۱۰,۷۱۲ ریال به ازای هر کیلوگرم

در اسفند ماه رسیده است (۵۵ درصد افزایش در کل سال). پس از سال ۱۳۸۵، بیش‌ترین رشد قیمت به ترتیب در سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۸۰، ۱۳۸۳، ۱۳۸۲ و ۱۳۸۱ با ۳/۰۸ درصد، ۲/۹۹ درصد، ۲/۶۰ درصد، ۲/۲۴ درصد و ۱/۴۵ درصد بوده است. همان‌گونه که اشاره شد تنها در سال ۱۳۸۴ رشد قیمت‌های خرده‌فروشی تخم‌مرغ روند نزولی داشته و قیمت با نرخ رشد ماهانه منفی ۱/۱۶ درصد از ۷,۶۶۰ ریال در فروردین ماه به ۶,۷۳۵ ریال در اسفند ماه رسیده است. بررسی قیمت ماهانه در سال‌های مختلف نشان می‌دهد که در اسفند ماه و سه ماهه بهار بیش‌ترین رشد قیمت وجود دارد.

۲. مندولوزی تحقیق

طبق تعریف، پیشگویی شرایط و حوادث آینده، پیش‌بینی نامیده شده و چگونگی انجام این عمل، پیش‌بینی کردن تعریف می‌شود. پیش‌بینی‌کننده با اطلاعات به‌دست آمده از گذشته و تجربه و تحلیل این داده‌ها، الگویی قابل تعمیم برای آینده آماده می‌کند. این روش پایه، با فرض ادامه الگوی به‌دست آمده در آینده، در اغلب روش‌های پیش‌بینی استفاده می‌شود.^۱ روش‌های مختلفی برای پیش‌بینی متغیرهای سری زمانی وجود دارد. در حالت کلی می‌توان روش‌های پیش‌بینی را به دو دسته رگرسیونی و غیررگرسیونی تقسیم‌بندی کرد. روش‌های غیررگرسیونی شامل روش میانگین ساده^۲، روش‌های میانگین متحرک^۳ و انواع روش‌های تعدیل نمایی^۴ ... است. از جمله روش‌های رگرسیونی نیز می‌توان به مدل خودرگرسیو با واریانس ناهمسانی شرطی^۵ (ARCH) و مدل خودرگرسیو با واریانس ناهمسانی شرطی تعمیم‌یافته^۶ (GARCH) اشاره کرد. با این حال پرکاربردترین روش‌های پیش‌بینی رگرسیونی شامل فرآیند ARIMA و ARMA هستند؛ اما امروزه به موازات روش‌های ذکرشده، روش جدیدتری نیز برای پیش‌بینی ابداع شده که به رویکرد شبکه عصبی معروف است.

۱. نجفی، بهاء‌الدین و محمدحسین طرازکار (۱۳۸۵).

2. Simple Average.

3. Moving Average.

4. Exponential Smoothing.

5. Auto-Regressive Conditionally Heteroscedastic.

6. Generalized Auto-Regressive Conditionally Heteroscedastic.

در این تحقیق برای پیش‌بینی قیمت تخم‌مرغ از سه روش هموارسازی هالت - وینترز، ARIMA و شبکه عصبی مصنوعی استفاده شده است که در ادامه به شرح مختصر هر یک از این روش‌ها پرداخته خواهد شد.

۱-۲. هموارسازی هالت وینترز

سری‌های زمانی بسیاری وجود دارند که نمی‌توانند به وسیله یک چندجمله‌ای به طور مناسب مدل‌بندی شوند. مثلاً یک سری زمانی با تغییرات فصلی یا سیکلی را نمی‌توان به آسانی به وسیله یک مدل چندجمله‌ای معرفی کرد. برای پیش‌بینی سری زمانی فصلی از نتیجه کار «هالت» و «وینترز» استفاده می‌شود که اغلب روش وینترز نامیده می‌شود.

$$x_t = (a_1 + b_2 t) C_t + \varepsilon_t$$

C_t یک عامل فصلی ضرب‌پذیر و b پارامتری نامعلوم است که با روش کم‌ترین مربعات تخمین زده خواهد شد.

مدل فصلی ضرب‌پذیر برای سری زمانی مناسب است که در آن دامنه یا ارتفاع الگوی فصلی متناسب با سطح متوسط سری باشد. به عبارتی اندازه اثر فصلی با میانگین نسبت مستقیم دارد. در این روش به طور دوره‌ای تخمین پارامترهای مدل مورد تجدیدنظر قرار می‌گیرد. در انتهای دوره جاری T پس از مشاهده رخداد برای آن دوره (x_t) محاسبات زیر انجام می‌شود:

(۱) تخمین مولفه ثابت اصلاح شود.

$$\hat{a}_1(T) = \alpha \frac{x_T}{\hat{C}_T(T-L)} + (1-\alpha) [\hat{a}_1(T-1) + \hat{b}_2(T-1)]$$

که در آن $0 < \alpha < 1$ ثابت هموارسازی است. تقسیم x_T بر $\hat{C}_T(T-1)$ که تخمین عامل فصلی برای پریود T بوده که یک فصل قبل (L پریود قبل) محاسبه شده است، داده را از فصلی بودن خارج می‌کند به نحوی که در فرآیند اصلاح $\hat{a}_1(T)$ تنها مؤلفه روند و

مقدار قبلی مؤلفه ثابت وارد می‌شوند. این کار مبدأ زمان را به انتهای پریود جاری منتقل می‌کند.

(۲) تخمین مؤلفه روند اصلاح شود.

$$\hat{b}_2(T) = \beta[\hat{a}_1(T) - \hat{a}_1(T-1)] + (1-\beta)\hat{b}_2(T-1)$$

که در آن $0 < \beta < 1$ ثابت هموارسازی دوم است.

(۳) تخمین عامل فصلی برای پریود T اصلاح شود.

$$\hat{C}_T(T) = \gamma \frac{x_T}{\hat{a}_1(T)} + (1-\gamma)\hat{C}_T(T-L)$$

که در آن $0 < \gamma < 1$ ثابت هموارسازی سوم است.

(۴) پیش‌بینی مشاهده هر سیکل آینده $T + \tau$

$$\hat{x}_{T+\tau}(T) = [\hat{a}_1(T) + \hat{b}_2(T)\tau]\hat{C}_{T+\tau}(T+\tau-L)$$

توسعه سیستم پیش‌بینی با استفاده از روش وینترز نیاز به مقادیر اولیه پارامترهای $\hat{a}_1(T)$ ، $\hat{b}_2(T)$ ، $\hat{C}_t(0)$ به‌ازای $t = 1, 2, 3, \dots, L$ دارد. برای این منظور وینترز روش زیر را پیشنهاد می‌کند:

$$\hat{b}_2(0) = \frac{\bar{x}_m - \bar{x}_1}{(m-1)L} \quad \hat{a}_1(0) = \bar{x}_1 - \frac{L}{2}\hat{b}_2(0) \quad \hat{C}_t(0) = \bar{C}_t \frac{L}{\sum_{t=1}^L \bar{C}_t}$$

$\hat{b}_2(0)$ مؤلفه روند و $\hat{a}_1(0)$ مؤلفه ثابت را در شروع اولین پریود تخمین می‌زنند. m تعداد فصل‌ها است و L طول فصل است (مثلاً برای داده‌های ماهانه که برای دو سال جمع شده‌اند $L = 12$ و $m = 2$ است). مقادیر α ، β ، γ ، به‌صورت اختیاری تعیین می‌شوند.^۱

۲-۲. ARIMA

فرآیند ARIMA (p,d,q) برای متغیر x را می توان به صورت رابطه زیر نوشت:

$$y_t = f(t) + \sum_{i=1}^p \phi_i y_{t-i} + \sum_j^q \theta_j \varepsilon_{t-j} + \varepsilon_t$$

که در آن:

$$y_t = \Delta^d x_t = (1-d)^d x_t$$

و $f(t)$ روند زمانی را در صورت وجود در y_t برآورد می کند. در اکثر متغیرهای اقتصادی، معمولاً $d=1$ و بنابراین $f(t)=\mu$ و یا $d=0$ در نتیجه $f(t)=\alpha+\delta t$.

در فرآیند ARIMA(p, d, q)، p به ترتیب بیانگر تعداد جملات خودرگرسیون، مرتبه تفاضل گیری و تعداد جملات میانگین متحرک است. در صورتی که d با صفر برابر شود فرآیند ARIMA به فرآیند ARMA تبدیل خواهد شد. معمولاً برای تخمین الگوهای فوق از روش باکس - جنکینز استفاده می شود که مبتنی بر یک روش تکرار چهار مرحله ای است:

- ۱) شناسایی آزمایشی^۱ یا تشخیص: در این مرحله به دنبال تعیین مقادیر واقعی وقفه ها بوده و برای این کار از نمودار همبستگی و همبستگی جزئی استفاده می شود.
- ۲) تخمین: داده های مربوط به گذشته برای تخمین پارامترهای مدلی که در مرحله اول به طور آزمایشی تعیین شده است به کار می رود.
- ۳) تشخیص دقت برازش^۲ (کنترل تشخیصی): در این مرحله کفایت مدل شناسایی شده کنترل می شود و در صورت نیاز مدل بهتری پیشنهاد می شود.
- ۴) پیش بینی: به محض این که مدل نهایی به دست آمد، برای پیش بینی مقادیر آینده سری زمانی به کار خواهد رفت.

۲-۳. شبکه های عصبی مصنوعی (ANN)

شبکه های عصبی مدل های محاسباتی هستند که قادرند رابطه میان ورودی ها و

1. Tentative Identification.

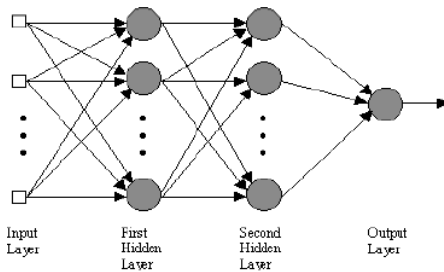
2. Diagnostic Checking.

خروجی‌های یک سیستم فیزیکی را توسط شبکه‌ای از گره‌هایی که همگی با هم متصل‌اند، تعیین کنند که در آن میزان فعالیت هر یک از این اتصالات توسط اطلاعات تاریخی تنظیم می‌شود (فرآیند یادگیری) و در نهایت مدل قادر خواهد بود قوانین مرتبط میان ورودی‌ها و خروجی‌ها را کشف کند، هر چند این قوانین غیرخطی و پیچیده باشند. یک شبکه عصبی شامل اجزای سازنده لایه‌ها و وزن‌ها است^۱. رفتار شبکه نیز به ارتباط بین اعضا وابسته است. در حالت کلی در شبکه‌های عصبی سه نوع لایه نرونی وجود دارد:

(۱) لایه ورودی: دریافت اطلاعات خامی که به شبکه تغذیه شده است.

(۲) لایه‌های پنهان: عملکرد لایه‌های پنهان به وسیله ورودی‌ها و با توجه به وزن ارتباط بین آن‌ها و لایه‌های پنهان تعیین می‌شود. وزن‌های بین واحدهای ورودی و پنهان تعیین می‌کند که در چه زمانی باید یک واحد پنهان فعال شود.

(۳) لایه خروجی: عملکرد واحد خروجی بسته به فعالیت واحد پنهان و مبتنی بر وزن ارتباط بین واحد پنهان و خروجی است.



هر دو لایه از یک شبکه به وسیله وزن‌ها و در واقع اتصالات با هم ارتباط می‌یابند. در شبکه‌های عصبی چند نوع اتصال و یا پیوند وزنی وجود دارد.

در شبکه‌های عصبی تابع فعال‌سازی^۲ (محرك)، تابع 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 مسأله می‌تواند به صورت خطی یا غیرخطی انتخاب شود. دو نوع تابع فعال‌سازی متداول برای

1. Kohzadi and et al. (1995).

2. Activation or Transfer Function.

مدل‌های پیش‌بینی سری زمانی عبارت‌اند از توابع زگموئید^۱ و تانژانت هیپربولیک^۲. به‌طور کلی 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 پیش‌خور^۳ می‌گویند. شبکه عصبی پس‌انتشار خطا (BPN) (مورد استفاده در این مطالعه) شبکه‌ای پیش‌خور است. اما در صورتی که اطلاعات در هر دو مسیر توسط حلقه‌هایی در شبکه جریان داشته باشد به آن‌ها شبکه‌های عصبی بازگشتی^۴ می‌گویند. این شبکه‌ها، شبکه‌های پویایی هستند و وضعیت‌شان تا زمان رسیدن به یک نقطه تعادل، پیوسته متغیر است.^۵

نحوه محاسبات در شبکه‌های عصبی بدین شکل است که ورودی‌های به نرون (x_1 تا x_n) در وزن‌های (w_1 تا w_n) ضرب شده و مجموع نتایج حاصل از هر ورودی پس از اعمال در یک تابع، خروجی نرون را تشکیل می‌دهد (net_j) که در شکل زیر به نمایش درآمده و مدل ریاضی آن به‌صورت رابطه زیر است:

$$net_j = \sum_{i=1}^n w_{ij} x_i$$

در بعضی موارد مقدار ثابتی در هر نرون به‌عبارت رابطه فوق به نام وزن اریب^۶ نیز افزوده می‌شود که آن را به‌صورت زیر درمی‌آورد:

$$net_j = \sum_{i=1}^n w_{ij} x_i + b_i$$

شبکه‌های عصبی مصنوعی، مدل‌های مختلفی دارند که با توجه به جهت ورود اطلاعات و پردازش آن‌ها به انواع مختلفی از جمله شبکه‌های عصبی پیش‌خور^۷، شبکه‌های بازگشتی^۸، شبکه‌های توابع پایه شعاعی^۹ و شبکه‌های پرسپترون چندلایه^{۱۰} تقسیم می‌شوند. در این تحقیق

1. Sigmoid: $f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$.

2. hyperbolic tangent: $f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$.

3. Feed Forward.

4. Recurrent Neural Networks.

5. Kuan, C. M. and H. White (1994).

6. Bias Weight.

7. Feed-Forward Neural Networks.

8. Recurrent Networks.

9. Radial Basis Function Networks.

10. Multilayer Perceptron Networks.

از شبکه‌های عصبی پیش‌خور استفاده شده است. شبکه‌های عصبی پیش‌خور کاربردی‌ترین نوع شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی هستند؛ زیرا می‌توان ثابت کرد شبکه‌های عصبی پیش‌خور با یک لایه پنهان، تابع فعال‌سازی لجستیک 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^۱. لذا در این مطالعه از شبکه پرسپترون و رگرسیون تعمیم‌یافته که از انواع شبکه‌های پیش‌خور هستند استفاده شده است.

معمولاً در شبکه‌های عصبی کل داده‌های موجود به دو مجموعه آموزشی^۲ و آزمون^۳ طبقه‌بندی می‌شوند. مجموعه آموزشی توسط یادگیری برای تخمین وزن‌های شبکه و مجموعه آزمون جهت ارزیابی دقت پیش‌بینی شبکه آموزش‌دیده، استفاده می‌شوند.

۴-۲. بررسی قدرت پیش‌بینی مدل

برای بررسی این نکته که آیا مدل انتخابی بهترین مدل است، از سه معیار زیر استفاده می‌شود:

(۱) معیار میانگین مربع خطا (MSE) یا ریشه میانگین مربع خطا^۴ (RMSE)

$$MSE = \frac{\sum (\hat{y} - y_t)^2}{n}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (\hat{y} - y_t)^2}{n}}$$

(۲) معیار میانگین قدر مطلق انحراف^۵ (MAD) یا میانگین قدر مطلق درصد خطا^۶ (MAPE)

$$MAD = \frac{\sum |\hat{y}_t - y_t|}{n}$$

۱. نجفی و همکاران (۱۳۸۶).

2. Training Set.
3. Testing Set.
4. Mean Squared Error or Root Mean Squared Error.
5. Mean Absolute Deviation.
6. Mean Absolute Percentage Error.

$$MAPE = \frac{\sum \left| \frac{\hat{y}_t - y_t}{y_t} \right|}{n}$$

۳) آماره u تایل

آماره u تایل یک معیار اندازه‌گیری براساس RMSE است و به صورت نسبت ریشه میانگین مجذور خطای مدل پیش‌بینی به ریشه میانگین مجذور خطای یک مدل ابتدایی که می‌پذیرد ارزش متغیر مورد پیش‌بینی تغییر نمی‌کند، محاسبه می‌شود. بنابراین، پیش‌بینی دوره بعد به صورت ساده، ارزش واقعی دوره قبل را ارائه می‌کند.

$$U = \frac{\sqrt{\frac{\sum (\hat{y}_t - y_t)^2}{n}}}{\sqrt{\frac{\sum (\hat{Y}_t - Y_t)^2}{n}}}$$

هر اندازه آماره U به صفر نزدیک‌تر باشد، بهتر است. معمولاً ارزش‌های کوچک‌تر از ۰/۵۵ مورد قبول‌اند. مدل‌هایی که آماره آن‌ها بزرگ‌تر از یک باشد رد می‌شوند، زیرا در این حالت پیش‌بینی مدل از یک مدل ابتدایی هم بدتر است.

۳. مروری بر مطالعات انجام‌شده^۱

بیاری و آذربایجانی (۱۳۸۶) از رهیافت شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) در پیش‌بینی قیمت برخی محصولات پروتئینی (گوشت مرغ و تخم مرغ) در ایران استفاده کرده‌اند. در تحقیق حاضر سعی شده است قیمت محصولات پروتئینی گوشت مرغ و تخم مرغ براساس روش جدید شبکه‌های عصبی مصنوعی و همچنین روش‌های رگرسیون تک معادله‌ای، روش هم‌جمعی جوهانسون - جوسیلیوس، مدل‌های ARDL و ARIMA پیش‌بینی شود.

۱. لازم به ذکر است در سال‌های اخیر استفاده از مدل‌های پیش‌بینی، به‌ویژه پیش‌بینی براساس شبکه‌های عصبی مصنوعی در ایران رایج شده است که در این مطالعه تنها به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود.

نجفی و همکاران (۱۳۸۶) قیمت برخی محصولات زراعی استان فارس را با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پیش‌بینی کرده‌اند. براساس نتایج این مطالعه روش عصبی مصنوعی ابزار قدرتمندی برای پیش‌بینی قیمت بوده و در پیش‌بینی‌های سه ماه آتی از لحاظ آماری از سایر روش‌ها برتر است. در مقابل، سایر روش‌ها هرچند در پیش‌بینی‌های شش ماه آتی در مقایسه با روش شبکه عصبی مصنوعی خطای کم‌تری دارند، اما این تفاوت معنی‌دار نیست و شبکه عصبی مصنوعی قادر است قیمت شش ماه آینده محصولات منتخب را به‌خوبی - اما نه بهتر از سایر روش‌ها - پیش‌بینی کند.

اوگوری و همکاران^۱ (۱۹۹۲) به پیش‌بینی قیمت تخم‌مرغ در ژاپن پرداخته‌اند. قیمت سالانه، ماهانه و روزانه تخم‌مرغ در کشور ژاپن نوسان زیادی داشته و حتی در بین تمام محصولات کشاورزی بالاترین نوسان را دارد. بنابراین، قیمت‌گذاری و پیش‌بینی قیمت تخم‌مرغ یکی از مهم‌ترین مسائل برای تثبیت قیمت‌ها و اجتناب از ریسک است. هدف این مطالعه پیش‌بینی دقیق قیمت و بحث پیرامون روش‌های پیش‌بینی قیمت تخم‌مرغ است. قیمت‌های ماهانه و سالانه عمده‌فروشی تخم‌مرغ در دوره ۹۰-۱۹۸۶ برای این مطالعه استفاده شد و با استفاده از مدل خودرگرسیو و نوعی مدل رگرسیون چندگانه اصلاح‌شده برای پیش‌بینی استفاده شد.

طیبی و بیاری^۲ (۲۰۰۸) در مطالعه‌ای با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و روش‌های سری زمانی، قیمت گوشت مرغ را پیش‌بینی کرده‌اند. در این مقاله سعی شده است قیمت گوشت مرغ در ایران در دوره‌های یک ماهه، شش ماهه و دوازده ماهه پیش‌بینی شود. برای این کار برای پیش‌بینی فوریه ۲۰۰۵ تا ژانویه ۲۰۰۶ از داده‌های مارس ۱۹۹۱ تا ژانویه ۲۰۰۵ استفاده شده است. برای این کار، همان‌طور که در بالا اشاره شد، از دو روش شبکه‌های عصبی مصنوعی و مدل‌های سری زمانی شامل مدل‌های ARIMA و ARDL برای مقایسه نتایج استفاده شده است. در مجموع مدل‌های عصبی مصنوعی در مقایسه با مدل‌های سنجی پیش‌بینی قیمت دقیق‌تری دارند.

فهیمی‌فرد و همکاران (۱۳۸۸) به پیش‌بینی قیمت محصولات منتخب کشاورزی ایران با

1. Oguri, K.et.al. (1992).

2. Tayebi.S.K and L.Bayari (2008).

روش تلفیقی شبکه عصبی - خودرگرسیونی با ورودی‌های برون‌زا پرداخته‌اند. نتایج ارزیابی کارایی مدل‌ها نشان داد که مدل غیرخطی شبکه عصبی - خودرگرسیونی در پیش‌بینی قیمت خرده‌فروشی محصولات کشاورزی و اقل‌های زمانی مورد بررسی، در مقایسه با مدل خطی ARIMA کارا تر است.

احمد و ماریانو^۱ (۲۰۰۶) در مطالعه‌ای روش‌های پیش‌بینی قیمت تخم‌مرغ در آمریکا را مقایسه کرده‌اند. در این مطالعه برای پیش‌بینی قیمت تخم‌مرغ در آمریکا از دو روش اقتصادسنجی و مدل شبکه‌های عصبی استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که مدل‌های پیش‌خور نتایج بهتری در اختیار گذاشته است.

احمد و همکاران^۲ (۲۰۰۱) با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی قیمت تخم‌مرغ در آمریکا را پیش‌بینی کرده‌اند. در این مقاله نیز روش‌های مختلف شبکه عصبی مصنوعی از جمله شبکه BPNN و GRNN مقایسه شده است. نتایج این تحقیق بیانگر آن است که مدل شبکه عصبی مصنوعی پیش‌خور به‌عنوان الگوی کارا تر شناخته شده و پیش‌بینی‌های مناسبی از قیمت تخم‌مرغ ارائه می‌کند.

۴. نتایج و بحث

استفاده از روش‌های سنتی اقتصادسنجی برای کارهای تجربی مبتنی بر فرض مانایی متغیرها است. بررسی‌های انجام‌شده در این زمینه نشان می‌دهد که این فرض در مورد بسیاری از سری‌های زمانی اقتصادی نادرست بوده و اغلب این متغیرها نامانا هستند. بنابراین، مطابق با نظریه هم‌جمعی در اقتصادسنجی نوین، ضروری است تا از پایایی متغیرها اطمینان حاصل کرد. برای این منظور از آزمون دیکی - فولر تعمیم‌یافته برای مانایی متغیرها استفاده شد. نتایج آزمون‌ها نشان داد که تمامی متغیرها در سطح داده‌ها نامانا هستند. بنابراین، فرضیه صفر مبنی بر وجود ریشه واحد برای هیچ‌یک از متغیرها رد نمی‌شود. اما، تمامی متغیرها پس از یک بار تفاضل‌گیری مانا می‌شوند؛ پس براساس آزمون دیکی - فولر تعمیم‌یافته، همه متغیرهای موجود در الگوها از درجه $I(1)$ هستند.

1. H. A. Ahmad and M. Mariano.

2. Ahmad.H. A, G.V. Dozier, and D.A.Rolad (2001).

جدول ۱- نتایج آزمون دیکی - فولر تعمیم‌یافته

مقادیر بحرانی			آماره ADF	وجود روند و عرض از مبدا	متغیر مورد نظر
۱۰ درصد	۵ درصد	۱ درصد			
-۳/۱۶	-۳/۴۷	-۴/۰۹	-۳/۶	هر دو	CPE

۱-۴. پیش‌بینی با روش همواره‌سازی

بعد از این که مانایی متغیر قیمت خرده‌فروشی تخم‌مرغ در سطح یک اثبات شد در قسمت بعد با استفاده از مدل‌های هالت - وینترز، ARIMA و شبکه عصبی مصنوعی به پیش‌بینی قیمت پرداخته می‌شود. هموارسازی نمایی یا یکنواخت‌سازی، روشی بر مبنای یک مدل آماری خودرگرسیون است. در این روش تنها از اطلاعات مربوط به سری مورد پیش‌بینی استفاده می‌شود. به منظور استفاده از این مدل، روش‌های هموارسازی نمایی انفرادی، هموارسازی نمایی دوگانه، هالت - وینترز غیرفصلی، هالت - وینترز تجمعی، هالت - وینترز ضربی برازش و آزمون شدند (جدول ۲) و در نهایت، مدل نهایی با توجه به معیار RMSE انتخاب شده است.

جدول ۲- نتایج برازش پنج روش هموارسازی برای پیش‌بینی ۸۵-۱۳۸

بهترین مدل	پارامترهای بینه			RMSE روش‌های مختلف					متغیر مورد نظر
	λ	β	α	۵	۴	۳	۲	۱	
۴	۰	۰	۰/۷۸	۴۷۲/۸۶	۴۶۸/۶۶	۶۲۸/۲۱	۷۲۰/۱۵	۶۶۹/۵۱۶	CPE

در سری‌های زمانی CPE، دامنه الگوی فصلی از سطح متوسط سری مستقل است، لذا مدل فصلی جمع‌پذیر که توسط معیار RMSE انتخاب شده، مناسب است. مقادیر پیش‌بینی شده مربوط به قیمت عمده‌فروشی و خرده‌فروشی تخم‌مرغ در سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۹۰ با مدل منتخب روش هموارسازی (هالت - وینترز تجمعی) در جدول (۳) قابل مشاهده است.

جدول ۳- مقادیر پیش‌بینی‌شده CPE توسط روش حالت - وینترز تجمعی به صورت ماهانه (ریال/کیلوگرم)

۱۳۹۰	۱۳۸۹	۱۳۸۸	۱۳۸۷	۱۳۸۶	۱۳۸۵	
۱۳۰۲۴/۶۵	۱۲۲۳۴/۱۲	۱۱۴۴۳/۵۹	۱۰۶۵۳/۰۵	۹۸۶۲/۵۱۹	۶۰۹۱/۸۷۱	فروردین
۱۳۳۵۳/۴۹	۱۲۵۶۲/۹۵	۱۱۷۷۲/۴۲	۱۰۹۸۱/۸۹	۱۰۱۹۱/۳۵	۷۰۵۴/۹۶۱	اردیبهشت
۱۳۴۹۹/۸۲	۱۲۷۰۹/۲۹	۱۱۹۱۸/۷۵	۱۱۱۲۸/۲۲	۱۰۳۳۷/۶۹	۷۵۹۲/۸۹۵	خرداد
۱۳۲۰۴/۴۹	۱۲۴۱۳/۹۵	۱۱۶۲۳/۴۲	۱۰۸۳۲/۸۹	۱۰۰۴۲/۳۵	۷۲۹۲/۹۶۳	تیر
۱۳۶۹۹/۳۲	۱۲۹۰۸/۷۹	۱۲۱۱۸/۲۵	۱۱۳۲۷/۷۲	۱۰۵۳۷/۱۹	۷۶۰۹/۲۰۱	مرداد
۱۴۲۹۶/۳۲	۱۳۵۰۵/۷۹	۱۲۷۱۵/۲۵	۱۱۹۲۴/۷۲	۱۱۱۳۴/۱۹	۸۲۲۹/۴۴۵	شهریور
۱۴۶۴۸/۳۲	۱۳۸۵۷/۷۹	۱۳۰۶۷/۲۵	۱۲۲۷۶/۷۲	۱۱۴۸۶/۱۹	۸۹۱۷/۲۸۶	مهر
۱۴۶۹۹/۶۵	۱۳۹۰۹/۱۲	۱۳۱۱۸/۵۹	۱۲۳۲۸/۰۵	۱۱۵۳۷/۵۲	۹۰۸۲/۲۷۹	آبان
۱۵۱۰۹/۱۵	۱۴۳۱۸/۶۲	۱۳۵۲۸/۰۹	۱۲۷۳۷/۵۵	۱۱۹۴۷/۰۲	۹۸۳۲/۴۳	آذر
۱۵۴۴۷/۳۲	۱۴۶۵۶/۷۹	۱۳۸۶۶/۲۵	۱۳۰۷۵/۷۲	۱۲۲۸۵/۱۹	۱۱۶۸۵/۰۶	دی
۱۵۴۱۱/۶۵	۱۴۶۲۱/۱۲	۱۳۸۳۰/۵۹	۱۳۰۴۰/۰۵	۱۲۲۴۹/۵۲	۱۱۵۷۹/۱۴	بهمن
۱۴۵۰۵/۸۲	۱۳۷۱۵/۲۹	۱۲۹۲۴/۷۵	۱۲۱۳۴/۲۲	۱۱۳۴۳/۶۹	۹۹۸۹/۹۰۱	اسفند
۱۴۲۴۱/۶۷	۱۳۴۵۱/۱۳	۱۲۶۶۰/۶	۱۱۸۷۰/۰۷	۱۱۰۷۹/۵۳	۸۷۴۶/۴۵۳	متوسط سالیانه

منبع: یافته‌های تحقیق

۴-۲. پیش‌بینی قیمت خرده‌فروشی تخم‌مرغ (CPE) به روش ARIMA

برای پیش‌بینی قیمت‌های موردنظر با روش ARIMA، پس از آزمون ایستایی متغیرها، نمودارهای خودهمبستگی بررسی شده و با توجه به نقاط اوج این نمودارها و اشکال خاص افول آن‌ها، مدل آزمایشی اولیه برای پیش‌بینی شناسایی می‌شود. سپس به تخمین پارامترهای مدل پرداخته و با آزمون ایستایی اجزای باقیمانده کفایت مدل بررسی می‌شود. مدل نهایی انتخاب شده برای پیش‌بینی استفاده خواهد شد.

در این قسمت از داده‌های ماهانه قیمت خرده‌فروشی تخم‌مرغ که مطابق آزمون دیکی-فولر در سطح یک است، استفاده می‌شود. داده‌ها مربوط به سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۵ است که برای تعیین دقت مدل در پیش‌بینی، داده‌های سال آخر (۱۳۸۵) به عنوان مجموعه آزمون در نظر گرفته می‌شود. بنابراین، برای تخمین مدل از داده‌های سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۸۴ یعنی ۶۰ مشاهده استفاده می‌شود.

در پیش‌بینی مقادیر آینده متغیر CPE، برای حذف روند، سری را بر روی زمان رگرس کرده (در آزمون دیکی - فولر سری CPE در سطح ده درصد، روند ایستا بوده است) و سپس نمودار خودهمبستگی باقیمانده‌های این رگرسیون بررسی می‌شود. معادله زیر رگرسیون سری CPE بر روی روند را نشان می‌دهد:

$$\text{LOG (CPE)}=7.229+0.01133*\text{@TREND}$$

$$F=142 \quad DW=0.5 \quad R^2=0.7$$

مقادیر خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی باقیمانده‌های معادله بالا در نمودار (۲) نشان داده شده است. همان‌گونه که در این نمودار مشاهده می‌شود، SAC افول کرده، و SPAC تا وقفه P نقطه اوج دارد و سپس منقطع می‌شود.

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.681	0.681	29.235	0.000
		2	0.369	-0.177	37.955	0.000
		3	0.281	0.205	43.123	0.000
		4	0.104	-0.292	43.844	0.000
		5	-0.150	-0.190	45.371	0.000
		6	-0.237	-0.004	49.234	0.000
		7	-0.173	0.093	51.338	0.000
		8	-0.094	0.126	51.973	0.000
		9	-0.086	-0.092	52.509	0.000
		10	-0.010	0.073	52.517	0.000
		11	0.082	-0.055	53.030	0.000
		12	0.068	-0.039	53.391	0.000
		13	-0.045	-0.157	53.550	0.000
		14	-0.159	-0.159	55.585	0.000
		15	-0.227	-0.058	59.851	0.000
		16	-0.302	-0.095	67.544	0.000
		17	-0.405	-0.138	81.732	0.000
		18	-0.452	-0.188	99.801	0.000
		19	-0.373	-0.036	112.44	0.000
		20	-0.208	0.107	116.47	0.000
		21	-0.162	-0.200	118.98	0.000
		22	-0.072	0.088	119.49	0.000

نمودار ۲- خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی باقیمانده‌های معادله فوق

لذا عمل کننده خود رگرسیو از درجه P که شکل آن را نقاط اوج SPAC تعیین می کند، بهترین مدل را به دست می دهد. نقاط اوج در وقفه های اول و پنجم برای AR، بهترین مدل را نتیجه داده است. مدل نهایی انتخاب شده برای مدل سازی متغیر CPE به صورت زیر است:

$$\text{LOG}(CPE) = 7.408 + 0.0101 * @TRENDR + \text{AR}(1) = 0.7693 \text{AR}(5) = -0.2338$$

$$F = 89/05 \quad DW = 1/79 \quad R^2 = 0/83$$

جدول زیر آماره های مربوط به دقت پیش بینی را برای دو مدل بالا نشان می دهد:

جدول ۵- آماره های دقت پیش بینی توسط مدل ARIMA در دوره ۸۵-۱۳۸۰

TITLE	MAPE	MAE	RMSE	مدل انتخابی	متغیر مورد پیش بینی
۰/۰۶۲	۱۲/۱۸	۱۰۶۳/۱۱۵	۱۱۸۱/۹۹	ARIMA	CPE

منبع: نتایج تحقیق

جدول ۵- مقادیر پیش بینی شده CPE توسط روش ARIMA به صورت ماهانه (ریال/کیلوگرم)

۱۳۹۰	۱۳۸۹	۱۳۸۸	۱۳۸۷	۱۳۸۶	۱۳۸۵	
۱۶۴۳۸/۷۲	۱۴۵۶۷/۰۶	۱۲۹۴۶/۹۵	۱۱۵۴۱/۲۱	۹۹۱۲/۱۶۲	۷۳۴۲/۵۱۲	فروردین
۱۶۶۰۶/۴۵	۱۴۷۱۹/۴۹	۱۳۰۷۷/۰۳	۱۱۵۹۷/۵۶	۹۸۷۷/۵۹۵	۷۸۶۵/۱۹۹	اردیبهشت
۱۶۷۷۶/۰۸	۱۴۸۷۱/۸۲	۱۳۲۰۱/۹۳	۱۱۶۵۸/۷۳	۹۹۳۳/۱۶	۸۳۱۰/۶۰۳	خرداد
۱۶۹۴۷/۳۷	۱۵۰۲۳/۸۴	۱۳۳۲۴/۱۲	۱۱۷۳۳/۳۵	۱۰۰۶۷/۳۵	۸۸۴۹/۲۱	تیر
۱۷۱۲۰/۱۶	۱۵۱۷۵/۶۸	۱۳۴۴۶/۳	۱۱۸۲۶/۴۲	۱۰۲۵۸/۳۲	۹۶۳۶/۰۵۳	مرداد
۱۷۲۹۴/۳۴	۱۵۳۲۷/۷۴	۱۳۵۷۰/۸۷	۱۱۹۳۹/۰۸	۱۰۴۸۲/۸۱	۱۰۱۳۰/۳۱	شهریور
۱۷۴۶۹/۸۸	۱۵۴۸۰/۵۸	۱۳۶۹۹/۶۲	۱۲۰۶۹/۲۲	۱۰۷۱۷/۶۶	۱۰۴۰۸/۴۵	مهر
۱۷۶۴۶/۸۵	۱۵۶۳۴/۷۸	۱۳۸۳۳/۵۲	۱۲۲۱۲/۴۳	۱۰۹۳۸/۷۵	۱۰۵۴۰/۸۷	آبان
۱۷۸۲۵/۳۵	۱۵۷۹۰/۸۵	۱۳۹۷۲/۷۶	۱۲۳۶۳/۱۸	۱۱۱۲۹/۱۴	۱۰۵۳۸	آذر
۱۸۰۰۵/۵۱	۱۵۹۹۴/۱۶	۱۴۱۱۶/۸	۱۲۵۱۵/۸۹	۱۱۲۸۱/۱۶	۱۰۳۷۶/۵۳	دی
۱۸۱۸۷/۴۷	۱۶۱۰۹/۹۲	۱۴۲۶۴/۶۶	۱۲۶۶۵/۸۸	۱۱۳۹۵/۲۳	۱۰۱۸۲/۳۶	بهمن
۱۸۳۷۱/۳۶	۱۶۲۷۳/۱۴	۱۴۴۱۵/۱۳	۱۲۸۱۰/۰۲	۱۱۴۷۸/۰۸	۱۰۰۱۸/۹۵	اسفند
۱۷۳۹۰/۸	۱۵۴۱۰/۳۴	۱۳۶۵۵/۸۱	۱۲۰۷۷/۷۵	۱۰۶۲۲/۶۲	۹۵۱۶/۵۸۸	متوسط سالیانه

منبع: نتایج تحقیق

۳-۴. پیش‌بینی شاخص قیمت تخم‌مرغ با استفاده از شبکه عصبی

برای پیش‌بینی شاخص قیمت تخم‌مرغ از شبکه عصبی و داده‌های متناظر با سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۸۷ یعنی ۲۰۵ ماه استفاده شده است. برای مدل‌سازی داده‌ها از یک شبکه پرسپترون چندلایه^۱ استفاده می‌شود (با مشخصات یک لایه پنهان، چهار عنصر پردازشگر در لایه پنهان، تابع انتقال (محرك) Tanh Axon در لایه پنهان و نرخ مونتوم در لایه پنهان (۰/۷۰) و تابع انتقال (محرك) Axon در لایه خروجی). به منظور فراهم آوردن داده‌های موردنیاز برای آموزش و تست شبکه، داده‌های مرتبط با شاخص قیمت کالا پیش‌پردازش شده‌اند. به این منظور، با استفاده از نرم‌افزار Eviews مانایی سری‌های زمانی و وقفه بهینه آن‌ها مشخص شد. در گام بعدی با استفاده از کدنویسی انجام‌شده در نرم‌افزار MATLAB داده‌های سری زمانی به شکل موردنظر برای ورود به شبکه عصبی و با توجه به وقفه بهینه تعیین شده آرایش یافتند. برای ایجاد شبکه عصبی و آموزش آن از نرم‌افزار Neuro Solution استفاده شد. فرآیند پیش‌بینی شاخص قیمت کالاهای مختلف در قالب گام‌های زیر تشریح و تبیین می‌شود:

گام اول - مشخص کردن داده‌های ورودی، خروجی، آموزش و تست

داده‌های ورودی را مقادیر با وقفه متغیر موردنظر تشکیل داده و تعداد وقفه بهینه (سه وقفه) با استفاده از نرم‌افزار Eviews محاسبه شده است. برحسب وقفه بهینه تعیین شده و داده‌های موجود پس از پیش‌پردازش، دوسوم داده‌ها به‌عنوان داده‌های آموزش و مابقی برای ارزیابی عملکرد شبکه موردنظر استفاده شده است. همچنین در این تحقیق از رویکرد تصادفی برای تقسیم‌بندی داده‌ها به دو بخش آموزش و تست نیز بهره گرفته شد. به عبارت دیگر ۲/۳ از داده‌های در اختیار پس از پیش‌پردازش به صورت تصادفی برای تعیین مجموعه داده‌های آموزش و مابقی به‌عنوان داده‌های تست مشخص شدند. به این ترتیب، آموزش شبکه به صورت جامع و با بهره‌گیری از داده‌ها در بازه‌های زمانی مختلف صورت پذیرفت و در نتیجه قابلیت یادگیری آن نیز بهبود یافت.

گام دوم - ساخت شبکه عصبی موردنظر

به این منظور از شبکه عصبی بازگشتی با وقفه زمانی که از قابلیت خوبی برای تشخیص الگوهای موجود در سری‌های زمانی برخوردار است، استفاده شد. پارامترهای مختلف شبکه در دفعات متعدد، تغییر و مقادیر بهینه آن‌ها تعیین شد. برای این کار از آموزش مبتنی بر تغییر یک پارامتر نیز بهره گرفته شد تا تعداد بهینه عناصر پردازشگر در لایه پنهان مشخص شود.

گام سوم - آموزش شبکه عصبی

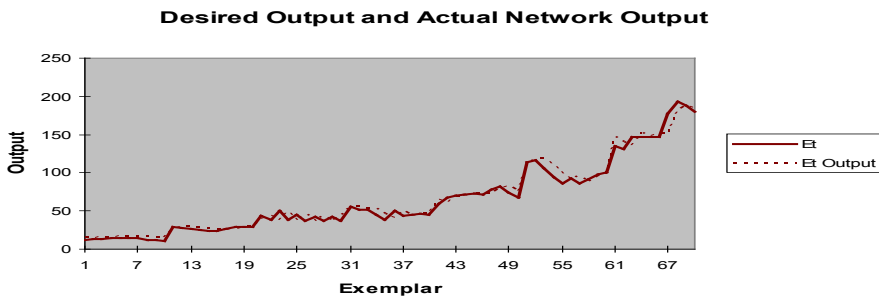
برخلاف یک سیستم خطی، تضمینی وجود ندارد که شبکه عصبی کمینه کلی^۱ را پیدا کند. در حقیقت یک شبکه عصبی، به ازای مقادیر مختلف وزن‌های اولیه شبکه برای یک مجموعه داده مشخص به راه‌حل‌های مختلف و متفاوتی دست می‌یابد. وزن‌های اولیه شبکه تشریح‌کننده نقطه آغازین بر روی سطح خطا است. هنگامی که شبکه به صورت عمود بر سطح خطا در جهت خطای کمینه حرکت می‌کند، در برخی مواقع در کمینه محلی^۲ گرفتار می‌شود. بنابراین، به منظور توسعه یک مدل شبکه عصبی بی‌نقص از لحاظ آماری، شبکه باید چندین مرتبه آزموده شود. بدین منظور تمامی شبکه‌های پیشنهادی در تحقیق، پنج مرتبه و مبتنی بر رویکرد «آموزش چندمرتبه‌ای» آزموده می‌شود.

گام چهارم - تست کردن شبکه

در این گام از داده‌هایی که به عنوان داده‌های تست برچسب خورده بودند برای ارزیابی عملکرد بهترین شبکه که در مرحله قبلی یافت شد، استفاده می‌شود. بهترین وزن‌های شبکه به صورت خودکار در طول فرآیند آموزش ذخیره شده و قبل از اجرای فرآیند آزمایش و تست بارگذاری خواهند شد. شاخص ارزیابی عملکرد شبکه MSE (میانگین مربع خطا) و ضریب همبستگی در نظر گرفته شده است.

1. ???

2. ???



نمودار ۳- تست شبکه عصبی مصنوعی مربوط به شاخص قیمت تخم‌مرغ داده‌های ۸۵-۱۳۸

جدول ۶- خطای پیش‌بینی شاخص قیمت تخم‌مرغ

Performance	Et
MSE	۴۶/۴۵
NMSE	۰/۰۲۰
MAE	۵/۰۱۱
Min Abs Error	۰/۰۷۱
Max Abs Error	۲۶/۸۰۶
r	۰/۹۸۹

جدول ۷- مقادیر پیش‌بینی‌شده شاخص قیمت تخم‌مرغ در ماه‌های مختلف

میزان شاخص	ماه	سال
۱۸۶/۳۱۷۸	فروردین	۱۳۸۸
۱۸۵/۲۳۰۸	اردیبهشت	۱۳۸۸
۱۸۴/۲۴۷۸	خرداد	۱۳۸۸
۱۸۴/۲۶۷	تیر	۱۳۸۸
۱۸۴/۳۵۱۸	مرداد	۱۳۸۸
۱۸۴/۲۷۶۵	شهریور	۱۳۸۸
۱۸۴/۱۹۱۹	مهر	۱۳۸۸
۱۸۴/۱۴۶۴	آبان	۱۳۸۸
۱۸۴/۱۱۴۱	آذر	۱۳۸۸
۱۸۴/۰۸۳۲	دی	۱۳۸۸
۱۸۴/۰۵۶۱	بهمن	۱۳۸۸
۱۸۴/۰۳۴۳	اسفند	۱۳۸۸

۴-۴. مقایسه روش‌های پیش‌بینی

با استفاده از برآورد مدل‌های پیش‌بینی قیمت کالاهای اساسی می‌توان بهترین روش پیش‌بینی را از بین روش‌های مختلف شناسایی کرد و به ارائه دقیق‌ترین پیش‌بینی قیمتی اقلام موردنظر دست یافت. در جدول (۸)، مقادیر محاسباتی شاخص‌های مختلف اندازه‌گیری خطای برآورد، مربوط به روش‌های مختلف پیش‌بینی شاخص قیمت ماهانه تخم‌مرغ در سال ۱۳۸۷ است. با ملاحظه جدول (۹) می‌توان استنباط کرد که در پیش‌بینی ماهانه این کالا، بهترین روش، روش شبکه عصبی مصنوعی است که نسبت به روش‌های ARIMA و هموارسازی مقادیر خطای کم‌تری دارد.

جدول ۸- مقایسه دقت روش‌های مختلف در پیش‌بینی قیمت ماهانه تخم‌مرغ

بهترین مدل	RMSE روش‌های مختلف			شاخص اندازه‌گیری خطا
	هموارسازی	شبکه عصبی مصنوعی	ARIMA	
شبکه عصبی	۴۱۲۷/۰۷۳	۳۳۰۱/۵۴	۳۹۲۰/۵۵۷	MAD
شبکه عصبی	۰/۲۴۰۶۳۶	۰/۱۹۲۰۰۲	۰/۲۲۱۷۹۲	MAPE
شبکه عصبی	۲۱۹۲۰۳۸۷	۱۴۷۱۸۸۹۳	۲۲۳۶۸۸۹۷	MSE
شبکه عصبی	۴۶۸۱/۹۲۱	۳۸۳۶/۵۲۱	۴۷۲۹/۵۷۷	RMSE

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۹- مقادیر پیش‌بینی‌شده قیمت تخم‌مرغ در سال ۱۳۸۷ در روش‌های مختلف (ریال/کیلوگرم)

NEURAL NETWORK	ARIMA	HALT-WINTERS	قیمت واقعی	
۱۰۳۹۷/۳۵	۱۱۵۴۱/۲۱	۱۰۶۵۳/۰۵	۱۱۵۳۴/۲۲	فروردین
۱۲۳۷۴/۳۹	۱۱۵۹۷/۵۶	۱۰۹۸۱/۸۹	۱۲۳۸۷/۷۳	اردیبهشت
۱۱۴۱۴/۹۲	۱۱۶۵۸/۷۳	۱۱۱۲۸/۲۲	۱۳۳۲۶/۷۵	خرداد
۱۰۷۹۵/۷۵	۱۱۷۳۳/۳۵	۱۰۸۳۲/۸۹	۱۲۸۷۲/۵۹	تیر
۱۱۸۱۳/۶۹	۱۱۸۲۶/۴۲	۱۱۳۲۷/۷۲	۱۳۸۶۷/۸۲	مرداد
۱۲۰۷۱/۶	۱۱۹۳۹/۰۸	۱۱۹۲۴/۷۲	۱۶۵۱۵/۹۵	شهریور
۱۳۳۵۶/۳۹	۱۲۰۶۹/۲۲	۱۲۲۷۶/۷۲	۱۸۱۶۰/۲	مهر
۱۳۶۷۳/۳۶	۱۲۲۱۲/۴۳	۱۲۳۲۸/۰۵	۱۹۸۴۰/۱۴	آبان

NEURAL NETWORK	ARIMA	HALT-WINTERS	قیمت واقعی	
۱۳۵۷۱/۹	۱۲۳۶۳/۱۸	۱۲۷۳۷/۵۵	۲۰۱۶۷/۰۷	آذر
۱۴۴۸۷/۷۳	۱۲۵۱۵/۸۹	۱۳۰۷۵/۷۲	۱۹۲۶۱/۴۴	دی
۱۴۷۳۴/۹۳	۱۲۶۶۵/۸۸	۱۳۰۴۰/۰۵	۱۷۳۴۴/۱۸	بهمن
۱۳۶۵۵/۱۹	۱۲۸۱۰/۰۲	۱۲۱۳۴/۲۲	۱۶۶۷۸/۵۸	اسفند

منبع: یافته‌های تحقیق

جمع‌بندی و ملاحظات

نتایج مطالعه پیش‌بینی قیمت تخم‌مرغ با استفاده از مدل‌های مختلف پیش‌بینی نشان می‌دهد که روش پیش‌بینی شبکه عصبی مصنوعی در مقایسه با روش‌های دیگر از قدرت پیش‌بینی بالاتری برخوردار است.

وزارت بازرگانی به‌عنوان دستگاه تصمیم‌گیرنده در زمینه تنظیم بازار کالاهای اساسی با استفاده از روش پیش‌بینی شبکه عصبی مصنوعی می‌تواند در برهه‌های زمانی کوتاه‌مدت قیمت کالاهای اساسی را پیش‌بینی کند تا بتواند برای نوسان‌های قیمت در بازار از پیش برنامه‌ریزی لازم را انجام دهد. این امر به‌ویژه زمانی اهمیت فراوان می‌یابد که قیمت مواد پروتئینی و به‌ویژه تخم‌مرغ و گوشت مرغ در بازار نوسان بالایی دارد. نکته دیگری که باید به آن اشاره کرد سیاست‌گذاران با تهیه یک جعبه ابزار به آسانی می‌توانند از این روش بهره‌برداری کنند.

منابع

اصغری اسکویی، محمدرضا (۱۳۸۱)؛ «کاربرد شبکه‌های عصبی در پیش‌بینی سری‌های زمانی»، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، شماره ۱۲.

بیاری، لیلی و کریم آذربایجانی (۱۳۸۶)؛ «رهیافت شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) در پیش‌بینی قیمت برخی محصولات پروتئینی (گوشت مرغ و تخم‌مرغ) در ایران»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه اصفهان.

بخشوده، محمد (۱۳۸۳)؛ «برآورد نوسانات فصلی قیمت سیب‌زمینی و پیاز»، مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۵، شماره ۲.

دلیری، سام، احمد و صادق خلیلیان (۱۳۸۴)؛ «پیش‌بینی نرخ رشد و نرخ تورم در بخش کشاورزی ایران»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

فهیمی فرد، سیدمحمد و احمدعلی کیخا و ماشاء.. سالارپور (۱۳۸۸)؛ «پیش‌بینی قیمت محصولات منتخب کشاورزی ایران با روش تلفیقی شبکه عصبی - خودرگرسیون با ورودی‌های برون‌زا» نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۳، شماره ۲، نیم‌سال دوم.

مشیری، سعید (۱۳۸۰)؛ «پیش‌بینی تورم ایران با استفاده از مدل‌های ساختاری، سری زمانی و شبکه‌های عصبی»، مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۵۸.

نجفی بهاء‌الدین، منصور زیبایی، محمدحسین شیخی و محمدحسن طراز کار (۱۳۸۶)؛ «پیش‌بینی قیمت برخی محصولات زراعی در استان فارس: کاربرد شبکه عصبی مصنوعی، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی».

نجفی، بهاء‌الدین و محمدحسن طراز کار (۱۳۸۵)؛ «پیش‌بینی میزان صادرات پسته ایران: کاربرد شبکه عصبی مصنوعی»، پژوهشنامه بازرگانی، شماره ۳۴.

Ahmad H. A, G.V. Dozier and D.A. Rolad (2001); *Egg Price Forecasting Using Neural Networks*, J.Appl. Poult. Res.10:162-171.

Kohzadi, N., Boyd, M. S., Kaastra, I., Kermanshahi, B. and D. Scuse (1995); "Neural Networks for Forecasting: An Introduction", *Canadian Journal of Agricultural Economics*, No. 43, pp. 463-474.

- Kuan, C. M. and H. White (1994); "Artificial Neural Networks: An Econometric Perspective", *Econometric Reviews*, No. 13, pp. 1-91.
- Oguri, K. et. al. (1992); "Study on Egg Price Forecasting in Japan", *Res. Bull. Agr, Gifu Univ.* (57), pp.157-164.
- Tayebi. S.K and L. Bayari (2008); "A Prediction of Iran's Chicken Price by the ANN and Time Series Methods American –Eurasian", *J. Agric. & Environ. Sci.*, No. 02.