پیش‌بینی قیمت خرده فروشی برنج مرغوب داخلی در تهران با استفاده از روش‌های ARIMA و شبکه عصبی مصنوعی

سجاد محمودی، عباس میرزایی، سید احد محمودی لاریمی
به ترتیب دانشجوی کارشناسی‌ارشد، دانشجوی دکتری، فارغ‌التحصیل کارشناسی‌ارشد اقتصاد کشاورزی دانشگاه شیراز.
s.mahmoodi14@yahoo.com

چکیده

کشاورزی از جمله فعالیت‌های اقتصادی است که همواره با ریسک مواجه می‌باشد و لذا تصمیم‌گیری در شرایط ریسک و عدم اطمینان صورت می‌گیرد. از جمله ریسک‌هایی که در کشاورزی وجود دارد ریسک قیمتی می‌باشد که در سال‌های اخیر به دلیل نوسانات شدید قیمت بیشتر مورد توجه است، لذا پیش‌بینی دقیق قیمت می‌تواند کمک زیادی در این زمینه کند. در این مطالعه به منظور پیش‌بینی قیمت اسمی برنج از روش‌های ARIMA و شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. از داده‌های قیمت برنج برای دوره هفته اول فروردین ماه ۱۳۸۹ تا تیر ماه ۱۳۹۱ به منظور پیش‌بینی استفاده گردید. از داده‌های ده هفته آخر سال ۱۳۹۱ جهت بررسی دقت پیش‌بینی استفاده شد و همچنین پیش‌بینی برای چهار هفته مرداد ۱۳۹۱ صورت گرفت. به منظور مقایسه خطای پیش‌بینی روش‌های مختلف نیز، از معیارهای میانگین مربعات خطا (MSE)، میانگین قدر مطلق خطا (MAD) و درصد میانگین قدر مطلق خطا (MAEP) بهره گرفته شد. نتایج مطالعه نشان داد که ARIMA (۱،۰) و شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون (MLP) با دو نرون در لایه ورودی و هفت نرون در لایه مخفی مناسبترین فرایندها می‌باشد. همچنین نتایج مطالعه نشان داد که روش شبکه عصبی مصنوعی دارای خطای پیش بینی کمتری نسبت به روش ARIMA است.

کلمات کلیدی: برنج، پیش بینی، تهران، شبکه عصبی مصنوعی.

مقدمه

کشاورزی از جمله فعالیت‌های اقتصادی است که همواره با ریسک مواجه می‌باشد و لذا تصمیم‌گیری در شرایط ریسک و عدم اطمینان صورت می‌گیرد. از جمله ریسک‌هایی که در کشاورزی وجود دارد ریسک قیمتی می‌باشد که در سال‌های اخیر به دلیل نوسانات شدید قیمت بیشتر مورد توجه است، لذا پیش‌بینی دقیق قیمت می‌تواند کمک زیادی در این زمینه کند. پیش‌بینی دقیق قیمت محصولات کشاورزی از طریق کاهش نوسانات قیمتی می‌تواند موجب انتخاب نوع محصول، سطح زیر کشت مناسب، تخصیص بهینه منابع، افزایش کارایی، افزایش مطلوبیت زارعین و در نهایت باعث افزایش درآمد زارعین گردد (نجفی و همکاران، ۱۳۸۵). پیش‌بینی قیمت محصولات کشاورزی از یک سو می‌تواند نقش مهمی در کاهش ناپایداری شدید قیمت‌ها و در نهایت کاهش ریسک داشته باشد و از سوی دیگر می‌تواند نقش مهمی در تنظیم سیاست‌گذاری‌های دولت برای کاهش بی‌ثباتی درآمد و رهمنونی برای کارخانجات و تولید کنندگان داشته باشد. از طرفی دیگر پیش‌بینی قیمت محصولات کشاورزی علاوه بر کمک به درآمد زارعین، کمک زیادی نیز به عوامل بازاریابی و به ویژه انبارداری کرده و عنصر کلیدی در تصمیم گیری‌های آنها می‌باشد. چرا که قیمت‌ها نقش عمده‌ای در بهینه سازی تولید، بازاریابی و استراتژی بازار دارند (مجاوریان و امجدی، ۱۳۷۸).

از آنجائی که میانگین تعرفه‌ای برای کالای برنج در ایران معادل ۱۳/۳۸ بوده است و طبق پیشنهاد WTO این مقدار باید کاهش یابد و از طرف دیگر با توجه به اینکه محصول برنج سهم قابل توجهی از اشتغال، صادرات و ارزش افزوده را دارا می‌باشد لذا محصول برنج، بعنوان محصول حساس و خاص بحساب می‌آید. همچنین در دهه های اخیر بویژه از دهه پنجاه به بعد، مصرف برنج اهمیت قابل توجه‌ای پیدا کرد و در ردیف کالا های اساسی جا گرفته است و در حال حاضر بعنوان یکی از غذاهای اصلی و اساسی در ایران بحساب می‌آید. از اینرو در این مطالعه قیمت این محصول پیش‌بینی شده است.

اغلب مطالعات انجام شده در زمینه پیش‌بینی سری‌های اقتصادی به مقایسه روش‌های مختلف رگرسیونی و غیر رگرسیونی پرداخته‌اند. یافته‌های مطالعه عبدالهی عزت آبادی و نجفی (۱۳۸۱) نشان داد برای پیش‌بینی قیمت پسته خطای پیش‌بینی ARCH در مقایسه با سایر الگوها کمتر است. زیبایی (۱۳۸۲)، در قسمتی از مطالعه خود قیمت سیب زمینی و پیاز را با استفاده از روش‌های مختلف رگرسیونی و غیر رگرسیونی پیش‌بینی نمود. نتایج مطالعه نشان داد که در مورد قیمت پیاز فرایند ARIMA و در مورد قیمت سیب زمینی مدل تعدیل نمایی یگانه با روند زمانی در مقایسه با سایر روش‌ها از دقت بالاتری برخوردار هستند. پریزن و اسماعیلی (۱۳۸۵)، با استفاده از روش‌های رگرسیونی و غیررگرسیونی واردات دارچین، هل و زردچوبه ایران را پیش‌بینی کردند. نتایج نشان داد که واردات زردچوبه پیش‌بینی ناپذیر است به علاوه نتیجه مقایسه روش‌های مختلف حاکی از برتری روش ARIMA در پیش بینی واردات دارچین و هل می باشد. چو و همکاران (۲۰۰۸)، حجم واردات کشور تایوان را با استفاده از مدل های رگرسیونی پیش بینی نمودند.

مطالعاتی نیز وجود دارند که با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی به پیش‌بینی پرداخته‌اند. نجفی و همکاران (۱۳۸۵)، در مطالعه‌ای به پیش‌بینی قیمت عمده فروشی برخی محصولات شامل گوجه و پیاز و سیب زمینی برای افق‌های ۱ و ۳ و ۶ ماه آتی با استفاده از روش‌های معمول پیش‌بینی و رویکرد شبکه عصبی مصنوعی پرداختند که نتایج نشان داد شبکه عصبی مصنوعی پیش‌بینی دقیق‌تری در بیشتر افق‌های زمانی نسبت به روش‌های معمول پیش‌بینی دارد. طیبی و همکاران (۱۳۸۶)، قیمت تخم مرغ را با استفاده از روش‌های ARCH و شبکه عصبی برای افق‌های زمانی یک ماه، شش ماه و دوازده ماه پیش‌بینی کردند. نتایج مطالعات آنها نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی در بیشتر افق‌های زمانی پیش‌بینی‌های دقیق‌تری در مقایسه با ARCH ارائه می‌دهند. نتایج مطالعه پرتوگال (۱۹۹۵) حاکی از برتری مدل ARIMA نسبت به شبکه عصبی در پیش‌بینی تولید ناخالص بخش صنعت برزیل بوده است. کهزادی و همکاران (۱۹۹۶) با استفاده از شبکه عصبی پیش خور[1]، علاوه بر پیش‌بینی قیمت گندم و گاو زنده و مقایسه مدل شبکه عصبی و فرایند ARIMA، قدرت این دو مدل را در استخراج نقاط برگشت مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد مدل شبکه عصبی برتر از فرایند ARIMA است. هروی و همکاران (۲۰۰۴)، توانایی شبکه عصبی مصنوعی را با یک فرایند خودرگرسیو در پیش‌بینی تولیدات صنعتی سه کشور اروپایی آلمان، فرانسه و انگلیس مورد مقایسه قرار دادند. نتایج مطالعه نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی در افق‌های زمانی کمتر از دوازده ماه دارای خطای پیش‌بینی کمتری در مقایسه با فرایند خودرگرسیو می‌باشد.

روش تحقیق

در مطالعه حاضر به منظور پیش‌بینی، قیمت هفتگی محصول برنج از هفته اول فروردین ماه ۱۳۸۹ تا هفته آخر تیر ماه ۱۳۹۰ از جهاد کشاورزی استان مازندران گردآوری شده است.

قبل از توضیح درباره هریک از روش‌های پیش‌بینی لازم است که آزمون وجود نوسانات سیکلی متغیر سری زمانی مورد بررسی قرار گیرد. در صورتی که فرضیه عدم وجود نوسانات سیکلی را نتوان رد کرد، پیش‌بینی متغیر سری زمانی مورد مطالعه دارای مفهوم و اعتبار نخواهد بود امّا اگر فرضیه عدم وجود نوسانات سیکلی را بتوان رد کرد، وجود نوسانات سیکلی در متغیر سری زمانی به اثبات رسیده و پیش‌بینی آن مفهوم و اعتبار پیدا می‌کند. بطور کلّی آزمون‌های مختلفی برای قابل پیش‌بینی بودن (غیر تصادفی بودن) یک سری زمانی وجود دارد که بسیاری از این آزمون‌ها غیر پارامتریک (نا پارامتریک) هستند. یکی از روش‌های غیر پارامتریک برای آزمون وجود نوسانات سیکلی، روش والیس-مور می‌باشد که در پژوهش حاضر از این روش برای قابل پیش‌بینی بودن متغیر سری زمانی بهره گرفته شد.

فرآیندهای ARMA و ARIMA [1]

ویژگیهای دو الگوی خود توضیح و میانگین متحرک با هم جمع شده و الگویی تحت عنوان ARMA(p,q) را بوجود می آورند. p و q به ترتیب بیانگر تعداد جملات خود توضیح (تعداد وقفه‌های متغیر مورد بررسی) و تعداد جملات میانگین متحرک (تعداد وقفه‌های جمله اخلال) می‌باشند. در صورتی که لازم باشد از سری زمانی مورد نظر d بار تفاضل گیری شود تا پایا شود و آن را در قالب الگوی ARMA(p,q) آورد، گفته می‌شود سری زمانی اولیه یک فرآیند خود توضیح جمعی میانگین متحرک از مرتبه p,d,q است که به صورت ARIMA(p,d,q) نشان داده می‌شود. معمولاً برای تخمین مدل ARMA و ARIMA از روش باکس-جنکینز استفاده می‌شود، که دارای چهار مرحله تشخیص، شناسایی، کنترل و پیش‌بینی می‌باشد.

مرحله اول - تشخیص

در مرحله تشخیص باید p، q و d تشخیص داده شود. درجه ایستایی که از قبل باید تعیین شود و برای تعیین درجه p و q از نمودارهای AC (Auto Correlation) و PC (Partial Correlation) متغیر سری زمانی ایستا، استفاده می‌شود.

مرحله دوم- تخمین

براساس نمودارهای Ac و Pc، مدلهای مناسب ARIMA تشخیص داده می‌شود. اگر برای تخمین از نرم افزار Eviews استفاده می‌شود، مدلی انتخاب می‌شود که دارای کمترین مقدار آکائیک و شوارتز بیزین باشد ولی اگر از نرم افزار Microfit استفاده می‌شود باید مدلی انتخاب شود که دارای بیشترین مقدار آکائیک و شوارتز بیزین باشد.

مرحله سوم-کنترل

حال در مرحله کنترل (تشخیص دقت پردازش) باید دید که ARIMA انتخابی مناسب است. از جمله روش‌های تشخیص دقت پردازش می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: ۱- White noise بودن جمله پسماند. ۲- بر اساس دایره واحد.

۱- برای بررسی White noise بودن جمله پسماند باید از نمودار Correlogram Residual استفاده کرد.

۲- روش دیگر در تشخیص دقت پردازش، روش دایره واحد است که در این روش باید ریشه‌های AR/MA در داخل دایره واحد قرار گیرد.

مرحله چهارم- پیش بینی

اکنون که ARIMA مناسب با استفاده از دستور عمل‌های گفته شده در مرحله سوم انتخاب شد، پیش‌بینی بر اساس آن صورت می‌گیرد.

1- Autoregressive Integrated Moving Average

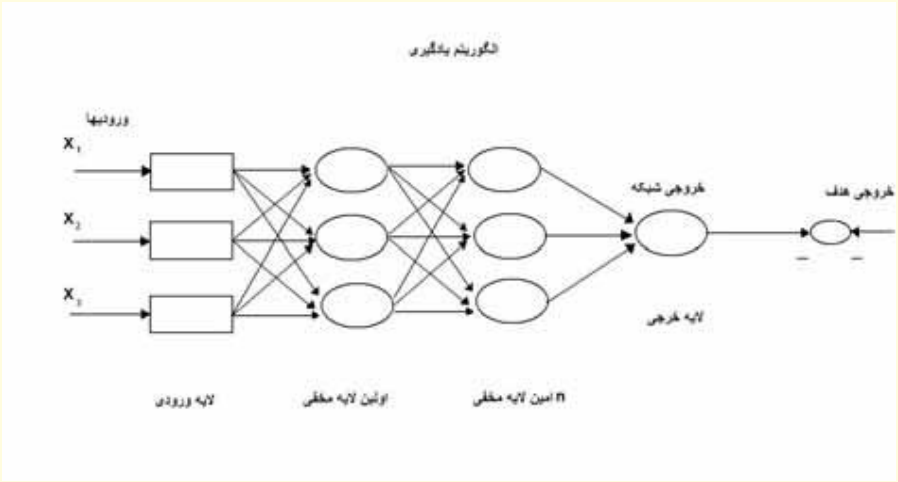
شبکه عصبی مصنوعی[1] (ANN)

امروزه به موازات مدل‌های متداول قبلی، روش‌های جدیدتری نیز برای پیش‌بینی ابداع شده است. این روش‌ها که به شبکه‌های عصبی مصنوعی موسومند، مدل ساده شده‌ای از سیستم عصبی مرکزی می‌باشند و همانند مغز با پردازش روی داده‌های تجربی، قانون نهفته در ورای داده‌ها را به ساختار شبکه منتقل می‌کنند. در واقع شبکه با انجام محاسبات روی داده‌های عددی یا مثال‌ها، قوانین کلی را فرا می‌گیرد و به همین دلیل به آن سیستم هوشمند گفته می‌شود. یک شبکه عصبی از نرون‌های مصنوعی تشکیل شده است. نرون (Neuron) یا گره کوچک‌ترین واحد پردازش اطلاعات است که اساس عملکرد شبکه‌های عصبی را تشکیل می‌دهد (منهاج، ۱۳۷۷). هر یک از نرون‌ها ورودی‌ها را دریافت می‌کند و پس از پردازش روی آنها، یک سیگنال خروجی تولید می‌نماید.

شبکه‌های عصبی علی‌رغم تنوع، از ساختار مشابهی برخوردار می‌باشند. یک شبکه عصبی معمولاً از سه لایه ورودی، پنهان و خروجی تشکیل شده است. لایه ورودی فقط اطلاعات را دریافت می‌کند 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 لایه‌های ورودی و خروجی، لایه پنهان هیچ مفهومی را نشان نمی‌دهد و صرفاً یک نتیجه میانی در فرایند محاسبه ارزش خروجی است، اما از اهمیت خاصی در فرایند آموزش برخوردار می‌باشد. محققین از روابط مختلفی برای تعیین تعداد نرون‌های لایه مخفی استفاده نموده‌اند که هیچکدام از روابط فوق برای تمام مسائل کارایی ندارند (ژانگ و همکاران، ۱۹۹۸) و بهترین روش، آزمون و خطاست.

در این مطالعه شبکه مورد استفاده جهت پیش‌بینی سری‌های مورد مطالعه، شبکه‌ی پیش‌خور (Feed forward) می‌باشد. شبکه عصبی پیش‌خور کاربردی‌ترین نوع شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی می‌باشند. چرا که می‌توان ثابت کرد شبکه‌های عصبی پیش‌خور با یک لایه پنهان، تابع فعال سازی در لایه پنهان، تابع فعال سازی خطی در لایه خروجی و تعداد نرون‌های کافی در لایه پنهان، قادرند هر تابعی را با دقت دلخواه تقریب بزنند (مشیری و همکاران، ۲۰۰۰). در شکل (۱) نمایش استاندارد یک شبکه عصبی پیش‌خور نشان داده شده است.

شکل (۱): نمایش استاندارد شبکه عصبی پیش‌خور



فرم کلی مدل شبکه عصبی پیش‌خور بصورت زیر ارائه می‌شود:

$$F = F\left[\beta_0 + \sum_{j=1}^{J}\beta_j G\left[\sum_{k=1}^{K}\gamma_{kj} X_J\right]\right]$$ رابطه (۹)

که در رابطه فوق J تعداد نرون‌ها در لایه مخفی، K تعداد نرون‌های ورودی، β_0 جمله تورش، β_j وزن‌های ارتباطی بین نرون‌های خروجی و نرون‌های مخفی، γ_{kj} وزن‌های ارتباطی بین نرون‌های مخفی و نرون‌های ورودی، G تابع فعال سازی لایه‌های مخفی و F تابع فعال سازی لایه خروجی شبکه عصبی هستند.

ارزیابی عملکرد روش‌های مختلف پیش بینی

مطالعات مختلفی در زمینه ارزیابی عملکرد روش‌های پیش‌بینی انجام شده است که هدف از این مطالعات تعیین بهترین روش یا معیار ارزیابی عملکرد این روش‌ها بوده است. بر این اساس معیارهای متنوعی برای بررسی دقت روش‌های مختلف پیش بینی وجود دارد ولی با این حال سه معیار MAD (میانگین قدر مطلق خطا)، MSE (میانگین مربعات خطا) و MAPE (درصد میانگین مطلق خطا) بیشترین کاربرد را داشته‌اند. بنابراین در پژوهش حاضر نیز از این سه معیار برای بررسی دقت پیش‌بینی‌ها استفاده شده است.

نتایج و بحث

ابتدا با استفاده از آزمون عدم وجود نوسانات سیکلی والیس ـ مور، قابل پیش‌بینی بودن متغیر سری زمانی قیمت هفتگی برنج تأیید گردید.

استفاده از روش‌های رگرسیونی پیش‌بینی مستلزم بررسی خواص ایستایی می‌باشد. از اینرو ایستایی داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور از آزمون ریشه واحد دیکی-فولر تعمیم یافته در قالب روش گام به گام استفاده شد (صدیقی، ۲۰۰۰). نتایج به دست آمده حاکی از آن است که متغیر سری زمانی قیمت برنج در سطح با عرض از مبدأ و روند زمانی ایستا است. به منظور استفاده از فرایند ARIMA، پس از تعیین مرتبه ایستایی (d=۰)، برای تعیین مرتبه خود توضیحی (p) و میانگین متحرک (q) از نمودارهای Auto Correlation و Partial Correlation استفاده شد. که بر اساس این نمودارها دو فرایند ARMA انتخاب گردید. که برای تخمین آنها از نرم افزار Eviews استفاده شد.

جدول (۱): فرایندهای ARMA انتخابی

فرایند ARMA	معیار آکائیک (AIC)
ARMA (۱،۰)	۱۸/۶۲
ARMA (۰،۱)	۱۴/۴۱

از آنجائیکه تخمین با نرم افزار Eviews صورت گرفت و فرایند ARMA (۱،۰) دارای کمترین مقدار آکائیک می‌باشد لذا این فرایند برای پیش‌بینی مقدار واردات برنج انتخاب گردید.

نتایج همچنین نشان داد که جمله پسماند فرایند انتخابی White noise است و ریشه‌های AR/MA نیز داخل دایره واحد قرار گرفته است. از اینرو نتایج معیارهای دقت پیش‌بینی این فرایند در جدول (۲) آمده است. قابل ذکر است که برای بررسی قدرت پیش‌بینی از داده‌های واقعی و پیش‌بینی ده هفته آخر سال ۱۳۹۱ استفاده شد.

جدول (۲): معیارهای دقت فرایند ARMA(۱،۰)

روش پیش‌بینی	MSE	MAD	MAPE
AR(۱) , MA(۰)	۴۴۶۳۵۸/۴۱	۶۰۳/۰۳	۱/۳۸

در این مطالعه از شبکه عصبی پیش‌خور پرسپترون (MLP) استفاده شد. شبکه عصبی پرسپترون با یک لایه مخفی طراحی گردید. تعداد نرون‌های لایه ورودی یک تا چهار و تعداد نرون‌های لایه مخفی این شبکه نیز از ۵ تا ۳۰ در نظر گرفته شد. از توابع تانژانت هایبربولیک و زیگموئیدی در لایه مخفی و از تابع خطی با یک نرون در لایه خروجی استفاده گردید. جهت تعیین تعداد نرون‌های لایه ورودی و مخفی از روش آزمون و خطا استفاده شد. نتایج حاصل از این روش در جدول (۳) آمده است.

جدول (۳): نتایج حاصل از پیش‌بینی با روش شبکه عصبی مصنوعی

متغیر	تعداد نرون لایه ورودی	تعداد نرون لایه مخفی	تابع محرک لایه مخفی
قیمت پسته	۲	۷	تانژانت هایبربولیک

همانگونه که جدول (۵) نشان می‌دهد علاوه بر تابع مورد استفاده در لایه پنهان این شبکه، تعداد نرون بهینه در لایه ورودی و پنهان هریک از شبکه‌ها نیز ارائه شده است. نتایج معیارهای دقت پیش‌بینی برای ده هفته آخر سال ۱۳۹۱ این فرایند در جدول (۴) آمده است.

جدول (۴): معیارهای دقت فرایند MLP

روش پیش‌بینی	MSE	MAD	MAPE
MLP	۱۳۹۲۸۵/۷۰	۲۳۸/۲	۱/۰۴

نتایج بیانگر اینست که بر اساس سه معیار بیان شده روش شبکه عصبی مصنوعی انتخابی برای پیش‌بینی قیمت هفتگی برنج مناسبتر از روش ARIMA است. لذا برای پیش‌بینی قیمت هفتگی برنج از این روش استفاده شد که نتایج آن در جدول (۵) آمده است. قابل ذکر است که پیش‌بینی برای ۴ هفته (از هفته اول مرداد ماه ۱۳۹۱ تا هفته آخر مرداد ماه ۱۳۹۱) صورت گرفته است.

جدول (۵): پیش‌بینی با استفاده از ANN

روش	هفته اول مرداد۹۱	هفته دوم مرداد۹۱	هفته سوم مرداد۹۱	هفته چهارم مرداد۹۱
MLP	۴۴۵۲۰/۲	۴۴۵۶۰/۴۶	۴۴۵۸۱/۵۶	۴۴۶۱۲/۳۱

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

از آنجائیکه داده‌ها بصورت هفتگی و تعداد آنها زیاد بود، روش شبکه عصبی مصنوعی ابزار قدرتمندی در پیش‌بینی قیمت برنج بوده لذا این روش نسبت به روش ARIMA دارای خطای پیش‌بینی کمتری است. از اینرو این روش نسبت به روش ARIMA برتر است. به این ترتیب در صورتی که اهمیت مطالعه به گونه‌ای باشد که تنها استفاده از یک الگوی پیش‌بینی مورد نظر باشد و داده‌های مورد نظر زیاد باشد، بهتر آن است که از الگوی شبکه عصبی مصنوعی استفاده شود.

بر اساس نتایج بدست آمده از مطالعه می‌توان پیشنهادات زیر را ارائه کرد:

۱- با توجه به توانایی روش شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی قیمت محصول پسته بصورت هفتگی، استفاده از این روش بوسیله دستگاه‌های مسئول در سیاست‌گزاری توصیه می‌شود.

۲- پیشنهاد می‌گردد سازمان‌های مربوطه با انجام مطالعاتی شبیه به مطالعه حاضر و با بکارگیری روش‌های پیشرفته پیش‌بینی قیمت و انتشار اطلاعات و شفاف‌سازی بازار، به تولیدکنندگان و عوامل بازاریابی در جهت تعیین زمان مناسب عرضه محصول به بازار کمک نمایند.

۳- پیشنهاد می‌گردد دولت با استفاده از نتایج حاصل از پیش‌بینی قیمت، سیاست‌هایی را برای تعادل در بازار قبل از ورود محصول به بازار انجام دهد.

منابع

پریزن، و. و اسماعیلی، ع. (۱۳۸۵) مقایسه روش‌های مختلف جهت پیش‌بینی واردات ادویه‌جات در ایران: مطالعه موردی دارچین، هل و زردچوبه، فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، (۶۴): ۱۹-۴۰.

زیبایی، م. (۱۳۸۲) ارزیابی برنامه خرید تضمینی محصولات کشاورزی در استان فارس و تدوین استراتژی‌های جدید، طرح تحقیقاتی اداره جهاد کشاورزی استان فارس.

طیبی، س. ک.، آذربایجانی، ک. و بیاری، ل. (۱۳۸۶) پیش‌بینی قیمت تخم‌مرغ در ایران: مقایسه روش‌های ARCH و شبکه‌های عصبی مصنوعی، فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، (۶۵): ۷۳-۹۷.

عبدالهی عزت آبادی، م. و نجفی، ب. (۱۳۸۱) مطالعه نوسانات درآمدی پسته‌کاران ایران: به سوی سیستمی از بیمه محصول و ایجاد بازارهای آتی و اختیار معامله، پایان نامه دوره دکترا دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز.

مجاوریان، م. و امجدی، الف. (۱۳۷۸) مقایسه روش‌های معمول با تابع مثلثاتی در قدرت پیش‌بینی سری زمانی قیمت محصولات کشاورزی همراه با اثرات فصلی: مطالعه مورد مرکبات، فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، (۲۵): ۴۳-۶۲.

منهاج، م. ب. (۱۳۷۷) مبانی شبکه‌های عصبی (هوش محاسباتی)، نشر دکتر حسابی، تهران.

نجفی، ب.، زیبایی، م.، شیخی، م. ح. و طرازکار، م. ح. (۱۳۸۵) پیش‌بینی قیمت برخی محصولات زراعی در استان فارس: کاربرد شبکه عصبی مصنوعی، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، (۱): ۵۰۱-۵۱۱.

Chou, C., Chu, C. W. and Liang, G. S. (2008) A modified regression model for forecasting the volumes of Taiwan's import containers, Mathematical and Computers Modeling, (47): 797-807.

Heravi, S., Osborn, D. R. and Birchenhall, C. R. (2004) Linear versus neural network forecasts for European industrial production series, International Journal Forecasting, (20): 435-446.

Kohzadi, N., Boyd, M. S. Kermanshahi, B. and Kaastra, L. (1996) A comparison of artificial neural networks and time Series model for forecasting commodity price, Neurocomputing, (10): 169-181.

Moshiri, S., Cameron, N. and Scuse, D. (2000) Static, dynamic, and hybrid neural networks in forecasting inflation, Computational Economics, (14): 219-235.

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

Seddighi, H. R., Law ler, K. A. and Katos, A. V. (2000) Econometrics: A practical approach, Sunderland Business School UK.

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