

## پیش‌بینی میزان صادرات خرماي ایران با استفاده از روش‌های اقتصادسنجی و هوش مصنوعی

احمد اکبری<sup>۱</sup>، محبوبه شاعری حدادزاده<sup>۲\*</sup>، حسین مهرابی بشرآبادی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۳/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۶/۳۰

### چکیده

در این مطالعه با استفاده از روش‌های اقتصادسنجی  $ARMA$ ،  $GARCH$  و روش‌های هوش محاسباتی، شبکه‌ی عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک اقدام به پیش‌بینی میزان صادرات خرماي ایران برای دوره‌ی ۱۳۸۹-۱۳۹۵ شد. به‌منظور انجام بررسی‌ها از داده‌های مربوط به دوره‌ی زمانی ۱۳۸۸-۱۳۴۶ استفاده گردید. از داده‌های دوره‌ی ۱۳۸۴-۱۳۴۶ به‌منظور مدل‌سازی و از داده‌های ۴ سال آخر برای بررسی قدرت پیش‌بینی استفاده شد. نتایج مطالعه نشان داد که شبکه‌ی عصبی در مقایسه با سایر روش‌ها از خطای پیش‌بینی کمتری برخوردار است. بعد از شبکه‌ی عصبی الگوریتم ژنتیک دارای کمترین خطا بوده و معیارهای عملکرد نشان‌دهنده‌ی توانایی الگوریتم ژنتیک در پیش‌بینی میزان صادرات خرما می‌باشند. با توجه به برتری شبکه‌ی عصبی در پیش‌بینی میزان صادرات خرماي ایران، پیش‌بینی‌های صورت‌گرفته توسط این مدل، روند افزایشی-کاهشی در میزان صادرات خرماي ایران را نشان می‌دهد.

طبقه‌بندی *JEL*: C61, C45, C53, F17, Q17

واژه‌های کلیدی: پیش‌بینی، صادرات خرما، شبکه‌ی عصبی، الگوریتم ژنتیک،  $ARIMA$ ،  $GARCH$ ، ایران.

۱- به‌ترتیب استاد و کارشناس ارشد اقتصاد کشاورزی دانشگاه سیستان و بلوچستان.

۲- دانشیار اقتصاد کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

\*نویسنده مسئول: mahbube\_sharei@yahoo.com

### پیشگفتار

تجارت خارجی یکی از مباحث مهم در توسعه‌ی اقتصادی کشور است و می‌تواند نقش مهمی در تعیین سرنوشت و آینده کشور داشته باشد. این بخش منبع تامین درآمدهای ارزی برای سرمایه‌گذاری در تکنولوژی جدید و افزایش توان تولیدی اقتصاد کشور است. کلاسیک‌ها معتقدند که تجارت وسیله‌ای برای گسترش بازار داخلی، تقسیم کار، افزایش کارایی و بهره‌وری و بالاخره رشد و توسعه اقتصادی بوده و به‌عنوان موتور رشد و توسعه اقتصادی عمل می‌کند (گودرزی، ۱۳۸۲). تجارت خارجی ایران با صادرات تک محصولی و وابستگی شدید به درآمدهای ارزی حاصل از صدور نفت شناخته می‌شود. از زمان پیدایش نفت در ایران تا به امروز، سهم صادرات این محصول از کل صادرات رو به افزایش بوده است. علاوه بر این، صادرات این محصول در طول چند دهه‌ی اخیر، به‌ویژه پس از انقلاب اسلامی ایران همواره با نوسانات قابل توجهی همراه بوده و اقتصاد کشور را با بحران‌های جدی مواجه ساخته است. لزوم گریز از صادرات تک‌محصولی و رهایی از مشکلات ناشی از آن، ایجاد تنوع در محصولات صادراتی، تامین ارز جهت سرمایه‌گذاری و افزایش سهم در تجارت جهانی و بازارهای بین‌المللی، اهمیت صادرات غیرنفتی را به‌وضوح نشان می‌دهد (گودرزی، ۱۳۸۲). تجارت کالاهای صنعتی برای کشورهای در حال توسعه از جمله ایران به‌دلیل عدم رقابت‌پذیری تولیدات صنعتی آنها در بازار جهانی میسر نیست و همچنین تکیه بر صدور مواد معدنی و زیرزمینی به‌ویژه نفت با توجه به فشار روزافزون تقاضا و محدودیت ذخایر ملی، نمی‌تواند برای همیشه دوام داشته باشد. با توجه به اینکه ایران دارای مزیت‌ها و مشخصه‌های مهمی چون تنوع آب و هوایی، تنوع زمین، نیروی کار ارزان و غیره است. بخش کشاورزی وابستگی کمتری به فناوری پیچیده و امکانات گسترش تولید دارد. تکیه بر بخش کشاورزی و توسعه و گسترش صادرات این بخش می‌تواند زمینه‌ی مناسبی را برای حضور این کشور در بازار جهانی و استفاده از مزایای آن فراهم آورد (مهرابی و همکاران، ۱۳۸۸). در ایران صادرات بخش کشاورزی در طول دوره‌ی ۸۵-۱۳۴۰ به‌طور میانگین حدود ۴۰٪ صادرات غیرنفتی کشور را تشکیل داده است. با تقویت این بخش از یک طرف می‌توان کشور را در تولید برخی کالاهای راهبردی به خودکفایی رساند و از طرف دیگر دریافت‌های ارزی حاصل از صدور این محصولات را به‌طور قابل توجهی افزایش داد (مهرابی و کوچک‌زاده، ۱۳۸۸). در میان محصولات صادراتی بخش کشاورزی، خرما از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد؛ چرا که ایران یکی از بزرگ‌ترین صادرکنندگان این محصول در سطح جهانی است و سهم قابل ملاحظه‌ای از تولید، مقدار و ارزش صادرات جهانی به ایران اختصاص دارد. در سال ۲۰۰۸ صادرات جهانی خرما معادل ۹۷۳۳۵۲ تن برآورد گردیده است. در این سال سهم ایران از صادرات جهانی خرما ۱۰/۷٪ بوده و رتبه‌ی سوم بعد از کشورهای عراق و امارات را به خود اختصاص داده

است. در سال ۲۰۰۶ نیز ایران با داشتن ۳۰٪ از صادرات جهانی خرما بزرگ‌ترین صادرکننده‌ی خرما می‌باشد. در نتیجه سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان می‌توانند با اتخاذ سیاست‌ها و تصمیم‌گیری‌های مناسب در زمینه‌ی صادرات خرما، زمینه‌ی گسترش تجارت جهانی این محصول را فراهم آورند. از این جهت پیش‌بینی میزان صادرات خرما می‌تواند به سیاست‌گذاران جهت تصمیم‌گیری‌های دقیق‌تر و مؤثرتر کمک نماید. همچنین باعث می‌شود تا فرایند تصمیم‌گیر به‌نحو مناسب‌تری صورت پذیرد. به‌همین دلیل پیش‌بینی هرچه دقیق‌تر میزان صادرات محصولات کشاورزی از جمله خرما می‌تواند یکی از مهمترین مسائل برای سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان کشورمان باشد. مطالعات زیادی صادرات محصولات بخش کشاورزی را مورد پیش‌بینی قرار داده‌اند. از این میان می‌توان به مطالعه‌ی مهرابی بشرآبادی و کوچک‌زاده (۱۳۸۸) اشاره کرد که در مطالعه‌ی با استفاده از فرآیند (ARIMA) و شبکه‌های عصبی مصنوعی، صادرات محصولات کشاورزی را مدل‌سازی و پیش‌بینی کردند. کلیه‌ی معیارها نشان‌دهنده‌ی خطای کمتر و در نتیجه کارایی بالاتر و برتری شبکه‌ی عصبی پایه شعاعی نسبت به دو مدل شبکه‌ی عصبی چند لایه و ARIMA برای پیش‌بینی میزان صادرات محصولات کشاورزی ایران می‌بود و روند صعودی برای صادرات محصولات کشاورزی پیش‌بینی شد. نجفی و طرازکار (۱۳۸۵) در مطالعه‌ی با استفاده از شبکه‌ی عصبی مصنوعی، مدل ARIMA میزان صادرات پسته‌ی ایران را پیش‌بینی کردند. نتایج مطالعه نشان داد که شبکه‌ی عصبی پیش‌خور دارای عملکرد بهتری در مقایسه با سایر شبکه‌های عصبی و فرآیند ARIMA بوده و قادر است میزان صادرات پسته را دقیق‌تر پیش‌بینی نماید. پیش‌بینی‌های صورت گرفته نشان‌دهنده‌ی روند صعودی صادرات پسته می‌باشد. کو و همکاران (۲۰۰۷) به پیش‌بینی میزان صادرات برنج تایلند با استفاده از مدل‌های شبکه‌ی عصبی، فرآیند خود توضیح جمعی میانگین متحرک و تعدیل نمایی پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که شبکه‌های عصبی به‌دلیل داشتن سیستم نگاشت غیرخطی کارایی پیش‌بینی بهتری دارد. چالش‌های موجود در پیش‌بینی متغیرهای سری زمانی عمدتاً متأثر از تحول روش‌ها و ابزارهای ارائه شده برای پیش‌بینی بوده و اهمیت پیش‌بینی متغیرهای سری زمانی باعث تنوع و گستردگی ابزارها (روش‌ها) شده است. البته باید دقت کرد که بسته به ماهیت داده‌های موجود، تناسب و قدرت پیش‌بینی این ابزارها (روش‌ها) با یکدیگر متفاوت است. اما آنچه در نگاه اجمالی مطالعات قابل استنباط است، مقایسه‌ی قدرت پیش‌بینی روش‌های مختلف بر اساس برخی معیارها در مطالعات مختلف می‌باشد (پریزن و اسماعیلی، ۱۳۸۷). یکی از این روش‌ها استفاده از الگوریتم ژنتیک می‌باشد. در چند سال اخیر محققان برای حل مسائل اقتصادی از الگوریتم ژنتیک کمک گرفته‌اند. از جمله‌ی این مطالعات می‌توان به مطالعه‌ی امجدی و همکاران (۲۰۱۰) اشاره کرد که با استفاده از متغیرهای تولید ناخالص داخلی، جمعیت، تعداد

مشتریان و قیمت متوسط، قدرت پیش‌بینی تقاضای برق ایران را با استفاده از الگوریتم ژنتیک و الگوریتم پرندگان مقایسه کردند. نتایج تحقیق نشان داد که الگوریتم پرندگان قدرت پیش‌بینی بهتری نسبت به الگوریتم ژنتیک دارد. صادقی و همکاران (۱۳۸۸) در مقاله‌ای با استفاده از تکنیک الگوریتم ژنتیک، به تخمین تابع تقاضای بنزین در بخش حمل و نقل در قالب معادلات خطی، درجه‌ی دو و نمایی پرداخته و با انتخاب بهترین مدل تخمین بر اساس معیارهای مرسوم، تقاضای بنزین در بخش حمل و نقل تحت سناریوهای مختلف پیش‌بینی شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که مدل درجه‌ی دو نسبت به مدل‌های خطی و نمایی در تخمین تقاضای بنزین نتایج بهتری ارائه می‌کند. در ادامه تقاضای بنزین را با استفاده از سه مدل مذکور بر اساس ۴ سناریوی مختلف برای سال‌های ۱۴۰۴-۱۳۸۶ پیش‌بینی کردند. موفقیت شبکه‌های عصبی در حوزه‌ی اقتصاد مالی، توجه متخصصان اقتصاد کلان و اقتصادسنجی را جلب نمود و استفاده از شبکه‌های عصبی در پیش‌بینی از دهه‌ی ۹۰ آغاز شد. مطالعات متعددی نیز در زمینه‌ی استفاده از شبکه‌های عصبی در پیش‌بینی متغیرهای مختلف اقتصادی صورت گرفت که از آن جمله می‌توان به مطالعه‌ی لی و همکاران (۲۰۱۰) اشاره کرد که با استفاده از شبکه‌ی عصبی پیش‌خور به پیش‌بینی کوتاه‌مدت قیمت گوجه‌فرنگی در چین و مقایسه‌ی آن با روش خودتوضیح جمعی میانگین متحرک ARIMA پرداختند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که مدل شبکه‌ی عصبی به‌طور بدیهی نسبت به مدل‌های سری زمانی در پیش‌بینی قیمت، عملکرد بهتری دارد. در مقاله‌ای که توسط تکاز (۲۰۰۱) صورت پذیرفته، تلاش شده که با استفاده از داده‌های مربوط به دوره‌ی ۱۹۶۸ تا ۱۹۹۹ رشد تولید ناخالص داخلی کانادا پیش‌بینی شود. نتایج حاصل شده از این تحقیق نشان می‌دهد که شبکه‌ی عصبی مصنوعی از لحاظ آماری دارای خطای پیش‌بینی کمتری برای نرخ رشد سالانه‌ی تولید ناخالص داخلی کانادا نسبت به مدل‌های خطی و تک‌متغیره می‌باشد. با این حال این کاهش خطا برای پیش‌بینی نرخ رشد فصلی تولید ناخالص واقعی چندان قابل توجه نمی‌باشد. مشیری و کامرون (۲۰۰۰) کارایی شبکه‌ی عصبی با الگوریتم پس‌انتشار (BPN) را با روش‌های سنتی اقتصادسنجی و سری‌های زمانی، برای پیش‌بینی میزان نرخ تورم کانادا مقایسه کردند. نتایج نشان داد که شبکه‌های عصبی قادرند به‌خوبی روش‌های اقتصادسنجی سنتی و سری‌های زمانی و در بعضی موارد بهتر از آنها نرخ تورم کانادا را پیش‌بینی کنند. فرج‌زاده و شاه‌ولی (۱۳۸۸) پیش‌بینی قیمت محصولات کشاورزی برای محصولات پنبه و برنج و زعفران را انجام دادند. الگوهای مورد استفاده شامل ARIMA، تعدیل نمایی یگانه، تعدیل نمایی دوگانه، هارمونیک، ARCH و الگوی شبکه‌ی عصبی است. بر اساس معیار کمترین خطای پیش‌بینی، الگوی ARIMA سری‌های قیمت اسمی برنج و زعفران را بهتر از سایر روش‌ها پیش‌بینی کرد. بهترین پیش‌بینی برای سری‌های

قیمت اسمی و واقعی پنبه نیز به ترتیب با استفاده از الگوهای شبکه‌ی عصبی مصنوعی و هارمونیک به دست آمده است. کرباسی و همکاران (۱۳۸۷) با استفاده از مدل شبکه‌ی عصبی مصنوعی، به پیش‌بینی و مدل‌سازی اشتغال بخش کشاورزی با استفاده از متغیرهای پولی و مالی طی سال‌های ۱۳۸۴-۱۳۳۸ پرداخته است. ابتدا با استفاده از رگرسیون چندگانه پارامترهای غیر تأثیرگذار بر اشتغال تعیین و حذف شده، پس از تعیین نوع مدل، با استفاده از شبکه‌ی عصبی اشتغال را برای ۱۴ سال پیش‌بینی کرده است. نتایج حاصله نشان می‌دهد که از سال ۱۳۸۵ به بعد، اشتغال بخش کشاورزی دارای روند افزایشی اما ناچیز می‌باشد. در اغلب مطالعات شاهد برتری مدل شبکه‌ی عصبی نسبت به سایر روش‌های مورد استفاده می‌باشیم. با توجه به اهمیت اطلاع پیرامون وقایع آینده در برنامه‌ریزی‌ها و نقش پیش‌بینی در تأثیرگذاری سیاست‌ها و همچنین توانایی بالای روش‌های هوش مصنوعی در پیش‌بینی مقادیر آینده متغیرهای اقتصادی و عدم وجود مطالعه‌ای در زمینه‌ی پیش‌بینی میزان صادرات خرمای ایران، اهدافی که این تحقیق دنبال می‌کند، به شرح زیر است:

- پیش‌بینی میزان صادرات خرمای ایران.

- مقایسه‌ی قدرت پیش‌بینی مدل‌های مورد استفاده به کمک معیارهای ارزیابی.

### مبانی نظری و روش تحقیق

در این تحقیق از دو روش اقتصادسنجی ARMA و GARCH و دو روش هوش محاسباتی شبکه‌ی عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک جهت پیش‌بینی استفاده شده است.

#### مدل ARIMA<sup>۱</sup>

الگوهای سری‌های زمانی برخلاف الگوهای اقتصادسنجی که از اطلاعات مربوط به نظریه‌های اقتصادی سود می‌جویند، تنها از اطلاعات آماری مربوط به سری‌های زمانی استفاده می‌کنند. الگوهای سری زمانی که تنها مقادیر فعلی یک متغیر را به مقادیر گذشته‌ی آن و مقادیر خطای گذشته‌ی آن پیوند می‌دهند، الگوهای سری زمانی تک متغیره نامیده می‌شوند. این الگوها عبارتند از فرآیندهای میانگین متحرک (MA)، فرآیندهای خودتوضیح (AR)، خودتوضیح میانگین متحرک (ARMA)، فرآیندهای خودتوضیح جمعی میانگین متحرک (ARIMA). فرآیند ARIMA (p,d,q) برای متغیر X را می‌توان به صورت زیر نشان داد.

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

1. Auto- Regressive Integrated Moving Average (ARIMA)

$f(t)$  روند زمانی را (در صورت وجود) در  $y_t$  برآورد می‌کند. در فرآیند  $ARIMA(p, d, q)$ ،  $d$  و  $q$  به ترتیب بیانگر تعداد جملات خودرگرسیو، مرتبه تفاضل‌گیری و تعداد جملات میانگین می‌باشند. در صورتی که  $d$  برابر با صفر گردد، فرآیند  $ARIMA$  تبدیل به فرآیند  $ARMA$  می‌شود. معمولاً برای تخمین الگوی  $ARMA$  و  $ARIMA$  از روش باکس-جنکینز استفاده می‌شود که دارای ۴ مرحله‌ی شناسایی، تخمین، تشخیص دقت پردازش و پیش‌بینی می‌باشد. تعداد جملات خود رگرسیو و تعداد جملات میانگین متحرک را می‌توان توسط ضابطه‌های آکائیک و شوارتز-بیزین تعیین نمود (مهرابی و کوچک زاده، ۱۳۸۸).

### ARCH

انگل (۱۹۸۲) ناپایداری در سری‌های زمانی را توسط جملات اخلاص در گذشته‌های نه‌چندان دور مدل‌سازی کرده است. یک مدل‌سازی ساده ARCH به صورت زیر است.

$$\sigma_t^2 = E\left(\frac{u_t^2}{g_t}\right) = \gamma_0 + \gamma_1 u_{t-1}^2 + \dots + \gamma_p u_{t-p}^2 \quad (2)$$

مدل GARCH اولین بار توسط بولسلو<sup>۱</sup> (۱۹۸۶) به صورت تعمیمی بر روش پایه‌ای مدل ARCH ارائه شد که در نتیجه آن توانست با تعداد پارامترهای کمتری مدل‌سازی مورد نظر را انجام دهد. یک فرآیند ARCH(p,q) می‌تواند به صورت زیر بیان شود.

$$\sigma_t^2 = \gamma_0 + \sum_{i=1}^p \gamma_i u_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \delta_j \sigma_{t-j}^2 \quad (3)$$

در این حالت واریانس شرطی  $u$ ، به  $q$  تعداد وقفه‌های واریانس شرطی (وقفه‌های  $\sigma^2$ ) و به  $p$  تعداد وقفه‌های مربع جمله‌ی خطا (وقفه‌های  $u^2$ ) بستگی دارد. ضرایب  $\gamma_i$  و  $\delta_j$  به ترتیب ضرایب ARCH و GARCH نامیده می‌شوند (کاظمی، ۱۳۸۹).

به منظور استفاده از روش GARCH بایستی وجود ناهمسانی واریانس در بین جملات اخلاص مورد تأیید قرار گیرد. به عبارت دیگر اگر سری مورد بررسی دارای اثر ناهمسانی واریانس نباشد، از این روش استفاده نمی‌شود.

برای این منظور آزمون ARCH LM مورد استفاده قرار می‌گیرد.

### شبکه‌ی عصبی مصنوعی<sup>۲</sup>

شبکه‌های عصبی مصنوعی در واقع مدل‌های ساده شده‌ای از مغز انسان می‌باشند (جورابیان، ۱۳۸۸). شبکه‌های عصبی مصنوعی در واقع مثلثی هستند که ۳ ضلع مفهومی دارند: ۱- سیستم تجزیه و

---

1. Bollerslev(1986)  
2. Artificial Neural Network

تحلیل داده‌ها، ۲-نرون یا سلول عصبی و ۳- شبکه یا قانون کار گروهی نرون‌ها. این شبکه از دو نظر شبیه مغز انسان است: ۱- مرحله‌ای موسوم به یادگیری دارد. ۲- وزن‌های سیناپسی که جهت ذخیره دانش به کار می‌روند (کاظمی، ۱۳۸۹). شبکه‌ی عصبی از نرون‌های مصنوعی تشکیل شده است. نرون در شبکه‌های عصبی یک واحد پردازنده‌ی اطلاعات است و در واقع کوچک‌ترین واحد تشکیل‌دهنده‌ی شبکه‌های عصبی می‌باشد. نرون‌ها می‌توانند تک‌ورودی یا چندورودی باشند. یک نرون مصنوعی عبارت است از ۱- مجموعه‌ای از سیناپس‌ها یا لینک‌های ارتباطی که به هرکدام وزنی اختصاص داده می‌شود. ۲- یک جمع‌کننده که سیگنال‌های وزن‌دار را جمع کند. ۳- تابع محرک. برای محدود کردن دامنه‌ی خروجی نرون معمولاً دامنه‌ی خروجی نرمال‌سازی شده‌ی نرون بین  $[0, 1]$  یا  $[-1, 1]$  در نظر گرفته می‌شود. خروجی نرون عبارت است از:

$$a = f(wp + b) \quad (4)$$

در یک نگاه ساده، مدل یک نرون باید شامل ورودی‌هایی (بردار  $p$ ) باشد که در نقش سیناپس عمل می‌کنند. این ورودی‌ها در وزن‌هایی (ماتریس وزن  $w$ ) ضرب شده و سپس با بردار بایاس ( $b$ ) جمع می‌شوند تا قدرت سیگنال را تعیین کنند. سپس یک عملگر ریاضی (تابع محرک) تصمیم می‌گیرد که آیا نرون فعال شود یا خیر و اگر جواب مثبت باشد، میزان خروجی را مشخص می‌سازد. توابع محرک می‌توانند بر اساس حالت خاص یک مساله خطی یا غیرخطی انتخاب شوند. از جمله مهم‌ترین توابع محرک می‌توان به تابع محرک خطی و تابع محرک سیگموئید اشاره نمود. این توابع باید پیوسته و همواره مشتق‌پذیر باشند (یگانه مهر، ۱۳۹۰). ساختار شبکه‌های عصبی مصنوعی که معماری به آن اطلاق می‌گردد، به‌شکلی است که نرون‌ها در دسته‌هایی که لایه نام دارند، مرتب می‌شوند. معماری معمول، متشکل از سه لایه است. لایه‌ی ورودی (داده‌ها را در شبکه توزیع می‌کند)، لایه‌ی پنهان (داده‌ها را پردازش می‌کند) و لایه‌ی خروجی (نتایج را به ازای ورودی‌های مشخص استخراج می‌کند). یک شبکه می‌تواند از یک یا چند لایه‌ی پنهان تشکیل شود (اثنی عشری، ۱۳۸۶). محققین از روابط مختلفی از جمله  $2n$ ،  $2n+1$  و  $n/2$  برای تعیین تعداد نرون‌های لایه مخفی استفاده نموده‌اند که در این روابط  $n$  تعداد نرون‌های لایه‌ی ورودی می‌باشد. اما هیچکدام از روابط فوق برای تمام مسائل کارایی ندارند و بهترین روش جهت تعیین تعداد نرون بهینه، روش آزمون و خطاست (نجفی و طرازکار، ۱۳۸۵). شبکه‌های عصبی مصنوعی دارای مدل‌های مختلفی هستند که مبتنی بر جهت ورود اطلاعات و پردازش آنها به انواع شبکه‌های عصبی پیشرو، بازگشتی، توابع پایه‌شعاعی و پرسپترون چند لایه تقسیم می‌شوند. برای انجام این تحقیق از شبکه‌ی عصبی پیشرو استفاده گردید. در شبکه‌ی عصبی پیشرو، گره‌ها در لایه‌های متوالی قرار گرفته‌اند و ارتباط آنها یک‌طرفه است و زمانی که یک الگوی ورودی به شبکه اعمال می‌شود، اولین

لایه مقادیر خروجی‌اش را محاسبه کرده و در اختیار لایه بعدی قرار می‌دهد. لایه بعدی این مقادیر را به‌عنوان ورودی دریافت کرده و مقادیر خروجی‌اش را به لایه بعدی منتقل می‌کند و هر گره فقط به گره‌های لایه بعدی سیگنال منتقل می‌کند (اثنی عشری، ۱۳۸۶). شبکه‌های عصبی پیش‌خور کاربردی‌ترین نوع شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌باشند. چرا که می‌توان ثابت کرد که 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. به همین علت به این نوع شبکه عصبی با ساختار فوق، تقریب زنده جامع گفته می‌شود. بدین معنی که با تعداد کافی از واحدهای پنهان، شبکه تقریباً می‌تواند هر تابع خطی یا غیرخطی را با یک سطح دلخواه از دقت، تقریب بزند (نجفی و طرازکار، ۱۳۸۵). به همین دلیل در این تحقیق از شبکه عصبی چندلایه پیش‌خور با الگوریتم آموزشی پس انتشار خطا استفاده شده است. وظیفه شبکه عصبی یادگیری است. تقریباً چیزی شبیه یادگیری یک کودک خردسال است. یادگیری در شبکه‌های عصبی رایج به‌شکل یادگیری تحت نظارت<sup>۱</sup> است. نوع دیگری از یادگیری یعنی یادگیری بدون نظارت<sup>۲</sup> هم توسط شبکه‌های عصبی شبیه‌سازی شده است و کاربردهای کمتری دارد. به‌منظور جلوگیری از کوچک شدن بیش از حد وزن‌ها در شبکه‌های عصبی ورودی‌ها پیش‌پردازش شوند. در این مطالعه توسط فرمول زیر داده‌ها پیش‌پردازش شده و سپس مورد استفاده قرار می‌گیرند.

$$N_i = \left[ \left( \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \right) \times (Y_{\max} - Y_{\min}) \right] + Y_{\min} \quad (5)$$

که در این رابطه  $N_i$  مقدار استاندارد شده،  $X_i$  مقدار واقعی،  $X_{\min}$  حداقل مقدار واقعی،  $X_{\max}$  حداکثر مقدار واقعی،  $Y_{\min}$  و  $Y_{\max}$  مقادیر حداقل و حداکثر در بازه انتخابی می‌باشد.

### الگوریتم ژنتیک

کاشفان الگوریتم ژنتیک سعی کردند با به‌دست آوردن مدلی شبیه به وراثت طبیعی، به الگوریتمی دست یابند که توسط آن بتوانند به جواب‌های بهینه‌ی مورد نظر در مسائل خود برسند. در وراثت طبیعی ابتدا به یک جمعیت اولیه نیاز است. جمعیت در حقیقت مجموعه‌ای از کروموزوم‌ها با خصوصیات متفاوت هستند. در این جا نیز تعدادی کروموزوم را به عنوان جمعیت اولیه در نظر می‌گیریم که در اصل هر کدام نقطه‌ای در فضای جواب‌های مسئله است. پس یک جمعیت اولیه

1. Supervised

2. Un Supervised



معادل یک دسته جواب‌های اولیه در فضای جستجوی جواب‌های مساله می‌باشد. هر جواب اولیه یک کروموزوم هستند که تعدادی ژن دارد و معرف خصوصیات کروموزوم است. هر یک از ژن‌ها نیز یکی از متغیرهای مساله می‌باشد. حال باید مقدار این متغیرها به گونه‌ای به دست آید که جواب مساله بهینه باشد یعنی خصوصیات این افراد به گونه‌ای شود که توانایی آن برای این شرایط مساله خوب و شایسته است. اما این شایستگی چگونه ارزیابی می‌شود؟ برای این منظور به یک تابع برازندگی (شایستگی) نیاز است که میزان شایستگی هر فرد را محاسبه کند. این تابع باید در راستای تابع هدفی باشد که می‌خواهد بهینه شود. حال یک جمعیت با شایستگی‌های متفاوت وجود دارد که باید از میان آنها والدین به گونه‌ای انتخاب شوند تا افرادی شایسته برای تولید نسلی شایسته انتخاب گردند. یعنی از بین جواب‌های اولیه، جواب‌هایی که به جواب بهینه‌ی مورد نظر نزدیک‌ترند، شانس بقای بیشتری داشته باشند. پس یک عملگر انتخاب نیز نیاز است. سپس از بین والدین انتخاب شده، زوج والدین با هم همبری کرده و فرزندان تولید می‌کنند. یعنی دو جوابی که برای ازدواج شایسته شناخته و انتخاب شده‌اند، با هم ترکیب شده و جواب‌های جدیدی برای جستجو در فضای جواب‌های مساله تولید می‌کنند. پس عملگر بعدی، عملگر همبری است. در نهایت نیز روی فرزندان جهش ایجاد می‌شود و نسل بعد ساخته می‌شود. توسط این عمل نیز مقادیر بعضی از ژن‌ها تغییر یافته و نقاط جدید برای جستجو در فضای جواب‌های مساله تولید می‌شود. پس آخرین عملگر، عملگر جهش خواهد شد. بدین ترتیب بعد از یک مرحله اجرای الگوریتم، یک نسل جدید از جمعیت یا همان دسته جواب‌های جدید در فضای جواب‌های مساله تولید می‌شود. حال اگر این روند تکرار شود، چون به جواب‌های بهتر شانس بیشتری برای حفظ و تکثیر خصوصیات خوب آنها داده می‌شود، می‌توان امیدوار بود که پس از طی چند نسل، به نسلی بهینه‌تر دست یافت. یعنی رسیدن به دسته جواب‌هایی نزدیک‌تر به جواب بهینه‌ی مورد نظر که می‌تواند شامل خود نقطه‌ی بهینه نیز باشد (صادقی و همکاران، ۱۳۸۸).

برای بررسی عوامل مؤثر بر صادرات خرمای ایران، به تبعیت از کارهای تجربی صورت گرفته در گذشته، بخصوص الگوهای گلدشتاین و خان که مبنای کاربردی بسیاری از تحقیقات انجام شده در داخل و خارج از کشور می‌باشد، می‌توان عوامل مؤثر بر عرضه صادرات را تابعی از قیمت صادراتی، قیمت داخلی و ظرفیت تولید کشور صادرکننده دانست. در بسیاری از مطالعات نظری و تجربی که پس از خان انجام گرفت، بر اهمیت تاثیرگذاری نرخ ارز بر میزان صادرات محصولات کشاورزی تاکید شده است. به طور مثال سروار و اندرسون (۱۹۹۰) نشان دادند که نوسان‌های نرخ ارز بر صادرات محصولات کشاورزی اثرات مهمی می‌گذارد. بنابراین با الهام از مطالعات مذکور و چگونگی تأثیرگذاری هریک از متغیرها الگوی عرضه صادرات خرما به صورت زیر قابل تصریح است:

$$\ln X_t = a_0 + a_1 \ln \left( \frac{PX_t}{P_t} \right) + a_2 \ln ER_t + a_3 \ln Y_t \quad (6)$$

معادله فوق توسط الگوریتم ژنتیک تخمین زده می‌شود.

که در آن  $X_t$  = میزان عرضه صادرات خرما  $PX_t$  شاخص قیمت صادراتی خرما (سال پایه ۱۳۸۳)  $P_t$  = قیمت داخلی خرما (یا شاخص قیمت عمده‌فروشی خرما در زمان  $t$ )، (سال پایه ۱۳۸۳)  $Y_t$  = میزان تولید خرما در ایران و  $ER_t$  = نرخ واقعی ارز.

$\alpha_i$  بردارهای وزن برای متغیرها هستند. بردارهای وزن با استفاده از الگوریتم وراثتی تعیین می‌شود. برای بهینه‌یابی پارامترهای مدل، از تابع زیر به‌عنوان تابع شایستگی استفاده می‌شود.

$$fit = \frac{1}{mse} = \left( \frac{1}{m} \sum_i^m (X_{obs}(i) - X_{est}(i))^2 \right)^{-1} = \left( \frac{1}{m} \sum_i^m e^2(i) \right)^{-1} \quad (7)$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

$X_{obs}(i)$  نشان‌دهنده عرضه واقعی صادرات خرما در دوره  $i$  و  $X_{est}(i)$  بیانگر عرضه شبیه‌سازی شده توسط مدل در دوره‌ی  $i$  و  $m$ ، تعداد مشاهدات می‌باشد. هدف حداکثر کردن تابع فوق است. گام نخست در حل مسائل بهینه‌سازی توسط GA تعیین پارامترهای اولیه برای این الگوریتم است. هدف از بهینه‌سازی بدست آوردن بهترین وزن‌ها ( $\alpha_i$ ) است تا رابطه (۷) حداکثر شود. در مدل لگاریتمی - خطی ۴ وزن وجود دارد و در نتیجه GA، ۴ ژن دارد.

در پایان پس از برآورد مدل‌های فوق به‌منظور مقایسه قدرت پیش‌بینی و انتخاب بهترین روش پیش‌بینی، از معیارهای ریشه میانگین مربع خطا (RMSE) میانگین قدرمطلق خطا (MAE) و درصد میانگین مطلق خطا (MAPE) استفاده شده است. داده‌های مورد استفاده در این مطالعه به صورت سالانه و مربوط به دوره زمانی ۱۳۴۶ تا ۱۳۸۸ می‌باشند. برای ارزیابی الگوهای پیش‌بینی و مقایسه آنها با یکدیگر بایستی سه دوره را از یکدیگر متمایز نمود. دوره اول فاصله زمانی بین (۱۳۴۶-۱۳۸۴) که برای تخمین الگو مورد استفاده قرار می‌گیرد. دوره زمانی دوم، فاصله زمانی (۱۳۸۵-۱۳۸۸) است، علی‌رغم اینکه اطلاعات مربوط به این متغیرها در این فاصله زمانی در دسترس است، اما از آنها برای تخمین الگو استفاده نمی‌شود، فاصله زمانی مذکور به پیش‌بینی گذشته‌نگر معروف است که برای مقایسه سری واقعی و سری پیش‌بینی شده و ارزیابی الگوهای پیش‌بینی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این دوره میزان نزدیکی سری پیش‌بینی شده به سری واقعی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در دوره سوم فاصله زمانی ۱۳۸۹-۱۳۹۵ می‌باشد که دوره پیش‌بینی آینده‌نگر نامیده می‌شود، مقادیر واقعی متغیرهای درون‌زا در دسترس نبوده و بایستی بر اساس الگو پیش‌بینی شود. در واقع هدف الگو پیش‌بینی متغیرهای درون‌زا در این دوره است.

آمارها از پایگاه اطلاعاتی خواربار و کشاورزی جهانی (FAO)، آمار صادرات سالیانه گمرک ج.ا.ا و بانک مرکزی گردآوری شده است.

## نتایج و بحث

### فرآیند ARMA

برای تخمین مدل ARMA ابتدا مانایی متغییر صادرات خرما را مورد بررسی قرار می‌دهیم. در این مطالعه از آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته استفاده می‌شود. نتایج نشان داد که متغیر میزان صادرات خرما در سطح مانا نبوده و با یک‌بار تفاضل‌گیری مانا خواهد شد. بررسی صادرات خرما نشان می‌دهد که کاهش قابل توجهی در میزان صادرات خرما ایران با شروع جنگ تحمیلی در سال ۱۳۵۹ و درگیری مناطق خرماخیز کشور در جنگ بوجود آمده است. ملاحظه روند زمانی سری زمانی تحقیق حکایت از وجود یک شکست ساختاری از نوع تغییر عرض از مبدأ (الگوی A پرون) در سال ۱۳۵۸ دارد. زمان شکست ساختاری سال ۱۳۵۸ است و  $\lambda$  که نسبت زمان شکست به کل مشاهدات است برابر  $0/33$  محاسبه شده است. ملاحظه می‌شود که برای  $\lambda = 0/3$  که نزدیکترین کمیت به  $\lambda = 0/33$  محاسبه شده است، مقادیر بحرانی در سطح  $0/1$ ،  $0/2/5$ ،  $0/5$ ،  $1/0$  به ترتیب برابر  $4/39$ ،  $4/03$ ،  $3/76$  و  $3/46$  است. با توجه به مقدار محاسبه شده کمیت آماره آزمون که  $4/06$  است، قدر مطلق آن از قدر مطلق تمام کمیت‌های بحرانی ارائه شده در سطوح  $0/2/5$ ،  $0/5$  و  $1/0$  به صورت قدر مطلق بزرگتر است. لذا فرضیه صفر وجود ریشه واحد در این سطوح رد می‌شود. پس سری زمانی مورد بحث دارای ریشه واحد نیست و در نتیجه پایا است. پس از بررسی مانایی، تعداد جملات خودرگرسیو (p) و تعداد جملات میانگین متحرک (q)، با بهره‌گیری از روش پسران و پسران (۱۹۹۷) و معیار شوارتز-بیزین محاسبه شدند. نتایج نشان می‌دهد کمترین مقدار آماره شوارتز-بیزین مربوط به فرآیندی با تعداد جملات خودرگرسیو و میانگین متحرک برابر با ۱ می‌باشد، لذا از میان حالت‌های مختلف فرآیند  $ARMA(1,1)$  به عنوان بهترین حالت برای پیش‌بینی میزان صادرات خرما ایران انتخاب گردید. متغیر مجازی جنگ را نیز بنام  $D59$  در نظر گرفته‌ایم (جدول ۲). در ضمن برای اطمینان از صحت تشخیص درجات خودرگرسیو و میانگین متحرک مدل، از توابع خودهمبستگی (ACF) و خودهمبستگی جزئی (PACF) نیز استفاده گردید که صحت تشخیص فوق را تأیید کردند. برای تأیید مدل انتخابی توسط آزمون بریش-گادفری<sup>۱</sup> و رسم نمودار خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی باقیمانده‌های مدل، خودهمبستگی بین آنها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از عدم وجود خودهمبستگی جملات پسماند می‌باشد. لذا برازش صورت گرفته و مدل منتخب، پذیرفته شده و توسط این مدل پیش‌بینی

1. Breusch-Godfrey test

صادرات خرما انجام شد. مقادیر خطای پیش‌بینی، براساس مقایسه داده‌های واقعی دوره ۱۳۸۵-۱۳۸۸ و مقادیر پیش‌بینی شده برای این مدل محاسبه گردید (جدول ۳). پیش‌بینی‌های صورت گرفته توسط این مدل برای سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷ کمتر و برای سال ۱۳۸۸ بیشتر از مقادیر واقعی می‌باشند. بهترین تخمین توسط این مدل در سال ۱۳۸۵، با ۵ درصد خطا صورت گرفته است (جدول ۱۰).

### مدل GARCH

به‌منظور استفاده از روش GARCH ابتدا وجود ناهمسانی واریانس در بین جملات اخلاص مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که فرض مبنی بر عدم وجود ناهمسانی واریانس در بین جملات اخلاص در سطح معنی‌داری یک درصد طبق هر دو آماره رد می‌شود. لذا ناهمسانی واریانس در بین جملات اخلاص به اثبات می‌رسد که این لازمه استفاده از الگوی GARCH می‌باشد. در نهایت ناهمسانی واریانس متغیر صادرات خرما با استفاده از مدل GARCH برآورد گردید. اما این کار نیازمند تعیین وقفه بهینه (مرتب‌الگوی GARCH) می‌باشد. الگوی GARCH از دو جزء خودتوضیح و واریانس شرطی تشکیل شده است که هر دو جزء با وقفه‌هایی در الگو ظاهر می‌شوند که این وقفه‌های بهینه، مرتبه الگوی بهینه را تعیین می‌کنند. برای این منظور آماره‌های آکائیک AIC و شوارتز - بیزین SBC معیار قرار گرفتند. با بررسی‌های صورت گرفته، نتایج آماره‌های AIC و SBC نشان می‌دهد که مدل GARCH از مرتبه‌ی (۱،۲) کمترین مقادیر این آماره‌ها را دارا می‌باشد که نتایج تخمین آن در جدول (۵) آمده است. مقادیر ضرایب به‌ترتیب دارای علامت مثبت، مثبت و منفی بوده و به لحاظ آماری معنی‌دار می‌باشند. به‌نظر می‌رسد که این مدل مناسب‌ترین مدل برای پیش‌بینی باشد. لذا برای اطمینان از این موضوع نمودار باقیمانده‌های آن را ملاحظه می‌نماییم که هیچ‌گونه همبستگی سریالی بین باقی‌مانده‌ها مشاهده نشد. همچنین آزمون ARCH حاکی از آن است که هیچ‌گونه ناهمسانی واریانس شرطی در مدل مذکور وجود ندارد. لذا از GARCH (۱،۲) جهت پیش‌بینی میزان صادرات خرما استفاده شده و معیارهای ارزیابی محاسبه می‌گردند که نتایج در جدول (۶) ارائه شده است. بر اساس معیارهای ارزیابی دقت پیش‌بینی الگوی GARCH از روش ARMA پایین‌تر است. به‌این ترتیب الگوی GARCH برای پیش‌بینی چندان قابل توصیه نیست. این الگو مقادیر سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۸۷ را کمتر و مقدار سال ۱۳۸۸ را بیشتر از مقدار واقعی آن پیش‌بینی می‌کند (جدول ۱۰).

### الگوریتم ژنتیک

گام نخست در حل مسائل بهینه‌یابی توسط GA تعیین پارامترهای اولیه برای این الگوریتم است. در مدل مورد نظر ۴ وزن وجود دارد. بنابراین GA در مدل لگاریتمی - خطی ۴ ژن دارد. جمعیت

اولیه با تعداد کروموزوم‌های ابتدایی برابر ۵۰ انتخاب شده است. همه‌ی اعضای جمعیت در تابع شایستگی امتحان می‌شوند و یک عدد برازندگی به آنها نسبت داده شده و بیشترین مقدار که بهترین‌ها نیز هستند، تعیین می‌شود و در ادامه نسل جدید تشکیل می‌شود. در این تحقیق برای تولید نسل جدید از دو عملگر اصلی الگوریتم ژنتیک شامل، همبندی (تقاطع) و جهش استفاده می‌شود. احتمال همبندی  $P_c = 0/9$  در نظر گرفته شده است و با توجه به اصل داروین کروموزوم‌هایی که جزء بهترین‌ها هستند، شانس بیشتری برای تولید فرزندان بیشتر دارند. در نتیجه از روش انتخاب چرخ گردان برای انتخاب کروموزوم‌ها جهت همبندی استفاده شده است. احتمال جهش  $P_m = 0/01$  انتخاب شده است. با تعیین تعداد تکرار نسل و شرط توقف، بهترین جواب تا آن نسل ثبت می‌شود. براساس نتایج حاصل شده توسط الگوریتم ژنتیک بهترین معادله لگاریتمی - خطی به صورت زیر می‌باشد:

$$\ln X_t = -2.7 + 0.2 \ln \left( \frac{PX_t}{P_t} \right) + 0.2 \ln ER_t + 0.9 \ln Y_t \quad (8)$$

پس از مرحله اول که وزن‌ها تعیین شد توانایی الگوریتم جهت پیش‌بینی مورد آزمون قرار می‌گیرد برای این منظور از داده‌های سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۸۸ کمک گرفته شده، پیش‌بینی گذشته‌نگر انجام شده و معیارهای ارزیابی محاسبه گردید (جدول ۹). معیارهای ارزیابی (باستثنای MAPE) نشان‌دهنده برتری الگوریتم ژنتیک نسبت به دو روش ARMA و GARCH می‌باشد. این روش میزان صادرات خرما را در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۷ کمتر و در سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸ بیشتر از مقادیر واقعی پیش‌بینی کرده است (جدول ۱۰).

### شبکه عصبی مصنوعی

در ابتدا باید یک شبکه عصبی مناسب در نظر گرفته شود. برای این منظور بایستی به بررسی ورودی‌ها و خروجی‌های ضروری و تشکیل لایه‌ها و تعداد نرون‌های مورد نیاز در هر لایه پرداخته شود (کاظمی، ۱۳۸۹). برای این منظور نسبت شاخص قیمت صادراتی به شاخص قیمت عمده‌فروشی خرما، میزان تولید داخلی خرما، نرخ ارز واقعی به‌عنوان ورودی شبکه و میزان صادرات خرما به‌عنوان خروجی مطلوب شبکه معرفی شدند. شبکه‌های عصبی مختلفی وجود دارد که در این تحقیق از شبکه عصبی چند لایه پیش‌خور با الگوریتم آموزشی پس انتشار خطا استفاده شده است. شبکه عصبی پیش‌خور مثالی از شبکه عصبی آموزش داده شده با ناظر است. در این مطالعه ورودی‌ها بین (۰/۹، ۰/۱) استاندارد می‌شوند. براساس نتایج حاصل در اجراهای متعدد شبکه‌هایی با معماری‌های مختلف و با بررسی انواع توابع انتقال از جمله تانژانت هایپربولیک، لگاریتم

سیگموئید، خطی و ..... ، در اینجا شبکه‌ای با دو لایه پنهان، ۱۰ نرون در لایه پنهان اول، ۵ نرون در لایه پنهان دوم و تابع انتقال لگاریتم سیگموئید در هر دو لایه میانی و تابع خطی در لایه خروجی به‌عنوان بهترین مدل شناسایی شد. نتایج نشان‌دهنده همپوشانی بالای داده‌های شبیه‌سازی شده با داده‌های مشاهده شده (واقعی) می‌باشد. به بیان دیگر داده‌های شبیه‌سازی شده توسط شبکه با داده‌های واقعی میزان صادرات خرما طی سال‌های ۱۳۸۴-۱۳۴۶ اختلاف چندانی ندارند و به داده‌های واقعی نزدیک هستند. لذا این شبکه جهت پیش‌بینی میزان صادرات خرمای ایران مورد استفاده قرار می‌گیرد. پس از مرحله اول که بهترین شبکه انتخاب شد، توانایی شبکه عصبی جهت پیش‌بینی مورد آزمون قرار می‌گیرد برای این منظور از داده‌های سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۸۵ کمک گرفته می‌شود و سپس معیارهای ارزیابی محاسبه می‌گردند (جدول ۸). شبکه عصبی در این دوره در تمامی سال‌ها مقادیر کمتر و در سال ۱۳۸۷ مقادیر بیشتر از مقادیر واقعی را پیش‌بینی نموده است. همانطور که مشاهده می‌شود داده‌های واقعی و داده‌های پیش‌بینی شده در تمامی سال‌ها به یکدیگر نزدیک می‌باشند (جدول ۱۰).

جهت پیش‌بینی آینده‌نگر توسط شبکه عصبی و الگوریتم ژنتیک پس از انتخاب بهترین شبکه و تخمین و ارزیابی مدل لگاریتمی- خطی مربوط به عرضه صادرات خرمای ایران توسط الگوریتم ژنتیک، میزان صادرات با استفاده از آنها برای سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۸۹ بر اساس دو سناریوی زیر پیش‌بینی می‌شود که نتایج در جداول (۱۳، ۱۴) آمده است.

۱- سناریوی اول: متوسط نرخ رشد هر متغیر در ده سال پایانی نمونه (۱۳۸۸-۱۳۷۹)

۲- سناریوی دوم: متوسط نرخ رشد هر متغیر در پنج سال پایانی نمونه (۱۳۸۸-۱۳۸۴)

به منظور مقایسه قدرت و توانایی پیش‌بینی فرآیندهای ARMA، GARCH، شبکه عصبی مصنوعی، الگوریتم ژنتیک از معیارهای RMSE و MAE و MAPE استفاده شده، این معیارها براساس مقایسه داده‌های واقعی دوره ۱۳۸۸-۱۳۸۵ و مقادیر پیش‌بینی شده برای این دوره بدست آمده است که نتایج آن در جدول ۱۵ گزارش شده است. همچنین مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده طی دوره مذکور در جدول ۱۰ ذکر شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود کلیه معیارها نشان دهنده‌ی خطای کمتر و در نتیجه کارایی بالاتر و برتری شبکه عصبی برای پیش‌بینی میزان صادرات خرمای ایران برای دوره مورد مطالعه می‌باشند. بعد از شبکه عصبی تمامی معیارها (به استثنای MAPE) نشان‌دهنده کمترین خطای الگوریتم ژنتیک نسبت به سایر مدل‌ها می‌باشند. مدل‌های ARMA، GARCH، GA، روند صعودی را برای میزان صادرات خرما طی سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۵ پیش‌بینی نموده‌اند. با توجه به اینکه شبکه عصبی کمترین مقدار خطا در پیش‌بینی میزان

صادرات خرما را دارا می‌باشد، مقادیر پیش‌بینی شده توسط این شبکه برای سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۹۵ مورد بررسی و استناد قرار می‌گیرند.

بررسی میزان صادرات خرمای ایران طی سال‌های گذشته نشان می‌دهد این کشور از قدیم‌الایام یکی از تولیدکنندگان بزرگ خرما بوده اما تا قبل از تحریم اقتصادی عراق به علت اشغال کویت، در صادرات جهانی خرما نقش بسیار ناچیزی داشته است. هرچند قبل از جنگ تحمیلی نیز صادرات خرمای ایران نسبت به صادرات جهانی این محصول اندک بوده، اما صادرات آن توانسته است با آهنگ مناسبی رشد کند. با شروع جنگ تحمیلی در سال ۱۳۵۹ و درگیری مناطق خرماخیز کشور در جنگ، صادرات ایران از ۵۴ هزار تن در سال ۱۳۵۸ به حدود ۵۵۰ تن در سال ۱۳۵۹ کاهش یافت و در طول جنگ نیز صادرات خرما به‌طور متوسط در حدود ۱۵ هزار تن در سال باقی ماند. با پایان جنگ تحمیلی و آغاز تحریم اقتصادی عراق و همچنین به‌علت تشابه زیاد خرمای عراق و ایران، بازار مناسبی برای خرمای ایران ایجاد گردید و صادرات خرمای ایران از سال ۱۳۶۹ به‌سرعت رشد یافت، به‌نحوی که با سیاست‌های تشویق صادرات در این سال‌ها حتی سهم ایران در سال ۱۳۷۳ به حدود ۵۰ درصد از صادرات جهانی رسید. این برهه زمانی برای خرمای ایران فرصتی استثنایی به‌وجود آورد تا سهم قابل توجهی از بازار را از آن خود کند، اما سیاست‌های بازدارنده در سال ۱۳۷۴ همچون پیمان ارزی و تثبیت نرخ ارز، صادرات خرما را با بحران جدیدی روبرو ساخت به‌طوری‌که صادرات خرما در این سال تقریباً نصف رقم مشابه سال قبل کاهش یافت. براساس پیش‌بینی صورت گرفته توسط شبکه عصبی طی سناریوی اول و دوم، میزان صادرات خرما از سال ۸۸ به سال ۸۹ کاهش می‌یابد. در سناریوی اول از سال ۱۳۹۰ تا سال ۱۳۹۲ شاهد افزایش صادرات خواهیم بود، و از سال ۹۳ صادرات خرما روند کاهشی به خود می‌گیرد و به ۶۰۰۵۶ تن می‌رسد. پیش‌بینی‌های صورت گرفته توسط سناریوی دوم نیز حاکی از آن است که صادرات خرما طی سال‌های ۹۰ و ۹۱ افزایش می‌یابند اما از سال ۹۲ تا ۹۵ کاهش یافته و به ۵۵۵۸۳ تن می‌رسد که در هر دو سناریو شاهد روند افزایشی - کاهشی در میزان صادرات خرمای ایران هستیم. که این روند افزایشی - کاهشی را در سال‌های گذشته نیز مشاهده کرده‌ایم. با توجه به آمارهای صادرات خرمای ایران، از سال ۱۳۸۵ صادرات خرما از ۱۴۵۰۰۰ تن به ۸۷۰۰۰ تن کاهش یافته است، از طرفی با توجه به پیش‌بینی صورت گرفته توسط شبکه عصبی طی هر دو سناریو انتظار داریم که این کاهش به ۵۵۰۰۰ تا ۶۰۰۰۰ تن در سال برسد. پیش‌بینی صورت گرفته می‌تواند توجه برنامه‌ریزان را به این نکته جلب کند که دلایل کاهش میزان صادرات خرما را طی سال‌های ۸۵ تا ۸۸ مورد توجه قرار داده و با برنامه‌ریزی‌های مناسب این کاهش را تقلیل دهند.

### نتیجه‌گیری و پیشنهادات

مطالعه حاضر طی یک دوره هفت ساله (۱۳۸۹ تا ۱۳۹۵) میزان صادرات خرمای ایران را با استفاده از روش‌های اقتصادسنجی (ARMA، GARCH) و هوش مصنوعی (ANN، GA) پیش‌بینی و مقایسه براساس داده‌های دوره ۸۸-۱۳۸۵ صورت گرفته است. نتایج نشان داد که روند پیش‌بینی شده به‌وسیله شبکه‌های عصبی، دارای کمترین خطا می‌باشد. نمودارها نیز به‌خوبی هم‌پوشانی داده‌های بدست آمده از شبکه و داده‌های مشاهده شده (واقعی) را نشان می‌دهند. همچنین با توجه به معیارهای عملکرد، اگرچه الگوریتم ژنتیک در مقایسه با شبکه عصبی توانایی کمتری در پیش‌بینی نشان داده است، اما این روش از روش‌های اقتصادسنجی کارآمدتر بوده و دارای خطای پیش‌بینی کمتری می‌باشد. پس از پذیرفتن شبکه عصبی به‌عنوان مدل کارا، پیش‌بینی‌های صورت گرفته توسط آن مورد بررسی قرار می‌گیرد. پس با استناد بر پیش‌بینی‌های صورت گرفته توسط سناریو اول و دوم شبکه عصبی می‌توان نتیجه گرفت، اگرچه در سناریوی اول طی ۳ سال و در سناریوی دوم طی ۲ سال صادرات افزایش پیدا خواهد کرد اما در بیشتر سال‌ها صادرات کاهش یافته و دارای روند افزایشی-کاهشی است. لذا دولت می‌تواند یک برنامه بلندمدت برای افزایش صادرات خرمای ایران تدوین کند، در این برنامه می‌توان مواردی چون، حمایت‌ها و یارانه‌های صادراتی، گسترش تعداد بازارهای هدف جهت صادرات خرما و تشویق صادرکنندگانی که خرمای ایران را به کشورهای اتحادیه اروپا و یا بازارهای جدیدی صادر می‌کنند، و همچنین عملی کردن شعار مشتری مداری در بازار جهانی خرما را مورد توجه قرار داد. همچنین نتایج مطالعه نشان داد که شبکه‌های عصبی مصنوعی توانایی بالایی در پیش‌بینی میزان صادرات محصولات کشاورزی دارند و قادرند میزان صادرات این محصول را دقیق‌تر از روش‌های معمول، پیش‌بینی نمایند. براین اساس به دستگاه‌های مسئول در زمینه برنامه‌ریزی و سیاستگذاری‌های بازرگانی پیشنهاد می‌شود، علاوه بر مدل‌های رایج در زمینه پیش‌بینی، از شبکه‌های عصبی مصنوعی نیز استفاده نمایند.



## فهرست منابع

۱. ائنی‌عشری ه. ۱۳۸۶. تأثیر سیاست‌های پولی و مالی بر اشتغال بخش کشاورزی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی اقتصاد کشاورزی. دانشگاه زابل. دانشکده کشاورزی.
۲. پرین و. اسماعیلی ع. ۱۳۸۷. مقایسه روش‌های مختلف جهت پیش‌بینی واردات ادویه‌جات در ایران مطالعه موردی دارچین، هل و زردچوبه. اقتصاد کشاورزی و توسعه. ۶۴: ۴۰-۱۹.
۳. جورابیان م. هوشمند ر. ۱۳۸۱. منطق فازی و شبکه‌های عصبی. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز. چاپ اول.
۴. صادقی ح. ذوالفقاری م. حیدری م. ۱۳۸۸. تخمین تابع تقاضای بنزین در بخش حمل و نقل با استفاده از الگوریتم ژنتیک. فصل‌نامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی. ۲۱: ۲۷-۱.
۵. فرج‌زاده ز. شاه‌ولی ا. ۱۳۸۸. پیش‌بینی قیمت محصولات کشاورزی مطالعه موردی پنبه، برنج و زعفران. اقتصاد کشاورزی و توسعه. ۶۷: ۷۱-۴۳.
۶. کاظمی م. ۱۳۸۹. پیش‌بینی تأثیر نااطمینانی نرخ ارز بر رشد اقتصادی ایران با استفاده از شبکه‌های عصبی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید باهنر کرمان. دانشکده مدیریت و اقتصاد.
۷. کرباسی ع. ائنی‌عشری ه. عاقل ح. ۱۳۸۷. پیش‌بینی اشتغال بخش کشاورزی در ایران. اقتصاد در توسعه کشاورزی. ۲: ۴۲-۳۱.
۸. گودرزی ج. ۱۳۸۲. اثر نرخ مؤثر واقعی ارز بر صادرات غیرنفتی (مطالعه موردی فرش، پسته، خرما، کشمش، زعفران و خاویار). پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده ادبیات و علوم انسانی گروه اقتصاد. دانشگاه بوعلی‌سینا.
۹. مهرابی ح. پاکروان م. شکیبایی ع. ۱۳۸۸. بررسی مزیت‌نسبی و نقشه‌ریزی تجاری صادرات خرماي ایران. اقتصاد کشاورزی. ۲: ۸۱-۶۳.
۱۰. مهرابی ح. کوچک‌زاده س. ۱۳۸۸. مدل‌سازی و پیش‌بینی صادرات محصولات کشاورزی ایران: کاربرد شبکه عصبی. اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع کشاورزی). ۱: ۵۸-۴۹.
۱۱. نجفی ب. طرازکار م. ۱۳۸۵. پیش‌بینی میزان صادرات پسته ایران: کاربرد شبکه عصبی مصنوعی، پژوهشنامه بازرگانی، ۳۹: ۲۱۴-۱۹۱.

۱۲. یگانه مهر ا. ۱۳۹۰. مقایسه عملکرد شبکه عصبی و الگوریتم ژنتیک در پیش‌بینی بازده سهام. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید باهنر کرمان. دانشکده مدیریت و اقتصاد.
13. Amjadi M.H, Nezamabadi-pour H, Farsangi M.M. 2010. Estimation of electricity demand of Iran using two heuristic algorithms. *Energy Conversion and Management*. 51:493-497.
  14. C.Co H, Boosarawongse R. 2007. Forecasting Thailand's rice export: Statistical techniques vs. artificial neural networks. *Computers & Industrial Engineering*. 53: 610-627.
  15. Li G, Xu S, Li Z. 2010. Short-Term Price Forecasting For Agro-products Using Artificial Neural Networks. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*.1: 278-287.
  16. Moshiri S, Cameron N. 2000. Neural Networks Versus Econometric Models in Forecasting Inflation. *Journal of Forecasting*. 19: 201-217.
  17. Tkacz G. 2001. Neural network forecasting of Canadian GDP growth. *International Journal of Forecasting*.17:57-69.

## پیوست‌ها

جدول ۱- آزمون ریشه واحد پرون (۱۹۸۹) برای میزان صادرات خرما ایران

متغیر	$\alpha_0$	DU59	D59	T	$Y_{t-1}$
ضریب	-۳۰۱۸/۱۳۹	۳۶۵۰۷/۸۰	-۲۴۴۲۴/۶۰	-۳۲۳۸/۵۸	۰/۳۵
خطای معیار	۱۰۰۳۲/۹۳	۲۰۲۵۴/۷۲	۳۱۷۰۵/۱۹	۱۱۱۵/۰۰۶	۰/۱۶

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۲- نتایج حاصل از برآورد فرآیند  $ARMA(1,1)$ 

متغیر	C	D59	AR(1)	MA(1)
ضریب	۱۱۲۸۶/۱۲	-۲۴۶۶۶/۴۴	۰/۹۵	-۰/۵۵
خطای معیار	۹۸۲۷۴/۱۸	۱۵۴۶۹/۵۴	۰/۰۶	۰/۲۷

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۳- آماره‌های دقت پیش‌بینی صادرات خرما توسط روش  $ARMA$ 

متغیر مورد پیش‌بینی	مدل انتخابی	RMSE	MAE	MAPE
میزان صادرات خرما	$ARMA(1,1)$	۲۵۸۹۲/۲۸	۲۰۶۳۵/۱	۱۶/۸

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۴- نتایج آزمون  $ARCH LM$ 

نوع آماره	آماره محاسباتی	سطح معنی داری
F-statistic	۹/۷۴	۰/۰۰۳
Obs*R-squared	۸/۰۶	۰/۰۰۴

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۵- نتایج حاصل از برآورد  $GARCH(2,1)$ 

متغیر	C	$RESID(-1)^2$	$RESID(-2)^2$	GARCH(-1)
ضریب	۱۱۶۰۰۰۰۰۰	۰/۸۳	۰/۹۳	-۱
خطای معیار	۶۵۸۰۰۰۰۰۰	۰/۲۲	۰/۲۷	۰/۰۳

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۶- آماره‌های دقت پیش‌بینی صادرات خرما توسط  $GARCH(2,1)$ 

متغیر مورد پیش‌بینی	مدل انتخابی	RMSE	MAE	MAPE
میزان صادرات خرما	$GARCH(1,2)$	۳۱۰۰۰/۰۵	۲۴۵۴۳/۲	۱۹/۴

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۷- مشخصات آماری الگوی شبکه عصبی

R آموزش	R آزمون	R صحت سنجی	R کل
۰/۹۸	۰/۹۰	۰/۹۱	۰/۹۴

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۸- مقادیر خطای پیش‌بینی شبکه عصبی

متغیر مورد پیش‌بینی	مدل انتخابی	RMSE	MAE	MAPE
میزان صادرات خرما	ANN	۱۰۷۳۶/۷۲	۱۰۲۵۷/۵۷	۸/۹

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۹- مقادیر خطای پیش‌بینی توسط الگوریتم ژنتیک

متغیر مورد پیش‌بینی	مدل انتخابی	RMSE	MAE	MAPE
میزان صادرات خرما	GA	۲۲۱۲۳/۳۱	۱۹۱۱۰/۳۸	۱۷/۴

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۱۰- نتایج پیش‌بینی میزان صادرات خرمای ایران توسط روش‌های مختلف

و مقادیر حقیقی آن طی سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۸۸

سال	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸
مقادیر حقیقی	۱۴۵۰۰۰	۱۱۶۰۰۰	۱۰۵۱۰۰	۸۷۰۰۰
مقادیر پیش‌بینی شده توسط ARMA	۹۸۲۴۹	۹۸۹۲۶	۹۹۵۷۲	۱۰۰۱۸۹
مقادیر پیش‌بینی شده توسط GARCH	۹۰۴۵۲	۹۰۵۷۴	۹۰۶۸۵	۹۰۷۸۵
مقادیر پیش‌بینی شده توسط GA	۱۱۴۷۶۲	۱۲۷۵۴۸	۱۰۰۲۱۳	۱۱۶۷۶۹
مقادیر پیش‌بینی شده توسط ANN	۱۳۲۳۰۷	۱۰۱۹۱۶	۱۱۲۳۹۷	۸۰۰۴۴

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۱۱- نتایج پیش‌بینی میزان صادرات خرمای ایران با استفاده از ARMA و GARCH (تن).

سال	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵
مقادیر پیش‌بینی شده صادرات خرما توسط ARMA	۱۰۰۷۷۶	۱۰۱۳۳۶	۱۰۱۸۷۰	۱۰۲۳۸۰	۱۰۲۸۶۶	۱۰۳۳۳۰	۱۰۳۷۷۱
مقادیر پیش‌بینی شده صادرات خرما توسط GARCH	۹۰۸۷۵	۹۰۹۵۶	۹۱۰۲۹	۹۱۰۹۵	۹۱۱۵۴	۹۱۲۰۸	۹۱۲۵۶

## جدول ۱۲- متوسط نرخ رشد متغیرها.

متغیر	سناریوی اول	سناریوی دوم
نسبت شاخص قیمت صادراتی به شاخص قیمت تولیدکننده	-۰/۰۴	-۰/۰۷
تولید داخلی	۰/۰۱۸	۰/۰۱۹
نرخ مبادله ارز	۰/۱۱	۰/۱۲

مأخذ: یافته‌های تحقیق

## جدول ۱۳- نتایج پیش‌بینی میزان صادرات خرمای ایران با استفاده از شبکه عصبی واحد (تن).

سال	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵
سناریوی اول	۷۵۶۷۸	۹۹۷۶۴	۱۳۸۵۷۳	۱۴۴۵۹۳	۱۲۶۵۱۵	۸۵۱۰۱	۶۰۰۵۶
سناریوی دوم	۷۶۳۷۸	۱۰۸۱۱۴	۱۴۳۰۲۳	۱۴۰۸۸۰	۱۰۸۸۵۶	۶۷۷۱۹	۵۵۵۸۳

مأخذ: یافته‌های تحقیق

## جدول ۱۴- نتایج پیش‌بینی میزان صادرات خرمای ایران با استفاده از معادله لگاریتمی - خطی

برآورد شده توسط الگوریتم ژنتیک واحد (تن).

سال	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵
سناریوی اول	۱۲۰۱۷۶	۱۲۳۶۸۳	۱۲۷۲۹۲	۱۳۱۰۰۷	۱۳۴۸۲۹	۱۳۸۷۶۴	۱۴۲۸۱۳
سناریوی دوم	۱۱۹۷۳۶	۱۲۲۷۷۸	۱۲۵۸۹۹	۱۲۹۰۹۶	۱۳۲۳۷۷	۱۳۵۷۴۰	۱۳۹۱۸۹

مأخذ: یافته‌های تحقیق

## جدول ۱۵- مقایسه قدرت پیش‌بینی روش‌های مختلف.

نام مدل	RMSE	MAE	MAPE
مدل ARMA	۲۵۸۹۲/۲۸	۲۰۶۳۵/۱۰	۱۶/۸
مدل GARCH	۳۱۰۰۰	۲۴۵۴۳/۲	۱۹/۴
مدل شبکه عصبی مصنوعی	۱۰۷۳۶/۷۲	۱۰۲۵۷/۵۷	۸/۹
مدل الگوریتم ژنتیک	۲۲۱۲۳/۳۱	۱۹۱۱۰/۳۸	۱۷/۴

مأخذ: یافته‌های تحقیق