پیش‌بینی میزان واردات برنج و ذرت با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی[1]

محمدامین شایگان*، حمید محمدی** و سید نعمت‌الله موسوی***

در این مطالعه با هدف پیش‌بینی واردات برنج و ذرت، از روش شبکه عصبی مصنوعی و ARIMA[2] استفاده شده و نتایج حاصل مورد مقایسه قرار گرفته است. به‌منظور انجام این بررسی، داده‌های گمرک ایران در خصوص واردات برنج و ذرت برای سالهای ۱۳۶۰ تا ۱۳۸۳ مبنای محاسبه قرار گرفته است. از داده‌های دوره ۱۳۸۰-۱۳۶۰ به منظور آموزش شبکه و از داده‌های سه سال آخر برای بررسی قدرت پیش‌بینی استفاده شده است. نتایج مطالعه نشان دهنده آن است که روش شبکه عصبی دارای عملکرد بهتری در مقایسه با فرآیند ARIMA بوده و قادر است میزان واردات برنج و ذرت را دقیق‌تر پیش‌بینی کند.

واژه‌های کلیدی: واردات، برنج و ذرت، شبکه عصبی مصنوعی.

۱. مقدمه

در میان محصولات وارداتی کشور ما برنج از جایگاه خاصی برخوردار است. برنج تنها غله‌ای است که فقط برای مصرف انسان کاشته می‌شود و بعد از گندم مهم‌ترین محصول از خانواده غلات است. برنج به عنوان یک ماده غذایی بسیار ارزشمند نقش حساسی را در جهان کنونی ایفا می‌کند[3].

---

۱. این مقاله برگرفته از طرحی پژوهشی است با عنوان "رویکرد کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی در بررسی واردات محصولات کشاورزی" که در حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی شیراز اجرا شده است.

* کارشناس ارشد مهندسی کامپیوتر و عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی شیراز

** دکتری اقتصاد کشاورزی و عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی جهرم

*** دکتری اقتصاد کشاورزی و عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی مرودشت

2. Auto – regressive Integrated Moving Average

۳. محمد حسن طرازکار و محمد بخشوده (۱۳۸۴)

نقش تجارت جهانی برنج از دهه ۱۹۹۰ به شدت افزایش یافته است. به همین سبب کشورهای مهم تولیدکننده برنج جهان در صدد هستند تا از این ماده غذایی به عنوان اهرم فشار در معادلات سیاسی جهان بهره گیرند. در سال ۱۹۹۳ پس از مطرح شدن موافقت نامه گات و آزادی صدور برنج آمریکایی به کشورهای آسیای جنوب شرقی، مسائل و مشکلات بسیاری در این کشورها پدید آمد، نظیر اعتراض بیش از ۲۰ هزار کشاورز کره جنوبی در اواخر سال ۱۹۹۳ به آزادی واردات برنج آمریکایی به کشورشان که نشان از اهمیت این کالای تقریباً استراتژیک در آسیای شرقی دارد.

مصرف برنج در کنار سایر انواع غلات مانند ذرت، ارزن و گندم به‌عنوان مکمل مطرح می‌شود. در کشورهایی که مصرف سرانه برنج آنان بسیار زیاد است مصرف گندم آنان اندک است، به طوری که در میانمار که بیشترین میزان مصرف سرانه برنج را دارد مصرف سرانه گندم فقط حدود ۴/۹ کیلوگرم در سال است. در مقابل در کشورهایی که مصرف سرانه برنج اندک است، مواد مصرفی در گروه غلات از سایر انواع غلات تأمین می‌شود. به طور مثال در کشورهای اروپایی، مصرف سرانه برنج بسیار اندک و در اغلب آنها از ۱۰ کیلوگرم هم کمتر است. در این کشورها برنج در کنار موادی دیگر مانند سبزیها، گوشت و شیر استفاده می‌شود، موادی که نسل پیش از آن محروم بود. تقریباً ۹۰ درصد تولید و مصرف برنج در آسیا انجام می‌شود و ۹۶ درصد مصرف آن در کشورهای در حال توسعه است. رشد مصرف برنج به دلیل شهر نشینی، افزایش درآمد سرانه، تغییر الگوی تغذیه و کاهش رشد جمعیت شروع به کاهش کرده است. رشد عرضه برنج نیز روندی نزولی به خود گرفته است.

برنج محصولی اساسی در کشور ما به شمار می‌رود زیرا این محصول در سبد کالایی خانوار و الگوی تغذیه‌ای نقش مهمی دارد (بر اساس شاخص قیمت خرده‌فروشی، ضریب اهمیت انواع برنج ۳/۳۲ است). در حال حاضر ایران یکی از مهم‌ترین واردکنندگان این محصول است.

ذرت دانه‌ای نیز یکی دیگر از محصولات وارداتی کشور است. طی دوره ۱۳۶۰ تا ۱۳۸۳ میزان واردات این محصول دارای نوسانات زیادی بوده است. این محصول به دلیل نقش خاص آن در امور پرورش دام از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این مطالعه میزان واردات این محصول نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

با توجه به نقشی که کشاورزی در انتقال نیروی کار، تأمین مواد غذایی، ایجاد اشتغال، تأمین مواد اولیه و تأمین رفاه مصرف‌کنندگان تمام اقشار جامعه دارد، نیازمند توجه و برنامه‌ریزی دقیق از سوی سیاستگذاران است. بنابراین به منظور برنامه‌ریزیهای مناسب کوتاه و بلندمدت در زمینه واردات، اطلاع دقیق از آینده لازم و ضروری به نظر می‌رسد زیرا اتخاذ سیاستهای مناسب در زمینه کاهش واردات، برای شکل‌گیری بخش کشاورزی به عنوان یک بخش تجاری و مؤثر در توسعه اقتصادی لازم است. بر این اساس در مطالعه حاضر میزان واردات برخی از محصولات مهم وارداتی نظیر برنج و ذرت دانه‌ای که نقش مهمی در تراز تجاری کشور دارند پیش‌بینی شده است.

۲. مطالعات انجام شده

روشهای پیش‌بینی با توجه به میزان متدهای ریاضی و آماری به کار رفته در آنها، به طور گسترده به روشهای کیفی و کمی دسته‌بندی می‌شوند. روشهای کیفی، تخمین ذهنی عقاید متخصصان را در بر دارند. از سوی دیگر در روشهای پیش‌بینی کمی منطق پیش‌بینی به وضوح بیان می‌شود. در این روشها داده‌های مربوط به گذشته با هدف پیش‌بینی ارزش آتی متغیر مورد نظر، با استفاده از متدهای آماری و ریاضی مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند[۱].

امروزه به موازات مدلهای متداول قبلی، روشهای جدیدتری برای پیش‌بینی ابداع شده است. در این روشها که شبکه‌های عصبی مصنوعی[۲] نامیده می‌شوند، با استفاده از هوش مصنوعی، روابط پیچیده بین متغیرها فراگرفته می‌شود. شبکه‌های عصبی مصنوعی، مانند یک ذهن زنده عمل می‌کنند و ساختاری شبیه به مغز انسان دارند. شبکه‌های عصبی مصنوعی با پردازش داده‌های تجربی، قانون نهفته در ورای داده‌ها را کشف کرده و از آن برای پیش‌بینی مقادیر آتی استفاده می‌کنند. بر اساس این دیدگاه می‌توان روابط موجود بین متغیرها را با استفاده از روشهای جستجو در اطلاعات از طریق کامپیوتر فرا گرفت و از آنها برای پیش‌بینی مقادیر آینده استفاده کرد[۳]. با توجه به توانایی شبکه‌های عصبی مصنوعی مطالعات متعددی نیز در این زمینه صورت پذیرفته است. وو و لو[۴] (۱۹۹۳) با بهره‌گیری از داده‌های روزانه دوره

---

۱. محمد حسن طراز کار و بهاءالدین نجفی، ۱۳۸۴، صص ۲۰۹-۱۸۱.

2. Artificial Neural Networks (ANN)

۳. شهاب الدین مقرب الحق (۱۳۸۲).

4. Sh. Wu and R. P. Lu

۱۹۷۱ تا ۱۹۹۰، شاخص قیمت سهام ایالات متحده آمریکا را پیش‌بینی کردند. در این مطالعه از فرآیند ARIMA و یک شبکه عصبی پیش‌خور سه لایه استفاده شده است. نتایج مطالعه نشان داد که از طریق کاربرد شبکه عصبی مصنوعی، پیش‌بینی‌های دقیق‌تری نسبت به روش ARIMA ارائه شده است. با این حال فرآیند ARIMA توانایی بیشتری در پیش‌بینی‌های بلندمدت دارد.

هیل و همکاران[1] (۱۹۹۶) در مطالعه‌ای جامع، مدل شبکه عصبی را با شش مدل دیگر پیش‌بینی قیمت بورس در حالتهای مختلف مقایسه کرده‌اند. در این مطالعه قدرت پیش‌بینی شبکه عصبی بر اساس داده‌های سالیانه، فصلی و ماهیانه مقایسه شده است. نتایج مطالعه بیان‌کننده آن است که شبکه عصبی به طور معنی‌داری داده‌های فصلی و ماهیانه را بهتر از سایر روشها پیش‌بینی می‌کند، هر چند در مورد داده‌های سالیانه تفاوت معنی‌داری بین مدلهای مختلف وجود ندارد. همچنین شبکه‌های عصبی در مواردی که تعداد داده‌ها کمتر از ۱۰۰ نمونه باشد، در مقایسه با سایر روشها، بهتر می‌توانند مقادیر آتی را پیش‌بینی کنند.

آندرو و همکاران[2] (۲۰۰۲) نرخ برابری درهم یونان را در مقابل دلار آمریکا، پوند انگلیس، فرانک فرانسه و مارک آلمان، با استفاده از شبکه عصبی پیش‌بینی کردند. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که پیش‌بینی‌های صورت گرفته بسیار موفقیت‌آمیز بوده است.

اولسون و موس‌من[3] (۲۰۰۳) برخلاف سایر مطالعات قبلی از شبکه عصبی علاوه بر پیش‌بینی، در گروه‌بندی بازارهای مالی نیز استفاده کردند. در این مطالعه شبکه عصبی مصنوعی پس از انتشار خطا با مدل لوجیت[4] و روش حداقل مربعات معمولی (OLS) مقایسه شده است. داده‌های به کار رفته در این پژوهش بازده سهام ۲۳۵۲ شرکت کانادایی است. نتایج مطالعه نشان دهنده آن است شبکه عصبی توانایی بیشتری در شناسایی روابط غیرخطی بین متغیر وابسته و مستقل دارد و بنابراین از این طریق پیش‌بینی‌های دقیق‌تری ارائه می‌شود.

در ایران نیز مطالعات متعددی در زمینه پیش‌بینی با استفاده از شبکه عصبی صورت گرفته است. کهزادی و ابوالحسنی (۱۳۷۹) علاوه بر استفاده از مدل سری زمانی، قیمت روزانه سهام کارخانه شهد ایران را توسط نُه شبکه عصبی پیش‌بینی کردند. نتایج این تحقیق نشان

1. T. Hill and *et al*
2. A. S. Andreou and *et al*
3. D. Olson and C. Mossman
4. Logit

می‌دهد که پیش‌بینی توسط شبکه‌های عصبی دقیق‌تر، کاراتر و انعطاف‌پذیرتر از پیش‌بینی سری زمانی است.

مشیری (۱۳۸۰) با هدف پیش‌بینی تورم در ایران، از سه روش سری زمانی، مدلهای اقتصادسنجی در قالب مدل خود رگرسیو برداری (VAR)[1] و شبکه عصبی مصنوعی استفاده کرده است. نتایج حاصل نشان دهنده آن است که شبکه‌های عصبی در سه مورد از چهار مورد نسبت به هر دو مدل ساختاری و سری زمانی برتری قابل توجهی داشته و در یک مورد تقریباً با آنها برابری دارند.

اصغری اسکویی (۱۳۸۱) روشهای مختلف در تحلیل نمونه‌های آموزشی شبکه‌های عصبی را برای ۴۳ نمونه سری زمانی مورد مقایسه قرار داده است. بر اساس نتایج مطالعه، یک شبکه پیشخور سه لایه با ساختار ۵ ورودی، ۱۰ نرون در لایه مخفی و یک خروجی، بهترین شبکه است.

طرازکار و نجفی (۱۳۸۴) با توجه به اهمیت پیش‌بینی قیمت محصولات کشاورزی به‌ویژه محصول برنج، قیمت عمده فروشی برنج در استان فارس را با استفاده از روشهای معمول پیش‌بینی و هوش مصنوعی در قالب شبکه‌های عصبی مصنوعی برای افق زمانی یک، سه و شش ماه آتی پیش‌بینی کردند. نتایج مطالعه نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی دارای خطای پایین‌تری برای پیش‌بینی قیمت برنج در افق زمانی یک و سه ماه آینده بوده و به‌طور معنی‌داری از سایر روشها دقیق‌تر است اما در پیش‌بینی شش ماه آینده تفاوت معنی‌داری بین روشهای معمول و شبکه عصبی مصنوعی وجود ندارد.

نجفی و طرازکار (۱۳۸۵) با توجه به اهمیت پیش‌بینی صادرات در برنامه‌ریزی و سیاستگذاری و به منظور پیش‌بینی صادرات پسته ایران، در مطالعه خود از شبکه عصبی مصنوعی و فرآیند ARIMA استفاده کردند و نتایج به دست آمده را مورد مقایسه قرار دادند. به منظور انجام بررسیها از داده‌های گمرک ایران برای سالهای ۱۳۰۴ تا ۱۳۸۲ استفاده شده است. به عبارت دیگر داده‌های دوره ۱۳۷۷-۱۳۰۴ به منظور مقایسه روشها و داده‌های پنج سال آخر برای بررسی قدرت پیش‌بینی به کار برده شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که شبکه عصبی پیش‌خور دارای عملکرد بهتری در مقایسه با سایر شبکه‌های عصبی و فرآیند ARIMA بوده و قادر است میزان صادرات پسته را دقیق‌تر پیش‌بینی کند. بر این

1. Vector Autoregressive

اساس در مطالعه حاضر قدرت پیش‌بینی شبکه عصبی مصنوعی با سایر روشهای مرسوم در این زمینه در مورد میزان واردات برنج و ذرت برای دوره ۱۳۶۰ تا ۱۳۸۳ مورد مقایسه قرار گرفته است.

۳. روش تحقیق

در تحقیق حاضر قدرت پیش‌بینی شبکه‌های عصبی مصنوعی با روشهای سنتی در قالب روشهای خود رگرسیو میانگین متحرک (ARMA)[1] و خود رگرسیو جمعی میانگین متحرک (ARIMA)، مقایسه شده‌اند.

۴. روش ARMA و ARIMA

در یک فرآیند ARIMA(p,d,q)، p, d, q به ترتیب نشان دهنده تعداد جملات خود توضیح، درجه تفاضل گیری و تعداد جملات میانگین متحرک است. در صورتی که d برابر با صفر شود، فرآیند ARIMA به فرآیند ARMA تبدیل می‌شود. معمولاً برای تخمین الگوی ARIMA و ARMA، از روش باکس- جنکینز استفاده می‌شود که دارای چهار مرحله شناسایی، تخمین، تشخیص دقت پردازش و پیش‌بینی است. فرآیند ARIMA(p,d,q) برای متغیر x را می‌توان به صورت رابطه (۱) نشان داد.

$$y_t = f(t) + \Phi_1 y_{t-1} + \Phi_2 y_{t-2} + \ldots + \Phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \ldots + \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (1)$$

که در آن، $y_t = \Delta^d x_t = (1-L)^d x_t$ و $f(t)$ روند زمانی را (درصورت وجود) در y_t برآورد می‌کند. در بیشتر متغیرهای اقتصادی، $d = 0$ است و در نتیجه $f(t) = \alpha + \delta t$ یا $d = 1$ بوده و $f(t) = \mu$.[2]

به منظور پیش‌بینی با استفاده از مدل ARIMA اجرای سه مرحله شناسایی، تخمین و تشخیص اعتبار الزامی‌است (برنت و بسلر، ۱۹۸۱)[3]. در مرحله اول که تشخیص یا شناسایی نام دارد باید مقادیر واقعی p ، d و q را تعیین کرد. با استفاده از آزمون مانایی می‌توان مقدار d را تعیین کرد و برای تعیین تعداد جملات خود توضیح و تعداد جملات میانگین متحرک معمولاً

1. Autoregressive Moving Average
2. M. H. Pesaran and T. Shin
3. J. A. Brandt and D. A. Bessler

از توابع خود همبستگی بهره گرفته می‌شود. به‌منظور تعیین وقفه‌های مناسب نیز می‌توان از توابع همبستگی جزئی استفاده کرد.

۵. شبکه‌های عصبی مصنوعی

شبکه‌های عصبی مصنوعی در حقیقت مدل ساده شده‌ای از سیستم عصبی مرکزی هستند و مانند مغز با پردازش داده‌های تجربی، قانون داده‌ها را به ساختار شبکه منتقل می‌کنند، بنابراین پیش از بررسی شبکه‌های عصبی مصنوعی، شبکه‌های عصبی بیولوژیک مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۶. شبکه عصبی بیولوژیکی

مغز به عنوان یک سیستم پردازش اطلاعات از عناصر اصلی ساختاری به نام نرون[1] تشکیل شده است. در حقیقت نرون‌ها ساده‌ترین واحد ساختاری سیستم‌های عصبی هستند. تعداد نرون‌ها در مغز انسان ۱۰۰ تریلیون تخمین زده می‌شود که بیش از صدها نوع مختلف از آن وجود دارد. این نرون‌ها به وسیله ۱۰ کانال ارتباطی به هم متصل هستند. نرون‌ها درون گروههایی به نام شبکه یا بافت دسته بندی می‌شوند که هر شبکه چندین هزار نرون مرتبط به هم را در بر می‌گیرد. بافتهای عصبی وظیفه انتقال اطلاعات و پیامها از یک قسمت بدن به قسمت دیگر را به‌عهده دارند. بنابراین مغز را می‌توان مجموعه‌ای از شبکه‌های عصبی دانست.

بیشترین تعداد نرون‌ها در مغز و بقیه در نخاع و سیستم‌های عصبی جانبی تمرکز یافته‌اند. همه نرون‌ها کارکرد یکسانی دارند، ولی اندازه و شکل آنها به محل قرارگیری آنها بستگی دارد. نرون‌ها بر اساس ساختارهایی که بین آنها پیامهای عصبی هدایت می‌شوند به سه دسته کلی نرون‌های حسی، نرون‌های محرک و نرون‌های ارتباطی تقسیم می‌شوند. نرون‌های حسی اطلاعات را از ارگانهای حسی به مغز می‌فرستند. نرون‌های محرک فرمانهای مغز و نخاع را به ماهیچه‌ها و غدد هدایت می‌کنند. نرون‌های ارتباطی نیز نرون‌های حسی و محرک را به هم متصل می‌کنند. البته در انسان تعداد نرون‌های ارتباطی بسیار بیشتر از تعداد نرون‌های حسی و محرک است[2].

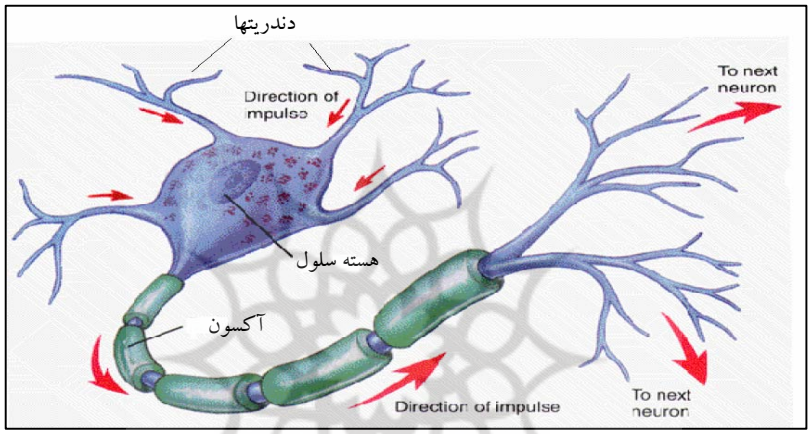
---

1. Neuron

۲. محمد باقر منهاج (۱۳۷۷)

با وجود این همه تنوع در نرون‌های بیولوژیکی، بیشتر نرون‌ها از سه قسمت اساسی بدنه سلول، دندریت و آکسون تشکیل شده‌اند. دندریت و آکسون، عناصر ارتباطی نرون‌ها را تشکیل می‌دهند و بدنه سلول، منبع تأمین انرژی است. در شکل (۱)، ساختار یک شبکه عصبی بیولوژیکی متشکل از یک سلول، نشان داده شده است.

شکل ۱. نواحی اصلی یک سلول عصبی بیولوژیک



پیامهای عصبی فقط به صورت یک‌طرفه حرکت می‌کنند. این پیامها از دندریتها به بدنه سلول و سپس به آکسون و در نهایت به نرون مجاور انتقال می‌یابند. دندریتها به‌عنوان مناطق دریافت پیام، دارای سطح نامنظم و شاخه‌های انشعابی بی‌شماری هستند و به همین علت به آنها شبکه‌های دریافتی درخت گونه نیز گفته می‌شود. دندریتها پیامها را به هسته سلول منتقل می‌کنند. پیامها می‌توانند بدون تغییر انتقال داده شوند یا اینکه توسط سیناپس‌ها[1] تغییر داده شوند. یک سیناپس قادر است قدرت ارتباط را افزایش یا کاهش دهد و باعث تحریک یا بازدارندگی نرون مرتبط شود.

بدنه سلول، شامل هسته و قسمتهای حفاظتی است که انرژی لازم را برای فعالیت نرون فراهم کرده و بر روی پیامهای دریافتی عمل می‌کند. آکسون وظیفه انتقال پیامهای دریافتی از هسته به نرون‌های دیگر را به عهده دارد. آکسون برخلاف دندریتها از سطح هموارتر و تعداد شاخه‌های کمتری برخوردار است.

1. Synapses

در حالت معمول نرون‌ها را تعداد بسیاری سلول موسوم به گلیا[1] همراهی می‌کنند. سلولهای گلیا نرون‌ها را طوری احاطه می‌کنند که در جایشان ثابت بمانند و موجب رسیدن مواد غذایی به نرون و به ویژه به هسته سلول می‌شوند. این سلولها محصولات زائد نرون‌ها را نابود کرده و صدمات وارده به آنها را جبران می‌کنند. تمام اعمالی که موجبات حیات سلول را فراهم می‌کند توسط سلولهای گلیا انجام می‌پذیرد، با این حال نرون‌ها به تنهایی عهده‌دار نقش اصلی خود هستند.

شبکه‌های عصبی مصنوعی، ساختاری شبیه به شبکه بیولوژیک دارند. شبکه‌های عصبی مصنوعی سیستم‌هایی با قدرت انجام عملیاتی مانند سیستم‌های طبیعی عصبی هستند و به عبارت بهتر می‌توانند ویژگیهایی شبیه به مغز انسان را تقلید کنند. یک شبکه عصبی از نرون‌های مصنوعی تشکیل شده است. نرون یا گره، کوچکترین واحد پردازش اطلاعات است که اساس عملکرد شبکه‌های عصبی را تشکیل می‌دهد. هر یک از نرون‌ها، ورودیها را دریافت کرده و پس از پردازش آنها، یک پیام خروجی تولید می‌کنند.

شبکه‌های عصبی به‌رغم تنوع، از ساختار مشابهی برخوردار هستند. یک شبکه عصبی معمولاً از سه لایه ورودی[2]، پنهان یا مخفی[3] و خروجی[4] تشکیل شده است. لایه ورودی فقط اطلاعات را دریافت کرده و مشابه متغیر مستقل عمل می‌کند. لایه خروجی نیز مانند متغیر وابسته عمل کرده و تعداد نرون‌های آن بستگی به تعداد متغیر وابسته دارد[5]. در شکل (۲) ساختار استاندارد یک شبکه عصبی مصنوعی با سه ورودی، یک لایه مخفی و یک لایه خروجی لایه نشان داده شده است.

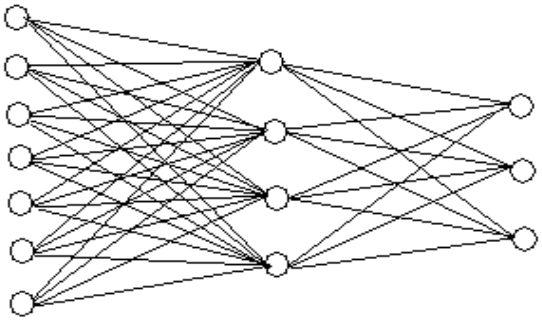
بر اساس شکل (۲)، در هر مرحله داده‌ها وزن دار شده و به لایه بعد فرستاده می‌شوند که به این عمل، فرآیند آموزشی گفته می‌شود.

پرتال جامع علوم انسانی

1. Glia
2. Input Layer
3. Hidden Layer
4. Output Layer

۵. محمد حسن طراز کار و بهاءالدین نجفی، ۱۳۸۵، صص ۲۱۴-۱۹۱.

شکل ۲. نمایش استاندارد شبکه عصبی مصنوعی



۷. بررسی قدرت پیش‌بینی

به منظور مقایسه قدرت پیش‌بینی و انتخاب بهترین روش پیش‌بینی، از معیارهای مختلفی نظیر میانگین قدر مطلق خطا (MAE)[1]، میانگین مجذور خطا (MSE)[2] و قدر مطلق (MAPE)[3] استفاده شده است. این معیارها را می‌توان به صورت روابط (۲) تا (۴) نشان داد.

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{n} |e_i|}{n} \qquad (۲)$$

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^{n} e_i^2}{n} \qquad (۳)$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \left| \frac{e_i}{Y_i} \right| \times 100 \qquad (۴)$$

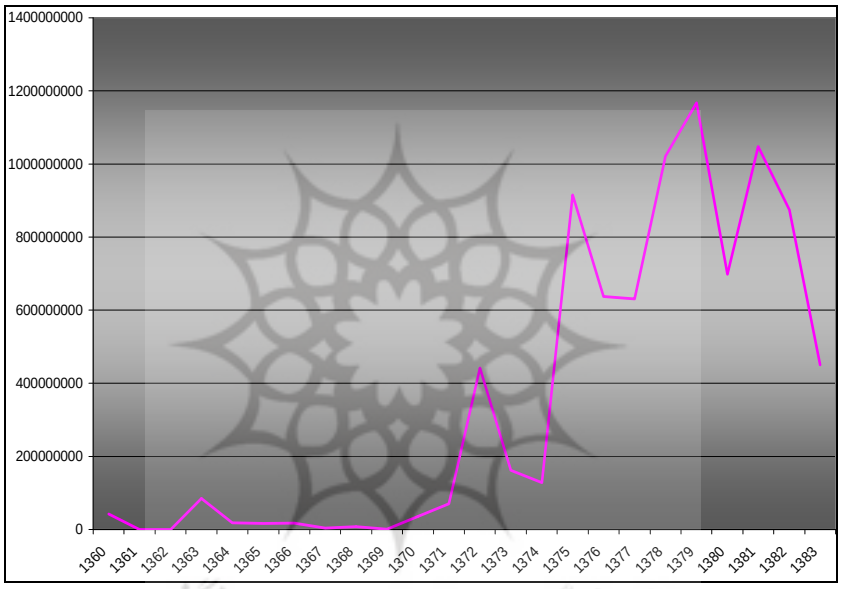
n تعداد پیش‌بینی‌ها و e_i خطای پیش‌بینی است که از تفاوت مقادیر پیش‌بینی شده و مقادیر واقعی به‌دست می‌آید.

1. Mean of Absolute Error
2. Mean of Square Error
3. Mean of Absolute Percent Error

۸. نتایج آزمون

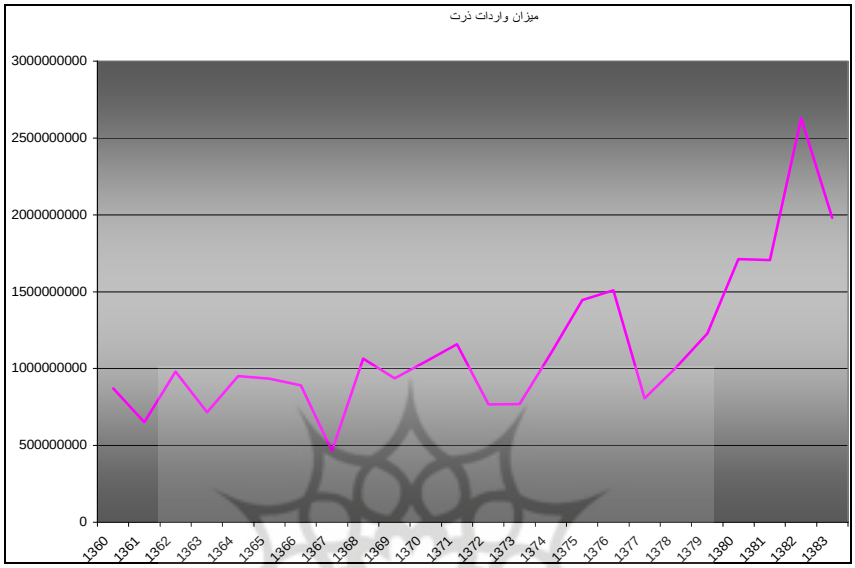
قبل از پیش‌بینی میزان واردات برای محصولات منتخب، ابتدا نوسانات میزان واردات این محصولات مورد بررسی قرار گرفته و سپس عملکرد روشهای پیش‌بینی سری زمانی و شبکه‌های عصبی مصنوعی برای متغیرهای یادشده مورد آزمون قرار می‌گیرد. در نمودار (۱) میزان واردات برنج طی دوره ۱۳۶۰ تا ۱۳۸۳ آورده شده است.

نمودار ۱. میزان واردات برنج طی دوره ۱۳۸۳-۱۳۶۰



بر اساس نمودار (۱) تا سال ۱۳۷۴ (به جز سال ۱۳۷۲) میزان واردات برنج بسیار ناچیز بوده است اما از سال ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۱ میزان واردات این محصول با نوسانات شدیدی روبرو بوده و روندی افزایش داشته است. طی چند سال اخیر میزان واردات این محصول در حال کاهش بوده که به دلیل سیاستهای مناسب دولت در زمینه تولید این محصول است. در نمودار (۲) میزان واردات ذرت نشان داده شده است.

نمودار ۲. میزان واردات ذرت طی دوره ۱۳۸۳-۱۳۶۰



بر اساس نمودار (۲) میزان واردات ذرت همواره دچار نوسانات شدیدی بوده اما طی دوره مورد بررسی روندی صعودی داشته است. نوسانات موجود در میزان واردات ذرت تا حدود زیادی حاصل از نوسانات تولید این محصول در کشور است.

در این مطالعه به منظور پیش‌بینی میزان واردات برنج و ذرت از روش سری زمانی در قالب روشهای ARMA و ARIMA استفاده شده است. داده‌های مورد استفاده، میزان واردات برنج و ذرت طی دوره ۱۳۸۳-۱۳۶۰ می‌باشد. البته در این مطالعه از داده‌های دوره ۱۳۸۰-۱۳۶۰ به منظور شبیه‌سازی مدل و آموزش شبکه و از سه داده دوره ۱۳۸۳-۱۳۸۱، برای ارزیابی قدرت پیش‌بینی مدلهای یادشده استفاده شده است.

برای استفاده از روشهای سری زمانی لازم است ایستایی داده‌های مورد استفاده در این روش مورد بررسی قرار گیرد. در واقع بر اساس نتایج آزمون ایستایی می‌توان مقدار d را در فرآیندهای ARMA و ARIMA مشخص کرد. چنانچه مقدار d برابر با صفر باشد، از فرآیند ARMA استفاده می‌شود و چنانچه مقدار d بزرگتر از صفر باشد، فرآیند ARIMA به کار گرفته می‌شود.

به منظور بررسی خواص ایستایی داده‌ها از دو آزمون ریشه واحد دیکی- فولر و دیکی- فولر تعمیم یافته استفاده شده است. آزمون ایستایی برای متغیرهای مختلف توسط نرم‌افزار Eviews انجام پذیرفت که نتایج آن در جدول شماره (۱) آورده شده است.

جدول شماره ۱. نتایج آزمون ایستایی میزان واردات محصولات منتخب

نام متغیر	مقدار آماره	وضعیت ایستایی	درجه ایستایی
میزان واردات برنج	-۵/۸۴***	ایستا از مرتبه یک	I(۱)
میزان واردات ذرت	-۳/۴۲***	ایستا از مرتبه صفر	I(۰)

ماخذ: یافته‌های تحقیق

*** نشان‌دهنده معنی دار بودن در سطح یک درصد است.

بر اساس نتایج جدول فوق، متغیر میزان واردات پس از یکبار تفاضل گیری ایستا شده و ایستا از مرتبه یک است. در مقابل، متغیر میزان واردات ذرت بدون تفاضل گیری ایستاست و لذا ایستا از مرتبه صفر است. بنابراین برای پیش‌بینی میزان واردات برنج روش ARIMA و پیش‌بینی میزان واردات ذرت روش ARMA به‌کار گرفته شد. به‌عبارت دیگر مقدار d برای میزان واردات ذرت برابر با صفر و برای میزان واردات برنج برابر با یک در نظر گرفته شد. همچنین درجه اتورگرسیو (p) و میانگین متحرک (q) مورد استفاده برای هر دو محصول برنج و ذرت بر اساس نمودار همبستگی جزئی به ترتیب ۴ و ۴ در نظر گرفته شد. در جدول شماره (۲) نتایج پیش‌بینی براساس روشهای ARMA و ARIMA نشان داده شده است.

پرتال جامع علوم انسانی

جدول شماره ۲. نتایج پیش‌بینی بر اساس روشهای ARMA و ARIMA

نام متغیر	p	d	q	افق زمانی	مقدار واقعی	مقدار پیش‌بینی شده	خطا
				۱۳۸۱	۱۰۴۷/۵	۹۲۰/۳	۱۲۷/۲
میزان واردات برنج	۴	۱	۴	۱۳۸۲	۸۷۵/۰	۹۶۱/۵	۷۷۸/۵
				۱۳۸۳	۴۵۰/۷	۶۳۱/۱	-۱۸۰/۴
				۱۳۸۱	۱۷۰۵/۲	۱۷۳۵/۸	-۳۰/۶
میزان واردات ذرت	۴	صفر	۴	۱۳۸۲	۲۶۲۹/۸	۲۰۴۰/۸	۵۸۹
				۱۳۸۳	۱۹۸۱/۶	۲۰۷۶/۷	-۹۵/۱

مأخذ: نتایج تحقیق

پس از برآورد مدلها و پیش‌بینی برای دوره ۱۳۸۳-۱۳۸۱، مقادیر پیش‌بینی شده و واقعی و تفاوت این مقادیر محاسبه شد اما به منظور بررسی دقیق‌تر لازم است از معیارهای دقت استفاده کرد. نتایج معیارهای دقت در جدول شماره (۳) آورده شده است.

جدول شماره ۳. نتایج معیارهای دقت پیش‌بینی برای روشهای ARMA و ARIMA

نام متغیر	معیار دقت		
	MSE	MAE	MAPE (درصد)
میزان واردات برنج	۱۸۷۳۴/۹	۱۳۱/۴	۰/۲۱
میزان واردات ذرت	۱۱۸۹۵۳	۲۳۸/۲	۰/۰۹

مأخذ: نتایج تحقیق

نکته قابل توجه در این جدول، تفاوت نتایج به‌دست آمده برای دو محصول برنج و ذرت است زیرا که دو معیار MSE و MAPE بیان کننده دقت بالاتر روش سری زمانی در پیش‌بینی میزان واردات ذرت در مقایسه با واردات برنج، به دلیل کمتر بودن معیارهای یادشده است. در مقابل معیار MAE نشان می‌دهد که روش سری زمانی میزان واردات برنج را با دقت بالاتری در مقایسه با میزان واردات ذرت پیش‌بینی می‌کند. دلیل ناسازگاری نتایج به‌دست آمده وابستگی دو معیار MSE و MAE به واحد داده‌های مورد استفاده است. در ادامه به منظور مقایسه روش سری زمانی و شبکه‌های عصبی مصنوعی از معیار MAPE که جزء معیارهای بدون واحد است استفاده شده است.

۹. پیش‌بینی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی

به منظور طراحی و آموزش شبکه عصبی مصنوعی، داده‌ها به دو مجموعه داده‌های آموزشی و داده‌های آزمایشی تقسیم شدند. برای این منظور با توجه به تعداد اندک داده‌ها و بر اساس نتایج مطالعات پیشین و مانند روشهای معمول پیش‌بینی، از حدود ۹۰ درصد داده‌ها (داده‌های دوره ۱۳۶۰ تا ۱۳۸۰) به‌عنوان داده‌های آموزشی و از ۱۰ درصد باقی مانده (داده‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۳)، به‌عنوان داده‌های آزمایشی استفاده شده است. اما پیش از آموزش و آزمایش شبکه، داده‌ها بر اساس روش نرمال‌سازی ایستا، نرمال‌سازی شدند و حداکثر تعداد تکرار برابر با ۱۰۰۰ دور در نظر گرفته شد.

در این مطالعه از شبکه پیش‌خور پرسپترون[1] استفاده شده است. شبکه عصبی پرسپترون با یک لایه مخفی طراحی شد و برای تعیین تعداد نرون‌های لایه مخفی از روش آزمون و خطا استفاده شده که در بهترین حالت تعداد آن برابر با ۴ به‌دست آمد. تعداد نرون‌های لایه ورودی نیز مساوی با تعداد جملات اتورگرسیو مدل ARIMA و برابر با ۴ در نظر گرفته شد. در نهایت با بهره‌گیری از الگوریتم پس انتشار خطا[2]، شبکه آموزش داده شد و با استفاده از معیارهای دقت، بهترین شبکه برای پیش‌بینی میزان واردات ذرت و برنج انتخاب شد که نتایج آن در جدول شماره (۴) آورده شده است.

جدول شماره ۴. نتایج پیش‌بینی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی

نام متغیر	تعداد نرون‌های لایه ورودی	تعداد نرون‌های لایه مخفی	افق زمانی	مقدار واقعی	مقدار پیش‌بینی شده	خطا
میزان واردات برنج	۴	۷	۱۳۸۱	۱۰۴۷/۵	۱۰۲۰/۸	۲۷/۳
			۱۳۸۲	۸۷۵/۰	۹۶۶/۴	-۹۱/۴
			۱۳۸۳	۴۵۰/۷	۴۶۰/۳	-۱۰/۴
میزان واردات ذرت	۴	۲	۱۳۸۱	۱۷۰۵/۲	۱۷۱۰/۴	-۴/۸
			۱۳۸۲	۲۶۲۹/۸	۲۵۵۵/۴	۷۴/۴
			۱۳۸۳	۱۹۸۱/۶	۱۹۰۵/۵	۷۶/۱

مأخذ: نتایج تحقیق

1. Perceptron
2. Back Propagation Error

بر اساس اطلاعات آورده شده در جدول شماره (۴)، تعداد نرون‌های لایه مخفی در شبکه طراحی شده برای پیش‌بینی دو محصول وارداتی برنج و ذرت برابر با هفت و دو نرون است. در جدول شماره (۵) نتایج معیارهای دقت شبکه عصبی مصنوعی آورده شده است.

جدول شماره ۵. نتایج معیارهای دقت پیش‌بینی شبکه عصبی مصنوعی

نام متغیر	معیار دقت		
	MSE	MAE	MAPE (درصد)
میزان واردات برنج	۳۰۵۱/۴	۴۵/۵	۰/۰۵
میزان واردات ذرت	۳۷۸۳/۷	۵۱/۸۸	۰/۰۲

مأخذ: نتایج تحقیق

نتایج معیار MAPE برای پیش‌بینی میزان واردات برنج نشان می‌دهد که خطای شبکه عصبی مصنوعی به مراتب کمتر از روش سری زمانی است زیرا معیار MAPE محاسباتی شبکه عصبی مصنوعی برابر با ۰/۰۵ است. با این حال معیار یادشده برای روش سری زمانی ۰/۲۱ بوده که بزرگتر از روش شبکه عصبی است.

نتایج معیار MAPE برای پیش‌بینی میزان واردات ذرت نیز با میزان واردات برنج سازگاری داشته و نشان دهنده آن است که خطای شبکه عصبی مصنوعی کمتر از روش سری زمانی است زیرا معیار MAPE محاسباتی شبکه عصبی مصنوعی برابر با ۰/۰۲ است، حال آنکه این معیار برای روش سری زمانی ۰/۰۹ بوده که بیش از روش شبکه عصبی است. البته استفاده از دو معیار MSE و MAE نیز نتایج مشابهی به‌دست می‌دهد. بر این اساس می‌توان گفت که روش استفاده از شبکه عصبی مصنوعی به نتایجی دقیق‌تر در مقایسه با روش سری زمانی منتهی می‌شود و این روش در پیش‌بینی متغیرهای مورد بررسی توانایی بالایی دارد.

۱۰. نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

در این مطالعه پیش‌بینی واردات برنج و ذرت با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی و روش سری زمانی در قالب روش ARIMA مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج مطالعه نشان داد که روش شبکه عصبی دارای عملکرد بهتری در مقایسه با فرآیند ARIMA بوده و قادر است میزان واردات برنج و ذرت را دقیق‌تر پیش‌بینی کند.

منابع

الف) فارسی

اصغری اسکویی، محمدرضا (۱۳۸۱)، "کار برد شبکه‌های عصبی در پیش‌بینی سریهای زمانی"، *فصلنامه پژوهشهای اقتصادی ایران*، شماره ۱۲.

طرازکار، محمد حسن و بهاء الدین نجفی (۱۳۸۴)، "کاربرد هوش مصنوعی در پیش‌بینی قیمت محصولات کشاورزی، مطالعه موردی: قیمت برنج در استان فارس"، *فصلنامه پژوهشی بانک و کشاورزی*، شماره ۹.

طرازکار، محمد حسن و محمد بخشوده (۱۳۸۴)، "اهمیت اقتصادی برنج و تأثیر افزایش قیمت آن بر درآمد واقعی خانوارهای روستایی"، تهران: چهارمین کنفرانس دو سالانه اقتصاد کشاورزی ایران، شهریور.

کهزادی، نوروز و لیلا ابوالحسنی (۱۳۷۹)، "مقایسه پیش‌بینی قیمت سهام کارخانه شهد ایران با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سری زمانی تک متغیره"، مجموعه مقالات سومین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران، دانشگاه مشهد.

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

مقرب الحق، شهاب الدین (۱۳۸۲)، "رویکرد شبکه‌های عصبی در بهینه‌سازی پیش‌بینی سریهای زمانی"، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه آمار، دانشگاه شیراز.

منهاج، محمد باقر (۱۳۷۷)، *مبانی شبکه‌های عصبی (هوش محاسباتی)*، تهران: نشر دکتر حسابی.

نجفی، بهاءالدین و محمد حسن طرازکار (۱۳۸۵)، "پیش‌بینی میزان صادرات پسته ایران: کاربرد شبکه عصبی مصنوعی"، *فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی*، شماره ۳۹.

نوری، کیومرث (۱۳۸۴)، "تجزیه و تحلیل اثرات اخلالهای بازار برنج بر عرضه، تقاضا و واردات آن"، پنجمین کنفرانس دو سالانه اقتصاد کشاورزی، زاهدان.

ب) انگلیسی

Andreou, A. S., E. F.Georgopoulas and S. D. Likothanassis (2002), "Exchange-Rate Forecasting: A Hybrid Algorithm Based on "Genetically Optimized Adaptive Neural Networks", *Computational Economics*, Vol. 20, pp. 191-210.

Brandt, J. A. and D. A. Bessler (1981), "Composite Forecasting: An Application with US Hog Prices", *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 63, pp. 135-140.

Hill, T., M. Oconnor and W. Remus (1996), "Neural Network Models for Time Series Forecasts", *Management Science*, Vol. 42, pp. 1082-1092.

Moshiri, S., N. Cameron and D. Scuse (1999), "Static, Dynamic and Hybrid Neural Networks in Forecasting Inflation", *Computational Economics*, Vol. 14, pp. 214-235.

Moshri, S. and N. Cameron (2000), "Neural Networks Versus Econometric Models in Forecasting Inflation", *Journal of Forecasting*, Vol. 19, pp. 201-217.

Olson, D. and C. Mossman (2003), "Neural Network of Canadian Stock Returns Using Accounting Ratios", *International Journal of Forecasting*, Vol. 19, pp. 453-465.

Pesaran, H. M. and Y. Shin (1998), "An Autoregressive Distributed Lag Modeling Approach to Cointegration Analysis", in (Ed) S. Storm, *The Econometrics and Economic Theory in the 20th Century*.

Wu, Sh. I. and R. P. Lu (1993), *Combining Artificial Neural Networks and Statistics for Stock-Market Forecasting*, pp. 257-264.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی