بررسی تابع تقاضا معکوس و شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی قیمت محصولات زراعی (مطالعه موردی: شبکه آبیاری دشت قزوین)

سیده مرضیه حسینی[1] و حامد مازندرانی زاده[2*]

۱- دانشجو دکتری مهندسی منابع آب، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

۲*- نویسنده مسئول، دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران
mazandaranizadeh@eng.ikiu.ac.ir

دریافت: بازنگری: پذیرش:

چکیده

کشاورزان به‌عنوان یک فعال اقتصادی، به‌منظور حفظ معیشت خود سعی در افزایش بهره‌وری و کاشت محصولات با صرفه اقتصادی بالاتر دارند و اگر در این امر موفق نشوند اقدام به تولید محصول بیشتر و مصرف بیشتر منابع آب خواهند نمود. با توجه به فاصله زمانی میان تصمیم تولیدکنندگان به تولید محصول و عرضه آن به بازار، قیمت محصولات کشاورزی ثابت نمانده و بر اساس مقدار عرضه به بازار دستخوش تغییر می‌شود. در این پژوهش به پیش‌بینی قیمت محصولات زراعی در شبکه آبیاری دشت قزوین پرداخته‌شده است. برای پیش‌بینی قیمت محصولاتی که قیمت آن‌ها تابعی از مقدار عرضه است از دو روش سیستم تقاضا معکوس و ANN و برای پیش‌بینی قیمت محصولاتی که از خرید تضمینی برخوردار هستند از روش‌های رگرسیون غیرخطی و ANN استفاده شده است. برای پیش‌بینی قیمت با تابع تقاضا معکوس ابتدا تابع تقاضای هر محصول با استفاده از مقدار تولید، قیمت فروش، قیمت سایر کالاها، نرخ ارز، تورم و میزان صادرات و واردات برآورد شد. مقایسه MAE و MSE تابع تقاضا معکوس و ANN نشان داد هرچند که ANN از MAE و MSE بهتری نسبت به تابع تقاضا معکوس برخوردار است اما نتایج آنالیز حساسیت نشان می‌دهد که MAE ذرت‌علوفه‌ای، گوجه‌فرنگی، یونجه، نخود، لوبیا، سیب‌زمینی، ذرت دانه‌ای و عدس با حذف مقدار تولید در تابع تقاضا معکوس به ترتیب ۱۰۸۹۹، ۲۳۱۸، ۲۱۲۹، ۲۲۲۵، ۶۸۲۱، ۹۹۱۳، ۵۴۷ و ۱۶۶۶۹ درصد افزایش می‌یابد. بنابراین با توجه به اهمیت مقدار عرضه در قیمت محصول، استفاده از ANN، علیرغم برتری در شاخص‌ها برای پیش‌بینی قیمت قابل توصیه نیست.

کلید واژه‌ها: تغییر اقلیم، تعادل، خرید تضمینی، مدیریت منابع آب، عرضه.

مقدمه

رشد جمعیت در سراسر جهان، افزایش تقاضا برای مواد غذایی و نگرانی‌ها در خصوص امنیت غذایی، تغییرات آب و هوا و افزایش ارزش آب در بخش کشاورزی و بخش‌های دیگر، چالش‌هایی را در کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته به‌وجود آورده است. این مشکلات، رشد اقتصادی پایدار و رفاه کشاورزان به‌عنوان کسانی‌که بیشترین آسیب را از محدودیت آب می‌بینند به خطر انداخته است (Bashiri et al., 2021). داشتن برنامه الگوی کشت مناسب با شرایط اقلیمی منجر به پایداری تولیدات کشاورزی و امنیت غذایی می‌شود و با استفاده از پتانسیل هر منطقه علاوه بر افزایش بهره‌وری، منابع طبیعی نیز ماندگار می‌شود (Aminravan et al., 2021).

بروز تغییرات اقلیمی و تأثیر آن بر منابع آب نظیر کاهش جریان‌های آب سطحی منجر به آسیب‌پذیری و ناپایداری معیشت کشاورزان شده است. کشاورزان برای تأمین معیشت خود ناگزیر به برداشت منابع آب زیرزمینی هستند. به‌گونه‌ای که برداشت بیش از حد از منابع، منجر به افت شدید سطح سفره‌های آب زیرزمینی و به‌وجود آمدن بیلان منفی در بسیاری از نقاط جهان شده است. با توجه به سهم بالای مصرف آب در بخش کشاورزی و محدودیت این منبع حیاتی و وجود خشکسالی‌های متناوب در کشور، صرفه‌جویی در مصرف و استفاده بهینه از آب موجود امری ضروری است و در این زمینه انتخاب روش‌های مناسب برای بیشینه کردن محصول تولیدی به ازای مصرف کمتر هر چه آب ضروری است (Asadi and Najafi Alamdarlo, 2019).

یکی از راهکارهای موجود برای حفظ توأمان معیشت کشاورزان و منابع آب زیرزمینی، اصلاح الگوی کشت و الگوی توزیع آب بر اساس پیش‌بینی قیمت محصولات کشاورزی است. تاکنون مطالعه‌های زیادی در خصوص پیش‌بینی قیمت محصولات کشاورزی انجام‌شده است که در ادامه به مرتبط‌ترین آن‌ها با هدف پژوهش اشاره می‌شود.

Hoseini et al. (2021) در پژوهشی قیمت محصولات دارای خرید تضمینی را با شبکه عصبی مصنوعی (Artificial Neural Network) و قیمت محصولات وابسته به مقدار عرضه را با تابع تقاضای معکوس (Invers demand) پیش‌بینی کردند و سپس به بهینه‌سازی الگوی کشت و توزیع آب با پیش‌بینی قیمت در شبکه آبیاری دشت قزوین با استفاده از الگوریتم ژنتیک

(Genetic algorithm) پرداختند. نتایج نشان داد با بهینه‌سازی الگوی کشت و توزیع آب با پیش‌بینی قیمت درآمد ۱۶۰ درصد نسبت به وضعیت فعلی افزایش می‌یابد و بر اساس خروجی‌های مدل بهترین محصول برای کشت در شبکه آبیاری دشت قزوین گندم است.

پیش‌بینی قیمت یونجه، سیب‌زمینی و گندم در استان کردستان با استفاده از میانگین متحرک خود همبسته یکپارچه (AutoRegressive Integrated Moving Average)، میانگین متحرک (Moving Average) و خود رگرسیو (Auto Regressive) نشان داد الگوی ARIMA بر اساس جذر میانگین مربعات خطا (Root Mean Square Error) و درصد میانگین مطلق خطا (Mean Absolute Percentage Error) میزان خطای کم‌تری و درنتیجه قدرت بالاتری در پیش‌بینی قیمت محصولات منتخب دارد (Ghaderzadeh et al., 2019).

استفاده از الگوی سری زمانی و ANN برای پیش‌بینی قیمت جو و برنج نشان داد ANN از توانایی بیشتری در پیش‌بینی قیمت محصولات مورد مطالعه نسبت به الگوی سری زمانی برخوردار است (Moghadesi and Khaligh, 2013).

پیش‌بینی قیمت عمده‌فروشی برخی محصولات زراعی شامل گوجه‌فرنگی، پیاز و سیب‌زمینی در استان فارس، برای افق زمانی یک، سه و شش ماه آینده با استفاده از روش‌های معمول پیش-بینی و ANN و بر اساس معیار میانگین قدر مطلق خطا (Mean Absolute Error)، میانگین مربعات خطا (Mean Squared Error) و MAPE نشان داد که ANN دارای خطای پایین‌تری برای پیش‌بینی قیمت محصولات مختلف در افق زمانی یک و سه ماهه است و به‌طور معناداری دقیق‌تر از سایر روش‌ها است؛ اما مقایسه قیمت‌های پیش‌بینی‌شده شش ماه آینده نشان داد که تفاوت معناداری بین روش‌های معمول و ANN وجود ندارد (Najafi et al., 2007).

پیش‌بینی قیمت ماش در هند با استفاده از مدل میانگین متحرک خود همبسته یکپارچه فصلی (Seasonal AutoRegressive Integrated Moving Average) نشان داد مدل ARIMA(1,1,1) (1,0,1) بهترین روش برای پیش‌بینی قیمت است (Kumar, 2019).

پیش‌بینی قیمت ماهانه ذرت با استفاده از ARIMA در گایرو در منطقه موروگوورو، مانیونی در منطقه سینیدا و کیبایگوا در منطقه دودوما نشان داد ARIMA(1,1,4)، ARIMA(2,1,3) و ARIMA(3,2,1) به‌ترتیب مناسب‌ترین مدل برای پیش‌بینی ذرت در گایرو، مانیونی و گیبایگوا هستند (Saxena and Mhohelo, 2020).

پیش‌بینی قیمت سیب‌زمینی با روش رگرسیون خطی در ایالت شمالی هند با استفاده از سری‌های زمانی قیمت سیب‌زمینی، سطح زیر کشت، بهره‌وری، مقدار تولید، تعداد سردخانه، مصرف انرژی و جمعیت نشان داد مدل پیشنهادی می‌تواند پیش‌بینی قابل اعتمادی از قیمت سیب‌زمینی ارائه دهد (Mishra et al., 2019).

Kibona و Mbago (2018) به تخمین قیمت ذرت در تانزانیا با استفاده از مدل ARIMA پرداختند. نتایج نشان داد بر اساس معیار AIC (Akaike's Information Criterion) مدل ARIMA(3,1,1) مناسب‌ترین مدل برای پیش‌بینی قیمت است.

در حال حاضر دشت قزوین از جمله مناطقی از کشور است که با بحران آب و کمبود شدید آب مواجه است. بررسی الگوی زراعی شبکه آبیاری دشت قزوین نشان از این واقعیت دارد که در ده سال اخیر علی‌رغم کاهش منابع آب سطحی، الگوی کشت و سطح زیرکشت محصولات تغییر نکرده است (Hosseini and Mazandarani Zadeh, 2022). کاهش آب تخصیص یافته از سد طالقان به دشت قزوین سبب شده است که کشاورزان به‌منظور تأمین معیشت خود اقدام به برداشت غیرمجاز آب از چاه‌ها نمایند. وجود بیش از ۲۵۰۰ حلقه چاه غیرمجاز در استان با حجم برداشت ۳۵۰ میلیون مترمکعب، افت مستمر سطح آب زیرزمینی را در پی داشته است (Asaadi et al., 2019). علی‌رغم تخلیه سفره آب‌های زیرزمینی توسط کشاورزان، همچنان معیشت اغلب آن‌ها به‌دلیل نوسانات قیمت محصولات با اشکال مواجه است. بررسی مطالعه‌های انجام شده نشان می‌دهد تاکنون پژوهش‌های زیادی در راستای پیش‌بینی قیمت محصولات کشاورزی انجام شده است ولی تاکنون مطالعه‌ای به بررسی میزان وابستگی روش‌های پیش‌بینی قیمت به مقدار عرضه شده نپرداخته است و صرفاً به مقایسه توانایی روش‌های مختلف در پیش‌بینی قیمت پرداختند. ازاین‌رو در این پژوهش با هدف تأمین معیشت کشاورزان و حفظ منابع آب زیرزمینی اقدام به پیش‌بینی قیمت محصولات کشاورزی با روش تابع تقاضا معکوس، ANN و رگرسیون غیرخطی شده است. به‌گونه‌ای که از روش تابع تقاضا معکوس و ANN برای پیش‌بینی قیمت محصولات فاقد قیمت خرید تضمینی و از ANN و رگرسیون غیرخطی برای پیش‌بینی قیمت محصولات دارای خرید تضمینی شامل گندم، جو، چغندرقند و کلزا استفاده‌شده است. از آنجا که هدف اصلی از این پژوهش بدست آوردن رابطه میان مقدار عرضه محصول و قیمت آن است پس از بررسی توانایی روش‌های پیش‌بینی قیمت به آنالیز حساسیت روش‌های پیش‌بینی قیمت نسبت به مقدار عرضه در محصولاتی که قیمت آن وابسته به مقدار عرضه است پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شبکه آبیاری دشت قزوین در فاصله ۱۵۰ کیلومتری شهر تهران واقع‌شده است (شکل ۱). هدف از این شبکه، انتقال آب از سد انحرافی زیاران به دشت قزوین است و حدود ۵۸ هزار هکتار از اراضی منطقه تحت پوشش این شبکه قرار دارد. دشت قزوین یکی

از دشت‌های مستعد کشور برای تولید محصولات کشاورزی است که همانند بسیاری از دشت‌های کشور دارای بیلان منفی آب زیرزمینی است. این منطقه از رتبه مناسبی در تولید محصولات کشاورزی و باغی در کشور برخوردار است. بیش از ۹۳ درصد از مصارف آب این دشت مربوط به بخش کشاورزی است که با توجه به محدودیت منابع آب سطحی، عمده آب آبیاری از منابع آب زیرزمینی استحصال می‌شود که به طور میانگین باعث افت سالانه ۱/۳ متر سطح ایستابی شده است (Hashemi et al., 2020).

رویکرد مطالعه

ماهیت فعالیت کشاورزی متأثر از دو ریسک اساسی شامل ریسک مقدار تولید و ریسک قیمت فروش است. ریسک در قیمت فروش متأثر از فاصله زمانی میان تصمیم کشاورزان به انتخاب محصول جهت کاشت تا عرضه آن به بازار هست که سبب عدم اطمینان خاطر کشاورزان نسبت به درآمدشان می‌شود. به این منظور کشاورزان با افزایش تولید و بالتبع آن تخلیه منابع آب زیرزمینی سعی در حفظ معیشت خود می‌نمایند. از این رو در این پژوهش به ارزیابی روش‌های پیش‌بینی قیمت شامل تابع تقاضا معکوس و ANN پرداخته‌شده است.

روش‌های پیش‌بینی قیمت

الف- تابع تقاضا معکوس

تابع تقاضای معکوس تابعی است که در آن قیمت به‌صورت تابعی از مقدار عرضه بیان می‌شود و برای پیش‌بینی عکس‌العمل و واکنش قیمت محصولات نسبت به مقدار ورودی به بازار به کار می‌رود (Hasan poor, 2001؛ Steen, 2006؛ Dhoubhadel and Stockton, 2010). به‌عبارت‌دیگر با استفاده از تابع تقاضا معکوس می‌توان تغییرات قیمت را بر اساس مقادیر ورودی به بازار، پیش‌بینی و از آن به‌عنوان یک ابزار سیاست‌گذاری برای تنظیم و تعدیل قیمت‌ها استفاده نمود (Salami and Rezaei, 2011).

برای پیش‌بینی قیمت با روش تابع تقاضا معکوس نیاز به برآورد کشش قیمتی تقاضا است. کشش قیمتی تقاضا (ε) برابر با درصد تغییر در مقدار تقاضا ($\frac{dD}{D}$) نسبت به درصد تغییر در قیمت کالا ($\frac{dP}{P}$) هست که به‌صورت رابطه (۱) نمایش داده می‌شود.

$$\varepsilon = \frac{\frac{dD}{D}}{\frac{dP}{P}} \qquad (۱)$$

کشش قیمتی تقاضا با برآورد تابع تقاضا به‌دست می‌آید. توابع تقاضای تک معادله‌ای را می‌توان در حالت‌های مختلف خطی، نمایی و لگاریتمی به کاربرد (Sa'adat Mehr, 2017). در این تحقیق از تابع تقاضا تک معادله‌ای در حالت لگاریتمی استفاده‌شده است. با توجه به لگاریتمی بودن مدل تابع تقاضا، مشتق جزئی مقدار نسبت به قیمت، کشش قیمتی تقاضا را می‌دهد. اگر بین متغیرهای Q، P، X، Y و... رابطه لگاریتمی مانند زیر برقرار باشد:

$$LnD = a + bLnP + cLnX + dLnY + \cdots \qquad (۲)$$

با توجه به این روابط اگر $Ln(a) = K$ باشد می‌توان رابطه لگاریتمی را به شکل رابطه زیر نوشت:

$$D = KP^{b}X^{c}Y^{d} \qquad (۳)$$

از رابطه بالا نسبت به P مشتق گرفته شود:

$$\frac{dD}{dP} = KbP^{b-1}X^{c}Y^{d} \qquad (۴)$$

$$\frac{dD}{dP} = bP^{b-1}(KX^{c}Y^{d}) \qquad (۵)$$

$$\frac{\frac{dD}{D}}{\frac{dP}{P}} = b \qquad (۶)$$

بر اساس تعریف کشش قیمتی (رابطه ۱) و رابطه (۶) می‌توان نتیجه گرفت:

$$\varepsilon = b \qquad (۷)$$

در معادله‌های بالا **P:** متوسط قیمت سالانه سر جالیز محصول، **D:** مقدار تولید، a، b، c و d ضرایب ثابت و X,Y متغیرهای دلخواهی نظیر متوسط درآمد سالانه خانوار شهری، هزینه تولید، شاخص تورم، قیمت ارز و ... هستند که البته ضریب همبستگی مناسبی با متغیرهای P و D داشته و باعث دقت رابطه (۲) شوند.

با محاسبه کشش قیمتی تقاضا و قرار دادن قیمت سال گذشته (P_1) و مقدار تولید سال گذشته (D_1)، نسبت تغییرات تولید به تغییرات قیمت $\frac{dD}{dP}$ به‌دست می‌آید. برای به‌دست آوردن تابع تقاضا معکوس نیاز به $\frac{dP}{dD}$ هست که با معکوس کردن مقدار $\frac{dD}{dP}$ به‌دست می‌آید.

$$\frac{dD}{dP} = \mathrm{b} \times \frac{D_1}{P_1} \quad (۸)$$

$$P_2 = \frac{D_2 - D_1}{D_1} \times \frac{P_1}{b} + P_1 \quad (۹)$$

ب- شبکه عصبی مصنوعی

شبکه‌های عصبی مصنوعی الگویی برای پردازش اطلاعات هستند که با تقلید از شبکه بیولوژیکی مغز انسان ساخته‌شده‌اند. توانایی این شبکه‌ها در کشف روابط غیرخطی میان داده‌های ورودی و همچنین استخراج مدل دینامیک غیرخطی حاکم بر داده‌ها قابل‌ملاحظه هستند و در مقایسه با مدل‌های مرسوم به ورودی‌های کمتر و تلاش محاسباتی کمتری نیاز دارند. در این روش نیازی به اطلاعات قبلی یا فرضیات وجود ندارد و این شبکه‌ها قادر به یادگیری از طریق داده‌های آزمایشگاهی (حتی در صورت وجود نقض و یا بی‌نظمی) هستند. شبکه‌های عصبی انعطاف‌پذیر و سازگار هستند و بنابراین می‌توانند در مدل‌سازی مسائل محیطی مفید واقع گردند. در یک شبکه عصبی مصنوعی، نرون‌ها به‌عنوان کوچک‌ترین واحد پردازشگر داده‌ها، اساس عملکرد شبکه عصبی را تشکیل می‌دهند. یک شبکه عصبی مصنوعی مجموعه‌ای از نرون‌ها است که با قرار گرفتن در لایه‌های مختلف، معماری خاصی را بر مبنای ارتباطات بین نرون‌ها در لایه‌های مختلف تشکیل می‌دهند. یک نرون با استفاده از یک تابع واکنش، مقدار خروجی خاصی را به ازای ورودی‌های مختلف تولید می‌کند. اجرای شبکه عصبی مصنوعی شامل سه بخش است. اولین بخش تعیین تعداد لایه‌های ورودی و خروجی است که تعداد این عوامل ورودی و خروجی با توجه به شرایط حاکم بر مسئله، بانک اطلاعاتی موجود و عوامل مؤثر تعیین می‌شوند. دومین بخش آن تعیین تعداد لایه‌های پنهان است، لایه پنهان نقش عمده‌ای در قدرت شبکه دارد و سومین بخش شبکه عصبی آموزشی و آزمایش شبکه است. منظور از آموزش در شبکه عصبی مصنوعی تنظیم وزن پارامترهای ورودی شبکه است. ارتباط بین هرکدام از نرون‌ها از طریق مقدار وزن است. در فرآیند آموزش ورودی‌های مربوط به بخشی از بانک اطلاعاتی به شبکه ارائه می‌شود، مقادیر خروجی محاسبه‌شده و با مقادیر هدف مقایسه شده و با توجه به مقدار خطا وزن‌ها اصلاح می‌شوند. پس از پایان این مرحله مقادیر وزن‌ها ذخیره‌شده و شبکه برای بخش دیگری از داده‌ها که در مرحله آموزش استفاده نشده‌اند آزمایش می‌شوند (Raei et al., 2020).

معیارهای ارزیابی قدرت پیش‌بینی

به‌منظور مقایسه قدرت پیش‌بینی و انتخاب بهترین روش پیش‌بینی، از معیارهای MAE (Mean Absolute Error) و MSE (Mean Squared Error) استفاده‌شده است.

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{n} |e_i|}{n} \quad (۱۰)$$

$$MSE = \sum_{i=1}^{n} \frac{e_i^2}{n} \quad (۱۱)$$

که در آن e_i تفاضل مقدار مشاهده‌شده و خروجی مدل است.

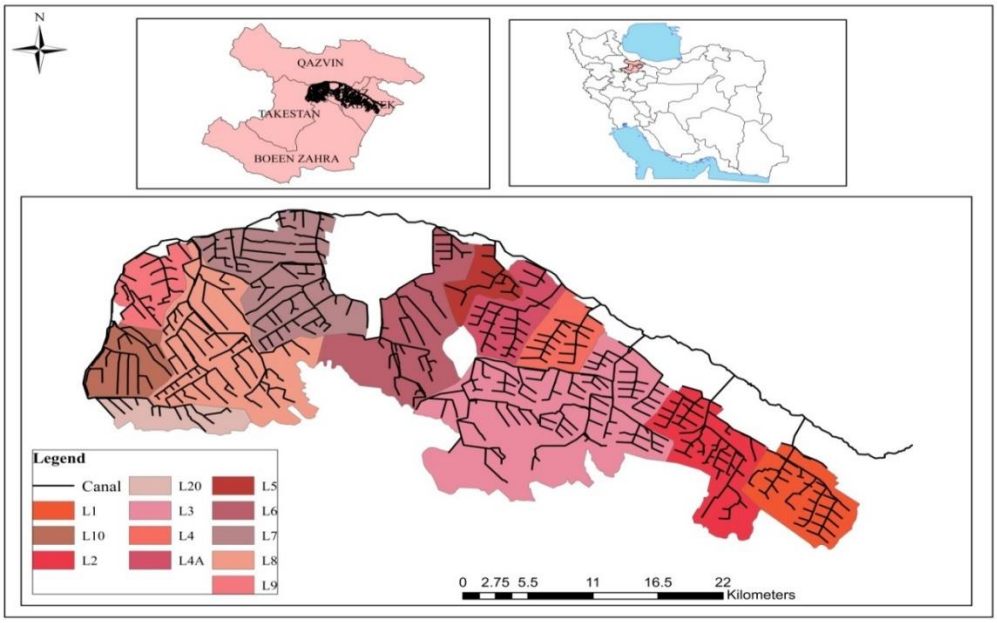

Fig. 1- Area of study

شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

آنالیز حساسیت

تعدد و تنوع متغیرهای ورودی در مدل‌های کامپیوتری سبب پیچیدگی آن‌ها می‌شود. لذا مسئله ساده‌سازی مدل حائز اهمیت است. این موضوع با شناسایی متغیرهای با اهمیت و کنار گذاشتن متغیرهای بی‌اهمیت و در قالب تحلیل حساسیت بررسی می‌شود. اندازه‌های حساسیت، میزان اهمیت هر یک از متغیرهای ورودی را مشخص می‌کنند. برای بررسی نقش هریک از پارامترهای ورودی به ANN در پیش‌بینی قیمت فروش سر جالیز محصولات از روش حذف پارامترهای ورودی استفاده‌شده است. ملاک تأثیر آنالیز حساسیت، میزان تغییرات ایجادشده در مقدار MAE و MSE نتایج بوده که درنهایت منجر به ارزیابی متغیرها می‌شود. بر این اساس هر پارامتری که حذف آن منجر به افزایش بیشترین مقدار MAE و MSE شود، حساس‌ترین پارامتر است.

داده‌ها و اطلاعات

اطلاعات استفاده شده در این پژوهش شامل سطح زیرکشت، هزینه تولید، نرخ ارز، صادرات، واردات، درصد تورم، ارزش واردات، قیمت برنج، قیمت جهانی ذرت، قیمت گوشت، قیمت شیر، جمعیت است و بر مبنای اطلاعات سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۶ از مرکز آمار ایران، وزارت جهاد کشاورزی و بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران دریافت شده است.

نتایج و بحث

الف- محصولات دارای خرید تضمینی

در پیش‌بینی قیمت خرید تضمینی گندم، جو و چغندرقند از رگرسیون غیرخطی نمایی، توانی، لگاریتمی و ANN استفاده شده است. ورودی ANN سری زمانی ۳۰ ساله تولید، تورم و قیمت فروش سال گذشته و دو سال گذشته و خروجی قیمت فروش سال جاری انتخاب شد. از ۸۵ درصد داده‌ها برای آموزش ANN و ۱۵ درصد آن برای تست بهره گرفته شد. ANN با استفاده از حداقل یک نرون و حداکثر پانزده نرون و الگوریتم‌های آموزشی مختلف آموزش داده شد و از بهترین آن‌ها برای پیش‌بینی قیمت استفاده شد. در جدول (۱) به مقایسه MAE و MSE روش‌های پیش-بینی قیمت پرداخته‌شده است. بر اساس این جدول توانایی تابع‌نمایی بیشتر از توابع توانی و لگاریتمی در پیش‌بینی قیمت است. همچنین مقایسه توانایی ANN و تابع‌نمایی در پیش‌بینی قیمت بیانگر بالاتر بودن توانایی ANN در پیش‌بینی قیمت است.

ب- محصولات فاقد خرید تضمینی

برای پیش‌بینی قیمت ذرت‌علوفه‌ای، گوجه‌فرنگی، یونجه، نخود، لوبیاچیتی، سیب‌زمینی، ذرت‌دانه‌ای و عدس از دو روش ANN و تابع تقاضا معکوس استفاده‌شده است. ورودی ANN سری زمانی ۳۰ ساله تولید، تورم و قیمت سر جالیز سال گذشته و دو سال گذشته انتخاب شد. ANN با استفاده از حداقل یک نرون و حداکثر سی نرون و الگوریتم‌های آموزشی مختلف آموزش داده شد و از ۸۵ درصد داده‌ها برای آموزش ANN و ۱۵ درصد آن برای تست بهره گرفته شد سپس از بهترین آن‌ها برای پیش‌بینی قیمت استفاده شد.

تابع تقاضا محصولات ذرت‌علوفه‌ای، گوجه‌فرنگی، یونجه، نخود، لوبیاچیتی، سیب‌زمینی، ذرت‌دانه‌ای و عدس با استفاده از روش تابع تقاضا تک معادله‌ای در حالت لگاریتمی با نرم‌افزار EViews مطابق جدول (۲) برآورد شد. در روابط ارائه‌شده در جدول (۲)، A سطح زیرکشت، Cp هزینه تولید، Do نرخ ارز، Ex صادرات، Im واردات، Ip درصد تورم، IV ارزش واردات، Pr قیمت برنج، Pw قیمت جهانی ذرت، Pm قیمت گوشت، Pmi قیمت شیر، Po جمعیت است.

جدول ۱- مقایسه توانایی رگرسیون غیرخطی و شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی خرید تضمینی در مرحله واسنجی (ریال)

Table 1- Comparison of the ability of nonlinear regression and artificial neural network in predicting guaranteed purchase in the calibration stage (Rials)

Crop name	MAE				MSE			
	Exponential	Logarithmic	Power	ANN	Exponential	Logarithmic	Power	ANN
wheat	1459.5	6400.2	6662.1	302.5	2694517.7	40966932.9	44383497.3	93858.5
barley	1845.7	5359.9	5624.8	300	3666223.8	29121741.8	31639335.9	130832.5
Sugar beet	686.4	1633.2	1712.4	128.6	478109.7	2672417.2	2935712.1	22742.4
canola	7599.7	12899.3	12899.3	934	577811164.2	164987121.9	169804819.3	954152

جدول ۲- تابع تقاضا ذرت‌علوفه‌ای، گوجه‌فرنگی، یونجه، نخود، لوبیاچیتی، سیب‌زمینی، ذرت‌دانه‌ای و عدس

Table 2- The demand function of fodder corn, tomatoes, alfalfa, chickpeas, beans, potatoes, maize, and lentils

Crop Name	Demand function	R^2
Fodder corn	$LnD = -0.501LnP + 0.345LnPm + 1.255LnPo + 0.302LnPmi$	0.972
Tomato	$LnD = -1.111LnP + 1.724LnCp - 0.874LnIp$	0.745
Alfalfa	$LnD = -0.954LnP + 17.323LnPo + 0.322LnCp + 0.166LnIp - 221.468$	0.999
chickpeas	$LnD = -0.915LnP + 2.524LnCp - 1.290LnIp - 1.787LnPm$	0.606
beans	$Ln = -0.374LnP - 0.043LnIm - 0.501LnEX + 0.228LnIp + 0.549LnDo + 1.005LnPo$	0.975
Potato	$LnD = -0.529LnP + 1.162LnCp + 1.094LnPo - 0.903LnIp - 2.089LnPr + 0.838LnDo$	0.791
Maize	$LnD = -0.428LnP + 0.303LnPw + 0.297LnIp + 1.546LnPo$	0.632
Lentils	$LnD = -0.332LnP - 0.418LnA - 0.026LnIv + 22.236$	0.627

جدول ۳- مقایسه توانایی تابع تقاضا معکوس و شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی قیمت ذرت‌علوفه‌ای، گوجه‌فرنگی، یونجه، نخود، لوبیاچیتی، سیب‌زمینی، ذرت‌دانه‌ای و عدس در مرحله واسنجی (ریال)

Table 3- Comparison of the ability of the inverse demand function and the artificial neural network in predicting the price of fodder corn, tomatoes, alfalfa, chickpeas, beans, potatoes, maize, and lentils in the calibration stage (Rials)

Crop name	ANN		Inverse demand function	
	MAE	MSE	MAE	MSE
Fodder corn	186.9	43221.2	213.8	74575.1
Tomatoes	385.6	274709	875.5	1056815
Alfalfa	599.7	717125	2365.6	5732421
Chickpeas	4111.2	69849511	7858.7	20542591
Beans	11694.7	136767529	18971.5	262114361
Potatoes	1225.2	1506432	782.7	817923
Maize	561.7	336156.6	8257.2	48469803
Lentils	2662.8	7107378	9229.8	119200903

کشش قیمتی تقاضا ذرت‌علوفه‌ای، گوجه‌فرنگی، یونجه، نخود، لوبیاچیتی، سیب‌زمینی، ذرت‌دانه‌ای و عدس به ترتیب ۰/۵۰۸-، ۱/۱۱-، ۰/۹۵۴-، ۰/۹۱۴-، ۰/۳۷۴-، ۰/۵۲۹-، ۰/۴۲۸- و ۰/۳۳۲- برآورد شد. همان‌گونه که انتظار می‌رود قیمت اثر منفی بر مقدار تقاضا دارد. کشش قیمتی تقاضا گوجه‌فرنگی دلالت بر این دارد که ۱۰ درصد رشد در قیمت گوجه‌فرنگی باعث افت ۱۱/۱ درصد در مقدار تقاضا گوجه‌فرنگی خواهد شد. در حالی‌که کشش قیمتی تقاضا ذرت‌علوفه‌ای، یونجه، نخود، لوبیاچیتی، سیب‌زمینی، ذرت‌دانه‌ای و عدس دلالت بر این دارد که با ۱۰ درصد رشد در قیمت، مقدار تقاضا به‌ترتیب ۵/۰۸، ۹/۵۴، ۹/۱۴، ۳/۷۴، ۵/۲۹، ۴/۲۸ و ۳/۳۲ درصد کاهش می‌یابد. کشش قیمتی برآورد شده بیان‌گر با کشش بودن تقاضا گوجه‌فرنگی و بی‌کشش بودن تقاضا ذرت‌علوفه‌ای، گوجه‌فرنگی، یونجه، نخود، لوبیاچیتی، سیب‌زمینی، ذرت‌دانه‌ای و عدس است.

در جدول (۳) به‌منظور بررسی توانایی تابع تقاضا معکوس و ANN در پیش‌بینی قیمت از دو شاخص ارزیابی MAE و MSE استفاده‌شده است که نتایج بیانگر توانایی بیشتر ANN در پیش‌بینی قیمت است.

ازآنجاکه قیمت محصولات کشاورزی بر اساس مقدار موجود در بازار تعیین می‌شود در این پژوهش سعی شده است رابطه میان مقدار تولید و قیمت فروش سر جالیز محصولات به‌دست آید تا بر اساس آن بتوان به تأمین معیشت کشاورزان و حفظ منابع آب زیرزمینی با اصلاح الگوی کشت و الگوی توزیع آب پرداخت. مقایسه توانایی سیستم تقاضا معکوس و ANN بیانگر بالاتر بودن توانایی ANN در پیش‌بینی قیمت است. به‌منظور اطمینان از اینکه قیمت پیش‌بینی‌شده برای محصولاتی که خرید تضمینی ندارند وابسته به مقدار تولید است به آنالیز حساسیت مقدار تولید در سیستم تقاضا معکوس و پارامترهای ورودی به ANN به روش حذف ورودی به ترتیب مطابق جدول‌های (۴)، (۵) و (۶) پرداخته‌شده است.

جدول ٤- آنالیز حساسیت مقدار تولید در تابع تقاضا معکوس (ریال)

Table 4- Sensitivity analysis of the production amount in the inverse demand function (Rials)

Crop name	MAE	MSE
	Remove production quantity	Remove production quantity
Fodder corn	2541.9	7404207.7
Tomatoes	2905	8717910.3
Alfalfa	7401.7	54861096
Chickpeas	25347.1	652629479.4
Beans	148377.7	22183176220.7
Potatoes	8541.6	72975038.2
Maize	12774.5	192100728.8
Lentils	163083.5	13142836211.4

جدول ٥- آنالیز حساسیت ورودی‌های شبکه عصبی مصنوعی (ریال)

Table 5- Sensitivity analysis of artificial neural network inputs (Rials)

Crop name	MAE			
	Remove production quantity	Removal of the sale price of Sir Jaliz for the past two years	Removal of the sale price of Sir Jaliz last year	Remove inflation
Fodder corn	412.7	1069.9	1829.8	187.2
Tomatoes	918.6	1746.9	765.6	525.6
Alfalfa	676.3	2373.4	5668.3	1336.3
Chickpeas	1.5	20054	10720.5	8151.5
Beans	19753.5	23989.5	28066.5	1812.5
Potatoes	491.3	1255.9	2148.9	500.2
Maize	5196.2	4940.2	4771	5341.2
Lentils	368	36220.5	4539.5	2038.5

جدول ٦- آنالیز حساسیت ورودی‌های شبکه عصبی مصنوعی (ریال)

Table 6- Sensitivity analysis of artificial neural network inputs (Rials)

Crop name	MSE			
	Remove production quantity	Removal of the sale price of Sir Jaliz for the past two years	Removal of the sale price of Sir Jaliz last year	Remove inflation
Fodder corn	185303	1170024	3360872	43434.4
Tomatoes	1140088.45	4951094.85	1159342.93	278362.17
Alfalfa	498502.8	5652911.6	32162676.1	2030935.7
Chickpeas	2.5	472471141	138719126.5	72085202.5
Beans	414156892.5	629247002.5	843551734.5	3489912.5
Potatoes	300133.5	1946584.1	8935016.9	270081
Maize	48493861.6	24448076	23063873.3	53170668.5
Lentils	270848	1318944471	35218566.5	4353062.5

بررسی MAE و MSE حذف مقدار تولید در جدول‌های (۴)، (۵) و (۶) نشان می‌دهد علی‌رغم توانایی بالای ANN در پیش‌بینی قیمت جدول (۲)، قیمت‌های پیش‌بینی‌شده با این روش وابستگی کمی به مقدار تولید دارد و دلیل اصلی پیش‌بینی بهتر قیمت با ANN یادگیری خوب قیمت‌های گذشته است. با توجه به هدف اصلی این پژوهش که یافتن رابطه میان مقدار تولید و قیمت است، استفاده از روش تابع تقاضا معکوس بهتر از ANN است. به‌عبارت‌دیگر نتایج این تحقیق نشان می‌دهد هرچند که ANN از MAE و MSE بهتری نسبت به سایر روش‌ها برخوردار است، لیکن ازآنجاکه مدلی جعبه سیاه است و به فیزیک و ماهیت عناصر ورودی و خروجی بی‌ارتباط است لذا قیمت پیش‌بینی‌شده کمترین وابستگی را به میزان تولید به‌عنوان مهم‌ترین عامل اثرگذار بر قیمت داشته است.

نتیجه‌گیری

کاهش حقابه شبکه آبیاری دشت قزوین و عدم‌تغییر الگوی کشت سبب شده است کشاورزان برای تأمین معیشت خود اقدام به برداشت غیر مجاز آب از سفره‌های آب زیرزمینی نمایند؛ که این موضوع سبب افت سطح آب زیرزمینی در این منطقه شده است. از طرفی وقفه زمانی بین تصمیم‌گیری تولیدکنندگان به تولید و عرضه محصولات به بازار و قابلیت فسادپذیری محصولات کشاورزی شرایطی را به وجود آورده است که الزاماً می‌بایست قیمت این محصولات بر اساس مقدار موجود در بازار و میزان تقاضا تعدیل شود و بازار از این کالاها خالی شود. این امر موجب متضرر شدن کشاورزان شده است. ازاین‌رو در این مطالعه با هدف تأمین معیشت کشاورزان و حفظ منابع آب زیرزمینی اقدام به مقایسه روش‌های پیش‌بینی قیمت محصولات کشاورزی شده است تا با استفاده از پیش‌بینی قیمت محصولات کشاورزی الگوی کشت و نحوه توزیع آب اصلاح شود. برای پیش‌بینی قیمت، محصولات کشت‌شده در شبکه به دو گروه تقسیم شد گروه اول شامل محصولات ذرت‌علوفه‌ای، گوجه‌فرنگی، یونجه، نخود، لوبیاچیتی، سیب‌زمینی، ذرت‌دانه‌ای و عدس است که قیمت آن‌ها وابسته به مقدار تولید است و با استفاده از سیستم تقاضا معکوس و ANN قیمت آن‌ها پیش‌بینی‌شد و گروه دوم گندم، جو، چغندرقند و کلزا هستند که دارای قیمت خرید تضمینی اعلام‌شده از سوی دولت هستند و برای پیش‌بینی قیمت آن‌ها از رگرسیون غیرخطی و ANN استفاده‌شد. کشش قیمتی تقاضا با برآورد تابع تقاضا با استفاده از اطلاعات میزان تولید، قیمت فروش، قیمت سایر کالاها، تورم، نرخ ارز، مقدار صادرات و واردات برای ذرت‌علوفه‌ای، گوجه‌فرنگی، یونجه، نخود، لوبیاچیتی، سیب‌زمینی، ذرت‌دانه‌ای و عدس به ترتیب ۰/۵۰۸-، ۱/۱۱-، ۰/۹۵۴-، ۰/۹۱۴-، ۰/۳۷۴-، ۰/۵۲۹-، ۰/۴۲۸- و ۰/۳۳۲- برآورد شد. مقایسه MAE و MSE روش‌های پیش‌بینی قیمت بیانگر توانایی بیشتر ANN در پیش‌بینی قیمت محصولات هر دو گروه است. به‌منظور بررسی اینکه قیمت‌های پیش‌بینی‌شده برای محصولاتی که قیمت آن‌ها تابع مقدار موجود در بازار هست به آنالیز حساسیت مقدار تولید در روش تابع تقاضا معکوس و ورودی‌های شبکه عصبی مصنوعی به روش حذف پارامترهای ورودی پرداخته شد، نتایج نشان داد قیمت پیش‌بینی‌شده با ANN وابستگی کمی در مقایسه با روش تابع تقاضا معکوس به مقدار تولید به‌عنوان مهم‌ترین عامل مؤثر بر قیمت دارد؛ بنابراین در مطالعات اقتصادی قیمت پیش‌بینی شده برای محصولات کشاورزی فاقد خرید تضمینی با روش ANN قابل‌اتکا نیست.

تشکر و قدردانی

از سازمان جهاد کشاورزی که در راستای انجام این پژوهش همکاری داشته‌اند، کمال تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

References

1- Aminravan, M., Mojaverian, M., Hosseini-Yekani, S.A., Joolaie, R. and Viaggi, D., 2021. Effect of Income Risk on Optimal Cropping Pattern (Application of Data Envelopment Analysis Model). *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, *52*(3), pp.631-641. DOI: 10.22059/IJAEDR.2020.292914.668839. (In Persian)

2- Asaadi, M.A., Khalilian, S. and Mousavi, S.H., 2019. Management of irrigation water allocation and cropping pattern with emphasis on deficit irrigation strategy (case study: Qazvin irrigation network). *Iran-Water Resources Research*, *14*(5), pp.1-14. (In Persian)

3- Asadi, M.A. and Najafi Alamdarlo, H., 2019. Economic evaluation of optimum cultivating pattern for reducing the use of groundwater in Dehgolan plain. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, *50*(1), pp.29-43. DOI: 10.22059/IJAEDR.2018.249900.668543. (In Persian)

4- Bashiri, H.R., Mousavi, S.N. and Najafi, B., 2021. An analysis of the effects of the policies of water demand management in Marvdasht: an application of the positive mathematical programming (PMP). *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, *52*(3), pp.441-455. DOI: 10.22059/IJAEDR.2019.287458.668800. (In Persian)

5- Central Bank Of The Islamic Republic Of IRAN. https://www.cbi.ir/. (In Persian)

6- Dhoubhadel, S.P. and Stockton, M.C., 2010. The US Import of Beef: Substitute or Complement for Domestic Beef Production? Paper presented at the Southern Agricultural Economics Association, Annual Meeting, Orlando, Florida.

7- Ghaderzadeh, H., Ahmadzadeh, K. and Ganji, S., 2019. Determine the appropriate model to predict the price of agricultural crops" A case of wheat, Alfa-Alfa and potato crops". *Journal of Agricultural Economics Researches*, *11*(3). DOR: 20.1001.1.20086407.1398.11.43.2.1. (In Persian)

8- Hasan poor, A. 2001. *Price behavior of potato, tomato and onion using the inverse demand system*. In *3th* Conference of Agricultural Economics. Ferdowsi University of Mashhad Iran. (In Persian)

9- Hashemi, M., Mazandarani Zadeh, H., Daneshkare Arasteh, P. and Zarghami, M., 2020. Evaluation of management policies to simultaneously maintain groundwater resources and farmers' livelihoods Using the System dynamics and Game Theory. *Iran-Water Resources Research*, *16*(3), pp.1-17. DOR: 20.1001.1.17352347.1399.16.3.1.9. (In Persian)

10- Hoseini, S. M., Mazandarani zadeh, H. and Nazari, B., 2021. Simultaneously Management of Surface and Groundwater Resources and Increasing Farmers' Resilience to Water Scarcity by Predicting the Price of Agricultural Products and using GA (Case Study of Irrigation and Drainage Network of Qazvin Plain). Iranian Journal of Soil and Water Research, 52(2), pp.563-576. DOI: 10.22059/IJSWR.2021.313809.668805. (In Persian)

11- Hosseini, S. M., Mazandarani Zadeh, H., 2022. Optimal Water Allocation among Agricultural Consumers Using Crop Pattern Change Approach to Improve Farmers' Livelihood. *Irrigation Sciences and Engineering*, 45(3), pp. 47-61. DOI: 10.22055/JISE.2021.32941.1915. (In Persian)

12- Kumar, A., 2019. Price forecasting tool to support feminization in marketing green gram. *Zenith International Journal of Multidisciplinary Research*, *9*(2), pp. 87-94.

13- Kibona, S. E., and Mbago, M. C., 2018. Forecasting Wholesale Prices of Maize in Tanzania Using Arima Model. *General Letters in Mathematics (GLM)*, *4*(3), pp.131-141. DOI: 10.31559/GLM2018.4.3.6.

14- Mishra, M.K., Sisodia, B.V.S. and Rai, V.N., 2019. Forecasting technique of price of potato of Uttar Pradesh. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, *8*(3), pp.60-62.

15- Moghadesi, R. and Khaligh, P., 2013. Prognosis of agricultural prices by means of Artificial Neural Network models and time series. *Agricultural Extension and Education Research, 1*(2), pp.1-11. (In Persian)

16- Najafi, B., Zibaei, M., Sheikhi, M.H. and Tarazkar, M.H., 2007. Forecasting price of some crop products in fars province: application of Artificial Neural Network. Isfahan University of Technology-Journal of Crop Production and Processing, 11(1), pp.501-512. DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.1.39.6. (In Persian)

17- Organization of Agriculture Jahad Qazvin. https://qazvin.maj.ir/.(In Persian)

18- Raei, B., Ahmadi, A., Neyshaburi, M.R., Ghorbani, M.A. and Asadzadeh, F., 2020. Evaluating efficiency of some artificial intelligence techniques for modeling soil wind Erodibility in part of eastern land of Urmia Lake. Iranian Journal of Soil and Water Research, 51(1), pp.61-76. DOI: 10.22059/IJSWR.2019.283359.668233. (In Persian)

19- Sa'adat Mehr, M., 2017. Estimated demand for chicken meat in Iran. *Economic Journal*, *16*(11,12), pp.101-117. (In Persian)

20- Salami, H. and Rezaei, S., 2011. Forecasting meat prices: An inverse demand approach. *Journal of Agricultural Economics and Development*, *24*(3), pp.298-303. DOI: 10.22067/JEAD2.V1389I3.7727. (In Persian)

21- Saxena, K. K.and Mhohelo, D. R., 2020. Modelling and forecasting retail prices of maize for three agricultural markets in Tanzania. *International Journal of Statistics and Applied Mathematics, 5*(4), pp.229-245.

22- Statistical Center of Iran. https://www.amar.org.ir/. (In Persian).

23- Steen, M., 2006. *Flower power at the Dutch Flower Auctions: Application of an Inverse Almost Ideal Demand System (AIDS)*. Paper presented at the International Association of Agricultural Economists, Annual Meeting, Queensland, Australia. DOI: 10.22004/ag.econ.25441.

نسخه نهایی پذیرفته

Comparison of the ability of inverse demand function and artificial neural network to predict crop prices (Case Study: Qazvin Plain Irrigation Network)

S. M. Hosseini[1] and Hamed Mazandarani Zadeh[2*]

1- PhD sudent in Water Resources Engineering, Dept. of Water Science and Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

2- Corresponding Author, Associated professor, Dept. of Water Science and Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran. (mazandaranizadeh@eng.ikiu.ac.ir).*

Keywords: Artificial Neural Network, Equilibrium, Guaranteed purchase, Inverse demand function, Supply.

Interduction

The occurrence of climate change and its impact on water resources such as reduction of surface water flows has led to vulnerability and instability of farmers' livelihoods. Currently, Qazvin plain is one of the regions of Iran that is facing water crisis and severe water shortage. The reduction of water allocated from Taleghan Dam to Qazvin plain has led farmers to take unauthorized harvesting of water from wells in order to provide their livelihoods (Hosseini and Mazandarani Zadeh, 2022). Despite farmers draining groundwater aquifers, most of their livelihoods still face problems due to crop price fluctuations. Therefore, in this study, with the aim of providing livelihood to farmers and preserving groundwater resources, the price of agricultural products has been predicted using inverse demand function, Artificial Neural Network (ANN) and nonlinear regression methods. The inverse demand function and ANN methods were used to predict the price of products without guaranteed purchase price and ANN and nonlinear regression were used to predict the price of products with guaranteed purchase price including wheat, barley, sugar beet and rapeseed.

Materials and Methods

Study area

The irrigation network of Qazvin plain is located 150 kilometers from Tehran. The purpose of this network is to transfer Taleghan water through the dam to the Qazvin plain and cover about 58,000 hectares of land in Qazvin (Hashemi et al., 2020).

Invers demand function

The inverse demand function is a function in which price is expressed as a function of supply quantity and is used to predict the price reaction of products to the amount entering the market. In other words, using the inverse demand function, price changes can be predicted based on the amount entering the market, and it can be used as a policy tool to regulate prices (Salami and Rezaei, 2011).

Artificial Neural Network

Artificial Neural Network are a model for information processing made by mimicking the biological network of the human brain (Raei et al., 2020).

Results

A- Products with guaranteed purchase

The comparison of the ability of the ANN and the exponential function in predicting the guaranteed purchase price indicates the higher ability of the ANN in predicting the price.

B- Products without guaranteed purchase

Price elasticity of demand for fodder corn, tomatoes, alfalfa, chickpeas, pinto beans, potatoes, maize, and lentils was estimated -0.508, -1.111, -0.954, -0.914, -0.374, -0.529, -0.363 and -0.332

and -0.332 respectively. Investigation of inverse demand function ability and ANN indicates greater ability of ANN in price forecasting. In order to ensure that the predicted prices for products that do not have a guaranteed purchase depend on the amount of production, the sensitivity analysis of the inverse demand system and the artificial neural network with the input elimination method was done. Despite the high ability of ANN in price prediction, the prices predicted by this method have little dependence on the amount of production and the main reason for better price forecasting with ANN is good learning of past prices. According to the main purpose of this study, which is to find the relationship between the amount of production and price, using the inverse demand function method is better than ANN.

Discussion

The results show the high ability of ANN to predict the price of products with guaranteed purchase and products without guaranteed purchase. Also, the price predicted by ANN has a small dependence on the amount of production as the most important factor affecting the price compared to the inverse demand function method. Therefore, in economic studies, the predicted prices for agricultural products without guaranteed purchases cannot be relied against by ANN method.

Acknowledgments

The Jihad Agricultural Organization of Qazvin Province, which has cooperated in this research, is thanked and appreciated.

Reference

1- Hashemi, M., Mazandarani Zadeh, H., Daneshkare Arasteh, P. and Zarghami, M., 2020. Evaluation of management policies to simultaneously maintain groundwater resources and farmers' livelihoods Using the System dynamics and Game Theory. *Iran-Water Resources Research*, *16*(3), pp.1-17. DOR: 20.1001.1.17352347.1399.16.3.1.9. (In Persian)

2- Hosseini, S. M., Mazandarani Zadeh, H., 2022. Optimal Water Allocation among Agricultural Consumers Using Crop Pattern Change Approach to Improve Farmers' Livelihood. Irrigation Sciences and Engineering, 45(3), pp. 47-61. doi: 10.22055/jise.2021.32941.1915. DOI: 10.22055/JISE.2021.32941.1915. (In Persian)

3- Raei, B., Ahmadi, A., Neyshaburi, M.R., Ghorbani, M.A. and Asadzadeh, F., 2020. Evaluating efficiency of some artificial intelligence techniques for modeling soil wind Erodibility in part of eastern land of Urmia Lake. Iranian Journal of Soil and Water Research, 51(1), pp.61-76. DOI: 10.22059/IJSWR.2019.283359.668233. (In Persian)

4- Salami, H. and Rezaei, S., 2011. Forecasting meat prices: An inverse demand approach. Journal of Agricultural Economics and Development, 24(3), pp.298-303. DOI: 10.22067/JEAD2.V1389I3.7727. (In Persian)