

(OPEN ACCESS)

**Application of hybrid models based on deep machine learning
in smart agriculture (Case studies of forecasting the future price
of subtropical fish (*Scomberomorus guttatus*) and subtropical fish
(*carps and salmo trutta*))**

Mehrnaz Baniamam^{*1}, Seyed Mohammad Reza Haj Seyed Javadi²

1. Corresponding Author, Assistant Prof., Dept. of River and Coastal Engineering, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran. E-mail: bani.amam@yahoo.com
2. Researcher Prof., Agricultural Economics Institute of Planning Research, Agricultural Economy and Rural Development, Ministry of Agricultural Jihad, Tehran, Iran. E-mail: seyed.javadi@gmail.com

Article Info	ABSTRACT
Article type: Full Length Research Paper	Background and Objectives: Forecasting the price and the trend of its changes is one of the most important factors in making decisions and formulating strategies related to agricultural products. The aim of the present study was to present a model with a hybrid data mining pattern including a set of nonlinear models, wavelet transform, deep neural network and Monte Carlo method for accurate forecasting of fishery products.
Article history: Received: 01.31.2024 Revised: 02.08.2024 Accepted: 02.14.2024	Materials and Methods: In this research, the wavelet function is used to denoise the price data, the deep neural network is used to predict the price, the Monte Carlo method is used to simulate the most likely probability of the price, and finally, soft complex calculations are used to perform "out-of-sample prediction with new data sets". It was used for the period of 2013 to 2014. To predict the future price of tropical and cold water fish, the number of optimal breaks affecting the price is determined.
Keywords: Deep neural network, Forecast, Monte Carlo method, The future price of tropical and cold water fish	Results: In this study, a proposed hybrid data mining model was used to find the best model for predicting the future dynamic price of tropical and cold water fish and Monte Carlo simulation has been used to increase the prediction accuracy, and the prediction accuracy of the proposed model was evaluated with three competing models using the evaluation criteria of root mean square error (RMSE) and coefficient of determination (R^2). Also, the comparison of prediction accuracy The proposed model with other models shows that the use of deep neural network, compared to simple neural network, increases the power of predicting the price of agricultural products (the future price of fish).
	Conclusion: The final result shows that the use of wavelet function and Monte Carlo based on the network Deep neural network increases the accuracy of forecasting the price of agricultural products.

Cite this article: Baniamam, Mehrnaz, Haj Seyed Javadi, Seyed Mohammad Reza. 2025. Application of hybrid models based on deep machine learning in smart agriculture (Case studies of forecasting the future price of subtropical fish (*Scomberomorus guttatus*) and subtropical fish (*carps and salmo trutta*)). *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 14 (1), 91-103.



به کارگیری مدل‌های هیبریدی مبتنی بر یادگیری عمیق ماشین در کشاورزی هوشمند (مطالعات موردی پیش‌بینی قیمت آبی ماهیان گرمابی (ماهی شیر) و سردابی (ماهی کپور و قزل‌آلا))

مهرناز بنی‌اعمام^{۱*}، سید محمدرضا حاج سیدجواد^۲

۱. نویسنده مسئول، استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
رایانامه: bani.amam@yahoo.com
۲. پژوهشگر مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی، وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران.
رایانامه: seyed.javadi@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی	سابقه و هدف: پیش‌بینی قیمت و روند تغییرات آن از مهم‌ترین عوامل در تصمیم‌گیری و تدوین راهبردهای مربوط به محصولات کشاورزی است. هدف مطالعه حاضر ارائه یک مدل با الگوی داده کاوی هیبریدی شامل مجموعه مدل‌های غیر خطی، تبدیل موجک، شبکه عصبی عمیق و روش مونت کارلو برای پیش‌بینی دقیق محصولات شیلاتی بود.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۱	
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۹	مواد و روش‌ها: در این پژوهش از تابع موجک برای نوفه‌زدایی داده‌های قیمت، از شبکه عصبی عمیق برای پیش‌بینی قیمت، از روش مونت کارلو برای شبیه‌سازی محتمل‌ترین احتمال قیمت و در نهایت از محاسبات پیچیده نرم برای انجام "پیش‌بینی خارج از نمونه با مجموعه داده‌های جدید" برای دوره زمانی ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۲ استفاده شد.
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۲۵	
واژه‌های کلیدی: پیش‌بینی، روش مونت کارلو، شبکه عصبی عمیق، قیمت آبی ماهیان گرمابی و سردابی	یافته‌ها: برای پیش‌بینی قیمت آبی ماهیان گرمابی و سردابی تعیین تعداد وقفه‌های بهینه مؤثر بر قیمت است که در مطالعه حاضر برای یافتن بهترین مدل برای پیش‌بینی قیمت پویای آبی ماهیان گرمابی و سردابی از یک مدل داده‌کاوی هیبریدی پیشنهادی استفاده شد و برای افزایش دقت پیش‌بینی از شبیه‌سازی مونت کارلو استفاده شده است و دقت پیش‌بینی مدل پیشنهادی با سه مدل رقیب با استفاده از معیارهای ارزیابی میانگین مجذور مربعات خطا (RMSE) و ضریب تعیین (R^2) مورد بررسی قرار گرفت.
	نتیجه‌گیری: هم‌چنین مقایسه دقت پیش‌بینی مدل پیشنهادی با مدل‌های دیگر نشان می‌دهد که استفاده از شبکه عصبی عمیق، در مقایسه با شبکه عصبی ساده قدرت پیش‌بینی قیمت

محصولات کشاورزی (قیمت آتی ماهیان) را افزایش می‌دهد. نتیجه نهایی گویای آن است که استفاده از تابع موجک و مونت‌کارلو بر پایه شبکه عصبی عمیق سبب افزایش دقت پیش‌بینی قیمت محصولات کشاورزی می‌شود.

استناد: بنی‌اعمام، مهرناز، حاج سیدجواد، سید محمدرضا (۱۴۰۴). به‌کارگیری مدل‌های هیبریدی مبتنی بر یادگیری عمیق ماشین در کشاورزی هوشمند (مطالعات موردی پیش‌بینی قیمت آتی ماهیان گرمابی (ماهی شیر) و سردابی (ماهی کپور و قزل‌آلا)). نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان، ۱۴ (۱)، ۹۱-۱۰۳.

DOI: 10.22069/japu.2024.22155.1850



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

امروزه بسیاری از آبی‌پروران و فعالان بخش کشاورزی از تغییرات قیمت‌های بازار و آخرین پیشرفت‌های فناوری در حوزه قیمت محصولات کشاورزی آگاهی‌های لازم را ندارند؛ بنابراین بهره‌گیری از مدل‌های هوشمند برای پیش‌بینی دقیق قیمت کالاهای کشاورزی در حوزه کشاورزی هوشمند برای آن‌ها اهمیت حیاتی دارد، در این میان، قیمت محصولات کشاورزی به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های مهم بخش کشاورزی، همواره ماهیتی ناپایدار داشته و توانسته است با افزایش یا کاهش خود بر اقتصاد کشاورزی تأثیرگذار باشد (۱).

افزایش قیمت مواد غذایی و نوسان‌های آن با اثرات اقتصادی خرد و کلان مهم از جمله اثرات نامطلوب بر تولید ناخالص داخلی یک کشور، تورم، مشکلات خانوار، افزایش فقر، زندگی مالی مردم، کاهش تغذیه و نیز کاهش خدمات ضروری آموزش و پرورش و خدمات بهداشتی همراه است. علاوه بر این قیمت محصولات شیلاتی بر بازار مزارع آبی‌پروری، سیاست‌های دولت و کل صنایع وابسته به آبی‌پروری تأثیر می‌گذارد. نوسان در قیمت فرآورده‌های شیلاتی بهره‌برداران بخش شیلات را تحت فشار عاطفی و مالی قرار می‌دهد، زیرا کار سخت آن‌ها در طول سال‌ها به هدر می‌رود (۲). مدل‌های پیش‌بینی قیمت محصولات کشاورزی مؤلفه‌ای مهم و ضروری در مدیریت بازار و برنامه‌ریزی تصمیم‌گیری محسوب می‌شوند، زیرا پیش‌بینی قیمت کالاهای کشاورزی چشم‌انداز آینده را شبیه‌سازی کرده، به تولیدکنندگان این امکان را می‌دهد تا تصمیمات بهتری بگیرند و به بهینه‌سازی راهبرد فروش محصول خود کمک کنند.

بنابراین، چارچوب پیش‌بینی دقیق یک جزء اساسی در پیش‌بینی قیمت محصولات کشاورزی است که با بهره‌گیری از آن، می‌توان از وقوع بسیاری از مسائل و

مشکلات مربوط به تقاضا و عرضه کالاهای کشاورزی جلوگیری کرد (۳).

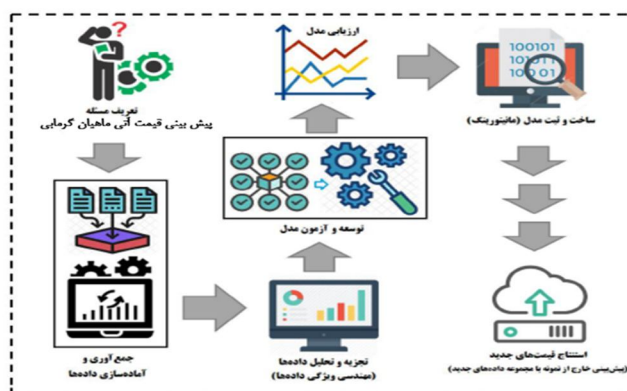
محصولات شیلاتی از ارزش غذایی ویژه و مطلوبیت زیادی در سراسر جهان برخوردار است. تقاضای روز افزون برای خرید آن در سطح جهانی و محدودیت ذخایر طبیعی آن در جهان باعث گردیده، پرورش آبزیان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار شود. در این راستا، پژوهش‌گران و صاحب‌نظران در حوزه علوم شیلات و مدیریت زنجیره تأمین محصولات شیلاتی نیز در طی سالیان گذشته تلاش‌هایی برای پیش‌بینی قیمت محصولات شیلاتی با استفاده از مدل‌های سنتی و هیبریدی انجام داده‌اند (۴). سؤال اساسی برای پرورش‌دهندگان این است که «در مواجهه با روش‌های متعدد پیش‌بینی قیمت، کدام روش‌ها مناسب‌ترند؟» همین موضوع یک چالش اساسی برای اکثر تولیدکنندگان و ذینفعان است، زیرا درک آن‌ها از مفهوم، ویژگی‌ها و کاربرد مدل‌های پیش‌بینی قیمت، جامع و صحیح نیست. بنابراین، لازم است که مدل‌های پیش‌بینی قیمت محصولات شیلاتی توسعه یابد تا به نتایج دقیق‌تر بینجامد (۵). در این میان، تکنیک‌های یادگیری ماشین و الگوریتم‌های داده‌کاوی می‌تواند به عنوان یکی از گزینه‌های مطلوب در مسیر حل مسائل و مشکلات کشاورزی هوشمند (از جمله ارائه پیش‌بینی دقیق قیمت محصولات کشاورزی) مطرح شود؛ چرا که در دنیای امروز، کشاورزی با تولید حجم زیادی از داده‌ها روبرو است و به کمک محاسبات نرم می‌تواند با کشف الگوهای پنهان در ماهیت چندبعدی داده‌های سری زمانی کشاورزی به پیش‌بینی دقیق قیمت محصولات کشاورزی کمک نماید (۱).

علاوه بر این، توسعه تکنیک‌های مرسوم با استفاده از رویکرد هیبریدی از طریق مطالعات مختلف، بیانگر این واقعیت غیرقابل انکار است که مدل‌های هیبریدی

است. این مطالعه با مقایسه مقادیر پیش‌بینی‌شده با مقادیر واقعی در سطح اطمینان ۹۵ درصد، پیش‌بینی خوبی را برای هر پنج کالا به‌دست آورد (۸). در مطالعه دیگری زیونگ و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از روش ترکیبی $STL-ELM^1$ اقدام به پیش‌بینی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت قیمت فصلی سبزیجات در چین نمودند. نتایج این مطالعه نشان داد که بر اساس معیارهای خطا و آزمون دیبولد-ماریانو، روش پیشنهادی دقت پیش‌بینی بهتری نسبت به مدل‌های رقیب (ELM, SARIMA, TDNN, SVR) و SARIMA-Kalman دارد و مدل پیشنهادی یک روش امیدوارکننده برای پیش‌بینی قیمت سبزیجات در چین است (۹) که در شکل ۱ به مراحل مدل پیشنهادی اشاره شده است.

با بهره‌گیری از مزیت‌های چندین مدل در قالب یک مدل، نه تنها امکان رفع محدودیت‌هایی مانند ویژگی‌های غیرخطی، نالیستایی، غیر نرمال، نویزدار و رفتار آشوبناک موجود در مجموعه داده‌ها را به‌طور هم‌زمان مدیریت می‌نماید، بلکه در نظر گرفتن ویژگی عدم قطعیت در داده‌های پیش‌بینی‌شده در مدل‌های هیبریدی نیز امکان‌پذیر است (۶ و ۷).

مطالعات متعددی در زمینه پیش‌بینی قیمت محصولات کشاورزی انجام شده است که برخی از آن‌ها را می‌توان به شرح ذیل بیان کرد. مطالعه مورگسان و همکاران (۲۰۲۱) قیمت پنج کالای کشاورزی برنج، گندم، نخود، موز و بادام‌زمینی از ژانویه ۲۰۰۰ تا ژوئیه ۲۰۲۰ با استفاده از پنج تکنیک مدل یادگیری عمیق از نوع LSTM پیش‌بینی‌شده



شکل ۱- ساختار مدل هیبریدی پیشنهادی برای پیش‌بینی قیمت آبی ماهیان گرمابی (ماهی شیر) و سردابی (ماهی کپور و قزل‌آلا) در بورس کالای ایران.

Figure 1. Structure of the proposed hybrid model for predicting future prices of warm-water fish (*Scomberomorus guttatus*) and cold-water fish (*carps and salmo trutta*) on the Iranian Commodity Exchange.

سال‌های ۱۴۰۲-۱۳۹۲ مورد آنالیز قرار گرفت. با توجه به تغییرات ناگهانی قیمت ماهیان گرمابی و سردابی طی دوره‌های گذشته به واسطه عوامل بی‌ثبات‌کننده، از جمله تغییرات ناگهانی نرخ ارز انتخاب یک مدل قوی مدنظر می‌باشد. بنابراین در انجام پژوهش پس از جمع‌آوری قیمت آبی ماهیان

مواد و روش‌ها

داده‌های این تحقیق عمدتاً از روش کتابخانه‌ای جمع‌آوری شده است و با استفاده از سالنامه آماری شیلات ایران داده‌های ماهانه قیمت آبی ماهیان گرمابی (ماهی شیر) و سردابی (ماهی کپور و قزل‌آلا) طی

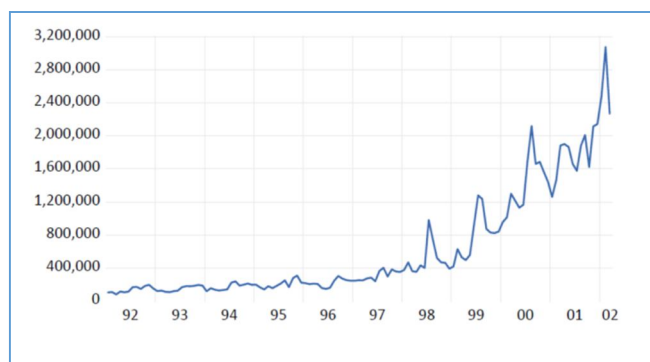
1- Loess Smoothing-Extreme Learning Machine

گرمابی (ماهی شیر) و سردابی (ماهی کپور و قزل‌آلا) با توجه به عدم وجود مطالعه‌ای در خصوص تخمین قیمت آتی ماهیان گرمابی (ماهی شیر) و سردابی (ماهی کپور و قزل‌آلا) در گذشته به‌منظور شناخت الگوی رفتاری قیمت در مقایسه با بی‌ثبات‌کننده‌ها اقدام گردید. در این پژوهش مدل هیبریدی دومرحله‌ای و مدل پایه هیبریدی غیرخطی- غیرخطی استفاده شده است (۱۰ و ۱۱). در مدل هیبریدی پیشنهادی، از تکنیک‌های داده کاوی شامل تابع تبدیل موجک (WT)، شبکه عصبی یادگیری عمیق (LSTM)، شبکه کدکننده خودکار (AE) در شبکه یادگیری عمیق، روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو- زنجیره مارکف (MCMC) و مفهوم «استنتاج قیمت‌های جدید» یا «پیش‌بینی خارج از نمونه با مجموعه داده‌های جدید» (DE) استفاده شده است (۱۲ و ۱۳).

نتایج

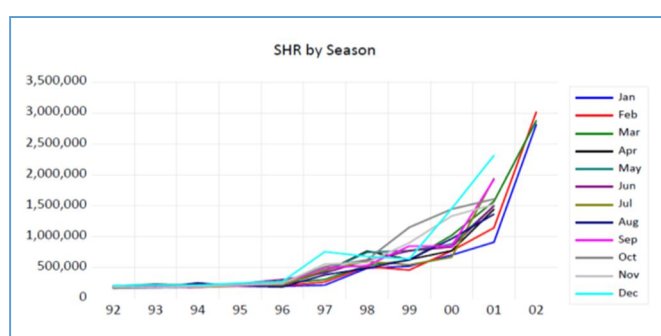
بررسی یافته‌های این مطالعه نشان داد که تاکنون مدل هیبریدی برای پیش‌بینی قیمت محصولات کشاورزی ارائه نشده است، در واقع مدل پیشنهادی، دقیق‌ترین پیش‌بینی قیمت ماهیان گرمابی (ماهی شیر) و سردابی (ماهی کپور و قزل‌آلا) با درجه اطمینان بالا و حداقل ریسک ارائه می‌دهد و دارای ویژگی‌های زیر است: ۱) یک مدل هیبریدی بر پایه مدل یادگیری عمیق و شبکه کدکننده خودکار است که در آن پیش‌بینی قیمت و رتبه‌بندی مهم‌ترین متغیرها (تعداد وقفه بهینه قیمت در این مطالعه) به‌طور هم‌زمان صورت می‌گیرد، ۲) در مدل پیشنهادی از تابع تبدیل موجک برای نوفه‌زدایی و از شبیه‌سازی مونت‌کارلو برای محاسبه و ارائه فاصله اطمینان در ترکیب یک الگوی متعالی به همراه الگوریتم‌های یادگیری ماشین استفاده می‌شود، ۳) مدل پیشنهادی دارای کاربرد عملی یعنی معرفی "ساخت مدل پایه و قابل انتشار"

به‌منظور پیش‌بینی خارج از نمونه با مجموعه داده‌های جدید است. نتایج حاصل نشان داد که داده‌ها نرمال نبوده و از ماهیت غیرخطی و رفتار آشوبناک پیروی می‌نماید. همچنین تئوری موجک نشان داد که بعد از نوفه‌زدایی داده‌ها، میزان خطا می‌تواند با شناخت نقاط تلاطمی و تصحیح آن‌ها در یک دامنه-کم-تلاطم جریان داشته و با خطای کم‌تر به دقت بالاتر دست یافت و نتایج حاصل از اجرای شبکه کدکننده خودکار نشان داد که بهترین متغیر ورودی برای پیش‌بینی قیمت آتی ماهیان گرمابی (ماهی شیر) و سردابی (ماهی کپور و قزل‌آلا) همان‌طور که در نمودارها و جدول‌های بالا مشاهده می‌شود، قیمت ماهیان گرمابی و سردابی به نسبت ده سال گذشته در طی سال‌های ۱۴۰۲ تا ۱۴۰۰ سیر صعودی داشته است. در این مطالعه از چندین مدل داده‌کاوی به‌منظور پیش‌بینی دقیق قیمت آتی ماهیان گرمابی (ماهی شیر) و سردابی (ماهی کپور و قزل‌آلا) استفاده شد (۱۴) و از میان آن‌ها سه مدل ماشین بردار پشتیبان، الگوریتم جنگل تصادفی و مدل شبکه عصبی عمیق انتخاب شد. بر این اساس، نتایج حاصل از بررسی ویژگی داده‌ها، تعیین مدل بهینه در الگوریتم جنگل تصادفی، ماشین بردار پشتیبان و مدل شبکه عصبی عمیق، شبیه‌سازی خروجی هر مدل با محتمل‌ترین سطح احتمال قیمت توسط تکنیک مونت‌کارلو و در نهایت مقایسه پیش‌بینی‌های حاصل از مدل‌های منتخب برای قیمت آتی ماهیان گرمابی و سردابی ارائه شده است و امکان مدل‌سازی و پیش‌بینی قیمت تمام محصولات در این مطالعه وجود نداشت. در مطالعه حاضر ۱۲۳ داده از میانگین قیمت خرده‌فروشی ماهیان گرمابی (ماهی شیر) و سردابی (ماهی کپور و قزل‌آلا) در دوره زمانی ۱۳۹۲/۰۱/۰۱ تا ۱۴۰۲/۰۳/۰۱ گردآوری شده است. مشخصات داده‌های مورد بررسی در شکل ۲ آمده است.



شکل ۲- بررسی سری زمانی ماهانه قیمت ماهیان گرمابی (ماهی شیر) و سردابی (ماهی کپور و قزل‌آلا) طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۴۰۲ (۲۳).

Figure 2. Monthly time series analysis of prices of warm-water fish (*Scomberomorus guttatus*) and cold-water fish (*carps and salmo trutta*) during the years 1392-1402 (23).



شکل ۳- بررسی توزیع سری زمانی ماهانه قیمت ماهیان گرمابی (ماهی شیر) و سردابی (ماهی کپور و قزل‌آلا) طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۴۰۲.

Figure 3. Monthly time series distribution of prices of warm-water fish (*Scomberomorus guttatus*) and cold-water fish (*carps and salmo trutta*) during the years 1392-1402.

جدول ۱- مقایسه میزان دقت مدل‌های منتخب و انتخاب مدل شبکه عمیق برای ماهیان سردابی (کپور).

Table 1. Comparison of the accuracy of selected models and selection of the deep network model for carp.

مدل یادگیری ماشین	نوع داده	میانگین مربع مجذور خطا	خطای مطلق	خطای نسبی	مجذور مربع خطا
		RMSE	AE	RE	RSE
Deep Learning	موجک نوفه‌زدایی شده	(1) 93928.41	(1) 53242.82	(1) 5.3	(1) 8822546
XGtr Boost	موجک نوفه‌زدایی شده	(2) 17249.79	(2) 110597.25	(2) 11.2	(2) 297528001
Random Forest	موجک نوفه‌زدایی شده	(3) 107999.90	(3) 70201.63	(3) 7.8	(3) 116638

ماخذ: یافته‌های تحقیق

بر طبق اطلاعات بالا دقت مدل‌های انتخابی در ماهیان سردابی نشان داده است

جدول ۲- مقایسه میزان دقت مدل‌های منتخب و انتخاب مدل شبکه عمیق برای ماهیان گرمابی (ماهی شیربت).

Table 2. Comparison of the accuracy of selected models and selection of the deep network model for warm-water fish (*Scomberomorus guttatus*).

مدل منتخب	RMSE	AE	RE
WT-GA-XGBoost	141923.7	82687.6	8.3
WT-GA-Random Forest	109375.6	70221.7	7.8
WT-GA-Deep Learning	75768.9	50103.9	5.4

ماخذ: یافته‌های تحقیق

بر طبق اطلاعات بالا دقت مدل‌های انتخابی در ماهیان گرمابی نشان داده است

جدول ۳- مقایسه میزان دقت مدل‌های منتخب و انتخاب مدل شبکه عمیق برای ماهیان سردآبی (ماهی قزل‌آلا).

Table 3. Comparison of the accuracy of selected models and selection of the deep network model for kelp fish (*salmo trutta*).

RE	AE	RMSE	مدل منتخب
5.2	38980.22	77586.2	WT-GA-XGBoost
3.2	12570.6	19663.9	WT-GA-Random Forest
2.5	10918.7	17390.6	WT-GA-Deep Learning

ماخذ: یافته‌های تحقیق

بر طبق اطلاعات بالا دقت مدل‌های انتخابی در ماهیان سردآبی (قزل‌آلا) نشان داده است

برآورد قیمت

جدول ۴- از شاخص‌های نیکویی برازش ماهی سفید.

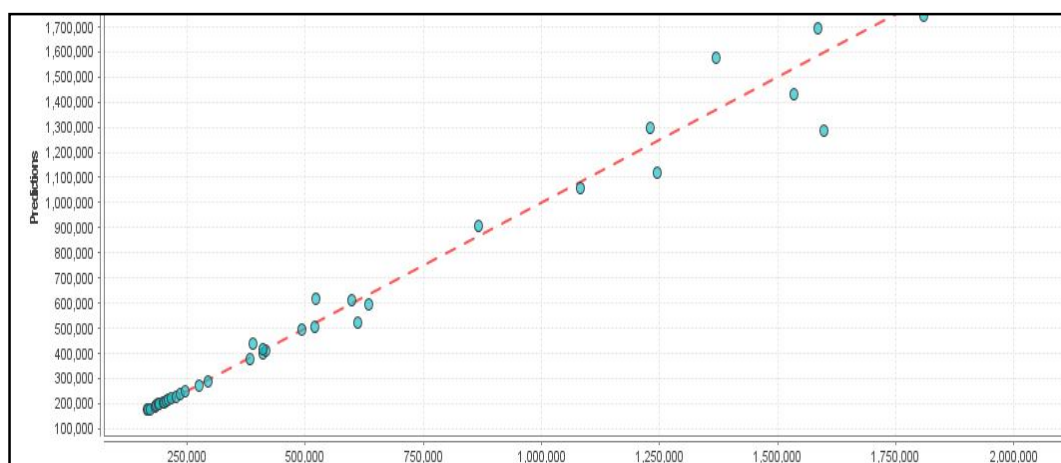
Table 4. Goodness of Fit Indexes of Whitefish.

RE	AE	RMSE	مدل منتخب
11.2	110597.25	17249.79	WT-GA-XGBoost
7.8	70201.63	107999.90	WT-GA-Random Forest
5.3	53242.82	93928.41	WT-GA-Deep Learning

ماخذ: یافته‌های تحقیق

Monte carlo dl
R² dl = 0.66 to 0.94

Max=2493923.5
Min=1935400.8



شکل ۴- برآورد ماهانه قیمت سردآبی (ماهی کپور) طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۴۰۲.

Figure 4. Monthly estimate of the price of carp (carp) during the years 1392-1402.

ماخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۵- از شاخص های نیکویی برازش ماهی شیر.

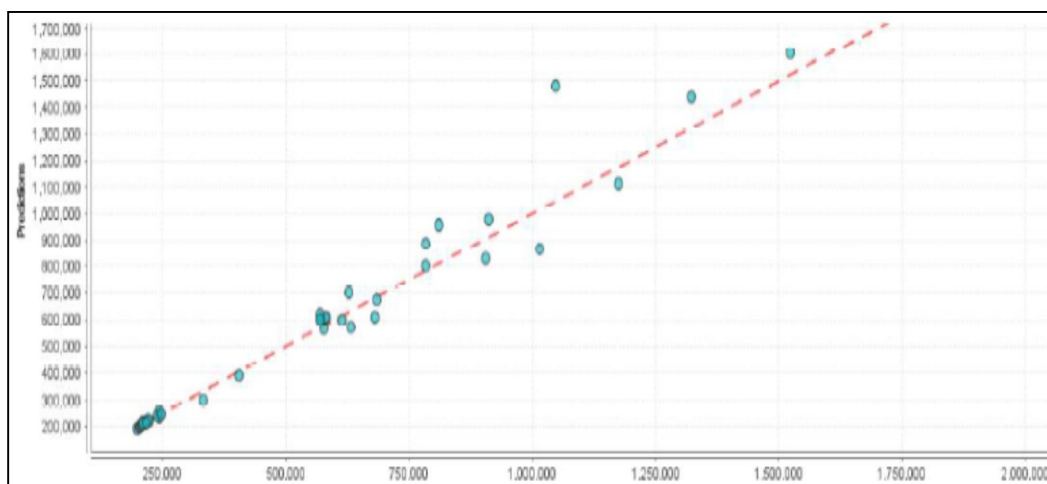
Table 5. *Scomberomorus guttatus* goodness of fit indices.

مدل منتخب	RMSE	AE	RE
WT-GA-XGBoost	141923.7	82678.6	8.3
WT-GA-Random Forest	109375.6	70221.7	7.8
WT-GA-Deep Learning	78768.9	50103.9	5.4

ماخذ: یافته های تحقیق

Monte carlo dl
R² dl = 0.63-0.93

Max=2570396.5
Min=1912571.8



شکل ۵- برآورد ماهانه قیمت گرمابی (ماهی شیر) طی سال های ۱۴۰۲-۱۳۹۲.

Figure 5. Monthly estimate of hydrothermal vent price (*Scomberomorus guttatus*) during the years 1392-1402.

ماخذ: یافته های تحقیق

جدول ۶- از شاخص های نیکویی برازش ماهی قزل آلا.

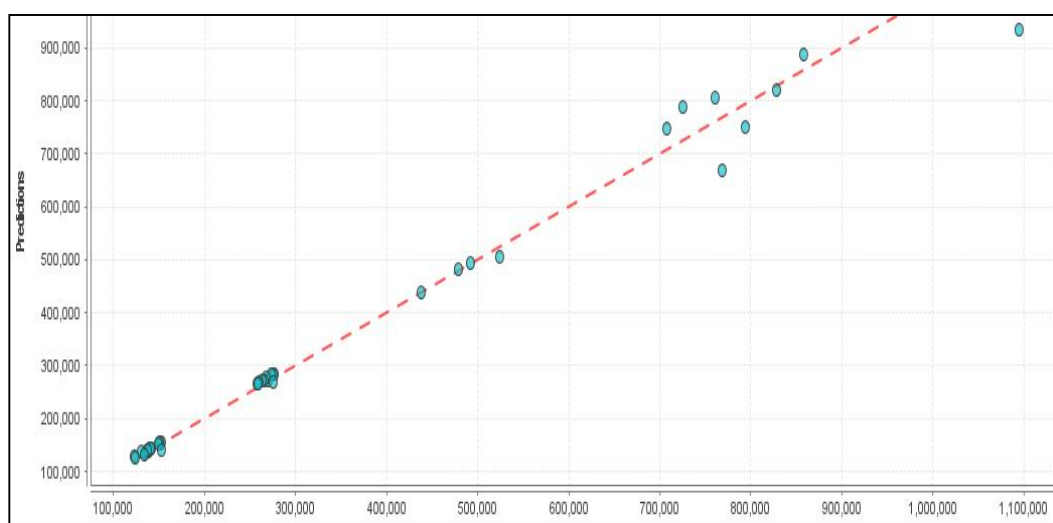
Table 6. *Salmo trutta* fitness indices.

مدل منتخب	RMSE	AE	RE
WT-GA-XGBoost	77586.2	38980.22	5.2
WT-GA-Random Forest	19663.9	12570.6	3.2
WT-GA-Deep Learning	17390.6	10918.7	2.5

ماخذ: یافته های تحقیق

Monte carlo dl
R² dl = 0.64-0.97

Max=149370.8
Min=1271223.6



شکل ۶- برآورد ماهانه قیمت سردابی (ماهی قزل‌آلا) طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۴۰۲.

Figure 6. Monthly estimate of the price of sardaby (*salmo trutta*) during the years 1392-1402.

ماخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۷- برآورد پیش‌بینی قیمت برای هر سه گونه ماهی.

Table 7. Estimated price forecast for all three fish species.

سناریوهای داده‌های جدید قیمت (ریال)	مقادیر پیش‌بینی قیمت خارج از نمونه (ریال)
2450000	2439856
2550000	2573015
2650000	2716272
1450000	1504395
1500000	1544091
1550000	1618402

ماخذ: یافته‌های تحقیق

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از پژوهش حاضر، طراحی مناسب‌ترین مدل هیبریدی برای پیش‌بینی قیمت آتی ماهیان گرمابی (ماهی شیر) و سردابی (ماهی کپور و قزل‌آلا) در حوزه کشاورزی هوشمند است که از مجموعه مدل‌های غیرخطی تبدیل موجک، شبکه کدکننده خودکار، شبکه عصبی عمیق و شبیه‌سازی مونت کارلو تشکیل شده است. بررسی یافته‌های این مطالعه نشان داد که تاکنون مدل هیبریدی برای پیش‌بینی قیمت محصولات کشاورزی ارائه نشده است، در واقع مدل

پیشنهادی، دقیق‌ترین پیش‌بینی قیمت ماهیان گرمابی (ماهی شیر) و سردابی (ماهی کپور و قزل‌آلا) با درجه اطمینان بالا و حداقل ریسک ارائه می‌دهد و دارای ویژگی‌های زیر است: ۱) یک مدل هیبریدی بر پایه مدل یادگیری عمیق و شبکه کدکننده خودکار است که در آن پیش‌بینی قیمت و رتبه‌بندی مهم‌ترین متغیرها (تعداد وقفه بهینه قیمت در این مطالعه) به‌طور هم‌زمان صورت می‌گیرد، ۲) در مدل پیشنهادی از تابع تبدیل موجک برای نوفه‌زدایی و از شبیه‌سازی مونت کارلو برای محاسبه و ارائه فاصله اطمینان در

ترکیب یک الگوی متعالی به همراه الگوریتم‌های یادگیری ماشین استفاده می‌شود، (۳) مدل پیشنهادی دارای کاربرد عملی یعنی معرفی "ساخت مدل پایه و قابل انتشار" به منظور پیش‌بینی خارج از نمونه با مجموعه داده‌های جدید است.

در مجموع می‌توان بیان داشت که اولاً، قیمت پیش‌بینی‌شده با قیمت واقعی دارای خطای اندکی است (۰/۷ درصد) و این خطای اندک بیانگر قدرت مدل ساخته شده در پیش‌بینی روند قیمت آتی ماهیان گرمابی (ماهی شیر) و سردابی (ماهی کپور و قزل‌آلا) می‌باشد. ثانیاً، همسو بودن قیمت حاصل از شبیه‌سازی مونت‌کارلو با قیمت داده‌های جدید نیز می‌تواند به عنوان یک شاخص اطمینان (حتمیت) و یک ابزار محاسباتی کارا در مدیریت ریسک برای معامله‌گران و فعالین این بازار به جد مطرح شود. ثالثاً، مجموعه فرآیند انجام شده به عنوان کامل‌ترین زنجیره ارزش در تولید مدل‌های پیش‌بینی قیمت، تحت عنوان مدل هیبریدی دو بخشی به واسطه یک مرحله تغییر در داده‌های ورودی (انضمام تابع موجک پیوسته) و مرحله استنتاج نتایج (انضمام مدل ناپارامتریک مونت‌کارلو) مبتنی بر ادبیات نظری مطرح شده در خصوص الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌باشد (۱۴).

این نتایج با یافته‌های صفدرحسینی و سرایی شاد (۲۰۰۹) "انتقال قیمت در بازار قزل‌آلای پرورشی در استان فارس"، که با استفاده از داده‌های هفتگی سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۸۷ آزمون انتقال قیمت از سطح مزرعه به سطح خرده‌فروشی را با استفاده از مدل تصحیح خطای نامتقارن وان-کرامون (۱۵) و نتایج پژوهش‌های محمد رضایی و همکاران (۲۰۱۱) "حاشیه بازاریابی ماهیان پرورشی مزارع گرمابی استان مازندران"، که دو متغیر قیمت خرده‌فروشی و ارزش کالای ارایه شده برای فروش به صورت مستقیم بالاترین اثرگذاری را دارد و متغیرهای قیمت

عمده‌فروشی، هزینه‌های بازاریابی و میزان کل تولید در واحد تولیدی نیز بر حاشیه بازاریابی به طور مستقیم اثرگذار است (۱۶) و همچنین یافته‌های سراوانی و دهمرده (۲۰۱۵) مکانیزم انتقال قیمت و اثر آن بر حاشیه بازار ماهیان آب‌های جنوب ایران که افزایش قیمت در عمده‌فروشی محصولات شیلاتی با شدت بیش‌تری به سطح خرده‌فروشی منتقل می‌شوند در حالی که کاهش قیمت به کندی به سطوح بالاتر بازار انتقال می‌یابند مطابقت دارد (۱۷).

هم‌چنین در زمینه پیش‌بینی قیمت محصولات کشاورزی با یافته‌های افضلیان بروجنی (۲۰۲۱) پیش‌بینی قیمت سهام در ایران با استفاده از روش‌های غیرخطی را ارزیابی کرد (۱۸) و شریف‌فر (۲۰۲۱) روش بهینه یادگیری عمیق در پیش‌بینی قیمت سهام (رویکرد الگوریتم حافظه کوتاه‌مدت ماندگار LSTM)، را ارزیابی و اعتبارسنجی کرد (۱۹) و حاج سیدجواد حیدری (۲۰۲۲) به کارگیری مدل‌های هیبریدی مبتنی بر یادگیری عمیق ماشین در کشاورزی هوشمند (پیش‌بینی قیمت آبی پسته) را بررسی کرد که مطابقت ندارد (۲۰).

به طور کلی، مطالعات مختلف در حوزه پیش‌بینی قیمت محصولات شیلاتی نشان داده‌اند که مدل‌های هیبریدی، به خصوص ترکیب مدل‌های سنتی با مدل‌های یادگیری ماشینی، از دقت بیش‌تری برخوردار هستند (۲۱). هم‌چنین، بسته به نوع محصول شیلاتی و شرایط بازار، مدل‌های مختلف ممکن است عملکرد بهتری نسبت به دیگر مدل‌ها داشته باشند.

بنابراین، برای پیش‌بینی قیمت محصولات شیلاتی، استفاده از مدل‌های هیبریدی با توجه به شرایط بازار و ویژگی‌های محصول، می‌تواند بهترین روش باشد (۲۲). از این رو پیشنهاد می‌گردد مدل هیبریدی پیشنهادی می‌تواند به عنوان یک مدل پایه قابل انتشار برای پیش‌بینی قیمت آبی ماهیان گرمابی (ماهی شیر)

قراردادهای آتی را در یک دوره زمانی به همراه داشته باشد و با به‌کارگیری تحلیل فازی نسبت به افزایش دقت داده‌های ورودی (قیمت) و از سایر الگوریتم‌های یادگیری ماشین مانند مدل ماشین بردار پشتیبان (SVM)، مدل جنگل تصادفی (Forest Random)، مدل گرادیان تقرب‌یافته درختی (XGB) به‌منظور مقایسه نتایج و کاهش خطا استفاده نمود (۲۳).

و سردابی (ماهی کپور و قزل‌آلا) در بورس کشاورزی مطرح شود، چرا که قیمت محاسباتی توسط این مدل به‌عنوان یک ابزار محاسباتی ضروری در راستای اصلاح و اعلام قیمت صحیح در ابتدای شروع بازار در رینگ معاملاتی ماهیان گرمابی و سردابی می‌تواند زمینه کاهش ریسک برای فعالین بازار بورس و نیز افزایش کارایی و توسعه حجم و تعداد عقد

منابع

1. Vohra, A., Pandey, N., & Khatri, S. (2019). Decision making support system for prediction of prices in agricultural commodity. 2019 Amity international conference on artificial intelligence (AICAI).
2. Chuluunsaikhan, T., Ryu, G. A., Yoo, K. H., Rah, H., & Nasridinov, A. (2020). Incorporating deep learning and news topic modeling for forecasting pork prices: the case of South Korea. *Agriculture*, 10 (11), 513.
3. Hirapara, J., & Vanjara, P. (2022). A comparative study of data mining techniques for agriculture crop price prediction. 2022 IEEE 7th International conference for Convergence in Technology (I2CT).
4. Rostami, Y., Hosseini, S., & Moghaddasi, R. (2019). Price Transmission Analysis Using Modern and Traditional Models in Iran Fluid Milk Market. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 32 (4), 313-323.
5. Zhang, N., Yao, Y., Wang, L., & Li, Q. (2023). Spatial-Temporal Coupling Analysis of Land Use Function and Urban-Rural Integration in Heilongjiang, China. *Land*, 12 (12), 2152.
6. Mehtab, S., Sen, J., & Dutta, A. (2021). Stock price prediction using machine learning and LSTM-based deep learning models. Machine Learning and Metaheuristics Algorithms, and Applications: Second Symposium, SoMMA 2020, Chennai, India, October 14-17, 2020, Revised Selected Papers 2.
7. Wang, J., Yam, W. K., Fong, K. L., Cheong, S. A., & Wong, K. M. (2018). Gaussian process kernels for noisy time series: Application to housing price prediction. Neural Information Processing: 25th International Conference, ICONIP 2018, Siem Reap, Cambodia, December 13-16, 2018, Proceedings, Part VI 25.
8. Murugesan, R., Mishra, E., & Krishnan, A. H. (2021). Deep learning based models: Basic LSTM, Bi LSTM, Stacked LSTM, CNN LSTM and Conv LSTM to forecast Agricultural commodities prices.
9. Xiong, T., Li, C., Bao, Y., Hu, Z., & Zhang, L. (2015). A combination method for interval forecasting of agricultural commodity futures prices. *Knowledge-Based Systems*, 77, 92-102.
10. Joshi, A. M., & Patel, S. (2022). A CNN-Bidirectional LSTM Approach for Price Forecasting of Agriculture commodities in Gujarat. 2022 International Conference on Applied Artificial Intelligence and Computing (ICAAIC).
11. Paul, R. K., & Garai, S. (2021). Performance comparison of wavelets-based machine learning technique for forecasting agricultural commodity prices. *Soft Computing*, 25 (20), 12857-12873.
12. Salehi, H. (2006). An analysis of the consumer market for carp and carp products in Iran. *Iranian journal of fisheries sciences*, 5 (2), 83-110.

13. Zhang, H., Wu, Y., & Buhalis, D. (2018). A model of perceived image, memorable tourism experiences and revisit intention. *Journal of destination marketing & management*, 8, 326-336.
14. Sidhu, R. S., & Gill, S. S. (2006). Agricultural credit and indebtedness in India: Some issues. *Indian Journal of Agricultural Economics*, 61 (66794-2016-902).
15. Hoseini, S., & Saraieshad, Z. (2009). Price Transmission in Salmon market in Fars province. *Agricultural Economics Research*, 1 (4), 125-134.
16. Mohammadrezaei, R., Haghighat, J., Ghahremanzadeh, M., & Ataeisolout, K. (2011). Marketing margins in warm-water cultured fish of Mazandaran province. *Agricultural Economics*, 5 (1), 143-165.
17. Saravani, M., & Dehmarde Ghale No, N. (2015). The mechanism of price transmission and its effect on the margins of the fish market in the southern waters of Iran, *Economic Sciences Quarterly*, No. 32.
18. Afzalian, A., & Flandre, D. (2023). Ultra-Scaled Si Nanowire Biosensors for Single DNA Molecule Detection. *Sensors*, 23 (12), 5405.
19. Sharif Far, A., Khaliliaraghi, M., Raeesi Vanani, I., & Fallahshams, M. (2022). Application of Deep Learning Architectures in Stock Price Forecasting: A Convolutional Neural Network Approach. *Journal of Asset Management and Financing*, 10 (3), 1-20.
20. Haj Seyed Javady, S. M. R., & Heydari, R. (2022). Designing The Most Suitable Hybrid Model for Forecasting The Future Price of Saffron in The Agricultural Commodity Exchange. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 53 (4), 1023-1041.
21. Li, J., & Wang, J. (2020). Stochastic recurrent wavelet neural network with EEMD method on energy price prediction. *Soft Computing*, 24, 17133-17151.
22. Li, P., Hua, P., Gui, D., Niu, J., Pei, P., Zhang, J., & Krebs, P. (2020). A comparative analysis of artificial neural networks and wavelet hybrid approaches to long-term toxic heavy metal prediction. *Scientific reports*, 10 (1), 13439.
23. Henrique, B. M., Sobreiro, V. A., & Kimura, H. (2018). Stock price prediction using support vector regression on daily and up to the minute prices. *The Journal of finance and data science*, 4 (3), 183-201.

