

**Paper Type: Original Article**

Data Mining and Machine Learning in Time Series Visual Analysis of Regional Economy

Saeid Mehrabian¹, **Khatreh Ghorbani-Moghadam^{2,*}**, **Mohammad Ali Rezaei¹**

¹ Department of Mathematics, Faculty of Mathematical Science, Kharazmi University, Tehran, Iran;
saeid_mehrabian@khu.ac.ir; mo.a.rezaee50@gmail.com.

² Mosaheb Institute of Mathematics, Kharazmi University, Tehran, Iran; k.ghorbani@khu.ac.ir.

Citation:

Mehrabian, S., Ghorbani-Moghadam, Kh., & Rezaei, M. A. (2024). Data mining and machine learning in time series visual analysis of regional economy. *Management: Modeling, analysis and applications*, 1(2), 82-90.

Received: 11/12/2023

Reviewed: 23/02/2024

Revised: 28/02/2024

Accepted: 06/04/2024

Abstract

Purpose: The main objective of this research is to develop an intelligent framework for visual analysis of the regional economy using data mining techniques and machine learning algorithms. This framework focuses on time series data and big data to extract patterns and identify the economic challenges of different regions.

Methodology: To achieve this goal, a modular structure has been designed that includes time series processing, statistical data analysis, and their conversion into interpretable visual representations. In this system, machine learning algorithms have been used to discover hidden patterns and predict regional economic trends. The developed system has been implemented and evaluated in a test environment.

Findings: The experimental results show that the proposed system is capable of providing accurate and reliable analyses of the economic situation of regions. Interactive visualization and real-world data-driven analysis allow decision-makers to identify critical trends or growth opportunities more clearly.

Originality/Value: The innovation of this research lies in combining data-driven approaches with advanced economic visualization in the context of time series. The simultaneous use of machine learning and modular analytical structure has made this system a new and practical tool for monitoring the regional economy and supporting macroeconomic decision-making.

Keywords: Data mining, Machine learning, Time series, Regional economy, Visualization.



Corresponding Author: mo.a.rezaee50@gmail.com

<https://doi.org/10.22105/mmaa.v1i2.78>

Licensee. **Management: Modeling, Analysis and Application**. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).



داده کاوی و یادگیری ماشین در سری های زمانی تحلیل بصری اقتصاد منطقه ای

سعید محرابیان^۱، خاطره قربانی مقدم^۲، محمد علی رضائی^۱

^۱گروه ریاضی، دانشکده علوم ریاضی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

^۲موسسه تحقیقات ریاضی دکتر مصاحب، تهران، ایران.

چکیده

هدف: هدف اصلی این پژوهش توسعه یک چارچوب هوشمند برای تحلیل بصری اقتصاد منطقه ای با استفاده از تکنیک های داده کاوی و الگوریتم های یادگیری ماشین است. این چارچوب با تمرکز بر داده های سری زمانی و کلان داده ها، به استخراج الگوها و شناسایی چالش های اقتصادی مناطق مختلف می پردازد.

روش شناسی پژوهش: برای تحقق این هدف، یک ساختار ماژولار طراحی شده که شامل پردازش سری های زمانی، تحلیل داده های آماری و تبدیل آن ها به نمایش های بصری قابل تفسیر است. در این سیستم، الگوریتم های یادگیری ماشین برای کشف الگوهای پنهان و پیش بینی روندهای اقتصادی منطقه ای به کار گرفته شده اند. سیستم توسعه یافته در یک محیط آزمایشی اجرا و ارزیابی شده است.

یافته ها: نتایج تجربی نشان می دهد که سیستم پیشنهادی قادر است تحلیل های دقیق و قابل اتکایی از وضعیت اقتصادی مناطق ارایه دهد. مصورسازی تعاملی و تحلیل مبتنی بر داده های واقعی، به تصمیم گیران این امکان را می دهد تا روندهای بحرانی یا فرصت های رشد را به صورت شفاف تر شناسایی کنند.

اصالت/ارزش افزوده علمی: نوآوری این پژوهش در ترکیب رویکردهای داده محور با مصورسازی پیشرفته اقتصادی در بستر سری های زمانی است. استفاده هم زمان از یادگیری ماشین و ساختار ماژولار تحلیلی، این سامانه را به ابزاری نوین و کاربردی برای پایش اقتصاد منطقه ای و پشتیبانی از تصمیم گیری های کلان اقتصادی تبدیل کرده است.

کلیدواژه ها: داده کاوی، یادگیری ماشین، سری های زمانی، اقتصاد منطقه ای، مصورسازی.

۱- مقدمه

طرح ایمن و قابل اطمینان برای تحلیل اقتصادی، باید بر پایه وضعیت کلی اقتصادی هر کشور بنا شود و به گونه ای طراحی گردد که بتواند دقت و سرعت تحلیل داده ها را افزایش دهد. در این فرآیند، تحلیل و پردازش داده های اقتصادی به عنوان هدف اصلی تجزیه و تحلیل در نظر گرفته می شود. با این حال، در این مرحله، شکاف عظیمی بین روش های تحلیل داده های اقتصادی در موسسات آماری کشور ما و کشورهای توسعه یافته مشاهده می شود. این شکاف ناشی از تفاوت در استفاده از فناوری های پیشرفته و رویکردهای نوین تحلیل داده ها است.

بررسی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که در اکثر کشورهای توسعه‌یافته، مانند اروپا و ایالات متحده، تحلیل داده‌های اقتصادی با بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته مانند اپلیکیشن وب، اپلیکیشن انبار داده^۱ و اپلیکیشن تحلیل هوشمند داده^۲ انجام می‌شود. این فناوری‌ها به تحلیل‌گران اجازه می‌دهند تا حجم عظیمی از داده‌ها را به صورت خودکار و دقیق پردازش کنند و بیش‌های عمیق‌تری از وضعیت اقتصادی به دست آورند.

در مقابل، آژانس‌های آماری کشور چین از فناوری تحلیل هوشمند داده‌ها استفاده نکرده‌اند و بیش‌تر به فناوری‌های سنتی مانند شبکه‌های اطلاعاتی و پایگاه‌های داده متکی بوده‌اند. این رویکرد به دلایل مختلفی قابل توجیه است. از یک سو، تحلیل علمی داده‌های اقتصادی در چین هنوز در مرحله تحقیق و توسعه است و به کارگیری فناوری‌های پیشرفته در این زمینه نیازمند زمان و سرمایه‌گذاری بیش‌تری است. از سوی دیگر، روش‌های تحلیل هوشمند داده‌ها، فناوری‌های نسبتاً جدیدی برای پردازش کلان داده‌هایی هستند که اخیراً گسترش یافته‌اند و هنوز به طور گسترده در تمام کشورها پیاده‌سازی نشده‌اند؛ بنابراین، چین با استفاده از فناوری‌های موجود خود، سعی در دستیابی به نتایج مطلوب دارد، اما این روش‌ها در مقایسه با فناوری‌های پیشرفته کشورهای توسعه‌یافته، کارایی کم‌تری دارند.

بر اساس یافته‌های حاصل از تحلیل داده‌های اقتصادی، این نتایج نقش بسیار مهمی در کمک به کشورها و دولت‌ها برای درک کامل شرایط و قدرت اقتصادی ملی در تمام سطوح ایفا می‌کنند. این درک عمیق، زمینه‌سازی را برای تدوین برنامه‌های توسعه اقتصادی ملی فراهم می‌آورد که می‌تواند به پیشرفت پایدار کشور منجر شود. علاوه بر این، تصمیمات کلان اقتصادی که بر پایه داده‌های دقیق و تحلیل‌های علمی صورت می‌گیرند، به بهینه‌سازی ساختارهای اقتصادی و اجرای موثر تغییرات در سیاست‌های کلان اقتصادی کمک می‌کنند. این فرآیند نیازمند دقت و حساسیت بالا در تحلیل داده‌ها و استخراج نتایج آماری است، زیرا هرگونه اشتباه در این مرحله می‌تواند تأثیرات منفی بر تصمیم‌گیری‌های استراتژیک داشته باشد.

جریان کاری تحلیل سنتی شامل مراحل متعددی است که هر یک نقش خاصی در دستیابی به نتایج دقیق و قابل اعتماد ایفا می‌کنند. این مراحل شامل آماده‌سازی اولیه داده‌ها برای تحلیل اقتصادی، انجام تحلیل‌های لازم، تبلیغات و انتشار نتایج، آموزش تحلیل‌گران، دریافت بازخوردها، بررسی دستی داده‌ها، ورود اطلاعات به سیستم، بررسی برنامه‌ها، شناسایی و اصلاح خطاهای احتمالی و در نهایت خلاصه‌سازی و ارائه گزارش نهایی است. هر یک از این مراحل نیازمند دقت و هماهنگی بین تیم‌های مختلف است تا اطمینان حاصل شود که نتایج تحلیل‌ها دقیق، قابل اعتماد و قابل استفاده برای تصمیم‌گیری‌های بلندمدت هستند؛ بنابراین، نحوه انجام علمی تحلیل‌ها و تفسیر نتایج آماری از اهمیت بالایی برخوردار است و باید با روش‌های استاندارد و به‌روز انجام شود.

روش‌های سنتی انجام کار تحلیل داده‌ها به طور چشمگیری تحت تأثیر شرایط توسعه مستمر اقتصادی و افزایش تعداد تعدیل‌ها در فرآیند تحلیل قرار گرفته‌اند. این روش‌ها به دلیل ماهیت دستی بودن بسیاری از عملیات، نه تنها زمان‌بر هستند، بلکه احتمال خطای بالایی نیز دارند که می‌تواند به وقفه در کار و کاهش دقت منجر شود. در شرایط فعلی، با پیچیدگی‌های روزافزون داده‌ها و نیاز به تصمیم‌گیری‌های سریع و دقیق، استفاده از روش‌های سنتی دیگر کارآمد نیست.

به همین دلیل، برای انتقال داده‌های شبکه و تحلیل آن‌ها، استفاده از فناوری‌های پیشرفته مانند روش‌های هوشمند تحلیل داده‌ها و داده‌کاوی ضروری است. این روش‌ها قادرند حجم عظیمی از داده‌ها را به صورت خودکار پردازش کرده و الگوها و روابط پنهان در داده‌ها را شناسایی کنند. علاوه بر این، استفاده از فناوری اینترنت به عنوان بستری برای انتقال و مدیریت داده‌ها، نقش مهمی در تسهیل و بهبود فرآیند تحلیل ایفا می‌کند. این رویکرد نه تنها خطاهای انسانی را کاهش می‌دهد، بلکه سرعت و دقت تحلیل را نیز به طور قابل توجهی افزایش می‌دهد.

چین با رشد اقتصادی چندجانبه در عرصه‌های اقتصادی، سیاسی و فرهنگی به شهرت جهانی دست یافته است. این رشد بر پایه مصرف انرژی و استفاده از منابع طبیعی بوده و چالش‌هایی در بهینه‌سازی ظرفیت تحمل محیط‌زیست ایجاد کرده است. این مدل توسعه با مفهوم توسعه پایدار همخوانی نداشته و قابلیت ماندگاری طولانی ندارد. به همین دلیل، مفهوم اقتصاد کم‌کربن به عنوان راه‌حلی پایدار و سازگار با محیط‌زیست مطرح

^۱ Data warehouse^۲ Intelligent data analysis

شده است. اقتصاد کم کربن، مدلی سبز و غیرقابل اجتناب برای آینده توسعه اقتصادی است. با این وجود، تحقیقات در این زمینه همچنان ناقص بوده و ارزیابی علمی آن با چالش هایی همراه است.

تحقیقات موجود درباره اقتصاد کم کربن و مدل توسعه آن، مرجع ارزیابی، روش توسعه و روند آن جامع و کامل نبوده است. ارزیابی علمی، هدفمند و سازمان یافته این حوزه همچنان پیچیده است. این موضوع نیازمند تلاش های بیش تری برای توسعه چارچوب های نظری و عملیاتی است. از سوی دیگر، کشورهای توسعه یافته با استفاده از فناوری های پیشرفته، مانند شبکه های عصبی و الگوریتم های یادگیری ماشین، به پیشرفت های قابل توجهی در این زمینه دست یافته اند؛ اما در کشورهایی مانند چین، استفاده از این فناوری ها هنوز در مراحل اولیه است. این تفاوت ناشی از مرحله توسعه تکنولوژیکی و سرمایه گذاری در حوزه تحلیل داده هاست. برای کاهش شکاف موجود، ضروری است که کشورها به سمت به کارگیری فناوری های نوین حرکت کنند [1].

اخیرا، پیشرفت های چشمگیر در حوزه فناوری رایانه، امکان بهره گیری از تکنیک های مصورسازی بصری را برای نمایش سیستم های ارزیابی چندبعدی در زمینه اقتصاد کم کربن در چین فراهم کرده است. توسعه گرافیک رایانه ای و پیشرفت فناوری های مرتبط با مصورسازی، منجر به گسترش روزافزون این حوزه شده است. مصورسازی اطلاعات، ابزاری قدرتمند برای تبدیل داده های غیرتصویری به قالب های بصری شهودی است که به درک بهتر و تحلیل دقیق تر اطلاعات کمک می کند. علاوه بر این، این فرآیند با کاهش حجم ذخیره سازی داده ها و تسهیل دسترسی به اطلاعات، بهره وری سیستم ها را افزایش می دهد. یکی از جنبه های مهم مصورسازی، قابلیت تعاملی آن است که امکان داده کاوی عمیق تر و کشف الگوها و روندهای پنهان در داده ها را فراهم می کند. این ویژگی به ویژه در تحلیل داده های پیچیده و چندبعدی، مانند داده های مرتبط با اقتصاد کم کربن، بسیار مفید است. هم چنین، مصورسازی فرآیندهای محاسباتی و داده های زمانی به افراد کمک می کند تا اطلاعات بلادرنگ را به طور موثرتری نظارت کنند و از تغییرات دینامیکی نامطلوب جلوگیری نمایند. این امر می تواند به کاهش خسارات اقتصادی و محیطی ناشی از تصمیم گیری های نادرست یا تاخیر در واکنش به شرایط متغیر کمک کند. به طور خلاصه، مصورسازی اطلاعات نه تنها به عنوان یک ابزار تحلیلی، بلکه به عنوان یک روش ارتقادهنده تصمیم گیری های استراتژیک در حوزه اقتصاد کم کربن عمل می کند. این فناوری، با آرایه دیدگاه های واضح تر و دقیق تر، نقش مهمی در پیشبرد اهداف توسعه پایدار ایفا می کند [2].

پس از طراحی چارچوب پلتفرم مصورسازی ارزیابی اقتصادی کم کربن در چین، با بهره گیری از فناوری های رایانه ای و تکنیک های پیشرفته مصورسازی، امکان تحقق مصورسازی ارزیابی اقتصادی کم کربن فراهم شد. این پلتفرم به عنوان یک ابزار قدرتمند، امکان انجام ارزیابی علمی، سیستماتیک و متنوع سطح توسعه اقتصادی کم کربن را فراهم می کند. از طریق این بستر، داده ها و اطلاعات مرتبط با اقتصاد کم کربن به صورت بصری و قابل درک تبدیل می شوند که به تحلیل گران و تصمیم گیران کمک می کند تا بهترین استراتژی ها را برای توسعه پایدار اتخاذ کنند. به طور کلی، بستر مصورسازی سیستم ارزیابی طراحی شده دارای ویژگی های کلیت و تطبیق پذیری است. این چارچوب نه تنها برای ارزیابی اقتصاد کم کربن، بلکه برای تحقق پلتفرم مصورسازی سایر سیستم های ارزیابی مرتبط نیز قابل استفاده است. این امکان وجود دارد که چارچوب پلتفرم به صورت مستقیم یا با اعمال بهبودهای مناسب، برای سیستم های ارزیابی دیگر به کار گرفته شود. این رویکرد مرجعی خاص را برای تحقق ساختار و عملکرد پلتفرم آرایه می دهد که می تواند به عنوان الگویی برای توسعه سیستم های مشابه در حوزه های مختلف مورد استفاده قرار گیرد [3].

مطالعه حاضر با بهره گیری از الگوریتم های یادگیری ماشین و تحلیل سری های زمانی، به بررسی و مطالعه تحلیل بصری اقتصاد منطقه ای پرداخته است. در این راستا، سیستمی مناسب طراحی شده است که قادر است داده های اقتصادی را به صورت بصری و قابل تفسیر آرایه دهد. اعتبارسنجی این سیستم از طریق تحلیل تجربی و مقایسه نتایج با داده های واقعی صورت گرفته است. این رویکرد نه تنها دقت بالایی در پیش بینی و تحلیل داده ها دارد، بلکه به بهبود فرآیند تصمیم گیری در حوزه اقتصاد کم کربن نیز کمک می کند.

۲- عملکرد سری زمانی بر اساس یادگیری ماشین

از لحاظ نظری، هر تابع محدودی که دو شرط خاص را برآورده کند می تواند به عنوان موجک مادر (اصلی) مورد استفاده قرار گیرد. با این حال، در عمل، انتخاب موجک مادر پیچیدگی هایی دارد که نیازمند رعایت برخی اصول و معیارها است. این اصول به منظور تضمین کارایی و دقت تحلیل های مبتنی بر موجک ها تعیین شده اند. اولین نکته این است که موجک مادر باید یک تابع واقعی یا پیچیده باشد که تحت پشتیبانی قوی قرار گرفته باشد.

به عبارت دیگر، این تابع باید در یک بازه محدود وجود داشته باشد و خارج از آن بازه به سرعت به صفر میل کند. این ویژگی باعث می‌شود که موجک مادر قابلیت متمرکزسازی در حوزه زمان و فرکانس را داشته باشد. متمرکزسازی در حوزه زمان و فرکانس، یکی از الزامات اساسی برای تحلیل‌های زمان-فرکانس است. این ویژگی به تحلیل گران اجازه می‌دهد تا هم‌زمان رفتار سیگنال را در دو بعد زمان و فرکانس بررسی کنند. به علاوه، تابع موجک مادر باید دو شرط اصلی را برآورده کند که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌شود. اولین شرط، مربوط به نرمال‌سازی تابع است که تضمین می‌کند انرژی موجک مادر در کل حوزه تعریف آن مقدار محدود و مشخصی داشته باشد. دومین شرط نیز مربوط به خاصیت متعامد یا شبه‌متعامد بودن توابع موجک است که نقش مهمی در تحلیل‌های چندمقیاسی ایفا می‌کند.

این شرایط و اصول، انتخاب موجک مادر را به یک فرآیند دقیق و هدفمند تبدیل می‌کنند که نیازمند بررسی عمیق هم از دیدگاه نظری و هم از منظر عملی است. انتخاب نادرست موجک مادر می‌تواند تاثیر منفی قابل توجهی بر دقت و کارایی تحلیل‌ها داشته باشد. از سوی دیگر، انتخاب مناسب موجک مادر نه تنها به بهبود دقت تحلیل‌های زمان-فرکانس کمک می‌کند، بلکه می‌تواند بهینه‌سازی فرآیندهای محاسباتی را نیز تسهیل کند. این موضوع به‌ویژه در کاربردهایی مانند پردازش سیگنال‌ها، تحلیل تصاویر و داده‌های پیچیده اهمیت بیش‌تری پیدا می‌کند. در نهایت، با رعایت اصول و معیارهای دقیق در انتخاب موجک مادر، می‌توان به نتایجی قابل اعتماد و کاربردی دست یافت [4].

$$\int_R \varphi(x) dx = 0. \quad (1)$$

$$\int_R \varphi^2(x) dx = 1. \quad (2)$$

از طریق مقیاس‌گذاری و حرکت افقی داده‌های گرافیکی در عرض صفحه‌نمایش، موجک مادر قادر است نسخه‌های متعددی از یک شکل را با عرض‌ها و موقعیت‌های مختلف ایجاد کند. این فرآیند به تغییر مقیاس و جابه‌جایی تابع مادر می‌پردازد که منجر به تولید موجک‌هایی با ویژگی‌های متنوع می‌شود. به عبارت دیگر، مقیاس‌گذاری به بزرگ‌تر یا کوچک‌تر شدن شکل موجک کمک می‌کند، درحالی‌که حرکت افقی، موقعیت آن را در صفحه‌نمایش تغییر می‌دهد. به عنوان مثال، می‌توان این تغییرات را مطابق فرمولی که توسط باتاچاریا و همکاران [5] ارائه شده است، توسعه داد. این فرمول به‌طور دقیق نحوه تبدیل موجک مادر به اشکال مختلف را تشریح می‌کند.

$$\varphi_{a,b}(x) = |a|^{-\frac{1}{2}} (\varphi(x-b)/a). \quad (3)$$

$\varphi_{a,b}(x)$ تابع پایه موجک نامیده می‌شود. هم‌چنین، a تابع مقیاس یا پارامتر انبساط و b پارامتر جابه‌جایی است. با تغییر a امکان تغییر مقیاس و دامنه تابع محقق می‌شود و با تغییر مقدار b ، معادل تغییر جابه‌جایی پنجره زمانی و مرکز پنجره لحظه‌ای تابع است که بر نتیجه تحلیل تابع حول نقطه b ، تاثیرگذار است که در شکل زیر نشان داده شده است [6]. با توجه می‌توان دریافت که نه تنها موجک دارای ویژگی‌های متمرکزسازی انرژی در حوزه زمان و حوزه فرکانس است، بلکه تابع موجک پس از مقیاس‌بندی و تفسیر نیز دارای ویژگی‌های متمرکزسازی انرژی در حوزه زمان و حوزه فرکانس است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، پارامترهای انبساط و جابه‌جایی بر شکل تابع پایه موجک تاثیرگذار بوده و پارامتر مقیاس‌بندی، مقیاس‌بندی تابع را کنترل می‌کند. هم‌چنین با افزایش پارامتر انبساط a ، تابع موجک کشیده شده و شکل موج گسترده‌تر می‌شود که به این معناست که پنجره زمانی تابع نیز گسترده‌تر می‌شود. در صورت کاهش پارامتر انبساط a ، تابع موجک فشرده شده و شکل موج باریک‌تر می‌شود، که به این معناست که پنجره زمانی تابع باریک‌تر می‌شود. به عبارتی می‌توان این‌گونه عنوان نمود که حرکت پارامتر جابه‌جایی b موقعیت مرکزی پنجره زمانی به‌عنوان تابعی از تاثیر است [6].

مطابق با روش اندازه‌گیری موقعیت و مقیاس پنجره، مرجع شکل موج پنجره زمانی و پنجره فرکانس پایه موجک به این صورت تعریف می‌شود که پنجره زمانی نشان‌دهنده محدوده زمانی است که در آن تحلیل انجام می‌شود، درحالی‌که پنجره فرکانس به بررسی محتوای فرکانسی سیگنال در آن بازه زمانی می‌پردازد. این دو پنجره به‌طور هم‌زمان عمل می‌کنند و امکان تحلیل دقیق‌تر سیگنال‌ها را فراهم می‌کنند.

موقعیت پنجره زمانی با پارامتر جابه‌جایی (b) تعیین می‌شود که مرکز پنجره را در حوزه زمان مشخص می‌کند. از سوی دیگر، مقیاس پنجره با پارامتر انبساط (a) کنترل می‌شود که عرض پنجره زمانی و فرکانس را تنظیم می‌کند. هنگامی که مقیاس بزرگ‌تر شود، پنجره زمانی گسترده‌تر و پنجره فرکانس باریک‌تر می‌شود که این امر به تحلیل فرکانس‌های پایین‌تر کمک می‌کند. برعکس، کاهش مقیاس باعث می‌شود پنجره زمانی باریک‌تر و پنجره فرکانس گسترده‌تر شود که برای تحلیل فرکانس‌های بالاتر مناسب است.

این روش به تحلیل گران اجازه می دهد تا با استفاده از پایه موجک، سیگنال ها را در حوزه زمان-فرکانس به صورت محلی بررسی کنند و اطلاعات دقیق تری از ویژگی های سیگنال استخراج کنند. این تعریف پایه موجک و پنجره های مرتبط، ابزاری قدرتمند برای تحلیل سیگنال های غیرایستا و پیچیده فراهم می کند.

۱. مرکز پنجره زمانی: در حقیقت مرکز پنجره زمانی اولین لحظه سیگنال محاسبه شده در حوزه زمان است:

$$t_0 = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} t |\varphi_{a,b}(t)|^2 dt}{\int_{-\infty}^{\infty} t |\varphi_{a,b}(t)|^2 dt} = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} t |\varphi_{a,b}(t)|^2 dt}{\int_{-\infty}^{\infty} |\varphi_{a,b}(t)|^2 dt} \quad (4)$$

۲. عرض پنجره زمانی: انحراف معیار دامنه زمانی سیگنال محاسبه:

$$\sigma_t = \frac{[\int_{-\infty}^{\infty} (t - t_0)^2 |\varphi_{a,b}(t)|^2 dt]^{\frac{1}{2}}}{\int_{-\infty}^{\infty} |\varphi_{a,b}(t)|^2 dt} \quad (5)$$

۳. مرکز پنجره فرکانس: اولین لحظه سیگنال محاسبه در حوزه فرکانس:

$$\sigma_w = \frac{[(\frac{1}{2\pi}) \int_{-\infty}^{\infty} (w - w_0)^2 |\varphi_{a,b}(w)|^2 dw]}{\int_{-\infty}^{\infty} |\varphi_{a,b}(w)|^2 dw} \quad (6)$$

۴. عرض پنجره فرکانس: انحراف معیار حوزه فرکانس سیگنال محاسبه:

$$\sigma_w = \frac{[(\frac{1}{2\pi}) \int_{-\infty}^{\infty} (w - w_0)^2 |\varphi_{a,b}(w)|^2 dw]}{\int_{-\infty}^{\infty} |\varphi_{a,b}(w)|^2 dw} \quad (7)$$

موجک مادر را $\varphi(x)$ و تبدیل فوریه آن $\varphi(w)$ را تعیین می کنیم. با توجه به فرمول بالا، استنباط نمودیم که پارامترهای شکل موج مربوط به موجک مادر $\varphi(x)$ به ترتیب $\sigma'_w, \sigma'_t, t'_0$ بوده و پارامترهای شکل موج منطبق بر تابع پایه موجک. پس از انبساط و انقباض به σ_w, σ_t, w_0 و t_0 تبدیل می شوند. از این رو نتایج زیر حاصل می شود:

ماهیت بقای انرژی می تواند تضمین کند که انرژی پایه موجک در موقعیت های مختلف برابر است و تبدیل موجک، به ایجاد انرژی نوین اضافی منجر نمی شود.

$$E = \|\varphi_{a,b}(t)\|^2 = \|\varphi(t)\|^2, \quad (8)$$

$$E = \|\varphi_{a,b}(w)\|^2 = \|\varphi(w)\|^2. \quad (9)$$

موقعیت مرکزی پنجره تحت تاثیر عامل تعدیل شده و ضریب جابه جایی هم زمان است.

$$t_0 = at^{/prime} + \tau, \quad (10)$$

$$w_0 = \frac{w^{/prime}}{a}. \quad (11)$$

عرض پنجره، یعنی انحراف معیار صرفاً تحت تاثیر پارامترهای انبساط و انقباض بوده و دارای اثر برعکس است.

$$\sigma_t = a\sigma_t^{/prime}, \quad (12)$$

$$s_w = \sigma_w\sigma_t = \sigma_w^{/prime}\sigma_t^{/prime}. \quad (13)$$

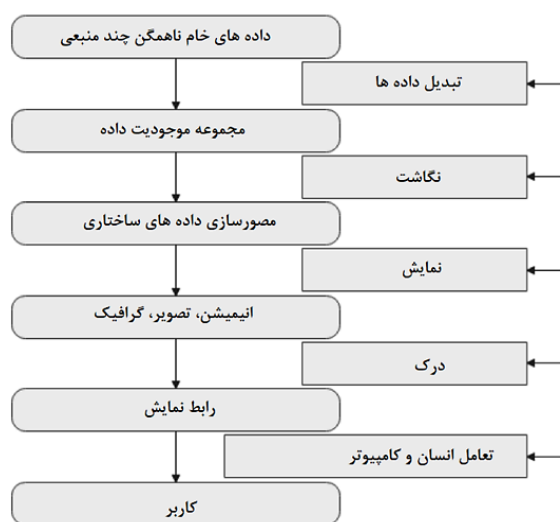
مساحت به صورت ثابت باقی می ماند: پنجره زمان-فرکانس کشیده می شود و در صفحه زمان-فرکانس حرکت می کند، اما مساحت کل ثابت باقی می ماند.

$$s_w = \sigma_w \sigma_t = \sigma_w^{prime} \sigma_t^{prime} \quad (14)$$

همان‌طور که مشاهده می‌شود، با تغییر مقیاس و جابه‌جایی، پارامترهای شکل موج تابع پایه موجک نیز دچار تحولاتی می‌شوند. این تغییرات به‌گونه‌ای هستند که شکل موجک می‌تواند در مقیاس‌های مختلف گسترده یا فشرده شود و در حوزه زمان جابه‌جا شود. تأثیر پارامتر انبساط بر پنجره زمان-فرکانس، باعث تنظیم عرض پنجره و در نتیجه تمرکز بیش‌تر یا کم‌تر بر جزئیات سیگنال می‌شود. از سوی دیگر، پارامتر جابه‌جایی، موقعیت پنجره را در حوزه زمان تعیین می‌کند و به تحلیل بخش‌های مختلف سیگنال کمک می‌کند. این تأثیرات به‌طور دقیق در ادامه تحلیل خواهند شد [7]. این بررسی به درک بهتر رفتار موجک‌ها و کاربردهای آن‌ها در تحلیل سیگنال کمک می‌کند.

۳- سیستم مصورسازی اقتصادی منطقه‌ای بر اساس سری‌های زمانی

در مطالعه حاضر برای ایجاد یک سیستم مصورسازی اقتصادی منطقه‌ای، یادگیری ماشین و سری‌های زمانی با یکدیگر ترکیب شده است. در شکل ۱، مدلسازی فرآیند مصورسازی نمایش داده شده است. فرآیند مصورسازی ابتدا با داده‌های خام ناهمگن چند منبعی آغاز می‌گردد و سپس داده‌ها استخراج شده و به مجموعه داده‌های ناهمگن چند منبعی پردازش می‌شوند. در مرحله بعد، مجموعه داده به‌صورت بصری به داده‌هایی با ساختار بصری تبدیل می‌شود. این ساختار بصری از طریق نماها بیان شده و در انیمیشن‌ها، تصاویر و رابط‌های گرافیکی روی رایانه، تلفن‌های هوشمند یا پایانه‌های هوشمند نمایش داده می‌شود. این فرآیند به کاربران اجازه می‌دهد تا از طریق اقدام‌های حسی، اطلاعات را درک کرده و تعامل مناسبی با سیستم برقرار کنند. استفاده از رابط‌های بصری، کارایی و دقت دسترسی به اطلاعات را افزایش می‌دهد و تجربه کاربری را بهبود می‌بخشد. این رویکرد به‌ویژه در برنامه‌های تعاملی و تحلیل داده‌های پیچیده بسیار موثر است. نگاشت بصری، هسته اصلی مدل مصورسازی است که داده‌های متنوع و ناهمگن را به انیمیشن‌ها، تصاویر و گرافیک‌های قابل درک برای سیستم ادراک انسان تبدیل می‌کند. این فرآیند با استفاده از عناصری مانند بافت، رنگ، اندازه، شکل و جهت، اطلاعات پیچیده را به‌صورت بصری و جذاب ارائه می‌دهد. لازم به ذکر است که نگاشت بصری تنها شامل تبدیل داده‌ها به تصاویر نیست، بلکه شامل طراحی دقیق این عناصر برای بهترین انتقال مفاهیم نیز می‌شود.

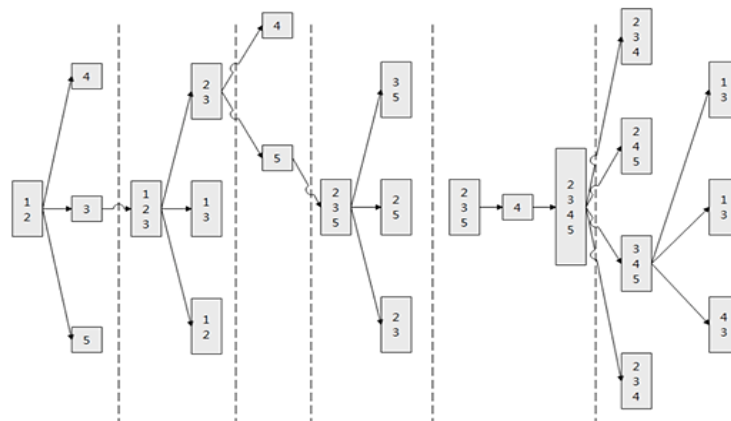


شکل ۱- نمودار مدل فرآیند بصری.

Figure 1- Diagram of the visual process model.

علاوه بر این، روش انتخاب متغیرهای وزنی جغرافیایی مکانی و زمانی نیز نقش مهمی در این فرآیند ایفا می‌کند. این روش بر اساس رگرسیون گام‌به‌گام عمل می‌کند و انتخاب متغیرها را در چند مرحله سازمان‌دهی می‌کند. در هر مرحله، متغیرهایی که بیش‌ترین اثر را بر نتایج دارند، انتخاب شده و وزن مناسبی به آن‌ها اختصاص داده می‌شود. این رویکرد به افزایش دقت و کارایی مدل مصورسازی کمک می‌کند و اطمینان حاصل می‌شود که داده‌ها به بهترین شکل ممکن به تصاویر و انیمیشن‌های بصری تبدیل شوند. پس از وارد شدن یک متغیر به مدل، ممکن است حذف شود زیرا متغیر معرفی شده بعدی بر اهمیت آن تأثیر می‌گذارد. از این‌رو، مدل ایجادشده توسط روش انتخاب متغیر وزنی سری زمانی بر اساس رگرسیون گام‌به‌گام، مدل بهینه سراسری است.

در شکل ۲، اصل روش انتخاب متغیرهای وزنی جغرافیایی مکانی و زمانی بر اساس رگرسیون گام به گام، ۵ متغیر (متغیرهای از پیش انتخاب شده اولیه ۲ متغیر هستند) به عنوان نمونه انتخاب شده است.



شکل ۲- نمودار شماتیک انتخاب متغیرهای سری های زمانی.

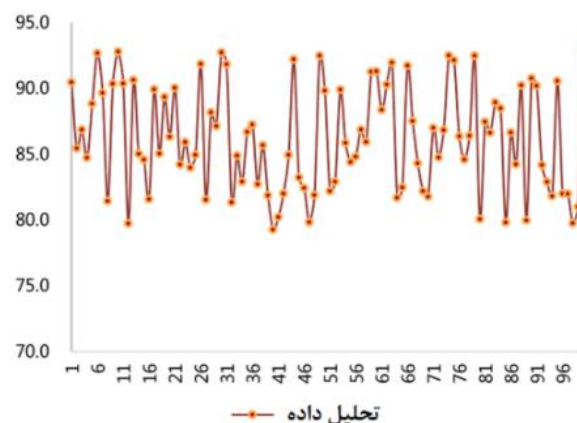
Figure 2- Schematic diagram of time series variable selection.

۴- تست سیستم تحلیل مصورسازی اقتصادی منطقه ای بر اساس سری های زمانی

پس از طراحی و ایجاد یک سیستم تحلیل مصورسازی اقتصادی منطقه ای مبتنی بر سری های زمانی، ارزیابی عملکرد و بررسی کارایی مدل سیستم در تحلیل اقتصادی منطقه ای از اهمیت بالایی برخوردار است. در این مطالعه، سری های زمانی به عنوان پایه ای برای یادگیری ماشینی استفاده شده اند که فرآیند آموزش داده ها و یادگیری الگوها از طریق این سری ها انجام می شود. سری های زمانی نه تنها به مرتب سازی داده ها کمک می کنند، بلکه با ارائه الگوهای دقیق تر و سازمان یافته تر، به طور موثری یادگیری و پیش بینی داده ها را بهبود می بخشد.

در این مطالعه، با تمرکز بر یک اقتصاد منطقه ای خاص، آزمایشی طراحی شده است تا اعتبارسنجی اثرات تحلیل سری زمانی اقتصادی منطقه ای و هم چنین اثر تحلیل بصری سیستم بررسی شود. این آزمایش به ارزیابی دقت و کارایی مدل در پیش بینی و تحلیل داده های اقتصادی کمک می کند و میزان موفقیت سیستم در ارائه بینش های دقیق و قابل اعتماد را نشان می دهد. از این طریق، می توان اطمینان حاصل کرد که سیستم طراحی شده قادر به پاسخگویی به نیازهای تحلیل اقتصادی منطقه ای است.

در این پژوهش، ابتدا اثر تحلیل داده های اقتصادی مدل ایجاد شده مورد ارزیابی قرار گرفته است. برای این منظور، از داده های اقتصادی منطقه ای استفاده شده و تحلیل داده ها از طریق شبیه سازی سیستم انجام شده است. نتایج حاصل از این تحلیل در شکل ۳ ارائه شده است که به بررسی دقیق تر روندها و الگوهای موجود در داده های اقتصادی کمک می کند.

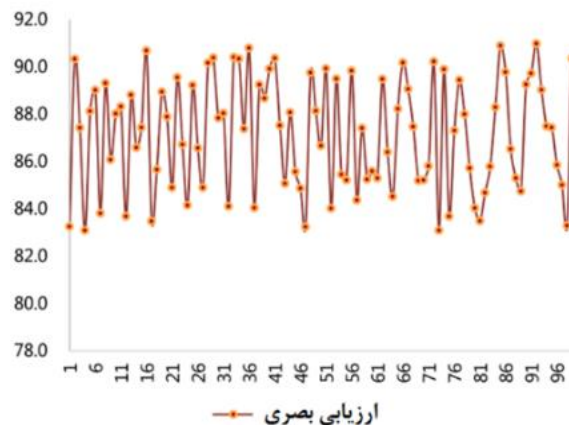


شکل ۳- تحلیل داده های اقتصادی منطقه ای و ارزیابی دقت مدل.

Figure 3- Analysis of regional economic data and assessment of model accuracy.

علاوه بر این، اثر مصورسازی سیستم نیز مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج آزمون‌ها به همراه نمودارهای آماری مرتبط در شکل ۴ نمایش داده شده است. این نمودارها به تحلیل‌گران کمک می‌کنند تا دقت و کارایی سیستم مصورسازی را بهتر درک کنند.

یافته‌های حاصل از تحقیق تجربی نشان می‌دهد که سیستم مصورسازی اقتصادی منطقه‌ای که بر پایه سری‌های زمانی طراحی شده است، دارای توابع سیستمی کاملی است. این سیستم قادر است به‌طور موثر الزامات تحلیل اقتصادی منطقه‌ای را برآورده کند و به تصمیم‌گیران در فرآیندهای استراتژیک کمک کند؛ بنابراین، این مطالعه نه تنها از نظر نظری بلکه از جنبه عملی نیز می‌تواند به‌عنوان یک مرجع قابل اعتماد برای تحلیل اقتصادی منطقه‌ای مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ۴- ارزیابی اثر مصورسازی سیستم و تحلیل دقت و کارایی.
Figure 4- Evaluation of the effect of system visualization and analysis of accuracy and efficiency.

۵- نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر، به تحلیل علمی و اجرای عملیات ساده‌سازی داده‌های مرتبط با مصورسازی اقتصادی منطقه‌ای پرداخته شده است. این تحلیل در سه سطح اصلی شامل ذخیره‌سازی پایگاه داده، روش‌های تحلیل هوشمند داده‌ها و مصورسازی داده‌ها ارایه شده است. هدف از این پژوهش، ایجاد یک سیستم جامع برای تحلیل داده‌های اقتصادی منطقه‌ای است که بتواند به تصمیم‌گیران در فرآیندهای استراتژیک کمک کند. در این راستا، برای تحلیل داده‌های سری زمانی از الگوریتم‌های یادگیری ماشین استفاده شده است. این الگوریتم‌ها به استخراج قوانین و الگوها از داده‌های خام و ابرداده‌ها کمک می‌کنند و از روش‌های مختلف تحلیل داده‌های هوشمند برای شناسایی مسایل و چالش‌های موجود در توسعه اقتصادی بهره می‌برند.

یکی از اجزای کلیدی این پژوهش، مصورسازی داده‌ها است. کلید موفقیت در مصورسازی اشیا داده، تعیین مطابقت دقیق بین اشیا داده و اشیا مصورسازی است. این فرآیند نیازمند ایجاد یک رابطه نگاشت بین فضای داده (اطلاعات خام) و فضای تصویر (نمایش بصری) است. برای دستیابی به این هدف، از الگوریتم‌های ارزیابی استفاده شده است که به تعیین دقیق اشیا داده و تنظیم پارامترهای مربوطه کمک می‌کنند. علاوه بر این، فناوری مصورسازی به‌عنوان بخشی از فرآیند ارزیابی تعبیه شده است تا نمایش بصری دقیق و جذابی از داده‌ها ارایه دهد.

پس از طراحی و ایجاد سیستم مصورسازی اقتصادی منطقه‌ای، عملکرد آن مورد آزمایش قرار گرفته است. نتایج حاصل از تحقیقات تجربی نشان می‌دهد که سیستم طراحی شده در این مطالعه دارای توابع سیستمی کاملی است و قادر به انجام تحلیل‌های دقیق اقتصادی منطقه‌ای می‌باشد. این سیستم نه تنها از نظر نظری معتبر است، بلکه از لحاظ عملی نیز توانسته است الزامات تحلیل اقتصادی منطقه‌ای را برآورده کند. به عبارت دیگر، این سیستم می‌تواند به‌عنوان یک ابزار قابل اعتماد برای تصمیم‌گیران و تحلیل‌گران اقتصادی مورد استفاده قرار گیرد.

در نهایت، می‌توان گفت که استفاده از سری‌های زمانی و فناوری مصورسازی در این پژوهش، گامی موثر در جهت بهبود تحلیل‌های اقتصادی منطقه‌ای بوده است. این رویکرد نه تنها دقت و کارایی تحلیل‌ها را افزایش داده است، بلکه به ایجاد بینش‌های عمیق‌تر و قابل اعتمادتری از وضعیت اقتصادی منطقه‌ای کمک کرده است.

مراجع

- [1] Montford, W., & Goldsmith, R. E. (2016). How gender and financial self-efficacy influence investment risk taking. *International journal of consumer studies*, 40(1), 101–106. <https://doi.org/10.1111/ijcs.12219>
- [2] Wanjohi, S. M., Wanjohi, J. G., & Ndambiri, J. M. (2017). The effect of financial risk management on the financial performance of commercial banks in kenya. *International journal of finance and banking research*, 3(5), 70–81. <https://erepository.uonbi.ac.ke/handle/11295/58784>
- [3] Magendans, J., Gutteling, J. M., & Zebel, S. (2017). Psychological determinants of financial buffer saving: The influence of financial risk tolerance and regulatory focus. *Journal of risk research*, 20(8), 1076–1093. <https://doi.org/10.1080/13669877.2016.1147491>
- [4] Zhou, L., Lai, K. K., & Yen, J. (2014). Bankruptcy prediction using SVM models with a new approach to combine features selection and parameter optimisation. *International journal of systems science*, 45(3), 241–253. <https://doi.org/10.1080/00207721.2012.720293>
- [5] Bhattacharya, D., Mukhoti, J., & Konar, A. (2019). Learning regularity in an economic time-series for structure prediction. *Applied soft computing*, 76, 31–44. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2018.12.003>
- [6] Li, S., Shi, W., Wang, J., & Zhou, H. (2021). A deep learning-based approach to constructing a domain sentiment lexicon: a case study in financial distress prediction. *Information processing & management*, 58(5), 102673. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2021.102673>
- [7] Sun, X., Liu, M., & Sima, Z. (2020). A novel cryptocurrency price trend forecasting model based on LightGBM. *Finance research letters*, 32, 101084. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2018.12.032>