



<https://nmrj.ui.ac.ir/?lang=en>
New Marketing Reserch Journal
E-ISSN: 2228- 7744
Vol. 13, Issue 3, No.50, Autumn 2023
Document Type: Research Paper
Received: 10/07/2023 Accepted: 05/11/2023

Sales Forecasting Using the Meta-learning Method (Case study: Aluminum Sales in Iran's Mercantile Exchange Market)

Mohammad Mahdi Ababafha

MA Graduate of Business Management, Faculty of Social Sciences, Imam Khomeini International University,
Qazvin, Iran
mm.ababafha98@gmail

Safar Fazli  *

Professor, Department of Management, Faculty of Social Sciences, Imam Khomeini International University,
Qazvin, Iran
fazli@soc.ikiu.ac.ir

Abstract

Background: Market sales forecasting has a special role in the analysis of marketing opportunities. Along the same line, sales forecasting plays an important role in the planning of different departments of an organization

Objective: Accordingly, the main goal of this research is to use one of the new tools in the field of machine learning (the meta-learning method) to predict the number of sales with a case study. Aluminum is sold in the Iran Mercantile Exchange.

Methods: The current research is included in the category of applied research and the research data were collected using secondary data sources. The data available in the weekly reports published on the official website of the Iran Mercantile Exchange Organization has been used for analysis. The steps of conducting the research are based on the principles of prediction and using the meta-learning approach.

Results: The findings of the current research show how to use the meta-learning method to predict the amount of sales and estimate the demand for aluminum in the Iranian Mercantile Exchange. The model is presented using the meta-learning method based on 4 basic prediction methods of the neural network, ARIMA, regression, and exponential smoothing in line with time series data related to aluminum sales in the Iran Mercantile Exchange (including 344 time periods from 2015 to 2022).

Conclusions: Examining the accuracy of the results of using the meta-learning method to predict sales has shown the superiority of this method compared to four other selected prediction methods. In this research, three stages of validation were conducted to verify the results obtained, and in the results

*Corresponding author



of all three validation samples, the superiority of the accuracy of the meta-learning method was confirmed. The capability of this method to solve the prediction problem is one of the capabilities of using artificial intelligence tools in solving different management problems. As a result, the meta-learning method has been introduced to marketing managers and researchers as a powerful tool in the field of sales forecasting.

Introduction

Market sales forecasting plays a significant role in marketing opportunity analysis. Considering the important role of sales forecasting in the planning of different parts of organizations, the main objective of this research is to utilize a novel machine-learning technique (the meta-learning method) to forecast sales amounts with the case study of aluminum sales in Iran's mercantile market. In addition, the accuracy of this novel method of forecasting is studied in this research.

Methodology

In this applied research, data collection was done using a secondary data source. The data in weekly reports published in the official Iran mercantile market is used for the analysis. The steps of the research are done based on the forecasting principles and using the meta-learning approach which is based on using meta-knowledge. In this study, the meta-knowledge is achieved by implementing basic methods of forecasting and deriving the results of them. The meta-learning method's main stage is determining the best approach to use the meta-knowledge in order to achieve the best forecasting model. Due to the consideration of different forecasting results in implementing the meta-learning method, the accuracy superiority of the meta-learning method is expected. The accuracy evaluation is done using practical measurements, and eventually, the results are validated.

Findings

This study showed the use of the meta-learning method to forecast sales, and specifically, to forecast the demand for aluminum in Iran's mercantile market. The approach of the meta-knowledge usage is specifically determined based on the results gathered by analyzing aluminum sales in Iran's mercantile market. It was shown that the meta-learning method is a flexible method that can be used for forecasting sales. In addition, the results of implementing the meta-learning method showed the method's significant superiority over four other practical forecasting methods. In this research, to validate the results, three steps of validation were conducted. The validation steps were done considering different amounts of input data and different forecasting horizons. Though the accuracy of the forecasting method varied in different validation phases, all three validation results have confirmed the meta-learning method's superiority in comparison with four other practical forecasting methods.


Conclusions

In this research, the meta-learning method is used to forecast sales, and the accuracy of this method is compared with four other practical forecasting methods. The results of this comparison have shown the capability of this method to solve the forecasting problem. In conclusion, this research has shown the capability of artificial intelligence utilities to solve different management problems, and this could lead to finding new superior tools for managers.

Keywords: Sales Forecasting, Marketing Management, Meta-learning, Machine learning, Iran Mercantile Exchange Market.

مقاله پژوهشی

پیش‌بینی میزان فروش با بهره‌برداری از روش یادگیری متا (مورد مطالعه: فروش آلومینیوم در بورس کالای ایران)

محمد مهدی عبا فها^۱، صفر فضلی^{۲*} 

۱- کارشناس ارشد رشته مدیریت کسب و کار گرایش مدیریت بازاریابی، دانشکده علوم اجتماعی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

۲- استاد گروه مدیریت، دانشکده علوم اجتماعی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

fazli@soc.ikiu.ac.ir

چکیده

باتوجه به جایگاه ویژه پیش‌بینی فروش بازار در تحلیل فرصت‌های بازاریابی و نقش مهمی که پیش‌بینی فروش در برنامه‌ریزی بخش‌های مختلف یک سازمان دارد، هدف اصلی پژوهش حاضر استفاده از یکی از ابزارهای نوین حوزه یادگیری ماشین (روش یادگیری متا) برای پیش‌بینی میزان فروش با مطالعه موردی فروش آلومینیوم در بورس کالای ایران است. پژوهش حاضر در دسته پژوهش‌های کاربردی قرار می‌گیرد و داده‌های پژوهش با استفاده از منبع داده‌های ثانویه گردآوری شده است. در این پژوهش برای تجزیه و تحلیل از اطلاعات موجود در گزارش‌های هفتگی منتشر شده در پایگاه رسمی سازمان بورس کالای ایران استفاده شده است. مراحل انجام‌دادن پژوهش بر مبنای اصول پیش‌بینی و با استفاده از رویکرد روش یادگیری متا صورت گرفته است. در یافته‌های پژوهش حاضر چگونگی استفاده از روش یادگیری متا برای پیش‌بینی میزان فروش و تخمین تقاضای آلومینیوم در بورس کالای ایران نشان داده شد. مدل مبتنی بر روش یادگیری متا بر مبنای ۴ روش پیش‌بینی پایه‌ای شبکه عصبی، آریمای رگرسیون و هموارسازی نمایی و بر بستر داده‌های سری زمانی مربوط به فروش آلومینیوم در بورس کالای ایران (شامل ۳۴۴ مقطع زمانی بین سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۴۰۱) ارائه شده است. بررسی دقت نتایج حاصل از به کارگیری روش یادگیری متا برای پیش‌بینی میزان فروش، برتری این روش را در مقایسه با چهار روش پیش‌بینی منتخب دیگر نشان داده است. در این پژوهش برای صحت‌سنجی نتایج به دست آمده سه مرحله اعتبارسنجی صورت گرفت که در نتایج هر سه نمونه اعتبارسنجی، برتری دقت روش یادگیری متا تأیید شده است. در پژوهش حاضر از روش یادگیری متا برای پیش‌بینی میزان فروش استفاده شده است. توانایی این روش در حل مسئله پیش‌بینی یکی از قابلیت‌های استفاده از ابزارهای هوش مصنوعی را در حل مسائل مختلف مدیریتی نشان می‌دهد. در نتیجه این پژوهش، روش یادگیری متا به عنوان ابزاری توانمند در حوزه پیش‌بینی میزان فروش به مدیران بازاریابی و پژوهشگران این حوزه معرفی شده است.

کلیدواژه‌ها: پیش‌بینی میزان فروش، مدیریت بازاریابی، یادگیری متا، یادگیری ماشین، بورس کالای ایران



۱. مقدمه

یک عامل حیاتی برای بقای کسب و کارها کسب سود از بازار مدنظر سازمان است. بر این اساس، سازمان‌ها محصولاتی را تولید می‌کنند که بتوانند آن را بفروشند و محصولاتی را می‌فروشند که بتوانند مشتریان را به خرید آن ترغیب کنند. نظام فکری بازاریابی در توجه به مشتریان و نیاز آنها شکل گرفته است. یکی از هدف‌های اصلی بازاریابی دستیابی به فروش کارا و سودآور با برآورد و کشف مشتریان بالقوه و نیازهای آنها و سپس جهت‌دهی به کالاها و یا خدمات سازمان برای تطبیق بیشتر با این نیازهاست (Foster & Davis, 1984).

ارزیابی فرصت‌های بازاریابی یکی از وظایف اصلی بخش بازاریابی است. گام نخست اقدام‌های بخش بازاریابی برای ارزیابی فرصت‌های بازاریابی تخمین تقاضا در کل بازار است. پس از تخمین تقاضای بازار با در نظر داشتن اقدام‌های مربوط به برنامه بازاریابی سازمان، ظرفیت‌های بازار تعیین می‌شود. ظرفیت بازار یکی از اطلاعات اساسی برای تعیین راهبرد بازاریابی در بازار مدنظر است (Kotler & Keller, 2016). به بیانی دیگر، تحلیل فرصت‌های بازاریابی قلب فعالیت‌های بازاریابی است و انجام دادن این تحلیل به پیش‌بینی‌های دقیق فروش نیازمند است (Dibb & Simkin, 2012).

از اطلاعات پیش‌بینی فروش در سازمان‌ها علاوه بر بخش بازاریابی سازمان به‌عنوان یک ورودی مهم در بسیاری از فرآیندهای برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری در بخش‌های دیگر سازمان استفاده و در بخش مدیریت عملیات نیز از اطلاعات مربوط به پیش‌بینی فروش محصولات به‌صورت مداوم برای برنامه‌ریزی تولید، نظارت بر انبار، مدیریت زنجیره تأمین، محاسبه نیروی کار لازم و برنامه‌ریزی ظرفیت استفاده می‌شود. این تصمیمات به‌طور مستقیم به بخش‌هایی از سازمان نظیر

بخش منابع انسانی و یا مدیریت مالی نیز مربوط می‌شود (Montgomery et al., 2015).

مطالعه موردی در پژوهش حاضر فروش آلومینیوم در بورس کالای ایران است. با توجه به برخورداری ایران از منابع غنی انرژی، صنعت آلومینیوم از صنایع راهبردی کشور است. دسترسی محدود به منابع بوکسیت (ماده اولیه اصلی برای تولید آلومینیوم خالص است)، وابستگی صنعت تولید آلومینیوم به تحولات اقتصاد جهانی و چرخه‌ای بودن بازار آلومینیوم مانند بازار بسیاری از مواد اولیه دیگر، منجر به تغییرات عمیق در تقاضا و قیمت این محصول شده است که این موضوع عدم قطعیت و بی‌ثباتی را برای بازار آلومینیوم به همراه داشته است. علاوه بر این، احداث کارخانه‌های تولیدی فلزات نیازمند هزینه اولیه فراوان است که دوره بازگشت سرمایه طولانی دارد. بنا بر موارد ذکر شده، تحلیل راهبردی روندهای موجود در صنعت آلومینیوم اهمیت فراوانی دارد (Dudin et al., 2017).

ابزارهای موجود در حوزه هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در دامنه وسیعی از علوم به کار می‌روند. یکی از امکاناتی که در این ابزارها ارائه می‌شود، استفاده از روش‌های یادگیری ماشین برای انجام دادن عملیات پیش‌بینی است. مدل‌های پیش‌بینی بسیاری از جمله مدل رگرسیون (Papalexopoulos Hesterberg &, 1990)، هموارسازی نمایی و مدل باکس و جنکینز (Park et al., 1991) یا سیستم‌های فازی (Mastorocostas et al., 2001) در زمینه‌های مختلف پیش‌بینی از جمله برای پیش‌بینی میزان فروش ارائه شده است؛ اما در پژوهش‌های بسیاری (مانند Lachtermacher & Fuller, 1995) اثبات شده است که روش‌های داده‌کاوی و یادگیری نسبت به روش‌های دیگر دقت بیشتری دارد. روش یادگیری متا از روش‌های نوین یادگیری است که در پژوهش‌هایی که از

۱-۲. مفهوم پیش‌بینی

مفهوم پیش‌بینی با توجه به حوزه بررسی، در مطالعات گوناگون تعریف‌های متفاوتی دارد. در یک تعریف، پیش‌بینی به معنای بیان پدیده‌های ناشناخته یا غیرقطعی است (Freeman & Job, 1979) به نقل از (Zarnowitz 1968). در تعریفی دیگر، پیش‌بینی توصیفی از یک رویداد یا یک روند، پیش از وقوع آن است و این مفهوم به زمان آینده اشاره دارد (Tanter, 1972). اما در تعریفی کامل‌تر، پیش‌بینی به معنای برآورد آینده با نهایت دقت ممکن با استفاده از تمامی اطلاعات موجود اعم از داده‌های تاریخی و هرگونه دانشی از رویدادهای آینده است که ممکن است بر برآورد آینده اثر بگذارد (Hyndman & Athanasopoulos, 2018). مفهوم پیش‌بینی در کسب و کارها در بسیاری از موارد با مفهوم «هدف‌ها» و یا «برنامه‌ریزی» اشتباه گرفته می‌شود.

در طی پژوهش حاضر از کلمه «پیش‌بینی» (Forecast) استفاده می‌شود. (نه از «پیشگویی» (Predict)) دلیل این امر آن است که این دو مفهوم در ادبیات امروزی علوم اقتصادی تعریف‌های متفاوت، دقیق و به نسبت عمیق دارد. به‌طور خلاصه، پیشگویی‌پذیری به عنوان ویژگی یک متغیر تصادفی با یک مجموعه اطلاعات تعریف می‌شود که در آن شرطی یا غیرشرطی بودن متغیر نسبت به آنها اهمیت ندارد؛ در حالی که برای مفهوم پیش‌بینی‌پذیری این موضوع یک شرط لازم است؛ ولی ناکافی است. در پیش‌بینی‌پذیری دانستن اینکه چه اطلاعاتی اثرگذار و مرتبط است و اینکه از این اطلاعات چگونه استفاده می‌شود نیز اهمیت دارد (Mills, 2019).

این روش برای پیش‌بینی استفاده شده به عنوان روشی توانمند و کارا برای امر پیش‌بینی در علوم مختلف معرفی شده است.

یکی از ویژگی‌های روش یادگیری متا برای پیش‌بینی در حوزه‌های مختلف، کشف ویژگی‌های موجود در داده‌های اولیه استفاده شده است. در پژوهش‌هایی که از روش یادگیری متا برای پیش‌بینی استفاده شده است، این ویژگی روش یادگیری متا منجر به کسب نتایج پیش‌بینی دقیق‌تر و کارایی بیشتر روش پیش‌بینی در مقایسه با دیگر روش‌های پیش‌بینی شده است (Gaudet et al., 2020; Ding et al., 2020; Chen et al., 2020). در پژوهش حاضر تلاش شده است که برای بهبود دقت نتایج مدل‌های پیش‌بینی میزان فروش در سازمان‌ها از روش نوین یادگیری متا از جهت پیش‌بینی میزان فروش استفاده شود.

بر این اساس، محققان در این پژوهش در پی پاسخ به این سؤال هستند که «چگونه می‌توان از روش یادگیری متا برای پیش‌بینی میزان فروش استفاده کرد؟». در راستای دستیابی به پاسخ سؤال پژوهش روش یادگیری متا بر بستر داده‌های مربوط به فروش آلومینیوم در بورس کالای ایران پیاده‌سازی و سپس برای ارزیابی مدل پیاده‌سازی شده، دقت پیش‌بینی با استفاده از روش یادگیری متا با روش‌های دیگر پیش‌بینی مقایسه می‌شود.

در ادامه، به ترتیب تعریف‌ها و مبانی نظری، روش‌شناسی، یافته‌های پژوهش و در نهایت، نتیجه‌گیری کلی و پیشنهادها بیان می‌شود.

۲. مبانی نظری

در این بخش مفاهیم اصلی استفاده شده در پژوهش، اصول ارزیابی و انواع روش‌های پیش‌بینی بررسی می‌شود.

۲-۲. انواع روش‌های پیش‌بینی

باتوجه به هدف‌های انجام‌دادن پیش‌بینی برای آن دسته‌بندی‌های مختلفی تعریف شده است. در یک دسته‌بندی اصلی که براساس روش پیش‌بینی و میزان دسترسی به داده‌های اولیه صورت گرفته است، پیش‌بینی در آن به دو دسته کمی و کیفی تقسیم می‌شود (Li & Ying, 2011). منظور از پیش‌بینی کیفی که به آن پیش‌بینی قضاوتی (Judgemental forecasting) نیز گفته می‌شود، نوعی از پیش‌بینی است که در آن اساس عملیات پیش‌بینی بر مبنای نظرها و قضاوت‌های افراد (خبرگان، مدیران و ...) است. در سوی دیگر، پیش‌بینی کمی نوعی از پیش‌بینی است که در آن پیش‌بینی بر مبنای اطلاعات و داده‌های آماری صورت می‌پذیرد.

روش‌های پیش‌بینی قضاوتی ممکن است ناپایدار باشد. برخلاف پیش‌بینی‌های کمی که با اجرای روش‌های مبتنی بر ریاضیات قابل تکرار هستند، پیش‌بینی قضاوتی به شدت به شناخت انسان وابسته است؛ بنابراین با محدودیت‌های این شناخت مواجه است؛ برای مثال، پیش‌بینی قضاوتی در معرض خطاهای جانب‌داری (Bias) است (Chen & Wang, 2004).

پیش‌بینی کمی شامل استفاده از روش‌های محاسباتی با استفاده از داده‌های تاریخی برای انجام‌دادن عملیات پیش‌بینی است. استفاده از روش‌های پیش‌بینی کمی در مقایسه با روش‌های کیفی ترجیح داده می‌شود؛ زیرا در روش‌های کمی محدودیت‌های موجود در پیش‌بینی‌های قضاوتی وجود ندارد. برای استفاده از روش‌های کمی پیش‌بینی دو شرط اولیه وجود دارد:

۱- اطلاعات کمی گذشته در دسترس است؛

۲- فرض تکرار شدن و ادامه یافتن برخی از جنبه‌های الگوهای گذشته در آینده منطقی باشد.

در اغلب روش‌های پیش‌بینی کمی از یکی از داده‌های

سری زمانی (Time series data) و یا داده‌های مقطعی (Cross-sectional data) استفاده می‌شود. داده‌های مقطعی به داده‌هایی گفته می‌شود که در یک زمان خاص از پدیده‌ها و نمونه‌های گوناگون جمع‌آوری می‌شود. هدف در پیش‌بینی براساس داده‌های مقطعی استفاده از اطلاعات مشاهده‌شده برای پیش‌بینی مقدارهای پدیده‌ای است که مشاهده نشده است؛ برای مثال، پیش‌بینی قیمت یک خانه (خارج از داده‌های موجود) با استفاده از داده‌های مربوط به قیمت خانه‌ها براساس ویژگی‌های موقعیت، تعداد اتاق‌ها، سال ساخت، مساحت و ... از جمله پیش‌بینی‌ها با استفاده از داده‌های مقطعی است.

داده‌های سری زمانی به داده‌هایی گفته می‌شود که از یک پدیده در فواصل زمانی معین جمع‌آوری می‌شود. پیش‌بینی براساس داده‌های سری زمانی در مواردی استفاده می‌شود که پدیده بررسی شده در طول زمان تغییر می‌کند. پیش‌بینی قیمت سهام و یا نمودار فروش یک محصول در سازمان‌ها نمونه‌هایی از این دست پیش‌بینی است (Hyndman & Athanasopoulos, 2018). در این پژوهش پدیده بررسی شده میزان فروش آلومینیوم در بورس کالای ایران است. همچنین، در پژوهش حاضر باتوجه به تعریف‌های پیشین از داده‌های سری زمانی استفاده می‌شود.

۲-۳. ارزیابی روش‌های پیش‌بینی

پیش از آنکه انواع روش‌های پیش‌بینی کمی بررسی شود، در این بخش چگونگی عملکرد تکنیک‌های پیش‌بینی درباره یک سری زمانی و یا یک کاربری معین ارزیابی می‌شود. در این بخش منظور از عملکرد روش پیش‌بینی، دقت پیش‌بینی و یا نزدیکی مقدارهای پیش‌بینی شده به مقدارهای واقعی است. اگر برای پیش‌بینی یک پدیده از چند روش مختلف استفاده

می‌شود، می‌توان از ابزارهای ارزیابی و سنجش پیش‌بینی برای مقایسه دقت این روش‌ها استفاده کرد. استفاده از معیار برازش مدل پیش‌بینی با داده‌های گذشته موجود یک راه ساده برای ارزیابی عملکرد روش پیش‌بینی است؛ اما چنین معیاری نمی‌تواند یک معیار صحیح برای ارزیابی عملکرد باشد؛ زیرا فرآیند پیش‌بینی به هدف تخمین اطلاعات آینده صورت می‌پذیرد و همخوانی روش پیش‌بینی با داده‌های تاریخی تضمینی برای تخمین دقیق اطلاعات در آینده نیست؛ از این رو برای سنجش صحیح عملکرد روش پیش‌بینی معیارهایی به کار گرفته می‌شود که در آن از اختلاف پیش‌بینی و رخداد واقعی در آینده استفاده می‌شود.

۲-۴-۲. انواع روش‌های پیش‌بینی کمی

با در نظر داشتن هدف‌های پیش‌بینی و موارد

رابطه (۱)

در رابطه (۱)، y_T مربوط به وضعیت پدیده پیش‌بینی شونده در زمان T است. همچنین، $y_{T+h|T}$ به وضعیت پدیده پیش‌بینی شونده در زمان $T+h$ براساس داده‌های سری زمانی پدیده تا زمان T اشاره دارد. در این رابطه α «ضریب هموارسازی» است که مقداری در بازه $[0, 1]$ دارد (Pal & Prakash, 2017). در پژوهش‌های دیگری که این موضوع عمیق‌تر بررسی شده برای روش هموارسازی نمایی مدل‌های ارتقا یافته‌تر معرفی شده است که پرداختن به روابط و مفاهیم پیچیده آنها از هدف‌های این بخش نیست.

۲-۴-۲. روش رگرسیون ساده

روش رگرسیون ساده یکی از روش‌های پرکاربرد علمی برای تخمین رفتار یک متغیر (متغیر وابسته و یا

استفاده‌شده آن روش‌های متنوعی برای پیش‌بینی کمی معرفی شده است. برخی از این روش‌ها بسیار ساده و در عین حال در مواردی بسیار مؤثر است. در ادامه، چند نمونه از روش‌های مرسوم و کاربردی پیش‌بینی کمی معرفی خواهد شد.

۱-۴-۲. روش هموارسازی نمایی

روش هموارسازی نمایی در اواخر دهه ۱۹۵۰ میلادی معرفی شد. این روش پایه و زیربنای بسیاری از روش‌های موفق پیش‌بینی است. به طور خلاصه، در این روش مقادارهای پیش‌بینی حاصل از میانگین وزن‌دار داده‌های گذشته است؛ به طوری که وزن این داده‌ها برای داده‌های قدیمی‌تر به صورت نمایی کاهش می‌یابد. رابطه ریاضی کلی مدل هموارسازی نمایی درجه اول برای پیش‌بینی به شرح رابطه (۱) است.

$$y_{T+h|T} = \alpha y_T + \alpha(1-\alpha)y_{T-1} + \alpha(1-\alpha)^2 y_{T-2} + \dots$$

متغیر پیش‌بینی شونده) براساس متغیری دیگر (متغیر مستقل یا متغیر پیش‌بینی کننده) است. مفهوم این روش براساس این فرض است که بین متغیر وابسته و متغیر مستقل یک رابطه خطی وجود دارد. عبارت «ساده» در این مدل به دلیل حضور تنها یک متغیر مستقل برای تعیین رفتار متغیر وابسته است.

طبق این روش در یک حالت ابتدایی رابطه بین متغیر پیش‌بینی شونده و پیش‌بینی کننده به شرح رابطه (۲) تنظیم می‌شود.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon_0$$

در رابطه (۲) y متغیر پیش‌بینی شونده، x متغیر پیش‌بینی کننده و ε_0 خطای پیش‌بینی (اختلاف مقدار پیش‌بینی شده و مقدار واقعی) است. در این روش

اگرچه در مدل‌های توسعه‌یافته (روش‌هایی مانند آریمما و یا رگرسیون) امکان در نظر گرفتن سطح‌های بیشتری از داده‌ها و متغیرها امکان‌پذیر است، در این مدل‌ها چالش‌های عملی نظیر انتخاب متغیرهای صحیح و انجام دادن درست پیش‌پردازش (Preprocessing) داده‌ها نیز وجود دارد. با استفاده از روش‌های یادگیری ماشین، مشکلات مربوط به پیچیدگی‌های ایجادشده در یک مدل جامع کاهش می‌یابد و به دنبال آن فرآیند پیش‌پردازش داده‌ها در درون مدل یادگیری صورت می‌پذیرد (Gilliland et al., 2021). در ادامه این بخش مفاهیم یادگیری ماشین بررسی می‌شود.

۲-۵. مفاهیم یادگیری ماشین و یادگیری متا

Arthur Samuel یکی از پیشگامان حوزه یادگیری ماشین است که یادگیری ماشین را یک حوزه مطالعاتی تعریف کرده است که در آن به کامپیوترها توانایی یادگیری بدون برنامه‌ریزی شفاف داده می‌شود (McClendon & Meghanathan, 2015). یک مفهوم دیگر آن است که یادگیری ماشین به کامپیوترها قابلیت یادگیری حل مسئله را با تعمیم دادن نمونه‌ها (داده‌های تاریخی) بدون نیاز به برنامه‌ریزی صریح پاسخ، می‌دهد (Larsen & Becker, 2021).

پیش از پرداختن به مفهوم یادگیری متا لازم است که مفهوم دانش متا (Meta-knowledge) و یا فرادانش مشخص شود. در یک عبارت کوتاه، دانش متا به حوزه کسب دانش درباره دانش گفته می‌شود (Evans & Foster, 2011). با توجه به این تعریف مفهوم دانش متا در حوزه یادگیری ماشین هر دانشی است که از به کارگیری یک سیستم یادگیری برای حل مسائل استخراج می‌شود. با در نظر داشتن تعریف دانش متا، یادگیری متا به مطالعه روش‌هایی قانون‌مند گفته می‌شود.

پیش‌بینی باید ضرایب β_0 و β_1 به ترتیبی تعیین شود که میزان خطای پیش‌بینی کمینه شود. در عمل، میزانی از داده‌های گذشته در دسترس است؛ اما هیچ‌گونه اطلاعاتی درباره ضرایب β_0 و β_1 وجود ندارد و این ضرایب باید محاسبه شود. به این عمل «برازش یک خط از میان داده‌ها» گفته می‌شود (Hyndman & Athanasopoulos, 2012). درباره روش رگرسیون ساده برای پیش‌بینی با فرض غیرخطی بودن ارتباط بین دو متغیر روابطی دیگر بین متغیرها حاکم می‌شود که با توجه به هدف‌های برازش از این روابط برای برازش استفاده می‌شود.

۳-۴-۲. مدل‌های یادگیری ماشین و هوش مصنوعی

در سال‌های اخیر رویکرد به مسئله پیش‌بینی در فرآیند تصمیم‌گیری دچار تغییرات عمده‌ای شده و تحت تأثیر توجه محققان به نقش هوش مصنوعی و یادگیری ماشین قرار گرفته است.

با توجه به تنوع شاخصه‌های داده‌های موجود تعیین رویکرد به مسئله پیش‌بینی تنها با استفاده از یک روش غیرواقع‌گرایانه است. مدل‌هایی که عملکرد آنها تنها بر یک سری زمانی واحد است، (مدل‌های آریمما و یا هموارسازی نمایی) در شرایطی به‌درستی عمل می‌کنند که داده‌های موجود از طرفی، الگوهای واضح و منظمی و از طرف دیگر، رفتار تغییرات در داده‌ها با مفروضات ساختاری این مدل‌ها همخوانی داشته باشد. تعداد مسائل پیش‌بینی واقعی که چنین شرایطی را داشته باشند، اندک است. همچنین، بیشتر مسائل پیش‌بینی شرایطی را دارند که تحلیل یک سری زمانی واحد و مبنا قرار دادن یک مدل، امکان تشخیص پویایی‌های موجود را در تغییرات مقدارهای متغیر بررسی شده ایجاد نمی‌کنند.

۲-۶. موارد استفاده از یادگیری متا

در فرآیند یادگیری ماشین از یادگیری متا در زمینه‌های گوناگونی استفاده می‌شود. در این بخش برخی از این موارد به صورت خلاصه مطرح می‌شود.

۲-۶-۱. انتخاب و پیشنهاد الگوریتم‌های

یادگیری

یکی از مسائل موجود برای حل مسائل با استفاده از روش‌های یادگیری انتخاب مجموعه‌ای مناسب از الگوریتم‌های یادگیری برای حل یک مسئله خاص است. با استفاده از یادگیری متا یک چارچوب کلی برای انجام دادن این کار وجود دارد. به طور خلاصه، در این چارچوب ابتدا با استفاده از مجموعه داده مد نظر و دانش متای موجود یک سری الگوریتم‌های یادگیری ماشین رتبه‌بندی شده تعیین و در گام بعدی الگوریتم برتر از میان این سری الگوریتم‌های رتبه‌بندی شده انتخاب می‌شود. در واقع، در این کاربری یادگیری متا از دانش متا برای محدود کردن فضای گسترده‌ای که برای جست‌وجو از جهت یافتن الگوریتم بهینه است، استفاده می‌شود.

۲-۶-۲. ترکیب سیستم‌های پایه‌ای یادگیری

ماشین

از دیگر کاربردهای یادگیری متا ترکیب مدل‌های یادگیری است. در این کاربری تلاش می‌شود تا با استفاده از اطلاعات به دست آمده درباره مدل‌های یادگیری پایه‌ای (اطلاعاتی از قبیل: شاخصه‌ها و ویژگی‌های عملکردی هر مجموعه از الگوریتم‌ها)، سیستم‌های یادگیری مرکب با قابلیت تعمیم قوی‌تر نسبت به اجزای سیستم به صورت منفرد به دست آید. منظور از قابلیت تعمیم، توانایی سیستم در سازگاری مناسب با داده‌های جدید و به عبارتی، توانایی سیستم

که در آن از دانش متا برای ایجاد مدل‌ها و راهکارهای کارا از جهت حل مسائل با استفاده از فرآیندهای یادگیری ماشین استفاده می‌شود (Brazdil et al., 2009). به عبارتی دیگر، در روش یادگیری متا از نتایج به دست آمده در اثر استفاده از روش‌های مختلف یادگیری برای حل یک مسئله استفاده می‌شود تا روشی کارا و دقیق برای حل مسئله مدنظر حاصل شود. در روش یادگیری متا با توجه به ماهیت آن مبنی بر بررسی روش‌های یادگیری پایه‌ای و استخراج مدل بر مبنای نتایج بررسی، عملکرد آن در حوزه دقت و میزان داده‌های اولیه لازم در مقایسه با دیگر روش‌های یادگیری ماشین برتری دارد.

در روش‌های یادگیری متا دو محدودیت عمده موجود در روش‌های یادگیری پایه وجود ندارد (منظور از روش‌های یادگیری پایه همان روش‌های یادگیری ماشین بدون بهره‌برداری از دانش متاست). یکی از این محدودیت‌ها آن است که در روش‌های یادگیری پایه الگوهایی که کامپیوتر آموزش دیده است، تفسیر و تحلیل نمی‌شود، بلکه از این الگوها تنها برای دستیابی به خروجی‌های مدنظر استفاده می‌شود. به عبارت دیگر، آموزش موفق یک الگوریتم یادگیری بر داده‌های یکسان هیچ تجربه‌ای را برای استفاده‌های دیگر الگوریتم به جا نمی‌گذارد. محدودیت دیگر روش‌های یادگیری پایه آن است که در این روش‌ها امکان افزودن یک مجموعه داده جدید برای افزایش دقت یادگیری سیستم وجود ندارد و برای چنین کاری باید مجموعه داده‌های اولیه به همراه داده‌های جدید یک مجموعه تشکیل شود و سپس مرحله آموزش دوباره صورت گیرد؛ در حالی که این مشکل در روش یادگیری متا برطرف شده است.

برای حل مسائل دیگر با استفاده از آموزش‌های گذشته است.

۳-۶-۲. انتقال دانش متا در قلمروهای دیگر

یکی از کاربردهای مهم استفاده از یادگیری متا یافتن سازوکارهایی کارا برای انتقال دانش بین قلمروها و یا وظایف است. با این رویکرد فرآیند یادگیری تنها یک فرآیند جداگانه که برای هر مسئله‌ای از نوبه کسب دانش بر مبنای داده‌های اولیه می‌پردازد، نیست، بلکه با حل مسائل بیشتر، سازوکار یادگیری از تجربه گذشته خود بهره‌مند می‌شود. روش‌ها و تکنیک‌های انتقال دانش بین وظایف در فرآیند یادگیری زمینه‌ای است که در بسیاری از پژوهش‌ها به آن توجه شده است (مانند [Baxter, 2000](#)).

۳. پیشینه پژوهش

سفی (۱۳۹۷) پژوهشی با عنوان پیش‌بینی میزان فروش تلفن‌های همراه هوشمند با استفاده از الگوریتم‌های ترکیبی انجام داد. محقق در این مطالعه با استفاده از ترکیب دو روش تخصیص پنهان دیریکله (LDA) و ماشین‌برداری پشتیبانی (SVM) جمع‌شده محاسبات مربوط به رضایت مشتریان و درآمد، پیش‌بینی میزان فروش گوشی‌های هوشمند را انجام داده است. در این پژوهش با انجام دادن تحلیل‌های مربوط به داده کاوی برای پیش‌بینی فروش با استفاده از ورودی مدنظر، میزان فروش گوشی‌های هوشمند با خطای بیشینه ۷/۸۶۲ درصد پیش‌بینی شد. در این مطالعه نشان داده شد که ترکیب مدل‌های مختلف داده کاوی نتایج مناسبی را دارد و به عبارتی، مدل‌های ترکیبی می‌توانند موجب شوند که به صورت مکمل یکدیگر عمل کنند.

ژائو پژوهشی با عنوان «تحلیل و پیش‌بینی فروش خودرو بر اساس سری زمانی در نرم‌افزار R Language» انجام داد. محقق در این مطالعه با استفاده از مدل آریمای در محیط نرم‌افزاری R Language میزان فروش یک خودرو را در کشور چین پیش‌بینی کرده است. در این پژوهش داده‌های اولیه موجود ابتدا با استفاده از روش‌های پردازش داده بررسی شده و سپس عملیات متناسب (تفاضل‌گیری) با توجه به پایدار نبودن داده‌ها روی داده‌ها صورت پذیرفته است. پس از آماده‌سازی داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار پارامترهای مربوط به مدل آریمای برای بیشترین برآزش مدل محاسبه و در نهایت، مقدارهای پیش‌بینی در افق کوتاه‌مدت با استفاده از مدل استفاده شده حاصل شده است ([Zhao, 2021](#)).

تروی و لی پژوهشی با عنوان «اندازه‌گیری پاسخ‌های بازارهای مقیاس بزرگ و پیش‌بینی فروش تجمعی: رگرسیون برای داده‌های پراکنده و با ابعاد بالا» انجام دادند. محققان در این مطالعه میزان فروش کالاهای سوپرمارکت را با استفاده از داده‌هایی که شرایط منفی پراکندگی و ابعاد گوناگون را دارند، پیش‌بینی کردند. در نتیجه این پژوهش با دسته‌بندی داده‌های اولیه مدلی مبتنی بر رگرسیون برای پیش‌بینی فروش کالاهای بررسی شده حاصل شده است ([Terui & Li, 2019](#)).

دینگ و همکاران پژوهشی با عنوان «یک شبکه عصبی با چند مدل بر اساس یادگیری متا برای پیش‌بینی چندگامی ناپایداری حرارتی باتری» انجام دادند. محققان در این مطالعه یک رویکرد داده‌محور نوین را برای پیش‌بینی دقیق چندگامی وضعیت پایداری حرارتی باتری در سطح‌های سلولی معرفی کردند. نتایج این پژوهش نشان داده است که روش یادگیری متا برای انجام دادن پیش‌بینی با استفاده از داده‌های اولیه محدود توانایی بسیار زیادی داشته است. همچنین، چارچوب

برای دستیابی به اطلاعات فروش آلومینیوم در بورس کالای ایران راهبردهای مختلفی را می‌توان انتخاب کرد؛ برای مثال، می‌توان این اطلاعات را از شرکت‌های عرضه‌کننده آلومینیوم در بازار بورس کالای ایران استخراج کرد؛ اما هدف در پژوهش حاضر تخمین میزان تقاضای آلومینیوم در کل بازار است. با توجه به هدف پژوهش جمع‌آوری اطلاعات با استفاده از داده‌های موجود در شرکت‌های عرضه‌کننده و نیز یکپارچه‌سازی اطلاعات حاصل شده، فرآیندی زمان‌بر است که ممکن است با مشکلاتی همراه شود. در این خصوص، می‌توان برای جمع‌آوری اطلاعات از ویژگی‌های مثبت بازار بورس کالای ایران بهره جست. سازمان بورس کالا نهادی ناظر بر معامله‌های صورت گرفته در بازار بورس کالا است. همچنین، این سازمان تضمین‌کننده حسن انجام دادن معامله‌ها از سوی دو طرف است. یکی از مزایای تشکیل بازار بورس کالای ایران ایجاد شفافیت در معامله‌ها و ایجاد فضایی سازمان‌یافته، قانون‌مند و قابل نظارت برای انجام دادن معامله‌هاست؛ از این رو سازمان بورس کالای ایران به صورت هفتگی گزارش‌هایی را با عنوان «گزارش هفتگی و تجمعی آمار معاملات» منتشر می‌کند که در این گزارش‌ها حجم و ارزش معامله‌های صورت گرفته در بخش‌های مختلف بازار بورس کالا در دست‌بندی‌هایی مجزا ارائه شده است. سازمان بورس کالای ایران با انتشار گزارش‌های هفتگی یک منبع اطلاعات نظام‌مند و دقیق را در اختیار عموم قرار داده است. یک راهبرد دیگر برای جمع‌آوری داده‌های مربوط به فروش آلومینیوم در بورس کالای ایران استفاده از این گزارش‌هاست. در این پژوهش برای جمع‌آوری داده‌های آماری مربوط به فروش آلومینیوم در این بازار از گزارش‌های هفتگی که سازمان بورس کالای ایران

یادگیری متا به‌عنوان یک چارچوب کارا در این زمینه معرفی شده است (Ding et al., 2020).

با بررسی پیشینه پژوهش مشاهده می‌شود که از روش‌های مختلفی برای حل مسئله پیش‌بینی میزان فروش در پژوهش‌ها استفاده شده است. یادگیری متا و کاربست این روش برای حل مسئله پیش‌بینی با توجه به نوین بودن مفاهیم این مدل و با وجود اینکه در برخی از شاخه‌های علوم فنی و مهندسی استفاده شده است، به‌صورت نظام‌مند به این روش در حوزه مدیریت و به‌طور خاص، پژوهشگران در مدیریت بازاریابی برای پیش‌بینی میزان فروش به آن توجه نکرده‌اند. با توجه به مزایای استفاده از این روش برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و دستیابی به مدل پیش‌بینی در پژوهش حاضر کاربرد روش یادگیری متا برای دستیابی به مدل پیش‌بینی میزان فروش مطالعه می‌شود.

۴. روش پژوهش

۴-۱. روش پژوهش و گردآوری داده‌ها

در پژوهش حاضر برای پیاده‌سازی مدل پیش‌بینی از اطلاعات فروش آلومینیوم در بورس کالای ایران استفاده شده است. به این ترتیب، جامعه آماری پژوهش شامل تمامی شرکت‌های تولیدکننده آلومینیوم است که در بورس کالای ایران به عرضه آلومینیوم می‌پردازند. پیش‌بینی میزان فروش با توجه به اطلاعات مربوط به فروش در مقاطع زمانی گذشته جست‌جو می‌شود؛ بنابراین قلمرو زمانی شامل مقاطعی از زمان است که اطلاعاتی درباره فروش محصولی خاص را (آلومینیوم) در بازاری خاص (بورس کالای ایران) به همراه دارد. با توجه به منابع استخراج داده‌ها این مقاطع زمانی شامل ۳۴۴ مقطع زمانی به صورت هفتگی از ۸ آبان ۱۳۹۴ تا ۶ خرداد ۱۴۰۱ در نظر گرفته شده است.

عملیات پیش‌بینی اولیه، استفاده از روش شبکه عصبی سری زمانی پویاست. شبکه‌های عصبی یکی از ابزارهای قدرتمند برای تشخیص رفتارهای سیستم است که کاربردهای گسترده‌ای در علوم مختلف برای برازش توابع ناشناخته، شناسایی الگو (Pattern recognition)، دسته‌بندی (Classification) ورودی‌ها به شبکه عصبی، خوشه‌بندی ورودی‌ها (Clustering)، پیش‌بینی سری زمانی و مواردی دیگر دارد. در پژوهش حاضر برای سادگی مدل پیش‌بینی استفاده شده، خروجی این مدل شبکه عصبی تنها براساس مقادارهای تاریخی خود تعیین می‌شود. این نوع از تحلیل پیش‌بینی سری زمانی رایج‌ترین نوع از پیش‌بینی است و از آنجایی که نتایج تحلیل با استفاده از این روش با روش‌های دیگر مقایسه خواهد شد و روش‌های مدنظر دیگر (نظیر روش هموارسازی نمایی) تنها بر مبنای مقادارهای تاریخی تعیین می‌شود، در این تحلیل نیز از این نوع ارتباط بین ورودی‌ها و خروجی‌ها استفاده خواهد شد. در اجرای روش شبکه عصبی سری زمانی پویا، روش پیش‌بینی با توجه به نتایج تحلیل اکتشافی و نیز با تعیین جزئیات و معماری شبکه عصبی پیاده‌سازی می‌شود که در نهایت، به نتایج اجرای این روش در پژوهش حاضر می‌توان دست یافت.

دومین روش استفاده شده برای انجام دادن عملیات پیش‌بینی اولیه روش آریماست. روش آریمای که با نام روش باکس-جنکینز نیز شناخته می‌شود، یکی از متداول‌ترین روش‌های استفاده شده برای انجام دادن عملیات پیش‌بینی است. استفاده از روش آریمای برای پیش‌بینی سری زمانی نیازمند آن است که داده‌های سری زمانی موجود ایستا (Stationary) باشد. به‌طور خلاصه، یکی از شرایط ایستایی یک سری داده، عدم حضور روند ثابت و چرخه با دوره ثابت در داده‌های

منتشر کرده، استفاده شده است. این داده‌ها به‌طور مرتب و به‌صورت هفتگی در پایگاه اینترنتی رسمی بورس کالای ایران^۱ منتشر می‌شود که در پژوهش حاضر شیوه جمع‌آوری داده‌ها استفاده از داده‌های رسمی موجود در این پایگاه است. تحلیل داده‌ها گام بعدی پیاده‌سازی مدل پیش‌بینی میزان فروش است که در ادامه، مراحل تجزیه و تحلیل داده‌ها بررسی می‌شود.

۲-۴. مراحل تجزیه و تحلیل

برای انجام دادن عملیات پیش‌بینی نخستین گام تجزیه و تحلیل، انجام دادن تحلیل مقدماتی (اکتشافی) بر داده‌های موجود است. در این مرحله داده‌های اولیه در دسترس به‌صورت ساده و مختصر بررسی می‌شود و تلاش بر آن است تا ویژگی‌های داده‌های سری زمانی موجود (ویژگی‌هایی نظیر وجود روند (Trend) ثابت، میزان فصلی بودن (Seasonality)، حضور چرخه کسب و کار و مواردی از این دست) شناسایی شود. با وجود سادگی و ابتدایی بودن این مرحله این قسمت از مرحله‌های پیش‌بینی اهمیت ویژه‌ای دارد؛ زیرا با شناسایی ویژگی‌های داده‌های سری زمانی (هرچند که این شناسایی با نظر پژوهشگر و بدون استفاده از ابزارهای دقیق صورت گیرد) قضاوت درباره روش‌های مناسب برای انجام دادن پیش‌بینی و دقت مورد انتظار از نتایج پیش‌بینی آسان می‌شود. پس از انجام دادن تحلیل اکتشافی روی داده‌های موجود در مرحله بعد در راستای پیاده‌سازی روش یادگیری متا از تعدادی روش‌های پیش‌بینی سری زمانی برای دستیابی به دانش متا استفاده می‌شود.

نخستین روش پیاده‌سازی شده برای انجام دادن

^۱ گزارش‌های هفتگی (ime.co.ir)

مدنظر است. در صورتی که داده‌های موجود خاصیت ایستایی نداشته باشد، در روش آریمای تفاضل برای ایستاکردن داده‌ها استفاده می‌شود. همچنین، در صورتی که یک عمل تفاضل منجر به ایستایی داده‌ها نشود، عمل تفاضل‌گیری از نو تکرار می‌شود و این کار تا ایستاشدن داده‌ها ادامه می‌یابد. در این پژوهش با استفاده از یکی از آزمون‌های تعریف‌شده برای سنجش ایستایی داده‌های سری زمانی و نیز با طی مراحل تعیین شاخصه‌های مدل آریمای مدل پیاده‌سازی و سپس نتایج آن بررسی می‌شود.

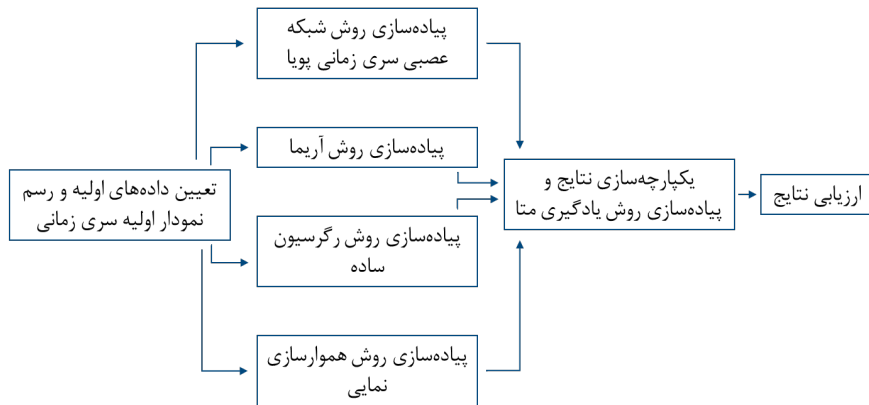
در ادامه، برای پیاده‌سازی روش‌های مختلف پیش‌بینی سری زمانی از جهت دستیابی به دانش متا به ایجاد مدلی بر مبنای برازش منحنی بر پایه داده‌های تاریخی پرداخته می‌شود. روش رگرسیون ساده ابزاری کارآمد برای تعیین رابطه بین دو متغیر است و بسیاری از روابط حاکم بر پدیده‌های مختلف علمی با استفاده از همین روش به دست آمده است. در پژوهش حاضر تلاش بر آن است که رفتار میزان فروش آلومینیوم بر مبنای زمان (مقاطع ثابت و منظم هفتگی) شناسایی شود. به این منظور، با توجه به نتایج به دست آمده در تحلیل مقدماتی، تابع مناسب برازش انتخاب و روش رگرسیون ساده اجرا می‌شود و سپس نتایج آن به دست می‌آید.

آخرین روشی که در این پژوهش برای انجام دادن پیش‌بینی اولیه از آن استفاده می‌شود، روش هموارسازی نمایی است. روش هموارسازی نمایی در کنار روش آریمای که در بخش‌های قبل به آن پرداخته شد، از جمله روش‌های متداول و استفاده‌شده برای

پیش‌بینی سری زمانی است. روش هموارسازی نمایی در دسته‌ای از روش‌های پیش‌بینی به نام روش‌های هموارسازی (Smoothing methods) قرار می‌گیرد که اساس این روش‌ها، هموار کردن نویز (نوفه) موجود در داده‌ها برای دستیابی به الگوهای اصلی موجود در داده‌هاست (Shmueli & Kenneth, 2016). بنابراین روش هموارسازی نمایی به‌طور خاص درباره پیش‌بینی داده‌های سری زمانی که با نویز همراه است، روشی کارآمد است (Mills, 2019). در پژوهش حاضر با پیاده‌سازی این روش از آخرین روش پایه‌ای پیش‌بینی استفاده می‌شود.

در چهار مرحله اخیر از روش تجزیه و تحلیل در این پژوهش، چهار روش مختلف انجام دادن عملیات پیش‌بینی پیاده‌سازی می‌شود. پس از پیاده‌سازی روش‌های پایه‌ای پیش‌بینی و دستیابی به نتایج پیش‌بینی این روش‌ها و حصول دانش متا زمینه لازم برای اجرای روش یادگیری متا از جهت دستیابی به مدلی دقیق‌تر ایجاد می‌شود. با توجه به رویکرد انتخاب‌شده در این پژوهش تلاش بر این است که با ترکیب دانش متای به دست آمده از پیاده‌سازی روش‌های پایه‌ای یادگیری، مدلی برتر و با قابلیت تعمیم بهتر نسبت به هر یک از مدل‌های اولیه حاصل شود.

در گام نهایی تحلیل با استفاده از ابزارهای تعریف‌شده برای ارزیابی دقت پیش‌بینی عملکرد، مدل نهایی و مقایسه آن با نتایج حاصل از پیش‌بینی مدل‌های اولیه بررسی می‌شود. مراحل انجام دادن تجزیه و تحلیل در شکل ۱ آمده است.



شکل ۱: مراحل تجزیه و تحلیل پژوهش (منبع: یافته‌های پژوهش)

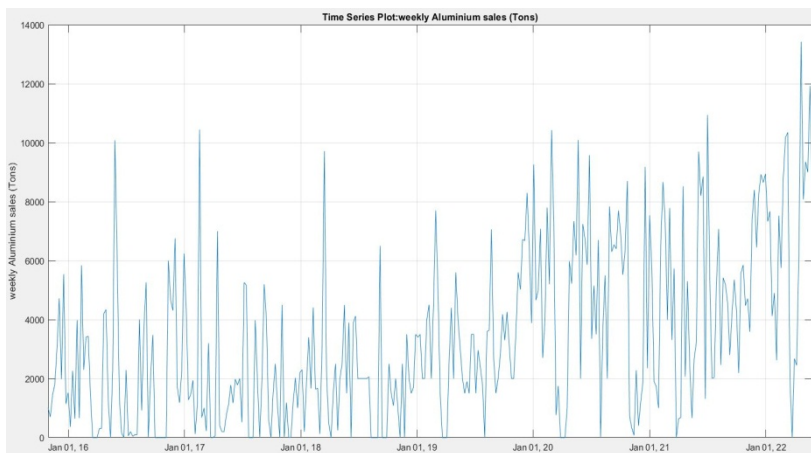
Figure 1: Steps of research analysis

۵. یافته‌ها و بحث

۵-۱. نتایج پیش‌بینی به روش یادگیری متا

نخستین یافته پژوهش از تحلیل نمودار سری زمانی داده‌های اولیه پژوهش حاصل شده است. داده‌های سری زمانی استفاده شده در این پژوهش مربوط به حجم فروش آلومینیوم در بازار بورس کالای ایران با واحد تن و به صورت هفتگی است. داده‌های استفاده شده در

این پژوهش شامل یک سری زمانی است که مقدارهای متغیر را در ۳۴۴ مقطع زمانی از ۸ آبان سال ۱۳۹۴ تا ۶ خرداد سال ۱۴۰۱ نشان می‌دهد. مقدارهای متناظر با هر تاریخ نشان‌دهنده حجم فروش آلومینیوم در هفته منتهی به تاریخ مدنظر است. در ادامه، نمودار سری زمانی مطالعه شده در شکل ۲ آمده است.



شکل ۲: نمودار سری زمانی داده‌های تاریخی مربوط به حجم فروش آلومینیوم در بورس کالای ایران

(منبع: یافته‌های پژوهش)

Figure 2: Time series graph of historical data related to aluminum sales volume in Iran commodity exchange

نمی‌توان با قطعیت روندی را برای این متغیر در نظر گرفت. با نگاهی اجمالی در نمودار حضور چرخه و یا فصلی بودن داده‌ها مشهود نیست. اگرچه ممکن است در

باتوجه به نمودار سری زمانی به دست آمده، مشاهده می‌شود که برخلاف سیر کلی صعودی میزان فروش و باتوجه به وجود نوسان‌های بزرگ در حجم فروش،

به این اطلاعات دانش متا گفته می‌شود. در این بخش تلاش بر آن است که از این اطلاعات کسب شده (دانش متا) برای دستیابی به یک مدل پیش‌بینی دقیق‌تر استفاده شود. راهبردهای متنوعی را برای چگونگی استفاده از دانش متا می‌توان اجرا کرد. هدف‌های پژوهش حاضر و ویژگی‌های دانش متای حاصل شده در تعیین راهبرد اجرای روش یادگیری متا اثرگذار است.

در تحلیل هر روش پایه‌ای پیش‌بینی بررسی شده مشخص شد که هر یک از روش‌های پیش‌بینی استفاده شده رفتارها و ویژگی‌های خاصی دارند. با بررسی نتایج به دست آمده، مشاهده شده است که روش‌های مختلف پیش‌بینی در افق‌های زمانی مختلف دقت‌های متفاوتی دارند؛ از این رو در پژوهش حاضر برای پیش‌بینی افق‌های زمانی مختلف از مدل‌های مختلف پایه‌ای استفاده می‌شود. در واقع، با بررسی دانش متای به دست آمده، مشاهده شده است که عملکرد مدل‌های پیش‌بینی پایه‌ای در افق‌های زمانی مختلف گوناگون است؛ به طوری که برخی از مدل‌ها در افق‌های زمانی مشخصی، عملکردی برتر از دیگر مدل‌ها ارائه می‌کنند؛ بنابراین راهبرد ترکیب مدل‌های پایه‌ای در این پژوهش براساس برتری عملکرد مدل‌های پایه‌ای در افق‌های زمانی مختلف تعیین شده است.

پس از تعیین رویکرد استفاده از دانش متا، روش یادگیری متا براساس این رویکرد پیاده‌سازی شده است. نتایج بررسی دقت پیش‌بینی با استفاده از روش یادگیری متا در مقایسه با چهار روش منتخب دیگر پیش‌بینی در جدول ۱ آمده است.

نمودار بررسی شده (شکل ۲) الگوهای پنهان مشاهده شود، شکل ۲ عدم مشاهده روند در داده‌ها، فصلی بودن داده‌ها و یا چرخه‌ای بودن آنها، عدم امکان استفاده از روش‌های ساده پیش‌بینی سری زمانی (روش میانگین و یا روش رگرسیون ساده با استفاده از یک تابع چندجمله‌ای) را نشان می‌دهد.

با بررسی نمودار سری زمانی، جهش‌های ناگهانی در مقدارهای متغیر مشهود است. این جهش‌ها نشان‌دهنده حضور مؤثر نویز (نوفه) در سری زمانی است. با توجه به نویزی بودن داده‌های سری زمانی انتظار می‌رود که روش‌های پیشرفته‌تر پیش‌بینی مانند روش شبکه عصبی در مقایسه با دیگر روش‌هایی که یک مبنای ریاضیاتی ساده را دنبال می‌کنند مانند روش رگرسیون ساده، نتایج بهتر و دقت بیشتر را داشته باشند. با توجه به نتایج حاصل شده از تحلیل مقدماتی، هر یک از روش‌های چهارگانه پیش‌بینی پایه‌ای براساس اصول روش‌ها اجرا و به این ترتیب، دانش متای لازم برای پیاده‌سازی روش یادگیری متا حاصل شده است. با توجه به خصوصیات دانش متا و رفتار داده‌های سری زمانی مطالعه شده (میزان فروش آلومینیوم در بازار بورس کالای ایران) می‌توان راهبرد بهره‌برداری از این دانش متا را برای دستیابی به مدلی دقیق‌تر تعیین کرد.

با پیاده‌سازی و دستیابی به نتایج روش‌های اولیه پیش‌بینی سری زمانی اطلاعاتی درباره چگونگی رفتار مدل‌های مختلف برای داده‌های سری زمانی مطالعه شده در این پژوهش (میزان فروش آلومینیوم در بازار بورس کالای ایران) حاصل شده است. در روش یادگیری متا

جدول ۱: مقایسه نتایج ارزیابی روش‌های مختلف استفاده‌شده برای پیش‌بینی میزان فروش هفتگی آلومینیوم در بازار بورس کالا در ۵ مقطع زمانی آینده

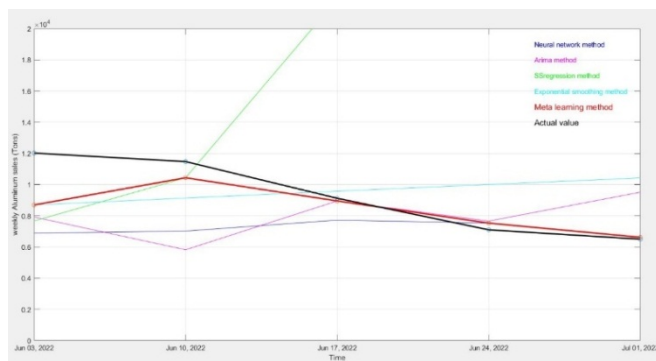
Table 1: Comparison of the evaluation results of different methods used to predict the amount of weekly sales of aluminum in the commodity exchange market in the next 5 time periods

مدل پیش‌بینی	میانگین انحراف مطلق (MAD)	میانگین مجذور خطا (MSE)	میانگین درصد خطای مطلق (MAPE)
شبکه عصبی	۲۳۰۸,۷	۹۶۷۲۹۰۰	۲۰,۹۷
آریم	۲۶۹۹,۶	۱۱۶۳۹۰۰۰	۲۷,۹۰
رگرسیون ساده	۲۷۸۱۰,۷	۱۶۷۸۲۰۰۰۰	۳۹۸,۸۲
هموارسازی نمایی	۲۵۸۹,۹	۸۱۱۸۹۰۰	۳۰,۸۷
یادگیری متا	۱۰۱۷,۴	۲۴۷۴۲۰۰	۹,۳۰

طراحی شده است که تنها قادر به پیش‌بینی در افق‌های پایین (مقاطع زمانی اول و دوم در آینده) است.

برای بررسی چگونگی تغییرات مقدارهای پیش‌بینی با استفاده از مدل‌های مختلف، نمودار سری زمانی پیش‌بینی ۵ مقطع زمانی آینده روش‌های پایه‌ای، روش یادگیری متا و داده‌های واقعی سری زمانی به صورت یکجا و در یک نمودار ترسیم شده است.

باتوجه به نتایج به‌دست آمده روش یادگیری متای استفاده‌شده در مقایسه با دیگر روش‌های پایه‌ای، عملکردی به‌طور کامل، برتر داشته است. باتوجه به اطلاعات جدول ۱ می‌توان عملکرد روش‌های پایه‌ای را نیز با یکدیگر مقایسه کرد. با انجام دادن این مقایسه مشاهده می‌شود که روش شبکه عصبی نسبت به دیگر روش‌ها برتری دارد. با مقایسه روش‌های پیش‌بینی گفتنی است که روش رگرسیون ساده به‌گونه‌ای



شکل ۳: نمودار مقایسه پیش‌بینی سری زمانی در ۵ مقطع آینده مدل‌های مختلف پیش‌بینی با داده‌های واقعی (منبع: یافته‌های پژوهش)

Figure 3: Comparison diagram of time series forecasting in 5 future stages of different forecasting models with real data.

قسمتی از داده‌های سری زمانی مطالعه‌شده و با در نظر گرفتن افق‌های پیش‌بینی مختلف، مدل‌های پیش‌بینی دوباره اجرا و نتایج به‌دست آمده با استفاده از روش یادگیری متا سنجیده شود.

۲-۵. اعتبارسنجی نتایج

موضوع دیگری که در پژوهش حاضر بررسی می‌شود، اعتبارسنجی روش یادگیری متای استفاده‌شده است. در این قسمت تلاش بر آن است که با حذف

پیش‌بینی با استفاده از روش‌های منتخب و روش یادگیری متا با استفاده از داده‌های باقی‌مانده در سری زمانی (۲۵۶ داده) از نو اجرا شده است. همچنین، افق زمانی پیش‌بینی در این نمونه از اعتبارسنجی، برابر با ۵ در نظر گرفته شده است؛ به این معنا که در این بررسی، نتایج حاصل از پیش‌بینی میزان فروش هفتگی آلومینیوم در بازار بورس کالا برای ۵ افق زمانی آینده در نظر گرفته شده است. مقایسه نتایج پیش‌بینی با استفاده از روش‌های مختلف در این نمونه از اعتبارسنجی در جدول ۲ آمده است.

در تحلیل نخست صورت گرفته درباره نتایج حاصل از پیاده‌سازی روش یادگیری متا از ۳۴۴ داده اولیه سری زمانی (کل حجم داده در نظر گرفته شده به عنوان داده‌های تاریخی) استفاده شده است. برای اعتبارسنجی روش یادگیری متا تعدادی از این ۳۴۴ داده اولیه به صورت تصادفی حذف و نتایج بررسی شد. در ادامه، نمونه‌ای از نتایج اعتبارسنجی به دست آمده، بررسی می‌شود.

در بررسی اعتبارسنجی، ۸۸ نمونه از داده‌های انتهایی سری زمانی مطالعه شده (میزان فروش هفتگی آلومینیوم در بازار بورس کالای ایران) حذف و عملیات

جدول ۲: مقایسه نتایج ارزیابی روش‌های مختلف استفاده شده برای پیش‌بینی میزان فروش هفتگی آلومینیوم در بازار بورس کالا در اولین نمونه اعتبارسنجی

Table 2: Comparison of the evaluation results of different methods used to predict the amount of weekly sales of aluminum in the commodity exchange market in the first case of validation

مدل پیش‌بینی	میانگین انحراف مطلق (MAD)	میانگین مجذور خطا (MSE)	میانگین درصد خطای مطلق (MAPE)
شبکه عصبی	۱۹۴۳٫۸	۷۹۲۱۰۰۰	۲۷٫۸۳
آریما	۱۸۷۱٫۸	۴۳۹۲۵۰۰	۲۵٫۶۰
رگرسیون ساده	۱۶۲۱٫۵	۴۷۳۲۲۰۰	۲۰٫۸۴
هموارسازی نمایی	۱۶۱۵٫۳	۳۸۲۵۵۰۰	۲۱٫۰۴
یادگیری متا	۶۰۹٫۸	۶۳۳۰۹۰	۷٫۹۷

۶. نتیجه‌گیری

پیش‌بینی میزان فروش یکی از اقدام‌های اصلی در بازاریابی است. پیش‌بینی در بازاریابی علاوه بر برنامه‌ریزی فعالیت‌های بازاریابی در تحلیل جذابیت بازار، کنترل و بررسی عملکرد بازاریابی، اختصاص منابع، تولید و مدیریت انبار به کار گرفته می‌شود. تحلیل فرصت‌های بازاریابی نقش قلب فعالیت‌های بازاریابی را دارد و این تحلیل نیازمند پیش‌بینی دقیق میزان فروش است (Dibb & Simkin, 2012). اهمیت و جایگاه ویژه موضوع پیش‌بینی در بازاریابی توجه مدیران بازاریابی به این موضوع و تلاش پژوهشگران

نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که دقت روش یادگیری متا در مقایسه با دیگر روش‌های منتخب پیش‌بینی با استفاده از هر سه معیار سنجش دقت پیش‌بینی برتر است.

در نهایت، با توجه به تحلیل صورت گرفته و با وجود اینکه در مقاطع زمانی خاصی دقت پیش‌بینی به میزان چشمگیری کاهش می‌یابد که علت این موضوع می‌تواند ناشی از حوادث و رویدادهایی باشد که ریشه آنها در حالت کلی ناشناخته و یا پیش‌بینی‌ناپذیر است، می‌توان برتری دقت روش یادگیری متا را در مقایسه با دیگر روش‌های کاربردی پیش‌بینی نتیجه گرفت.

از معیارهای تعریف شده، سنجیده شده است. نتایج این مقایسه برتری دقت روش یادگیری متا را در برابر با روش های پایه ای نشان داده است. در پژوهش حاضر برای اعتبارسنجی نتایج به دست آمده مبنی بر برتری دقت پیش بینی روش یادگیری متا روش های مختلف پیش بینی (روش یادگیری متا و دیگر روش های منتخب) با شرایطی متفاوت از نو اجرا و سپس نتایج آنها ارزیابی شد. در پی این تحلیل، برتری دقت روش یادگیری متا نیز نشان داده شد. به این ترتیب، صحت نتیجه حاصل شده در بررسی نخست اثبات شده است.

قابلیت فراوان بهره برداری از روش یادگیری متا برای پیش بینی یکی از نتایجی است که محققان در این پژوهش به آن دست یافته اند که این نتیجه با نتایج پژوهش دینگ و همکاران (Ding et al., 2020) همخوانی دارد. از سوی دیگر، در این پژوهش در مقایسه دقت روش های پایه ای پیش بینی با یکدیگر، دقت روش شبکه عصبی برتری داشته است که این نتیجه با یافته پژوهش [فلاح \(۱۳۹۶\)](#) مطابقت دارد. نحوه استفاده از یادگیری متا برای حل مسئله پیش بینی میزان فروش، شکاف علمی مهم در پژوهش حاضر بوده است که نتایج به دست آمده در این پژوهش توانایی فراوان این روش را در حل مسئله پیش بینی نشان داده است.

با نگاهی کلی به پژوهش حاضر در روش یادگیری متا که یکی از ابزارهای نوین هوش مصنوعی و یادگیری ماشین است، برای بهبود و ارتقای روش های استفاده شده از جهت پیش بینی میزان فروش (همان طور که بیان شد، از اقدام های مهم مدیریتی و از ارکان بخش بازاریابی در سازمان هاست) از روش یادگیری متا استفاده شده است. نتایج به دست آمده در این پژوهش حاکی از موفقیت آمیز بودن استفاده از یکی از روش های نوین موجود در یادگیری ماشین (روش

حوزه بازاریابی را برای دستیابی به مدل های دقیق تر پیش بینی می طلبد. در این راستا، در پژوهش حاضر تلاش شده است تا با به کارگیری یکی از روش های نوین استفاده شده برای پیش بینی، مدلی دقیق تر نسبت به سایر مدل های رایج استفاده شده از جهت پیش بینی میزان فروش حاصل شود.

باتوجه به نوین بودن به کارگیری روش یادگیری متا برای پیش بینی میزان فروش سؤال اصلی پژوهش حاضر مبنی بر چگونگی اجرای این روش طرح شده است. برای پاسخ به این سؤال پس از بررسی مفاهیم اصلی و اصول مربوط به مبحث پیش بینی و موضوع یادگیری ماشین و یادگیری متا، دید اولیه و زمینه اجرای روش یادگیری متا حاصل و در ادامه، باتوجه به ابزارها و اصول مربوط، راهبرد اصلی به کارگیری روش یادگیری متا برای پیش بینی میزان فروش تعیین شده است. در گام بعدی با اجرای راهبرد اصلی تعیین شده در مرحله قبل بر داده های مربوط به میزان فروش آلومینیوم در بازار بورس کالای ایران و جزئیات مراحل مختلف اجرای روش یادگیری متا تعیین شد و در بخش نهایی با یکپارچه سازی نتایج حاصل شده از مراحل پیشین تحلیل داده ها، مدل یادگیری متا طراحی و اجرا شده است. به این ترتیب، پاسخ سؤال اصلی پژوهش حاضر مبنی بر چگونگی استفاده از روش یادگیری متا برای پیش بینی میزان فروش در طی مراحل ذکر شده به دست آمده است.

در این پژوهش علاوه بر چگونگی به کارگیری روش یادگیری متا برای پیش بینی میزان فروش، وضعیت دقت نتایج حاصل شده از اجرای این روش نیز بررسی شده است. در این راستا، نتایج حاصل از به کارگیری ۴ روش منتخب و استفاده شده برای پیش بینی در کنار نتایج حاصل از به کارگیری روش یادگیری متا مقایسه و سپس میزان دقت آنها با استفاده

در پژوهش‌های آینده برای کشف قابلیت‌های روش یادگیری متا می‌توان از این روش برای پیش‌بینی میزان فروش در بازارهای مختلف دیگر استفاده و عملکرد این روش را در بازار جدید ارزیابی کرد. یکی از مراحل اصلی اجرای روش یادگیری متا تعیین رویکرد بهره‌برداری از دانش متاست. در این پژوهش برای ترکیب مدل‌های پایه‌ای از یک رویکرد مشخص استفاده شده است. یک زمینه پژوهشی این است که رویکردهای مختلف بهره‌برداری از دانش متا برای ترکیب مدل‌های پایه‌ای به طور خاص، مطالعه شود تا نتایجی درباره رویکردهای برتر برای دستیابی به نتایج دقیق پیش‌بینی میزان فروش حاصل شود. همچنین، در پژوهش‌های آینده می‌توان از ترکیب متفاوت و یا ترکیبی از روش‌های پایه‌ای بیشتری در مدل یادگیری متا استفاده کرد. انتظار می‌رود که با افزایش روش‌های پایه‌ای استفاده‌شده در روش یادگیری متا دقت بهتر نتایج نهایی حاصل شود. میزان تأثیر اضافه کردن یک روش پایه‌ای بر نتایج نهایی مدل یادگیری متا یک زمینه پژوهشی برای پژوهشگران است.

منابع

سیفی، سحر (۱۳۹۷). *پیش‌بینی میزان فروش تلفن‌های همراه هوشمند با استفاده از الگوریتم‌های ترکیبی*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه خوارزمی.

<https://ganj.irandoc.ac.ir>

فلاح، مجتبی (۱۳۹۶). *ارائه یک سیستم پشتیبان تصمیم با استفاده از تکنیک‌های داده‌کاوی جهت پیش‌بینی فروش صنایع کاشی ایران (مطالعه موردی: برخی از صنایع کاشی میبد)*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران

<https://ganj.irandoc.ac.ir>

یادگیری متا) برای پیش‌بینی میزان فروش است. کارایی یکی از روش‌های یادگیری ماشین در یکی از بخش‌های مدیریتی سازمان، مؤید قابلیت‌های این حوزه علمی در زمینه مدیریت است. در بسیاری از پژوهش‌های صورت گرفته در این زمینه از یادگیری ماشین برای بهینه‌سازی تولید در صنایع، مدیریت اطلاعات، زمان‌بندی پروژه‌ها، مدیریت زنجیره تأمین، مدیریت و کنترل ریسک، مدیریت منابع و بسیاری از زمینه‌های مدیریتی دیگر استفاده شده است. نشان‌دادن کارایی استفاده از روش یادگیری متا برای حل یکی از مسائل مدیریتی می‌تواند از طرفی، منجر به کشف قابلیت‌های استفاده از ابزارهای یادگیری ماشین و به طور خاص روش یادگیری متا در حوزه مدیریت و از طرف دیگر، می‌تواند منجر به گرایش مدیران در استفاده از ابزارهای هوش مصنوعی، یادگیری ماشین و یادگیری متا در بخش‌های مختلف مدیریتی شود و به این ترتیب، ابزارهای در دسترس مدیران برای حل مسائل مدیریتی افزایش می‌یابد که این موضوع بر عملکرد مدیریت تأثیر مثبت می‌گذارد.

باتوجه به مدل پیش‌بینی فروش به دست آمده در این پژوهش می‌توان از این مدل برای پیش‌بینی میزان فروش در سازمان‌ها استفاده کرد. باتوجه به انعطاف‌پذیری روش یادگیری متا در حل مسئله پیش‌بینی میزان فروش می‌توان با استفاده از راهبرد طراحی مدل پیش‌بینی در این پژوهش به طراحی مدل‌های دیگر پیش‌بینی که با نیازهای سازمان‌ها تطابق داشته باشد، پرداخت. همچنین، شیوه بهره‌برداری از روش یادگیری متا که در این پژوهش استفاده شده است، می‌تواند در پژوهش‌های دیگری که موضوع پیش‌بینی در آنها مطالعه شده است، استفاده شود. این موارد از جمله پیشنهادها کاربردی برخاسته از نتایج این پژوهش است.

- marketing*. Red globe press London.
- Freeman, J. R., & Job, B. L. (1979). Scientific forecasts in international relations: Problems of definition and epistemology. *International Studies Quarterly*, 23(1), 113-143. <https://doi.org/10.2307/2600276>
- Gaudet, B., Linares, R., & Furfaro, R. (2020). Adaptive guidance and integrated navigation with reinforcement meta-learning. *Acta Astronautica*, 169, 180-190. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2020.01.007>
- Gilliland, M., Tashman, L., & Sglavo, U. (2021). *Business forecasting: The emerging role of artificial intelligence and machine learning*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781119782605>
- Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2012). *Forecasting: Principles and practice*. Otexts.
- Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2018). *Forecasting: Principles and practice*. Otexts.
- Kotler, P., & Keller, K. L. (2016). *Marketing management*. Harlow England.
- Lachtermacher, G., & Fuller, J. D. (1995). Back propagation in time-series forecasting. *Journal of Forecasting*, 14(4), 381-393. <https://doi.org/10.1002/for.3980140405>
- Larsen, K. R., & Becker, D. S. (2021). *Automated machine learning for business*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780190941659.001.0001>
- Li, Y., & Ying, F. (2011). *Multivariate time series analysis in corporate decision-making application*. International Conference of Information Technology, Computer Engineering and Management Sciences, China, Njing. 374-376. <https://doi.org/10.1109/icm.2011.306>
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C., & Hyndman, R. J. (2008). *Forecasting methods and applications*. John Wiley & Sons, Inc. [https://doi.org/10.1016/s0169-2070\(01\)00130-3](https://doi.org/10.1016/s0169-2070(01)00130-3)
- Masterocostas, P. A., Theocharis, J. B., & Petridis, V. S. (2001). A constrained orthogonal least-squares method for generating TSK fuzzy models: Application
- ## References
- Baxter, J. (2000). A model of inductive bias learning. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 12, 149-198. <https://doi.org/10.1613/jair.731>
- Brazdil, P., Giraud-Carrier, C., Soares, C., & Vilalta, R. (2009). *Metalearning metalearning: Applications to data mining*. Springer science & business media.
- Chen, S. H., & Wang, P. P. (2004). *Computational intelligence in economics and finance in computational intelligence in economics and finance*. Springer.
- Chen, Y., Fu, G., & Liu, X. (2020). Air-conditioning load forecasting for prosumer based on Meta ensemble learning. *IEEE Access*, 8, 123673-123682. <https://doi.org/10.1109/access.2020.2994119>
- David, F. R. (2011). *Strategic management concepts and cases*. Pearson education as prentice hall.
- Dibb, S., & Simkin, L. (2012). *Marketing briefs: A revision and study guide*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780080511085>
- Ding, S., Dong, C., Zhao, T., Koh, L., Bai, X., & Luo, J. (2020). A meta-learning based multimodal neural network for multistep ahead battery thermal runaway forecasting. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17(7), 4503-4511. <https://doi.org/10.1109/tii.2020.3015555>
- Dudin, M. N., Voykova, N. A., Frolova, E. E., Artemieva, J. A., Rusakova, E. P., & Abashidze, A. H. (2017). Modern trends and challenges of development of global aluminum industry. *Metalurgija*, 56 (1-2), 255-258. <https://hrcak.srce.hr/file/249347>
- Evans, J. A., & Foster, J. G. (2011). Metaknowledge. *Science*, 331(6018), 721-725. <https://doi.org/10.1126/science.1201765>
- Fallah, M. (2017). *Introducing a decision support system model to forecast sales on Iran's tile industries through some data mining techniques (The case of some Meybod tiles industries)* Master thesis, Iran University of Science and Technology. <https://ganj.irandoc.ac.ir/> [In Persian].
- Foster, D., & Davis, J. (1984). *Mastering*

- honor of Harold and Margaret sprout*, The Free Press, New York.
- Terui, N., & Li, Y. (2019). Measuring large-scale market responses and forecasting aggregated sales: Regression for sparse high-dimensional data. *Journal of Forecasting*, 38(5), 440-458. <https://doi.org/10.1002/for.2574>
- Zarnowitz, V. (1968). Prediction and forecasting, economic. *International Encyclopedia of Statistics*, 2, 716-733.
- Zhao, Y. (2021). Analysis and forecast of car sales based on R language time series. *Smart Innovations in Communication and Computational Sciences*. 1168, 197-207. https://doi.org/10.1007/978-981-15-5345-5_18
- to short-term load forecasting. *Fuzzy Sets and Systems*, 118(2), 215-233. [https://doi.org/10.1016/s0165-0114\(98\)00344-3](https://doi.org/10.1016/s0165-0114(98)00344-3)
- McClendon, L., & Meghanathan, N. (2015). Using machine learning algorithms to analyze crime data. *Machine Learning and Applications: An International Journal (MLAIJ)*, 2(1), 1-12. <https://doi.org/10.5121/mlaj.2015.2101>
- Mills, T. C. (2019). *Applied time series analysis: A practical guide to modeling and forecasting*. Academic press. <https://doi.org/10.32676/n.5.1.1>
- Montgomery, D. C., Jennings, C. L., & Kulahci, M. (2015). *Introduction to time series analysis and forecasting*. John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1111/jtsa.12203>
- Papalexopoulos, A. D., & Hesterberg, T. C. (1990). A regression-based approach to short-term system load forecasting. *IEEE Transactions on Power Systems*, 5(4), 1535-1547. <https://doi.org/10.1109/59.99410>
- Pal, A., & Prakash, P. K. S. (2017). *Practical time series analysis: Master time series data processing visualization and modeling using python*. Packt publishing Ltd. [Practical Time Series Analysis | Packt \(packtpub.com\)](https://www.packtpub.com/practical-time-series-analysis)
- Park, J. H., Park, Y. M., & Lee, K. Y. (1991). Composite modeling for adaptive short-term load forecasting. *IEEE Transactions on Power Systems*, 6(2), 450-457. <https://doi.org/10.1109/59.76686>
- Peixeiro, M. (2021). *Time series forecasting in python (MEAP v03)*. Manning publications. [Time Series Forecasting in Python \(manning.com\)](https://www.manning.com/books/time-series-forecasting-in-python)
- Seyfi, S. (2018). *Predicting smartphones sales by implementing combine algorithms* [Khwarazmi university master's thesis]. Ganj. <https://ganj.irandoc.ac.ir/> [In Persian].
- Shmueli, G., & Kenneth, C. (2016). *Practical time series forecasting with r: A hands-on guide*. Axelrod schnall publishers.
- Tanter, R. (1972). *Explanation, prediction and forecasting in international politics. The analysis of international politics. Essays in*

