



## Predicting Iran Cooperative Development Bank's Profit/Loss: Two-stage Collective Learning

**Seyed Bagher Fattahi**

PhD Candidate, Department of Financial Engineering, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran. E-mail: seyedbagherfattahi0@gmail.com

**Seyed Mozafar Mirbargkar** \*

\*Corresponding Author, Assistant Prof., Department of Management and Accounting, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran. E-mail: mirbargkar@yahoo.com

**Ebrahim Chirani**

Assistant Prof., Department of Management and Accounting, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran. E-mail: chirani@iaurasht.ac.ir

**Mohammadreza Vatanparast**

Assistant Prof., Department of Management and Accounting, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran. E-mail: vatanparast@iaurasht.ac.ir

### Abstract

#### Objective

This article aims to forecast Iran Cooperative Development Bank's profit/loss using a two-stage collective learning method. Employing machine learning for profit and loss prediction is a novel approach to numerical computations, aligning with the article's goal of leveraging big data. Hence, we employ a two-stage collective learning method utilizing Support Vector Machines, Decision Trees, and Weighted Averaging models for learning, testing, and predicting the profit/loss of the Cooperative Development Bank.

#### Methods

In the initial stage of machine learning, Support Vector Machines, and Decision Trees serve as the base models, while the second stage employs a weighted averaging approach. The combination of base learning models was utilized to initially test the prediction process on the performance of 35 branches of the Cooperative Development Bank nationwide from 2012 to 2021. The two-stage machine learning method relies on the utilization of 12 variables grouped into 5 factors for the task. These variables encompass interest-free loans and short-term deposits, deposit interest expenses, total customer deposits, income from facilities and investments, common income, cash balances, administrative expenses, long-term deposits, non-common income, asset depreciation expenses, and the bank's size. Relevant data for the study was obtained from the financial

statements of 35 branches of the Cooperative Development Bank spanning the years 2012 to 2021. To minimize prediction errors and facilitate ratio comparisons, all indicators mentioned were adjusted relative to the total value of the bank's assets. Furthermore, to minimize prediction errors and enhance the comparability of ratios, all the mentioned indicators were adjusted in proportion to the total value of the bank's assets. In the initial stage of applying this method, two machine learning models - Support Vector Machines and Decision Trees - were employed, followed by a weighted averaging approach in the second stage.

### Results

This article contrasts linear regression with machine learning approaches for predicting the Cooperative Development Bank's actual profit/loss. The results reveal notably high-performance accuracy, evidenced by an MAE metric of 5.66 and an MSE metric of 620.34. Additionally, the correlation between training data and predictions from the two-stage collective machine learning stands at 0.9977. Following this method's performance assessment, it is subsequently employed to predict the Cooperative Development Bank's profit/loss for the years 2022 to 2027.

### Conclusion

The results, showcasing the high efficiency of the two-stage collective machine learning method, suggest that managers can employ these approaches for profit/loss prediction in banks. Based on this method, and under normal conditions without abnormal or non-normal circumstances, the obtained results indicate a prospective decrease in the accumulated losses of the Cooperative Development Bank in future years, leading to an ultimate increase in profits by the year 1405. The results of data analysis reveal that the average ratio of the net profit or loss of the bank to its total assets has been computed in a manner that reflects the average profitability of the bank branches over the research period.

**Keywords:** Two-stage collective machine learning, Support vector machines, Decision trees, Profit/loss prediction, Iran cooperative development bank.

**Citation:** Fattahi, Seyed Bagher; Mirbargkar, Seyed Mozafar; Chirani, Ebrahim & Vatanparast, Mohammadreza (2023). Predicting Iran Cooperative Development Bank's Profit/Loss: Two-stage Collective Learning. *Financial Research Journal*, 25(4), 596-613. <https://doi.org/10.22059/FRJ.2023.359246.1007464> (in Persian)



## پیش‌بینی سود/زیان بانک توسعه تعاون مبتنی بر روش یادگیری جمعی دومرحله‌ای

سید باقر فتاحی

دانشجوی دکتری، گروه مهندسی مالی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت ایران. رایانامه: seyedbagherfattahi0@gmail.com

سید مظفر میربرگ کار \*

\* نویسنده مسئول، استادیار، گروه مدیریت و حسابداری، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت ایران. رایانامه: mirbargkar@yahoo.com

ابراهیم چیرانی

استادیار، گروه مدیریت و حسابداری، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت ایران. رایانامه: chirani@iaurasht.ac.ir

محمد رضا وطن پرست

استادیار، گروه مدیریت و حسابداری، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت ایران. رایانامه: vatanparast@iaurasht.ac.ir

### چکیده

**هدف:** در این مقاله به پیش‌بینی سود/زیان بانک توسعه تعاون، مبتنی بر روش یادگیری جمعی دومرحله‌ای پرداخته شده است. مدل‌سازی پیش‌بینی سود و زیان با استفاده از روش‌های یادگیری ماشین، به‌عنوان یکی از تکنیک‌های نوین در محاسبات عددی با بهره‌گیری از کلان‌داده، از جمله اهداف این مقاله است. بدین ترتیب، در این مقاله از روش ماشین یادگیری جمعی دومرحله‌ای، مبتنی بر مدل‌های ماشین بردار پشتیبان، درخت تصمیم‌گیری و میانگین وزنی، برای یادگیری و آزمون و پیش‌بینی سود/زیان بانک توسعه تعاون استفاده شده است.

**روش:** مدل‌های پایه به‌کار رفته در مرحله اول، ماشین یادگیری، ماشین بردار پشتیبان و درخت تصمیم‌گیری است و در مرحله دوم، از میانگین وزنی استفاده شده است. بر اساس ترکیب مدل‌های پایه یادگیری، ابتدا به آزمون و یادگیری روند پیش‌بینی ۳۵ شعبه بانک توسعه تعاون در ایران، طی سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰ پرداخته شد. این روش مبتنی بر یادگیری ماشین دومرحله‌ای است که برای انجام این کار از ۱۲ متغیر (نسبت مالی) در پنج عامل دسته‌بندی‌شده استفاده شده است. این متغیرها به‌ترتیب عبارت‌اند از: سپرده‌های قرض‌الحسنه، سپرده‌های کوتاه‌مدت، هزینه سود سپرده، سپرده‌های مشتریان، درآمد تسهیلات و سپرده‌گذاری، درآمدهای مشاع، موجودی نقدی، هزینه‌های اداری، سپرده‌های بلندمدت، درآمدهای غیرمشاع، هزینه استهلاک دارایی و اندازه بانک. برای دستیابی به داده‌های مدنظر، از صورت‌های مالی ۳۵ شعبه بانک توسعه تعاون، طی سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰ استفاده شد. همچنین برای کاهش خطای پیش‌بینی و قابلیت مقایسه نسبت‌ها، تمامی شاخص‌های یادشده نسبت به ارزش کل دارایی‌های بانک تعدیل شد. در این روش و در مرحله اول، از دو مدل یادگیری ماشین بردار پشتیبان و درخت تصمیم‌گیری و در مرحله دوم از روش میانگین وزنی استفاده شد.

**یافته‌ها:** یافته‌های مقاله در خصوص یادگیری و مقایسه آن با روش رگرسیون خطی و همچنین سود/زیان واقعی بانک توسعه تعاون، نشان داد که دقت عملکرد این روش بسیار زیاد است؛ به‌گونه‌ای که معیار MAE برابر با ۵/۶۶ و معیار MSE برابر با ۶۲۰/۳۴ به‌دست آمد. همچنین هم‌بستگی بین داده‌های آموزش‌دیده و پیش‌بینی‌شده‌ای که از یادگیری ماشین جمعی دو مرحله‌ای به‌دست آمد، برابر با ۰/۹۹۷۷ بود. پس از بررسی کارایی این روش، به پیش‌بینی سود/زیان بانک توسعه تعاون برای سال‌های ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۵ پرداخته شد.

**نتیجه‌گیری:** نتایج به‌دست‌آمده از کارایی بالای روش ماشین یادگیری جمعی دومرحله‌ای، نشان می‌دهد که مدیران می‌توانند از این روش‌ها در پیش‌بینی سود/زیان بانک‌ها استفاده کنند. بر اساس روش یادگیری ماشین دو مرحله‌ای، اگر شرایط نامتعارف و غیرنرمالی وجود نداشته باشد، در سال‌های آتی و در نهایت در سال ۱۴۰۵، زیان انباشته شده بانک توسعه تعاون کاهش و سود آن افزایش خواهد یافت. بر اساس نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها، میانگین نسبت سود یا زیان خالص بانک به کل دارایی‌های آن، به نحوی است که زیان‌دهی متوسط شعب بانک را طی دوره پژوهش گزارش می‌دهد.

**کلیدواژه‌ها:** ماشین یادگیری جمعی دو مرحله‌ای، ماشین بردار پشتیبان، درخت تصمیم‌گیری، پیش‌بینی سود/زیان، بانک توسعه تعاون.

**استناد:** فتاحی، سید باقر؛ میربرگ کار، سید مظفر؛ چیرانی، ابراهیم و وطن‌پرست، محمدرضا (۱۴۰۲). پیش‌بینی سود/زیان بانک توسعه تعاون مبتنی بر روش یادگیری جمعی دومرحله‌ای. *تحقیقات مالی*، ۲۵ (۴)، ۵۹۶-۶۱۳.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۴

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۵/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۰۱

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۰/۳۰

doi: <https://doi.org/10.22059/FRJ.2023.359246.1007464>

تحقیقات مالی، ۱۴۰۲، دوره ۲۵، شماره ۴، صص. ۵۹۶-۶۱۳

ناشر: دانشکده مدیریت دانشگاه تهران

نوع مقاله: علمی پژوهشی

© نویسندگان

## مقدمه

در طول دو دهه گذشته، بانکداری در اقتصادهای نوظهور تحولات شایان توجهی داشته است. حمایت از رشد شدید تولید داخلی و تسهیل شرایط برای تأمین اعتبار در بازارهای جهانی، به‌ویژه پس از بزرگ‌ترین بحران مالی، اعتبار بانکی در بخش خصوصی را طی دهه اخیر با رشد همراه کرده است (باتن و وو<sup>۱</sup>، ۲۰۱۹). از طرفی، هزینه‌های استقراض پایین و در دسترس بودن بیشتر بودجه نیز، باعث افزایش مصرف و سرمایه‌گذاری می‌شود. در همین زمان، توسعه سریع اعتبارات باعث افزایش بارهای بدهی بخش خصوصی نیز شده است (موستاک<sup>۲</sup>، ۲۰۱۷).

فعالیت‌های مالی بانک با ارائه تسهیلات از محل سپرده‌های اصلی و با هزینه اندک آغاز شده و تا مزایده سپرده‌ها با قیمت‌های بالاتر تداوم می‌یابد (کریگ و دینگر<sup>۳</sup>، ۲۰۱۳). در حقیقت، وام و سپرده‌های بانکی یکدیگر را تحریک می‌کنند؛ به طوری که افزایش نرخ سپرده‌گذاری، گویای رشد درخواست وام است (مسلیر، تاکنگ و ترازوی<sup>۴</sup>، ۲۰۱۴). طی چند دهه اخیر، به دلیل بهبود و توسعه امنیت سیستم بانکی و همچنین پدیدار شدن بحران‌های مالی، نرخ سپرده‌گذاری در بانک‌ها رشد داشته است (عمار و بوقرارا<sup>۵</sup>، ۲۰۱۹). بانک‌ها در ابتدا، به منظور جذب سپرده با یکدیگر در رقابت بودند؛ اما با افزایش هزینه‌های نگهداری از سپرده‌ها، بانک‌ها به منظور تأمین هزینه‌های خود، به تعریف فعالیت‌های مالی جدید وادار شده‌اند (اشرف، رامادی و آلبینالی<sup>۶</sup>، ۲۰۱۶). این افزایش در هزینه‌های نگهداری از سپرده‌ها و تلاش بانک‌ها در راستای پوشش هزینه نگهداری از سپرده‌ها، به روی آوری آن‌ها به منابع کسب درآمد جدید منجر شده است. درآمدهای بانک، مهم‌ترین عامل فعالیت‌های تأمین مالی آن‌ها به‌شمار می‌آیند (نیس، ترازوی و ترینوگروهو<sup>۷</sup>، ۲۰۱۵)؛ از این رو منابع درآمد بانک‌ها، طی چند دهه گذشته، تغییرات چشمگیری کرده و میزان تنوع درآمد بانک‌ها دستخوش تغییر شده است (بیتار، پوکتوانگتنگ و واکر<sup>۸</sup>، ۲۰۱۸). تنوع درآمد یکی از عوامل اصلی وابستگی روزافزون بانک‌ها به درآمدهای مبتنی بر هزینه است و به همین علت، پایداری مالی کل سیستم مالی با ریسک مواجه می‌شود (اشرف و گدارد<sup>۹</sup>، ۲۰۱۲). از این رو پیش‌بینی درآمد بانک‌ها در راستای طرح‌ریزی بودجه و فرایندهای مدیریتی، به یکی از چالش‌های پیش روی مدیران تبدیل شده است. از دیدگاه بودجه‌ریزی، پیش‌بینی درآمد، باعث کاهش نقش انحصاری متخصصان مالی می‌شود و چالش سالمی را از منظر مالی در فرایند بودجه‌بندی اعمال می‌کند. این پیش‌بینی باعث افزایش اعتمادبه‌نفس سهام‌داران و مشتریان شده و بانک‌ها می‌توانند با اعمال رویه‌های مدیریت ریسک، ریسک‌های پیش روی خود را کنترل کنند و کاهش دهند (شیردار، گلشن، ایزمان و قدسیه<sup>۱۰</sup>، ۲۰۱۴). از این رو مطالعات متعددی در خصوص پیش‌بینی میزان

1. Batten & Vo
2. Mostak
3. Craig & Dinger
4. Meslier, Tacneng & Tarazi
5. Ammar & Boughrara
6. Ashraf, Ramady & Albinali
7. Nys, Tarazi & Trinugroho
8. Bitar, Pukthuanthong & Walker
9. Ashraf & Goddard
10. Shirdar, Golshan, Izman & Ghodsiyeh

سودآوری (یا زیان دهی) بنگاه‌های تجاری و به‌خصوص بانک‌ها انجام شده و روش‌ها و مدل‌های متفاوتی در راستای پیش‌بینی سودآوری توسط محققان ارائه شده است (بولارینوا، اومبه و اولانییی<sup>۱</sup>، ۲۰۱۹). انتخاب متغیرهای این پژوهش، با ساختار مالی داخل و در دسترس بودن مقادیر آن‌ها در سیستم داده‌پردازی بانک‌ها و نیز با ادبیات تحقیق در پژوهش‌های گذشته متناسب بوده است.

ادبیات پژوهش در این حوزه و مطالعات تجربی آن، نشان می‌دهد که انواع مدل‌های پیش‌بینی را می‌توان در قالب مدل‌های سری زمانی، شبکه‌های عصبی مصنوعی و روش‌های تلفیقی دسته‌بندی کرد (جمار، جمار و گازمان پارا<sup>۲</sup>، ۲۰۱۹). در مدل‌های سری زمانی می‌توان برآزش الگوهای شناخته شده‌ای چون: مدل‌های خودبازگشت رگرسیونی، رگرسیون سری‌های زمانی، مدل‌های واریانس ناهم‌سان شرطی و از این قبیل را در زمره عمده‌ترین روش‌های ارائه مدل جهت پیش‌بینی معرفی کرد (بونگو<sup>۳</sup>، ۲۰۱۹). در گروه تحقیقات انجام شده از طریق شبکه‌های عصبی مصنوعی نیز الگوریتم‌های ابتکاری و فراابتکاری (مانند الگوریتم ژنتیک، الگوریتم کلونی مورچگان و...) به‌طور غالب در راستای پیش‌بینی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در تحقیقاتی که از روش‌های آمیخته بهره گرفته می‌شود و حجم اندکی از تحقیقات حوزه پیش‌بینی را تشکیل می‌دهد، مدل‌های کلاسیک رگرسیونی به‌منظور پیش‌بینی برآورد شده و سپس پارامترهای مدل به روش‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی و مدل‌های برنامه‌ریزی خطی بهبود می‌یابند (چودری و جایاسکرا<sup>۴</sup>، ۲۰۱۴). عمده تفاوت دو روش کلاسیک و شبکه‌های عصبی مصنوعی را می‌توان در این دانست که شبکه‌های عصبی مصنوعی، به‌طور عمده داده‌محورند و محاسبات و پیش‌بینی آن‌ها بر فرایند یادگیری و آزمون مبتنی است؛ از این رو در مقایسه با روش‌های کلاسیک، کارایی بیشتری دارند. از جمله روش‌های مبتنی بر یادگیری و آزمون، ماشین یادگیری جمعی دو مرحله‌ای است که در آن، از مدل‌های پایه مختلفی جهت یادگیری و آزمون داده‌ها استفاده می‌شود. از جمله می‌توان به روش‌های ماشین بردار پشتیبان و درخت تصمیم‌گیری اشاره کرد. در صورتی که روش‌های پایه یادگیری با یکدیگر ادغام شوند، فرایند یادگیری با کاهش خطا و پیش‌بینی دقیق‌تر صورت خواهد پذیرفت. در این مقاله نیز از روش ماشین یادگیری جمعی دو مرحله‌ای مبتنی بر مدل‌های ماشین بردار پشتیبان، درخت تصمیم‌گیری و میانگین وزنی برای یادگیری، آزمون و پیش‌بینی سود/زیان بانک توسعه‌ی تعاون استفاده شده است. از این رو، بر اساس ۱۲ متغیر مختلف طی سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰، ابتدا به یادگیری و سپس به پیش‌بینی سود/زیان بانک توسعه‌ی تعاون، طی سال‌های ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۵ پرداخته شده است. در نهایت مقایسه‌ای از نتایج این روش با روش رگرسیون خطی انجام پذیرفته است.

در ادامه، مقاله بدین صورت ساختار بندی شده است. در بخش دوم، به مرور ادبیات تحقیق پرداخته می‌شود. در بخش سوم، روش ماشین یادگیری جمعی دو مرحله‌ای معرفی شده است. در بخش چهارم نتایج یادگیری ماشین و رگرسیون تجزیه و تحلیل شده و در بخش پنجم، به نتیجه‌گیری و ارائه راه کارهای آتی پرداخته شده است.

1. Bolarinwa, Obembe & Olaniyi
2. Gemar, Gemar & Guzman-Parra
3. Boungou
4. Choudhry & Jayasekera

## پیشینه نظری پژوهش

پژوهشگران مدل‌های مختلفی را برای پیش‌بینی انواع حوزه‌ها، از جمله بانکداری و مدیریت مالی ارائه کرده‌اند. طالبیان مقدم، شیرکوند، دهقان و محمدی، (۱۴۰۲). خسرویانی و حیدرپور (۱۴۰۱) به مدل‌سازی پیش‌بینی ریسک نقدینگی هشت بانک دولتی ایران با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و شاخص‌های حسابداری پرداخته‌اند.

یعقوبی و فضل‌ی (۱۴۰۰) با استفاده از رویکرد هیبریدی تحلیل پوششی داده‌های تصادفی پویا و الگوریتم‌های فراابتکاری، مدلی را برای پیش‌بینی کارایی بانک، بر اساس شاخص‌های بانکداری نوین ارائه داده‌اند. برای حل مدل در این پژوهش، دو الگوریتم هیبریدی از ترکیب شبیه‌سازی مونت کارلو (MC) با الگوریتم‌های ژنتیک (GA) و رقابت استعماری (ICA) طراحی شد.

سیادت‌ی (۱۳۹۹) به بررسی تأثیرگذاری خصوصی‌سازی بر کیفیت سود گزارش شده قبل و بعد از واگذاری در بانک‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران پرداخت. نتایج این پژوهش نشان داد که بین کیفیت اقلام تعهدی قبل از خصوصی‌سازی و بعد از آن، رابطه معناداری وجود دارد.

آقاسی، مهرگان و آسیما (۱۳۹۸) به ارائه مدل پویای ارزشیابی سهام بانک‌ها پرداخته‌اند. برای این منظور، از دو الگوی ARIMA و ARDL استفاده شد و نتایج نشان داد که هر دو الگو، برای پیش‌بینی نسبت قیمت به ارزش دفتری بانک قابلیت مطلوبی دارند؛ ولی میزان دقت الگوی ARDL بیشتر است.

قاسمی، بهرامی و شعبانی جفرودی (۱۳۹۷) به پیش‌بینی شکاف دارایی - بدهی پویا در صنعت بانکداری ایران با کاربرد الگوی عصبی - فازی تطبیقی و الگوی حافظه بلندمدت پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد که دقت هر دو الگو در پیش‌بینی شکاف پویا عالی بوده است؛ با وجود این نتایج مدل‌سازی با استفاده از الگوی حافظه بلندمدت، از دقت بیشتری در این خصوص برخوردار است.

مهربان‌پور، نادری نورعینی، اینال و اشعری (۱۳۹۶) به بررسی عوامل مؤثر بر سودآوری بانک‌ها پرداختند. در این پژوهش عوامل مؤثر بر سودآوری بانک‌ها، به دو گروه عمده دسته‌بندی شده است: گروه اول، معیارهای مختص به هر بانک است و گروه دوم معیارها، فاکتورهای مربوط به ساختار صنعت و محیط کلان اقتصادی را شامل می‌شود. نتایج پژوهش نشان داد که ساختار دارایی‌ها، تنوع درآمدی، رشد اقتصادی و تورم با سودآوری بانک‌ها رابطه مثبت دارد و سرمایه، ساختار مالی، اندازه، رقابت بانکی و نرخ بهره با سودآوری رابطه منفی دارد.

حیدر و محمد<sup>۱</sup> (۲۰۲۲) به بررسی تأثیر کووید ۱۹ بر عوامل تعیین‌کننده سودآوری بانک‌های اقتصادهای توسعه‌یافته و در حال توسعه پرداختند. نتایج نشان داد که کووید ۱۹ باعث کاهش سود در بانک‌های اروپایی همگن شده است؛ در حالی که سودآوری بانک‌های آسیای جنوبی، در طول بحران کووید ۱۹ افزایش یافته است.

ایسایاس و مک‌میلان<sup>۲</sup> (۲۰۲۲) به شناسایی عوامل تعیین‌کننده سودآوری بانک‌های اتیوپی پرداختند. نتایج پژوهش

نشان داد که اندازه بانک، نسبت نقدینگی، ملموس بودن دارایی، کفایت سرمایه، اهرم و نرخ رشد تولید ناخالص داخلی واقعی، بر سودآوری بانکها تأثیر مثبت و معناداری دارد.

هان، نیوونهایسن، دی وریس، بلوخویس و شفر<sup>۱</sup> (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای عملکرد یادگیری ماشین و یادگیری عمیق را در پیش انتخاب سهام با یکدیگر مقایسه کردند. آنها در تشکیل پورتفولیو، پیش‌بینی بازگشت یادگیری ماشین و یادگیری عمیق را با تأکید بر پیشرفت بهینه‌سازی پورتفولیو همراه با پیش‌بینی بازده، ترکیب کردند. نتایج نشان داد که مدل پیشرفته میانگین واریانس با پیش‌بینی تصادفی جنگل، بهترین عملکرد را دارد.

چن، ژنگ، مهلووات و جیا<sup>۲</sup> (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای پیش‌بینی سهام را در انتخاب نمونه کارها ادغام کردند تا ویژگی‌های آینده را به تصویر بکشد. آنها یک مدل ترکیبی به نام IFAXGBoost برای پیش‌بینی قیمت سهام توسعه دادند. مدل پیش‌بینی IFAXGBoost در مدل میانگین واریانس گنجانده شده است. آزمایش‌های گسترده، اثربخشی روش پیشنهادی را نشان داد.

اوزیلی<sup>۳</sup> (۲۰۲۱) به مقایسه عوامل تعیین‌کننده سودآوری بانک در ایالات متحده، نیجریه و آفریقای جنوبی پرداخت. یافته‌های این پژوهش نشان داد که کارایی هزینه، اندازه وام‌های غیرجاری و نسبت هزینه‌ها، عوامل تعیین‌کننده چشمگیری در سودآوری بخش بانکی هستند.

آچسانی و کسیم<sup>۴</sup> (۲۰۲۱) به شناسایی عوامل تعیین‌کننده سودآوری بانکداری اندونزی پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که بانک‌های تجاری سودآورتر از بانک‌های اسلامی هستند. در مقایسه با رگرسیون ترکیبی، از نظر معناداری متغیرهای مستقل و رابطه آن با متغیر وابسته برای رگرسیون بانکی تجاری، تفاوت معناداری وجود ندارد.

هوروبت، رادولسکو، بلاسکو و دیتا<sup>۵</sup> (۲۰۲۱) به شناسایی عوامل تعیین‌کننده سودآوری بانک در کشورهای اروپای شرقی و مرکزی پرداختند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که نرخ بیکاری، تورم، تراز بودجه، اعتبارات غیردولتی، نرخ وام‌های غیرجاری، نرخ تمرکز و نرخ سرمایه بر سودآوری بانکها در بخش‌های بانکی اروپای شرقی و مرکزی تأثیر منفی دارند.

لی و نگو<sup>۶</sup> (۲۰۲۰) به شناسایی عوامل پیش بین سودآوری بانکها پرداختند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که تعداد کارت‌های بانکی صادر شده، تعداد دستگاه‌های خودپرداز (ATM) و تعداد پایانه‌های نقطه فروش (POS) می‌تواند سودآوری بانک را بهبود بخشد.

پایوا، کاردوسو، هانائوکا و دوارته<sup>۷</sup> (۲۰۱۹) یک مدل تصمیم‌گیری برای سرمایه‌گذاری‌های تجاری روزانه در بازار سهام پیشنهاد کردند. در این راستا رویکرد تلفیقی بین، ماشین بردار پشتیبان و انتخاب پورتفولیو نتایج چشمگیری را نشان

1. Han, Nieuwenhijzen, De Vries, Blokhuis & Schaefer

2. Chen, Zhang, Mehawat & Jia

3. Ozili

4. Achسانی & Kassim

5. Horobet, Radulescu, Belascu & Dita

6. Le & Ngo

7. Paiva, Cardoso, Hanaoka & Duarte



داد. از جمله اینکه هر چه سود هدف تعریف شده بیشتر باشد، عملکرد ماشین بردار پشتیبان بهتر است. هزینه‌های دلالی می‌تواند یک محدودیت قوی برای امکان سنجی مدل پیشنهادی باشد.

سولین، آلامسیاه، ریکوماهو و ساپوترا<sup>۱</sup> (۲۰۱۹) با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک به بهینه‌سازی سبد سهام پرداختند. هدف آن‌ها پیش‌بینی ارزش سهام آینده با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و سپس بهینه‌سازی سبد سهام با الگوریتم ژنتیک با هدف دستیابی به بیشترین بازده سبد سهام و حداقل ارزش ریسک بود.

باتن و وو<sup>۲</sup> (۲۰۱۹) به شناسایی عوامل پیش‌بین سودآوری بانک‌های ویتنامی پرداختند. یافته‌های این مقاله نشان داد که اندازه بانک، کفایت سرمایه، ریسک، هزینه و بهره‌وری بر سودآوری تأثیر قوی دارند.

ماکریداکیس، اسپیلیوتیس و آسیماکوپولوس<sup>۳</sup> (۲۰۱۸) به بررسی روش‌های پیش‌بینی آماری و مبتنی بر یادگیری ماشینی پرداختند و روش‌های منتخب از هر دو رویکرد را مورد مقایسه قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که روش‌های مبتنی بر یادگیری ماشینی، نیازهای محاسباتی بیشتری نسبت به روش‌های کلاسیک آماری دارند.

تا، لیو و آدیس<sup>۴</sup> (۲۰۱۸) در مقاله‌ای برای نشان دادن اینکه چگونه تکنیک‌های یادگیری ماشین می‌توانند معاملات کمی را برآورده کنند، از رگرسیون خطی و مدل‌های رگرسیون برداری پشتیبانی برای پیش‌بینی حرکت سهام و چندین تکنیک بهینه‌سازی برای بهینه‌سازی بازده و کنترل ریسک در معاملات، استفاده کردند. با وجود شکاف بین مدل‌سازی پیش‌بینی و معاملات واقعی، استراتژی معاملاتی پیشنهادی به بازدهی بالاتری دست یافت.

مطالعات پیشین نشان می‌دهد که استفاده از روش‌های ماشین یادگیری جمعی، نسبت به روش‌های کلاسیک کارایی بیشتری دارند. از این رو با تمرکز بر این روش، به پیش‌بینی سود/زیان بانک توسعه تعاون در کشور ایران پرداخته شده است. در روش بیان شده از مدل‌های مختلف پایه جهت آزمون، یادگیری و پیش‌بینی استفاده شده است.

## روش‌شناسی پژوهش

هدف از این مقاله، پیش‌بینی سود/زیان بانک توسعه تعاون با توجه به ۱۲ متغیر دسته‌بندی شده در جدول ۱ است. همان طوری که قبلاً تبیین شد، انتخاب متغیرهای در این پژوهش با ساختار مالی داخل و در دسترس بودن مقادیر آن‌ها در سیستم داده‌پردازی بانک‌ها و همچنین با ادبیات پژوهش در پژوهش‌های گذشته متناسب بوده است.

برای این امر، ۳۵ شعبه از بانک توسعه تعاون انتخاب و داده‌های مربوط به جدول ۱ طی سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰ جمع‌آوری شده است. همچنین برای کاهش خطای پیش‌بینی و قابلیت مقایسه نسبت‌ها، تمامی شاخص‌های مذکور نسبت به ارزش کل دارایی‌های بانک تعدیل شده‌اند. از این رو ابتدا با استفاده از روش یادگیری ماشین جمعی دو مرحله‌ای، داده‌های جمع‌آوری شده طی سال‌های مورد مطالعه آموزش داده شد و پس از آن، سود و زیان بانک توسعه تعاون، در ۵ سال آتی پیش‌بینی شده است.

1. Solin, Alamsyah, Rikumahu & Saputra
2. Batten & Vo
3. Makridakis, Spiliotis & Assimakopoulos
4. Ta, Liu & Addis

## جدول ۱. تخصیص نسبت‌های مالی به عوامل مکنون

عامل	متغیرها (نسبت‌های مالی)
عملکرد جذب سپرده	سپرده‌های قرض الحسنه، سپرده‌های کوتاه مدت، هزینه سود سپرده، سپرده‌های مشتریان.
درآمدزایی مبتنی بر تسهیلات	درآمد تسهیلات و سپرده‌گذاری، درآمدهای مشاع.
مدیریت موجودی و هزینه	موجودی نقدی، هزینه‌های اداری.
عملکرد جذب سپرده مدت دار	سپرده‌های بلندمدت، درآمدهای غیرمشاع.
هزینه استهلاک متناسب با دارایی‌ها	هزینه استهلاک دارایی، اندازه بانک.

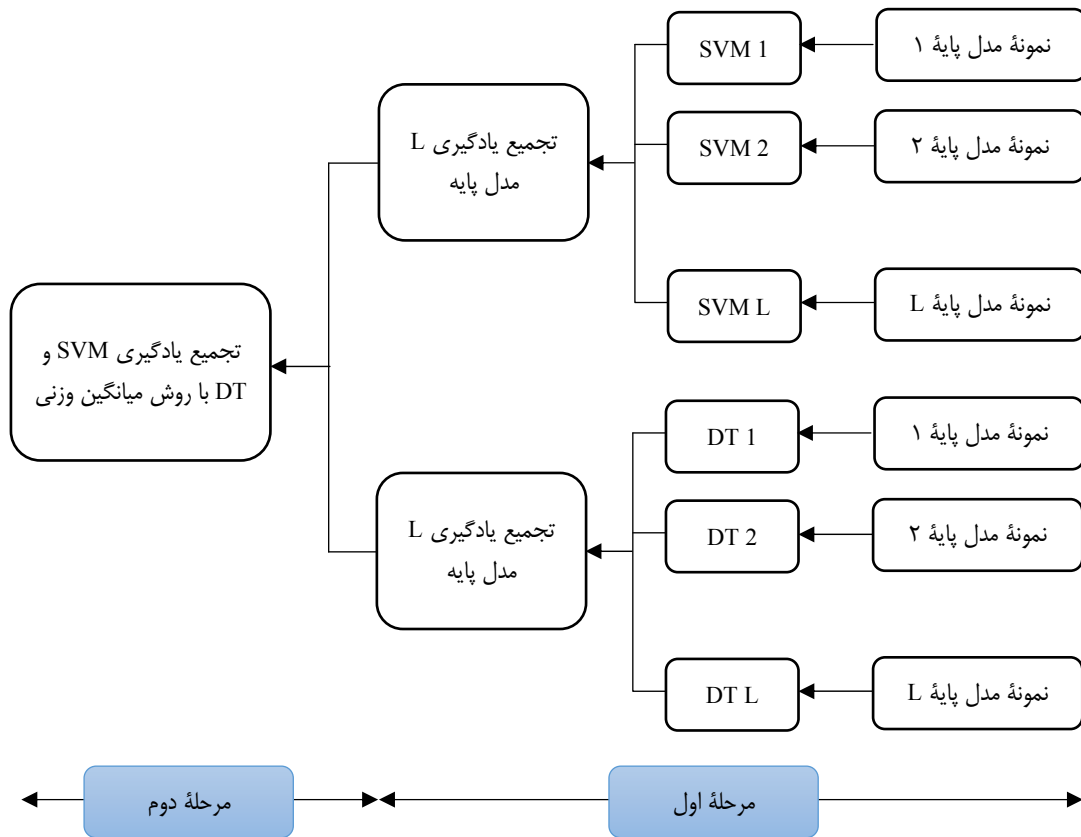
روش‌های یادگیری ماشین که از الگوشناسی و نظریه یادگیری محاسباتی الهام گرفته‌اند، مطالعه و ساخت الگوریتم‌هایی را بررسی می‌کنند که می‌توانند بر اساس داده‌ها، یادگیری و پیش‌بینی انجام دهند. چنین الگوریتم‌هایی از دستورهای برنامه پیروی نمی‌کنند و از طریق مدل‌سازی از داده‌های ورودی نمونه، پیش‌بینی یا تصمیم‌گیری را انجام می‌دهند. در یادگیری ماشین، امکانی برای توسعه نرم‌افزار فراهم می‌آید که بخشی از قواعد سیستم نرم‌افزاری که به‌واسطه تحلیل و طراحی توسط تحلیلگر و طراح قابل استخراج نیست، از داده‌های گذشته به‌دست آید. استفاده از ماشین یادگیری با استفاده از مدل‌های پایه به‌عنوان مدل یادگیری جمعی کمک می‌کند تا سود/زیان بانک در سال‌های بعدی مشخص شود. بر اساس مدل ارائه شده برای ماشین یادگیری جمعی، در مرحله اول دو مدل یادگیری ماشین بردار پشتیبان (SVM) و درخت تصمیم‌گیری (DT) وجود دارد که به‌طور جداگانه به یادگیری و آموزش می‌پردازند. در این روش، کل مجموعه آموزش به تعدادی دسته متمایز تقسیم شده و فقط درصدی از کل مجموعه داده برای آموزش هر یادگیر استفاده می‌شود. با این کار، L مدل یادگیری پایه مشابه، با استفاده از مجموعه داده‌های متفاوتی آموزش می‌بینند و در نتیجه، تجمیع نتایج آن‌ها می‌تواند باعث کاهش خطای پیش‌بینی شود. در مرحله دوم با استفاده از روش میانگین وزنی، مدل نهایی یادگیری جمعی دو مرحله‌ای جهت پیش‌بینی سود/زیان استفاده می‌شود (تاو و همکاران، ۲۰۱۸).

بر اساس داده ورودی، با استفاده از ماشین یادگیری جمعی دو مرحله‌ای مطابق با شکل ۱ به پیش‌بینی سود/زیان بانک در سال آینده پرداخته می‌شود. تجمیع نتایج هر یک از روش‌های یادگیری برای نمونه‌های مورد مطالعه در سال آتی، بر اساس دقت پیش‌بینی مدل با استفاده از معیارهای MAE و MSE انجام می‌پذیرد. رابطه‌های ۱ و ۲ دقت پیش‌بینی مدل را نشان می‌دهد.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |PR_i - \widehat{PR}_i| \quad \text{رابطه ۱}$$

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (PR_i - \widehat{PR}_i)^2 \quad \text{رابطه ۲}$$

در روابط فوق،  $n$  برابر با تعداد مشاهدات خارج از نمونه مورد پیش‌بینی،  $PR_i$  برابر با مقدار محقق شده سود/زیان بانک در دوره  $i$  و  $\widehat{PR}_i$  برابر با مقدار پیش‌بینی شده سود/زیان بانک تحت مدل در دوره  $i$  است.



شکل ۱. مدل یادگیری ماشین جمعی دو مرحله‌ای

### روش یادگیری ماشین بردار پشتیبان (SVM)

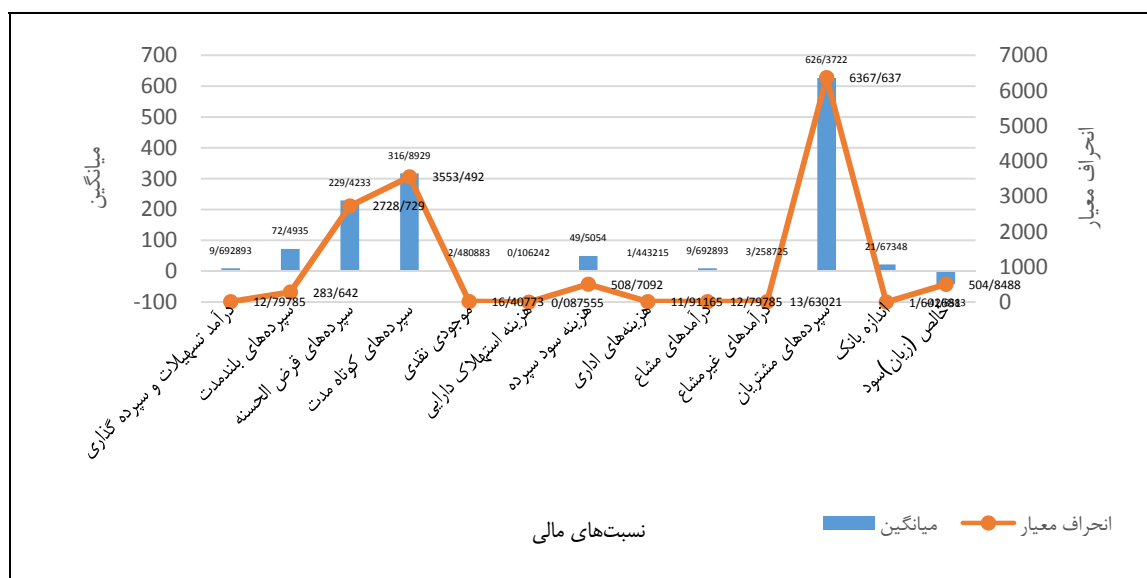
ماشین بردار پشتیبان یکی از روش‌های یادگیری با نظارت است که از آن برای طبقه‌بندی و رگرسیون استفاده می‌کنند. این روش از جمله روش‌های نسبتاً جدیدی است که در سال‌های اخیر، کارایی خوبی نسبت به روش‌های قدیمی‌تر برای طبقه‌بندی نشان داده است. مبنای کاری دسته‌بندی‌کننده SVM دسته‌بندی خطی داده‌هاست و در تقسیم خطی داده‌ها، سعی می‌شود که خطی انتخاب شود تا حاشیه اطمینان بیشتری داشته باشد. حل معادله پیدا کردن خط بهینه برای داده‌ها، از طریق روش‌های QP صورت می‌گیرد که روش‌های شناخته شده‌ای در حل مسائل محدودیت‌دار هستند. قبل از تقسیم خطی برای اینکه ماشین بتواند داده‌های بسیار پیچیده را دسته‌بندی کند، داده‌ها به وسیله تابع  $\phi$  به فضای با ابعاد خیلی بالاتر برده می‌شود (ما، هان و ونگ، ۲۰۲۱).

### درخت تصمیم (DT)

درخت تصمیم، روشی در یادگیری ماشین برای ساختار بندی (یا شکل دهی یا سازمان دهی) به الگوریتم است. یک الگوریتم درخت تصمیم برای تقسیم ویژگی های مجموعه داده مورد استفاده قرار می گیرد. این الگوریتم قبل از انجام بهینه سازی و حذف شاخه های اضافه، به گونه ای رشد می کند که دارای ویژگی های نامرتب با مسئله است؛ به همین دلیل، عملیات هرس کردن برای حذف این شاخه های اضافه در آن انجام می شود (پایوا و همکاران، ۲۰۱۹).

### تجزیه و تحلیل داده ها

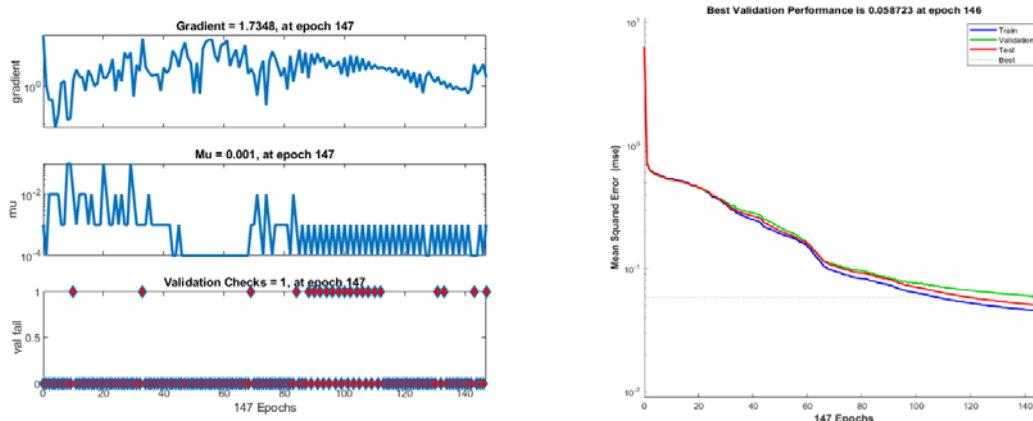
پس از ارائه روش یادگیری ماشین دو مرحله ای برای آموزش داده ها و پیش بینی سود/زیان بانک توسعه تعاون، در ابتدا به ارائه میانگین و انحراف معیار نسبت های مالی مورد مطالعه بین سال های ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰ پرداخته شده است.



شکل ۲. میانگین و انحراف معیار شاخص های مالی بانک توسعه تعاون بین سال های ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰

اطلاعات ارائه شده در شکل ۲ با توجه به مقیاس متفاوت میانگین و واریانس، فقط برای نمایش شمای کلی اطلاعات است. از طرف دیگر با توجه به شاخص های شکل ۲، مشاهده می شود که نسبت درآمد تسهیلات و سپرده گذاری به دارایی های بانک ۹/۷۰ به دست آمده است. همچنین میانگین نسبت سپرده های بلندمدت برابر با ۷۲/۵۰ بوده است که جذب سپرده بلندمدت نزدیک به ۷۲ برابری ارزش کل دارایی ها طی دوره را نشان می دهد. نسبت سپرده های قرض الحسنه و کوتاه مدت به ارزش کل دارایی ها، به طور متوسط و به ترتیب برابر با ۲۲۹/۴۲ و ۳۱۶/۹۰ به دست آمده است. از سوی دیگر، نسبت سپرده های مشتریان به کل دارایی های بانک، به طور میانگین برابر با ۶۲۶/۳۷ و اندازه بانک در مقیاس لگاریتمی به طور متوسط برابر با ۲۱/۶۷ به دست آمده است. همچنین میانگین نسبت سود یا زیان خالص بانک به کل دارایی های آن، برابر با ۴۱/۸۵- برآورد شده که از زیان دهی متوسط شعب بانک طی دوره پژوهش حکایت دارد.

بر اساس اطلاعات ۱۰ ساله که برای پیش‌بینی سود/زیان بانک توسعه تعاون با استفاده از ماشین یادگیری در نظر گرفته شده است، شکل ۳ بهترین عملکرد و همچنین حالت‌های یادگیری ماشین را در تکرارهای متوالی یادگیری نشان می‌دهد.

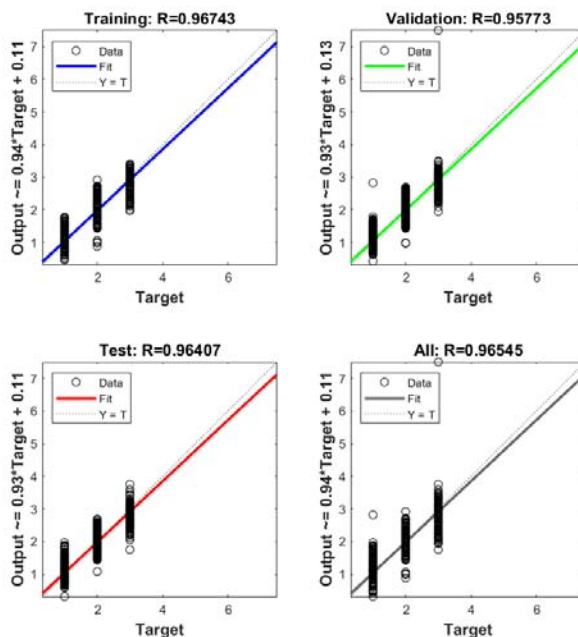


حالت‌های یادگیری

بهترین عملکرد

شکل ۳. عملکرد ماشین یادگیری در تکرارهای متوالی یادگیری در سال‌های قبل و آتی بر اساس داده‌های آموزش و پیش‌بینی

با توجه به شکل ۳ بهترین عملکرد ماشین یادگیری در ۱۴۶امین تکرار متوالی به دست آمده است (۰/۰۵۸۷۲۳). همچنین شکل ۴ نمودار رگرسیون خطی برای آموزش، ارزیابی و تست داده‌ها را با روش پیشنهاد شده نشان می‌دهد.



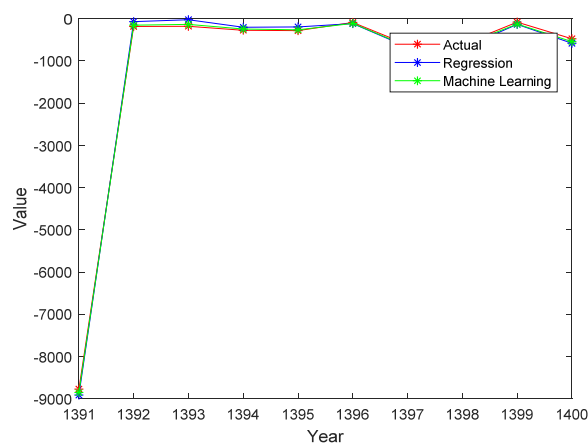
شکل ۴. نمودار رگرسیون خطی برای آموزش، ارزیابی و آزمون داده‌ها بدون عرض از مبدأ

منطبق با پیش فرض قبلی عرض از مبدأ در نظر گرفته نشده است و بر اساس شکل ۴، مشاهده می‌شود که همبستگی بین داده‌های آموزش دیده و پیش‌بینی شده به دست آمده از یادگیری ماشین جمعی دو مرحله‌ای برابر با ۰/۹۹۷۷ است. این امر نشان می‌دهد که با توجه به حجم داده‌های ورودی، داده‌ها به خوبی آموزش دیده‌اند و یادگیری ماشین نتایج بسیار دقیقی نیز ارائه می‌دهد؛ به طوری که خطای آن در حدود صفر متقارن است. بر اساس همبستگی بالای روش یادگیری ماشین و همچنین خطای نزدیک به صفر آن، در جدول ۲ به بررسی میانگین سود/زیان بانک توسعه تعاون با ماشین یادگیری و رگرسیون خطی در بین سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰ پرداخته شده است.

جدول ۲. مجموع سود/زیان سالانه بانک توسعه تعاون در بین سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰

مجموع سود/زیان			
سال	واقعی	رگرسیون خطی	ماشین یادگیری
۱۳۹۱	-۸۷۷۱/۶۸	-۸۹۱۴/۸۴	-۸۸۵۳/۲۵
۱۳۹۲	-۱۸۳/۰۷۶	-۶۹/۵۴۱۳	-۱۵۳/۳۲
۱۳۹۳	-۱۷۸/۵۳۵	-۲۳/۴۲۲۷	-۱۳۳/۵۵۴
۱۳۹۴	-۲۷۲/۸۴۳	-۲۰۲/۶۲۹	-۲۴۳/۶۶۷
۱۳۹۵	-۲۸۳/۳۹۳	-۲۷۳/۶۸۸	-۳۰۵/۴۰۹
۱۳۹۶	-۸۶/۸۰۲۸	-۱۱۵/۳۳۲	-۱۰۹/۹۷۲
۱۳۹۷	-۶۱۴/۰۴۶	-۶۷۲/۸۷۷	-۶۵۲/۰۲۶
۱۳۹۸	-۶۰۸/۹۵۹	-۶۹۸/۲۶	-۶۳۴/۹۶۹
۱۳۹۹	-۷۹/۴۸۹۷	-۱۳۵/۳۸۱	-۱۵۷/۰۷۴
۱۴۰۰	-۴۷۴/۰۶۶	-۵۸۲/۰۴۷	-۵۴۲/۷۳۲
مجموع	-۱۱۵۵/۲۸۹	-۱۱۶۰/۹	-۱۱۷۱/۲

نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که به طور میانگین سود/زیان واقعی بانک توسعه تعاون برابر با ۱۱۵۵/۲۸۹ - است. بر اساس روش رگرسیون خطی، این میانگین برابر با ۱۱۶۰/۹ - و با روش ماشین یادگیری برابر با ۱۱۷۱/۲ - است. شکل ۵ سود/زیان به دست آمده با روش یادگیری ماشین و اختلاف آن با مقدار دقیق را نشان می‌دهد.



شکل ۵. تغییرات سود/زیان بانک توسعه تعاون در بین سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰

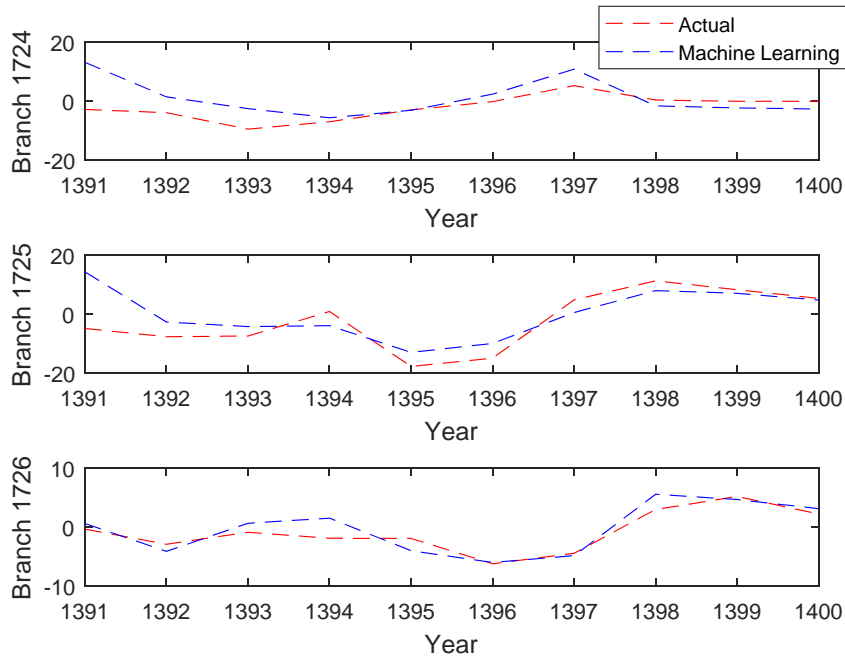
در این مقاله برای بررسی دقت نتایج از دو شاخص MAE و MSE استفاده شده است. جدول ۳ بررسی این نتایج را برای روش یادگیری ماشین نشان می‌دهد.

جدول ۳. برآورد مقادیر MSE و MAE مدل درون نمونه‌ای

معیار سنجش دقت		روش
MAE	MSE	
۱۰/۹۸۰	۸۱۱/۶۵۵	رگرسیون
۵۶۶	۶۲۰/۳۴	ماشین یادگیری

مطابق با نتایج جدول ۳، مشاهده می‌شود که برای روش رگرسیون، معیار MSE برابر با ۸۱۱/۶۵۵ و معیار MAE برابر با ۱۰/۹۸۰ است؛ در حالی که این معیارها برای روش ماشین یادگیری به ترتیب برابر با ۶۲۰/۳۴ و ۵/۶۶ است. با توجه به مقیاس، مقادیر نسبت سود و زیان به دست آمده برای بانک در تحلیل توصیفی متغیرها، مقادیر مقبولی هستند؛ از این رو روش ماشین یادگیری با داشتن خطای کمتر و دقت بیشتر، کاراتر از روش رگرسیون است.

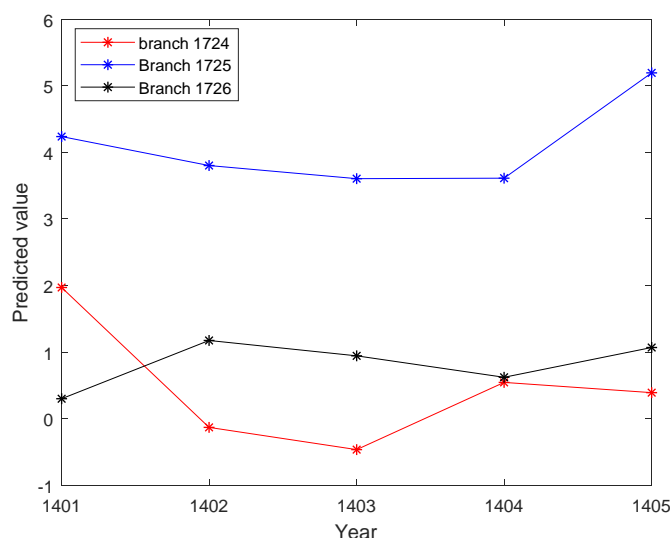
شکل ۶ نیز به عنوان نمونه، مقدار سود/زیان شعبه‌های شماره ۱۷۲۴، ۱۷۲۵ و ۱۷۲۶ را با روش ماشین یادگیری بین سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰ نشان می‌دهد.



شکل ۶. نحوه عملکرد ماشین یادگیری در پیش‌بینی سود/زیان بانک توسعه تعاون

با توجه به شکل ۶ مشاهده می‌شود که عملکرد ماشین یادگیری در آزمون و ارزیابی داده‌های ورودی در بین سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰ بسیار بالا بوده است و بر این اساس، می‌توان از این روش برای پیش‌بینی سود/زیان بانک

توسعه تعاون در سال‌های آتی استفاده کرد. بر اساس این روش، پیش‌بینی سود/زیان بانک توسعه تعاون در سال‌های ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۵ به صورت شکل ۷ خواهد بود.



شکل ۷. پیش‌بینی سود/زیان شعبات بانک توسعه تعاون بین سال‌های ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۵

با توجه به عملکرد عالی روش ماشین یادگیری دو مرحله‌ای، جدول ۴، سود/زیان کل بانک توسعه تعاون را در بین سال‌های ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۵ نشان می‌دهد.

جدول ۴. پیش‌بینی سود/زیان سالانه بانک توسعه تعاون از سال ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۵

سود/زیان پیش‌بینی شده	سال
-۴۳۲/۲۲	۱۴۰۱
-۹۲/۴۷	۱۴۰۲
-۳۲۲/۱۴	۱۴۰۳
-۲۵۶/۷۴	۱۴۰۴
۱۲/۶۷	۱۴۰۵

بر اساس پیش‌بینی‌های صورت گرفته انتظار می‌رود که در سال‌های آتی، زیان انباشته‌شده بانک توسعه تعاون کاهش یافته و سود آن افزایش یابد. بر اساس روش یادگیری ماشین دو مرحله‌ای این اتفاق در سال ۱۴۰۵ اتفاق خواهد افتاد.

## نتیجه‌گیری و پیشنهادهای آتی

در این مقاله به پیش‌بینی سود/زیان بانک توسعه تعاون مبتنی بر روش ماشین یادگیری دو مرحله‌ای پرداخته شد. برای انجام این کار، از ۱۲ متغیر (نسبت مالی) در ۵ عامل دسته‌بندی شده استفاده شد. این متغیرها به ترتیب سپرده‌های



قرض‌الحسنه، سپرده‌های کوتاه‌مدت، هزینه سود سپرده، سپرده‌های مشتریان، درآمد تسهیلات و سپرده‌گذاری، درآمدهای مشاع، موجودی نقدی، هزینه‌های اداری، سپرده‌های بلندمدت، درآمدهای غیرمشاع، هزینه استهلاک دارایی و اندازه بانک بود. برای دستیابی به داده‌های مدنظر از صورت‌های مالی ۳۵ شعبه بانک توسعه تعاون طی سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰ استفاده شد. همچنین برای کاهش خطای پیش‌بینی و قابلیت مقایسه نسبت‌ها، تمامی شاخص‌های مذکور نسبت به ارزش کل دارایی‌های بانک تعدیل شد. برای پیش‌بینی سود/زیان بانک توسعه تعاون، از ماشین یادگیری جمعی دومرحله‌ای استفاده شد. در این روش و در مرحله اول از دو مدل یادگیری ماشین بردار پشتیبان و درخت تصمیم‌گیری و در مرحله دوم از روش میانگین وزنی استفاده شد. نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که میانگین نسبت سود یا زیان خالص بانک به کل دارایی‌های آن برابر با  $41/85$  - برآورد شده است که از زیان‌دهی متوسط شعب بانک طی دوره پژوهش حکایت دارد.

نتایج آموزش داده‌ها با استفاده از ماشین یادگیری نشان داد که بهترین عملکرد این روش در  $46$  امین تکرار به‌دست آمده که مقداری برابر با  $0/058723$  است. همچنین همبستگی بین داده‌های آموزش دیده و پیش‌بینی شده به‌دست‌آمده از یادگیری ماشین جمعی دومرحله‌ای برابر با  $0/9977$  به‌دست آمد که نشان‌دهنده آموزش خوب داده‌ها توسط این روش بوده است. با مقایسه نتایج ۱۰ ساله بانک توسعه تعاون با روش ماشین یادگیری و رگرسیون، مشاهده شد که دقت روش ماشین یادگیری، بهتر از روش رگرسیون بوده و معیار MAE برابر با  $5/66$  و معیار MSE برابر با  $620/34$  است. در نهایت با پیش‌بینی سود/زیان بانک توسعه تعاون برای سال‌های ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۵ مشاهده شد که در سال‌های آتی زیان انباشته شده بانک توسعه تعاون کاهش و سود آن افزایش خواهد یافت. بر اساس روش یادگیری ماشین دو مرحله‌ای، این اتفاق در سال ۱۴۰۵ اتفاق خواهد افتاد.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده می‌توان بیان کرد که روش ماشین یادگیری، می‌تواند نتایج قابل قبول‌تری نسبت به رگرسیون خطی در اختیار مدیران بانک توسعه تعاون قرار دهد و از این روش برای پیش‌بینی سود/زیان شعب و بانک‌های خود استفاده کنند. همچنین برای تحقیقات آتی استفاده از هوش مصنوعی و ترکیب ماشین یادگیری با الگوریتم‌های فراابتکاری به‌منظور عملکرد پیش‌بینی بالاتر پیشنهاد می‌شود. همچنین با تغییر کمی متغیرهای پیش‌بینی هم می‌توان بررسی کرد که شاید با متغیرهای پیش‌بین کمتری بتوان خطا را کاهش داد که به پژوهشگران پیشنهاد می‌شود با این موضوع نیز پژوهش جدید انجام پذیرد.

در مقایسه با سایر تحقیقات و مقالات منطبق با این موضوع، به‌دلیل بکربودن و جدیدبودن روش پژوهش انجام شده در حوزه مالی، نتایج قابل بحث خواهد بود و در آینده، به‌قطع با طراحی اپلیکیشن‌های جدید هم‌سو با این مدل، می‌توان به‌صورت بر خط وضعیت سود و زیان را رصد و پایش کرد که از مهم‌ترین نتایج و خروجی این مقاله خواهد بود.

## منابع

آقاسی، احسان؛ مهرگان، نادر؛ آسیما، مهدی (۱۳۹۸). مدل پویای ارزشیابی سهام بانک‌ها؛ مورد مطالعه: بانک‌های ملت، تجارت، اقتصاد نوین و کارآفرین. نشریه مدیریت دارایی و تأمین مالی، (۱۷)، ۱۱۳-۱۳۴.

- خسرویانی، مهدی؛ حیدرپور، فرزانه (۱۴۰۱). مدل‌سازی جهت پیش‌بینی ریسک نقدینگی بانک‌های دولتی ایران با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و شاخص‌های حسابداری. *پژوهش‌های حسابداری مالی و حسابرسی*، ۱۴(۵۵)، ۱۶۳-۱۸۰.
- سیادت، نسرين (۱۳۹۹). بررسی تأثیرگذاری خصوصی‌سازی بر کیفیت سود گزارش شده قبل و بعد از واگذاری در بانک‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران. *رویکردهای پژوهشی نوین در مدیریت و حسابداری*، ۳۲(۲)، ۹۶-۱۱۱.
- طالبیان مقدم، هادی؛ شیرکوند، سعید؛ دهقان، رضا و محمدی، شاپور (۱۴۰۲). تأثیر مؤلفه‌های اقتصادی قراردادهای IPC و PSC بر تولید و سود انباشتی میدان مشترک نفتی فروزان، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، ۱۹(۷۶)، ۲۹-۵۶.
- قاسمی، عبدالرسول؛ بهرامی، جاوید؛ شعبانی جفرودی، ثریا (۱۳۹۷). پیش‌بینی شکاف دارایی - بدهی پویا در صنعت بانکداری ایران کاربرد الگوی عصبی - فازی تطبیقی و الگوی حافظه بلندمدت (مطالعه موردی: یک بانک خصوصی). *اقتصاد مالی*، ۱۲(۴۵)، ۹۳-۱۲۶.
- مهربان پور، محمد رضا؛ نادری نورعینی، محمد مهدی؛ اینال، عفت؛ اشعری، الهام (۱۳۹۶). عوامل مؤثر بر سودآوری بانک‌ها. *مطالعات تجربی حسابداری مالی*، ۱۴(۵۴)، ۱۱۳-۱۳۴.
- یعقوبی، علی؛ فضلی، صفر (۱۴۰۰). مدل پیش‌بینی کارایی بانک بر اساس شاخص‌های بانکداری نوین با استفاده از رویکرد هیبریدی تحلیل پوششی داده‌های تصادفی پویا و الگوریتم‌های فراابتکاری. *مطالعات مدیریت*، ۱۵(۱)، ۱۳۳-۱۵۳.

## References

- Achsani, M. N., Kassim, S. (2021). Determinant of Indonesian Banking Profitability: Case Study Dual Banking System. *IJIEF*, 4, 16-33.
- Aghasi, E., Mehregan, N. & Asima, M. (2019). The Dynamic Model of Valuation for the Bank Stocks (Case Study of Banks of Mellat, Tejarat, Egtesad-e-Novin, and Karafarin), *Journal of Asset Management and Financing*, 7(1), 113-134. (in Persian)
- Ammar, N. & Boughrara, A. (2019). The impact of revenue diversification on bank profitability and risk: evidence from MENA banking industry. *Macroeconomics and Finance in Emerging Market Economies*, 12(1), 36-70.
- Ashraf, D. & Goddard, J. (2012). Derivatives in the wake of disintermediation: a simultaneous equations model of commercial and industrial lending and the use of derivatives by US banks. *International Journal of Banking, Accounting and Finance*, 4(3), 250-271.
- Ashraf, D., Ramady, M. & Albinali, K. (2016). Financial fragility of banks, ownership structure and income diversification: Empirical evidence from the GCC region. *Research in International Business and Finance*, 38, 56-68.
- Batten, J., Vo, X. (2019) Determinants of Bank Profitability—Evidence from Vietnam, *Emerging Markets Finance and Trade*, 55:6, 1417-1428.
- Behera, J., Pasayat, A. K., Behera, H. & Kumar, P. (2023). Prediction based mean-value-at-risk portfolio optimization using machine learning regression algorithms for multi-national stock markets. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 120, 105843.

- Bitar, M., Pukthuanthong, K. & Walker, T. (2018). The effect of capital ratios on the risk, efficiency and profitability of banks: Evidence from OECD countries. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 53, 227-262.
- Bolarinwa, S. T., Obembe, O. B. & Olaniyi, C. (2019). Re-examining the determinants of bank profitability in Nigeria. *Journal of Economic Studies*, 46(3), DOI:10.1108/JES-09-2017-0246.
- Boungou, W. (2019). Negative interest rates, bank profitability and risk-taking. *Bank Profitability and Risk-taking* (July 8, 2019).
- Chen, W., Zhang, H., Mehlawat, M. K. & Jia, L. (2021). Mean-variance portfolio optimization using machine learning-based stock price prediction. *Applied Soft Computing*, 100, 106943.
- Choudhry, T. & Jayasekera, R. (2014). Market efficiency during the global financial crisis: Empirical evidence from European banks. *Journal of International Money and Finance*, 49, 299-318.
- Craig, B. R. & Dinger, V. (2013). Deposit market competition, wholesale funding, and bank risk. *Journal of Banking & Finance*, 37(9), 3605-3622.
- Gemar P., Gemar G., Guzman-Parra V. (2019). Modeling the Sustainability of Bank Profitability Using Partial Least Squares, *Sustainability*, 11, 4950; doi:10.3390/su11184950
- Ghasemi, A., Bahrami, J. & Shabani Jafrodi, S. (2018). Predicting the dynamic asset-liability gap in Iran's banking industry using the adaptive neural-fuzzy model and the long-term memory model (case study: a private bank), *Financial Economics*, 12 (45), 93-126. (in Persian)
- Haider, J. & Mohammad, K. U. (2022). The Effect of Covid-19 on Bank Profitability Determinants of Developed and Developing Economies. *IRASD Journal of Economics*, 4(2), 187-203.
- Han, Q., Nieuwenhijzen, I., De Vries, B., Blokhuis, E. & Schaefer, W. (2021). Intervention strategy to stimulate energy-saving behavior of local residents. *Energy Policy*, 52, 706-715.
- Horobet, A., Radulescu, M., Belascu, L., Dita, S.M. (2021). Determinants of Bank Profitability in CEE Countries: Evidence from GMM Panel Data Estimates. *Journal of Risk and Financial Management*, 14(7), 307
- Isayas, Y. N., McMillan, D. (2022). Determinants of banks' profitability: Empirical evidence from banks in Ethiopia, *Cogent Economics & Finance*, 10(1), 2031433.
- Khosroyani, M. & Heydarpoor, F. (2022). Modeling to Predict the Liquidity Risk of Iran's Government Banks Using Artificial Neural Networks and Accounting Indicators, *Financial Accounting and Auditing Researches*, 14 (55), 163-180. (in Persian)
- Le, T. D., Ngo, T. (2020). The determinants of bank profitability: A cross-country analysis, *Central Bank Review*, 20(2), 65-73.
- Ma, Y., Han, R. & Wang, W. (2021). Portfolio optimization with return prediction using deep learning and machine learning. *Expert Systems with Applications*, 165, 113973.

- Makridakis, S., Spiliotis, E., Assimakopoulos, V. (2018). Statistical and Machine Learning forecasting methods: Concerns and ways forward. *PLoS ONE*, 13(3), e0194889.
- Mehrabanpour, M.R., Naderi Noorain, M.M., Inanlou, E. & Ashari, E. (2017). Factors Affecting the Profitability of Banks, *Empirical Studies in Financial Accounting*, 14 (54), 119-140. (in Persian)
- Meslier, C., Tacneng, R. & Tarazi, A. (2014). Is bank income diversification beneficial? Evidence from an emerging economy. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 31 (C), 97-126.
- Mostak Ahamed, M. (2017). Asset quality, non-interest income and bank profitability: Evidence from Indian banks. *Econ. Model*, 63, 1-14.
- Nys, E., Tarazi, A. & Trinugroho, I. (2015). Political connections, bank deposits, and formal deposit insurance. *Journal of Financial Stability*, 19, 83-104.
- Ozili, P. K. (2021). Bank Profitability Determinants: Comparing the United States, Nigeria and South Africa (January 1, 2021). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3776082>
- Paiva, F. D., Cardoso, R. T. N., Hanaoka, G. P. & Duarte, W. M. (2019). Decision-making for financial trading: A fusion approach of machine learning and portfolio selection. *Expert Systems with Applications*, 115, 635-655 .
- Shirdar, M. R., Golshan, A., Izman, S. & Ghodsiyeh, D. (2014). The application of surface response methodology to the pretreatment of WC substrates prior to diamond coating. *Journal of materials engineering and performance*, 23(1), 13-24.
- Siadati, N. (2020). Investigating the effect of privatization on the quality of reported profits before and after the handover in banks admitted to the Tehran Stock Exchange. *New research approaches in management and accounting*, 4(13), 101-117. (in Persian)
- Solin, M. M., Alamsyah, A., Rikumahu, B. & Saputra, M. A. A. (2019, July). Forecasting Portfolio Optimization using Artificial Neural Network and Genetic Algorithm. In *2019 7th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT)* (pp. 1-7). IEEE.
- Ta, V. D., Liu, C. M. & Addis, D. (2018). Prediction and portfolio optimization in quantitative trading using machine learning techniques. In *Proceedings of the Ninth International Symposium on Information and Communication Technology*, 98-105.
- Talebian Moghaddam, H., Shirkavand, S., Dehghan, R. & Mohammadi, Sh. (2023). Evaluating the Impact of Economic Components of IPC and PSC Contracts on Cumulative Production of Oil Fields: A Case Study of Foroozan Oil Field. *Quarterly Energy Economics Review*, 19(76), 29-56. (in Persian)
- Yaghoubi, A. & Fazli, S. (2022). Bank Efficiency Forecasting Model Based on the Modern Banking Indicators Using a Hybrid Approach of Dynamic Stochastic DEA and Meta-Heuristic Algorithms. *Iranian Journal of Management Studies (IJMS)*, 15 (1), 133-153. (in Persian)