

دوره ۲، شماره ۳ - شماره پیاپی ۷، پاییز ۱۴۰۵

سر دبیر:

دکتر عزت اله عباسیان

دبیران تخصصی این دوره:

دکتر مریم نورائی

دکتر مصطفی سرگلزائی

کارشناسان این دوره:

فائزه آشفته

سعیده مقدم

دبیران اجرایی این دوره:

سیدعماد مرعشی

دکتر غلامرضا امیری

داوران این شماره:

ردیف

دکتر مصطفی بنی اسدی

۱

دکتر کرامت اله حیدری رستمی

۲

دکتر حسن خلیلی

۳

دکتر یاسمین خلیلی

۴

دکتر حاجیه رجبی فرجاد

۵

دکتر محمد رضا رستمی

۶

دکتر زهرا رضائزاد

۷

دکتر ابراهیم زرینی

۸

دکتر احمد سام دلیری

۹

دکتر حبیب شهبازی

۱۰

دکتر سیدحسن صالح نژاد

۱۱

دکتر محمدحسین طاهری

۱۲

دکتر سعید کیان پور

۱۳

دکتر سمیرا متقی

۱۴

دکتر زلیخا مرسلی ارزنق

۱۵

دکتر محسن مهرآرا

۱۶

دکتر مریم نورآباده

۱۷

The Financial Intelligence Paradox: Why Greater Predictive Power Does Not Necessarily Lead to Better Financial Decisions

Ezzatollah Abbasian^{1*}

^{1*} Editor-in-Chief of the Journal of Intelligent Financial Management, Tehran, Iran; Professor, Department of Financial Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran (Corresponding author), Email: e.abbasian@ut.ac.ir

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 23/08/2026

Received in revised form: 06/09/2026

Accepted: 23/09/2026

Available online: 23/09/2026

Keywords:

intelligent financial management
financial forecasting
decision-making
artificial intelligence
model risk
explainable AI

ABSTRACT

Artificial intelligence and machine learning have expanded organizations' capacity to process large volumes of financial data and to generate increasingly accurate forecasts of sales, cash flows, credit risk, and market volatility. Yet improved predictive accuracy does not, in itself, guarantee better decisions. This editorial examines the gap between prediction and action, arguing that organizational objectives, the asymmetric costs of errors, shifting market conditions, the ways in which managers use algorithmic advice, and the quality of human oversight jointly shape realized outcomes. It then proposes a conceptual framework for evaluating intelligent financial systems that considers predictive accuracy alongside realized economic outcomes, robustness under adverse conditions, transparency, and consequences for stakeholders. The accompanying table and figure synthesize the argument conceptually and do not report new empirical data. The central claim is that technology creates durable value only when forecasts are linked to decisions that are well judged, explainable, and open to review.

Journal of Intelligent Financial Management,
2026 Vol. 2, No.3, pp. 1- 10

Publish by:

Tolou-e Binsh-e Ayandeh Scientific Institute

<https://doi.org/10.22054/jocl.2025.8563.21001>

Article Type: Research Paper



©Authors

Cite: Abbasian, E. (2026). The Financial Intelligence Paradox: Why Greater Predictive Power Does Not Necessarily Lead to Better Financial Decisions? Journal of Intelligent Financial Management, 2(3), 1-10.

پارادوکس هوشمندی مالی: چرا افزایش قدرت پیش‌بینی الزاماً به تصمیم‌گیری مالی بهتر نمی‌انجامد؟

عزت‌اله عباسیان^{۱*}

۱ و * - سردبیر نشریه علمی مدیریت مالی هوشمند، تهران، ایران؛ استاد گروه مهندسی مالی، دانشگاه تهران، تهران، ایران (نویسنده مسئول)، ایمیل نویسنده مسئول: e.abbasian@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۶/۰۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۶/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۷/۰۱

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۷/۰۱

کلیدواژه‌ها:

مدیریت مالی هوشمند

پیش‌بینی مالی

تصمیم‌گیری

هوش مصنوعی

ریسک مدل

توضیح‌پذیری

هوش مصنوعی و یادگیری ماشین توان سازمان‌ها را در پردازش حجم گسترده‌ای از داده‌های مالی و برآورد دقیق‌تر فروش، جریان‌های نقدی، ریسک اعتباری و نوسان بازار افزایش داده‌اند. با این حال، بهبود دقت پیش‌بینی به‌خودی‌خود تضمین‌کننده بهبود تصمیم‌گیری نیست. این سرمقاله با رویکردی تحلیلی، شکاف میان پیش‌بینی و تصمیم را بررسی می‌کند و نشان می‌دهد که اهداف سازمانی، هزینه نامتقارن خطاها، ناپایداری شرایط بازار، شیوه‌ای که مدیران توصیه‌های الگوریتمی را به کار می‌گیرند و کیفیت نظارت انسانی در تعیین پیامد نهایی نقشی تعیین‌کننده دارند. سپس چارچوبی مفهومی برای ارزیابی سامانه‌های مالی هوشمند پیشنهاد می‌شود که دقت پیش‌بینی را در کنار پیامدهای مالی تحقق‌یافته، پایداری در شرایط نامطلوب، شفافیت و اثر تصمیم بر ذی‌نفعان می‌سنجد. جدول و شکل ارائه‌شده جمع‌بندی مفهومی استدلال‌اند و داده‌ای تجربی گزارش نمی‌کنند. استدلال محوری این است که فناوری تنها هنگامی ارزش پایدار می‌آفریند که پیش‌بینی را به تصمیمی سنجیده، توضیح‌پذیر و قابل بازبینی پیوند دهد.

نوع مقاله: پژوهشی

نشریه مدیریت مالی هوشمند، ۱۴۰۵، دوره ۲، شماره ۳،
صفحه ۱-۱۰.

ناشر: موسسه علمی طلوع بینش آینده



© نویسندگان

استناد: عباسیان، عزت‌اله. (۱۴۰۵). پارادوکس هوشمندی مالی: چرا افزایش قدرت پیش‌بینی الزاماً به تصمیم‌گیری مالی بهتر نمی‌انجامد؟ مدیریت مالی هوشمند، ۲(۳)، ۱-۱۰.

<https://doi.org/10.22054/jocl.2025.8563.21001>

مقدمه

فرض کنید شرکتی سامانه‌ای را به کار می‌گیرد که فروش ماه آینده را دقیق‌تر از روش پیشین برآورد می‌کند. آیا می‌توان نتیجه گرفت که تصمیم‌های این شرکت نیز بهتر خواهد شد؟ پاسخ لزوماً مثبت نیست. اگر مدیران بر پایه این برآورد موجودی انبار را بیش از نیاز افزایش دهند، منابع نقدی را در مصارف نامناسب نگه دارند یا هزینه‌های ضروری را کاهش دهند، پیامد نهایی حتی می‌تواند نامطلوب‌تر از وضعیت پیشین باشد. بنابراین، مسئله صرفاً صحت پیش‌بینی نیست؛ آنچه اهمیت دارد، چگونگی تبدیل پیش‌بینی به اقدام در سازمان است.

این پرسش امروز برای بانک‌ها، شرکت‌های سرمایه‌گذاری، بیمه‌ها و بنگاه‌های اقتصادی در هر مقیاس اهمیت دارد. ابزارهای نوین امکان تحلیل حجم بیشتری از داده را در زمانی کوتاه‌تر فراهم کرده‌اند و در کشف الگوهای پنهان، برآورد احتمال نکول و شناسایی رفتارهای غیرعادی توانمندتر شده‌اند. پژوهش‌های اخیر نیز نشان می‌دهند که مدل‌های یادگیری ماشین در برخی مسائل پیش‌بینی مالی نتایج امیدبخشی داشته‌اند (Yang, 2025; Hasan & Shreevamshi, 2025). با این حال، «برتری مدل» و «بهبود تصمیم» دو ادعای متمایزند و هر یک باید به‌طور مستقل آزموده شود.

پیش‌بینی بیان می‌کند چه رویدادی محتمل است؛ تصمیم‌گیری می‌پرسد در برابر این احتمال چه اقدامی شایسته است. برای نمونه، اگر سامانه‌ای احتمال عدم بازپرداخت وام را برای مشتری بالا برآورد کند، این برآورد به‌تنهایی روشن نمی‌کند که باید درخواست رد شود، مبلغ وام کاهش یابد یا شرایط بازپرداخت اصلاح گردد. پاسخ به اهداف بانک، هزینه‌های ناشی از زیان، وضعیت مشتری، الزامات مقرراتی و میزان ریسک‌پذیری بستگی دارد. بر این اساس، مدل تنها یک حلقه از فرایند تصمیم‌گیری است و جایگزین کل آن نمی‌شود.

پژوهش‌های منتشرشده در سال ۲۰۲۵ هم از ظرفیت مدل‌ها و هم از ضرورت احتیاط حکایت دارند. برای مثال، مطالعه‌ای در حوزه پیش‌بینی مالی شرکت‌ها با به‌کارگیری مدل ترکیبی CNN-LSTM بهبود برخی سنجه‌های پیش‌بینی را گزارش می‌کند (Yang, 2025). در مقابل، مرورهای پژوهشی در زمینه هوش مصنوعی توضیح‌پذیر در مالی هشدار می‌دهند که فهم خروجی مدل، ارزیابی پایداری آن و پرهیز از اتکای نابه‌جا به توضیح‌های ظاهراً قانع‌کننده همچنان چالش‌برانگیز است (Yeo et al., 2025; Khan et al., 2025). از این رو، موضع این سرمقاله نه مخالفت با فناوری، بلکه طرح این پرسش است که چگونه می‌توان پیش‌بینی را به ارزش واقعی تبدیل کرد.

برای پاسخ به این پرسش، نخست باید میان دقت آماری و پیامد اقتصادی تمایز قائل شد. سپس تغییر شرایط بازار، نقش مدیران و سازوکار اعتماد به سامانه بررسی می‌شود و در پایان، چارچوبی عملی برای ارزیابی سامانه‌های مالی هوشمند و چند مسیر برای پژوهش‌های آینده ارائه می‌گردد. این نوشتار سرمقاله‌ای تحلیلی است و گزارش آزمایش یا پژوهشی تجربی به شمار نمی‌آید؛ هدف آن روشن‌سازی مفاهیم و تقویت گفت‌وگوی علمی و حرفه‌ای در این حوزه است (OECD, 2025; Skaftadóttir, 2025).

۱. دقت پیش‌بینی و کیفیت تصمیم: دو مفهوم متمایز

مدل‌های پیش‌بینی معمولاً بر پایه معیارهایی ارزیابی می‌شوند که میزان نزدیکی برآورد به مقدار واقعی را نشان می‌دهند. اما تصمیم مالی پیامدهایی دارد که این معیارها به‌تنهایی بازتاب نمی‌دهند. گاه خطایی اندک زیانی بزرگ به بار می‌آورد؛ برای نمونه، انحراف کوچک در برآورد احتمال نکول ممکن است به اعطای وامی پرریسک بینجامد. در مقابل، گاه خطایی

بزرگ‌تر هزینه ناچیزی دارد، زیرا امکان اصلاح بعدی تصمیم وجود دارد. از این رو، افزون بر اندازه خطا، باید هزینه و پیامد هر نوع خطا نیز بررسی شود (Yang, 2025; Hasan & Shreevamsi, 2025). این نکته در تصمیم‌های اعتباری به‌روشنی دیده می‌شود. اگر سامانه به‌اشتباه درخواست وام مشتری شایسته‌ای را رد کند، هم مشتری متضرر می‌شود و هم بانک فرصت کسب درآمد را از دست می‌دهد. اگر درخواستی پرریسک را بپذیرد، احتمال زیان افزایش می‌یابد. بنابراین، گزارش درصد پیش‌بینی‌های درست کافی نیست؛ باید پرسید خطاها بر چه گروه‌هایی وارد می‌شوند و هزینه هر یک چقدر است. گزارش‌های مربوط به کاربرد هوش مصنوعی در امور مالی عمومی و خدمات مالی نیز بر شفافیت، نظارت و پیامدهای تصمیم تأکید دارند (OECD, 2025; Verma et al., 2025). افزون بر این، پیش‌بینی همواره با عدم قطعیت همراه است. بیان قطعی اینکه «فروش ماه آینده ۱۰۰ میلیون واحد پولی خواهد بود» اطمینانی بیش از حد القا می‌کند. شایسته است مدیر بدانند برآورد در چه بازه‌ای قرار دارد و احتمال خطای آن چقدر است. این اطلاعات او را قادر می‌سازد برای چند سناریو آماده شود و به یک عدد واحد تکیه نکند. همچنین روش‌های پیش‌بینی مالی باید در دوره‌های زمانی متفاوت و بر داده‌های تازه آزموده شوند (Yang, 2025; OECD, 2025).

۲. ناپایداری بازار و فرسایش اعتبار پیش‌بینی‌ها

مدل‌ها از داده‌های گذشته می‌آموزند، حال آنکه بازارها ایستا نیستند. تغییر نرخ بهره، مقررات، فناوری، جنگ، بحران‌های سلامت یا رفتار مشتریان می‌تواند ساختار حاکم بر داده‌ها را دگرگون کند. رابطه‌ای که در دوره‌های آرام قابل اتکا بوده است، ممکن است در بحران کارآمدی خود را از دست بدهد. این وضعیت گاه با عنوان تغییر رژیم یا تغییر الگوی داده توصیف می‌شود. اگر سازمان عملکرد مدل را پس از استقرار پایش نکند، ممکن است مدتی طولانی به پیش‌بینی‌هایی اعتماد کند که دیگر با واقعیت سازگار نیستند (Yang, 2025; Khan et al., 2025). افزون بر این، پیش‌بینی مالی گاه خود بر بازار اثر می‌گذارد. اگر شمار زیادی از معامله‌گران از سیگنالی واحد پیروی کنند، خرید و فروش هم‌زمان آنان می‌تواند قیمت‌ها را جابه‌جا کند. بنابراین، رابطه‌ای که مدل بر پایه داده‌های گذشته آموخته است، ممکن است با گسترش استفاده از همان مدل دگرگون شود. این ملاحظه در ارزیابی راهبردهای معاملاتی و سرمایه‌گذاری اهمیت دارد: نتیجه آزمون تاریخی لزوماً با نتیجه اجرای واقعی یکسان نیست، به‌ویژه هنگامی که هزینه‌های معامله و اثر سفارش‌ها بر قیمت نادیده گرفته شود (Skaftadóttir, 2025; OECD, 2025).

۳. رویکرد مدیران به توصیه‌های الگوریتمی

یکی از مخاطرات آن است که مدیران به دلیل ظاهر دقیق و فنی خروجی سامانه، اعتباری بیش از حد به آن بدهند. خطر مقابل نیز وجود دارد: مشاهده یک خطا ممکن است به کنار گذاشتن همه توصیه‌های سامانه بینجامد، حتی اگر در بسیاری از موقعیت‌ها سودمند باشد. پژوهش‌های سال ۲۰۲۵ درباره مشاوران مالی مبتنی بر هوش مصنوعی و پذیرش ربات‌های مشاور نشان می‌دهند که اعتماد، نگرش افراد نسبت به هوش مصنوعی و شیوه ارائه توصیه بر تمایل به استفاده از آن‌ها اثر می‌گذارد (Trinh et al., 2025; Verma et al., 2025).

راحل، نه اعتماد بی‌قیدوشرط و نه رد کامل فناوری، بلکه اعتماد متناسب با شواهد است. مدیر باید بدانند سامانه با چه داده‌هایی آموزش دیده، در چه شرایطی آزموده شده و در چه موقعیت‌هایی ممکن است قابل اتکا نباشد. توضیح‌پذیری

می‌تواند به این فهم یاری رساند، اما خود دلیلی بر درستی مدل نیست؛ روش‌های توضیح‌پذیری نیز باید از حیث پایداری و وفاداری به رفتار واقعی مدل سنجیده شوند (Yeo et al., 2025; Khan et al., 2025).

در تصمیم‌های مهم، مسئولیت نهایی باید به روشنی تعریف شده باشد. اگر سامانه رد وام، تغییر سقف اعتباری یا فروش دارایی را پیشنهاد می‌کند، باید مشخص باشد چه کسی آن را بازبینی کرده و بر چه مبنایی پذیرفته یا رد شده است. سازمان می‌تواند در موارد پرریسک بازبینی انسانی را الزامی کند و تصمیم‌های مدل را به‌طور منظم ممیزی نماید. منابع اخیر نیز بر ضرورت نظارت، شفافیت و پاسخ‌گویی در کاربردهای هوش مصنوعی تأکید دارند (OECD, 2025; Staley, 2025).

۴. چارچوبی ساده برای ارزیابی هوشمندی مالی

برای ارزیابی سامانه‌های مالی هوشمند، پرسش «چقدر دقیق است؟» باید با چند پرسش مکمل همراه شود: آیا تصمیم‌های واقعی بهبود یافته‌اند؟ آیا مدل در شرایط جدید نیز کارآمد است؟ آیا دلیل توصیه‌ها قابل بررسی است؟ آیا بار خطاها بر گروه‌های خاصی از مشتریان سنگین‌تر است؟ آیا سازمان می‌تواند خطا را تشخیص دهد و فرایند را متوقف کند؟ این پرسش‌ها مانع از آن می‌شوند که کارایی فنی از ارزش عملی جدا شود (Yeo et al., 2025; Khan et al., 2025; OECD, 2025).

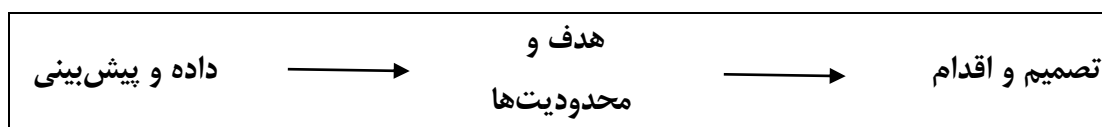
جدول ۱ این ارزیابی را در چهار بُعد خلاصه می‌کند. این جدول ابزاری پیشنهادی برای مدیران و پژوهشگران است و نتیجه سنجش سازمانی مشخص نیست. هر مؤسسه می‌تواند با توجه به نوع تصمیم، الزامات مقرراتی و سطح ریسک خود، شاخص‌های دقیق‌تری برگزیند (Yang, 2025; OECD, 2025).

جدول ۱. راهنمای پیشنهادی برای سنجش سامانه‌های مالی هوشمند (تدوین سردبیر بر پایه

(Yang, 2025; Yeo et al., 2025; OECD, 2025)

بُعد ارزیابی	پرسش راهبردی	نمونه شاخص‌ها
دقت پیش‌بینی	پیش‌بینی تا چه اندازه به واقعیت نزدیک است؟	خطای پیش‌بینی، کالیبراسیون
کیفیت تصمیم	آیا تصمیم به پیامد مالی بهتری انجامید؟	هزینه زیان، بازده تعدیل‌شده بر حسب ریسک، هزینه اجرا
پایداری	آیا مدل در شرایط جدید نیز قابل اتکا است؟	آزمون بحران، پایش تغییر داده‌ها
شفافیت و مسئولیت‌پذیری	آیا تصمیم قابل بررسی و پاسخ‌گویی است؟	ثبت نسخه مدل، بازبینی انسانی، سنجش تفاوت میان گروه‌ها

شکل ۱ مسیر تبدیل داده به تصمیم را نشان می‌دهد. داده به پیش‌بینی می‌انجامد، اما رسیدن به تصمیم مستلزم در نظر گرفتن اهداف، محدودیت‌ها و هزینه خطا است. پس از اجرا نیز باید پیامدها پایش شوند و آموخته‌ها به اصلاح مدل یا سیاست‌های سازمان بازگردد. این مسیر خلاصه‌ای مفهومی از استدلال این سرمقاله است (Hasan & Shreevamshi, 2025; Wen et al., 2025).



شکل ۱. از پیش‌بینی تا تصمیم: پایش و بازبینی پس از اجرا نیز باید ادامه یابد
(Wen et al., 2025; OECD, 2025 پایه)

نتیجه‌گیری

توان پیش‌بینی بیشتر فرصتی مهم برای مدیریت مالی است، اما به‌تنهایی تصمیم مطلوب نمی‌آفریند. پیامد نهایی به هدف سازمان، هزینه خطا، تحولات بازار و شیوه به‌کارگیری ابزار توسط انسان بستگی دارد. از این رو، مدل را باید نه فقط با دقت آماری، بلکه با پیامد تصمیم‌های واقعی سنجید. هوشمندی مالی به معنای به‌کارگیری فناوری در کنار قضاوت، نظارت و آمادگی برای بازنگری است.

فناوری هنگامی به ارزش پایدار بدل می‌شود که مدیر را در سنجش بهتر گزینه‌ها یاری دهد، نه آنکه مسئولیت انتخاب را از او سلب کند. پرسش بنیادین تنها این نیست که «مدل چه چیزی را پیش‌بینی کرد؟»؛ بلکه این است که «این پیش‌بینی کدام تصمیم را بهبود بخشید و هزینه آن تصمیم را چه کسانی پرداختند؟».

پیشنهادهای کاربردی

۱. پیش از انتخاب مدل، تصمیم موردنظر و هدف سازمان را روشن کنید؛ برای نمونه، کاهش زیان، افزایش دسترسی به اعتبار یا حفظ نقدینگی.
۲. دقت مدل را با هزینه واقعی انواع خطا بسنجید و به درصد صحت کلی بسنده نکنید.
۳. عملکرد سامانه را پس از استقرار پایش کنید و در دوره‌های بحران یا تغییر محسوس داده‌ها، آن را دوباره ارزیابی کنید.
۴. در تصمیم‌های پرریسک، مسیر بازبینی انسانی را تعریف کنید و دلایل پذیرش یا رد توصیه الگوریتم را ثبت نمایید.
۵. توضیح مدل را به زبانی قابل فهم ارائه دهید و هم‌زمان محدودیت‌ها و موارد عدم اطمینان را آشکار سازید.
۶. پیامدهای تصمیم را برای گروه‌های مختلف مشتریان و ذی‌نفعان بررسی کنید تا خطا یا محرومیت ناعادلانه پنهان نماند.

در این شماره، از پژوهشگران و مدیران دعوت می‌کنیم از ستایش صرف دقت فاصله بگیرند و بپرسند پیش‌بینی‌های هوشمند در عمل کدام تصمیم‌ها را بهبود بخشیده‌اند. همین پرسش می‌تواند راهنمای شکل‌گیری مدیریت مالی هوشمند، مسئولانه و قابل اعتماد باشد.

منابع:

- Hasan, U. M. M., & Shreevamshi, N. (2025). AI-powered predictive analytics for financial forecasting and strategic insight. *International Journal of Research and Innovation in Applied Science*, 10(6), 532–555. <https://doi.org/10.51584/IJRIAS.2025.10060039>
- Khan, F. S., Mazhar, S. S., Mazhar, K., et al. (2025). Model-agnostic explainable artificial intelligence methods in finance: A systematic review, recent developments, limitations, challenges and future directions. *Artificial Intelligence Review*, 58, Article 232. <https://doi.org/10.1007/s10462-025-11215-9>
- OECD. (2025). Governing with artificial intelligence: The state of play and way forward in core government functions. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/795de142-en>
- Skaftadóttir, H. K. (2025). Editorial: Applications of AI and machine learning in finance and economics. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 8, Article 1715929. <https://doi.org/10.3389/frai.2025.1715929>
- Staley, I. (2025). The role of explainable AI in enhancing trust and decision-making in financial services. *Journal of Applied Finance & Banking*, 15(5), 49–62. <https://doi.org/10.47260/jafb/1553>
- Trinh, T. K., Jia, G., Cheng, C., & Ni, C. (2025). Behavioral responses to AI financial advisors: Trust dynamics and decision quality among retail investors. *Applied and Computational Engineering*, 144, 69–79. <https://doi.org/10.54254/2755-2721/2025.21859>
- Verma, B., Schulze, M., Goswami, D., & Upreti, K. (2025). Artificial intelligence attitudes and resistance to use robo-advisors: Exploring investor reluctance toward cognitive financial systems. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 8, Article 1623534. <https://doi.org/10.3389/frai.2025.1623534>
- Wen, Y., Wang, J., & Chen, X. (2025). Trust and AI weight: Human-AI collaboration in organizational management decision-making. *Frontiers in Organizational Psychology*, 3, Article 1419403. <https://doi.org/10.3389/forgp.2025.1419403>
- Yang, A. (2025). Big data-driven corporate financial forecasting and decision support: A study of CNN-LSTM machine learning models. *Frontiers in Applied Mathematics and Statistics*, 11, Article 1566078. <https://doi.org/10.3389/fams.2025.1566078>
- Yeo, W. J., Van Der Heever, W., Mao, R., Cambria, E., & Satapathy, R. (2025). A comprehensive review on financial explainable AI. *Artificial Intelligence Review*, 58, Article 189. <https://doi.org/10.1007/s10462-024-11077-7>