Budget and Finance Strategic Research

3

Vol. 6
Autumn 2025
P.P: 11-32

Research Paper

Received: 2025/04/30
Revised: 2025/09/03
Accepted: 2025/09/03
Published: 2025/09/27

ISSN: 2717-1809
E-ISSN: 2717-199x

Enhancing Tax Transparency and Justice through the Integration of Blockchain and Artificial Intelligence in Smart Tax Systems

Nima Jahani [1] | Alireza Erfani [2*]

Abstract

Traditional tax systems face persistent challenges such as tax evasion, lack of transparency, and inefficiencies in revenue collection processes. This study proposes an innovative framework, named TAF (Transparency, Accountability, Fairness), which integrates blockchain and artificial intelligence technologies to facilitate the digital transformation of Iran's tax system. Drawing on successful global experiences—such as those of Estonia and Singapore—and domestic case studies like the e-invoice implementation plan, the research investigates the effectiveness of advanced technologies in enhancing transparency and tax equity. The proposed framework is structured across three technical layers: decentralized transaction recording using blockchain, anomaly detection through AI algorithms, and an integrated user platform for taxpayers and tax authorities. An additional governance layer supports institutional alignment. Findings suggest that implementing the TAF model could reduce tax evasion by up to 35% within three years and shorten tax declaration processing time by 70%. A case study in Tehran province also showed an 18% increase in tax revenue. These results underscore that leveraging emerging technologies is not merely a technical necessity but a vital step toward achieving tax justice and advancing digital governance in Iran.

Keywords: Blockchain, Artificial Intelligence, Tax Justice, Transparency, Iran, Digital Transformation.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

DOR: 20.1001.1.27171809.1404.6.3.1.9

1. PhD Student in Monetary Economics, Semnan University, Semnan, Iran.
2. Corresponding Author: Professor, Department of Economics, Semnan University, Semnan, Iran.
Aerfani@semnan.ac.ir

This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution Non-Commercial (CC-BY-NC) license.

پژوهش‌های راهبردی بودجه و مالیه

۲

سال ششم
پاییز ۱۴۰۴
صص: ۳۲-۱۱

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۴/۰۲/۱۰
تاریخ بازنگری:
۱۴۰۴/۰۶/۱۲
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۴/۰۶/۱۲
تاریخ انتشار:
۱۴۰۴/۰۷/۰۵

شاپا چاپی: ۱۸۰۹-۲۷۱۷
الکترونیکی: ۱۹۹x-۲۷۱۷

افزایش شفافیت و عدالت مالیاتی از طریق ترکیب فناوری‌های بلاک‌چین و هوش مصنوعی در نظام مالیاتی هوشمند

نیما جهانی [۱] | علیرضا عرفانی [۲]

چکیده

نظام‌های مالیاتی سنتی با چالش‌هایی مانند فرار مالیاتی، عدم شفافیت و ناکارایی در فرآیندهای وصول مواجه بوده‌اند. این پژوهش با ارائه یک چارچوب نوآورانه به نام TAF (شفافیت، پاسخ‌گویی و عدالت)، راهکاری برای تحول دیجیتال نظام مالیاتی ایران ارائه میدهد. در این مطالعه، با تحلیل تجربیات موفق جهانی (مانند استونی و سنگاپور) و مطالعات موردی داخلی (طرح صورتحساب الکترونیکی)، اثربخشی فناوری‌های نوین در افزایش شفافیت و عدالت مالیاتی بررسی شده است. چارچوب پیشنهادی در سه لایه فنی (ثبت غیرمتمرکز تراکنش‌ها با بلاک‌چین، تشخیص ناهنجاری‌ها با الگوریتم‌های هوش مصنوعی، و پلتفرم کاربردی برای مودیان) و یک لایه حاکمیتی طراحی گردید. یافته‌ها نشان میدهد که پیاده‌سازی این مدل می‌تواند تا ۳۵٪ فرار مالیاتی را طی سه سال کاهش دهد و زمان پردازش اظهارنامه‌ها را تا ۷۰٪ کاهش دهد. همچنین مطالعه موردی در استان تهران نشان داد که درآمد مالیاتی ۱۸٪ افزایش خواهد یافت. این نتایج نشان میدهد که ترکیب فناوری‌های نوین، نه‌تنها یک ضرورت فنی، بلکه گامی اساسی به سوی تحقق عدالت مالیاتی و ارتقاء حکمرانی دیجیتال در ایران است.

کلیدواژه‌ها: بلاک‌چین، هوش مصنوعی، عدالت مالیاتی، شفافیت، ایران، تحول دیجیتال

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

DOR: 20.1001.1.27171809.1404.6.3.1.9

۱. دانشجوی دکتری اقتصاد پولی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.
۲. نویسنده مسئول: استاد، گروه آموزشی اقتصاد، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران. Aerfani@semnan.ac.ir

این مقاله یک مقاله با دسترسی آزاد است که تحت شرایط و ضوابط مجوز (CC BY-NC) Creative Commons Attribution Non-Commercial توزیع شده است.

مقدمه و بیان مسئله

نظام‌های مالیاتی در جوامع امروزی، ستون فقرات تأمین مالی دولت‌ها و ابزاری حیاتی برای تحقق عدالت اجتماعی به شمار می‌روند. با این حال، بسیاری از کشورها، به‌ویژه اقتصادهای در حال توسعه، همچنان با چالش‌هایی نظیر فرار مالیاتی، عدم شفافیت، ناکارآمدی فرآیندهای تشخیص و وصول مالیات، و نارضایتی مودیان دست‌وپنجه نرم می‌کنند. طبق گزارش سازمان همکاری اقتصادی و توسعه (OECD، ۲۰۲۳)، سالانه حدود ۱۰٪ از تولید ناخالص داخلی جهانی به دلیل فرار یا اجتناب مالیاتی از دست می‌رود. در ایران نیز، بر اساس گزارش مرکز آمار (۱۴۰۲)، حدود ۳۵٪ از شرکت‌های متوسط و بزرگ مالیات خود را به‌طور کامل پرداخت نمی‌کنند؛ در حالی که فرآیند رسیدگی به پرونده‌ها بین ۳۰ تا ۶۰ روز زمان می‌برد که این رقم در کشورهای پیشرو مانند استونی تنها یک روز است. با پیشرفت‌های چشم‌گیر فناوری، به‌ویژه در حوزه‌های بلاک‌چین و هوش مصنوعی، فرصت‌هایی نوین برای بازآفرینی نظام مالیاتی و مقابله با چالش‌های مذکور فراهم آمده است. فناوری بلاک‌چین، با ایجاد دفاتر کل توزیع‌شده، تغییرناپذیر و شفاف، می‌تواند بستر مناسبی برای ثبت تراکنش‌های مالیاتی بدون امکان دستکاری فراهم آورد. از سوی دیگر، هوش مصنوعی با توانایی پردازش کلان‌داده‌ها و شناسایی الگوهای غیرعادی، قادر است فرارهای مالیاتی را با دقت بالا تشخیص دهد. نمونه‌های موفق جهانی مانند استونی، سنگاپور و کره جنوبی نشان داده‌اند که استفاده از این فناوری‌ها می‌تواند نرخ تمکین مالیاتی را تا بیش از ۹۰٪ افزایش دهد و هزینه‌های وصول را به شدت کاهش دهد (e-Estonia، ۲۰۲۳؛ IRAS، ۲۰۲۲؛ World Bank، ۲۰۲۳).

با وجود این پیشرفت‌ها، نظام مالیاتی ایران همچنان وابسته به فرآیندهای دستی، فاقد یکپارچگی داده‌ای و مبتلا به ضعف در زیرساخت‌های دیجیتال است. طرح‌هایی مانند سامانه مودیان و صورتحساب الکترونیکی گام‌هایی در مسیر دیجیتال‌سازی مالیات بوده‌اند، اما به دلیل چالش‌هایی نظیر مقاومت فرهنگی، ضعف آموزش نیروی انسانی و خلأ قانونی، اثربخشی محدودی داشته‌اند (دیوان محاسبات کشور، ۱۴۰۱). در این میان، پژوهش‌های داخلی انجام‌شده عمدتاً به بررسی مجزای یکی از فناوری‌ها پرداخته‌اند و فاقد رویکرد تلفیقی و بومی‌سازی‌شده هستند. از سوی دیگر، اغلب این مطالعات تمرکز کمی بر تحلیل اقتصادی و هزینه-فایده اجرای این

فناوری‌ها در ایران داشته‌اند. این خلأها، ضرورت طراحی یک مدل جامع برای تلفیق فناوری‌های نوین در بستر بومی ایران را نمایان می‌سازد.

در چنین شرایطی، ضرورت طراحی یک مدل جامع و عملیاتی که بتواند هم‌زمان سه مولفه شفافیت، پاسخ‌گویی و عدالت را در نظام مالیاتی ایران تقویت کند، به‌روشنی احساس می‌شود. سامانه‌هایی مانند مودیان یا صورتحساب الکترونیکی اگرچه در راستای دیجیتال‌سازی گام‌هایی ابتدایی برداشته‌اند، اما به دلیل طراحی جزیره‌ای، فقدان انسجام نهادی و ضعف در بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، نتوانسته‌اند تأثیر محسوسی بر کاهش فرار مالیاتی یا افزایش اعتماد مودیان بگذارند. از سوی دیگر، تحقیقات داخلی و سیاست‌های اجرایی معمولاً بر راه‌حل‌های انفعالی یا مبتنی بر جریمه تمرکز دارند، در حالی که تحول نظام مالیاتی نیازمند رویکردی پیش‌نگر، داده‌محور و فناورانه است. تجربه کشورهای پیشرو نشان می‌دهد که ترکیب بلاک‌چین و هوش مصنوعی توانسته است زیرساختی برای حکمرانی مالیاتی هوشمند فراهم آورد، به نحوی که بلاک‌چین امکان ثبت تغییرناپذیر و شفاف داده‌ها را فراهم کرده و هوش مصنوعی از طریق تحلیل الگوهای رفتاری، ناهنجاری‌های مالیاتی را شناسایی کرده است. با این حال، در ایران نه‌تنها چنین مدلی تدوین نشده، بلکه بررسی هزینه-فایده پیاده‌سازی آن در بستر مقرراتی کشور نیز صورت نگرفته است. این در حالی است که پذیرش حقوقی اسناد دیجیتال، اعتبار قراردادهای هوشمند و تبیین جایگاه قانونی داده‌های بلاک‌چینی، پیش‌شرط‌هایی برای امکان‌سنجی اجرایی چنین مدل‌هایی به‌شمار می‌روند. از این‌رو، پژوهش حاضر بر آن است تا با طراحی یک چارچوب یکپارچه، بومی‌سازی‌شده و عملیاتی، به این پرسش پاسخ دهد که چگونه می‌توان با تلفیق فناوری‌های بلاک‌چین و هوش مصنوعی، مدلی برای تحول نظام مالیاتی ایران ارائه داد که به‌طور هم‌زمان سه اصل کلیدی حکمرانی مالیاتی، یعنی شفافیت، پاسخ‌گویی و عدالت را ارتقاء بخشد.

مبانی نظری پژوهش

تحول در نظام‌های مالیاتی به‌مثابه یکی از ارکان اصلی حکمرانی اقتصادی، نیازمند بازنگری در ساختار نهادی، ابزارهای نظارتی و فرایندهای وصول درآمد عمومی است. در این راستا، مفهوم «حکمرانی داده‌محور[1]» به‌عنوان یکی از رویکردهای نوین در ادبیات حکمرانی عمومی مطرح

1. Data-Driven Governance

شده است که بر استفاده نظام‌مند از داده‌های دیجیتال در فرایندهای تصمیم‌سازی، نظارت، تخصیص منابع و پاسخ‌گویی تأکید دارد (Janssen et al., ۲۰۱۷). در این چارچوب، فناوری‌های نوظهور مانند هوش مصنوعی، زنجیره‌بلوک (بلاک‌چین)، کلان‌داده و یادگیری ماشین، به‌عنوان زیربنای ساختارهای کنترلی و سیاست‌گذاری مدرن در نظر گرفته می‌شوند (Kettunen & Kallio, ۲۰۲۱).

مفهوم «دولت دیجیتال[1]» نیز در ادبیات مرتبط با حکمرانی الکترونیک، به فرآیند بهره‌گیری از فناوری‌های دیجیتال جهت بهینه‌سازی عملکرد نهادهای عمومی، افزایش شفافیت، کاهش فساد، و تسهیل ارتباط دولت با شهروندان اشاره دارد (United Nations, ۲۰۲۰). این مفاهیم در کنار یکدیگر، زمینه‌ساز طراحی سازوکارهایی هستند که می‌توانند نظام مالیاتی را از یک سیستم سنتی، قضاوت‌محور و پرهزینه به یک سامانه هوشمند، شفاف و قابل‌اعتماد تبدیل کنند.

در بستر حکمرانی داده‌محور، فناوری بلاک‌چین[2] به‌عنوان یک ساختار دفترکل توزیع‌شده[3] معرفی می‌شود که قابلیت ثبت، ذخیره و تبادل اطلاعات را به‌صورت امن، شفاف و تغییرناپذیر فراهم می‌سازد (Tapscott & Tapscott, ۲۰۱۶). ویژگی‌هایی همچون تمرکززدایی، عدم‌قابلیت تحریف، ردگیری‌پذیری تراکنش‌ها و شفافیت در ثبت داده‌ها، بلاک‌چین را به ابزاری مؤثر برای مقابله با جعل اسناد مالی، خوداظهاری‌های کاذب و کاهش فساد در فرآیندهای مالیاتی تبدیل کرده است (Casey & Vigna, ۲۰۱۸).

در حوزه مالیات، این فناوری می‌تواند بستری فراهم آورد که در آن تمامی تراکنش‌های اقتصادی شامل صورتحساب‌ها، پرداخت‌ها، و جریان کالا و خدمات به‌صورت برخط و تأییدشده توسط نهادهای ثالث مستقل ثبت شود. چنین بستری، هم امکان راستی‌آزمایی خودکار داده‌های ارائه‌شده توسط مودیان را فراهم می‌آورد، و هم دخالت عوامل انسانی و احتمال تبانی یا فساد را کاهش می‌دهد. مطالعاتی مانند ونگ و همکاران (۲۰۲۰) و کوهی زاده و سرکیس(۲۰۱۸) نشان داده‌اند که پیاده‌سازی بلاک‌چین در فرآیندهای مالیاتی و حسابرسی، موجب بهبود چشم‌گیر قابلیت پیگیری درآمدها و افزایش اعتماد عمومی به دولت شده است.

1. Digital Government
2. Blockchain
3. Distributed Ledger Technology

در چارچوب نظری طراحی‌شده در این پژوهش، بلاک‌چین به‌عنوان لایه زیرساختی برای ثبت تراکنش‌های مالیاتی در نظر گرفته شده که از طریق الگوریتم‌های اجماع و قراردادهای هوشمند، امکان ثبت بدون واسطه، فوری و تغییرناپذیر اطلاعات مالی را فراهم می‌سازد؛ بستری که شفافیت را در تمامی مراحل تعامل بین مودیان و سازمان امور مالیاتی تضمین می‌کند.

در کنار فناوری بلاک‌چین، هوش مصنوعی[1] یکی دیگر از مؤلفه‌های کلیدی حکمرانی داده‌محور به شمار می‌آید. این فناوری با تکیه بر الگوریتم‌های یادگیری ماشین، شبکه‌های عصبی، و تحلیل‌های پیش‌بینی، قابلیت پردازش و تحلیل حجم گسترده‌ای از داده‌های مالی، شناسایی الگوهای رفتاری مودیان، تشخیص ناهنجاری‌ها، پیش‌بینی احتمال فرار مالیاتی، و طبقه‌بندی ریسک مودیان را داراست (Russell & Norvig, ۲۰۲۱; Wamba-Taguimdje et al., ۲۰۲۰). در این راستا، هوش مصنوعی نه‌تنها می‌تواند در فرآیند ممیزی مالیاتی جایگزین تحلیل‌گران انسانی شود، بلکه امکان ارزیابی برخط اظهارنامه‌ها، محاسبه خودکار مالیات، و ارسال هشدارهای پیش‌نگر را نیز فراهم می‌آورد.

این کارکردها در نظریه «حکمرانی الگوریتمی[2]» تحلیل شده‌اند؛ نظریه‌ای که بر استفاده از الگوریتم‌ها و تحلیل داده‌ها برای تصمیم‌سازی در ساختارهای نهادی تأکید دارد (Yeung, ۲۰۱۸). طبق این رویکرد، هوش مصنوعی نه‌تنها ابزار محاسبه‌گر، بلکه عامل شکل‌دهنده به سیاست‌گذاری، نظارت و پاسخ‌گویی نهادی است. به‌ویژه در نظام مالیاتی، می‌توان با تکیه بر الگوریتم‌های شفاف و قابل ردگیری، فرآیند تشخیص مالیات را از تصمیمات قضاوت‌محور و سلیقه‌ای خارج نمود و به‌سوی رویه‌های خودکار و مبتنی بر داده سوق داد.

از سوی دیگر، نظریه عدالت مالیاتی بر مفاهیمی نظیر تناسب مالیاتی، رفع تبعیض، و توزیع منصفانه بار مالیاتی تأکید دارد (Tanzi, ۲۰۱۷; Atkinson, ۲۰۱۵). پیاده‌سازی فناوری‌های نوین مانند هوش مصنوعی می‌تواند به کاهش سوگیری مأموران مالیاتی، کاهش تبعیض منطقه‌ای و صنفی، و بهبود شاخص‌های عدالت در فرآیند رسیدگی و ممیزی کمک کند. به‌علاوه، با امکان تحلیل دقیق سطح ریسک و ظرفیت پرداخت مودیان، می‌توان سازوکارهای انعطاف‌پذیرتر و

1. Artificial Intelligence
2. Algorithmic Governance

واقع‌بینانه‌تری برای مطالبه مالیات طراحی نمود که در عین افزایش اثربخشی، از فشار بی‌مورد بر گروه‌های کم‌درآمد جلوگیری کند.

بر پایه مفاهیم و نظریه‌های مطرح‌شده، می‌توان مدلی تحلیلی برای تحول نظام مالیاتی ترسیم کرد که سه اصل بنیادین شفافیت، پاسخ‌گویی و عدالت را به‌طور هم‌زمان پوشش می‌دهد. این سه مؤلفه که در ادبیات حکمرانی به‌عنوان ارکان اصلی حکمرانی مطلوب شناخته می‌شوند، در این پژوهش به‌عنوان اهداف نهایی مدل طراحی‌شده تلقی شده‌اند. چارچوب مفهومی پیشنهادی با عنوان مدل شفافیت، پاسخ‌گویی و عدالت ، تلفیقی از قابلیت‌های فنی بلاک‌چین و قدرت تحلیلی هوش مصنوعی را در جهت تحقق این اهداف به‌کار می‌گیرد.

در ساختار این مدل، فناوری بلاک‌چین به‌عنوان بستر ثبت، تبادل و ذخیره‌سازی ایمن و تغییرناپذیر داده‌ها عمل می‌کند. این فناوری، امکان راستی‌آزمایی دقیق تراکنش‌های مالی، حذف واسطه‌های انسانی در ثبت اطلاعات، و افزایش اعتماد به نظام مالیاتی را فراهم می‌سازد. بلاک‌چین در این مدل، عنصر مؤثر در ارتقای شفافیت نهادی است و زمینه کاهش خطا، تقلب و فساد را به‌طور چشمگیری مهیا می‌سازد.

در کنار آن، هوش مصنوعی نیز با تکیه بر الگوریتم‌های یادگیری ماشین و شبکه‌های عصبی، توانایی تحلیل رفتار مالیاتی مودیان، شناسایی الگوهای پرریسک، و صدور هشدارهای خودکار را دارد. این فناوری نقش کلیدی در هوشمندسازی ممیزی، تقویت پاسخ‌گویی نهادی، و تخصیص اثربخش منابع نظارتی ایفا می‌کند. بهره‌گیری از هوش مصنوعی در چنین مدلی، فرآیند تصمیم‌سازی را از تشخیص‌های قضاوت‌محور خارج کرده و به سوی تحلیل داده‌محور سوق می‌دهد. در نهایت، هم‌افزایی این دو فناوری در قالب یک سامانه یکپارچه و ترکیبی، زمینه تحقق عدالت مالیاتی را فراهم می‌آورد. این مدل با امکان تحلیل دقیق ظرفیت پرداخت و سطح ریسک هر مودی، از فشارهای غیرمنصفانه جلوگیری کرده و فرآیند مطالبه مالیات را متناسب با توان واقعی اقتصادی افراد بازتنظیم می‌کند. چارچوب TAF بر این اساس، نه‌تنها از منظر فنی قابل اتکا و اجرایی است، بلکه از حیث نظری نیز بر بنیان‌های معتبر در حوزه حکمرانی داده‌محور، دولت دیجیتال، و عدالت مالیاتی استوار شده است.

پیشینهٔ پژوهش

در دهه‌های اخیر، تحول دیجیتال در نظام‌های مالیاتی به‌عنوان یکی از اولویت‌های اصلاح ساختارهای درآمدی دولت‌ها شناخته شده است. مطالعات سازمان‌هایی همچون OECD و صندوق بین‌المللی پول نشان می‌دهد که بهره‌گیری از فناوری‌های نوظهور از جمله بلاک‌چین و هوش مصنوعی می‌تواند در کاهش هزینه‌های اجرایی، افزایش شفافیت، بهبود تمکین مالیاتی و کاهش فرار مالیاتی نقشی اساسی ایفا کند (OECD, ۲۰۲۲; IMF, ۲۰۲۳).

از جمله تجربه‌های شاخص، می‌توان به کشور استونی اشاره کرد که از سال ۲۰۰۸ با توسعه زیرساخت KSI Blockchain در قالب برنامه دولت الکترونیک خود، امکان ثبت تغییرناپذیر و شفاف اسناد دیجیتال را برای نهادهای دولتی از جمله اداره مالیات فراهم ساخت. طبق گزارش رسمی پروژه e-Estonia، استفاده از این زیرساخت منجر به تسریع فرآیندهای مالیاتی، کاهش مراجعات حضوری، و افزایش اعتماد عمومی به نهادهای حاکمیتی شده است (e-Estonia, ۲۰۲۳).

در سنگاپور، سازمان مالیاتی[1] از سال ۲۰۱۹ به‌طور رسمی بهره‌گیری از الگوریتم‌های یادگیری ماشین را برای شناسایی مودیان پرریسک آغاز کرد. گزارش سالانه این سازمان در سال ۲۰۲۱ حاکی از آن است که این ابزارها توانسته‌اند در تحلیل تراکنش‌های مشکوک، تخصیص هوشمند ممیزان و پیش‌بینی پرونده‌های نیازمند رسیدگی مؤثر عمل کنند (IRAS Annual Report, ۲۰۲۱). همچنین این الگوریتم‌ها در تسریع پردازش اظهارنامه‌های الکترونیکی و کاهش درصد خطای ممیزی اثرگذار بوده‌اند.

در اتحادیه اروپا نیز اجرای دستورالعمل DAC۷ از سال ۲۰۲۳، پلتفرم‌های دیجیتال را موظف به گزارش‌گیری استاندارد و شفاف از فعالیت کاربران خود کرده است. به گزارش رسمی کمیسیون اروپا (European Commission, ۲۰۲۲)، هدف اصلی این سیاست‌گذاری، مقابله با فرار مالیاتی در اقتصاد دیجیتال و به‌ویژه بخش «گیگ‌اکونومی» بوده است. برخی از کشورهای عضو، همزمان با پیاده‌سازی DAC۷، استفاده از دفترکل توزیع‌شده برای ردیابی تراکنش‌های پرریسک را نیز در دستور کار خود قرار داده‌اند.

1. IRAS

از منظر کاربرد هوش مصنوعی، پروژه‌های پژوهشی وابسته به دانشگاه صنعتی ماساچوست، به‌ویژه مطالعات انجام‌شده در آزمایشگاه CSAIL[1]، قابلیت شبکه‌های عصبی عمیق در تشخیص ناهنجاری‌های مالیاتی را تأیید کرده‌اند. در این پژوهش‌ها، مدل‌های مبتنی بر LSTM و Random Forest در محیط‌های شبیه‌سازی‌شده موفق به شناسایی الگوهای رفتاری ناسازگار با تمکین قانونی با دقت بالای ۹۰ درصد شده‌اند (MIT CSAIL, ۲۰۲۱).

در کره جنوبی نیز توسعه سامانه مالیاتی الکترونیکی موسوم به K-Tax منجر به افزایش نرخ پرداخت‌های مالیاتی به‌صورت آنلاین و کاهش تخلفات در بخش تجارت خارجی شده است. بر اساس داده‌های منتشرشده توسط وزارت اقتصاد و دارایی این کشور (۲۰۲۳)، اعمال الزامات صدور برخط فاکتور و اتصال آن به سامانه مالیاتی مرکزی، اثربخشی سیستم نظارتی را به‌طور چشمگیری افزایش داده است.

در راستای برنامه تحول دیجیتال نظام مالیاتی کشور، سازمان امور مالیاتی در سال ۱۴۰۲ «طرح پایلوت مالیات هوشمند» را به‌صورت آزمایشی در استان البرز اجرا کرد. این طرح با مشارکت مودیان حقوقی و در بستر تحلیل داده‌های تراکنش‌های بانکی و سامانه‌های فروشگاهی انجام شد. هدف اصلی آن، بهره‌گیری از الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای شناسایی رفتارهای پرریسک مالیاتی و ارتقای دقت رسیدگی بود. بر اساس گزارش منتشرشده، اجرای این پایلوت منجر به بهبود شاخص‌های عملکردی نظام مالیاتی گردید (سازمان امور مالیاتی کشور، ۱۴۰۲).

در ادبیات داخلی، پژوهش‌های متعددی به بررسی تأثیر فناوری اطلاعات و تحلیل داده بر کارایی نظام مالیاتی پرداخته‌اند، هرچند اغلب این مطالعات فاقد رویکرد ترکیبی یا چارچوب عملیاتی منسجم بوده‌اند. برای نمونه، کریمی و همکاران (۱۳۹۹) در مطالعه‌ای توصیفی، نقش سامانه‌های اطلاعاتی در بهبود فرآیند ممیزی را بررسی کرده و بر اهمیت سرعت و دقت در تبادل اطلاعات تأکید داشته‌اند، اما به سطوح الگوریتمی یا حکمرانی فناورانه نپرداخته‌اند.

در پژوهشی دیگر، موسوی و سلطانی (۱۴۰۰) به بررسی کاربرد الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای طبقه‌بندی ریسک مودیان پرداخته‌اند. هرچند این مطالعه بر استفاده از داده‌کاوی تمرکز

1. Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory

داشته، اما فاقد لایه‌های نهادی، زیرساختی و الزامات حقوقی برای پیاده‌سازی چنین الگویی بوده است.

همچنین، نوری و محسنی (۱۴۰۱) با بهره‌گیری از سیستم‌های خبره، مدلی برای غربال‌گری مودیان مشکوک ارائه کرده‌اند که از منظر الگوریتمی به پژوهش حاضر نزدیک است، اما ابعاد مربوط به ثبت امن داده‌ها، شفافیت سیستمی و پاسخ‌گویی نهادی در آن لحاظ نشده است.

در مجموع، با وجود تلاش‌های صورت‌گرفته، اغلب پژوهش‌های داخلی یا فاقد مدل ترکیبی بلاک‌چین و هوش مصنوعی بوده‌اند، یا به‌صورت موردی و محدود اجرا شده‌اند. پژوهش حاضر با طراحی چارچوبی چندلایه و قابل تعمیم، در پی ارائه مدلی بومی، سیاست‌پذیر و منسجم برای بازآفرینی کارکردهای نظام مالیاتی کشور است.

جدول۱. جدول پیشینه پژوهش

ردیف	نویسنده/نهاد (سال)	عنوان پژوهش/طرح	روش پژوهش/اجرا	نتایج کلیدی
1	OECD (2022)	Digitalisation and Tax	سیاست‌گذاری	کاهش هزینه، افزایش شفافیت و تمکین
2	IMF (2023)	Digital Transformation in Taxation	مرور سیاستی	توصیه به کاربرد AI و بلاک‌چین در کشورهای در حال توسعه
3	e-Estonia Project (2023)	Blockchain in Public Services	اجرا	تمکین ۹۵٪، کاهش ۸۰٪ هزینه
4	IRAS Singapore (2021)	Machine Learning in Tax Compliance	گزارش عملیاتی	کشف ۱٫۲ میلیارد دلار فرار، کاهش زمان رسیدگی
5	European Commission (2022)	DAC7 Implementation	سیاست‌گذاری	افزایش شفافیت اقتصاد دیجیتال
6	MIT CSAIL (2021)	AI Models in Tax Detection	مدل‌سازی	دقت بالای ۹۰٪ در شناسایی ناهنجاری
7	Korea MOEF (2023)	K-Tax Platform	اجرا	پرداخت ۹۸٪ آنلاین، کاهش ۳۵٪ فرار صادرات
8	سازمان مالیاتی ایران	پایلوت البرز	اجرا	رشد ۲۲٪ وصول، کاهش

جدول۱. جدول پیشینه پژوهش

ردیف	نویسنده/نهاد (سال)	عنوان پژوهش/طرح	روش پژوهش/اجرا	نتایج کلیدی
	(۱۴۰۲)			۳۵٪ خطا، رسیدگی ۱ ماهه
9	کریمی و همکاران (۱۳۹۹)	در نظام مالیاتی IT	توصیفی	بهبود شناسایی و کاهش زمان رسیدگی
10	موسوی و سلطانی (۱۴۰۰)	یادگیری ماشین در ریسک مودیان	داده‌کاوی	بهبود طبقه‌بندی، بدون ابعاد نهادی
11	نوری و محسنی (۱۴۰۱)	سیستم خبره مالیاتی	مدل‌سازی	دقت بالا، فاقد شفافیت سیستمی

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر در زمره مطالعات توسعه‌ای–کاربردی قرار دارد و با بهره‌گیری از رویکردی ترکیبی، طراحی و شبیه‌سازی چارچوبی تلفیقی بر پایه فناوری‌های نوظهور در نظام مالیاتی ایران را دنبال می‌کند. برای نیل به این هدف، فرآیند پژوهش در سه مرحله پیوسته تنظیم و اجرا شده است. در ادامه، دو مرحله نخست این مسیر تشریح می‌شود.

در نخستین گام، به‌منظور تدوین چارچوب مفهومی و شناسایی ساختارهای نظری مرتبط، مطالعات پیشین و تجارب جهانی در حوزه دیجیتالی‌سازی فرآیندهای مالیاتی مورد بررسی قرار گرفتند. تمرکز اصلی بر دو محور «کاربرد بلاک‌چین در حکمرانی مالیاتی» و «کاربرد الگوریتم‌های هوش مصنوعی در تحلیل ریسک و رفتار مالیاتی» بوده است.

در این راستا، تحلیل محتوای گزارش‌های رسمی سازمان‌هایی مانند سازمان همکاری اقتصادی و توسعه(OECD, 2022) ، بانک جهانی (World Bank, 2021) و اداره مالیاتی سنگاپور (IRAS, 2022)، مبنای اولیه برای الگوبرداری نهادی قرار گرفت. همچنین ساختار عملیاتی پروژه e-Estoniaدر کشور استونی، به‌عنوان نمونه‌ای موفق از کاربرد بلاک‌چین برای ثبت داده‌های اقتصادی و مالیاتی مورد ارجاع قرار گرفت. در این پروژه، فناوری KSI Blockchain برای ایجاد شفافیت در ثبت تراکنش‌ها و کاهش هزینه‌های اداری استفاده شده است (e-Estonia,

.(2023از سوی دیگر، تجارب دیجیتال‌سازی مالیات در اتحادیه اروپا، از جمله اجرای دستورالعمل DAC7 در سال ۲۰۲۳، و نیز اقدامات کره جنوبی در چارچوب سیستمK-Tax ، برای بررسی تطبیقی سازوکارهای داده‌محور لحاظ شدند.

در حوزه هوش مصنوعی، مطالعات انجام‌شده در دانشگاه MIT (2021) درباره دقت الگوریتم‌های شبکه عصبی در شناسایی الگوهای مالی مشکوک، و پروژه Taxonomy AI در اتحادیه اروپا (۲۰۲۲) برای طراحی استانداردهای تحلیل ریسک مالیاتی، به‌عنوان مرجع تحلیل مدل‌های قابل‌کاربرد مدنظر قرار گرفتند. افزون‌بر این، مطالعات داخلی شامل گزارش‌های منتشرشده توسط سازمان امور مالیاتی کشور درباره سامانه مودیان و طرح صورتحساب الکترونیکی، و نیز مقالات پژوهشی منتشرشده در نشریات داخلی معتبر همچون «پژوهشنامه مالیات» در دوره‌های ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۲، به‌منظور شناسایی متغیرهای بومی و الزامات نهادی تحلیل شدند.

در مرحله دوم، ساختار نهادی، فنی، حقوقی و فرهنگی نظام مالیاتی کشور با هدف انطباق‌پذیری چارچوب پیشنهادی مورد بررسی قرار گرفت. منابع اصلی در این مرحله شامل گزارش‌های رسمی سازمان امور مالیاتی (۱۴۰۰ تا ۱۴۰۲)، داده‌های تحلیلی دیوان محاسبات کشور، و گزارش‌های آماری مرکز آمار ایران بودند. بررسی این اسناد به شناسایی چالش‌های بنیادین از جمله نبود زیرساخت یکپارچه برای تبادل داده، ناهمگونی سامانه‌های اطلاعاتی، و ضعف در ردیابی برخط جریان‌های مالی انجامید.

از منظر فرهنگی و نهادی، مسائلی نظیر مقاومت بدنه کارشناسی در برابر تحول دیجیتال، نبود آموزش‌های تخصصی کافی، و محدودیت‌های قانونی برای پذیرش اسناد دیجیتال نیز در فرایند تحلیل مدنظر قرار گرفت. همچنین تطابق با مقررات حریم خصوصی و امنیت سایبری، از جمله قانون حمایت از داده‌ها (پیش‌نویس مرکز ملی فضای مجازی) و استانداردهای بین‌المللی نظیر ISO/IEC 27001، از حیث قابلیت اجرایی و انطباق با حقوق شهروندی بررسی شد.

بر پایه این دو مرحله، بستر طراحی مدل «شفافیت، پاسخ‌گویی و عدالت» فراهم شد که در ادامه، ساختار آن و نحوه پیاده‌سازی الگوریتم‌های تحلیل رفتاری بر بستر بلاک‌چین تشریح می‌گردد.

در سومین مرحله از فرایند پژوهش، چارچوب عملیاتی مدل پیشنهادی طراحی شد که تلفیقی از قابلیت‌های فناوری بلاک‌چین و الگوریتم‌های پیشرفته هوش مصنوعی برای ارتقای کارایی و عدالت در نظام مالیاتی ایران است. این مدل شامل دو لایه فناورانه اصلی می‌باشد که به‌صورت یکپارچه عمل می‌کنند: نخست لایه زیرساختی برای ثبت غیرقابل تغییر تراکنش‌ها، و دوم لایه تحلیلی برای ارزیابی هوشمند ریسک مودیان.

در لایه اول، زیرساخت بلاک‌چین بر پایه هایپرلجر فابریک[1] پیاده‌سازی شده است. هایپرلجر فابریک یک بستر بلاک‌چین سازمانی با مجوزدهی داخلی است که امکان طراحی شبکه‌ای نیمه‌خصوصی را فراهم می‌سازد. این پلتفرم از معماری ماژولار بهره می‌برد و قابلیت کنترل دقیق سطوح دسترسی، مدیریت هویت کاربران، و اجرای قراردادهای هوشمند با زبان‌هایی نظیر Go و Javaرا دارا است. یکی از ویژگی‌های کلیدی این پلتفرم، عدم نیاز به استخراج[2] برای تایید تراکنش‌ها است که موجب کاهش مصرف منابع محاسباتی می‌شود.

در این چارچوب، به‌جای الگوریتم‌های پرهزینه اجماع مانند اثبات کار، از الگوریتم یاPBFT استفاده شده است. الگوریتم PBFT[3] برای محیط‌های سازمانی که نودها قابل اعتمادتر هستند، مناسب است و با تأخیر پایین، امکان تایید سریع تراکنش‌ها را بدون نیاز به رقابت میان نودها فراهم می‌سازد. استفاده از این الگوریتم، علاوه بر افزایش سرعت پردازش، به حفظ انسجام اطلاعات در شبکه غیرمتمرکز کمک می‌کند. تمام تراکنش‌ها پس از ثبت و تأیید در بلوک‌ها، به‌گونه‌ای ذخیره می‌شوند که امکان تغییر یا حذف آن‌ها وجود نداشته باشد.

برای تضمین محرمانگی داده‌های تراکنشی و در عین حال حفظ قابلیت تحلیل، از تکنیک رمزنگاری کلید عمومی ریورست–شامیر–ادلمن[4] بهره گرفته شده است. این الگوریتم یکی از پرکاربردترین روش‌های رمزنگاری نامتقارن محسوب می‌شود که در آن از یک کلید عمومی برای رمزگذاری و از یک کلید خصوصی برای رمزگشایی استفاده می‌شود. امنیت این تکنیک بر پایه‌ی دشواری تجزیه اعداد صحیح بسیار بزرگ به عوامل اول آن‌ها استوار است. همچنین امکان

1. Hyperledger Fabric
2. mining
3. Practical Byzantine Fault Tolerance
4. RSA

بهره‌گیری از رمزنگاری همریخت[1] در نظر گرفته شد تا برخی تحلیل‌ها بدون نیاز به بازکردن داده‌ها صورت پذیرد. این رویکرد، در کنار ساختار غیرمتمرکز بلاک‌چین، ضریب اعتماد و امنیت داده‌ها را در محیط مالیاتی به‌شکل چشمگیری افزایش می‌دهد.

در لایه دوم مدل، تمرکز بر تحلیل هوشمند رفتار مالیاتی مودیان قرار دارد. داده‌های گردآوری‌شده از سامانه‌های بانکی، پایانه‌های فروش، سامانه ثبت احوال، گمرک و سوابق اظهارنامه‌ها، پس از تجمیع در یک پایگاه داده میانی، وارد چرخه تحلیل شدند. برای تشخیص رفتارهای ناهنجار و تراکنش‌های مشکوک، الگوریتم[2] مورد استفاده قرار گرفت. این الگوریتم، از روش درخت‌های تصادفی بهره می‌برد و با شبیه‌سازی فرآیند ایزوله‌سازی داده‌ها، نقاط پرت و غیرعادی را با دقت بالا شناسایی می‌کند.

برای طبقه‌بندی مودیان بر اساس ریسک، الگوریتم XGBoost به‌کار رفت. این الگوریتم نوعی گرادیان بوستینگ پیشرفته است که با بهینه‌سازی توابع خطا و ایجاد درخت‌های تصمیم متوالی، توانایی بالایی در کشف الگوهای پیچیده دارد و به‌ویژه در داده‌های ناهم‌توزیع عملکرد مناسبی از خود نشان می‌دهد.

در نهایت، جهت پیش‌بینی رفتارهای مالیاتی در بازه‌های زمانی آتی، از شبکه‌های عصبی بازگشتی نوع LSTM بهره گرفته شد. این مدل به‌واسطه ساختار «حافظه بلندمدت» خود قادر است وابستگی‌های زمانی در داده‌ها را حفظ کرده و روندهای پنهان در رفتار مودیان را استخراج نماید. ساختار LSTM از سلول‌های حافظه، دروازه‌های ورودی و خروجی و مکانیسم‌های تنظیمی بهره‌مند است که آن را برای تحلیل‌های سری‌زمانی پیچیده بسیار کارآمد می‌سازد.

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش برگرفته از طرح پایلوت مالیات هوشمند است که در سال ۱۴۰۲ توسط سازمان امور مالیاتی کشور در استان البرز به اجرا درآمد. این داده‌ها شامل سوابق تراکنش‌های بانکی، اطلاعات ثبت احوال، پایانه‌های فروش، اظهارنامه‌های مالیاتی و پروفایل شناسایی مودیان بوده و برای بیش از ۱۲،۵۰۰ مودی حقوقی فعال در سه شهر کرج، فردیس و هشتگرد گردآوری شده است. این اطلاعات در قالب فایل‌های ساخت‌یافته و نیمه‌ساخت‌یافته ارائه گردید و پس از پالایش و بازسازی وارد فرآیند تحلیل شد.

1. Homomorphic Encryption
2. Isolation Forest

در نخستین گام، کیفیت داده‌ها از نظر کامل بودن، تناسب، ناسازگاری در مقادیر، و یکنواختی ساختاری مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های گمشده با استفاده از روش برآورد میانگین گروهی و مدل همسایگی آماری (k-نزدیک‌ترین همسایه) بازسازی شدند. برای شناسایی مقادیر غیرمنطقی و ناسازگار، آزمون انحراف معیار و تحلیل چولگی و کشیدگی انجام گردید و داده‌های دارای انحراف بیش از حد از توزیع مرکزی، پس از بررسی ماهیت، یا تصحیح یا از مجموعه حذف شدند.

در مرحله بعد، داده‌ها به‌منظور ارتقاء دقت الگوریتم‌های یادگیری ماشین، نرمال‌سازی شدند. روش نرمال‌سازی بازه‌ای (min-max) به‌کار رفت تا تمامی متغیرهای ورودی به بازه استاندارد [۰،۱] انتقال یابند و از تأثیرگذاری مقیاس‌های متفاوت جلوگیری شود. سپس، انتخاب متغیرهای مؤثر برای آموزش مدل بر پایه ترکیبی از تحلیل تجربی، اعتبارسنجی متقاطع و تحلیل اهمیت ویژگی‌ها صورت گرفت. متغیرهایی نظیر تعداد تراکنش‌های بانکی در بازه‌های زمانی مختلف، نسبت پرداخت‌های نقدی به درآمد گزارش‌شده، میانگین تأخیر در ثبت اظهارنامه، سابقه اعتراضات مالیاتی، و نرخ نوسان درآمدی ماهانه به‌عنوان ورودی مدل انتخاب شدند.

برای مدل‌سازی، سه الگوریتم یادگیری ماشین پیاده‌سازی شد: الگوریتم Isolation Forest برای تشخیص ناهنجاری‌های رفتاری در الگوهای تراکنشی، شبکه عصبی LSTM برای پیش‌بینی احتمال فرار مالیاتی بر مبنای روندهای زمانی، و الگوریتم XGBoost برای طبقه‌بندی مودیان بر اساس سطح ریسک مالیاتی.

الگوریتم‌ها با مجموعه داده‌های آماده‌شده آموزش داده شدند؛ داده‌ها به نسبت ۸۰ درصد برای آموزش و ۲۰ درصد برای آزمون تفکیک شده و از اعتبارسنجی متقابل پنج‌لایه برای جلوگیری از بیش‌برازش استفاده شد. برای الگوریتمXGBoost ، پارامترهایی همچون نرخ یادگیری، حداکثر عمق درخت تصمیم و نرخ نمونه‌برداری تنظیم گردید. در شبکه عصبی LSTM نیز ساختار شبکه، نرخ ریزش، تابع فعال‌سازی و تعداد نورون‌ها با آزمون‌های متوالی بهینه شد. الگوریتم Isolation Forestنیز بر اساس مقدار ناخالصی و تعداد درخت‌های تصادفی تنظیم و اجرا گردید.

در پایان، برای ارزیابی عملکرد هر الگوریتم، از معیارهای دقت، نرخ شناسایی صحیح مودیان با ریسک بالا ، میانگین هندسی دقت ، و نرخ خطای نوع دوم استفاده شد. نتایج این مرحله، مبنای تحلیل اثربخشی مدل در بخش بعدی مقاله قرار گرفت.

یافته‌های پژوهش

تحلیل داده‌های این پژوهش در راستای ارزیابی کارایی الگوریتم‌های هوش مصنوعی و معماری بلاک‌چین در چارچوب طراحی‌شده، در سه محور اصلی صورت پذیرفت. این سه محور شامل سنجش دقت تشخیص ناهنجاری‌های رفتاری در تراکنش‌های مالیاتی، ارزیابی عملکرد طبقه‌بندی ریسک مودیان، و توان پیش‌بینی الگوهای مالیاتی در گذر زمان است. در ادامه، عملکرد هر یک از اجزای مدل تحلیل و ارزیابی می‌شود.

در نخستین گام، عملکرد الگوریتم Isolation Forest که برای شناسایی رفتارهای ناهنجار در تراکنش‌های مالیاتی مورد استفاده قرار گرفت، به شرح زیر ارزیابی شد:

جدول ۱. عملکرد الگوریتم Isolation Forest در شناسایی رفتارهای ناهنجار.

طبقه‌بندی رفتاری	دقت(Accuracy)	بازخوانی(Recall)	امتیازF1
ناهنجار	0.92	0.90	0.91
عادی	0.94	0.95	0.94
میانگین وزنی	0.93	0.93	0.93

عملکرد الگوریتم نشان می‌دهد که در تشخیص رفتارهای مشکوک، سطح دقت **۹۳** درصد به دست آمده که از لحاظ علمی بسیار مطلوب ارزیابی می‌شود. این الگوریتم با استفاده از ساختار درخت‌های تصادفی ایزوله‌کننده، توانسته است تراکنش‌های غیرمتعارف را به‌طور مؤثر از داده‌های گسترده تفکیک کند. توانایی مدل در شناسایی دقیق ناهنجاری‌ها، یکی از شروط کلیدی برای کاهش خطای ممیزی انسانی و ارتقای دقت نظارت سیستمی است. همچنین، ترکیب نتایج با داده‌های بلاک‌چین و انطباق آن‌ها با سوابق اظهارنامه‌ها، درصد مغایرت معنادار را در بیش از ۸۸ درصد موارد تأیید کرده است.

در مرحله دوم، الگوریتم XGBoost برای طبقه‌بندی مودیان بر اساس سطح ریسک مالیاتی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج به‌دست‌آمده به شرح جدول زیر است:

جدول ۲. عملکرد الگوریتم XGBoost در طبقه‌بندی مودیان بر اساس سطح ریسک

سطح ریسک	دقت (Accuracy)	بازخوانی (Recall)	امتیاز F1
پرریسک	0.89	0.86	0.87
کم‌ریسک	0.91	0.93	0.92
میانگین وزنی	0.90	0.90	0.90

الگوریتم XGBoost، به عنوان یکی از پیشرفته‌ترین روش‌های گرادیان تقویتی، توانست با دقت ۹۰ درصد مودیان را در دو طبقه مجزا از نظر ریسک تفکیک کند. داده‌های ورودی این مدل شامل شاخص‌های رفتاری همچون تعداد تراکنش‌های بانکی، میزان نوسان درآمدی، سابقه اعتراضات، میزان تأخیر در ارسال اظهارنامه و تناسب درآمد با صنف بود. خروجی مدل، الگویی پایدار از تشخیص و تفکیک ریسک را نشان می‌دهد که می‌تواند به‌صورت مستقیم در اولویت‌بندی رسیدگی پرونده‌ها، تخصیص منابع انسانی و اعمال سیاست‌های تشویقی یا بازدارنده به‌کار رود.

در گام سوم، از الگوریتم LSTM برای مدل‌سازی الگوهای زمانی پرداخت مالیات و نوسانات درآمدی استفاده شد. این شبکه عصبی بازگشتی، وابستگی‌های زمانی بلندمدت را تحلیل کرده و توانست رفتار مالیاتی مودیان را با دقت بسیار مطلوب پیش‌بینی کند.

جدول ۳. عملکرد مدل LSTM در پیش‌بینی الگوهای زمانی رفتار مالیاتی

الگوی زمانی	دقت (Accuracy)	بازخوانی (Recall)	امتیاز F1
نوسان بالا	0.88	0.85	0.86
رفتار پایدار	0.90	0.92	0.91
میانگین وزنی	0.89	0.89	0.89

ساختار حافظه‌محور LSTM، امکان تشخیص تغییرات تدریجی یا ناگهانی در رفتار مودیان را فراهم کرد. این ویژگی، به سازمان امور مالیاتی اجازه می‌دهد تا سیاست‌های خود را از حالت پسینی به حالت پیش‌نگر تغییر دهد. یعنی به‌جای واکنش به تخلف، پیش‌بینی رفتارهای پرریسک و ارائه هشدارهای هوشمند صورت گیرد

مدل طراحی‌شده بر پایه‌ی بستر Hyperledger Fabric پیاده‌سازی شده است؛ پلتفرمی مجوزدار که با معماری ماژولار خود امکان ثبت غیرقابل‌تغییر و شفاف تراکنش‌های مالیاتی را

فراهم می‌آورد. در این ساختار، به‌جای الگوریتم‌های سنگین و پرهزینه مانند اثبات کار، از مکانیزم اجماع PBFT استفاده شده که با تأخیر پایین، ثبت سریع و هماهنگ تراکنش‌ها را ممکن می‌سازد.

قراردادهای هوشمند بر این بستر، محاسبه مالیات را به‌صورت خودکار و بدون دخالت انسانی اجرا کرده و موجب کاهش خطا، افزایش سرعت و حذف فرآیندهای دستی و غیرشفاف شده‌اند. همچنین با استفاده از رمزنگاری کلید عمومی و رمزنگاری همریخت، همزمان محرمانگی اطلاعات و قابلیت تحلیل داده‌ها حفظ گردیده و سطح اعتماد نهادی ارتقاء یافته است.

در گام نهایی، به‌منظور ارزیابی اقتصادی مدل پیشنهادی، تحلیل هزینه–فایده‌ای بر اساس داده‌های مالی صورت گرفت. این تحلیل بر پایه سه سال افق زمانی و با در نظر گرفتن هزینه‌های کلان‌پروژه در سطح ملی انجام شده است. اجزای هزینه شامل توسعه زیرساخت فناوری، آموزش نیروی انسانی، و نگهداری سامانه در طول سه سال می‌باشد. در مقابل، اجزای منافع شامل کاهش فرار مالیاتی، صرفه‌جویی اجرایی و افزایش درآمدهای مالیاتی است.

جدول ۴. تحلیل هزینه–فایده اجرای مدل پیشنهادی در بازه سه‌ساله (ارقام به میلیارد تومان)

متغیر	مقدار
هزینه زیرساخت	۴۶۵۰
هزینه آموزش	۶۰۰
هزینه نگهداری (۳ سال)	۷۵۰
جمع هزینه‌ها	۵۹۶۰
کاهش فرار مالیاتی	۶۰۰۰
صرفه‌جویی اجرایی	۱۵۰۰
بهبود درآمد مالیاتی	۴۵۰۰
جمع منافع اقتصادی	۱۲۰۰۰
سود خالص	۶۰۴۰
نسبت منفعت به هزینه	۲٫۰۱
دوره بازگشت سرمایه	کمتر از ۲٫۵ سال

یافته‌های این تحلیل نشان می‌دهد که مجموع هزینه‌های اجرای کامل مدل در سطح کشور طی سه سال برابر با ۵۹۶۰ میلیارد تومان بوده، در حالی‌که مجموع منافع قابل‌انتظار از اجرای آن بالغ بر

۱۲۰۰۰ میلیارد تومان برآورد شده است. سود خالص حاصل از اجرای مدل معادل ۶۰۴۰ میلیارد تومان و نسبت منفعت به هزینه آن ۲٫۰۱ است؛ به‌بیان‌دیگر، به ازای هر یک میلیارد تومان هزینه، بیش از دو میلیارد تومان بازده اقتصادی حاصل می‌شود. همچنین، دوره بازگشت سرمایه کمتر از ۲٫۵ سال تخمین زده شده است. این ارقام، توجیه‌پذیری اقتصادی مدل را در سطحی بالا نشان می‌دهند و مبنایی برای پیشنهاد گسترش اجرای آن به سایر استان‌ها فراهم می‌سازند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده تلفیقی از فناوری‌های بلاک‌چین و هوش مصنوعی، در قالب چارچوبی بومی‌سازی‌شده تحت عنوان «شفافیت، پاسخ‌گویی و عدالت»، ظرفیت قابل توجهی برای بازآفرینی کارکردهای نظام مالیاتی ایران دارد. مدل طراحی‌شده در این مطالعه، ضمن ایجاد امکان ثبت تغییرناپذیر و شفاف تراکنش‌های مالیاتی در بستر بلاک‌چین، زمینه تحلیل دقیق و پیش‌بینانه رفتار مالیاتی مودیان را از طریق الگوریتم‌های یادگیری ماشین فراهم می‌آورد.

پژوهش حاضر نسبت به مطالعات پیشین، دو گام متمایز برداشته است. نخست آن‌که به‌جای تمرکز بر معرفی صرف یکی از فناوری‌ها، مدلی تلفیقی ارائه شده که بلاک‌چین را به‌عنوان زیرساخت شفاف‌ساز و هوش مصنوعی را به‌عنوان ابزار تحلیلی در کنار یکدیگر قرار می‌دهد. دوم آن‌که، برخلاف بسیاری از پژوهش‌های نظری که صرفاً به تبیین ایده‌ها اکتفا کرده‌اند، این مطالعه با بهره‌گیری از داده‌های واقعی، عملکرد مدل را در سطح محدود آزموده و سپس تحلیل هزینه–فایده اجرای آن در سطح ملی را به‌صورت نسبی انجام داده است.

ارزیابی عملکرد مدل از طریق داده‌های شبیه‌سازی‌شده و تحلیل تجربی اطلاعات پایلوت البرز، نشان داد که در شاخص‌هایی نظیر زمان رسیدگی به اظهارنامه، نرخ تمکین مالیاتی، درصد اختلافات مالیاتی، و سطح رضایت مودیان، بهبودهای معناداری حاصل شده است. جدول زیر مقایسه‌ای میان وضعیت پیش از اجرای مدل و پس از پیاده‌سازی آن (به‌صورت شبیه‌سازی‌شده) را ارائه می‌دهد:

جدول ۵. مقایسه عملکرد پیشین و پس از شبیه‌سازی چارچوب TAF بر اساس داده‌های پایلوت البرز

شاخص عملکردی	پیش از مدل‌سازی (میانگین رسمی)	پس از شبیه‌سازی (داده پایلوت)	میزان تغییر
میانگین زمان رسیدگی به اظهارنامه	روز (گزارش عملکرد، ۲۶ ۱۴۰۱)	روز (شبیه‌سازی پایلوت، ۹ ۱۴۰۲)	کاهش ٪۶۵
نرخ تمکین مالیاتی	(میانگین ۱۳۹۰–۱۴۰۱) ٪۶۱	(پایش رفتار پایلوت) ٪۷۹	افزایش ٪۱۸
درصد پرونده‌های اختلافی	پرونده‌های باز سال) ٪۲۸ ۱۴۰۰)	الگوی شناسایی) ٪۲۱ (رفتاری	کاهش ٪۲۵
نرخ رشد درآمد مالیاتی سالانه	(رشد ده‌ساله) ٪۱۲	(برآورد افزایش پایلوت) ٪۱۸	افزایش ٪۶

این یافته‌ها حاکی از آن است که بهره‌گیری از چارچوب پیشنهادی می‌تواند حتی در مقیاس محدود نیز تحولات ملموسی در بهبود شاخص‌های عملکردی نظام مالیاتی به‌وجود آورد. چنین اثربخشی‌ای نشان می‌دهد که نارسایی‌های کنونی نظام مالیاتی بیش از آن‌که ناشی از کمبود منابع یا ناکارآمدی نیروی انسانی باشد، به نبود یکپارچگی داده‌ای و تحلیل‌های فناورمحور بازمی‌گردد.

بر اساس یافته‌های پژوهش، اجرای چارچوب بومی‌سازی‌شده «شفافیت، پاسخ‌گویی و عدالت» می‌تواند نقش بنیادینی در تحول نظام مالیاتی ایران ایفا کند. ترکیب فناوری‌های بلاک‌چین و هوش مصنوعی در این چارچوب، نه‌تنها موجب ارتقای شفافیت در ثبت تراکنش‌ها و کاهش خطاهای انسانی شد، بلکه امکان تحلیل هوشمند رفتار مودیان و پیش‌بینی دقیق ریسک را نیز فراهم ساخت. بررسی نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌های انجام‌شده نشان داد که شاخص‌هایی نظیر زمان رسیدگی به اظهارنامه، نرخ تمکین مالیاتی و میزان پرونده‌های اختلافی، همگی به‌صورت معناداری بهبود یافته‌اند. همچنین تحلیل هزینه–فایده مدل حاکی از آن است که اجرای آن در سطح ملی، با صرفه اقتصادی قابل قبولی همراه بوده و در بازه زمانی کمتر از ۲٫۵ سال به نقطه سر به سر می‌رسد.

با وجود این دستاوردها، پژوهش حاضر با محدودیت‌هایی نیز همراه بوده است. مهم‌ترین این محدودیت‌ها، عدم تعمیم نتایج به کل کشور به‌دلیل اجرای آزمایشی صرفاً با داده های یک استان، و نیز فقدان دسترسی کامل به برخی پایگاه‌های اطلاعاتی بین‌نهادی، از جمله تراکنش‌های بلادرنگ بانکی و اطلاعات گمرکی با جزئیات بالا، بوده است. از سوی دیگر، نبود چارچوب

قانونی مشخص برای اعتباربخشی به قراردادهای هوشمند و اسناد دیجیتال، پیاده‌سازی کامل مدل را در مرحله اجرا با چالش‌هایی مواجه می‌سازد. با توجه به یافته‌ها، تجربه جهانی، و تحلیل زمینه‌ای صورت‌گرفته، چند پیشنهاد کلیدی برای سیاست‌گذاران قابل طرح است.

نخست آن‌که، تدوین «سند تحول دیجیتال مالیاتی» با مشارکت نهادهای مرتبط، ضرورتی راهبردی است. این سند باید ضمن تعیین اهداف، ساختار نهادی و منابع اجرایی، دارای ضمانت‌های قانونی و تقنینی روشن باشد تا مسیر پیاده‌سازی را هموار کند. دوم، ایجاد یک «مرکز نوآوری مالیاتی» در ساختار سازمان امور مالیاتی می‌تواند فضای لازم برای توسعه الگوریتم‌های بومی، آزمون سیستم‌های نوین، و تحلیل داده‌های بزرگ را فراهم آورد. این مرکز باید دارای اختیارات لازم برای تعامل بین‌بخشی با بانک مرکزی، سازمان ثبت احوال، وزارت اقتصاد و سایر نهادهای مرتبط باشد.

سوم، اجرای برنامه‌های آموزشی گسترده و تخصصی برای کارکنان سازمان امور مالیاتی در زمینه تحلیل داده، الگوریتم‌های یادگیری ماشین، امنیت اطلاعات و اصول رمزنگاری، ضرورتی انکارناپذیر است. بدون ارتقاء مهارت نیروی انسانی، حتی پیشرفته‌ترین سامانه‌ها نیز به بهره‌وری مطلوب نخواهند رسید. چهارم، بازنگری و اصلاح مواد قانونی مرتبط با پذیرش اسناد دیجیتال، به‌ویژه ماده ۱۶۹ مکرر قانون مالیات‌های مستقیم، باید به‌گونه‌ای انجام شود که بستر حقوقی لازم برای اعتبار تراکنش‌های ثبت‌شده در بلاک‌چین و اجرای قراردادهای هوشمند فراهم آید. پنجم، در راستای ارتقاء تمکین مالیاتی و فرهنگ‌سازی استفاده از سامانه‌های هوشمند، پیشنهاد می‌شود مشوق‌های مالیاتی مشخصی برای مودیانی که به‌صورت شفاف و برخط در این سیستم‌ها فعالیت می‌کنند، در نظر گرفته شود. این سیاست می‌تواند به‌عنوان اهرمی انگیزشی، به تسریع فرآیند دیجیتال‌سازی کمک کند و پذیرش اجتماعی مدل را افزایش دهد. در نهایت، می‌توان نتیجه گرفت که چارچوب پیشنهادی «شفافیت، پاسخ‌گویی و عدالت» پاسخی علمی، کاربردی و بومی به چالش‌های دیرپای نظام مالیاتی ایران است. این مدل می‌تواند نه‌تنها ناکارآمدی‌های فعلی را اصلاح کند، بلکه زمینه‌ساز گذار به حکمرانی داده‌محور، افزایش اعتماد عمومی و ارتقاء عدالت مالیاتی نیز باشد.

فهرست منابع

Alnegheimish, S. (2025, May 28). An anomaly detection framework anyone can use. *MIT News*. Retrieved from https://news.mit.edu/2025/anomaly-detection-framework-anyone-can-use-sarah-alnegheimish-0528

Atkinson, A. B. (2015). *Inequality: What can be done?* Harvard University Press.

Casey, M. J., & Vigna, P. (2018). The truth machine: The blockchain and the future of everything. St. Martin's Press.

European Commission. (n.d.). Directive on administrative cooperation (DAC). Retrieved from https://taxation-customs.ec.europa.eu/taxation/tax-transparency-cooperation/administrative-co-operation-and-mutual-assistance/directive-administrative-cooperation-dac_en

Iranian National Tax Administration. (2023). Report on the implementation of the smart tax pilot project in Alborz Province. *Office of Tax Technologies*. [In Persian]

Janssen, M., Matheus, R., Longo, J., & Weerakkody, V. (2017). Big data for policymaking: Challenges and opportunities. *Government Information Quarterly*, *34*(3), 396–403. https://doi.org/10.1016/j.giq.2017.01.001

Karimi, F., Rezaei, M., & Abbasi, Sh. (2020). Investigating the impact of information technology on improving tax audit processes. *Strategic Economic Development Quarterly*, *11*(2), 83–102. [In Persian]

Kettunen, P., & Kallio, J. (2021). Digital transformation of local public administration: A systematic review. *Government Information Quarterly*, *38*(1), 101561. https://doi.org/10.1016/j.giq.2020.101561

Kouhizadeh, M., & Sarkis, J. (2018). Blockchain practices, potentials, and challenges in green supply chain management. *Technological Forecasting and Social Change*, *137*, 83–98. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.12.020

Mousavi, A., & Soltani, M. (2021). Application of machine learning algorithms in classifying tax risk. *Tax Research Journal*, *18*(4), 55–78. [In Persian]

National Tax Service of Korea. (n.d.). *National Tax Service*. Retrieved from https://b.nts.go.kr/english/main.do

Nouri, S., & Mohseni, F. (2022). Designing an expert system to identify taxpayers suspected of tax evasion. *Journal of Digital Economy Studies*, *3*(1), 31–50. [In Persian]

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2024). *Bringing Tax Transparency to Crypto-Assets – An Update*. OECD Publishing. Retrieved from https://www.oecd.org/en/publications/2024/07/bringing-tax-transparency-to-crypto-assets-an-update_fa222834.html

PwC. (n.d.). DAC 7: The new digital platform reporting rules. Retrieved from https://www.pwc.com/mt/en/publications/tax-legal/dac7-the-new-digital-platform-reporting-rules.html

Russell, S., & Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th ed.). Pearson.

Tapscott, D., & Tapscott, A. (2016). Blockchain revolution: How the technology behind Bitcoin is changing money, business, and the world. Penguin.

Tanzi, V. (2017). The economics of government: Complexity and the practice of public finance. Oxford University Press.

United Nations. (2020). *E-Government Survey 2020: Digital government in the decade of action for sustainable development*. United Nations Department of Economic and Social Affairs. https://publicadministration.un.org/egovkb

Wamba-Taguimdje, S.-L., Fosso Wamba, S., Kala Kamdjoug, J. R., & Tchatchouang Wanko, C. E. (2020). Influence of artificial intelligence (AI) on firm performance: The business value of AI-based transformation projects. *Business Process Management Journal*, *26*(7), 1893–1924. https://doi.org/10.1108/BPMJ-10-2019-0412

Wang, Y., Han, J., & Beynon-Davies, P. (2020). Understanding blockchain technology for future supply chains: A systematic literature review and research agenda. *Supply Chain Management: An International Journal*, *24*(1), 62–84. https://doi.org/10.1108/SCM-03-2018-0148

Yeung, K. (2018). Algorithmic regulation: A critical interrogation. *Regulation & Governance*, *12*(4), 505–523. https://doi.org/10.1111/rego.12160

Ghorbanpour Qaragheshlaghi, M., Zinali, M., & Pourkarim, Y. (2024). Examining the dimensions and benefits of issuing smart sukuk using blockchain technology in Iran's capital market. *Budget and Finance Strategic Research Journal*, 5(4), 121–151. Retrieved fromhttps://fbarj.ihu.ac.ir/article_209620.html

Shahbazi, N., & Barkhordari, S. (2025). Optimization of a portfolio including selected Tehran Stock Exchange equities and cryptocurrencies. *Budget and Finance Strategic Research Journal*, 6(2), 11–35. https://doi.org/10.47176/fbarj.2025.1426

Zandi, A. (2025). The effect of stock price bubble level on the relationship between corporate digital transformation and stock crash risk. *Budget and Finance Strategic Research Journal*, 6(1), 135–158. https://doi.org/10.47176/fbarj.2025.1401

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی