Journal of Information and Communication Technology

Volume 17, Issue 66-67, Autumn and Winter 2025, pp. 149-164

# Identifying the Determinants of Blockchain Technology Adoption and Proposing a Hybrid Adoption Model Based on TAM and TOE Using the K-means Clustering Method

**Atefeh Farazmand[1], Abouzar Arabsorkhi[2*], Seyed Ahmad Yazdian[3], Abbas Saghaei[4]**

[1] PhD candidate, Department of Industrial Engineering, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran
[2] Assistant Professor, Department of ICT security, Iran Telecommunications Research Institute, Tehran, Iran
[3] Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran
[4] Professor, Department of Industrial Engineering, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: 20 May 2025, Revised: 26 January 2026, Accepted: 31 January 2026
Paper type: Research

## Abstract

With the rapid development of technology and its increasing integration into users' personal and professional lives, the decision to accept or reject technology remains an open question. Technology acceptance theories seek to explain the reasons underlying an individual's acceptance of information systems. In the field of technology acceptance modeling, numerous studies have been conducted, resulting in the development of various models. This study examines blockchain technology adoption using the Technology Acceptance Model (TAM) and the Technology–Organization–Environment (TOE) framework. After a brief review of the criteria and limitations of these models, a conceptual–exploratory framework based on the clustering of adoption criteria within the TAM and TOE frameworks is proposed. Following a review of the relevant literature, 85 blockchain technology adoption criteria were identified. Through expert evaluation, 53 criteria were selected as the most important blockchain adoption criteria. Subsequently, the selected criteria were classified using the K-means clustering method in SPSS, leading to the categorization of criteria and the presentation of the proposed integrated model. The results indicate that, from the experts' perspective, direct conceptual proximity is not observed exclusively between external factors and the two core TAM constructs of perceived usefulness and perceived ease of use; rather, factors belonging to the technological, organizational, and environmental dimensions of the TAM–TOE framework are also positioned within this conceptual proximity. Furthermore, the results and the examination of the limitations of the TAM and TOE models indicate that these two models are complementary to one another. The findings of this study contribute to the further development of blockchain adoption research and provide guidance for the practices of organizations operating in this field.

**Keywords**: Technology Adoption, Blockchain, Clustering, Adoption Model, Adoption Factors.

[*] Corresponding Author's email: abouzar_arab@itrc.ac.ir

دوفصلنامه
فناوری اطلاعات و ارتباطات ایران

سال هفدهم، شماره‌های ۶۶ و ۶۷، پاییز و زمستان ۱۴۰۴، صفحه ۱۴۹ الی ۱۶۴

# شناسایی معیارهای پذیرش فناوری زنجیره بلوکی و ارائه مدل ترکیبی پذیرش فناوری TAM و TOE با استفاده از روش خوشه‌بندی K-means

**عاطفه فرازمند [۱]، ابوذر عرب سرخی [۲*]، سید احمد یزدیان [۳]، عباس سقایی [۴]**

[۱] دانشجوی دکتری، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[۲] استادیار، پژوهشکده امنیت، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، تهران، ایران

[۳] استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[۴] استاد، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۳۰ تاریخ بازبینی: ۱۴۰۴/۱۱/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۱۱

نوع مقاله: پژوهشی

## چکیده

با توسعه روزافزون فناوری و ادغام آن در زندگی خصوصی و حرفه‌ای کاربران، تصمیم در مورد پذیرش یا رد آن هنوز یک سؤال باز باقی‌مانده است. نظریه‌های پذیرش فناوری به بیان علل پذیرش سیستم اطلاعاتی توسط یک فرد اشاره می‌نماید. در زمینه مدل پذیرش فناوری، تحقیقات متعددی صورت‌گرفته است که به ارائه مدل‌های مختلف می‌پردازد. در این پژوهش به بررسی مدل پذیرش فناوری زنجیره بلوکی با استفاده از مدل TAM و مدل TOE پرداخته می‌شود و پس از مرور اجمالی بر معیارها و محدودیت‌های آنها به ارائه چارچوب مفهومی–اکتشافی مبتنی بر خوشه‌بندی معیارها در چارچوب TAM و TOE پرداخته شده است. همچنین در این پژوهش پس از بررسی ادبیات‌پژوهش ۸۵ معیار پذیرش فناوری زنجیره بلوکی شناسایی و با بررسی خبرگان ۵۳ معیار به‌عنوان مهم‌ترین معیارهای پذیرش فناوری زنجیره بلوکی شناسایی شده و سپس با استفاده از روش خوشه‌بندی k-means در نرم‌افزار SPSS به دسته‌بندی معیارها و ارائه مدل ترکیبی این پژوهش پرداخته شده است. نتایج نشان می‌دهد که از منظر خبرگان، هم‌جواری مفهومی مستقیم، صرفاً بین عوامل خارجی و دو عامل سودمندی درک شده و درک سهولت استفاده تأثیرگذار مشاهده نگردید، بلکه عواملی که در گروه‌های فناوری، سازمانی و محیطی مدل TAM قرار دارند نیز در این هم‌جواری قرار می‌گیرند، همچنین نتایج و بررسی محدودیت‌های مدل TAM و TOE نشان می‌دهند که این دو مدل تکمیل‌کننده یکدیگر هستند. یافته‌های این پژوهش به توسعه بیشتر پذیرش زنجیره بلوکی کمک می‌نماید و راهنمایی‌هایی برای عملکرد شرکت‌های فعال در این حوزه فراهم می‌آورد.

**کلیدواژگان**: پذیرش فناوری، زنجیره بلوکی، خوشه بندی، مدل پذیرش، عوامل پذیرش.

* رایانامهٔ نویسنده مسؤول: abouzar_arab@itrc.ac.ir

## ۱- مقدمه

در سال‌های اخیر، فناوری زنجیره بلوکی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین و تحول‌آفرین‌ترین فناوری‌های نوظهور در سطح جهان موردتوجه قرار گرفته است. این فناوری که بر پایه معماری غیرمتمرکز و رمزنگاری پیشرفته بنا شده، به‌عنوان یکی از نوآوری‌های بنیادین قرن بیست ویکم، نقش بسزایی در بازطراحی فرایندهای کسب‌وکار، ارتقای شفافیت و بهبود پایداری سازمانی ایفا می‌کند. مطالعات اخیر نشان می‌دهند که زنجیره بلوکی نه‌تنها در حوزه‌های مالی، بلکه در سایر حوزه‌های کاربردی مانند زنجیره تأمین، انرژی، سلامت و ساخت‌وساز نیز تأثیرگذار بوده است [۱]. بر اساس گزارش‌های جدید، این فناوری می‌تواند با حذف واسطه‌ها و بهینه‌سازی زنجیره ارزش، هزینه‌های عملیاتی را تا حدود ۳۰ درصد کاهش داده و کارایی سیستم‌های داده‌محور را ارتقا دهد [۲]. همچنین، زنجیره بلوکی به‌دلیل قابلیت ردیابی و شفافیت ذاتی خود، زمینه افزایش اعتماد میان ذی‌نفعان را فراهم می‌آورد، که این عامل در محیط‌های رقابتی و مبتنی بر داده اهمیت فزاینده‌ای یافته است [۴،۳].

باوجوداین ظرفیت‌های چشمگیر، پیاده‌سازی زنجیره بلوکی در سطح تجاری هنوز عمدتاً در مرحله مطالعات امکان‌سنجی و نمونه‌سازی اولیه باقی‌مانده است. بسیاری از سازمان‌ها به‌جای استقرار کامل، صرفاً به اجرای پروژه‌های پایلوت و محدود بسنده کرده‌اند [۵]. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که تردید سرمایه‌گذاران، نبود تضمین بازگشت سرمایه و عدم قطعیت در مدل‌های اقتصادی از عوامل اصلی در کندی پذیرش این فناوری محسوب می‌شوند [۶]. افزون بر این، چالش‌هایی نظیر موانع فرهنگی، محدودیت‌های قانونی، نبود زیرساخت‌های استاندارد، و مشکلات مقیاس‌پذیری نیز از موانع کلیدی پذیرش گسترده زنجیره بلوکی به شمار می‌روند [۷، ۸]. به‌ویژه در صنایع سنتی، مقاومت سازمانی در برابر تغییر و کمبود نیروی انسانی متخصص از موانعی است که در مطالعات جدید نیز بر آن تأکید شده است[۹].

نکته کلیدی در پذیرش هر فناوری نوین، «اعتماد» است؛ مفهومی که زیربنای تعاملات انسانی است [۱۰]. زنجیره بلوکی با استفاده از دفترکل توزیع‌شده (Distributed Ledger) و سازوکارهای رمزنگاری پیشرفته، امکان ارائه اطلاعات به‌موقع، شفاف و غیرقابل تغییر را فراهم می‌آورد؛ ویژگی‌هایی که می‌توانند اصطکاک‌های بازار همچون عدم تقارن اطلاعات و هزینه‌های مبادله را به میزان قابل توجهی کاهش دهند [۱۱]. افزون بر این، قراردادهای هوشمند (Smart Contracts)با خودکارسازی اجرای توافقات، اعتماد عملیاتی را جایگزین اعتماد نهادی کرده و موجب کاهش خطاهای انسانی، هزینه‌های نظارتی و زمان اجرای فرایندها می‌شوند[۵، ۱۲]. نتایج پژوهش‌های جدید نیز نشان می‌دهد که «اعتماد فناورانه» در کنار «اعتماد سازمانی» دو رکن مکمل در پذیرش فناوری‌های توزیع‌شده محسوب می‌شوند[۱۳].

برای فهم بهتر سازوکارهای پذیرش فناوری‌های نوظهور، پژوهشگران از دهه ۱۹۷۰ تاکنون مدل‌های نظری متعددی را توسعه داده‌اند. از جمله مدل‌های برجسته در این زمینه می‌توان به نظریه عمل منطقی (TRA)، نظریه رفتار برنامه‌ریزی‌شده (TPB)، مدل پذیرش فناوری (TAM)، گسترش TAM (ETAM) ، نظریه انتشار نوآوری (DOI)، نظریه یکپارچه پذیرش و استفاده از فناوری (UTAUT)، مدل تناسب فناوری–وظیفه (TTF) و چارچوب فناوری–سازمان–محیط (TOE) اشاره کرد [۱۴-۱۶]. این مدل‌ها با تمرکز بر متغیرهایی چون نگرش، نیت رفتاری، سودمندی درک شده و سهولت استفاده، به درک و پیش‌بینی رفتار کاربران در مواجهه با فناوری‌های نوین کمک می‌کنند.

مدل پذیرش فناوری (TAM) که بر اساس چارچوب TRA توسعه یافت، دو سازه اصلی را معرفی می‌کند [۱۷]:

- سودمندی درک شده(PU)
- سهولت استفاده درک شده(PEOU)

بر اساس مطالعات انجام شده، این دو عامل از مهم‌ترین محرک‌های نگرش نسبت به استفاده از سیستم (A) و در نهایت قصد رفتاری (BI) کاربران برای استفاده از فناوری‌های اطلاعاتی به شمار می‌آیند [۱۸]. با وجود کاربرد گسترده TAM، پژوهش‌های اخیر به محدودیت آن در تبیین عوامل بیرونی، همچون زمینه‌های فرهنگی و سازمانی، اشاره کرده‌اند [۱۹، ۲]. مدل‌های ترکیبی و توسعه‌یافته برای تحلیل جامع‌تر رفتار پذیرش فناوری‌های پیچیده مانند زنجیره بلوکی توصیه شده‌اند [۳].

چارچوب TOE سه زمینه کلیدی را برای پذیرش فناوری در سطح سازمانی موردتوجه قرار می‌دهد [۲۰]:

۱. زمینه فناوری(Technological Context)
۲. زمینه‌سازمانی(Organizational Context)
۳. زمینه محیطی(Environmental Context)

مطالعات متعددی نشان داده‌اند که ترکیب این سه بعد می‌تواند درک جامع‌تری از موانع و محرک‌های پذیرش فناوری در محیط‌های پویا و پیچیده سازمانی ارائه دهد [۲۲،۲۱،۸]. در پژوهش‌های جدید، مدل TOE به‌ویژه در تحلیل پذیرش فناوری‌های زنجیره بلوکی،

به‌عنوان چارچوبی مکمل برای مدل‌های رفتاری مورد استفاده قرار گرفته است[۹].

باتوجه‌به ویژگی‌های منحصربه‌فرد زنجیره بلوکی، از جمله تمرکززدایی، شفافیت و خودکارسازی تراکنش‌ها، انتقال مستقیم یافته‌های مدل‌های کلاسیک پذیرش فناوری به این حوزه ممکن است ناکافی باشد. همچنین، پژوهش‌های پیشین عمدتاً بر متغیرهای عمومی پذیرش فناوری اطلاعات متمرکز بوده و کمتر به شناسایی معیارهای خاص مرتبط با فناوری زنجیره بلوکی و دسته‌بندی نظام‌مند آن‌ها پرداخته‌اند [۲۳–۲۴]. در نتیجه، نیاز به رویکردی ترکیبی احساس می‌شود که بتواند ابعاد فردی، سازمانی و محیطی را در قالب مدلی جامع برای تبیین رفتار پذیرش زنجیره بلوکی ادغام کند[۱۲].

بر همین اساس، پژوهش حاضر با هدف شناسایی معیارهای کلیدی پذیرش فناوری زنجیره بلوکی و توسعه یک مدل ترکیبی–TAM TOEانجام شده است. در این راستا، ابتدا از طریق مرور سیستماتیک ادبیات، ۸۵ معیار اولیه استخراج شد و سپس با استفاده از نظرات خبرگان، ۵۳ معیار به‌عنوان مهم‌ترین عوامل انتخاب گردید. در ادامه، با بهره‌گیری از روش خوشه‌بندی K-means در نرم‌افزارSPSS ، این معیارها در قالب گروه‌های معنادار سازمان‌دهی شده و مدلی جامع برای تحلیل رفتار پذیرش زنجیره بلوکی پیشنهاد گردید. سؤالاتی که این پژوهش به دنبال پاسخ به آنها است عبارتند از:

۱. مهمترین معیارهای اصلی پذیرش فناوری زنجیره بلوکی کدام‌اند؟
۲. معیارهای پذیرش فناوری زنجیره بلوکی چگونه بر اساس چارچوب‌های TAM و TOE با روش خوشه‌بندی K-means دسته‌بندی می‌شوند؟

## ۲- ادبیات پژوهش

### ۲-۱- پذیرش زنجیره بلوکی

فناوری زنجیره بلوکی نخستین‌بار در سال ۲۰۰۸ و در قالب مقاله معروف ساتوشی ناکاموتو با عنوان «یک سیستم پول الکترونیکی همتا به همتا» مطرح شد. هرچند در ابتدا تمرکز این فناوری بر رمزارزها و تراکنش‌های مالی بود، اما به‌سرعت حوزه‌های متنوعی از جمله مدیریت زنجیره تأمین، مراقبت‌های سلامت، آموزش، انرژی، تبلیغات و اینترنت اشیا (IoT) را نیز دربر گرفت. ماهیت بنیادین این فناوری در ثبت و نگهداری غیرقابل‌تغییر اطلاعات از طریق سازوکارهای رمزنگاری و دفتر کل توزیع‌شده است که باعث افزایش اعتماد، شفافیت و کارایی در تعاملات دیجیتال می‌شود [۲۵].

در ساده‌ترین تعریف، زنجیره بلوکی را می‌توان سامانه‌ای دانست که با بهره‌گیری از رمزنگاری و ساختار توزیع‌شده، داده‌ها را به‌گونه‌ای ثبت می‌کند که حذف یا دست‌کاری آن‌ها تقریباً غیرممکن است. در این ساختار، گره‌های مختلف شبکه به‌صورت هم‌زمان داده‌ها را نگهداری و به‌روزرسانی می‌کنند و همین ویژگی باعث می‌شود هیچ نهاد مرکزی بر فرایند ثبت اطلاعات تسلط نداشته باشد. در نتیجه، قابلیت اطمینان داده‌ها افزایش‌یافته و اعتماد میان طرفین تعامل تقویت می‌شود [۲۶].

زنجیره بلوکی در اصل یک دفترکل توزیع‌شده و اشتراکی است که کلیه تراکنش‌ها و رویدادهای دیجیتال را با تأیید اجماع اکثریت اعضا ثبت می‌کند. تفاوت اساسی آن با پایگاه‌های داده سنتی، تمرکززدایی و شفافیت ذاتی است که موجب کاهش هزینه‌های نظارتی، جلوگیری از تقلب و افزایش کارایی فرایندهای سازمانی می‌شود [۲۶]. این ویژگی‌ها در مطالعات جدید نیز به‌عنوان عوامل کلیدی در پذیرش فناوری زنجیره بلوکی در زنجیره تأمین و صنایع تولیدی مورد تأکید قرار گرفته‌اند. برای نمونه، نشان داده شده است که در صنایع زنجیره تأمین چین، کیفیت کلی سیستم و درک سهولت استفاده تأثیر مثبت و معناداری بر درک مفید بودن و سازگاری فناوری داشته و در نهایت بر قصد رفتاری برای پذیرش زنجیره بلوکی اثرگذار است [۲]. در این مطالعه، «اعتماد به فناوری» نقش تعدیل‌کننده‌ای میان متغیرهای کلیدی مدل پذیرش فناوری (TAM)و قصد رفتاری ایفا کرده است.

باوجود گسترش کاربردها، هنوز مرورهای جامع و بین‌رشته‌ای درباره وضعیت پذیرش زنجیره بلوکی محدود است. [۲۷] بیان می‌کند که از منظر نظری و مدیریتی، جایگاه فناوری زنجیره بلوکی در منحنی پذیرش نوآوری همچنان مبهم است، چراکه عوامل متعددی مانند اثرات شبکه‌ای، پیچیدگی فنی، سازگاری و درک مزیت نسبی بر روند پذیرش آن اثرگذارند. این موضوع در مطالعات حوزه ساخت‌وساز نیز مشاهده می‌شود؛ جایی که قراردادهای هوشمند مبتنی بر زنجیره بلوکی می‌توانند تحولی اساسی ایجاد کنند اما پژوهش‌ها هنوز در سطح مفهومی باقی مانده‌اند. تحلیل نظام‌مند ۱۷۴ مقاله در این زمینه نشان داد که درک ناکافی از ترکیب عوامل فنی و مدیریتی، یکی از موانع کلیدی پذیرش در این بخش محسوب می‌شود[۳].

افزون بر این، پژوهش‌های جدید نشان می‌دهند که پذیرش فناوری‌های هم‌خانواده زنجیره بلوکی، مانند هوش مصنوعی و سیستم‌های مالی دیجیتال، نیز با موانع مشابهی روبه‌رو است. برای

مثال، [۸] در بررسی موانع پذیرش هوش مصنوعی در بنگاه‌های کوچک و متوسط تایلند، عواملی مانند کمبود مهارت انسانی، محدودیت مالی و پیچیدگی فنی را به‌عنوان موانع کلیدی شناسایی کرده است. این یافته‌ها از منظر مقایسه‌ای می‌توانند برای درک چالش‌های مشابه در پذیرش زنجیره بلوکی نیز سودمند باشند.

از دیدگاه نظری، چارچوب فناوری–سازمان–محیط (TOE) و نظریه انتشار نوآوری (DOI) نقش مهمی در تبیین عوامل توانمندساز و بازدارنده پذیرش فناوری دارند. در همین راستا، [۹] با به‌کارگیری مدل تلفیقی DOI–TOE در صنعت تأمین مالی زنجیره تأمین مبتنی بر زنجیره بلوکی نشان داد که مزیت نسبی، سازگاری و قابلیت آزمایش‌پذیری مهم‌ترین محرک‌های پذیرش‌اند، درحالی‌که پیچیدگی و هزینه دو مانع اصلی محسوب می‌شوند.

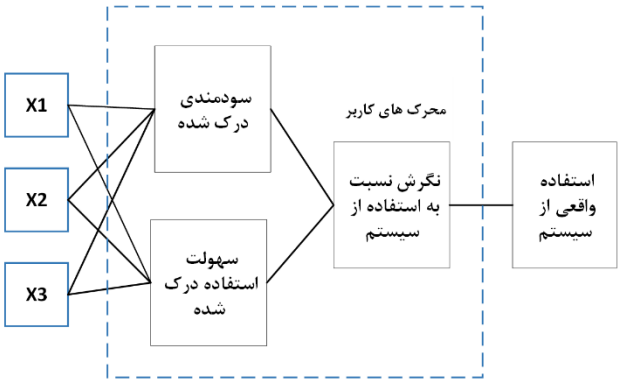
به طور مشابه، [۱۲] با تمرکز بر کتابخانه‌های دانشگاهی در نیجریه، ترکیب مدل‌های TAM و TOE را برای پیش‌بینی احتمال پذیرش زنجیره بلوکی بررسی کرد و نشان داد که کاربردپذیری ادراک‌شده، سیاست‌های حمایتی و امنیت اطلاعات، سه عامل اصلی در شکل‌گیری قصد رفتاری برای استفاده از زنجیره بلوکی هستند. در مقابل، هزینه‌های زیرساخت و ضعف دانش فنی از مهم‌ترین موانع تلقی می‌شوند.

در نهایت، مرور نظام‌مند [۱۳] با استفاده از مدل فازی DEMATEL و چارچوب TOE، هفت مانع بحرانی در مسیر پذیرش زنجیره بلوکی در صنعت ساخت‌وساز را شناسایی کرد. نتایج نشان داد که موانع محیطی مانند «ابهام در سیاست‌گذاری‌ها» و «بلوغ فناوری» بیشترین اثر بازدارنده را دارند، در حالی‌که موانع فنی مانند «امنیت قراردادهای هوشمند» و «قابلیت همکاری بین سیستم‌ها» از ماهیت علّی برخوردارند.

بنابراین، جمع‌بندی ادبیات‌پژوهش نشان می‌دهد که پذیرش زنجیره بلوکی مفهومی چندبُعدی است که از تعامل عوامل فناورانه، سازمانی، محیطی و رفتاری شکل می‌گیرد. به‌ویژه ترکیب مدل‌های TAM و TOEدر پژوهش‌های جدید توانسته است درک جامع‌تری از محرک‌ها، موانع و سازوکارهای رفتاری پذیرش در صنایع مختلف فراهم آورد [۲، ۱۳، ۲۸].

## ۲-۲- مدل پذیرش فناوری TAM

TAM مدلی است که به طور گسترده برای درک فرایندپذیرش و استفاده از فناوری اطلاعات استفاده می‌شود و دلیل محبوبیت آن این است که این مدل واریانس‌هایی مانند قصد رفتاری (BI) مربوط به تخصیص فناوری اطلاعات و استفاده در طیف وسیعی از تنظیمات را روشن می‌کند. فاکتورهای اصلی مدل برای استفاده از سیستم، سودمندی درک شده (PU) و سهولت استفاده درک شده (PEOU) است[۱۹].




**شکل ۱. مدل پذیرش فناوری TAM**

این مدل برگرفته از چارچوب تئوری عمل منطقی TRA، در ابتدا توسط [۱۷] برای پرداختن به وضعیت نامطمئن روان‌سنجی از طریق حذف هنجارهای ذهنی ایجاد شد. چارچوب TAM یکی از پراستنادترین چارچوب‌های پذیرش است و سهولت استفاده و سودمندی درک شده و تأثیر نگرش نسبت به استفاده از فناوری را به عنوان عوامل حیاتی به کارگیری چارچوب TAM معرفی می‌نماید.

TAM توسط محققان در سراسر جهان برای درک پذیرش انواع مختلف سیستم‌های اطلاعاتی استفاده شده است. [۲۹] در پژوهشی سعی کرد با استفاده از TAM میزان پذیرش سیستم‌های آموزش الکترونیکی توسط معلمان را ارزیابی کند. ژو و همکاران مدل جدیدی بر اساس TAM به نام مدل پذیرش خرید آنلاین (OSAM) برای مطالعه رفتار خرید آنلاین ارائه کرده است. [۳۰] مدلی را برای پیش بینی پذیرش تجارت الکترونیک با افزودن متغیرهای جدید اعتماد و ریسک درک شده ایجاد کرد. با توجه به مدل توسعه یافته توسط [۳۱] برای درک پذیرش بانکداری آنلاین در فنلاند، سودمندی و اطلاعات درک شده در بانکداری آنلاین نقش بسیار مهمی دارد. [۳۲] مدلی مبتنی بر TAM و TPB برای درک پذیرش سرویس تلفن همراه ایجاد کرده اند که بیان می‌کند که درک مفید بودن، قوی ترین عامل در پذیرش است. [۳۳] از مدل پذیرش فناوری با ریسک امنیتی برای درک پذیرش شناسایی فرکانس رادیویی (RFID) استفاده کرد. [۳۴] این مدل را برای درک پذیرش فناوری زنجیره بلوکی در مدیریت منابع انسانی بکار گرفته‌اند. در نتیجه مدل TAM به طور گسترده ای برای کمک به درک و توضیح رفتار کاربر در یک سیستم اطلاعاتی استفاده می‌شود.

حجم قابل‌توجهی از پژوهش‌های مربوط به مدل پذیرش فناوری (TAM) به‌وضوح نشان‌دهنده محبوبیت TAM در زمینه پذیرش فناوری است. بااین‌حال نمی‌توان از محدودیت‌های این مدل نیز چشم‌پوشی نمود.

### ۲-۲-۱- محدودیت‌ها و نقد TAM

اگرچه مدل TAM به طور گسترده در تحقیقات متعدد به‌کار گرفته‌شده است؛ اما محدودیت‌هایی را به همراه دارد که آنها را می‌توان در متغیرهای خارجی و تعدیل‌کننده این مدل مشاهده نمود. TAM به رفتارهای آینده نگاه می‌کند و به رفتارهای واقعی نمی‌نگرد. همچنین TAM توانایی محدودی برای شفاف‌سازی، بیان انتظارات و جزئیات دارد چرا که می‌بایست از جنبه‌های مختلف به فناوری نگاه شود[۱۹].

### ۲-۲-۲- محدودیت در روش مورداستفاده برای آزمایش مدل TAM

بزرگ‌ترین انتقاد به TAM این است که مدل از داده‌های استفاده از خود گزارش‌دهی به‌جای اندازه‌گیری با داده‌های واقعی سیستم استفاده می‌کند. بر اساس مطالعه [۳۵] داده‌های خود اظهاری، انتزاعی و نادرست در اندازه‌گیری استفاده از سیستم هستند. با وجود این، بسیاری از مطالعات هنوز از داده‌های خود اظهاری استفاده می‌کنند. [۳۶] از مدل TAM برای شرکت کنندگان در یک محیط کنترل شده به منظور به‌دست آوردن نتایج آزمون استفاده می‌کند و به همین دلیل، این نتایج آزمون را نمی‌توان به دنیای خارج تعمیم داد زیرا مطالعات دارای اهداف متمایزی مانند کسب نمرات، پاداش و غیره هستند.

### ۲-۲-۳- متغیر مدل TAM و محدودیت‌های آن

با توجه به مطالعه [۳۷] نگرش یک عامل مهم برای استفاده از سیستم است و TAM نیاز به بررسی آن دارد. در شبیه سازی مدل TAM متغیرهای نگرش همانطور که توسط [۳۶] پیشنهاد شد حذف نشدند، در عوض، دو متغیر نگرش عاطفی و شناختی اضافه شدند. در یک نظرسنجی توسط [۳۷] از شرکت کنندگان خواسته شد تا میزان استفاده خود را از برنامه‌های صفحه گسترده را رتبه‌بندی کنند. نتیجه بررسی نشان می‌دهد که متغیر نگرش، معنای آماری موثری را برای پیش‌بینی استفاده از سیستم به تصویر نمی‌کشد، اما نتایج در مورد نگرش شناختی بسیار معنادار بود.

### ۲-۲-۴- محدودیت‌های پایه نظری مدلTAM

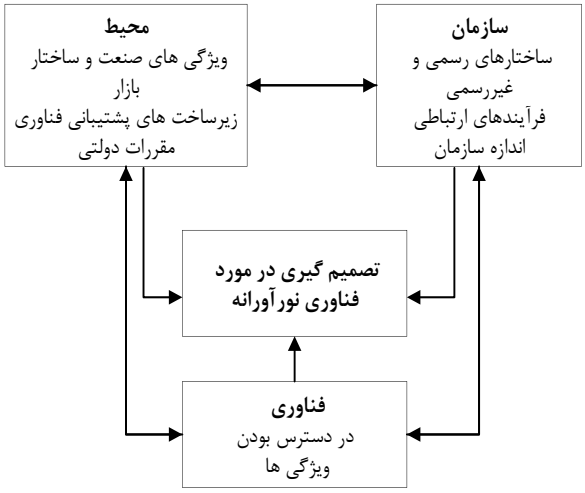
[۳۸] رابطه فرضی ضعیفی در میان ساخت‌های مختلف که در TAM شرح داده شده است، تعریف می‌کنند. آنان رابطه بین استفاده و هدف را مورد بررسی قرار دادند و مشاهده نمودند که رفتار نمی‌تواند به‌عنوان یک هدف نهایی در نظر گرفته شود، و ادعا می‌کنند که رفتار باید به عنوان راهی برای رسیدن به یک قصد نهایی‌تر تلقی شود. علاوه بر این، آنها توضیح دادند که ممکن است هدف به اندازه کافی در رابطه با استفاده واقعی نباشد، زیرا چارچوب زمانی بین هدف و تخصیص منابع می‌تواند متاثر از عناصر مختلفی باشد که ممکن است بر انتخاب فرد برای پذیرش نوآوری تأثیر بگذارد.

بررسی مطالعات نقش برخی متغیرهای دیگر مانند تأثیرات فناوری، نقش اندازه شرکت در اتخاذ تصمیمات/ خرید فناوری، نوآوری شرکت، سطح آمادگی فناوری شرکت، امنیت، اعتماد، تلاش بازاریابی را نیز نشان می‌دهد. همچنین در ارزیابی پیامدهای استفاده از فناوری بر عملکرد مانند پاسخگویی و عملکرد مالی نیز در نظر گرفته می‌شود [۳۹-۴۱]. TAM تقریباً در هر نظریه پذیرش تحقیقات فناوری اطلاعات مورد استفاده قرار گرفته است و به دلیل استفاده مکرر از آن، کیفیت TAM می‌تواند در خطر باشد، زیرا این امر می‌تواند منجر به درجه‌بندی در زمینه تحقیقاتی شود[۴۲]. محدودیت دیگری که توسط [۳۵] ذکر شد نشان می‌دهد که تحقیقات تجربی نتایج قابل پیش‌بینی یا واضحی ارائه نمی‌دهد و ثابت می‌کند که مدل TAM باید با سایر مدل‌ها و نظریه‌های پذیرش فناوری اطلاعات ترکیب شود.

## ۲-۳- بررسی مدل فناوری-سازمان-محیط (T-O-E)

چارچوب T-O-E یک چارچوب محبوب با سه محرک است که بر پذیرش سازمانی با درنظرگرفتن عوامل فناوری، سازمان و محیط تأثیر می‌گذارد [۱۹].

چارچوب T-O-E توسط [۴۳] برای پذیرش سازمانی بر اساس تئوری احتمالی سازمان‌ها توسعه داده شد. این چارچوب پیشنهاد می‌کند که یک سازمان باید با محیط و نیازهای محیطی سازگار باشد و قدرت آن توسط عوامل داخلی و خارجی مانند محیط، اندازه سازمان و استراتژی سازمان تعیین می‌شود [۴۴]. سه عامل تعیین‌کننده کلیدی که بر پذیرش سازمانی تأثیر می‌گذارند عبارتند از: فناوری، سازمان و محیط. هنگام تصمیم‌گیری ضروری است، سه عامل تأثیرگذار توسعه فناوری شرایط سازمانی، پیکربندی مجدد تجاری و سازمانی [۳۸] و محیط صنعت [۴۵] بررسی شود.




**شکل ۲. مدل پذیرش TOE [۱۹]**

### ۲-۳-۱- زمینه فناوری در مدل TOE

بر اساس مطالعات [۲۰] و [۴۶]، بعد فناوری در چارچوب پذیرش فناوری شامل مجموعه‌ای از متغیرهایی است که پذیرش نوآوری را در سطوح فردی، سازمانی و صنعتی تحت تأثیر قرار می‌دهند. این متغیرها، به ویژگی‌های ذاتی فناوری مورد نظر اشاره دارند که از جمله مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به قابلیت جذب یا پذیرش سیستم، میزان تطبیق‌پذیری و امکان پیروی از آن، درجه پیچیدگی فناوری، مزایای مستقیم و غیرمستقیم ادراک‌شده توسط کاربران، و همچنین فرآیند نرمال‌سازی یا استانداردسازی فناوری در بستر سازمانی اشاره کرد. این عوامل نقش مهمی در ارزیابی آمادگی و تصمیم‌گیری برای پذیرش و پیاده‌سازی نوآوری‌های فناورانه ایفا می‌کنند.

### ۲-۳-۲- زمینه‌سازمانی در مدل TOE

بر اساس دیدگاه [۲۱] ابعاد مرتبط با زمینه سازمانی شامل عواملی نظیر اندازه سازمان، دامنه فعالیت‌های آن، و باورها یا الزامات قانونی است. همچنین، به گفته [۱۹]، مؤلفه‌های کلیدی زمینه سازمانی که نقش بسزایی در فرآیند پذیرش فناوری ایفا می‌کنند، عبارتند از: منابع مالی، ساختار سازمانی، میزان چابکی سازمان، ظرفیت نوآوری، توانمندی‌های دانشی، قابلیت‌های عملیاتی، و نحوه استفاده استراتژیک از فناوری. علاوه بر این، عواملی همچون میزان اعتماد سازمانی، منابع فناورانه موجود، حمایت مدیریت ارشد، نگرش سازمان نسبت به نوآوری، کیفیت سرمایه انسانی، انباشت دانش سازمانی، تخصص کارکنان، زیرساخت‌های فناورانه، و آمادگی سازمانی نیز از دیگر متغیرهای اثرگذار در این زمینه محسوب می‌شوند. به طور کلی، ظرفیت مالی و شایستگی فناورانه از جمله مهم‌ترین شاخص‌هایی هستند که نشان‌دهنده آمادگی سازمان برای پذیرش و به‌کارگیری نوآوری‌های فناورانه می‌باشند.

### ۲-۳-۳- زمینه محیطی در مدل TOE

بر اساس دیدگاه [۲۱] بعد محیطی در چارچوب T-O-E به شرایط بیرونی و محیطی‌ای اشاره دارد که شرکت در آن فعالیت می‌کند و عواملی نظیر مشوق‌های دولتی، سیاست‌ها و مقررات حاکم بر صنعت را در بر می‌گیرد. به‌طور مشخص‌تر، [۱۹] بیان می‌کند که این بُعد شامل متغیرهایی مانند شدت رقابت در بازار، نوع و کیفیت روابط با مشتریان، تأمین‌کنندگان و سایر ذی‌نفعان، و همچنین مراحل مختلف چرخه عمر صنعت می‌شود. در این زمینه، متغیرهای مرتبط با رفتار و نیازهای مشتریان نیز از اهمیت بالایی برخوردارند.

به طور خلاصه، چارچوب T-O-E به‌عنوان یکی از چارچوب‌های جامع و پرکاربرد برای تبیین و پیاده‌سازی پذیرش فناوری اطلاعات در سطح سازمانی مطرح شده است [۴۳ و ۴۷]. در نظر گرفتن هم‌زمان ابعاد فناورانه، سازمانی و محیطی، این چارچوب را به ابزاری مؤثر برای تحلیل و تصمیم‌گیری در زمینه پذیرش، تخصیص و بهره‌برداری از نوآوری‌های فناورانه در سازمان‌ها تبدیل کرده است [۱۹].

### ۲-۳-۴- محدودیت‌ها و نقد چارچوب T-O-E

سازه‌ها و متغیرهای اصلی در چارچوب T-O-E، ذاتاً انعطاف‌پذیر و متأثر از زمینه‌های مختلف هستند و بسته به نوع فناوری، صنعت یا بافت فرهنگی ـ ملی ممکن است تفاوت‌هایی داشته باشند [۴۸]. بر همین اساس، پژوهشگران متعددی از جمله [۴۹ ، ۲۳] و [۵۰] تلاش کرده‌اند تا با افزودن متغیرهای مکملی مانند عوامل جامعه‌شناختی، متغیرهای شناختی، آمادگی فناورانه، توانایی بهره‌برداری مؤثر از سرمایه‌گذاری‌های فناوری اطلاعات از طریق مهارت‌های حرفه‌ای و تجربه‌های تخصصی، و همچنین قابلیت‌های مدیریتی، چارچوب T-O-E را برای تحلیل دقیق‌تر گسترش دهند.

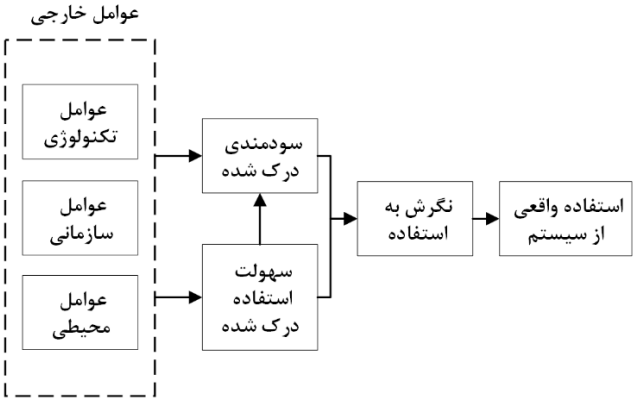
در طول سه دهه گذشته، چارچوب T-O-E در حوزه‌های متنوع فناوری، صنایع مختلف، و زمینه‌های فرهنگی و ملی متعدد به‌کارگرفته‌شده است. این چارچوب توانسته است پذیرش سیستم‌های بی‌سازمانی نظیر تجارت الکترونیک، تبادل الکترونیکی داده‌ها (EDI)، سیستم‌های باز و سیستم‌های سازمانی را به طور اثربخش تبیین کند. در مطالعات تجربی مرتبط با این چارچوب، پژوهشگران همواره با استفاده از ترکیبات متفاوتی از متغیرهای فناورانه، سازمانی و محیطی، تلاش کرده‌اند تا مدل را با مقتضیات خاص هر حوزه تحقیقاتی تطبیق دهند[۱۹].

به‌طورکلی، سه بعد اصلی چارچوب T-O-E تأثیر مستقیمی بر پذیرش فناوری دارند. بااین‌حال، نوع نوآوری موردنظر می‌تواند ترتیب و نقش هر یک از این ابعاد را تغییر دهد. برای مثال، در زمینه پذیرش کسب‌وکار الکترونیکی، یکی از متغیرهای کلیدی در بعد فناورانه «آمادگی فناوری» است. همچنین در بُعد سازمانی، عواملی مانند «اندازه شرکت»، «حوزه فعالیت بین‌المللی» و «منابع مالی» نقش مهمی در تسهیل یا تقویت پذیرش فناوری‌های نوین ایفا می‌کنند [۴۳].

## ۲-۴- یکپارچه سازی چارچوب TAM و TOE

چارچوب T-O-E (فناوری، سازمان، محیط) بیان می‌دارد که فرایند پذیرش و پیاده‌سازی نوآوری‌های فناورانه تحت‌تأثیر سه دسته از عوامل زمینه‌ای قرار دارد: عوامل فناورانه، ویژگی‌های سازمانی، و شرایط محیطی. زمینه فن آوری نشان‌دهنده فناوری‌های داخلی و خارجی توسط شرکت‌ها است، بافت سازمانی به‌اندازه شرکت، ساختار سازمانی و منابع انسانی اشاره دارد، و بافت محیطی به مؤلفه‌هایی مانند رقابت، شرکا و محیط صنعت می‌نگرد که خارج از کنترل یک شرکت هستند [۵۱].

مدل‌های TAM و T-O-E مکمل یکدیگر هستند؛ چرا که مدل TAM با برخورداری از انعطاف‌پذیری در استفاده از متغیرهای خارجی، قادر است رفتارهای پذیرش فناوری در سطح فردی را تبیین کند، در حالی که مدل T-O-E به شناسایی عوامل فناورانه، سازمانی و محیطی مؤثر بر پذیرش فناوری در سطح سازمانی می‌پردازد. برخی مطالعات پژوهشی، ترکیب مدل‌های TAM و T-O-E را مورد استفاده قرار داده‌اند. به عنوان نمونه [۳۸] با ادغام این دو مدل، پذیرش رایانش ابری را در سطح سازمانی و [۵۲] پذیرش فناوری زنجیره بلوکی در زیرساخت ملی کیفیت (NQI) و [۵۳] پذیرش زنجیره بلوکی در اقتصاد چرخشی را مورد بررسی قرار داده‌اند. همچنین در پژوهشی دیگر با هدف توسعه یک چارچوب جامع جهت پذیرش و ادغام فناوری‌های نوظهور در فرآیندهای حسابرسی از یک رویکرد نظری ترکیبی مبتنی بر مدل‌های TAM و TOE بهره‌گیری شده است [۵۴].




**شکل ۳. مدل ترکیبی TAM-TOE [۵۱]**

## ۳- روش‌شناسی پژوهش

جامعه آماری این پژوهش شامل کلیه متخصصان حوزه فناوری و کاربران حرفه‌ای فناوری است که علاوه بر آشنایی با مفاهیم مربوط به پذیرش فناوری، در زمینه فناوری زنجیره بلوکی نیز دارای دانش تخصصی و تجربه عملی هستند. باتوجه‌به هدف پژوهش و ویژگی‌های جامعه آماری، از روش نمونه‌گیری هدفمند (Purposeful Sampling) برای انتخاب مشارکت‌کنندگان استفاده شد [۵۵].

در این پژوهش، جهت گردآوری داده‌های کیفی و تخصصی در زمینه شاخص‌های پذیرش فناوری، تیمی متشکل از ۱۵ نفر از خبرگان شامل مدیران و کارشناسان فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT)، پژوهشگران حوزه تحول دیجیتال، و متخصصان فعال در استان تهران تشکیل گردید. برای جمع‌آوری داده‌ها، از مطالعات کتابخانه‌ای و مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته بهره گرفته شد [۵۶].

در پژوهش‌های کیفی–اکتشافی مبتنی بر قضاوت خبرگان که هدف آن‌ها شناسایی، غربال‌گری و الگویابی مفهومی متغیرهاست، کفایت حجم نمونه نه بر اساس توان آماری، بلکه بر مبنای اشباع مفهومی و هم‌گرایی دیدگاه‌ها سنجیده می‌شود. شواهد روش‌شناختی نشان می‌دهد که اشباع مفهومی معمولاً با دریافت نظرات حدود ۱۲ تا ۱۵ مشارکت‌کننده متخصص حاصل می‌شود و استفاده از ۱۰ تا ۲۰ خبره برای استخراج، پالایش و چارچوب‌سازی مفاهیم در مطالعات خبرگانی کاملاً پذیرفته‌شده است، به‌ویژه زمانی که خبرگان از نظر حوزه تخصصی همگن و دارای تجربه عمیق باشند [۵۷-۵۸، ۵۴].

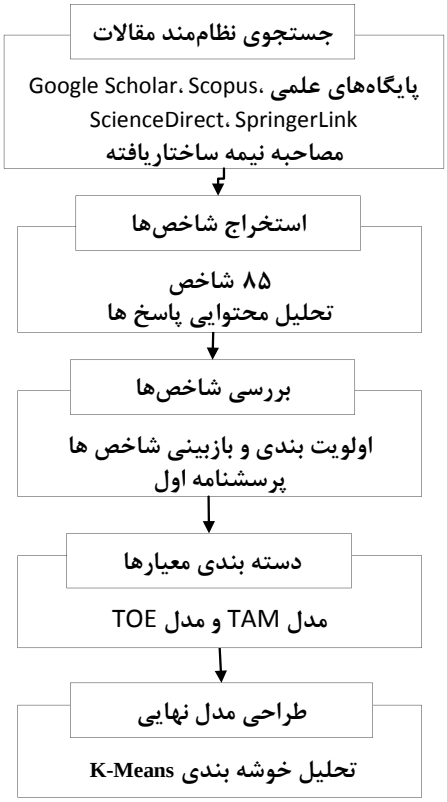
براین‌اساس، به‌کارگیری ۱۵ خبره در پژوهش حاضر، با هدف اعتباربخشی به قضاوت‌های خبرگانی و تأمین کفایت ورودی‌های تحلیل خوشه‌بندی K-means، از منظر روش‌شناسی پژوهش‌های

اکتشافی موجه ارزیابی می‌شود.

در گام نخست، از طریق بررسی منابع علمی و مصاحبه‌های اولیه، ۸۵ معیار اولیه مرتبط با پذیرش فناوری زنجیره بلوکی شناسایی گردید. در جریان مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته، هر یک از معیارها به‌طور جداگانه با مشارکت خبرگان بررسی شده و پاسخ‌ها ثبت گردید. سپس با تحلیل محتوای پاسخ‌ها، واژگان کلیدی استخراج و در قالب جدول توزیع فراوانی کدگذاری شدند.

در ادامه، به‌منظور اولویت‌بندی و دسته‌بندی معیارها، از پرسش‌نامه دومرحله‌ای بهره‌گیری شد. در مرحله نخست، پرسش‌نامه‌ای جهت امتیازدهی به ۸۵ معیار اولیه طراحی و بین خبرگان توزیع گردید. پس از تحلیل نتایج، ۵۳ معیار به‌عنوان مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر پذیرش فناوری زنجیره بلوکی انتخاب شدند. در مرحله دوم، پرسشنامه‌ای دیگر برای دسته‌بندی این معیارها بر اساس ابعاد مدل‌های TAM و T-O-E طراحی گردید.

در نهایت، داده‌های حاصل از پرسش‌نامه‌ها با استفاده از الگوریتم خوشه‌بندی K-Means تحلیل شدند و مدل نهایی پژوهش بر اساس نتایج خوشه‌بندی و چارچوب نظری تلفیقی TAM و T-O-E ترسیم گردید.




**شکل ۴. چارچوب نظری پژوهش**

### ۳-۱- روش خوشه‌بندی K-means

خوشه‌بندی یکی از شاخه‌های داده‌کاوی است و به فرایند تقسیم مجموعه‌ای از داده‌ها (شیءها) به زیردسته‌هایی با مفهوم خوشه گفته می‌شود. یک خوشه، یک سری داده‌های همانند است که مانند یک گروه واحد رفتار می‌کنند. داده‌های خوشه‌بندی‌شده بر پایه اصل بیشترین شباهت میان عضوهای هر دسته و کمترین شباهت میان دسته‌های گوناگون گروه‌بندی می‌شود، یعنی خوشه‌ها به‌گونه‌ای تنظیم می‌شود که شیءهای درون هر خوشه، بیشترین شباهت را با یکدیگر داشته باشد. K-Means به‌عنوان یکی از پرکاربردترین روش‌های خوشه‌بندی، داده‌ها را با حداقل‌سازی واریانس درون خوشه‌ای تقسیم می‌کند و از طریق یک فرایند تکرارشونده بهینه‌سازی، اعضای هر خوشه را به نزدیک‌ترین مرکز تخصیص می‌دهد. این ویژگی موجب می‌شود که الگوریتم در داده‌های بزرگ و پرحجم با هزینه محاسباتی پایین نسبت به بسیاری از روش‌های دیگر، عملکردی سریع و دقیق داشته باشد [۵۹ ، ۶۰].

روش خوشه‌بندی K-means، داده‌ها را به K گروه مجزا بخش می‌کند. در این الگوریتم باید در آغاز، تعداد K گروه مشخص باشد، سپس خوشه‌بندی انجام شود. الگوریتم K-Means کارایی بالا، سادگی محاسباتی، و قابلیت دسته‌بندی حجم بزرگی از داده‌ها به خوشه‌های مشخص را دارد. این روش در مقایسه با سایر روش‌های خوشه‌بندی، همچون الگوریتم سلسله‌مراتبی، اگرچه از شفافیت و تفسیرپذیری بالایی برخوردار است، بااین‌حال در داده‌های بزرگ کند و پرهزینه عمل می‌کند؛ الگوریتم DBSCAN قابلیت شناسایی خوشه‌های نامنظم و نقاط پرت را دارد، اما به‌شدت وابسته به انتخاب پارامترها است؛ و مدل‌های مخلوط گاوسی (GMM) انعطاف‌پذیری بیشتری در شناسایی خوشه‌های پیچیده ارائه می‌دهند، اما نیازمند محاسبات سنگین‌تری هستند. براین‌اساس، K-Means به‌عنوان گزینه‌ای بهینه برای دسته‌بندی ۵۳ معیار شناسایی‌شده انتخاب گردید، چرا که ضمن حفظ سرعت و سادگی، امکان همسوسازی نتایج با چارچوب نظری مدل ترکیبی TAM-TOE و دستیابی به خوشه‌بندی‌های معنادار و قابل‌اتکا را فراهم می‌کند.

برای تعیین تعداد خوشه‌ها در تحلیل K-Means، معیار تعیین K مبتنی بر ساختار نظری پژوهش انتخاب شد؛ بدین صورت که چارچوب TOE سه بُعد (فناوری، سازمان، محیط) و چارچوب TAM پنج مؤلفه رفتاری (درک سودمندی، درک سهولت استفاده، نگرش، قصد رفتاری و استفاده واقعی) دارد که به‌عنوان خوشه‌های هدف در نظر گرفته شده‌اند، بنابراین در این پژوهش دو سری خوشه‌بندی جداگانه K=3 و K=5 صورت‌گرفته است.

لازم به توضیح است که تحلیل‌های انجام‌شده ماهیت اکتشافی و طبقه‌بندی مفهومی داشته و خوشه‌بندی معیارها بر اساس شباهت ادراکی خبرگان صورت‌گرفته است؛ بنابراین، مدل نهایی ارائه‌شده، یک چارچوب مفهومی مبتنی بر داده‌های خبرگانی بوده و نباید به‌عنوان مدل علّی آماری تفسیر شود. همچنین الگوریتم K-means در این پژوهش نه برای استنباط آماری، بلکه برای شناسایی الگوی هم‌گرایی قضاوت خبرگان و کاهش پیچیدگی مفهومی به‌کاررفته است.

## ۴- بحث و بررسی نتایج

این مطالعه TAM و TOE را ادغام می‌کند و مدل TAM-TOE را در طبقه‌بندی معیارهای پذیرش فناوری زنجیره بلوکی مورد بررسی قرار می‌دهد. نتایج مصاحبه نیمه‌ساختاریافته نشان می‌دهد که علاوه بر اینکه خبرگان رابطه درونی قوی میان متغیرهای مدل را همچون ادبیات‌پژوهش تأکید می‌نمایند، بیان می‌نمایند که متغیرها بر تمام عوامل موجود بر مدل TAM مؤثر هستند. نتایج نشان می‌دهد علی‌رغم مدل‌های ترکیبی ارائه شده در مطالعات پیشین این حوزه، متغیرهای خارجی مؤثر بر مدل TAM بر سهولت استفاده درک شده و سودمندی درک شده مؤثر نیستند، و برخی از متغیرها نظیر نگرش و قصد رفتاری استفاده از فناوری در خوشه‌های مرتبط قرار گرفته‌اند. خبرگان بیان داشتند که عوامل خارجی به‌صورت مجزا می‌تواند بر هر یک از متغیرها تأثیر بگذارد و هر عامل خارجی می‌تواند با یک متغیر و یا چند متغیر از مدل مستقیماً در ارتباط باشد.

بنا بر نتایج مطالعات و مصاحبه خبرگان ابتدا پرسش‌نامه عوامل موثر بر پذیرش فناوری شامل ۸۵ معیار طراحی شد و پس از جمع آوری نتایج، ۵۳ معیار به‌عنوان مهمترین معیارهای موثر بر پذیرش فناوری زنجیره بلوکی شناسایی گردید. سپس پرسشنامه دوم که شامل دو بخش، دسته‌بندی معیارها براساس معیارهای فناوری- محیطی- سازمانی و طبقه‌بندی معیارها براساس معیاری که برآن تاثیر می‌گذارند (معیارهای مدل TAM) طراحی و در اختیار متخصصین قرار گرفت. نتایج حاصل از نظرات خبرگان که می‌تواند به عنوان پاسخ به سوال اول پژوهش مبنی بر تعیین معیارهای اصلی پذیرش فناوری زنجیره بلوکی تلقی شود، در جدول ۱ درج شده است و در جدول ۲ نیز عنوان خوشه‌بندی‌های تعیین شده با روش K-means در نرم‌افزار SPSS نشان داده شده است.

**جدول ۱. معیارهای موثر بر پذیرش فناوری زنجیره بلوکی**

| ردیف | معیارها | منبع |
|---|---|---|
| ۱ | پیچیدگی | [38, 44, 46] |
| ۲ | حفظ حریم خصوصی | [26, 27] |
| ۳ | انتظارات عملکردی پشتیبانی | [26, 40] |
| ۴ | آزمایش‌پذیری | [27] |
| ۵ | قابلیت مشاهده | [61, 62] |
| ۶ | دانش | [19, 21] [25] |
| ۷ | شدت رقابت | [19, 51] |
| ۸ | کاربری معقول | [26, 40] [21] |
| ۹ | سازگاری | [21, 51] |
| ۱۰ | فرهنگ | [44] |
| ۱۱ | تسهیل وظایف | [26, 40] [21] |
| ۱۲ | به‌کارگیری مداوم | [26, 27] |
| ۱۳ | تمایل به کاربرد | [14-16] |
| ۱۴ | رویه‌های اخلاقی | [14-16] |
| ۱۵ | افزایش شفافیت | [23, 24, 26] |
| ۱۶ | افشای اطلاعات | [26, 27, 44] |
| ۱۷ | منابع انسانی | [19, 51] |
| ۱۸ | فشارهای خارجی | [51] |
| ۱۹ | افزایش اثربخشی | [5] |
| ۲۰ | سهولت کسب مهارت | [40] |
| ۲۱ | آموزش آسان | [40, 48, 51] |
| ۲۲ | هنجارهای عمومی | [14-16, 61] |
| ۲۳ | کاوش داده‌های پیشرفته | [26] |
| ۲۴ | تردید برای به‌کارگیری سیستم‌های جدید | [6, 7, 44] |
| ۲۵ | بهبود فرایند | [5] |
| ۲۶ | دسترسی مداوم | [26, 27] |
| ۲۷ | تجربه استفاده مفید و دلپذیر | [5, 61] |
| ۲۸ | محدودیت‌های جغرافیایی | [51] |
| ۲۹ | اعتماد | [19, 26, 30, 61] |
| ۳۰ | سیاست‌های سازمان | [28, 51] |
| ۳۱ | سیاست‌های دولت | [21, 51] |
| ۳۲ | اندازه سازمان | [21, 44] |
| ۳۳ | حمایت مدیریت ارشد | [19, 40, 44] |
| ۳۴ | سن سازمان | [19, 51] |
| ۳۵ | ساختار سازمان | [19, 51] |
| ۳۶ | محدودیت‌های مالی | [19, 43] [25] |
| ۳۷ | نفوذ اجتماعی | [14, 16, 61] |
| ۳۸ | همکاری | [39] |
| ۳۹ | بهبود کیفیت کار | [26, 51] |
| ۴۰ | دستیابی به اهداف کار | [4,5] |
| ۴۱ | بهبود سرعت اجرای امور | [4, 10, 26] |
| ۴۲ | انعطاف‌پذیری | [26, 48] |
| ۴۳ | پشتیبانی | [21] [26, 40, 51] |
| ۴۴ | امنیت | [26, 27, 61] |
| ۴۵ | انطباق با مقررات | [26, 51] |
| ۴۶ | تعهد مدیریت | [40, 44] |
| ۴۷ | استفاده آسان | [40] |
| ۴۸ | آمادگی سازمان | [19, 21] |

| ردیف | معیارها | منبع |
|---|---|---|
| ۴۹ | تنوع کاربرد | [19] |
| ۵۰ | قابلیت اجرای سریع | [19] |
| ۵۱ | مدت‌زمان استفاده | [26, 27, 63] |
| ۵۲ | عدم قطعیت نظارتی | [26] |
| ۵۳ | تعامل‌پذیری | [5, 26] |

چنانچه ملاحظه می‌شود در جدول ۳ دسته‌بندی معیارهای پذیرش فناوری زنجیره بلوکی براساس مدل‌های TAM و TOE مورد بررسی قرار گرفته است. در این جداول به ازای کلیه عوامل ۵۳ گانه، دو پارامتر شماره خوشه و فاصله متغیر از مرکز خوشه محاسبه و درج شده است.

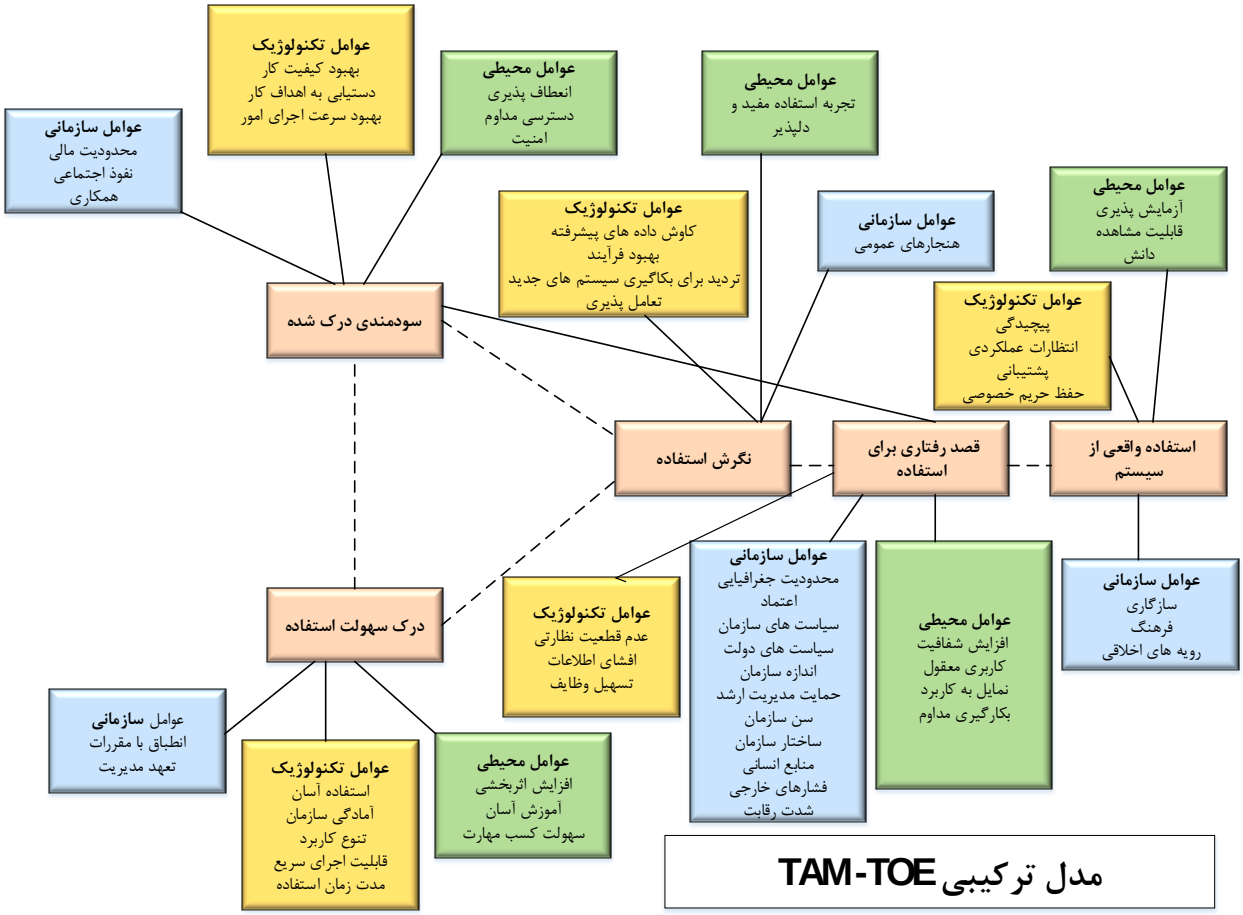
باتوجه‌به نتایج حاصل از پژوهش و دسته‌بندی معیارهای موردمطالعه این پژوهش مدل ترکیبی TAM-TOE به‌صورت شکل ۵ برای پذیرش فناوری پیشنهاد می‌گردد. چنانچه ملاحظه می‌شود در این مدل با استفاده از نتایج بدست آمده در جدول ۳، معیارهای پذیرش فناوری زنجیره بلوکی بر اساس مدل تلفیقی ارائه شده است.

**جدول ۲. عنوان خوشه‌بندی‌های بکار گرفته شده**

| دسته‌بندی بر اساس مدل TAM | | دسته‌بندی بر اساس مدل TOE | |
|---|---|---|---|
| ۱ | سودمندی درک شده | ۱ | سازمان |
| ۲ | درک سهولت استفاده | ۲ | فناوری |
| ۳ | نگرش استفاده | ۳ | محیط |
| ۴ | قصد رفتاری برای استفاده | | |
| ۵ | استفاده واقعی از سیستم | | |

**جدول ۳. دسته‌بندی معیارهای پذیرش فناوری زنجیره بلوکی براساس مدل‌های TAM و TOE**

| عضویت متغیرها در خوشه‌بندی K-Means | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| دسته‌بندی معیارهای پذیرش فناوری زنجیره بلوکی بر اساس مدل TAM | | | | | | دسته‌بندی عوامل موثر بر پذیرش فناوری زنجیره بلوکی بر اساس مدل TOE | | | | | |
| شماره متغیر | شماره خوشه | فاصله متغیر از مرکز خوشه | شماره متغیر | شماره خوشه | فاصله متغیر از مرکز خوشه | شماره متغیر | شماره خوشه | فاصله متغیر از مرکز خوشه | شماره متغیر | شماره خوشه | فاصله متغیر از مرکز خوشه |
| 1 | 4 | 3.326 | 28 | 4 | 3.628 | 1 | 1 | 1.757 | 28 | 2 | 2.081 |
| 2 | 2 | 3.466 | 29 | 4 | 3.100 | 2 | 3 | 1.669 | 29 | 1 | 2.426 |
| 3 | 1 | 2.897 | 30 | 1 | 3.392 | 3 | 1 | 1.444 | 30 | 2 | 1.982 |
| 4 | 4 | 3.674 | 31 | 4 | 2.972 | 4 | 1 | 1.388 | 31 | 2 | 1.237 |
| 5 | 2 | 3.689 | 32 | 3 | 3.786 | 5 | 3 | 1.888 | 32 | 1 | 2.647 |
| 6 | 2 | 3.716 | 33 | 2 | 4.496 | 6 | 1 | 1.735 | 33 | 2 | 2.699 |
| 7 | 1 | 3.536 | 34 | 3 | 3.416 | 7 | 3 | 2.518 | 34 | 1 | 1.722 |
| 8 | 2 | 2.100 | 35 | 1 | 2.551 | 8 | 3 | 2.668 | 35 | 1 | 1.722 |
| 9 | 2 | 3.926 | 36 | 4 | 2.915 | 9 | 1 | 2.515 | 36 | 3 | 1.798 |
| 10 | 4 | 4.209 | 37 | 1 | 2.820 | 10 | 3 | 2.084 | 37 | 3 | 2.287 |
| 11 | 3 | 3.786 | 38 | 1 | 3.309 | 11 | 3 | 1.566 | 38 | 2 | 2.174 |
| 12 | 4 | 4.301 | 39 | 1 | 4.090 | 12 | 3 | 1.702 | 39 | 2 | 2.632 |
| 13 | 4 | 3.793 | 40 | 4 | 3.027 | 13 | 3 | 1.669 | 40 | 2 | 1.459 |
| 14 | 1 | 3.852 | 41 | 5 | 3.681 | 14 | 3 | 1.456 | 41 | 1 | 1.813 |
| 15 | 2 | 3.607 | 42 | 5 | 4.165 | 15 | 1 | 2.084 | 42 | 1 | 1.283 |
| 16 | 2 | 3.318 | 43 | 2 | 3.770 | 16 | 1 | 1.888 | 43 | 2 | 1.023 |
| 17 | 5 | 2.748 | 44 | 4 | 2.676 | 17 | 2 | 2.516 | 44 | 2 | 1.766 |
| 18 | 5 | 4.093 | 45 | 5 | 2.133 | 18 | 1 | 2.459 | 45 | 2 | 1.153 |
| 19 | 5 | 4.260 | 46 | 4 | 2.718 | 19 | 3 | 3.075 | 46 | 1 | 2.351 |
| 20 | 5 | 2.598 | 47 | 3 | 3.162 | 20 | 3 | 1.251 | 47 | 2 | 1.153 |
| 21 | 2 | 2.283 | 48 | 3 | 2.646 | 21 | 1 | 1.734 | 48 | 1 | 1.802 |
| 22 | 4 | 2.460 | 49 | 4 | 2.147 | 22 | 2 | 1.734 | 49 | 2 | 1.712 |
| 23 | 4 | 4.916 | 50 | 5 | 3.762 | 23 | 2 | 1.219 | 50 | 3 | 2.213 |
| 24 | 4 | 3.223 | 51 | 3 | 3.830 | 24 | 2 | 1.267 | 51 | 1 | 2.201 |
| 25 | 4 | 2.483 | 52 | 5 | 1.775 | 25 | 2 | 1.219 | 52 | 2 | 1.459 |
| 26 | 4 | 2.818 | 53 | 5 | 1.245 | 26 | 2 | 1.267 | 53 | 1 | 1.951 |
| 27 | 4 | 2.198 | | | | 27 | 2 | 2.594 | | | |




**شکل ۵. چارچوب مفهومی دسته‌بندی معیارهای پذیرش زنجیره بلوکی و مدل پذیرش فناوری ترکیبی TAM-TOE**

(روابط نمایش‌داده‌شده بیانگر دسته‌بندی مفهومی و هم‌جواری معیارها بوده و نشان‌دهنده روابط علّی آزمون شده نیستند)

در مدل ارائه شده به‌ازای هر یک از بخش‌های مدل TAM سه گروه از عوامل موثر بر استفاده از فناوری زنجیره بلوکی در قالب عوامل سازمانی (با کد رنگ آبی)، عوامل فناورانه (با کد رنگ زرد) و عوامل محیطی (با کد رنگ سبز) وجود دارند.

یافته‌های این پژوهش با بهره‌گیری از مدل ترکیبی TAM-TOE، چارچوبی تلفیقی برای تحلیل‌پذیرش فناوری فراهم می‌آورد که در آن مؤلفه‌های رفتاری مرتبط با مدل پذیرش فناوری (TAM) به‌صورت پویا تحت‌تأثیر ابعاد سازمانی، فنی و محیطی مدل TOE قرار می‌گیرند. این رویکرد تحلیلی چندبعدی، امکان تبیین پویایی‌های پیچیده تصمیم‌گیری کاربران سازمانی را فراهم کرده و ابعاد تسهیل‌گر و بازدارنده مرتبط با هر یک از مؤلفه‌های کلیدی پذیرش فناوری را با دقت قابل‌توجهی شناسایی می‌کند.

در مؤلفه سودمندی درک شده، عوامل فناورانه نظیر بهبود کیفیت کار، افزایش سرعت اجرا و تسهیل تحقق اهداف کاری، به‌عنوان پیشران‌های اصلی اثربخشی فناوری شناسایی شدند. این مؤلفه‌ها با ارائه ارزش افزوده عملیاتی و بهره‌وری، نقش بسزایی در شکل‌گیری ادراک سودمندی ایفا می‌کنند. هم‌زمان، بعد سازمانی از طریق هم‌افزایی بین واحدی و تأثیرگذاری نفوذ اجتماعی، بستری برای تقویت این ادراک فراهم کرده است، اگرچه محدودیت‌های مالی می‌تواند به‌عنوان عاملی بازدارنده در توسعه این ادراک عمل کند. ازسوی‌دیگر، انعطاف‌پذیری سیستم، امنیت اطلاعات و دسترسی‌پذیری بالا در بعد محیطی، زمینه‌ای برای ارتقای اعتماد و پذیرش فراهم کرده‌اند که در نهایت بر درک سودمندی کاربران اثرگذار بوده است.

در مؤلفه درک سهولت استفاده، عناصر فناورانه نظیر استفاده آسان (طراحی کاربرپسند)، تنوع عملکردها، زمان‌بندی اجرای سریع و آمادگی سازمان، نقشی تعیین‌کننده در کاهش موانع ادراکی استفاده از فناوری ایفا می‌کنند. بعد سازمانی نیز با تعهد مدیریت سازمان و هم‌راستایی مقرراتی، شرایط سازمانی مساعدی را برای کاهش مقاومت در برابر تغییر ایجاد می‌کند. در بعد محیطی، وجود فرصت‌های آموزشی، اثربخشی بالا و امکان یادگیری سریع

مهارت‌های لازم به‌عنوان عوامل تسهیل‌کننده تجربه یادگیری و استفاده اولیه از فناوری جدید عمل می‌کنند.

در مؤلفه نگرش به استفاده، نقش ابعاد فناورانه بارزتر است؛ به‌طوری که توانمندی‌های تحلیلی سیستم، ارتقای فرایندهای موجود و تجربیات عملکردی مثبت، نگرش کاربران را نسبت به مفیدبودن و کارآمدی فناوری بهبود می‌دهد. بااین‌حال، تردید نسبت به پذیرش فناوری‌های جدید به‌عنوان یک عامل بازدارنده در این بعد عمل می‌کند. هنجارهای عمومی درون‌سازمانی نیز به‌عنوان سازوکارهای مشروع‌سازی فناوری، نگرش کاربران را با یکدیگر همسو می‌سازد. در بعد محیطی نیز تجربه مفید و دلپذیر استفاده از فناوری، به‌ویژه از طریق یادگیری مشاهده‌ای و مقایسه‌های بین سازمانی، نگرش‌ها را به سمت پذیرش سریع‌تر سوق می‌دهد.

در مؤلفه قصد رفتاری برای استفاده، عوامل سازمانی و نهادی بیشترین تأثیر را نشان می‌دهند. حمایت مدیریت ارشد، ساختار سازمانی منسجم، سیاست‌های تطبیقی و سرمایه انسانی توانمند همگی به‌عنوان پیشران‌های تصمیم به استفاده مطرح هستند. از سوی دیگر، عواملی چون محدودیت‌های جغرافیایی، سیاست‌های سخت‌گیرانه یا سن بالای سازمان ممکن است تمایلات رفتاری را محدود کنند. در بعد فناورانه، تسهیل انجام وظایف و کاهش عدم قطعیت اطلاعاتی به افزایش قصد استفاده کمک می‌کنند، اما نگرانی‌هایی نظیر افشای داده‌ها یا عدم شفافیت نظارتی می‌توانند مانع شکل‌گیری قصد رفتار مؤثر شوند. در بعد محیطی نیز افزایش شفافیت عملکردی، سادگی در کاربرد و تجربه کاربرد مداوم نقش مهمی در تقویت انگیزش رفتاری کاربران ایفا کرده‌اند.

در نهایت، در مؤلفه استفاده واقعی از سیستم، مجموعه‌ای از عوامل هم‌راستا در سه بعد مدل TOE منجر به تثبیت رفتارهای فناورانه شده‌اند. در بعد سازمانی، سازگاری فناوری با فرهنگ و رویه‌های اخلاقی سازمان، زمینه‌ساز نهادینه‌سازی استفاده از سیستم بوده است. بعد فناورانه از طریق برآورده ساختن انتظارات عملکردی، ارائه پشتیبانی فنی مؤثر و رعایت حریم خصوصی کاربران، تداوم استفاده را تقویت می‌بخشد. همچنین در بعد محیطی، آزمایش‌پذیری فناوری، امکان مشاهده نتایج در عمل و دسترسی به دانش فنی، به درونی‌سازی کاربرد سیستم در فعالیت‌های روزمره سازمانی منجر خواهد شد.

لذا مدل TAM-TOE نشان می‌دهد که پذیرش فناوری، تنها یک فرایند فردی یا فنی نیست، بلکه درون ساختی سازمانی - اجتماعی است که تحت‌تأثیر ساختار نهادی، پیچیدگی‌های فناورانه و پویایی‌های محیطی شکل می‌گیرد. این یافته‌ها نه‌تنها در راستای تقویت اعتبار بیرونی مدل‌های نظری پذیرش فناوری قرار دارند، بلکه از منظر سیاست‌گذاری سازمانی، ارائه‌دهنده خطوط راهبردی برای طراحی مداخلات مبتنی بر زمینه هستند.

نتایج این پژوهش یک چارچوب مفهومی اکتشافی ارائه می‌دهد و آزمون آماری روابط علّی به مطالعات آتی با نمونه‌های بزرگ‌تر موکول می‌شود.

## ۵- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

مدل پذیرش فناوری (TAM) یکی از نظریه‌های تأثیرگذار در حوزه فناوری اطلاعات محسوب می‌شود که به طور گسترده در مطالعات تجربی مورداستفاده قرار گرفته است. این مدل با تمرکز بر دو مؤلفه اصلی یعنی سودمندی درک شده (PU) و سهولت استفاده درک شده(PEOU) ، سعی در تبیین دلایل رفتاری کاربران برای پذیرش یک سیستم فناوری دارد. باوجود موفقیت گسترده این مدل در کاربردهای متنوع، محدودیت آن در درک عوامل عمیق‌تر و زمینه‌ای مرتبط با پذیرش فناوری، منجر به نیاز به توسعه و ترکیب آن با سایر مدل‌ها شده است.

در همین راستا، چارچوب فناوری - سازمان - محیط (T-O-E) به‌عنوان یک مدل مکمل معرفی شده است که پذیرش فناوری را از سه بعد کلان فناوری، سازمانی، و محیطی بررسی می‌کند. در این مطالعه، با هدف شناسایی و دسته‌بندی عوامل مؤثر بر پذیرش فناوری زنجیره بلوکی، یک مدل ترکیبی TAM-TOE توسعه داده شد. در این چارچوب، ۵۳ شاخص مؤثر بر پذیرش فناوری شناسایی گردید که از طریق ترکیب این دو مدل در سه حوزه اصلی طبقه‌بندی شدند.

نتایج نشان داد که متغیرهای مدل TAM، به‌ویژه PU و PEOU، تحت‌تأثیر عوامل مختلفی در حوزه‌های فناوری، سازمانی و محیطی قرار دارند. این ترکیب به طور قابل‌توجهی توانست محدودیت‌های مدل TAM را در زمینه تبیین کامل رفتار پذیرش کاهش دهد. ازسوی‌دیگر، ضعف مدل TOE در نادیده‌گرفتن جنبه‌های شناختی و رفتاری کاربران نیز با تلفیق مؤلفه‌های TAM پوشش داده شد.

در زمینه پذیرش فناوری زنجیره بلوکی، یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که در سطح فناوری تنوع کاربرد فناوری، بهبود کیفیت کار از نمونه عواملی هستند که نقش حیاتی در شکل‌گیری ادراک کاربران ایفا می‌کنند. در سطح سازمانی، عواملی چون حمایت مدیریتی، موقعیت سازمان و فرهنگ پذیرش نوآوری اهمیت دارد. همچنین، عوامل محیطی نظیر دسترسی مداوم، شفافیت، تجربه کاربری دلپذیر نقش کلیدی در تسریع یا کندشدن پذیرش زنجیره

بلوکی دارند.

لازم به ذکر است از بعد کاربرد نتایج پژوهش، مدل ترکیبی TAM-TOE با ادغام مؤلفه‌های رفتاری مرتبط با مدل پذیرش فناوری (TAM) و ابعاد سازمانی، فناورانه و محیطی مدل(TOE)، چارچوبی جامع و چندبعدی برای تحلیل و ارزیابی آمادگی سازمان‌ها در پذیرش فناوری زنجیره بلوکی فراهم می‌آورد. این مدل نه‌تنها امکان شناسایی پیشران‌ها و موانع پذیرش را در سطح فردی و فنی مهیا می‌سازد، بلکه ابعاد سازمانی و محیطی را نیز به‌عنوان عوامل اثرگذار در نظر می‌گیرد و بدین ترتیب تصویری واقع‌بینانه و تصمیم یار برای مدیران ترسیم می‌کند.

به‌عنوان‌مثال از منظر سازمانی، مدل نشان می‌دهد که موفقیت در پذیرش زنجیره بلوکی وابسته به حمایت مدیریت ارشد، سرمایه انسانی توانمند، ساختار سازمانی منسجم و هم‌راستایی مقرراتی است. این عوامل می‌توانند به مدیران در شناسایی نقاط ضعف داخلی همچون کمبود مهارت‌ها یا مقاومت فرهنگی کمک کنند. از بعد فناورانه، سطح کاربرپسندی، امنیت، قابلیت اطمینان و ارزش افزوده عملیاتی به‌عنوان معیارهای کلیدی ارزیابی می‌شوند. در بعد محیطی نیز فشارهای نهادی، رقابت بین سازمانی و فرصت‌های آموزشی نقش تعیین‌کننده‌ای در تسهیل یا بازدارندگی فرایند پذیرش دارند.

بنابراین، سازمان‌ها می‌توانند با استفاده از این مدل نقشه راه پذیرش فناوری را ترسیم کرده، سیاست‌های داخلی همچون آموزش کارکنان و سرمایه‌گذاری فناورانه را هدفمند سازند و هم‌راستایی بیشتری با الزامات قانونی و روندهای بازار برقرار کنند. در نهایت، یافته‌ها نشان می‌دهد که پذیرش پایدار زنجیره بلوکی نیازمند هم‌افزایی میان ابعاد سازمانی، فنی و محیطی است و تمرکز یک‌جانبه بر یک بعد، تنها به پذیرش سطحی و کوتاه‌مدت منجر خواهد شد.

این پژوهش یک مدل مفهومی اکتشافی ارائه می‌کند و اعتبارسنجی آماری روابط علّی میان سازه‌ها نیازمند مطالعات آتی با نمونه‌های بزرگ‌تر و روش‌های مدل‌یابی ساختاری است.

## ۶- پیشنهادات آتی

مدل پیشنهادی TAM-TOE با ایجاد یک دیدگاه چندبعدی، ابزاری توانمند برای تحلیل جامع‌تر پذیرش زنجیره بلوکی در سطوح مختلف فردی، سازمانی و کلان فراهم می‌کند. بااین‌حال، محدودیت‌های تحقیق از جمله تمرکز جغرافیایی محدود و عدم لحاظ کامل عوامل فرهنگی و روان‌شناختی کاربران باید در نظر گرفته شود؛ لذا پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده از نمونه‌گیری وسیع‌تر ملی و بین‌المللی بهره‌گیری شده و متغیرهایی مانند نگرش‌های فرهنگی، سواد دیجیتال، و اعتماد به فناوری به مدل افزوده شود.

همچنین به‌کارگیری رویکردهای ترکیبی کمی و کیفی (Mixed-Methods) می‌تواند به درک عمیق‌تری از فرایندهای ذهنی و زمینه‌ای پذیرش فناوری زنجیره بلوکی کمک کند.

مدل ترکیبی پیشنهادی TAM-TOE به دلیل ماهیت تلفیقی و چندبعدی خود، از ظرفیت بالایی برای توسعه و انطباق با فناوری‌های نوین همچون هوش مصنوعی، متاورس و اینترنت اشیاء برخوردار است؛ چراکه ابعاد سه‌گانه فناوری، سازمان و محیط در مدل TOE به طور پویا امکان دربرگیری ویژگی‌ها و الزامات جدید را فراهم می‌سازند و هم‌زمان، مؤلفه‌های رفتاری مدل TAM می‌توانند نگرش، قصد رفتاری و استفاده واقعی کاربران از فناوری‌های نوظهور را تبیین نمایند. بااین‌حال، ورود فناوری‌های پیشرفته با ویژگی‌های منحصربه‌فرد همچون خودمختاری تصمیم‌گیری در هوش مصنوعی، ماهیت اجتماعی - مجازی متاورس، یا پیوند گسترده میان دستگاه‌ها در اینترنت اشیاء، نیازمند بازنگری در برخی شاخص‌های موجود و افزودن متغیرهای خاص به موضوع است؛ بنابراین علی‌رغم اینکه مدل TAM-TOE اساساً انعطاف‌پذیر و توسعه‌پذیر است، اما برای پوشش کامل پیچیدگی‌های فناوری‌های آینده نیازمند بازتعریف و به‌روزرسانی مستمر شاخص‌ها خواهد بود و پیشنهاد می‌گردد در تحقیقات آتی این مدل در زمینه‌های دیگر نیز بررسی گردد.

## مراجع


[1] Taherdoost, H. Blockchain Innovations, Applications, and Future Prospects. *Electronics* 2024, *13*, 422. https://doi.org/10.3390/electronics13020422.

[2] U. Farooq, K. Shahzad, Z. Guan, and A. Rauf, “Unlocking the potential of blockchain technology in China’s supply chain: a survey of industry professionals,” Journal of Entrepreneurship and Public Policy, vol. 13, no. 2, pp. 333–356, 2024. 2

[3] M. Ghaly, E. Elbeltagi, A. Elsmadony, and M. A. Tantawy, “Integration of Blockchain-Enabled smart contracts in construction: SWOT framework and social network analysis,” *Civil Engineering Journal*, vol. 10, no. 5, pp. 1662–1697, 2024. 4

[4] N. Kshetri, "1 Blockchain’s roles in meeting key supply chain management objectives," *International Journal of information management*, vol. 39, pp. 80-89, 2018.

[5] M. Iansiti and K. R. Lakhani, "The truth about blockchain," *Harvard business review*, vol. 95, no. 1, pp. 118-127, 2017.

[6] K. R. Lakhani, & McAfee, A. , "What Every CEO Needs to Know About the Cloud," *Harvard Business Review*, 2011.: https://www.researchgate.net/publication/293431811_What_every_CEO_needs_to_know_about_the_cloud.

[7] M. C. Lacity, "Addressing key challenges to making enterprise blockchain applications a reality," *MIS Q. Executive*, vol. 17, no. 3, p. 3, 2018.

[8] C. Boonmee, J. Mangkalakeeree, and Y. Jeong, “Towards sustainable digital transformation: AI adoption barriers and enablers

(TAM)," *International Journal Of Finance & Managerial Accounting*, vol. 6, no. 22, pp. 155-171, 2021.

[27] J. M. Woodside, F. K. Augustine Jr, and W. Giberson, "Blockchain technology adoption status and strategies," *Journal of International Technology and Information Management*, vol. 26, no. 2, pp. 65-93, 2017.

[28] T. Clohessy and T. Acton, "Investigating the influence of organizational factors on blockchain adoption: An innovation theory perspective," *Industrial Management & Data Systems*, vol. 119, no. 7, pp. 1457-1491, 2019.

[29] S. ShafeeN, "E-learning Technology Acceptance Model with cultural factors. Liverpool John Moores University: School of Computing and Mathematical Sciences," MSc Dissertation, April, 2011.

[30] P. A. Pavlou, "Consumer acceptance of electronic commerce: Integrating trust and risk with the technology acceptance model," *International journal of electronic commerce*, vol. 7, no. 3, pp. 101-134, 2003.

[31] T. Pikkarainen, K. Pikkarainen, H. Karjaluoto, and S. Pahnila, "Consumer acceptance of online banking: an extension of the technology acceptance model," *Internet research*, vol. 14, no. 3, pp. 224-235, 2004.

[32] M. Ervasti and H. Helaakoski, "Case study of application-based mobile service acceptance and development in Finland," *International Journal of Information Technology and Management*, vol. 9, no. 3, pp. 243-259, 2010.

[33] G. Müller-Seitz, K. Dautzenberg, U. Creusen, and C. Stromereder, "Customer acceptance of RFID technology: Evidence from the German electronic retail sector," *Journal of retailing and consumer services*, vol. 16, no. 1, pp. 31-39, 2009.

[34] V. Kumar, S. Kumar, A. Mewada, and S. Akhtar, "Understanding blockchain technology adoption in human resource management: A technology acceptance model (TAM) approach," in Applications of Blockchain Technology, Chapman and Hall/CRC, 2025, pp. 35–46.

[35] O. Ukoha, H. O. Awa, C. A. Nwuche, I. F. Asiegbu, and E. Cohen, "Analysis of Explanatory and Predictive Architectures and the Relevance in Explaining the Adoption of IT in SMEs," *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge & Management*, vol. 6, 2011.

[36] I. Troshani, C. Jerram, and S. Rao Hill, "Exploring the public sector adoption of HRIS," *Industrial Management & Data Systems*, vol. 111, no. 3, pp. 470-488, 2011.

[37] H.-d. Yang and Y. Yoo, "It's all about attitude: revisiting the technology acceptance model," *Decision support systems*, vol. 38, no. 1, pp. 19-31, 2004.

[38] K. Zhu, K. L. Kraemer, and S. Xu, "The process of e-business assimilation in organizations: A technology diffusion perspective," *Management Science*, vol. 52, no. 10, pp. 1557-1576, 2006.

[39] L. Raymond, F. Bergeron, and S. Blili, "The assimilation of E-business in manufacturing SMEs: Determinants and effects on growth and internationalization," *Electronic Markets*, vol. 15, no. 2, pp. 106-118, 2005.

[40] N. Schillewaert, M. J. Ahearne, R. T. Frambach, and R. K. Moenaert, "The adoption of information technology in the sales force," *Industrial marketing management*, vol. 34, no. 4, pp. 323-336, 2005.

[41] W.-W. Wu, "Developing an explorative model for SaaS adoption," *Expert systems with applications*, vol. 38, no. 12, pp. 15057-15064, 2011.

[42] M. D. Williams, Y. K. Dwivedi, B. Lal, and A. Schwarz, "Contemporary trends and issues in IT adoption and diffusion research," *Journal of Information Technology*, vol. 24, no. 1, pp. 1-10, 2009.

among SMEs in Northern Thailand," Sustainable Futures, vol. 10, p. 101169, 2025.

[9] E. Asante Boakye, H. Zhao, B. N. Kwame Ahia, and M. Adu-Damoah, "Modeling the adoption enablers of blockchain technology–based supply chain financing: an integrative dual DOI–TOE analysis," Journal of the International Council for Small Business, pp. 1–22, 2025.

[10] S. Gaehtgens, & Allan, A, "Trust and the evolution of digital business ecosystems," *Gartner Research*, 2017.

[11] F. R. Edwards and F. S. Mishkin, "The decline of traditional banking: Implications for financial stabilityand regulatory policy," ed: National Bureau of Economic Research Cambridge, Mass., USA, 1995.

[12] M. O. Akintunde and H. O. Amuda, "Predictors of adoption of blockchain technology by academic libraries in Nigeria," Library Hi Tech, vol. 43, no. 4–5, pp. 1273–1291, 2025.

[13] H. Wu, W. Zhong, B. Zhong, H. Li, J. Guo, and I. Mehmood, "Barrier identification, analysis and solutions of blockchain adoption in construction: a fuzzy DEMATEL and TOE integrated method," *Engineering, Construction and Architectural Management*, vol. 32, no. 1, pp. 409–426, 2025.

[14] H. Taherdoost, "A review of technology acceptance and adoption models and theories," *Procedia manufacturing*, vol. 22, pp. 960-967, 2018.

[15] H. Taherdoost, "A critical review of blockchain acceptance models—blockchain technology adoption frameworks and applications," *Computers*, vol. 11, no. 2, p. 24, 2022.

[16] H. Taherdoost and M. Masrom, "An examination of smart card technology acceptance using adoption model," in *Proceedings of the ITI 2009 31st international conference on information technology interfaces*, 2009: IEEE, pp. 329-334.

[17] F. D. Davis, "Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology," *MIS quarterly*, pp. 319-340, 1989.

[18] C. Low, Y. Chen, and M. Wu, "Understanding the determinants of cloud computing adoption," *Industrial management & data systems*, vol. 111, no. 7, pp. 1006-1023, 2011.

[19] J. D. Bryan and T. Zuva, "A review on TAM and TOE framework progression and how these models integrate," *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*, vol. 6, no. 3, pp. 137-145, 2021.

[20] K. Zhu, K. L. Kraemer, V. Gurbaxani, and S. X. Xu, "Migration to open-standard interorganizational systems: Network effects, switching costs, and path dependency," *MIS quarterly*, pp. 515-539, 2006.

[21] M. Intan Salwani, G. Marthandan, M. Daud Norzaidi, and S. Choy Chong, "E-commerce usage and business performance in the Malaysian tourism sector: empirical analysis," *Information management & computer security*, vol. 17, no. 2, pp. 166-185, 2009.

[22] J. Xu, "Research on application of BIM 5D technology in central grand project," *Procedia engineering*, vol. 174, pp. 600-610, 2017.

[23] H. O. Awa, O. U. Ojiabo, and B. C. Emecheta, "Integrating TAM, TPB and TOE frameworks and expanding their characteristic constructs for e-commerce adoption by SMEs," *Journal of Science & Technology Policy Management*, vol. 6, no. 1, pp. 76-94, 2015.

[24] C. Carnaghan and K. Klassen, "Exploring the determinants of web-based e-business evolution in Canada," 2007.

[25] S. Almekhlafi and N. Al-Shaibany, "The literature review of blockchain adoption," *Asian Journal of Research in Computer Science*, vol. 7, no. 2, pp. 29-50, 2021.

[26] S. A. Borhani, J. Babajani, I. Raeesi Vanani, S. Sheri Anaqiz, and M. Jamaliyanpour, "Adopting blockchain technology to improve financial reporting by using the technology acceptance model

Identification of influencing factors using an integrated TOE-TAM model," Sustainability, vol. 16, no. 24, p. 10817, 2024.

[54] Ntoyanto Ceki, Babalwa & Moloi, Tankiso. (2025). Technology Adoption Framework for Supreme Audit Institutions Within the Hybrid TAM and TOE Model. Journal of Risk and Financial Management. 18. 409.

[55] L. A. Palinkas, S. M. Horwitz, C. A. Green, J. P. Wisdom, N. Duan, and K. Hoagwood, "Purposeful sampling for qualitative data collection and analysis in mixed method implementation research," *Administration and policy in mental health and mental health services research,* vol. 42, pp. 533-544, 2015.

[56] H. Kallio, A. M. Pietilä, M. Johnson, and M. Kangasniemi, "Systematic methodological review: developing a framework for a qualitative semi-structured interview guide," *Journal of advanced nursing,* vol. 72, no. 12, pp. 2954-2965, 2016.

[57] Guest, G., Bunce, A., & Johnson, L. (2006). How Many Interviews Are Enough? An Experiment with Data Saturation and Variability. Field Methods, 18(1), 59–82 .

[58] Creswell, J. W. (2014). Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches (4th ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.

[59] S. S. Chawathe, "Clustering blockchain data," Clustering Methods for Big Data Analytics: Techniques, Toolboxes and Applications, pp. 43-72, 2019.

[60] E. U. Oti, M. O. Olusola, F. C. Eze, and S. U. Enogwe, "Comprehensive review of K-Means clustering algorithms," *criterion,* vol. 12, pp. 22-23, 2021.

[61] E. Pantano and L. Di Pietro, "Understanding consumer's acceptance of technology-based innovations in retailing," *Journal of tech*nology management & innovation, vol. 7, no. 4, pp. 1-19, 2012.

[62] M. Yektai, & Ranjbarnoshari, A. , "model for cloud computing adoption in IT outsourcing.," Journal of Future Studies in Management (Management Researches), 2016. [Online]. Available: https://sid.ir/paper/204257/en (Note: Original article in Persian).

[63] C. Lazim, N. D. B. Ismail, and M. Tazilah, "Application of technology acceptance model (TAM) towards online learning during covid-19 pandemic: Accounting students perspective," International Journal of Business, Economics and Law, vol. 24, no. 1, pp. 13-20, 2021.

[43] S. Xu, K. Zhu, and J. Gibbs, "Global technology, local adoption: A Cross-Country investigation of internet adoption by companies in the United States and China," *Electronic markets,* vol. 14, no. 1, pp. 13-24, 2004.

[44] T. S. Teo, S. Lin, and K.-h. Lai, "Adopters and non-adopters of e-procurement in Singapore: An empirical study," *Omega,* vol. 37, no. 5, pp. 972-987, 2009.

[45] I. Arpaci, Y. C. Yardimci, S. Ozkan, and O. Turetken, "Organizational adoption of information technologies: A literature review," *International Journal of ebusiness and egovernment Studies,* vol. 4, no. 2, pp. 37-50, 2012.

[46] M.-J. Pan and W.-Y. Jang, "Determinants of the adoption of enterprise resource planning within the technology-organization-environment framework: Taiwan's communications industry," *Journal of Computer information systems,* vol. 48, no. 3, pp. 94-102, 2008.

[47] Y. Teng, K. C. Shang, H. C. Wang, S. Y. Kuo, and C. S. Lu, "The implementation of blockchain adoption in China's manufacturing industry: the technology organization environment (TOE) method," Humanities and Social Sciences Communications, vol. 12, no. 1, pp. 1–11, 2025.

[48] Y.-M. Wang, Y.-S. Wang, and Y.-F. Yang, "Understanding the determinants of RFID adoption in the manufacturing industry," *Technological forecasting and social change,* vol. 77, no. 5, pp. 803-815, 2010.

[49] K.-W. Wen and Y. Chen, "E-business value creation in Small and Medium Enterprises: a US study using the TOE framework," *International Journal of Electronic Business,* vol. 8, no. 1, pp. 80-100, 2010.

[50] T. Oliveira and M. F. Martins, "Literature review of information technology adoption models at firm level," *Electronic journal of information systems evaluation,* vol. 14, no. 1, pp. pp110-121-pp110-121, 2011.

[51] X. Qin, Y. Shi, K. Lyu, and Y. Mo, "Using a TAM-TOE model to explore factors of Building Information Modelling (BIM) adoption in the construction industry," 2020.

[52] A. Legesse, B. Beshah, E. Berhan, and E. Tesfaye, "Exploring the influencing factors of blockchain technology adoption in national quality infrastructure: a Dual-Stage structural equation model and artificial neural network approach using TAM-TOE framework," Cogent Engineering, vol. 11, no. 1, p. 2369220, 2024.

[53] J. Chen, A. Q. Abdul-Hamid, and S. Zailani, "Blockchain adoption for a circular economy in the Chinese automotive industry: