



Analyzing the Metaverse Ecosystem in Iran: A Modular Approach

1. Fatemeh Parvin
2. Sepehr Ghazinoory
3. Shaghayegh Sahraei
4. Fatemeh Saghafi

- **Article Type:** Review Paper
- **Vol. 35 | No. 3 | Serial 99 | Oct. 2025**
- **Received:** 2025.12.22
- **Revised:** 2026.02.25
- **Accepted:** 2026.04.29
- **Published Online:** 2026.07.26
- **Pages:**
- **P-ISSN:** 1027-2690
- **E-ISSN:** 2783-4514

Keywords

Metaverse, Ecosystem, Mirror Worlds, Artificial Intelligence, Internet of Things (IoT), Blockchain, Extended Reality (XR), Lifelogging, Network Infrastructure, Iran, Emerging Technologies.

1. Department of Information Technology Management, University of Tarbiat Modares, Tehran, Iran, fatemeh_parvin@modares.ac.ir
ORCID: 0009-0005-4323-6560
2. Department of Information Technology Management, University of Tarbiat Modares, Tehran, Iran (Corresponding Author) ghazinoory@Modares.ac.ir
ORCID: 0000-0002-6761-4694
3. Department of Information Technology Management, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, S.Sahraei@modares.ac.ir
ORCID: 0000-0002-7265-8739
4. Department of Industrial Management, University of Tehran, Tehran, Iran, fsaghafi@ut.ac.ir
ORCID: 0000-0003-4843-6885

Cite This Paper: Parvin, F., Ghazinoory, S., Sahraei, Sh., Saghafi, F. (2025). Analyzing the Metaverse Ecosystem in Iran: A Modular Approach. *Rahyaft*, 35 (3), . (Persian).

DOI: 10.22034/RAHYAFT.2026.12225.1643



© The Author(s)
Publisher: National Research Institute for Science Policy (N.R.I.S.P)

Abstract

Rapid advancements in digital technologies in recent years-particularly in areas such as extended reality, artificial intelligence, blockchain, the Internet of Things (IoT), and network infrastructure-have paved the way for the emergence of a new technological paradigm known as the metaverse. The metaverse is widely conceptualized as the next generation of the Internet, in which physical and virtual environments converge to create persistent, immersive, and interactive digital spaces. Within these environments, users can simultaneously engage in social, economic, cultural, and professional activities through digital representations and virtual platforms.

Although global interest in the metaverse has grown significantly, systematic analyses of the structural components of the metaverse ecosystem remain limited, particularly in developing countries. In Iran, despite the increasing attention given to the metaverse in academic and policy discussions, existing studies remain largely descriptive and have not sufficiently examined the structural and technological foundations required for the development of a metaverse ecosystem.

Against this backdrop, the present study aims to provide a systematic analysis of the metaverse ecosystem in Iran by identifying its key components, evaluating the current state of development across its core domains, and examining the major challenges and policy implications associated with its evolution. To achieve this objective, the study adopts a modular analytical approach that conceptualizes the metaverse ecosystem as a set of interconnected technological modules.

This approach enables a structured analysis of the ecosystem by decomposing it into several core domains while simultaneously identifying the interactions and structural dependencies among them. By applying this framework, the study seeks to move beyond purely descriptive accounts and provide a more integrated understanding of the technological and infrastructural landscape shaping the metaverse in Iran.

Within this modular framework, seven key domains are identified as the principal pillars of the metaverse ecosystem: mirror worlds, artificial intelligence, the Internet of Things (IoT), blockchain, extended reality (XR), lifelogging, and network infrastructure. Each domain represents a critical technological layer that contributes to the development and functionality of metaverse environments. The modular approach enables a systematic evaluation of the current status of each domain, the identification of its specific limitations, and an assessment of how its development influences the overall evolution of the ecosystem.

The study adopts a descriptive-analytical methodology based on a review of academic literature, technological reports, and analyses of Iran's digital infrastructure and technological capabilities. Accordingly, each domain of the metaverse ecosystem is examined in terms of its current stage of development, major technological and institutional challenges, and broader policy implications. This approach provides a comprehensive understanding of the opportunities and constraints associated with the emergence of the metaverse in the Iranian context.

The findings indicate that the metaverse ecosystem in Iran is still in its early stages of development and exhibits significant asymmetry across its various domains. In the domain of mirror worlds, several domestic platforms, including local mapping and navigation services, have begun to develop digital representations of physical environments. These initiatives represent early steps toward the creation of digital twins of urban spaces; however, the development of fully interactive, dynamically updated three-dimensional representations of real-world environments remains limited.

In the domain of artificial intelligence, Iran has developed considerable academic and research

capabilities, particularly within universities and research institutions. Nevertheless, several structural constraints hinder the large-scale deployment of AI technologies in emerging digital ecosystems. These constraints include limited access to large-scale datasets, inadequate computational infrastructure, and a persistent gap between academic research and industrial application.

Similarly, the development of the Internet of Things (IoT) has progressed in specific areas, including smart city initiatives, industrial monitoring systems, and energy management solutions. Despite these advances, the broader adoption of IoT technologies continues to face several obstacles, including the absence of standardized platforms, limited interoperability among technological systems, and concerns regarding cybersecurity and data governance.

The blockchain domain likewise exhibits a mixed pattern of development. Although blockchain-related activities, particularly those involving cryptocurrencies and decentralized platforms, have attracted increasing attention in recent years, the absence of clear regulatory frameworks and continuing institutional uncertainty have constrained the broader adoption of blockchain-based applications within digital ecosystems.

In the field of extended reality (XR), encompassing virtual reality, augmented reality, and mixed reality, some progress has been achieved in areas such as digital content production, educational applications, and the gaming industry. However, the expansion of this domain remains constrained by restricted access to specialized hardware, the high cost of XR equipment, and the relatively small domestic market for immersive technologies.

The lifelogging domain, which involves the continuous recording and analysis of personal data through digital devices and wearable technologies, has not yet evolved into a distinct ecosystem in Iran. Although certain elements of lifelogging can be observed in mobile health applications and digital lifestyle platforms, the broader infrastructure and data governance frameworks required to support comprehensive lifelogging systems remain largely underdeveloped.

Among the seven domains examined, network infrastructure emerges as one of the most critical enabling factors for the development of the metaverse ecosystem in Iran. Metaverse

environments require high-speed connectivity, low-latency networks, advanced cloud computing capabilities, and powerful data centers capable of processing large volumes of real-time data. Although Iran has made notable progress in expanding its communication networks and developing data centers in recent years, the existing infrastructure still falls short of the technical requirements needed to support large-scale metaverse platforms. Limitations in bandwidth capacity, network stability, and access to advanced hardware technologies continue to represent major structural constraints.

The integrated analysis of these seven domains reveals that many of the challenges facing the development of the metaverse in Iran are structural rather than purely technological. These challenges include limitations in digital infrastructure, regulatory ambiguity in emerging technological domains, insufficient investment in advanced technologies, and weak linkages among research institutions, industry, and policymaking bodies. At the same time, the country possesses several important strengths, including a growing digital economy, a relatively strong academic foundation in information technology, and an expanding ecosystem of digital platforms and services.

From a policy perspective, the development of a sustainable metaverse ecosystem in Iran requires a coordinated and multidimensional strategy. Key priorities include strengthening digital and communication infrastructure, supporting innovation in emerging technologies, establishing transparent regulatory frameworks for technologies such as blockchain and personal data management, and fostering closer collaboration among academia, industry, and policymakers. Such measures can facilitate the gradual development of a domestic metaverse ecosystem capable of harnessing the economic, social, and technological opportunities associated with this transformative digital paradigm.

In conclusion, by applying a modular analytical framework to examine seven core technological domains, this study provides a structured and comprehensive assessment of the current state of the metaverse ecosystem in Iran. The findings contribute to the existing literature by offering an integrated perspective on the opportunities, constraints, and policy

requirements associated with the development of the metaverse in a developing-country context. Furthermore, the analytical framework and insights presented in this study may serve as a foundation for future research and strategic policymaking in the rapidly evolving field of metaverse-related technologies.



تحلیل اکوسیستم متاورس در ایران: یک رویکرد پودمانی (مدولار)

۱. فاطمه پروین

۲. سپهر قاضی‌نوری

۳. شقایق صحرایی

۴. فاطمه ثقفی

• نوع مقاله: ترویجی

• دوره ۳۵ | شماره ۳ | پیاپی ۹۹ | مهر ۱۴۰۴

• تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۰۱

• تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۲/۰۶

• تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۰۹

• تاریخ انتشار برخط: ۱۴۰۵/۰۵/۰۴

• صفحات:

• شاپای چاپی: ۲۶۹۰-۱۰۲۷

• شاپای الکترونیکی: ۴۵۱۴-۲۷۸۳

کلیدواژه‌ها

کمتاورس، اکوسیستم، دنیای آینده‌ای، هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، بلاک‌چین، واقعیت گسترده، ثبت زندگی، زیرساخت شبکه، ایران، فناوری نوظهور.

۱. دانشجوی دکتری مدیریت فناوری اطلاعات، دانشگاه تربیت

مدرس، تهران، ایران

fatemeh_parvin@modares.ac.ir

ORCID: 0009-0005-4323-6560

۲. استاد مدیریت فناوری اطلاعات، دانشگاه تربیت

مدرس، تهران، ایران (پدیدآور رابط)

ghazinoory@modares.ac.ir

ORCID: 0000-0002-6761-4694

۳. استادیار مدیریت فناوری اطلاعات، دانشگاه تربیت مدرس،

تهران، ایران

S.Sahraei@modares.ac.ir

ORCID: 0000-0002-7265-8739

۴. استاد مدیریت صنعتی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

fsaghafi@ut.ac.ir

ORCID: 0000-0003-4843-6885

استناد به این مقاله: پروین، ف.، قاضی‌نوری، س.، صحرایی، ش. و ثقفی، ف. (۱۴۰۴). تحلیل اکوسیستم متاورس در ایران: یک رویکرد پودمانی (مدولار). *رهیافت*، ۳۵ (۳)، صص. .

DOI: 10.22034/RAHYAFT.2026.12225.1643

ناشر: مؤسسه تحقیقات سیاست علمی کشور

نویسندگان: © حق مؤلف



چکیده

متاورس به‌عنوان یک فناوری نوظهور، در سال‌های اخیر توجه بسیاری از پژوهشگران و کاربران را به خود جلب کرده است. این مقاله با بهره‌گیری از رویکرد اکوسیستم مدولار به تحلیل این پدیده در ایران می‌پردازد؛ در این چارچوب، متاورس نه به‌عنوان ساختاری یکپارچه، بلکه مجموعه‌ای از ماژول‌های فناورانه مجزا و درعین‌حال به‌هم‌پیوسته تعریف می‌شود که هریک از آنها (به‌مثابه قطعات پازل اکوسیستم) ضمن داشتن کارکرد مستقل، در تعامل با یکدیگر کل سیستم را معنا می‌بخشند. بر این اساس، وضعیت هفت ماژول اصلی شامل دنیای آینده‌ای، هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، بلاک‌چین، واقعیت گسترده، ثبت زندگی و زیرساخت شبکه بررسی شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که شاخه‌های هوش مصنوعی و بلاک‌چین پیشرفت بیشتری داشته‌اند، درحالی‌که ماژول‌هایی مانند دنیای آینده‌ای و زیرساخت شبکه به‌دلیل محدودیت‌های فنی و قانونی هنوز در مراحل ابتدایی هستند. این پژوهش با شناسایی چالش‌هایی همچون ضعف در قوانین حمایتی و زیرساخت‌ها، بر ضرورت توسعه هماهنگ این ماژول‌ها برای شکل‌گیری اکوسیستم پایدار تأکید می‌کند.

مقدمه

در چند سال گذشته متاورس به عنوان یکی از تأثیرگذارترین روندهای فناوریانه در حوزه‌های مختلف ظاهر شده است و با رونمایی پیش‌نمایشی از متاورس (یا فراجهان) توسط مارک زاکربرج، فرضیه‌ای که از دهه‌های قبل، ظهور آن پیش‌بینی می‌شد، بیش از همیشه تحقق‌یافتنی می‌نماید. به نظر می‌رسد زندگی بشر در آستانه تحولی تاریخی است؛ چنان‌که بسیاری از شرکت‌های عظیم و صاحبان سرمایه به خرید زمین در بسترهای دنیاهای مجازی‌ای چون دیسترنالند^۱، سندباکس^۲، کریپتو وُکسلز^۳ و... روی آورده‌اند (Yemenici, 2022). مک‌کینزی پیش‌بینی می‌کند که تا سال ۲۰۳۰، بیش از نیمی از رویدادهای زنده در متاورس برگزار خواهند شد. این فناوری بیش از ۸۰ درصد اقتصاد را تحت تأثیر قرار خواهد داد، و بیشتر فعالیت‌های آموزشی، توسعه‌ای و دیگر فعالیت‌های تعاملی ممکن است در داخل متاورس انجام شوند، که بیش از ۵ تریلیون دلار ارزش افزوده ایجاد خواهد کرد (Coccia & Watts, 2020).

متاورس یک فضای دیجیتال بزرگ‌مقیاس و قابل تعامل است که از جهان‌های مجازی سه‌بعدی تشکیل شده و به‌طور هم‌زمان و پایدار توسط تعداد نامحدودی از کاربران و مشارکت‌کنندگان تجربه می‌شود. این فضا تجربه‌ای ارتقایافته ارائه می‌دهد که نتیجه هم‌آفرینی خلاقانه است (Hall & Baier-Lentz, 2022). در واقع متاورس یک فضای واقعیت مجازی تعریف شده که در آن کاربران می‌توانند با محیط رایانه‌ای تولیدشده و دیگر کاربران تعامل داشته باشند و به‌عنوان مجموعه‌ای از پلتفرم‌ها و ساختارهای دیجیتال شناخته می‌شود که هر ساختار، یک جهان مستقل با محتوای منحصر به فرد، کاربران مشارکت‌کننده و قابلیت‌های خاص خود را ارائه می‌دهد. بنابراین، متاورس فرصت‌های گسترده‌ای برای نوآوری‌های دیجیتال فراتر از رسانه‌های اجتماعی یا بازی‌های رایانه‌ای سنتی فراهم می‌کند (Schöbel & Leimeister, 2023). به‌تازگی، بسیاری از شرکت‌ها روایت جدیدی برای ایجاد متاورس و ارائه تجربه‌ای فریبنده به مصرف‌کنندگان خود اتخاذ کرده‌اند، که علاقه زیادی را در سراسر جهان برانگیخته است (Bale et al., 2022)؛ شرکت متا یا فیسبوک سابق با رویکردی نوآورانه در توسعه متاورس، یک جهان مجازی سه‌بعدی ایجاد می‌کند که کاربران بتوانند با حفظ هویت دیجیتال و سابقه پرداخت‌های خود، به‌صورت یکپارچه در آن حضور داشته باشند. شرکت دیسترنالند به کاربران امکان می‌دهد تا با ابزارهای موجود، تجربیات مجازی خود را به‌طور کامل شخصی‌سازی کنند، بدون اینکه اطلاعات آنها ازسوی اشخاص ثالث ذخیره یا مدیریت

شود؛ در این پلتفرم کاربران همچنین می‌توانند برای شکل دادن به تجربیات خود، زمین مجازی خریداری کنند، مهمانی‌ها را میزبانی کنند، فضاها را اجاره کنند، آسمان‌خراش بسازند و هزاران قابلیت جذاب دیگر را در متاورس داشته باشند. NVIDIA یک شرکت بسیار مشهور در صنعت بازی است که به‌دلیل واحدهای پردازش گرافیکی خود شناخته می‌شود. باوجوداین، این شرکت با طراحی ابزاری برای تسهیل خلاقیت‌های سه‌بعدی، تحول عظیمی در متاورس نیز ایجاد کرده و اکنون یکی از معروف‌ترین شرکت‌های فعال در متاورس است. حتی در شرایط سخت ناشی از انزوای COVID_19 در سراسر جهان، که شرکت‌ها مجبور به جست‌وجوی حوزه مجازی همکاری شدند و مدارس، دانشگاه‌ها، سازمان‌ها و دیگر نهادها نیز برای ادامه کارهای روزمره یا برنامه‌ریزی‌شده خود به کار از راه دور روی آوردند؛ درحالی‌که پلتفرم‌های کنفرانس آنلاین موجود تنها امکان همکاری صوتی و تصویری را فراهم می‌کرد، متاورس می‌توانست درهای تعاملات خاصی را باز کند؛ به‌طور مثال شرکت مایکروسافت با ویژگی جدیدی به نام "Mesh for Microsoft Teams" قدم به متاورس گذاشت، که به کاربران امکان ساخت آواتارهای مجازی خود را می‌داد (Bale et al., 2022; Microsoft Ignite, 2021) و به آنها امکان می‌داد تا به‌صورت آنلاین در کنفرانس‌ها شرکت کنند (Roach, 2022). در واقع متاورس راه‌حلی جذاب برای نهادهایی است که در پی برگزاری جلسات یا کنفرانس‌های جذاب و تعامل از راه دور با مشتریان و همکاران خود هستند. این نوآوری می‌تواند چشم‌انداز ارتباطات و همکاری‌های مجازی را به‌طور کامل تغییر دهد.

متاورس از طیف وسیعی از فناوری‌ها تشکیل شده که شامل هفت شاخه اصلی دنیای آینده‌ای، هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، بلاک‌چین، واقعیت گسترده، ثبت زندگی و زیرساخت شبکه است (Ghazinoory et al., 2025). هریک از این فناوری‌ها خود دارای اکوسیستم مستقل‌اند که به‌عنوان محیط‌هایی یکپارچه و پویا تعریف می‌شوند؛ محیط‌هایی که در آن اجزا و عناصر مختلف با یکدیگر تعامل کرده و برای ارائه خدمات، ایجاد نوآوری و توسعه قابلیت‌ها همکاری می‌کنند. اکوسیستم متاورس در واقع مجموع این فناوری‌ها و تعاملات میان آنهاست که در کنار هم شبکه‌ای پیچیده و گسترده را تشکیل می‌دهند. همین هم‌پوشانی و تعامل فناوری‌ها موجب پیچیدگی زیاد این اکوسیستم می‌شود و شناخت کامل آن را دشوار می‌کند (Lee et al., 2024).

اهمیت این موضوع از آن روست که درجه مدولار بودن یا پیوستگی اجزای یک اکوسیستم پیچیده و فناوریانه، نقش تعیین‌کننده‌ای در مسیر تحول فناوری، الگوهای نوآوری، ساختار رقابت، و تصمیمات سیاست‌گذاری و سرمایه‌گذاری ایفا می‌کند. اکوسیستم‌های با مدولاریته بالا معمولاً امکان ورود بازیگران جدید،

1. Decentraland
2. Sandbox
3. CryptoVoxels

تنوع نوآوری، کاهش ریسک سرمایه‌گذاری و انعطاف‌پذیری بیشتر در برابر عدم قطعیت‌های فناوریانه را فراهم می‌کنند (Ali et al., 2023). درحالی‌که اکوسیستم‌های با پیوستگی شدید، مستعد تمرکز قدرت، قفل‌شدگی فناوریانه و وابستگی‌های ساختاری هستند که می‌تواند پیامدهای مهمی برای تنظیم‌گری و تخصیص منابع داشته باشد. با توجه به این ویژگی‌ها، برای توسعه اکوسیستم متاورس، باید شناخت و تحلیل دقیقی از آن داشته باشیم. اما باید توجه داشت که اکوسیستم متاورس به‌صورت مستقل عمل نمی‌کند، بلکه برگرفته از دیگر اکوسیستم‌های فناوری است که هریک به‌تنهایی نقش مهمی در ساختار کلی آن ایفا می‌کنند. برای توسعه این اکوسیستم، شناخت دقیق و تحلیل ساختاری آن ضروری است که بتوانیم به این پرسش پاسخ دهیم: «اکوسیستم متاورس در ایران با چه چالش‌های خاصی مواجه است و چه عواملی بر پایه‌سازی اکوسیستم متاورس در ایران تأثیر گذاشته‌اند؟» با وجود گسترش سریع مطالعات مربوط به متاورس، بخش عمده ادبیات موجود ماهیتی توصیفی داشته و عمدتاً به معرفی مفاهیم، کاربردها یا روندهای جهانی آن پرداخته‌اند؛ درحالی‌که کمتر پژوهشی به تحلیل ساختاری و سیستمی اکوسیستم متاورس با تمرکز بر شرایط بومی کشورها پرداخته است. شکاف اصلی ادبیات، نبود چارچوبی تحلیلی برای بررسی میزان مدولاریته زیرساخت‌ها، فناوری‌ها و تعاملات میان فناوریانه در بسترهای ملی است؛ موضوعی که نقش تعیین‌کننده‌ای در امکان‌پذیری توسعه و نحوه ورود کشورها به این فضا دارد. بنابراین، سهم اصلی این مقاله ارائه تحلیل ساختاری مبتنی بر رویکرد پودمانی (مدولار) برای تبیین وضعیت اکوسیستم متاورس در ایران است. نوآوری مقاله در این است که به‌جای ارائه توصیفی از روندها یا کاربردها، تلاش می‌کند با تفکیک ماژولار فناوری‌های سازنده متاورس، سطح وابستگی‌ها، چالش‌ها و نقاط ضعف زیربنایی اکوسیستم ملی را شناسایی کند و مسیرهای ممکن برای توسعه را ارائه دهد. این رویکرد می‌تواند خلأ مهم ادبیات را در حوزه تحلیل بومی اکوسیستم متاورس پر کرده، مبنایی برای تصمیم‌سازی سیاستی و سرمایه‌گذاری هدفمند فراهم کند. از این‌رو، در مقاله حاضر، این رویکرد در مورد کشورمان ایران پیاده‌سازی می‌شود تا چالش‌های این مسیر شناسایی و نحوه تطبیق و پیاده‌سازی فناوری‌های مرتبط با اکوسیستم متاورس در این محیط مشخص و راهکارهایی برای توسعه آن ارائه شود. این تحلیل نه‌تنها به درک تعاملات فناوری‌های مختلف کمک می‌کند، بلکه می‌تواند به مدیریت بهتر این شبکه و ایجاد یک مدل اکوسیستم متاورس مناسب و منسجم در ایران منجر شود.

معرفی متاورس و فناوری‌های تشکیل‌دهنده آن

با وجود مقالات و اسنادی که درباره متاورس منتشر شده، هنوز تعریف علمی و مشخصی برای آن وجود ندارد. اما با پیشرفت سریع

دانش مرتبط با متاورس و گسترش بحث‌ها در جوامع علمی، ارائه تعریفی عمومی و پذیرفته‌شده ضروری است تا ارتباط و همکاری میان دانشمندانی که روی این موضوع مشترک کار می‌کنند، آسان‌تر شود (Majumder & Dey, 2024). واینبرگر متاورس را شبکه به‌هم‌پیوسته‌ای از جهان‌های مجازی فراگیر می‌داند، که تا حدی با دنیای فیزیکی هم‌پوشانی دارد و آن را تقویت می‌کند. این جهان‌های مجازی به کاربران که با آواتارها نمایان می‌شوند، امکان اتصال و تعامل با یکدیگر را می‌دهند تا محتوای تولیدشده توسط کاربران را در محیطی فراگیر، مقیاس‌پذیر، هم‌زمان و پایدار تجربه و مصرف کنند (Riva & Wiederhold, 2022).

هاگسون بیان می‌کند که در قلب متاورس، چشم‌انداز اینترنت فراگیر به‌مثابه قلمروی بزرگ، یکپارچه، پایدار و مشترک قرار دارد. آنان متاورس را محیط مجازی ترکیبی فیزیکی و دیجیتالی در نظر می‌گیرند که با همگرایی بین اینترنت و فناوری‌های وب و واقعیت توسعه‌یافته (XR) تسهیل می‌شود و بیان می‌کنند که متاورس شامل فضاهای مجازی پایدار، مشترک، هم‌زمان و سبدهای است که به یک جهان مجازی واحد پیوسته‌اند (Hodgson, 2019). متیو بال، یکی از اندیشمندان برجسته متاورس، در کتاب بال که پیش‌تر «پیش‌نویس متاورس» او در رسانه‌های عمومی مانند فایننشال تایمز (Weinberger, 2022) و واشینگتن پست (Lee et al., 2024) پوشش داده شده بود؛ بیان کرده که «متاورس شبکه‌ای بزرگ و مقیاس‌پذیر از جهان‌های مجازی سبدهای و هم‌زمان است که به‌طور پیوسته توسط تعداد نامحدودی از کاربران با حس فردی از حضور و با تداوم داده‌ها، مانند هویت، تاریخچه، حقوق، اشیاء، ارتباطات و پرداخت‌ها تجربه می‌شود (Bale et al., 2022). دیویس و همکارانش اشاره کردند که متاورس‌ها جهان‌های مجازی سبدهای و فراگیرند و از کلمه جمع، متاورس‌ها استفاده کردند و توضیح دادند که یک متاورس خاص می‌تواند به‌عنوان یک دنیای مجازی خاص تعریف شود که شامل فضای مجازی یا محیط‌های جهان مجازی است که توسط دیگران شناخته می‌شود (Davis et al., 2009). همچنین با توجه به ماهیت متاورس، وانگ و همکاران نوشتند: «متاورس فضای مشترک مجازی کاملاً غوطه‌ور، فرامکانی - زمانی و خودپایداری در نظر گرفته می‌شود که جهان‌های فیزیکی، انسانی و دیجیتالی را در هم می‌آمیزد» (Liao, 2022).

نینگ و همکاران نیز تأکید می‌کنند: «متاورس تجربه‌ای همه‌جانبه براساس فناوری واقعیت افزوده ارائه می‌دهد، تصویری آینده‌ای از دنیای واقعی براساس فناوری دوقلوی دیجیتال ایجاد می‌کند» (Wang et al., 2023)، و نویسندگان دیگر (Ball, 2022; Coogan, 2021; Mystakidis, 2022) نیز از فناوری‌های متاورس سخن می‌گویند، هر فناوری را یک جهان در نظر می‌گیرند و بر این

اختلال و در صورت امکان به‌صورت شفاف» در متاورس تعریف کرده‌اند (Dionisio et al., 2013). به‌این‌ترتیب، مطالعات مختلف طیف وسیعی از فناوری‌ها را برای متاورس از جنبه‌های مختلف بررسی کرده‌اند و مؤلفه‌ها و فناوری‌های فعال‌کننده را برای متاورس پیشنهاد داده‌اند (جدول ۱).

نکته تأکید دارند که اتصال این جهان‌های مجازی به یکدیگر ضروری است، و قابلیت همکاری بین فناوری‌های مختلف، یکی از ویژگی‌های اصلی متاورس است؛ همچنین دیونیسو و همکاران قابلیت همکاری بین فناوری‌های مختلف به‌عنوان فناوری‌های مستقل را «توانایی سیستم‌ها یا پلتفرم‌های مختلف برای تبادل اطلاعات یا تعامل بدون

جدول ۱. مؤلفه‌ها و فناوری‌های فعال‌کننده متاورس

عنوان	اجزا و فناوری‌های توانمندساز	منابع
پروژه آینده‌نگری عمومی بین‌صنعتی	ثبات زندگی، واقعیت افزوده، جهان‌های مجازی، جهان‌های آینده‌ای	Smart et al. (2007)
متاورس: بررسی، روندها، اکوسیستم خط لوله جدید و مسیرهای آینده	(۱) سخت‌افزار و تجهیزات؛ (۲) چارچوب‌ها، کتابخانه‌ها و پلتفرم‌ها؛ (۳) مدل‌سازی اوتار و شیء؛ (۴) رندر محیط؛ (۵) جلسات کاربر و احراز هویت؛ (۶) تعامل کاربر با کاربر؛ (۷) تعامل کاربر با کسب‌وکار؛ و (۸) از نظر موضوعات مرتبط و جنبه‌های مختلف فناوری‌های مرتبط با متاورس (الف) هوش مصنوعی؛ (ب) بلاک‌چین؛ (ج) شبکه‌سازی؛ (د) محاسبات؛ (ه) کسب‌وکار؛ (و) حریم خصوصی و امنیت؛ و (ز) اخلاق.	Sami et al. (2024)
مرور کلی: نقشه راه فناوری روند آینده متاورس بر پایه اینترنت اشیا، بلاک‌چین، هوش مصنوعی و فعالیت‌های متاورسی در حوزه پزشکی	بلاک‌چین، هوش مصنوعی، اینترنت اشیا و دوقلوهای دیجیتال	Mozumder et al. (2022)
بررسی متاورس: جدیدترین فناوری‌ها، کاربردها و چالش‌ها	♦ زیرساخت شبکه: زیرساخت شبکه و ارتباطات مورد نیاز متاورس ♦ مدیریت فناوری: فناوری‌های مرتبط با مدیریت و کنترل محیط متاورس ♦ فناوری‌های اصلی مشترک: فناوری‌های اصلی، از جمله محاسبات ابری و هوش مصنوعی ♦ اتصال اشیاء واقعیت مجازی: فناوری‌های مرتبط با اشیا و ابزارهایی که به متاورس متصل‌اند ♦ همگرایی واقعیت مجازی: فناوری‌های مورد نیاز برای ادغام جهان‌های واقعی و مجازی در متاورس	Wang et al. (2023)
کلان‌داده در تقابل با متاورس: یک نظرسنجی	کلان‌داده، هوش مصنوعی (AI)، واقعیت مجازی (VR)، واقعیت افزوده (AR)، واقعیت ترکیبی (MR) و سایر فناوری‌هایی که تفاوت بین تعامل آنلاین و واقعی را کاهش می‌دهند.	Sun et al. (2022)
فراتر از نقشه‌برداری: گسترش نقش نقشه‌برداران به طراحان رابط کاربری در متاورس با استفاده از واقعیت مجازی، واقعیت افزوده و واقعیت ترکیبی	واقعیت توسعه‌یافته (XR)، شامل واقعیت مجازی (VR)، واقعیت افزوده (AR) و واقعیت ترکیبی (MR)	Tsou and Mejia (2023)
توسعه طبقه‌بندی صنعت-خدمات پلتفرم متاورس	واقعیت مجازی، واقعیت افزوده و دوقلو دیجیتال	Yun and Leem (2021)
مروری بر تعاریف، معماری، کاربردها، چالش‌ها، مسائل، راه‌حل‌ها و روندهای آینده متاورس	بلاک‌چین، واقعیت افزوده و واقعیت مجازی، هوش مصنوعی، بازسازی سه‌بعدی، اینترنت اشیا، محاسبات لبه	Al-Ghaili et al. (2022)
بررسی متاورس: مبانی، امنیت و حریم خصوصی (سبز)	واقعیت گسترده، دوقلوهای دیجیتال، شبکه‌سازی، رایانش فراگیر، هوش مصنوعی، بلاک‌چین	Wang et al. (2022)
نقش هوش مصنوعی در فناوری آینده	شبکه‌های عصبی، الگوریتم‌های ژنتیک، هوش مصنوعی نمادین، یادگیری عمیق، یادگیری ماشین کوانتومی، یادگیری تقویتی سلسله‌مراتبی، یادگیری عمیق بیزی، محاسبات عاطفی، یادگیری ماشین خودکار (AutoML)، شبکه‌های مولد تخصصی (GAN)	Kayid (2020)
هر آنچه باید درباره متاورس بدانید: بررسی کاملی درباره تکنیک‌های فناوری، اکوسیستم مجازی و دستور کار تحقیقاتی	واقعیت توسعه‌یافته، تعامل کاربر (تعامل انسان و رایانه)، هوش مصنوعی، بلاک‌چین، چشم‌انداز رایانه، اینترنت اشیا و رباتیک، محاسبات لبه و ابری، و شبکه‌های موبایل آینده	Thornhill (2022)

با این حال، در آخرین دسته‌بندی‌هایی که از متاورس ارائه شده، متاورس شامل هفت شاخه اصلی دنیای آینده، هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، بلاک‌چین، واقعیت گسترده، ثبت زندگی، زیرساخت شبکه است (شکل ۱) (Ghazinoory et al., 2025). هریک از این فناوری‌ها اکوسیستمی مستقل و پویا را تشکیل می‌دهند که به‌عنوان محیطی یکپارچه تعریف می‌شود.

اکوسیستم به‌معنای اجتماع بوم‌شناسی عناصر اجزای زنده و اجزای غیرزنده و تعامل آنها با یکدیگر در محیط‌های تعریف‌شده است. طبق ادبیات زیست‌شناسی، اکوسیستم مجموعه‌ای پیچیده از روابط بین منابع زنده، زیستگاه‌ها و ساکنان یک منطقه است که هدف نهایی آنها حفظ تعادل پایدار است (Jackson, 2011). پژوهش‌های جامعه‌شناسی بیان می‌کند که ساختار اکوسیستم و همچنین روابط متقابل، وابستگی‌ها و شبکه‌های شکل‌گرفته بین اعضای اکوسیستم به شکلی قابل توجه بر ایجاد ارزش مشترک بین عناصر اثر می‌گذارد و بستری برای ایجاد تحولات اقتصادی و اجتماعی ایجاد می‌کند (Adner et al., 2017; Hayter, 2016). اکوسیستم‌ها توجه فزاینده محققان مدیریت را نیز در دهه گذشته به خود جلب کرده‌اند (Jacobides et al., 2018; Shipilov & Gawer, 2020). محققان مدیریت با الهام از مفهوم اکوسیستم‌های بیولوژیکی، اکوسیستم‌ها را از زمان معرفی اکوسیستم تجاری از سوی مور مطالعه کردند (Moore, 1993) و انواع دیگر اکوسیستم‌ها متعاقباً مفهوم‌سازی شدند، از جمله اکوسیستم نوآوری (Adner, 2006)، اکوسیستم کارآفرینی (Isenberg, 2010)، اکوسیستم دانش (Yemenici, 2022). این نگاه به اکوسیستم از ادبیات مختلفی مانند مطالعات نوآوری، تحقیقات کارآفرینی و ادبیات استراتژی برای درک پویایی و ویژگی‌های منحصربه‌فرد اکوسیستم‌ها استخراج می‌شود (Scaringella & Radziwon, 2018). این گسترش تحقیقات اکوسیستم به طیف گسترده‌ای از تعاریف و ویژگی‌های مرتبط با مفهوم اکوسیستم منجر شده است (Shipilov & Gawer, 2020). مطالعات تخصصی در خصوص اکوسیستم در صنعت فناوری اطلاعات و ارتباطات نیز انجام شده است. براساس گزارش اتحادیه بین‌المللی مخابرات و ارتباطات (ITU) (۲۰۲۰) سفر دیجیتال هر کشور برای تحقق تحول دیجیتال مستلزم شکل‌گیری اکوسیستم نوآوری و فناوری است. اکوسیستم متاورس مجموعه‌ای از فناوری‌ها، پلتفرم‌ها، خدمات و زیرساخت‌هاست که امکان حضور و تعامل کاربران در یک فضای دیجیتال سه‌بعدی و گسترده را فراهم می‌کند. این اکوسیستم با ترکیب فناوری‌های مختلف، تجربه‌ای یکپارچه ایجاد کرده، مرز میان دنیای واقعی و دیجیتال را کمرنگ می‌کند؛ به‌گونه‌ای که

کاربران می‌توانند در آن تعامل، کار، بازی و تجارت انجام دهند. موزومدر و همکاران (۲۰۲۲) اکوسیستم مراقبت‌های بهداشتی را در متاورس بررسی و بیان کردند: متاورس به‌عنوان رابط برنامه پیش‌بینی‌شده برای نسل بعدی اینترنت (وب ۳.۰)، آماده است تا مراقبت‌های بهداشتی را متحول کند، امکانات زیادی را برای مراقبت‌های بهداشتی ارائه دهد، از جلسات مبتنی بر آواتار که مشاوره از راه دور را تسهیل می‌کند تا شبیه‌سازی‌های همه‌جانبه که به آموزش پزشکی و تعاملات اجتماعی کمک می‌کند و تعامل بیمار را تقویت کند. برای گسترش پتانسیل کامل اکوسیستم متاورس در مراقبت‌های بهداشتی، چندین عامل حائز اهمیت است؛ این موارد شامل نیاز به نوآوری مداوم فناوری‌ها برای اصلاح و گسترش قابلیت‌های متاورس، نیاز به نظارتی قوی برای اطمینان از امنیت داده‌ها و موارد استفاده اخلاقی، و اجرای ساختارهای حاکمیتی مناسب برای هدایت این چشم‌انداز دیجیتالی در حال تکامل است (Mozumder et al., 2022).

ژو (۲۰۲۲) اکوسیستم آموزش را در متاورس بررسی کرد. این مطالعه با تحلیل روند توسعه آموزش هوشمند و مکانیسم متاورس آموزشی، اکوسیستم آموزش هوشمندی طراحی کرد که سه سناریوی ارکستراسیون و تعامل منابع، ترکیب واقعیت مجازی، و پرسشگری در فضای همه‌جانبه توسعه داده شده را دربرمی‌گیرد. در نهایت، اکوسیستم آموزش هوشمند با ادغام چهار اکولوژی منابع، تعامل، فضا، و همکاری ایجاد شده که از طریق روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) ارزش کاربرد آن تأیید شده است (Zhou, 2022).

خان و همکاران به بررسی تحقق اکوسیستم متاورس برای توسعه کاربرد آن پرداختند و نتیجه گرفتند متاورس از مرزهای سنتی مکان و زمان فراتر می‌رود و پارادایم‌های جدیدی از تعامل اجتماعی، تجارت و سرگرمی را به وجود می‌آورد. این تغییر به‌سمت دنیای مجازی مستلزم ارزیابی چارچوب‌های نظارتی و ملاحظات اخلاقی پیرامون مالکیت دیجیتال، حریم خصوصی و امنیت است. پژوهش آنان، نقطه شروعی برای کاوش عمیق‌تر در پیچیدگی‌های فناوری اکوسیستم است که جنبه‌های حیاتی اکوسیستم متاورس و نقش محوری آن در ایجاد امکان توسعه برنامه‌های کاربردی قوی در این قلمرو دیجیتالی همه‌جانبه را بررسی می‌کند (Khan et al., 2024). پژوهش‌های پیشین درباره متاورس عمدتاً بر بررسی کاربردهای خاص یا بخش‌های جداگانه‌ای از این قلمرو دیجیتال تمرکز داشته‌اند و از تحلیل جامع اکوسیستم متاورس به‌عنوان شبکه‌ای یکپارچه و پیچیده غافل بوده‌اند.

به‌طور مثال، پژوهش لی و همکاران بر اکوسیستم مراقبت‌های بهداشتی در متاورس متمرکز بوده و چالش‌ها و فرصت‌های این حوزه



خاص را بررسی کرده است، اما تعاملات فناوری‌های مختلف در اکوسیستم متاورس به صورت کلی تحلیل نشده‌اند (Li et al., 2024). ژو نیز به طراحی اکوسیستم آموزش در متاورس پرداخته است، اما فقط به سناریوهای آموزشی و مکانیسم‌های مرتبط با آن توجه کرده و دیدگاه مدولار برای تحلیل اکوسیستم به طور جامع مدنظر قرار نگرفته است (Zhou, 2022).

در نتیجه، شکاف اصلی در مطالعات پیشین را می‌توان در نبود تحلیلی جامع از اکوسیستم متاورس، به‌ویژه در بستر ایران، دانست؛ تحلیلی که بتواند فراتر از توصیف فناوری، چالش‌های خاص این اکوسیستم و عوامل اثرگذار بر پایه‌سازی آن را به صورت یکپارچه تبیین کند. از این رو، پژوهش حاضر در پی آن است که با بررسی اکوسیستم متاورس در ایران، هم چالش‌های ویژه پیش روی این اکوسیستم را شناسایی کند و هم عوامل مؤثر بر شکل‌گیری و پایه‌سازی آن را در بستر تعامل میان اجزای مختلف اکوسیستم تحلیل کند.

مفهوم مدولاریتی در اکوسیستم متاورس

در سال‌های اخیر، مفهوم مدولاریتی به عنوان یکی از رویکردهای اصلی در طراحی و تحلیل سیستم‌های پیچیده و نوآورانه مطرح شده است. براساس دیدگاه‌های برخی پژوهشگران (Baldwin & Clark, 1997; Sanchez & Mahoney, 1996; Bammens et al., 2025)، استفاده از رابط‌های استاندارد میان ماژول‌ها این امکان را فراهم می‌کند که بخش‌های مختلف یک سیستم به صورت همزمان و موازی توسعه یابند. به بیان دیگر، هر ماژول می‌تواند مستقل از سایر اجزا توسعه یابد و سپس از طریق اینترفیس‌های تعریف‌شده با دیگر بخش‌ها ارتباط برقرار کند. این ویژگی نه تنها سرعت توسعه را افزایش می‌دهد، بلکه زمینه را برای نوآوری باز و مشارکت همزمان بازیگران مختلف نیز فراهم می‌کند. از این منظر، شرکت‌ها، توسعه‌دهندگان و تیم‌های مختلف می‌توانند به طور مستقل روی اجزای متفاوت سیستم کار کنند و در نهایت، خروجی‌های خود را در یک چارچوب کلی ادغام نمایند.

بالدوین و کلارک (۱۹۹۷) در مدل‌سازی فرایند طراحی نشان می‌دهند که ساختار مدولار موجب کاهش پیچیدگی، افزایش قابلیت آزمایش و بهبود سرعت توسعه محصول می‌شود. به زعم آنان، تقسیم یک سیستم پیچیده به ماژول‌های مستقل این امکان را فراهم می‌سازد که هر ماژول جداگانه بهینه‌سازی و آزمون شود. با این حال، دستیابی به مزایای کامل مدولاریتی مستلزم سرمایه‌گذاری در دانش فنی، تعریف دقیق اینترفیس‌ها و طراحی معماری مناسب است (Sosa et al., 2005). بنابراین، مدولاریتی صرفاً به معنای تجزیه سیستم به اجزای کوچک‌تر نیست، بلکه مستلزم وجود منطق معماری مشخص و قواعد تعامل میان اجزاست. در غیر این صورت، وابستگی‌های زیاد میان

ماژول‌ها می‌تواند استقلال آنها را کاهش دهد و مانع تحقق نوآوری موازی شود. در اکوسیستم‌های دیجیتال و پلتفرمی، این مسئله اهمیت بیشتری می‌یابد، زیرا چنین اکوسیستم‌هایی معمولاً ترکیبی از اجزای مستقل و بخش‌هایی با وابستگی متقابل بالا هستند (Mozheiko, 2024). متاورس نیز به عنوان اکوسیستم دیجیتال پیچیده و ابرپلتفرم چندلایه، از همین منطق پیروی می‌کند. در این اکوسیستم، لایه‌های زیرساختی، نرم‌افزاری، محتوایی، خدماتی، اقتصادی و نهادی را می‌توان ماژول‌هایی متمایز تلقی کرد؛ اما در عین حال، کارکرد آنها به شدت به تعامل با دیگر اجزا وابسته است. همان گونه که آندر و کاپور (Adner & Kapoor, 2010) اشاره می‌کنند، موفقیت یک نوآوری یا پلتفرم نه تنها به بلوغ هسته فناوری، بلکه به توانایی اجزای مکمل در حل مسائل خود و برقراری تعامل مؤثر با پلتفرم نیز بستگی دارد. بر این اساس، در متاورس نیز صرف وجود ماژول‌های مستقل برای موفقیت اکوسیستم کافی نیست، بلکه هماهنگی میان اجزای مکمل و رفع موانع تعاملی، شرط اساسی خلق ارزش و پایداری اکوسیستم به شمار می‌رود (Schöbel & Leimeister, 2023). متاورس در ایران نه به عنوان یک فناوری منفرد، بلکه به مثابه مجموعه‌ای از اجزای به هم پیوسته شامل زیرساخت‌های ارتباطی، پلتفرم‌های نرم‌افزاری، تجهیزات تعاملی، نهادهای تنظیم‌گر، نظام‌های پرداخت و کاربران قابل تحلیل است. از منظر رویکرد پودمانی، هرچه مرزهای این اجزا روشن‌تر، رابط‌های آنها استانداردتر و الگوی تعاملشان منسجم‌تر باشد، امکان توسعه تدریجی و مشارکت بازیگران مختلف در پایه‌سازی اکوسیستم متاورس افزایش خواهد یافت (Wang et al., 2022). این مورد در اکوسیستم متاورس ایران نیز قابل تصور است؛ جایی که برخی مؤلفه‌ها، به دلیل محدودیت‌های زیرساختی، ضعف استانداردسازی، خلأهای نهادی یا ناهماهنگی میان بازیگران، ممکن است از منطق مدولار فاصله بگیرند. از این رو، تحلیل مدولار اکوسیستم متاورس در ایران نه تنها به شناسایی اجزای مستقل و قابل تفکیک کمک می‌کند، بلکه امکان تشخیص گره‌ها، وابستگی‌ها و موانعی را نیز فراهم می‌آورد که بر پایه‌سازی و توسعه این اکوسیستم اثرگذارند.

شناخت وضع ایران

متاورس در ایران که فناوری نوظهوری است، با فرصت‌ها و چالش‌هایی همراه است. توجه به آن پس از تغییر نام فیسبوک به «متا» افزایش یافت، اما به تدریج کاهش پیدا کرد. این موضوع میان فعالان اقتصادی، علاقه‌مندان فناوری و منتقدان اجتماعی مورد بحث است؛ برخی بر فرصت‌های سرمایه‌گذاری تأکید دارند و برخی نگران مسائلی مانند استعمار دیجیتال، سوءاستفاده از داده‌ها، سانسور و نظارت‌اند. همچنین محدودیت زیرساخت‌هایی مانند اینترنت پرسرعت و تجهیزات پیشرفته از موانع گسترش آن در ایران به شمار می‌رود

(Sabzali et al., 2024).

۲. اکوسیستم هوش مصنوعی

بر اساس دو گزارش راهبردی جدید و منابع علمی منتشرشده، اکوسیستم هوش مصنوعی در ایران در سال‌های اخیر با رشد چشمگیری در تولید علم و آموزش عالی همراه بوده است، اما این پیشرفت علمی هنوز به همان نسبت به توسعه کاربردی و تجاری این فناوری منجر نشده و از این حیث، اکوسیستم هوش مصنوعی کشور با نوعی عدم توازن میان ظرفیت علمی و ظرفیت بهره‌برداری اقتصادی و فناوریانه مواجه است. ایران براساس رتبه‌بندی‌های بین‌المللی، از جمله سایماگو، در برخی شاخه‌های تخصصی همچون شبکه‌های عصبی در جایگاه ششم و در مجموع حوزه هوش مصنوعی در رتبه پانزدهم جهان قرار دارد که این امر نشان‌دهنده جایگاه مناسب کشور در تولید مقالات علمی، فعالیتهای پژوهشی و توسعه دانش نظری در این حوزه است. دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی فعال، محور اصلی گسترش دانش هوش مصنوعی در کشور به شمار می‌آیند و تعداد زیادی از دانشجویان در مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری در گرایش‌های مرتبط با هوش مصنوعی مشغول تحصیل اند^۱. این وضعیت نشان می‌دهد که ایران از منظر تربیت نیروی انسانی متخصص و انباشت دانش علمی، از ظرفیت درخور توجهی برای ایفای نقش در زیست‌بوم جهانی هوش مصنوعی برخوردار است.

با این حال، زمانی که از سطح تولید علم به سطح کاربرد، نوآوری و بازار حرکت می‌کنیم، ضعف‌های ساختاری اکوسیستم هوش مصنوعی ایران آشکارتر می‌شود. این اکوسیستم از منظر زیرساخت‌های فنی، سرمایه‌گذاری دولتی و خصوصی، و همچنین ایجاد فرصت‌های شغلی برای فارغ‌التحصیلان، در وضعیت مطلوبی قرار ندارد. آمارها نشان می‌دهد که سهم شرکت‌های دانش‌بنیان کوچک و متوسط از بازار هوش مصنوعی ایران در مقایسه با ظرفیتهای بالقوه موجود بسیار محدود است و حجم سرمایه‌گذاری واقعی در این حوزه، اعم از تسهیلات، وام‌ها و حمایت‌های مالی، فاصله معناداری با نیازهای توسعه‌ای کشور دارد. علاوه بر این، نبود زیرساخت‌های پردازشی قدرتمند، از جمله دسترسی محدود به سخت‌افزارهای پیشرفته و توان محاسباتی بالا، کمبود داده‌های باز، استاندارد و یکپارچه، ضعف در ارتباطات میان دانشگاه و صنعت، و نیز کمبود حمایت‌های قانونی و انگیزشی برای حفظ نخبگان و جلوگیری از مهاجرت آنان، از جمله موانع مهم پیش روی توسعه این اکوسیستم به‌شمار می‌آیند^۲. در چنین شرایطی، حتی با وجود سرمایه انسانی مناسب و دستاوردهای علمی قابل توجه، فرایند تبدیل دانش به محصول، خدمت و کسب‌وکار دانش‌بنیان به‌خوبی شکل نگرفته و بخش مهمی از ظرفیتهای

متاورس در ایران می‌تواند فرصت‌هایی مانند تبادل فرهنگی، دسترسی به آموزش جهانی و حضور در بازارهای بین‌المللی ایجاد کند و بستری برای خلاقیت و تعامل اجتماعی باشد. با این حال، توسعه آن مستلزم سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها، قوانین حمایتی و افزایش آگاهی عمومی است. آینده متاورس در ایران به نحوه برخورد دولت، کاربران و فعالان اجتماعی با این فناوری بستگی دارد و چالش‌هایی مانند زیرساخت، امنیت اطلاعات و پذیرش عمومی همچنان مطرح است (Moeini, Preprint). اکوسیستم متاورس در ایران هنوز در مرحله ابتدایی است و به‌صورت گسترده و عملیاتی شکل نگرفته است. تلاش‌های انجام‌شده بیشتر محدود و آزمایشی بوده و کمبود اینترنت پرسرعت، شبکه 5G، تجهیزات پیشرفته، تحریم‌ها و نبود قوانین شفاف از مهم‌ترین موانع توسعه آن هستند. با این حال، برخی فعالان فناوری و اقتصادی همچنان در حال بررسی ظرفیتهای متاورس در حوزه‌هایی مانند آموزش، تجارت الکترونیک و تبادل فرهنگی اند.

۱. اکوسیستم دنیای آینده

اکوسیستم دنیای آینده در ایران هنوز در مراحل ابتدایی است و به ساختار کامل و پیشرفته‌ای نرسیده است. تحقق این فضا به فناوری‌هایی مانند اینترنت اشیا، داده‌های مکانی، واقعیت افزوده و پردازش ابری وابسته است (Kim et al., 2023). هرچند در ایران پیشرفت‌هایی در حوزه‌هایی مانند اینترنت اشیا، نقشه‌های بومی و برخی کاربردهای واقعیت افزوده دیده می‌شود، این اقدامات هنوز پراکنده و پروژه‌محورند و به شکل‌گیری یک اکوسیستم منسجم منجر نشده‌اند.

یکی از چالش‌های اصلی، ضعف زیرساخت‌های یکپارچه برای داده‌های مکانی، نقشه‌برداری دقیق و شبیه‌سازی سه‌بعدی است. خدماتی مانند «نشان» و «بلد» نیز با وجود پیشرفت، همچنان با نمونه‌های جهانی فاصله دارند. از سوی دیگر، دنیای آینده در ایران فقط بعد فناوریانه ندارد و می‌توان آن را از منظر فرهنگی و اجتماعی نیز بررسی کرد؛ به‌ویژه جایی که بازنمایی‌های فرهنگی و هنری به نوعی نقش «بازتاب» جهان واقعی را ایفا می‌کنند.

در مجموع، دنیای آینده در ایران فعلاً بیشتر در قالب پروژه‌های کوچک، پراکنده و گاه مفهومی دیده می‌شود. توسعه آن مستلزم سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها، استانداردسازی داده‌های مکانی، تقویت مهارت‌های تخصصی، رفع موانع قانونی و گسترش همکاری میان دانشگاه‌ها، شرکت‌ها و نهادهای دولتی است. همچنین توجه هم‌زمان به ابعاد فرهنگی و اجتماعی می‌تواند به شکل‌گیری اکوسیستمی پایدارتر کمک کند (Saeidi & Vafa, 2019).

1. <https://icss.ac.ir/wp-content/uploads/2024/12/Iran-AI-Index-2024-5.pdf>.
2. <https://icss.ac.ir/wp-content/uploads/2024/12/Iran-AI-Index-2024-5.pdf>.

موجود در مرحله پژوهش یا نمونه‌های اولیه باقی می‌ماند.

در حال حاضر، استفاده از هوش مصنوعی در ایران بیشتر در قالب پروژه‌های پژوهشی دانشگاهی، برخی کاربردهای صنعتی، و نمونه‌هایی محدود در حوزه‌های سلامت، بانکداری و حمل‌ونقل هوشمند مشاهده می‌شود. در بخش صنعت نیز برخی کاربردها در زمینه رباتیک، بینایی ماشین، پردازش زبان طبیعی، سامانه‌های خبره و تحلیل داده مورد توجه قرار گرفته‌اند، اما این کاربردها هنوز به شکل گسترده و نظام‌مند در اقتصاد و خدمات عمومی کشور نهادینه نشده‌اند. این وضعیت نشان می‌دهد که اکوسیستم هوش مصنوعی ایران در مرحله‌ای قرار دارد که از یک سو توان علمی و دانشی لازم برای جهش را در اختیار دارد، اما از سوی دیگر، به دلیل ضعف در زنجیره تجاری‌سازی و کمبود سازوکارهای حمایتی، هنوز نتوانسته است به یک اکوسیستم پویا، رقابتی و پایدار تبدیل شود. از این منظر، توسعه لایه‌های عمیق‌تر هوش مصنوعی و شکل‌گیری محصولات تجاری موفق در این حوزه، مستلزم حمایت هدفمندتر دولت، ایجاد صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک، تسهیل دسترسی شرکتها و پژوهشگران به منابع پردازشی و داده‌ای، و نیز حمایت ویژه از استارت‌آپها و کسب‌وکارهای نوآور است (Atwood, 2025). در مجموع، می‌توان گفت که ایران از لحاظ تولید علم و آموزش نیروی انسانی در حوزه هوش مصنوعی جایگاه قابل قبولی دارد، اما تا تحقق یک اکوسیستم پویا و رقابتی در سطح جهانی فاصله زیادی باقی مانده است. پر کردن این فاصله مستلزم آن است که سیاست‌گذاری در این حوزه صرفاً بر توسعه آموزشی و پژوهشی متمرکز نماند، بلکه به صورت هم‌زمان بر تقویت زیرساخت‌های فنی، افزایش سرمایه‌گذاری، تدوین سیاست‌ها و حمایت‌های قانونی اثربخش، و ایجاد پیوندهای قوی‌تر میان دانشگاه، صنعت و بازار نیز تمرکز کند. تنها در این صورت است که می‌توان انتظار داشت اکوسیستم هوش مصنوعی ایران از مرحله انباشت دانش و توان علمی عبور کند و به مرحله خلق ارزش اقتصادی، نوآوری صنعتی و رقابت‌پذیری بین‌المللی وارد شود.

۳. اکوسیستم اینترنت اشیا

اکوسیستم اینترنت اشیا در ایران در سال‌های اخیر به‌طور جدی مورد توجه سیاست‌گذاران، پژوهشگران و شرکت‌های دانش‌بنیان قرار گرفته و به یکی از محورهای مهم تحول دیجیتال کشور تبدیل شده است. این فناوری در حوزه‌هایی مانند شهر هوشمند، صنعت، حمل‌ونقل، سلامت، انرژی و کشاورزی ظرفیت بالایی برای خلق ارزش دارد و به‌ویژه در بخش انرژی می‌تواند یکی از پیشران‌های اصلی توسعه باشد (Fallah et al., 2021; Mohseni Kiasari & Fartash, 2022). با وجود این، اکوسیستم IoT در ایران هنوز به بلوغ نرسیده و بسیاری از فعالیت‌ها به صورت

محدود، آزمایشی و پراکنده انجام می‌شوند. ضعف زیرساخت‌های ارتباطی، نبود استانداردهای یکپارچه، ابهام‌های قانونی، مسائل امنیت و حریم خصوصی، کمبود سرمایه‌گذاری و محدودیت تعاملات بین‌المللی از مهم‌ترین موانع توسعه این حوزه هستند (Mohseni Kiasari & Fartash, 2023). در مجموع، توسعه مؤثر اینترنت اشیا در ایران مستلزم راهبرد ملی یکپارچه، سرمایه‌گذاری هدفمند، تقویت زیرساخت‌های فنی و داده‌ای، آموزش نیروی متخصص و گسترش همکاری میان دولت، بخش خصوصی و دانشگاه‌هاست. تحقق این الزامات می‌تواند اینترنت اشیا را از سطح پروژه‌های پراکنده به یک اکوسیستم راهبردی و اثرگذار ارتقا دهد (Fallah et al., 2021; Sadeghizadeh, Markazi, & Shavvalpour, 2022).

۴. اکوسیستم بلاک‌چین

اکوسیستم بلاک‌چین در ایران با وجود ظرفیت‌هایی مانند متمرکززدایی، شفافیت و امنیت داده‌ها، هنوز در مرحله اولیه توسعه قرار دارد و به اکوسیستم بالغ و منسجمی تبدیل نشده است. این فناوری در حوزه‌هایی مانند رمزارزها، احراز هویت دیجیتال، زنجیره تأمین و قراردادهای هوشمند مورد توجه قرار گرفته و برخی استارت‌آپها و سازمان‌ها نیز از آن برای بهبود شفافیت و خدمات دیجیتال استفاده می‌کنند (Dong et al., 2023).

با این حال، نبود قوانین و چارچوب‌های نظارتی شفاف، محدودیت‌های ناشی از تحریم‌ها، ضعف زیرساخت‌ها و پراکندگی بازیگران باعث شده که ظرفیت‌های بلاک‌چین به‌طور کامل محقق نشود. در نتیجه، توسعه این اکوسیستم مستلزم سیاست‌گذاری روشن، سرمایه‌گذاری در آموزش و زیرساخت‌ها، و همکاری مؤثر میان دولت، بخش خصوصی و نهادهای علمی است تا بلاک‌چین بتواند به بخشی اثرگذار در تحول دیجیتال کشور تبدیل شود.

۵. اکوسیستم واقعیت گسترده

اکوسیستم واقعیت گسترده (AR) در ایران به‌عنوان یک فناوری نوظهور در حال رشد است و با ترکیب دنیای واقعی و داده‌های دیجیتال می‌تواند تجربه‌ای تعاملی‌تر برای کاربران ایجاد کند (Dargan et al., 2023). با این حال، این فناوری هنوز به‌صورت پراکنده و محدود به کار گرفته می‌شود و به یک اکوسیستم بالغ و یکپارچه تبدیل نشده است. در حال حاضر، مهم‌ترین کاربردهای آن در حوزه‌هایی مانند ارتباطات، روابط عمومی الکترونیکی، بازاریابی دیجیتال و تبلیغات مشاهده می‌شود و استفاده از ابزارهای تعاملی و پوشیدنی به بهبود تجربه مشتری کمک کرده است (Sashi, 2021). با وجود این، چالش‌هایی مانند کمبود زیرساخت‌های فنی، هزینه‌های بالا، پایین بودن آگاهی عمومی و کمبود نیروی متخصص، توسعه این فناوری

ذخیره‌سازی داده است که امکان تعامل هم‌زمان و پایدار کاربران را فراهم می‌کند و پیش‌نیاز اساسی توسعهٔ متاورس محسوب می‌شود (Ali et al., 2023).

در ایران، با وجود بهبود نسبی اینترنت همراه و توسعهٔ مراکز داده، زیرساخت‌ها همچنان با استانداردهای لازم برای پشتیبانی از خدمات پیشرفتهٔ متاورس فاصله دارند. محدودیت سرعت و پایداری اینترنت، کمبود پهنای باند، ظرفیت ناکافی مراکز داده و دسترسی محدود به سخت‌افزارهای پیشرفته از مهم‌ترین چالش‌ها هستند. همچنین توسعهٔ فناوری‌هایی مانند 5G، رایانش لبه‌ای و زیرساخت‌های ابری توزیع‌شده هنوز در مراحل ابتدایی قرار دارد.

در نتیجه، ضعف زیرساخت شبکه می‌تواند به گلوگاه اصلی توسعهٔ متاورس در ایران تبدیل شود و سرمایه‌گذاری در اینترنت پرسرعت، مراکز داده و فناوری‌های ارتباطی پیشرفته برای شکل‌گیری این اکوسیستم ضروری است (Soofi & Ghazinoory, 2011).

بحث

تحلیل وضعیت شاخه‌های هفت‌گانهٔ درخت فناوری متاورس در ایران (شکل ۱)، فراتر از یک توصیف ساده، نشان‌دهندهٔ الگوهای رفتاری خاص و چالش‌های ساختاری مشترکی است که کلیت این اکوسیستم را تحت تأثیر قرار داده‌اند. با تلفیق یافته‌ها، می‌توان سه الگوی کلیدی را در مسیر توسعهٔ متاورس در ایران استخراج کرد:

۱. شکاف ساختاری میان «توانمندی نرم‌افزاری» و «زیرساخت سخت‌افزاری» (عدم تقارن ماژولار)

یکی از الگوهای بارز در اکوسیستم متاورس ایران، پیشرفت نامتوازن ماژول‌های نرم‌افزارمحور در مقابل ماژول‌های سخت‌افزارمحور است. درحالی‌که شاخه‌های **هوش مصنوعی** و **بلاک‌چین** به‌دلیل تکیه بر دانش فنی و سرمایه‌انسانی در وضعیت بلوغ نسبی قرار دارند، شاخه‌هایی چون **واقعیت گسترده (XR)** و **زیرساخت شبکه** با بن‌بست مواجه‌اند. این یافته نشان می‌دهد که پتانسیل بالای ایران در حوزه‌های پردازش زبان طبیعی و قراردادهای هوشمند، به‌دلیل ضعف در تأمین تجهیزات پیشرفته (مانند هدست‌های VR/AR) و تأخیر در پیاده‌سازی نسل پنجم شبکه (5G)، نمی‌تواند به تجربهٔ متاورس کامل تبدیل شود. در واقع، «مدولاریت» اکوسیستم ایران دچار نوعی گسیختگی است که در آن اجزای هوشمند آماده تعامل هستند، اما بستر انتقال داده و رابط کاربری، ظرفیت پذیرش این حجم از نوآوری را ندارد.

۲. اثر گلوگاهی زیرساخت بر پیوستگی اکوسیستم

تحلیل شاخه‌های اینترنت اشیا، دنیای آینه‌ای و زیرساخت شبکه نشان‌دهندهٔ وابستگی خطی و بحرانی است. پیشرفت محدود در

را محدود کرده است. درعین حال، واقعیت گسترده ظرفیت‌های قابل توجهی در حوزه‌هایی مانند گردشگری، موزه‌ها، آموزش و درمان دارد و می‌تواند کیفیت تجربهٔ کاربری و خدمات را ارتقا دهد (Kamińska et al., 2021; Santi et al., 2023). توسعهٔ این اکوسیستم در ایران مستلزم سیاست‌های حمایتی، سرمایه‌گذاری در زیرساخت و آموزش، و همکاری میان دولت، بخش خصوصی و نهادهای آموزشی است.

۶. اکوسیستم ثبت زندگی در ایران

اکوسیستم ثبت زندگی (Lifeloggging) به فرایند ثبت، ذخیره و تحلیل داده‌های روزمرهٔ افراد از طریق ابزارهای دیجیتال، به‌ویژه ابزارهای پوشیدنی و تلفن‌های هوشمند، اشاره دارد (Ribeiro et al., 2022). این داده‌ها می‌توانند شامل اطلاعات مربوط به فعالیت‌های روزانه، وضعیت سلامت، موقعیت مکانی و تعاملات دیجیتال باشند و در بسیاری از کشورها به‌عنوان یکی از اجزای مهم تحول سلامت دیجیتال و سبک زندگی داده‌محور شناخته می‌شوند. با این حال، این حوزه در ایران هنوز در مراحل بسیار ابتدایی قرار دارد و عملاً نمی‌توان از شکل‌گیری یک اکوسیستم منسجم در این زمینه سخن گفت. مهم‌ترین دلیل این وضعیت را می‌توان در محدودیت دسترسی به ابزارهای پوشیدنی، هزینهٔ نسبتاً بالای تجهیزات مرتبط، و نبود پلتفرم‌های بومی توسعه‌یافته برای تحلیل و مدیریت داده‌های شخصی دانست. علاوه‌براین، نبود چارچوب‌های حقوقی و اخلاقی مشخص برای حفاظت از داده‌های شخصی نیز یکی از موانع مهم در مسیر توسعهٔ این حوزه به شمار می‌آید، زیرا ثبت مداوم داده‌های فردی بدون وجود سازوکارهای شفاف برای حریم خصوصی می‌تواند نگرانی‌های اجتماعی و نهادی ایجاد کند. از سوی دیگر، سطح آگاهی عمومی نسبت به کاربردها و مزایای فناوری‌های ثبت زندگی در ایران پایین است و همین امر موجب شده که تقاضای قابل توجهی برای این خدمات شکل نگیرد.

در حال حاضر، بخشی از داده‌های مرتبط با سبک زندگی افراد به‌صورت غیررسمی از طریق تلفن‌های هوشمند، اپلیکیشن‌های سلامت و شبکه‌های اجتماعی ثبت می‌شود، اما این امر با مفهوم پیشرفته ثبت زندگی که مبتنی بر تحلیل یکپارچه و پیوستهٔ داده‌های فردی است فاصله دارد. از این رو، می‌توان گفت که ثبت زندگی در ایران هنوز بیشتر در سطح ظرفیت بالقوه قرار دارد و برای تبدیل شدن به یک اکوسیستم واقعی، نیازمند توسعهٔ زیرساخت‌های فناوریانه، تدوین مقررات مرتبط با داده‌های شخصی و افزایش آگاهی عمومی نسبت به کاربردهای آن است.

۷. اکوسیستم زیرساخت شبکه

اکوسیستم زیرساخت شبکه در متاورس شامل شبکه‌های ارتباطی پرسرعت، مراکز داده، رایانش ابری، توان پردازشی گرافیکی و

ماشین‌بینایی و دوقلوهای دیجیتال در ایران، صرفاً یک ضعف تکنولوژیک در آن شاخه نیست، بلکه ریشه در ضعف زیرساخت‌های شبکه‌های نرم‌افزارمحور و پهنای باند دارد. تا زمانی که شاخه «زیرساخت شبکه» به‌عنوان ستون فقرات اکوسیستم ارتقا نیابد، ماژول‌های «اینترنت اشیا» و «دنیای آینده‌ای» در مرحله نیمه‌صنعتی باقی خواهند ماند. این الگوی وابستگی نشان می‌دهد که چالش متاورس در ایران، نه کمبود فناوری‌های منفرد، بلکه «عدم یکپارچگی سیستمی» به‌دلیل وجود گلوگاه‌های سخت‌افزاری است.

۳. چالش «ماژول‌های نرم»: شکاف قانونی و فرهنگی

یافته‌ها نشان می‌دهد که شاخه‌های ثبت زندگی و بلاک‌چین، به‌رغم ماهیت متفاوت، در چالش ساختاری مشترکی سهیم‌اند: «خلأ تنظیم‌گری و امنیت روانی». در شاخه ثبت زندگی، نگرانی از حریم خصوصی و در بلاک‌چین، نبود چارچوب قانونی شفاف، مانع از تبدیل شدن این فناوری‌ها به ابزارهای اقتصادی و اجتماعی پایدار شده است. این الگوی مشترک نشان می‌دهد که اکوسیستم متاورس در ایران بیش از آنکه با چالش‌های صرفاً فنی روبه‌رو باشد، با موانع «نهادی» دست به گریبان است. عدم شفافیت در حکمرانی داده‌ها، به نوعی «احتیاط فناوریانه» منجر شده که سرعت تجاری‌سازی نوآوری‌ها را در این دو شاخه کلیدی کاهش داده است.

در مجموع، اکوسیستم متاورس در ایران وضعیتی «نامتقارن» دارد. الگوی کلی حاکم بر این درخت فناوری نشان می‌دهد که ایران در لایه‌های «مغزافزاری» (هوش مصنوعی و منطق بلاک‌چین) گام‌های بلندی برداشته، اما در لایه‌های «پیکرافزاری» (شبکه و تجهیزات پوشیدنی) و «نهادافزاری» (قوانین و فرهنگ‌سازی) دچار ضعف جدی است. این عدم توازن باعث شده تا قطعات مختلف پازل متاورس در ایران به‌صورت مجزا وجود داشته باشند، اما امکان اتصال مدولار و هم‌افزا برای شکل‌دهی به یک دنیای مجازی پایدار فراهم نشود. بنابراین، برای حرکت به‌سمت یک اکوسیستم منسجم، اولویت سیاست‌گذاری باید از حمایت صرف از استارت‌آپ‌های نرم‌افزاری به‌سمت «توسعه زیرساخت‌های ارتباطی» و «تدوین چارچوب‌های حقوقی هوشمند» تغییر یابد.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که توسعه اکوسیستم متاورس در ایران بیش از آنکه به مانع‌های فنی منفرد وابسته باشد، درگیر مجموعه‌ای از چالش‌های ساختاری، زیرساختی و نهادی است که به‌صورت هم‌زمان بر مسیر پیشرفت آن اثر می‌گذارند. ضعف زیرساخت‌های ارتباطی و پردازشی کشور - اعم از کیفیت اینترنت، محدودیت پهنای باند، دسترسی ناکافی به شبکه‌های نسل جدید و

کمبود تجهیزات و مراکز داده قدرتمند - مهم‌ترین عاملی است که مانع شکل‌گیری تجربه‌های تعاملی و بی‌درنگ مورد نیاز محیط‌های متاورسی می‌شود. این محدودیت‌ها در کنار نبود چارچوب‌های حقوقی شفاف برای مدیریت داده‌ها، مالکیت دارایی‌های دیجیتال، خدمات مبتنی بر بلاک‌چین و اقتصاد توکنی، محیطی سرشار از عدم قطعیت را برای کاربران، کسب‌وکارها و سرمایه‌گذاران ایجاد کرده است و مانع شکل‌گیری یک زیست‌بوم فعال و پایدار می‌شود. ازسوی دیگر، کمبود سرمایه‌گذاری هدفمند در حوزه تحقیق و توسعه، ضعف حمایت مالی از نوآوری‌های مرتبط با متاورس، و کمبود نیروی انسانی متخصص - که بخشی از آن ناشی از مهاجرت و بخشی ناشی از نبود برنامه‌های مهارت‌آموزی در حوزه‌های طراحی سه‌بعدی، هوش مصنوعی و توسعه تجربه‌های تعاملی است - به شکل‌گیری شکاف قابل توجهی میان توان بالقوه و توان بالفعل کشور منجر شده است. این چالش‌ها زمانی پیچیده‌تر می‌شوند که موانع فرهنگی، سطح پایین اعتماد عمومی و نگرانی‌های مربوط به امنیت داده‌ها و حریم خصوصی نیز به آن افزوده می‌شود و روند پذیرش اجتماعی متاورس را کند می‌کند.

مجموع این عوامل نشان می‌دهد که توسعه متاورس در ایران نه چالشی صرفاً فناوریانه، بلکه پروژه‌ای چندبعدی است که تنها با هم‌افزایی سه حوزه کلیدی - زیرساخت، تنظیم‌گری و سرمایه‌انسانی - قابل تحقق خواهد بود. بنابراین، سیاست‌گذاری در این حوزه باید بر نوسازی و تقویت زیرساخت‌های ارتباطی و پردازشی، تدوین قوانین جامع و هوشمند برای حکمرانی داده و اقتصاد دیجیتال، گسترش سرمایه‌گذاری دولتی و خصوصی در حوزه‌های فناوریانه، و ارتقای آموزش و سواد دیجیتال متمرکز باشد. چنین رویکردی می‌تواند زمینه لازم برای کاهش عدم قطعیت‌ها، افزایش اعتماد عمومی و شکل‌گیری یک اکوسیستم پویا و رقابت‌پذیر را فراهم کند.

در کنار این الزامات، مسیر پژوهش‌های آینده نیز باید به‌سمت تحلیل عمیق پیامدهای اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی متاورس در ایران حرکت کند، ظرفیت‌های بومی و مزیت‌های فناوریانه کشور را ارزیابی کند و امکان‌سنجی همکاری‌های داخلی و بین‌المللی را بررسی کند. همچنین رفع محدودیت‌های پژوهشی - به‌ویژه نبود داده‌های قابل اتکا، کمبود بودجه پژوهشی، و دشواری دسترسی به جامعه آماری تخصصی - مستلزم اقداماتی در سطح کلان و هماهنگ میان نهادهای دولتی، آموزشی و خصوصی است. در مجموع، آینده متاورس در ایران وابسته به اتخاذ رویکردی منسجم و چندسطحی است؛ رویکردی که بتواند هم‌زمان زیرساخت‌ها را تقویت کند، قوانین را شفاف سازد، سرمایه‌انسانی را پرورش دهد و نگرش جامعه را نسبت به این فناوری شکل دهد. تنها در چنین شرایطی است که ایران قادر خواهد بود از فرصت‌های این فناوری نوظهور بهره‌مند شود و نقش فعالی در شکل‌دهی به زیست‌بوم‌های مجازی آینده ایفا کند.

References

- Adner, R. (2006). Match your innovation strategy to your .innovation ecosystem. *Harvard Business Review*, 84(4), 98
- Adner, R., & Kapoor, R. (2010). Value creation in innovation ecosystems: How the structure of technological interdependence affects firm performance in new technology generations. *Strategic management journal*, 31(3), 306-333.
- Adner, R., Eisenhardt, K., Jacobides, M. G., Kapoor, R., Maritan, C. (2017). What's an ecosystem? Considering boundaries and usefulness of a rising construct. *Academy of Management Annual Meeting Proceedings*, 1(15093).
- Al-Ghaili, A. M., Kasim, H., Al-Hada, N. M., Hassan, Z. B., Othman, M., Tharik, J. H., ... & Shayea, I. (2022). A review of Metaverse's definitions, architecture, applications, challenges, issues, solutions, and future trends. *Ieee Access*, 10, 125835-125866. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3225638>
- Ali, M., Naeem, F., Kaddoum, G., & Hossain, E. (2023). Metaverse communications, networking, security, and applications: Research issues, state-of-the-art, and future directions. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 26(2), 1238-1278. <https://doi.org/10.1109/COMST.2023.3347172>
- Atwood, B. (2025). Artificial intelligence in Iran: National narratives and material realities. *Iranian Studies*, 1-18.
- Baldwin, C. Y., & Clark, K. B. (2006). Modularity in the design of complex engineering systems. In *Complex engineered systems: Science meets technology* (pp. 175-205). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Bale, A. S., Ghorpade, N., Hashim, M. F., Vaishnav, J., & Almaspoor, Z. (2022). A comprehensive study on metaverse and its impacts on humans. *Advances in Human-Computer Interaction*, 2022(1), 3247060-3247071. <https://doi.org/10.1155/2022/3247060>
- Ball, M. (2022). *The metaverse: And how it will revolutionize everything*. New York: Liveright Publishing.
- Bammens, Y., Foss, N. J., & Hünermund, P. (2025). AI Technology and the Problem-Solving Capacity of Innovation Ecosystems. *Available at SSRN 5374223*.
- Coccia, M., & Watts, J. (2020). A theory of the evolution of technology: Technological parasitism and the implications for innovation magement. *Journal of Engineering and Technology Management*, 55, 101552. <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2019.11.003>.
- Coogan, J. (2021). You don't know the Metaverse 2021. Retrieved 2022 August 24, from: <https://www.youtube.com/watch?v=QvZSDC9rWo>
- Dargan, S., Bansal, S., Kumar, M., Mittal, A., & Kumar, K. (2023). Augmented reality: A comprehensive review. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 30(2), 1057-1080. <https://doi.org/10.1007/s11831-022-09831-7>
- Davis, A., Murphy, J., Owens, D., Khazanchi, D., & Zigurs, I. (2009). Avatars, people, and virtual worlds: Foundations for research in Metaverses. *Journal of the association for information systems*, 10(2), 90-117. <https://doi.org/10.17705/1jais.00183>
- Dionisio, J. D. N., Iii, W. G. B., & Gilbert, R. (2013). 3D virtual worlds and the metaverse: Current status and future possibilities. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 45(3), 1-38. <https://doi.org/10.1145/2480741.2480751>
- Dong, S., Abbas, K., Li, M., & Kamruzzaman, J. (2023). Blockchain technology and application: an overview. *PeerJ Computer Science*, 9, e1705. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.1705>
- Fallah, M., Sadeghi, M. E., & Nozari, H. (2021). Quantitative analysis of the applied parts of internet of things technology in Iran: An opportunity for economic leapfrogging through technological development. *Science and technology policy Letters*, 11(4), 45-61. (Persian)
- Ghazinoory, S., Parvin, F., Saghaei, F., Afshari-Mofrad, M., Ghazavi, N., & Fatemi, M. (2025). Metaverse technology tree: A holistic view. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 8, 1545144. <https://doi.org/10.3389/frai.2025.1545144>
- Hall, S. B., & Baier-Lentz, M. (2022). The future of the metaverse will be shaped by these 3 technologies. In *World Economic Forum*.
- Hayter, C.S. (2016). A trajectory of early-stage spinoff success: The role of knowledge intermediaries within an entrepreneurial university ecosystem. *Small Business Economics*, 47(3), 633-656. <https://doi.org/10.1007/s11187-016-9756-3>
- Hodgson, G. M. (2019). Taxonomic definitions in social science, with firms, markets and institutions as case studies. *Journal of Institutional Economics*, 15(2), 207-233. <https://icss.ac.ir/wpcontent/uploads/2024/12/Iran-AI-Index-2024-5.pdf>

- Isenberg, D. J. (2010). How to start an entrepreneurial revolution. *Harvard Business Review*, 88(6), 40-50.
- Jackson, D. J. (2011). What is an innovation ecosystem? *National Science Foundation*, 1(2), 1-13
- Jacobides, M. G., Cennamo, C., & Gawer, A. (2018). Towards a theory of ecosystems. *Strategic Management Journal*, 39(8), 2255-2276. <https://doi.org/10.1002/smj.2904>
- Jafari, Z., Kheradmandnia, S., Rajabi, A., & Mollaei, M. (2025). Artificial intelligence development (3): Presenting an overview of AI development at the global level and in Iran. *Monthly Expert Reports of the Research Center of the Islamic Consultative Assembly*, 32(11), 20404. <https://doi.org/10.22034/report.mrc.2025.1403.32.11.20404>
- Kamińska, D., Zwoliński, G., Laska-Leśniewicz, A., Raposo, R., Vairinhos, M., Pereira, E., ... & Anbarjafari, G. (2023). Augmented reality: Current and new trends in education. *Electronics*, 12(16), 3531. <https://doi.org/10.3390/electronics12163531>
- Kayid, A. (2020). *The role of artificial intelligence in future technology*. Department of Computer Science, The German University in Cairo. Retrieved from: https://www.researchgate.net/profile/Amr-Kayid/publication/342106972_The_role_of_Artificial_Intelligence_in_future_technology/links/5ee257bd92851ce9e7d97e90/The-role-of-Artificial-Intelligence-in-future-technology.pdf
- Khan, R. H., Miah, J., Syeed, M. M., & Uddin, M. F. (2024 March 14-16). Metaverse ecosystem realization for its application development [Paper presentation]. In *16th International Conference on Computer and Automation Engineering (ICCAE)* (pp. 109-113). Melbourne, Australia.
- Kiasari, M. M., & Fartash, K. (2023). Prioritizing policy tools to support development of IoT technologies in Iran. *International Journal of Innovation in Engineering*, 3(2), 53-67. <https://doi.org/10.59615/ijie.3.2.53>
- Kim, K., Norouzi, N., Jo, D., Bruder, G., & Welch, G. F. (2023). The augmented reality internet of things: Opportunities of embodied interactions in transreality. In A. Y. C. Nee, & S. K. Ong (Eds.), *Springer handbook of augmented reality* (pp. 797-829). Cham: Springer International Publishing.
- Lee, L. H., Braud, T., Zhou, P. Y., Wang, L., Xu, D., Lin, Z., ... & Hui, P. (2024). All one needs to know about metaverse: A complete survey on technological singularity, virtual ecosystem, and research agenda. *Foundations and Trends® in Human-Computer Interaction*, 18(2-3), 100-337. <https://doi.org/10.1561/11000000095>
- Li, Y., Gunasekaran, D. V., RaviChandran, N., Tan, T. F., Ong, J. C. L., Thirunavukarasu, A. J., ... & Ting, D. S. (2024). The next generation of healthcare ecosystem in the Metaverse. *Biomedical Journal*, 47(3), 100679. <https://doi.org/10.1016/j.bj.2023.100679>
- Liao, S. (2022 July 18). 'The Metaverse', a leading evangelist shies away from prediction. The Washington Post [Online]. Retrieved 2022 October 2, from: <https://www.washingtonpost.com/video-games/2022/07/18/metaverse-book-matthew-ball-interview/>
- Majumder, S., & Dey, N. (2024). Benefits of the Metaverse for HR. In S. Majumder, & N. Dey (Eds.), *Metaverse for Industry 5.0* (pp. 9-13). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Microsoft Ignite. (2021). Retrieved August 24, 2022, from <https://www.youtube.com/watch?v=PrEcNDGSqY>
- Moeini, F. (Preprint). Metaverse unveiled: Transformative applications, global insights, and future prospects for Iran. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25515.86563>
- Moore, J. F. (1993). Predators and prey: a new ecology of competition. *Harvard Business Review*, 71(3), 75-86.
- Mozheiko, S. (2024). Modularization of Activities in Ecosystems and Business Models. In *Academy of Management Proceedings Proceedings* (Vol. 2024, No. 1, p. 12564). Valhalla, NY 10595: Academy of Management.
- Mozumder, M. A. I., Sheeraz, M. M., Athar, A., Aich, S., & Kim, H. C. (2022 February 13-16). Overview: Technology roadmap of the future trend of metaverse based on IoT, blockchain, AI technique, and medical domain metaverse activity. In *2022 24th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)* (pp. 256-261). Bongpyeong-myeon, Bongpyeong.
- Mystakidis, S. M. (2022). Encyclopedia 2022, 2, 486-497. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia2010031>
- Ribeiro, R., Trifan, A., & Neves, A. J. (2022). Lifelog retrieval from daily digital data: Narrative review. *JMIR Mhealth and Uhealth*, 10(5), e30517. <https://doi.org/10.2196/30517>
- Riva, G., & Wiederhold, B. K. (2022). What the metaverse is (really) and why we need to know about it. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 25(6), 355-359. <https://doi.org/10.1089/cyber.2022.0124>

- Roach, J. (2022). *Mesh for Microsoft teams aims to make collaboration in the 'Metaverse' personal and fun*. Retrieved from: <https://news.microsoft.com/innovation-stories/mesh-for-microsoftteams/>
- Sabzali, M., Darvishi, M., & Moosavand, M. (2024). Metaverse in Iran. *Journal of Cyberspace Studies*, 8(1), 121-144. <https://doi.org/10.22059/jcss.2024.95894>
- Sadeghizadeh, H., Markazi, A. H. D., & Shavvalpour, S. (2022). Investigating the relationship between governance and key processes of the Iran IoT innovation system. *Sensors*, 22(2), 652. <https://doi.org/10.3390/s22020652>
- Saeidi, S., & Vafa, A. (2019). After isolation: Mirrors between parallel worlds and new conceptual spaces of activism in post-revolutionary Iran. *Millennium*, 47(3), 417-443. <https://doi.org/10.1177/030582981984080>
- Sami, H., Hammoud, A., Arafeh, M., Wazze, M., Arisdakessian, S., Chahoud, M., ... & Guizani, M. (2024). The metaverse: Survey, trends, novel pipeline ecosystem & future directions. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 26(4), 2914-2960. <https://doi.org/10.1109/COMST.2024.3392642>
- Sanchez, R., & Mahoney, J. T. (1996). Modularity, flexibility, and knowledge management in product and organization design. *Strategic management journal*, 17(S2), 63-76.
- Santi, G. M., Ceruti, A., Liverani, A., & Osti, F. (2021). Augmented reality in industry 4.0 and future innovation programs. *Technologies*, 9(2), 33. <https://doi.org/10.3390/technologies9020033>
- Sashi, C. M. (2021). Digital communication, value co-creation and customer engagement in business networks: A conceptual matrix and propositions. *European Journal of Marketing*, 55(6), 1643-1663. <https://doi.org/10.1108/EJM-01-2020-0023>
- Scaringella, L., & Radziwon, A. (2018). Innovation, entrepreneurial, knowledge, and business ecosystems: Old wine in new bottles? *Technological Forecasting and Social Change*, 136, 59-87. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.09.023>
- Schöbel, S. M., & Leimeister, J. M. (2023). Metaverse platform ecosystems. *Electronic Markets*, 33(1), 12. <https://doi.org/10.1007/s12525-023-00623-w>
- Shipilov, A., & Gawer, A. (2020). Integrating research on interorganizational networks and ecosystems. *Academy of Management Annals*, 14(1), 92-121. <https://doi.org/10.5465/annals.2018.0121>
- Smart, J., Cascio, J., Paffendorf, J., Bridges, C., Hummel, J., Hursthouse, J., & Moss, R. (2007). A cross-industry public foresight project. *Proc. Metaverse roadmap pathways 3Dweb* (pp. 1-28). Retrieved from: https://web.chungbuk.ac.kr/~kwjeong/lectures/teacher1class_mechanicalteaching/Metaverse RoadmapOverview.pdf
- Soofi, A. S., & Ghazinoory, S. (2011). The network of the Iranian techno-economic system. *Technological Forecasting and Social Change*, 78(4), 591-609.
- Sosa, M. E., Agrawal, A., Eppinger, S. D., & Rowles, C. M. (2005, January). A network approach to define modularity of product components. In *International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference* (Vol. 4742, pp. 435-446).
- Sun, J., Gan, W., Chen, Z., Li, J., & Yu, P. S. (2022). Big data meets metaverse: A survey. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2210.16282>
- Thornhill, J. (2022 July 14). The Metaverse by Matthew Ball-A glimpse of the future. *Financial Times*. Retrieved 2022 October 2, from: <https://www.ft.com/content/2258dda9-af91-46ba-b56b-08c790f1d47b>
- Tsou, M. H., & Mejia, C. (2024). Beyond mapping: Extend the role of cartographers to user interface designers in the Metaverse using virtual reality, augmented reality, and mixed reality. *Cartography and Geographic Information Science*, 51(5), 659-673. <https://doi.org/10.1080/15230406.2023.2264748>
- Wang, H., Ning, H., Lin, Y., Wang, W., Dhelim, S., Farha, F., ... & Daneshmand, M. (2023). A survey on the metaverse: The state-of-the-art, technologies, applications, and challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, 10(16), 14671-14688. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2111.09673>
- Wang, Y., Su, Z., Zhang, N., Xing, R., Liu, D., Luan, T. H., & Shen, X. (2022). A survey on metaverse: Fundamentals, security, and privacy. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 25(1), 319-352. <https://doi.org/10.1109/COMST.2022.3202047>
- Weinberger, M. (2022). What is metaverse? A definition based on qualitative meta-synthesis. *Future Internet*, 14(11), 310. <https://doi.org/10.3390/fi14110310>
- Yemenici, A. D. (2022). Entrepreneurship in the world of Metaverse: Virtual or Real? *Journal of Metaverse*, 2(2), 71-82. <https://doi.org/10.57019/jmv.1126135>
- Yun, S. M., & Leem, C. S. (2021 October October 20-22). An industry-service classification development of metaverse platform [Paper Presentation]. In *Proceedings of the Korean Institute of Information*

and Commucation Sciences Conference (pp. 253-258). Jeju Island, South Korea.
Zhou, B. (2022). Building a smart education ecosystem from a metaverse perspective. *Mobile Information*

Systems, 2022(1), 1938329.
<https://doi.org/10.1155/2022/1938329>Digital Object Identifier



فاطمه پروین

دانشجوی دکتری فناوری اطلاعات در دانشگاه تربیت مدرس است و در حال حاضر به پژوهش در حوزه‌های علم و فناوری، هوش مصنوعی و متاورس می‌پردازد.



سپهر قاضی‌نوری

دانش آموخته دکتری مهندسی صنایع از دانشگاه علم و صنعت ایران و استاد گروه مدیریت فناوری اطلاعات دانشگاه تربیت مدرس است. وی مؤسس و سردبیر فصلنامه سیاست علم و فناوری است و در حال حاضر به پژوهش در زمینه مطالعات نظام‌مند علم و فناوری و بوم‌سازگان‌های نوآوری می‌پردازد.



شقایق صحرایی

عضو هیئت علمی دانشگاه تربیت مدرس است و در حوزه‌های وب معنایی، هستی‌شناسی، مدیریت تداوم کسب‌وکار و مجازی‌سازی ساخت‌افزار فعالیت پژوهشی دارد.



فاطمه ثقفی

عضو هیئت علمی دانشکده مدیریت صنعتی و فناوری است و حوزه فعالیت‌های پژوهشی وی بر توسعه پژوهش‌های کاربردی، آینده‌نگاری، نوآوری، دولت الکترونیکی و تجاری‌سازی و هدایت طرح‌های پژوهشی در راستای حل مسائل واقعی سازمان‌ها و جامعه متمرکز است.

