فصلنامه
سیاست‌نامهٔ علم و فناوری
دورهٔ ۱۳، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۴۰۲

مقالهٔ ترجمه

صفحات ۱۰۱-۱۲۳

بررسی نقش و تأثیرات بلاکچین برای استقرار و توسعهٔ برنامه‌ها و خدمات در متاورس[1]

: 20.1001.1.24767220.1402.13.3.6.2

نویسندگان:
Gadekallu, Thippa Reddy, Thien Huynh-The, Weizheng Wang, Gokul Yenduri, Pasika Ranaweera, Quoc-Viet Pham, Daniel Benevides da Costa, and Madhusanka Liyanage.
مترجمان: مهرداد سلیمی[2]، بیتا لطفی بیدهندی[3]

چکیده

از زمانی که نام فیس‌بوک در اکتبر ۲۰۲۱ به متاورس تغییر کرد، متاورس به هنجاری جدید در شبکه‌های اجتماعی و جهان‌های مجازی سه‌بعدی تبدیل شد. در متاورس تلاش بر این است که با استفاده از فناوری‌های اختصاصی نوآورانه، تجربه‌های سه‌بعدی ویژهٔ هر کاربر در دسترس باشد. علی‌رغم توجه و مزایای فراوان، پرسش اساسی در متاورس این است که چگونه می‌توان از محتوا و داده‌های دیجیتالی کاربران خود محافظت کرد. در این راستا، بلاکچین به‌سبب ویژگی‌های متمایز بی‌تمرکزی، تغییرناپذیری و شفافیت راه‌حل امیدوارکننده‌ای است. برای درک بهتر تأثیر بلاکچین در متاورس بررسی گسترده‌ای راجع به کاربردهای بلاکچین برای متاورس ارائه می‌شود. ابتدا مقدماتی دربارهٔ بلاکچین و متاورس ارائه می‌شود سپس انگیزه‌های استفاده از بلاکچین برای متاورس بررسی می‌شود. در مرحلهٔ بعد، مفصل در مورد روش‌های مبتنی‌بر بلاکچین اختصاصی متاورس از دیدگاه‌های فنی، مانند اکتساب داده، ذخیره‌سازی داده‌ها، اشتراک‌گذاری داده‌ها، قابلیت همکاری داده‌ها و حفظ حریم خصوصی داده‌ها بحث می‌شود. برای هر دیدگاه، ابتدا دربارهٔ مشکلات فنی متاورس بحث و سپس مشخص می‌شود که چگونه بلاکچین در این زمینه کمک می‌کند. علاوه‌براین، تأثیر بلاکچین در فناوری‌های فعال‌کنندهٔ کلیدی در متاورس ازجمله اینترنت اشیا، دوقلوهای دیجیتال، برنامه‌های کاربردی چندحسی و همه‌جانبه، هوش مصنوعی و کلان‌داده‌ها بررسی می‌شود. در ادامه به چند پروژهٔ مهم برای نشان‌دادن تأثیر فناوری بلاکچین در برنامه‌ها و خدمات متاورس پرداخته می‌شود. درنهایت، برخی از موارد امیدوارکننده برای هدایت نوآوری‌ها و پیشرفت‌های تحقیقاتی بیشتر به سمت استفاده از بلاکچین در متاورس برای آینده ارائه می‌شود.

واژگان کلیدی: بلاکچین، متاورس، حریم خصوصی، برنامه‌های کاربردی

تاریخ دریافت: ۴ مرداد ۱۴۰۱ **تاریخ بازنگری: ۳۰ مهر ۱۴۰۱** **تاریخ پذیرش: ۳۰ مهر ۱۴۰۱**

---

1. Blockchain for the Metaverse: A Review

۲. دانشجوی دکتری مدیریت فناوری اطلاعات، گرایش کسب‌وکار الکترونیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران؛ Mehrdad.Salimi@srbiau.ac.ir
۳. دانشجوی دکتری مدیریت فناوری اطلاعات، گرایش کسب‌وکار الکترونیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران.

مقدمه

متاورس مرحلهٔ جدید تکامل دیجیتالی است که می‌تواند پذیرش دیجیتال را تا سطح خیره‌کننده‌ای متحول کند و دامنهٔ خدمات را فراتر از سیستم‌های استاندارد با دسترسی آنلاین گسترش دهد. در چند دههٔ گذشته دیجیتالی‌شدن خدمات به روند بهبود کارایی تبدیل شده است در زمینه‌های تجاری، سرگرمی، آموزشی یا هر سیستم دیگری که می‌تواند با دسترسی آنلاین ادغام شود. این خدمات و سیستم‌ها به حداکثر ظرفیت خود با قابلیت‌های ارائه‌شده با سیستم‌های دیجیتال و امکانات ذخیره‌سازی/ پردازش آنلاین در مراکز داده‌های از راه دور و پلتفرم‌های ابری بهبود یافته‌اند. با افزایش کارایی، عملکرد و کیفیت دسترسی به خدمات به بالاترین ظرفیت خود، دیدگاه‌ها به سمت تجارب مصرف‌کننده تغییر یافته است. بنابراین، تقاضا برای بهبود تجربهٔ خدمات با قابلیت تعاملی بیشتر همواره درحال افزایش است و ارائه‌دهندگان خدمات مشتاق‌اند استانداردهای موجود خود را ارتقا دهند. درواقع، مصرف‌کنندگان خواستار قابلیت‌های لمسی و احاطه‌شدن با رابط دیجیتالی خود هستند که چنین ویژگی‌هایی فقط با فناوری‌های نوظهور واقعیت مجازی (VR)،[1] واقعیت افزوده (AR)،[2] واقعیت ترکیبی (MR)[3] و واقعیت گسترده (XR)[4] امکان‌پذیر است (Lee et al., 2020). متاورس راه‌حلی است که همهٔ این فناوری‌های مرتبط را در زمینهٔ جهانی با هم ترکیب می‌کند. این مفهوم محیط دیجیتالیِ شبیه‌سازی‌شده‌ای را ایجاد می‌کند که می‌تواند به‌مثابهٔ دنیای مجازی فراگیر برای مشتریانش پذیرفته شود. کاربران می‌توانند با استفاده از اصل جایگزینی ازطریق آواتارهای دیجیتال خود با این بوم‌سازگان مجازی تعامل داشته باشند (Lee et al., 2021). مشخصاً، آواتارها تجسم مجازی کاربران‌اند و همان اختیارات قانونی در دنیای متاورس را دارند، مانند حقوق قانونی فرد در دنیای واقعی. این موضوع باعث می‌شود که آواتار برای هر تراکنش انجام‌شده در دامنهٔ مجازی تضمین شود و از انکار هرگونه اقدام متعهدانه جلوگیری شود. هر شخصی که دستگاهی احاطه‌کننده[5] با قابلیت VR/AR دارد، مانند هدست یا عینک با حداقل قابلیت، می‌تواند به این امکان دست یابد (Bolger, 2021). برعکس، لباس‌های لمسی تمام‌قد مانند Teslasuit یا Holosuit، با تجربه‌ای فراتر از قابلیت ردیابی حرکات، استخراج بازخورد لمسیِ همراه با زیست‌سنجی پذیرش همه‌جانبه برخوردارند.

علی‌رغم اینکه متاورس توسعه یافته و در نظر گرفته شده است تا دامنهٔ قابلیت‌های رسانه‌های اجتماعی را گسترش دهد، ظرفیت آن برای سایر بخش‌های صنعتی، تجاری، اجتماعی، آموزشی، پزشکی، نظامی و دولتی نیز بسیار است. فقدان تجربهٔ همه‌جانبه نقصی شناخته‌شده در مورد سیستم‌های کنترل و دسترسی از راه دور آنلاین است به‌ویژه در موارد کنترل نظارت و جمع‌آوری داده‌ها (SCADA)[6] یا سیستم‌های اتوماسیون از راه دور مبتنی‌بر کنترل‌کنندهٔ منطق قابل‌برنامه‌ریزی (PLC)[7] که بر روی لباس نصب می‌شوند (Thepmanee et al., 2022). درک حضور در املاک تجاری یا معماری، درک تجسم سه‌بعدی در پزشکی/ مهندسی/ یا آموزش معماری، کنترل از راه دور شناورهای بدون سرنشین هوایی/ دریایی/ یا زمینی و تجربهٔ دیجیتال سرگرمی‌های فراتر از دو بعد زمینه‌هایی هستند که نیاز به نوآوری بیشتری دارند. با اینکه در فناوری‌های واقعیت افزوده و واقعیت مجازی (VR) راه‌حل‌های مستقلی برای این موارد ارائه شده بود، پلتفرمی همه‌کاره یا محیطی برای ترکیب این ابزارها در دسترس نبود. متاورس این اکوسیستم دیجیتالی را به جهان ارائه می‌دهد و به‌طور گسترده‌ای دامنهٔ احتمالات را فراتر از اندازه‌گیری در نظر می‌گیرد. به‌علاوه، مفهوم دوقلوهای دیجیتال[8] کارکرد و کنترلِ از راه دور ماشین‌ها یا وسایل نقلیه را با تجسم و هماهنگی بهبودیافته ارتقا می‌دهد و برای بخش‌های صنعتی و نظامی نیز مفید است (Ramu et al., 2022). تجسم سه‌بعدی به دقت و درک بهتر زمینه‌ای منجر می‌شود که برای برنامه‌های آموزشی و سرگرمی سودمند است. علاوه‌براین، دستورالعمل‌های جدیدی مانند رباتیک از راه دور مبتنی‌بر AR و کنترل از راه دور مبتنی‌بر AR با پلتفرم متاورس قابل‌دستیابی‌اند (Ranaweera et al., 2020). همچنین، مفاهیمی مانند ارز دیجیتال[9] (Bouri et al., 2021)، بیومتریک دیجیتال[10] (Bi-sogni et al., 2021) و هوش مصنوعی[11] توجیه‌پذیر (XAI)[12] (Wang et al., 2021) هنگام اجرا در دنیای واقعی با مشکلات اجتناب‌ناپذیری مواجه‌اند، ازجمله مسائل مربوط به ادغام با سیستم‌های موجود، سازگاری، قابلیت همکاری، اختلافات قانونی و اخلاقی. ازآنجایی‌که متاورس دنیایی تازه‌ساز است، پیاده‌سازی این راهبردها در مراحل طراحی با تجربهٔ خدمات پیشرفته اطمینان بیشتری از امنیت و حریم خصوصی به کاربرانش می‌دهد. اگرچه متاورس نوش‌دارویی است که برای گسترش دنیای دیجیتالی آینده

1. Virtual Reality (VR)
2. Augmented Reality (AR)
3. Mixed Reality (MR)
4. Extended Reality (XR)
5. Immersive Device
6. Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)
7. Programmable Logic Controller (PLC)
8. Digital Twins (DTs)
9. Cryptocurrency
10. Digital-biometrics
11. Artificial Intelligence (AI)
12. explainable artificial intelligence

تولید می‌شود، مشکلات و مسائل عمل‌گرایانه‌ای راجع به آن وجود دارد. مهم‌ترین مسئله فقدان زیرساختی دیجیتال و قابل‌عرضه است برای ارائهٔ خدمات و برنامه‌های کاربردی تضمین‌شده با قابلیت‌های پردازش و شبکه‌سازی. حتی با وجود چنین زیرساختی، دسترسی به فناوری‌های موردنیاز برای ارائهٔ مشخصات پیش‌بینی‌شده فقط با استفاده از فناوری نوظهور گوشی‌های همراه 5G اجرایی است که هنوز در مراحل آزمایشی‌اند و در سطح جهانی به کار گرفته نشده‌اند. سازگاری و قابلیت همکاری میان دنیای مجازی و فیزیکی باید قبل از راه‌اندازی متاورس پذیرش و استانداردسازی شود. حتی با میزان بالایی از قابلیت‌های پردازش در موتورهای متاورس، ممکن است منابع برای پاسخ‌گویی به تقاضا با توجه به ظرفیت و مقیاس‌پذیری آن با زیرساخت رسانه‌های اجتماعی کافی نباشد. بنابراین، راهکارهای پردازش و عملیات بهینه باید برای کاهش هزینه از نظر پردازش، ذخیره‌سازی، شبکه‌سازی و مالی پذیرفته شوند. چنین راهکارهایی فقط ازطریق رویکردهای مبتنی‌بر هوش مصنوعی خودکار امکان‌پذیر است و نیاز به تشبیه و تحقیق بیشتر در مورد آن موضوع دارد. ازآنجایی‌که هر فردی برای دسترسی به متاورس حداقل باید به هدست یا عینک‌های واقعیت افزوده AR مجهز باشد لذا سرمایه‌گذاری شخصیِ بالاتر آن را به سرویسی برتر تبدیل می‌کند تا سیستمی باز برای همه. به‌علاوه، امنیت و حریم خصوصی کاربران جنبه‌های ضروری‌اند که ممکن است در حوزهٔ مجازی به برخی از قوانین حریم خصوصی موجود در دنیای واقعی پاسخ داده نشود، درحالی‌که بیومتریک‌های برجسته در دنیای واقعی را می‌توان در حوزهٔ دیجیتال تکثیر کرد. بنابراین، استقرار متاورس در زمینه‌های عمل‌گرایانه و واقع‌بینانه نیازمند تحقیقات بسیار بیشتر و استانداردسازی‌های مناسب‌تر است.

سازماندهی و ساختاردهی جریان برنامهٔ کاربردی متاورس را در هشت توانمندساز می‌توان به کار برد، ازجمله: واقعیت گسترده،[1] تعامل با کاربر،[2] اینترنت اشیا و رباتیک،[3] هوش مصنوعی،[4] بلاکچین،[5] بینایی کامپیوتری،[6] لبه و ابر[7] و شبکه[8] (Lee et al., 2021).

بلاکچین، که با ارز دیجیتال بیت‌کوین معرفی شد، به‌سبب قابلیت منحصربه‌فردش در تشکیل اقتصادی مشترک و پایه‌گذاری بازار ارز دیجیتال موجود به شهرت رسید. بلاکچین شگردی پیشرفته برای امنیت و حفظ حریم خصوصی در نظر گرفته شده است (Gadekallu et al., 2022). به عبارت ساده‌تر، بلاکچین مانند دفتری کل تراکنش‌های متعهد را ذخیره می‌کند تا ردیابی دارایی دیجیتال و ایمن‌سازی آن در شبکه‌ای تجاری تسهیل شود. این تراکنش‌ها یا سوابق که به‌صورت بلوک ذخیره می‌شوند با استفاده از معیارهای رمزنگاری یا سازوکارهای درهم‌سازی[9] دقیقاً به یکدیگر مرتبط می‌شوند، تغییرناپذیری دفاتر را تضمین می‌کنند و قابلیت اشتراک‌گذاری امن را حتی در محیطی ناامن ممکن می‌سازند. برجسته‌ترین ویژگی بلاکچین قابلیت آن برای کار روی محتوای دفترِ کل غیرمتمرکز بدون مرجعی متمرکز است (Ynag et al., 2022).

۱. آثار و مشارکت‌های مرتبط (ادبیات پیشین)

مطالعات و بررسی‌های مرتبط با متاورس به‌طور گسترده در دسترس هستند و در چند سال گذشته افزایش یافته‌اند. علی‌رغم قابلیت مشهود آن‌ها، مطالعات مبتنی‌بر بلاکچین محدود است و پذیرش گستردهٔ آن برای کاربردهای گوناگون درحال‌حاضر در دسترس نیست. لی[10] و همکاران (2021) در پژوهشی جامع که می‌توان آن را اولین نشریهٔ علمی در نظر گرفت در مورد متاورس در زمینهٔ فنی گسترده‌تر بحث کرده‌اند. در آن بررسی بلاکچین یکی از هفت رکن دیگر از توانمندسازهای فنی معرفی شده است. نویسندگان ذخیرهٔ داده، به‌اشتراک‌گذاری داده‌ها و قابلیت همکاری داده‌ها را کاربردهای اصلی بلاکچین شناسایی کرده‌اند. مطالعهٔ عمیق‌تری در مورد بلاکچین انجام نشد زیرا دامنهٔ مقاله بسیار گسترده است. جایگاه مهمی که بلاکچین در پیدایش متاورس دارد در پژوهش نینگ[11] و همکاران (2021) در ارتباط با بخش‌های دولتی و اقتصادی موردبحث قرار گرفته است درحالی‌که امکان استفاده از آن برای اتصال شیء واقعیت مجازی مشخص شده است. باوجوداین، این نظرسنجی نمی‌تواند بر اساس حقایق مشخص‌شده به‌صورت توصیفی ایجاد شود.

اندیشهٔ ادغام بلاکچین و هوش مصنوعی برای توسعهٔ متاورس در پژوهش یانگ[12] و همکاران (2022) به‌عنوان نظرسنجی ارائه شد. در این مقاله همبستگی بالقوه میان متاورس و بلاکچین ازطریق معماری لایه‌ای متشکل از داده‌ها، شبکه، اجماع (توافق عام)، انگیزه، قرارداد و لایه‌های کاربردی بحث شده است. اگرچه نویسندگان چهار برنامهٔ قدرتمند برای بلاکچین را ارائه می‌دهند، بیشتر بر استفادهٔ تجاری از بلاکچین متمرکز شده‌اند. سهم بلاکچین و هوش مصنوعی برای متاورس در مقالهٔ چان[13] و همکاران (2022) ارائه شد، جایی که مدیریت و استفادهٔ مجدد از داده‌های باکیفیت/

1. Extended Reality
2. User Interactivity
3. IoT and Robotics
4. Artificial Intelligence
5. Blockchain
6. Computer Vision
7. Edge and Cloud
8. Network
9. Hashing mechanisms
10. Lee
11. Ning
12. Ynag
13. Jeon

جدول ۱: با تأکید بر سهم این مقاله در مقابل پیشرفت‌های روز دنیا

جنبه‌های فنی	۱۲	۲	۱۱	۱۳	۱۴	۱۶	خودمان
چشم‌انداز فنی متاورس							
بلاکچین به‌عنوان فناوری توانمندساز برای متاورس							
کاربردهای بلاکچین							
چشم‌انداز فنی							
تأثیر بلاکچین برای توانمندسازهای متاورس							

سطح بالا تحلیل فنی معرفی

غنی، تثبیت شبکهٔ غیرمتمرکز، حریم خصوصی داده‌ها و مدیریت داده‌های اقتصادیِ مرتبط خلاصه‌وار بررسی شده است. علاوه‌براین، در مطالعات مختلفی مانند مایستاکیدیس[1] (2022) و پارک و کیم[2] (۲۰۲۲) زنجیرهٔ بلوکی را به‌عنوان شرطی لازم برای متاورس مطرح می‌کنند، اگرچه نمی‌توان آن‌ها را دقیقاً موردبحث قرار داد. جدول شمارهٔ ۱ بر مشارکت این مقاله تأکید دارد. تا آنجا که می‌دانیم، مطالعه‌ای نبوده است که استفاده از بلاکچین را برای برنامه‌های کاربردی متاورس بررسی کند.

بنابراین، مطالعهٔ ما کاربردهای بالقوهٔ متنوعی را برای متاورس ارائه می‌کند که در آن ادغام بلاکچین باعث افزایش کارایی آن‌ها و تأثیر بلاکچین در فناوری‌های با قابلیت بالا می‌شود. مشارکت‌های اصلی این نظرسنجی عبارت‌اند از:

- در ابتدا، مروری مختصر ارائه می‌شود از بلاکچین و متاورس و به دنبال آن انگیزه‌ای که پشت پردهٔ ادغام بلاکچین در متاورس وجود دارد.
- دوم، راجع به کاربرد بلاکچین برای پرداختن به مشکلاتی بحث می‌شود که چندین جنبهٔ فنی متاورس با آن مواجه‌اند، ازجمله، جمع‌آوری داده، ذخیره‌سازی داده، اشتراک‌گذاری داده، قابلیت همکاری داده‌ها و حفظ حریم خصوصی داده‌ها.
- سوم، دربارهٔ تأثیر بلاکچین در برخی از فناوری‌های فعال‌کنندهٔ کلیدی[3] در متاورس مانند اینترنت اشیا، دوقلوهای دیجیتال، XR چندحسی[4] و حضور از راه دور هولوگرافیک،[5] هوش مصنوعی و کلان‌داده‌ها[6] بحث می‌شود.
- چهارم، در مورد برخی از پروژه‌های جالب مانند Decentraland، Sandbox، Axie Infinity و Illuvium صحبت می‌شود که از زنجیرهٔ بلوکی (بلاکچین) در متاورس استفاده می‌کنند.

در نهایت، مقاله با برخی از جهت‌گیری‌های بالقوهٔ تحقیقات آینده پایان می‌یابد.

ادامهٔ این مقاله به این شرح سازماندهی شده است. مبانی بلاکچین، متاورس و تأثیر بلاکچین در متاورس در بخش دوم ارائه شده است. کاربردهای بلاکچین برای متاورس از دیدگاه فنی در بخش سوم بحث می‌شود. در بخش چهارم، تأثیر بلاکچین در فناوری‌های فعال در متاورس، ازجمله اینترنت اشیا، دوقلوهای دیجیتال، برنامه‌های XR چندحسی و حضور از راه دور هولوگرافیک، هوش مصنوعی و کلان‌داده‌ها بررسی می‌شود. پس از آن، راجع به برخی از پروژه‌های هیجان‌انگیز مرتبط با برنامه‌های کاربردی متاورس فعال‌شده با بلاکچین در بخش پنجم بحث می‌شود. در نهایت، مقاله با برخی جهت‌های تحقیقاتی بالقوه در بخش ششم به پایان می‌رسد.

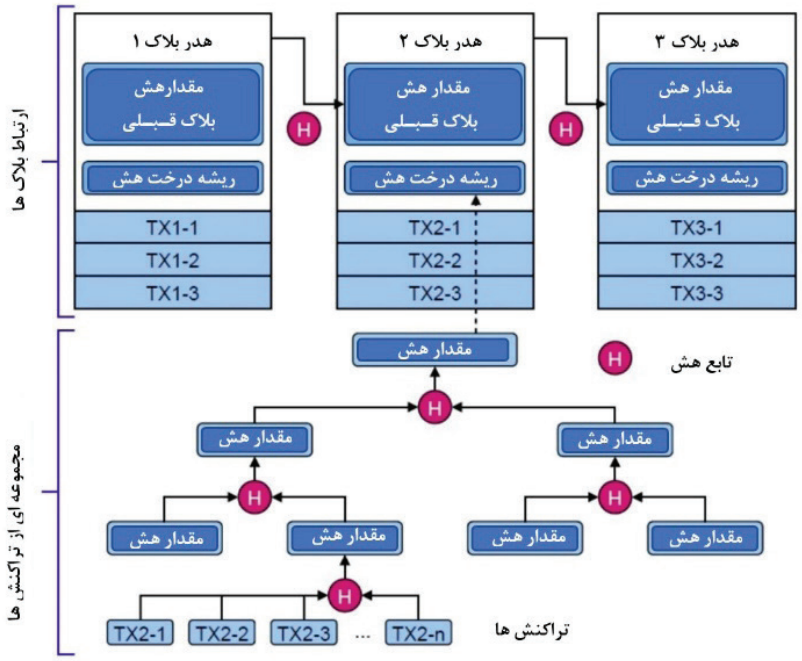
۲. بلاکچین و متاورس: مقدمات

معرفی اولیهٔ بلاکچین و متاورس در این بخش ارائه شده است و به دنبال آن تأثیر بلاکچین در متاورس آمده است.

۲-۱. مقدمات بلاکچین

ساتوشی ناکاموتو در سال ۲۰۰۸ در گزارش رسمی _ دولتی خود مفهوم بلاکچین را مطرح کرد (Nakamoto, 2008). بلاکچین که دفتر کل توزیع‌شده نیز نامیده می‌شود، بلوک‌های متوالی دارد که ازطریق مقدار هش هدر بلوک قبلی به یکدیگر مرتبط می‌شوند. به غیر از هش رمزنگاری اجتناب‌ناپذیر، مهر زمانی،[7] مقصد فعلی و داده‌های تراکنش نیز در یک بلوک گنجانده شده است (Huo et al., 2022). مهر زمانی بلوک فقط هنگامی معتبر تلقی می‌شود که مقدار آن بیشتر از زمان تنظیم‌شدهٔ شبکه به اضافهٔ دو ساعت و بیشتر از مهر زمانی متوسط یازده بلوک قبلی باشد، که این امر بلاکچین را از دستکاری احتمالی مهاجمان حفظ می‌کند. توجه داشته باشید که زمان تنظیم‌شدهٔ شبکه به میانهٔ مُهرهای زمانی کل گره‌های متصل اشاره دارد. اجرای روان بلاکچین فقط با یک یا چند گره حفظ نمی‌شود،

1. Mystakidis
2. Park and Kim
3. Key Enabling Technologies (KETs)
4. Multi-sensory XR Applications
5. Holographic Telepresence
6. Big Data
7. Timestamp



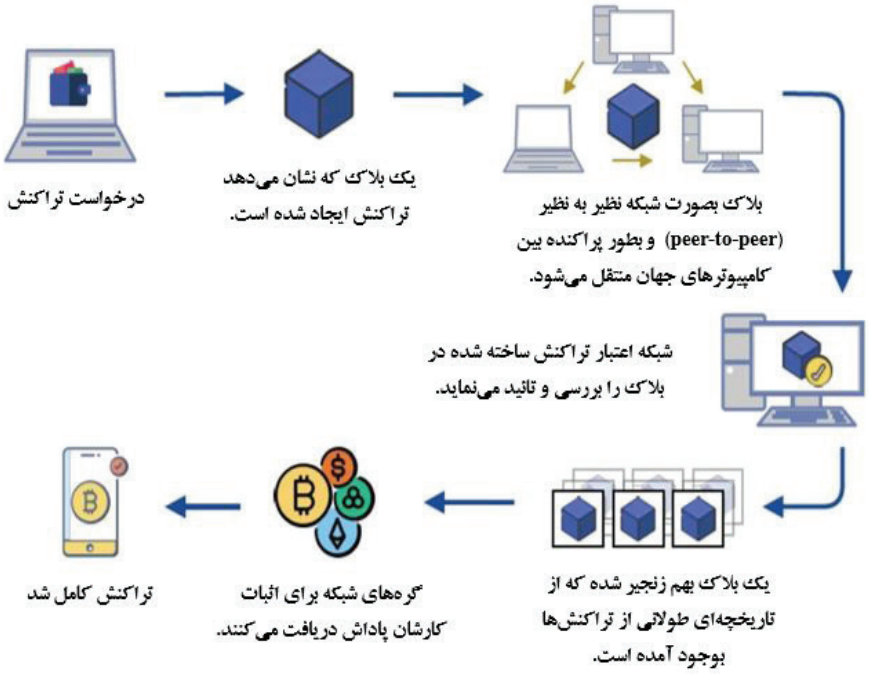
شکل ۱: ساختار کلی یک بلاکچین که در آن بلوک‌ها ازطریق کدهای هش مربوط به خود به هم متصل می‌شوند.

در عوض، هر گره در شبکهٔ بلاکچین باید از پروتکل اجماع مشترک برای تولید و اعتبارسنجی بلوک‌های جدید پیروی کند. پروتکل اجماع ستون فقرات بلاکچین است که در آن اصول عملیاتی و اقدامات مشروع همگی تنظیم می‌شوند (Dotan et al., 2021).

ارز دیجیتال بیت‌کوین سازوکار اثبات کار[1] را به کار می‌گیرد و از ماینرها می‌خواهد تا قدرت محاسباتی فراوانی را برای یافتن پاسخی برای مسئلهٔ تصادفی ریاضی مشارکت دهند (Alangot et al., 2021). به‌منظور جلوگیری از متمرکزشدن قدرت محاسباتی مخمصه‌ای به نام nonce of next block وجود دارد که به‌صورت پویا بر اساس ده دقیقه در هر بلوک تغییر می‌کند. اگرچه قدرت محاسباتی غیرقابل‌تصور مانع اکثر مهاجمان می‌شود، POW به نرخ تراکنش ناکارآمد و مصرف بیش‌ازحد انرژی می‌انجامد. اثبات سهام[2] مشکلات ناشی از اثبات کار را کاهش می‌دهد، بدین‌ترتیب ماینری که برندهٔ نهایی می‌شود برنده‌شدنش به‌جای قدرت محاسباتی به میزان دارایی‌اش در ارز دیجیتال مربوطه بستگی دارد (Thomsen and Spitters, 2021). سیستم فایل بین‌سیاره‌ای[3] که اخیراً درحال ظهور است، اجماع اثبات فضا[4] را منتشر می‌کند و از شرکت‌کنندگان می‌خواهد مقداری فضای ذخیره‌سازی برای اثبات مشکل ارسالیِ ارائه‌دهندهٔ خدمات را فراهم کنند.(Jian et al., 2021) داده‌های تراکنش به‌شکل «درخت مرکل»[5] برای هر بلوک سازماندهی شده است که کاراییِ تأیید را بهبود می‌بخشد. توجه داشته باشید که درخت مرکل به کاربران امکان می‌دهد تا هر شاخه‌ای را برای بررسی بدون سوابق کامل تراکنش دانلود کنند. بخش‌های کلی بلاکچین و پردازش تراکنش‌ها در بلاکچین در شکل ۱ و شکل ۲ به‌ترتیب نشان داده شده است.

نمایندهٔ نسل اول بلاکچین بیت‌کوین است که فقط در آن سوابق تراکنش‌ها غیرمتمرکز می‌شود. بعدها، محققان دریافتند که در بلاکچین نه‌فقط دفتری کل بلکه می‌توان عملکردهای بیشتری مانند مدیریت دارایی و اعتماد خانواده را بارگذاری کرد. ازاین‌رو، نسل دوم بلاکچین _ اتریوم به صحنه آورده شد. نوآوری اصلی اتریوم[6] ظهور قراردادهای هوشمند[7] است. (Zarir et al., 2021) قوانین قرارداد هوشمند که در کدها نوشته شده است در بلاکچین ذخیره می‌شود. در قراردادهای هوشمند، که به‌طور خودکار وجوه انتقال داده می‌شود یا اعلان‌هایی به حساب‌های ازپیش‌تعیین‌شده ارسال می‌شود، از تراکنش‌ها می‌توان برای راه‌اندازی توابع مربوطه استفاده کرد. ازآنجایی‌که قرارداد هوشمند برای همه در دسترس است، یک سری برنامه در مدت‌زمان کوتاهی ظاهر می‌شود.

1. Proof of Work (POW)
2. Proof-of-Stake (POS)
3. InterPlanetary File System (IPFS)
4. Propagates Proof of Space (PoSpace)
5. Merkle Tree
6. Ethereum
7. Smart Contracts



شکل ۲: تصویری از تراکنش پردازش‌شده توسط فناوری بلاکچین

برای مثال، قراردادهای هوشمند امنیت فرایند رأی‌گیری را تقویت می‌کنند که افراد مخرب به‌سختی می‌توانند آن را دستکاری یا رمزگشایی کنند. علاوه‌براین، صنعت بیمهٔ بیمارستان‌ها را برای ردیابی و ثبت اطلاعات بیمار در زنجیرهٔ بلوکی متحد می‌کند، جایی که قرارداد هوشمند می‌تواند به شرکت‌ها کمک کند تا فوراً مطالبهٔ تسویه‌حساب برای بیمار را داشته باشند. اخیراً، یکی از مشتقات قراردادهای هوشمند توکن‌های غیرقابل تعویض‌اند[1] که در سراسر جهان محبوب شده‌اند. اتریوم استانداردهایی مانند ERC-721 و ERC-1155 را برای معرفی ویژگی‌های دارایی‌های ساخته‌شده روی NFT صادر می‌کند. برخلاف ارزهای دیجیتال در بیت‌کوین و اتریوم هر NFT قابل تعویض و تقسیم نیست. بازار NFT اکنون بیش از هفت‌میلیارددلار ارزش دارد که شامل هنر، بازی، ورزش، کپی‌رایت، بیمه و بسیاری از زمینه‌های دیگر می‌شود (Nadini et al., 2021).

۲-۲. مقدمات متاورس

۲-۲-۱. متاورس چیست؟

کلمهٔ متا از زبان یونانی سرچشمه گرفته است که پیشوندی به معنای جامع‌تر یا فراتر است. کلمهٔ ورس نسخهٔ اختصاری جهان[2] است که نشان‌دهندهٔ ظرفی برای فضا یا زمان است. هنگامی که این دو کلمه با هم ترکیب می‌شوند کلمهٔ کاملاً جدید «متاورس» شکل می‌گیرد، جایی که سیستم‌های اجتماعی ـ سنتی به محیطی از زندگی دیجیتالی جدید (نظام فنی ـ اجتماعی جدید) تبدیل می‌شوند.

فناوری‌های پیشرفته مانند واقعیت مجازی، دوقلوهای دیجیتال، بلاکچین و غیره برای ساخت متاورس استفاده می‌شوند که همه‌چیز را در دنیای واقعی ما به جهانی موازی ترسیم می‌کنند (Wang et al., 2022). برای مثال، کاربران می‌توانند از هر مکانی در متاورس با دوستان خود کار، زندگی یا بازی کنند. در سال ۱۹۹۲ نیل استفنسون در رمان علمی تخیلی معروف خود به نام تصادف برفی (Stephenson, 2003) ابتدا مفهوم اولیهٔ متاورس را پیشنهاد کرد که در آن افراد از آواتارهای دیجیتال برای کنترل و رقابت با یکدیگر برای ارتقا وضعیت خود استفاده می‌کنند. بااین‌حال، تاکنون، متاورس در مرحلهٔ تصور است هرچند استانداردهای مشترکی وجود دارد اما پیاده‌سازی‌های واقعی بسیار کمی در دسترس‌اند.

۲-۲-۲. فناوری‌های توانمند متاورس کدام‌اند؟

متاورس تلفیقی از چندین فناوری نوظهور مانند ۶G، هوش مصنوعی، VR و دوقلوهای دیجیتال است. فناوری‌های اصلی موردنیاز در متاورس عبارت‌اند از:

۱. مهم‌ترین فناوری برای تحقق متاورس، فناوری واقعیت توسعه‌یافته، ازجمله AR و VR است. درحالی‌که در AR می‌توان اطلاعات دیجیتال را روی محیط فیزیکی قرار داد، در VR به

1. Non-fungible tokens (NFTs)
2. universe

کاربران اجازه داده می‌شود تا دنیای دیجیتال را به شیوه‌ای واضح تجربه کنند (Koutitas et al., 2021). هر دوی این روش‌ها در گسترش متاورس بسیار مهم‌اند، چراکه فضای دیجیتالی را ایجاد می‌کنند که در آن کاربران می‌توانند مانند دنیای واقعی تعامل داشته باشند.

۲. دومین فناوری مهم، دوقلوی دیجیتال است که با استفاده از داده‌های دنیای واقعی برای پیش‌بینی رفتار موردانتظار شیء دنیای واقعی، دوقلویی مجازی از آن شیء در واقعیت ایجاد می‌کند (Tao et al., 2018). در متاورس، دوقلوی دیجیتال می‌تواند دنیای واقعی را به دنیای مجازی منعکس کند. بدین‌ترتیب، در متاورس نیز می‌توان راه‌حل‌های آزمایشی برای مسائل حل‌نشده در دنیای واقعی پیدا کرد.

۳. سومین فناوری بلاکچین است که دو نقش بی‌بدیل در متاورس دارد. از یک طرف، فناوری بلاکچین مانند مخزنی عمل می‌کند که کاربران می‌توانند از آن برای ذخیرهٔ داده‌ها در هر نقطه از متاورس استفاده کنند. ازسوی‌دیگر، فناوری بلاکچین می‌تواند سیستم اقتصادی کاملی برای اتصال دنیای مجازی متاورس به جهان واقعی فراهم کند. به‌خصوص، NFTهای فوق‌الذکر به کالاهای مجازی اجازه می‌دهند که به اشیا فیزیکی تبدیل شوند. کاربران مجاز به تجارت اقلام مجازی مانند دنیای واقعی هستند. ازاین‌رو، بلاکچین پل دنیای واقعی و متاورس است(Jeon et al., 2022).

۲-۲- ۳. کاربردهای متاورس چیست؟

برخی از کاربردهای رایج متاورس به این شرح است:

ویدیو کنفرانس آنلاین[1] (Chang et al., 2021).

املاک دیجیتال[2] (Duan et al., 2021).

هنرهای دیجیتال[3] (Chung et al., 2021).

۲-۳. نقش بلاکچین در متاورس

وقتی صحبت از متاورس می‌شود، ممکن است ذهن ما به فکر انواع تجربیات خیره‌کننده یا بازی‌های سرگرم‌کننده بیفتد. بااین‌حال، سناریویی که نزدیک به ماست فقط دنیایی موازی است که در آن بوم‌شناسی اقتصادی اجتناب‌ناپذیر است. علاوه‌براین، دارایی‌های دیجیتال عملکردهای اصلی ارائه‌شدهٔ بلاکچین هستند، مانند توکن‌های همگن بر اساس ERC-20 و توکن‌های غیرهمگن مبتنی‌بر اساس ERC-721 یا ERC-1155. ازآنجایی‌که در فناوری بلاکچین می‌توان عملکرد اقتصادی نرم متاورس را حفظ کرد، فناوری بلاکچین مانند روح متاورس است. انگیزهٔ ادغام بلاکچین در متاورس این‌گونه خلاصه شده است:

- تضمین حفظ حریم خصوصی و امنیت داده‌ها؛
- اطمینان از کیفیت داده‌ها؛
- فعال‌کردنِ به‌اشتراک‌گذاری ایمن و بدون افشای داده‌ها؛
- فعال‌کردن قابلیت همکاری داده‌ها؛
- تضمین یکپارچگی داده‌ها.

برخی از موارد استفاده از بلاکچین در متاورس به این شرح است:

- سیستم مالی (Kim and Kim, 2021)
- استقرار قرارداد هوشمند
- NFTها (Nadini et al., 2021).

۳. بلاکچین برای متاورس: دیدگاه فنی

این بخش به بررسی روش‌های پیشرفته مبتنی‌بر بلاکچین برای متاورس از دیدگاه‌های فنی می‌پردازد که عبارت‌اند از اکتساب داده، ذخیره‌سازی داده، اشتراک‌گذاری داده، قابلیت همکاری داده‌ها و حفظ حریم خصوصی داده‌ها. تصویر بلاکچین برای جنبه‌های فنی فوق‌الذکر در متاورس در شکل ۳ نشان داده شده است.

۳-۱. اکتساب داده

۳-۱-۱. مقدمه: اکتساب داده گام مهمی در اکوسیستم متاورس است. برخی از داده‌های حساس از کاربران مانند جزئیات بانک یا کارت اعتباری هنگام پرداخت به دست می‌آیند. علاوه‌براین، برای ایجاد آواتارهای دیجیتال، داده‌های حساسی مانند ژست‌های بیومتریک/ ژست‌های کاربران باید در متاورس ذخیره شود (Cha and Im, 2021). اکتساب داده‌ها به آموزش الگوریتم‌های AI/ML کمک می‌کند که می‌تواند در تصمیم‌گیری، گسترش محصول دیجیتال، گسترش سیستم توصیه و بازاریابی در متاورس کمک کند (Wang et al., 2022). با اکتساب داده در متاورس به برنامه‌ها کمک می‌شود تا بینش بهتری ایجاد کنند تا بتوانند در طول زمان تغییر کنند و با موقعیت‌های جدید سازگار شوند. متاورس بازاری دیجیتال خواهد بود که در آن افراد می‌توانند با استفاده از دستگاه‌های مختلف که در شکل ۳ نشان داده شده است، خرید، فروش، بازی، صحبت و کار دیجیتالی کنند. ازاین‌رو، مقادیر انبوهی از داده‌های ناهمگن تولید خواهد شد (Chen et al., 2022).

۳-۱-۲. مشکلات اکتساب داده در متاورس: داده‌های تولیدشده ازطریق برنامه‌های غیرمتمرکز[4] مانند WeiFund، Ethereria، 4G Capital و Ampliative Art در متاورس، عظیم، بدون ساختار و بلادرنگ می‌شوند و این مشکلی مهم در دستیابی به داده‌های عظیم تولیدشده است. اطمینان یا یکپارچگی داده

1. Online video conference
2. Digital Real Estate
3. Digital Arts
4. decentralized applications (Dapps)

شکل ۳: بلاکچین برای جنبه‌های فنی در متاورس

برای ساخت برنامه‌هایی مانند سیستم‌های توصیه‌گر در متاورس مهم است. اگر داده‌ها از منابع ناشناخته جمع‌آوری شوند، این سیستم‌ها تحت‌تأثیر قرار می‌گیرند زیرا می‌توانند در قابلیت اطمینان از این سیستم‌ها اثر بگذارند (Tao et al., 2018). حجم داده‌ها در متاورس سر به فلک می‌کشد زیرا خدمات دیجیتالی باکیفیت مانند Horizon Worlds و Horizon Venues را با استفاده از هدست‌های VR ارائه می‌کنند (Brunschwig et al., 2021). این کار به‌علت افزایش جریان در برنامه‌های سرگرمی و دیگر برنامه‌ها باری را بر سیستم‌های اکتساب داده ایجاد می‌کند (Jeong et al., 2022) و نیز ممکن است داده‌های تکراری و نادرست به دست آید که در کیفیت داده‌ها تأثیر می‌گذارند (Shiau and Huang, 2022).

۳-۱-۳. چگونه بلاکچین می‌تواند کمک کند: با انطباق فناوری بلاکچین دستیابی به داده‌های معتبر در متاورس برای برنامه‌هایی مانند شبکه‌های اجتماعی آسان‌تر می‌شود. همچنین با استفاده از دفتر کل توزیع‌شده در بلاکچین امکان اعتبارسنجی سوابق تراکنش‌ها و ردیابی داده‌ها در متاورس فراهم می‌شود (Islam and shin, 2019)، (Deepa et al., 2022). درنتیجه، اکتساب داده‌ها در برابر حملات مقاوم است، زیرا در اکثر گره‌ها در دفتر کل باید هرگونه تغییر در داده‌های متاورس تأیید شود (Xu et al., 2022). تمام داده‌های به‌دست‌آمده در متاورس تحت روش اعتبارسنجی خاص بلاکچین قرار می‌گیرند و با سازوکارهای اجماع نیرو می‌گیرند (Bouraga, 2021)، (Lashkari and Musilek, 2021). در بلاکچین هر فعالیت به‌مثابهٔ تراکنش ثبت می‌شود و هر بلوک حاوی هش رمزنگاری از بلوک قبلی به همراه مهر زمانی و ابرداده است (Luo et al., 2021). بنابراین، در یک بلوک نمی‌توان داده‌ها را بدون تغییر بلوک‌های دیگر تغییر داد. داده‌های به‌دست‌آمده از هر بلوک در برابر دستکاری مقاوم است (Zhang et al., 2021). شانس ایجاد بلوکی تکراری تقریباً صفر است که این ویژگی تکرارنشدن در فرایند جمع‌آوری داده‌ها را تضمین می‌کند. ازآنجایی‌که هر بلوک در زنجیرهٔ بلوکی مجاز است، داده‌های به‌دست‌آمده ازطریق سیستم‌های اکتساب فعال با بلاکچین در متاورس قابل‌اعتماد می‌شوند (Guo et al., 2021).

۳-۱-۴. خلاصه: در متاورس اکتساب داده‌ها ازنظر اطمینان از داده‌های باکیفیت بالا و معتبر مشکلی را ایجاد می‌کند. اگرچه با فناوری بلاکچین سیستم‌های جمع‌آوری داده می‌توانند بر این محدودیت‌ها غلبه کنند، بلاکچین به‌علت پیچیدگی و ماهیت توزیع‌شده‌اش ممکن است کند باشد (Xu et al., 2021). انجام تراکنش‌های یک بلاکچین ممکن است بسیار طولانی شود و حتی کل معامله‌ای ممکن است چند روز طول بکشد. درنتیجه کارمزدهای تراکنش بالاتر از حد معمول و تعداد کاربران در شبکه محدود است (Alrubei et al., 2020). داده‌های جمع‌آوری‌شده در بلاکچین باید در طول زنجیره کپی شوند و تقاضای ذخیره‌سازی را افزایش دهند. هرچه داده‌های بیشتری جمع‌آوری شود، فضای ذخیره‌سازی بیشتری موردنیاز است (Chen et al., 2022). برای پرداختن به این مسائل در سیستم‌های جمع‌آوری داده هنوز جا برای تحقیق راجع به «زنجیرهٔ بلوکی تکامل‌یافته» برای متاورس وجود دارد.

۳-۲. ذخیره‌سازی داده‌ها

۳-۲-۱. مقدمه: متاورس قلمرویی دیجیتالی است که در کنار دنیای فیزیکی وجود دارد و انسان آن را اداره می‌کند. متاورس شامل تجربیات، مکان‌ها و چیزهایی است که ازطریق اینترنت در دسترس‌اند. متاورس به حجم عظیمی از ذخیره‌سازی داده نیاز دارد. هر فردی که وارد متاورس می‌شود فایلی از داده ایجاد می‌کند و داده‌ها درنتیجهٔ تعاملات اجتماعی به رشد خود ادامه می‌دهند. پس از ساخته‌شدن و پیاده‌سازی متاورس، حجم عظیمی از داده‌ها تولید می‌شود که فشار فراوانی بر توانایی دنیای واقعی برای پردازش آن اطلاعات وارد می‌کند. ذخیره‌سازی داده‌ها باید اولویت اصلی باشد تا بتوان از متاورس استفاده کرد (Duan et al., 2021).

۳-۲-۲. مشکلات ذخیره‌سازی داده‌ها در متاورس: در متاورس واقعیتی دیجیتال در کنار دنیای فیزیکی وجود دارد. همان‌طور که افراد بیشتری به دنیای دیجیتال می‌پیوندند، حجم بسیاری از فایل داده‌ها ایجاد می‌شود و درنتیجه متاورس داده‌های حجیم تولید می‌کند. به‌محض اینکه متاورس کاملاً عملیاتی شود، ظرفیت ذخیره‌سازی داده‌های دنیای فیزیکی به حداکثر می‌رسد. بنابراین ذخیره‌سازی داده‌ها مشکلی بزرگ برای استقرار برنامه‌های کاربردی متاورس مانند بازی، سرگرمی، املاک و مستغلات، مراقبت‌های بهداشتی و غیره خواهد بود (Bian et al., 2021).

۳-۲-۳. چگونه بلاکچین می‌تواند کمک کند: برای هر تراکنش بلوکی جدید ایجاد می‌شود که ذخیره‌سازی متاورس را در برابر دستکاری غیرقابل نفوذ می‌کند (Liang et al., 2020). درنتیجه، داده‌ها به‌عنوان کپی‌هایی از بلوک‌های اصلی در سراسر زنجیره ذخیره می‌شوند و قابلیت اطمینان و شفافیت داده‌ها را در متاورس افزایش می‌دهند (Jeon et al., 2022). اگر ذخیره‌سازی متمرکز داده‌ها به خطر بیفتد، برنامه‌های متاورس، از املاک و مستغلات گرفته تا اشیا دیجیتال، در معرض خطر بالایی قرار می‌گیرند (Yang et al., 2022).

۳-۲-۴. خلاصه: ماهیت غیرمتمرکز فناوری بلاکچین زمان لازم برای شناسایی و برچسب‌گذاری داده‌ها را کاهش می‌دهد و در عین حال به‌مثابهٔ پلتفرمی مشترک برای متخصصان داده عمل می‌کند. علاوه‌براین، در متاورس، زنجیرهٔ بلوکی (بلاکچین) قابلیت اطمینان، شفافیت و دردسترس‌بودن داده‌ها را فراهم می‌کند همان‌طور که در شکل ۴ نشان داده شده است و داده‌ها در هر بلوک بلاکچین پشتیبان‌گیری می‌شوند. همچنین در دفتر کل توزیع‌شده مبتنی‌بر اجماع به داده‌های موجود در متاورس کمک می‌کند تا در برابر دستکاری و تکرار مقاوم باشند (Xie et al., 2019). بااین‌حال، تحقیقات بیشتری برای پرداختن به موضوع تأخیر موردنیاز است، زیرا هر دادهٔ اضافه‌شده باید در کل زنجیره منعکس شود. اگرچه دستکاری داده‌ها در بلاکچین غیرممکن است، هاردفورک امکانی است که باید در نظر گرفته شود.

۳-۳. به‌اشتراک‌گذاری داده‌ها

۳-۳-۱. مقدمه: به‌اشتراک‌گذاری داده‌ها می‌تواند به طیف متنوعی از ذی‌نفعان متاورس به شیوه‌های متعددی سود برساند. ازآنجایی‌که افراد و برنامه‌ها از پلتفرمی مشترک استفاده می‌کنند، ممکن است همان‌طور که در شکل ۴ نشان داده شده است، مؤثرتر بتوان همکاری کرد. همه، از متخصصان گرفته تا عموم مردم، از تبادل داده در متاورس بهره می‌برند (Kraus et al., 2022).

۳-۳-۲. مشکلات اشتراک داده در متاورس: به‌اشتراک‌گذاری داده‌ها در بسترهای تبادل دادهٔ متمرکز ممکن است داده‌های حساس و خصوصی صاحبان داده را در معرض خطرات سنگین در متاورس قرار دهد (Liu et al., 2020)، (Egliston and Carter, 2021). داده‌ها در محیط اشتراک‌گذاری سنتی بسیار تغییرپذیرند که این به تأخیر زیاد منجر می‌شود و درنهایت دردسترس‌بودن داده‌ها کاهش می‌یابد. مقیاس‌بندی داده‌های تغییرپذیر در برابر داده‌های تغییرناپذیر مشکل‌زاست (Yu et al., 2021).

۳-۳-۳. چگونه بلاکچین می‌تواند کمک کند: در فناوری بلاکچین می‌توان تراکنش‌ها در مبادلات رمزنگاری، آموزش و سایر برنامه‌ها را در متاورس شفاف‌تر و دقیق‌تر کرد (Egliston and Carter, 2021). برنامه‌هایی مانند حاکمیت و امور مالی رکوردی غیرمتمرکز و غیرقابل تغییر از همهٔ تراکنش‌ها ایجاد می‌کنند و به ذی‌نفعان اجازه می‌دهند این سوابق را مشاهده کنند. ازاین‌رو، ذی‌نفعان متاورس از شفافیت دادهٔ بیشتری بهره‌مند می‌شوند (Rashid et al., 2021).

۳-۳-۴. خلاصه: استفاده از فناوری بلاکچین انعطاف‌پذیری و سازگاری داده‌های متاورس را بهبود می‌بخشد. بلاکچین باید کپی‌هایی از داده‌ها را در طول زنجیره تکرار کند که به تأخیر بیشتر در هنگام انتقال اطلاعات منجر می‌شود (Luo et al., 2019). با افزایش تعداد افراد در متاورس، تعداد بلوک‌ها نیز باید افزایش یابد که نیاز به استفاده از مقادیر عظیمی از منابع محاسباتی دارد (Gao et al., 2021). درنتیجهٔ این امر، هزینهٔ تراکنش بالاتری از کاربران برای اعتبارسنجی تراکنش‌های مشترک دریافت می‌شود. در بلاکچین‌های نسل آینده برای به‌اشتراک‌گذاری مؤثر داده‌ها در متاورس باید به این موضوع پرداخته شود.

۳-۴. قابلیت همکاری داده‌ها

۳-۴-۱. مقدمه: قابلیت همکاری نیروی محرکهٔ اصلی متاورس خواهد بود. مجموعهٔ متنوعی از برنامه‌های کاربردی مانند امور مالی و مراقبت‌های بهداشتی می‌توانند ارتباط و تبادل اطلاعات در متاورس را برقرار کنند. متاورس پلتفرمی برای تعامل اجتماعی و فرهنگی در جهان‌های مجازی خواهد بود. پل‌های مجازی به‌تدریج ایجاد می‌شوند تا به کاربران اجازه دهند آواتارها و دارایی‌های خود را حفظ کنند و درعین‌حال به‌راحتی

آن‌ها را در دنیای مجازی منتقل کنند. مجموعهٔ منحصربه‌فردی از اعتبارنامه‌ها با استفاده از استاندارد هویت برای کاربر صادر می‌شود و این اعتبارنامه‌ها را می‌توان در سراسر مرزهای دنیای مجازی استفاده کرد (Stokel-Walker, Kiong, 2022; Sparkes, 2021)؛ این مورد می‌تواند مانند شمارهٔ مجوز واقعی، شمارهٔ تأمین اجتماعی، شمارهٔ گذرنامه و سایر شماره‌های شناسایی ما باشد.

۳-۴-۲. مشکلات تعامل داده‌ها در متاورس: متاورس از ادغام قلمروهای دیجیتالی متعدد ایجاد می‌شود. پلتفرم‌های دیجیتال متمرکز سنتی که درحال‌حاضر در دسترس هستند، ازهم‌گسیخته و سازماندهی نشده‌اند. افراد باید حساب‌ها، آواتارها، سخت‌افزار و زیرساخت‌های پرداخت خود را برای مشارکت در حوزه‌های مختلف راه‌اندازی کنند (Bian et al., 2021).

۳-۴-۳. چگونه بلاکچین می‌تواند کمک کند: برای اطمینان از قابلیت همکاری میان دنیای مجازی در متاورس، «پروتکل زنجیره‌ای متقابل»[1] راه‌حلی عالی است (Belchior et al., 2021; Madine et al., 2021). این امکان مبادلهٔ دارایی‌هایی مانند آواتارها، NFT و پرداخت را میان دنیاهای مجازی فراهم می‌کند که در شکل ۴ نشان داده شده است. در این پروتکل زمینه برای پذیرش گستردهٔ متاورس فراهم می‌شود. قابلیت همکاری میان جهان‌های مجازی ازطریق استفاده از فناوری زنجیرهٔ بلوکی متقابل فعال می‌شود و نیاز به واسطه‌ها در متاورس را از بین می‌برد (Jabbar et al., 2020). درواقع بلاکچین اتصال افراد و برنامه‌ها را در متاورس ساده می‌کند.

۳-۴-۴. خلاصه: با وجود ظرفیت بلاکچین در افزایش قابلیت همکاری میان دنیای مجازی در چندین متاورس تحقیقات بیشتری موردنیاز است. مشکل اصلی در زنجیرهٔ بلوکی متقابل که قابلیت همکاری متاورس را فعال می‌کند وجود چندین بلاکچین عمومی در جهان‌های مجازی مختلف است که زبان مشترکی ندارند. پلتفرم‌های گوناگون درجات مختلفی از قابلیت‌های قرارداد هوشمند را ارائه می‌کنند که سازگاری را دشوار می‌کند. علاوه‌براین، معماری تراکنش و فرایندهای اجماع مورداستفاده در این جهان‌های مجازی بسیار متفاوت است و قابلیت همکاری را محدود می‌کند (Wibowo and Sandikapura, 2019).

۳-۵. حفظ حریم خصوصی داده‌ها

۳-۵-۱. مقدمه: متاورس از فناوری‌های پیشرفتهٔ رابط انسان و رایانه[2] استفاده می‌کند که به کاربران امکان می‌دهد در تعاملات اجتماعی و همچنین تعامل با محیط مجازی خود شرکت کنند (Siyaev and. Jo, 2021). Web ۲٫۰ متمرکز است و نگرانی‌هایی را در مورد حفظ حریم خصوصی داده‌ها ایجاد می‌کند. با افزایش دامنه و پیچیدگی اینترنت متاورس، که به Web ۳٫۰ نیز شناخته می‌شود، متاورس مرزهای میان دنیای واقعی و دنیای مجازی را کاهش می‌دهد (Arvas, 2022).

۳-۵-۲. مشکلات مربوط به حفظ حریم خصوصی در متاورس: سازگاری اکوسیستم متاورس در مراحل اولیه دشوار خواهد بود که مهاجمان می‌توانند کاربران را فریب دهند و اطلاعات حساس را سرقت کنند. اگر رباتی با هوش مصنوعی مانند Promobot به کار گرفته شود، کاربر متوجه نمی‌شود که با چه کسی سروکار دارد و ممکن است باور کند که با شخصی واقعی در حال تعامل است و درنتیجه فریب او را می‌خورد. اطلاعات قابل‌شناسایی شخصی[3] هنگامی که صحبت از حفظ محرمانه‌بودن داده‌های شخصی می‌شود باعث نگرانی می‌شود (Hughes, 2022). ادغام اطلاعات اعتباری در متاورس دشواری مدیریت حجم فراوانی از داده‌ها را هم‌زمان افزایش می‌دهد.

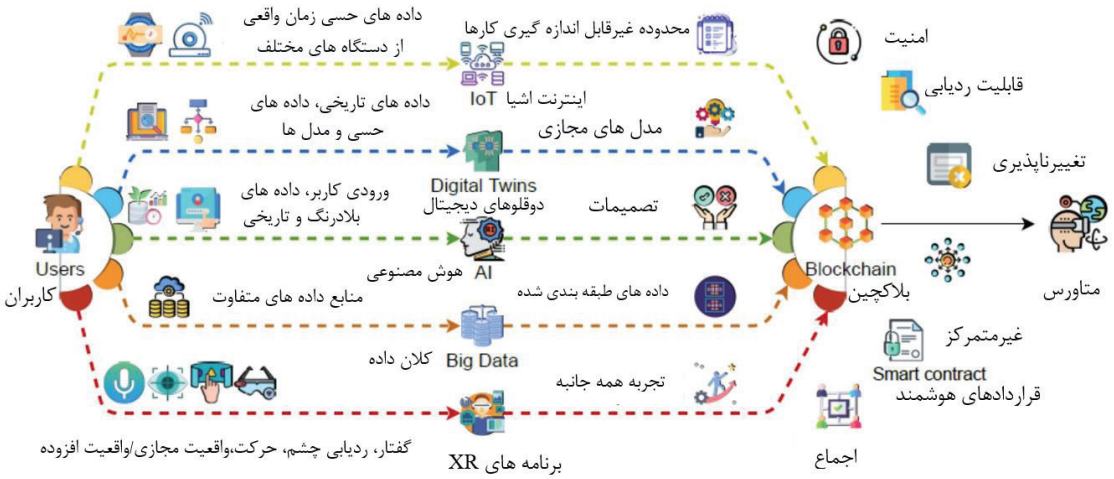
۳-۵-۳. چگونه بلاکچین می‌تواند کمک کند: فناوری بلاکچین به کاربران متاورس توانایی کنترل داده‌های خود را ازطریق استفاده از کلیدهای خصوصی و عمومی[4] می‌دهد و به‌طور مؤثر مالکیت داده‌های خود را به آن‌ها اعطا می‌کند. در متاورس فعال‌شده با بلاکچین، واسطه‌های شخص ثالث مجاز به سوءاستفاده یا به‌دست‌آوردن اطلاعات از طرف‌های دیگر نیستند. در مورد داده‌های شخصی که در متاورسِ فعال‌شده با بلاکچین نگهداری می‌شوند، صاحبان داده‌ها می‌توانند تنظیم کنند که شخص ثالث چه زمانی و چگونه به اطلاعات آن‌ها دسترسی داشته باشد (Kumar et al., 2021).

۳-۵-۴. خلاصه: پذیرش فناوری بلاکچین می‌تواند به کاربران در حفظ حریم خصوصی داده‌هایشان کمک کند. اما خطای انسانی منفرد، مانند ازدست‌دادن کلیدی خصوصی، این قابلیت را دارد که امنیت فناوری بلاکچین و حریم خصوصی داده‌ها در متاورس را به خطر بیندازد. در متاورس مهاجمان به‌راحتی می‌توانند برنامه‌های شخص ثالث را هدف قرار دهند، زیرا آن‌ها تمایل دارند از سازوکارهای امنیتی ناکافی استفاده کنند و درنتیجه اطلاعات شخصی را در معرض خطر قرار دهند (Hassan et al., 2019). هنوز ظرفیت فراوانی برای بررسی نحوهٔ استفاده از فناوری بلاکچین در متاورس برای اطمینان از حریم خصوصی داده‌های کاربر وجود دارد.

۴. تأثیر بلاکچین در فناوری‌های کلیدی فعال‌کننده در متاورس

بلاکچین می‌تواند فناوری‌های کلیدی را در متاورس تقویت کند که به کاربران اجازه می‌دهد بدون ترس از عواقب بعدی در

1. Cross-chain protocol
2. Human-computer interface (HCI)
3. Personal identifiable information (PII)
4. Private and public keys



شکل ۴: بلاکچین برای فناوری‌های کلیدی فعال‌کنندهٔ متاورس

فعالیت‌های اجتماعی و اقتصادی شرکت کنند. تصویر بلاکچین روی فناوری‌های کلیدی فعال در متاورس در شکل ۴ نشان داده شده است.

۴-۱. بلاکچین برای اینترنت اشیا در متاورس

۴-۱-۱. مقدمه: در پلتفرم متاورس داده‌ها از انواع دستگاه‌های اینترنت اشیا[1] جمع‌آوری می‌شوند تا اطمینان حاصل شود که در چندین کاربرد متاورس مانند پزشکی، آموزش و شهرهای هوشمند به‌طور مؤثر اجرا می‌شود (Kanter, 2021). دستگاه‌های اینترنت اشیا با استفاده از طیف متنوعی از سخت‌افزار، کنترل‌کننده‌ها و گزینه‌های فیزیکی متاورس را به هم متصل می‌کنند. اتصال به متاورس و پیمایش فیزیکی و مجازی با دستگاه‌های اینترنت اشیا مجهز به حسگرهای تخصصی امکان‌پذیر می‌شود. ظرفیت دستگاه‌های اینترنت اشیا برای انجام عملیات در متاورس و برای توانایی کار کاربر بسیار مهم است (Yang et al., 2022).

۴-۱-۲. مشکلات مرتبط با اینترنت اشیا در متاورس: تعداد فراوانی از حسگرهای اینترنت اشیای متصل در متاورس هستند که با وجود بسیاری از آن‌ها، ذخیره‌سازی و امنیت اینترنت اشیا بدون شک نگران‌کننده است. همچنین تجزیه‌وتحلیل داده‌های اینترنت اشیا که ساختاری ندارند و در زمان واقعی هستند بسیار دشوار است (Zhang et al., 2021). اما کیفیت داده‌ها را می‌توان بر اساس مقدار، دقت و سرعت داده‌ها سنجش کرد (Rollo et al., 2021). علاوه‌براین، داده‌های متاورس برای تجزیه‌وتحلیل باید بدون خطا باشند. استفاده از راهکاری متمرکز در هنگام ذخیره‌سازی داده‌ها در دنیای مجازی سودمند نیست. اگر حتی قطعه‌ای از داده‌ها دستکاری شده باشد، به کل مجموعه نتایج تولیدشدهٔ دستگاه‌های اینترنت اشیا آسیب می‌رساند. قابلیت‌های چندپلتفرمی[2] دستگاه‌های اینترنت اشیا برای به‌اشتراک‌گذاری داده‌ها میان جهان‌های مجازی حیاتی است (Hajjaji et al., 2021). بنابراین داده‌های اینترنت اشیا باید به علل ایمنی و رعایت مقررات ردیابی شوند.

۴-۱-۳. چگونه بلاکچین می‌تواند کمک کند: با بلاکچین دستگاه‌های اینترنت اشیا در متاورس داده‌ها را ازطریق شبکه‌های زنجیره‌ای متقابل مرتبط می‌کنند که به‌نوبهٔ خود رکوردهای مقاوم در برابر دستکاری از تراکنش‌های مشترک در دنیای مجازی را ایجاد می‌کند همان‌طور که در شکل ۵ نشان داده شده است. با استفاده از فناوری بلاکچین، برنامه‌ها و کاربران می‌توانند بدون نیاز به مدیریت یا کنترل متمرکز، داده‌های اینترنت اشیا را به اشتراک بگذارند و به آن‌ها دسترسی داشته باشند (Majeed et al., 2021). با فناوری بلاکچین ذی‌نفعان می‌توانند سوابق داده‌های اینترنت اشیای خود را در دفتر کل بلاکچین مشترک پیگیری کنند و این به حل مشکلات موجود در متاورس کمک می‌کند.

۴-۱-۴. خلاصه: با استفاده از بلاکچین دستگاه‌های اینترنت اشیا می‌توانند داده‌های واقعی را به‌طور ایمن در چند جهان مجازی به اشتراک بگذارند و ذخیره کنند. فناوری‌های بلاکچین به میزان فراوانی از قدرت پردازشی برای ادامهٔ کار نیاز دارند. اگر گروه کوچکی از ماینرها بیشترِ کل نرخ هش ماینینگ شبکه را کنترل کنند، بلاکچین‌ها آسیب‌پذیر می‌شوند. نمی‌توان داده‌های اینترنت اشیا را که به‌سبب حاکمیت‌نداشتن عمومی نیستند، پیش از انتشار در زنجیرهٔ بلوکی در متاورس تأیید کرد. قراردادهای هوشمند در متاورس که در دفتر کل معاملات توزیع‌شده اجرا می‌شوند ممکن

1. Industrial Internet of Things (IOT)

2. Cross-platform capabilities

است قوانین را نقض کنند. ردیابی همهٔ تراکنش‌های اینترنت اشیا که شامل خدمات غیرقانونی در متاورس می‌شوند، به‌علت ناشناس‌بودن فناوری بلاکچین، دشوار است. درحالی‌که عملکرد خودکار بلاکچین مزایای متعددی را ارائه می‌دهد، تعیین دقیق اینکه کدام طرف‌ها مسئول رفتارهای خاص هستند همچنان مشکل‌زاست (Uddin et al., 2021). درنتیجه بلاکچین باید منظم شود تا باعث گسترش متاورس شود.

۴-۲. بلاکچین برای دوقلوهای دیجیتال در متاورس

۴-۲-۱. مقدمه: دوقلوهای دیجیتال (Ramu et al., 2022) بازنماییِ دیجیتالیِ پیچیده‌ای از همه‌چیز در متاورس‌اند، از دارایی‌های ساده گرفته تا محصولات پیچیده و محیط اطراف. بنابراین هر چیزی که با نیازهای کاربر مرتبط است با استفاده از دوقلوهای دیجیتال می‌تواند جزئی از اکوسیستم باشد. اتصالات دوطرفهٔ اینترنت اشیا به کاربران این امکان را می‌دهد تا الگوهای دلخواه خود را زنده کنند و درعین‌حال آن‌ها را با دنیای واقعی هماهنگ نگه‌دارند. کاربردهای متاورس نمی‌توانند به‌درستی کار کنند مگر اینکه در ابتدا ارتباطی میان دنیای فیزیکی و دیجیتال برقرار شود. بنابراین دوقلوهای دیجیتال برای درک چگونگی تکامل محیط متاورس و کمک به پیش‌بینی آینده مهم خواهند بود (Chen and Lee, 2021). با استفاده از دوقلوهای دیجیتال می‌توان پیش‌بینی کرد که سخت‌افزار چه زمانی نیاز به سرویس دارد یا نیازهای کاربران قبل از رسیدن به متاورس را برآورد کرد (Yoon et al., 2021).

۴-۲-۲. مشکلات مربوط به دوقلوهای دیجیتال در متاورس: الگوهای دوقلوی دیجیتال در متاورس با استفاده از اطلاعات به‌دست‌آمده از چندین حسگر از راه دور گسترش خواهند یافت. دقت الگوی دوقلوی دیجیتال تحت‌تأثیر کیفیت داده‌هایی است که برای ایجاد الگو استفاده می‌شود. به‌عبارت‌دیگر، داده‌های ارائه‌شدهٔ منبع باید واقعی و ازنظر کیفیت در حد استاندارد باشند (Zhuang et al., 2021).

۴-۲-۳. چگونه بلاکچین می‌تواند کمک کند: دوقلوهای دیجیتال با استفاده از قابلیت‌های رمزگذاری در بلاکچین و شفافیت داده‌های تاریخی می‌توانند در برابر حملات مقاوم باشند و داده‌ها را به‌طور ایمن در جهان‌های مجازی مختلف به اشتراک بگذارند (Lee et al., 2021). داده‌ها را می‌توان با استفاده از دفتر کل توزیع‌شدهٔ هوشمند میان دوقلوهای دیجیتال در دنیای مجازی به اشتراک گذاشت. اشیا دنیای واقعی روی بلاکچین ذخیره می‌شوند و با استفاده از دفتر کل توزیع‌شدهٔ هوشمند همان‌طور که در شکل ۵ نشان داده شده است، با دوقلوهای دیجیتالی در متاورس هماهنگ می‌شوند. به‌علاوه، استقرار دوقلوهای دیجیتالی روی بلاکچین به حل مسائل مربوط به حریم خصوصی و امنیت داده‌ها کمک می‌کند (Shen et al., 2021)). با ادغام بلاکچین با هوش مصنوعی، ردیابی داده‌های حسگر و تولید دوقلوهای دیجیتالی با کیفیت بالا در متاورس امکان‌پذیر می‌شود. علاوه‌براین، استقرار دوقلوهای دیجیتالی در بلاکچین به هر عملکرد دوقلوی دیجیتالی در متاورس کمک می‌کند که به‌عنوان تراکنشی در زنجیرهٔ بلوکی ثبت شود که البته تغییرناپذیر است و برای تغییر نیاز به اجماع دارد.(Lee et al., 2021)

۴-۲-۴. خلاصه: ادغام فناوری بلاکچین در دوقلوهای دیجیتالی ذی‌نفعان متاورس را قادر می‌سازد تا داده‌ها را در دفتر کل توزیع‌شده به‌طور مؤثر مدیریت کنند و درعین‌حال به نگرانی‌هایی راجع به اعتمادسازی، یکپارچگی و ایمنی داده‌ها نیز رسیدگی کنند. استانداردسازی، حفظ حریم خصوصی و مقیاس‌پذیری همگی مسائلی‌اند که باید برای بلاکچین و نیز پیاده‌سازی موفقیت‌آمیز در برنامه‌های کاربردی دوقلوی دیجیتال در متاورس بررسی شوند. ترکیبی از بلاکچین، XAI و رویکردهای یادگیری فدرال، کیفیت دوقلوهای دیجیتال را در متاورس بهبود می‌بخشد (Wang et al. 2021).

۴-۳. بلاکچین برای هوش مصنوعی در متاورس

۴-۳-۱. مقدمه: هوش مصنوعی از مهم‌ترین فناوری‌های توانمند برای پایه‌گذاری و گسترش متاورس است که به آن در دستیابی به ظرفیت کامل خود کمک می‌کند. الگویی از هوش مصنوعی، بر اساس تصویر اصلی یا اسکن سه‌بعدی، تصاویر کاربر را خودکار تجزیه‌وتحلیل می‌کند و شبیه‌سازیِ بسیار واقعی به نام آواتار می‌سازد. در متاورس ویژگی‌ها و مشخصه‌های بازنمایی آواتار در کیفیت کلی تجربهٔ کاربر تأثیر می‌گذارد. مشخصاً، هوش مصنوعی می‌تواند انواع مختلفی از حالات چهره، احساسات، مدها، ویژگی‌های مربوط به پیری و غیره را برای آواتار ترسیم کند تا آن را پویاتر کند (Duan et al., 2021). درنتیجهٔ آموزش مهم هوش مصنوعی، متاورس برای افراد در سراسر جهان بدون توجه به صلاحیت زبانی آن‌ها در دسترس خواهد بود. تجربهٔ کار با متاورس که هم‌زمان سرگرم‌کننده، معتبر و درعین‌حال قابل‌فروش هم باشد، بدون استفاده از هوش مصنوعی بحث‌برانگیز خواهد بود.

۴-۳-۲. مشکلات مرتبط با هوش مصنوعی در متاورس: با توجه به دانش و فناوری امروز، متاورس نمایانگر مرز جدیدی است و راه‌اندازی هوش مصنوعی در آنجا کار دشواری خواهد بود زیرا ردیابی مالکیت موارد مبتنی‌بر هوش مصنوعی در متاورس دشوار است. کاربران هیچ وسیله‌ای ندارند برای دانستن اینکه آیا با فرد واقعی در حال تعامل هستند یا آواتار تولیدشدهٔ رایانه. همان‌طور که در شکل ۴ نشان داده شده است، کاربران ممکن است از فناوری‌های هوش مصنوعی برای درگیرشدن در فعل‌وانفعالات متواتر و بهره‌برداری غیرقانونی از منابع استفاده کنند، برای مثال،

با استفاده از کد هوش مصنوعی برای برنده‌شدن در بازی‌ها یا با سرقت‌کردن منابع از سایر کاربران (Wiederhold, 2022).

۴-۳-۳. چگونه بلاکچین می‌تواند کمک کند: رمزگذاری ارائه‌شده توسط فناوری بلاکچین، امکان کنترل کامل کاربران بر داده‌های خود را در متاورس فراهم می‌کند و انتقال مالکیت داده‌ها و رضایت‌نامه‌های مربوط به هوش مصنوعی به طرف‌های دیگر را تسهیل می‌کند. کاربران قادرند با استفاده از اثبات‌های دانش صفر (zero-knowledge)، برنامه‌ها و سایر افراد را متقاعد سازند که اطلاعات خاصی در مورد آن‌ها صحیح است، بدون این‌که نیاز باشد این اطلاعات را در اختیار خود برنامه‌ها قرار دهند. این امر امکان استفاده از داده‌ها برای آموزش مدل‌های هوش مصنوعی را فراهم می‌کند (Hussain and Al-Turjman, 2021). این امر از بهره‌برداری نادرست هوش مصنوعی از منابع موجود در متاورس جلوگیری می‌کند.

۴-۳-۴. خلاصه: ترکیب هوش مصنوعی و بلاکچین از داده‌های بسیار حساسی محافظت می‌کند که سیستم‌های مبتنی‌بر هوش مصنوعی باید به دست آورند، ذخیره کنند و استفاده کنند. داده‌ها و اطلاعات حساس، از بزرگ تا کوچک، در متاورس به‌طور چشمگیری درنتیجهٔ این رویکرد محافظت می‌شوند. بلاکچین‌های عمومی امن هستند و به‌طور معتبر کار پردازش داده‌ها را انجام می‌دهند، اما داده‌های جمع‌آوری‌شده برای همهٔ سهام‌داران در متاورس باز است. این موضوع می‌تواند باعث نگرانی باشد و همچنین ممکن است به الگوهای هوش مصنوعی در متاورس آسیب برساند. درواقع اگر استانداردها یا مقررات بلاکچین وجود نداشته باشند، مهاجمان از ضعف هوش مصنوعی سوءاستفاده می‌کنند. به‌علاوه، لازم است مبدل متقابل زنجیره‌ای[1] معرفی شود که این قابلیت را به برنامه‌های کاربردی هوش مصنوعی بدهد تا با متاورس‌های ساخته‌شده روی بلاکچین‌های مختلف هماهنگ شوند.

۴-۴. بلاکچین برای کلان‌داده‌ها در متاورس

۴-۴-۱. مقدمه: داده‌ها در متاورس متنوع‌ترند و در حجم‌های بیشتر و با سرعت بالاتر از داده‌های دنیای واقعی به دست می‌آیند. هنگامی که منابع دادهٔ جدید در متاورس کشف می‌شود، از روش‌های کلان‌داده در متاورس برای جمع‌آوری مجموعهٔ داده‌های بزرگ‌تر و پیچیده‌تر استفاده می‌شود. حجم عظیم داده‌های تولیدشدهٔ متاورس برای طیف وسیعی از فعالیت‌ها از خدمات مشتری گرفته تا تجزیه‌وتحلیل داده‌ها مفید خواهد بود (Han and Kim, 2021). کلان‌داده بینش جدیدی را ارائه می‌دهد که به ایجاد فرصت‌ها و الگوهای تجاری جدید در متاورس منجر می‌شود.

۴-۴-۲. مشکلات مربوط به کلان‌داده‌ها در متاورس: اگرچه فناوری‌های ذخیره‌سازی داده‌ها پیشرفت کرده‌اند، میزان داده‌ها به‌تدریج دو برابر شده است و در متاورس هم افزایش خواهد یافت. همگام‌بودن با میزان و سرعت تولید داده در متاورس کاری پیچیده است. همچنین ناهمگونی داده‌های تولیدشدهٔ برنامه‌های کاربردی متاورس نیز مشکلی بزرگ است. توانایی استفادهٔ خوب از داده‌ها در متاورس چیزی است که آن را ارزشمند می‌کند و سرپرستی[2] روشی است که متاورس آن را انجام می‌دهد. جمع‌آوری داده‌ها و سازمان‌دهی آن‌ها که برای مصرف‌کننده ضروری است نیازمند تلاش و سرمایه‌گذاری بزرگ به‌لحاظ زمانی است. متخصصان داده اکثریت زمان خود را صرف آماده‌سازی و سازماندهی داده‌ها برای استفادهٔ ذی‌نفعان می‌کنند (Wang et al., 2022). درنهایت، فناوری کلان‌داده‌ها با سرعتی سریع در حال پیشرفت است و همگام‌شدن با آخرین پیشرفت‌های فناوری کلان‌داده‌ها در متاورس مشکلی بی‌پایان است.

۴-۴-۳. چگونه بلاکچین می‌تواند کمک کند: استفاده از فناوری بلاکچین به جمع‌آوری داده‌ها از منابع قابل‌اعتماد کمک می‌کند، بنابراین میزان داده‌های نادرست به‌دست‌آمده را کاهش می‌دهد همان‌طور که در شکل ۵ نشان داده شده است. به‌علاوه صاحبان داده‌ها کنترل کاملی بر داده‌های خود خواهند داشت و هرگونه دستکاری داده‌ها توسط شخص ثالث محدود خواهد شد. این امر تضمین می‌کند که جریان داده‌ها در متاورس استاندارد بالایی از کیفیت را دارند (Deepa et al., 2022). با توجه به ماهیت غیرمتمرکز فناوری بلاکچین، متخصصان داده در متاورس قادر به برقراری ارتباط و همکاری در پاک‌سازی داده‌ها خواهند بود که این موضوع میزان بسیاری از زمان و هزینه‌های مرتبط با طبقه‌بندی داده‌ها، ایجاد مجموعهٔ داده‌ها برای برنامه‌های تحلیلی و همچنین خطر آلودگی داده‌ها را کاهش می‌دهد. به‌علت تغییرناپذیری بلاکچین دستکاری داده‌ها امکان‌پذیر نخواهد بود زیرا در سراسر شبکه کپی می‌شوند (Gligor et al., 2021). بنابراین این امر دردسترس‌بودن داده‌ها را برای ذی‌نفعان متاورس بهبود می‌بخشد.

۴-۴-۴. خلاصه: بلاکچین قابلیت فراوانی برای آیندهٔ تجزیه‌وتحلیل کلان‌داده‌ها دارد. کاربران می‌توانند کنترل کاملی بر اطلاعات شخصی و فعالیت‌های مالی خود در متاورس داشته باشند. به‌علت وجود بلاکچین نیازی به شخص ثالث برای به‌دست‌آوردن داده‌های قابل‌اعتماد و برچسب‌گذاری آن داده‌ها نخواهد بود. باوجوداین، برخی از مسائل، مانند الگوهای اجماع، هزینهٔ بلوک‌های استخراج و تأیید تراکنش‌ها هنوز بحث‌برانگیزند (Deepa et al., 2022). در بلاکچین راه‌حل‌هایی ارائه می‌شود

1. Cross-chain converter

2. Curation

که به تغییرات اساسی در سیستم‌های موجود یا جایگزینی کامل این سیستم‌ها نیازمند هستند که درنتیجه تغییر کل سیستم سخت و زمان‌بر خواهد بود. اگرچه ادغام بلاکچین با متاورس هنوز در مراحل اولیه است، این مسائل در آینده حل می‌شوند و راه را برای طیف گسترده‌ای از فرصت‌های جدید و هیجان‌انگیز هموار می‌کنند.

۴-۵. بلاکچین برای برنامه‌های کاربردی XR چندحسی، حضور از راه دور هولوگرافیک در متاورس

۴-۵-۱. مقدمه: متاورس ازطریق استفاده از فناوری‌هایی مانند حضور از راه دور هولوگرافیک و برنامه‌های واقعیت افزوده تجربیات همه‌جانبه و واقعی را ارائه می‌دهد همان‌طور که در شکل ۴ نشان داده شده است. این برنامه‌ها شامل صدا، تصویر، شناخت و سایر اجزا هستند. آن‌ها نمایشی در زمان واقعی از اشیا مجازی و فیزیکی در متاورس ارائه می‌دهند. برنامه‌های XR از حسگرها برای ایجاد تجربهٔ واقعی‌تر با ترکیب اشیا دنیای واقعی استفاده می‌کنند (Yang and Lee, 2021). درنتیجهٔ این پیشرفت‌ها، کاربردهای هولوگرافیک و چندحسی XR کاربر را قادر می‌سازد تا دنیای واقعی و مجازی را هم‌زمان تجربه کند.

۴-۵-۲. مشکلات مربوط به برنامه‌های چندحسی XR، حضور از راه دور هولوگرافیک در متاورس: فناوری‌های XR مانند VR، AR و حضور از راه دور هولوگرافیک، فناوری‌های فعال‌کنندهٔ کلیدی در متاورس هستند. بااین‌حال، ممکن است نگرانی‌های شخصی و اجتماعی را نیز مطرح کنند. با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری‌شده از این فناوری‌ها، شرکت‌ها قادر به گسترش سیستمی توصیه‌گر خواهند بود. کیفیت این سیستم‌های توصیه‌گر در متاورس را می‌توان تحت‌تأثیر داده‌های رفتاری جمع‌آوری‌شده از منابع مختلف قرار داد. این فناوری به حجم عظیمی از ذخیره‌سازی داده‌ها نیاز دارد که باید همیشه برای کاربران در متاورس به‌راحتی در دسترس باشد. داده‌های حساس مانند اطلاعات بیومتریک جمع‌آوری‌شده توسط دستگاه‌های AR/VR می‌توانند برای شناسایی کاربران و استنباط اطلاعات اضافی در مورد آن‌ها در دنیای مجازی استفاده شوند (Duan et al., 2021).

۴-۵-۳. چگونه بلاکچین می‌تواند کمک کند: در متاورس دفتر کل توزیع‌شدهٔ مبتنی‌بر بلاکچین اعتبارسنجی حضور از راه دور هولوگرافیک و دیگر سوابق برنامه‌های XR را امکان‌پذیر می‌کند و همچنین منبع داده‌های اشتباه را ردیابی می‌کند. این امر به ایجاد سیستم توصیه‌گر دقیق کمک می‌کند. علاوه‌براین حضور از راه دور هولوگرافیک و دیگر برنامه‌های کاربردی XR اشتراک‌گذاری ایمن داده‌ها را میان دنیای مجازی با سازوکار اعتماد صفر و فناوری زنجیره‌ای متقابل زنجیرهٔ بلوکی آسان‌تر می‌کنند (Bhattacharya et al., 2021).

۴-۵-۴. خلاصه: برنامه‌های کاربردی XR چندحسی همراه با فناوری هولوگرافیک و فناوری بلاکچین به ادغام اقتصادهای دیجیتال در پلتفرم‌های یکپارچه‌ای کمک می‌کنند که در آن دارایی‌ها و پرداخت‌های موجود در متاورس را می‌توان به‌طور مؤثر و بدون ابهام مدیریت کرد. فناوری VR/AR در آیندهٔ قابل‌پیش‌بینی توانایی دسترسی جهانی به گوشی‌های هوشمند یا رایانه‌ها را نخواهد داشت. نگرانی و مشکلی که برای بلاکچین وجود دارد استفاده از آیندهٔ جعلی عمیقِ هوش مصنوعی پیشرفته خواهد بود که باید با پلتفرم‌های بلاکچین درحال ظهورِ جدید برطرف شود.

دستگاه‌های اینترنت اشیا، دوقلوهای دیجیتال و برنامه‌های XR، کلان‌داده‌ها را در متاورس تولید می‌کنند. بلاکچین به این فناوری‌ها در دستیابی ایمن و باکیفیت داده‌های معتبر در متاورس کمک می‌کند. همچنین بلاکچین کلان‌داده‌ها را در داده‌های متاورس به شیوه‌ای ایمن ازطریق تغییرناپذیری و با ویژگی‌های شفاف ارائه‌شدهٔ خود ذخیره و مدیریت می‌کند. جدول شمارهٔ ۲ تأثیر زنجیرهٔ بلوکی در جنبه‌های فنی و فناوری‌های مختلف توانمندسازی متاورس را خلاصه‌وار نمایش می‌دهد.

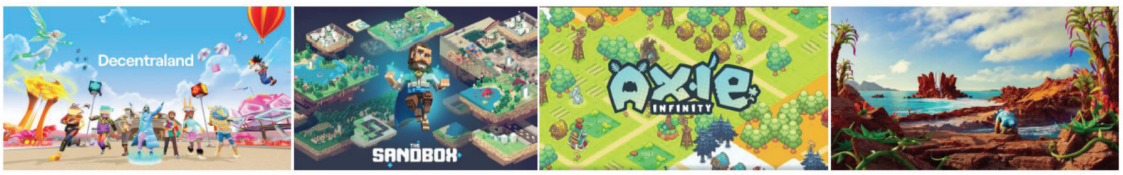
۵. پروژه‌های متاورس

این بخش به‌اختصار برخی از پروژه‌های معروف متاورس را معرفی می‌کند:

جدول ۲: تأثیر بلاکچین در جنبه‌های فنی در متاورس

جنبه‌های فنی	ظرفیت جمع‌آوری داده‌ها	ذخیره‌سازی داده‌ها	به‌اشتراک‌گذاری داده‌ها	قابلیت همکاری داده‌ها	حفظ حریم خصوصی داده‌ها
اینترنت اشیا	H	L	H	L	H
دوقلوهای دیجیتال (Digital Twins)	H	L	H	M	H
برنامه‌های XR	H	M	H	L	H
هوش مصنوعی (AI)	L	M	L	L	H
کلان‌داده‌ها (Big Data)	H	H	L	L	H

تأثیر کم L　تأثیر متوسط M　تأثیر زیاد H



شکل ۵: مناظر داخل دنیای مجازی پروژه‌های متاورس مختلف (از چپ به راست): Decentraland، Sandbox، Axie Infinity و Illuvium.

Decentraland، Sandbox، Axie Infinity و Illuvium از بلاکچین به‌عنوان فناوری اصلی، پایه و اساس و گسترش متاورس بهره‌برداری کرده‌اند و علاوه‌براین خدمات و برنامه‌های کاربردی مبتنی‌بر بلاکچین را در دنیای مجازی از املاک گرفته تا تجارت الکترونیک ارائه می‌دهند. مناظر داخل دنیای مجازی پروژه‌ها در شکل ۵ نشان داده شده است.

۵-۱. Decentraland: پلتفرم واقعیت مجازی است که از بلاکچین _ اتریوم پشتیبانی می‌کند و به کاربران اجازه می‌دهد دارایی‌های اقتصادی، محتویات فوق‌واقعی و برنامه‌های کاربردی را تجربه، ایجاد و کسب درآمد کنند. زمین در Decentraland با نظارت کامل و کنترل بر فعالیت‌های خلاقانهٔ آن‌ها دائماً در اختیار جامعه است. در دنیای مجازی Decentraland، سرزمین مجازی منحصراً به‌عنوان داراییِ دیجیتال تعویض‌نشدنی، قابل‌انتقال و سهم ذخیره‌شده در قرارداد هوشمند اتریوم شناسایی می‌شود که می‌توان آن را در دفتر کل مبتنی‌بر بلاکچین با ERC20 درخواست کرد (درخواست اتریوم برای نظرها ۲۰) و توکن‌ها MANA را فراخوانی می‌کنند. متفاوت با دیگر دنیاهای مجازیِ سنتی و شبکه‌های اجتماعی، هیچ سازمان متمرکزی Decentraland را مدیریت و نظارت نمی‌کند. یعنی هیچ عاملی به‌تنهایی اجازهٔ تغییر قوانین نرم‌افزار، محتوا، سازوکار اقتصادی یا جلوگیری از دسترسی دیگران به جهان تجارت محصولات دیجیتال و ارائهٔ خدمات را ندارد.

۵-۲. Sandbox: همان‌طور که بر بلاکچین _ اتریوم ساخته شده است، متاورسی غیرمتمرکز و تولیدشدهٔ کاربر است که در آن کاربران می‌توانند تجربه‌های نهفته در بازی را با استفاده از SAND و توکن ابزاری پلتفرم بومی آن با ERC-20 بسازند و کسب مالکیت و درآمد کنند. Sandbox با الهام از Minecraft۵ و Roblox۶ تجربهٔ بازی را از محیط پیکسل دوبعدی گوشی همراه به دنیایی کاملاً سه‌بعدی با استفاده از پلتفرم بازی voxel ارتقا می‌دهد. در متاورس Sandbox، کاربران می‌توانند آزادانه اشیا سه‌بعدی (مانند افراد، حیوانات، ساختمان‌ها و ابزارها) را با VoxEdit، بستهٔ بازی داخلی voxel و با مالکیت واقعی به‌عنوان NFT ایجاد و متحرک کنند. این خلاقیت‌ها را می‌توان در بازار Sandbox به‌عنوان دارایی‌های بازی معامله کرد و سازندگان می‌توانند پاداش یا انگیزهٔ خود را با توکن‌های SAND (سازگار با ERC-۷۲۱ و ERC-۱۱۵۵) دریافت کنند.

۵-۳. Axie Infinity: از پروژه‌های متاورس انقلابی Play-to-Ern است که در دنیای بازی کریپتو ملاقات پوکمون با موجودات غیرواقعی[1] به نام Axies می‌سازد که بازیکنان می‌توانند آن‌ها را جمع‌آوری کنند، پرورش دهند و برای ساختن پادشاهی Axies خود بجنگند. مانند Decentraland و Sandbox، Axie Infinity سیستم اقتصادی کاربرمحور دارد که به بازیکنان اجازه می‌دهد واقعاً مالکیت، خرید، فروش و تجارت منابع درون بازی را روی فعالیت‌های بازی داشته باشند و در اکوسیستم مشارکت کنند. تفاوت اساسی میان Axie و سایر بازی‌های سنتی این است که سازوکار اقتصادی مبتنی‌بر بلاکچین Axie metaverse به بازیکنان این امکان را می‌دهد تا دارایی‌های دیجیتال خود را با بهبود مهارت‌های درون بازی برای رسیدن به سطوح خاصی افزایش دهند.

۵-۴. Illuvium: اغلب اولین بازی متاورسی نبرد غیرواقعی جهان باز ساخته‌شده بر بلاکچین ـ اتریوم تبلیغ می‌شود که ازطریق طیف وسیعی از ویژگی‌های جمع‌آوری و تجارت می‌تواند منبع سرگرمی برای بازیکن‌های معمولی و کاربران مالی غیرمتمرکز[2] باشد. در دنیای مجازی Illuvium، موجوداتی غیرواقعی به نام Illuvials زندگی می‌کنند که بازیکنان می‌توانند هنگام شکست‌دادن آن‌ها در نبردهای معمولی به تصویرشان بکشند. از آن زمان به بعد، این Illuvials به تیمی وفادار از مجموعه بازیکنان تبدیل می‌شوند و برای مبارزه با سایر بازیکنان نبرد می‌کنند که این ازطریق گیم پلی تصادفی PVP انجام می‌شود. به‌عبارت‌دیگر، بازی Illuvium ترکیبی از بازی اکتشافی جهان باز و بازی نبرد PVP است که در آن بازیکنان می‌توانند گیم‌پلی‌های مختلف را غرق کنند، یعنی آزادانه دنیای مجازی را در حین برنامه‌ریزی استاتیک نبرد کاوش کنند.

نتیجه‌گیری و جهت‌گیری‌های پژوهشی

در این مقاله به‌طور جامع نقش و تأثیرات بلاکچین در پایه‌گذاری و گسترش برنامه‌ها و خدمات در متاورس بررسی و تحلیل شده است. مفاهیم اساسی بلاکچین و متاورس در ابتدای این کار

1. crypto-meet-Pok´emon
2. Decentralized Finance (DeFi)

به‌همراه تأثیر بلاکچین درزمینهٔ پایه و اساس و گسترش متاورس ترسیم شد. سپس، چندین جنبهٔ فنی برجسته و موارد استفاده از بلاکچین در متاورس، علاوه‌بر تجزیه‌وتحلیل مشکلات روشنگرانه و بحث کاربردی ارائه‌شده، کاملاً موردبررسی قرار گرفت. درنهایت، برخی از پیشرفت‌های فنی بلاکچین برای متاورس ارائه شد که به‌نوبهٔ خود عملکرد و عملی‌بودن برنامه‌ها و خدمات بالقوه را در دنیای مجازی افزایش می‌دهد. علاوه‌بر نتیجه‌گیری، برخی از جهت‌گیری‌های تحقیقاتی آینده را به این شرح زیر ترسیم کرده‌ایم:

بلاکچین برای متاورس در هر دو دیدگاه فنی و کاربردی قابلیت‌های فراوانی برای انقلابی‌کردن تجربهٔ همه‌جانبه با برنامه‌ها و خدمات مختلف ساخته‌شده در دنیای مجازی نشان داده است. بسیاری از جنبه‌های فنی و کاربردی همهٔ نسخه‌های بلاکچین فعلی فعالیت‌های تحقیقاتی بسیار بیشتری را به خود جلب کرده‌اند، ازجمله الگوریتم‌های اجماع، مدیریت شبکه و قابلیت همکاری بلاکچین. ازآنجایی‌که الگوریتم‌های اجماع تطابق حالت‌های داده‌های خاص را در میان گره‌های مجاز در شبکه‌ای توزیع‌شده تضمین می‌کنند، تغییرات متعددی از سازوکارهای اجماع برای دستیابی به توان عملیاتی بالا و تأخیر کم معرفی شده‌اند، اما امنیت، مقیاس‌پذیری و تمرکززدایی هم‌زمان به دست نمی‌آیند.(Bhutta et al., 2021) در این زمینه، توسعه و تشدید برخی الگوریتم‌های اجماع نوآورانهٔ ترکیبی (مانند اثبات قابلیت، اثبات سوختگی و اثبات سهام اجاره‌ای)[1] برای رسیدگی مؤثر به مسائل ذکرشده در بالا ضروری است. بلاکچین موضوع جدی جهانی و موردتوجه بسیاری از دولت‌ها و جوامع است زیرا که مصرف بالای انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از عملکرد تعداد فراوانی از گره‌های مشارکت‌کننده در یک شبکه باعث آثار منفی در آب‌وهوا و محیط‌زیست شده است. برای ایجاد راه‌حلی پایدار، پروتکل اجماع بنیاد توسعهٔ ستاره‌ای،[2] امکان احراز هویت تراکنش‌ها را بر اساس مجموعه‌ای از گره‌های قابل‌اعتماد ارائه می‌دهد به‌جای اجرای فرایند احراز هویت برای کل شبکه به‌عنوان الگوریتم POW یا POS که به‌نوبهٔ خود سرعت را تسریع می‌کند و مصرف انرژی را کاهش می‌دهد.

امروزه شبکه‌ها و بلاکچین‌های متعددی برای برنامه‌ها و خدمات خاص زیر چتر سازمان‌های مختلف اجتماعی و ادارات دولتی طراحی شده‌اند. بنابراین، اتصال زنجیره‌های موجود و جدید برای تقویت و گسترش فناوری‌های نوظهور در متاورس ضروری است. زنجیرهٔ متقابل راه‌حلی نهایی معرفی شده است برای به‌دست‌آوردن قابلیت همکاری میان زنجیره‌های مختلف که به کاربران اجازه می‌دهد تراکنش‌ها (باارزش و اطلاعات) را با موفقیت میان شبکه‌های مختلف بلاکچین انجام دهند (Geroni, 2021). برای مثال، کاربران می‌توانند اطلاعات را از یک بلاکچین _ اتریوم به بلاکچین Polygon ارسال کنند و بالعکس. این روشِ قابلیت همکاری همچنین باعث گسترش روزافزون سیستم‌های کاملاً غیرمتمرکز با پل‌های زنجیره‌ای متقابل می‌شود. برای تکامل طولانی‌مدت بلاکچین برای رسیدن به قابلیت همکاری چندزنجیره‌ای،[3] omnichain، به‌عنوان بلاکچین تعریف می‌شود (Zarick et al., 2021). پلتفرم a-service برای تعامل با طیف گسترده‌ای از شبکه‌های سازمانی می‌تواند برنامه‌ها و خدمات مبتنی بر بلاکچین (ازجمله مدیریت دارایی، قرارداد هوشمند، مدیریت تراکنش و دفتر کل داده‌های مشترک) را با مزایای بسیاری مانند شفافیت بیشتر، امنیت افزایش‌یافته، ردیابی بهبودیافته و کارایی و سرعت بهتر ارائه دهد.

در سازمان‌های سنتی که سلسله‌مراتب کلاسیک شرکت را اتخاذ می‌کنند کارگردانان و مدیران حوزه بیشتر تصمیمات مهم را می‌گیرند که معمولاً به‌علت اشتباهات انسانی پرخطر و ناقص‌اند. برای غلبه بر این مشکلات، DAOها نسل بعدی ساختار سازمانی معرفی می‌شوند که شامل گروهی از افراد ناشناس‌اند که اطلاعات را با هم طبق دستورالعمل خوداجباری به اشتراک می‌گذارند (Voshmgir, 2020). الگوریتم‌های قرارداد هوشمند DAOها را اداره می‌کنند که در شبکهٔ بلاکچین زندگی می‌کنند تا هزینه‌های مدیریت تراکنش را کاهش دهند و درعین‌حال شفافیت و فسادناپذیری بهتری را ارائه دهند. تمام قوانین حاکمیتی DAO در دفتری کل به‌صورت شفاف، ایمن و منبع باز شبکهٔ بلاکچین ثبت می‌شود. شایان ذکر است که ذی‌نفعان توکن بومی مجوز نادیده‌گرفتن قوانین را ندارند، اما می‌توانند از توکن‌ها برای رأی‌دادن به پیشنهادها ازطریق قوانین اجماع DAO استفاده کنند. با توجه به اهداف مشترک سهام‌داران، تغییرناپذیری قراردادهای هوشمند در DAO، سود اقتصادی و سایر منافعِ هر سازمان تحت‌حاکمیت را در دفتر کل مشترک بدون دستکاری حفظ می‌کند، جایی که تمام فعالیت‌ها و تراکنش‌ها در شبکه ثبت می‌شود. در آینده، DAO می‌تواند خدمات (برای مثال، DeFi) و محصولات (برای مثال، NFT) را در متاورس به‌صورت خودکار گسترش دهد و نگهداری کند که در آن قراردادهای هوشمند و قوانین اجماع بر همهٔ عملکردهای اصلی حاکم است.

1. Proof-of-Capability, Proof-of-Burn, and Leased Proofof-Stake

2. Stellar Development Foundation

3. Multi-chain

منابع

Lee, Y. C., Moon, H. Ko., Lee, S.-H., and Yoo, B. (2020). "Unified representation for XR content and its rendering method". in The 25th International Conference on 3D Web Technology, pp. 1–10.

Lee, L.-H., Braud, T., Zhou, P., Wang, L., Xu, D., Lin, Z., Kumar, A., Bermejo, C., and Hui, P. (2021). "All one needs to know about metaverse: A complete survey on technological singularity, virtual ecosystem, and research agenda". available in: https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11200.05124/8

Bolger, R. K. (2021). "Finding wholes in the metaverse: Posthuman mystics as agents of evolutionary contextualization". Religions, 12(9), pp. 768.

Thepmanee, T., Pongswatd, S., Asadi, F., and Ukakimaparn, P. (2022). "Implementation of control and scada system: Case study of allen bradley plc by using wirelesshart to temperature control and device diagnostic". Energy Reports, 8, pp. 934–941.

Ramu, S. P., Boopalan, P., Pham, Q. V., Maddikunta, P. K. R., The, T.-H., Alazab, M., Nguyen, T. T., and Gadekallu, T. R. (2022). "Federated learning enabled digital twins for smart cities: Concepts, recent advances, and future directions". Sustainable Cities and Society, p. 0663.

Ranaweera, P., Liyanage, M., and Jurcut, A. D. (2020). "Novel MEC based approaches for smart hospitals to combat COVID-19 pandemic". IEEE Consumer Electronics Magazine, 10(2), pp. 80–91.

Bouri, E., Saeed, T., Vo, X. V., and Roubaud, D. (2021). "Quantile connectedness in the cryptocurrency market," Journal of International Financial Markets, Institutions and Money, 71, pp. 101302.

Bisogni, C., Iovane, G., Landi, R. E., and Nappi, M. (2021). "ECB2: a novelencryption scheme using face biometrics for signing blockchain transactions". Journal of Information Security and Applications, 59, p. 102814.

Wang, S., Qureshi, M. A., Miralles-Pechua´an, L., Huynh-The, T., Gadekallu, T. R., and Liyanage, M. (2021). "Explainable AI for B5G/6G: Technical aspects, use cases, and research challenges". Available in: arXiv preprint arXiv:2112.04698.

Gadekallu, T. R., Pham, Q.-V., Nguyen, D. C., Maddikunta, P. K. R., Deepa, N., Prabadevi, B., Pathirana, P. N., Zhao, J., and Hwang, W.-J. (2022). "Blockchain for edge of things: Applications, opportunities, and challenges". IEEE Internet of Things Journal, 9(2), pp. 964–988.

Ynag, Q., Zhao, Y., Huang, H., and Zheng, Z. (2022). "Fusing blockchain and AI with metaverse: A survey," IEEE Open Journal of the Computer Society, 3, pp. 122-136.

Ning, H., Wang, H., Lin, Y., Wang, W., Dhelim, S., Farha, F., Ding, J., and Daneshmand, M. (2021)."A survey on metaverse: the state-of-the-art, technologies, applications, and challenges". IEEE Internet of Things Journal.

Jeon, H.-j., Youn, H.-c., Ko, S.-m., and Kim, T.-h. (2022). "Blockchain and AI meet in the metaverse". Advances in the Convergence of Blockchain and Artificial Intelligence, p. 73.

Mystakidis, S. (2022). "Metaverse," Encyclopedia, 2(1), pp. 486–497.

Wang, F.-Y., Qin, R., Wang, X., and Hu, B. (2022). "Metasocieties in metaverse: Metaeconomics and metamanagement for metaenterprises and metacities". IEEE Transactions on Computational Social Systems, 9(1), pp. 2–7.

Park S.-M., and. Kim, Y.-G. (2022). "A metaverse: taxonomy, components, applications, and open challenges". IEEE Access, 10, pp. 4209– 4251.

Nakamoto, S. (2008). "Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system". Decentralized Business Review, p. 21260.

Huo, R., Zeng, S., Wang, Z., Shang, J., Chen, W., Huang, T., Wang, S., Yu, F. R., and Liu, Y. (2022). "A comprehensive survey on blockchain in industrial internet of things: Motivations, research progresses, and future challenges". IEEE Communications Surveys and Tutorials, 24(1), pp. 88-122.

Dotan, M., Pignolet, Y.-A., Schmid, S., Tochner, S., and Zohar, A. (2021). "Survey on blockchain networking: Context, state-of-the-art, challenges".

ACM Computing Surveys (CSUR), 54(5), pp. 1–34.

Alangot, B., Reijsbergen, D., Venugopalan, S., Szalachowski, P., and Yeo, K. S. (2021). "Decentralized and lightweight approach to detect eclipse attacks on proof of work blockchains". IEEE Transactions on Network and Service Management, 18(2), pp. 1659–1672.

Thomsen, S. E., and Spitters, B. (2021). "Formalizing nakamoto-style proof of stake". In 2021 IEEE 34th Computer Security Foundations Symposium (CSF), pp. 1–15.

Jian, X., Leng, P., Wang, Y., Alrashoud, M., and Hossain, M. S. (2021). "Blockchain-empowered trusted networking for unmanned aerial vehicles in the B5G era". IEEE Network, 35(1), pp. 72–77.

Zarir, A. A., Oliva, G. A., Jiang, Z. M., and Hassan, A. E. (2021). "Developing cost-effective blockchain-powered applications: A case study of the gas usage of smart contract transactions in the ethereum blockchain platform". ACM Transactions on Software Engineering and Methodology (TOSEM), 30(3), pp. 1–38.

Nadini, M., Alessandretti, L., Di Giacinto, F., Martino, M., Aiello, L. M., and Baronchelli, A. (2021). "Mapping the NFT revolution: market trends, trade networks, and visual features". Scientific reports, 11(1), pp. 1– 11.

Stephenson, N. (2003). Snow crash. New York: Bantam Books.

Koutitas, G., Smith, S., and Lawrence, G. (2021). "Performance evaluation of AR/VR training technologies for ems first responders". Virtual Reality, 25(1), pp. 83–94.

Tao, F., Zhang, H., Liu, A., and. Nee, A. Y. (2018). "Digital twin in industry: State-of-the-art". IEEE Transactions on Industrial Informatics, 15(4), pp. 2405–2415.

Chang, Y., Chien, C., and. Shen, L.-F. (2021). "Telecommuting during the coronavirus pandemic: Future time orientation as a mediator between proactive coping and perceived work productivity in two cultural samples". Personality and individual differences, 171, pp. 110508.

Duan, H., Li, J., Fan, S., Lin, Z., Wu, X., and Cai, W. (2021). "Metaverse for social good: A university campus prototype". in Proceedings of the 29th ACM International Conference on Multimedia, pp. 153–161.

Kim, T., and Kim, S. (2021). "Digital transformation, business model and metaverse," Journal of Digital Convergence, 19(11), pp. 215– 224.

Cha, H.-S., and. Im, C.-H. (2021). "Performance enhancement of facial electromyogram-based facial-expression recognition for social virtual reality applications using linear discriminant analysis adaptation". Virtual Reality, pp. 1–14.

Tao, H., Bhuiyan, M. Z. A., Abdalla, A. N., Hassan, M. M., Zain, J. M., and Hayajneh, T. (2018). "Secured data collection with hardware-based ciphers for IoT-based healthcare," IEEE Internet of Things Journal, 6(1), pp. 410–420.

Brunschwig, L., Campos-L´opez, R., Guerra, E., and de Lara, J. (2021). "Towards domain-specific modelling environments based on augmented reality". in IEEE/ACM 43rd International Conference on Software Engineering: New Ideas and Emerging Results (ICSE-NIER), pp. 56–60.

Jeong, J.-B., Lee, S., and Ryu, E.-S. (2022). "Rethinking fatigue-aware 6dof video streaming: Focusing on mpeg immersive video". in International Conference on Information Networking (ICOIN), pp. 304–309.

Shiau, W.-L., and Huang, L.-C. (2022). "Scale development for analyzing the fit of real and virtual world integration: an example of pok´emon go". Information Technology and People, 36, pp. 500-531.

Islam A., and Shin, S. Y. (2019). "BUAV: A blockchain based secure UAVassisted data acquisition scheme in internet of things". Journal of Communications and Networks, 21(5), pp. 491–502.

Deepa, N., Pham, Q.-V., Nguyen, D. C., Bhattacharya, S., Prabadevi, B., Gadekallu, T. R., Maddikunta, P. K. R., Fang, F., and Pathirana, P. N. (2022)."A survey on blockchain for big data: approaches, opportunities, and future directions". Future Generation Computer Systems, 131, pp. 209–226.

Xu, C., Qu, Y., Luan, T. H., Eklund, P. W., Xiang, Y., and Gao, L. (2022). "A lightweight and attack-proof bidirectional blockchain paradigm for internet of things". IEEE Internet of Things Journal, 9(6), pp. 4371– 4384.

Bouraga, S. (2021). "A taxonomy of blockchain consensus protocols: A survey and classification framework". Expert Systems with Applications, 168, pp. 114384.

Lashkari, B., and Musilek, P. (2021). "A comprehensive review of blockchain consensus mechanisms". IEEE Access, 9, pp. 43 620–43 652.

Luo, Y., Su, Z., Zheng, W., Chen, Z., Wang, F., Zhang, Z., and Chen, J. (2021). "A novel memory-hard password hashing scheme for blockchain-based cyber-physical systems". ACM Transactions on Internet Technology (TOIT), 21(2), pp. 1–21.

Zhang, L., Zhang, Z., Wang, W., Jin, Z., Su, Y., and Chen, H. (2021). "Research on a covert communication model realized by using smart contracts in blockchain environment". IEEE Systems Journal, 99, pp. 1-12.

Guo, J., Ding, X., and Wu, W. (2021). "Reliable traffic monitoring mechanismsbased on blockchain in vehicular networks". IEEE Transactions on Reliability, 71(3), pp. 1219-1229.

Xu, X., Sun, G., Luo, L., Cao, H., Yu, H., and Vasilakos, A. V. (2021). "Latency performance modeling and analysis for hyperledger fabric blockchain network". Information Processing and Management, 58(1), pp. 102436.

Alrubei, S. M., Ball, E. A., Rigelsford, J. M., and Willis, C. A. (2020). "Latency and performance analyses of real-world wireless IoT-blockchain application". IEEE Sensors Journal, 20(13), pp. 7372–7383.

Chen, L., Fu, Q., Mu, Y., Zeng, L., Rezaeibagha, F., and Hwang, M.-S. (2022). "Blockchain-based random auditor committee for integrity verification". Future Generation Computer Systems, pp. 183–193.

Bian, Y., Leng, J., and. Zhao, J. L. (2021). "Demystifying metaverse as a new paradigm of enterprise digitization". in International Conference on Big Data, pp. 109–119.

Kiong, L. V. (2022). Metaverse Made Easy: A Beginner's Guide to the Metaverse: Everything you need to know about Metaverse, NFT and GameFi. Liew Voon Kiong.

Liang, W., Fan, Y., Li, K.-C., Zhang, D., and Gaudiot, J. L. (2020). "Secure data storage and recovery in industrial blockchain network environments". IEEE Transactions on Industrial Informatics, 16(10), pp. 6543– 6552.

Yang, D., Zhou, J., Chen, R., Song, Y., Song, Z., Zhang, X., Wang, Q., Wang, K., Zhou, C., Zhang, L., et al. (2022). "Expert consensus on the metaverse in medicine". Clinical eHealth, 5, pp. 1-9.

Xie, J., Yu, F. R., Huang, T., Xie, R., Liu, J., and Liu, Y. (2019). "A survey on the scalability of blockchain systems". IEEE Network, 33(5), pp. 166–173.

Kraus, S., Kanbach, D. K., Krysta, P. M., Steinhoff, M. M., and Tomini, N. (2022). "Facebook and the creation of the metaverse: Radical business model innovation or incremental transformation?" International Journal of Entrepreneurial Behavior and Research, 28(9), pp. 52-77.

Liu, L., Feng, J., Pei, Q., Chen, C., Ming, Y., Shang, B., and Dong, M. (2020). "Blockchain-enabled secure data sharing scheme in mobile-edge computing: an asynchronous advantage actor–critic learning approach". IEEE Internet of Things Journal, 8(4), pp. 2342–2353.

Egliston B., and Carter, M. (2021). "Critical questions for facebook's virtual reality: Data, power and the metaverse". Internet Policy Review, 10(4), pp. 1–23.

Yu, K., Tan, L., Aloqaily, M., Yang, H., and Jararweh, Y. (2021). "Blockchainenhanced data sharing with traceable and direct revocation in iiot". IEEE Transactions on Industrial Informatics, 17(11), pp. 7669– 7678.

Rashid, A., Masood, A., Abbas, H., and Zhang, Y. (2021). "Blockchain-based public key infrastructure: A transparent digital certification mechanism for secure communication". IEEE Network, 35(5), pp. 220–225.

Luo, Y., Jin, H., and Li, P. (2019). "A blockchain

future for secure clinical data sharing: A position paper". in Proceedings of the ACM International Workshop on Security in Software Defined Networks and Network Function Virtualization, pp. 23–27.

Gao, Y., Wu, W., Si, P., Yang, Z., and Yu, F. R. (2021). "B-rest: Blockchainenabled resource sharing and transactions in fog computing". IEEE Wireless Communications, 28(2), pp. 172–180.

Sparkes, M. (2021). "What is a metaverse". New Scientist, 251(3348), p. 18.

Stokel-Walker, C. (2022). "Welcome to the metaverse,". New Scientist, 253(3368), pp. 39–43.

Belchior, R., Vasconcelos, A., Guerreiro, S., and Correia, M. (2021). "A survey on blockchain interoperability: Past, present, and future trends". ACM Computing Surveys (CSUR), 54(8), pp. 1–41.

Madine, M., Salah, K., Jayaraman, R., Al-Hammadi, Y., Arshad, J., and Yaqoob, I. (2021). "appxchain: Application-level interoperability for blockchain networks". IEEE Access, 9, pp. 87 777–87 791.

Jabbar, R., Fetais, N., Krichen, M., and Barkaoui, K. (2020). "Blockchain technology for healthcare: Enhancing shared electronic health record interoperability and integrity". in IEEE International Conference on Informatics, IoT, and Enabling Technologies (ICIoT), pp. 310–317.

Wibowo, S., and Sandikapura, T. (2019). "Improving data security, interoperability,and veracity using blockchain for one data governance, case study of local tax big data". in International Conference on ICT for Smart Society (ICISS), 7, pp. 1–6.

Siyaev, A., and Jo, G.-S. (2021). "Towards aircraft maintenance metaverse using speech interactions with virtual objects in mixed reality". Sensors, 21(6), p. 2066.

Arvas, I˙. S. (2022). "Gutenberg galaksisinden meta evrenine: U¨ c¸u¨ncu¨ kus¸ak internet, web 3.0". AJIT-e: Bilis¸im Teknolojileri Online Dergisi, 13(48), pp. 53–70.

Hughes, I. (2022). "The metaverse: Is it the future?" ITNOW, 64(1), pp. 22–23.

Kumar, P., Kumar, R., Srivastava, G., Gupta, G. P., Tripathi, R., Gadekallu, T. R., and Xiong, N. N. (2021). "PPSF: a privacy-preserving and secure framework using blockchain-based machine-learning for IoT-driven smart cities". IEEE Transactions on Network Science and Engineering, 8(3), pp. 2326–2341.

Hassan, M. U., Rehmani, M. H., and Chen, J. (2019). "Privacy preservation in blockchain based IoT systems: Integration issues, prospects, challenges, and future research directions". Future Generation Computer Systems, 97, pp. 512–529.

Kanter, T. G. (2021). "The metaverse and extended reality with distributed IoT". IEEE Internet of Things Magazine (IoT).

Zhang, L., Li, F., Wang, P., Su, R., and Chi, Z. (2021). "A blockchain-assisted massive IoT data collection intelligent framework". IEEE Internet of Things Journal, 9(16), pp. 14708-14722.

Rollo, F., Sudharsan, B., Po, L., and Breslin, J. G. (2021). "Air quality sensor network data acquisition, cleaning, visualization, and analytics: a realworld IoT use case". in Adjunct Proceedings of the 2021 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2021 ACM International Symposium on Wearable Computers, pp. 67–68.

Hajjaji, Y., Boulila, W., Farah, I. R., Romdhani, I., Hussain, A. (2021). "Big data and IoT-based applications in smart environments: A systematic review". Computer Science Review, 39, p. 100318.

Majeed, U., Khan, L. U., Yaqoob, I., Kazmi, S. A., Salah, K., Hong, C. S. (2021). "Blockchain for IoT-based smart cities: Recent advances, requirements, and future challenges". Journal of Network and Computer Applications, 181, p. 103007.

Uddin, M. A., Stranieri, A., Gondal, I., and Balasubramanian, V. (2021). "A survey on the adoption of blockchain in IoT: Challenges and solutions". Blockchain: Research and Applications, 2(2), p. 100006.

Chen, Q., Lee, S.-J. (2021). "Research status and trend of digital twin: Visual knowledge mapping analysis". International journal of advanced smart convergence, 10(4), pp. 84–97.

Yoon, K., Kim, S.-K., Jeong, S. P., and Choi, J.-H. (2021). "Interfacing cyber and physical worlds: Introduction to IEEE 2888 standards". in IEEE International Conference on Intelligent Reality (ICIR), pp. 49–50.

Zhuang, C, Gong, J., and Liu, J. (2021). "Digital twin-based assembly data management and process traceability for complex products". Journal of manufacturing systems, 58, pp. 118–131.

Lee, D., Lee, S. H., Masoud, N., Krishnan, M., and Li, V. C. (2021). "Integrated digital twin and blockchain framework to support accountable information sharing in construction projects". Automation in construction, 127, p. 103688.

Shen, W., Hu, T., Zhang, C., and Ma, S. (2021). "Secure sharing of big digital twin data for smart manufacturing based on blockchain". Journal of Manufacturing Systems, 61, pp. 338–350.

Wiederhold, B. K. (2022). "Ready (or not) player one: Initial musings on the metaverse". Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking, 25(1), 1-2.

Hussain A. A., and Al-Turjman, F. (2021). "Artificial intelligence and blockchain: A review". Transactions on Emerging Telecommunications Technologies, 32(9), p. e4268.

Han, S., and Kim, T. (2021). "News big data analysis of 'metaverse'using topic modeling analysis". The Journal of Digital Contents Society, 22(7), pp. 1091–1099.

Gligor, D. M., Pillai, K. G., and Golgeci, I. (2021). "Theorizing the dark side of business-to-business relationships in the era of AI, big data, and blockchain". Journal of Business Research, 133, pp. 79–88.

Yang, J. O., and Lee, J. S. (2021). "Utilization exercise rehabilitation using metaverse (vr• ar• mr• xr)". Korean Journal of Sport Biomechanics, 31(4), pp. 249–258.

Bhattacharya, P., Saraswat, D., Dave, A., Acharya, M., Tanwar, S., Sharma, G., and Davidson, I. E. (2021). "Coalition of 6G and blockchain in AR/VR space: Challenges and future directions". IEEE Access, 9, pp. 168455–168484.

Bhutta, M. N. M., Khwaja, A. A., Nadeem, A., Ahmad, H. F., K.Khan, M., Hanif, M. A., Song, H., Alshamari, M., and Cao, Y. (2021). "A survey on blockchain technology: Evolution, architecture and security". IEEE Access, 9, pp. 61048–61073.

Stellar Development Foundation. (2015). "Stellar consensus protocol: Proof and code". Available in: https://www.stellar.org/blog/stellar-consensus-protocol-proof-code

Geroni, D. (2021). "Blockchain interoperability: Why is cross chain technology important?" Available in: https://101blockchains.com/blockchain-interoperability/

Zarick, R., Pellegrino, B., and Banister, C. (2021). "LayerZero: trustless omnichain interoperability protocol". Available in: arXiv preprint arXiv:2110.13871.

Voshmgir, S. (2020). "Tokenized networks: What is a DAO?" Available in: https://blockchainhub.net/dao-decentralized-autonomous-organization/

Science and Technology Policy Letters
Volume 13, Issue 3, Autumn 2023

Blockchain for the Metaverse: A Review

Gadekallu, Thippa Reddy, Thien Huynh-The, Weizheng Wang, Gokul Yenduri, Pasika Ranaweera, Quoc-Viet Pham, Daniel Benevides da Costa, and Madhusanka Liyanage.

Translated by:
Mehrdad Salimi[1]
Bita Lotfi BidHendi[2]

Abstract

Facebook officially changed its name to Metaverse in October 2021, and since then, social networks and three-dimensional (3D) virtual worlds have adopted the metaverse as the new standard. By utilising a variety of useful technologies, the metaverse strives to provide consumers with 3D immersive and individualised experiences. Despite widespread interest and advantages, protecting the digital data and content of users in the metaverse is a legitimate concern. The decentralisation, immutability, and transparency of blockchain make it a viable answer in this aspect. We want to present a thorough overview of the blockchain applications for the metaverse in order to better understand the function of blockchain in the metaverse. We begin by giving a general overview of blockchain and the metaverse and highlighting the reasons for using blockchain for the metaverse. We then go into great detail on technical aspects of blockchain-based metaverse approaches, including data collection, storage, sharing, interoperability, and privacy protection. We outline the technological difficulties of the metaverse for each perspective before highlighting how blockchain might be useful. Additionally, we look at how blockchain will affect important metaverse enablers including the Internet of Things, digital twins, multisensory and immersive apps, artificial intelligence, and big data. In order to highlight the function of blockchain in metaverse apps and services, we also offer several significant initiatives. Finally, we offer several encouraging avenues for future study, innovation, and advancement on blockchain application in the metaverse.

Keywords: Blockchain, Metaverse, privacy, applications

1. PhD student in Information Technology Management, E-Business Orientation, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran; Mehrdad.Salimi@srbiau.ac.ir

2. PhD student in Information Technology Management, E-Business Orientation, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran; Bita.Lotfi@srbiau.ac.ir

نقش‌نامه و فرم تعارض منافع

الف) نقش نامه

پدیدآورندگان	مهرداد سلیمی	بیتا لطفی بیدهندی
نقش	نویسندهٔ مسئول	نویسنده
نگارش متن	ترجمه	ترجمه
ویرایش متن و ...	ویرایش ترجمه	ویرایش ترجمه
طراحی / مفهوم‌پردازی	—	—
گردآوری داده	—	—
تحلیل / تفسیر داده	—	—
سایر نقش‌ها	—	—

ب) اعلام تعارض منافع

در جریان انتشار مقالات علمی تعارض منافع به این معنی است که نویسنده یا نویسندگان، داوران و یا حتی سردبیران مجلات دارای ارتباطات شخصی و یا اقتصادی می‌باشند که ممکن است به طور ناعادلانه‌ای بر تصمیم‌گیری آن‌ها در چاپ یک مقاله تأثیرگذار باشد. تعارض منافع به خودی خود مشکلی ندارد بلکه عدم اظهار آن است که مسئله‌ساز می‌شود.

بدین وسیله نویسندگان اعلام می‌کنند که رابطه مالی یا غیرمالی با سازمان، نهاد یا اشخاصی که موضوع یا مفاد این تحقیق هستند ندارند، اعم از رابطه و انتساب رسمی یا غیررسمی. منظور از رابطه و انتفاع مالی از جمله عبارت است از دریافت پژوهانه، گرنت آموزشی، ایراد سخنرانی، عضویت سازمانی، افتخاری یا غیررسمی، اشتغال، مالکیت سهام، و دریافت حق اختراع، و البته محدود به این موارد نیست. منظور از رابطه و انتفاع غیرمالی عبارت است از روابط شخصی، خانوادگی یا حرفه‌ای، اندیشه‌ای یا باورمندانه، و غیره.

چنانچه هر یک از نویسندگان تعارض منافعی داشته باشد (و یا نداشته باشد) در فرم زیر تصریح و اعلام خواهد کرد:

مثال: نویسندهٔ الف هیچ‌گونه تعارض منافعی ندارد. نویسندهٔ ب از شرکت فلان که موضوع تحقیق بوده است گرنت دریافت کرده است. نویسندگان ج و د در سازمان فلان که موضوع تحقیق بوده است سخنرانی افتخاری داشته‌اند و در شرکت فلان که موضوع تحقیق بوده است سهامدارند.

اظهار (عدم) تعارض منافع: با سلام و احترام؛ به استحضار می‌رساند نویسندگان مقاله هیچ‌گونه تعارض منافعی ندارد.

نویسندهٔ مسئول: مهرداد سلیمی

تاریخ: ۱۴۰۲/۱۲/۰۷