Archive of SID

Check for updates

Original Article

*Journal of Health and Biomedical Informatics*
*Medical Informatics Research Center*
*2022; 9(3):180-192*
*10.34172/jhbmi.2022.07*

# A Narrative Review of Blockchain in Healthcare: Applications and challenges

**Anvari Sadi Zahra[1], Safaei Ali Asghar[2]***

• **Received:** 22 Oct 2022 • **Accepted:** 28 Nov 2022

**Introduction:** Healthcare as an industry has unique requirements such as patient security and privacy, interoperability, sharing, transmission, and access control of patient data. On the other hand, the advantages of blockchain technology and the compliance of these advantages with the requirements of the health industry have encouraged researchers to investigate the methods of applying blockchain in healthcare. The rapid increase in blockchain and health research has created many applications. Despite the high potential of this technology for health applications, there are still challenges to be reviewed. In this article, we provide a narrative overview of blockchain applications and challenges in the healthcare industry.

**Method:** In this narrative review, published studies until October 2022 that were accessible in PubMed, IEEE Xplore, Web of Science, and Scopus databases were searched; from 254 related studies, 171 were identified by their titles, and finally, after applying inclusion and exclusion criteria, 30 articles were selected to be reviewed.

**Results:** The results showed that 10 applications of blockchain technology in healthcare are as follows: safe sharing of health data, establishing electronic medical records, medical record tracking, opioid prescription tracking, deep learning, drug supply chain, clinical trials, COVID-19 pandemic management, and remote patient monitoring. The application of blockchain technology in healthcare also has challenges such as interoperability, security and privacy, immutability, scalability, patient engagement, transparency, and confidentiality.

**Conclusion:** The compatibility between the requirements of the health industry and the characteristics of the blockchain has created a suitable platform for the use of this technology in the health industry. However, there are challenges in the path of these applications that must be solved.

**Keywords:** Blockchain, Healthcare, Applications and Challenges, Narrative Review

• **Citation:** Anvari Sadi Z, Safaei AA. A Narrative Review of Blockchain in Healthcare: Applications and challenges. Journal of Health and Biomedical Informatics 2022; 9(3): 180-92. doi: 10.34172/jhbmi.2022.07.[In Persian]

1. M.Sc. Student of Medical Informatics, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
2. Associate Professor, PhD in Computer Engineering (Software), Department of Medical Informatics, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
***Corresponding Author:** Ali Asghar Safaei
**Address:** Department of Medical Informatics, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Jalal Al-Ahmad Highway, New Building 1, Seventh Floor, Tehran
• **Tel:** 02182884581 • **Email:** aa.safaei@modares.ac.ir

[ Downloaded from jhbmi.ir on 2023-02-12 ]

[ DOI: 10.34172/jhbmi.2022.07 ]



www.SID.ir

Archive of SID

مقاله پژوهشی

مجله انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی
مرکز تحقیقات انفورماتیک پزشکی
دوره نهم شماره سوم. ص ۱۹۲-۱۸۰، ۱۴۰۱
10.34172/jhbmi.2022.07

# مروری روایی بر فناوری بلاکچین در مراقبت سلامت: کاربردها و چالش‌ها

زهرا انوری سعدی[۱]، علی اصغر صفایی[۲*]

• دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۷/۳۰ • پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۹/۷

**مقدمه:** حوزه سلامت دارای الزامات منحصر به فردی چون امنیت و حریم خصوصی، قابلیت همکاری، اشتراک‌گذاری، انتقال و کنترل دسترسی می‌باشد. از طرفی مزیت‌های بلاکچین و مطابقت این مزیت‌ها با الزامات سلامت، سبب ترغیب محققان به بررسی روش‌های به کارگیری بلاکچین در سلامت شده است. این افزایش سریع تحقیقات پیرامون بلاکچین و سلامت، کاربردهای بسیاری ایجاد کرده است. با وجود پتانسیل بالای این فناوری برای به کارگیری در سلامت، هنوز چالش‌هایی وجود دارد که باید بررسی شود. در این مطالعه، مروری روایی بر کاربردها و چالش‌های بلاکچین در صنعت سلامت ارائه شده است.

**روش:** در این مرور روایی، مطالعات انجام شده تا اکتبر ۲۰۲۲ موجود در پایگاه‌های PubMed، IEEE Xplore، Web of Science و Scopus جستجو و از ۲۵۴ مطالعه مرتبط، ۱۷۱ مقاله بر اساس عنوان شناسایی شد. پس از اعمال معیارهای ورود و خروج، در نهایت ۳۰ مطالعه برای بررسی انتخاب شد.

**نتایج:** براساس نتایج، ۱۰ کاربرد بلاکچین در سلامت عبارت‌اند از: اشتراک‌گذاری ایمن داده‌های سلامت، ایجاد پرونده پزشکی الکترونیکی، رهگیری سوابق پزشکی، رهگیری تجویز مواد افیونی، یادگیری عمیق، زنجیره تأمین دارو، کارآزمایی‌های بالینی، مدیریت پاندمی کووید-۱۹ و نظارت بیماران از راه دور. همچنین چالش‌های بلاکچین در سلامت عبارت‌اند از: قابلیت همکاری، امنیت و حریم خصوصی، غیر قابل تغییر بودن، مقیاس‌پذیری، درگیری بیمار، شفافیت و محرمانه بودن.

**نتیجه‌گیری:** تطابق بین الزامات سلامت و ویژگی‌های بلاکچین، بستری مناسب برای به‌کارگیری این فناوری در سلامت ایجاد کرده است؛ با این وجود چالش‌هایی نیز در مسیر این کاربردها وجود دارد که باید حل شود.

**کلیدواژه‌ها:** بلاکچین، مراقبت سلامت، کاربردها و چالش‌ها، مرور روایی

**ارجاع:** انوری سعدی زهرا، صفایی علی اصغر. مروری روایی بر فناوری بلاکچین در مراقبت سلامت: کاربردها و چالش‌ها. مجله انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی ۱۴۰۱؛ ۹(۳): ۹۲-۱۸۰. doi: 10.34172/jhbmi.2022.07

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد انفورماتیک پزشکی، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۲. دکترای مهندسی کامپیوتر(نرم افزار)، دانشیار گروه انفورماتیک پزشکی، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
* **نویسنده مسئول:** علی اصغر صفایی
**آدرس:** تهران، بزرگراه جلال آل احمد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم پزشکی، ساختمان شماره یک جدید، طبقه هفتم، گروه انفورماتیک پزشکی
• **شماره تماس:** ۰۲۱۸۲۸۸۴۵۸۱ • **Email:** aa.safaei@modares.ac.ir

[ Downloaded from jhbmi.ir on 2023-02-12 ]
[ DOI: 10.34172/jhbmi.2022.07 ]


www.SID.ir

Archive of SID

## مقدمه

فناوری بلاکچین برای اولین بار در سال ۲۰۰۸ و با انتشار مقاله «کاغذ سفید بیت‌کوین»، توسط فرد یا افرادی با نام مستعار ساتوشی ناکاموتو به دنیا معرفی شد. بیت‌کوین به عنوان اولین به‌کارگیری عملی بلاکچین سهم به سزایی در شناسایی و معرفی این فناوری داشته؛ اما اگر گمان شود تنها کاربرد این فناوری صرفاً به روابط مالی یا تجاری محدود می‌شود بیراهه است. به طور کلی بلاکچین در هر مورد که ثبت اطلاعات برای شفافیت موضوع و به جهت اثبات حقوق افراد یا بهره‌برداری علمی از آنان ضرورت دارد، استفاده می‌شود [۱،۲].

بلاکچین اطلاعات را در یک دفتر کل توزیع شده و در یک وضعیت غیرمتمرکز (decentralized) بین همه دستگاه‌های محاسباتی که قسمتی از معماری بلاکچین هستند، ذخیره می‌کند. ساختار آن بین کاربران شبکه (مشارکت‌کنندگان در تراکنش) و ماینرها (تسهیل‌کنندگان تراکنش‌ها) به صورت همتا به‌همتا (Peer to peer) است. این دفتر کل قابلیت ارائه یک ذخیره‌سازی قابل اعتماد با استفاده از مکانیسم‌های اجماع، امضاهای دیجیتال و هش کردن را فراهم می‌کند [۳]. براساس نظر McGhin و همکاران حوزه سلامت به عنوان یک صنعت دارای الزامات منحصر به فردی چون: امنیت و حریم خصوصی بیمار، قابلیت همکاری و به اشتراک‌گذاری و انتقال داده‌ها، کنترل دسترسی به داده‌های بیمار، نگرانی‌های خاص مربوط به حفظ حریم خصوصی که ناشی از استفاده شبکه‌های بی‌سیم و تلفن همراه و فناوری‌های پوشیدنی و اینترنت اشیا ( Internet Of Things) IOT می‌باشد [۳].

بنابر الزامات صنعت سلامت و مزیت‌های بلاکچین (مدیریت غیرمتمرکز، بهبود امنیت و حریم خصوصی داده‌ها، مالکیت داده‌ها، در دسترس بودن / استحکام، شفافیت و اعتماد و قابلیت تأیید داده‌ها)، این فناوری برای استفاده در صنعت سلامت مناسب است (جدول ۱). براساس نظر Kuo و همکاران، از مزایای کلیدی بلاکچین در مقایسه با پایگاه داده‌های توزیع شده سنتی که به طور نسبی استفاده از بلاکچین در حوزه سلامت را نسبت به پایگاه‌های توزیع شده سنتی برتری می‌دهد، مدیریت غیرمتمرکز آن است؛ چرا که بلاکچین برای برنامه‌های کاربردی مناسب است که ذینفعان تمایل به همکاری با یکدیگر بدون کنترل یک واسط مرکزی را دارند می‌باشد [۱]. علاوه بر آن این واقعیت که اطلاعات موجود در بلاکچین بین تمام گره‌های شبکه تکرار می‌شود، یک فضای شفاف و باز ایجاد می‌کند و به ذینفعان مراقبت بهداشتی و به خصوص بیماران اجازه می‌دهد تا بدانند داده‌ها توسط چه کسی و چه زمانی استفاده می‌شود. علاوه بر آن بلاکچین می‌تواند از داده‌های مراقبت بهداشتی در برابر از بین رفتن احتمالی داده‌ها، فساد حملات امنیتی مانند حمله باج افزارها محافظت کند [۴]. مزیت بعدی بلاکچین این است که یک دنباله حسابرسی تغییرناپذیر است؛ چرا که سایر سیستم‌های مدیریت پایگاه داده سنتی از توابع ایجاد، خواندن، به روزرسانی و حذف داده‌ها پشتیبانی می‌کند، در حالی که بلاکچین تنها از توابع ایجاد و خواندن پشتیبانی می‌کند [۵]؛ بنابراین می‌توان اطلاعات را به عنوان یک مبدل غیرقابل تغییر در بلاکچین ثبت کرد و بدین ترتیب مطابق با الزامات ذخیره‌سازی سوابق سلامت می‌باشد [۱]. سومین مزیت، اصالت منابع داده می‌باشد. در سیستم‌های پایگاه داده توزیع شده سنتی اصالت منابع داده دیجیتال می‌تواند به وسیله مدیر سیستم تغییر داده شود؛ در حالی که در بلاکچین اصالت داده‌ها تنها به وسیله پروتکل‌های رمزنگاری و مالک می‌تواند تغییر کند [۵]. چهارمین مزیت استحکام و در دسترس بودن داده‌ها می‌باشد. اگرچه بلاکچین تکنولوژی توزیع شده است و بنابراین دچار مشکل تک منبع خرابی نمی‌شود، اما برای رسیدن به سطح بالایی از تکرار داده‌ها هزینه زیادی دارد (چرا که هر گره یک کپی کامل از آن نگاه‌داری می‌کند) [۱]. مزیت پنجم پشتیبانی از قراردادهای هوشمند است که می‌تواند برای برنامه‌ریزی قوانینی که به بیماران امکان کنترل نحوه اشتراک یا استفاده از سوابق بهداشتی خود را می‌دهد، مورد استفاده قرار گیرد [۲]. مزیت ششم و کلیدی بلاکچین مربوط به بهبود امنیت و حفظ حریم خصوصی با استفاده از الگوریتم‌های رمزنگاری می‌باشد [۱]. چرا که با استفاده از الگوریتم‌های رمزنگاری برای داده‌های ذخیره شده در بلاکچین، اطمینان حاصل می‌شود فقط کاربرانی که مجوزهای قانونی برای دسترسی به داده‌ها را دارند، می‌توانند رمزگشایی آن‌ها را انجام داده و بدین ترتیب امنیت و حریم خصوصی اطلاعات را بهبود بخشند. علاوه بر این، از آنجا که هویت بیماران در بلاکچین با استفاده از کلیدهای رمزنگاری مستعار می‌شود، ممکن است داده‌های بیمار بدون فاش شدن هویت بیمادر بین ذینفعان مراقبت سلامت به اشتراک گذاشته شود [۲]. تطابق بین الزامات صنعت سلامت و مزیت‌های بلاکچین سبب شده محققان به بررسی کاربردهای بلاکچین در صنعت سلامت بپردازند. به عنوان مثال Kuo و همکاران پژوهشی در زمینه کاربردهای بلاکچین در حوزه زیست پزشکی و مراقبت سلامت انجام دادند. Agbo و همکاران نیز مروری نظام‌مند به ادبیات فناوری بلاکچین و کاربردهای این فناوری در حوزه سلامت داشته‌اند. همچنین Ramzan و همکاران[۲۷]


www.SID.ir
[ Downloaded from jhbmi.ir on 2023-02-12 ]
[ DOI: 10.34172/jhbmi.2022.07 ]

Archive of SID

پروژه‌های بهداشتی برتر تکمیل شده با استفاده از این فناوری را مورد بحث قرار داده‌اند [۱،۲].

هدف از این پژوهش فقط شناسایی موارد کاربرد یا نمونه‌هایی از برنامه‌های کاربردی مبتنی بر بلاکچین در حوزه سلامت نیست، بلکه درک محدودیت‌ها و چالش‌های کاربردهای مراقبت سلامت مبتنی بر بلاکچین نیز از اهداف این پژوهش است. هدف از ارائه این چالش‌ها، آشکار کردن زمینه‌هایی برای تحقیقات آینده است تا راه‌حل‌هایی برای این چالش‌ها ارائه شود؛ بنابراین با توجه به اهداف کلی، این مطالعه به دنبال دستیابی به اهداف خاص زیر است:

- نشـان دادن کاربردهای بلاکچین در بخش سـلامت و درمان و نقش آن در بهبود عملکرد این حوزه.
- بررسی چالش‌های به کارگیری بلاکچین در هر یک از کاربردها.

**جدول ۱: فواید بلاکچین در کاربردهای مراقبت سلامت**

| حوزه سلامت | ویژگی‌های بلاکچین |
|---|---|
| ماهیت مراقبت‌های سلامت که در آن ذینفعان توزیع شده وجود دارد، نیازمند یک سیستم مدیریت غیرمتمرکز داده‌ها است. بلاکچین می‌تواند این چارچوب غیرمتمرکز که نیاز به مرجعیت مرکزی ندارد باشد که در آن همه ذینفعان دسترسی کنترل شده‌ای به سوابق سلامت یکسان داشته باشند. | مدیریت غیرمتمرکز |
| خاصیت تغییرناپذیری بلاکچین سبب بهبود امنیت داده‌های سلامت ذخیره شده در آن می‌شود. تمام داده‌ها در بلاکچین رمزگذاری و دارای برچسب زمان شده و به ترتیب زمانی اضافه می‌شوند. همچنین داده‌ها با استفاده از کلیدهای رمزنگاری روی زنجیره ذخیره شده و امکان مخفی کردن هویت بیمار وجود دارد. | بهبود امنیت و حریم خصوصی داده‌ها |
| بیماران بایدکنترل مالکیت و نحوه استفاده از داده‌هایشان را داشته و مطمئن باشند که داده‌های آن‌ها مورد سوء استفاده قرار نمی‌گیرد. باید ابزاری برای تشخیص وقوع چنین سوء استفاده‌هایی وجود داشته باشد. بلاکچین از طریق پروتکل‌های رمزنگاری و قراردادهای هوشمند به رفع این الزامات کمک می‌کند. | مالکیت داده‌ها |
| از آنجایی که بلاکچین بین گره‌های شبکه تکرار می‌شود، در دسترس بودن داده‌های ذخیره شده تضمین می‌شود؛ زیرا این سیستم در برابر از دست دادن و برخی حملات امنیتی برای دسترسی به داده‌ها مقاوم است. | در دسترس بودن / استحکام |
| بلاکچین به دلیل ماهیت باز و شفاف، فضایی از اعتماد پیرامون برنامه‌های کاربردی سلامت توزیع شده ایجاد می‌کند. این امر پذیرش چنین برنامه‌هایی را توسط ذینفعان حوزه سلامت تسهیل می‌کند. | شفافیت و اعتماد |
| بدون دسترسی به متن رمز نشده داده‌های ذخیره شده، صحت و اعتبار آن‌ها قابل تأیید است. این ویژگی در حوزه‌هایی از سلامت (مانند مدیریت زنجیره تأمین دارویی و پردازش ادعای بیمه) که تأیید سوابق الزامی است مفید می‌باشد. | قابلیت تائید داده‌ها |

## روش

پژوهش حاضر از نوع مروری روایتی است.

➢ استراتژی جستجو

برای دریافت مقالات مرتبط چهار بانک اطلاعاتی معتبر PubMed، IEEE Xplore، Web of Science و Scopus جستجو گردید. این بانک‌های اطلاعاتی بدون اعمال هیچ محدودیت زمانی مورد جستجو قرار گرفتند. اگر چه در پروتکل جستجوی این مطالعه هیچ محدودیت زمانی وجود نداشته، اما همه مقالات انتخاب شده پس از سال ۲۰۱۵ منتشر شده‌اند؛ چرا که بین سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۰۱۵ تمرکز بر کاربردهای مالی بلاکچین بوده است. به منظور انجام فرآیند جستجو از پنج کلیدواژه و استراتژی جستجوی زیر استفاده شد.

"blockchain" AND ("health" OR "medic" OR "biomedic" OR "clinic")

➢ معیارهای ورود

- مطالعات مربوط به کاربرد بلاکچین در بخش مراقبت سلامت
- مطالعات مربوط به چالش‌ها و نگرانی‌های کاربرد بلاکچین در برنامه‌های مراقبت سلامت
- سایر معیارهای ورود شامل انتشار مقاله به زبان انگلیسی و دسترسی به متن کامل مقالات است.

➢ معیارهای خروج

- مطالعات کاربرد بلاکچین در حوزه‌هایی غیر از سلامت
- مطالعاتی که شامل کاربردهای فناوری‌هایی غیر از بلاکچین در حوزه سلامت بودند
- کتاب‌ها و فصول کتاب، نامه به سردبیر و چکیده همایش‌ها نیزحذف شدند.

➢ انتخاب مطالعات

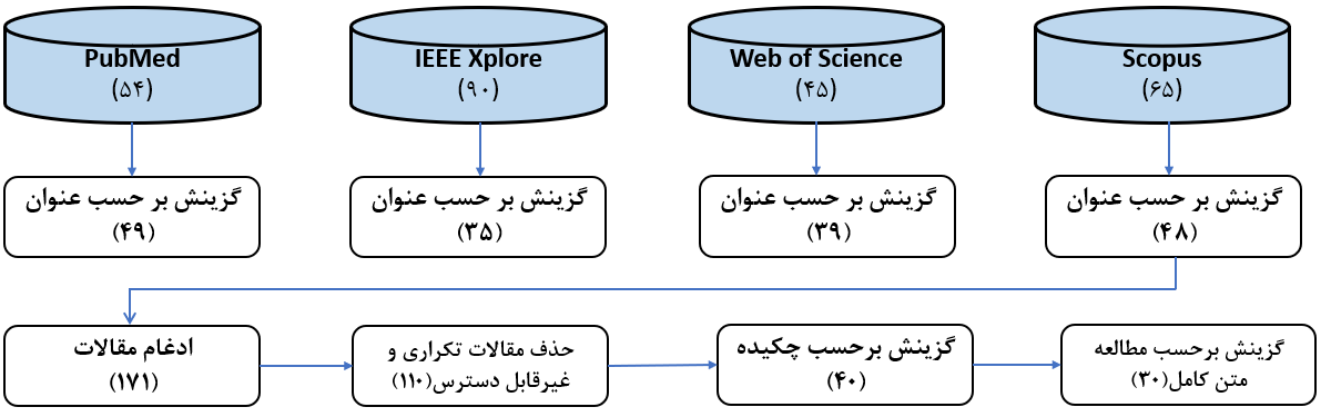
با استفاده از استراتژی جستجو و کلمات کلیدی، چهار پایگاه داده مورد جستجو قرار گرفتند و ۵۴ مقاله در پایگاه PubMed، ۹۰ مقاله در پایگاه IEEE Xplore، ۴۵ مقاله در پایگاه Web of Science و ۶۵ مقاله نیز در پایگاه Scopus (در مجموع ۲۵۴


www.SID.ir
[ Downloaded from jhbmi.ir on 2023-02-12 ]
[ DOI: 10.34172/jhbmi.2022.07 ]

Archive of SID

مقاله در ۴ پایگاه) یافت شد. سپس این مقالات بر حسب عنوان گزینش شدند که در این مرحله تعداد مقالات به ۴۹ مقاله برای پایگاه PubMed، ۳۵ مقاله برای IEEE Xplore، ۳۹ مقاله برای Web of Science و ۴۸ مقاله برای پایگاه Scopus (در مجموع ۱۷۱ مقاله برای ۴ پایگاه) کاهش یافت.

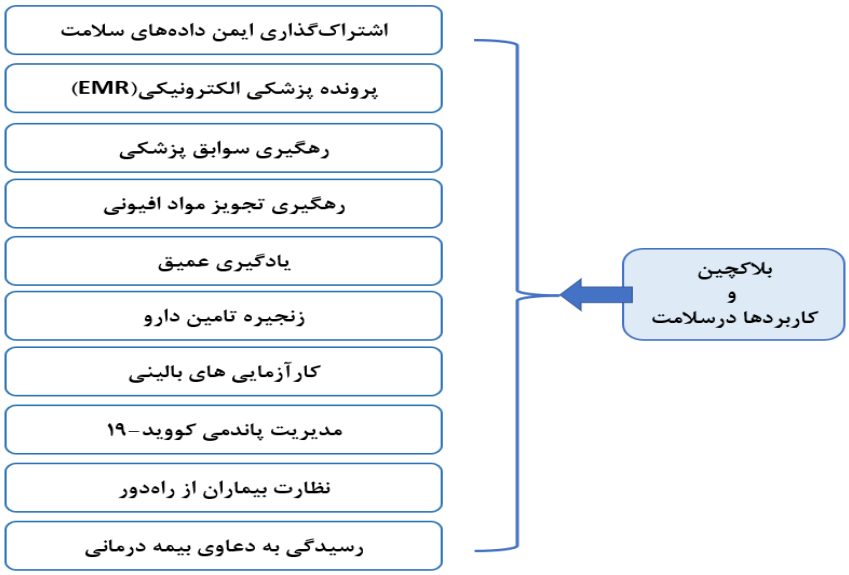
سپس این ۱۷۱ مقاله با هم ادغام و مقالات تکراری و غیرقابل دسترسی آزاد به صورت دستی حذف شدند تا تعداد مقالات به ۱۱۰ مقاله رسید. در مرحله بعد چکیده این مقالات مطالعه و ۴۰ مقاله از این فیلتر خارج شد. در نهایت و پس از بررسی متن کامل، ۳۰ مقاله وارد مطالعه شدند (شکل ۱).




**شکل ۱: فرآیندگزینش مقاله از بین مقالات مرتبط**

## نتایج

فناوری بلاکچین در حوزه سلامت دارای کاربردهای مختلفی است (شکل ۲)، اما به کارگیری این فناوری در صنعت سلامت با چالش‌هایی نیز همراه است (شکل ۳). برای بیان این کاربرد و چالش‌ها در مجموع ۳۰ مقاله بررسی شد. در ادامه این کاربردها و چالش‌ها مورد بحث و بررسی قرار گرفته و تشریح شده است.

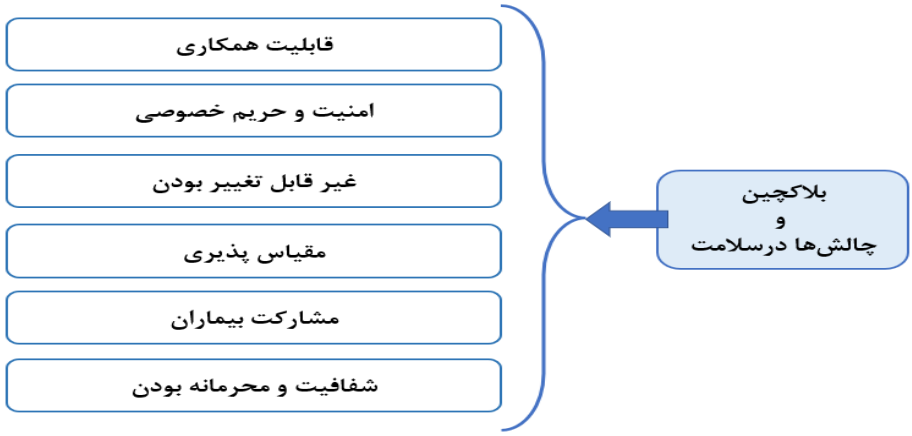



**شکل ۲: کاربردهای بلاکچین در سلامت**

[ Downloaded from jhbmi.ir on 2023-02-12 ]
[ DOI: 10.34172/jhbmi.2022.07 ]


www.SID.ir

Archive of SID




**شکل ۳: چالش‌های بلاکچین در سلامت**

## کاربردهای بلاکچین در سلامت

### ➢ اشتراک‌گذاری ایمن داده‌های سلامت

با پیشرفت در حوزه‌های بلاکچین، هوش مصنوعی، محاسبات ابری و کلان داده‌ها، نیاز به سیستم‌های ذخیره‌سازی و بازیابی سوابق پزشکی ایمن و غیرمتمرکز بیش از پیش حس می‌شود. اگر چه ذخیره‌سازی ابری مشکلات ذخیره‌سازی را حل می‌کند، اما به اشتراک‌گذاری ایمن رکوردها از طریق شبکه دشوار است. ماهیت غیر متمرکز بلاکچین، مشکل احراز هویت وابسته به شخص ثالث را حل و انتقال ایمن داده‌های پزشکی را فراهم می‌کند. به‌عنوان مثال Medi-Block سکویی است که مفهوم بلاکچین و ذخیره‌سازی ابری را برای اشتراک‌گذاری ایمن داده‌های پزشکی ادغام کرده است. این معماری اعتماد بین بیماران و مقامات بیمارستان را برای بازیابی داده‌های پزشکی افزایش می‌دهد، چرا که مشکل موجود در مرحله احراز هویت و امنیت را حل می‌کند. در مدل پیشنهادی از روش احراز هویت مبتنی بر منطق BAN برای حفظ اعتماد به شخص ثالث بین ارائه‌دهنده داده و کاربر استفاده شده است. علاوه‌بر این، با کاهش میانگین زمان و هزینه دسترسی به پرونده‌های پزشکی، الزامات به اشتراک‌گذاری سوابق پزشکی یعنی حفظ یکپارچگی، حریم خصوصی و دردسترس بودن را برآورده می‌کند [۶].

### ➢ پرونده پزشکی الکترونیکی

یکی از موارد رایج استفاده از بلاکچین در حوزه سلامت تنظیم پرونده‌های پزشکی الکترونیکی است. EMRها که گاهی از آن‌ها به‌عنوان پرونده الکترونیک سلامت (Electronic Health Record) EHR یا پرونده سلامت شخصی (Personal Health Record) PHR نیز یاد می‌شود با نگهداری و مدیریت داده‌های شخصی، پزشکی یا سلامت افراد در ارتباط است. بلاکچین به‌دلیل برخورداری از ویژگی‌های عدم‌تمرکز، تغییرناپذیری، اثبات داده‌ها، قابلیت اطمینان، استحکام، قراردادهای هوشمند، حفظ امنیت و حریم خصوصی، برای ذخیره‌سازی و مدیریت سوابق پزشکی الکترونیک مناسب است [۱]. مقررات حفاظت از داده‌های عمومی اروپا پردازش داده‌های شخصی بیماران بدون رضایت صریح آن‌ها را ممنوع می‌کند [۷]. این فناوری در کنار تسهیل به اشتراک‌گذاری داده‌های بیمار در بین ذینفعان مختلف مانند ارائه‌دهندگان، محققان و بیمه گران کنترل نحوه اشتراک، پردازش یا استفاده از داده‌ها را به شخص بیمار می‌دهد [۱]. برخی از موانع موجود در EHR مبتنی بر بلاکچین شامل قابلیت همکاری (به دلیل عدم وجود استانداردها)، مقیاس‌پذیری (حجم بالای اطلاعات بالینی)، درگیری بیمار(همه بیماران مایل یا قادر به مدیریت داده‌هایشان نیستند)، امنیت و حریم خصوصی و نبود مشوق‌ها است [۸].

راه‌حل‌هایی نیز برای این موانع پیشنهاد شده است. به‌عنوان مثال برای رفع چالش مقیاس‌پذیری و باتوجه به حجم بالای داده‌های بالینی می‌توان داده‌های مراقبت سلامت را روی ابر ذخیره و فقط اشاره‌گر به داده‌ها را روی زنجیره ذخیره کرد [۹].

در زمینه امنیت و حریم خصوصی داده‌های ذخیره شده روی بلاکچین نیز برخی طرح‌های رمزنگاری داده‌های بیمار ارائه شده است. به عنوان مثال Hussein و همکاران یک روش کنترل دسترسی مبتنی بر بلاکچین برای EMRها ارائه داده‌اند که از تغییر طول موج گسسته و الگوریتم ژنتیک با هدف افزایش امنیت و بهینه‌سازی عملکرد سیستم استفاده کرده است [۱۰]. همچنین یک طرح امضای مبتنی بر ویژگی نیز پیشنهاد می‌شود که در آن بیمار می‌تواند پیامی را که بر اساس ویژگی‌های پیام به بلاکچین اضافه می‌شوند را بدون نیاز به افشای اطلاعات حساس تأیید

[ Downloaded from jhbmi.ir on 2023-02-12 ]
[ DOI: 10.34172/jhbmi.2022.07 ]


www.SID.ir

Archive of SID

کند. این پروتکل نشان می‌دهد که روش پیشنهادی در برابر حملات تبانی مقاوم بوده و ازنظر محاسباتی ایمن است [۱۱].

PHR و EHR نقشی کلیدی در دسترسی کارآمدتر متخصصان و بیماران به سوابق سلامت دارند. با این حال، به دست آوردن یک دیدگاه یکپارچه از داده‌هایی که در بین ارائه‌دهندگان مختلف مراقبت سلامت توزیع شده دشوار است. به‌طور خاص، پرونده‌های سلامت معمولاً در مکان‌های مختلف پراکنده هستند و یکپارچه نیستند. با استفاده از فناوری بلاکچین می‌توان پرونده سلامت شخصی توزیع‌شده، یکپارچه و با قابلیت همکاری ارائه داد. به عنوان مثال Roehrs و همکاران یک مدل PHR ارائه کرده‌اند که سوابق سلامت توزیع‌شده را با استفاده از فناوری بلاکچین و استاندارد قابلیت همکاری OpenEHR یکپارچه می‌کند. آن‌ها از مدل معماری OmniPHR پیروی کرده‌اند که زیرساختی را توصیف می‌کند که از اجرای یک PHR توزیع شده و قابل تعامل پشتیبانی می‌کند [۱۲].

### ➢ رهگیری سوابق پزشکی

ایجاد و تبادل پرونده‌های الکترونیک سلامت در دهه گذشته به‌طور قابل توجهی توسعه یافته است؛ اما روند آن‌ها به‌گونه‌ای بوده است که به‌دلیل فقدان قابلیت همکاری بین این پرونده‌ها، سوابق بیماران در چندین مرکز مراقبت سلامت توزیع می‌شود و چالش‌های فنی و بالینی را ایجاد می‌کند که ممکن است ایمنی بیماران را به خطر بیندازد. بلاکچین به دلیل بهره‌مندی از ویژگی‌هایی چون قابلیت همکاری، غیرمتمرکز بودن و تغییرناپذیری، می‌تواند در زمینه رهگیری سوابق پزشکی قابل استفاده باشد. Margheri و همکاران یک سیستم مبتنی بر بلاکچین برای رهگیری منشأ سوابق سلامت پیشنهاد کرده‌اند که می‌تواند با EHR موجود یکپارچه شود. این سکو مطابق با آخرین استانداردهای سلامت بوده و با استفاده از ادغام فرآیند امضای دیجیتال در معماری پیشنهادی، حریم خصوصی بیمار را نیز حفظ کرده است. این سکو از دو اهرم اساسی استفاده می‌کند: ۱) استانداردهای بین‌المللی مانند: یکپارچه‌سازی شرکت مراقبت سلامت (Integrating the Healthcare Enterprise) IHE، سطح هفت سلامت (Health Level Seven International) HL7 و منابع تعاملی مراقبت‌های بهداشتی سریع (Fast Healthcare Interoperability Resources) FHIR برای دستیابی به قابلیت همکاری، و ۲) فرآیند ایجاد منشأ و ادغام مدل با منابع مبتنی بر FHIR به اپراتورها اجازه می‌دهد تا از سیستم برای اهداف متعدد، ازجمله تطبیق داده‌ها در سازمان‌های مختلف (به عنوان مثال برای حمایت از ایجاد پرونده‌های سلامت طولی) و ممیزی رضایت بیمار نیز استفاده کنند [۱۳].

### ➢ رهگیری تجویز مواد افیونی

سیستم‌های فعلی رهگیری تجویز مواد افیونی به دلیل داشتن معایبی چون احتکار داده‌ها، خرید پزشکان، معمای تجویز بیش‌ازحد مواد افیونی و داده‌های متمرکز و آسیب‌پذیر فاقدکارایی لازم هستند. امروزه ارائه‌دهندگان مراقبت سلامت انگیزه زیادی برای تجویز مواد افیونی دارند، چراکه هزینه کمتر و بازده بیشتری از مراقبت بیمار دریافت می‌کنند. داروخانه‌ها نیز به دلیل سود ناشی از تولید و توزیع مواد مخدر تمایل زیادی به این کار دارند. علاوه بر این مصرف مواد مخدر به بیماران نیز انگیزه می‌دهد، چراکه دوران نقاهت برای بیماران می‌تواند با ناامیدی همراه باشد. برای جبران این مشوق‌ها که به افزایش اپیدمی مواد مخدر کمک می‌کند، یک سیستم مبتنی بر بلاکچین می‌تواند یک شبکه معتبر از بیمارستان و داروخانه‌ها برای ذخیره تراکنش‌های مرتبط با مواد مخدر به صورت ایمن و پاسخگو فراهم کند. چنین سکوی توزیع شده‌ای که مجاز به اشتراک‌گذاری داده‌ها می‌باشد، به ارائه‌دهندگان این امکان را می‌دهد که به سایر داده‌ها نیز دسترسی داشته و تصمیم آگاهانه‌تری درمورد تجویز مواد مخدر بگیرند. به عنوان مثال SecureRx به ارائه‌دهندگان سلامت اجازه می‌دهد تا تاریخچه بیمار را تأیید کرده و تصمیم‌های آگاهانه‌ای در مورد تجویز داروهای مخدر بگیرند. سیستم‌های تجویز داروی فعلی از نظر ردیابی استفاده از داروهای تجویزی محدود هستند. چارچوب SecureRx پتانسیل نگهداری سوابق تجویزها را دارد تا امکان اشتراک‌گذاری مؤثر و کارآمد اطلاعات در مورد نسخه‌ها و در عین حال تضمین ایمنی و حفظ حریم خصوصی داده‌ها را فراهم کند [۱۴]. همچنین محققان حوزه مواد افیونی با چالش‌هایی چون در دسترس بودن، کیفیت داشتن، به موقع بودن، مخفی کردن سیستم‌های اطلاعاتی و حفظ حریم خصوصی داده‌ها مواجه هستند.

فناوری بلاکچین با توجه به ویژگی‌ها، قابلیت‌ها و کاربردهای فعلی آن در سایر صنایع، این پتانسیل را دارد که با ارائه راه‌حلی کارآمدتر، ایمن‌تر و حفظ حریم خصوصی برای فرآیند تحقیق و مدیریت داده‌ها، به عنوان تسهیل‌کننده برای رفع این چالش‌ها عمل کند [۱۵].

### ➢ یادگیری عمیق

در حوزه یادگیری عمیق محققان همواره به دنبال استخراج مدل‌هایی با بیشترین کارایی هستند. مطالعات اخیر نشان می‌دهد که اگر یادگیری عمیق با استفاده از حجم زیادی از داده‌ها آموزش


www.SID.ir
[ Downloaded from jhbmi.ir on 2023-02-12 ]
[ DOI: 10.34172/jhbmi.2022.07 ]

Archive of SID

داده شود، عملکرد بهتری داشته و به خوبی تعمیم می‌یابد. بنابراین سازمان‌هایی مانند بیمارستان‌ها، آزمایشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی و غیره می‌توانند داده‌های خود را به اشتراک گذاشته و یک مدل یادگیری عمیق مناسب‌تر ایجاد کنند [۱۶]؛ اما نگرانی برای حفظ حریم خصوصی در داده‌های پزشکی، اشتراک‌گذاری داده‌ها بین سازمان‌های متعدد را محدود می‌کند. برای رفع چالش اشتراک‌گذاری داده‌ها با حفظ حریم خصوصی، می‌توان از بلاکچین استفاده کرد. به عنوان مثال Kumar و همکاران چالش‌هایی که در اشتراک گذاری داده‌ها با حفظ حریم خصوصی وجود دارد را بررسی کرده و با ترکیب یادگیری عمیق و بلاکچین، مدلی برای تشخیص زودهنگام سرطان ریه از روی تصاویر سی‌تی‌اسکن ارائه کرده‌اند [۱۷].

Durga و همکاران نیز از ترکیب یادگیری عمیق و بلاکچین، برای تشخیص COVID-19 استفاده کرده‌اند. گسترش سریع ویروس و کمبود مدل‌های آزمایش قابل اعتماد، از مشکلات اصلی در تشخیص COVID-19 در نظر گرفته می‌شوند. گسترش هوش مصنوعی تا حدودی بار تشخیص COVID-19 را کاهش داده است [۱۸]؛ اما تکنیک‌های کلاسیک هوش مصنوعی برای توسعه مدل پیش‌بینی‌کننده اغلب به ذخیره‌سازی و آموزش داده‌ها نیاز دارند که منجر به پیچیدگی محاسباتی شده و همچنین بر حریم خصوصی داده‌ها تأثیر می‌گذارد. برای غلبه براین مشکل، Durga و همکاران یک چارچوب مبتنی بر بلاکچین را پیشنهاد کرده‌اند. این چارچوب داده‌ها را با حفظ حریم خصوصی و امنیت در بین بیمارستان‌ها به اشتراک گذاشته و همچنین از مجموعه‌ای از شبکه‌های کپسولی و ماشین‌های یادگیری برای استخراج و طبقه‌بندی ویژگی‌های مؤثر شناسایی COVID-19 از روی مجموعه داده‌های تصاویر CT استفاده می‌کند [۱۹].

### ➢ زنجیره تأمین دارو

تحویل داروهای تقلبی یا غیراستاندارد یک مشکل شایع در صنعت داروسازی است که هر ساله باعث مرگ صدها هزارنفر می‌شود. استفاده از بلاکچین در مدیریت زنجیره تأمین سلامت و به ویژه در صنایع دارویی یک راه حل امیدوار کننده برای بهبود سیستم زنجیره تأمین دارو است. ایده کلی این است که همه تراکنش‌های دارویی در یک شبکه بلاکچین که همه ذینفعان (تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان، پزشکان، بیماران و داروسازان) به آن متصل هستند ثبت شود تا بدین ترتیب شفافیت، یکپارچگی و اعتبار داده‌های ورودی برای نظارت بر آژانس‌ها و مبارزه با گردش داروهای تقلبی تأمین شود. به عنوان مثال Zoughalian و همکاران راه‌حلی مبتنی بر بلاکچین برای نظارت بر جریان محصولات بین نهادهای درون زیست بوم دارویی ارائه داده‌اند [۲۰]. Engelhardt نیز در مطالعه خود به بررسی شرکت‌هایی که درحال کار بر روی چگونگی استفاده از بلاکچین برای کشف تقلب در داروهای تجویزی هستند پرداخته است. این شرکت‌ها شامل Nuco، HealthchainRX و Scalamed می‌باشد [۲۱].

### ➢ کارآزمایی‌های بالینی

یکی از چالش‌های موجود در کارآزمایی‌های بالینی مدیریت رضایت بیمار است. از این رو که فرم رضایت آگاهانه جعلی یکی از انواع رایج تقلب بالینی است، اهمیت این موضوع را بیشتر می‌کند. بلاکچین فناوری است که به طور بالقوه می‌تواند مسئولیت‌پذیری، توانایی حسابرسی و شفافیت محققان و متخصصان در حوزه پزشکی را بهبود بخشد. با حفظ غیرقابل تغییر تأییدیه یک بیمار، مسئولین می‌توانند استاندارد کارآزمایی‌های بالینی را به راحتی کنترل کرده و مطمئن شوند که با مقررات رضایت آگاهانه کشور مطابقت دارد. استفاده از بلاکچین در کارآزمایی‌هایی بالینی می‌تواند با پیاده‌سازی یک سیستم قرارداد هوشمند امکان‌پذیر شود تا پزشک یا محقق در هر مرحله از کارآزمایی بالینی، برای دسترسی به داده‌های بیمار نیاز به مجوز داشته باشد. بدین صورت که پیش از استفاده پزشکان از داده‌های بیماران یک فرآیند بازرسی هوشمند انجام داده و درصورت تأیید، کلیدی صادر شود تا به‌وسیله آن کلید داده‌ها برای پزشک نمایش داده شود. Benchoufi و همکاران چنین سیستمی را پیشنهاد داده‌اند [۲۲]. همچنین این فناوری با بهره‌مندی از خاصیت رمزگذاری داده‌ها مانع فاش شدن هویت بیمار می‌شود. علاوه‌بر این، خاصیت تغییرناپذیری بلاکچین صحت اطلاعات جمع‌آوری شده برای تحقیقات بالینی را تضمین می‌کند [۲۳،۲۱]. بلاکچین بر اساس خواص عدم‌تمرکز، تغییرناپذیری و شفافیت دارای پتانسیل تغییر و تحول در فرآیند بررسی کارهای مشابه در نشریات تحقیقات بالینی است [۲۳]. به‌عنوان مثال یکی از کاربردهای بالقوه بلاکچین که Funk و همکاران به آن پرداخته‌اند، استفاده از بلاکچین برای ایجاد یک سیستم آموزش مشاغل بهداشتی است. این یک سیستم مبتنی بر ارزش، شایستگی و ارائه خدمات اعتبارسنجی بدون نیاز به شخص ثالث است [۲۴].

### ➢ مدیریت پاندمی کووید-۱۹

پاندمی کووید-۱۹ تأثیر اساسی و جهانی بر مراقبت‌های بهداشتی داشته و سبب افزایش سرعت پذیرش فناوری‌های دیجیتال شده


www.SID.ir
[ Downloaded from jhbmi.ir on 2023-02-12 ]
[ DOI: 10.34172/jhbmi.2022.07 ]

Archive of SID

است؛ بلاکچین یکی از این فناوری‌های نوظهور است. طبق پژوهش‌های Ng و همکاران، کاربردهایی که بلاکچین در این پاندمی می‌تواند داشته باشد عبارت‌اند از: کنترل و نظارت پاندمی، پایش پاسپورت بر اساس تزریق واکسن و ردیابی تماس‌ها. طبق یافته‌های این پژوهش، برای عملی شدن این کاربردها باید شکاف بین شبیه‌سازی و اجرای واقعی بالینی را از میان برداشت؛ برای حذف این شکاف باید به چند مسئله پرداخت. مسئله اول قابلیت همکاری است که برای حل آن به استانداردهای باز منابع قابلیت همکاری سریع مراقبت سلامت ( Fast Healthcare Interoperability Resources) FHIR نیاز است. در مرحله بعد باید هزینه و کارایی تراکنش‌ها بررسی شود. به عنوان مثال سکوهایی که از اتریوم استفاده می‌کنند هزینه‌های گاز اتر را متحمل می‌شوند، در حالی که سایر سکوهایی که بر روی Hyperledger ساخته شده‌اند متحمل این هزینه نمی‌شوند. همچنین احتمالاً در دنیای واقعی کارایی سکوهای بلاکچین پایین‌تر از سیستم‌های مدیریت پایگاه داده توزیع‌شده است؛ بنابراین برای استفاده از بلاکچین باید این مسائل با مزیت‌های یک سکوی بلاکچینی سنجیده و مقایسه شود. سوم، فناوری بلاکچین به طور کامل خطرات مربوط به حریم خصوصی داده‌ها را از بین نمی‌برد. سرقت کلیدهای خصوصی توسط عوامل مخرب همچنان می‌تواند انتقال امن داده‌ها و محرمانه بودن بیمار را به خطر بیندازد. علاوه بر این، به دلیل تعداد کم گره‌های درگیر در بلاکچین‌های مراقبت سلامت خصوصی، نگرانی‌های مربوط به حاکمیت وجود دارد. برای به حداقل رساندن خطرات چنین نقص‌هایی باید ارزیابی‌های جامع امنیت سایبری، مانند تست‌های نفوذ انجام شود. پنجم، ذخیره داده‌های پزشکی در مقیاس بزرگ در یک بلاک چین غیرعملی است. چراکه داده‌ها در زنجیره‌ای از بلوک‌ها ذخیره شده و هریک از شرکت‌کنندگان شبکه بلاکچین یک کپی از زنجیره را نزد خود خواهند داشت و این امر هزینه‌های بالایی را بر این شبکه غیرمتمرکز تحمیل می‌کند و برنامه‌های مراقبت سلامت را به شدت محدود می‌کند؛ به ویژه که داده‌های پزشکی اغلب شامل فایل‌های بزرگ، مانند تصاویر پزشکی می‌شود. برای رفع این مشکل، گزینه‌های ذخیره‌سازی خارج از زنجیره مانند پایگاه داده متمرکز یا ذخیره‌سازی غیرمتمرکز، از جمله سیستم‌های ذخیره‌سازی ابری یا توزیع‌شده ( Neo File Storage or Interplanetary File Storage) باید در نظر گرفته شوند [۲۵].

### ➢ نظارت بیماران از راه دور ( Remote RPM(Patient Monitoring

نظارت از راه دور بیمار شامل جمع‌آوری داده‌های زیست‌پزشکی ازطریق حسگرهای ناحیه بدن (یا دستگاه‌های IOT) و دستگاه‌های تلفن همراه است تا بتوان وضعیت بیمار را در خارج از محیط مراقبت‌های بهداشتی سنتی مانند بیمارستان رصد کرد [۲۶]. بلاکچین به عنوان ابزاری برای ذخیره، اشتراک و بازیابی داده‌های نظارت از راه دور پیشنهاد شده است [۲۷،۲۸]. به عنوان مثال از بلاکچین برای توسعه SMEDA که یک دستگاه کمکی مبتنی بر موبایل است برای نظارت از راه دور بیماران دیابتی استفاده می‌شود [۲۹]؛ اما مسئله اصلی که باید توسط محققان مورد توجه قرار گیرد این است که چگونه بلاکچین در شبکه‌های ارتباطی پیچیده و متفاوت عمل می‌کند، چرا که این سیستم بر شبکه‌های ارتباطی که توسط چندین ارائه دهنده خدمات اداره می‌شوند تکیه خواهد کرد که هر کدام مجموعه‌ای از مقررات دسترسی به داده‌های خاص خود را دارند؛ بنابراین لازم است یک سیاست دسترسی جهانی واحد برای کل شبکه ایجاد شود [۲۷].

### ➢ رسیدگی به دعاوی بیمه درمانی

پردازش مطالبات بیمه‌ای در مراقبت‌های بهداشتی می‌تواند از شفافیت، تغییرناپذیری و قابلیت ممیزی داده‌های ذخیره شده روی بلاکچین استفاده کند [۳۰]. با این حال، نمونه‌های اولیه از پیاده‌سازی چنین سیستم‌هایی بسیار محدود هستند. به عنوان مثال Medi Shares اولین بازار جهانی، منبع باز و بیمه متقابل مبتنی بر بلاکچین اتریوم است که برای دستیابی به اعتماد در یک تراکنش، از فناوری بلاکچین استفاده می‌کند. به کار گیری بلاکچین برای بیمه‌گران، می‌تواند کارایی را بهبود بخشیده و هزینه‌های عملیاتی را کاهش دهد [۲۷].

## چالش‌های بلاکچین در سلامت

- **قابلیت همکاری**

قابلیت همکاری فرآیند به اشتراک‌گذاری و انتقال داده‌ها بین منابع مختلف است. محدودیت اصلی قابلیت همکاری ذخیره‌سازی همه پرونده‌ها در یک پایگاه داده یا بانک اطلاعات مرکزی است. بلاکچین راه حلی برای اشتراک‌گذاری و انتقال داده‌ها می‌باشد؛ اما قابلیت همکاری خود به عنوان یک چالش در بحث بلاکچین مطرح است. این چالش از این واقعیت ناشی می‌شود که هیچ استانداردی برای توسعه برنامه‌های سلامت مبتنی بر بلاکچین وجود ندارد؛ بنابراین ممکن است برنامه‌های کاربردی توسعه یافته توسط فروشندگان مختلف یا در سکوهای مختلف نتوانند با یکدیگر همکاری کنند. به عنوان مثال در دو برنامه کاربردی نظارت از راه دور بیمار که یکی بر روی سکوی

[ Downloaded from jhbmi.ir on 2023-02-12 ]
[ DOI: 10.34172/jhbmi.2022.07 ]


www.SID.ir

Archive of SID

اتریوم توسعه یافته است در حالی که دیگری بر روی سکوی Hyperledger Fabric توسعه یافته است، تبادل اطلاعات از یک سکو به سکوی دیگر دشوار خواهد بود [۲].

- **امنیت و حریم خصوصی**

چالش بعدی بحث امنیت و حریم خصوصی برنامه‌های سلامت مبتنی بر بلاکچین است؛ چرا که ممکن است با پیوند دادن داده‌های مرتبط با یک بیمار که در بلاکچین عمومی یا خصوصی ذخیره شده است بتوان هویت وی را فاش کرد. علاوه بر این، خطر احتمالی نقض امنیت نیز وجود دارد که می تواند ناشی از حملات مخرب عمدی به بلاکچین مراقبت سلامت توسط سازمان‌های جنایی یا حتی سازمان‌های دولتی باشد. همچنین کلیدهای خصوصی که برای رمزگذاری و رمزگشایی داده‌ها در بلاکچین استفاده می‌شوند نیز در معرض خطر احتمالی هستند که می‌تواند منجر به دسترسی غیر مجاز به داده‌های سلامت ذخیره شده شود [۲].

- **غیرقابل تغییربودن**

بخشی از آیین‌نامه حفاظت از اطلاعات عمومی اتحادیه اروپا شامل «حق فراموش کردن GDRP» است. این آیین نامه تضمین می‌کند که بیمار می‌تواند درخواست پاک کردن داده‌های خود را بدهد. چالش بعدی بحث غیر قابل تغییر بودن بلاکچین است، چرا که این ویژگی با حق «فراموش کردن GDRP» مطابقت ندارد و داده‌ها پس از ذخیره‌سازی در بلاکچین نمی‌توانند حذف یا تغییر داده شوند [۲].

- **مقیاس‌پذیری و مدیریت ظرفیت ذخیره‌سازی**

مقیاس‌پذیری راه‌حل‌های مراقبت سلامت مبتنی بر بلاکچین یک چالش بزرگ است، بخش مهمی از این چالش ناشی از بالا بودن حجم داده‌های حوزه سلامت است. ذخیره سازی این حجم از داده‌ها در بلاکچین بهینه و یا حتی در برخی موارد عملی نیست؛ چراکه هم باعث کاهش جدی کارایی می‌شود و هم سرعت پردازش‌های مبتنی بر بلاکچین را کاهش می‌دهد و تأخیر قابل توجهی را ایجاد می‌کند. برای مثال مکانیسم اعتبارسنجی فعلی سکوی اتریوم، همه گره‌های یک شبکه را ملزم می‌کند تا در فرآیند اعتبارسنجی شرکت کنند که این امرتأخیر قابل توجهی را در پردازش ایجاد می‌کند، به خصوص اگر حجم داده‌ها نیز زیاد باشد تأخیر زیادی رخ خواهد داد [۲].

- **مشارکت بیماران**

چالش بعدی ناشی از چگونی مشارکت بیماران در مدیریت داده‌های خود در بلاکچین است، چرا که ممکن است بیماران علاقه یا توانایی لازم برای مشارکت در مدیریت داده‌های خود را نداشته باشند [۲].

- **شفافیت و محرمانه بودن**

شفافیت و محرمانه بودن چالش دیگر مطرح در به کارگیری بلاکچین در حوزه سلامت است. این امر که همه گره‌های مشارکت کننده در شبکه بلاکچین می‌توانند داده‌های موجود در زنجیره را ببینند، سبب افزایش شفافیت و کاهش محرمانگی داده‌های ذخیره شده در بلاکچین می‌شود. این در حالی است که حفظ محرمانگی داده‌های بیمار حائز اهمیت است [۱].

## بحث و نتیجه‌گیری

برای درک بهتر پتانسیل به‌کارگیری فناوری بلاکچین در حوزه سلامت، بررسی تحقیقاتی که به کاربردها و چالش‌های بلاکچین در حوزه سلامت پرداخته‌اند، اهمیت شایانی دارد؛ بنابراین یک مرور روایی در مورد کاربردها و چالش‌های این فناوری در حوزه سلامت ضروری است. در این پژوهش تعداد۳۰ مطالعه بررسی شد و کاربردهایی چون: اشتراک‌گذاری ایمن داده‌های سلامت، پرونده پزشکی الکترونیکی، رهگیری سوابق پزشکی، رهگیری تجویز مواد افیونی، یادگیری عمیق، زنجیره تأمین دارو، کارآزمایی‌های بالینی، مدیریت پاندمی کووید-۱۹ و نظارت بیماران از راه دور برای بلاکچین در سلامت ارائه شد؛ اما به کارگیری این فناوری در صنعت سلامت چالش‌ها و پیامدهایی نیز به دنبال دارد که لازم است محققان به آن توجه کنند. این چالش‌ها عبارت‌اند از: قابلیت همکاری، امنیت و حفظ حریم خصوصی، غیر قابل تغییر بودن، مقیاس پذیری، درگیری بیمار، شفافیت و محرمانه بودن.

یافته‌های پژوهش حاضر برای سازمان‌هایی که قصد دارند از نوآوری‌های دیجیتال مانند بلاکچین در حوزه سلامت استفاده کنند می‌تواند به عنوان راهنما تلقی شود؛ چرا که این پژوهش ضمن معرفی زمینه‌های بالقوه برای به کار گیری بلاکچین در سلامت، چالش‌های به کارگیری این فناوری را نیز ارائه کرده است.

در خصوص ارتباط این تحقیق با سایر پژوهش‌ها، می‌توان گفت یافته‌های این پژوهش در مقایسه با یافته‌های Agbo و همکاران در مرور نظام‌مندشان منطبق است [۲]. با این تفاوت که در این پژوهش بر ادبیات بلاکچین تمرکز نکرده و هدف اصلی بررسی کاربردها و چالش‌های بلاکچین در حوزه سلامت است، اما در بقیه مطالعات ادبیات فناوری بلاکچین را نیز تشریح کرده‌اند. این تفاوت سبب می‌شود سازمان‌هایی که قصد


www.SID.ir
[ Downloaded from jhbmi.ir on 2023-02-12 ]
[ DOI: 10.34172/jhbmi.2022.07 ]

Archive of SID

به‌کارگیری بلاکچین در صنعت سلامت را دارند، با نتایج این پژوهش هرچه سریعتر به هدف خود رسیده و درگیر جزئیات نشوند. همچنین Agbo و همکاران برخی از چالش‌های شناخته شده برای توسعه برنامه‌های کاربردی مبتنی بر بلاکچین شامل قابلیت همکاری، امنیت و حفظ حریم خصوصی، مقیاس‌پذیری، سرعت و درگیری بیمار را بیان و راه‌حل‌هایی نیز ارائه کرده‌اند. اما در این پژوهش علاوه بر موارد بررسی شده، بحث شفافیت و محرمانه بودن نیز بررسی شد. همچنین کاربردها و پژوهش‌هایی که مرتبط به آوریل ۲۰۱۹ به بعد هستند را نیز شامل می‌شود. ازجمله این کاربردها می‌توان به استفاده از بلاکچین در مدیریت پاندمی کووید-۱۹ اشاره کرد.

Kuo و همکاران پژوهشی در زمینه کاربردهای بلاکچین در حوزه زیست پزشکی و مراقبت سلامت انجام داده‌اند [۱]؛ اما با وجود تمرکز عنوان تحقیق بر کاربردهای بلاکچین در حوزه سلامت، محققان به معرفی بیت کوین و کاربردهای مالی بلاکچین نیز پرداخته‌اند. همچنین کاربردهایی که در این پژوهش به آن‌ها پرداخته شده عبارت‌اند از: مدیریت مدارک پزشکی، مدیریت فرآیند بیمه، تحقیقات بالینی و زیست پزشکی و دفترکل پیشرفته برای داده‌های زیست پزشکی. اما در پژوهش حاضر ادبیات بلاکچین به طور گسترده تشریح نکرده و همچنین در مقایسه با مطالعه Kuo و همکاران تعداد کاربردهای بیشتری معرفی کرده است. همچنین Kuo و همکاران در بخشی مجزا فقط سه چالش فناوری بلاکچین شامل شفافیت و محرمانه بودن، سرعت و مقیاس پذیری و حمله ۵۱٪ را بیان کرده‌اند. این درحالی است که در پژوهش حاضر علاوه بر بررسی این موارد، چالش‌های دیگری چون قابلیت همکاری، امنیت و حریم خصوصی، غیر قابل تغییر بودن و مشارکت بیماران را نیز بررسی شده است.

Ramzan و همکاران به تفصیل به معرفی فناوری بلاکچین پرداخته و تاریخچه، اطلاعات فنی، انواع، انگیزه‌های پشت این فناوری و پروژه‌های بهداشتی برتر تکمیل شده با استفاده از این فناوری را نیز مورد بحث قرار داده‌اند [۲۷] و موارد استفاده از بلاکچین در حوزه سلامت را در سه گروه طبقه‌بندی کرده‌اند: به اشتراک‌گذاری سوابق پزشکی الکترونیکی، نظارت از راه دور بیمار و مدیریت زنجیره تأمین. این در حالی است که در این مطالعه کاربردها بسیار گسترده‌تر تشریح شده است. همچنین Ramzan نیز چالش‌های بلاکچین را با جزئیات زیادی بررسی کرده‌اند. این چالش‌ها شامل: امنیت و حریم‌خصوصی داده‌ها، مدیریت ظرفیت ذخیره‌سازی، قابلیت همکاری و مقیاس‌پذیری، محدودیت‌های قدرت محاسباتی، اندازه بلاکچین، تأخیر و محدودیت‌های عملیاتی، چالش‌های استاندارد سازی، عدم قطعیت و مالکیت داده‌ها، هزینه، قوانین و مقررات، پیاده‌سازی و مدیریت داده‌ها، شکاف دانش که سبب افزایش موانع فنی می‌شود و چالش‌های اجتماعی است. در این پژوهش همه چالش‌های ارائه شده توسط Ramzan و همکاران در ۶ دسته ذکر شده است. که از مزیت‌های این پژوهش در ارائه کاربردهای بیشتر است.

هدف اصلی پژوهش این بود که کاربردها و چالش‌های بلاکچین به تفصیل تشریح شود و پس از این مطالعه ۱۰ مورد کاربرد و ۶ مورد از چالش‌های بلاکچین در حوزه سلامت استخراج شد. هدف ارائه کاربردها، معرفی زمینه‌های بالقوه برای به کار گیری بلاکچین در سلامت است. چالش‌ها نیز ارائه شد تا مؤسسات و پژوهشگرانی که قصد عملیاتی کردن هر یک از این کاربردهای بالقوه را دارند، نسبت به چالش‌هایی که سایر محققین با آن مواجه شده‌اند آگاه شوند. مشخص کردن مرز بین برخی از این کاربردها کار بسیار دشواری است و برخی از این کاربردها با هم همپوشانی دارند. همچنین، با توجه به نوظهور بودن کاربرد بلاکچین در سلامت، منابع محدودی در این زمینه در دسترس است و همین امر تحقیق را با محدودیت منابع مواجه کرده است. همچنین گرایش محققان برای انتشار نتایج مثبت به کارگیری بلاکچین در سلامت بیشتر از نتایج منفی است، زیرا نتایج مثبت احتمالاً برای انتشار پذیرفته می‌شوند و همچنین توسط دیگران مورد استناد قرار می‌گیرد. همین امر سبب می‌شود که این مطالعه و مطالعات مشابه با محدودیت‌های منابع مواجه شوند.

## تعارض منافع

نویسندگان اظهار داشتند که تعارض منافعی وجود ندارد. این پژوهش بدون حمایت هیچ سازمانی انجام شد.

**References**

**1.** Kuo TT, Kim HE, Ohno-Machado L. Blockchain distributed ledger technologies for biomedical and health care applications. Journal of the American Medical Informatics Association 2017;24(6):1211-20. https://doi.org/10.1093/jamia/ocx068

**2.** Agbo CC, Mahmoud QH, Eklund JM. Blockchain technology in healthcare: a systematic review. Healthcare 2019, 7(2), 56; https://doi.org/10.3390/healthcare7020056

**3.** McGhin T, Choo KK, Liu CZ, He D. Blockchain in healthcare applications: Research challenges and opportunities. Journal of Network and Computer


www.SID.ir
[ Downloaded from jhbmi.ir on 2023-02-12 ]
[ DOI: 10.34172/jhbmi.2022.07 ]

Archive of SID

Applications 2019;135:62-75. https://doi.org/10.1093/jamia/ocx068
**4.** MccCarthy J. MedStar attack found to be ransomware, hackers demand Bitcoin; 2016. Available from: [cited 2020 Dec 20] https://www.healthcareitnews.com/news/medstar-attack-found-be-ransomware-hackers-demand bitcoin
**5.** McConaghy T, Marques R, Müller A, De Jonghe D, McConaghy T, McMullen G, et al. Bigchaindb: a scalable blockchain database; 2016. [cited 2019 Oct 10] Available from: https://git.berlin/bigchaindb/site/raw/commit/b2d98401b65175f0fe0c169932ddca0b98a456a6/_src/whitepaper/bigchaindb-whitepaper.pdf
**6.** Singh C, Chauhan D, Deshmukh SA, Vishnu SS, Walia R. Medi-Block record: Secure data sharing using block chain technology. Informatics in Medicine Unlocked 2021;24:100624. https://doi.org/10.1016/j.imu.2021.100624
**7.** Magyar G. Blockchain: Solving the privacy and research availability tradeoff for EHR data: A new disruptive technology in health data management. 30th Neumann Colloquium (NC); 2017 Nov 24-25; Budapest, Hungary: IEEE; 2017. p. 135-40. doi: 10.1109/NC.2017.8263269
**8.** Gordon WJ, Catalini C. Blockchain technology for healthcare: facilitating the transition to patient-driven interoperability. Computational and Structural Biotechnology Journal 2018;16:224-30. https://doi.org/10.1016/j.csbj.2018.06.003
**9.** Esposito C, De Santis A, Tortora G, Chang H, Choo KK. Blockchain: A panacea for healthcare cloud-based data security and privacy?. IEEE Cloud Computing. 2018;5(1):31-7. doi: 10.1109/MCC.2018.011791712
**10.** Hussein AF, ArunKumar N, Ramirez-Gonzalez G, Abdulhay E, Tavares JM, de Albuquerque VH. A medical records managing and securing blockchain based system supported by a genetic algorithm and discrete wavelet transform. Cognitive Systems Research 2018;52:1-1. https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2018.05.004
**11.** Guo R, Shi H, Zhao Q, Zheng D. Secure attribute-based signature scheme with multiple authorities for blockchain in electronic health records systems. IEEE Access 2018;6:11676-86. doi: 10.1109/ACCESS.2018.2801266
**12.** Roehrs A, da Costa CA, da Rosa Righi R, da Silva VF, Goldim JR, Schmidt DC. Analyzing the performance of a blockchain-based personal health record implementation. Journal of Biomedical Informatics 2019;92:103140. https://doi.org/10.1016/j.jbi.2019.103140
**13.** Margheri A, Masi M, Miladi A, Sassone V, Rosenzweig J. Decentralised provenance for healthcare data. International Journal of Medical Informatics 2020;141:104197. https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2020.104197
**14.** Alnafrani M, Acharya S. SecureRx: A blockchain-based framework for an electronic prescription system with opioids tracking. Health Policy and Technology 2021;10(2):100510. https://doi.org/10.1016/j.hlpt.2021.100510
**15.** Gonzales A, Smith SR, Dullabh P, Hovey L, Heaney-Huls K, Robichaud M, Boodoo R. Potential Uses of Blockchain Technology for Outcomes Research on Opioids. JMIR Med Inform 2021;9(8):e16293. doi: 10.2196/16293
**16.** Fouladi S, Safaei AA, Mammone N, Ghaderi F, Ebadi MJ. Efficient Deep Neural Networks for Classification of Alzheimer's Disease and Mild Cognitive Impairment from Scalp EEG Recordings. Cognitive Computation 2022; 14: 1247–68.
**17.** Kumar R, Wang W, Kumar J, Yang T, Khan A, Ali W, Ali I. An integration of blockchain and AI for secure data sharing and detection of CT images for the hospitals. Computerized Medical Imaging and Graphics 2021;87:101812. https://doi.org/10.1016/j.compmedimag.2020.101812
**18.** Fouladi S, Ebadi MJ, Safaei AA, Bajuri MY, Ahmadian A. Efficient deep neural networks for classification of COVID-19 based on CT images: Virtualization via software defined radio. Computer communications 2021;176:234-48. https://doi.org/10.1016/j.comcom.2021.06.011
**19.** Durga R, Poovammal E. FLED-Block: Federated Learning Ensembled Deep Learning Blockchain Model for COVID-19 Prediction. Front Public Health 2022; 10: 892499. doi: 10.3389/fpubh.2022.892499
**20.** Zoughalian K, Marchang J, Ghita B. A blockchain secured pharmaceutical distribution system to fight counterfeiting. Int. J. Environ. Res. Public Health 2022; 19(7): 4091. https://doi.org/10.3390/ijerph19074091.
**21.** Engelhardt MA. Hitching healthcare to the chain: An introduction to blockchain technology in the healthcare sector. Technology Innovation Management Review 2017;7(10):22-34. http://doi.org/10.22215/timreview/1111
**22.** Benchoufi M, Porcher R, Ravaud P. Blockchain protocols in clinical trials: Transparency and traceability of consent. F1000Res 2017; 6: 66. doi: 10.12688/f1000research.10531.5
**23.** Roman-Belmonte JM, De la Corte-Rodriguez H, Rodriguez-Merchan EC. How blockchain technology can change medicine. Postgraduate Medicine 2018;130(4):420-7. https://doi.org/10.1080/00325481.2018.1472996
**24.** Funk E, Riddell J, Ankel F, Cabrera D. Blockchain technology: a data framework to improve validity, trust, and accountability of information exchange in health professions education. Academic Medicine 2018;93(12):1791-4.
**25.** Ng WY, Tan TE, Movva PV, Fang AH, Yeo KK, Ho D, et al. Blockchain applications in health care for COVID-19 and beyond: a systematic review. The Lancet Digital Health 2021;3(12):e819-29. https://doi.org/10.1016/S2589-7500(21)00210-7
**26.** Rezayi S, Safaei AA, Mohammadzadeh N. Design and evaluation of a wearable smart blanket system for monitoring vital signs of patients in an ambulance. Journal of Sensors 2021;2021. https://doi.org/10.1155/2021/8820740
**27.** Ramzan S, Aqdus A, Ravi V, Koundal D, Amin R, Al Ghamdi MA. Healthcare applications using blockchain technology: motivations and challenges.


www.SID.ir

[ Downloaded from jhbmi.ir on 2023-02-12 ]
[ DOI: 10.34172/jhbmi.2022.07 ]

Archive of SID

IEEE Transactions on Engineering Management 2022; 1 – 17. doi: 10.1109/TEM.2022.3189734

**28.** Dey T, Jaiswal S, Sunderkrishnan S, Katre N. HealthSense: A medical use case of Internet of Things and blockchain. International conference on intelligent sustainable systems (ICISS); 2017 Dec 7-8; Palladam, India: IEEE; 2017. p. 486-491. doi: 10.1109/ISS1.2017.8389459

**29.** Saravanan M, Shubha R, Marks AM, Iyer V. SMEAD: A secured mobile enabled assisting device for diabetics monitoring. IEEE International Conference on Advanced Networks and Telecommunications Systems (ANTS); 2017 Dec 17-20; Bhubaneswar, India: IEEE; 2017. p. 1-6. doi: 10.1109/ANTS.2017.8384099

**30.** Gatteschi V, Lamberti F, Demartini C, Pranteda C, Santamaría V. Blockchain and smart contracts for insurance: Is the technology mature enough?. Future Internet 2018; 10(2): 20. https://doi.org/10.3390/fi10020020

[ Downloaded from jhbmi.ir on 2023-02-12 ]

[ DOI: 10.34172/jhbmi.2022.07 ]


www.SID.ir