

ارائه راهکار های مبتنی بر زنجیره بلوکی جهت بهبود امنیت در اینترنت اشیا پزشکی

علیرضا جعفری^۱، رحیم اصغری^{۲*}

۱- کارشناسی ارشد رایانش امن، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران

۲- استادیار مجتمع دانشگاهی برق و کامپیوتر، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران

چکیده:

حفظ امنیت و حریم خصوصی داده ها در دنیای امروزی که به سرعت در حال رشد است به طور فزاینده ای دشوار خواهد شد. ما از اینترنت اشیا پزشکی برای دریافت داده ها و تشخیص سریع و عکس العمل مناسب استفاده می کنیم. دستگاه های اینترنت اشیا پزشکی، عملکرد بدن انسان را در پارامترهای مختلف اندازه گیری می کنند و داده ها را در سرورهای ابری بیمارستان جمع آوری، پردازش و ذخیره می کنند که در صورت لزوم باید برای پزشک این بیماران ارسال شوند. در این جایگاه یک کانال عمومی برای جمع آوری داده ها از انسان و ارسال آن به فضای ابری وجود دارد که بسیار غیرقابل اعتماد و در برابر حملات آسیب پذیر است. آسیب پذیری دیگر که وجود دارد شامل ذخیره سازی داده ها در یک سیستم متمرکز است که می تواند در برابر خرابی یا حمله به داده های گره اصلی آسیب پذیر باشد. از فناوری زنجیره بلوکی برای ذخیره سازی امن داده ها به صورت غیرمتمرکز استفاده می شود تا از آسیب گره اصلی جلوگیری شود. در این مقاله، راهکارهایی مبتنی بر زنجیره بلوکی جهت جمع آوری و ذخیره سازی ایمن داده های پزشکی بیماران در فضای اینترنت اشیا پزشکی پیشنهاد می کنیم.

کلمات کلیدی: اینترنت اشیا پزشکی، زنجیره بلوکی، فضای ابری، تهدیدات سایبری، توکن های غیرقابل تعویض، امنیت داده ها

۱. مقدمه

اینترنت اشیا^۱ شبکه ای از دستگاه های کوچک است که با قدرت و حافظه کمتر کار می کنند، داده های خود را در ابرها پردازش می کنند و نتایج را به دستگاه های قابل حمل کاربر برمی گردانند. از آنجایی که این دستگاه های کوچک در یک محیط از شبکه های باز و ناامن کار می کنند در برابر هکرها آسیب پذیر هستند و موضوع مهم آن است که امنیت و به اشتراک گذاری داده ها در این محیط باید کاملاً امن باشد. در این میان اینترنت اشیا^۲ پزشکی^۲ فناوری جدید نوآورانه ای برای اتصال سیستم های مراقبت های بهداشتی، دستگاه های پزشکی و برنامه های کاربردی با استفاده از فناوری های این شبکه است. این موضوع بخشی از اینترنت اشیا است که توسط اکثر شرکت ها برای اتصال دستگاه ها و نظارت بر بیماران استفاده می شود. برای مثال صنایع مراقبت های بهداشتی از دستگاه های اینترنت اشیا برای این منظور استفاده می کنند [1]. نظارت بر بیماران بیشترین درصد استفاده از اینترنت اشیا را به خود اختصاص می دهد، که این میزان تا ۶۴ درصد است. برای مثال نظارت بر رفاه بیماران و حفظ سوابق پزشکی آنها یا به دست آوردن داده های پزشکی مرتبط برای بهبود عمل زایمان. در این جا نگهداری از داده های مراقبت های بهداشتی به شیوه ای ایمن و امن بسیار مهم است، در عین حال صنایع پزشکی نگران ارائه مراقبت های بهداشتی از راه دور و بدون دستکاری و حمله های سایبری بوده است. بنابراین، برای عملکرد مؤثر، به یک کانال انتقال داده بسیار امن در برابر این خطرات نیاز است. ما در این مقاله قصد داریم در ابتدا بستر بسیار امن زنجیره بلوکی را برای بهبود امنیت کانال های انتقال داده در اینترنت اشیا پزشکی که بسیار حیاتی است ارائه دهیم و در

*mathhome@gmail.com.meisam :lEmai Corresponding

¹ Internet of Things

² Internet of Medical Things

نهایت کاربرد های آن را در زیر مجموعه های اینترنت اشیا پزشکی بررسی کنیم. در بخش دوم به معرفی اینترنت اشیا پزشکی و چالش های امنیتی اینترنت اشیا پزشکی خواهیم پرداخت. در بخش سوم، راهکارهایی مبتنی بر زنجیره بلوکی جهت ذخیره سازی و اشتراک گذاری امن داده های پزشکی ارائه خواهیم داد و در انتها، ویژگی های امنیتی که از بکارگیری فناوری زنجیره بلوکی ایجاد خواهد شد را ارزیابی و بیان خواهیم کرد.

۲. معرفی اینترنت اشیا پزشکی

سرور ابری BAN شبکه‌ای از دستگاه‌هایی است که برای اندازه‌گیری فعالیت‌های مختلف بدن استفاده می‌شود. سرور ابری BAN برای محاسبه و ذخیره داده‌ها جهت تحقیقات و تصمیم برای اقدامات آینده به سرور ابری متصل می‌شود. از آنجایی که فضای ابری ظرفیت ذخیره‌سازی محدودی دارد، داده‌ها پس از یک دوره مشخص حذف می‌شوند. به گفته شو و همکارانش که در مقاله آقای دوانگان به آن اشاره شده است [2]، یک سیستم سایبر فیزیکی پزشکی، تجهیزات پزشکی تعبیه شده را از طریق یک شبکه بی‌سیم کنترل می‌کند که داده‌های فیزیکی بیمار را در زمان واقعی حس و نظارت کند. هنگامی که بیمار وضعیت غیرعادی دارد، تجهیزات پزشکی اطلاعات هشدار اولیه را به موقع به موسسه پزشکی ارسال می‌کند که این پیشرفت بزرگی را ایجاد کرده است [2].

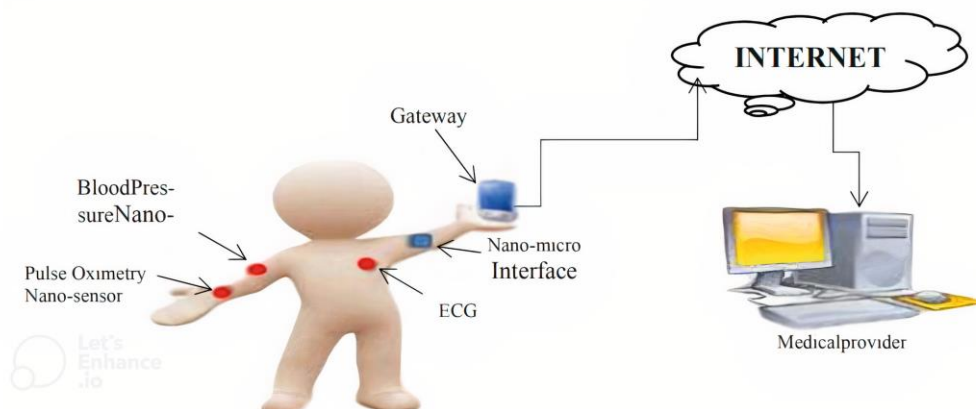
اگرچه، بسیاری از سازمان‌های مراقبت‌های بهداشتی کشورهای در حال توسعه هنوز روش‌های مرسوم درمان‌های پزشکی را استفاده می‌کنند و به سمت سیستم‌های دیجیتالی پیشرفته از نظر فناوری‌هایی که بیماران را از راه دور به پزشکان متصل می‌کند، حرکت نکرده اند، اما امروزه اینترنت اشیا پزشکی با استفاده از حدود ۶۰ درصد از مؤسسات بهداشتی جهانی از آن در حال باز کردن جایگاه خود در جهان است و انتظار می‌رود این رکورد با ظهور همه‌گیری کووید-۱۹ افزایش یابد. اینترنت اشیا پزشکی به دستگاه‌های مختلفی اطلاق می‌شود که برای اندازه‌گیری و انتقال داده‌ها به پزشکان از راه دور به منظور نظارت از راه دور سلامت بیماران استفاده می‌شود. از این دستگاه‌ها می‌توان برای اندازه‌گیری ضربان قلب، فشار خون، سطح اکسیژن خون، نوار قلب^۱، نوار مغزی^۲ و صدمات بدنی استفاده کرد. این دستگاه‌ها برای انجام یک وظیفه خاص در اهداف درمانی پزشکی و ارسال داده‌ها به مراکز متمرکز ساخته شده اند [3].

اینترنت اشیا پزشکی، پیشرفت اینترنت اشیا را در بر دارد که با اتصال به اینترنت برای رسیدگی به مشکلات در صنایع مراقبت‌های بهداشتی سروکار دارد و به تجهیزات پزشکی اجازه می‌دهد تا داده‌ها را از طریق اینترنت و سایر رسانه‌ها با کمک راه حل‌های اینترنتی جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل و انتقال دهند. در این میان همه‌ی دستگاه‌های دیجیتالی یا حتی ابزارهای غیر دیجیتالی مانند تخت‌های بیمار و مانیتورهای قلب برای اهداف نظارت مؤثر بر سلامت، به اینترنت متصل هستند. در این بین برنامه‌های کاربردی خوبی هم برای انجام امور ارائه شدند. استقرار اینترنت اشیا پزشکی قبل از ظهور بیماری همه‌گیر کرونا^۳ هم وجود داشته است، اما از آغاز همه‌گیری آن که تمام جهان را درگیر کرده است. استقرار اینترنت اشیا پزشکی بعد جدیدی را به خود اختصاص داده است. اینترنت اشیا پزشکی، از اینترنت اشیا، تکامل یافته تا بر کاربردهای اینترنت اشیا تمرکز کند و بتواند به‌درستی در بخش مراقبت‌های بهداشتی به حداکثر کارایی برسد. به تازگی یکی از نوآوری‌های اخیر در حوزه برنامه‌های کاربردی در مدل اینترنت اشیا پزشکی ارائه شد. این مدل دارای تراشه و حسگرهای نانویی برای نظارت بر فشارخون، نبض و نوار قلب بیمار است، این مدل از تلفن همراه به‌عنوان دروازه برای اتصال اینترنت و دستکاپ در انتهای ارائه‌دهنده مراقبت‌های بهداشتی استفاده می‌کند [3].

¹ ECG

² EEG

³ Covid-19



شکل ۱. ارسال شاخصه‌های سلامت بیمار در اینترنت اشیا پزشکی

۲/۱. چالش‌های امنیتی در اینترنت اشیا پزشکی

امروزه توسعه ابزارهای هوشمند در حوزه پزشکی کاملاً نمایان شده است، ابزارهای هوشمند مانند حسگرهای هوشمند و دستگاه‌های هوشمند که با استفاده از اینترنت اشیا نقش مهمی در ارائه خدمات بهداشتی باکیفیت در حال حاضر ایفا می‌کنند. حتی اتصال دستگاه‌ها و تجهیزات پزشکی برای نظارت بر سیگنال‌های زیست پزشکی و تأثیرگذاری بر تشخیص بیماری‌های بیماران بدون مداخله جدی انسانی امکان‌پذیر شده است و از آن به‌عنوان اینترنت اشیا پزشکی یاد می‌شود و این عملیات قلب سیستم اطلاعاتی مراقبت‌های بهداشتی است. حال در برخی مواقع، برای کارکرد مؤثر امکانات اینترنت اشیا پزشکی به دستگاه‌های پوشیدنی نیاز داریم، به‌گونه‌ای که دستگاه‌ها، نظارت بر بیمار را از یک مکان دور تسهیل می‌کنند که منجر به کاهش ویزیت توسط پزشکی که به‌طور منظم بیماران را ویزیت می‌کند، می‌شود. این موضوع خود صرفه‌جویی زیادی در هزینه‌های حمل‌ونقل، اطمینان از خطر جانی پزشک در حین حمل‌ونقل و محافظت از پزشکان در برابر بیماری‌های عفونی را به دنبال دارد که به پزشکان این امکان را می‌دهد تا وضعیت فیزیکی بیماران خود را از دور پیگیری کنند. همه موارد گفته‌شده از مزایا و ایده‌های جالب استفاده از اینترنت اشیا پزشکی بودند. اما اگر لحظه‌ای از بعدهای امنیتی هم به این موضوع نگاه کنیم متوجه چالش‌ها و خطرات جبران‌ناپذیری هم در این بخش می‌شویم، که در صورت بی‌احتیاطی عواقب جدی به دنبال دارد. فرض کنید داده‌ها و معیارهای سلامتی بیماران یک بیمارستان در مسیر کانال انتقال داده دچار تغییر یا هر عامل بیرونی مثل حمله سایبری به ابر بیمارستان و ... شود و پزشکان با بررسی داده‌های نادرست اقدام به تجویز نسخه کنند که این خود عمق فاجعه را نشان می‌دهد. از طرفی با توجه موارد گفته‌شده از مزایای بی‌شمار اینترنت اشیا پزشکی هم قدرت چشم‌پوشی نداریم. ما به دنبال راهی هستیم که مسیر کانال انتقال داده و همچنین ذخیره داده‌های ما محلی امن برای داده‌ها باشد [3].

۲.۱.۱ حملات سایبری

در حالی که دستگاه‌های اینترنت اشیا پزشکی که به‌طور فزاینده‌ای در همه‌جا حاضر می‌شوند، چندین مزیت را ارائه می‌کنند، اما نگرانی‌های جدی هم در مورد امنیت و حفظ حریم خصوصی نیز ایجاد می‌کنند. دستگاه‌های مراقبت‌های بهداشتی اطلاعات پزشکی حساس و اغلب حیاتی را جمع‌آوری و پردازش می‌کنند و بر اساس این اطلاعات تصمیمات حیاتی می‌گیرند. مجرمان سایبری که آسیب‌پذیری‌های این دستگاه‌های اینترنت اشیا پزشکی را هدف قرار می‌دهند، نه تنها می‌توانند به شبکه بیمارستانی دسترسی پیدا کنند، بلکه به اطلاعات حساس شخصی و مراقبت‌های بهداشتی نیز دسترسی غیرمجاز دارند.

حملات به این دستگاه‌های متصل نیز می‌تواند صدمات فیزیکی و هزینه‌بر قابل توجهی را به همراه داشته باشد و همچنین آسیب‌های جانی را به بیماران وارد کند. داده‌های جمع‌آوری‌شده از دستگاه‌های اینترنت اشیا پزشکی می‌تواند اطلاعات حساسی را در مورد عادات یک بیمار نشان دهد. برای مثال، سیگنال‌های ارسال‌شده از حسگرهایی که برای گزارش وضعیت بیمار استفاده می‌شوند، می‌توانند عملکردهای پزشکی دستگاه را آشکار کنند. به همین ترتیب، با حملات غیرفعال مانند تجزیه و تحلیل ترافیک، مهاجمان می‌توانند علاوه بر اطلاعات محرمانه و حساس، اطلاعات مربوط به هویت بیماران را منحل کرده یا جمع‌آوری کنند. مهم‌تر از آن، حملاتی مانند مردی در میان^۱ می‌تواند یکپارچگی و حریم خصوصی شبکه‌های اینترنت اشیا پزشکی را با دست‌کاری در ارتباطات برای تغییر داده‌های مبادله بین دو طرف بدون توجه به آن خراب کند. به‌عنوان مثال، داده‌های پزشکی جمع‌آوری‌شده را می‌توان به یک سرور راه دور ارسال کرد، جایی که مهاجمان می‌توانند داده‌های پزشکی را تغییر داده و ره‌گیری کنند تا حریم خصوصی آن‌ها به خطر بیفتد. علاوه بر این، از آنجایی که ذخیره‌سازی اطلاعات غیرمجاز در برابر حملات یکپارچگی، حریم خصوصی و امنیت داده‌ها آسیب‌پذیر است، محققانی هم مسائل حریم خصوصی و امنیتی را تهدیدی بزرگ برای حریم خصوصی کاربر و محرمانه بودن داده‌ها قرار داده‌اند. این موضوع همچنین در دستگاه‌های اینترنت اشیا پزشکی کاملاً مشهود است زیرا فاقد مکانیسم احراز هویت قابل اعتماد است [2]. در نتیجه، فقدان کنترل دسترسی به شبکه و رمزگذاری داده‌ها به مهاجمان اجازه می‌دهد تا حریم خصوصی کاربران را از طریق استراق سمع نقض کنند. نگرانی‌های مربوط به امنیت داده‌ها و حریم خصوصی بیمار توسط نقض‌های امنیتی اخیر در سوابق مراقبت‌های بهداشتی بیمار تقویت شده است. به گفته شرکت بیمه امنیت سایبری جهانی بی‌زلی، ۴۵ درصد از حملات باج‌افزار در سال ۲۰۱۷ سازمان‌های مراقبت‌های بهداشتی را هدف قرار داده است [2]. تعداد سوابق مراقبت‌های بهداشتی هک شده و نقض داده‌های پزشکی در حال افزایش است. طبق ژورنال HIPPA، تعداد تخلفات گزارش شده در صنعت مراقبت‌های بهداشتی از زیر ۲۰ مورد در سال ۲۰۰۹ به بیش از ۳۵۰ مورد در سال ۲۰۱۷ افزایش یافت. بر اساس گزارش وزارت بهداشت و خدمات انسانی، در سال ۲۰۱۸، تعداد تخلفات در صنعت مراقبت‌های بهداشتی منجر به در معرض قرار گرفتن ۱۳ میلیون کل پرونده مراقبت‌های بهداشتی شد. نقض داده‌های بهداشتی به طور متوسط حداقل یک بار در روز بود که بر بیش از ۲۷ میلیون پرونده بیمار در سال ۲۰۱۶ تأثیر گذاشت. در سال ۲۰۱۸، هکرها سوابق پزشکی حساس ۱.۴ میلیون بیمار را از شبکه بیمارستان^۲ افشا کردند. این بزرگترین نقض اطلاعات پزشکی در ایالات متحده در آن سال در نظر گرفته شد. سوابق هک شده شامل نتایج آزمایشگاهی، درمان‌ها، شماره تأمین اجتماعی بیمار و اطلاعات بیمه بود [3].

۳. ارائه راهکارهای مبتنی بر زنجیره بلوکی برای مقابله با آسیب‌پذیری‌های اینترنت اشیا پزشکی

با توجه به توضیحات گفته‌شده در مورد اهمیت استفاده از اینترنت اشیا پزشکی در دنیای امروز و در برابر آن چالش‌ها و تهدیدات بی‌شماری که اصالت داده‌های ما را تهدید می‌کنند و ممکن است عواقب جبران‌ناپذیری مثل از دست دادن بیماران را در پی داشته باشد باید به دنبال بستری امن‌تر باشیم تا بشود هم در سرعت ذخیره‌سازی و هم در حفظ اصالت داده‌ها گامی بلندتر برداریم، که ما در این بخش سعی داریم از بستر زنجیره بلوکی و توکن‌ها برای بهبود امنیت داده‌ها در دنیای اینترنت اشیا پزشکی بهره ببریم.

۳.۱ زنجیره بلوکی و اینترنت اشیا پزشکی

¹ Min the middlena

² UnityPoint Health

برای دهه‌ها، فناوری اطلاعات سلامت^۱ مورد توجه مطالعات مختلف بوده است. در طول این مدت، دستگاه‌های مختلفی طراحی و اجرا شده است. چندین مورد از این موارد عبارت‌اند از: پرونده الکترونیک سلامت^۲، ثبت سفارش ارائه‌دهنده رایانه‌ای^۳، پرونده الکترونیکی پزشکی^۴، پشتیبانی تصمیم‌گیری بالینی، گزارش نتایج الکترونیکی، نسخه‌نویسی الکترونیکی، پرونده سلامت شخصی^۵، محاسبات تلفن همراه، پزشکی از راه دور. نظارت از راه دور و ارتباطات الکترونیکی سلامت، شبکه‌های تبادل داده، سیستم‌های بازیابی دانش، و سیستم‌های اطلاعات مدیریت سلامت [3]. علاوه بر این، موارد دیگری مانند پرونده الکترونیکی مدیریت دارو^۶ و آرشیو تصاویر و سیستم‌های ارتباطی^۷ وجود دارد.

امنیت یکی از مزایایی است که زنجیره بلوکی می‌تواند برای مراقبت‌های بهداشتی و اینترنت اشیا ارائه دهد. این مزیت موضوعات مختلفی از جمله حفاظت از داده‌ها، دستگاه‌ها و شبکه‌ها را پوشش می‌دهد. امنیت داده یکی از اجزای حیاتی مدیریت داده است. مدیریت داده در این بررسی به‌عنوان جمع‌آوری، پردازش، انتشار، بازیابی، امنیت و ذخیره داده‌ها ارائه شده است. به دلایل مختلف، تقویت تمام فعالیت‌های مدیریت داده در هر دو بخش مراقبت‌های بهداشتی و اینترنت اشیا ضروری است.

فناوری زنجیره بلوکی یک پیشرفت تکنولوژیکی است که به طور گسترده مورد تحسین قرار گرفته است که پیش بینی می‌شود اساساً فعالیت‌ها و روابط انسانی را متحول کند. در نتیجه، دانشگاهیان، توسعه‌دهندگان و متخصصان سطح علاقه‌مندی بیشتری به این موضوع پیدا کرده‌اند. بنابراین، پلتفرم‌ها، سیستم‌ها و نمونه‌های اولیه متعددی طراحی شده است. از جمله قابل توجه ترین پلتفرم‌ها می‌توان به بیت کوین، اتریوم و هایپر لجر اشاره کرد که همگی بر مسائل مختلف استفاده از زنجیره بلوکی تأثیر گذاشته‌اند و می‌توان از آن‌ها برای تشکیل پرونده‌های پزشکی با استفاده از قرارداد هوشمند استفاده کرد. استفاده از فناوری زنجیره بلوکی در محیط اینترنت اشیا با ادغام این دو فناوری امکان پذیر شده است. بر این اساس، این بررسی راه‌های متعددی را برای یکپارچه‌سازی زنجیره بلوکی با اینترنت اشیا بررسی می‌کند که می‌تواند در طیف وسیعی از حوزه‌های کاربردی استفاده شود. رویکردهای یکپارچه‌سازی از نظر نقش زنجیره بلوکی در سیستم کلی، میزان مشارکت زنجیره بلوکی در تبادل داده بین دستگاه‌های اینترنت اشیا و درجه‌ای که سیستم‌ها بر روی زنجیره بلوکی برای ارائه خدمات تأکید دارند، متفاوت است. وجود تعداد زیادی دستگاه که داده‌های ناهمگن تولید می‌کنند و در هر دو حالت آنلاین و آفلاین کار می‌کنند، وظایف مدیریت داده را در زمینه اینترنت اشیا پیچیده می‌کند. در نتیجه، یک روش مدیریت داده موثرتر مورد نیاز بوده است. چندین نویسنده از سیستم‌های مبتنی بر زنجیره بلوکی به عنوان یک راه حل حمایت کرده‌اند. اکنون برای این که بدانیم چگونه می‌خواهیم کار را جلو ببریم توجه داشته باشید که یک قرارداد هوشمند را در زنجیره بلوکی می‌توان به عنوان یک رویه به طور خودکار فراخوانی کرد که هنگام اجرای تراکنش آغاز می‌شود. تمام سیستم‌های زنجیره بلوکی از قراردادهای هوشمند پشتیبانی می‌کنند. با این حال، آنها از نظر زبانی که قراردادهای هوشمند را می‌توان با آن نوشت و محیطی که در آن اجرا می‌شوند، متفاوت هستند. زبان‌های برنامه‌نویسی سالیدیتی^۸، گلنگ^۹، سرپنت^{۱۰}، جاوا^{۱۱}، پایتون^{۱۲}

¹ HIT

² EHR

³ CPOE

⁴ EMR

⁵ PHR

⁶ eMAR

⁷ PACS

⁸ Solidity

⁹ Golang

¹⁰ Serpent

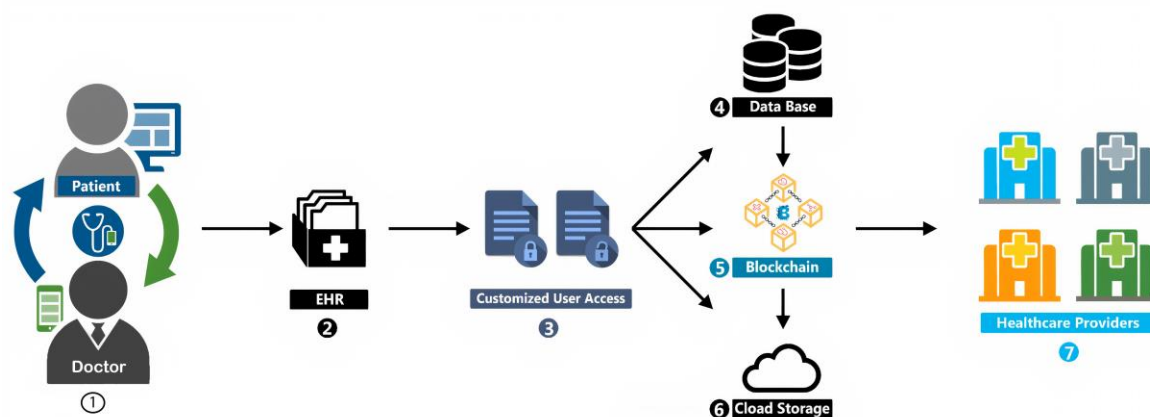
¹¹ Java

¹² Python

پرکاربردترین زبان‌های قرارداد هوشمند هستند. محیط‌های اجرایی متعددی هم برای اجرای قراردادها در دسترس هستند، از جمله ماشین مجازی اتریوم^۱ و ماشین مجازی جاوا.

داده‌ها و پارامترهای سلامتی که توسط این دستگاه‌ها جمع‌آوری می‌شوند، می‌توانند بعداً تجزیه و تحلیل شوند و آنچه می‌خورید، نحوه خوابیدن و هر مجموعه رفتاری را محاسبه کنند. نرم‌افزار ایجاد شده توسط این شرکت‌ها با هدف بهبود زندگی بیماران و به طور کل نظارت بر نحوه زندگی ما، روال روزانه ما و راهنمایی‌های پیشگیرانه که توسط تحقیقات سلامت دیجیتال ارائه شده است. در جدیدترین ابتکار کووید-محور، اپل و گوگل یک فناوری جامع ردیابی مخاطب مبتنی بر بلوتوث راه‌اندازی خواهند کرد. این طرح اجرای ردیابی تماس کامل از طریق داده‌های انبوه مصرف‌کننده به طور داوطلبانه به اشتراک گذاشته شده، ردیابی حرکات فردی و تعاملات دقیق بین کاربران دنبال شده و داده‌های سلامتی آنها است.

اما سؤال مهمی که وجود دارد این است که چگونه داده‌های دیجیتال خود را ذخیره می‌کنید؟ این موضوعی است که همه ما باید در مقطعی به آن توجه کنیم. فناوری زنجیره بلوکی پلتفرم‌های ذخیره‌سازی داده غیرمتمرکز را فعال کرده است که از توکن‌ها و سکه‌های ذخیره‌سازی برای ایجاد بازاریابی برای کاربران که به دنبال خرید و فروش خدمات ذخیره‌سازی داده هستند، استفاده می‌کنند. پروژه‌های ذخیره‌سازی مبتنی بر زنجیره بلوکی به دلایل مختلفی جایگزین ایده آلی برای راه‌حل‌های ابری معمولی می‌شوند. روزهایی که کاربران عکس‌ها، ویدیوها و سایر فایل‌های شخصی خود را منحصراً روی هارد دیسک‌های فیزیکی نگه می‌داشتند، گذشته است. امروزه افراد و نهادها معمولاً فضای کافی در دستگاه‌های خود برای برآورده کردن نیازهای ذخیره‌سازی داده‌های دیجیتال خود ندارند. شرکت‌ها، به‌ویژه، برای ایمن و سالم نگه‌داشتن داده‌های خود به ارائه‌دهندگان ذخیره‌سازی ابری متکی هستند. با این حال، ذخیره‌سازی ابری متمرکز با محدودیت‌هایی نیز همراه است. تنها تعداد انگشت‌شماری از شرکت‌ها دارای راه‌حل‌های محبوب ذخیره‌سازی ابری متمرکز^۲ هستند. در مدل ابری، کاربران بینش کمی در مورد نحوه استفاده ارائه‌دهندگان از داده‌های خود و امکان فروخته شدن آن به اشخاص ثالث دارند. علاوه بر نگرانی‌های مربوط به حریم خصوصی، همه این گزینه‌ها به دلیل متمرکز بودن، خطر از بین رفتن نود اصلی و محل تمرکز داده‌ها^۳ را نیز متحمل می‌شوند. حملات هکرها و نقص فنی مانند قطع برق می‌تواند مانع از دسترسی همه کاربران سرویس به داده‌های خود شود [4].



شکل ۲. استفاده از زنجیره بلوکی در رمزنگاری داده‌های پایگاه داده اینترنت اشیا پزشکی

۳.۲ مزایای استفاده از زنجیره بلوکی در ذخیره داده‌ها

¹ EVM

² Google Drive, OneDrive, Dropbox

³ SPOF

دستگاه‌های ذخیره‌سازی غیرمتمرکز^۱، مجموعه‌ای از مزایای را به اشتراک می‌گذارند:

- قابل اعتماد، امن و در دسترس هستند
- حداکثر شفافیت را دارند
- حداقل خطر نقض امنیت داده‌ها را در پی دارد
- به‌طور قابل توجهی هزینه‌های ذخیره‌سازی را کاهش می‌دهند.



شکل ۳. مزایای زنجیره بلوکی برای استفاده در اینترنت اشیا پزشکی

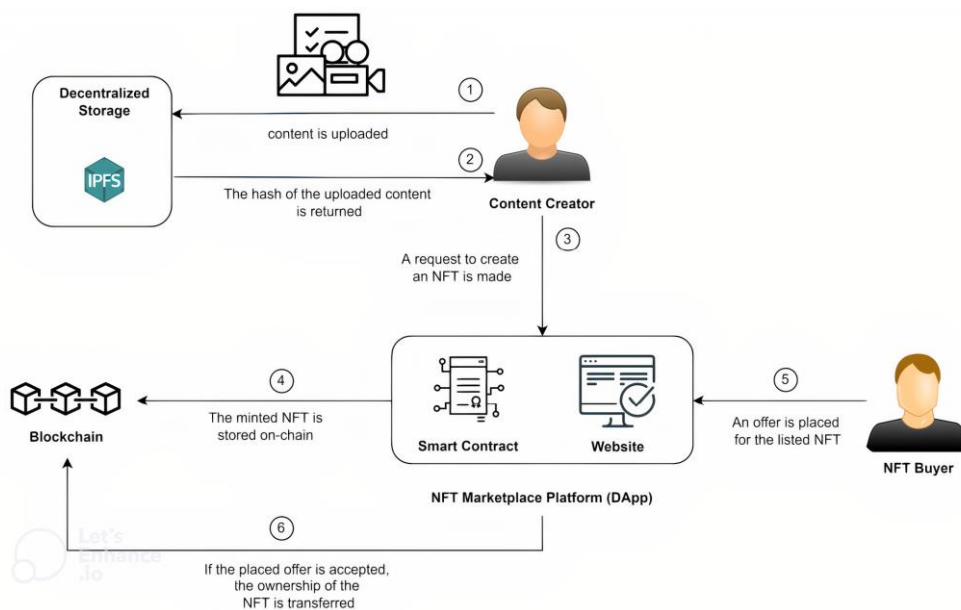
یک پلت فرم ذخیره‌سازی غیرمتمرکز به هر رایانه‌ای که نرم‌افزار خود را اجرا می‌کند، این امکان را می‌دهد تا فضای هارد دیسک بلااستفاده را به کاربرانی که می‌خواهند فایل‌ها را ذخیره کنند، اجاره دهد. این شبکه‌ها دارای قابلیت اتصال هم‌تا به هم‌تا^۲ هستند که در آن رایانه کاربر نه تنها درخواست می‌کند، بلکه خدماتی را نیز ارائه می‌کند. معماری هم‌تا به هم‌تا به هر کامپیوتر منفرد در زنجیره بلوکی اجازه می‌دهد تا هرگونه اطلاعات لازم برای عملیات شبکه را پردازش کند و نیاز به یک نهاد حاکم مرکزی را از بین ببرد. توکن‌های ذخیره‌سازی و سکه‌های ذخیره‌سازی، مشارکت در پلتفرم‌های ذخیره‌سازی ابری غیرمتمرکز را تقویت می‌کنند و به امنیت شبکه در اینترنت اشیا پزشکی کمک می‌کنند. ذخیره‌سازی غیرمتمرکز حداکثر امنیت داده‌ها را با استفاده از فناوری رمزگذاری مبتنی بر استفاده از یک کلید خصوصی، که به‌عنوان کلید مخفی نیز شناخته می‌شود، تضمین می‌کند. علاوه بر این، فایل‌های داده به بخش‌های کوچک‌تری تقسیم می‌شوند، که سپس در چندین گره مختلف (دستگاه‌های کاربر) در شبکه حرکت می‌کنند. یک گره نمی‌تواند فایل کامل را بدون مجوز جمع‌آوری و دانلود کند. این جنبه‌ها به این معنی است که حتی اگر کسی بخواهد به داده‌های کاربر دسترسی غیرمجاز داشته باشد، غیرممکن است. این‌گونه، حملات سایبری در مواجهه با ذخیره‌سازی مبتنی بر زنجیره‌های بلوکی به مشکل می‌خورد [5].

۳.۳ حفظ امنیت داده‌ها در بایگانی اسناد و پرونده‌های پزشکی به‌وسیله توکن‌های غیرقابل تعویض

¹ dDistribute Storage

² P2P

فناوری نوظهور توکن های غیرقابل تعویض یک قرارداد هوشمند است که به صورت یک توکن و با استفاده از پلتفرم های متن باز، تنظیم و برای ایمن سازی آن به صورت دیجیتالی استفاده می شود. توکن های غیرقابل تعویض^۱ به عنوان یکی از محبوب ترین دارایی های دیجیتال در سال های اخیر ظاهر شده اند. آن ها نشان دهنده مالکیت موارد منحصر به فردی هستند که در یک زنجیره بلوکی ذخیره می شوند و نمی توان آن ها را تغییر، جایگزین و کپی کرد. اصالت داده و غیرقابل جعل بودن در اینترنت اشیاء پزشکی برای ما امر مهمی است، توکن های غیرقابل تعویض مبتنی بر فناوری زنجیره بلوکی بوده و تغییر ساختار یک توکن و جعل آن بر بستر فناوری دفتر کل توزیع شده ناممکن است. اما در مورد قابلیت یکتایی باید گفت این مورد مهم ترین ویژگی یک توکن غیرقابل تعویض است. هر توکن غیرقابل تعویض دارای یک سربرگ از اطلاعات ثابت است که یکتا بودن آن ها را اثبات می کند. به این ویژگی می توان به چشم گواهی اصالت نگاه کرد.



شکل ۴. دیاگرام استفاده از توکن های غیر قابل تعویض در یک سیستم غیر متمرکز

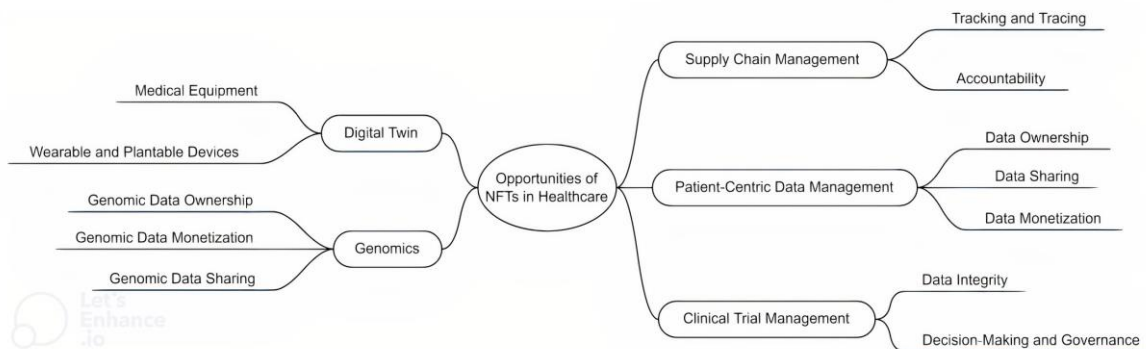
توکن های غیرقابل تعویض در حال ورود به همه بخش ها هستند، از هنر گرفته تا املاک و مستغلات، و مراقبت های بهداشتی هم می تواند شروعی جدید برای ورود توکن های غیرقابل تعویض باشد. در این مقاله، استفاده از توکن های غیرقابل تعویض در مراقبت های بهداشتی را پیش بینی می کنیم. مفهوم حفاظت از مالکیت محتوای دیجیتال جدید نیست و از طریق پذیرش توکن های غیرقابل تعویض در اینترنت اشیاء پزشکی به واقعیت نزدیک تر هم می شود. با این حال، سایر صنایع هم می توانند از توکن های غیرقابل تعویض برای کاهش برخی از مشکلات موجود بهره ببرند [6].

به عنوان مثال، اکثر مؤسسات مراقبت های بهداشتی سوابق بیماران را در آرشیوی نگهداری می کنند که برای سایر مؤسسات بهداشتی غیرقابل دسترسی است و در برخی موارد، بدون رضایت بیمار این سوابق را با شخص ثالث به اشتراک می گذارند [2].

زنجیره بلوکی قابلیت حمل یکنواخت و سیستم حفاظتی چندوجهی را در مراحل مختلف امکان پذیر می کند. ارائه دهندگان خدمات بهداشتی را قادر می سازد تا یک سیستم سوابق سلامت یکپارچه ایجاد کنند که در آن بیماران در مرکز هستند و

¹ NFT

دارای کلید خصوصی داده‌های خود هستند. بیماران کنترل می‌کنند که چه کسی می‌تواند به داده‌های آن‌ها دسترسی داشته باشد یا از آن‌ها استفاده کند. سیستم یکپارچه مبتنی بر زنجیره بلوکی به تطبیق سوابق و فعالیت‌ها و همچنین کمک به مهار کلاهبرداری کمک می‌کند. این سیستم همچنین به بیماران کمک می‌کند تا به سوابق سلامت خود در هر نقطه از جهان دسترسی داشته باشند و آن‌ها را مدیریت کنند. آن سوابق را با هر متخصص مراقبت‌های بهداشتی ایمن که می‌خواهند به اشتراک بگذارند. و سابقه پزشکی آن‌ها مانند آرزوی‌ها، بیماری‌های مزمن و واکسن‌ها را پیگیری کنند [3].



شکل ۵. فرصت‌های استفاده از توکن‌های غیر قابل تعویض در اینترنت اشیا پزشکی

استفاده از توکن‌های غیر قابل تعویض کاملاً از ایجاد چنین مشکلاتی جلوگیری می‌کند زیرا به بیماران اجازه می‌دهد تا امنیت داده‌های خود را داشته باشند. فناوری زنجیره بلوکی بیشتر برای عملیات مدیریت داده در مراقبت‌های بهداشتی و اینترنت اشیا، به‌ویژه برای بهبود امنیت داده‌ها، که شامل یکپارچگی داده‌ها، کنترل دسترسی، و حفظ حریم خصوصی است، استفاده می‌شود. علاوه بر این، نشریات نشان می‌دهند که چگونه می‌توان از زنجیره بلوکی و اینترنت اشیا، از جمله اینترنت اشیا سلامت، به روشی یکپارچه استفاده کرد. علاقه به سیستم مراقبت‌های بهداشتی مجهز به زنجیره بلوکی در حال افزایش است. در یک مطالعه^۱ روی بیش از ۲۰۰ مدیر علوم زیستی در ۱۸ کشور، بیش از ۷۰ درصد از پاسخ‌دهندگان انتظار دارند که زنجیره بلوکی به آنها کمک کند تا بر فرآیندهای بوروکراتیک ناکارآمد و سیستم‌های قدیمی که توانایی آنها برای نوآوری و سازگاری را کاهش می‌دهد غلبه کنند. در سال ۲۰۱۹، دومین شرکت بزرگ بیمه سلامت^۲، اعلام کرد که از فناوری زنجیره بلوکی برای ذخیره داده‌های سلامت بیمار برای ۴۰ میلیون بیمار استفاده می‌کند [7].

۳.۴ راه حل‌های زنجیره بلوکی برای حوزه‌های مختلف اینترنت اشیا پزشکی

فناوری زنجیره بلوکی برای هر نوع داده دیجیتالی که احراز هویت و توافق در مورد یکپارچگی داده‌ها در آن مهم است مناسب می‌باشد. از زنجیره بلوکی می‌توان برای ایمن نگه داشتن داده‌های مهم پزشکی استفاده کرد. زنجیره بلوکی می‌تواند راه‌حلی برای مشکلات ثبت سوابق در صنعت مراقبت‌های بهداشتی ارائه دهد و به ویژه برای ثبت رشد مداوم و پیوسته تراکنش‌ها مفید است. فناوری زنجیره بلوکی برای ایمن‌سازی داده‌های DNA، اطلاعات شخصی، سوابق مراقبت‌های بهداشتی و اطلاعات ضروری تاریخچه پزشکی در نظر گرفته شده است. ارائه‌دهندگان مراقبت‌های بهداشتی می‌توانند از زنجیره بلوکی برای ذخیره جزئیات مربوط به سوابق بیماران استفاده کنند، جایی که بیماران و پزشکان می‌توانند مستقیماً آن سوابق را از طریق شبکه، در هر زمان و هر مکان بررسی کنند.

¹ IBM

² Anthem



یک مطالعه اخیر یک سیستم حفظ داده‌های مبتنی بر زنجیره بلوکی را برای داده‌های پزشکی پیشنهاد کرده است که می‌تواند راه‌حل ذخیره‌سازی قابل اعتمادی را برای اطمینان از بدوی بودن و تأییدپذیری داده‌های ذخیره‌شده و در عین حال حفظ حریم خصوصی برای کاربران ارائه دهد. سیستم داده‌های پردازش شده کاربران را قادر می‌سازد تا داده‌های مهم را برای همیشه حفظ کنند. در صورت مشکوک بودن به دستکاری می‌توان اصل داده‌ها را تأیید کرد. مطالعه دیگری یک سیستم به اشتراک گذاری اطلاعات سلامت شخصی ایمن و حفظ حریم خصوصی مبتنی بر زنجیره بلوکی را برای بهبود تشخیص در سیستم‌های سلامت الکترونیک پیشنهاد کرد. با توجه به مزایای تغییر ناپذیری، زنجیره بلوکی می‌تواند به بهبود دقت تشخیص کمک کند، جایی که امنیت و حفظ حریم خصوصی مسائل مهم در سیستم‌ها هستند [8].

۳.۵ راه حل زنجیره بلوکی در به اشتراک گذاری داده‌ها

در صورت مراجعه بیماران به پزشکانی که پزشک مراقبت‌های اولیه آنها نیستند، بیماران باید به راحتی به سوابق پزشکی خود دسترسی داشته باشند. علاوه بر این، بهبود جریان داده‌های بهداشتی، پزشکان را قادر می‌سازد تا نظارت از راه دور و مشاوره پزشکی از راه دور را انجام دهند. که بیماران را قادر می‌سازد تا پزشکان خود را از تاریخچه پزشکی خود مطلع کنند [2]. با افزایش موارد ابتلا به ویروس کرونا، اطلاعات مصلحت‌آمیز و شفاف، از جمله اطلاعاتی درباره نحوه ارزیابی خطر ابتلا به بیماران، ارائه علائم و پاسخ به درمان، بسیار مهم می‌شود [8].

سوابق پزشکی به صورت دیجیتالی در یک سیستم متمرکز فناوری اطلاعات ذخیره می‌شوند که اشتراک گذاری را دشوار می‌کند. درخواست، ارسال، دریافت و گردآوری داده‌های بیمار خسته کننده، زمان بر و پرهزینه است. توسعه فناوری در مدیریت داده‌های پزشکی به دلیل مقررات، سیستم‌های پشتیبان ناسازگار و اطلاعات پزشکی به اشتراک گذاشته شده بسیار کند بوده است. فقدان همکاری و به اشتراک گذاری داده‌ها بین سیستم‌های ذخیره سازی مراقبت‌های بهداشتی، انتقال، بازیابی و تجزیه و تحلیل داده‌ها را دشوار می‌کند. در نتیجه، بیشتر داده‌ها در پایگاه‌های اطلاعاتی موجود است ولی توانایی بیماران را برای دسترسی به سابقه پزشکی خود محدود می‌کند [3].

فناوری زنجیره بلوکی می‌تواند روند به اشتراک گذاری داده‌های مراقبت‌های بهداشتی را به طور قابل توجهی آسان تر کند و می‌تواند به قابلیت همکاری در صنعت مراقبت‌های بهداشتی کمک کند. در زنجیره بلوکی مراقبت‌های بهداشتی، بیماران از طریق هش شناسه آنها شناسایی می‌شوند که شناسه منحصر به فرد آنها خواهد بود. هش کردن به شناسه اجازه می‌دهد منحصر به فرد باشد و حریم خصوصی کاربر را ایمن می‌کند. بیماران بر اشتراک گذاری کلید رمزگشایی برای بلوک‌های داده مرتبط خود با ارائه‌دهنده (های) مراقبت‌های بهداشتی انتخابی خود نظارت خواهند کرد. امنیت، حریم خصوصی، قابلیت همکاری را افزایش می‌دهد و می‌تواند بیماران را در مرکز اکوسیستم قرار دهد [8].

۳.۶ راه حل‌های زنجیره بلوکی برای امنیت داده‌ها و مدیریت هویت

زنجیره بلوکی می‌تواند چندین مزیت برای امنیت داده‌های مراقبت‌های بهداشتی و مدیریت هویت فراهم کند [4]. می‌تواند تهدیدات را مهار کند و داده‌های خصوصی را از دست افراد اشتباه دور نگه می‌دارد. زنجیره بلوکی داده‌ها را در صورت اضافه شدن به زنجیره رمزگذاری می‌کند و رمزگشایی آن را غیرقابل تغییر و غیرممکن می‌کند. این تراکنش‌ها با یک کلید شناسایی خصوصی که فقط برای افراد شناخته شده است را مجاز می‌کند. بنابراین، برخلاف فناوری داده‌های مراقبت‌های بهداشتی امروزی، یک ارائه‌دهنده مراقبت‌های بهداشتی می‌تواند تنها با دسترسی صریح به پرونده زنجیره بلوکی به داده‌های پزشکی بیمار دسترسی داشته باشد. همکاری بهتر داده‌ها بین ارائه‌دهندگان، احتمال تشخیص دقیق و احتمال درمان‌های موفق را افزایش می‌دهد و امکانات مراقبت‌های بهداشتی را قادر می‌سازد تا مراقبت‌های مقرون به صرفه را ارائه دهند. زنجیره بلوکی می‌تواند اطلاعات بیمار را ایمن و ایمن نگه دارد و در عین حال آنها را قادر می‌سازد تا آن را با هر ارائه‌دهنده خدماتی که انتخاب می‌کنند به اشتراک بگذارند. [7].

بر اساس یک مطالعه اخیر که توسط تحقیقات BIS انجام شده است، تا سال ۲۰۲۵، صنعت مراقبت‌های بهداشتی می‌تواند تا ۱۰۰ میلیارد دلار در سال با استفاده از فناوری زنجیره بلوکی صرفه جویی کند. این صرفه جویی در کاهش هزینه‌های مربوط به نقض داده‌ها، هزینه‌های عملیات، هزینه‌های فناوری اطلاعات، کلاهبرداری‌های مرتبط با جعل و تقلب‌های بیمه محقق خواهد شد. این گزارش بیان می‌کند که انتظار می‌رود کاربردهای جهانی زنجیره بلوکی در بازار مراقبت‌های بهداشتی با نرخ رشد ترکیبی سالانه نزدیک به ۶۴ درصد از سال ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۵ رشد کند. ارزش آن تا سال ۲۰۲۵ به نزدیک به شش میلیارد خواهد رسید [3].

۳.۷ راه حل‌های زنجیره بلوکی برای امور مالی و سوابق در اینترنت اشیا پزشکی

عدم دقت در صورت‌حساب و تقلب‌ها، مسائل عمده در صورت‌حساب مراقبت‌های بهداشتی است. زنجیره بلوکی می‌تواند با استفاده از سوابق غیرمتمرکز به رفع این مشکلات کمک کند و به پردازش پرداخت کمک کند و از تراکنش‌های جعلی جلوگیری کند. فناوری زنجیره بلوکی از قابلیت‌هایی به نام قراردادهای هوشمند پشتیبانی می‌کند. قراردادهای هوشمند قراردادهایی هستند که به صورت خودکار اجرا می‌شوند و شرایط توافق بین خریدار و فروشنده مستقیماً در خطوط کد نوشته می‌شود و در یک شبکه زنجیره بلوکی غیرمتمرکز توزیع شده وجود دارند. یک قرارداد هوشمند در یک مکان خاص در زنجیره بلوکی با یک آدرس منحصر به فرد قرار دارد. گره‌ها با ارسال ارز رمزنگاری شده به آدرس، قرارداد را فراخوانی می‌کنند و سپس پروتکل اجماع فرآیند تأیید را انجام می‌دهد. ویژگی‌های مهم قراردادهای هوشمند عدم نیاز به شخص ثالث، بهبود قابلیت ردیابی و بهبود امنیت است.

علاوه بر این، استفاده از زنجیره بلوکی قراردادهای هوشمند می‌تواند یک مدل پرداخت مراقبت‌های بهداشتی مبتنی بر ارزش کارآمدتر را امکان‌پذیر کند که در آن بی‌اعتمادی مشترک بین پزشکان و پرداخت‌کنندگان از بین می‌رود. علاوه بر این، بازپرداخت یا جریمه مالی می‌تواند به پارامترهای سلامت خاصی در پرونده پزشکی زنجیره بلوکی مرتبط شود، بنابراین خطای انسانی را از اجرای پرداخت‌های مبتنی بر ارزش حذف می‌کند. قراردادهای هوشمند همچنین می‌توانند شرکت بیمه بیمار را در مورد تسویه صورت‌حساب و خسارت و در این فرآیند افزایش اثربخشی در کشف تقلب و قیمت‌گذاری و کاهش هزینه‌های اداری مطلع کنند.

در نهایت، زنجیره بلوکی می‌تواند به شرکت‌های بیمه کمک کند زیرا اطلاعات شفاف‌تری در مورد تراکنش‌ها به ارمغان می‌آورد و حس اعتماد ایجاد می‌کند. زنجیره بلوکی همچنین می‌تواند پردازش ادعاها را با گرفتن ورودی‌ها از منابع مختلف بدون دستکاری در هیچ اطلاعاتی بهبود بخشد. یک چارچوب زنجیره بلوکی می‌تواند یک راه‌حل ذخیره‌سازی بیمه پزشکی قابل اعتماد برای اطمینان از بدوی بودن و تأییدپذیری داده‌های ذخیره‌شده و در عین حال اعتبار بالا برای کاربران فراهم کند.

۳.۸ راه حل‌های زنجیره بلوکی برای داروها

در این بخش راهکارهایی مبتنی بر زنجیره بلوکی جهت بهبود در امنیت صنعت دارو ارائه می‌نماییم.

۳.۸.۱ قابلیت ردیابی دارو

یکی دیگر از مشکلات عمده‌ای که صنعت مراقبت‌های بهداشتی با آن مواجه است، مشکل تقلبی دارو است که در آن بیش از ۱۵ درصد داروهای فروخته شده در کشورهای در حال توسعه تقلبی هستند. شرکت‌های داروسازی سالانه حدود ۲۰۰ میلیارد دلار به دلیل جعل ضرر می‌کنند. زنجیره بلوکی می‌تواند مشکل داروی تقلبی را با ایجاد دید، امنیت و قابلیت ردیابی دارو حل کند. این فناوری از ویژگی‌هایی مانند اثبات اصالت و امکان ردیابی نقطه به نقطه برای جلوگیری از مشکل تقلبی استفاده می‌کند و اطمینان حاصل می‌کند که پس از تولید دارو، اصل است. کاربر می‌تواند قبل از خرید دارو از اصالت

آنها اطمینان حاصل کند. زنجیره بلوکی نه تنها می تواند برای ردیابی داروها از زمان تولید تا تحویل آن به بیمار مورد استفاده قرار گیرد، بلکه می تواند اثر دارو را بر روی بیمار پس از استفاده برای آمارهای آتی در پایگاه داده ثبت کند [8].

۳.۸.۲ آزمایشات بالینی

آزمایشات بالینی، روشی برای آزمایش یک داروی جدید و اثربخشی آن در یک محیط کنترل شده، داده های زیادی را تولید می کند. این فرآیند گران است، چند سال طول می کشد تا تکمیل شود، و بدون تقلب هم نیست. داشتن یک راه حل شفاف که به هر کسی اجازه می دهد گزارش های بالینی را بررسی کند و اطمینان حاصل کند که نتایج کارآزمایی دستکاری نشده است، بسیار مهم است. زنجیره بلوکی می تواند یک فناوری عالی برای تسهیل آزمایشات بالینی با ارائه یکپارچگی داده ها باشد و صحت اسناد باید تأیید شود. شبکه توزیع شده تضمین می کند که هیچ داده ای بدون دسترسی مجاز قابل تغییر نیست [8].

۴. تحلیل نهایی و نتیجه گیری

پژوهش ها در مورد بهره گیری از فناوری زنجیره بلوکی در مراقبت های بهداشتی در مراحل ابتدایی خود است، اما تعداد راه حل های پیشنهادی در حال حاضر به طور تصاعدی در حال افزایش است. این مقاله، فناوری زنجیره بلوکی را به عنوان یک تغییر پارادایم با رویکرد نوآورانه خود در مدیریت غیرمتمرکز، امنیت افزایش یافته و دنباله حسابرسی تغییرناپذیر ارائه کرد. همچنین موارد و کاربردهای مختلف استفاده از زنجیره بلوکی در مراقبت های بهداشتی را مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان می دهد که زنجیره بلوکی می تواند کنترل دسترسی، قابلیت همکاری، منشأ و یکپارچگی داده ها را در مراقبت های بهداشتی بهبود بخشد. ماهیت توزیع شده زنجیره بلوکی، ساختار اطلاعات شفاف، و نگهداری و ذخیره سوابق تغییرناپذیر در تمامی کاربران شرکت کننده می تواند به کاهش هزینه این عملیات کمک کند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که این فناوری می تواند برای هماهنگی و ترکیب ایمن اطلاعات از چندین ارائه دهنده، بهبود مشارکت بیمار، کمک به اطمینان از دسترسی بودن اطلاعات بیمار، امکان ارتباط مستقیم و ایمن بین بیماران و ارائه دهندگان، و تشویق مدیریت سلامت خانواده استفاده شود. علاوه بر این، فناوری دفتر کل می تواند زنجیره تامین دارو را مدیریت کند و به محققان مراقبت های بهداشتی کمک کند تا کد ژنتیکی را باز کنند.

جدول ۱. تحلیل امنیتی ویژگی های اینترنت اشیا پزشکی امن سازی شده با زنجیره بلوکی

بهبود عملکرد اینترنت اشیا پزشکی مبتنی بر زنجیره بلوکی	امنیت داده	نظارت از راه دور	ردیابی سریع	تسهیل آزمایشات	جلوگیری از جعل اسناد
پرونده های پزشکی	*	*	*		*
اشتراک گذاری داده ها	*				
مدیریت هویت بیماران	*	*	*		*
امور مالی و سوابق	*	*	*		*
دارو			*	*	
آزمایشات بالینی	*			*	

کاربردهای اولیه زنجیره بلوکی در مراقبت های بهداشتی نشان داده است که اجرای موفقیت آمیز مستلزم تعریف مجدد روابط همه بازیگران درگیر از ارائه دهندگان مراقبت های بهداشتی تا بیماران و صنعت داروسازی است. قبل از طراحی مجدد سیستم مراقبت های بهداشتی با زنجیره بلوکی، مسائل مربوط به فناوری زنجیره بلوکی و مسائل قانونی و مقرراتی باید مورد توجه قرار گیرد. زنجیره بلوکی در مراقبت های بهداشتی امروزه در مرحله نوزادی خود است، اما نویدبخش بسیاری برای صنعت

مراقبت‌های بهداشتی است. در حالی که این فناوری هنوز به طور جهانی در بخش مراقبت‌های بهداشتی پذیرفته نشده است، کاربرد آن قطعاً در آینده به طور فزاینده‌ای گسترش خواهد یافت. در حال حاضر، مطالعات کمی در این حوزه وجود دارد و تحقیقات بیشتری در خصوص کاربردهای واقعی این فناوری در حوزه اینترنت اشیا پزشکی مورد نیاز است.

۸. مراجع

- [1]. Blockchain technology in healthcare: The revolution starts here, 2016 IEEE 18th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services, Healthcom 2016.
- [2]. Patient-Centric Token-Based Healthcare Blockchain Implementation Using Secure Internet of Medical Things, 2022, Dewangan, Narendra K. Chandrakar, Preeti.
- [3]. Internet of Medical Things (IoMT): 2022, Applications, Challenges, and Prospects in a Data-Driven Technology, Ajagbe, Sunday Adeola Awotunde, Joseph Bamidele Adesina, Ademola Olusola Achimugu, Philip Kumar, T. Ananth.
- [4]. Tokenomics and blockchain tokens: A design-oriented morphological framework, 2022, Freni, Pierluigi, Ferro, Enrico, Moncada, Roberto.
- [5]. Blockchain Networks: Token Design and Management Overview, 2021, Lesavre, Loï Varin, Priam, Yaga, Dylan.
- [6]. NFTs in Healthcare: Vision, Opportunities, and Challenges, 2022, Musamih, Ahmad Salah, Khaled, Jayaraman, Raja, Yaqoob, IbrarPuthal, Deepak, Ellahham, Samer.
- [7]. Mechanism design of health care blockchain system token economy: Development study based on simulated real-world scenarios.2021, Jung, Se Young, Kim, Taehyun, Hwang, Hyung Ju, Hong, Kyungpyo.
- [8]. Towards roadmap to implement blockchain in healthcare systems based on a maturity model, 2022 , Akbar, Muhammad Azeem, Leiva, Víctor, Rafi, Saima, Qadri, Syed Furqan Mahmood, Sajjad, Alsanad, Ahmed.