دوفصلنامه محاسبات و سامانه های توزیع شده
سال هشتم، شماره۲، شماره پیاپی۱۶، صفحه ۳۸ تا ۵۳، سال ۱۴۰۴

بررسی و مرور دستگاه‌های خدمات پزشکی مبتنی بر فناوری‌های اینترنت اشیاء

محمد علی جواهری[۱] و آیسان اعتمادی[۲]

[۱] کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر، دانشکده هوش مصنوعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران
[۲] کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر، گرایش نرم افزار واحد علوم و تحقیقات

چکیده

اینترنت اشیاء با ارائه خدمات بسیار سریع و قابل اعتماد به بیماران، سیستم مراقبت‌های بهداشتی را اصلاح کرده زیرا ورود ایده اینترنت اشیاء به سیستم مراقبت‌های بهداشتی، مسیر درمان بیمار را کاملاً تغییر داده است. در واقع با پیشرفت سریع فناوری ارتباطات، اینترنت اشیاء پزشکی در سال‌های اخیر گام‌های قابل توجهی برداشته و نقش محوری در تحول دیجیتال صنعت مراقبت‌های بهداشتی ایفا کرده است. از تحقیقات مختلف، مشخص شده که استفاده از ابزارهای پزشکی مبتنی بر حسگرها به طور مداوم در محیط مراقبت‌های بهداشتی در حال افزایش است که به دلیل آن، فرآیند درمان بیمار قابل اعتمادتر و کارآمدتر می‌شود. با این حال، این تکامل چالش‌های متعددی را نیز به همراه داشته است. برای بهره‌برداری کامل از پتانسیل اینترنت اشیاء پزشکی و کمک‌های قابل توجه به سلامت انسان، تمرکز بر چندین جهت تحقیقاتی کلیدی ضروری است. این موارد شامل بهینه‌سازی تجهیزات و الگوریتم‌ها برای به حداقل رساندن مصرف برق، توسعه الگوریتم‌های جدید قابل توضیح، ساخت مدل‌های یادگیری ماشین شفاف‌تر، پرداختن به چالش‌های مربوط به منابع محاسباتی بالا و احراز هویت داده‌ها و پیشرفت مدل‌ها که قادر به تحمل تهدیدات امنیتی و حریم خصوصی هستند، می‌شود. این مقاله یک مرور جامع بر اینترنت اشیاء پزشکی، گسترش سیستم مراقبت‌های بهداشتی، اینترنت اشیاء در برنامه‌های مختلف مراقبت‌های بهداشتی، چالش‌های اینترنت اشیاء پزشکی و اجزای اصلی سیستم مراقبت‌های بهداشتی هوشمند ارائه شده است و در بخش اصلی به بررسی و تحلیل کارهای مرتبط اینترنت اشیاء در پزشکی پرداخته شد.

واژه‌های کلیدی: اینترنت اشیاء، مراقبت‌های پزشکی و اینترنت اشیاء در پزشکی.

تاریخچه مقاله:
تاریخ ارسال: ۱۴۰۴/۰۷/۰۱
تاریخ اصلاحات: ۱۴۰۴/۰۸/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۳۰
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۱/۲۰
ایمیل نویسنده مسئول:mohammadali.javaheri@iau.ir

۱ - اینترنت اشیاء

اینترنت اشیاء یک الگوی نوظهور است که در سال‌های اخیر توسعه یافته و به یک موضوع مهم تحقیقاتی تبدیل شده است. اینترنت اشیاء یک شبکه ناهمگن است که قادر به تبادل اطلاعات بوده و مبتنی بر شبکه‌های توزیع شده است. علاوه‌بر-این، اینترنت اشیاء شبکه جهانی و فراگیر است که به عنوان سیستمی برای نظارت و کنترل داده ها در مورد جهان فیزیکی، که در آن موارد فیزیکی، هوش محیطی و استعدادهای شبکه می توانند با یکدیگر مرتبط شوند، توسعه یافته است. این اقلام و امکانات ممکن است همه‌جا با استفاده از جوامع مختلف توسط اینترنت اشیاء متصل شود تا خدمات موفق و محافظت شده‌ای را برای هر برنامه، در هر زمان و هر مکان ارائه دهد. طرح‌های آینده اینترنت اشیاء دنیای فیزیکی را با استفاده از مقادیر گسترده‌ای از اقلام هوشمند در اینترنت ادغام خواهد کرد که انتظار می رود نتیجه آن از نظر مالی بسیار بزرگ و خوب باشد[۱].

در اینترنت اشیاء، ارتباطات و مدیریت منابع بر اساس یک تکنولوژی انجام شده که در آن شبکه محدود پیاده‌سازی شده‌است. هر فروشنده از توسعه‌ی محرمانه‌سازگاری و اختصاصی استانداردهای ارتباطی خود مطمئن شده‌است. برنامه‌های کاربردی به وسیله‌ی استانداردهای اختصاصی پیشتیبانی شده تا اطلاعات قابل اعتمادی را به شیوه‌ای کارآمد و امن از محیط‌های محدود در ابر بدست آورند. امر این کاربران را تحت تاثیر قرار می‌دهد تا تکنولوژی خاصی را در کل

پیاده‌سازی‌ها جهت ساده نمودن وظایف مدیریتی قبول کنند. تعدادی از مطالعات با تمرکز بر روی وسایل فیزیکی اینترنت اشیاء وجود دارند، ولی هدف اصلی آنها ساده نمودن کار توسعه‌دهندگان است. امروزه، راه‌حلی برای اجازه‌ی دسترسی جهت متنوع ساختن منابع شبکه‌ای اینترنت اشیاء برای بدست آوردن اطلاعات آنها وجود ندارد. این امر باعث محدودیت‌هایی در انجام دیدگاه اینترنت اشیاء می‌شود[۲].

در واقع اینترنت اشیاء، اشیاء فیزیکی را قادر می‌سازد تا با ارتباط با یکدیگر، به اشتراک گذاری اطلاعات و هماهنگ کردن تصمیمات ببینند، بشنوند، فکرکنند و کارها را انجام دهند. اینترنت اشیاء با بهره‌برداری از فن‌آوری زمینه‌ای مانند محاسبات همه‌جا حاضر و فراگیر، دستگاه‌های تعبیه شده، فن-آوری‌های ارتباطی، شبکه‌های حسگر، پروتکل‌های اینترنت وکاربردها، این اشیاء را از سنتی به هوشمند تبدیل می‌کند[۳].

شکل ۱: تصویر کلی اینترنت اشیاء با تاکید بر بازارهای عمودی و یکپارچگی افقی بین آن‌ها(خدمات بهداشتی، کشاورزی، خانه‌های هوشمند، وسایل نقلیه، مدارس، صنعت، حمل و نقل) [۳].

اشیاء هوشمند با وظایف مفروض، کاربردهایی با دامنه خاص را تشکیل می‌دهند (بازارهای عمودی)، در حالی که محاسبات همه جا حاضر و خدمات تحلیلی، خدماتی با دامنه‌ی مستقل را تشکیل می‌دهند (بازارهای افقی). شکل۱ مفهوم کلی اینترنت اشیاء را نشان می‌دهد که در آن هرکاربرد با دامنه خاص به تعامل با خدماتی با دامنه‌ی مستقل می‌پردازد، در حالی که در هر دامنه، سنسورها و عملگرها به طور مستقیم با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند. با گذشت زمان، انتظار می‌رود که اینترنت اشیاء کاربردهای قابل توجه خانگی و تجاری داشته باشد تا به کیفیت زندگی انسان‌ها کمک کند و اقتصاد جهانی را رشد دهد. به عنوان مثال، خانه‌های هوشمند، ساکنان خود را قادر خواهند ساخت تا پس از رسیدن به منزل به طور خودکار گاراژ خود را باز کنند، قهوه خود را آماده کنند و سیستم کنترل محیط، تلویزیون و سایر لوازم برقی را کنترل کنند. به منظور تحقق بخشیدن به این رشد بالقوه، فن‌آوری‌ها و نوآوری‌های نوظهور و کاربردهای خدماتی باید برای مطابقت با خواسته‌های بازار و نیازهای مشتری، رشد مناسبی داشته باشند. علاوه بر این، دستگاه‌ها نیز باید توسعه یابند تا با الزامات مشتری از لحاظ در دسترس بودن در هر مکان و زمان مناسب باشند. همچنین، پروتکل‌های جدیدی برای سازگاری ارتباطی اشیاء ناهمگن (اشیاء زندگی، وسایل نقلیه، تلفن، لوازم، کالا، و غیره) مورد نیاز است. علاوه بر این، استانداردسازی معماری را می‌توان به عنوان یک ستون اصلی برای اینترنت اشیاء درنظر گرفت که در ارائه محصولات کیفی شرکت، محیطی رقابتی ایجاد می‌کند. علاوه-براین، معماری سنتی اینترنت باید اصلاح شود تا با چالش‌های اینترنت اشیاء مطابقت کند. به عنوان مثال، تعداد بسیار زیاد اشیائی که آماده‌ی اتصال به اینترنت هستند، باید در بسیاری از پروتکل‌های اساسی در نظر گرفته شود. در سال ۲۰۱۰، تعداد اشیاء متصل به اینترنت از جمعیت انسان بر روی زمین پیشی گرفت. بنابراین، استفاده از یک فضای آدرس‌دهی بزرگ برای پاسخگویی به خواسته‌های مشتری برای اشیاء هوشمند ضروری است. با توجه به ناهمگونی ذاتی اشیاء متصل به اینترنت و توانایی نظارت و کنترل اشیاء فیزیکی، امنیت و حریم خصوصی الزامات مهم دیگری برای اینترنت اشیاء هستند. علاوه بر این، مدیریت و نظارت بر اینترنت اشیاء باید انجام شود تا از ارائه خدمات با کیفیت بالا به مشتریان با هزینه‌ی به‌صرفه، اطمینان حاصل شود. مقالات چاپ شده‌ی بسیاری وجود دارد که جنبه‌های مختلف فناوری اینترنت اشیاء مانند فناوری‌های ارتباطی (اصلی، باسیم و بی‌سیم)، عناصر شبکه‌های حسگر بی‌سیم، چالش‌های توسعه و گسترش کاربردهای اینترنت اشیاء، فن‌آوری‌های توانمندساز، خدمات کاربردها با استفاده از یک چشم‌انداز ابری متمرکز و تکنولوژی‌های توانمند ساز با تاکید بر بازشناسی با امواج رادیویی[1] و کاربردهای بالقوه را پوشش می‌دهند[۳].

[1] RFID

۲ - معماری اینترنت اشیاء

برای مدیریت شبکه‌ای به بزرگی اینترنت اشیا، که پیش‌بینی می‌شود در آینده بیش از ۲۵ میلیارد دستگاه متصل داشته باشد، یک معماری باز جدید که ممکن است در عین حال که امنیت و کیفیت خدمات متعدد را مورد توجه قرار می‌دهد، به برنامه‌های شبکه موجود خدمت کند. اگر مقدار کافی از تضمین حریم خصوصی ارائه نشود، بعید است که اینترنت اشیاء به طور گسترده مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین حفاظت از داده‌ها و حریم خصوصی کاربر دو مشکل اصلی اینترنت اشیاء هستند. تعدادی از معماری‌های امنیتی چند لایه برای توسعه مداوم اینترنت اشیاء توصیه می‌شود. سه سطح کلیدی برای تعریف معماری اینترنت اشیاء در بعضی مقالات استفاده شده است، با این حال، یک طراحی سطح چهار کلیدی نیز ارائه شده است. فناوری‌های شبکه مدیریت اینترنت و مخابرات مبتنی بر پروتکل کنترل انتقال/پروتکل اینترنت و شبکه مدیریتی مخابراتی[1] در یک طرح پنج لایه ترکیب شدند. یک معماری شش لایه ساخته شده بر روی ساختار سلسله مراتبی شبکه نیز پیشنهاد شد که مشابه این است. همانطور که در شکل ۲ مشاهده می شود، اغلب به شش سطح تقسیم می‌شود. هر یک از شش لایه اینترنت اشیاء در زیر توضیح داده شده است[۴]:

شکل ۲: نمایی از معماری شش لایه اینترنت اشیاء[۴].

لایه کدگذاری: کدگذاری به عنوان پایه ساختاری اینترنت اشیاء عمل می‌کند و موارد مورد علاقه را شناسایی می‌کند. از آنجایی که هر شیء در این لایه دارای یک شناسه مجزا است.

لایه ادراک: این لایه دستگاه اینترنت اشیا باید به هر چیز معنای مشخصی بدهد. این سنسور از حسگرهای اطلاعاتی تشکیل شده است که می‌توانند موقعیت، سرعت، دما، رطوبت و سایر ویژگی‌های جسم را شناسایی کنند. تگ‌های بازشناسی با امواج رادیویی، حسگرهای سنسور مادون قرمز و سایر شبکه‌های حسگر نمونه هایی از سنسورهای داده هستند. این لایه از طریق سیستم‌های حسگر متصل به اشیاء، اطلاعات مهمی را در مورد آنها جمع‌آوری می‌کند، آن را به سیگنال‌های دیجیتال تبدیل می‌کند و سیگنال‌ها را به لایه‌های بالاتر، سیگنال‌های دیجیتال برای پردازش بیشتر در لایه شبکه، منتقل می‌کند.

لایه شبکه: هدف این لایه پذیرش داده‌های مفید از لایه ادراک به عنوان سیگنال‌های دیجیتال و انتقال آن به واحدهای پردازش لایه میان افزار با استفاده از طیف وسیعی از کانال‌ها و پروتکل‌های ارتباطی است.

لایه میانی: داده‌هایی که دستگاه‌های حسگر منتقل می‌کنند در این لایه پردازش می‌شوند. این با محاسبات ابری و ویژگی‌های محاسباتی همه جا حاضر طراحی شده است که امکان دسترسی فوری به پایگاه داده و ذخیره هر گونه داده مورد نیاز را در آنجا فراهم می‌کند. سپس از نتایج پردازش اطلاعات برای راه‌اندازی یک اقدام کاملاً خودکار استفاده می‌شود. با استفاده از برخی ماشین آلات پردازش پیچیده، اطلاعات پردازش می‌شود.

لایه برنامه: بر اساس داده‌هایی که پردازش شده است، این لایه برنامه های اینترنت اشیاء را برای چندین بخش کاربردی می‌کند. برنامه‌ها به توسعه اینترنت اشیاء کمک می‌کنند، بنابراین این لایه برای گسترش سریع شبکه ضروری است. اینترنت اشیاء کاربردهای مختلفی از جمله سیارات هوشمند، خودروهای هوشمند و شهرهای هوشمند دارد.

لایه کسب و کار (تجارت): این لایه وظیفه مدیریت خدمات و اپلیکیشن‌های اینترنت اشیاء و انجام هرگونه تحقیق مرتبط را بر عهده دارد. مدل‌های کسب و کار متعددی برای استراتژی عملی شرکت تولید شده است.

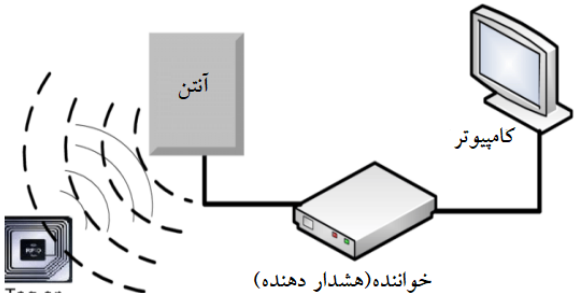
۳ - فناوری‌های کلیدی جهت توسعه اینترنت اشیاء

فن‌آوری‌ها: ایجاد سیستمی برای محاسبات در همه جا، که در آن اشیاء دیجیتالی قادر به شناسایی جداگانه خود، استدلال، و تعامل و مشاهده سایر موجودیت ها برای تعیین اینکه کدام اقدامات خودکار هستند، نیاز به ادغام قابلیت

[1] Telecommunications Management Network

همکاری در چندین فناوری دارد. چیزی که امکان توسعه فناوری های جدید و کارآمد را فراهم می کند که شناسایی و ارتباط اشیاء را امکان پذیر می‌کند. در این بخش، فناوری‌های کلیدی که می‌توانند به طور کلی به توسعه اینترنت اشیاء کمک کنند، بحث می‌کند[۴].

سامانه بازشناسی با امواج رادیویی[1]: شناسایی فرکانس رادیویی روش اصلی برای شناسایی هر یک از چیزها است. به دلیل اندازه کوچک و قیمت پایین آن می‌توان در هر محصولی استفاده کرد. بسته به کاربرد، این یک ریزتراشه فرستنده است که شبیه یک برچسب چسبنده است و می‌تواند فعال یا غیرفعال باشد. برچسب‌های فعال همیشه روشن هستند و به‌طور پیوسته سیگنال‌های داده را ارسال می‌کنند، زیرا انرژی آنها از باتری تامین می‌شود، در حالی که برچسب‌های غیرفعال تنها زمانی فعال می‌شوند که فعال شوند. با وجود گران‌تر بودن تگ‌های غیرفعال، تگ‌های فعال بسیار مفیدتر هستند. این سیستم از خوانندگان و برچسب‌های سامانه بازشناسی با امواج رادیویی مرتبط تشکیل شده است که وقتی با تولید هر سیگنال مناسب فعال می‌شوند، داده‌های مربوط به شی، از جمله شناسایی، موقعیت و سایر مشخصات آن را منتقل می‌کنند. پردازنده‌ها فرکانس‌های رادیویی مورد استفاده برای ارسال سیگنال‌های داده مرتبط با شی تولید شده را دریافت م‌کنند و از آنها برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده می‌کنند[۴].



شکل۳: نمایی از سامانه بازشناسی با امواج رادیویی[۴].

فرکانس‌های سامانه بازشناسی با امواج رادیویی به چهار باند فرکانسی مجزا تقسیم می‌شوند که بسته به کاربرد مورد نظر در زیر فهرست شده‌اند[۴]:

- بسیار نادر است (۱۳۵ کیلوهرتز یا بالاتر).
- فرکانس بالا (۱.۳۵.۶ مگا هرتز)
- فرکانس فوق العاده بالا (۸۶۲-۹۲۸ مگاهرتز)

بارکد طول موج بی‌سیم یک فناوری شناسایی متفاوت است که هدفی مشابه با بازشناسی با امواج رادیویی دارد، اما به دلایل مختلف نسبت به بازشناسی با امواج رادیویی کارایی کمتری دارد .به جای اینکه خواننده از نظر فیزیکی در خط دید خود قرار گیرد، مانند بازشناسی با امواج رادیویی، که از فناوری رادیویی استفاده می‌کند، بارکدها فناوری‌های نوری هستند که برای کار کردن، نیاز به قرار گرفتن خواننده در مقابل آنها دارند. علاوه بر این، برخلاف بارکدها، یک بازشناسی با امواج رادیویی می‌تواند به عنوان یک محرک عمل کند تا اقدامات مختلفی از جمله تغییرات را آغاز کند.

شبکه حسگر بی‌سیم: یک شبکه حسگر بی‌سیم با پرش‌های زیاد است که دو جهته است و از گره‌های پراکنده در یک میدان حسگر تشکیل شده است. هر یک از این گره‌ها به یک حسگر متصل می‌شوند که می‌تواند اطلاعات یک شی مانند آب و هوا، رطوبت، سرعت و غیره را جمع‌آوری کرده و برای پردازش به تجهیزات انتقال دهد. ارتباط بین گره‌های حسگر شامل چندین پرش است. اجزای ارتباطی، محرک و حسگر حسگرها به ترتیب یک آنتن، یک میکروکنترلر و یک مدار رابط هستند که هر سنسور را به یک فرستنده گیرنده تبدیل می‌کنند. هر حسگر به طور مستقل تغذیه می‌شود، یا توسط باتری یا سیستم جمع‌آوری انرژی دیگری که واحد حافظه دومی را برای ذخیره‌سازی داده‌ها پیشنهاد می‌کند، البته ممکن است به طور متناوب جزء گره سنجش باشد. تصویری از یک گره حسگر را می‌توان در زیر یافت:

سنسورهای موبایل وقتی فناوری شبکه و فناوری بازشناسی با امواج رادیویی یکپارچه می‌شوند، پتانسیل برای دستگاه‌های هوشمند بیشتر با تعدادی راه‌حل مورد بررسی قرار گرفته است. پلتفرم سنجش شناسایی بی‌سیم از آزمایشگاه‌های تحقیقاتی اینتل، نمونه‌ای از یک درمان است. یک شبکه حسگر بی‌سیم غیرفعال به نام پلتفرم سنجش شناسایی بی‌سیم دارای حسگرهای داخلی برای نور، دما و موارد دیگر است. شبکه های حسگر بیسیم دارای محدوده قابل توجهی گسترده‌تر و ارتباطات همتا به همتا هستند، اما شبکه‌های حسگر بازشناسی با امواج رادیویی دارای برد کوچک و ارتباط نامتقارن هستند. هر دو

[1] Radio-frequency identification

شبکه حسگر و بازشناسی با امواج رادیویی مزایایی دارند. اکثر شبکه‌های حسگر بی‌سیم نیز مطابق با استاندارد لایه فیزیکی[1] ساخته شده‌اند که لایه‌های فیزیکی و مک آدرس[2] شبکه‌های شخصی بی‌سیم با نرخ پایین را مشخص می‌کند. این پروتکل انتقال بسته‌های پروتکل اینترنت نسخه ۶ را از طریق شبکه هایی با قدرت پردازش محدود امکان پذیر می‌کند. انتخاب دیگر برای سیستم‌های مسیریابی انتها به انتها، استاندارد مسیریابی رول [3] است.

رایانش ابری: به نظر می‌رسد که ابر تنها فناوری است که قادر به تجزیه و تحلیل و ذخیره مؤثر همه داده‌ها با میلیون‌ها دستگاه است. برای فعال کردن اشتراک‌گذاری منابع که در هر زمان و از هر مکان قابل دسترسی است، یک پلتفرم ابری چندین سرور را جمع‌آوری می‌کند. رایانش ابری که سرورها را متحد می‌کند، پردازش داده‌ها را تسریع می‌کند، داده‌های حسگر قیمتی را تجزیه و تحلیل می‌کند و حتی فضای ذخیره‌سازی کافی را فراهم می‌کند، یکی از اجزای حیاتی اینترنت اشیاء است. پتانسیل کامل این فناوری هنوز محقق نشده است. از آنجایی که رایانش ابری تنها منبع داده برای اینترنت اشیا خواهد بود، تحقیقاتی در حال انجام است تا مشخص شود چگونه رابط محاسبات ابری با دستگاه‌های هوشمند، ممکن است از میلیون‌ها حسگر استفاده کنند، می‌تواند مزایای بزرگی داشته باشد و اینترنت اشیاء را در مقیاس بسیار بزرگ رشد دهد.

فناوری‌های نانو: این فناوری به اشیاء مرتبط کمک می‌کند تا بهتر و کوچک‌تر شوند. می‌تواند با ساده‌سازی ساخت دستگاه‌هایی در مقیاس نانومتری که می‌توانند مانند یک دستگاه معمولی به عنوان حسگر و محرک عمل کنند، مصرف یک سیستم را کاهش دهد. چنین نانو دستگاهی از مواد نانو ساخته شده است و شبکه اینترنت اشیاء نانو که آن را تشکیل می دهد، الگوی جدیدی برای شبکه سازی ایجاد می‌کند. فناوری‌های سیستم‌های میکرو الکترومکانیکی که قبلاً به شکل مبدل‌ها، شتاب‌سنج‌ها و سایر دستگاه‌ها به صورت تجاری در دسترس هستند، می‌توانند برای طیف وسیعی از عملکردها، از جمله حس کردن و فعال کردن هنگام ادغام اجزای مکانیکی و الکتریکی استفاده شوند. سیستم ارتباطی اینترنت اشیاء توسط سیستم‌های میکرو الکترومکانیکی و فناوری‌های نانو تقویت شده است، که مزایای دیگری از جمله سنسورها و محرک‌های کوچک‌تر، دستگاه‌های محاسباتی یکپارچه همه جا حاضر و محدوده فرکانس بزرگ‌تر را ارائه می‌کنند[۴].

۴- فناوری‌های کلیدی جهت توسعه اینترنت اشیاء

اینترنت اشیا یکی از نوآوری‌های در حال توسعه قرن حاضر است. جنبه‌های مختلف آن، مانند زیرساخت، معماری و امنیت، نقش مهمی در شکل‌گیری دنیای دیجیتالی بلندمدت ایفا می‌کند. دستگاه‌های متصل که عموماً به عنوان اینترنت اشیاء شناخته می‌شوند، به سرعت در حال گسترش هستند. چارچوب شبکه باید با ارائه یک شبکه خوب و ارائه خدمات مبتنی بر برنامه، برای همه این دستگاه‌ها مناسب باشد. با توجه به اینکه اینترنت اشیاء به عنوان مرحله متعاقب پیشرفت وب به آهستگی افزایش می‌یابد، شناخت حوزه های بالقوه مختلف برای کاربرد اینترنت اشیاء و پرس و جو در مورد چالش‌های مربوط به این برنامه ها بسیار مهم است. در حال حاضر، فقط دو نوع ارتباط وجود دارد: انسان با انسان و انسان با دستگاه. با این حال، اینترنت اشیاء آینده ای خارق‌العاده را برای وب تضمین می‌کند که در آن اتصال ماشین به ماشین حالت اولیه ارتباط است. اینترنت اشیاء به دلیل خلاقیت و عامل سرگرم کننده اش برای ما جذاب است. بنابراین پیش‌بینی می‌شود که اینترنت اشیاء در آینده اینترنت اشیاء باشد[۵]. اینترنت اشیاء را می‌توان در دنیای واقعی با ادغام چندین فن‌آوری و پروتکل تحقق بخشید. در این بخش، برخی از فناوری‌های فعال کننده مرتبط ارائه شده است[۶]:

شناسایی فرکانس رادیویی[4]: یک فناوری مبتنی بر تبادل اطلاعات با استفاده از سیگنال‌های الکترومغناطیسی است. این یک فناوری ارتباطی غیر تماسی است که عموماً برای دنبال کردن و شناسایی دستگاه‌های اینترنت اشیاء بدون هیچ گونه تماسی استفاده می‌شود. از تبادل اطلاعات در فاصله کوتاه از طریق سیگنال های رادیویی پشتیبانی می کند. از محدوده فرکانس ۱۲۵ کیلوهرتز برای فرکانس پایین، ۱۳.۵۶ مگاهرتز برای فرکانس بالا، محدوده [۸۶-۹۶۰، ۴۳۳] مگاهرتز برای فرکانس فوق‌العاده و [۲.۴۵، ۵.۸] گیگاهرتز برای مایکروویو استفاده می‌کند. این سیستم از یک برچسب شناسایی فرکانس رادیویی، یک خواننده شناسایی فرکانس رادیویی و یک آنتن

[1] IEEE 802.15.4
[2] Media Access Control
[3] ROLL
[4] Radiofrequency identification (RFID)

تشکیل شده است. تگ شناسایی فرکانس رادیویی یک تراشه کوچک است که دارای یک شماره شناسایی منحصر به فرد است و به آنتن متصل است. هر تگ شناسایی فرکانس رادیویی به یک دستگاه اینترنت اشیاء متصل است. خواننده شناسایی فرکانس رادیویی دستگاه را شناسایی می کند و با جستجوی برچسب شناسایی فرکانس رادیویی از طریق سیگنال های مناسب، اطلاعات را دریافت می کند. آنتن شناسایی فرکانس رادیویی به گونه ای تنظیم شده است که فقط محدوده کوچکی از فرکانس های حامل را در مرکز سیستم شناسایی فرکانس رادیویی پوشش دهد.

شبکه حسگر بی‌سیم[1]: زیرساختی متشکل از محاسبات، حسگر و دستگاه‌های ارتباطی است که به مدیر اجازه می دهد تا ابزار، مشاهده و به رویدادها و پدیده ها در محیط های مشخص واکنش نشان دهد. شبکه حسگر بی سیم می‌تواند نقش مهمی در اینترنت اشیاء ایفا کند زیرا می‌تواند تعداد قابل توجهی از گره های حسگر را پشتیبانی کند و در عین حال عمر باتری کافی را حفظ کند. شناسایی فرکانس رادیویی و شبکه حسگر بی سیم را می‌توان برای اکتساب داده در اینترنت اشیاء استفاده کرد، اما عمدتاً شناسایی فرکانس رادیویی برای شناسایی دستگاه استفاده می‌شود. در مقابل، شبکه حسگر بی سیم برای درک پارامتر از محیط اطراف آنها استفاده می‌شود.

شبکه حسگر شناسایی فرکانس رادیویی[2]: شبکه حسگر شناسایی فرکانس رادیویی یک شبکه حسگر بی‌سیم و یکپارچه‌سازی سیستم شناسایی فرکانس رادیویی است. ادغام این دو فناوری می‌تواند حوزه برنامه‌ها را گسترش دهد و همچنین ارزش افزوده‌ای را به برنامه‌های موجود ارائه می‌دهد. پیاده سازی‌های مختلف شبکه حسگر شناسایی فرکانس رادیویی با موفقیت به دست آمد. به عنوان مثال، ادغام شناسایی فرکانس رادیویی و شبکه حسگر بی‌سیم نظارت مستمر داده‌ها را در سراسر زنجیره تامین مواد غذایی فراهم می‌کند و اطمینان حاصل می‌کند که خرده فروشان الزامات را در طول تحویل و ذخیره سازی محصول مانند حفظ دما و رطوبت مورد نیاز برآورده می‌کنند.

ارتباطات میدان نزدیکی: ارتباطات میدان نزدیک مبتنی بر فناوری مورد استفاده برای شناسایی فرکانس رادیویی است. با استفاده از باند شناسایی فرکانس رادیویی فرکانس بالای ۱۳.۵۶ مگاهرتز، ارتباط کوتاه برد بین دستگاه ها را فراهم می‌کند. ارتباطات میدان نزدیکی امکان ارتباط بین دو دستگاه را بدون تماس در حداکثر فاصله تقریباً ۲۰ سانتی‌متری یا کمتر می‌دهد. فناوری ارتباطات میدان نزدیکی تعامل دو طرفه ساده و ایمن بین دستگاه های الکترونیکی را امکان‌پذیر می‌کند. الحاق ارتباطات میدان نزدیکی به محصولات الکترونیکی مصرفی، چشم‌اندازهایی را برای برنامه‌های اینترنت اشیاء مانند تبادل تماس، بلیط الکترونیکی، پرداخت الکترونیکی و غیره ایجاد کرده است.

آردوینو: محیط توسعه یکپارچه آردوینو مجموعه‌ای از نرم‌افزارهای منبع باز و بردهای توسعه است. بردهای توسعه آردوینو ممکن است با دریافت ورودی و تغییر خروجی دستگاه‌های الکتریکی مختلف به عنوان یک مینی کامپیوتر عمل کنند. همچنین، می‌توان آن را به راحتی با استفاده از زبان C برنامه ریزی کرد، پاک کرد و در هر زمان در محیط توسعه یکپارچه آردوینو دوباره برنامه‌ریزی کرد.

رزبری: رزبری پای شبیه به سخت‌افزار باز برد آردوینو، به جز تراشه ضروری در رزبری پای است. برای سیستم عامل لینوکس طراحی شده است، اما در حال حاضر، نسخه‌های بهینه شده لینوکس را دارد که محبوب ترین آنها رزبین است. برد رزبری پای دارای رم، پردازنده، تراشه گرافیکی، رابط‌ها و کانکتورهای مختلف برای دستگاه‌های خارجی و همچنین پشتیبانی از تجهیزات جانبی ورودی و خروجی متعدد است.

زیگ‌بی: یک فناوری شبکه بی‌سیم است که برای ارتباط از راه دور با مصرف انرژی کم در نظر گرفته شده است. این یک پروتکل سطح بالا برای ارتباط وسایل شخصی یا خانگی است. این بر اساس استاندارد شبکه بی‌سیم شخصی 802.15.4 است و از سیگنال های رادیویی دیجیتال کم مصرف استفاده می کند. فاصله انتقال زیگ‌بی بین ۱۰ تا ۱۰۰ متر است. از مزایای آن می‌توان به بهره وری انرژی، پیچیدگی کم، هزینه کم، نرخ داده پایین و امنیت اشاره کرد. این می‌تواند از رمزگذاری استاندارد رمزگذاری پیشرفته هنگام صحبت با همتایان خود استفاده کند.

[1] wireless sensor network

[2] Radiofrequency identification Sensor Network

پروتکل فشرده‌سازی سرآیندهای پروتکل اینترنت نسخه ۶[1]: پروتکل اینترنت نسخه ۶ روی سیستم شبکه شخصی بی سیم کم مصرف، یک شبکه مش بی سیم با مصرف انرژی کم است که هر گره دارای آدرس پروتکل اینترنت نسخه ۶ خاص خود است که به آن اجازه می دهد مستقیماً به اینترنت متصل شود. بر اساس پروتکل مسیریابی نسخه ۶ پروتکل اینترنت برای شبکه‌های کم مصرف و با تلفات، هر گره والد خود را انتخاب می‌کند. سه نوع گره: یک گره سینک، یک گره میانی و یک گره برگ وجود دارد.

۵- اینترنت اشیاء پزشکی

اینترنت اشیاء به دلیل توسعه سریع دستگاه‌های اینترنت اشیاء و تمایل به مقرون‌به‌صرفه‌تر، شخصی‌سازی‌شده‌تر و هوشیارتر کردن مراقبت‌های بهداشتی، در حال سوق دادن خود به ایفای نقش بزرگی در تمام جنبه‌های مدیریت مراقبت‌های بهداشتی است. این امر هزینه مراقبت‌های بهداشتی را افزایش داده و بر مراکز درمانی روستایی و دورافتاده فشار وارد کرده است. پیشرفت در فناوری اینترنت اشیاء و افزایش نیازها و همچنین بهترین شیوه‌ها در مراقبت‌های بهداشتی هوشمند، اشتراکات زیادی دارند. صنعت مراقبت‌های بهداشتی در سال‌های اخیر به سرعت گسترش یافته و منبع قابل توجهی از ثروت و شغل است. چند سال پیش، معاینه فیزیکی در بیمارستان تنها راه تشخیص بیماری‌ها و ناهنجاری‌های بدنی بود .اکثر بیماران برای درمان خود به بیمارستان‌ها مراجعه می‌کنند. این امر هزینه‌های مراقبت‌های بهداشتی را افزایش داده و همچنین فشار زیادی را بر مراکز درمانی در مناطق روستایی و دورافتاده وارد کرده است. بین پیشرفت‌های فناوری اینترنت اشیاء و افزایش تقاضا و همچنین دستورالعمل‌ها در سراسر مراقبت‌های بهداشتی هوشمند، هم‌افزایی قوی وجود دارد. توسعه روزافزون دستگاه‌های اینترنت اشیاء و همچنین قصد مقرون‌به‌صرفه‌تر، سفارشی‌تر و هوشیارتر کردن مراقبت‌های بهداشتی، تلاش می‌کند تا اینترنت اشیاء را به ایفای نقش مهمی در تمام زمینه‌های مدیریت مراقبت‌های بهداشتی سوق دهد . این فناوری آماده است تا بخش اینترنت اشیاء، یعنی اینترنت اشیاء پزشکی را فعال کند. اینترنت اشیاء پزشکی به دو زیرشاخه بالینی و فردی/شخصی تقسیم می‌شود. اینترنت اشیاء پزشکی فردی/شخصی شامل دستگاه‌هایی است که مصرف‌کنندگان برای نظارت بر خود استفاده می‌کنند، مانند ردیاب‌های فعالیت/ضربان قلب، لباس‌های هوشمند و ساعت‌های هوشمند. این گجت‌های همه منظوره مشمول مقررات سختگیرانه‌ای نیستند و برای استفاده مصرف‌کننده بدون کمک یا توصیه پزشک طراحی شده‌اند. دستگاه‌های اینترنت اشیاء پزشکی بالینی به‌طور خاص برای نظارت بر سلامت با راهنمایی و مشارکت پزشک طراحی شده‌اند. نمونه‌هایی از این دستگاه‌ها شامل استنشاقی‌های متصل و دستگاه‌های هوشمند سنجش مداوم قند خون هستند. مقررات سختگیرانه‌ای برای این دستگاه‌ها اعمال می‌شود که فقط پس از تأیید بالینی مجاز به استفاده هستند .در این مطالعه، مروری بر حوزه در حال توسعه اینترنت اشیاء پزشکی بالینی ارائه شده است[۷].

در واقع اینترنت اشیاء پزشکی شامل شبکه‌ای از دستگاه‌ها و برنامه‌های پزشکی است که سیستم‌های پیشرفته مراقبت‌های بهداشتی را قادر می‌سازد تا به طور یکپارچه عمل کنند. اینترنت اشیاء پزشکی نقش مهمی در تکامل فناوری‌های مراقبت‌های بهداشتی ایفا می‌کند .دستگاه‌ها و سیستم‌های متصل در اینترنت اشیاء پزشکی به افزایش مراقبت از بیمار، بهبود کارایی عملیاتی و کاهش هزینه‌های مراقبت‌های بهداشتی کمک می‌کنند. این دستگاه‌ها داده‌های سلامت را تولید، جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل و منتقل می‌کنند، نظارت و مدیریت سلامت بیمار را در زمان واقعی تسهیل می‌کنند، سیستم‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری را فعال می‌کنند و کارایی عملیاتی بی‌عیب و نقص سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی متصل را ارائه می‌دهند.

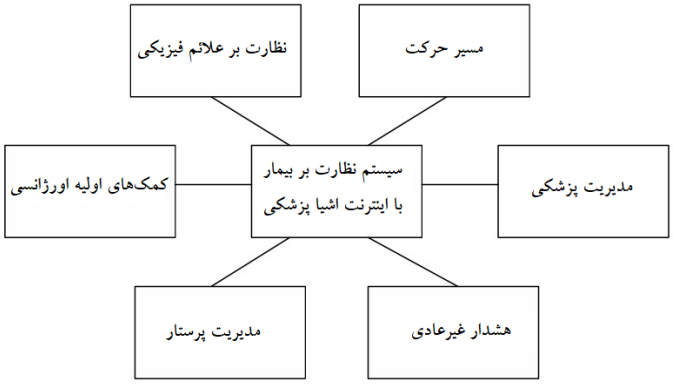
اینترنت اشیاء پزشکی، اگرچه در درجه اول به دستگاه‌ها/حسگرهای پزشکی متصل وابسته است، اما دامنه بسیار وسیع‌تری دارد و بنابراین شامل حسگری، اتصال، جمع‌آوری و مدیریت داده‌ها، تجزیه و تحلیل پیشرفته، رابط‌های کاربری، داشبوردهای وب و سیستم‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری می‌شود. در اینترنت اشیاء پزشکی، دستگاه‌های پزشکی را می‌توان به طور کلی به دستگاه‌های پوشیدنی، کاشتنی و ثابت تقسیم کرد .دستگاه‌های پوشیدنی، مانند ردیاب‌های تناسب اندام، ساعت‌های هوشمند و حسگرهای زیستی، به طور مداوم علائم حیاتی مانند ضربان قلب، فشار خون و سطح گلوکز را کنترل می‌کنند. این دستگاه‌ها داده‌های سلامت را در زمان

[1] 6LowPAN

واقعی ارائه می‌دهند، مدیریت پیشگیرانه بیماری‌های مزمن را امکان‌پذیر می‌کنند و سبک زندگی سالم‌تری را ترویج می‌دهند. دستگاه‌های کاشتنی، مانند ضربان‌سازها و پمپ‌های انسولین، برای نظارت و مدیریت شرایط سلامت، از طریق جراحی کاشته می‌شوند .این دستگاه‌ها نظارت مداوم بر سلامت را ارائه می‌دهند، نتایج بیمار را بهبود می‌بخشند و نیاز به مراجعه مکرر به بیمارستان را کاهش می‌دهند. تجهیزات پزشکی ثابت، مانند دستگاه‌های اینترنت اشیاء پزشکی، سی‌تی‌اسکنرها و پمپ‌های فیوژن، در محیط‌های بالینی برای تشخیص و درمان بیماران استفاده می‌شوند .این دستگاه‌ها دقت تشخیصی را افزایش می‌دهند، فرآیندهای درمانی را ساده می‌کنند و نظارت از راه دور بر داده‌های بیمار را تسهیل می‌کنند. قابلیت‌های ارتباط بی‌سیم اینترنت اشیاء پزشکی امکان تعامل یکپارچه بین دستگاه‌های پزشکی و سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی را فراهم می‌کند. این اتصال توسط چندین فناوری پیشرفته مانند وای‌فای، بلوتوث، شبکه‌های تلفن همراه وغیره پشتیبانی می‌شود که انتقال مداوم داده‌ها، پشتیبانی از نظارت در زمان واقعی و تسهیل خدمات سلامت از راه دور را تضمین می‌کنند. این اتصال همچنین خدمات مبتنی بر ابر در اینترنت اشیاء پزشکی را تسهیل می‌کند، مانند ذخیره‌سازی مقیاس‌پذیر و قدرت محاسباتی برای مدیریت و تجزیه و تحلیل حجم زیادی از داده‌های سلامت. سرویس‌های ابری، ذخیره‌سازی امن داده‌ها را ارائه می‌دهند، تجزیه و تحلیل کلان داده را تسهیل می‌کنند، از قابلیت همکاری بین سیستم‌های مختلف مراقبت‌های بهداشتی پشتیبانی می‌کنند، سوابق جامع بیمار را مدیریت می‌کنند، از مطالعات طولی سلامت پشتیبانی می‌کنند و تصمیم‌گیری مبتنی بر داده را امکان‌پذیر می‌سازند. تجزیه و تحلیل‌های پیشرفته نیز در سیستم‌های دارای قابلیت اینترنت اشیاء پزشکی استفاده می‌شوند که از یادگیری ماشین و هوش مصنوعی برای تجزیه و تحلیل داده‌های سلامت، پیش‌بینی روندهای سلامت و ارائه بینش‌های بالینی استفاده می‌کنند. ابزارهای هوشمند و تکنیک‌های پیشرفته یادگیری ماشین و هوش مصنوعی، دقت تشخیص را بهبود می‌بخشند، برنامه‌های درمانی شخصی‌سازی‌شده را امکان‌پذیر می‌کنند و استراتژی‌های مراقبت‌های پیشگیرانه را تقویت می‌کنند. رابط‌های کاربری و داشبوردهای سلامت به عنصری ضروری در اکوسیستم گسترده‌تر اینترنت اشیاء پزشکی تبدیل می‌شوند. این رابط‌های کاربری پلتفرم‌هایی را برای بیماران و ارائه دهندگان خدمات درمانی فراهم می‌کنند تا با سیستم‌های اینترنت اشیاء پزشکی تعامل داشته باشند، که به بیماران این امکان را می‌دهد تا سلامت خود را مدیریت کنند، مشاوره از راه دور را تسهیل کنند و پایبندی به دارو را بهبود بخشند. علاوه بر این، داشبوردهای مراقبت‌های بهداشتی به ارائه دهندگان خدمات درمانی بینش‌های بلادرنگ در مورد داده‌های بیمار ارائه می‌دهند[۸].

۶- اینترنت اشـــیاء در برنامه‌های مختلف مراقبت‌های بهداشتی

اینترنت اشیاء به کسب انواع اطلاعات مورد نیاز در زمان واقعی از طریق انواع حسگرها و فناوری‌های اطلاعاتی، از طریق انواع دسترسی‌های ممکن به شبکه، برای دستیابی به اتصال فراگیر بین اشیا و افراد، برای دستیابی به ادراک هوشمند، شناسایی اشیا و فرآیندها و مدیریت اشاره دارد. مراقبت‌های بهداشتی یکی از سریع‌ترین صنایع در حال رشد است که پتانسیل عظیمی برای ارتقاء از طریق استفاده از فناوری‌هایی مانند اینترنت اشیاء، محاسبات ابری و دستگاه‌های تلفن همراه دارد. همانطور که در شکل ۴ نشان داده شده است، اینترنت اشیاء به طور گسترده در برنامه‌های مختلف مراقبت‌های بهداشتی استفاده می‌شود که خدمات سریع و راحتی را برای مصرف‌کنندگان مراقبت‌های بهداشتی فراهم می‌کند.



شکل ۴: نمایی از سیستم نظارت بر بیمار با اینترنت اشیاء پزشکی

ساختار اینترنت اشیاء از بالا به پایین شامل لایه ادراک برای جمع‌آوری اطلاعات داده، لایه شبکه برای انتقال اطلاعات و لایه کاربرد برای ارائه کاربردهای غنی است. در لایه حسگر، حسگرها، دوربین‌ها و سایر دستگاه‌های حسگر وجود دارند تا داده‌های بلادرنگ را بر اساس فرکانس خاصی جمع‌آوری کنند . دستگاه‌های مختلف بر اساس توانایی خود در شبکه، نحوه دسترسی به شبکه را انتخاب می‌کنند .دستگاه‌های دارای ماژول

ارتباطی می‌توانند بر اساس ارتباطات موبایل به شبکه دسترسی داشته باشند. دستگاه‌های بدون ماژول ارتباطی باید از طریق یک دروازه یکپارچه به سرور اینترنت اشیاء دسترسی داشته باشند. دروازه‌ها به دستگاه‌ها اجازه می‌دهند در غیاب یک پروتکل استاندارد، ارتباط برقرار کرده و متصل شوند. در صورت ارتباط مستقیم نقطه به نقطه با سایر دستگاه‌های ترمینال که در یک شبکه محلی نیستند، به یک گره برای انتقال نیاز است و بدین ترتیب پلتفرم ابری اینترنت اشیاء متولد می‌شود .پلتفرم ابری اینترنت اشیاء عمدتاً شامل چهار جزء است: دسترسی به دستگاه، مدیریت دستگاه، موتور قوانین، احراز هویت امنیتی و مدیریت مجوز .پلتفرم ابری شامل چندین پروتکل دسترسی به دستگاه است و اتصالات گسترده دستگاه را در یک ساختار درختی مدیریت می‌کند. به طور کلی، کاربران می‌توانند زبان پرس‌وجوی را برای پردازش داده‌ها بنویسند و سپس داده‌ها را به سایر محصولات محاسبات ابری ارسال کنند. برای اطمینان از امنیت، پلتفرم ابری اینترنت اشیاء برای هر دستگاه یک گواهی منحصر به فرد صادر می‌کند که باید قبل از اتصال دستگاه به پلتفرم ابری، از آن عبور کند .از طریق این تبادل اطلاعات، اتصال به شیء و سپس برنامه‌های مختلف برقرار می‌شود[۹].

۷- چالش‌های اینترنت اشیاء پزشکی

اینترنت اشیاء پزشکی امکان نظارت بر سلامت، پیش‌بینی بیماری، امنیت داده‌ها و حفاظت از حریم خصوصی را فراهم می‌کند و پتانسیل قابل توجهی برای بهبود مراقبت از بیمار، کاهش هزینه‌ها و افزایش کارایی دارد. با این حال، پیاده‌سازی و پذیرش گسترده اینترنت اشیاء پزشکی هنوز با چالش‌های متعددی از جمله ویژگی‌های دستگاه، مدیریت داده‌های چندوجهی، پیچیدگی مدل‌ها و پیمایش سیاست‌ها و مقررات مواجه است. به طور خاص، این چالش‌ها را می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد: اولاً، دستیابی به راه‌حل‌های سبک در اینترنت اشیاء پزشکی یک چالش مهم است. دستگاه‌های اینترنت اشیاء پزشکی در مراقبت‌های بهداشتی باید عملکرد پایدار خود را در دوره‌های طولانی در محیط‌های متنوع حفظ کنند و این امر مستلزم رعایت محدودیت‌های دقیق اندازه، وزن، حجم و مصرف برق است .از این رو، راه‌حل‌های سبک برای پیاده‌سازی موفقیت‌آمیز اینترنت اشیاء پزشکی ضروری هستند. با این حال، مدل‌های سبک در حال حاضر یک مسئله حیاتی هستند .افزایش اندازه و پیچیدگی محاسباتی مدل‌ها، که ناشی از استفاده گسترده از تکنیک‌های یادگیری عمیق و هوش مصنوعی در مراقبت‌های بهداشتی است، ممکن است هنگام اجرا بر روی دستگاه‌های با منابع محدود، منجر به تنگناهای عملکرد و مشکلات تأخیر شود. بنابراین، طراحی و بهینه‌سازی مدل‌های سبک ضروری می‌شود. علاوه بر سبکی مدل، پرداختن به سبکی داده‌ها نیز بسیار مهم است. با توجه به اندازه و پیچیدگی داده‌های پزشکی، فیلتر کردن، فشرده‌سازی و نمایش مؤثر داده‌ها برای افزایش ظرفیت پردازش دستگاه و کارایی ذخیره‌سازی ضروری است[۱۰].

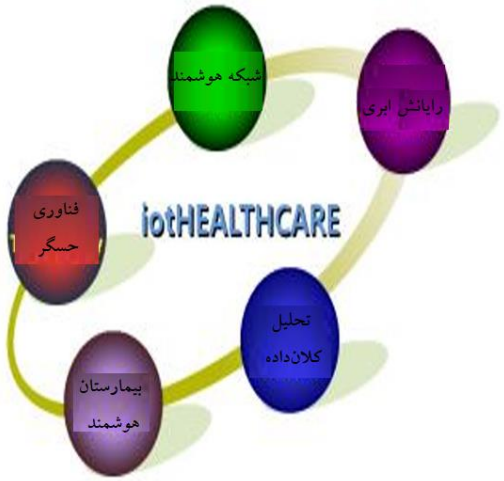
دوم، مشکل عدم قابلیت توضیح در اینترنت اشیاء پزشکی، با توجه به تقاضای زیاد برای قابلیت توضیح در تصمیم‌گیری‌های پزشکی، ماهیت جعبه سیاه یادگیری عمیق، علیرغم کاربرد گسترده آن در سناریوهایی مانند درمان شخصی‌سازی‌شده، تشخیص بیماری و کشف دارو، محدودیت‌هایی را در کاربرد آن در این سناریوها ایجاد کرده است. پزشکان قبل از اعتماد به نتایج تولید شده توسط مدل‌ها، باید دلیل تصمیمات خود را درک کنند. علاوه بر این، از نظر سیاست‌ها و مقررات، اجرای اینترنت اشیاء پزشکی باید به مقررات و استانداردهای سختگیرانه‌ای پایبند باشد. ماهیت مبهم یادگیری عمیق همچنین ممکن است نگرانی‌های اخلاقی و حریم خصوصی را ایجاد کند، به ویژه برای وظایفی که شامل حریم خصوصی شخصی یا اطلاعات حساس است. بنابراین، اطمینان از قابلیت توضیح فرآیند تصمیم‌گیری و نتایج مراقبت‌های بهداشتی برای اینترنت اشیاء پزشکی به همان اندازه حیاتی است[۱۰].

علاوه بر این، امنیت داده‌ها و حریم خصوصی چالش‌های کلیدی برای اینترنت اشیاء پزشکی هستند. با ادغام سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی با اینترنت اشیاء و فناوری‌های دیجیتال پیشرفته، ذخیره‌سازی، پردازش داده‌ها و دستگاه‌های ثبت سلامت شخصی به طور قابل توجهی بهبود یافته‌اند .با این حال، امنیت اینترنت اشیاء پزشکی نیز به طور فزاینده‌ای برجسته می‌شود. مهاجمان اغلب به دلیل ضعف نسبی سیستم‌های دفاعی امنیت اطلاعات، سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی الکترونیکی را هدف قرار می‌دهند که می‌تواند منجر به حملات مختلفی مانند هک، باج‌افزار، سرقت داده‌ها و نقض حریم خصوصی شود. آسیب‌پذیری‌ها در سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی الکترونیکی گسترده هستند و تجزیه و تحلیل کامل ریسک را

به عنوان اولویت اصلی قبل از پیاده‌سازی الگوریتم‌های امنیتی و حریم خصوصی ضروری می‌سازند. علاوه بر این، شبکه امنیتی باید تمام الزامات سیستم را برآورده کند و برای برآوردن نیازهای آینده با تغییرات در سیستم مراقبت‌های بهداشتی سازگار شود. در نتیجه، پیاده‌سازی و پذیرش گسترده اینترنت اشیاء پزشکی در مراقبت‌های بهداشتی با چالش‌های متعددی روبرو است .غلبه بر این چالش‌ها مستلزم تلاش‌های مستمر برای بهینه‌سازی طراحی دستگاه، رعایت سیاست‌ها و مقررات سختگیرانه، بهبود قابلیت توضیح، افزایش قابلیت همکاری و تقویت حفاظت از حریم خصوصی داده‌ها است. با وجود این چالش‌ها، انتظار می‌رود اینترنت اشیاء پزشکی به طور قابل توجهی مراقبت از بیمار، هزینه‌های مراقبت‌های بهداشتی و کارایی را بهبود بخشد[۱۰].

۸- اجزای اصلی سیستم مراقبت‌های بهداشتی هوشمند

در عصر حاضر که فناوری‌ها به سرعت در حال رشد هستند، پذیرش فناوری‌های جدید در هر زمینه‌ای، زندگی را ساده و آسان می‌کند. سیستم مراقبت‌های بهداشتی هوشمند، خدمات مراقبت‌های بهداشتی کارآمدی را به افراد در مکان‌های دورافتاده و به صورت بلادرنگ ارائه می‌دهد. برای اینکه به عنوان یک سیستم مراقبت‌های بهداشتی هوشمند عمل کند، از جدیدترین فناوری به نام اینترنت اشیاء استفاده می‌کند. بر اساس این تکنیک جدید، سیستم مراقبت‌های بهداشتی اکنون به یک سیستم مراقبت‌های بهداشتی مبتنی بر اینترنت اشیاء تبدیل شده است که از پنج جزء اصلی به شکل یک سیستم دایره‌ای تشکیل شده است، همانطور که در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵: اجزای اصلی سیستم مراقبت‌های بهداشتی هوشمند [۱۱].

جزء اول، فناوری حسگر است که برای جمع‌آوری داده‌ها از حسگرهای مختلفی که یا توسط بیمار پوشیده می‌شوند یا در بدن بیمار کاشته می‌شوند، استفاده می‌شود . همه این حسگرها پارامترهای مربوط به سلامت بیمار مانند ضربان قلب، فشار خون، سطح قند خون و نوار قلب را جمع‌آوری می‌کنند که پزشکان در تشخیص بیماری‌ها و درمان بیمار از آنها استفاده می‌کنند[۱۱].

جزء دوم، شبکه هوشمند نامیده می‌شود .داده‌های جمع‌آوری‌شده از حسگرهای مختلف برای ارتباط با سیستم به شبکه هوشمند ارسال می‌شوند. یک شبکه هوشمند، شبکه‌ای است که از طریق آن ارتباط با نهادهای مختلف درگیر در سیستم مراقبت‌های بهداشتی برقرار می‌شود.

جزء سوم، داده‌های رایانش ابری است که از طریق شبکه هوشمند در ابر ذخیره می‌شوند. ابر عمدتاً به عنوان ذخیره‌سازی استفاده می‌شود؛ حجم عظیمی از داده‌های تولید شده در مورد اطلاعات شخصی بیمار و همچنین اطلاعات مربوط به سلامت که باید برای تجزیه و تحلیل بیشتر در مکانی ذخیره شوند، به این فضای ذخیره‌سازی، ابر گفته می‌شود.

چهارمین مولفه، تحلیل کلان‌داده نام دارد. پس از ذخیره داده‌ها در فضای ابری، داده‌ها برای تصمیم‌گیری مناسب تحلیل می‌شوند .برای انجام تحلیل مناسب روی داده‌ها، باید از تکنیک‌های مختلف داده‌کاوی استفاده شود تا تصمیم‌گیری درست انجام شود، پس از تصمیم‌گیری مناسب، نتیجه به بیمارستان‌های هوشمند ارسال می‌شود.

پنجمین جزء سیستم مراقبت‌های بهداشتی مبتنی بر اینترنت اشیاء، بیمارستان‌های هوشمند هستند که به جمع‌آوری داده‌ها برای تأیید تشخیص صحیح و ارائه درمان به بیمار توسط سیستم ادامه می‌دهند. برای حفظ روند دایره‌ای، سیستم دوباره به جزء اول مراجعه می‌کند[۱۱].

۹- کارهای مرتبط دستگاه‌های خدمات پزشکی فناوری‌های اینترنت اشیاء

چندین مطالعه اخیر به اجزای دستگاه‌های خدمات پزشکی فناوری‌های اینترنت اشیاء پرداخته‌اند. سیستم‌های خدمات پزشکی فناوری‌های اینترنت اشیاء متمرکز بر مراکز پزشکی شخصی‌سازی‌شده و برنامه‌های نوزاد/کودک مورد بررسی قرار گرفتند. فناوری‌های موجود در سیستم‌های نظارت بر سلامت از راه دور که شامل نظارت بر تب بالا و مراقبت از

سالمندان و همچنین فناوری‌های مربوط به زندگی با کمک محیطی، تلفن‌های هوشمند و دستگاه‌های پوشیدنی است، همگی به طور کامل مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. با تمرکز بر هدف بهبود مراقبت‌های بهداشتی در کشورهای توسعه نیافته، کاربردهای خدمات پزشکی فناوری‌های اینترنت اشیاء در مراقبت‌های بهداشتی روستایی نیز بررسی شده‌اند. سایر بررسی‌ها شامل مقالات تحقیقاتی با تمرکز بر اتصال، حقایق ایمنی و محرمانگی دستگاه‌های خدمات پزشکی فناوری‌های اینترنت اشیاء هستند. خدمات پزشکی فناوری‌های اینترنت اشیاء در اتوماسیون خانگی، محیط‌های مرتفع و بخش امنیتی و خدمات خدمات پزشکی فناوری‌های اینترنت اشیاء برای بیماری‌های روانی نیز مورد توجه چندین بررسی قرار گرفته‌اند. این قسمت به طور خاص بر جنبه‌های بالینی خدمات پزشکی فناوری‌های اینترنت اشیاء تمرکز کرده و آنها را به طور جامع پوشش داده است[۷].

نویسندگان در مقاله‌ای، فرآیندی به نام We Care ایجاد کردند. هدف این سیستم جمع‌آوری داده‌ها و نظارت بر سلامت کلی سالمندان با استفاده از فناوری خدمات پزشکی فناوری‌های اینترنت اشیاء و ارائه هشدارهای بهداشتی به تیم‌های پزشکی از طریق حسگرهایی است که به عنوان ساعت پوشیده می‌شوند. علائم حیاتی سالمندان توسط We-Care جمع‌آوری و برای کادر پزشکی ارسال می‌شود. این سیستم به گونه‌ای طراحی شده است که کاربرپسند، اقتصادی و از نظر انرژی کارآمد باشد. هم تیم‌های پزشکی و هم افراد مسن این تکنیک را مؤثر یافته‌اند. این فناوری همچنین جایگزین بهتری برای تکنیک‌های مراقبت‌های بهداشتی مرسوم و ردیابی سالمندان و همچنین روشی قابل اعتماد برای هشدار در مواقع اضطراری ارائه می‌دهد. از همه مهم‌تر، اکنون سفرهای کمتری به مراکز درمانی لازم است[۱۲].

یک مقاله‌ای پلتفرم خدماتی نوآورانه برای تشخیص زودهنگام و درمان مؤثر بیماری‌های قلبی در سالمندان ایجاد کرد. سیستم‌های کامپیوتری خلاقانه آن می‌توانند به بهبود فرآیندهایی مانند تشخیص، پیش‌آگهی و ارائه درمان کمک کنند و می‌توانند در ثبت الکترونیکی سلامت ، نظارت از راه دور، پردازش سیگنال و تصویر و تشخیص الگو از داده‌های جمع‌آوری‌شده قبلی اعمال شوند. این سرویس خدماتی مانند پشتیبانی از تصمیم‌گیری بالینی هدفمند برای بیماران قلبی، تجزیه و تحلیل و تصمیم‌گیری در مورد مداخلات برای آنها ارائه می‌دهد[۱۳].

جدول۱: مقایسه مقالات مروری دستگاه‌های خدمات پزشکی فناوری‌های اینترنت اشیاء

مرجع	بیماری و سنسورهای مورد استفاده	توضیحات
[۱۴]	بیماری: تب، دیابت، فشار خون و ضربان قلب. سنسورها: حسگر پوشیدنی انسان.	از دستگاه‌های ECG، EMG، پالس اکسیمتر، میکرومترهای میکا۲ و حسگر SpO2 برای نظارت مداوم بر وضعیت سلامت افراد استفاده شد.
[۱۵]	بیماری: مشکلات قلبی سنسورها: آردوینو Due، بلوتوث، وای‌فای، ZigBee یا LoWPAN۶	یک سیستم نظارت بر سلامت که از زیرساخت شبکه ثانویه مبتنی بر اینترنت اشیاء استفاده می‌کند و شامل چندین دستگاه حسگر از جمله Wi-Fi و بلوتوث است.
[۱۶]	بیماری: بحران سلامتی هر بیمار . سنسورها: حسگرهای بدن.	انتقال داده آگاه از بحران طرحی است که در سیستم‌های پزشکی مبتنی بر فناوری‌های محاسباتی و شبکه‌ای برای افزایش فرکانس محاسباتی مقادیر ویژگی‌های فیزیولوژیکی حس شده توسط بیماران پیشنهاد شده است.
[۱۷]	بیماری: بیماران مراقبت‌های ویژه سنسورها: حسگرهای بدن.	این طرح پیشنهادی «DROPS» پروتکل‌های رادیویی را به صورت پویا در یک سیستم پزشکی پوشیدنی هوشمند منبع‌گرا تشخیص می‌دهد

ایجاد یک سیستم تشخیص و هشدار زودهنگام برای افراد مسنی که هنگام ورزش به طور ناگهانی دچار سکته مغزی می‌شوند، توسط محققان در [۱۸] مورد بحث قرار گرفته است. راهکار شرح داده شده، فرد مسن را به دستگاه‌های هوشمند خود متصل می‌کند تا به این هدف دست یابد. این دستگاه هوشمند خودآموز است و به صورت بی‌سیم به رایانه شما متصل می‌شود. این سیستم از تعدادی بخش اساسی، از جمله یک پایگاه دانش، یک رابط نظارت بر بیمار در زمان واقعی، دستگاه‌های خودآموز و تعدادی بخش که از شبکه در برابر تهدیدات خارجی محافظت می‌کنند، تشکیل شده است. با وجود این واقعیت که این مطالعه از نظر تئوری معتبر است، اما فقط ورزشکاران مسن را بررسی می‌کند.

جدول۲: خلاصه مقالات دستگاه‌های خدمات پزشکی فناوری‌های اینترنت اشیاء

مرجع	سال انتشار	توضیحات
[۱۹]	۲۰۱۷	جدیدترین برنامه‌ها و پلتفرم‌های مراقبت‌های بهداشتی اینترنت اشیاء مورد بحث قرار گرفته و فناوری‌های نوظهوری که برای شبکه‌سازی، پردازش داده‌ها و حسگرها در سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی اینترنت اشیاء مورد استفاده قرار می‌گیرند، در این مقاله ارائه شده‌اند و مشکلات اساسی مربوط به حجم بالای داده‌ها، قابلیت همکاری حسگرها، مکانیسم‌های پردازش هوشمند داده‌ها، محیط‌های کنترل نشده و غیره، در چارچوب چالش‌های فنی و روندهای آینده سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی اینترنت اشیاء ارائه شده‌اند.
[۲۰]	۲۰۱۸	این بررسی در چهار سناریوی کاربردی مختلف بر اساس بیماری‌های مختلف مانند بیماری‌های عفونی، بیماری‌های قلبی عروقی، اختلالات اسکلتی-عضلانی و اختلالات عصبی-عضلانی به ترتیب انجام شده است و فناوری‌های ارتباطی نوظهور که می‌توانند این الزامات را برآورده کنند، ارائه شد. همچنین مسائل و چالش‌های حل نشده کاربردهای مراقبت‌های بهداشتی مبتنی بر اینترنت اشیاء ذکر و با بررسی استانداردهای ارتباطی نوظهور، برآورده شدن الزامات در کاربردهای مختلف مراقبت‌های بهداشتی مورد بحث قرار گرفته است.
[۲۱]	۲۰۱۸	سیستم‌های مختلف مراقبت‌های بهداشتی مبتنی بر اینترنت اشیاء در سطح فنی و عملی و با در نظر گرفتن چهار موضوع اصلی مانند سیستم‌های سلامت الکترونیک، سیستم‌های پزشکی از راه دور و نظارت بر خانه، سیستم‌های نظارت مبتنی بر بازشناسی با امواج رادیویی و سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی مبتنی بر شبکه داده‌های نامگذاری شده مورد بحث قرار گرفت. این سیستم‌های فوق‌الذکر می‌توانند برای ارائه خدمات مراقبت‌های بهداشتی کافی و مقرون‌به‌صرفه در سطح فردی و غلبه بر مسائل سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی هوشمند مانند قابلیت اطمینان، تحمل تأخیر کم، قابلیت همکاری و بسیاری موارد دیگر مورد استفاده قرار گیرند.
[۲۲]	۲۰۱۹	طرح کلی این مقاله بر اساس سوالات از پیش تعیین‌شده با توجه به کاربردهای ضروری و عناصر شبکه، مهم‌ترین فناوری‌ها، مسائل و چالش‌های اصلی سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی مبتنی بر اینترنت اشیاء ، به ترتیب، می‌باشد. حوزه‌های کاربردی اصلی سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی مبتنی بر اینترنت اشیاء و فناوری‌ها و پروتکل‌های ارتباطی اساسی به طور خلاصه ارائه شده‌اند. اجزای اصلی و عملکرد آنها در آخرین پیشنهادات سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی مبتنی بر اینترنت اشیاء در این مقاله مقایسه شده‌اند.
[۲۳]	۲۰۱۹	مروری گسترده بر کاربردها و خدمات مبتنی بر اینترنت اشیاء در سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی هوشمند ارائه شده است .کاربردها و خدمات مختلف از نظر اهداف اصلی و زمینه‌های استفاده آنها شرح داده شده‌اند تا بینش مفیدی در مورد سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی هوشمند ارائه دهند.
[۲۴]	۲۰۱۹	در این مقاله، مروری کلی بر پیشرفت‌های صورت گرفته در زمینه اجزای مختلف معماری مانند حسگری، ارتباطات و تحلیل داده‌های سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی اینترنت اشیاء فعلی ارائه شده است • .چالش‌هایی که سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی اینترنت اشیاء با آن مواجه هستند، بررسی شده و مسائل مطرح، روندهای آینده و مسیرهای نوظهور مورد بحث قرار گرفته‌اند.
[۲۵]	۲۰۲۰	•این تحقیق بر اساس چهار موضوع به ترتیب ارائه خدمات مراقبت‌های بهداشتی، صنعت داروسازی، نظارت بر سلامت و سلامت الکترونیک انجام شده و برای هر موضوع از تحقیقات ادبیات انتخاب شده و با مزایا و معایب آنها ذکر شده است. مزایا و ضعف‌های سایر نظرسنجی‌های مرتبط ارائه شده و مکانیسم تحقیق ادبیات برای این مقاله به تفصیل ارائه شده است و نویسندگان بررسی‌های خود و مسائل باز در سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی اینترنت اشیاء را برای کارهای آینده نشان می‌دهند.
[۲۶]	۲۰۱۹	کاربردهای اینترنت اشیاء و فناوری‌های اینترنت اشیاء مبتنی بر شبکه حسگر بیسیم بدن که می‌توانند الزامات سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی اینترنت اشیاء را تضمین کنند، ارائه شده است. استانداردها، مشخصات، مزایا و معایب جدیدترین برنامه‌های مراقبت‌های بهداشتی مبتنی بر شبکه حسگر بیسیم بدن در یک جدول ذکر شده است.
[۲۷]	۲۰۲۰	طرح کلی این مقاله بر اساس فناوری‌های نوظهور مختلفی است که برای افزایش عملکرد سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی هوشمند مانند کلان داده، یادگیری ماشین، بلاکچین و شبکه مبتنی بر نرم‌افزار استفاده می‌شوند. بسیاری از مطالعات مرتبط با استفاده از این فناوری‌ها در مراقبت‌های بهداشتی هوشمند تحت موضوعات مختلف مورد بحث قرار گرفته‌اند. یک نمای کلی از معماری سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی هوشمند و الزامات اصلی این سیستم‌ها ارائه شده است. روندهای آینده و مسائل باز در پایان این مقاله بررسی شده‌اند تا پیشرفت‌های کافی و سریعی در سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی هوشمند ایجاد شود
[۲۸]	۲۰۲۱	الزامات سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی سنتی، مفهوم کلی زیرساخت شبکه مراقبت‌های بهداشتی هوشمند و شرایط فعلی فناوری‌های نوظهور مورد استفاده در سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی هوشمند معرفی شده‌اند. کاربردها و خدمات اصلی و چالش‌های مراقبت‌های بهداشتی هوشمند مورد بحث قرار گرفته‌اند تا درک درستی از الزامات و عملکردهای سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی هوشمند ارائه شود. در پایان مقاله، روندهای آینده مراقبت‌های بهداشتی هوشمند در چارچوب فناوری‌های ذکر شده مانند محاسبات مه، یادگیری ماشین، شبکه مبتنی بر نرم‌افزار، مجازی‌سازی توابع شبکه و بلاکچین ارائه و بررسی شده‌اند تا محققان را برای بهبود سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی راهنمایی کنند

نویسندگان در مقاله‌ای توسعه و استقرار یک دستگاه ردیابی مراقبت‌های بهداشتی خدمات پزشکی فناوری‌های اینترنت اشیاء را پیشنهاد دادند. این برای بسیاری از خدمات امداد و نجات بسیار مفید است. این مقاله توسعه نسل دوم اینتل[1] را برای پشتیبانی از بخش‌های مراقبت‌های ویژه، بخش‌های مراقبت‌های ویژه و همچنین سایر خدمات شرح داده است[۲۹].

استفاده از قطعات الکترونیکی دستی دیجیتال، بهبود استاندارد مراقبت از بیمار را پیشنهاد کرده است (جدول ۱) . تحقیقات اخیر بر ادغام سیستم‌های ناوبری و مکان‌یابی در این ویلچرها در [۳۰] متمرکز شده است .ایده این است که یک سیستم اجتناب از مانع در زمان واقعی با یک سیستم فرمان خدمات پزشکی فناوری‌های اینترنت اشیاء متصل شود. هنگامی که داده‌های واقعی با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر گرفته و بررسی می‌شوند، دستگاه‌های GPS می‌توانند موانع را شناسایی کنند.

به دلیل محاسبات موبایل [۳۱]، نظارت بر ویلچر برای بیماران پیچیده‌تر و ساده‌تر شده است. از طریق ادغام حسگرهای متعدد، فناوری موبایل و محاسبات ابری، ویلچر هوشمند توصیف‌شده ایجاد شد. یک برنامه تلفن همراه که بخشی از سیستم است، بیماران را قادر می‌سازد تا با ویلچر و مراقبان خود ارتباط برقرار کنند. این نرم‌افزار همچنین به مراقبان این امکان را می‌دهد که از راه دور مراقب ویلچرها باشند.

در مقاله ای اشاره شد که انسولین وضعیتی است که در آن سطح گلوکز در بدن برای مدت طولانی افزایش می‌یابد. این یکی از شایع‌ترین بیماری‌های انسان است. به طور کلی، سه نوع اصلی انسولین وجود دارد: نوع ۱، نوع ۲، بارداری. بیماری‌ها و انواع آنها را می‌توان با استفاده از سه آزمایش شناسایی کرد: آزمایش تصادفی گلوکز پلاسما، آزمایش گلوکز پلاسمای ناشتا و آزمایش تحمل گلوکز خوراکی. با این حال، رایج‌ترین روش تشخیصی برای تشخیص دیابت، "انگشت‌نگاری" و به دنبال آن اندازه‌گیری سطح گلوکز خون است. پیشرفت‌های اخیر در فناوری خدمات پزشکی فناوری‌های اینترنت اشیاء برای ایجاد انواع دستگاه‌های اندازه‌گیری گلوکز پوشیدنی غیرتهاجمی، دوستانه، مقرون به صرفه و قابل اعتماد به کار گرفته شده است. یک دستگاه سنجش قند خون غیرتهاجمی مبتنی بر خدمات پزشکی فناوری‌های اینترنت اشیاء برای نظارت بر قند خون در زمان واقعی پیشنهاد شده است[۱۸].

به منظور تشخیص مشکلات قلبی در زمان واقعی، محققان در [۳۲] یک سیستم نظارت بر الکتروکاردیوگرام مبتنی بر اینترنت اشیاء را ارائه دادند که از یک سیستم جمع‌آوری داده‌های بی‌سیم و یک پردازنده گیرنده تشکیل شده است. الکتروکاردیوگرام، الکترومایوگرافی، پالس اکسیمترها، میکرومترها و حسگرهای اندازه‌گیری میزان اکسیژن در خون[2] در میان سایر حسگرها در [۱۴] برای نظارت مداوم بر پارامترهای سلامت بیمار استفاده می‌شوند.

نویسندگان در مقاله‌ای، یک سیستم نظارت بر سلامت توسعه دادند که از شبکه‌های ثانویه IoT استفاده می‌کند و دارای حسگرهای متعددی از جمله وای‌فای و بلوتوث است[۱۵].

محققان در مقاله‌ای، انتقال داده آگاه از بحران را به عنوان روشی برای تسریع پردازش مقادیر پارامترهای فیزیولوژیکی حس شده توسط بیمار در سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی مبتنی بر CPS توسعه دادند[۱۶].

موکرجی و همکاران روشی که به صورت پویا پروتکل‌های رادیویی را در یک سیستم مراقبت‌های بهداشتی اینترنت اشیاء پوشیدنی با انرژی محدود انتخاب می‌کند، توصیه کردند. همچنین در ادامه مقایسه بررسی ادبیات چندین مقاله دیگر در قالب جدول دوم ارائه شده است[۱۷].

۱۰- نتیجه گیری

اینترنت اشیاء بسیاری از صنایع، به ویژه صنعت مراقبت‌های بهداشتی را متحول کرده و پیشرفت قابل توجهی در درمان افراد داشته است .این بخش راه درازی را در تعریف مجدد نحوه کار امور، از تعیین وقت ملاقات پزشک گرفته تا توصیه‌های تشخیصی، پیموده است. فناوری در هر مرحله از صنعت مراقبت‌های بهداشتی همچنان در حال تکامل است. از دستگاه‌های بزرگی که وضعیت سلامت بیماران بستری را رصد می‌کنند تا دستگاه‌های کوچکی که حرکت انسان را ردیابی می‌کنند، اینترنت اشیاء کل الگوی خدمات مراقبت‌های بهداشتی را ساده می‌کند. در زمینه پزشکی هوشمند،

[1] Intel GALILEO

[2] SpO2

اندازه‌گیری، جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل و مداخله داده‌های علائم سلامت انسان هوشمند، زمینه داغی برای ادغام فرامرزی اینترنت اشیاء و مراقبت‌های بهداشتی است. در واقع همزمان با پذیرش تحول دیجیتال در صنعت مراقبت‌های بهداشتی، اینترنت اشیاء پزشکی به عنوان یک فناوری کلیدی ظهور می‌کند. اینترنت اشیاء پزشکی با فراهم کردن امکان نظارت از راه دور بر بیمار، درمان‌های شخصی‌سازی‌شده و مدیریت کارآمد مراقبت‌های بهداشتی، نقش مهمی در متحول کردن ارائه خدمات درمانی ایفا می‌کند. این بررسی، مروری جامع بر اینترنت اشیاء پزشکی، گسترش سیستم مراقبت‌های بهداشتی، اینترنت اشیاء در برنامه‌های مختلف مراقبت‌های بهداشتی، چالش‌های اینترنت اشیاء پزشکی و اجزای اصلی سیستم مراقبت‌های بهداشتی هوشمند را ارائه می‌دهد. چون امروزه، "درمان پزشکی هوشمند" به تدریج وارد زندگی مردم می‌شود. در آینده، درمان پزشکی هوشمند با ادغام اینترنت اشیاء ا، محاسبات ابری، هوش مصنوعی و سایر فناوری‌ها برای ارتقای صنعت خدمات بهداشتی به دوره‌ای جدید، دوره طلایی توسعه را آغاز خواهد کرد. ساخت و توسعه انفورماتیک بیمارستان، هدف دیجیتالی شدن و هوشمندسازی را دنبال می‌کند و تلاش می‌کند تا به آن دست یابد.

۱۱- منابع

1. Pourghebleh, B., K. Wakil, and N.J. Navimipour, A comprehensive study on the trust management techniques in the Internet of Things. IEEE Internet of Things Journal, 2019. 6(6): p. 9326-9337.

2. Samaniego, M. and R. Deters, Management and internet of things. Procedia Computer Science, 2016. 94: p. 137-143.

3. Al-Fuqaha, A., et al., Internet of things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. IEEE communications surveys & tutorials, 2015. 17(4): p. 2347-2376.

4. Satendra Kumar, K., Amit Kumar, Prachi Agarwal, Himanshu Maurya, INTERNET OF THINGS (IOT) APPLICATIONS AND CHALLENGES: A REVIEW. International Journal of Engineering Sciences & Emerging Technologies, Oct. 2023. ISSN: 22316604 Volume 11, Issue 2, pp: 359-367 ©IJESET, 2023.

5. Rahaman, M.M., A Review on Internet of Things-IoT-Architecture, Technologies, Future Applications & Challenges. International Journal of Science and Business, 2022. 14(1): p. 80-92.

6. Ahmid, M., O. Kazar, and E. Barka, Internet of Things Overview: Architecture, Technologies, Application, and Challenges, in Decision Making and Security Risk Management for IoT Environments. 2024, Springer. p. 1-19.

7. Chintha, V.V.R. and M.R. Ayaluri, A Review Paper on IoT Solutions in Health Sector. 2023.

8. Matthew, P., et al., A Review of the State of the Art for the Internet of Medical Things. Sci, 2025. 7(2): p. 36.

9. Wang, J.-J. and R. Payne, A survey of Internet of Things in Healthcare. EAI Endorsed Transactions on Internet of Things, 2022. 7(27).

10.He, P., et al., A survey of internet of medical things: technology, application and future directions. Digital Communications and Networks, 2024.

11.Mittal, P. and A. Navita, A survey on internet of things (iot) based healthcare monitoring system. Int. J. Adv. Trends Comput. Sci. Eng, 2019. 6: p. 1646-1653.

12.Pinto, S., J. Cabral, and T. Gomes. We-care: An IoT-based health care system for elderly people. in 2017 IEEE international conference on industrial technology (ICIT). 2017. IEEE.

13.Maksimović, M. and V. Vujović, Internet of things based e-health systems: ideas, expectations and concerns, in Handbook of large-scale distributed computing in smart healthcare. 2017, Springer. p. 241-280.

14.Manogaran, G., et al., A new architecture of Internet of Things and big data ecosystem for secured smart healthcare monitoring and alerting system. Future Generation Computer Systems, 2018. 82: p. 375-387.

15.Rahmani, A.M., et al., Exploiting smart e-Health gateways at the edge of healthcare Internet-of-Things: A fog computing approach. Future Generation Computer Systems, 2018. 78: p. 641-658.

16.Roy, A., et al. Care: Criticality-aware data transmission in cps-based healthcare systems. in 2018 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops). 2018. IEEE.

17.Misra, S., et al., DROPS: Dynamic radio protocol selection for energy-constrained wearable IoT healthcare. IEEE journal on selected areas in communications, 2020. 39(2): p. 338-345.

18.Park, S.J., et al. Service based healthcare monitoring system for the elderly-physical activity and exercise. in International Conference on

Applied Human Factors and Ergonomics. 2017. Springer.
19.Qi, J., et al., Advanced internet of things for personalised healthcare systems: A survey. Pervasive and mobile computing, 2017. 41: p. 132-149.
20.Alam, M.M., et al., A survey on the roles of communication technologies in IoT-based personalized healthcare applications. IEEE access, 2018. 6: p. 36611-36631.
21.Shaikh, Y., V. Parvati, and S. Biradar. Survey of smart healthcare systems using internet of things (IoT). in 2018 International conference on communication, computing and internet of things (IC3IoT). 2018. IEEE.
22.Ahmadi, H., et al., The application of internet of things in healthcare: a systematic literature review and classification. Universal Access in the Information Society, 2019. 18(4): p. 837-869.
23.Rajini, N.H. A comprehensive survey on internet of things based healthcare services and its applications. in 2019 3rd international conference on computing methodologies and communication (ICCMC). 2019. IEEE.
24.Habibzadeh, H., et al., A survey of healthcare Internet of Things (HIoT): A clinical perspective. IEEE internet of things journal, 2019. 7(1): p. 53-71.
25.Usak, M., et al., Health care service delivery based on the Internet of things: A systematic and comprehensive study. International Journal of Communication Systems, 2020. 33(2): p. e4179.
26.Dhanvijay, M.M. and S.C. Patil, Internet of Things: A survey of enabling technologies in healthcare and its applications. Computer networks, 2019. 153: p. 113-131.
27.Qadri, Y.A., et al., The future of healthcare internet of things: a survey of emerging technologies. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2020. 22(2): p. 1121-1167.
28.Tunc, M.A., E. Gures, and I. Shayea, A Survey on IoT Smart Healthcare: Emerging Technologies. Applications, Challenges, and Future Trends, 2021.
29.Gupta, P., et al. IoT based smart healthcare kit. in 2016 International Conference on Computational Techniques in Information and Communication Technologies (ICCTICT). 2016. IEEE.
30.Lee, Y.K., et al. Real time image processing based obstacle avoidance and navigation system for autonomous wheelchair application. in 2017 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC). 2017. IEEE.
31.Ghorbel, A., et al. Cloud based mobile application for remote control of intelligent wheelchair. in 2018 14th International Wireless Communications & Mobile Computing Conference (IWCMC). 2018. IEEE.
32.Rahman, M., et al., Internet of things based electrocardiogram monitoring system using machine learning algorithm. Int. J. Electr. Comput. Eng, 2022. 12(4): p. 3739-3751.

محمد علی جواهری: کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر- گرایش هوش مصنوعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب است و رایانامه ایشان:
mohammadali.javaheri@iau.ir

آیسان اعتمادی: کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر - گرایش نرم افزار واحد علوم و تحقیقات است و رایانامه ایشان:
aysan.etemadi@srbiau.ac.ir

روش ارجاع: م. ع. جواهری، آ. اعتمادی. بررسی و مرور دستگاه‌های خدمات پزشکی مبتنی بر فناوری‌های اینترنت اشیاء، دوفصلنامه محاسبات و سامانه های توزیع شده، سال هشتم، شماره۲، شماره پیاپی۱۶، صفحه ۳۸ تا ۵۳، سال ۱۴۰۴.

How to cite: M.A. javaheri and A.Etemadi, Review and review of medical service devices based on Internet of Things technologies , Journal of Distributed Computing and Systems (JDCS), Vol 8, Issue 2, Page 38-53, 2026.

Review and review of medical service devices based on Internet of Things technologies

[1]M.A. javaheri and [2]A.Etemadi
[1] Islamic Azad University, Jonoob Tehran Branch
[2] Islamic Azad University, olom tahghighat Tehran Branch

Abstract

IoT is revolutionizing the healthcare system with extremely fast and reliable services to patients as the entry of IoT into the healthcare system has completely changed the course of treatment.In fact, with the rapid advancement of technological communications, the Internet of Things has made significant strides in recent years and has played a pivotal role in the transformation of the digital healthcare industry.From various researches, it has been found that sensor-based medicine is continuously increasing in the healthcare environment due to which, treatment becomes more reliable and efficient. However, this has also brought with it numerous challenges. To fully exploit the potential of the medical Internet of Things and its contributions to human health care, it is worth exploring. These include optimizations and algorithms for energy consumption, development of new explainable algorithms, building more transparent machine payment models, challenges related to high computational resources and data authentication, and improvements that are able to withstand security and privacy threats. This article provides a comprehensive review of the medical Internet of Things, the expansion of the healthcare system, the Internet of Things in various healthcare applications, the medical problems of the Internet of Things, and the main components of the smart healthcare system. The main section reviews and analyzes the work related to the Internet of Things in medicine.

Key words: Internet of Things, Medical Care and Internet of Things in Medicine