

بررسی پروتکل های مسیریابی اینترنت اشیا و کاربرد آن در حوزه سلامت

حمیدصفایی قمی

کارشناس ارشد تجارت الکترونیک

نام نویسنده مسئول:

حمیدصفایی قمی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۵

چکیده

اینترنت اشیا اصطلاحی است برای توصیف دنیایی که در آن اشیا قادر خواهند بود با اتصال به اینترنت یا به کمک ابزار های ارتباطی، یا سایر اشیا تعامل داشته باشند و اطلاعات خود را با هم اشتراک بگذارند. اینترنت اشیا از تعداد زیادی نود تشکیل شده که در مکان های جغرافیایی مختلفی وجود دارند و از اینترنت به عنوان یک زیر ساخت کلیدی برای اتصال و ارتباط با یکدیگر استفاده می کند. با توجه به رشد عظیم شبکه های IoT و نیازمندی این شبکه به قابلیت اطمینان بالا و با توجه به دستگاه های سازنده وسایل و تجهیزات شبکه اینترنت اشیا که از نظر حافظه، قدرت پردازش و باتری بسیار محدود شده اند، ما نیاز به الگوریتم های مسیریابی کارآمد برای اطمینان از یک عمر طولانی برای شبکه ی خود داریم.

واژگان کلیدی: اینترنت اشیا، سلامت، قابلیت اطمینان، مسیریابی، اشیا هوشمند.

مقدمه

اینترنت اشیاء مفهومی جدید در دنیای فناوری و ارتباطات است که در آن برای هر موجود مانند انسان، حیوان و اشیاء قابلیت ارسال داده از طریق شبکه‌های ارتباطی، اعم از اینترنت یا اینترنت فرامیگردد. شبکه‌های حسگر بی سیم به عنوان یکی از بخش‌های پایه‌ای در اینترنت اشیاء بوده که یک حوزه محبوب تحقیقاتی اعم از نظارت، کنترل محیط، مراقبت بدن و بسیاری کاربردهای نظامی است. این شبکه به دلیل ابعاد کوچک و ضعف توان عملیاتی سخت افزاری و ارتباطی، چالش‌های بسیاری را نیز دارد (۳). در سالهای اخیر، توسعه اینترنت همراه با اشیاء و دستگاه‌های فیزیکی متصل به هم و نمایش مجازی آنها، روندی رو به رشد داشته است که به موجب این روند، دامنه وسیعی از محصولات و خدمات جدید بالقوه در حوزه‌های مختلفی ایجاد شده است. (۶)

با ظهور اینترنت اشیاء، نیاز به ساخت یک پروتکل مسیریابی که بتواند در وسایلی که منابع را حفظ کند و هدف آن کاهش مصرف انرژی باشد احساس می‌شود زیرا در گره‌های سناریوهای IOT مقدار قابل توجهی به توان باتری‌ها نیاز می‌باشد. گروه کاری IETF، ROLL، سناریوهای کاربردی مختلف را که در LLN‌ها ممکن است استفاده شود را مورد مطالعه قرار داده است. ساده‌ترین سناریو، اتوماسیون خانگی است که هدف آن حمایت از فعالیت‌های زندگی روزمره ما است. و پیچیده‌ترین فعالیت آن انجام نظارت تصویری، سیستم‌های آلامر امنیتی و بهینه‌سازی انرژی است (۴).

حوزه سلامت یکی از حوزه‌های مذکور است که تا سال ۲۰۲۰، ۴۰ درصد از فن آوری اینترنت اشیاء مربوط به بهداشت و سلامت می‌شود. (۷)

هیچ شکی وجود ندارد که اینترنت اشیاء بطور کامل صنعت پزشکی را از طریق بازتعریف کردن نقش اپلیکیشن‌ها، دستگاه‌ها و شیوه ارتباط افراد در ارائه راهکارهای پزشکی، متحول کرده است. اینترنت اشیاء، بطور پیوسته ابزارهایی را برای یکپارچه سازی سیستم‌های درمانی و پزشکی با دقت و بازدهی بیشتر ارائه می‌دهد بدین ترتیب هزینه‌های درمانی بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش و نتایج درمان بهبود می‌یابد.

با توجه به شیوع فناوری اطلاعات و ارتباطات در صنعت مراقبت‌های بهداشتی، ارائه خدمات یکسان به بیماران با افزایش استفاده از منابع مراقبت‌های بهداشتی افزایش یافته است. اینترنت اشیاء امیدوارکننده‌ترین راه حل برای صنعت مراقبت است که می‌تواند بهداشت و درمان را با بهبود راندمان عملیاتی، افزایش کیفیت خدمات مختلف و بهینه‌سازی هزینه‌های مراقبت سلامت متحول کند. (۵)

اینترنت اشیاء

مفهوم اینترنت اشیاء (IOT) در ابتدا از طریق پروژه‌های مؤسسه فناوری ماساچوست و نشریات تحلیلی فراگیر شد؛ اما اصطلاح اینترنت اشیاء اولین بار از سوی کوین اشتون در سال ۱۹۹۹ مطرح شد. (۸) اینترنت اشیاء یک شبکه گسترده‌ی جهانی به هم متصل از اشیاء و انسانهاست که از طریق طرح آدرسهای منحصر به فرد قادر به تعامل با یکدیگر و همکاری با همسایگان خود برای رسیدن به هدفی مشترک است هدف اصلی از اینترنت اشیاء به اشتراک گذاری اطلاعات اشیاء است که نشان دهنده تولید، حمل و نقل، مصرف و سایر جزئیات از زندگی مردم است. (۹)

اجزاء تشکیل دهنده اینترنت اشیاء عبارتند از:

- اشیائی که درون آنها حسگرهایی تعبیه شده است

- شبکه‌ای که این اشیاء را به یکدیگر مرتبط مینماید

- سیستم‌های پردازش داده‌های ورودی و خروجی

این حلقه بازخورد، امکان مانیتورینگ و کنترل اشیاء از راه دور و از طریق اینترنت را ممکن می‌سازد. در نتیجه تصمیم‌گیری بر اساس داده‌های صحیح، بهروز و بلادرنگ انجام میشود؛ و فرد یا نهاد تصمیم‌گیرنده دارای هوشمندی لازم جهت اتخاذ بهترین تصمیم و واکنش سریع در قبال مسایل خواهد بود. بدیهی است با نگاهی این چنین به مسایل و روش برخورد با آنها، رسیدن به اهداف از پیش تعیین شده با اعتماد و اطمینان بیشتری میسر میشود. (۱۲)

به واسطه این فناوری هر چیزی که دارای پتانسیل اتصال باشد را میتوان به شبکه متصل کرد، تا از طریق حسگرهای بدون سیم و تگ های RFID اقدام به مبادله داده نماید. پس از اتصال اشیاء به شبکه، امکان ارسال داده و تعامل با سایر اشیاء و افراد فراهم میگردد. تمامی این اتفاقات به صورت بلادرنگ انجام خواهد شد. حسگرها قادر به تولید حجم بالایی از داده میباشند، داده های غیرساخت یافته ای که میتوان با گروه بندی، سازماندهی، تحلیل و بهره برداری در یک حلقه بازخوردی خیلی سریع از آنها در جهت حمایت از تصمیمگیری صحیح و خودکار و همچنین واکنش مناسب استفاده کرد

مرکز تحقیقات مخابرات ایران (پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات) پروژه‌هایی را برای بررسی پیاده‌سازی فناوری اینترنت اشیاء در ایران انجام داده‌است. یکی از این پروژه‌ها با عنوان «تدوین کسب و کار اینترنت اشیا در کشور» (از تاریخ ۱۰ دی ۱۳۹۳ تا ۱۰ خرداد ۱۳۹۴)، انجام شده‌است.

در این پروژه بر اساس تجربیات علمی و عملیاتی کشورهای مختلف در حوزه‌های حاکمیت، کسب و کار، کاربرد هاو فناوری‌ها مطالعات اولیه صورت گرفت و نقشه راه ایران با هدف استفاده ایران از فناوری‌های نوین نظیر اینترنت اشیا برای افزایش رفاه اقتصادی، کیفیت زندگی و حفاظت از محیط زیست برای رسیدن به چشم‌انداز اقتصادی ۱۴۰۴ تعیین شد.

کاربرد های اینترنت اشیا

خدماتی که اینترنت اشیا ارائه می دهد باعث می شود که کاربرد های آن نیز افزایش یابد و همچنین باعث شود که کیفیت زندگی ما و سبک زندگی ما را عوض کند.

خانه های هوشمند

در سال های اخیر تحقیقات زیادی در مورد فواید و امکانات "خانه هوشمند" شده است و به‌عنوان فناوری‌های کامل و ارزان، ارتباطات بی‌سیم افزایش یافته و طیف وسیعی از برنامه های کاربردی در حال گسترده‌تر شدن هستند. برنامه های کاربردی مانند:

کنترل دستگاه های هوشمند

کنترل و امنیت خانه

سیستم های تعمیر و نگهداری هوشمند

سیستم های گرمایشی و سرمایشی و تهویه هوشمند

کنترل و نظارت بر مصرف انرژی (آب، برق، گاز) (۲)

اینترنت اشیا در حوزه نظامی

اینترنت اشیا در حوزه پزشکی نظامی، نجات افراد و درمان پزشکی سربازان، دستگاه های مراقبت پزشکی هوشمند و دستگاه های پایش سلامت، با تجهیزات بی سیم و با قابلیت برقراری ارتباط میان دستگاه ها و دستگاه های پزشکی مستقر تجهیز می شوند. این تجهیزات و دستگاه های پوشیدنی کاربردی، آسیب پذیری های امنیتی خاصی دارند. در بررسی کاربرد اینترنت اشیا در حوزه نظامی چندین حالت استفاده با تاثیر بالا به منظور پیاده سازی در محیط های نظامی وجود دارد که برخی از این کاربرد ها عبارت اند از: تجهیزات هوشمند-آگاهی موقعیتی-لجستیک-مراقبت پزشکی نظامی.

یکی از مهم ترین رویکردهای هر عملیات نظامی، آگاهی درست و مناسب از موقعیت است که با عنوان آگاهی موقعیتی از آن یاد می شود.

اینترنت اشیا در امنیت نظامی جزء جدا نشدنی و اضطراری توسعه اطلاعاتی بخش امنیتی محسوب می‌گردد. دستگاه‌های متصل در نیروهای مسلح، با بهره‌برداری از اتوماسیون تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ، نوید انقلابی در جنگ مدرن را می‌دهند و نیاز به شبکه‌های اینترنت اشیا نظامی است، که در آن نقش انسان کم‌رنگ‌تر از قبل شود و دستگاه‌ها و جنگ افزارهای هوشمند با تکیه بر ارتباطات گسترده و متعاقبا توانایی تصمیم‌گیری، نقش آفرینی قابل ملاحظه‌ای را در این عرصه داشته باشند. با توجه

به دامنه کاربردهای اینترنت اشیا در امنیت نظامی و اهمیت خروجی آن‌ها، شاید بتوان گفت که همانند مفهوم اصلی اینترنت اشیا، حوزه امنیت نیز اصلی‌ترین چالش اینترنت اشیا نظامی محسوب می‌گردد. وجود یک آسیب‌پذیری در هر یک از بخش‌ها و اجزای اینترنت اشیا نظامی می‌تواند به بروز خسارت‌های جبران‌ناپذیری منجر گردد.^(۱)

کسب و کار الکترونیکی:

کسب و کار الکترونیکی، یکپارچگی و تحرک بیش‌از پیش طرح‌ها، فرآیندها، تجهیزات و سیستم‌های تجاری است که در راستای برآورده سازی نیازهای در حال تغییر مشتریان صورت می‌گیرد.^(۲)

باید توجه داشت که ارزش زایی در سازمان‌ها کلیدی‌ترین و مهم‌ترین عامل در حفظ بقای آن است. و اگر سازمانی ارزش جدیدی را برای ارایه به بازار نداشته باشد، ایجاد و یا حضور این شرکت در محیط تجاری توجیه پذیر نبوده و از بین خواهد رفت. طبق مطالعات انجام شده توسط (2001)، چهار عامل اصلی در کسب و کار الکترونیکی وجود دارد؛ که منجر به آمیت و زوت^۱ ایجاد ارزش جدید و یا افزایش ارزش‌های موجود حاصل از عملکرد شرکت در کسب و کار الکترونیکی می‌شود:

۱- نوظهوری: در روش سنتی کسب و کار، تولیدکننده کالای تولیدی خود را از طریق فروشنده عرضه می‌کرد و مشتری نیز پس از جستجوی فراوان کالایی را که بیشترین توان را برای ارضای نیازهای وی داشت، پیدا می‌کرد. اما در کسب و کار الکترونیکی مشتری عین کالای مورد نیاز خود را سفارش می‌دهد و سپس تولیدکننده آن را تولید کرده و در اختیار مشتری قرار می‌دهد. بنابراین کسب و کار الکترونیکی بیشتر به سمت نوکردن و تغییر روش‌های انجام کار تمایل دارد. سازمانها نیز با توسعه کسب و کار الکترونیکی از طریق ایجاد ارتباط قوی با همکاران درون صنعت (نظیر رقبای مختلف، عرضه کنندگان متنوع و شرکت‌های خدماتی متفاوت)، حذف نقاط ناکارایی در فرآیند خرید و فروش (به وسیله ایجاد روش‌های جدید مبادله و تعامل الکترونیکی که مورد بازنگری و مهندسی مجدد قرار گرفته است)، گردآوری نیازهای ناشناخته مشتری و شناخت نیازهای بازارهای جدید، نوآوری و خلاقیت را در شرکت‌های خود افزایش داده و از این طریق ارزش بیشتری در بازار ایجاد میکنند

۲- حفظ مشتری: کسب و کار الکترونیکی با افزایش وفاداری مشتریان به سازمانها، به حفظ مشتری کمک کرده و با بازخور مثبت و افزایش اعتماد بین طرفین (مشتری و سازمان)، جذاب شدن تعاملات و مبادلات تجاری بین مشتری و سازمان را در پی دارد.

۳- تکمیل کردن: کسب و کار الکترونیکی با ترکیب چند عامل از جمله عرضه توأمان محصول و خدمات به مشتریان، این امکان را به آنها می‌دهند تا با انتخاب روش دلخواه، نیاز خود را انتخاب کرده و از آسانترین راه، با ارزش بیشتر و با هزینه کمتر خدمات مورد نیاز خود را از تولیدکننده دریافت نمایند

۴- کارایی: کسب و کار الکترونیکی اطلاعات زاید را کاهش می‌دهد، هزینه‌های جستجوی مشتریان را کم میکند و حجم بیشتری از محصولات یا خدمات با هزینه کمتری مبادله میکند. (۱۳) کسب و کار الکترونیک به دنبال اضافه کردن جریان درآمد با استفاده از اینترنت و قابلیت‌های آن، برای ایجاد و افزایش روابط با مشتریان و شرکای تجاری و برای بهبود بهره‌وری با استفاده از استراتژی تحلیل رفتار مشتریان است. نرم افزارهای راه حل کسب و کار الکترونیکی، اجازه فرآیند یکپارچه سازی داخلی و بین شرکت‌های کسب و کار را می‌دهد (۱۴)

کشاورزی هوشمند:

با استفاده از حسگرهای گوناگون و همچنین پهبادهای مجهز به حسگرهای مختلف این مزرعه هوشمند می‌تواند اطلاعاتی مانند دمای هوا یا دمای محصولات، میزان رطوبت هوا و خاک و میزان نور و تشعشعات آفتاب را بسنجد و رسد کند. در سطح پیشرفته‌تر این حسگرها می‌توانند میزان PH یا اسیدی و قلیایی بودن خاک و میزان رطوبت روی برگ‌های محصول را بسنجد و گزارش دهد. در نتیجه با در دست داشتن این اطلاعات دقیق کشاورزان می‌توانند محصول با کیفیت‌تر و بیشتری را به دست آورند.^(۲)

¹ Amit & Zoot

فناوری پزشکی، بهداشت و درمان:

تکنولوژی IOT کاربرد بسیار زیادی در برنامه های مهم در بخش بهداشت و درمان را خواهد داشت به طوری که امکان استفاده از تلفن همراه با قابلیت حسگر RFID به عنوان یک پلت فرم برای نظارت بر پارامترهای پزشکی و تحویل دارو مورد استفاده قرار می گیرد. در این حوزه مزایای بسیاری در پیشگیری و نظارت آسان دیده می شود و بنابراین تأثیر اساسی در نظام اجتماعی ما دارد و در مرحله دوم در صورت بروز حوادث و نیاز برای تشخیص به کار برده شود.

دستگاه های شناسایی بی سیم می تواند منجر به ذخیره پرونده سلامت و رکوردها مورد استفاده قرار گیرد که می تواند زندگی بیمار را در شرایط اضطراری نجات دهد به ویژه برای افراد با بیماری های خاص (مثل سرطان، دیابت، آلزایمر و غیره) و همچنین دستگاه های پیچیده پزشکی مانند ضربان ساز قلب، استنت، تعویض مفصل و پیوند عضو ممکن است به طور خودکار قادر به برقراری ارتباط با خود بیمار باشند.

از آشنایی که در داخل بدن انسان استفاده شده است انتظار می رود که بتوانند شبکه هایی در بدن تشکیل دهند و آن ها را با درمان پزشکان، خدمات اورژانس، برقراری ارتباط و مراقبت از افراد مسن هماهنگ کنند. به عنوان مثال دستگاه نشان دادن وضعیت فعلی داخلی بدن به صورت کاملاً خودکار و وسیله اندازه گیری سایز قلب انسان ساخته شده است و در زمانی که نیاز به شوک با دستگاه شوک برقی باشد می تواند به صورت خودکار تصمیم گیری کند و همچنین یک پزشک می تواند وضعیت بیمار خود را پیگیری و پایش کند.

برخی از مزایای استفاده از IoT:

ارتقای سطح کیفی زندگی بیماران

کاهش مراجعه به بیمارستان و هزینه های بستری افزایش استقلال بیماران

ردیابی تجهیزات بیمارستانی

اعمال کنترل و نظارت بر فرایندهای درمانی و مراقبتی

افزایش ایمنی و امنیت مراکز بیمارستانی

کاربرد های اینترنت اشیا در بخش بهداشت و درمان (سلامت هوشمند) عبارت اند از:

۱- تشخیص افتادن: این کاربرد متمرکز بر افراد مسن و ناتوان است و در پی کمک به زندگی آنهاست، به طوری که بتوانند مستقل زندگی کنند.

۲- نظارت بر فعالیت های فیزیکی افراد سالمند: با نصب ادواتی خاص می توان فعالیت های فیزیکی و وضعیت فیزیولوژیکی افراد (به ویژه افراد سالمند) را رصد کرد.

۳- یخچال های پزشکی (کنترل دمای درونی محافظت کننده ها): برخی المنت های ارگانیک باید در محفظه هایی با شرایط دمایی خاص نگهداری شوند.

۴- مراقبت از ورزشکاران: این کاربرد در خصوص اندازه گیری وزن، خواب، تمرین، وزن، فشار خون و دیگر پارامتر های مهم برای ورزشکاران حرفه ای به کار می رود.

۵- نظارت بر بیماران: برای نظارت درون بیمارستانی، از راه دور (به ویژه سالمند) یا مراقبت در منزل به کار می رود.

۶- مدیریت بیماری های مزمن: مراقبت از بیماران با بیماری های مزمن، بدون نیاز به حضور در محل این فناوری حضور افراد به بیمارستان ها را کاهش می دهد و نتیجه ی آن هزینه ی کمتر، کاهش اقامت در بیمارستان و کاهش رفت و آمد ها را به دنبال دارد.

۷- اشعه ی ماورای بنفش: اندازه گیری اشعه ی ماورای بنفش و مطلع ساختن افراد از اینکه به مناطقی خاص وارد نشوند یا در ساعاتی خاص از قرار گرفتن در معرض اشعه ی ماورای بنفش خودداری کنند.

۸- کنترل آلودگی (کنترل بهداشت دست): با اتصال ادواتی مانند RFID های طراحی شده برای اندازه گیری آلودگی ها، می توان آلودگی محیطی یا دست و بدن را شناسایی کرد.

۹- کنترل خواب: وسایلی که با اتصال به فرد، علائمی مانند ضربان قلب، فشار خون، و... طی زمان خواب شناسایی می کنند و می توان این داده ها را پس از گردآوری تحلیل کرد.

۱۰- سلامت دندان: مسواک های مجهز به بلوتوث که با کمک اپلیکیشن های تلفن های هوشمند اطلاعات مسواک زدن افراد را ثبت می کنند و بر اساس آن می توان عادات مسواک زدن را فرد را به عنوان اطلاعات شخصی بررسی کرد یا آمار ها را با دندانپزشک به اشتراک گذاشت. (۵)

چالش های به کارگیری فناوری اینترنت اشیا در حوزه پزشکی:

مسیر پیشرفت اینترنت اشیا در حوزه بهداشت و درمان بدون موانع و مشکلات نخواهد بود. تعداد زیاد دستگاه هایی که به یکدیگر

متصل شده اند و نیز حجم بالایی از داده ها که توسط آنها جمع آوری میشوند میتواند برای بخش فناوری اطلاعات بیمارستان چالش بزرگی را ایجاد کند (۸) هم چنین این سوال وجود دارد که چگونه میتوان از تمامی این داده ها محافظت کرد، به ویژه زمانی که اطلاعات بین دستگاه های مختلف تبادل میشوند (۹) بر اساس پژوهشی که توسط ۲۰۱۵ صورت گرفته است از جمله مهمترین چالش های کاربرد این فناوری در حوزه سلامت هزینه بالا، مقاومت بیماران در برابر تغییر در سبک زندگی خود، محدودیت های فناوری، دغدغه های محرمانگی و مقاومت بیماران در برابر فناوری های جدید اشاره نمود. دستگاه های پزشکی نیز مانند سایر سیستم های کامپیوتری میتوانند در برابر حملات امنیتی آسیب پذیر باشند و این حملات میتواند بر روی امنیت و کارایی دستگاه تاثیرگذار باشد. این آسیب پذیری با افزایش اتصال دستگاه های پزشکی و شبکه های بیمارستانی به اینترنت افزایش می یابد (۱۰) هم چنین از منظر دیگری میتوان دو عامل مهم مجاورت و میزان تاثیرگذاری را در امنیت یک دستگاه موثر دانست به عبارت دیگر دستگاهی که دارای مجاورت بیشتر با زندگی انسان باشد و هم چنین قدرت اثرگذاری بیشتری بر محیط اطراف خود داشته باشد به لحاظ امنیتی دارای اهمیت بیشتری است.

از آن جایی که نمیتوان حملات امنیتی سایبری را به طور کامل حذف نمود سازندگان دستگاه های پزشکی باید این حملات را مدیریت نمایند. در واقع الزم است بین کارایی دستگاه های پزشکی و توسعه ی فناوری های نو و تضمین امنیت بیماران تعادل مناسبی را برقرار نمود (۱۱)

مزایای اینترنت اشیا در پزشکی

استفاده از اینترنت اشیا در پزشکی مزیت های بسیار زیادی دارد که در ادامه به معرفی تعدادی از آنها میپردازیم:

- کاهش هزینه های بسیار زیاد درمانی: بخش سلامت و درمان هر کشور بخش قابل توجهی از هزینه های آن کشور را شامل میشود. اداره ارتباطات دولت فدرال آمریکا پیش بینی کرده است که با کاهش بستری بیماران در بیمارستانها و بدنبال آن کاهش عفونت های حاصل و پایش از راه دور بیماران بطور متوسط به ازای هر بیمار ۱۲ دلار کاهش هزینه خواهد داشت. (۱۷) در ایران نیز سرانه ی هزینه سلامت ۶٪ از تولید ناخالص داخلی را شامل میشود که مبلغی معادل ۸۳۶٪ است (۱۸)
- کاهش آمارهای مرگ و میر ناشی از عفونتهای بیمارستانی: بستری بودن در بیمارستان و در پی آن پدیدار شدن عفونتهای بیمارستانی، مدت بستری بودن را بطور میانگین هفت تا نه روز اضافه تر میکند که در آمریکا حدود ۳۵ میلیارد دلار از بودجه بیمارستانها صرف رسیدگی به این عفونتها میشود. (۱۹) در ایران آمار دقیقی از این موضوع در دست نیست اما میزان شیوع عفونتهای بیمارستانی بطور متوسط ۱۰ تا ۱۵ درصد (حدود شصدهزار نفر) برآورد میشود. بنابراین با کاهش مدت زمان بستری بودن بیمار در بیمارستان و کنترل از راه دور بیمار، میتوان عفونتها و در نتیجه مرگ و میر ناشی از عفونتها و همچنین هزینه ها را بطور چشمگیری کاهش داد.

- کاهش مرگ و میر جهانی: برطبق آمارهای منتشر شده از سازمان بهداشت جهانی سالانه تعداد بسیار زیادی از مرگ و میر در انسانها بر اثر بیماریهای مختلف همچون بیماریهای قلبی، مغزی، دیابت، دستگاه تنفس، فشارخون بالا و... است که

در صورت تشخیص بموقع بیماری و کنترل بیماران آمار مرگ و میر جهانی کاهش خواهد داشت. استفاده از اینترنت اشیا یک گام ضروری برای دستیابی به عدالت در پزشکی و سلامت است.

امنیت در اینترنت اشیا

اینترنت اشیا از نظر توسعه اجتماعی، مزایای اقتصادی و فعالیت های ذهنی، پیشرفت قابل ملاحظه ای را به اکوسیستم ما وارد می کند. از جنبه منفی، اینترنت اشیا می تواند به عنوان یک بستر برای انجام حملات سایبری در مقیاس گسترده، توزیع شده و ویرانگر مورد استفاده قرار گیرد که ممکن است پیامد های جدی داشته باشد. اگر این دستگاه ایمن نباشد، می تواند مورد حمله قرار گرفته و توسط مهاجمان سایبری ربوده شده و آن را تبدیل به سرباز سایبری خود می کند که به آن ها ربات یا زامبی نیز گفته می شود.

امنیت اینترنت IoT شامل تکنیک ها، استراتژی ها و ابزارهایی است که برای محافظت از این دستگاه ها در برابر به خطر افتادن استفاده می شود. از قضا، اتصال ذاتی IoT است که این دستگاه ها را به طور فزاینده ای در برابر حملات سایبری آسیب پذیر می کند.

از آنجایی که اینترنت اشیا بسیار گسترده است، امنیت اینترنت اشیا بسیار گسترده تر از خود اینترنت اشیا است. این باعث شده است که روش های مختلفی در زیر چتر امنیت اینترنت IoT قرار بگیرند. امنیت رابط برنامه کاربردی (API)، احراز هویت زیرساخت کلید عمومی (PKI) و امنیت شبکه تنها تعدادی از روش هایی هستند که مدیران فناوری اطلاعات می توانند برای مبارزه با تهدید فزاینده جرائم سایبری و تروریسم سایبری که ریشه در دستگاه های آسیب پذیر اینترنت اشیا دارد، استفاده کنند. براساس یافته هایی در پژوهش (فرحناز صدوقی و همکاران، ۱۳۹۸) مکانیسم های امنیت IoT در ۱۱ طبقه اصلی سازماندهی شده اند که اکثر مطالعات به مکانیسم های رمزنگاری (Cryptography) توزیع و مدیریت مدیریت کلید (Key distribution and management) هویت دیجیتال (Digital identity management) مدیریت نگهداشت چرخه حیات سیستم (system life cycle maintenance management) و مسیریابی امن (Secure routing) در هر دو صنعت سلامت و غیر سلامت توجه کرده اند. یافته های مطالعه حاضر نشان داد که پنج مورد از مکانیسم های امنیتی با وجود اهمیتی که دارند در صنعت سلامت پرداخته نشده است، این مکانیسم ها در ارتباط با صرفه جویی توان مصرفی (Saving Power)، طراحی امن و حفاظت فیزیکی از سخت افزار سیستم (Secure design and physical protection)، سیستم تشخیص نفوذ و پیشگیری (Intrusion Detection and Prevention System) (IDPS)، مدیریت اعتماد (Trust management) و تشخیص و تحمل خطا (Fault detection and tolerance) بودند. (۱۵)

سه نوع ارتباط بین دستگاه ها و سیستم های اطلاعاتی مبتنی بر IOT وجود دارد:

۱- ارتباط ماشین به ماشین: زمانی که دستگاه و سنسور ها جهت ارسال، دریافت داده و دستورات کنترلی با یکدیگر ارتباط برقرار می کنند، لایه شبکه اطلاعات مربوط به سنسور ها را دریافت و با استفاده از پروتکل های ارتباطی استاندارد، اقدام به انتقال اطلاعات به دستگاه دیگر می نماید. دستگاه های پیچیده تر، جهت انتقال داده های تولید شده و یا ارسال دستورات کنترلی ممکن است نیازمند به کارگیری میان افزار هایی باشند که این عمل به کمک لایه میان افزار صورت می پذیرد. همچنین به منظور استفاده از سرویس ها و خدمات در دستگاه های پیشرفته تر، از لایه کاربرد خدمات استفاده می گردد.

۲- ارتباط ماشین به سیستم اطلاعاتی: این ارتباط به صورت دو طرفه در جهت دریافت داده های تولید شده از دستگاه ها و همچنین کنترل های پیشرفته تر از طریق سیستم های اطلاعاتی صورت خواهد گرفت. اطلاعات دریافتی از دستگاه ها از طریق لایه شبکه وارد لایه میان افزار می گردد. در صورت لزوم فیلتر کردن داده، تحلیل معنایی و سایر عملیات لازم جهت آماده سازی اطلاعات برای لایه کاربرد، عملیات در لایه میان افزار انجام خواهد شد. لایه کاربرد نیز خدمات مورد نیاز را جهت ارائه به سیستم اطلاعاتی را فراهم می آورد.

۳- ارتباط سیستم اطلاعاتی به سیستم اطلاعاتی: در این مدل ارائه شده ارتباط بین سیستم های اطلاعاتی جهت رد و بدل کردن اطلاعات، یکپارچه سازی و تولید سرویس های مورد نیاز، از طریق لایه کاربرد/خدمات صورت می پذیرد. همچنین در

صورت نیاز به دسترسی به پایگاه‌های ذخیره داده ابری از لایه میان افزار استفاده خواهد شد؛ زیرا برخی تولیدکنندگان دستکاه‌ها از سیستم ذخیره سازی ابری اختصاصی خود جهت ذخیره داده‌های دریافتی از دستگاه‌ها استفاده می‌کنند. در حال حاضر امنیت اینترنت اشیاء به شدت متکی به مکانیسم‌های امنیتی است که توسط زیر ساخت‌ها و فناوری‌های موجود شبکه ارائه می‌شود. می‌توانیم اظهار کنیم که همه مسائل امنیتی اینترنت و رایانه‌ها به مسائل امنیتی همه چیز تبدیل شده‌اند زیرا اینترنت اشیاء به طور کلی و حملات اینترنت اشیاء به طور خاص وجود دارد. (۵)

چالش‌های پیش رو در استفاده از اینترنت اشیاء

با وجود اینکه اینترنت اشیاء، تحول عظیمی در پزشکی ایجاد کرده است به دلیل حساسیت بالا چالش‌هایی را نیز به وجود آورده است برای مثال انتشار اطلاعات پزشکی نادرست باعث از دست دادن جان افراد و در مرحله بعد باعث مخدوش شدن اعتبار پزشکی مراکز درمانی می‌شود یا اینکه نظارت مداوم بیماران، با توجه به تعداد بالای درخواست‌ها نیازمند به وجود آمدن Data Center های قدرتمند و زیرساخت‌های مناسب است. در ادامه به چالش‌های پیش رو و راهکارهایی جهت رفع این چالش‌ها می‌پردازیم.

استانداردسازی

تولیدکنندگان محصولات پزشکی و سلامت و درمان از قوانین، مقررات و پروتکل‌های یکسان برای تولید محصولات خود استفاده نمی‌کنند. حل این مسئله نیازمند تلاش و همکاری جهت استانداردسازی دستگاه‌های متنوع این حوزه است. بعنوان مثال، یک گروه میتواند بصورت اختصاصی فناوری پزشکی و سلامت بر اساس اینترنت اشیاء را استاندارد کند. بمنظور استانداردسازی باید طیف گسترده‌ای از موضوعات مانند لایه ارتباطات و پشته پروتکل، شامل لایه‌های فیزیکی (PHY) و کنترل دسترسی به رسانه (MAC) رابط‌های دستگاه، رابط جمع‌دهنده‌ها و رابط درگاه را در نظر داشت. سازمان‌های مختلف بهداشتی، درمانی و سازمان سلامت الکترونیک میتوانند بایکدیگر همکاری کرده و دستگاه‌های سلامت و پزشکی را براساس اینترنت اشیاء استاندارد کنند (۲۰)

تجزیه و تحلیل هزینه

پیش فرض اساسی محققان کم هزینه بودن خدمات بهداشت و درمان براساس اینترنت اشیاء است. این در حالی است که هیچ مطالعه علمی دال بر این مدعا وجود ندارد. در این راستا، تجزیه و تحلیل هزینه خدمات بهداشت و درمان براساس اینترنت اشیاء ضروری است. (۲۰)

روند توسعه نرم افزار

چهار مرحله اساسی در توسعه یک برنامه بر روی پلت فرم اندروید وجود دارد: راه اندازی، توسعه، رفع اشکال و تست و انتشار. بطور کلی روش‌های مشابه در سیستم‌عامل‌های دیگر نیز بکار گرفته میشود. در روند توسعه نرم افزار بهداشت و درمان، مشارکت متخصصان پزشکی برای اطمینان از کیفیت قابل قبول برنامه کاربردی مورد نیاز است. علاوه بر این، بروز رسانی منظم نرم افزارهای حوزه بهداشت و درمان با توجه به پیشرفتهای روز به روز علوم پزشکی، الزامیست. (۲۰)

سیستم عامل

با توجه به پیچیدگی سرویس‌های ارائه شده در حوزه درمان، باید یک سیستم عامل مناسب در این حوزه ارائه شود. برای ساختن یک بستر مناسب، یک رویکرد سرویس‌گرا را بصورتی میتوان در نظر گرفت که خدمات با استفاده از بسته‌های رابط برنامه‌های کاربردی مختلف مورد استفاده قرار گیرد. علاوه بر این برای ساخت یک پلت فرم تخصصی، کتابخانه و چارچوب

مناسب باید طراحی شود بطوریکه توسعه دهندگان و طراحان نرم افزار مراقبتهای بهداشت و درمان بتوانند از اسناد داده شده، کد، کلاسها، قالب پیام و سایر اطلاعات مفید بصورت موثر استفاده کنند (۲۰)

انتقال یکپارچه تکنولوژی

یکی از چالشهای موجود در زمینه هوشمندسازی، انتقال یکپارچه سیستمهای قدیمی و راه اندازی آنها براساس اینترنت اشیا است. به بیان دیگر سازمان بهداشت و درمان باید بتواند تمامی دستگاهها و سنسورهای موجود در حوزه مراقبت و سلامت را برای استفاده در اینترنت اشیا با کمترین هزینه و زمان بروزرسانی کند. همچنین اطمینان از سازگاری و انعطاف پذیری در ادغام دستگاههای موجود با اینترنت اشیا ضروری است. (۲۰)

پروتکل‌های کم توان

دستگاه های بسیاری در سناریوهای اینترنت اشیا و سلامت و درمان وجود دارند که باید از نظر مشخصه های خاموشی، خاموشی کامل، دریافت، انتقال اطلاعات و وضعیت ترکیبی، در میان دیگر دستگاه ها متمایز باشند. علاوه بر این، از نظر در دسترس بودن خدمات، هر لایه ارتباطی با چالش دیگری در مورد میزان توان مصرفی مورد نیاز مواجه است. بعنوان مثال پیدا کردن یک دستگاه با پروتکل مناسب که به توان مصرفی کمتری نیاز داشته باشد و در عین حال از در دسترس بودن خدمات در لایه MAC نیز اطمینان داشته باشد، مشکل است. (۲۰)

نوع شبکه

از لحاظ طراحی، شبکه اینترنت اشیا و پزشکی و درمان میتواند از سه نوع باشد: معماری داده محور، سرویس محور و بیمار محور. در معماری داده محور، ساختار بهداشت و درمان بطور کلی میتواند بر اساس داده های سلامت جمع آوری شده، جدا شود. در معماری سرویس محور، ساختار بهداشت و درمان به مجموعه ای از ویژگیهایی که باید فراهم شود اختصاص داده میشود. در معماری بیمار محور، سیستم بهداشت و درمان با توجه به درگیری بیماران و اعضای خانواده افراد در نظر گرفته شده برای درمان، مجزا شده است. در این راستا پاسخ به این پرسش که چه نوع شبکه ای برای راه حل های مراقبتهای پزشکی براساس اینترنت اشیا مناسب است، یک چالش است. (۲۰)

مقیاس پذیری

شبکه های اینترنت اشیا بهداشت و درمان، برنامه های کاربردی، خدمات و پایگاه داده باید مقیاس پذیر باشند زیرا کارکرد آنها با اضافه شدن برنامه های کاربردی متنوع که حاصل از افزایش درخواستهای افراد و سازمانهای بهداشتی است، پیچیده تر میشود. (۲۰)

پیوسته نظارت

با توجه به نیاز رصد کردن پارامترهای مختلف بیماران بصورت پیوسته و بلند مدت، باید معماری اینترنت اشیا قابلیت برآورده کردن این امکان را داشته باشد (برای مثال بیماران مبتلا به بیماریهای مزمن).

کیفیت سرویس

خدمات بهداشت و درمان بسیار حساس بوده و نیاز به تضمین کیفیت سرویس از نظر پارامترهای مهم از قبیل قابلیت اطمینان، نگهداری و سطح خدمات دارد. در این راستا، اندازه گیری کمی هر پارامتر در چارچوب شبکه اینترنت اشیا و سلامت و درمان مفید است. علاوه بر این در دسترس بودن و پایداری سیستم برای ارائه تضمین کیفیت سرویس اولویت دارد (۲۰)

پویایی

شبکه اینترنت اشیا در حوزه پزشکی و سلامت باید توانایی پشتیبانی از جابجایی بیماران داشته باشد بطوریکه آنها بتوانند در هر نقطه و در هر زمان به سرویسهای ارائه شده دسترسی داشته باشند (۲۰)

امنیت و حفاظت از داده ها

در حالیکه امنیت در اینترنت بسیار مهم است، امنیت در اینترنت اشیا را باید در تمامی سطوح کاملاً بررسی کرد. امنیت در رمز گذاری داده ها در دستگاه ها، امنیت در رمز گذاری داده ها در مسیر انتقال (شبکه)، امنیت برای داده جمع آوری شده توسط سنسورها، امنیت در جمع آوری داده از طریق شبکه، امنیت در سرویس مورد ارائه و امنیت داده های ذخیره شده روی پایگاه های داده (۲۰).

الگوریتم های مسیریابی

الگوریتم های مسیریابی RPL^۲ و QRPL به عنوان دو الگوریتم کارآمد در زمینه مسیریابی اینترنت اشیا و شبکه های حسگر بی سیم تا کنون مطرح گردیده است.

RPL:

RPL یک شبکه IP نسخه ۶ است و شبیه یک توپولوژی درختی ایجاد شده که مبتنی بر فرایند بهینه سازی معیارها در یک شبکه کوچک با استفاده از توابع هدف مختلف برای انجام روند مسیریابی مورد نظر است. محمود و همکارانش (۱۶) یک پروتکل مسیریابی و الگوریتم انتقال انرژی برای طراحی یک سیستم مبتنی بر RPL با انرژی قابل اعتماد و کم هزینه برای برنامه های کاربردی در اینترنت اشیا پیشنهاد داده اند. برای مسیریابی ترافیک شبکه، RPL به اطلاعات درون DODAG^۳ نیاز دارد که در درون آن مشخص شده که گره ولد کدام است، بنابراین با استفاده از بسته های کنترل که (DIO^۴) نامیده میشود و درخواست اطلاعات (DIS^۵) به انتقال اطلاعات درون DODAG میپردازد.

پروتکل مسیریابی RPL بر مبنای ساخت یک گراف مسیریابی به نام گراف DODAG فرآیند مسیریابی را انجام میدهد. مسیر رو به بالا: اولین گام RPL متشکل از ایجاد یک گراف است که هر شبکه ای ممکن است آن را برای انتخاب مسیر مورد استفاده برای ارسال داده به گره چاهک (مسیر رو به بالا) به کار ببرد [3]. این گراف، بر اساس یک تابع هدف و مجموعه ای از معیارهای مسیریابی ساخته میشود. برای ساخت و به روزرسانی گراف DODAG مجموعه ای از پیامهای کنترلی بین گره ها تبادل میشود. این پیامها عبارتند از:

پیام DIO

این پیام به سمت پایین درخت مسیریابی، چندپخش میشود. یک گره برای اینکه سایر گره ها را از وجود خود آگاه کند، این پیام را میفرستد و اطلاعات خود را با استفاده از آن منتشر میکند و همچنین به گرههای دیگر اعلان میکند تا در صورت تمایل به آن ملحق شوند.

پیام DIS

این پیام برای درخواست اطلاعات گراف از گره های همسایه استفاده میشود. زمانی که یک گره هیچ اعلانی را دریافت نکرده باشد و بخواهد به DODAG متصل شود، این پیام را ارسال میکند تا دریابد که آیا DODAG موجود است یا خیر.

² Routing Protocol for Low power and Lossy network

³ Destination Oriented Directed Acyclic Graph

⁴ DODAG Information Object

⁵ DODAG Information Solicitation

پیام DAO

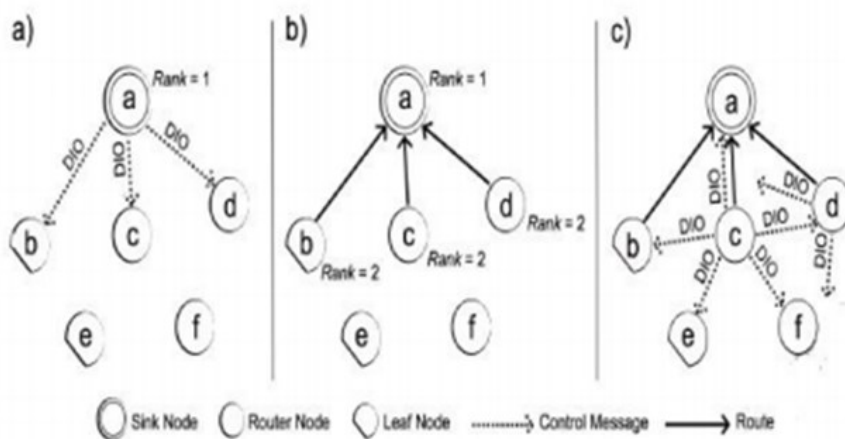
این پیام درخواستی است که از سمت گره فرزند برای والد یا گره ریشه ارسال میشود. این پیام درخواست فرزند برای ملحق شدن به DODAG است.

پیام DAO-ACK

این پیام یک پاسخ است که توسط والد یا ریشه برای فرزند ارسال میشود که این پاسخ میتواند بله یا خیر باشد [۵] و [۲۰].

DODAG فاز ساخت و نگهداری:

RPL حداقل یک DODAG را بر روی گره سینک ایجاد و نگهداری می کند، که مسیرهای رو به بالا و روبه پایین را به طور مستقل محاسبه می کند. مسیر رو به بالا: اولین گام RPL شامل ایجاد یک گراف است که در شبکه ها ممکن است استفاده شود، در انتخاب مسیر ارسال داده به گره سینک، مسیر رو به بالا، سه فاز این فرایند در شکل زیر:



شکل ۲: سه فاز ارسال داده به گره سینک

در ابتدا، گره سینک یک پیام را به همسایه های آن پخش می کند، جهت اعلام موجودیت سپس نود های همسایه پیام را پردازش میکنند و برای اتصال به گراف تصمیم می گیرند. پیش از به روز رسانی پیام DIO با اطلاعات خودش، پیام تغییر را به نود های همسایه ارسال می کند. بعد از تکمیل این فرایند، همه گره ها در شبکه حداقل یک ورودی روتینگ با گره بالای خود دارد که به صورت هاب بای هاب سرانجام به گره سینک می رسد.

مسیرهای رو به پایین: مرحله دوم DODAG به ساخت و ساز و نگهداری مسیرهای رو به پایین مربوط می شود این مسیرها نیازمند حمایت ارتباطات P2MP هستند. در حالت ذخیره سازی، گره های روتر RPL حفظ می کنند یک جدول مسیریابی را با تمام مقصد های قابل دسترسی، نوشته های این جدول براساس یک پیام DAO رفرش می شود. زمانی که تایمر مرتبط منقضی می شود، گره اطلاعات مسیریابی را از همه اطلاعات دریافت شده جمع آوری می کند و یک پیام DAO جدید را به مجموعه والد آن می فرستد. این فرآیند تکرار می شود تا زمانی که پیام های DAO به نود سینک برسد. اگر مسیر یابی رو به پایین را فعال کنیم، پیام های DIO یک محرکی را حمل می کند. برای دریافت نود هایی که یک پیام DAO را تولید می کند، این پیام DAO شامل لیستی از گره های والد یک گره است (۴)

DODAG فاز تعمیر مسیر

هنگامی که تناقض ها شناسایی می شود، نیاز به تعمیر وجود دارد. این تعمیر را می توان به صورت محلی و یا یک دامنه جهانی انجام داد. تعمیر محلی است یک مکانیزم برای وصله زدن تناقضات مثل تشخیص یک حلقه یا خرابی لینک که این شامل

حل تناقض تخصیص داده شده بدون تغییر DODAG از ریشه است به عنوان مثال اگر یک گره ارتباطش با گره والد از بین برود یک گره والد جدید برایش انتخاب می‌شود.

تعمیرات محلی راه حل مطلوبی را ارائه نمی‌دهد. هر بار که یک تعمیر محلی انجام می‌شود DODAG از حالت بهینه خارج می‌شود در مسیر یک تعمیر جهانی در نهایت مورد نیاز است. تعمیرات جهانی روند ساخت و ساز را مجدداً آغاز می‌کند. شماره نسخه جدید را به DODAG می‌دهد. یک تعمیر جهانی ساختار را مجدداً بهینه می‌کند اما از لحاظ عملکرد شبکه هزینه‌ای دارد زیرا گراف باید از نو محاسبه شود، که کنترل ترافیک در شبکه را افزایش می‌دهد (۴)

ارسال داده

RPL از هر دو ارتباط MP2P و P2MP پشتیبانی می‌کند زیرا مسیرهای رو به بالا و رو به پایین فعالانه ساخته و نگهداری می‌شوند. با داشتن این مسیرهای با ثبات، پروتکل از ارتباط P2P نیز پشتیبانی می‌کند. وقتی ارتباط P2P در حالت ذخیره سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد ارتباط بین دو نود با ارسال یک بسته به سمت بالا تا زمانیکه یک گره قالب مشترک پیدا کند انجام می‌شود و سپس از گره بالای مشترک تا نود مقصد به سمت پایین می‌آید. در حالت غیر ذخیره سازی، بسته‌ها باید از طریق گره سینک ارسال شود. زیرا گره‌های واسط اطلاعات مسیرها را ضبط نمی‌کنند (۴)

نتیجه گیری

اینترنت اشیاء یک فناوری بسیار امیدوارکننده است و اگر این فناوری درست به کار برده شود، برای کار و زندگی آینده تحولی عظیم نو به وجود خواهد آورد. یکی از اصلی‌ترین مواردی که همواره در مورد اینترنت اشیاء مطرح می‌شود، بحث امنیت آن است. از آنجایی که در این فناوری، دستگاه‌های زیادی از طریق اینترنت به هم متصل می‌شوند، هک شدن آن‌ها می‌تواند ضررهای جبران‌ناپذیری را نظیر لو رفتن اطلاعات حساس، به همراه داشته باشد.

اینترنت اشیاء در پزشکی، با کمک فناوریهای دیگر و شرکتهای پیشگام در حوزه پزشکی، میتواند فرایند مراقبت از بیمار را خودکار کند. این فناوری، خدمت‌رسانی به بیماران را کارا تر میکند. این موضوع با استفاده از ارتباط ماشین-به-ماشین، به اشتراک‌گذاری داده‌ها و انتقال داده‌ها صورت می‌گیرد. به کار بردن اینگونه فناوری‌ها در روندهای درمانی، با کاهش ویزیت‌های غیرضروری، استفاده از منابع بهتر و بهبود برنامه ریزی باعث کاهش هزینه‌ها میشود. پیشبینی آینده اینترنت اشیاء بسیار سخت است اما با توجه به میزان تمایل به استفاده از این فناوری و هزینه‌های حوزه تحقیق توسعه در سلامت میتوان گفت آینده روشنی برای این فناوری در زمینه سلامت رقم خواهد خورد. در واقع سلامت، زمینه‌ای بدیع و بکر برای نقش آفرینی فناوری اطلاعات و نوآوری هرچه بیشتر است. اینترنت اشیاء، در آینده‌های نزدیک، تحول عظیمی در صنعت پزشکی و سلامت به وجود می‌آورد.

اهمیت کاربردهای اینترنت اشیاء در حوزه بهداشت و درمان به سیاست‌گذاری و سرمایه‌گذاری نهادها و مراجع عالی حوزه بهداشت و درمان در سطح کلان و مراکز درمانی و بیمارستان‌ها در سطوح پایین‌تر کمک می‌کند.

منابع و مراجع

- [۱] لک، بهزاد، ۱۳۹۹، راهبرد های به کر گیری اینترنت اشیا در ماموریت های پلیس آگاهی، پانزدهمین دوره پژوهش های مدیریت انتظامی (مطالعات مدیریت انتظامی)، <https://www.sid.ir/paper/393431/fa>
- [۲] یزدان پناه، حمیدرضا و حسنی آهنگر، محمدرضا، ۱۳۹۵، اینترنت اشیا (IoT): کاربردها، فناوریها و چالشهای مورد بحث، هشتمین دوره کنفرانس بین المللی فناوری اطلاعات و دانش، <https://www.sid.ir/paper/893567/fa>
- [۳] عسگری، مریم و فتاحی، محمود و شاهوردی، محمد و سهیلی نیر، محمود، ۱۳۹۸، روشی کارآمد جهت کاهش مصرف انرژی در مسیریابی اینترنت اشیا، نشریه مهندسی برق و مهندسی کامپیوتر ایران، ب- مهندسی کامپیوتر، دوره ۱۷، شماره ۳، <https://www.sid.ir/paper/228516/fa>
- [۴] اسمعیلی مرندی، فریبا و گل لاله، مجید، ۱۳۹۶، مروری بر پروتکل های مسیریابی در اینترنت اشیا، پنجمین کنفرانس بین المللی مهندسی برق و کامپیوتر با تاکید بر دانش بومی، تهران، <https://civilica.com/doc/725646>
- [۵] علیمراد، پوریا، ۱۴۰۰، کاربرد های اینترنت اشیا و امنیت آن در حوزه سلامت، سیزدهمین کنفرانس بین المللی فناوری اطلاعات، کامپیوتر و مخابرات، <https://civilica.com/doc/1326413>
- [6] Kranenburg RV, Anzelmo E, Bassi A, Caprio D, Dodson S, Ratto M. The Internet of Things, Berlin: Exploring the Digital Future; 2011.
- [7] Bauer H, Patel M, Veira J. The Internet of Things: sizing up the opportunity [Internet]. New York (NY): McKinsey & Company; 2016.
- [8] Golpîra H, Khan SAR, Safaeipour S. A review of logistics internet-of-things: Current trends and scope for future research. *Journal of Industrial Information Integration*. 2021; 22: 100194 .
- [9] Selvaraj S, Sundaravaradhan S. Challenges and opportunities in IoT healthcare systems: a systematic review. *SN Applied Sciences*. 2020; 2(1): 1-8 .
- [10] Butpheng C, Yeh K-H, Xiong H. Security and privacy in IoTcloud-based e-health systems—A comprehensive review. *Symmetry*. 2020; 12(7): 1191 .
- [11] Lin JC, Yeh KH. Security and Privacy Techniques in IoT Environment. *Sensors (Basel, Switzerland)*. 2020; 21.(¹)
- [12] Gubbi, J. Buyya, R. & Marusic, S. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29, 1645-1660
- [13] Amit, R. & Zott, C. (2001). Value creation in e-business. *strategic management journal*, 22, 493-520
- [14] Arora, N. Dreze, X. Ghose, A. & others. (2008). putting one-to-one marketing to work: personalization, customization, and choice. *Market Lett*, 19, 305-321.
- [15] Babar S, Stango A, Prasad N, Sen J, Prasad R. Proposed embedded security framework for internet of things (iot). *Proceedings Of The 2nd International Conference On Wireless Communication, Vehicular Technology, Information Theory And Aerospace & Electronic Systems Technology*; 2011 Feb
- [16] Mahmud M. A., Abdelgawad A., and Yelamarthi K., "Energy efficient routing for internet of things (iot) applications", in *IEEE International Conference on Electro Information Technology, EIT 2017, Lincoln, NE, USA, May 14-17, 2017*, 2017, pp. 442-446.
- [17] Tam Harbert FCC Gives Medical Body Area Networks Clean Bill-of-Health. [Online] Available from <Http://spectrum.ieee.org/tech-talk/biomedical/devices/fcc-gives-medical-body-area-networks-clean-bill-ofhealth> [Accessed 9th July 2012] .
- [18] Country cooperation strategy. Available from: http://www.who.int/countryfocus/cooperation_strategy/ccsbrief_irm_en.pdf ua=1.
- [19] Larson, Elaine. "A causal link between handwashing and risk of infection? Examination of the evidence." *Infection Control* 9, no. 01(1988) 28,36.
- [20] S. M. RIAZUL ISLAM, DAEHAN KWAK, MD. HUMAUN KABIR, MAHMUD HOSSAIN, and KYUNGSUP KWAK. "The Internet of Things for Health Care: A Comprehensive Survey." Digital Object Identifier, IEEE ACCESS. 2015
- [21] Equity Research "Making SENSE of the next mega- trend". *Internet of Things, Volume.1*, June 25, 2014