بررسی پلتفرم‌های پردازش‌ابری اینترنت‌اشیاء به عنوان زیرساخت نرم‌افزارهای سازمانی

علی سامانی پور[۱]، رضا جاویدان[۲]

[۱] دانش‌آموخته‌ی کارشناسی مهندسی‌کامپیوتر، گروه فناوری‌اطلاعات، دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری‌اطلاعات، دانشگاه‌صنعتی‌شیراز
A.Samanipour@sutech.ac.ir

[۲] دانشیار گروه فناوری اطلاعات، دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناری اطلاعات، دانشگاه‌صنعتی شیراز
Javidan@sutech.ac.ir

چکیده

سازمان‌های مختلف در طول زمان از نرم‌افزارهای و تکنولوژی های مختلفی به منظور مدیریت فرایندهای سازمانی و تجاری، استفاده کرده‌اند. اینترنت‌اشیاء سازمانی (Enterprise IoT)، این امکان را به سازمان‌ها میدهد تا نرم‌افزارهای سازمانی‌ای را، مبتنی بر تکنولوژی اینترنت‌اشیاء(IoT) تولید کنند که، کنترل، مدیریت و نظارت همه جانبه بر این فرایندها را امکان‌پذیر میکند و در نهایت منجر به افزایش بهره‌وری و بهینه‌سازی فرایندهای سازمانی میشود.

در این مقاله ضمن بررسی پشته‌ی اینترنت‌اشیاء سازمانی به بررسی و مقایسه‌ی پلتفرم‌های پردازش‌ابری میکروسافت، آمازون ، IBM و پلتفرم‌های متن‌باز و تطبیق آنها با پشته اینترنت‌اشیاء سازمانی پرداخته شده‌است. در نهایت راه‌کارهایی جهت پیاده‌سازی نرم‌افزار-های سازمانی، براساس موردهای کاربرد هریک از این پلتفرم‌ها و منطبق برمعماری اینترنت‌اشیاء سازمانی، ارائه شده‌است .

کلمات کلیدی

اینترنت‌اشیاءسازمانی، پلتفرم‌های‌پردازش‌ابری، معماری‌سازمانی‌اینترنت‌اشیاء، EIoT(Enterprise IoT)، Microsoft Azure،IBM BlueMix، Amazon AWS، پلتفرم‌های‌متن‌بازاینترنت‌اشیاء، نرم‌افزارهای‌سازمانی

۱- مقدمه

اینترنت‌اشیاء از جمله مفاهیمی است که امروز میتوان تعاریف متعددی را برای آن پیدا کرد، این مفهوم اولین بار در سال ۱۹۹۹ توسط کوین اشتون، زمانی که در مورد مدیریت زنجیره‌ی تامین سخن میگفت، بیان شد [1]. اینترنت اشیاء را این‌چنین میتوان تعریف کرد "اینترنت‌اشیاء دیدگاهی است که در آن هر شئ در دنیا میتواند با اتصال به شبکه‌ی اینترنت و فراهم آوردن داده‌هایی مشخص، به تنهایی یا از طریق سایر اشیاء متصل به اینترنت به یک بصیرت قابل اجرا دست یابد." [2]در این تعریف یک شئ میتواند یک ماشین، سیستم حمل‌ونقل هوایی، یک شهر، یک شخص و یا حتی یک صندلی باشد.به عنوان مثال با داشتن یک شبکه متصل از ماشین‌آلات یک کارخانه میتوان به راحتی سیستم‌هایی را که نیاز به سرویس و تعمیرات دارند، به سرعت مشخص کرد؛ و یا به عنوان مثال در یک فرودگاه هوشمندسازی شده، به کمک اینترنت‌اشیاء میتوان مدت زمانی را که مسافران برای بررسی بار و یا امور امنیتی منتظر میمانند مشخص کرد [2] ؛چنین داده‌هایی از دید فرایندهای اجرایی یک سازمان، میتواند به شکل چشمگیری در بهینه‌سازی این فرایندها و افزایش بازدهی آن‌ها، موثر باشد. آنچه که باید به آن توجه شود، این موضوع است که چالش اصلی نه تنها ایجاد یک معماری مناسب و زیرساختی است که بتوان مبتنی بر آن شبکه‌ای هوشمند از اشیاء را پدید آورد [3]، بلکه چالش بزرگتری که باید راه‌حل مناسبی برای آن اندیشید،این است‌که چگونه میتوان از داده‌های فراهم شده توسط این شبکه‌ی هوشمند به‌منظور ایجاد نرم‌افزارهای کاربردی، در سطوح سازمانی، استفاده کرد و اطلاعاتی را از آن ها استخراج کرد که پیش از وجود چنین شبکه‌ای از اشیاء، قادر به بدست آوردن آنها نبوده‌ایم. اینترنت‌اشیاء سازمانی (Enterprise IoT یا EIoT) به عنوان یک مفهوم جدید مطرح نمیشود، بلکه هدف اصلی آن، ارائه‌ی مدل‌ها، و یا به عبارت دقیق‌تر، تعریف معماری اینترنت-اشیاء در سطوح سازمانی است، که سازمان‌ها را قادر میسازد تا نرم‌افزارهای کاربردی خود را مبتنی بر تکنولوژی اینترنت‌اشیاء تولید کنند [4]. بنابراین

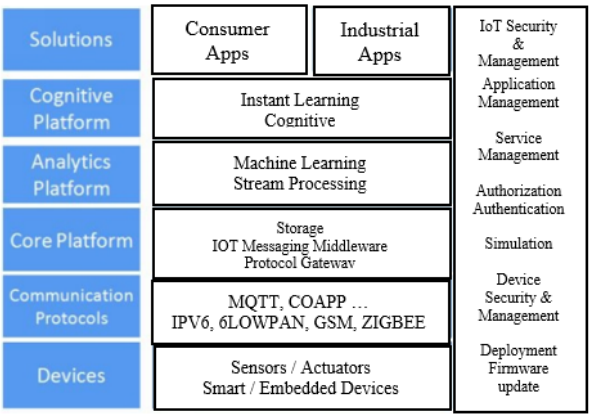
به طور خلاصه میتوان گفت هدف اصلی از تعریف معماری اینترنت‌اشیاء-سازمانی، تولید نرم‌افزارهای سازمانی در حوزه‌هایی مانند مدیریت تولید، مدیریت زجیره‌ی تامین، مدیریت منابع، شهرهای هوشمند، سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند و در کل سیستم‌های سازمانی و صنعتی است [5]. در حال حاضر شرکت های بزرگی مانند آمازون، میکروسافت و IBM با ایجاد پلتفرم‌های پردازش‌ابری خود در حوزه‌ی اینترنت‌اشیاء فرایند تولید نرم‌افزار های کاربردی این حوزه را بسیار سریع و آسان کرده‌اند.

در این مقاله هدف بررسی یکی از معماری‌های معرفی شده در حوزه‌ی اینترنت‌اشیاء‌سازمانی است که پیاده‌سازی نرم‌افزارهای کاربردی اینترنت‌اشیاء را، درسطوح سازمانی و مبتنی بر پلتفرم‌های پردازش ابری ذکرشده، امکان-پذیر میکند. در این مقاله همچنین پلتفرم‌های پردازش ابری مطرح در این حوزه و تکنولوژی های معرفی شده توسط آنها بررسی شده‌اند و با معماری اینترنت‌اشیاء سازمانی تطبیق داده شده اند.

بخش‌های مقاله به این ترتیب است، بخش دوم پشته‌ی اینترنت‌اشیاء-سازمانی است.در بخش‌های سوم الی ششم به‌ترتیب به بررسی پلتفرم‌های ابری اینترنت‌اشیاء میکروسافت، IBM، آمازون و پلتفرم‌های متن‌باز پرداخته شده‌است.در نهایت نیز نتیجه و جمع‌بندی عنوان شده‌است.

۲- پشته‌ی اینترنت‌اشیاء سازمانی

پشته‌ی سازمانی اینترنت اشیاء، مجموعه ای از امکانات پایه‌ای و قابلیت‌هایی هستند که امکان ساخت برنامه های کاربردی اینترنت اشیاء را فراهم میکنند [2].



شکل ۱:پشته سازمانی اینترنت اشیاء-تکنولوژی های مورد استفاده در لایه های مختلف و عملکرد های اصلی هر لایه [2]

پشته‌ی سازمانی اینترنت اشیاء، شامل شش لایه است ؛ اولین لایه، لایه دستگاه‌ها است،که داده های خود را برای لایه هسته‌ی پلتفرم، از طریق پروتکل های ارتباطی مختلف و براساس استراتژی های ارتباطی مشخص، ارسال میکنند.لایه‌ی هسته‌ی پلتفرم مجموعه‌ای از سرویس های کلیدی را برای ارتباط امن دستگاه‌ها، ذخیره سازی داده‌های ارسال شده از دستگاه‌ها و انتشار داده‌ها فراهم میکنند.زمانی که داده‌ها به شکل مناسبی در دسترس قرار گرفتند، لایه تحلیل پلتفرم این امکان را فراهم میکند تا حجم عظیمی از داده را به شکل لحظه‌ای و یا به صورت دسته‌ای پردازش کرده و از داده‌های خام به اطلاعات مفید دست‌یافت. پس از آن، لایه شناختی قرار دارد، این لایه امکان یادگیری و تکامل را برای سیستم‌های کنترلی،با استفاده از نتایج تحلیل رفتار دستگاه‌های متصل و داده های پردازش شده، فراهم میکند. آخرین لایه، لایه‌ی کاربرد است، این لایه شامل پیاده سازی نرم-افزارهای صنعتی و سازمانی اینترنت‌اشیاء که امکانات مختلفی را فراهم میکنند.این پشته همچنین مسائل امنیتی و مدیریتی موجود در این سیستم ها را نیز پوشش میدهد، مسائلی از قبیل امنیت دستگاه‌ها، مدیریت دستگاه‌ها، امنیت ارتباط دستگاه‌ها و پلتفرم مورد استفاده، امنیت نرم افزارهای کاربردی، توپولوژی شبکه‌های مورد استفاده در لایه‌های مختلف، مدیریت سرویس-های ارائه شده، استقرار سرویس‌ها و دستگاه‌ها و امکاناتی از قبیل شبیه‌سازی را نیز در برمیگیرد [2].

۲-۱- لایه‌های معماری اینترنت اشیاء سازمانی

همان طور که اشاره شد این معماری شامل شش لایه اصلی است که به شکل زیر تعریف میشوند.

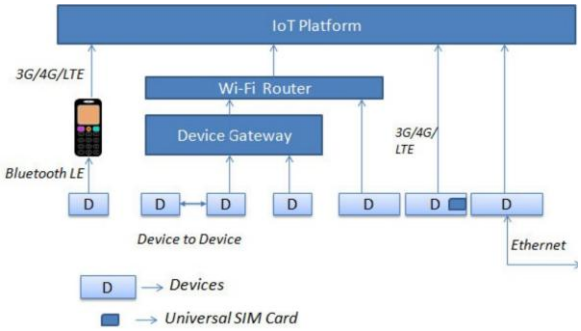
- **لایه‌ی دستگاه‌ها**

این لایه شامل تمام دستگاه‌ها یا اصطلاحاً اشیائی است که میتوانند به اینترنت متصل شوند .دستگاه‌های موجود در این لایه به شکل زیر دسته بندی میشوند [6]:

- حسگرها : دستگاه‌هایی هستند که رویدادها یا تغییرات محیط خارجی را شناسایی میکنند، حسگرها به تنهایی دارای کنترل کننده‌ی ورودی یا خروجی نیستند.
- محرک‌ها:دستگاه‌هایی که بر محیط فیزیکی، بر اساس ورودی‌هایی که دریافت میکنند، تاثیر میگذارند.
- دستگاه‌های نشانه گذاری شده:این دستگاه‌ها در واقع اشیایی هستند که از تگ‌های RFID برای نشانه گذاری آن‌ها استفاده شده است. اشیایی که از طریق پروتکل NFC تبادل اطلاعات میکنند نیز، در این دسته قرار میگیرند.

- **لایه پروتکل های ارتباطی**

این لایه را میتوان به دو زیر لایه‌ی کوچک‌تر تقسیم کرد، لایه‌ی استراژی-های اتصال و لایه‌ی پروتکل‌های ارتباطی.استراتژی های اتصال در برگیرنده‌ی روش‌هایی هستند که دستگاه‌های لایه قبل میتوانند از آن‌ها برای تبادل اطلاعات با شبکه‌ی اینترنت استفاده کنند [1]؛ این استراتژی ها، عبارتند از : استفاده از درگاه‌های ارتباطی، استفاده از درگاه های هوشمند، استفاده از تلفن های هوشمند به عنوان درگاه ارتباطی و یا اتصال مستقیم دستگاه‌ها به اینترنت [2]. پروتکل‌های ارتباطی در برگیرنده‌ی روش برقراری ارتباط دستگاه با شبکه و یا درگاه‌های ارتباطی هستند. پروتکل های رایج مورد استفاده عبارتنداز: Wi-Fi،Ethernet ، Cellular Networks، Bluetooth LE، RFID، NFC، ZigBee / Z-wave [6]. همچنین پروتکل های رایج مورد استفاده در لایه کاربرد، عبارتند از[3] : MQTT، CoAP، AMQP، AllJoyn و DDS ؛ همچنین میتوان پروتکل‌های صنعتی مانند BACnet، SCADA، و Modbus را نیز نام برد.این پروتکل‌ها معمولا از پروتکل TCP به عنوان پروتکل لایه انتقال استفاده میکنند.



شکل ۲:استراتژی ها و پروتکل های ارتباطی مورد استفاده توسط دستگاه ها [2]

- **لایه‌ی هسته‌ی پلتفرم**

این لایه امکانات مورد نیاز برای اتصال، جمع‌آوری،نظارت و کنترل تعداد زیادی از دستگاه‌ها را فراهم میکند [1].سرویس‌های موجود در این لایه عبارتنداز:سرویس انتقال پیام، سرویس ذخیره سازی داده‌ها، سرویس تجمیع و پردازش داده‌ها و سرویس‌هایی جهت پیاده‌سازی پروتکل‌های ارتباطی [6].

- **لایه‌ی تحلیل پلتفرم**

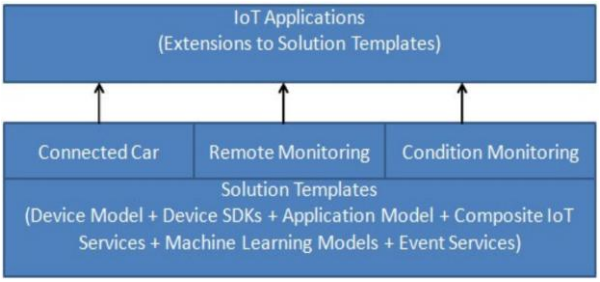
این لایه امکانات اساسی مورد نیاز جهت پردازش داده‌های حجیم و تبدیل داده‌های خام به اطلاعات را فراهم میکند [7].سرویس‌های اساسی این لایه عبارتنداز:سرویس پردازش جریان داده‌ها که امکان پردازش لحظه‌ای داده ها را فراهم میکند، سرویس‌هایی که الگورتیم های یادگیری ماشین را پیاده‌سازی میکنند، و سرویس‌های تولید گزارش که فرایند تصمیم‌گیری خودکار توسط نرم افزارهای کاربردی را تسریع و یا امکان پذیر میکنند [4].

- **لایه‌ی شناختی**

این لایه سرویس هایی را شامل میشود که پیاده سازی هایی از پردازش های شناختی را فراهم میکند. هدف اصلی سیستم های شناختی تبدیل سیستم های کامپیوتری به سیستم هایی است که میتوانند مانند مغز انسان فکر کنند و یاد بگیرند[8] .سیستم‌های شناختی در حوزه‌ی اینترنت‌اشیاء این امکان را فراهم میکنند تا دستگاه‌ها بتوانند به مرور زمان تکامل پیدا کرده و رفتارهایی متناسب با شرایط محیطی از خود نشان دهند که نسبت رفتار های قبلی آن‌ها در شرایط مشابه هوشمندانه تر به نظر میرسد [9].

- **لایه کاربرد**

این لایه شامل نرم‌افزارهای کاربردی و صنعتی است که سرویس های ارائه شده در لایه های پایین تر را باتوجه به نیاز های موجود به کار میگیرند [4].این لایه را میتوان به دوبخش مجزا تقسیم کرد [2]؛ ۱. ساختارهای کاربردی و ۲. نرم‌افزارهای کاربردی.شکل ۳ رابطه‌ی این دو قست را نشان میدهد.

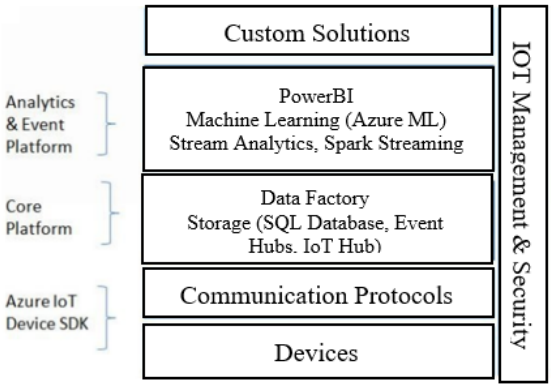


شکل ۳:اجزای لایه کاربرد [2]

ساختارهای کاربردی شامل پیاده سازی سرویس‌هایی هستند که به صورت مشترک میتوانند بین نرم‌افزار های کاربردی توسعه داده شده برای یک هدف خاص، استفاده شوند.

۳- سرویس ابری‌میکروسافت

میکروسافت یک سرویس پردازش‌ابری با نام آژور که مجموعه‌ای از سرویس‌های یکپارچه، مانند سرویس های تحلیل‌داده، سرویس های پایگاه داده و ذخیره‌سازی داده، شبکه سازی و سرویس های تحت وب را، شامل میشود، فراهم میکند [10].



شکل ۴:تطبیق سرویس های ارائه شده توسط آژور با پشته معماری سازمانی اینترنت اشیاء [2]

۳-۱- کیت توسعه نرم افزاری آژور

شامل مجموعه‌ای از کتابخانه‌های نرم‌افزاری است که امکان توسعه سریع نرم‌افزارهای موردنیاز برای دستگاه‌های مبتنی بر پلتفرم‌هایی مانند لینوکس، اندروید، ویندوز و ... فراهم میکند.باید توجه کرد که تولیدکنندگان میتوانند از کدهای تولید شده توسط خودشان برای اتصال به سرویس ابری میکروسافت استفاده کنند [4].

۳-۲- هاب اینترنت اشیاء در پلتفرم آژور

این هاب یک سرویس گذرگاه دوطرفه برای اتصال دستگاه‌ها به سرویس-ابری میکروسافت را فراهم میکند و امکاناتی از قبیل مدیریت ارتباطات، امنیت دستگاه‌ها و احرازهویت را شامل میشود و از پروتکل‌هایی مانند MQTT و AMQP نیز پشتیبانی میکند.این سرویس شامل سرویس پردازش رویداد آژور نیز میشود که به صورت انتشار–اشتراک عمل میکند [11].

۳-۳- سرویس های ذخیره سازی داده

این سرویس امکان ذخیره سازی جریان مداوم داده‌ها را فراهم میکند و از ذخیره سازی داده ها در پایگاه داده های SQL و NoSQL پشتیبانی میکند [12].

۳-۴- سرویس قالب بندی داده‌های آژور

این سرویس داده‌ها را از منابع مختلف دریافت کرده و با یکسان‌سازی قالب داده‌ها امکان استفاده از آنها را برای نرم‌افزارهای کاربردی و سایر سرویس ها، امکان پذیر میکند [13]، این سرویس معمولاً توسط نرم‌افزار هایی استفاده میشود که از منابع‌داده‌ای ناهمگون استفاده می‌کنند.

۳-۵- سرویس تحلیل جریان داده‌ی آژور

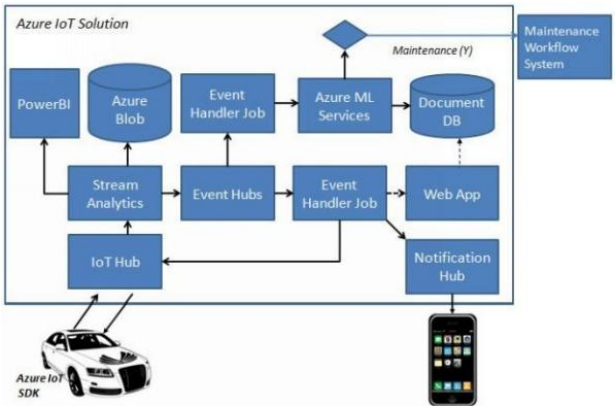
این سرویس امکان تحلیل بی‌درنگ حجم عظیمی از رویدادها را در هر ثانیه فراهم میکند و امکان مقایسه‌ی لحظه ای رویداد ها، جستجو با استفاده از زبان های SQL و ساخت داشبوردهای نظارتی را فراهم میکند [14].

۳-۶- سرویس یادگیر ماشین در آژور

این سرویس امکان ایجاد مدل‌های یادگیری ماشین را به کمک ابزارهای گرافیکی، برای تولیدکنندگان فراهم میکند، همچنین از الگوریتم‌های از پیش پیاده‌سازی شده، مبتنی بر زبان‌های پایتون و آر، برای ساخت این مدل‌ها، پشتیبانی میکند [15].

۳-۷- سرویس مدیریت رویدادها در آژور

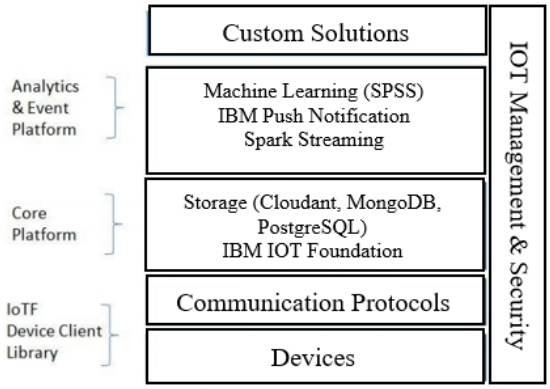
این سرویس امکان ارسال اخطارهای لازم، مبتنی بر داده‌های دریافتی از سایر سرویس‌ها و به کمک سرویس هاب آژور را فراهم میکند. [16]این سرویس، همچنین سرویس های بصری‌سازی داده‌ها را نیز در بر میگیرد.



شکل ۵:مدل ارتباط مفهومی سرویس ها آژور [2]

۴- سرویس‌ابری IBM

IBM سرویس ابری IoTF، که سرویسی با مقیاس پذیری بسیار بالاست را، برای ارتباط با دستگاه های اینترنت اشیاء معرفی میکند. این سرویس در کنار پلتفرم BlueMix این کمپانی امکان توسعه‌ی سریع نرم‌افزارهای کاربردی اینترنت‌اشیاء را فراهم میکند [17].



شکل ۶:تطبیق سرویس های ارائه شده توسط IBM با پشته معماری سازمانی اینترنت اشیاء [2]

۴-۱- کیت توسعه‌ی نرم‌افزاری IoTF

این کیت توسعه شامل مجموعه‌ای کتابخانه‌های نرم‌افزاری است که فرایند اتصال دستگاه‌ها به پلتفرم IoTF را آسان میکنند.این کتابخانه‌ها به زبان-های پایتون، جاوا، سی و سی شارپ توسعه داده شده‌اند [2].

۴-۲- پلتفرم IoTF

این پلتفرم امکان اتصال امن دستگاه‌ها، جمع‌آوری و مدیریت امن داده‌های زمانی را فراهم میکند.این پلتفرم بر مبنای مدل اشتراک–انتشار طراحی شده است و از پروتکل MQTT مبتنی بر TLS به منظور اتصال امن دستگاه‌ها پشتیبانی میکند [5].

۴-۳- سرویس ذخیره سازی داده‌ها در پلتفرم IBM

پلتفرم IoTF به صورت پیش‌فرض امکان ذخیره سازی داده‌های زمانی را فراهم میکند، با این حال پلتفرم IBM از پایگاه داده‌های مجزا به منظور ذخیره سازی و پردازش داده‌ها نیز پشتیبانی میکند [2] ؛ پایگاه داده‌هایی که توسط این پلتفرم پشتیبانی میشوند عبارتنداز: MongoDB، PostgreSQL، Cloudant NOSQL و IBM DB2.

۴-۴- سرویس Node-RED

این سرویس در واقع یک ویرایشگر گرافیکی است که امکان تعریف جریان-های داده‌ای بین نرم‌افزارهای کاربردی را، فراهم میکند به عنوان مثال میتوان یک جریان داده‌ای را به شکلی تعریف کرد که منتظر دریافت پیام از یک نرم‌افزار بماند و با دریافت آن، سایر سرویس‌های پلتفرم را فراخوانی کند [18].این سرویس همچنین امکان تعریف و اعمال قوانین مشخص بر جریان داده‌های بین این نرم‌افزارها را نیز امکان پذیر میکند.

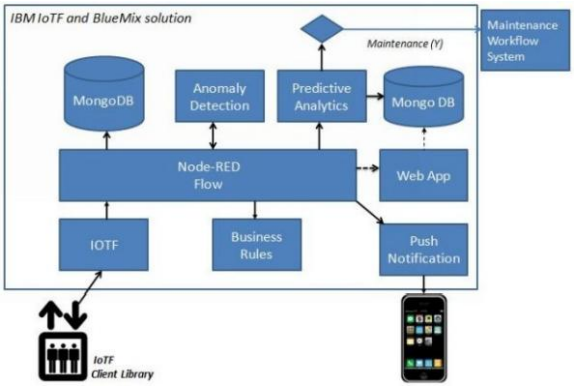
۴-۵- سرویس پردازش جریان داده ها

این سرویس میتواند میلیون‌ها رویداد را در هر ثانیه پردازش کرده و با خطای کمی تحلیل کند، این موضوع یک قابلیت کلیدی در نرم افزارهای کاربردی-ای محسوب میشود که با تعداد زیادی دستگاه در تعامل هستند[18] .این

پلتفرم همچنین میتواند با سرویس‌های ارائه شده توسط نرم‌افزار Apache Spark یکپارچه شود، که میتوان از آن‌ها در جهت پردازش داده‌های حجیم و پیاده سازی الگوریتم ها یادگیری ماشین استفاده کرد، این نکته قابل توجه است که این سرویس‌ها میتوانند به صورت توزیع شده عمل کنند [2].

۴-۶- سرویس های یادگیری ماشین

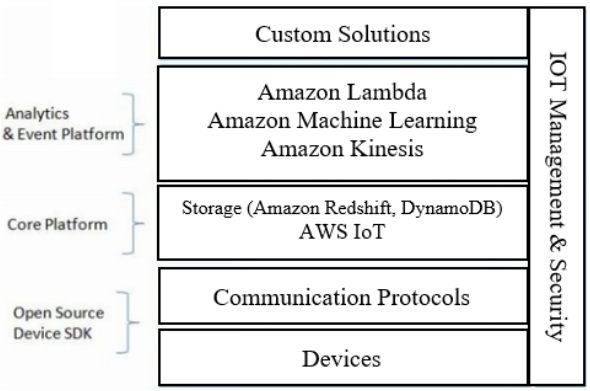
این پلتفرم امکان پیاده‌سازی تحلیل‌های پیشبینانه را با استفاده از سرویس BlueMix فراهم میکند.برای پیاده سازی مدل های پیشبینانه میتوان از نرم افزار مدل سازی IBM SPSS استفاده کرد که به خوبی با این پلتفرم یکپارچه شده است [19].



شکل ۷:مدل مفهومی ارتباط سرویس ها پلتفرم IBM [2]

۵- سرویس ابری Amazon

آمازون نیز مانند IBM و میکروسافت سرویس AWS IOT را به منظور ساخت نرم‌افزارهای کاربردی اینترنت‌اشیاء معرفی کرده است.این سرویس در برگیرنده‌ی سرویس‌هایی است که امکان جمع‌آوری، ذخیره سازی و تحلیل داده‌های ارسال شده را در کنار امکانات مدیریتی فراهم میکنند [2]. مانند سایر پلتفرم‌های معرفی شده، تمرکز سرویس‌های این پلتفرم نیز بر روی پردازش داده های حجیم میباشد.



شکل ۸:تطبیق سرویس های ارائه شده توسط AWS IOT **پشته معماری سازمانی اینترنت اشیاء** [2]

۵-۱- کیت توسعه‌ی نرم‌افزاری AWS IoT

شامل کتابخانه‌های نرم‌افزاری است که فرایند اتصال دستگاه‌ها به پلتفرم AWS IoT، مبتنی بر پروتکل MQTT را، آسان میکنند.این کتابخانه‌ها در حال حاضر از زبان سی و چهارچوب Node.JS و زبان جاوااسکریپت پشتیبانی میکنند [2].

۵-۲- پلتفرم AWS IoT

این پلتفرم یکی از پلتفرم های بسیار مقیاس‌پذیر است که این امکان را به دستگاه‌ها میدهد تا به صورت امن، مبتنی بر پروتکل‌های MQTT و HTTP به سرویس های ارائه شده توسط AWS و یا سایر دستگاه‌ها متصل شوند و با آن‌ها تعامل داشته باشند [20].

۵-۳- سرویس ذخیره سازی داده

این پلتفرم امکان ذخیره‌سازی داده‌ها با استفاده از پایگاه‌داده‌های Amazon DynamoDB، Amazon Redshift و سرویس ذخیره سازی رابطه‌ای آمازوی فراهم میکند.پایگاه داده‌ی DynamoDB یک پایگاه داده‌ی NoSQL است که برای ذخیره سازی داده‌های حجیم و بازیابی داده‌ها با تاخیر زمانی بسیارکم طراحی شده است، از این رو، بهترین انتخاب برای ذخیره سازی داده‌های دستگاه‌ها میباشد [21].

۵-۴- سرویس Amazon Kinesis

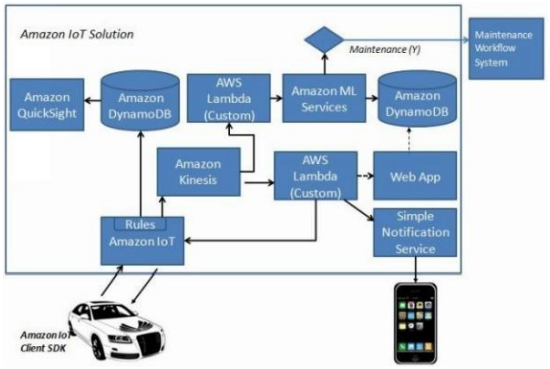
این سرویس امکان پردازش لحظه‌ای جریان داده‌ها را فراهم میکند، این سرویس اجازه‌ی ساخت داشبوردهای مدیریتی برای نظارت بر رویدادها و داده‌های ارسال شده از سمت دستگاه‌ها فراهم میکند [22].

۵-۵- سرویس یادگیری ماشین Amazon ML

این سرویس ابزار های گرافیکی‌ای را جهت ایجاد، تست و استقرار مدل‌های یادگیری‌ماشین، فراهم میکند.این مدل‌ها میتوانند با استفاده از واسطهای برنامه نویسی فراهم شده، به عنوان بخشی از فرایند پردازش داده‌ها اجرا شوند [23].

۵-۶- سرویس AWS Lambda

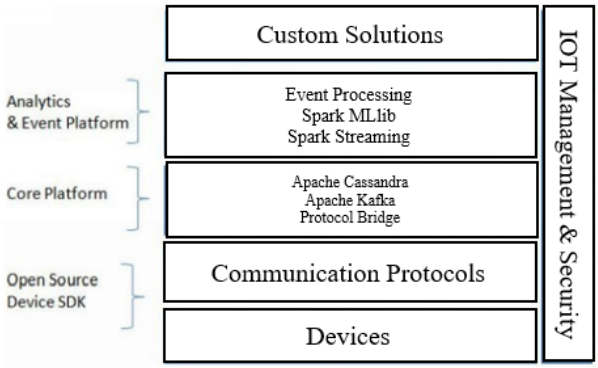
این سرویس به توسعه‌دهندگان و تولید کنندگان اجاز میدهد تا کدها خود را برروی سرویس پردازش ابری AWS اجرا کنند.کدهای تولید شده میتوانند مبتنی بر چهارچوب Node.JS و کدهای جاوا باشند.کدهای که از طریق این سرویس‌ها اجرا میشوند میتوانند به صورت غیر همگام و بر اساس رویدادهای ایجاد شده از سمت سایر سرویس ها، اجرا شوند [24].



شکل ۹:مدل مفهومی ارتباط سرویس ها پلتفرم AWS IoT [2]

۶- سرویس‌های ابری متن‌باز

درحال حاضر امکان پیاده‌سازی نرم‌افزارهای کاربردی اینترنت اشیاء مبتنی بر تکنولوژی‌های متن باز موجود و تولید شده توسط کمپانی‌های بزرگی مانند آپاچی وجود دارد.



شکل ۱۰:تطبیق سرویس های ارائه شده ی متن باز با پشته معماری سازمانی اینترنت اشیاء [2]

۶-۱- کیت‌های توسعه‌ی نرم‌افزاری متن باز موجود برای دستگاه های اینترنت‌اشیاء

کتابخانه‌های متن باز موجود برای دستگاه های اینترنت اشیاء در حال حاضر از پروتکل‌های مختلفی مانند MQTT، AXMP و HTTP پشتیبانی میکنند. برای مثال کتابخانه‌ی Eclipse Paho پیاده‌سازی استانداری از پروتکل MQTT برای گستره‌ی وسیعی از دستگاه‌ها را ارائه داده‌است [1].

۶-۲- سرویس پل ارتباطی پروتکل ها

این سرویس به عنوان یک مسیریاب و یا یک‌گذرگاه که وظیفه‌ی تبدیل پروتکل‌های ورودی به پروتکل‌هایی که توسط هسته‌ی پلتفرم IoT قابل فهم هستند، عمل میکند.به عنوان مثال در صورتی که از سرویس Apache Kafka برای پردازش داده های استفاده شده باشد و دستگاه‌ها داده های خود را با استفاده از پروتکل MQTT ارسال کنند، این سرویس میتواند داده‌های ارسال شده مبتنی بر پروتکل MQTT را به داده های قابل فهم توسط Apache Kafka تبدیل کند [6].

۶-۳- سرویس Apache Kafka

این سرویس در واقع یک سیستم پیام‌رسانی است که مبتنی بر مدل انتشار-اشتراک طراحی و پیاده سازی شده است و میتواند داده‌های را باتاخیر بسیار کم پردازش کند و از مقایس‌پذیری بسیار بالایی برخوردار است [25].

۶-۴- پایگاه داده‌ی Apache Cassandra

از این پایگاه‌داده به منظور ذخیره سازی داده های ارسال شده توسط دستگاه-های مختلف استفاده میشود، به این شکل که سرویس Apache Kafka قادر است داده‌های دریافتی را، در جداول این پایگاه داده ذخیره کند [26].

۶-۵- سرویس پردازش جریان داده‌ی Apache Spark

این سرویس امکان پردازش لحظه‌ای جریان داده‌ها و تبدیل قالب داده ها را فراهم میکند.این سرویس به خوبی با سرویس Apache Kafka و سایر سرویس های Apache مانند Hadoop یکپارچه میشود [27].

۶-۶- سرویس یادگیری ماشین Apache Spark MLlib

این سرویس برای ساخت مدل‌های یادگیری ماشین و ترکیب مدل‌هایی که مبتنی بر استانداردهای واسط‌های برنامه نویسی توسعه داده شده‌اند، استفاده میشود. [28]

۶-۷- پیاده سازی قوانین و رویدادهای خاص

قوانین و رویدادهای خاص را میتوان با پیاده‌سازی کدهای خاصی که بر مبنای داده‌های دریافت شده از دستگاه‌ها، به عنوان بخشی از سرویس جریان داده‌ی Apache Spark عمل میکنند، پیاده‌سازی کرد.از ابزار Apache Zeppelin میتوان برای ساخت داشبوردهای مدیریتی به منظور نظارت و تحلیل داده‌ها و رویدادها استفاده کرد، این ابزار به خوبی با سایر سرویس های آپاچی مانند Apache Spark یکپارچه میشود [29].

۷- بحث‌وبررسی

پلتفرم‌های بررسی شده در این مقاله، همگی سرویس‌های مشابه‌ای را توسعه داده‌اند، که سازمان‌ها را قادر میسازد تا نرم‌افزارهای کاربردی خود را مبتنی بر این سرویس‌ها توسعه دهند؛ با این حال میتوان معیارهایی را معرفی کرد که این امکان را برای سازمان‌های مختلف فراهم میکنند تا متناسب با نیازهای خود در یک زمینه‌ی مشخص، بتوانند بهترین پلتفرم را از میان پلتفرم‌های موجود انتخاب کنند.معیارهای اساسی‌ای که میتوان نام برد عبارتنداز:۱.امنیت(که شامل امنیت ارتباطات، امنیت سرویس‌ها،امنیت نرم-فزارهای مورد استفاده برروی دستگاه‌ها،امنیت پروتکل‌های ارتباطی و ... می‌شود) ۲.انعطاف‌پذیری(که شامل امکان‌پیکربندی سرویس‌ها، امکان اتصال دستگاه‌های مختلف به سرویس‌ها و پشتیبانی از پروتکل‌های ارتباطی مختلف، امکان استفاده سخت‌افزارهای مختلف به عنوان زیرساخت و ... می‌شود.) ۳.نیازهای داده‌ای سازمان(که شامل امکان استفاده از پایگاه‌داده

های مختلف، ابزارهایی جهت بصری‌سازی داده‌ها، سرویس‌های پردازش و تحلیل داده‌ها و ... میباشد.) همچنین میتوان معیارهای میزان تخصص لازم برای کار با پلتفرم و هزینه‌های پیاده‌سازی و استفاده از پلتفرم را نیز در نظر گرفت.

پلتفرم ابری میکروسافت راه‌کارهای از پیش‌پیاده‌سازی‌شده ای را برای نرم-افزارهای کاربردی سازمانی در حوزه‌های مختلف مانند خطوط تولید در کارخانه‌ها فراهم میکند.این راه‌کارها در واقع قالب‌هایی هستند که امکان توسعه‌ی نرم‌افزارهای کاربردی اینترنت‌اشیاء را برای سازمان‌ها فراهم میکنند.همچنین این راه‌کارها این امکان را برای سازمان‌ها فراهم میکنند تا با ایجاد تغییرات جزیی در آن‌ها ، راه‌کارهای خاصی متناسب با نیاز های خود پیاده‌سازی کنند.از رو میتوان گفت استفاده از سرویس ابری میکروسافت در درازمدت به میزان زیاد هزینه‌های تولید نرم‌افزارهای کاربردی اینترنت‌اشیاء را کاهش میدهد ضمن آنکه برای استفاده از آن نیاز به تخصص کمتری نسبت به سایر پلتفرم‌های ذکر شده میباشد.همچنین از آنجاکه میکروسافت تمام سرویس‌های موجود در لایه‌های مختلف معماری را به صورت انحصاری توسعه داده‌است میتوان گفت انعطاف‌پذیری این پلتفرم نسب به سایر پلتفرم‌های موجود کمتراست، با این حال این سرویس‌ها به خوبی بایکدیگر یکپارچه شده‌اند و تمام نیازهایی لازم را جوابگو هستند.

پلتفرم‌ابری IBM با فراهم آوردن کتابخانه‌های گسترده تری نسبت به سایر پلتفرم‌های ذکر شده، امکان اتصال گستره‌ی وسیع‌تری از دستگاه‌ها را برای اتصال به سرویس‌های ابری خود فراهم میکند.همچنین این پلتفرم با فراهم آوردن سرویس‌های پردازش لحظه‌ای داده‌ها و سرویس‌های قدرتمندی مانند BlueMix برای تحلیل ها، امکان پیاده سازی سیستم‌ها و نرم‌افزار هایی پردازش شناختی را فراهم میکند.از همین رو، این پلتفرم در موردهای کاربردی که نیاز به توسعه‌ی سیستم‌هایی است که میتوانند به صورت خودکار خود را با محیط تطبیق دهند، و یا در موردهای کاربردی که نیاز به پردازش سریع‌داده‌ها و انجام عکس‌العمل های سریع میباشد، کاربرد دارد.با این حال این پلتفرم نیز، از ابزارهای انحصاری خود برای پیاده سازی سرویس های موجود در لایه های مختلف استفاده میکند و همین امر باعث کاهش انعطاف‌پذیری آن میشود.همچنین استفاده از سرویس‌های این پلتفرم نیاز به تخصص و در مواردی، صرف هزینه‌های بیشتر نسبت به سایر پلتفرم های موجود دارد.

پلتفرم‌ابری آمازون نسبت به پلتفرم‌ها ذکر شده تا کنون، هزینه های اولیه‌ی کمتری را به سازمان‌ها تحمیل میکند، با این حال این پلتفرم نیز ابزارهای انحصاری خود را برای پیاده‌سازی سرویس‌های مختلف معرفی میکند، ضمن اینکه، در مجموع، نسبت به دو پلتفرم دیگر از تنوع کمتری در ابزارهای ارائه‌شده برخودار است، به همین دلیل شاید بتوان گفت این پلتفرم کمترین انعطاف‌پذیری را در میان پلتفرم های ذکر شده در این مقاله دارد.

استفاده از پلتفرم‌های متن باز موجود، هزینه‌های اولیه‌ی بسیارکمتری را به سازمان ها تحمیل میکند، ضمن اینکه این پلتفرم‌ها از انعطاف پذیری بسیار بالاتری نسبت به پلتفرم های تجاری ذکر شده برخودار هستند.با این حال استفاده از این پلتفرم‌ها نیاز به نیروی کار متخصص و حرفه‌ای نیاز دارد که این امر میتواند در دراز مدت هزینه‌های سنگینی را به سازمان‌های تحمیل کند.بنابراین استفاده از این پلتفرم‌ها در حوزه‌های سازمانی چندان رایج نیست و معمولا از آن‌ها برای پیاده‌سازی نمونه‌های اولیه در آزمایشگاه‌ها و پروژه های تحقیقاتی استفاده میشود.

۸- نتیجه‌گیری

اینترنت‌اشیاء سازمانی با ارائه‌ی یک معماری مناسب برای سازمان‌ها، این امکان را فراهم میکند تا سازمان ها با توسعه‌ی نرم‌افزارهای سازمانی خود مبتنی بر پلتفرم‌های پردازش ابری از پیش‌ساخته شده،نرم‌افزارهایی را تولید کنند که امکان مدیریت،نظارت، کنترل و در نهایت افزایش بهره‌وری فرایند-های سازمانی را امکان پذیر میکند.در ادامه جدول مقایسه این پلتفرم مبتنی-بر تکنولوژی‌های ارائه شده توسط آنها منطبق بر لایه های معماری معرفی شده‌است.

۹- پیشنهادات آتی

درحال‌حاضر به دلیل تحریم‌ها و هزینه‌های سنگینی که از سمت تولید کنندگان پلتفرم‌های ابری‌اینترنت‌اشیاء به سازمان‌ها و توسعه-دهندگان نرم‌افزارهای کاربردی، تحمیل میشود، استفاده از این پلتفرم‌ها در داخل کشورِ عزیزمان ایران، چندان امکان‌پذیر نیست؛ از این رو بسیار معقول است که در آینده از پلتفرم‌های متن‌باز موجود در این حوزه، پلتفرم‌هایی از قبیل Kaa IoT، DeviceHive، Machinna.io، Zetta، ThingSpeak و یا OpenHAB، به منظور توسعه‌ی نرم‌افزارهای سازمانی و زیرساخت‌های لازم استفاده کرد.

جدول ۱:مقایسه پلتفرم های پردازش ابری مبتنی بر تکنولوژی های ارائه شده در لایه های معماری[2]

پلتفرم	Microsoft	IBM	Amazon	Open Source
کیت توسعه دستگاه‌های	Azure IoT Device SDK, ConnectTheDots.io	IBM IoTF Client Library, IoTF Device recipes, Paho Library	Device SDK for AWS IoT	Paho Library , Cyclon.js and many other options
پروتکل‌های ارتباطی	HTTP,AMQP MQTT	MQTT	MQTT, HTTP	MQTT, AMQP, HTTP etc.
پلتفرم تبادل پیام	IoT Hub, Event Hubs	IoT Foundation	AWS IoT	Protocol Bridge, Apache Kafka

پایگاه داده‌های قابل استفاده	DocumentDB, Storage (high performance tables, blobs), Microsoft SQL	MongoDB, Cloudant NoSQL, ObjectStorage Informix Time Series data, etc.	Amazon DynamoDB, Amazon Redshift	Cassandra (or alternatives like MongoDB)
سرویس های تحلیل پردازش جریان داده	Microsoft Stream Analytics	IoT Real-Time Insights, IBM Streaming Analytics	Amazon Kinesis	Apache Spark Streaming
سرویس‌های تحلیل و یادگیری ماشین	Azure ML	Predictive Analytics service (on BlueMix) + SPP Modeler (offline)	Amazon Machine Learning	Apache Spark MLlib
سرویس‌ها و نرم افزار های مدیریت رویدادها	Notification Hubs, PowerBI	Embeddable Reporting, IBM Push Notifications	AWS Lambda, Amazon QuickSight. Amazon Simple Notification Service	Custom Integration, Zeppelin (Dashboards) etc.

مراجع

[1] D. Hanes, *IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use, Indianapolis*: Cisco Press, 2017.

[2] N. Balani, *Enterprise IoT*, -: self publish, 2015.

[3] W. Stallings, *Foundations of Modern Networking, Crawfordsville*: Pearson Education, Inc., 2016.

[4] D. Slama, *Enterprise IoT Strategies & Best Practices for Connected Products & Services, Sebastopol*: O'Reilly Media, Inc, 2016.

[5] A. Ravulavaru, *Enterprise Internet of Things Handbook*, Birmingham: Packt Publishing Ltd, 2018.

[6] P. Raj, *The Internet of things : enabling technologies, platforms, and use, US*: CRC Press, 2017.

[7] A. Minteer, *Analytics for the Internet of Things*, Birmingham: Packt Publishing Ltd, 2017.

[8] J. Hurwitz, *Cognitive Computing and Big Data Analytics*, Canada: John Wiley & Sons, Inc, 2015.

[9] K. Hwang, *Big-Data Analytics for Cloud, IoT*, West Sussex: John Wiley & Sons Ltd, 2017.

[10] Y. Patil, *Azure IoT Development Cookbook*, Birmingham: Packt Publishing Ltd, 2017.

[11] M. Morar, *Robust Cloud Integration with Azure*, Birmingham: Packt Publishing Ltd, 2017.

[12] M. Waly, *Learning Microsoft Azure Storage*, Birmingham: Packet Publish Ltd., 2017.

[13] K. Meyler, *Microsoft Hybrid Cloud Unleashed with Azure Stack and Azure*, Pearson Education, 2017.

[14] A. Basak, *Stream Analytics with Microsoft Azure*, Birmingham: Packet Publish Ltd., 2017.

[15] Z. Tejada, *Mastering Azure Analytics, Sebastopol*: O'Reilly Media, Inc, 2017.

[16] S. Klein, *IoT Solutions in Microsoft's Azure IoT Suite*, Washington: Apress, 2017.

[17] A. Javed, *Building Arduino Projects for the Internet of Things*: Experiments with Real-World Applications, -: Apress, 2016.

[18] S. Sankaranarayanan, *Learning IBM Bluemix, Birmingham*: Packt Publishing Ltd, 2016.

[19] J. Salcedo, *IBM SPSS Modeler Essentials, Birmingham*: Packt Publishing Ltd, 2017.

[20] A. Kurniawan, *Learning AWS IoT*, Birmingham: Packt Publishing Ltd, 2018.

[21] A. Mishra, *Amazon Web Services for Mobile Developers*: Building Apps with AWS, John Wiley & Sons Inc., 2017.

[22] P. SBARSKI, *Serverless Architectures on AWS, Shelter Island*: Manning Publications Co, 2017.

[23] Y. Wadia, *AWS Administration – The Definitive Guide Second Edition*, Birmingham: Packt Publishing Ltd, 2018.

[24] M. Klems, *AWS Lambda Quick Start Guide, Birmingham*: Packet Publish Ltd., 2018.

[25] N. Narkhede, *Kafka: The Definitive Guide, O'Reilly Media*, 2017.

[26] E. Hewitt, *Cassandra: The Definitive Guide, 2nd Edition*, O'Reilly Media, 2016.

[27] H. Karau, *High Performance Spark: Best Practices for Scaling and Optimizing Apache Spark*, O'Reilly Media, 2017.

[28] M. Mittal, *Big Data Processing Using Spark in Cloud*, Springer, 2018.

[29] V. Ankam, *Big Data Analytics with Spark and Hadoop*, Birmingham: Packet Publish Ltd, 2016.