

A home hospitalization system based on the Internet of things, Fog computing and cloud computing

**سیستم بستری در منزل مبتنی بر اینترنت اشیا ،  
محاسبات مه و رایانش ابری**

محقق: مریم نورمحمدی زرنق  
دانشجوی کارشناسی ارشد معماری کامپیوتر  
استاد راهنما: خانم دکتر سمیه جاسبی  
دانشگاه علوم و تحقیقات تهران  
سال تحصیلی 1400-1399

## 1- تعریف مسله و هدف اصلی مقاله:

### ● سوال اصلی مطرح شده در مقاله:

در سال های اخیر ، جهان شاهد افزایش قابل توجه تعداد سالمندانی است که اغلب از بیماری های مزمن رنج می برند ، و در ماه های اخیر جهان شاهد گسترش ویروسهایی مانند کرونا (COVID-19) بوده است که منجر به هزاران مرگ شده است ، به ویژه در میان افراد مسن و افرادی که از بیماری های مزمن رنج می برند. ویروسهایی مانند کرونا ویروس ، همچنین مشکلات زیادی را در بیمارستان ها ایجاد کرده است ، تا جایی که دیگر قادر به پذیرش تعداد زیادی از بیماران نیستند. این ویروس همچنین در بین تیم های پزشکی و پیراپزشکی شروع به گسترش کرده و این خطر بزرگی را برای سلامتی بیماران بستری در بیمارستان ها و کادر درمان ایجاد می کند.

## • چه مشکلی باید برطرف شود:

جهان شاهد شیوع گسترده ویروس کرونا (COVID-19) است ، و بسیاری از کشورها هزاران مورد آلوده و مرگ و میر ناشی از این همه گیری را داشته اند ، مانند ایتالیا و اسپانیا که بیشترین تعداد مرگ و میر را تا مارس 2020 ثبت کرده اند. افراد می توانند به بیماری COVID-19 توسط سایر افراد مبتلا به ویروس آلوده شوند ، زیرا این ویروس در اثر تماس مستقیم گسترش می یابد. هنگام سرفه یا عطسه ممکن است از طریق قطرات تنفسی گسترش یابد. در صورت لمس سطحی که ویروس در آن وجود دارد و سپس لمس دهان ، بینی یا چشم خود ، این بیماری نیز ممکن است گسترش یابد. این ویروس به ویژه برای افراد مسن و افرادی که بیماری های مزمن مانند فشار خون ، بیماری قلبی و دیابت دارند ، خطر عمده ای ایجاد می کند . در نتیجه شیوع ویروس کرونا جدید ، اکثر بیمارستانهای دنیا با مشکلات زیادی روبرو هستند تا تعداد زیادی از افراد آلوده را بستری کنند ، و همچنین این ویروس در بین تیمهای پزشکی و پیراپزشکی این بیمارستانها شروع به گسترش کرده است و این می تواند باعث ایجاد خطر برای سلامتی بیماران بستری در بیمارستان ها و کادر درمان باشد. در جهان علاوه بر شیوع این ویروس ، شاهد افزایش چشمگیر تعداد افراد مسن نیز هستیم. تا جایی که براساس گزارش سازمان بهداشت جهانی ، تعداد افراد 60 سال به بالا از 900 میلیون به حدود 2 میلیارد نفر بین سال های 2015 تا 2050 افزایش خواهد یافت. این افزایش قابل توجه در تعداد افراد مسن ، وابستگی شدید ، بیماری های مزمن و معلولیت را افزایش می دهد . علاوه بر این بارهای مالی بزرگی که برای اقتصاد کشورهای مربوطه ، متحمل خواهد شد ، چرا که ، هزینه های بستری در بیمارستان افزایش می یابد .

## ● ضرورت طرح مسئله :

برای کاهش شیوع ویروس و حفظ سلامتی بیماران که نیاز به بستری در بیمارستان دارند ، بستری شدن در خانه یکی از بهترین راه حل های ممکن است. در این مقاله یک سیستم بستری در منزل مبتنی بر اینترنت اشیا (IoT) ، محاسبات مه و رایانش ابری ، که از مهمترین فناوری هایی هستند که به طرز قابل توجهی به توسعه بخش مراقبت های بهداشتی کمک کرده اند ، پیشنهاد شده است. این سیستم ها به بیماران امکان می دهد تا در خانه ها و خانواده های خود ، در مکانی که سلامت بیمار و وضعیت محیط بستری همانند بیمارستان کنترل می شود ، بهبود یابند و تحت معالجه قرار بگیرند تا پزشکان بتوانند از طریق واحد های نظارت و کنترل ، روند بستری شدن در خانه را دنبال کرده و به بیماران و سرپرستان آنها توصیه های لازم را انجام دهند .

با توجه به این افزایش قابل توجه تعداد افراد مسنی که اغلب از بیماری های مزمن رنج می برند و اغلب نیاز به بستری دارند و با شیوع سریع ویروس کرونا (COVID-19) ، ما معتقدیم که بستری در منزل باید توسط دولت ها مورد توجه قرار گیرد تا شیوع این ویروس محدود شود و سلامتی بیماران که نیاز به بستری شدن در بیمارستان را دارند ، حفظ شود.

بستری شدن در منزل یک مدل هوشمند و پیشگامانه از مراقبت های بهداشتی است و یکی از امیدوار کننده ترین خدمات بهداشتی است که هدف آن کاهش درد و رنج بیماران ، به ویژه افراد مسن ، با جلوگیری از در دسر انتقال به مراکز بیمارستانها برای درمان است . و برای آنها این امکان فراهم میشود تا با ماندن در آسایش خانه های خود ، مراقبت مداوم را داشته باشند . این بستری در بیمارستان خانگی ، از دو طریق باعث کاهش بار بیمار است . با توجه به اینکه دریافت معالجه در محیط خانواده از اهمیت بالایی برخوردار است و بر سودمندی دارو تأثیر مثبت می گذارد ، و جنبه دوم جنبه اقتصادی است ، خصوصاً اینکه هزینه بیمارستانها افزایش چشمگیری داشته است ، در حالیکه بستری شدن در منزل هزینه مراقبت های بهداشتی را بسیار کاهش می دهد.

## • کارهای انجام شده قبلی :

در سال های اخیر ، به دلیل توانایی این فناوری ها در ارائه راه حل های سریع ، ایمن و کم هزینه ، از اینترنت اشیا ، محاسبات مه و رایانش ابری برای نظارت بر سلامت بیمار استفاده شده است . به عنوان مثال :

- یک سیستم مراقبت بهداشتی هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا طراحی شده است که اطلاعات بیمار را از حسگرهای مختلف جمع آوری می کند و به پزشک اجازه می دهد تا پارامترهای فیزیولوژیکی بیمار را از راه دور کنترل کند و بیماری ها را به سرعت تشخیص دهد و با ارسال اس ام اس یا ایمیل به موقع ، هشدارها را به سرپرست و پزشک ارائه دهد.

- یک سیستم سلامت الکترونیکی برای نظارت بر سلامت افراد مسن مبتنی بر IoT و Fog طراحی شده است ، بطوریکه ، این سیستم به طور دوره ای پارامترهای فیزیولوژیکی و بهداشت عمومی سالمندان را با استفاده از پلتفرم Mysqls HW V2 و یک برنامه اندرویدی که نقش مه را بازی می کند ، جمع آوری می کند. سرور ، افراد مسن و خانواده های آنها را قادر می سازد تا سلامتی خود را کنترل کرده و با ارائه دهندگان خدمات بهداشتی ارتباط برقرار کنند.

-یک برنامه مبتنی بر اینترنت اشیا ارائه شده است که مزایای مفهوم محاسبه مه را توضیح می دهد . هدف این نرم افزار ارائه نظارت قابل اعتماد ، دقیق و فوری ضربان قلب از طریق دستگاه های پوشیدنی جاسازی شده ، دستگاه های لبه تلفن همراه و سرویس های Cloud است.

-یک برنامه تلفن همراه ، برای نظارت بر قلب بیمار در زمان واقعی ، از طریق سنسور ضربان نبض استفاده شده است ، که نبض بیمار را اندازه گیری می کند و سپس آن را برای ذخیره در یک پایگاه داده از راه دور ارسال می کند. این نرم افزار همچنین در صورت کشف مشکلی در ضربان قلب ، اعلان هایی را به پزشک ارسال می کند. همچنین از یک برنامه کاربردی تلفن همراه برای ایجاد سیستمی برای کنترل علائم حیاتی در محل کار استفاده شد .

-در مورد نظارت بر عوامل محیطی ، بسیاری از مطالعات مورد بحث قرار گرفته است. یک سیستم هوشمند برای نظارت و مدیریت داخلی محیط بر اساس حسگرهای محیطی و رایانش ابری ارائه شده است ، جایی که این سیستم داده های مربوط به گازهای داخلی را جمع آوری می کند و سپس داده های محیطی را در Cloud ذخیره و پردازش می کند و این سیستم کاربران را قادر می سازد تا نظارت کنند اگر کیفیت هوا بیش از حد قانونی است ، از طریق یک سیستم نظارت بر وب ، هشدارها را دریافت کنید.

- در سیستم نظارت بر محیط برای بهینه بودن حرارت داخلی پیشنهاد شده است تا بسته به اینترنت اشیا ، تعادل گرمایی افراد را در محیط های داخلی کشف کند

## • روش پیشنهادی :

این مقاله با هدف کمک به راه حل های جدید و نوآورانه برای توسعه سیستم های مراقبت های بهداشتی با توجه به مشکلاتی که اکثر موسسات بهداشتی در این دوره تجربه کرده اند ، مانند ازدحام و کمبود منابع ، به عنوان یک نتیجه از گسترش سریع ویروس کرونا (COVID-19) از طریق توسعه یک سیستم بستری خانگی کم هزینه ، قابل اعتماد و ایمن بر اساس فن آوری های مهم مدرن ، یعنی اینترنت اشیا ، محاسبات مه و رایانش ابری ارائه گردیده است. این سیستم بیماران را قادر می سازد تا در خانه های خود و بین خانواده های خود بهبود یابند و تحت درمان قرار بگیرند و از خطر ابتلا به ویروس کرونا به خصوص در افراد مسن که اغلب از بیماری های مزمن و ضعف ایمنی رنج می برند ، جلوگیری می کند و ابتلا آنها به این بیماری را دشوار می سازد .

همانطور که در کارهای انجام شده قبلی ، مشاهده کردیم ، مطالعات زیادی بر اساس IoT ، Fog computing و Cloud computing برای نظارت بر سلامت بیمار و نظارت بر عوامل محیطی انجام شده است ، ولی در مورد اینکه بتوان سلامت بیمار و نظارت بر عوامل محیطی را در یکجا ادغام کرد، کاری انجام نگرفته است .

همچنین اکثر این سیستم ها عمدتاً به اینترنت متکی هستند تا داده ها را به Cloud ارسال کنند و وقتی اینترنت قطع می شود ، این سیستم ها بی فایده می شوند و برای این منظور ، ما معتقدیم که این سیستم ها در اکثر کشورهای در حال توسعه اجرا و پذیرفته نخواهند شد ، زیرا این کشورها در همه مناطق زیرساخت خوبی برای اینترنت ندارند. در سیستم بستری در منزل که در این مقاله پیشنهاد شده است ، ما نظارت بر وضعیت سلامت بیماران و نظارت بر عوامل محیطی را در یک سیستم ادغام خواهیم کرد ، زیرا این سیستم به بیماران امکان می دهد در خانه های خود بهبود یابند و از مشکلات و خطرات انتقال به موسسات بهداشتی جلوگیری کنند. با اتکا به محاسبات Fog همراه با Cloud Computing ، مشکل قطعی اینترنت نیز برطرف خواهد شد.

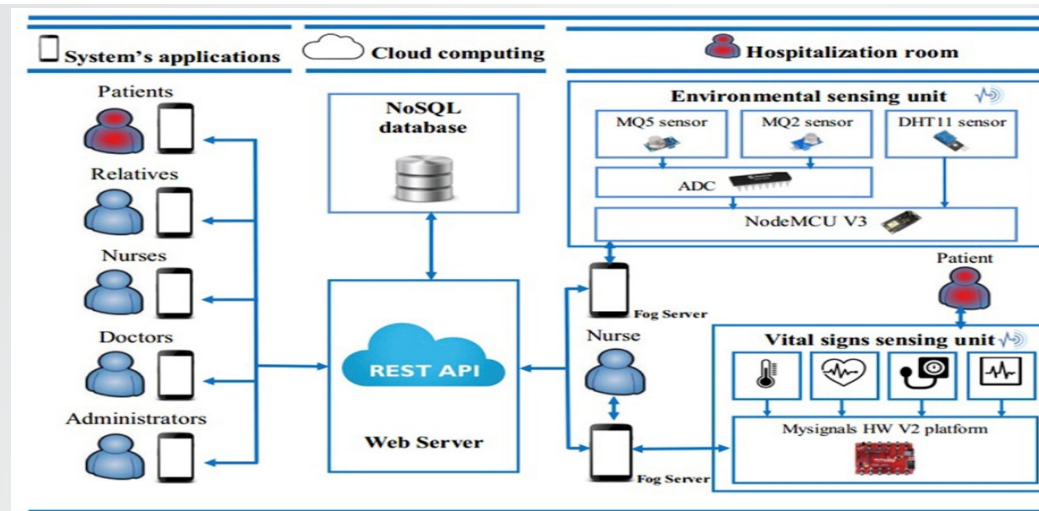
## 2- توضیح راه حل پیشنهادی مقاله برای حل مسئله :

این بخش به دو قسمت تقسیم می شود ، قسمت اول معماری سیستم پیشنهادی و قسمت دوم معماری رایانش ابری مورد استفاده در این سیستم را ارائه می دهد.

### • معماری سیستم پیشنهادی:

در این مقاله ، ما یک سیستم بستری در منزل مبتنی بر اینترنت اشیا ، محاسبات مه و رایانش ابری را پیشنهاد می دهیم ، به موجب آن در این سیستم پیشنهادی ، محیط اتاق بستری علاوه بر نظارت برای کنترل سلامت بیمار از راه دور ، برای اطمینان از روند خوب بستری ، کنترل می شود. شکل 1 معماری این سیستم پیشنهادی را نشان می دهد.





شکل 1. معماری کلی سیستم پیشنهادی بستری در منزل.

در این سیستم پیشنهادی ، محیط اتاق بستری از طریق یک واحد سنجش محیط و یک برنامه کاربردی موبایل که نقش سرور FOG را بازی می کند ، کنترل می شود ، امکان مشاهده و تجزیه و تحلیل عوامل محیطی اتاق بستری را در زمان واقعی فراهم می کند. و همچنین سلامتی بیمار ، از طریق یک واحد سنجش علائم حیاتی و یک برنامه تلفن همراه که نقش سرور مه را بازی می کند و پرستاران را قادر می سازد علائم حیاتی بیماران را اندازه گیری کرده و گزارش های پزشکی را تهیه کنند ، کنترل می شود. این سیستم پیشنهادی همچنین یک برنامه تلفن همراه برای پزشکان فراهم می کند که آنها را قادر می سازد وضعیت محیط اتاقهای بستری در خانه و وضعیت سلامت بیماران را کنترل کنند و توصیه های لازم را به پرستاران و بیماران و بستگان آنها ارائه دهند و یک برنامه تلفن همراه برای بیماران و بستگان آنها فراهم می کند تا پیگیری روند بستری در خانه ، وضعیت محیط اتاقهای بستری و توصیه های پزشکان را دنبال کنند. برای ذخیره سازی داده ها ، ما پایگاه داده NoSQL را به دلیل توانایی آنها در حل مشکلات پایگاه داده رابطه ای مانند مشکل ناهمگنی داده ها و توانایی آن در مقابله با مقادیر زیادی از داده ها ،

انتخاب کردیم ، زیرا دارای مقیاس پذیری عالی و انعطاف پذیری بالا است

## ● نظارت بر محیط اتاق بستری:

در بیمارستان ها ، عوامل محیطی اغلب برای بستری شدن در مناسب هستند ، اما در روند بستری در منزل ، این عوامل می توانند از حد مقادیر ایده آل خارج شوند و بنابراین می توانند بر روند بستری تأثیر بگذارند و همچنین می توانند خطری برای سلامتی و سلامت بیمار باشند. برای این منظور ، ما فکر می کنیم که نظارت بر محیط اتاق بستری در خانه ضروری است. همانطور که در شکل 1 نشان داده شده است ، معماری پیشنهادی نظارت بر محیط اتاق بستری عمدتاً بر اساس واحد سنجش محیط و یک برنامه کاربردی موبایل نصب شده روی دستگاه تبلت ، که نقش یک سرور Fog را بازی می کند، انجام گرفته است .

واحد سنجش محیطی پیشنهادی از سه ماژول برای تشخیص عوامل محیطی تشکیل شده است. ماژول های مورد استفاده ماژول تشخیص دما و رطوبت (سنسور DHT11) ، ماژول تشخیص نشت گاز (سنسور MQ5) و ماژول تشخیص دود (سنسور MQ2) هستند. این سه ماژول شناسایی به برد NodeMCU V3 متصل هستند که مقادیر عوامل محیطی را جمع آوری می کند و سپس آنها را از طریق WiFi به صورت دوره ای به سرور Fog ارسال می کند. ماژول تشخیص دما و رطوبت (DHT 11) مقادیر عددی را برمی گرداند و برای این منظور مستقیماً به برد NodeMCU V3 متصل می شود. ولی ، ماژول تشخیص نشت گاز (سنسور MQ5) و ماژول تشخیص دود (سنسور MQ2) مقادیر آنالوگ را برمی گردانند و برای آن از مبدل آنالوگ / دیجیتال (ADC) برای تبدیل مقادیر این ماژول ها استفاده می کنیم.

سرور Fog داده های ارسالی توسط واحد سنجش محیط را دریافت می کند و سپس آنها را در زمان واقعی نمایش می دهد. همچنین اگر این داده ها در محدوده مقادیر ایده آل باشد یا نه ، آن را تجزیه و تحلیل می کند. اگر این داده ها خارج از محدوده مقادیر ایده آل باشد ، سرور Fog هشدار به همه بازیگران این سیستم در زمان غیر واقعی ارسال می کند ، در غیر این صورت ، این داده ها را به صورت محلی ذخیره می کند و پردازش می کند و سپس از طریق اینترنت از طریق REST API به ابر می فرستد برای ذخیره سازی دائمی و پردازش و تجزیه و تحلیل بیشتر.

## • نظارت بر سلامت بیمار:

در روند بستری شدن در خانه ، سلامت بیمار به طور مداوم کنترل می شود ، یک پرستار سراغ بیمار می رود تا علائم حیاتی را کنترل و ضبط کند و آنها را با داده های قبلی مقایسه کند. دفعات مراجعه ، به برنامه پیشنهادی پزشک بیمار مربوط می شود. از ابزارهای الکترونیکی معمولاً برای اندازه گیری علائم حیاتی بیمار استفاده می شود. این ابزارها به طور کلی بزرگ هستند و به راحتی قابل انتقال نیستند. علائم حیاتی معمولاً به صورت نمودار ثبت می شود که پزشکان معمولاً روزانه در هنگام ویزیت مشاهده می کنند.

در سیستم بستری در منزل که در این مقاله پیشنهاد شده است ، سلامت بیمار تقریباً همانند روش بیمارستانها ، کنترل می شود ، بطوریکه که پرستار طبق برنامه ویزیت ارائه شده توسط پزشک ناظر ، بیمار را ملاقات می کند. در طی این ویزیت ها ، پرستار سلامت بیمار را بررسی می کند ، علائم حیاتی را اندازه گیری می کند و یک گزارش پزشکی تهیه می کند که برای هر ویزیت انجام شده به پزشک ارسال می شود.

روند اندازه گیری علائم حیاتی بیمار از طریق واحد سنجش و یک برنامه تلفن همراه نصب شده روی یک تبلت که نقش Fog server را بازی می کند ، همانطور که در شکل 1 نشان داده شده است ، انجام می شود.

واحد سنجش علائم حیاتی این سیستم پلت فرم MySignals HW V2 است که یک بستر توسعه برای دستگاه های پزشکی و برنامه های بهداشتی است. پلت فرم MySignals HW V2 کاملترین سیستم موجود در بازار است ، زیرا از بسیاری از حسگرهای زیست پزشکی برای اندازه گیری پارامترهای بیومتریک مانند سیگنال های ECG ، فشار خون ، اکسیژن خون ، نبض ، ضربان تنفس و دمای بدن پشتیبانی می کند. اندازه آن کوچک است و می توان آن را به راحتی به خانه بیمار برد تا علائم حیاتی را اندازه گیری کند. پلت فرم MySignals HW V2 برای مدیریت حسگرهای مختلف به میکروکنترلر Atmega 328 (Arduino UNO) متکی است و همچنین به تبلت ها و تلفن های هوشمند امکان ارتباط با آن را از طریق ماژول های داخلی WiFi و BLE می دهد.

فرآیند اندازه گیری علائم حیاتی از طریق پوشیدن حسگرهای علائم حیاتی به بیمار ، برای اندازه گیری انجام می شود. سپس برنامه تلفن همراه نصب شده بر روی تبلت نقش Fog server را بازی می کند و برای اندازه گیری این علائم حیاتی از طریق WiFi با پلتفرم MySignals HW V2 ارتباط برقرار می کند ، همینکه که درخواستی را برای اندازه گیری علائم حیاتی مورد نیاز به سیستم عامل MySignals HW V2 ارسال می شود ، MySignals HW V2 این علائم حیاتی را اندازه گیری می کند و سپس اندازه گیری ها را به برنامه تلفن همراه می فرستد. برنامه تلفن همراه این اندازه گیری ها را تجزیه و تحلیل کرده و به صورت محلی نمایش داده و ذخیره می کند. بر اساس نتایج اندازه گیری ها و برخی سوالات شفاهی که پرستار از بیمار و بستگانش می پرسد ، پرستار گزارش پزشکی را از طریق برنامه تلفن همراه می نویسد و سپس اندازه گیری ها و گزارش را برای ذخیره دائمی و تجزیه و تحلیل بیشتر به Cloud ارسال می کند. از طریق این اندازه گیری ها و گزارش های پزشکی ذخیره شده در Cloud ، پزشک ناظر می تواند از طریق یک برنامه تلفن همراه ، وضعیت سلامتی بیمار را کنترل کرده و توصیه ها و دستورالعمل هایی را به پرستار و بیمار و بستگانش ارائه دهد تا با اطلاع از روند خوب بستری در خانه و مداخله به موقع ، برای اطمینان ، خطری برای سلامتی بیمار وجود نداشته باشد .

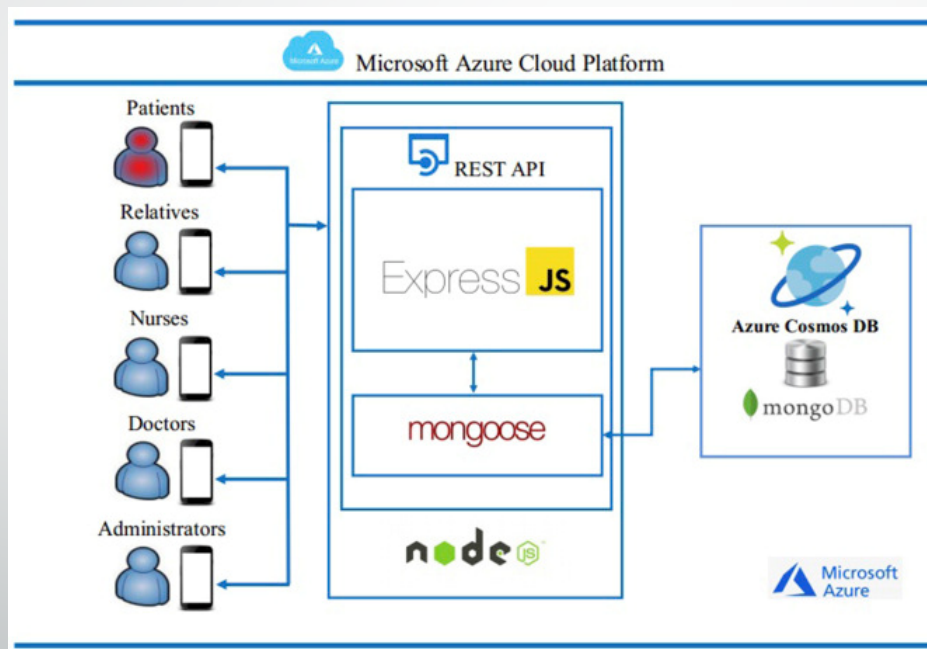
## ● معماری رایانش ابری پیشنهادی:

میزبانی ابری دارای زیرساختی قوی و قابل انعطاف است که امکان گسترش منابع مورد استفاده را به راحتی فراهم می کند و همچنین علاوه بر ایجاد سطح حفاظت بالا ، از دسترسی دائمی داده ها نیز اطمینان می یابد. همچنین میزبانی کم هزینه ای است که در آن هزینه میزبانی در برابر میزان استفاده از منابع Cloud محاسبه می شود ، برخلاف میزبانی سنتی که هزینه آن اغلب از هزینه منابع استفاده شده بیشتر است.

سیستم بستری در منزل که در این مقاله پیشنهاد شده است ، برای میزبانی و ذخیره اطلاعات از Microsoft Azure Cloud Platform استفاده خواهد شد ، که یکی از برجسته ترین سیستم عامل های رایانش ابری است ، شکل 2 معماری Cloud Computing ارائه شده در این سیستم را نشان می دهد.

امنیت و حریم خصوصی نیز در سیستم عامل Azure گنجانده شده است. پلت فرم Microsoft Azure Cloud امکان ذخیره سازی داده ها را با دسترسی آماده فراهم می کند ، و همچنین ، بسته به فعالیت تجاری کاربر امکان افزایش فضای ذخیره سازی در هر زمان را فراهم می کند. همانطور که در مورد خدمات رایانش ابری ، هزینه فقط براساس فضای مصرفی است و بسته به ساعت دسترسی و استفاده از داده کل هزینه محاسبه می شود. همچنین امکان ایجاد برنامه های کاربردی با سیستم عامل های وب و تلفن های همراه و امکان توسعه و پاسخگویی بسیار سریع با توانایی مدیریت برنامه های وب و بررسی و انتشار گسترده آنها به راحتی فراهم می کند.

برای ذخیره اطلاعات در این سیستم پیشنهادی ، ما به Azure Cosmos DB اعتماد کرده ایم ، که یک سرویس پایگاه داده توزیع شده جهانی و چند مدل از میکروسافت است که ذخیره سازی قابل انعطاف و دسترسی سریع به داده ها را با اجرای پروتکل های سیم برای پایگاه های اطلاعاتی NoSQL مشترک از جمله Azure Tables Storage فراهم می کند .



شکل 2. معماری رایانش ابری پیشنهادی.

### 3- نقاط قوت و ضعف مقاله :

در مورد سیستم بستری در منزل که در این مقاله پیشنهاد شده است ، ما معتقدیم که به دلیل حل مشکل زیرساخت اینترنت و کم هزینه بودن ، می توان آن را به راحتی در کشورهای در حال توسعه و کشورهای پیشرفته پیاده سازی و پذیرفت. در این سیستم پیشنهادی ، برای نظارت بر سلامت بیمار به دستگاه سنجش علائم حیاتی احتیاج نداریم ، اما برای هر پرستار به یک دستگاه (واحد سنجش علائم حیاتی) و یک برنامه کاربردی موبایل که نقش ارتباط سرور Fog را دارد ، نیاز داریم . با واحد سنجش علائم حیاتی ، که از طریق آن پرستار علائم حیاتی بیماران را اندازه گیری می کند و گزارش های پزشکی را در هر ویزیت تهیه می کند. این نرم افزار مشکل اتصال به اینترنت را حل می کند ، در این صورت اگر پوشش اینترنت به خانه بیمار نرسد ، این برنامه داده ها را به صورت محلی ذخیره می کند و آنها را به اولین اتصال اینترنت به Cloud ارسال می کند. واحد سنجش محیط نیز با هزینه کم قابل تهیه می باشد . این واحد با شروع هر فرآیند بستری در منزل در اتاق بستری نصب شده و در پایان مراحل بستری برای مراحل دیگر بستری شدن بیمار استفاده می شود این البته هزینه این سیستم را کاهش می دهد. این واحد داده های عوامل محیطی را برای اتاق بستری جمع آوری می کند و از طریق اینترنت از طریق یک برنامه تلفن همراه نصب شده بر روی یک تبلت که نقش سرور Fog را بازی می کند ، آن را به ابر می فرستد. داده ها نیز به صورت محلی در این برنامه ذخیره می شوند. اگر مقدار این عوامل محیطی ، خطری برای بیمار داشته باشد ، بدون نیاز به اتصال به اینترنت از طریق این برنامه (Fog server) به بیمار هشدار داده می شود و همه ناظران بیمار از طریق پیام کوتاه هشدار می یابند. در صورت وجود اتصال اینترنت ، هشدارها از طریق سرور Fog به برنامه های تلفن همراه آنها ارسال می شود. برای ذخیره سازی داده ها ، سیستم عامل های رایانش ابری فضای قابل اتکایی را ایجاد می کنند که امنیت داده ها را با کمترین هزینه حفظ می کند. به همین دلیل ما پلت فرم Microsoft Azure Cloud را برای ذخیره سازی داده ها و میزبانی از برنامه های سیستم پیشنهادی انتخاب کردیم.

## از نقاط ضعف این مقاله میتوان به موارد ذیل اشاره کرد :

- برای سنجش علایم حیاتی بیمار ، نیاز به مراجعه حضوری پرستار بصورت دوره ای می باشد که این امر باعث در معرض خطر بودن پرستار ، در بیماری های ویروسی مانند کرونا ویروس خواهد بود .

- همچنین با این روش ، در صورت بروز مشکل حاد در بیمار امکان رسیدگی آنی (مانند احیا) بدلیل عدم دسترسی سریع به کادر درمان و تجهیزات پیشرفته بیمارستانی ، امکان پذیر نخواهد بود و گاهی مشکلات جبران ناپذیری بوجود خواهد آمد .

- برای اجرای بهینه روش ارائه شده ، باید بستگان بیماران دارای حداقل ترین آشنایی به کاربردهای نرم افزاری و سخت افزای مربوطه ، باشند . که در واقعیت در همه جا ، این ممکن نیست .



## 4- جمع بندی و پیشنهادات برای کارهای آتی :

در این مقاله ، یک سیستم بستری در منزل بر اساس اینترنت اشیا ، محاسبات مه و رایانش ابری پیشنهاد شده است. این سیستم به بیماران این امکان را می دهد تا از طریق واحد سنجش علائم حیاتی و واحدهای سنجش محیطی ، در خانه ها و در کنار خانواده های خود ، بهبود یابند و تحت درمان قرار گیرند. اتاق ها و برنامه های تلفن همراه برای این منظور ایجاد شده است. این سیستم همچنین پزشکان ، بیماران و اعضای خانواده آنها را قادر می سازد تا از طریق برنامه های تلفن همراه خود عملیات بستری را مدیریت و نظارت کنند. سیستم بستری در منزل ارائه شده در این مقاله با هزینه کم ، قابلیت اطمینان و ایمنی علاوه بر توانایی در حل مشکلات فعلی در بیمارستان ها متمایز است ، زیرا می تواند بار قابل توجهی را برای آنها کاهش دهد. این سیستم با توجه به نتایج ارزیابی قابلیت استفاده ، مورد قبول بیماران و پزشکان قرار گرفته است.

به عنوان کارهای آینده ، تغییراتی در این سیستم ایجاد می شود تا آن را متناسب با عملیات قرنطینه ای بیماران ویروس کرونا سازد ، بطوریکه ما برنامه تلفن همراه بیماران را توسعه می دهیم تا آنها را قادر به اندازه گیری علائم حیاتی توسط خود کنند ، و ایجاد ارتباط ویدیویی بین بیماران و پزشکان ناظر آنها از طریق این نرم افزار امکان پذیر باشد . همچنین یک دستبند هوشمند تولید خواهیم کرد که بیماران ویروس کرونا از آن استفاده می کنند. این دستبند دما و نبض بیمار را در زمان واقعی اندازه گیری می کند و برای ذخیره و تجزیه و تحلیل به Cloud می فرستد تا در صورت به هم خوردن وضعیت سلامتی بیمار ، بیمار را به سرعت نجات دهد. این دستبند همچنین مختصات مکان بیمار را از طریق GPS در زمان واقعی به Cloud ارسال می کند تا در صورت نقض قرنطینه توسط بیمار ، تداخل ایجاد کند.

## 5- پیاده سازی :

پیاده سازی روش ارائه شده در این مقاله ، در سه قسمت مجزا توضیح داده می شود .

### ● نظارت بر محیط اتاق بستری:

نظارت بر عوامل محیطی اتاق بستری در بیمارستان خانگی ، با توجه به تأثیر این عوامل بر سلامت بیمار ، بسیار مهم است. برای نظارت بر این عوامل محیطی ، ما یک واحد سنجش محیط زیست مبتنی بر صفحه NodeMCU V3 ایجاد کرده ایم که عوامل محیطی را حس می کند و یک برنامه اندرویدی که نقش سرور Fog را بازی می کند ، این برنامه با صفحه NodeMCU V3 برای جمع آوری داده های عوامل محیطی و سپس پردازش ، تجزیه و تحلیل ، نمایش آنها را در زمان واقعی ، و ذخیره آنها را به صورت محلی ، و ارسال اطلاعات به ابر برای ذخیره سازی دائمی و تجزیه و تحلیل بیشتر، ارتباط برقرار میکند .

واحد سنجش ، دما و رطوبت محیط را ، از طریق سنسور DHT11، دود را از طریق سنسور MQ2 و گاز LPG را از طریق سنسور MQ5 احساس می کند. سنسور MQ2 و سنسور MQ5 سنسور آنالوگ هستند ، برد NodeMCU V3 فقط شامل یک پایه ورودی آنالوگ است ، بنابراین ما برای اتصال این سنسورهای آنالوگ به برد NodeMCU V3 از مبدل دیجیتال آنالوگ MCP3008-I / P استفاده کردیم. سنسور DHT11 یک سنسور دیجیتال است ، بنابراین ما آن را مستقیماً به برد NodeMCU V3 متصل کردیم که دارای 10 پایه GPIO است که می تواند برای عملیات ورودی و خروجی دیجیتال استفاده شود.

برای درک این عوامل محیطی و برقراری ارتباط با برنامه اندروید ، ما اسکریپت ++ C را با استفاده از Arduino IDE برنامه نویسی کرده ایم. این اسکریپت باعث می شود که صفحه NodeMCU V3 به عنوان یک سرور HTTP با استفاده از حالت WiFi Access Point برای ایجاد برنامه اندروید نصب شده روی تبلت و بدون نیاز به اتصال به روتر ، از طریق WiFi با برد NodeMCU V3 ارتباط برقرار کند. در این اسکریپت که توسعه داده ایم ، یک نام و رمز SSID برای دسترسی به صفحه NodeMCU V3 و همچنین نصب آدرس IP آن اختصاص داده شده است. با استفاده از این آدرس IP ، صفحه NodeMCU V3 می تواند صفحات وب و خدمات وب را به همه دستگاه های متصل در شبکه خود ارائه دهد. این اسکریپت عوامل محیطی را که با فرمت JSON مصرف شده توسط برنامه Android ، بطوریکه برنامه Android درخواستهای HTTP را به صفحه NodeMCU V3 ارسال می کند ، برمی گرداند. برد NodeMCU V3 عوامل محیطی را حس کرده و سپس داده های سنجش شده را با فرمت JSON به برنامه Android بازمی گرداند. این البته بعد از اتصال دستگاه تبلتی که برنامه Android روی آن نصب شده است ، با وارد کردن نام و رمز ورود SSID و انجام تنظیمات لازم به NodeMCU WiFi Access Point.

برنامه Android به طور دوره ای عوامل محیطی را جمع آوری کرده و در زمان واقعی نمایش می دهد ، همچنین این عوامل محیطی را به صورت محلی ذخیره می کند و آنها را پردازش و تحلیل می کند. به عنوان مثال ، اگر این عوامل خارج از محدوده عوامل بهداشتی مانند ثبت نشد گاز یا حس دود در اتاق یا افزایش یا کاهش قابل توجه درجه رطوبت یا دمای اتاق باشد ، برنامه Android هشدار صوتی می دهد و همچنین به بستگان بیمار، پزشک ناظر و مدیران سیستم ، هشدار ارسال می کند . این هشدار اعلانی است که برای هرکدام ، از طریق برنامه های خود ارسال می شود . اگر این عوامل خطر واقعی برای سلامتی بیمار باشد، علاوه بر هشدارها یک پیام کوتاه در آن لحظه ارسال میشود تا برای نجات بیمار مداخله کنند.

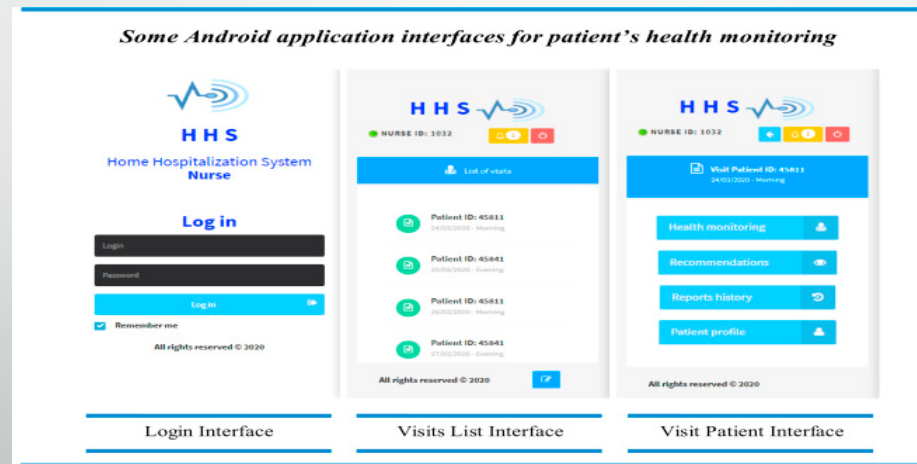
برنامه اندروید همچنین داده های زیست محیطی را برای ذخیره دائمی و تجزیه و تحلیل بیشتر به Cloud ارسال می کند و همچنین این داده ها برای مدت زمان مشخصی به صورت محلی ذخیره می شوند تا اگر برنامه قادر به ارسال داده ها به Cloud نباشد ، به نمایش در می آید. در ابتدا ، ایده ما این بود که برد NodeMCU V3 داده های سنجیده شده را مستقیماً از طریق اینترنت به ابر ارسال کند و از طریق برنامه های تلفن همراه ، این داده ها قابل دسترسی خواهند بود ، اما ما عقب نشینی کردیم زیرا این کار باعث افزایش هزینه سیستم می شود برای اتصال برد NodeMCU V3 به اینترنت به یک روتر نیاز دارد. علاوه بر این ، در بسیاری از مناطق ، به ویژه در کشورهای در حال توسعه ، هیچ اتصال به اینترنت وجود ندارد ، و حتی در صورت وجود ، سرعت اینترنت اغلب کم است ، بنابراین ما تصمیم گرفتیم به یک برنامه اندروید نصب شده در یک دستگاه تبلت که نقش مهمی دارد اعتماد کنیم. از یک سرور Fog برای جمع آوری این داده ها و ارسال آن به Cloud از طریق 3G / 4G. حتی اگر برنامه Android نتواند این داده ها را به Cloud ارسال کند ، داده ها را به صورت محلی ذخیره می کند و اگر عوامل محیطی از طریق این برنامه خطری برای بیمار باشد ، به بیمار هشدار می دهد و سپس ناظران بیمار از طریق پیام کوتاه هشدار می یابند.

شکل 3 (a) رابط های برنامه Android را نشان می دهد که شامل تنظیماتی مانند شناسه واحد سنسور محیط است و محدوده ایده آل برای عوامل محیطی و شماره تلفن های سرپرست بیمار نیز در آن وارد می شود. شکل 3 (b) رابط های برنامه Android را نشان می دهد که به نمایش اندازه گیری عوامل محیطی اتاق بستری اختصاص دارد.

## ● نظارت بر سلامت بیمار:

نظارت بر سلامت بیمار در این سیستم پیشنهادی توسط پرستاری انجام می شود که به طور دوره ای وی را طبق برنامه تعیین شده توسط پزشک ناظر برای اندازه گیری علائم حیاتی و تهیه گزارش پزشکی که در هر مراجعه به پزشک ارسال می شود ، ویزیت می کند. روند اندازه گیری علائم حیاتی بیمار و نوشتن گزارش پزشکی از طریق یک برنامه اندرویدی نصب شده بر روی دستگاه تبلت انجام می شود.

شکل 4 برخی از رابط های این برنامه را نشان می دهد ، جایی که پرستار می تواند پس از ورود به سیستم با وارد کردن رمز ورود ، برنامه ویزیت برای تمام بیماران مورد ویزیت را مشاهده کند. پس از آن ، پرستار ویزیت مربوطه را برای انجام روند نظارت بر سلامت (اندازه گیری علائم حیاتی بیمار و تهیه گزارش پزشکی) انتخاب می کند. پرستار همچنین می تواند گزارش ملاقات های قبلی ، توصیه های پزشک ناظر و پروفایل بیمار را مشاهده کند.



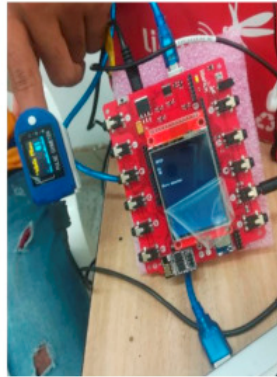
شکل 4. برخی از رابط های برنامه Android برای نظارت بر سلامت بیمار

علائم حیاتی بیمار از طریق این برنامه اندرویدی که نقش Fog Server را بازی می کند و واحد سنجش علائم حیاتی که بستر MySignals HWV2 در این سیستم است ، اندازه گیری می شود.

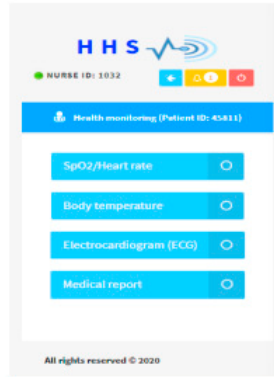
در این سیستم ، SpO2 ، ضربان قلب ، دمای بدن و الکتروکاردیوگرام (ECG) اندازه گیری می شود. این سیستم می تواند برای اندازه گیری سایر داده های بیمار مانند airflw ، فشار خون ، قند خون ، پاسخ پوست گالوانیک و الکترومیوگرافی (EMG) گسترش یابد. یک اسکریپت C ++ با استفاده از محیط توسعه یکپارچه Arduino IDE برنامه ریزی شده است تا پلتفرم Mysignals HW V3 قادر به اندازه گیری این علائم حیاتی و ارسال آنها به برنامه Android از طریق اتصال WiFi باشد.

شکل 5 (a) روند اندازه گیری SpO2 و ضربان قلب را نشان می دهد ، جایی که سنسور بر روی فیبر شاخص بیمار قرار می گیرد و از طریق برنامه Android ، درخواست اندازه گیری SpO2 و ضربان قلب به MySignals HW V2 ارسال می شود. این سیستم عامل SpO2 و ضربان قلب را اندازه گیری می کند و سپس اندازه گیری ها را به برنامه Android می فرستد تا قبل از ارسال به Cloud به صورت محلی ذخیره کند. در مورد اندازه گیری درجه حرارت بدن بیمار ، سنسور بر روی فیبر شاخص یا روی بخشی که دما اندازه گیری می شود ، قرار می گیرد و از طریق برنامه اندروید درخواست اندازه گیری درجه حرارت بدن به سیستم عامل MySignals HW V2 ارسال می شود. این سیستم عامل دمای بدن را اندازه گیری می کند و سپس اندازه گیری ها را به برنامه Android می فرستد تا قبل از ارسال به Cloud بصورت محلی ذخیره شود ، همانطور که در شکل 5 (ب) نشان داده شده است.

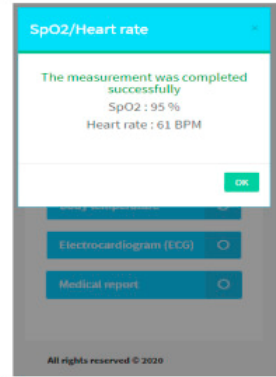
**(a) Measurement process of SpO2 and heart rate**



SpO2/Heart Rate Sensor

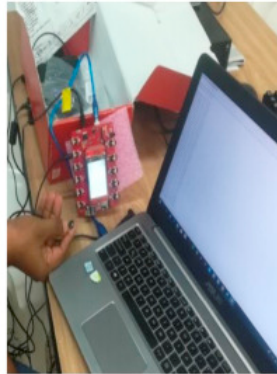


Health Monitoring Interface

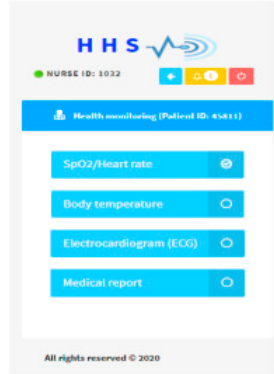


Measurement Interface

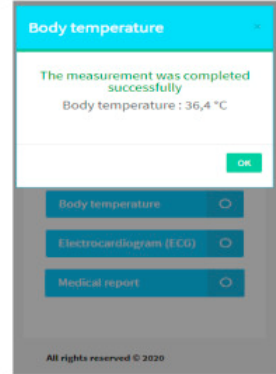
**(b) Measurement process of body temperature**



Body Temperature Sensor



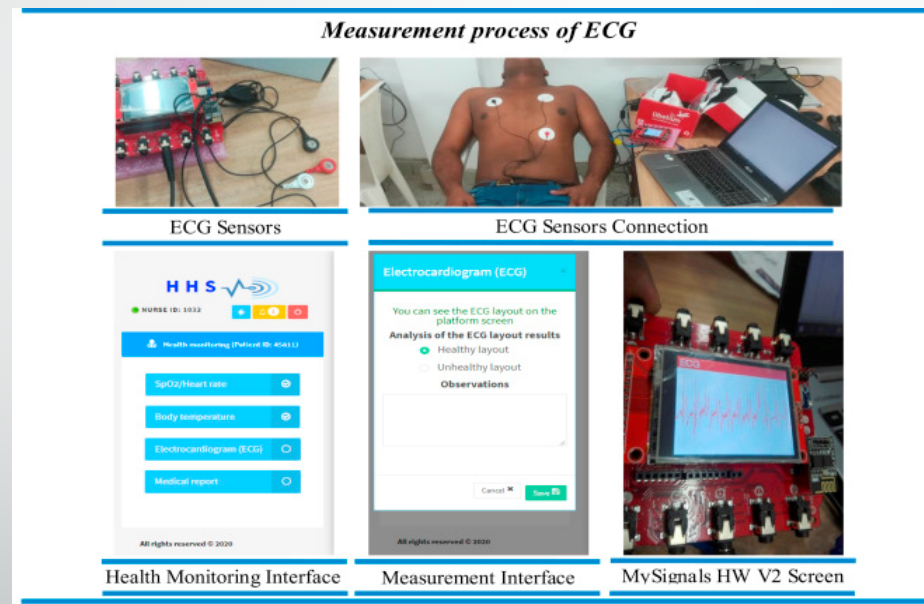
Health Monitoring Interface



Measurement Interface

شکل 5. روند اندازه گیری SpO2 ، ضربان قلب و دمای بدن.

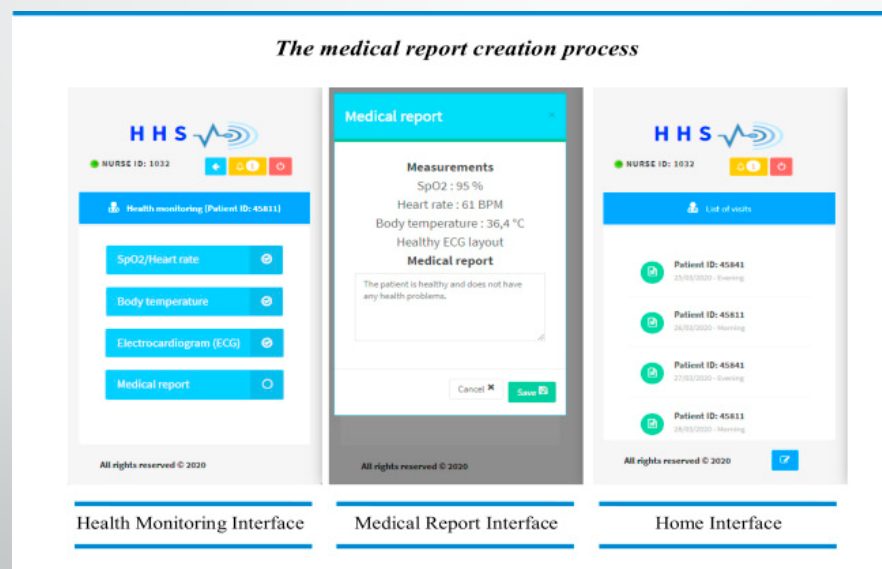
در مورد الکتروکاردیوگرام (نوار قلب) ، شکل 6 روند اندازه گیری آن را نشان می دهد که در آن سنسورها به قفسه سینه بیمار متصل می شوند و از طریق برنامه اندروید ، درخواست اندازه گیری نوار قلب به پلتفرم MySignals HW V2 ارسال می شود ، این پلت فرم ECG را اندازه گیری می کند و داده ها را در زمان واقعی بر روی صفحه خود تجسم می کند و از طریق برنامه Android برای ارزیابی نتایج اندازه گیری ECG به دست می آید.



شکل 6. روند اندازه گیری نوار قلب.



پس از انجام مراحل اندازه گیری علائم حیاتی بیمار ، پرستار گزارش پزشکی را همانطور که در شکل 7 نشان داده شده آماده و ذخیره می کند ، پس از ذخیره گزارش پزشکی ، این برنامه اندرویدی این ویزیت را از لیست ویزیت پرستار حذف می کند و اندازه گیری ها و گزارش پزشکی را رمزگذاری می کند و آنها را برای ذخیره سازی دائمی و تجزیه و تحلیل بیشتر از طریق REST API از طریق اینترنت به Cloud ارسال می کند. اگر اتصال اینترنتی وجود نداشته باشد ، این داده ها به صورت محلی ذخیره می شوند و به صورت خودکار با اتصال به اینترنت به Cloud ارسال می شوند.



شکل 7. روند ایجاد گزارش پزشکی.

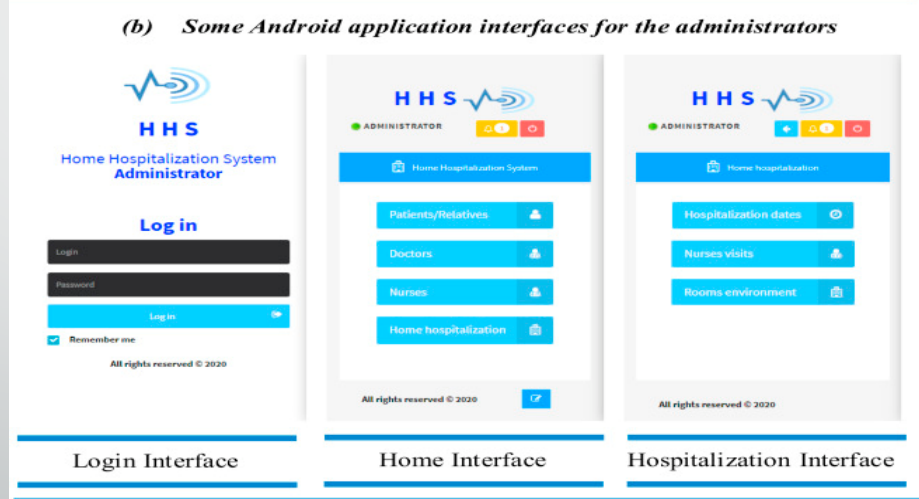
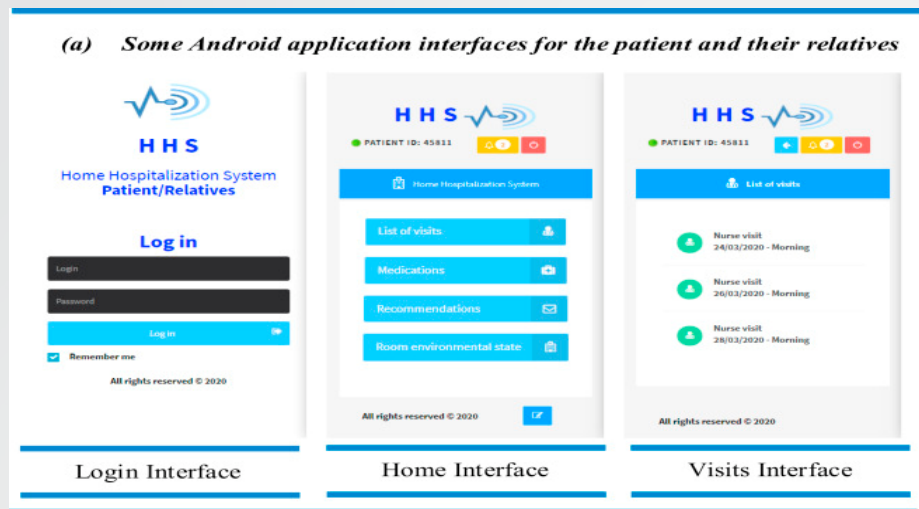
## ● برنامه های سیستم بستری در منزل:

در سیستم بستری در منزل که در این مقاله پیشنهاد شده است ، چهار گروه بازیگر وجود دارد که عبارتند از پزشکان و پرستاران ، بیماران و نزدیکان آنها و مدیران سیستم. هر یک از آنها از طریق برنامه اندروید خود نقش خاصی را در این سیستم بازی می کنند. در بخش قبلی ، ما برنامه اندروید پرستاران را ارائه کردیم که به آنها امکان می دهد علائم حیاتی بیماران را اندازه گیری کرده و گزارش های پزشکی را تهیه کنند. در این بخش ، ما برنامه های Android را برای پزشکان ، بیماران و نزدیکان آنها و مدیران سیستم ارائه خواهیم داد. React Native برای توسعه برنامه های مختلف این سیستم استفاده شده است. این یک چارچوب برنامه منبع باز تلفن همراه است که توسط فیس بوک ایجاد شده است و برای توسعه برنامه های Android و iOS با استفاده از ReactJS استفاده می شود و به توسعه دهندگان این امکان را می دهد تا از تمام عملکردهای بومی این سیستم عامل ها استفاده کنند.



شکل 8. برخی از رابط های برنامه اندروید برای پزشکان.

شکل 8 برخی از رابط های برنامه اندروید را برای پزشکان نشان می دهد ، بطوریکه پس از ورود به سیستم ، هر پزشک می تواند وضعیت بیماران را مشاهده کند و وضعیت محیط اتاق های بستری را دنبال کند (شکل 8 (a)) ، و وضعیت سلامتی بیماران توسط مشاهده اندازه گیری ها و گزارش پزشکی برای هر بیمار (شکل 8 (ب)). از طریق این برنامه اندروید ، پزشک همچنین داروهای هر بیمار را کنترل می کند ، همچنین زمان مصرف هر نوع دارو را تعیین می کند ، علاوه بر این توصیه هایی به بیماران و بستگان آنها برای اطمینان از روند خوب بستری در بیمارستان خانگی ارائه می دهد. این نرم افزار اندروید همچنین اعلان هایی را به پزشکان هنگام افزودن گزارش پزشکی برای یکی از بیماران و یا شرایط محیطی هر اتاق بستری برای سلامتی بیمار ایجاد می کند.



شکل 9. برخی از رابط های برنامه اندروید برای بیمار و بستگان آنها و سرپرستان

9 (الف) برخی از رابط های برنامه اندروید را برای بیماران و بستگان آنها نشان می دهد ، بطوریکه بیمار یا یکی از اعضای بستگان وی پس از ورود به سیستم می تواند لیست بازدیدهایی را که پرستار برای پیگیری سلامتی بیمار انجام می دهد ، مشاهده کند. همچنین لیست داروهای بیمار و زمان مصرف هر نوع از آنها ، توصیه های پزشک ناظر و شرایط محیطی اتاق بستری در خانه را نیز می توانند مشاهده کنند . این برنامه اندرویدی همچنین در هنگام نزدیک شدن به زمان ویزیت پرستار ، نزدیک شدن به تاریخ مصرف داروها ، هنگامی که پزشک ناظر توصیه ای را ارسال می کند یا شرایط محیطی اتاق بستری در معرض سلامتی بیمار ، اعلان هایی را ارائه می دهد.

شکل 9 (ب) برخی از رابط های برنامه اندروید را برای مدیران سیستم نشان می دهد ، بطوریکه این برنامه Android به آنها امکان می دهد علاوه بر مدیریت مراحل بستری در خانه ، حساب های بیمار و بستگانشان را مدیریت کنند ، حساب های پزشکان را مدیریت کنند و حساب های پرستاران را نیز مدیریت کنند. تاریخ شروع و پایان هر روند بستری برای هر بیمار تعیین می شود ، و برنامه ریزی ویزیت پرستاران از بیماران و مدیریت واحدهای سنجش محیط برای هر اتاق بستری در خانه با اضافه کردن شناسه و کد PIN برای هر محیط انجام می شود. واحد سنجش و پیوند دادن آن با حساب بیمار و تعیین مقادیر ایده آل برای هر عامل محیطی. این برنامه اندرویدی همچنین امکان پیگیری عوامل محیطی هر اتاق بستری در اتاق و دریافت اطلاعاتی در صورت ایجاد خطر برای سلامتی بیمار را فراهم می کند