مقاله پژوهشی

مجله انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی
مرکز تحقیقات انفورماتیک پزشکی
دوره هشتم شماره سوم. ص ۳۳۷-۳۲۶، ۱۴۰۰

توسعه مدل پیش‌بینی حمله قلبی در بستر محاسبات مه

علی گل‌کار[۱]، راضیه ملک حسینی[۲]، کیوان رحیمی زاده[۳]*، آزیتا یزدانی[۴]، امین بهشتی[۵]

• دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۶/۳۰ • پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۸/۱۹

مقدمه: مطالعات مختلف مزایای استفاده از محاسبات توزیع شده مه برای شبکه‌های اینترنت اشیاء را به اثبات رسانده‌اند؛ زیرا قابلیت‌های رایانش ابری همچون محا سبات، ذخیره سازی و پردازش را به گره‌های اینترنت ا شیاء نزدیک‌تر کرده ا ست. الگوی جدید محا سبات مه و محا سبات لبه با نزدیک کردن منابع به کاربران در مقایسه با محا سبات ابری، تأخیر کمتری برای پردازش داده‌ها ارائه داده ا ست که این امر برای کاربردهای حساس به تأخیر همچون حوزه مراقبت سلامت از راه دور ضروری است و ارائه خدمات قابل اعتمادتر را فراهم می‌کند. در این پژوهش جهت پایش وضعیت بیماران قلبی یک سیستم مبتنی بر مه ارائه شده است.

روش: این پژوهش از نوع توسعه‌ای- کاربردی است. به منظور ارزیابی، از مجموعه داده بیماران عروق کرونر قلبی موجود در مخزن داده یادگیری ماشین دانشگاه ارواین استفاده شد. در این سیستم، هر یک از علامت‌های بیمار قلبی بر اساس محدوده نرمال در لایه مه ارزیابی و وخامت حال بیمار بررسی می‌گردد. در این لایه، تقاضاها بر اساس تعداد علائمی که خارج از محدوده نرمال هستند، اولویت‌بندی می‌شوند. کارایی سیستم پیشنهادی از نظر مصرف پهنای باند، تأخیر و زمان پاسخ مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج: سیستم ارائه شده در این پژوهش منجر به بهبود پهنای باند به میزان ۲۳/۷۷٪، کاهش زمان تأخیر به میزان ۲۳/۷۱٪ و بهبود زمان پاسخ به میزان ۳۲/۹۵٪ گردید.

نتیجه‌گیری: بهره‌گیری از صف اولویت به منظور اولویت‌بندی تقاضاها در لایه مه، زمان پاسخ‌دهی به درخواست‌های اورژانسی را کاهش می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: محاسبات مه، اینترنت اشیاء، نظارت از راه دور، محاسبات ابری

• **ارجاع:** گل‌کار علی، ملک حسینی راضیه، رحیمی زاده کیوان، یزدانی آزیتا، بهشتی امین. توسعه مدل پیش‌بینی حمله قلبی در بستر محاسبات مه. مجله انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی ۱۴۰۰؛ ۸(۳): ۳۷-۳۲۶.

۱. دکترای مهندسی کامپیوتر، گروه مهندسی کامپیوتر، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران

۲. دکترای مهندسی کامپیوتر، استادیار، گروه مهندسی کامپیوتر، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران

۳. دکترای مهندسی کامپیوتر، استادیار، گروه مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران

۴. دکترای انفورماتیک پزشکی، استادیار، مرکز تحقیقات مدیریت سلامت و منابع انسانی، دانشکده مدیریت و اطلاع‌رسانی پزشکی، مرکز تحقیقات آموزش بالینی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

۵. دکترای مهندسی کامپیوتر، استاد، گروه محاسبات، دانشکده علوم و مهندسی، دانشگاه مک کوئری، سیدنی، استرالیا

*** نویسنده مسئول:** کیوان رحیمی زاده

آدرس: کهگیلویه و بویراحمد، یاسوج خیابان دانشجو، دانشگاه یاسوج

• **شماره تماس:** ۰۷۴۳۱۰۰۵۰۱۲ • **Email:** RahimiZadeh@yu.ac.ir

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-01]

مقدمه

محاسبات مه یک زیرساخت توزیع شده است که در آن داده‌ها، محاسبات، ذخیره‌سازی و برنامه‌های کاربردی در محلی بین دستگاه‌های تولیدکننده داده و ابر پراکنده شده‌اند [۱]. محاسبات مه تلفیقی از مفاهیم رایانش ابری (مجازی‌سازی، هایپرویژن و رمزگذاری) به همراه حداقل امکانات پردازشی، حافظه و شبکه جهت کاربران پایانی می‌باشد. هدف محاسبات مه، انتقال پردازش برخی از برنامه‌های حساس به تأخیر به لبه شبکه است. در محاسبات مه، سرویس‌های تحلیلی پایه به لبه شبکه منتقل می‌شوند که منجر به نزدیک‌تر شدن منابع رایانش به محل‌های مورد نیاز و افزایش کارایی سیستم‌ها می‌شود. مه را می‌توان به عنوان «یک ابر سبک وزن که امکانات زیادی را در مجاورت دستگاه هوشمند کاربران فراهم می‌کند» توصیف کرد [۲]. با استفاده از محاسبات مه برخی از چالش‌های رایانش ابری همچون آگاهی از مکان، قابلیت اطمینان و تأخیر در شبکه حل می‌شوند. محاسبات مه به پزشکان اجازه می‌دهد تا در موارد اضطراری انتخاب‌های هوشمندانه انجام دهند [۳]. محاسبات مه در سیستم نظارت از راه دور بیمار، مفهوم جدیدی است و مزایای زیادی نسبت به ابر را در پی داشته است از جمله:

- در محاسبت مه، پردازش و تحلیل داده‌ها به جای ابر، به صورت محلی انجام می‌شود. این امر ضمن کاهش مصرف پهنای باند، منجر به کاهش هزینه‌ها نیز می‌شود [۴].
- از مزیت‌های پردازش محلی داده‌ها، کاهش تأخیر در زمان انتقال می‌باشد، پردازش محلی داده‌ها در موارد حساس به تأخیر راه‌حلی مطمئن است [۵].
- با اضافه شدن لایه مه، بسیاری از داده‌های بیماران به جای ارسال بر روی بستر انتقال، به صورت محلی تجزیه و تحلیل می‌شوند که باعث افزایش حریم خصوصی بیماران می‌گردد [۶]. محاسبات مه با کاهش تأخیر در مقایسه با برنامه‌های مبتنی بر ابر، به ایمن‌سازی داده‌های محرمانه کمک می‌کند [۱].

در سال‌های اخیر، استفاده از تلفن‌های هوشمند و تبلت‌ها در برنامه‌های پایش سلامت افزایش یافته است. در مدل‌های پایش سلامت مبتنی بر محاسبات مه، این دستگاه‌ها به عنوان سرورهای مه استفاده می‌شوند [۷]. داده‌های بیماران در گره‌های مه با قدرت پردازش بالا انجام می‌شود و باعث کاهش تأخیر و زمان پاسخ می‌شود؛ زیرا سرور مه نسبت به سرور ابر به دستگاه‌های اینترنت اشیاء نزدیک‌تر است. به دلیل توانایی بالای فناوری‌های اینترنت اشیاء، محاسبات مه و محاسبات ابری، در ارائه راه‌حل‌های سریع، ایمن و کم هزینه، شاهد رشد چشمگیر در به کارگیری از آن‌ها برای نظارت بر سلامت بیمار هستیم [۸]. در پژوهش Kakria و همکاران [۹]، یک سیستم مراقبت بهداشتی هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء طراحی شده است که اطلاعات بیمار را از حسگرهای مختلف جمع‌آوری می‌کند و به پزشک اجازه می‌دهد تا پارامترهای فیزیولوژیکی بیمار را از راه دور کنترل کند. در پژوهش Kim و همکاران [۱۰] یک سیستم سلامت الکترونیکی برای نظارت بر سلامت افراد مسن مبتنی بر اینترنت اشیاء و محاسبه مه توسعه داده شده است، جایی که این سیستم به طور دوره‌ای پارامترهای فیزیولوژیکی و بهداشت عمومی سالمندان را با استفاده از پلتفرم Mysignals HW V2 و یک برنامه اندرویدی که نقش مه را بازی می‌کند، جمع‌آوری می‌کند. این پلتفرم افراد مسن و خانواده‌های آن‌ها را قادر می‌سازد تا سلامتی خود را کنترل کرده و با ارائه‌دهندگان خدمات بهداشتی ارتباط برقرار کنند. در پژوهش Ali و همکاران [۱۱] یک برنامه تلفن همراه برای نظارت بر ضربان قلب بیمار در زمان واقعی استفاده شد که نبض بیمار را اندازه‌گیری می‌کند و سپس آن را برای ذخیره در یک پایگاه داده از راه دور ارسال می‌کند. این نرم‌افزار همچنین در صورت کشف مشکل در ضربان قلب، اعلان‌هایی را برای پزشک ارسال می‌کند. در پژوهش Mahmud و همکاران [۱۲] چارچوبی ارائه شده که تجزیه و تحلیل و تجسم داده‌ها را برای پیش‌بینی شوک‌های سلامتی بر اساس مجموعه داده‌های بهداشتی از پیش تعریف شده امکان‌پذیر می‌کند. این چارچوب مبتنی بر بستر رایانش ابری است. این سرویس شامل خدمات وب آمازون، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (Geographic Information System(GIS و روش خلاصه‌سازی مبتنی بر قاعده فازی است. این چارچوب می‌تواند شوک‌های سلامت را با تفسیرپذیری و دقت بالا با استفاده از یک مدل داده طبقه‌بندی کند. در مطالعه Zhang و همکاران [۱۳] با هدف اطمینان از خدمات بهداشتی مناسب و کارآمد، سیستمی بیمار محور به نام Health-CPS ارائه شده است. این سیستم مبتنی بر رایانش ابری و تجزیه‌وتحلیل داده‌های بزرگ می‌باشد و وظیفه حل مسائل مربوط به داده‌های بزرگ مربوط به برنامه‌های بهداشتی را بر عهده دارد. این سیستم از چندین لایه مانند لایه جمع‌آوری داده، لایه مدیریت داده و لایه سرویس تشکیل شده است. در پژوهش Fazio و همکاران [۱۴] یک سیستم الکترونیکی نظارت از راه

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-01]

دور بیمار بر بستر ابری به نام FIWARE طراحی شده است. هدف این سیستم کمک به بیماران و بهینه‌سازی مسئولیت‌های متخصصان پزشکی است. ارتباط لایه ابر FIWARE با سیستم پایش سلامت بیمار از راه دور، مقیاس‌پذیری، ماژولار بودن و انعطاف‌پذیری را بهبود داده است. در پژوهش Jindal همکاران [۱۵] تکنیکی را برای محاسبه ضربان قلب با استفاده از حسگرهای تعبیه شده تلفن هوشمند و سیگنال‌های فوتوپلتیسموگرام PPG(Photoplethysmography) ارائه شده است. بر اساس این تکنیک پردازش سیگنال‌های فوتوپلتیسموگرام با بهره‌گیری از تکنیک‌های یادگیری عمیق و طبقه‌بندی بر روی سرور ابر برای تخمین ضربان قلب انجام می‌شود. در مطالعه Gia و همکاران [۳]. یک سیستم نظارت بر سلامت مبتنی بر مه ارائه شده است که می‌تواند نظارت از راه دور از بیماران قلبی را با هزینه کم فراهم کند. این سیستم با استفاده از سنسورهای الکتروکاردیوگرام، تعداد تنفس و دمای بدن، داده‌های بیماران را جمع‌آوری و ارسال می‌کند. هدف اصلی در این مطالعه ارائه یک سیستم پایش سلامت برای بیماران قلبی می‌باشد. این سیستم بر روی شناسایی به موقع عارضه‌هایی که می‌توانند منجر به مشکلات قلبی در بیماران شوند متمرکز می‌باشد، زیرا تشخیص به موقع و پیشگیری از عوامل زمینه‌ساز در بیماری‌های قلبی می‌توانند در کاهش تعداد موارد مرگ تأثیرگذار باشد. تاکنون مطالعات زیادی در زمینه ایجاد سیستم‌های پایش سلامت صورت گرفته است که بیشتر آن‌ها با نظارت بر علائم حیاتی بیماران از طریق حسگرهای پوشیدنی، سعی در کمک به بیماران دارند. مطالعات دیگری نیز بر روی مواردی همچون انتقال داده و یکپارچه‌سازی، انجام گرفته است [۵]. هدف این مطالعه سیستم پایش سلامت بیماران قلبی مبتنی بر محاسبات مه است. این سیستم با پیش‌بینی زودهنگام، نظارت مستمر برای حالت‌های مشکوک و اطمینان از ارسال وضعیت های اورژانسی بیمار، به گروه مراقبت درمان کمک می‌کند.

روش

این پژوهش از نوع توسعه‌ای- کاربردی است. در این قسمت ابتدا لایه‌های معماری ارائه شده تشریح می‌گردد. سپس ویژگی‌های مجموعه داده مورد استفاده در ارزیابی مدل شرح داده می‌شود:

الف) معماری سیستم پیشنهادی از سه قسمت اصلی تشکیل شده است: لایه جمع‌آوری داده‌ها، لایه مه جهت پردازش داده‌ها و لایه ابر به عنوان مخزن پایگاه دانش. شکل ۱ جریان داده‌ها را در مدل پیشنهادی نشان می‌دهد. در این مطالعه، از قابلیت‌های برد رزبری پای (Raspberry Pi) به عنوان سرور مه جهت دریافت و پردازش داده‌های ارسال شده توسط سنسورها استفاده شد. برد رزبری پای یک سیستم تعبیه شده است که در پروژه‌های اینترنت اشیاء بسیار کاربردی است. جدول ۱ دربردارنده مشخصات برد رزپری پای مورد استفاده در این پژوهش است.

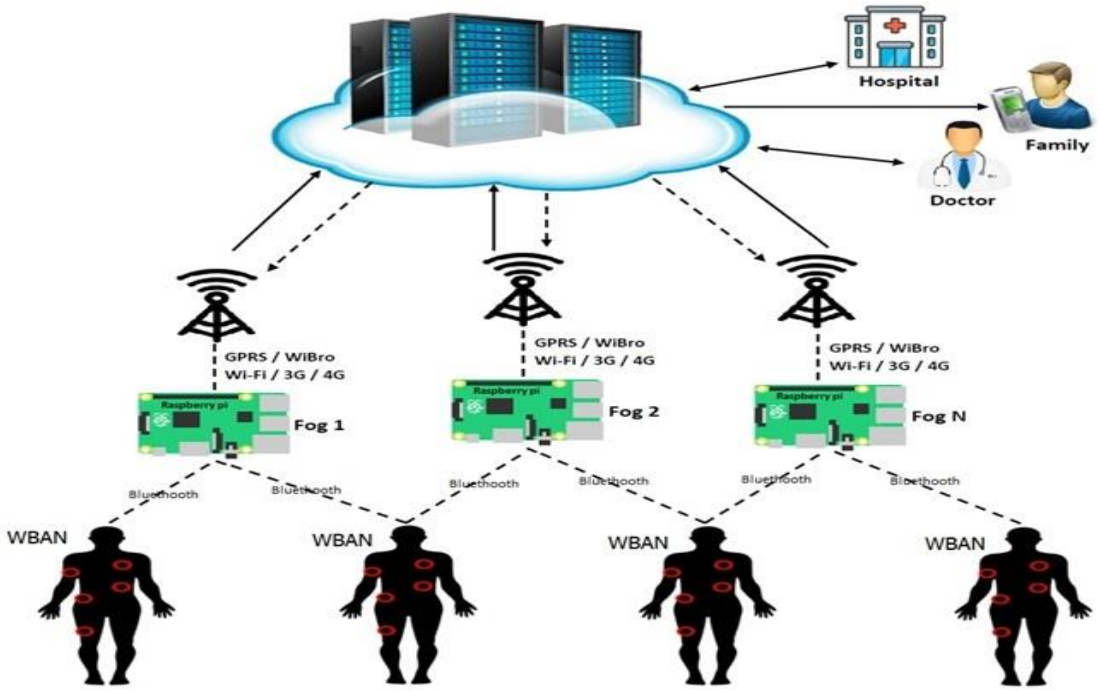
جدول ۱: جزئیات پیکربندی سرور مه

Device type	CPU GHz	RAM (GB)	Bluetooth	Wi-Fi
Raspberry PI 3 B+	1.4GHz	1GB LPDDR2 SDRAM	4.2, BLE	2/4GHz and 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac wireless LAN

در مدل پیشنهادی، سنسورها، داده‌های بیمار را جمع‌آوری و به سرور مه ارسال خواهند کرد. داده‌های ارسال شده توسط سنسورها در زمان واقعی، در گره‌های مه ذخیره می‌شوند که از آن به عنوان ذخیره محلی یاد می‌شود. مجاورت فیزیکی لایه مه با شبکه سنسورهای نصب شده روی بدن، امکان می‌دهد تا نیازهای مراقبت‌های بهداشتی اینترنت اشیاء برآورده شوند. در لایه مه، فرآیند ارزیابی داده‌های دریافت شده از سنسورها انجام می‌گیرد بر اساس این فرآیند، داده‌ها با محدوده مقادیر طبیعی از پیش تعیین شده توسط پزشکان مقایسه می‌شوند. در این مطالعه، دامنه مقادیر طبیعی به عنوان آستانه در نظر گرفته می‌شوند و در صورت نقض آستانه، داده‌ها برای بررسی به ابر ارسال می‌شوند. داده‌ها بر روی ابر با استفاده از سیستم تصمیم یار بالینی قلب بررسی خواهند شد و نتیجه با کمترین تأخیر برای گروه مراقبت سلامت، بیمار و خانواده بیمار ارسال می‌گردد. در بیماری‌هایی همچون بیماری قلبی که ممکن است وضعیت بیمار اورژانسی باشد، لازم است که به تقاضاها در کمترین زمان ممکن یا در زمان واقعی پاسخ داده شود. در سیستم توسعه داده شده در این مطالعه، داده‌های ارسال شده توسط سنسورها به عنوان یک تقاضا

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-01]

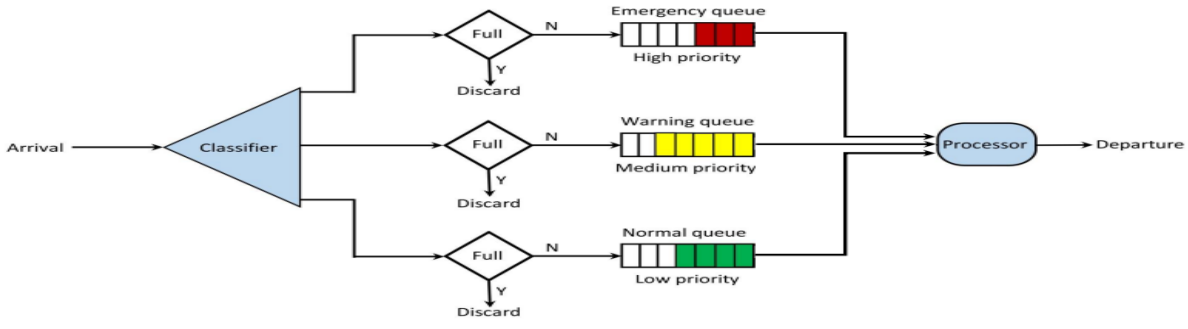
در نظر گرفته شده که هر تقاضا شامل علائم مختلف حیاتی بیمار خواهد بود که به طور مداوم توسط حسگرها جمع‌آوری و به گره مه ارسال می‌شوند. در واقع هر تقاضا شامل تعدادی علامت است که توسط سنسورها اندازه‌گیری شده‌اند.



شکل ۱: معماری سیستم ارائه شده

در لایه مه، هر تقاضا بر اساس علامت‌هایی که توسط سنسورها اندازه گیری شده‌اند، تجزیه و تحلیل می‌شوند. هر علامت با مقدار نرمال از پیش تعریف شده برای آن علامت مقایسه شده و در صورتی که خارج از محدوده نرمال باشد برای ارزیابی دقیق‌تر به سرور ابر ارسال می‌گردد. سرور ابر وظیفه دارد تقاضاهایی که حاوی علائم غیرطبیعی هستند را به کمک سیستم تصمیم‌یار بالینی موجود بر روی لایه ابر ارزیابی و نتیجه را به گروه مراقبت سلامت گزارش دهد. در زمان ارسال تقاضا به ابر، ممکن است برخی از تقاضاها در وضعیت اورژانسی قرار داشته و نیازمند دریافت سریع‌تر خدمات پزشکی باشند. در این مطالعه بر اساس تعداد علائم غیر نرمال هر تقاضا، میزان اورژانسی بودن وضعیت بیمار تخمین زده شده و در اولویت ارسال به ابر قرار می‌گیرد. به عبارتی، تقاضایی که علائم غیرنرمال بیشتری داشته باشد، اولویت بالاتری جهت ارسال به ابر خواهد داشت.

در این مطالعه درخواست‌های بیماران در سه کلاس به نام‌های عادی، کلاس هشدار و اورژانس طبقه‌بندی می‌شوند. درخواست‌های اضطراری بالاترین اولویت و کلاس‌های درخواست‌های عادی کمترین اولویت را برای پردازش در لایه مه دارند (شکل ۲).



شکل ۲: طبقه‌بندی درخواست‌ها در صف‌های اولویت لایه مه

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-01]

درخواست‌های دارای کلاس هشدار دارای اولویت متوسط هستند. هنگامی که هیچ درخواست اضطراری و هشدار وجود ندارد، درخواست‌های عادی در سرور مه پردازش می‌شوند.

ب) مجموعه داده

بانک اطلاعاتی مورد استفاده در این پژوهش، مجموعه داده بیماران عروق کرونری قلبی (Coronary Artery Heart Disease) موجود در مخزن داده یادگیری ماشین دانشگاه ارواین (University of California at Irvine) است و در این پایگاه، داده‌هایی از چهار مجموعه داده متفاوت برای تشخیص بیماری‌های قلبی قرار دارند [۱۶]. داده‌های فوق از چهار منبع بنیاد کلنیک کلیولند، انستیتوکاردیولوژی مجارستان، مرکز پزشکی لانگ بیچ کالیفرنیا و بیمارستان دانشگاه زوریخ سویس جمع‌آوری شده‌اند. در مجموع، در این پایگاه‌ها، داده‌ها با ۷۲ ویژگی یا متغیر مختلف اندازه‌گیری شدند که به طور مستقیم یا غیر مستقیم با بیماری‌های قلبی مرتبط هستند. بعد از پیش پردازش داده‌ها، ۱۴ ویژگی مهم انتخاب شد (جدول ۲). متغیر هدف در این مطالعه، وجود یا عدم وجود بیماری قلبی است. سطر آخر جدول، نمایانگر ویژگی پیش‌بینی شونده است که به‌صورت سالم (۰) و بیمار (۱،۲،۳،۴) مشخص‌شده است. مشخصات تعداد ۵۹۷ نمونه از افراد مبتلا به بیماری عروق کرونری در این مجموعه داده در سال ۱۹۸۸ جمع‌آوری شده است.

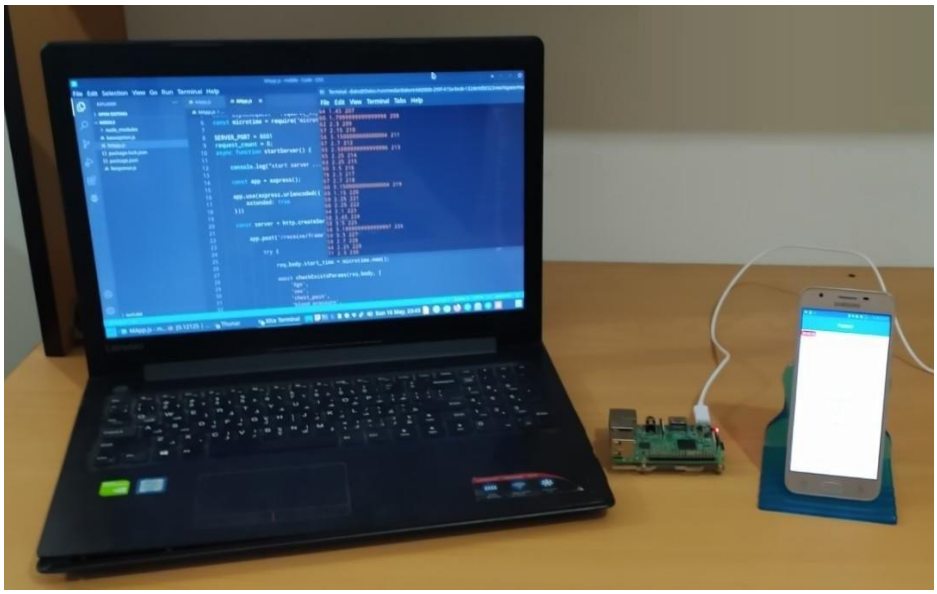
جدول ۲: شرح مجموعه داده‌های بیماری قلبی

شماره	ویژگی و توضیحات آن	محدوده
۱	سن: Age	(-∞,51),[51,59),[59,+-∞)
۲	جنسیت :Sex	۱=مرد ، ۰=زن
۳	نوع درد قفسه سینه :CP	1: typical angina 2: atypical angina 3: non-anginal pain 4: asymptomatic
۴	(فشارخون دیاستولی) Trestbpd	(- ∞,60),[60,80),[80,90),[90,+ ∞)
۵	فشارخون سیستول در حالت استراحت :TrestBPs	(- ∞,90),[90,120),[120,140),[140,+ ∞)
۶	سرم کلسترول خون :Chol (mg/dl)	(- ∞,200),[200,239),[239,+ ∞)
۷	قندخون ناشتا) FBS:قندخون (120 mg/dl <	خیر =۰، بله = ۱
۸	نتایج نوار قلب در حالت استراحت :RestECG	نرمال:۰ 1: موج غیر طبیعی قلبی (T wave inversions and/or ST elevation or depression of > 0.05 mV) 2: افزایش ضخامت بطن چپ توسط معیارهایEstes
۹	حداکثر ضربان قلب :Thalach	(- ∞,148),[148, +∞)
۱۰	آنژین ناشی از ورزش :Exang	خیر =۰، بله = ۱
۱۱	در نوار قلب ناشی از ورزش نسبت به استراحت= Oldpeak افت فاصله ST	(- ∞,1/8),[1/8, +∞)
۱۲	انحراف در شیب ST در زمان آزمون ورزش :slope	1: Upsloping 2: flat 3: Downsloping
۱۳	تعداد عروق اصلی درگیر در فلوروسکوپی :CA	۰،۱،۲،۳
۱۴	اسکن تالیو :Thal	3 = normal; 6 = fixed defect; 7 = reversable defect
۱۵	کلاس	بیمار =۱،۲،۳،۴ ، سالم= ۰

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-01]

ارزیابی

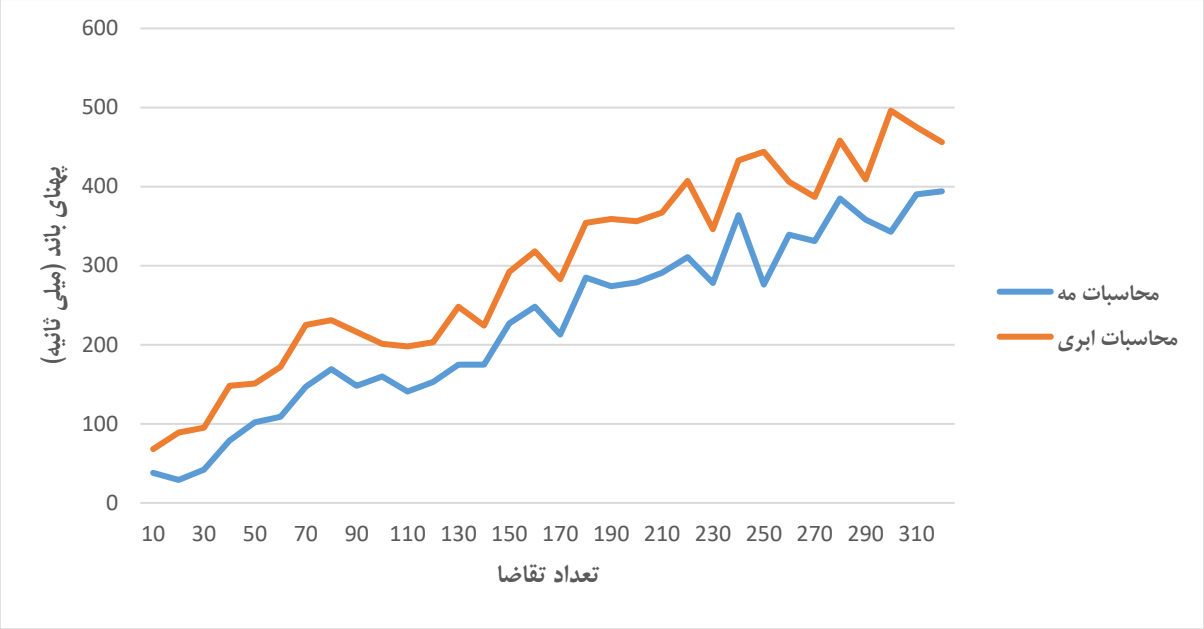
جهت ارزیابی سیستم ارائه شده، تقاضاها توسط یک اپلیکیشن موبایل که توسط گوگل اندروید استودیو طراحی شده است، برای مه ارسال می‌گردند (شکل ۳). این اپلیکیشن نقش شبیه ساز سنسورها را ایفا می‌کند. هر تقاضا طبق جدول ۲ شامل ۱۴ ویژگی است که به عنوان علائم اندازه‌گیری شده توسط سنسورها در برد رزبری پای تلقی می‌شوند. این درخواست‌ها ترکیبی از درخواست‌های افراد سالم و افراد بیمار می‌باشند. هر درخواست بر اساس علائم اندازه گیری شده، نرمال و یا غیر نرمال تشخیص داده می‌شوند. ضمن این که میزان اورژانسی بودن تقاضاهایی که غیرعادی ارزیابی می‌شوند بر اساس تعداد علائم غیرطبیعی تعیین می‌گردد.



شکل ۳: تصویر سیستم پیاده‌سازی شده

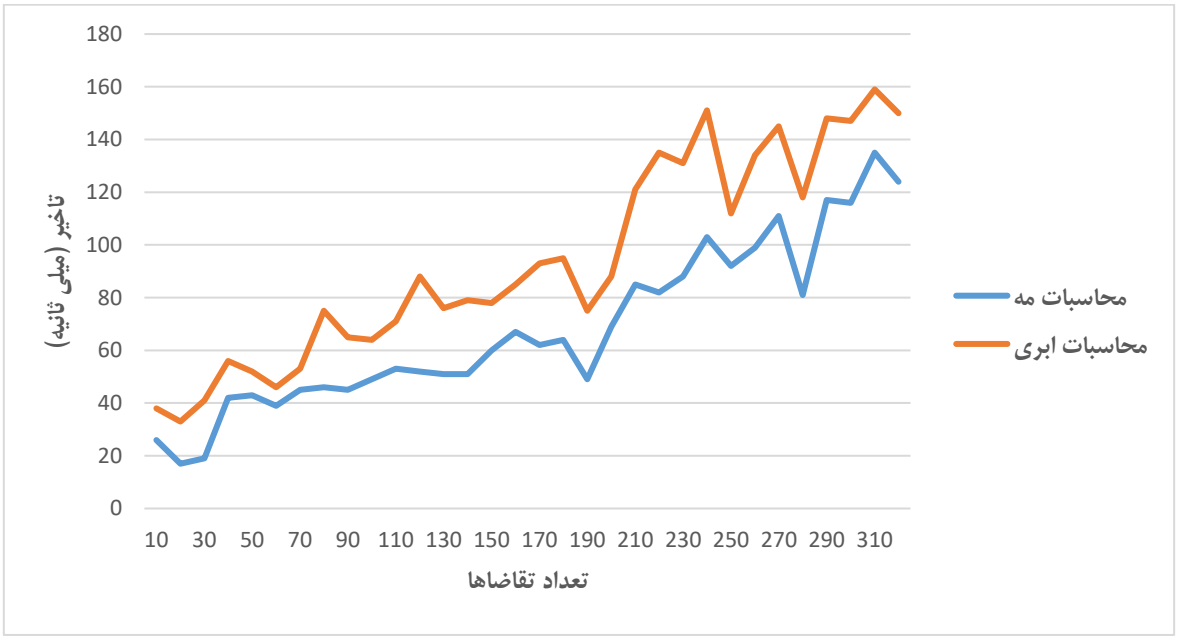
بر اساس مطالعات پیشین، معیارهای مختلفی برای ارزیابی مدل‌های ارائه شده مورد بررسی قرار گرفته است که از جمله آن‌ها می‌توان زمان استفاده از شبکه، تأخیر و زمان پاسخ اشاره کرد. در این مطالعات، معیارهای ارزیابی از محل سرور مه تا سرور ابری بررسی می‌شوند. شکل ۴ محاسبه زمان استفاده از شبکه برای تعداد متفاوتی از درخواست‌ها را نشان می‌دهد. این معیار به معنی استفاده از شبکه به میزان داده‌ای که به دلیل برنامه‌ها، سرورها، دستگاه‌ها و کاربران شبکه در سراسر شبکه شما ارسال می‌شود، اشاره دارد؛ بنابراین هر چقدر که میزان داده‌هایی که برنامه‌ها یا کاربران مختلف در شبکه ارسال می‌کنند کمتر باشد، ترافیک نیز کاهش یافته و در نتیجه کارایی افزایش می‌یابد. این مسئله خصوصاً در مورد سیستم‌های پزشکی بسیار حائز اهمیت است. این شکل نشان می‌دهد که مقدار زمان استفاده از شبکه در مدل مبتنی بر مه از مدل مبتنی بر ابر برای دریافت خدمات پزشکی بهتر می‌باشد. مدل مبتنی بر مه باعث کاهش زمان استفاده از شبکه به طور متوسط ۲۳/۷۷ درصد در مقایسه با مدل ابر گردید. از آنجا که در مدل پیشنهادی تقاضاهایی که حاوی علامت یا علائم غیرنرمال باشند جهت ارزیابی دقیق‌تر به سرور ابر ارسال می‌شوند، لذا در کاهش زمان استفاده از شبکه به میزان قابل‌توجهی تأثیرگذار است.

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-01]



شکل ۴: مقایسه زمان استفاده از شبکه و تعداد درخواست بیماران در مدل مه و ابر.

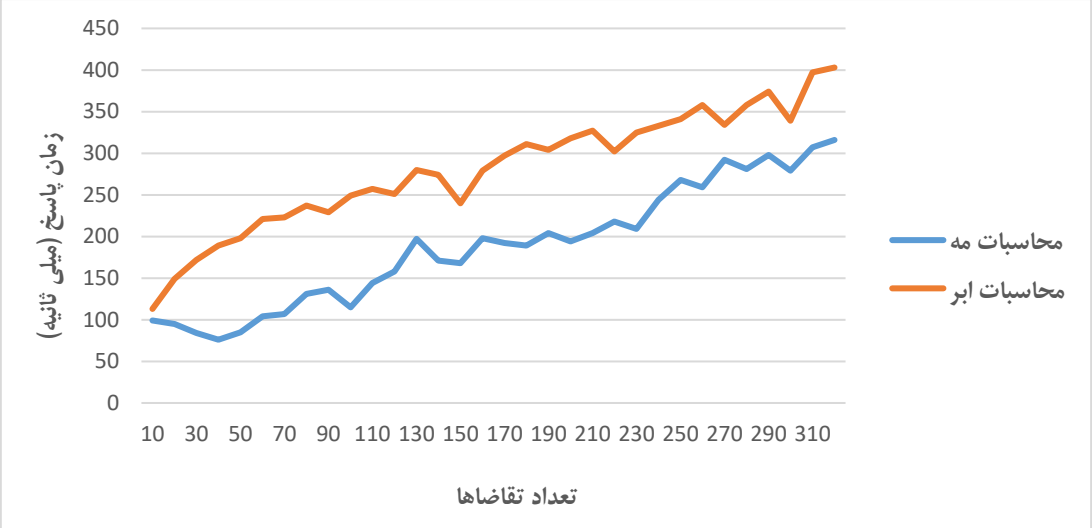
شکل ۵ مقایسه زمان تأخیر در مدل مبتنی بر مه را با مدل مبتنی بر ابر با تعداد متفاوتی از درخواست‌ها نشان می‌دهد. مدل مبتنی بر مه از نظر تأخیر، عملکرد بهتری نسبت به مدل مبتنی بر ابر دارد. در مقایسه با ندل ابری، مه تأخیر متوسط را ۲۷/۳۱ درصد کاهش داد.



شکل ۵: مقایسه تأخیر و تعداد درخواست بیماران در مدل مه و ابر

شکل ۶ مقایسه زمان پاسخ در مدل مبتنی بر مه با مدل مبتنی بر ابر با تعداد متفاوت درخواست بیمار را نشان می‌دهد. بر اساس این ارزیابی، کاهش زمان پاسخ برای درخواست‌هایی که در آن‌ها وضعیت بیمار وخیم تشخیص داده شده است (دارای علائم غیر نرمال) به میزان قابل توجه ۳۲/۹۵٪ بهبود یافته است.

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-01]



شکل ۶: مقایسه زمان پاسخ و تعداد درخواست بیماران در مدل مه و ابر

بحث و نتیجه‌گیری

ادغام اینترنت اشیاء، محاسبات مه و رایانش ابری مزایای زیادی مانند برنامه‌ریزی جهت درمان بیماران به صورت از راه دور و دریافت مراقبت‌های پزشکی اورژانسی در سیستم‌های مراقبت بهداشتی به همراه داشته است. اخیراً کارایی رایانش ابری و استفاده از آن در صنعت پزشکی به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است که منجر به ارائه راه‌حل‌های کارآمد و پذیرفته شده مبتنی بر ابر شده است. با این حال، به دلیل معماری متمرکز جغرافیایی و فاصله چند مرحله‌ای از منابع داده اینترنت اشیاء و سرورهای ابری، با محدودیت‌هایی در ارتباطات بلادرنگ مواجه است. فقدان ارتباطات بلادرنگ می‌تواند رسیدگی به بیمارانی که نیازمند دریافت کمک‌های فوری هستند را تحت تأثیر قرار دهد. در این مطالعه، یک سیستم مراقبت بهداشتی هوشمند مبتنی بر محاسبات مه برای تشخیص خودکار وضعیت سلامت بیماران قلبی ارائه شده است. این سیستم مراقبت بهداشتی، یک مدل‌سازی صف در لایه مه برای ارزیابی داده‌های دریافت شده بیماران قلبی از دستگاه‌های مختلف اینترنت اشیاء معرفی می‌کند. این سیستم، مدل‌سازی صف را با دستگاه‌های موجود در لبه شبکه برای تجزیه‌وتحلیل و پاسخ به بیماری قلبی در زمان واقعی ادغام می‌کند. مدل محاسباتی پیشنهادی، درخواست‌های بیماران با فوریت‌های پزشکی مختلف را برای پردازش توسط سیستم تصمیم یار موجود بر روی سرور ابری اولویت‌بندی می‌کند.

در جدول ۳ کارهای اخیر مبتنی بر اینترنت اشیاء و محاسبات مه در صنعت مراقبت‌های بهداشتی مورد بررسی قرار گرفته است. این مطالعات عمدتاً بر تجزیه و تحلیل داده‌های بیماران قلبی، بهبود دقت پیش‌بینی و ارائه مدلی برای استقرار در لایه مه تمرکز داشته‌اند و کمتر به بحث بهبود پارامترهای کیفیت خدمات پرداخته شده است. ضمن اینکه در مطالعاتی که با هدف بهبود کیفیت خدمات انجام گرفته است، عمدتاً به پارامتر تأخیر پرداخته شده است و تمایز مدل پیشنهادی در این مطالعه، بررسی هر سه پارامتر کلیدی تأخیر، پهنای باند و زمان پاسخ می‌باشد. همچنین در مدل ارائه شده در این مطالعه از تکنیک صف اولویت بهره گرفته شد که در ارائه سرویس به درخواست‌های اورژانسی بسیار موفق عمل نمود و پارامترهای کیفیت خدمات را برای این دسته از تقاضاها بهبود بخشید.

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-01]

جدول ۳: مقایسه مدل‌های موجود با مدل پیشنهادی

هدف	پارامترهای عملکردی				صف اولویت	سیستم پیش بینی	اینترنت اشیا	محاسبات مه	کارهای پیشین
	زمان پاسخ	پهنای باند	تأخیر	زمان اجرا					
پایش بیماران بستری						✓	✓	✓	Hassen و همکاران [۳]
پایش بیماران قلبی	✓						✓	✓	Azimi و همکاران [۱۸]
پایش بیماران قلبی	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	Tuli و همکاران [۱۹]
پزشکی شخصی				✓			✓	✓	He و همکاران [۲۰]
پایش بیماران دیابتی			✓			✓	✓	✓	Barik و همکاران [۲۱]
پایش بیماران قلبی	✓			✓		✓	✓	✓	Azimi و همکاران [۲۲]
پایش سالمندان از راه دور						✓	✓	✓	Pham و همکاران [۲۳]
پایش پارامترهای بیولوژیک							✓	✓	Abdelmoneem و همکاران [۲۴]
پایش بیماران قلبی			✓			✓	✓	✓	Gia و همکاران [۲۵]
پایش بیماران قلبی		✓	✓				✓	✓	Gill و همکاران [۲۶]
پایش بیماری‌های مزمن				✓			✓	✓	Farahani و همکاران [۲۷]
پزشکی شخصی			✓			✓	✓	✓	Muhammed و همکاران [۲۸]
پایش ورزشکاران در طول مسابقه		✓	✓	✓	✓		✓	✓	Karakaya و همکاران [۲۹]
پایش بیماران قلبی	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	مدل پیشنهادی

نتایج ارزیابی سیستم نشان می‌دهد که مدل مبتنی بر صف می‌تواند به طور قابل‌توجهی معیارهای کیفیت خدمات را از نظر زمان پاسخ‌دهی، کارایی شبکه و تأخیر در مقایسه با محاسبات ابری بهبود بخشد. ضمن این که سیستم پیشنهادی برای پیش‌بینی و تشخیص سایر بیماری‌های مبتنی بر اینترنت اشیاء نیز قابل استفاده است. از جمله محدودیت‌های سیستم ارائه شده، استفاده از مجموعه داده‌ها می‌باشد که در آینده می‌توان در یک محیط مراقبت‌های بهداشتی واقعی با استفاده از حسگرها، سیستم را ارزیابی نمود.

تعارض منافع

مقاله چاپ شده استخراج شده از رساله دکتری آقای علی گل کار است و نویسندگان مقاله اعلام می‌کنند که در این پژوهش هیچ‌گونه تضاد منافعی ندارند.

References

1. Mahmud R, Koch FL, Buyya R. Cloud-fog interoperability in IoT-enabled healthcare solutions. 19th International Conference on Distributed Computing and Networking; 2018 Jan 4; New York: Association for Computing Machinery; 2018. p. 1-10. https://doi.org/10.1145/3154273.3154347

2. Rahmani AM, Gia TN, Negash B, Anzanpour A, Azimi I, Jiang M, Liljeberg P. Exploiting smart e-Health gateways at the edge of healthcare Internet-of-Things: A fog computing approach. Future Generation Computer Systems 2018;78:641-58. https://doi.org/10.1016/j.future.2017.02.014

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-01]

3. Gia TN, Dhaou IB, Ali M, Rahmani AM, Westerlund T, Liljeberg P, et al. Energy efficient fog-assisted IoT system for monitoring diabetic patients with cardiovascular disease. Future Generation Computer Systems 2019;93:198-211. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.future.2018.10.029
4. El-Rashidy N, El-Sappagh S, Islam SM, M El-Bakry H, Abdelrazek S. Mobile Health in Remote Patient Monitoring for Chronic Diseases: Principles, Trends, and Challenges. Diagnostics (Basel) 2021; 11(4): 607. doi: 10.3390/diagnostics11040607
5. Concone F, Re GL, Morana M. A fog-based application for human activity recognition using personal smart devices. ACM Transactions on Internet Technology (TOIT). 2019;19(2):1-20. https://doi.org/10.1145/3266142
6. Hashem IA, Yaqoob I, Anuar NB, Mokhtar S, Gani A, Khan SU. The rise of "big data" on cloud computing: Review and open research issues. Information systems 2015;47:98-115. https://doi.org/10.1016/j.is.2014.07.006
7. Zahmatkeshan M, Zakerabasali S, Farjam M, Gholampour Y, Seraji M, Yazdani A. The use of mobile health interventions for gestational diabetes mellitus: a descriptive literature review. J Med Life 2021;14(2):131-41. doi: 10.25122/jml-2020-0163.
8. Yazdani A, Safdari R, Ghazisaeedi M, Beigy H, Sharifian R. Scalable architecture for telemonitoring chronic diseases in order to support the CDSSs in a common platform. Acta Inform Med 2018; 26(3): 195–200. doi: 10.5455/aim.2018.26.195-200
9. Kakria P, Tripathi NK, Kitipawang P. A real-time health monitoring system for remote cardiac patients using smartphone and wearable sensors. International Int J Telemed Appl 2015;2015:373474. doi: 10.1155/2015/373474.
10. Kim SH, Chung K. Emergency situation monitoring service using context motion tracking of chronic disease patients. Cluster Computing 2015;18(2):747-59.
11. Ali NS, Alkaream Alyasseri ZA, Abdulmohson A. Real-time Heart Pulse Monitoring Technique Using Wireless Sensor Network and Mobile Application. International Journal of Electrical & Computer Engineering (2088-8708). 2018;8(6). doi:10.11591/ijece.v8i6.pp5118-5126
12. Mahmud S, Iqbal R, Doctor F. Cloud enabled data analytics and visualization framework for health-shocks prediction. Future Generation Computer Systems 2016;65:169-81.
13. Zhang Y, Qiu M, Tsai CW, Hassan MM, Alamri A. Health-CPS: Healthcare cyber-physical system assisted by cloud and big data. IEEE Systems Journal 2015;11(1):88-95. doi: 10.1109/JSYST.2015.2460747
14. Fazio M, Celesti A, Marquez FG, Glikson A, Villari M. Exploiting the FIWARE cloud platform to develop a remote patient monitoring system. IEEE Symposium on Computers and Communication (ISCC) 2015 Jul 6; Larnaca, Cyprus: IEEE; 2015. p. 264-70**.** doi: 10.1109/ISCC.2015.7405526
15. Jindal V. Integrating mobile and cloud for PPG signal selection to monitor heart rate during intensive physical exercise. In Proceedings of the International Conference on Mobile Software Engineering and Systems; 2016 May 14; New York: Association for Computing Machinery; 2016. p. 36-7. https://doi.org/10.1145/2897073.2897132
17. Hassen HB, Ayari N, Hamdi B. A home hospitalization system based on the Internet of things, Fog computing and cloud computing. Informatics in Medicine Unlocked 2020;20:100368. https://doi.org/10.1016/j.imu.2020.100368
18. Azimi I, Anzanpour A, Rahmani AM, Pahikkala T, Levorato M, Liljeberg P, Dutt N. HiCH: Hierarchical fog-assisted computing architecture for healthcare IoT. ACM Transactions on Embedded Computing Systems (TECS) 2017;16(5s):1-20. https://doi.org/10.1145/3126501
19. Tuli S, Basumatary N, Gill SS, Kahani M, Arya RC, Wander GS, Buyya R. HealthFog: An ensemble deep learning based Smart Healthcare System for Automatic Diagnosis of Heart Diseases in integrated IoT and fog computing environments. Future Generation Computer Systems 2020;104:187-200.
20. He S, Cheng B, Wang H, Huang Y, Chen J. Proactive personalized services through fog-cloud computing in large-scale IoT-based healthcare application. China Communications 2017;14(11):1-6.
21. Barik RK, Priyadarshini R, Dubey H, Kumar V, Mankodiya K. FogLearn: leveraging fog-based machine learning for smart system big data analytics. International Journal of Fog Computing (IJFC) 2018;1(1):15-34. doi:10.4018/IJFC.2018010102
22. Azimi I, Takalo-Mattila J, Anzanpour A, Rahmani AM, Soininen JP, Liljeberg P. Empowering healthcare IoT systems with hierarchical edge-based deep learning. International Conference on Connected Health: Applications, Systems and Engineering Technologies; 2018 Sep 26; Washington DC: IEEE; 2018. p. 63-8. https://doi.org/10.1145/3278576.3278597
23. Pham M, Mengistu Y, Do H, Sheng W. Delivering home healthcare through a cloud-based smart home environment (CoSHE). Future Generation Computer Systems 2018;81:129-40. https://doi.org/10.1016/j.future.2017.10.040
24. Abdelmoneem RM, Benslimane A, Shaaban E, Abdelhamid S, Ghoneim S. A cloud-fog based architecture for iot applications dedicated to healthcare. InICC 2019-2019 IEEE International Conference on Communications (ICC); 2019 May 20 Shanghai, China: IEEE; 2016. p. 1-6. doi: 10.1109/ICC.2019.8761092
25. Gia TN, Jiang M, Sarker VK, Rahmani AM, Westerlund T, Liljeberg P, et al. Low-cost fog-assisted health-care IoT system with energy-efficient sensor nodes. 13th international wireless communications and mobile computing conference (IWCMC); 2017 Jun 26; Valencia, Spain: IEEE; 2017. p. 1765-70. doi:10.1109/IWCMC.2017.7986551
26. Gill SS, Arya RC, Wander GS, Buyya R. Fog-based smart healthcare as a big data and cloud service for heart

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-01]

patients using IoT. IInternational Conference on Intelligent Data Communication Technologies and Internet of Things; 2018 Aug 7; Springer, Cham: 2018. p. 1376-83.

27. Farahani B, Firouzi F, Chang V, Badaroglu M, Constant N, Mankodiya K. Towards fog-driven IoT eHealth: Promises and challenges of IoT in medicine and healthcare. Future Generation Computer Systems 2018;78:659-76. https://doi.org/10.1016/j.future.2017.04.036

28. Muhammed T, Mehmood R, Albeshri A, Katib I. UbeHealth: a personalized ubiquitous cloud and edge-enabled networked healthcare system for smart cities. IEEE Access 2018;6:32258-85. doi:10.1109/ACCESS.2018.2846609

29. Karakaya A, Akleylek S. A novel IoT-based health and tactical analysis model with fog computing. PeerJ Comput Sci 2021;7:e342. doi: 10.7717/peerj-cs.342.

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-01]

Original Article

Journal of Health and Biomedical Informatics
Medical Informatics Research Center
2021; 8(3): 326-337

Development of a Model for Predicting Heart Attack Based on Fog Computing

Golkar Ali[1], Malekhosseini Razieh[2], RahimiZadeh Keyvan[3]*, Yazdani Azita[4], Beheshti Amin[5]

• **Received: 21 Sep 2021** • **Accepted: 10 Nov 2021**

Introduction: Various studies have demonstrated the benefits of using distributed fog computing for the Internet of Things (IoT). Fog computing has brought cloud computing capabilities such as computing, storage, and processing closer to IoT nodes. The new model of fog and edge computing, compared to cloud computing, provides less latency for data processing by bringing resources closer to users. This is essential for delay-sensitive applications such as remote healthcare and provides more reliable services. In this study, a fog-based system was proposed to monitor the condition of heart patients.

Method: This study was a developmental-applied one. A set of data relevant to coronary heart patients available in the machine learning data repository of the University of California Irvine was used for evaluation. In this system, each of the heart patient's symptoms is evaluated based on the normal range in the fog layer and the status of the patient is determined. In this layer, requests are prioritized based on the number of symptoms that are out of the normal range. The efficiency of the proposed system was evaluated in terms of network usage time, latency, and response time.

Results: The system presented in this study led to the improvement of network usage time by 23.77%, reduction of latency by 23.71%, and enhancement of response time by 32.95%.

Conclusion: Using the priority queue to prioritize requests at the fog layer reduces the response time to emergency requests.

Keywords: Fog Computing, Internet of Things (IoT), Telemonitoring, Cloud Computing

• **Citation:** Golkar A, Malekhosseini R, RahimiZadeh K, Yazdani A, Beheshti A. Development of a Model for Predicting Heart Attack Based on Fog Computing. Journal of Health and Biomedical Informatics 2021; 8(3): 326-37. [In Persian]

1. Ph.D. in Computer Engineering, Department of Computer Engineering , Yasooj Branch, Islamic Azad University, Yasooj, Iran
2. Ph.D. in Computer Engineering, Assistant professor, Department of Computer Engineering Yasooj Branch, Islamic Azad University, Yasooj, Iran
3. Ph.D. in Computer Engineering, Assistant Professor, Department of Electrical and Computer Engineering, School of Engineering, Yasouj University, Yasouj, Iran
4. Ph.D. in Medical Informatics, Assistant Professor, Health Human Resources Research Center, School of Management and Information Sciences, Clinical Education Research Center, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran
5. Ph.D. in Computer Engineering, Professor, Department of Computing, Macquarie University, Sydney, Australia

***Corresponding Author:** Keyvan RahimiZadeh
Address: Daneshjoo Street, Yasuj, Iran
• **Tel:** 00987431005012 • **Email:** RahimiZadeh@yu.ac.ir

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-01]