

یک معماری نرم‌افزاری برای اشتراک‌گذاری داده‌های سلامت در بیمارستان هوشمند

سارا محمدیان علیایی^{۱*}، محمد خوانساری^۲

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: حجم بالای داده‌های سلامت و اشتراک‌گذاری آن‌ها در حوزه درمان و تحقیقات پزشکی حائز اهمیت است. با مطالعه بیمارستان هوشمند و همین‌طور مقالات حاضر، نیازی مبنی بر ارائه یک معماری نرم‌افزاری مناسب برای به اشتراک‌گذاری داده مطرح می‌شود.

روش بررسی: استخراج الزامات از دو منظر چالش‌های فعلی و رویکرد جدید بیمارستان هوشمند به صورت جداگانه با بکارگیری استاندارد تحلیل کسب و کار بایوک جمع‌آوری و نهایی شده است. مصاحبه بدون ساختار با کلیه ذینفعان از تمامی بخش‌ها با روش گروه‌های کانونی برای شناسایی چالش‌های فعلی انجام گرفته است. برای استخراج الزامات بر اساس رویکرد جدید بیمارستان هوشمند نیز مصاحبه فاقد ساختار با تعدادی از خبرگان فناوری‌های انجام گرفته است. در ادامه، معماری مرجع اشتراک داده به نام «داده به عنوان سرویس» و معماری‌های مشابه در مراجع مورد بررسی قرار گرفته است. سپس معماری نرم‌افزاری جدیدی برای بیمارستان هوشمند پیشنهاد شده است. در نهایت به ارزیابی معماری پیشنهادی در پاسخ به الزامات و مولفه‌های الزامی اشتراک‌گذاری داده و به همراه تحلیل و مقایسه آن پرداخته شده است.

یافته‌ها: ارائه یک معماری اشتراک‌گذاری داده جدید بیمارستان‌های هوشمند که بتوان اطمینان حاصل کرد از پتانسیل کامل دارایی‌های داده و به اشتراک‌گذاری با سایر استفاده‌کنندگان بهره‌برند. قابلیت ارائه و استفاده از خدمات میکروسرویس را دارد و قابل توسعه و اتصال به سیستم اطلاعات بیمارستان و سامانه سپاس می‌باشد.

نتیجه‌گیری: این معماری توانایی برقراری ارتباط و همکاری با سایر ذینفعان با ارائه خدمات جدید به بیماران و سایر فراهم‌آوردندگان سرویس را با لحاظ حریم خصوصی و داده‌های بیماران در این حوزه دارا می‌باشد. از نمونه بهره‌برداران این معماری، شرکت‌های ارائه‌دهنده خدمات (HIS (Healthcare Information System، استارت‌آپ‌ها، ارائه‌دهندگان خدمات تلفن همراه، شرکت‌های فناوری اطلاعات و سازندگان و واردکنندگان تجهیزات پزشکی هستند.

واژه‌های کلیدی: داده‌های سلامت؛ بیمارستان هوشمند؛ سیستم اطلاعات بیمارستان؛ اشتراک‌گذاری داده؛ معماری میکروسرویس

پیام کلیدی: یک معماری نرم‌افزاری مناسب برای بیمارستان هوشمند که پایه اصلی آن، اشتراک‌گذاری داده‌های سلامت است می‌تواند با سیستم اطلاعات بیمارستان و همچنین سامانه سپاس ارتباط برقرار کرده و داده‌های مورد نیاز را در صورت لزوم از این سامانه‌ها دریافت و یا ارسال کند. همچنین بدلیل استفاده از معماری میکروسرویس، می‌توان به راحتی با سایر ذینفعان و نهادهایی که می‌توانند خدمات ارزش افزوده به بیمار و بیمارستان بدهند، تعامل برقرار کرد از این طریق که سرویس مورد نظر خود را با لحاظ حریم خصوصی ارائه دهند.

دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۷/۱۳

پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۹/۳۰

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۰/۱۰

ارجاع: محمدیان علیایی سارا، خوانساری محمد. یک معماری نرم‌افزاری برای اشتراک‌گذاری داده‌های سلامت در بیمارستان هوشمند. مدیریت اطلاعات سلامت ۲۱:۱۴۰۳ (۴): ۱۹۲-۱۸۲.

مقدمه

یکی از وجوه اصلی سامانه‌های نرم‌افزاری هوشمند بیمارستانی پلتفرم تجمیع و به اشتراک‌گذاری داده‌های بیمارستانی است؛ که در واقع به نوعی توسعه HIS بر اساس نیازهای جدید محسوب می‌شود (۱). این سکو باید از یک طرف با اتصال مناسب به کلیه عوامل هوشمندسازی درون بیمارستان و سامانه‌های جاری بیمارستانی، انبارش حجم عظیم از داده‌ها را انجام دهد و از طرف دیگر با فراهم آوردن واسطه‌هایی به بهره‌برداران میانی امکان دسترسی کنترل شده به این داده‌ها را برای ارائه خدمات نوآورانه فراهم کند (۲) Benhlime و همکاران در سال ۲۰۱۸ یک معماری داده‌های بزرگ قابل توسعه بر اساس محاسبات جریانی و محاسبات دسته‌ای در مورد وضعیت سلامت بیمار ارائه کردند (۳). Loveston در سال ۲۰۱۹ یک پلتفرم یکپارچه در دو برنامه تایید بیماری آلزایمر و پیامدهای متابولیکی چاقی ارائه کردند (۴) Gruendner و همکاران در سال ۲۰۱۹ پلتفرم KETOS که ابزار تجزیه و تحلیل آماری و استقرار مدل‌های حاصل در یک محیط امن را ارائه کردند

(۵) Rubi و Gondim در سال ۲۰۱۹ یک پلتفرم اینترنت اشیاء را در معماری مبتنی بر Machine To Machine (M2M) پیاده کردند (۶) Radchenko و Volkov در سال ۲۰۲۱ یک پلتفرم که به موسسات پزشکی توانایی ایجاد خدمات مورد نیاز خود را بر اساس ماژول‌های از پیش طراحی شده ارائه می‌دهد، پیاده کردند (۷) Quay و همکاران در سال ۲۰۲۱ به یک معماری پرداختند که پاسخ‌گویی خدمات به موقع برای اهداف فوری امداد و نجات، کاهش تأخیر و کاهش فاصله بین کاربران نهایی و پایگاه داده می‌باشد (۸)

۱. کارشناسی ارشد، فناوری اطلاعات پزشکی، دانشکده سامانه‌های هوشمند،

دانشکده‌گان علوم و فناوری‌های میان‌رشته‌ای، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۲. دانشیار، گروه علوم و فناوری داده، دانشکده سامانه‌های هوشمند، دانشکده‌گان

علوم و فناوری‌های میان‌رشته‌ای، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

نویسنده طرف مکاتبه: محمد خوانساری، دانشیار گروه علوم و فناوری داده،

دانشکده سامانه‌های هوشمند، دانشکده‌گان علوم و فناوری‌های میان‌رشته‌ای، دانشگاه

Email: m.khansari@ut.ac.ir.

تهران، تهران، ایران

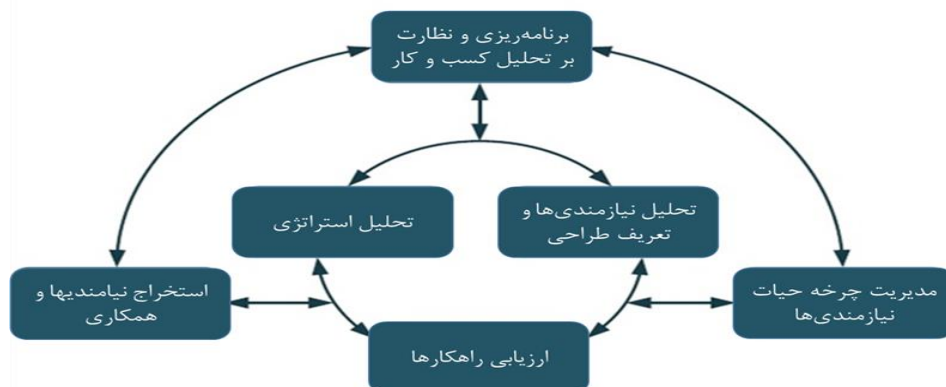
روش بررسی در این پژوهش شامل دو بخش اصلی (الف) استخراج نیازمندیها و ارائه راهکارها و (ب) استخراج معماری فنی می‌باشد که تکنیکها و ابزارهای مورد استفاده هر بخش متفاوت بوده است.

با توجه به عملیاتی بودن محیط به عنوان یک محیط کسب و کار در روند تحلیل از رویکرد تحلیل استاندارد بابوک (Business Analysis Body of Knowledge) (BABOK) به عنوان یکی از استانداردهای متداول تحلیل کسب و کار استفاده شده است. این استاندارد مجموعه‌ای از وظایف و تکنیک‌هاست که به منظور ایجاد ارتباط بین گروه‌های مختلف ذینفع در سازمان، با هدف ایجاد درک درستی از ساختارها، سیاست‌ها و فعالیت‌های سازمان و نیز ارائه راه‌حلهایی جهت دستیابی به اهداف سازمان است. این مفاهیم اصلی شامل تغییر، نیاز، راه حل، ذینفع، ارزش و بستر سازمان می‌باشد. هدف اصلی بابوک مشخص کردن شیوه تحلیل کسب و کار و ارائه رویه‌های عمدتاً پذیرفته شده در این حوزه است. این استاندارد به دارندگان کسب و کار کمک می‌کند تا مهارت‌های لازم برای اجرای موثر تحلیل کسب و کار را بدرستی مشخص و در خود ایجاد نمایند. این استاندارد شش حوزه دانشی دارد که برای کشف نیازها و الزامات مبتنی بر حوزه دانشی دوم «استخراج الزامات و همکاری» انجام گرفت (۱۲).

Gavrilović و دیگران در سال ۲۰۲۱ یک سیستم برای کارکنان مراقبت‌های بهداشتی و خانواده بیماران برای دریافت انواع گزارش‌های مختلف با داده‌های برنامه در فواصل زمانی معین ارائه کردند (۹). Tummers و دیگران در سال ۲۰۲۱ مطالعه‌ای را با هدف توسعه و تجزیه و تحلیل یک معماری مرجع برای رفع مشکلات موجود در طراحی سیستم‌های اطلاعات سلامت ارائه کردند (۱۰). Klötgen و دیگران در سال ۲۰۲۲ یک راه‌حل برای پلتفرم خدمات Smart Medical Information (SMITH) Technology for Healthcare برای تعاملات مبتنی بر فرآیند با چندین مرکز یکپارچه‌سازی داده ارائه کردند (۱۱).

سوالاتی که اینجا وجود دارد این است که آیا سیستم HIS موجود توانایی اشتراک‌گذاری داده‌های بیمارستانی را دارد یا خیر؟ با توجه به این که سامانه‌های موجود برای ذخیره‌سازی داده‌های حاصل از سنسورها و حجم بالای داده آمادگی لازم را ندارند، لذا نیازمند یک معماری مناسب برای به اشتراک‌گذاری داده‌های سلامت در یک محیط بیمارستانی برای حجم و تنوع بالای داده‌های فوق‌الذکر هستیم.

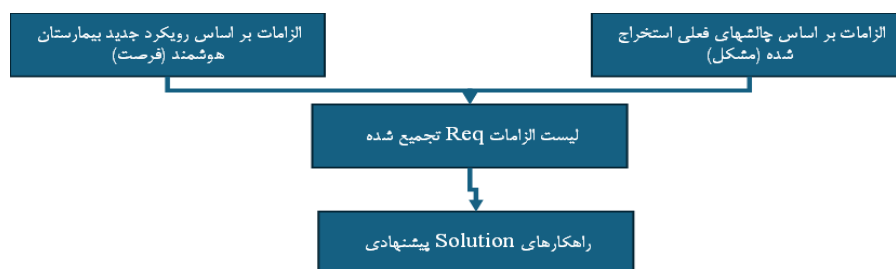
روش بررسی



شکل ۱: روابط بین حوزه‌های دانشی تحلیل کسب و کار در بابوک (۱۲)

«امکان...» تعریف شود. در این بخش استخراج الزامات از دو منظر الف) الزامات بر اساس چالشهای فعلی استخراج شده و ب) الزامات بر اساس رویکرد جدید بیمارستان هوشمند به صورت جداگانه جمع‌آوری شده و لیست REQ (الزامات) نهایی شد.

مبنای تحلیل کسب و کار بر مبنای الزامات یا ملاحظت REQ (Requirements) می‌باشد. یک REQ می‌تواند از یک مشکل و نیاز باشد یا از یک فرصت و یا امکان به وجود آید. به عبارتی الزام می‌تواند از ماهیت مشکل «نیاز به...» یا ماهیت فرصت



شکل ۲: روند استخراج الزامات و راهکارهای پیشنهادی مبتنی بر بابوک

در بخش الف) الزامات بر اساس چالش‌های فعلی با مصاحبه گروهی بدون ساختار با ذینفعان بیمارستان استخراج گردید. در این مرحله از روش (Focus Group) استفاده شده است. گروه‌های کانونی، یک گروه افراد که بتوان به نظر آنان به عنوان کانون بحث موضوعی متمرکز شد، انتخاب می‌شوند. سپس از طریق مصاحبه گروهی، این افراد نظرها و تجربه‌های خود را بازنمایی می‌کنند. مجموعه این افراد بر اساس نظرات ریاست بیمارستان و بر اساس جامعیت ذینفعان از تمام بخشها (پزشکان، کادر درمان، بخش اداری و پشتیبانی و...) تشکیل شدند.

در بخش ب) الزامات بر اساس رویکرد جدید بیمارستان هوشمند بر اساس الزامات راه‌حلها (توصیف توانایی‌ها و کیفیت‌های یک راه حل که مطابق با نیازهای ذی‌نفعان) انجام گرفته که در این بخش مصاحبه بدون ساختار با چند نفر از خبرگان فناوری هوشمندسازی (که دانش ضمنی تجربیات مشابه جهانی را داشته اند) انجام گرفته است. با توجه به تحلیل نیازهای دریافت شده از این طریق به مطالعه معماری‌های نرم‌افزاری پرداخته شد تا در نهایت برای رفع نیازها، معماری مناسبی طراحی و سفارشی سازی گردد.

برای پاسخ به نیازهای معماری اشتراک‌گذاری داده‌های بیمارستان هوشمند نیاز به جستجو و انتخاب مقالات مناسب بر اساس کلمات کلیدی پژوهش مانند معماری اشتراک داده، داده‌های سلامت، بیمارستان هوشمند، سیستم اطلاعات بیمارستان و معماری میکروسرویس بود. بر اساس این کلمات در پایگاه داده Web of Science Direct و IEEE و Science جستجو کامل انجام گرفت و مقالات مرتبط در مراحل مختلف غربال شد. سپس پاسخ جستجوها با و خارج نمودن موارد تکراری و غیر مرتبط مستقیم با موضوع پژوهش از طریق بررسی چکیده و نتیجه‌گیری مقالات پالایش شد. سپس با استخراج اطلاعات مقالات و جداسازی مطالب مورد نظر پرداخته شد و در نهایت پس از استخراج مقالات مناسب و تجزیه و تحلیل آنها، ویژگی‌های طراحی معماری مطلوب استخراج شد. پس از مطالعه مقالات استخراج شده نهایی، در نهایت معماری‌های نرم‌افزاری موجود مانند معماری چند لایه، معماری مبتنی بر رویداد، معماری میکروکنترل و معماری میکروسرویس و سامانه بیمارستان ۱۵ خرداد بررسی و مقایسه گردید. معماری پیشنهادی بر اساس دو معماری کلیدی در زمینه به اشتراک گذاری داده‌ها شامل «داده به عنوان سرویس» (DaaS) (Data as a Service) و معماری کتوس که نمونه مشابه است، ارائه گردیده است.

یافته‌ها

پس از بررسی معماری در مقالات مرتبط و نیازهای اولیه تعریف شده برای این سامانه با توجه به مطالعه بیمارستان پانزده خرداد و همچنین بررسی مدل‌های معماری نرم‌افزار، مشخصات و قابلیت‌های زیر از مصاحبه‌ها به عنوان نیازمندی‌های شناسایی گردید:

- طراحی سیستم بیمارستان هوشمند به صورت یک پلتفرم مدیریت خدمات حوزه سلامت
- قابلیت توسعه پذیری و ارائه سرویس‌های مختلف در بستر سکو

- در نظر گرفتن کلیه ذینفعان و مشخص بودن جایگاه هر کدام از آنها
- قابلیت تعامل و انجام خدمات در کنار سامانه‌های موجود
- قابلیت مجتمع سازی خدمات با سامانه‌های موجود
- ارائه یک سکو باز برای ارائه خدمات توسط کلیه افراد دارای توانایی با حفظ محرمانگی اطلاعات بیمار
- در نظر گرفتن استانداردهای حوزه سلامت
- فعالیت در راستای قوانین و اسناد بالا دستی این حوزه
- استانداردسازی تبادل داده‌ها و ایجاد پلتفرم اشتراکی تبادل داده
- جمع‌آوری و ذخیره‌سازی داده‌های بیمارستانی در تعامل با سایر سامانه‌های بیمارستان و بدون تداخل وظایف
- تعامل با سامانه‌های HIS برای دریافت اطلاعات
- ارائه اطلاعات به سامانه‌های HIS
- تمرکز بر طراحی سکو (Internet of Things) IoT
- تجزیه و تحلیل کلان داده‌ها
- هوشمندسازی فرآیندهای بیمارستانی (پذیرش، ترخیص، درمان، اطلاع رسانی)
- رهگیری و مدیریت استفاده از تجهیزات
- رهگیری و مدیریت عملکرد پرسنل.

از جنبه کلی، بررسی‌های انجام گرفته نشان می‌دهد که مولفه‌های اصلی راه‌کارهای هوشمندسازی بیمارستان با توجه به بررسی بیمارستان پانزده خرداد برای تبدیل بیمارستان سنتی به بیمارستان هوشمند حداقل شامل پذیرش هوشمند، مدیریت هوشمند مکان‌یابی افراد، مدیریت هوشمند تجهیزات پزشکی، درمان هوشمند و آموزش هوشمند می‌باشد که با دسته بندی نیازهای استخراج شده از مصاحبه‌ها انجام گرفته است.

تکامل موارد فوق، ملاحظات زیر را در طراحی معماری نرم‌افزار ایجاد می‌کند:

سازگاری: قابلیت استفاده در سیستم‌های متفاوت با امکانات سخت افزاری متفاوت به عنوان سازگاری تعریف می‌شود. ایجاد یک زبان داده مشترک مبتنی بر رابط برنامه نویسی می‌تواند سازگاری سکو را با زبان‌های برنامه نویسی متفاوت و اجرا در سیستم عامل‌های متفاوت افزایش دهد.

توسعه پذیری: قابلیت گسترش سیستم در آینده در زمینه‌های گوناگون مثلاً افزایش تعداد کاربران، ایجاد سرویس‌های جدید توسط توسعه دهندگان خارجی مد نظر می‌باشد.

تحمل خطا: میزان تحمل پذیری خطا در سکو در زمینه‌های گوناگون مانند کاهش تعداد سرورها، از کارافتادن تعدادی از سرویس‌ها، حمله‌های دسترسی به سرویس در این بخش قرار می‌گیرد.

قابلیت نگهداری: میزان پیچیدگی بخش‌های مختلف نرم‌افزار براساس متریک‌های گوناگون مانند تعداد خطوط، توانایی تحمل پذیری تغییرات جدید، قابلیت.

همگام سازی با تغییرات محیطی و جلوگیری از ایجاد شرایط ناخواسته و مدیریت برخورد با شرایط ناخواسته از پارامترهای مهم برای هر بخش نرم افزار می باشد.

قابلیت اطمینان: براساس تعریف به بازه زمانی انجام عملیات بدون خطا در یک محیط مشخص بدون ایجاد تغییرات در محیط اجرا اشاره می کند.

قابلیت استفاده مجدد: استفاده مجدد از کدها و ماژول ها می تواند سرعت انجام کارها را افزایش دهد.

مقیاس پذیری: گسترش استفاده از سامانه بیمارستان هوشمند از منظر تعداد کاربران، افزایش حجم داده های ورودی، افزایش بیمارستان های متصل به شبکه، ایجاد بازیگر و ذینفعان جدید و اتصال آنها به شبکه در این بخش قرار می گیرند.

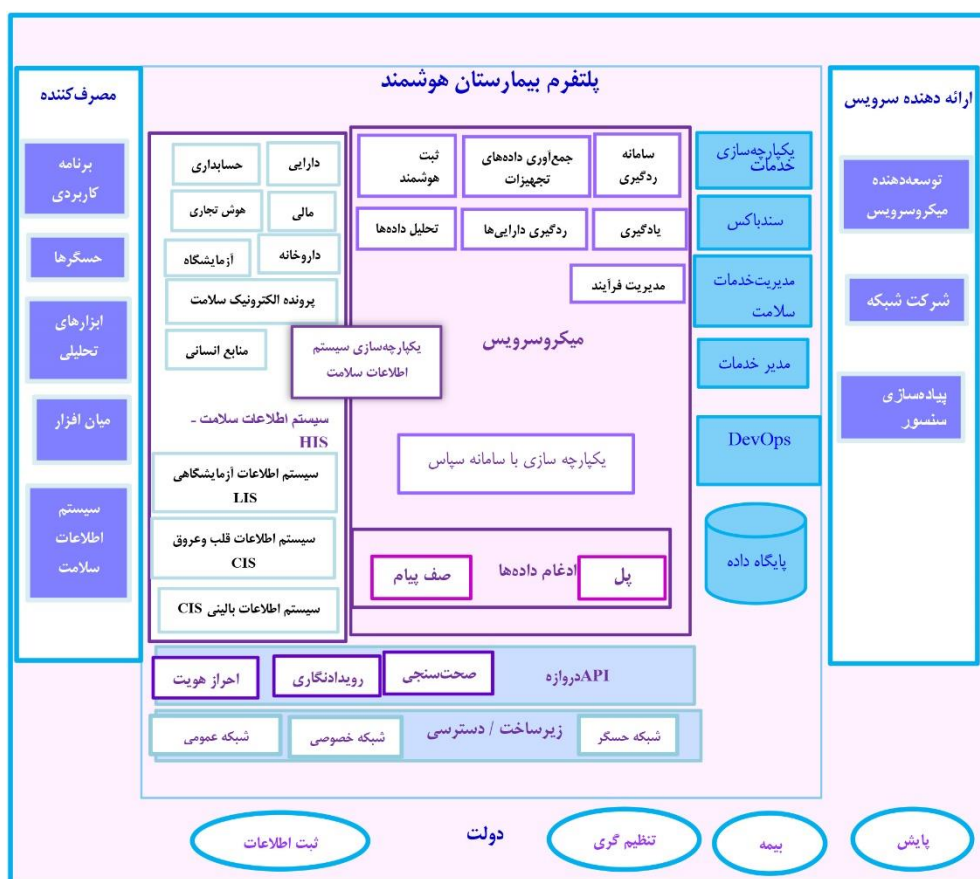
امنیت: یکی از مهمترین ملاحظات در طراحی سامانه، امنیت آن می باشد. امنیت از جنبه های مختلف در این سامانه باید مد نظر قرار بگیرد.

- سیستم احراز هویت

- سیستم کنترل سطوح دسترسی
- سیستم رمز نگاری اطلاعات ارسالی
- عدم دسترسی به اطلاعات کاربران (حریم خصوصی)
- اطمینان از درستی اطلاعات ارسال شده
- سیستم رویدادنگاری کامل

اینترنت اشیاء: ایجاد یک ارتباط بین دستگاه ها، سنسورها، افراد و سیستم ها می تواند به ایجاد یک اکوسیستم بیمارستان هوشمند کمک زیادی کند.

تمرکز بر داده های حجیم: منابع زیاد تولید داده های حوزه سلامت مانند پرونده پزشکی، اطلاعات دستگاه های پوشیدنی، تلفن های هوشمند، بانک داده های پزشکی با ویژگی های متفاوت در ساختار، نوع داده و سرعت تولید بالا حجم عظیمی از داده ها را ایجاد می کنند که با ساختار بانک های اطلاعاتی رابطه ای قابل ذخیره سازی نمی باشند. تمرکز بر جمع آوری، ذخیره سازی، تجزیه و تحلیل این داده ها باید در این سکو در نظر گرفته شود و از راه های مبتنی بر NoSQL حسب مورد می تواند استفاده شود



شکل ۳: نمای کلی معماری پیشنهادی طراحی شده برای بیمارستان هوشمند (۱۳)

داده‌های سلامت مشاهده‌ای است که هدف آن ایجاد یک قالب مشترک و یکپارچه برای داده‌های مختلف است تا امکان انجام تحقیقات، تحلیل‌های مقایسه‌ای و به اشتراک‌گذاری در مقیاس بزرگ فراهم شود. HL7 (Health Level Seven) یک استاندارد بین‌المللی برای تبادل اطلاعات در حوزه سلامت است که با هدف ایجاد یکپارچگی و تبادل روان داده‌ها بین سیستم‌های مختلف اطلاعات سلامت طراحی شده است.

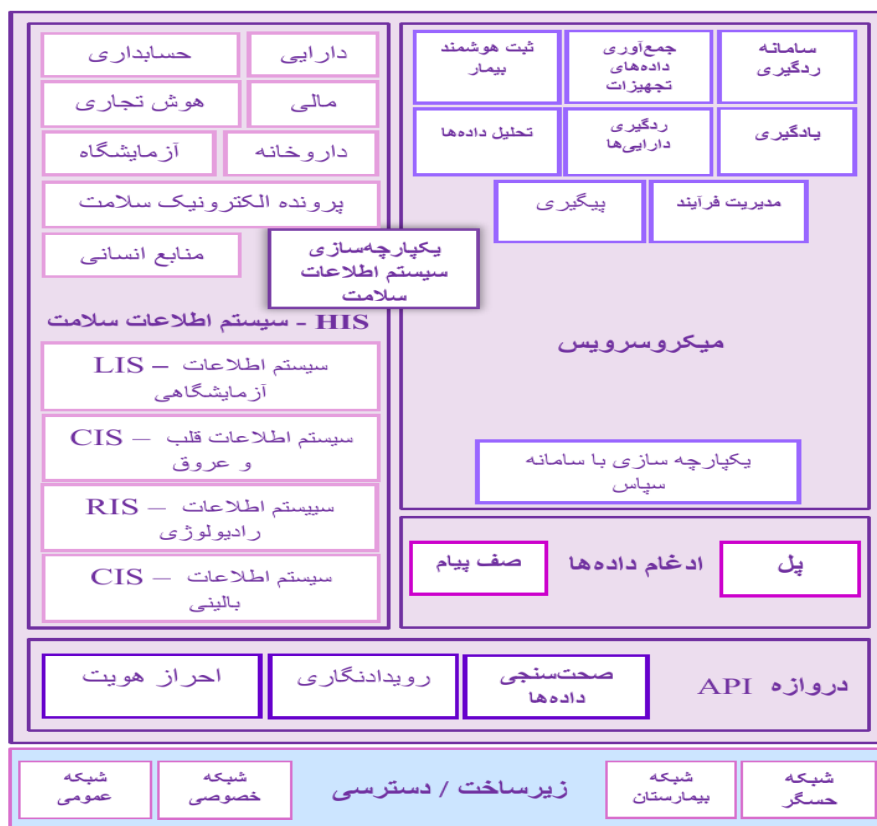
شکل ۴ نشان‌دهنده بخش سکو بیمارستان هوشمند می‌باشد که شامل بخش‌های زیر ساختی، میکرو سرویس‌ها، بخش‌های مدیریتی و نگهداری سامانه می‌باشد. این مدل دارای دو سطح اصلی می‌باشد. در سطح اول زیرساخت ارتباطی تعریف شده است که پیام‌ها را به سکو بیمارستان هوشمند منتقل می‌کند. این لایه می‌تواند شامل زیر ساخت‌های شبکه، شبکه اینترنت، شبکه داخلی بیمارستان و شبکه سنسورهای بیمارستانی باشد. لایه دوم، سکو اصلی بیمارستان هوشمند می‌باشد که بخش‌های مختلف آن شامل میکروسرویس، دروازه API (Application Programming Interface) و سیستم‌های اطلاعات سلامت می‌باشد. در سطح اول لایه دروازه API قرار دارد که کلیه درخواست‌ها توسط این لایه مدیریت می‌شود. این لایه به صورت مستقیم با مولفه‌های کنترل دسترسی و ثبت وقایع و صحت‌سنجی داده‌ها در ارتباط خواهد بود.

در شکل ۳ نمای بالاترین سطح معماری پلتفرم بیمارستان هوشمند نمایش داده شده است، این نما به شکل یک معماری سه لایه تعریف شده است. در این معماری اولین لایه، لایه برنامه کاربردی می‌باشد که کلیه برنامه‌ها، وب سایت‌ها، نرم‌افزارهای مدیریت بیمارستانی، سنسورها و تجهیزاتی که اقدام به ارائه اطلاعات می‌کنند در این لایه قرار می‌گیرند.

لایه برنامه کاربردی اطلاعات خود را از طریق لایه شبکه در اختیار سکو قرار می‌دهد و یا اطلاعات مورد نیاز خود را از سکو دریافت می‌کند. برنامه‌های کاربردی و خدمات عمومی که در اختیار کاربران نهایی قرار می‌گیرد از طریق شبکه‌های عمومی مانند اینترنت خانگی یا شبکه موبایل در دسترس خواهد بود.

لایه سوم، لایه سکو بیمارستان هوشمند می‌باشد که در ادامه مطلب به جزئیات طراحی آن لایه خواهیم پرداخت.

استانداردهای رعایت شده در این طراحی (Fast Healthcare Interoperability Resources) FHIR، که یک استاندارد مدرن برای تبادل الکترونیکی اطلاعات در حوزه مراقبت‌های بهداشتی است که تسهیل ارتباطات میان سیستم‌های مختلف بهداشتی و بهبود دسترسی به اطلاعات بیمار را ممکن می‌سازد. (Observational Medical Outcomes Partnership Common Data) OMOP-CDM (Model) یک مدل داده استاندارد برای سازماندهی و تحلیل



شکل ۴: نمای داخلی معماری پیشنهادی پلتفرم بیمارستان هوشمند (۱۳)

سرویس اتصال به سامانه اطلاعات سلامت (HIS Service): سرویس اتصال به سامانه HIS بیمارستان که اطلاعات مورد نیاز برای کارکرد دیگر سرویس‌ها را از آن دریافت کرده و یا اطلاعاتی که در سرویس‌های پلتفرم ایجاد می‌شود را برحسب نیاز به سامانه ارسال می‌کند.

یکپارچه‌سازی داده (Data Integration): در بیشتر مواقع دسترسی به اطلاعات سرویس HIS می‌تواند مبتنی بر تقاضا ارائه شود ولی در بعضی موارد نیاز است اطلاعات برای نیازهای داخلی سرویس‌ها دریافت و ذخیره شود. این مولفه وظیفه مجتمع کردن اطلاعات را برعهده خواهد داشت. از پل (Bridge) برای اتصال به پایگاه‌های داده استفاده می‌شود. داده‌های تولید شده از طریق سنسورها و یا غیره در بیمارستان‌ها باید در صفی قرار گیرند تا به تدریج پردازش شوند که دلیل استفاده از صف پیام‌ها (Message Queue) هستند.

شکل ۵ نشان‌دهنده نحوه همکاری و تعامل این سکو با دیگر ذینفعان و همکاران می‌باشد. ذینفعان می‌توانند در چند مورد در این سکو ورود کرده و اقدام به ارائه خدمات نمایند. همانطوری که در شکل ۶ مشخص است ذینفعان این سکو یعنی بیمارستان‌ها، شرکت‌های ارائه دهنده خدمات HIS، استارت‌آپ‌ها، ارائه دهنندگان خدمات تلفن همراه، شرکت‌های فناوری اطلاعات و سازندگان و وارد کنندگان تجهیزات پزشکی می‌توانند با این سکو همکاری کنند و خدمات خود را ارائه دهند و با استفاده از اطلاعات سکو خدمات جدیدی ایجاد نمایند. این خدمات عبارتند از

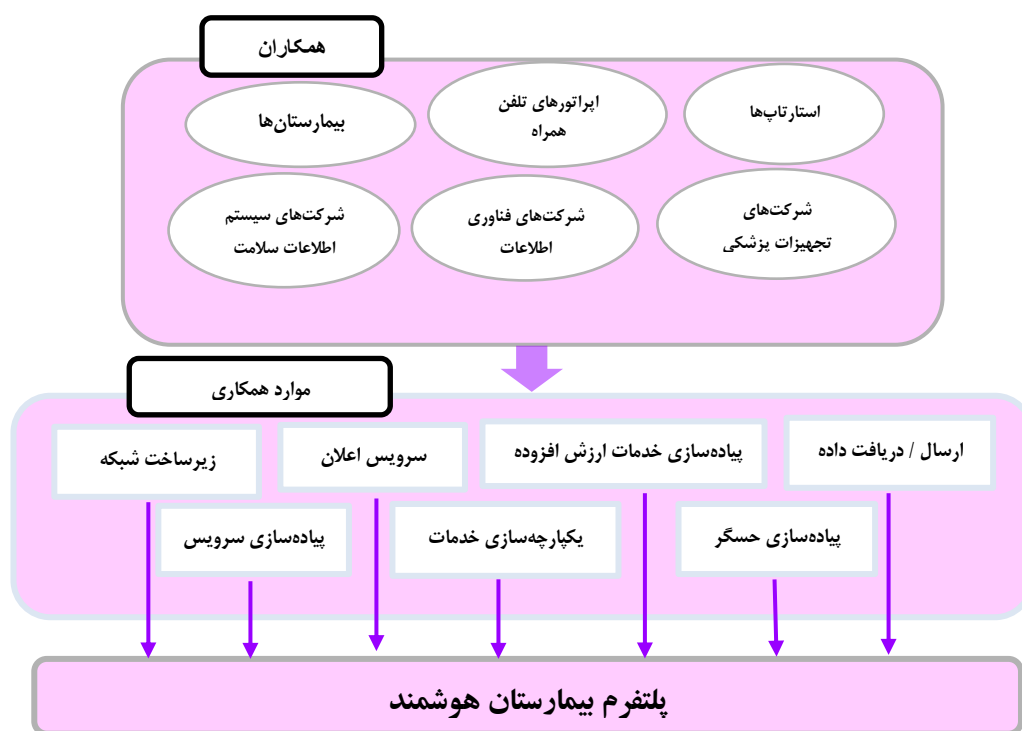
دروازه API: رابط برنامه‌نویسی مجتمع و جامعی که بر اساس کنترل سطوح دسترسی، اطلاعات و خدمات مورد نیاز را تامین می‌کند. تنها راه دسترسی به اطلاعات و سرویس‌ها از طریق این رابط می‌باشد.

احراز هویت (Authentication): مولفه احراز هویت و کنترل سطوح دسترسی وظیفه کنترل سطوح دسترسی، کنترل دسترسی به سرویس‌ها، مدیریت توکن‌ها و به روز رسانی آنها را خواهد داشت. استاندارد OAuth2.0 استفاده می‌شود.

رویدادنگاری (Logging): با توجه به اهمیت موضوع امنیت و حریم خصوصی، وجود یک سیستم پیشرفته که بتواند کلیه خطاها و هشدارهای امنیتی سیستم را به عنوان تاریخچه‌ای از تغییرات ایجاد و ذخیره کند، ضروری می‌باشد. لازم به ذکر است این اطلاعات علاوه بر استفاده در موارد امنیتی، برای بهبود کیفیت سامانه و سرویس‌ها و ارائه خدمات بهتر به مشتریان نیز استفاده خواهد شد.

صحت‌سنجی داده‌ها (Data Verification): وجود سرویس‌های گوناگون و خدمات زیاد در سامانه، همچنین گسترش خدمات توسط افراد و شرکت‌های دیگر، وجود یک مدل داده مشترک را ضروری می‌نماید. این مولفه، وظیفه کنترل داده‌های ورودی با Schema تعریف شده در سامانه را بر عهده خواهد داشت.

میکروسرویس (Microservice): کلیه سرویس‌های داخلی سکو، داخل این بخش قرار خواهند گرفت. افراد و شرکت‌های دانش بنیان می‌توانند خدمات خود را در قالب سرویس در اختیار استفاده کنندگان قرار دهند



شکل ۵: نمای طراحی شده برای ارتباط ذینفعان با پلتفرم بیمارستان هوشمند

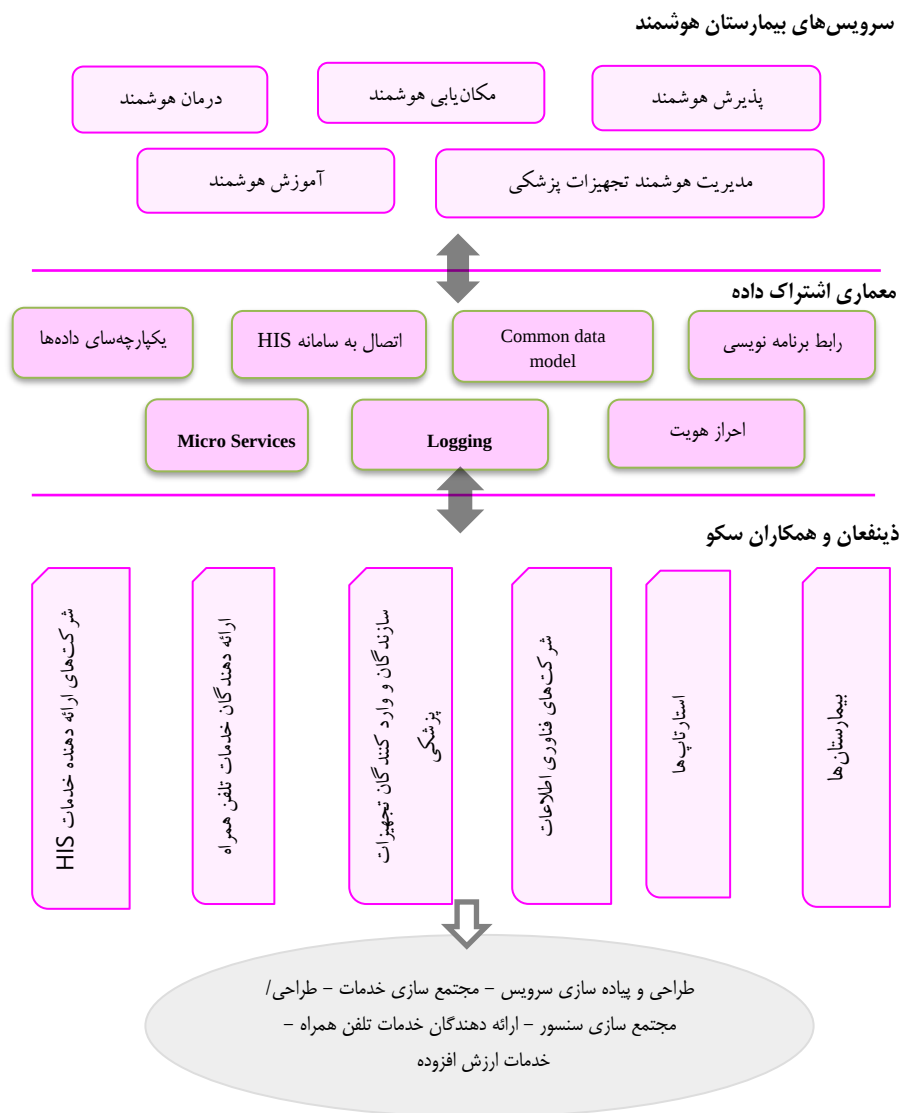
طراحی و پیاده سازی سرویس: هر کدام از ذینفعان می‌توانند اقدام به طراحی و پیاده سازی سرویس‌های مورد نیاز سامانه کرده و در بستر سکو اقدام به ارائه خدمات نمایند.

طراحی/مجموعه سازی سنسور: شرکت‌های طراح و یا واردکنندگان تجهیزات پزشکی می‌توانند اقدام به طراحی سرویس‌هایی برای اتصال تجهیزات خود به سکو نمایند.

مجموعه سازی خدمات: ذینفعان می‌توانند خدمات خود را به عنوان سرویس با سکو مجتمع کرده و اقدام به ارسال و دریافت اطلاعات نمایند.

ارائه دهندگان خدمات تلفن همراه: این شرکت‌ها می‌توانند به عنوان کانال اطلاع رسانی اقدام به دریافت و ارسال پیامک‌ها و ارائه خدمات نمایند.

خدمات ارزش افزوده (Value Added Service): شرکت‌ها و فعالان این عرصه می‌توانند با طراحی سرویس‌های جدید بر بستر اطلاعاتی سکو اقدام به ارائه خدمات نموده و ارزش افزوده مناسبی ایجاد نمایند.



شکل ۶، نمای کلی سکو در ارتباط با سرویس‌های بیمارستان هوشمند و ذینفعان

بحث

با در نظر گرفتن اهمیت موضوع اشتراک گذاری داده، ارزیابی معماری پیشنهادی را براساس جنبه‌های کلید از مدل مرجع اشتراک گذاری داده (DaaS) و همچنین نیازسنجی بیمارستان پانزده خرداد انجام می‌شود. در این ارزیابی معماری کتوس نیز در نظر گرفته شده است (۱۴).

اکتساب داده: معماری پیشنهادی از استاندارد OMOP-CDM، ثبت نام هوشمند بیمار، جمع آوری داده‌های تجهیزات، سیستم ردگیری، ردگیری دارایی پشتیبانی می‌کند در حالی که کتوس در مقابل فقط از OMOP-CDM و ETL (Extract, Transform, Load) پشتیبانی می‌کند.

مدیریت داده: معماری پیشنهادی دارای امکانات یکپارچه سازی HIS، اتصال به سامانه سپاس و یکپارچه سازی داده‌ها است (۱۵). در مقابل معماری کتوس از استانداردهای XML (Extensible Markup Language)، HL7/FHIR و سایر استانداردهای داده‌ای پشتیبانی می‌کند.

حاکمیت داده: در معماری پیشنهادی با بکارگیری معماری میکروسرویس از حصول به حاکمیت داده اطمینان حاصل شده است. در حالی که معماری کتوس فقط از استانداردهای HL7/FHIR پشتیبانی می‌کند.

توزیع داده: معماری پیشنهادی از مجازی سازی و مکانیزیم‌های توزیع داده با هدف ایجاد تحمل خرابی و مزایای دیگر توزیع شدگی استفاده می‌کند که در کتوس این قابلیت وجود ندارد.

تجزیه و تحلیل داده: داده کاوی، بصری سازی داده، استفاده از یادگیری ماشین و مدل های پیش بینی از امکاناتی است که در هر دو معماری می تواند وجود داشته باشد.

امنیت داده: احراز هویت، مدیریت کاربران، کنترل دسترسی و رویدادنگاری از امکاناتی است که از جنبه امنیت در دو معماری وجود دارد. در معماری پیشنهادی دو پیمانه دروازه API و صحت سنجی داده‌ها نیز از قابلیت‌های جدید است.

مدیریت خدمات: مدیریت فرآیند در معماری پیشنهادی کاملاً پشتیبانی می‌شود. در کتوس نیز وب سرویس و داکر (Docker) در این بخش وجود دارد.

در مقایسه با معماری مرجع DaaS می‌توان گفت که معماری پیشنهادی تمامی مؤلفه‌های اصلی مدل مرجع DaaS را پوشش می‌دهد و علاوه بر این، معماری پیشنهادی مزایای به کارگیری معماری میکروسرویس را نیز دارد (۱۶). این امکان وجود دارد که در آینده نیز با توجه به خدمات مورد نیاز سرویس‌های دیگری را ایجاد کرد بدون اینکه خللی در سایر سرویس‌ها ایجاد شود و یا اینکه از هر سرویس می‌توان چند مورد داشت و بر اساس ترافیک می‌توان درخواست‌ها را مدیریت کرد. منظور از افزایش تعداد سرویس، مثلاً ایجاد چند مورد از یک میکروسرویس مشخص است که در سرورهای متفاوتی قرار داشته باشند. هر میکروسرویس مستقل از بقیه کار می‌کند بنابراین نگهداری ساده‌تر و پیچیدگی کمتری دارد (۱۷).

با توجه به نیازسنجی بیمارستان پانزده خرداد و بررسی الزامات مرتبط، در جدول ۱ تطبیق الزامات بیمارستان هوشمند با معماری پیشنهادی آمده است.

جدول ۱: الزامات و راه حل‌ها بر اساس ملزومات اشتراک داده بیمارستان هوشمند

الزامات	راه حل‌ها
امکان ثبت اطلاعات بیمار قبل از ورود و استعلام هوشمند وضعیت بیمه	- سیستم‌های هوشمند ردگیری بیمار - سیستم‌های هوشمند کنترل تردد
خروج بیمار از منطقه خود به دلایل مختلف مانند هواخوری و..	سیستم مکان یابی بی‌درنگ بیمار
امکان ارائه اطلاعات مورد نیاز به بیماران و مراجعین	- نقشه دسترسی بیماران، سیستم مکان یابی، اطلاعات مراحل درمان بر اساس کانال ارائه صفحه نمایش - ابزارها و سیستم‌های چندرسانه‌ای آموزش بیمار و همراه، قبل و در طول زمان بستری و بعد
- امکان جمع‌آوری و تکمیل اطلاعات بیمار از راه دور و از منزل قبل از ورود به بیمارستان - امکان استعلام‌های بیمه‌ای به صورت اتوماتیک در صورت ثبت اطلاعات قبل از ورود و اتصال به پایگاه داده‌ها	پذیرش هوشمند، فرآیند از راه دور تکمیل اطلاعات پذیرش بیمار قبل از بستری
- امکان انتقال سوابق به بیمارستان‌های دیگر و جلوگیری از انجام معاینات و آزمایش‌های تکراری - امکان تحلیل اطلاعات بیمار برای دوره‌های مختلف - امکان تحلیل اطلاعات برای بیمارستان و سیستم پزشکی - امکان ثبت سوابق دوره‌ای بیمار و تشخیص و درمان بهتر بر اساس سوابق	جمع‌آوری و ذخیره و دسترسی به اطلاعات بیمار با مجوز خودش از طریق یکپارچه سازی با سامانه سپاس
امکان تشخیص میزان عفونت بیمارستانی	سیستم تشخیص هوشمند و پایش وضعیت و میزان عفونت بیمارستانی
امکان تنظیم میزان و نوع نور برای بیماران خاص	روشنایی هوشمند، بر اساس نیاز و شرایط بیمار (مانند عمل چشم) میزان و نوع نور متغیر و سفارشی می‌شود.
امکان مدیریت دستگاه‌های اکسیژن ساز و کپسول‌های مربوطه نیاز به مدیریت زمان شارژ و وضعیت نشی	مدیریت هوشمند گازهای طبی

ملاحظات قانونی و اجرایی در دسترسی و به اشتراک گذاری اطلاعات حوزه سلامت نیازمند بررسی‌های دقیق از این زاویه و توسعه و اجرای مقررات لازم برای اطمینان از حفظ حریم خصوصی اطلاعات سلامت است.

یکی از محدودیت‌های این پژوهش عدم وجود بیمارستان هوشمند در سطح کشور می‌باشد و بدون مثال‌های ملموس از سیستم‌های عملی، تعیین الزامات فنی مناسب، ایجاد بهترین شیوه‌ها و طراحی پیاده‌سازی‌های بدون خطا دشوار می‌باشد. طراحی و ایجاد زنجیره ارزش خدمات جدید موثر و اقتصادی با مشارکت سایر خدمات دهندگان از طریق مکانیزیم‌های به اشتراک داده طراحی شده در معماری به همراه آموزش و فرهنگ‌سازی از کارهای آتی این پژوهش است. بررسی معماری پیشنهادی از جنبه ملاحظات تامین امنیت در طراحی و ارائه خدمات و ارزیابی آن از موارد پژوهش‌های آتی است.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی فناوری اطلاعات پزشکی در دانشکده سامانه‌های هوشمند ذیل دانشکده علوم و فناوری‌های میان‌رشته‌ای دانشگاه تهران با کد علمی ثبت شده ۲۳۰۷۵۱۳۸ در ایراندک می‌باشد. نویسندگان بر خود لازم می‌دانند، از ریاست محترم و کادر درمان بیمارستان پانزده خرداد به ویژه آقای دکتر مجتبی ذنوبی مدیر وقت بیمارستان که ما را در انجام این پژوهش یاری نمودند، تشکر و قدردانی نمایند. همچنین از آقای دکتر آرش معبودی که در مرحله اخذ نیازسنجی و داوران محترم که با بازخوردهای عمیق و دقیق خود موجب بهبود کیفیت مقاله شدند تشکر می‌نمایند.

تضاد منافع

در انجام پژوهش حاضر، نویسندگان هیچ‌گونه تضاد منافی نداشتند.

معماری پیشنهادی با در نظر گرفتن مواردی مثل سنسورها به عنوان بخشی از پلتفرم در واقع امکان استفاده از اینترنت اشیا را فراهم می‌کند و از این طریق می‌تواند تجهیزات و منابع فیزیکی بیمارستان را مدیریت کند. با تعریف بخشی به نام یکپارچه‌سازی سیستم‌های اطلاعات سلامت اجازه همکاری و دسترسی به داده‌های بیمارستانی به این سکو داده می‌شود. با داشتن این اطلاعات و وجود میکروسرویس و تعریف درگاه API این اجازه به سایر خدمت دهندگان (3rd party) داده می‌شود تا بر اساس قوانین و شرایط، به بخشی از داده‌ها و امکانات دسترسی داشته باشند و بر اساس آن خدمات جدید را تعریف کنند که این خدمات می‌توانند در اختیار دیگر سرویس‌ها برای تحلیل کلان داده، پردازش تصاویر پزشکی و غیره قرار گیرند.

نتیجه‌گیری

داده‌های بیمارستانی را می‌توان از طریق پذیرش هوشمند، آموزش هوشمند، درمان هوشمند، مکان‌یابی هوشمند و مدیریت هوشمند تجهیزات جمع‌آوری کرد که این موارد حداقل سرویس‌های مورد نیاز در یک بیمارستان می‌باشند.

بخشی از این معماری امکان توسعه خدمات توسط افراد دیگر را فراهم می‌کند. بخش اصلی معماری نیز، بیمارستان هوشمند می‌باشد. بخش سرویس‌های داخلی بیمارستان هوشمند بر اساس نیاز، تعریف و توسعه پیدا می‌کند. معماری میکروسرویس به دلیل جدید بودن و هم اینکه برای سیستم‌های بزرگ امکانات مناسبی مانند توسعه‌پذیری و سازگاری و تحمل خطا را فراهم می‌کند در معماری پیشنهادی به کار برده شده است.

پیشنهادهای

برای رسیدن به موفقیت عملی معماری طراحی شده در این پژوهش، صرف نظر از طراحی معماری فنی که در این مقاله به آن پرداخته شده است، نیازمند طراحی حوزه کسب و کاری با ملاحظه تمام بازیگران و ذینفعان هستیم. علاوه بر این،

References

1. Piri Z, Erfani S, Khadivi A, Determining Indicators for Evaluating Hospital Information System Architecture, Health Information Management, Tabriz: University of Medical Sciences Tabriz; 2015. P. 584-594. [In Persian]
2. Tabatabaei SM, Healthcare 4.0: a turning point for smart health, Health Information Management, Mashhad: Department of Medical Informatics, Faculty of Medicine, Mashhad University of Medical Sciences; 2023. [In Persian]
3. Benhlila L. Big data management for healthcare systems: architecture, requirements, and implementation. Advances in bioinformatics. 2018;2018.
4. Lovestone S, Consortium E. The European medical information framework: a novel ecosystem for sharing healthcare data across Europe. Learning health systems. 2020;4(2):e10214.
5. Gruendner J, Schwachhofer T, Sippl P, Wolf N, Erpenbeck M, Gulden C, et al. KETOS: Clinical decision support and machine learning as a service—A training and deployment platform based on Docker, OMOP-CDM, and FHIR Web Services. PloS one. 2019;14(10):e0223010.
6. S. Rubí JN, L. Gondim PR. IoMT platform for pervasive healthcare data aggregation, processing, and sharing based on OneM2M and OpenEHR. Sensors. 2019;19(19):4283.
7. Volkov I, Radchenko G, editors. Architecture of mHealth Platform for Storing, Exchanging and Processing of Medical Data in Smart Healthcare. 2021 Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBEREIT); 2021: IEEE.
8. Quy VK, Hau NV, Anh DV, Ngoc LA. Smart healthcare IoT applications based on fog computing: architecture, applications and challenges. Complex & Intelligent Systems. 2022;8(5):3805-15.
9. Gavrilović N, Mishra A. Software architecture of the internet of things (IoT) for smart city, healthcare and agriculture: analysis and improvement directions. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing. 2021;12(1):1315-36.

10. Tummers J, Tobi H, Catal C, Tekinerdogan B. Designing a reference architecture for health information systems. BMC Medical Informatics and Decision Making. 2021;21(1):1-14.
11. Klötgen M, Lauf F, Stäubert S, Meister S, Ammon D. A Trusted Data Sharing Environment based on FAIR Principles and Distributed Process Execution2022. 583-9 p.
12. A Guide to the Business Analysis Body of Knowledge (BABOK® Guide). "International Institute of Business Analysis"; 2015.
13. Mohammadian Oliaee S, Khansari M. A Software Architecture for Sharing and Reusing Health Data in Smart Hospital. 2023, 1st International Congress of Artificial Intelligence in Medical Sciences; Kish Island, Iran, May 17-19, 2023, p. 217. [In Persian].
14. Zonoobi M, Elahi S, Khansari M, Hassanzadeh A, Saheb T. Health Data Sharing with the Goal of Value Creation; Trying to Develop a Framework Using Qualitative Content Analysis. Archives of Academic Emergency Medicine. 2024;12
15. To know the electronic health record system "Sepas". Available from: URL: <https://stat.bpums.ac.ir> [In Persian]
16. Nadareishvili I, Mitra R, McLarty M, Amundsen M. Microservice architecture: aligning principles, practices, and culture: " O'Reilly Media, Inc."; 2016.
17. Sarkar P. Data as a service: A framework for providing reusable enterprise data services: John Wiley & Sons; 2015.

A Software Architecture for Health Data Sharing in Smart Hospital

Sara Mohamadian Oliaee¹; Mohammad Khansari²

Original Article

Abstract

Introduction: The abundance and diversity of healthcare data play pivotal role in service delivery to various stakeholders. Upon examination of the smart hospital requirements and state-of-art in literature, a critical requirement emerges - the provision of appropriate software architecture to conduct data sharing.

Methods: Requirements analysis is carried out by both considering current challenges of Panzdah Khordad hospital as a case and new smart hospitals approach separately, we apply Babok standard, Business Analysis Body of Knowledge for this analysis. Unstructured interviews with all stake holders within the hospital through the use of focus group are conducted to identify the current challenges. On the other side, unstructured interviews with smart hospital group of experts also are performed to complement the software architecture requirements. Finally, we undertake a thorough investigation of a distinguished reference architecture known as Data as a Service (DaaS) within this domain. Next, we introduce a new software architecture for healthcare data sharing in smart hospital which supports identified requirements thoroughly. Evaluation of the proposed data sharing architecture regarding DaaS components and similar ones (KETOS architecture) are conducted.

Results: Developed smart hospital data sharing architecture enables intelligent and effective deployment of hospital data through sharing with authorized parties. The architecture includes microservice components for developing services, a smart hospital core, and internally defined services tailored to meet specific operational needs.

Conclusion: The proposed architecture based on several microservices, offers microservices capabilities for provision and usage, expandability, and integration with Hospital Information System (HIS) and SEPAS national system. Additionally, it enables communication and provision of value-added service through collaboration with 3rd parties ranging from startups to HIS providers, telco operators and medical industry partners, promoting interoperability and efficient and controlled data exchange to support innovation.

Keywords: Health data; Smart hospital; Hospital Information System; Data sharing; Microservice architecture

Received: 4 Oct; 2024

Accepted: 20 Dec; 2024

Published: 30 Dec; 2024

Citation: Mohamadian Oliaee S; Khansari M. **A Software Architecture for Health Data Sharing in Smart Hospital.** Health Information Management; 2024; 21(4): 182-192.

This article resulted from a Msc thesis with No 23075138.

1. MSc, Medical Information Technology Engineering, School of Intelligent Systems, College of Interdisciplinary Sciences and Technologies, University of Tehran, Tehran, Tehran, Iran

2. Associate Professor, School of Intelligent Systems, College of Interdisciplinary Sciences and Technologies, University of Tehran, Tehran., University of Tehran, Tehran, Iran

Corresponding Author: Mohammad Khansari; Associate Professor, School of Intelligent Systems, College of Interdisciplinary Sciences and Technologies, University of Tehran, Tehran., University of Tehran, Tehran, Iran. Email: m.khansari@ut.ac.ir