مقاله پژوهشی

مجله انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی
مرکز تحقیقات انفورماتیک پزشکی
دوره هفتم شماره دوم. ص ۱۴۹-۱۳۳، ۱۳۹۹

مدل‌سازی معماری اطلاعات بیمارستان هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء و عامل توصیه‌گر

صغرا محمودی[۱]، محمدعلی افشار کاظمی[۲*]، عباس طلوعی اشلقی[۳]، نصرت‌الله شادنوش[۴]

• دریافت مقاله: ۹۸/۷/۷ • پذیرش مقاله: ۹۸/۱۲/۱۳

مقدمه: امروزه سازمان‌های مراقبت بهداشتی در سطح جهان از اهمیت فناوری و تأثیر فناوری بر کیفیت مراقبت ارائه شده واقف هستند. بیمارستان یکی از سیستم‌هایی است که به دلایل مختلف، بهره‌گیری از اطلاعات در آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این تحقیق سعی شد با استفاده از شبیه‌سازی گسسته پیشامد و طراحی یک عامل توصیه‌گر، تخصیص تجهیزات اینترنت اشیاء به بیماران به گونه‌ای انجام شود که تعداد خطاهای درمانی کاهش یابد و طول درمان بیماران کمینه گردد.

روش: برای انجام تحقیق مورد نظر، ابتدا وضعیت فعلی سیستم درمان با رویکرد شبیه‌سازی گسسته پیشامد مدل شد. سپس سناریوی ورود اینترنت اشیاء به مدل شبیه‌سازی انجام گرفت و در نهایت با استفاده از مدل‌سازی عامل بنیان، عامل توصیه‌گر جهت اختصاص بهینه تجهیزات اینترنت اشیاء به بیماران طراحی شد.

نتایج: پیاده‌سازی عملکرد عامل توصیه‌گر در مدل شبیه‌سازی نشان داد که به کارگیری اینترنت اشیاء و عامل توصیه‌گر در فرآیندهای درمانی باعث کاهش خطاهای درمانی و طول درمان می‌شود.

نتیجه‌گیری: قرار دادن اینترنت اشیاء در مراحل مختلف درمانی باعث کاهش خطا می‌شود، ولی اثربخشی آن در مراحل مختلف از بیماری‌های مختلف با هم متفاوت است. از آنجایی که برخی از تجهیزات اینترنت اشیاء مربوط به بیماری‌های مختلف با هم هم‌پوشانی دارند و همچنین تعداد این تجهیزات در بیمارستان‌ها محدود است، برای داشتن بیشترین اثربخشی از عامل توصیه‌گر استفاده شد. عامل توصیه‌گر در خصوص نحوه تخصیص تجهیزات اینترنت اشیاء به هر یک از مراحل درمانی بیماران تصمیم‌گیری می‌کند.

کلید واژه‌ها: بیمارستان هوشمند، اینترنت اشیاء، عامل توصیه‌گر

•**ارجاع:** محمودی صغرا، افشار کاظمی محمدعلی، طلوعی اشلقی عباس، شادنوش نصرت‌الله. شبیه‌سازی معماری اطلاعات بیمارستان هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء و عامل توصیه‌گر. مجله انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی ۱۳۹۹؛ ۷(۲): ۴۹-۱۳۳.

۱. دانشجوی دکتری تخصصی مدیریت فناوری اطلاعات، گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲. دکتری تخصصی مدیریت صنعتی، دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۳. دکتری تخصصی مدیریت صنعتی، استاد، گروه مدیریت صنعتی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۴. دکتری تخصصی مدیریت فرهنگی، استادیار، گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
* **نویسنده مسئول:** محمدعلی افشار کاظمی
آدرس: تهران، سوهانک، بلوار ارتش، خیابان خندان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، مجتمع دانشگاهی ولایت، دانشکده مدیریت
• **شماره تماس:** ۰۲۱-۲۳۹۰۲۴۹۵ • **Email:** drafshar@iauec.com

مقدمه

از آنجایی که بهداشت و درمان به طور فزاینده‌ای قادر به مقابله با پویایی افزایش جمعیت در جهان نیست. سازمان بهداشت جهانی در تلاش است تا این چالش را با ترغیب کشورها به ارائه «حمایت از ریسک مالی برای همه و دسترسی به خدمات مراقبت با کیفیت و مقرون به‌صرفه مراقبت‌های بهداشتی» برطرف سازد. تقاضای بالاتر برای خدمات بهداشتی و درمانی همراه با کمبود متخصصان پزشکی در مناطقی از جهان که بیشترین نیاز را دارند. افزایش سریع در بیماری‌های مزمن، به عنوان مثال دیابت نوع ۲ و فشارخون بالا، بحران قریب‌الوقوع را تشدید می‌کند، نیاز به تفکر جدید مراقبت‌های بهداشتی بسیار مهم است. با رشد انفجاری فناوری اطلاعات (Information IT(Technology، زیرساخت‌ها و دستگاه‌های در حال ظهور، ارائه خدمات درمانی به طور فزاینده‌ای با استفاده از این فناوری‌ها صورت می‌گیرد. هم اکنون خدمات بهداشتی و درمانی می‌توانند از طریق این نوآوری‌ها به هر کس، هرجایی و هر زمان دیگری ارائه شوند. این خدمات و فن‌آوری‌ها به بیماران، پزشکان و سازمان‌های بهداشتی و درمانی امکان دسترسی سریع به اطلاعات مراقبت‌های بهداشتی را برای تصمیم‌گیری کارآمد و همچنین درمان بهتر فراهم می‌کند [۱]. سیستم اطلاعات بیمارستان یک سیستم اطلاعاتی جامع و یکپارچه است که برای مدیریت اداری، مالی و جنبه‌های بالینی یک بیمارستان طراحی شده است. هدف از یک سیستم اطلاعات بیمارستانی دستیابی به بهترین پشتیبانی ممکن است. مهم‌ترین عملکردهای سیستم‌های اطلاعات بیمارستان ذخیره صحیح داده‌ها، استفاده قابل اعتماد، دسترسی سریع به داده‌ها، ایمن نگه داشتن داده‌ها و هزینه کمتر استفاده از آن‌ها می‌باشد [۲،۳]. بیمارستان یکی از مهم‌ترین سیستم‌هایی است که بهره‌گیری مناسب از اطلاعات در آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مدیریت بیمار در بسیاری از بیمارستان‌ها به جای آن که مبتنی بر اطلاعات باشد مبتنی بر تجربه است. دلیل این امر هم این است که در حال حاضر تولید، توزیع و به کارگیری اطلاعات در بیمارستان کارآمد نیست. اطلاعات بر اساس قالب‌بندی خاصی تولید می‌شود و این قالب‌ها هم در بیمارستان‌های مختلف متفاوت است. علیرغم بالا بودن خطاهای پزشکی در بیمارستان‌ها و لزوم به‌کارگیری فناوری‌های نوین برای کاهش خطاهای پزشکی، هنوز استفاده از فناوری‌های نوین به خصوص در فرآیندهای درمانی چشمگیر نیست. از طرفی حجم اطلاعات تولیدشده در بیمارستان بسیار زیاد است. این افزونگی اطلاعات باعث می‌شود که بسیاری از داده‌ها جمع‌آوری نشود و اطمینان کافی به اطلاعات تولید شده وجود ندارد، بسیاری از اطلاعات به‌هنگام دریافت نمی‌شود و بسیاری از اطلاعات مورد نیاز مدیران و تیم درمان برای تصمیم‌گیری مناسب نیست و به همین دلیل بسیاری از آنان از اطلاعات تولید شده استفاده نمی‌کنند [۴]. همین امر ضرورت انجام تحقیق حاضر را دوچندان می‌کند.

با پیشرفت در علم پزشکی و افزایش پیچیدگی در این علم، نیاز به ذخیره‌سازی و تبادل الکترونیکی اطلاعات در مراقبت بهداشتی بیش از پیش احساس گردید [۵]. با توجه به ماهیت مراقبت‌های بهداشتی، حجم گسترده‌ای از فعالیت‌ها در سیستم مراقبت، فعالیت‌های مدیریت اطلاعات پیچیده و مزایای فن‌آوری اطلاعات سلامت را نمی‌توان نادیده گرفت [۶]. سلامت الکترونیک به مفهوم استفاده از فناوری اینترنت و سایر ابزارهای فناوری در سلامت است. سیستم‌های سلامت الکترونیک بیماران را در تصمیم‌گیری‌های دقیق بهداشتی ترغیب می‌کنند. در نتیجه استفاده از پرونده الکترونیک سلامت جهت بهبود کیفیت خدمات سلامت امر حیاتی به شمار می‌آید. [۷].

چالش‌های بسیاری در خدمات درمانی از جمله توانمندسازی سالخوردگان پس از سکته مغزی، معلولیت، درمان اختلالات جسمی یا روحی با استفاده از روش‌های درمانی وجود دارد. یکی از روش‌های امیدوارکننده برای کاهش پروژه‌های فوق‌الذکر، اتخاذ فناوری‌های اینترنت اشیاء (Internet of Things) IoT و هوشمندسازی سیستم خدمات پزشکی است. در سال‌های اخیر، تقاضا برای فناوری‌های مبتنی بر اینترنت افزایش یافته است [۸].

در فن‌آوری اینترنت اشیاء قابلیت اتصال اشیاء از طریق اینترنت مهیا می‌شود و تمامی اشیاء با داشتن یک آدرس اینترنتی منحصربه‌فرد قابلیت اتصال به اینترنت را دارند. بر طبق آمارهای مختلف تعداد ابزارهای متصل به اینترنت هر ساله افزایش می‌یابد و بستر مناسب‌تری برای استفاده از اینترنت اشیاء فراهم می‌شود. فن‌آوری اینترنت اشیاء و ارتباط ماشین با ماشین در حجم داده‌های جابه‌جا شده و داده‌های ذخیره شده متفاوت می‌باشند. براساس محیط دیجیتال، مردم می‌توانند به سرعت و با دقت، اطلاعات مرتبط با خدمات را به دست آورند؛ بنابراین می‌تواند اطلاعاتی شدن تشخیص بیماری، استانداردسازی مدیریت و تصمیم‌گیری علمی را به واقعیت تبدیل کرد و بدین‌وسیله فرآیند تشخیص، درمان، مدیریت،

تصمیم‌گیری و خدمات هوشمند را ارتقاء داد [۹]. یکی از مهم‌ترین کاربردهای استفاده از اینترنت اشیاء در بخش سلامت، رصد کردن علائم حیاتی و همچنین پارامترهای خاص افراد مبتلا به بیماری‌های مزمن و شایع است. از بیماری‌های شایع می‌توان به بیماری‌های قلبی، دستگاه تنفس و دیابت اشاره کرد. به منظور کاهش هزینه‌ها و افزایش مراقبت بیماران روزبه‌روز بر میزان استفاده از دستگاه‌های سلامت هوشمند اضافه می‌شود [۱۰]. Ghasemi و همکاران توصیه می‌کنند از کاربردهای اینترنت اشیا در حوزه‌های بهداشت و درمان حمایت شود، زیرا کنترل آلودگی، نظارت بر بیماران، مدیریت بیماری‌های مزمن بیشترین منافع پایدار را به دنبال دارد، سایر حوزه‌ها نیز در اولویت‌های بعدی قرار دارند. همچنین نظارت بر بیماران، کار کارکنان بیمارستان را آسان می‌کند و خطاهای پرستاران را کاهش می‌دهد و به علاوه خیال بیماران و همراهانشان آسوده‌تر خواهد شد. در نهایت کنترل آلودگی‌ها هم برای بیمارستان‌ها و مراکز درمانی، هم برای شهروندان مفید خواهد بود [۱۱].

Sreekanth و Nitha می‌گویند اخیراً وسایل پوششی نظیر ساعت‌های مچی، حلقه‌ها و دست‌بندهای هوشمند و موگیرهای هوشمند کاربرد بهداشتی دارند. این وسایل می‌توانند به طور مثال به پایش پارامترهای فیزیولوژیک از قبیل ثبت ضربان قلب حین فعالیت‌های ورزشی، میزان کالری سوخته شده حین ورزش از راه دور بپردازند. چنین وسایل هوشمندی به ارتباط بهتر ما و انجام فعالیت‌های ورزشی و مراقبت‌های بهداشتی می‌پردازند. در حال حاضر تعداد زیادی اپلیکیشن و سرویس‌های مرتبط وجود دارند. وسایل پوششی موجود با استفاده از اینترنت اشیا، شبکه سلولی Wi-Fi، سرورهای قدرتمند کلود به جمع‌آوری، پایش و تحلیل اطلاعات پرداخته و با تشخیص دقیق به کاربران کمک می‌کنند [۱۲]. با به کارگیری فناوری IoT در حوزه پزشکی، برخی از دانشمندان پیشنهاد کردند که از IoT در مراقبت پزشکی، در مراقبت بهداشتی، طب مبتنی بر IoT و دیگر مفاهیم مربوطه استفاده شود. همه آن‌ها دارای ماهیت یکسانی‌اند و تنها از لحاظ زاویه و دامنه توصیف، با هم فرق دارند. بیمارستان هوشمند انعکاس متمرکز IoT است که در بیمارستان به کار گرفته می‌شود، همچنین، نوع جدیدی از بیمارستان است که در آن کارکرد تشخیص، درمان، مدیریت و تصمیم‌گیری تلفیق شده است و با تلفیق مفاهیم بیمارستان‌های آگاهی‌دهنده و بیمارستان دیجیتال، توصیفی خاص‌تر، جامع‌تر و پویاتر از بیمارستان هوشمند به دست می‌آید [۱۳].

در این تحقیق سعی بر این است که الگوی نظام اطلاعات بیمارستان بهبود یابد به گونه‌ای که اطلاعات به هنگام شود و سیستم توصیه‌گر با ارائه پیشنهادهای مطلوب به تیم درمان و مدیران، روند تشخیص و درمان بیماری را بهبود دهد در این الگو می‌خواهیم میزان خطاهای پزشکی و طول مدت درمان مورد توجه قرار بگیرد. برای نیل به این هدف با بهره‌گیری از فناوری اینترنت اشیاء اطلاعات مؤثرتری به دست آمده و به‌دنبال آن روند تشخیص و درمان بیماری ارتقاء می‌یابد.

اینترنت اشیاء می‌تواند در زمینه‌های مختلف پزشکی از جمله سیستم مراقبت از راه دور بیماران، سیستم هشداردهنده موارد اورژانسی، برنامه‌های تناسب اندام، بیماری‌های مزمن و مراقبت از سالمندان مورد استفاده قرار گیرد. همچنین برنامه‌هایی در اینترنت اشیاء طراحی شده‌اند که به‌وسیله آن پزشک می‌تواند پس از ترخیص بیمار از بیمارستان، بیمار خود را تحت نظر داشته باشد [۱۴]. تمایل انسان‌ها به گذران زندگی روزمره بدون نگرانی و اطمینان از داشتن نظارت و همچنین عدم تمایل برای گذران روزهای طولانی در بیمارستان، تمایل تعدادی از بیماران برای زندگی در شهرهای کوچک و یا روستاهای بدون داشتن امکانات پزشکی پیشرفته نیز از جمله عوامل استفاده از ابزارهای هوشمند سلامت می‌باشند [۱۵]. گروهی از محققین به طراحی معماری پایش اطلاعات بهداشتی پرداختند. این سیستم از الگوریتم مشخصی جهت پایش و مدیریت سیستم اطلاعات بیمارستان استفاده می‌کند. کارایی این سیستم ۵۰٪ بود [۱۶]. یک نمونه طراحی‌شده یک کیف هوشمند است که قادر به جمع‌آوری فاکتورهای زیستی می‌باشد. این کیف می‌تواند اطلاعات را با افراد مشخص به اشتراک بگذارد [۱۷].

Fu Zheng در پژوهشی معماری بیمارستان هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء را با ۳ لایه طراحی نمودند [۱۸].

رونقی و حسینی در پژوهش خود به شناسایی خدمات فن‌آوری اینترنت اشیاء در حوزه بهداشت و درمان و رتبه‌بندی آن‌ها پرداختند. از روش تحلیل فرآیندی سلسله مراتبی تحت مجموعه‌های فازی نوع دو استفاده شد و مشخص گردید که سیاست‌گذاران در حوزه فن‌آوری اینترنت اشیاء در ابتدا باید به نقش این فن‌آوری در نجات جان افراد واقف باشند و در اولویت بعد سرمایه‌گذاری در اینترنت اشیاء می‌تواند به کنترل و نظارت رفتارهای سالمندان، بیماران و کودکان یاری رساند. همچنین، شناسایی و آگاهی از اولویت خدمات اینترنت اشیاء به سیاست‌گذاران و مدیران حوزه درمان و بهداشت جهت مدیریت اثربخش‌تر کمک می‌کند [۱۹].

سیستم اطلاعات بیمارستان (Hospital Information System)HIS یک سیستم اطلاعاتی یکپارچه است که نیازهای اطلاعاتی بیمارستان را برای انجام کارهای روزانه مانند برنامه‌ریزی و مراقبت از بیمار فراهم می‌کند؛ به‌عبارت‌دیگر، HIS سیستمی است که می‌تواند از کلیه فعالیت‌های بیمارستانی از جمله فعالیت‌های بالینی، اداری و مالی پشتیبانی کند [۲۰،۲۱]. مهم‌ترین مشکلات پیاده‌سازی موفق سیستم‌های اطلاعاتی شامل: احساس عدم نیاز به سیستم اطلاعات، عدم آگاهی افراد، کمبود بودجه برای نرم‌افزار و سخت‌افزار و نبود کارکنان برای اجرای سیستم است [۲۲]. سیستم یکپارچه اطلاعات سلامت می‌تواند با سازمان‌دهی، جمع‌آوری، پردازش و به اشتراک‌گذاری اطلاعات الکترونیکی در محیط یک سازمان، خدمات درمانی را بهبود بخشد. این سیستم می‌تواند با کاهش زمان مورد نیاز برای جمع‌آوری اطلاعات مهم و در دسترس قرار دادن آن‌ها برای متخصصان مراقبت‌های بهداشتی، کاهش خطاها در محیط بالینی، ارائه پشتیبانی از متخصصان مراقبت‌های بهداشتی، بهبود مدیریت اطلاعات (با استفاده از این روش) مؤثرتر باشد. در صورت عدم استفاده صحیح، HIS می‌تواند بر ارائه خدمات درمانی تأثیر منفی بگذارد و این معمولاً مربوط به مشکلات ذاتی سیستم خطاها، خرابی‌ها، نرم‌افزارها یا سایر محدودیت‌هایی است که وظایف کاربران را تحت تأثیر قرار می‌دهد، یا آموزش و پشتیبانی نامناسب از کارکنان که می‌تواند منجر به عدم استفاده یا استفاده از اطلاعات نادرست در تصمیم‌گیری شود و از این طریق بر سلامت عمومی بیمار تأثیر بگذارد؛ بنابراین ارزیابی مداوم و به‌روزرسانی سیستم موجود برای تحقق این خواسته‌ها بسیار مهم است [۲۳]. از نظر افرادی که باید از هر سیستم نرم‌افزاری تعاملی استفاده کنند، قابلیت استفاده آن است. قابلیت استفاده یک ویژگی با کیفیت است که میزان کاربری آسان را ارزیابی می‌کند. Badre تعریفی از ارزیابی قابلیت استفاده را به شرح زیر ارائه می‌دهد: «ارزیابی قابلیت استفاده به معنای تست کارآیی، سهولت یادگیری و توانایی به خاطر سپردن نحوه انجام تعاملی است» [۲۴].

به‌طورکلی موفقیت سیستم‌های اطلاعات بیمارستانی را می‌توان از طریق ارزیابی موارد ذیل مشخص نمود:

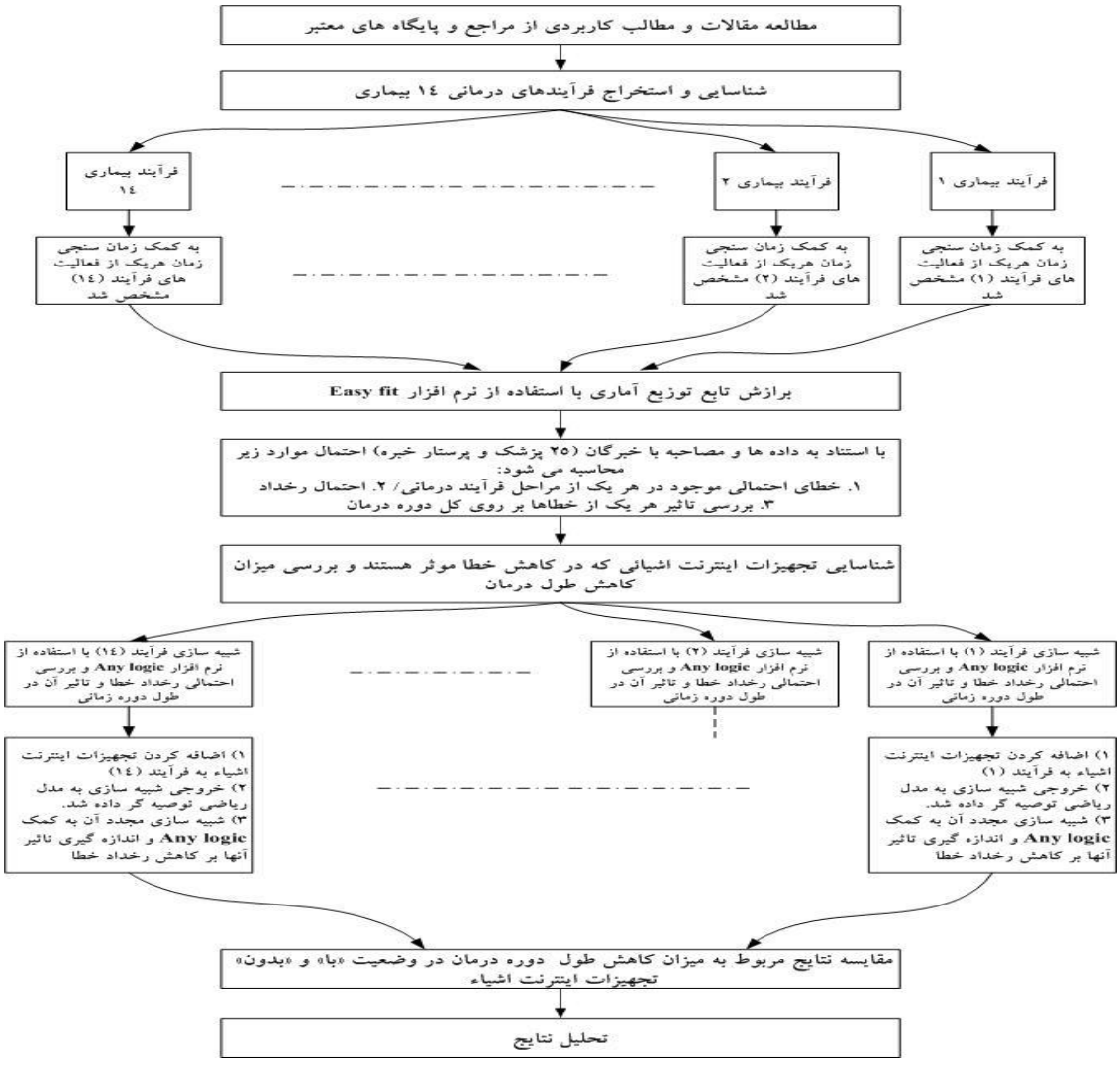
- ارزیابی کیفیت اطلاعات ارائه شده به کاربران
- ارزیابی تأثیر سیستم‌های اطلاعاتی بر تصمیم‌گیری و عملکرد کاربر
- ارزیابی تأثیر سیستم‌های اطلاعاتی بر هزینه‌های سازمان و مزایای آن برای سازمان [۲۵]

روش

ابتدا شناسایی و مدل‌سازی فرآیندهای درمانی سیستم در وضعیت موجود انجام شد. تعداد ۱۴ بیماری به همراه فرآیندهای درمانی استخراج شد. مراحل هر فرآیند درمانی شناسایی شد. داده‌های مربوط به زمان انجام هر یک از فرآیندهای درمانی به تفکیک هر مرحله از فرآیند از داده‌های موجود در سیستم و زمان‌سنجی جمع‌آوری شد. برازش تابع توزیع آماری بر روی داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار تجزیه‌وتحلیل داده‌های آماری EasyFit صورت گرفت. تابع احتمالی توزیع مثلثی به عنوان بهترین مدل توزیع تصادفی شناسایی شد و مورد استفاده قرار گرفت.

با داده‌های موجود در سیستم و مصاحبه با خبرگان، خطاهای احتمالی موجود در هر یک از مراحل فرآیندهای درمانی، احتمال رخداد آن‌ها و تأثیر هر یک از خطاها بر روی کل طول دوره درمان جمع‌آوری شد. تجهیزات اینترنت اشیاء که در کاهش خطا در هر یک از مراحل فرآیندهای درمانی مؤثر بودند شناسایی شد. میزان کاهش احتمال رخداد خطاها در هر یک از مراحل فرآیندهای درمانی توسط اینترنت اشیاء با مرور ادبیات و مصاحبه با خبرگان جمع‌آوری شد. با استفاده از شبیه‌سازی گسسته پیشامد و با نرم‌افزار شبیه‌ساز any logic، وضعیت فعلی درمانی شامل ۱۴ بیماری، مراحل فرآیندهای درمانی هر یک از بیماری‌ها و احتمال رخداد خطاها و تأثیر خطاها بر طول دوره درمان مدل‌سازی شد. برای اعتبارسنجی مدل شبیه‌سازی ساخته شده، طول دوره درمان و تعداد خطاهای هر یک از بیماری‌ها با داده‌های موجود در سیستم در وضعیت فعلی مقایسه و آزمون آماری برابری میانگین‌ها انجام شد که مورد پذیرش قرار گرفت. مدل شبیه‌سازی گسسته پیشامد وضعیت فعلی با نرم‌افزار شبیه‌ساز any logic به منظور لحاظ نمودن وجود تجهیزات اینترنت اشیاء برای برخی از فرآیندهای درمانی و تأثیر آن‌ها بر کاهش رخداد خطا تغییر داده شد. با توجه به این که تعداد تجهیزات اینترنت اشیاء شناسایی شده برای برخی از مراحل فرآیندهای درمانی محدود هستند، سؤالی که مطرح می‌شود این است که برای کدام یک از بیماری‌ها و کدام یک از فرآیندهای درمانی اینترنت اشیاء استفاده شود. با توجه به این که برخی از تجهیزات در چندین مرحله از فرآیند درمانی بیماری‌های مختلف کاربرد دارند و همچنین برای کاهش رخداد

خطا در برخی مراحل از فرآیندهای درمانی نیاز به استفاده از بیش از یک تجهیز اینترنت اشیاء است، نیاز به طراحی یک سیستم توصیه‌گر به منظور تعیین نحوه تخصیص تجهیزات اینترنت اشیاء وجود دارد. برای این منظور مراحل زیر انجام شد: از مدل شبیه‌سازی وضعیت فعلی، داده‌های مربوط به تعداد خطاهای رخ داده در هر یک از فرآیندهای درمانی و زمان طی شده در هر یک از فرآیندهای درمانی به تفکیک بیماری استخراج شد. به منظور مستقل شدن داده‌های جمع‌آوری شده و لحاظ نمودن تصادفی بودن سیستم، برای ۳۰ بار نمونه‌گیری از مدل شبیه‌سازی انجام شد و میانگین آن‌ها محاسبه شد. جایگزین تجهیزات اینترنت اشیاء به صورت نامحدود برای هر یک فرآیندهای درمانی در مدل شبیه‌سازی گسسته پیشامد پیاده‌سازی شد. مجدداً داده‌های مربوط به تعداد خطاهای رخ داده در هر یک از فرآیندهای درمانی و زمان طی شده در هر یک از فرآیندهای درمانی به تفکیک بیماری استخراج شد. مانند مرحله قبل، ۳۰ بار نمونه‌گیری از مدل شبیه‌سازی آلترناتیو طراحی شده انجام شد و میانگین آن‌ها محاسبه شد. الگوی انجام پژوهش در شکل ۱ رسم گردیده است.



شکل ۱: الگوی انجام پژوهش

و در نهایت با استفاده از مدل‌سازی عامل‌بنیان یک عامل توصیه‌گر در مدل شبیه‌سازی وضعیت فعلی با تجهیزات اینترنت اشیاء محدود طراحی شد و اولویت‌بندی‌های استخراج‌شده از مدل ریاضی در عامل توصیه‌گر وارد شد، این عامل توصیه‌گر با ورود هر بیمار پس از تعیین نوع بیماری، تعیین می‌نماید که چه تجهیزات اینترنت اشیاء می‌بایست برای بیمار در نظر گرفته شود. در شکل ۲ به نحوه کاربرد عامل توصیه‌گر اشاره شده است.

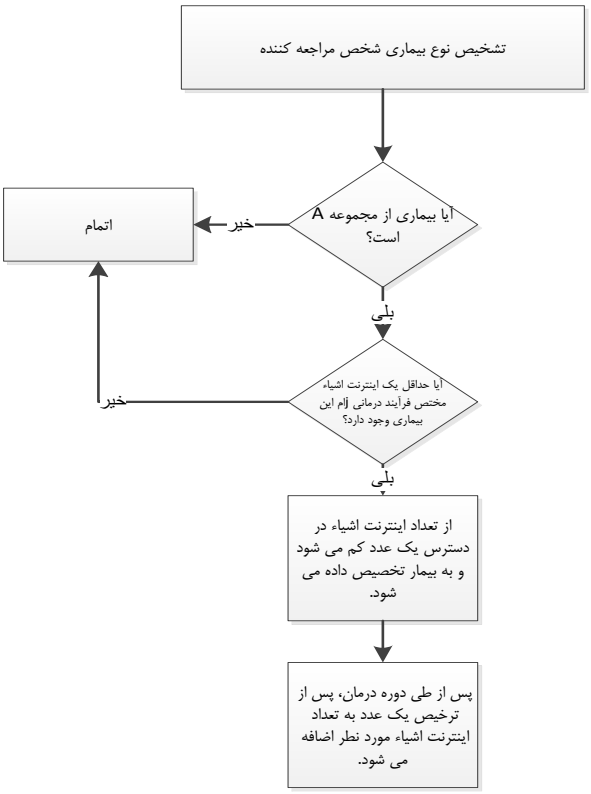
برای تعیین تعداد داده‌های مورد نیاز برای برازش احتمالی در مدل شبیه‌سازی، ابتدا تعداد ۲۵ نمونه از فاصله بین ورود بیماران در دنیای واقعی گردآوری شد. اطلاعات جمع‌آوری شده در جدول ۱ آورده شده است. سپس از فرمول زیر، حجم نمونه مورد نیاز برای جمع آوری داده‌ها برآورد شد.

$$N \geq \left(\frac{t_{\frac{\alpha}{2},n-1} \times \delta}{\varepsilon}\right)^2$$

جدول ۱: داده‌های جمع‌آوری شده از فاصله بین ورود بیماران

۵۶/۳	۵۷/۲	۵۶/۷	۵۶/۸	۵۵/۳
۵۴/۷	۵۵/۱	۵۷/۲	۵۵/۶	۵۸/۱
۵۶/۷	۵۶/۱	۵۵/۷	۵۵/۵	۰/۵۵
۵۵/۲	۵۴/۶	۵۴/۳	۵۶/۲	۵۵/۵
۵۵/۲	۵۶/۲	۵۴/۳	۵۳/۷	۵۷/۱

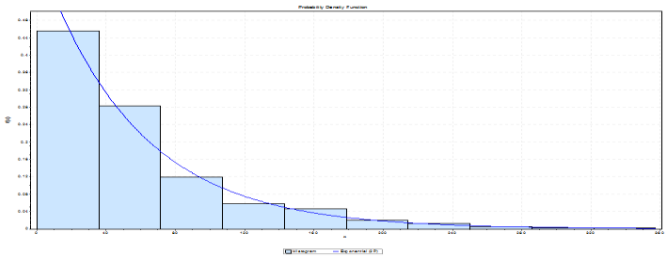
مقدار دقت برآورد، ϵ را برابر ۰/۰۷۵ قرار داده شد. انحراف معیار نمونه‌های دریافتی برابر ۱/۰۷۳ محاسبه شده است؛ بنابراین با استفاده از رابطه ذکر شده، حجم نمونه مورد نیاز ۸۷۲ برآورد شد. بعد از جمع‌آوری نمونه موردنیاز از داده‌های ثبت شده در سیستم بیمارستان، با استفاده از نرم‌افزار EasyFit برازش تابع توزیع احتمالی انجام شده است. به عنوان مثال داده‌های تابع توزیع نرخ ورود بیماران با استفاده از نرم‌افزار EasyFit به شرح زیر است. داده‌های مورد نیاز از فاصله بین دو ورود بیمار استخراج شده است. داده‌های آماری در جدول ۲ و تابع توزیع نرخ ورود بیماران در شکل ۳ آمده است.



شکل ۲: عامل توصیه گر

جدول ۲: داده‌های آماری

Kolmogorov-Smirnov					
Sample Size	۸۷۲				
Statistic	۰/۰۲۲۹۱				
P-Value	۰/۷۴۰۸۶				
α	۰/۲	۰/۱	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۱
Critical Value	۰/۰۳۶۳۴	۰/۰۴۱۴۲	۰/۰۴۵۹۹	۰/۰۵۱۴۱	۰/۰۵۵۱۶
Reject?	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر



شکل ۳: تابع توزیع نرخ ورود بیماران با استفاده از نرم‌افزار EasyFit

همان‌طور که مشاهده شد، مقدار P-value بزرگ‌تر از ۰/۰۵ است؛ بنابراین داده‌های ورود بیماران از تابع توزیع نمایی پیروی می‌نماید. برای توابع توزیع مربوط به هر یک از فرآیندهای درمانی نیز از همین روش استفاده شده است.

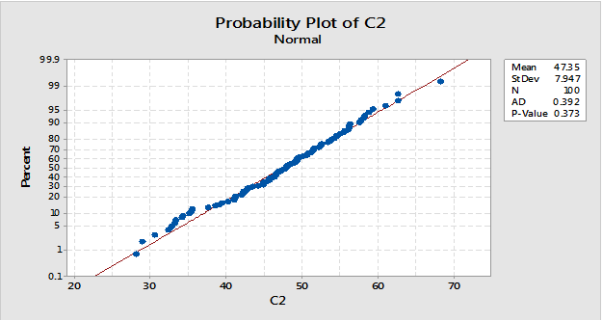
همان‌طور که ذکر شد، در این تحقیق ۱۴ نوع بیماری مدنظر قرار گرفته است که اطلاعات آن‌ها در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳: اطلاعات مربوط به ۱٤ نوع بیماری

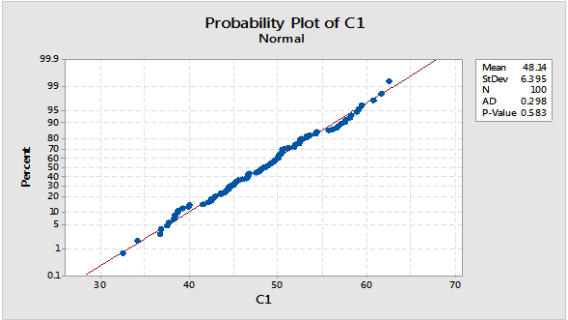
بیماری نوع ۱	عفونت خون نوزادان
بیماری نوع ۲	دیابت در اطفال
بیماری نوع ۳	پنومونی
بیماری نوع ۴	سیکل سل
بیماری نوع ۵	گاستروآنزیت
بیماری نوع ۶	آسم
بیماری نوع ۷	عقرب گزیدگی
بیماری نوع ۸	سندرم نفرتیک
بیماری نوع ۹	تالاسمی ماژور
بیماری نوع ۱۰	زردی نوزادان
بیماری نوع ۱۱	هرنی
بیماری نوع ۱۲	سرطان خون
بیماری نوع ۱۳	عفونت ادراری
بیماری نوع ۱۴	بیماری فاویسم (G6PD)

حال بایستی اعتبار مدل شبیه‌سازی مربوط به ۱۴ نوع بیماری مورد بررسی قرار گیرد، بعد از بررسی مشخص گردید همه ۱۴ نوع مورد تأیید بودند. برای نمونه بیماری نوع یک مورد بررسی قرار گرفت. برای اعتبارسنجی، زمان ماندن در سیستم (طول درمان) ۱۰۰ بیمار نوع ۱ به صورت کاملاً تصادفی در یک بازه یک‌ماه از مدل شبیه‌سازی جمع‌آوری شد و آن را با زمان ماندن در سیستم (طول درمان) ۱۰۰ بیمار نوع ۱ که به صورت کاملاً تصادفی در یک بازه یک‌ماهه جمع‌آوری شده‌اند، مقایسه شد. نتایج به شرح زیر است:

نرمال بودن داده‌های مربوط به فرآیند درمانی دنیای واقعی



نرمال بودن داده‌های مربوط به فرآیند درمانی مدل شبیه‌سازی



شکل ٤: نرمال بودن داده‌های مربوط به فرایند درمانی

همان‌گونه که در شکل ۴ مشاهده شد به دلیل این که داریم P-value> ۰/۰۵، فرض نرمال بودن داده‌های مورد بررسی تأیید می‌شود و با استفاده از روش Pearson و استناد به مقادیر به دست آمده که در زیر نشان داده می‌شود فرض استقلال داده‌ها نیز پذیرفته می‌شود.

Pearson correlation	۰/۰۰۸
P-value	۰/۹۰۴

از طرفی برای اعتبارسنجی مدل شبیه‌سازی با دنیای واقعی از آزمون برابری میانگین‌ها t استفاده شد یعنی:

$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	Null hypothesis
$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$	Alternative hypothesis

نتایج حاصله که در زیر نشان داده شده است مشخص می‌کند با توجه به مقدار P-value، فرض برابری میانگین‌های داده‌های مربوط به مدل شبیه‌سازی و دنیای واقعی مورد پذیرش قرار می‌گیرد؛ بنابراین اعتبار مدل شبیه‌سازی مربوط به بیماری نوع ۱ مورد تأیید است.

T-Value = −۱/۶۱

DF = ۴۹۷

P-Value = ۰/۱۰۸

مشابه بحث فوق در بقیه بیماری‌ها یعنی از بیماری ۲ تا بیماری ۱۴ نیز به طور مشابه بررسی انجام پذیرفته و نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که اعتبار مدل شبیه‌سازی همه آن‌ها مورد تأیید می‌باشند. در جدول ۴ اطلاعات مربوط به ۸ نوع خطای درمانی نشان داده شده است.

جدول ٤: اطلاعات مربوط به ۸ نوع خطای درمانی

نوع خطا	کد شناسایی
خطای مرتبط با مراقبت و درمان	A
خطای مرتبط با مراقبت‌های دارویی	B
خطای مرتبط با مراقبت‌های جراحی	C
خطای مرتبط با بانک خون	D
خطای مرتبط با آزمایشگاه	E
خطای مرتبط با تصویربرداری	F
خطای مرتبط با محیط درمانی	G
خطای مرتبط با تجهیزات پزشکی	H

نتایج

برای گزارش‌گیری از مدل شبیه‌سازی وضعیت فعلی، مدل برای مدت یک سال (۸۷۶۰ ساعت) ۳۰ بار اجرا شد که مقایسه نتایج زمان ماندن در سیستم بیماران به ازای هر بیماری در وضعیت فعلی (ساعت) و زمان ماندن در سیستم بیماران به ازای هر بیماری در وضعیت اینترنت اشیاء (ساعت) به شرح زیر است (جدول ۵).

جدول ۵: مقایسه میانگین‌های زمان ماندن در سیستم بیماران در وضعیت فعلی و در وضعیت اینترنت اشیاء (ساعت)

Variable	وضعیت فعلی	با اینترنت اشیاء	اختلاف
بیماری ۱	۴۸/۰۵۶	۴۶/۷۶۲	۱/۲۹۳
بیماری ۲	۳۹/۴۶۷	۳۴/۶۰۸	۴/۸۶۷
بیماری ۳	۳۱/۲۲۷	۳۱/۰۶	۰/۱۶۶
بیماری ۴	۲۸/۹۸۱	۲۵/۵۸۲	۰/۳۹۹
بیماری ۵	۱۵/۰۸۹	۱۴/۵۱۹	۰/۵۶۹
بیماری ۶	۱۸/۹۹۷	۱۸/۲۶۰	۰/۷۳۶
بیماری ۷	۱۶/۸۶۹	۱۶/۴۶۴	۰/۴۰۵
بیماری ۸	۲۲/۷۹۰	۲۱/۶۸۶	۱/۱۰۳
بیماری ۹	۳۱/۰۱۰	۳۰/۲۵۵	۰/۷۵۴
بیماری ۱۰	۱۱۷/۲۴	۱۱۳/۷۹	۰/۴۵۳
بیماری ۱۱	۲۹/۳۹۹	۲۸/۷۲۳	۰/۶۷۶
بیماری ۱۲	۷۷/۹۲۳	۷۴/۷۰۰	۳/۲۲۳
بیماری ۱۳	۳۷/۱۸۱	۳۶/۴۴۹	۰/۷۳۲
بیماری ۱۴	۳۰/۳۶۱	۲۹/۸۸۱	۰/۴۸۰

در نهایت برای محاسبه تعداد بهینه تجهیزات اینترنت اشیاء، مدل شبیه‌سازی ترکیبی برای مدت ۳۰ بار و به مدت یک‌سال اجرا شد و در هر اجرا حداکثر تعداد منابع تخصیص داده شده، محاسبه شد. لازم به ذکر است تعداد منابع یک عدد بزرگ در نظر گرفته شد تا در حین اجرای مدل با کمبود مواجه نشویم که نتایج به شرح جدول ۳ است:

جدول ٦: محاسبه تعداد بهینه تجهیزات اینترنت اشیاء

Variable	N	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
IoT A	۳۰	۲۲/۳۰۷	۰/۲۵۴	۱,۳۸۹	۱۹/۹۸۳	۲۱/۰۸۲	۲۲/۴۶۰	۲۳/۱۵۱	۲۴/۶۸۶
IoT B	۳۰	۲۳/۳۲۱	۰/۳۸۴	۲/۱۰۲	۱۹/۷۶۹	۲۱/۸۴۰	۲۲,۸۲۹	۲۴/۸۵۹	۲۸/۲۴۶
IoT D	۳۰	۲۹/۳۰۲	۰/۳۲۱	۱/۷۵۸	۲۶/۰۰۶	۲۸/۰۷۴	۲۹/۳۰۸	۳۰/۳۷۸	۳۴/۳۳۹
IoT F	۳۰	۱۴/۲۸۱	۱/۳۷۲	۲/۰۳۸	۱۰/۴۴۲	۱۲/۸۳۱	۱۴/۰۳۶	۱۵/۸۰۵	۱۸/۳۴۳

بنابراین برای این که با کمبود مواجه نشویم به تعداد ۲۵ عدد اینترنت اشیاء A، تعداد ۲۸ عدد اینترنت اشیاء B، تعداد ۳۴ عدد اینترنت اشیاء D و تعداد ۱۸ عدد اینترنت اشیاء F نیاز خواهیم داشت.

بحث و نتیجه‌گیری

مدل‌سازی با سناریوی به‌کارگیری اینترنت اشیاء و عامل توصیه‌گر انجام شد و برای مشاهده تأثیر به‌کارگیری اینترنت اشیاء بر روی فرآیند درمانی وضعیت فعلی، مدل وضعیت فعلی را با حالتی که تمامی فرآیندهای درمانی به ازای هر بیماری

اینترنت اشیاء دریافت می‌کنند مورد بررسی قرار گرفت. در آلترناتیو مربوط به اینترنت اشیاء فرض شد به تعداد نامحدود از تجهیزات اینترنت اشیاء موجود است؛ بنابراین هر بیمار در هر فرآیند درمانی، تمامی تجهیزات اینترنت اشیاء مرتبط را مورد استفاده قرار می‌دهد. هدف استخراج تأثیر به‌کارگیری اینترنت اشیاء در کوتاه نمودن فرآیند درمان است که با استخراج زمان ماندن بیمار در هر یک از فرآیندهای درمانی در مدل شبیه‌سازی وضعیت فعلی و مدل شبیه‌سازی به‌کارگیری اینترنت اشیاء مشخص می‌شود. برای استخراج داده‌های ذکر شده، مدل شبیه‌سازی وضعیت فعلی و مدل شبیه‌سازی آلترناتیو اینترنت اشیاء به مدت یک‌سال (۸۷۶۰ ساعت) و برای ۳۰ بار اجرا شد. نتایج در جدول ۷ آورده شده است. لازم به ذکر است در ستون اول S مربوط به فرآیند درمانی و B مربوط به نوع بیماری است. به عنوان مثال منظور از B5S3 فرآیند درمانی مرحله سوم مربوط به بیماری نوع ۵ است.

جدول ۷: زمان ماندن بیمار در هر یک از فرآیندهای درمانی با اینترنت اشیا و بدون اینترنت اشیا

	Without IoT		With IoT			
Item	Mean	StDev	Mean	StDev	Different	(WithoutIoT-withIoT)
B1S1	۰/۱۰۰۰۴	۰/۰۰۰۲۷۲	۰/۰۹۹۹۵۷	۰/۰۰۰۳۱۲		۰/۰۰۴۹۸
B1S2	۰/۱۲۷۴۶	۰/۰۰۰۴۷۲	۰/۱۲۷۴	۰/۰۰۰۸۶		۰/۰۰۳۶
B1S3	۰/۵۴۸۱۷	۰/۰۰۴	۰/۵۴۴۷	۰/۰۰۴۰۱		۰/۲۰۸۲
B1S4	۷/۰۷۲۲	۰/۰۷۴۱	۶/۹۵۰۲	۰/۰۷۱۹		۷/۳۲
B1S5	۱۳/۴۲۹	۰/۱۴۹	۱۳/۰۶۵	۰/۱۴۲		۲۱/۸۴
B1S6	۸/۷۷۸۵	۰/۰۹۴۷	۸/۴۴۴۹	۰/۱۲۸۶		۲۰/۰۱۶
B1S7	۴/۴۷۰۸	۰/۰۳۶۸	۴/۲۸۰۲	۰/۰۷۰۲		۱۱/۴۳۶
B1S8	۱۱/۹۴۳	۰/۰۷۷۴	۱۱/۶۹	۰/۰۸۷۷		۱۵/۱۸
B1S9	۱/۵۸۶۹	۰/۰۱۳۶	۱/۵۶۰۲	۰/۰۱۴۲		۱/۶۰۲
B2S1	۰/۱۰۰۲۷	۰/۰۰۰۶۸۲	۰/۱۰۰۱۷	۰/۰۰۰۸۰۹		۰/۰۰۶
B2S2	۰/۱۲۸۲۳	۰/۰۰۱۵۲	۰/۱۲۷۷۲	۰/۰۰۱۷۸		۰/۰۳۰۶
B2S3	۰/۵۵۸۲۵	۰/۰۱۱۳۸	۰/۵۴۶۰۹	۰/۰۰۹۶۷		۰/۷۲۹۶
B2S4	۸/۲۰۹	۰/۳۲۵	۷/۴۵۹۹	۰/۱۳۳۲		۴۴/۹۴۶
B2S5	۱۳/۵۶۴	۱/۲۲۳	۱۰/۰۶۸	۰/۵۸۴		۲۰۹/۷۶
B2S6	۶/۴۰۷	۰/۲۳۴۲	۶/۲۵۳۶	۰/۱۲۰۶		۹/۲۰۴
B2S7	۴/۵۳۶۱	۰/۱۶۸۵	۴/۳۰۵۳	۰/۱۲۱۷		۱۳/۸۴۸
B2S8	۴/۳۶۷۶	۰/۱۷	۴/۱۶۲۴	۰/۰۸۴۷		۱۲/۳۱۲
B2S9	۱/۶۰۵۹	۰/۰۶۲	۱/۵۸۴۹	۰/۰۳۲۹		۱/۲۶
B3S1	۰/۰۹۹۹۵۷	۰/۰۰۰۱۳۱	۰/۰۹۹۹۲۲	۰/۰۰۰۱۷		۰/۰۰۲۱
B3S2	۰/۱۲۷۸۹	۰/۰۰۰۲۴۱	۰/۱۲۷۷۸	۰/۰۰۰۳۰۴		۰/۰۰۶۶
B3S3	۰/۴۲۸۶۲	۰/۰۰۰۹۵۸	۰/۴۲۳۴۸	۰/۰۰۱۰۱		۰/۳۰۸۴
B3S4	۰/۲۵۳۲۶	۰/۰۰۰۶۵۱	۰/۲۵۰۲۷	۰/۰۰۰۷۱۲		۰/۱۷۹۴
B3S5	۵/۳۳۳۱	۰/۰۲۸	۵/۱۹۴۱	۰/۰۴۱۹		۸/۳۴
B3S6	۹/۱۷۶	۰/۰۳۰۳	۹/۰۳۲۳	۰/۰۲۵۹		۸/۶۲۲
B3S7	۶/۳۰۲۲	۰/۰۳۴۵	۶/۱۴۷۹	۰/۰۲۵۷		۹/۲۵۸
B3S8	۲/۷۳۲۲	۰/۰۱۲	۲/۶۱۶۸	۰/۰۱۰۹		۶/۹۲۴
B3S9	۵/۵۷۳۳	۰/۰۱۱	۵/۴۸۶۵	۰/۰۱۴۶		۵/۲۰۸
B3S10	۱/۴۵۱۳	۰/۰۰۶۵۴	۱/۴۳۱۴	۰/۰۰۳۲۷		۱/۱۹۴
B4S1	۰/۱۰۰۱۳	۰/۰۰۰۳۲۶	۰/۱۰۰۰۹	۰/۰۰۰۵۶۸		۰/۰۰۲۴
B4S2	۰/۱۲۷۸۸	۰/۰۰۱۲۹	۰/۱۲۷۸۸	۰/۰۰۱۲۲		۰
B4S3	۰/۵۵۹۶۶	۰/۰۰۵۴۱	۰/۵۵۶۶۸	۰/۰۱۰۰۵		۰/۱۷۸۸

B4S4	۵/۳۶۴۱	۰/۰۶۷۳	۵/۲۲۶۵	۰/۱۱۷۵	۸/۲۵۶
B4S5	۳/۶۶۳۱	۰/۰۶۶۲	۳/۶۰۷۶	۰/۰۸۴۱	۳/۳۳
B4S6	۵/۱۳۱۱	۰/۰۶۱۲	۵/۰۰۵۴	۰/۰۱۹۹	۷/۵۴۲
B4S7	۱/۳۸۸۳	۰/۰۳۱۶	۱/۳۶۰۱	۰/۰۲۷۴	۱/۶۹۲
B4S8	۴/۲۹۲۶	۰/۰۶۲۲	۴/۱۵۹۱	۰/۰۶۱۳	۸/۰۱
B4S9	۳/۹۷۹۸	۰/۰۴۴	۳/۹۱۸۶	۰/۰۵۵۹	۳/۶۷۲
B4S10	۱/۴۵۸۹	۰/۰۲۴۵	۱/۴۳۶۲	۰/۰۲۱۴	۱/۳۶۲
B5S1	۰/۱۰۰۰۹	۰/۰۰۰۱۵۲	۰/۰۹۹۹۸۷	۰/۰۰۰۰۷۷	۰/۰۰۶۱۸
B5S2	۰/۱۲۷۸۶	۰/۰۰۰۲۹۴	۰/۱۲۷۷۴	۰/۰۰۰۴۹۹	۰/۰۰۷۲
B5S3	۰/۴۱۳۹۶	۰/۰۰۲۵۳	۰/۴۰۷۱۸	۰/۰۰۲۲۶	۰/۴۰۶۸
B5S4	۲/۳۱۷۱	۰/۰۲۴۹	۲/۱۸۱۹	۰/۰۱۹۳	۸/۱۱۲
B5S5	۳/۸۵۷۹	۰/۰۲۵۱	۳/۷۹۰۱	۰/۰۲۷۴	۴/۰۶۸
B5S6	۱/۳۶۰۲	۰/۰۰۸۵۲	۱/۲۹۱۸	۰/۰۱۶۷	۴/۱۰۴
B5S7	۲/۶۸۸۴	۰/۰۳۷۲	۲/۵۵۸۳	۰/۰۱۶۶	۷/۸۰۶
B5S8	۲/۶۵۷۶	۰/۰۲۸۲	۲/۵۲۰۷	۰/۰۱۹۹	۸/۲۱۴
B5S9	۱/۵۶۶۴	۰/۰۱۱۶	۱/۵۴۱۹	۰/۰۰۵۴۷	۱/۴۷
B6S1	۰/۱۰۰۰۲	۰/۰۰۰۴۳۴	۰/۰۹۹۸۰۲	۰/۰۰۰۵۹۴	۰/۰۱۳۰۸
B6S2	۰/۱۲۸۲۴	۰/۰۰۱۴۵	۰/۱۲۸۰۳	۰/۰۰۰۷۹۷	۰/۰۱۲۶
B6S3	۰/۵۵۴۵۶	۰/۰۰۸۰۲	۰/۵۴۷۱۵	۰/۰۰۸۳۷	۰/۴۴۴۶
B6S4	۵/۵۵	۰/۱۱۴۶	۵/۳۵۳	۰/۰۸۶۶	۱۱/۸۲
B6S5	۴/۱۳۶۲	۰/۱۰۲۴	۳/۹۴۸۹	۰/۱۰۳۷	۱۱/۲۳۸
B6S6	۱/۳۲۰۶	۰/۰۴۰۳	۱/۳۱۳۵	۰/۰۲۸۶	۰/۴۲۶
B6S7	۲/۸۸۵۹	۰/۰۶۴۳	۲/۶۹۰۷	۰/۰۵۷۹	۱۱/۷۱۲
B6S8	۲/۷۲۷۴	۰/۱۲۴۱	۲/۵۸۷۱	۰/۰۵۹۵	۸/۴۱۸
B6S9	۱/۶۰۱۴	۰/۰۱۲۵	۱/۵۸۵۷	۰/۰۴۶۲	۰/۹۴۲
B7S1	۰/۱۰۰۱۹	۰/۰۰۰۶۱۸	۰/۱۰۰۰۲	۰/۰۰۰۴۸۸	۰/۰۱۰۲
B7S2	۰/۱۲۷۸۹	۰/۰۰۰۷۸۸	۰/۱۲۷۶۵	۰/۰۰۰۷۴۸	۰/۰۱۴۴
B7S3	۰/۵۱۷۲۶	۰/۰۰۸۲۱	۰/۵۱۳۰۵	۰/۰۰۵۶۹	۰/۲۵۲۶
B7S4	۲/۲۳۰۲	۰/۰۳۶۷	۲/۲۱۰۷	۰/۰۳۹۶	۱/۱۷
B7S5	۲/۱۳۶۱	۰/۰۱۵۶	۲/۰۰۴۳	۰/۰۶۰۳	۷/۹۰۸
B7S6	۱/۴۹۶۱	۰/۱۱	۱/۴۶۶۱	۰/۱۲۸۸	۱/۸
B7S7	۵/۹۵۷۹	۰/۱۴۳۲	۵/۵۵۵۱	۰/۰۶۹۵	۲۴/۱۶۸
B7S8	۲/۸۹۶۱	۰/۱۴۷۷	۲/۷۲۹۶	۰/۰۸۸۲	۹/۹۹
B7S9	۱/۵۹۳۸	۰/۰۳۲۶	۱/۵۷۲۶	۰/۰۲۰۴	۱/۲۷۲
B8S1	۰/۱۰۰۲۴	۰/۰۰۰۷۷۲	۰/۰۹۹۸۰۱	۰/۰۰۰۶	۰/۰۲۶۳۴
B8S2	۰/۱۲۸۵۶	۰/۰۰۱۹	۰/۱۲۷۱۹	۰/۰۰۲۰۲	۰/۰۸۲۲
B8S3	۰/۵۶۲۴۸	۰/۰۲۰۶۵	۰/۵۴۹۹۲	۰/۰۰۷۳۷	۰/۷۵۳۶
B8S4	۶/۰۰۸۶	۰/۲۴۶۴	۵/۵۶۷۶	۰/۳۱۱۴	۲۶/۴۶
B8S5	۳/۸۹۷۷	۰/۲۲۷۲	۳/۷۴۲	۰/۱۰۷۵	۹/۳۴۲
B8S6	۱/۵۷۲۶	۰/۱۹۸۵	۱/۴۹۴۴	۰/۱۵۸۱	۴/۶۹۲
B8S7	۴/۵۲۶	۰/۱۲۶۵	۴/۳۵۱۶	۰/۱۸۷۷	۱۰/۴۶۴
B8S8	۴/۳۷۵۱	۰/۱۶۵	۴/۲۰۳۵	۰/۱۰۵۴	۱۰/۲۹۶
B8S9	۱/۶۲۰۷	۰/۰۶۳۷	۱/۵۴۸۵	۰/۰۳۲۶	۴/۳۳۲
B9S1	۰/۰۹۹۹۸۸	۰/۰۰۰۸۹۶	۰/۰۹۹۹۸۲	۰/۰۰۰۵۸۶	۰/۰۰۰۳۶
B9S2	۰/۱۱۶۹۵	۰/۰۰۱۸۸	۰/۱۱۵۴۸	۰/۰۰۲۷۲	۰/۰۸۸۲

B9S3	۰/۴۲۵۵۷	۰/۰۰۴۹۸	۰/۴۲۳۰۴	۰/۰۰۵۵۲	۰/۱۵۱۸
B9S4	۵/۲۹۲۱	۰/۱۴۵۴	۵/۲۳۲۳	۰/۱۴۷۳	۳/۵۸۸
B9S5	۶/۳۴۰۸	۰/۰۷۸۶	۶/۳۰۰۴	۰/۱۳۵۹	۲/۴۲۴
B9S6	۵/۱۴۳۷	۰/۰۵۵۲	۵/۰۷۱۷	۰/۰۵۳۸	۴/۳۲
B9S7	۵/۴۶۸۳	۰/۱۴۶۲	۵/۱۱۹۷	۰/۱۲۱۵	۲۰/۹۱۶
B9S8	۳/۶۴۴	۰/۲۱۵۴	۳/۳۹۶۱	۰/۱۵۵۳	۱۴/۸۷۴
B9S9	۳/۰۱۶۱	۰/۰۵۳۶	۳/۰۰۵۲	۰/۰۵۷	۰/۶۵۴
B9S10	۱/۴۷۷۸	۰/۰۲۵۴	۱/۴۷۶۸	۰/۰۲۷۹	۰/۰۶
B10S1	۰/۰۶۶۷۳۵	۰/۰۰۰۲۲۵	۰/۰۶۶۵۹۵	۰/۰۰۰۲۷۴	۰/۰۰۸۴
B10S2	۰/۱۲۲۴۴	۰/۰۰۰۳۵۱	۰/۱۲۲۱۷	۰/۰۰۰۵۶۷	۰/۰۱۶۲
B10S3	۰/۴۲۱۵۵	۰/۰۰۱۵۶	۰/۴۱۹۴۹	۰/۰۰۱۴۲	۰/۱۲۳۶
B10S4	۵/۲۱۸	۰/۰۲۴۴	۵/۱۲۹۱	۰/۰۲۵۷	۵/۳۳۴
B10S5	۷۷/۴۴۲	۰/۷۲۲	۷۴/۸۳۵	۰/۴۱۵	۱۵۶/۴۲
B10S6	۵/۰۷۶۴	۰/۰۲۰۷	۵/۰۳۵۷	۰/۰۱۳۸	۲/۴۴۲
B10S7	۵/۷۰۰۷	۰/۰۵۲۵	۵/۲۹۸۵	۰/۰۲۸۸	۲۴/۱۳۲
B10S8	۸/۲۱۱۶	۰/۰۵	۸/۱۱۱۸	۰/۰۲۶۷	۵/۹۸۸
B10S9	۸/۲۱۳۳	۰/۰۴۲۶	۸/۱۱۵۲	۰/۰۳۴۸	۵/۸۸۶
B10S10	۵/۲۴۳۷	۰/۰۲۷۹	۵/۱۴۲۶	۰/۰۲۹	۶/۰۶۶
B10S11	۱/۵۳۱	۰/۰۱۶۴	۱/۵۱۷۲	۰/۰۰۹۹۲	۰/۸۲۸
B11S1	۰/۱۰۰۱۲	۰/۰۰۰۵۲	۰/۰۹۹۹۲	۰/۰۰۰۵۰۱	۰/۰۱۲
B11S2	۰/۱۲۸۳۴	۰/۰۰۱۱	۰/۱۲۸۰۸	۰/۰۰۱۰۶	۰/۰۱۵۶
B11S3	۰/۴۲۴۹۳	۰/۰۰۳۰۴	۰/۴۲۲۳۵	۰/۰۰۳۳	۰/۱۵۴۸
B11S4	۳/۷۹۱۵	۰/۰۹۸۱	۳/۷۰۲۹	۰/۰۸۰۷	۵/۳۱۶
B11S5	۱/۶۱۱۷	۰/۰۱۹۷	۱/۵۹۲	۰/۰۳۳۷	۱/۱۸۲
B11S6	۲/۷۸۵۵	۰/۰۶۶۹	۲/۶۴۶۴	۰/۰۷۰۳	۸/۳۴۶
B11S7	۰/۱۸۵۳	۰/۰۰۵۶۳	۰/۱۸۰۲	۰/۰۰۳۳۲	۰/۳۰۶
B11S8	۱/۸۶۸۹	۰/۰۵۳۶	۱/۷۷۳۸	۰/۰۳۲۹	۵/۷۰۶
B11S9	۰/۱۴۳۶۳	۰/۰۰۳۸۳	۰/۱۳۹۷۶	۰/۰۰۱۷۱	۰/۲۳۲۲
B11S10	۳/۳۴۴۷	۰/۰۶۲۵	۳/۲۲۹۳	۰/۰۵۷۹	۶/۹۲۴
B11S11	۵/۲۱۶۹	۰/۰۴۴۹	۵/۱۳۲۲	۰/۰۴۴	۵/۰۸۲
B11S12	۸/۲۴۵۹	۰/۰۴۸۱	۸/۱۴۱۷	۰/۰۶۶۱	۶/۲۵۲
B11S13	۱/۵۵۲۷	۰/۰۲۴	۱/۵۳۴۶	۰/۰۱۳۳	۱/۰۸۶
B12S1	۰/۱۰۰۱۳	۰/۰۰۰۴۶۱	۰/۰۹۹۹۸۸	۰/۰۰۰۲۵۷	۰/۰۰۸۵۲
B12S2	۰/۱۲۷۸۶	۰/۰۰۰۷۷۴	۰/۱۲۷۸۵	۰/۰۰۰۶۲۳	۰/۰۰۰۶
B12S3	۰/۴۸۵۱۸	۰/۰۰۳۱۲	۰/۴۸۲۰۲	۰/۰۰۳۶۲	۰/۱۸۹۶
B12S4	۶/۱۶۱۱	۰/۱۵۱۲	۵/۷۰۰۱	۰/۱۶۱۳	۲۷/۶۶
B12S5	۶/۵۵	۰/۱۱۷۱	۶/۲۴۳۵	۰/۱۰۶۸	۱۸/۳۹
B12S6	۶/۰۹۷۱	۰/۰۵۹۱	۵/۸۶۶۲	۰/۰۸۱۲	۱۳/۸۵۴
B12S7	۱۶/۹۱۸	۰/۲۳۵	۱۶/۴۵۳	۰/۲۳۹	۲۷/۹
B12S8	۳۴/۲۷۳	۰/۳۳۵	۳۲/۴۴۵	۰/۳۹۲	۱۰۹/۶۸
B12S9	۵/۸۳۴۸	۰/۰۶۹۳	۵/۷۷۴۶	۰/۰۵۱۴	۳/۶۱۲
B12S10	۱/۴۴۷۷	۰/۰۲۰۹	۱/۴۳۷	۰/۰۱۸۹	۰/۶۴۲
B13S1	۰/۱۰۰۱۸	۰/۰۰۰۳۵۶	۰/۱۰۰۱۳	۰/۰۰۰۵۵	۰/۰۰۳
B13S2	۰/۱۲۷۹۴	۰/۰۰۱۰۴	۰/۱۲۷۴۶	۰/۰۰۱۰۱	۰/۰۲۸۸
B13S3	۰/۵۴۶۷۷	۰/۰۰۶۶۲	۰/۵۴۲۶۶	۰/۰۰۵۸۶	۰/۲۴۶۶

B13S4	۶/۳۲۹	۰/۰۶۴۳	۶/۲۳۴۲	۰/۰۵۵۳	۵/۶۸۸
B13S5	۹/۵۸۷۳	۰/۰۸۹۷	۹/۳۹۳۳	۰/۰۷۳۳	۱۱/۶۴
B13S6	۶/۲۴۰۶	۰/۰۶۱۶	۶/۱۴۵۳	۰/۰۹۲۶	۵/۷۱۸
B13S7	۵/۳۷۸۷	۰/۰۴۴۲	۵/۲۰۲۸	۰/۰۶۰۸	۱۰/۵۵۴
B13S8	۷/۲۷۹۱	۰/۰۶۵۸	۷/۱۶۰۷	۰/۰۳۵۵	۷/۱۰۴
B13S9	۱/۵۹۲۸	۰/۰۱۳۶	۱/۵۴۲۲	۰/۰۱۷۳	۳/۰۳۶
B14S1	۰/۱۰۰۱۷	۰/۰۰۰۳۳۷	۰/۰۹۹۹۱۳	۰/۰۰۰۴۹۱	۰/۰۱۵۴۲
B14S2	۰/۱۲۸۵۱	۰/۰۰۱۱۴	۰/۱۲۸۳۱	۰/۰۰۰۹۱۱	۰/۰۱۲
B14S3	۰/۴۳۵۵۷	۰/۰۰۴۶۱	۰/۴۲۸۷۱	۰/۰۰۲۷۱	۰/۴۱۱۶
B14S4	۶/۱۷۴۲	۰/۱۲۶۴	۶/۰۱۶۸	۰/۰۶۳	۹/۴۴۴
B14S5	۵/۰۹۶۱	۰/۰۳۷۶	۵/۰۱۸۵	۰/۰۳۶۱	۴/۶۵۶
B14S6	۴/۴۱۰۷	۰/۰۷۸۶	۴/۲۹۸۳	۰/۱۲۱۷	۶/۷۴۴
B14S7	۷/۲۰۸۱	۰/۰۴۱۲	۷/۱۴۰۷	۰/۰۶۵۵	۴/۰۴۴
B14S8	۲/۳۳۳۵	۰/۰۷۵۹	۲/۲۶۱	۰/۰۴۱	۴/۳۵
B14S9	۳/۰۲۱۲	۰/۰۲۴۶	۳/۰۲۱۱	۰/۰۱۳۶	۰/۰۰۶
B14S10	۱/۴۶۷۸	۰/۰۲۰۴	۱/۴۵۳۶	۰/۰۲۱۶	۰/۸۵۲

ستون آخر جدول فوق مقدار تأثیر به کارگیری اینترنت اشیاء در هر یک از مراحل فرآیندهای درمانی به ازای هر بیماری را مشخص می‌نماید. مشکلی که در این جا مطرح است محدود بودن منابع مورد نیاز است. به این دلیل سیستم نمی‌تواند به تعداد نامحدود از تجهیزات اینترنت اشیاء مربوط به هر یک از فرآیندهای درمانی تهیه نماید؛ بنابراین نیاز است تا با طراحی یک عامل توصیه‌گر به این سؤال پاسخ دهیم که به چه تعداد و به کدام یک از فرآیندهای درمانی اینترنت اشیاء تخصیص دهیم تا بیشترین بازده را در کاهش مدت درمان (زمان ماندن در سیستم) بیماران را داشته باشد. در طراحی عامل توصیه‌گر با توجه به تعریف ذکر شده در خصوص عامل (Agent)، نیاز است تا عاملی در مدل فعلی طراحی گردد تا با جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز، در خصوص تخصیص/عدم تخصیص تجهیزات اینترنت اشیاء به هر یک از مراحل درمانی بیمار فعلی تصمیم‌گیری نماید. عامل توصیه‌گر در مدل شبیه‌سازی می‌بایست دارای خصوصیات زیر باشد: امکان تعامل با مدل شبیه‌سازی وضعیت فعلی و وضعیت آلترناتیو به کارگیری اینترنت اشیاء، امکان ذخیره نمودن زمان ماندن در سیستم بیماران در هر یک از فرآیندهای درمانی مربوط به وضعیت فعلی و وضعیت به کارگیری اینترنت اشیاء، امکان ارسال پیغام به بیمار نوع i نسبت به دریافت تجهیزات اینترنت اشیاء مرحله درمانی jام، عامل توصیه‌گر با استفاده از رویکرد مدل‌سازی عامل بنیان (Agent based modeling) در مدل شبیه‌سازی فعلی ایجاد شده است و به صورت ترکیبی با مدل شبیه‌سازی گسسته پیشامد وضعیت فعلی و مدل شبیه‌سازی به کارگیری اینترنت اشیاء تعامل دارد. میزان کارایی هر یک از تجهیزات اینترنت اشیاء با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

C(i,j): میزان مؤثر بودن استفاده از اینترنت اشیاء در بیماری i مرحله j

a(i,j): زمانی طی شده در بیماری i فرآیند درمانی j در حالت بدون استفاده از اینترنت اشیاء

b(i,j): زمانی طی شده در بیماری i فرآیند درمانی j در حالت با استفاده از اینترنت اشیاء

$$C(i,j) = a(i,j) - b(i,j)$$

همان‌طور که مشاهده شد، عامل توصیه‌گر با تعامل با مدل شبیه‌سازی وضعیت فعلی و مدل شبیه‌سازی به کارگیری اینترنت اشیاء، C(i,j) را محاسبه می‌نماید. برای تصمیم‌گیری بهینه در خصوص تخصیص / عدم تخصیص تجهیزات اینترنت اشیاء به بیمار i و مرحله درمانی jام، مدل ریاضی در نظر گرفته شد که تابع هدف آن، بیشینه کردن اثربخشی اینترنت اشیاء با تخصیص آن به بیمار نوع iام و فرآیند درمانی j ام است. متغیر تصمیم در این مدل ریاضی x(i,j) از نوع عدد صحیح است.

محدودیت‌های مدل باید با در نظر گرفتن موارد زیر توسعه یابد: تعداد اینترنت اشیاء در دسترس محدود است برخی از تجهیزات اینترنت اشیاء ممکن است در چند بیماری و مراحل مختلف درمان کاربرد داشته باشند. با توجه به موارد ذکر شده و محدودیت تعداد تجهیزات اینترنت اشیاء مجموع تعداد اینترنت اشیاء نوع x به هر یک از فرآیندهای درمانی که در آن‌ها کاربرد دارد، نباید بیشتر از تعداد در دسترس از تجهیز اینترنت اشیاء نوع x باشد. این محدودیت‌ها در مدل آورده شده است. جواب استخراج شده از مدل ریاضی با نرم‌افزار گمز (The General GAMS(Algebraic Modeling System، تخصیص اینترنت اشیاء به بیماری‌ها و مراحل درمانی زیر است:

- بیماری نوع ۳ فرآیند درمانی ۴
- بیماری نوع ۱۰ فرآیند درمانی ۵
- بیماری نوع ۱۰ فرآیند درمانی ۷
- بیماری نوع ۱۲ فرآیند درمانی ۷

به بیان دیگر در این پژوهش، محقق به دنبال یافتن مدلی است که بتواند فناوری اینترنت اشیاء را در انجام مراحل گوناگون فرآیندهای درمانی بیمارستان وارد کند و با هوشمند کردن بیمارستان با استفاده از این ابزار، تأثیر این فناوری را بر میزان خطاهای درمانی ارزیابی کند. در این مدل متغیری که مورد ارزیابی قرار گرفت طول دوره درمان یا همان شاخص مدت اقامت بیمار در بیمارستان است که یکی از شاخص‌های مهم بیمارستانی است که می‌تواند بر روی بسیاری از شاخص‌های دیگر از جمله کنترل عفونت بیمارستانی و مراجعه مجدد بیمار به بیمارستان، استفاده بهینه از تجهیزات پزشکی و هزینه‌های درمانی تأثیر بگذارد. با مرور متون علمی مشکلاتی که می‌تواند با اینترنت اشیاء حل شود و یا بهبود پیدا کند شناسایی شد و در نرم افزار Anylogic به صورت گسسته پیشامد شبیه‌سازی شد. با این نرم‌افزار وضعیت فعلی فرآیندهای درمانی شبیه‌سازی می‌شود و بنابراین برای بیماری که وارد می‌شود به صورت تصادفی یک بیماری در نظر گرفته می‌شود و با توجه به شناسه بیماری وارد فرآیند درمانی بیماری مورد نظر می‌شود، در آن فرآیند درمانی بسته به این که در چه مرحله‌ای احتمال رخداد خطا وجود دارد و تجهیز اینترنت اشیاء می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد تجهیز به بیمار اختصاص داده می‌شود و مراحل درمانی شبیه به واقعیت برای بیمار طی می‌شود در این شبیه‌سازی وضعیت فعلی بیمار (بدون تجهیز اینترنت اشیاء)، هم‌زمان با وضعیت قرار دادن تجهیز اینترنت اشیاء به طور مستقل اجرا می‌شود؛ بنابراین خروجی‌های نرم‌افزار برای هر دو مدل با تحلیل‌های آماری قابل مقایسه است. در این تحقیق، پذیرش بیمار در بیمارستان در شبیه‌ساز به مدت یک‌سال انجام شده است و نتایج به دست آمده حاکی از آن است که قرار دادن اینترنت اشیاء در مراحل درمانی باعث کاهش خطا می‌شود؛ ولی اثربخشی آن در مراحل مختلف از بیماری‌های مختلف با هم متفاوت است، با توجه به محدودیت تجهیزات در بیمارستان‌ها برای این که بتوان بالاترین اثربخشی را داشته باشد عامل توصیه‌گر وارد شد. با مطالعه ادبیات موضوع و بررسی‌های انجام شده می‌توان گفت که استفاده از تجهیز اینترنت اشیاء در بیمارستان‌ها در سال‌های اخیر افزایش چشمگیری داشته، ولی عمدتاً در نگهداشت فضای فیزیکی بیمارستان از جمله کنترل نور، کنترل دما و کنترل موجودی انبار مورد استفاده قرار گرفته و کمتر در فرآیندهای مستقیم درمانی و مراحل درمان هر بیماری از آن استفاده شده است. از طرفی که کاهش خطاهای بیمارستانی یکی از مهم‌ترین شاخص‌های درمانی است که باعث حفظ جان بیمار، کاهش طول دوره درمان، کاهش مقادیر مصرف دارو، کاهش هزینه‌های درمانی و غیره می‌شود؛ بنابراین ورود این فناوری می‌تواند یک پیشرفت در نحوه مدیریت بیماری و معماری اطلاعات بیمارستان باشد.

مهم‌ترین ویژگی‌های مدل‌سازی انجام شده که آن را از سایر مدل ها متمایز می‌کند عبارت‌اند از:

۱- ابزار اینترنت اشیاء مستقیماً در مراحل درمانی بیمار قرار می‌گیرد.

۲- ابزار اینترنت اشیاء در مراحلی از درمان که احتمال رخداد خطا بیشتر است قرار می گیرد.

۳- در این مدل، عامل توصیه گر همزمان با اینترنت اشیاء دیده شده است.

۴- این مدل مستقیماً روی شاخص‌های مهم درمانی از جمله کاهش تعداد خطا و کاهش طول مدت درمان تأثیر گذار است و باعث ارتقای آن‌ها می‌شود.

عامل توصیه‌گر به عنوان یک کپی دیجیتال (Digital Twin) از سیستم درمانی واقعی، همواره اطلاعات را از فضای ابری دریافت می‌کند و نسبت به به روزآوری مدل شبیه‌سازی اقدام می‌کند. پس از به روزآوری، با استفاده از استخراج اثربخشی تجهیزات و رفت و برگشت تعاملی نتایج بین مدل شبیه‌سازی و مدل ریاضی، عامل توصیه‌گر نسبت به پیشنهاد استفاده یا عدم استفاده از اینترنت اشیاء برای بیمار مورد نظر و تعیین استفاده در هر یک از مراحل درمانی اقدام می‌نماید.

کاستی‌های تحقیق

۱- عدم وجود پژوهش‌ها و مقالات مرتبط در این خصوص

۲- عدم دسترسی کافی به تجهیزات مرتبط با اینترنت اشیاء

۳- عدم امکان دسترسی کافی به تمام اطلاعات بیماران

۴- عدم وجود فرآیندها یکسان در بیمارستان‌ها

۵- عدم دسترسی کافی به خبرگان و طولانی شدن فرآیند مصاحبه

۶- عدم پاسخ یکسان به فرآیند های درمانی بر روی همه بیماران

پیشنهادهای کاربردی

۱- بررسی زیرساخت‌های فناوری قبل از پیاده‌سازی سیستم

۲-آماده ساختن پزشکان از نظر آموزشی جهت پیاده‌سازی بیمارستان هوشمند مبتنی بر IOT

۳- تأمین نیروی فنی و متخصص آموزش دیده جهت پیاده‌سازی سیستم

در نهایت می‌توان گفت با ارائه این مدل نظام مدیریت اطلاعات بیمارستان کارامدتر شده و کیفیت خدمات و محتوای اطلاعاتی بهبود داده می‌شود و قابلیت ارسال اطلاعات به صاحبان فرایندهای درمانی برروی دستگاه‌های هوشمند همراه (موبایل، تبلت) وجود دارد.

تعارض منافع

نویسندگان با یکدیگر تعارض منافع نداشتند.

References

1. Negash S, Musa P, Vogel D, Sahay S. Healthcare information technology for development: improvements in people's lives through innovations in the uses of technologies. Information Technology for Development 2018; 24(2): 189-97. doi: 10.1080/02681102.2018.1422477

2. Mehdipour Y, Zerehkafi H. Hospital Information System (HIS):At a Glance. Asian Journal of Computer and Information Systems 2013;1(2):54-61.

3. Tabibi SJ, Ebrahimi P, Fardid M, Amiri MS. Designing a model of hospital information system acceptance: Organizational culture approach. Med J Islam Repub Iran 2018;32:28. doi: 10.14196/mjiri.32.28

4. Amin IM, Hussein SS, Isa WA. Assessing user satisfaction of using hospital information system (HIS) in Malaysia. International Conference on Social Science and Humanity 2011;5:211-3.

5. Carayon P, Smith P, Hundt AS, Kuruchittham V, Li Q. Implementation of an electronic health records system in a small clinic: the viewpoint of clinic staff. Behaviour & Information Technology 2009;28(1):5-20. https://doi.org/10.1080/01449290701628178

6. Yen PY, McAlearney AS, Sieck CJ, Hefner JL, Huerta TR. Health information technology (HIT) adaptation: refocusing on the journey to successful HIT implementation. JMIR Med Inform 2017;5(3):e28. doi: 10.2196/medinform.7476

7. Zaied AN, Elmogy M, Abd Elkader S. Electronic health records: applications, techniques and challenges. International Journal of Computer Applications 2015;119(14): 38-49. doi: 10.5120/21139-4153

8. Mohamad Noor MB, Hassan WH. Current research on Internet of Things (IoT) security: A survey. Computer Networks 2019;148(3): 283–94. https://doi.org/10.1016/j.comnet.2018.11.025

9. Patel KK, Patel SM. Internet of things-IOT: definition, characteristics, architecture, enabling technologies, application & future challenges. International Journal of Engineering Science and Computing 2016; 6(5).

10. Atziori L, Iera A, Morabito G. The internet of things: A survey. Computer Networks 2010; 54(15): 2787-805. https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010

11. Ghasemi R, Mohaghar A, Safari H. Prioritizing the Applications of Internet of Things Technology in the Healthcare Sector in Iran: A Driver for Sustainable Development. Journal of Information Technology Management 2017; 8(1):155-76. doi: 10.22059/JITM.2016.55760

12. Sreekanth KU, Nitha KP. A study on health care in internet of thongs. International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication 2016; 4(2): 44-7.

13. Yu L, Lu Y, Zhu X. Smart hospital based on internet of things. Journal of Networks 2012;7(10):1654.

14. Hao W. RFID,EPC and Things of Internet. Electronic Technology & Information Science 2009; 5: 17-20.

15. Yuehong Y, Zeng Y, Chen X, Fan Y. The internet of things in healthcare: An overview. Journal of Industrial Information Integration 2016; 1:3-13. https://doi.org/10.1016/j.jii.2016.03.004

16. Baig MM, Gholamhosseini H. Smart health monitoring systems: an overview of design and modeling. J Med Syst 2013;37(2):9898. doi: 10.1007/s10916-012-9898-z

17. Fanucci L, Saponara S, Bacchillone T, Donati M, Barba P, Sánchez-Tato I, et al. Sensing devices and sensor signal processing for remote monitoring of vital signs in CHF patients. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement 2012; 62(3):553-69. doi: 10.1109/TIM.2012.2218681

18. Dhariwal K, Mehta A. Architecture and plan of smart hospital based on Internet of Things (IOT). International Research Journal of Engineering and Technology 2017; 4(4):1976-1980.

19. Ronaghi MH, Hosseini F. Identify and rank IoT services in the health domain. Journal of Health Administration 2018; 21(73): 106-17. [In Persian]

20. Moghaddasi H, Mohammadpour A, Bouraghi H, Azizi A, Mazaherilaghab H. Hospital Information Systems: The status and approaches in selected countries of the Middle East. Electron Physician 2018;10(5):6829-35. doi: 10.19082/6829

21. Saluvan M, Ozonoff A. Functionality of hospital information systems: results from a survey of quality directors at Turkish hospitals. BMC Med Inform Decis Mak 2018;18(1):6. doi: 10.1186/s12911-018-0581-2

22. Benjamin RI, Blunt J. Critical IT issues: the next ten years. MIT Sloan Management Review 1992;33(4):7.

23. Stylianides A, Mantas J, Roupa Z, Yamasaki EN. Development of an Evaluation Framework for Health Information Systems (DIPSA). Acta Inform Med. 2018;26(4):230-4. doi: 10.5455/aim.2018.26.230-234

24. Miguel JP, Mauricio D, Rodríguez G. A review of software quality models for the evaluation of software products. International Journal of Software Engineering & Applications 2014; 5(6): 31-53. doi:10.5121/ijsea.2014.5603

25. Salmela H. Turunen P. Evaluation of information systems in health care: a framework and its application; 2000.

Original Article

Journal of Health and Biomedical Informatics
Medical Informatics Research Center
2020; 7(2): 133-149

Modeling a Smart Hospital Information Architecture Based on Internet of Things and Recommender Agent

Mahmoodi Soghra[1], Afshar Kazemi Mohammad Ali[2]*, Toloie Eshlaghy Abbas[3], Shadnoosh Nosratollah[4]

• **Received:** 29 Sep 2019 • **Accepted:** 03 Mar 2020

Introduction: Today, healthcare organizations worldwide are aware of the significance of technology and its impact on the quality of care. Hospitals are one of the most crucial systems in which the utilization of information is particularly important for several reasons. Using discrete-event simulation and developing a recommender agent, this study aimed to allocate IoT devices to patients in such a way as to minimize the number of medical errors and the length of treatment.
Method: To carry out this research, first, the current condition of the medical care system was modeled using discrete-event simulation. Then, the scenario of introducing IoT into the model was simulated. Finally, using agent-based modeling, the recommender agent was developed to optimize the allocation of IoT devices to the patients.
Results: Implementing recommender agent in the simulation model indicated that using IoT and recommender agent in medical processes leads to reducing medical errors and length of treatment.
Conclusion: Utilizing the IoT in medical processes reduces errors, although the extent of its effectiveness varies at different stages of treating various diseases. Since some disease-specific IoT devices overlap in their functions, and given the limited number of these devices in hospitals, it is recommended that a recommender agent be used to ensure maximum effectiveness. Recommender agents make informed decisions as to how IoT devices can be efficiently allocated to patients at each stage of their treatment.

Keywords: Smart Hospital, Internet of Things, Recommender Agent

• **Citation:** Mahmoodi S, Afshar Kazemi Mohammad A, Toloie Eshlaghy A, Shadnoosh N. Modeling a Smart Hospital Information Architecture Based on Internet of Things and Recommender Agent. Journal of Health and Biomedical Informatics 2020; 7(2): 133-49. [In Persain]

1. Ph.D. Student in Information Technology Management, Industrial Management Dept., Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2. Ph.D. in Industrial Management, Associate Professor, Industrial Management Dept., Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3. Ph.D. in Industrial Management, Assistant Professor, Industrial Management Dept., Science and Research, Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
4. Ph.D. in Cultural Management, Assistant Professor, Industrial Management Dept., Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
***Corresponding Author:** Mohammad Ali Afshar Kazemi
Address: Faculty of Management, Velayat Campus, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Khandan St., Artesh Blvd., Sohanak, Tehran, Iran
• **Tel:** 02123902495 • **Email:** drafshar@iauec.com