دانش‌یابی فرآیندهای اتاق عمل با رویکرد فرآیندکاوی

عادله کردگاری[1]، مهدی سامانی[2] و ناصر قدیری[3]
[1]دانشجوی دکتری دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی اصفهان، adele.k.1992@gmail.com
[2]دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی کامپیوتر دانشگاه صنعتی اصفهان ،m.samani@ec.iut.ac.ir
[3]استادیار دانشکده مهندسی کامپیوتر دانشگاه صنعتی اصفهان، nghadiri@cc.iut.ac.ir

چکیده –از طرفی حوزه سلامت از مباحث مطرح در جهان امروز بوده و از طرف دیگر بررسی فرآیندها به منظور بهبود عملکرد و هزینه مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. فرآیندکاوی ابزار جدیدی است که به منظور بررسی و تحلیل فرآیندها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این پژوهش به مفهوم فرآیندکاوی در حوزه سلامت اشاره و رویکردی پیشنهادی جهت بهره‌گیری از فرآیندکاوی در تجزیه و تحلیل فرآیندهای بیمارستانی ارائه می‌شود. این رویکرد پیشنهادی مبتنی بر رویکرد *CRISP-DM* ارائه شده در مباحث داده‌کاوی است. در ادامه‌ی پژوهش از نمونه‌ی داده‌های اتاق عمل یک بیمارستان برای پیاده‌سازی رویکرد پیشنهادی و فرآیندکاوی بهره گرفته و در حین مدل‌سازی از رویکرد خوشه‌بندی به منظور بهبود عملکرد فرآیندکاوی استفاده می‌شود. تحلیل‌های مربوط به خوشه‌های مختلف (ارتوپدی، زنان و زایمان و اورژانس) در انتهای پژوهش آورده شده که به منظور بهبود فرآیندها و ارتقا عملکرد بخش‌های مختلف قابل به‌کارگیری است.

کلید واژه- اتاق عمل، داده‌کاوی، سلامت، فرآیند، فرآیندکاوی.

۱- مقدمه

بخش سلامت از مهمترین بخش‌های سرویس‌دهی در هر جامعه محسوب می‌شود چرا که با جان انسان‌ها سر و کار دارد و مباحث درمانی انسان‌ها را تحت پوشش قرار می‌دهد. امروزه به دلیل فشارهای سازمان‌های بهداشتی به منظور بهبود عملکرد فرآیندهای سلامت و افزایش کارایی و انعطاف‌پذیری آن‌ها ابزارهای متفاوتی ایجاد شده است. در چند دهه گذشته بهبود کیفیت و هزینه خدمات سلامت از مهمترین شاخص‌های عملکردی دولت معرفی و همین امر موجب مشاهده روند رو به رشد هزینه‌های سلامت در دولت‌های مختلف شده است. براساس گزارش اعلام شده توسط سازمان بهداشت جهانی در سال ۲۰۱۵، هزینه‌های سلامت در ایران در سال ۲۰۱۲ در مقایسه با سال ۲۰۰۰ به میزان قابل توجهی افزایش یافته است. این افزایش هزینه حاکی از پیشرفت فاکتورهای کیفیت زندگی است که علاوه بر ایجاد پیشرفت در زمینه تکنولوژی پزشکی باعث افزایش طول عمر متوسط شده است.

مشاهدات از وجود تقاضای چشمگیر خدمات پزشکی در آینده خبر می‌دهد که چالش‌های جدیدی را برای مدیران سیستم‌های درمانی و سلامت به وجود آورده است. از همین رو علاقه به توسعه تکنیک‌های بهبود کارایی افزایش یافت. در حالی که ویژگی‌هایی از قبیل ۱) پویا بودن فرآیندهای سلامت، ۲) پیچیده بودن فرآیندهای سلامت، ۳) چند رشته‌ای بودن فرآیندهای سلامت و ۴) خاص بودن این نوع از فرآیندها و هم‌چنین تصادفی بودن زمان سرویس و عدم اطمینان در نیازهای بیماران بر پیچیدگی این هدف افزود. ولی با وجود این پیچیدگی‌ها با بهره‌گیری از تکنیک‌های فرآیندکاوی، بهینه‌سازی و ابزارهای مهندسی صنایع و هم‌چنین حوزه‌ی فناوری و اطلاعات می‌توان راه‌حل‌های کارایی برای این چالش‌ها معرفی کرد.

تجزیه و تحلیل هر دو دسته از فرآیندهای پزشکی و اداری در بیمارستان‌ها می‌تواند در حل چالش‌های مطرح شده و رسیدن به اهداف مدنظر مفید واقع شود. در گذشته رویکردهای مختلفی برای بررسی فرآیندهای بیمارستانی وجود داشته است که طراحی مجدد فرآیندهای تجاری [۱]، پزشکی مبتنی بر گواهی [۲]، و ناب [۳] را شامل می‌شود. در این مقاله به بررسی ابزاری تحت عنوان فرآیندکاوی می‌پردازیم.

فرآیندکاوی یک مفهوم جدیدیست که امروزه بسیار در مقالات مورد توجه قرار گرفته است [۴ و ۵]. این رویکرد بر استخراج دانش از داده‌های تولید یا ذخیره شده در پایگاه داده‌ها به منظور ساخت

رویدادها تمرکز می‌کند. هر رویداد[1] می‌تواند متشکل از چندین رده[2] باشد که هر کدام از آن‌ها کل فعالیت‌های اجرا شده در یک فرآیند خاص را شامل می‌شود. سیستم فرآیند آگاه [۶]، سیستم اطلاعاتی است که قادر به تولید رویدادهای موردنیاز برای انجام فرآیندکاوی می‌باشد. از نمونه‌های کاربرد آن، سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمانی، سیستم مدیریت روابط مشتری و سیستم اطلاعات بیمارستان را می‌توان نام برد. رویدادهای حاصل از یک سیستم فرآیند آگاه آماده ورود به فازهای مختلف فرآیندکاوی می‌باشد اگرچه در برخی موارد ممکن است از بیش از یک سیستم اطلاعاتی برای ساخت رویدادهای موردنیاز استفاده شود.

انواع مختلف فرآیندکاوی را می‌توان به سه دسته‌ی کشف فرآیندها، ارزیابی انطباق و افزایش کارایی فرآیندها تقسیم کرد. کشف فرآیندها به استخراج مدل فرآیندی از طریق رویدادها منجر می‌شود و ارزیابی انطباق به مقایسه شرایط موجود فرآیندها با یک مدل ارائه شده می‌پردازد و نقاط ضعف و قوت آن را مشخص می‌کند. افزایش کارایی به بهبود مدل فرآیند موجود از طریق اطلاعات فرآیندهای واقعی ثبت شده در رویدادها ختم می‌شود [۷]. همچنین فرآیندکاوی به چهار دسته از سوالات پاسخ می‌دهد که در زیر عنوان شده است.

- چه اتفاقی افتاده است؟
- چرا چنین رویدادی رخ داده است؟
- چه اتفاقی در آینده خواهد افتاد؟
- بهترین حالتی که می‌تواند اتفاق افتد چه خواهد بود؟

این پژوهش به بررسی موضوع فرآیندکاوی در حوزه سلامت (شکل ۱) می‌پردازد و شایان ذکر است که به دلیل نوآوری‌های استفاده شده در این پژوهش و پیدایش موضوع جدیدی با عنوان فرآیندکاوی سابقه‌ای از پژوهش در کشور ایران وجود ندارد ولی در کشورهایی همچون هلند و کره جنوبی این طرح با موفقیت زیادی به نتیجه مطلوب رسیده است.

۲- ادبیات موضوع

در گذشته تعداد بسیار کمی از ادبیات موضوع در مورد داده‌کاوی و فرآیندکاوی در حوزه سلامت وجود داشت. این در حالی است که امروزه طیف وسیعی در این زمینه در حال رشد و ارائه می‌باشد که البته در این مقاله بررسی فرآیندکاوی در حوزه سلامت مورد بحث قرار می‌گیرد. با بررسی ادبیات موضوع فرآیندکاوی در حوزه سلامت می‌توان از نظر جنبه‌های مختلف دسته‌بندی انجام داد.

نوع فرآیند:

انواع مختلفی از فرآیندهای بیمارستانی وجود دارد که در فرآیندکاوری می‌تواند به بررسی و بهبود آن‌ها کمک شایانی کند. دوماس و همکاران [۶]، ریفاگ و همکاران [۸]، و کایماک و همکاران [۹]، دو نوع از فرآیندهای بیمارستانی را تحت پوشش قرار داده‌اند که شامل: فرآیندهای درمانی و فرآیندهای سازمانی می‌شود.

فرآیندهای درمانی به کلیه‌ی فرآیندهای پزشکی به منظور مدیریت یک بیمار تلقی می‌شود و فرآیندهای سازمانی کلیه فرآیندهای بین واحدهای سازمانی یک بیمارستان و سیستم اطلاعاتی آن را در بر می‌گیرد.

مانز و همکاران [۱۰]، دسته بندی دیگری برای فرآیندهای سلامت معرفی کردند که فرآیندهای سلامت را به طور کلی در دو دسته‌ی فرآیندهای اورژانسی و فرآیندهای روال درمانی جای می‌دهد.

نوع داده‌ها:

نوع داده‌ها و اطلاعات جمع‌آوری شده در تعریف رویدادهای فرآیندها نقش مهمی را ایفا می‌کند. از این رو نوع داده‌ها در تعریف رویدادهای مورد نیاز در فرآیندکاوی را می‌توان به سه دسته کلی تقسیم کرد. سه دسته مطرح شده با عنوان‌های داده‌های سیستم‌های اداری، داده‌های پشتیبانی پزشکی و داده‌های سیستم‌های مکان‌یابی سلامت معرفی می‌شوند که در منبع [۱۱] مورد توجه قرار گرفته است.

چشم‌انداز فرآیندکاوی:

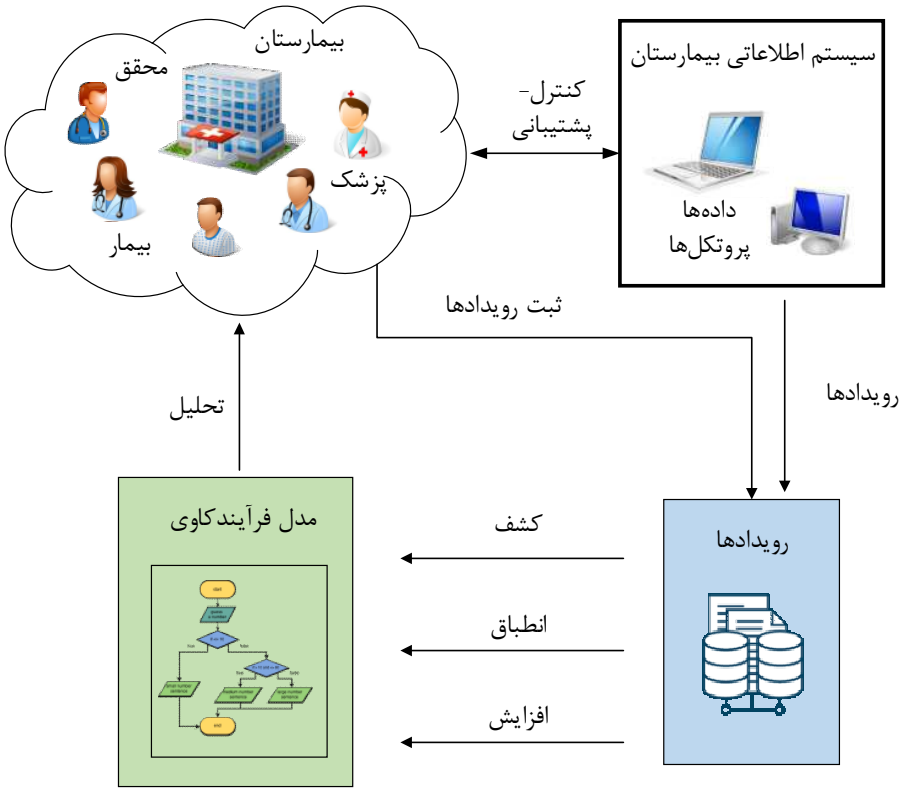
بر مبنای نظر ون در آلست [۷]، چشم‌اندازهای زیادی در به‌کارگیری فرآیندکاوی وجود دارد که چهار چشم‌انداز مورد استفاده در حوزه سلامت جریان کنترل، عملکرد، انطباق و سازمانی معرفی می‌شود.

چشم‌انداز جریان کنترل بر مبنای کشف دستورات اجرایی از فعالیت‌های هر فرآیند در ادبیات [۱۰ و ۱۲-۱۵] بررسی می‌شود. در حالی که در ادبیات [۱۶ و ۱۷] چشم انداز عملکرد، [۱۸ و ۱۹] چشم‌انداز انطباق و [۲۰، ۲۱ و ۲۲] چشم‌انداز سازمانی مورد بررسی قرار گرفته است.

ابزار فرآیندکاوی:

در حوزه‌ی سلامت از نرم‌افزارهای ProM و Disco به منظور فرآیندکاوی بهره گرفته می‌شود. اگرچه درصد بیشتری از ادبیات موضوع از نرم‌افزار ProM استفاده کرده‌اند [۱۰،۱۲،۱۳،۱۵،۲۳ و ۲۴]، ولی بهره‌گیری از نرم‌افزار Disco امروزه بسیار رو به رشد

است [۲۶،۲۵ و ۲۷].



شکل ۱: فرآیندکاوی در حوزه سلامت

۳- رویکرد پیشنهادی

از آن‌جایی که فرآیندکاوی مفهوم تازه‌ای می‌باشد و رویکرد کلی و دقیقی هنوز برای آن ارائه نشده است، در این پژوهش به منظور سهولت در اجرای فرآیندکاوی و ایجاد ساختاری به منظور بررسی و دانش‌یابی فرآیندها رویکردی پیشنهاد می‌شود. شایان ذکر است که از مراحل مختلف داده‌کاوی ذکر شده در چرخه‌ی CRISP-DM به عنوان پایه‌ای برای معرفی گام‌های مختلف فرآیندکاوی بهره گرفته می‌شود و می‌توان آن را با اختصار PCRISP-PM نمایش داد. ساختار کلی این رویکرد در شکل ۲ قابل مشاهده است و گام‌های مختلف این رویکرد در زیر به تفصیل بیان می‌شود.

۳-۱- شناسایی فرآیندهای سازمانی

همانطور که پیش از این در بخش‌های مقدمه و ادبیات موضوع بیان شد، می‌توان انواع مختلفی از فرآیندها را تحت مزالعه قرار داد. شناسایی نوع فرآیند و مشخص کردن حوزه مورد بررسی امر بسیار حائز اهمیتی است که بایستی در اولین گام فرآیندکاوی مورد بررسی قرار گیرد. در این گام اهداف پروژه مشخص و برمبنای آن اهداف فرآیندهای مورد بررسی تعیین می‌شود. اهداف و محدودیت‌های مساله را به عنوان یک مساله فرآیندکاوی مطرح کرده و یک استراتژی اولیه برای دستیابی به آن‌ها مهیا می‌گردد.

۳-۲- استخراج داده‌ها

به منظور طی کردن سایر گام‌های رویکرد برای دستیابی به نتایج فرآیندکاوی، دسترسی به سیستم اطلاعاتی سازمان و استخراج داده‌ها امری ضروری است. از وظایف این گام جمع‌آوری داده‌ها، تحلیل آن‌ها، ارزیابی کیفیت داده‌ها و همچنین تبدیل سیستم اطلاعاتی موجود در سازمان به یک سیستم اطلاعاتی فرآیند آگاهی است که رویدادهای موجود در فرآیندها را به وضوح نشان می‌دهد. خروجی این مرحله شناسایی رویدادهای موردنیاز از داده‌های جمع‌آوری شده برای فرآیندکاوی می‌باشد.

۳-۳- بررسی داده‌ها

پیش از مرحله پیش‌پردازش داده‌ها، بررسی اجمالی بر روی داده‌ها

به منظور تشخیص داده‌های مناسب فرآیندکاوی نیاز است. در مباحث فرآیندکاوی جنس داده‌ها و اطلاعات ثبت شده که نشان‌دهنده یک فرآیند خاص هستند، بسیار حائز اهمیت می‌باشد و بایستی پیش از انجام هر آماده‌سازی بر روی داده‌ها تناسب آن‌ها با هدف مشخص شود.

۴-۳- پیش پردازش داده‌ها

رویدادهای نهایی که در مراحل بعدی استفاده می‌شود از داده‌های خام استخراج شده و پاک‌سازی بر روی رویدادها و داده‌های خام در این مرحله انجام می‌گیرد. برای مثال راه‌حلی برای داده‌های از دست رفته ارائه می‌شود و همچنین متغیرهای مورد بررسی نیز در این گام شناسایی شده و داده‌های خام برای وارد شدن به فرآیندکاوی مرتب می‌شوند.

۵-۳- مدل‌سازی

روش‌های مناسب مدل‌سازی به منظور فرآیندکاوی به کار گرفته شده و الگوریتم‌های مناسب فرآیندکاوی انتخاب می‌شود. گاه می‌توان برای یک مساله فرآیندکاوی ابزارها و الگوریتم‌های متفاوتی را بررسی کرده و حتی گاهی از این گام به گام پیش‌پردازش داده‌ها باز گردد.

۶-۳- ارزیابی

در این مرحله به این سوال که آیا مدل به اهداف تعیین شده دست می‌یابد پاسخ داده می‌شود و در مورد استفاده از نتایج به‌دست آمده تصمیم‌گیری می‌کند. این گام می‌تواند پیش از پیاده‌سازی فرآیندکاوی و یا در حین پیاده‌سازی انجام گیرد.

۷-۳- پیاده‌سازی

مدل بدست آمده در فاز مدل‌سازی به همراه الگوریتم‌های مشخص شده بر روی رویدادها و داده‌های مفید استخراج شده پیاده‌سازی می‌شود و نمونه‌ای از یک پیاده‌سازی ساده تحت عنوان یک گزارش خروجی این گام محسوب می‌شود. در حالت پیچیده‌تر می‌توان تحلیل‌های نمودارهای حاصل از فرآیندکاوی توسط نرم‌افزارهای ProM و Disco را در قالب گزارش‌های مفصل‌تر به سازمان‌های تحت بررسی ارائه کرد.

۴- معرفی مطالعه موردی و ضرورت بررسی آن

فرآیندکاوی ابزار بسیار گسترده‌ای است که در حوزه‌های متفاوتی می‌تواند به کار گرفته شود. یکی از حوزه‌های بسیار مهم که امروز توجه محققین را به خود جلب کرده، حوزه سلامت می‌باشد. این پژوهش پس از تلاش‌های فراوان اطلاعات مربوط به فرآیندهای اتاق عمل بیمارستان میلاد تهران به عنوان نمونه مورد مطالعه در اختیار قرار گرفت. این پایگاه داده از طریق مسئولین آگاه فناوری و اطلاعات بیمارستان میلاد تهران به منظور بهبود فرآیندهای اتاق عمل معرفی و تمامی مراحل رویکرد پیشنهادی در این مجموعه داده اجرا شد که نتایج آن را در بخش ۵ این پژوهش می‌توان مشاهده نمود.

۵- نتایج بررسی مطالعه موردی با استفاده از رویکرد پیشنهادی

پس از دسترسی به داده‌های مطالعه موردی، به منظور فرآیندکاوی اطلاعات بدست آمده به پیاده‌سازی داده‌ها در رویکرد پیشنهادی پرداخته می‌شود که گام‌های آن در ادامه آورده شده است.

۱-۵- شناسایی فرآیندهای بیمارستانی

با توجه به داده های موجود و بررسی های انجام شده بر روی نمونه[۳] های خاص فرایند های بیمارستانی به صورت از زمان پذیرش بیمار در بیمارستان تا زمان ترخیص وی مورد توجه قرار گرفت. استخراج رویداد ها از داده های خام نیز بر اساس همین دیدگاه انجام گرفت به نحوی که بتوان فرایند انجام گرفته در بیمارستان از زمان پذیرش بیمار تا زمان ترخیص را مدل کرد.

۲-۵- استخراج داده‌ها

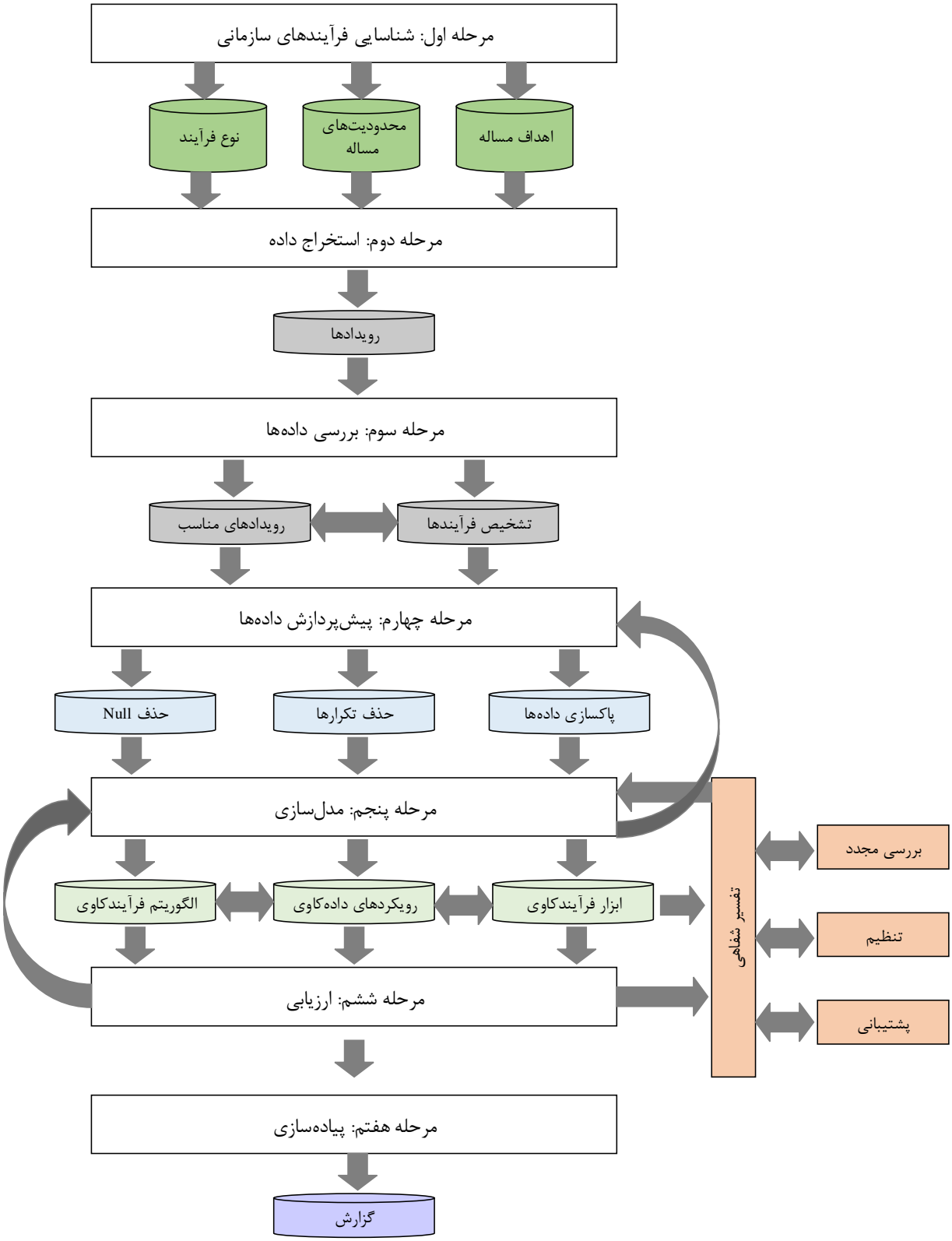
داده هایی که به منظور انجام عملیات فرآیند کاوی در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است شامل داده های مربوط به انتقال بیماران از بخشی به بخش دیگر و همچنین عمل های انجام گرفته بر روی بیماران می باشد. داده ها در بازه های زمانی دو هفته ای در طول یک سال (۱۳۹۲) در قالب فایل های اکسل[۴] از سیستم استخراج شده و در اختیار ما قرار گرفت.

۳-۵- بررسی داده‌ها

همان طور که پیش از این نیز ذکر شد داده ها به طور کلی در دو بخش انتقال بیماران و عمل های جراحی قار می گیرند. هر رکورد از دیتاست اول(انتقال بیماران) شامل ویژگی های زیر می باشد :

- شماره پذیرش
- بخش مبدا

- تاریخ انتقال از بخش مبدا
- ساعت انتقال از بخش مبدا
- بخش مقصد
- تاریخ ورود به بخش مقصد
- ساعت ورود به بخش مقصد



شکل ۲: رویکرد پیشنهادی به منظور انجام سیستماتیک فرآیندکاوی

همچنین دیتاست مربوط به عمل های جراحی شامل فیلدهای زیر

می باشد :

- تاریخ عمل
- اتاق عمل مورد جراحی
- تاریخ تولد
- پذیرش
- جراح اول
- تخصص
- کد عمل
- شرح عمل
- بخش پذیرش
- بیمه
- تاریخ عمل
- شروع عمل
- پایان عمل
- مدت جراحی
- تاریخ بستری
- ساعت بستری
- وضعیت عمل
- تاریخ تریخص از بیمارستان

مشکلات فراوانی در ثبت داده ها از جمله ثبت تاریخ و ساعت و مقادیر ثبت نشده وجود داشت که در قسمت پیش پردازش به آن اشاره شده است.

۴-۵- پیش‌پردازش داده‌ها

همانطور که در شکل ۲ مشاهده می شود پس از مرحله ی شناخت داده ها نیاز به انجام پیش پردازش بر روی داده ها می باشد. یکی از فیلد های حیاتی و مورد استفاده در فرایند کاوی فیلد زمان وقوع رخداد می باشد. دیتاست فرآهم شده برای انجام آزمایشات و ارزیابی ها دارای مشکلات فراوانی در این فیلد بود که با استفاده از ابزار SQL Server 2017 برطرف شدند. چند نمونه از این پردازش ها به شرح زیر می باشد :

- حذف رکورد های تکراری برای ثبت عمل های جراحی
- حذف ستون های بدون استفاده برای فرایند کاوی
- رفع مشکلات ثبت تاریخ و ساعت برای زمان پذیرش، زمان عمل جراحی، زمان ورود و خروج از بخشی به بخش دیگر و...
- رفع مشکلات کد پذیرش
- حذف رکوردهای بدون مقدار

نمونه ای از داده ی پاکسازی شده برای اعمال الگوریتم های فرایند کاوی در جدول ۱:قابل مشاهده می باشد. در این جدول ستون caseID شماره پذیرش هر بیمار در بیمارستان، activity، بخشی از بیمارستان که بیمار در آن بوده و act_time زمان وقوع رخداد می باشد.

جدول ۱: نمونه ای از داده ها پس از انجام پیش پردازش

caseID	activity	act_time
۱۴۷۱۲۷۳	بلوک زایمان	۱۱/۱۴/۲۰۱۳ ۱۸:۵۲
۱۴۷۱۲۷۳	اتاق عمل زنان	۱۱/۱۴/۲۰۱۳ ۲۱:۴۱
۱۴۷۱۲۷۳	زنان و زایمان ۲	۱۱/۱۵/۲۰۱۳ ۰۰:۲۱
۱۴۷۱۲۷۳	ICU	۱۱/۱۵/۲۰۱۳ ۱۷:۵۰
۱۴۷۱۲۷۳	زنان و زایمان ۲	۱۱/۱۸/۲۰۱۳ ۱۶:۰۸
۱۴۷۱۲۷۷	بلوک زایمان	۱۱/۱۴/۲۰۱۳ ۱۹:۱۷
۱۴۷۱۲۷۷	اتاق عمل زنان	۱۱/۱۴/۲۰۱۳ ۲۱:۴۱
۱۴۷۱۲۷۷	زنان و زایمان ۲	۱۱/۱۴/۲۰۱۳ ۲۳:۲۳

۵-۵- مدل‌سازی

به منظور دستیابی به نتایج قابل تفسیرتر و معتبر همچنین جلوگیری از نمودار هایی که اصطلاحا به آنها اسپاگتی گفته می شود، روشی که در این مقاله برای استخراج فرآیند ها مورد استفاده قرار گرفت، ترکیبی از روش خوشه بندی[۵] و فرآیند کاوی با استفاده از الگوریتم آلفا می باشد. در این روش ابتدا با استفاده از روش های خوشه بندی داده ها به گروه های مختلفی تقسیم شده و پس از آن با استفاده از الگوریتم آلفا مدل فرآیند برای گروه های مختلف به دست آمده است.

خوشه‌بندی:

برای تقسیم داده ها به کلاستر های مختلف بررسی های فراوانی بر روی فیلد های مختلف مانند اتاق عمل، تخصص پزشک معالج و بخش پذیرش انجام شد که در نهایت بهترین عنصر برای انجام این کار فیلد "بخش پذیرش" در نظر گرفته شد. خوشه های به دست آمده در جدول ۱ نشان داده شده اند.

جدول ۱: خوشه بندی داده ها

بخش پذیرش	نام خوشه
ارتوپدی درمانگاه - گچ گیری	ارتوپدی
ارتوپدی مردان	
ارتوپدی اورژانس	
ارتوپدی زنان	
اورژانس A	اورژانس
اورژانس B	
اورژانس C	
پشتیبانی اورژانس	
بلوک زایمان	زنان و زایمان
زنان و زایمان ۱	
زنان و زایمان ۲	

فرآیندکاوی:

یکی از معروف ترین الگوریتم های فرآیند کاوی که در ابزارهایی نظیر ProM و Disco از آن استفاده می شود، آلفا نام دارد. در واقع این الگوریتم به بازسازی رابطه ی بین علت و معلول از روی مجموعه ای از حوادث پشت سرهم می پردازد [۲۸]. شبه کد این الگوریتم در شکل ۳ نشان داده شده است [۲۸].

Let W be a workflow log over T. $\alpha(W)$ is defined as follows.
1. $T_W = \{ t \in T \mid \exists_{\sigma \in W}\, t \in \sigma \}$,
2. $T_I = \{ t \in T \mid \exists_{\sigma \in W}\, t = first(\sigma) \}$,
3. $T_O = \{ t \in T \mid \exists_{\sigma \in W}\, t = last(\sigma) \}$,
4. $X_W = \{ (A,B) \mid A \subseteq T_W \wedge B \subseteq T_W \wedge \forall_{a \in A} \forall_{b \in B}\, a \rightarrow_W b \wedge \forall_{a1,a2 \in A}\, a_1 \#_W a_2 \wedge \forall_{b1,b2 \in B}\, b_1 \#_W b_2 \}$,
5. $Y_W = \{ (A,B) \in X \mid \forall_{(A',B') \in X} A \subseteq A' \wedge B \subseteq B' \Rightarrow (A,B) = (A',B') \}$,
6. $P_W = \{ p_{(A,B)} \mid (A,B) \in Y_W \} \cup \{i_W, o_W\}$,
7. $F_W = \{ (a,p_{(A,B)}) \mid (A,B) \in Y_W \wedge a \in A \} \cup \{ (p_{(A,B)},b) \mid (A,B) \in Y_W \wedge b \in B \} \cup \{ (i_W,t) \mid t \in T_I \} \cup \{ (t,o_W) \mid t \in T_O \}$, and
8. $\alpha(W) = (P_W, T_W, F_W)$.

شکل ۳: شبه کد الگوریتم آلفا

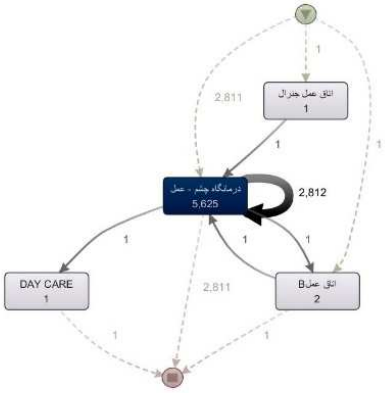
۶-۵- ارزیابی و پیاده‌سازی

استخراج فرآیند ها با استفاده از الگوریتم آلفا و نرم افزار Disco بر روی خوشه های مختلف مانند زنان و زایمان، اورژانس و ارتوپدی و... انجام شده و نتایج حاصل از آن به شرح زیر می باشد.

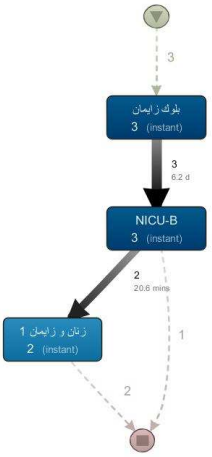
شکل نشان‌دهنده‌ی فرآیند مربوط به بخش زایمان بیمارستان می باشد. در واقع در این شکل بیماران با ورود به بخش بلوک زایمان روند درمانی خود را تا پایان درمان طی می کنند. این خوشه مربوط به ۱۱۰۵۳ بیمار مختلف می باشد که مجموعا ۱۸۵۴۱ رخداد برای آنها ثبت شده است. این نمودار شامل ۲۴ رخداد گوناگون است و مدت زمان میانگین برای روند درمانی هر بیمار ۷/۷ ساعت محاسبه شده است. اطلاعات متنوعی می توان از این نمودار استخراج کرد که در ادامه به بیان چند مورد از آن می پردازیم.

- روند طبیعی در این فرآیند ها غالبا از بلوک زایمان شروع شده و به زنان و زایمان ۱ و یا زنان و زایمان ۲ انتقال می یابد. ممکن است بعد از بلوک زایمان بیمار به اتاق عمل وارد شود و سپس به بخش زنان و زایمان ۲ انتقال داده شود.
- دلیل این که ۲۵ مورد از بیماران در روند درمانیشان در اتاق عمل خاتمه یافته چیست؟
- چه عاملی باعث شده که دو مورد از بیماران پس از بخش زنان و زایمان به بخش جراحی مغز و اعصاب منتقل شوند.
- طبق نظر متخصص بیماران قبل از ورود به بلوک زنان و زایمان نیازمند مرحله ی تریاژ شدن می باشند که در این نمودار مشاهده نمی شود.
- میانگین مدت زمان انتقال بیماران از اتاق عمل به بخش زنان و زایمان ۲ با با قوانین پزشکی و قوانین موجود در بیمارستان مطابقت دارد؟
- دلیل این که ۱۰ نفر از بیماران پس از بلوک زایمان به بخش اورژانس منتقل شده اند چیست؟
- دلیل کاهش تعداد فرایند ها در بازه ی ۶ تا ۲۲ شهریور ۹۲ چه می تواند باشد؟
- میانگین زمان انتقال بیمار از بلوک زایمان به ICU حدود ۵ ساعت می باشد که صحیح بودن آن را پزشکان متخصص باید تایید کنند.
- عمل تریاژ کردن بیمار در کدام بخش انجام می شود؟(انتقال این عمل به بخشی که باعث کاهش هزینه های بیمارستان و بیماران شود)
- ۳ مورد از بیماران به بخش NICU که بخش مراقبت های ویژه نوزادان است منتقل شده اند. با فیلتر کردن این مسیر مشخص شد که یکی از این سه بیمار نوزاد بوده و دو نفر دیگر افراد بزرگسال بوده اند. مسیر فیلتر شده در شکل ۵ قابل مشاهده می باشد. با توجه به این نکته وجود بخش جراحی مردان در نمودار زنان و زایمان قابل توجیه است.

- خروجی از بخش زنان و زایمان ۲ به درمانگاه چگونه قابل توجیه است؟(چون طبق نظر فرد متخصص این انتقال در بیمارستان مجاز نیست)
- احتمال خطا در ثبت داده ها وجود دارد. زیرا طبق نظر فرد متخصص انتقال بیمار از یک بخش مانند زنان و زایمان ۲ به بخش Day Care انتقال نادری است که باید توجیه شود.



شکل ۴: فرایند بخش زنان و زایمان با کاهش تعداد رخداد



شکل ۵: دیاگرام بخش زایمان با فیلتر بر روی NICU

همچنین در شکل ۴ نمودار فرایند مربوط به خوشه ی زنان و زایمان تنها با ۲۰ درصد از تعداد رخداد های موجود نشان داده شده است که روند کلی فرایندها در این بخش از بیمارستان را به وضوح نشان می دهد.

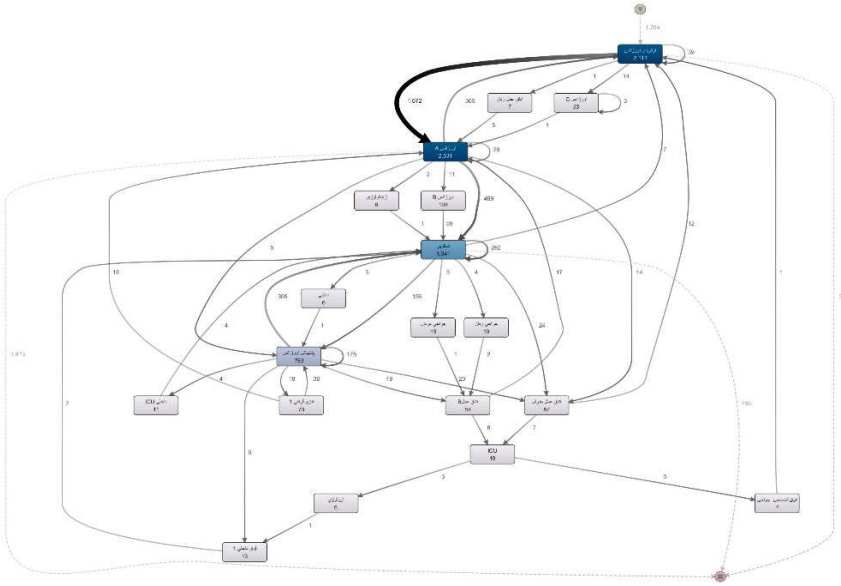
در شکل نمودار مروبط به خوشه ی اورژانس نشان داده شده است که شامل ۳۰۶۴ بیمار مختلف و جمعا ۷۲۶۴ (۳۴ رخداد یکتا) رخداد می باشد. میانگین زمان طی شده از لحظه ی ورود به اورژانس تا زمان مرخص شدن تقریبا ۴ روز می باشد. نمودار با activity، ۵۰,۴ درصد و path، ۱۶,۲ درصد استخراج شده است. نتایج به دست آمده از این نمودار در ادامه بیان شده است.

- مدت زمان فرآیند های اورژانس تقریبا چهار روز می باشد.
- آیا توجیهی برای انتقال بیمار از اتاق عمل زنان به بخش اورژانس وجود دارد؟
- با توجه به نمودار تعداد زیادی از بیماران ابتدا وارد ارتوپدی اورژانس شده و پس از آن به اورژانس A انتقال می یابند. آیا راه حلی برای بهبود این فرآیند می توان اندیشید؟

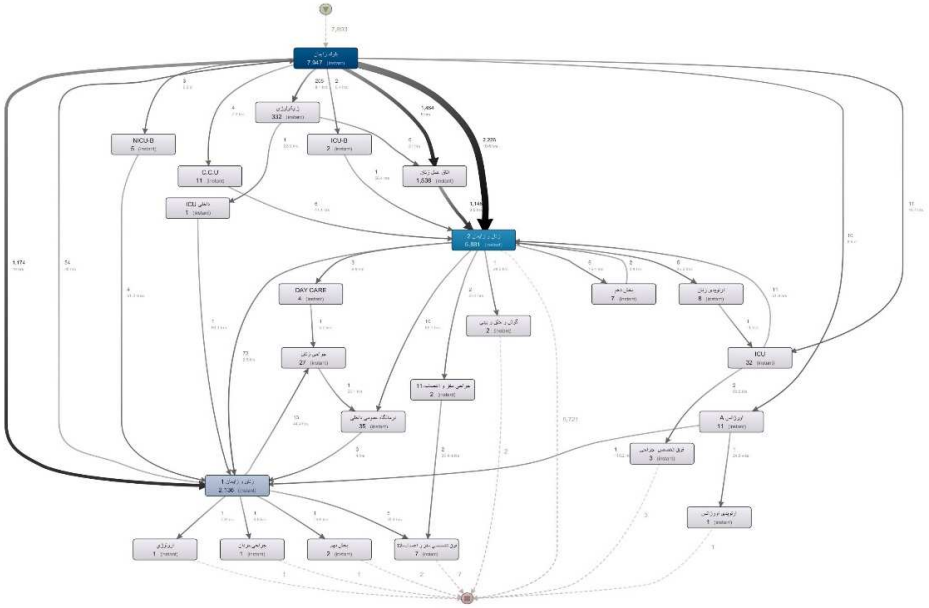
شکل نتیجه فرآیندکاوی مربوط به بخش ارتوپدی می‌باشد که شامل ۱۷۹۵۰ بیمار مختلف است و به منظور تحلیل آن می‌توان به نکات زیر اشاره کرد.

- حدود ۴۰ درصد از بیمارانی که از ارتوپدی زنان پس از عمل به بخش ICU منتقل شده‌اند باز به بخش ارتوپدی باز گشته‌اند، این امر باعث پیچیدگی رسیدگی به بیماران می‌شود و سرنوشت سایر بیماران مشخص نیست.
- آیا آن درصد از بیمارانی که به بخش ارتوپدی بازگشته‌اند عمل موفقی نداشته‌اند یا دلیل دیگری دارد؟
- ۱۰ درصد مردانی که به بخش ارتوپدی باز گشته‌اند دوباره به اتاق عمل منتقل شده‌اند که این از نقاط ضعف بخش درمانی محسوب می‌شود و دقت در این زمینه امری مهمی تلقی می‌شود و حتی می‌تواند در خصوص ارزیابی پزشکان نیز مورد استفاده قرار گیرد.
- چهار بیمار از ارتوپدی زنان به ارتوپدی اورژانس منتقل شده‌اند در حالی که این مسیر برعکس چندان در فرآیندهای بیمارستانی توجیهی ندارد و دلیل این امر چه بوده است؟
- سرنوشت درصدی از بیمارانی که بخش ارتوپدی اورژانس وارد شده‌اند نامعلوم می‌باشد که توجه زیادی را به خود جلب می‌کند.
- یک ناهماهنگی بین بخش ارتوپد با سایر بخش‌های بیمارستان مشاهده می‌شود.

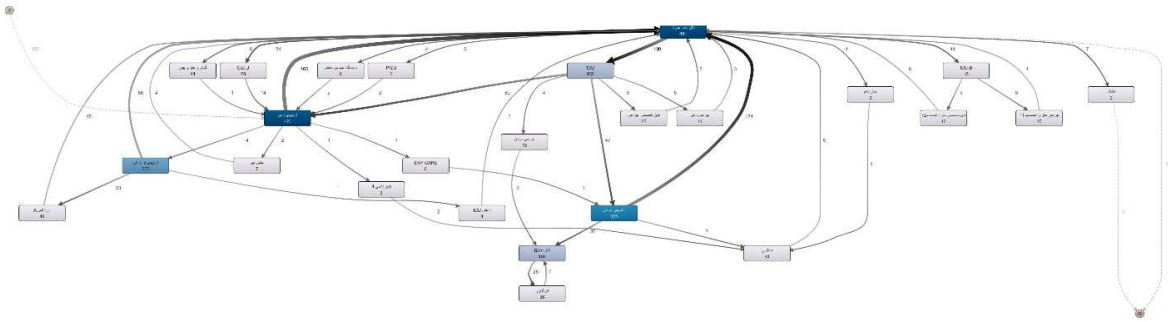
- در مسیر اتاق عمل به ICU پس از گذر ۲ ساعت زمان ترافیک بیمار مشاهده می‌شود و این نقطه قابلیت گلوگاه را دارد که بایستی به این نکته دقت کرد



شکل ۶: دیاگرام فرایند اورژانس



شکل ۷: دیاگرام فرایند زنان و زایمان



۶- نتیجه‌گیری

مدت بسیار زیادی است که بررسی فرآیندها به منظور بهبود عملکرد و هزینه‌ها مورد توجه قرار گرفته و رویکردهای متفاوتی برای بررسی آن‌ها ارائه شده است. یکی از جدیدترین ابزارهای بررسی فرآیندها برای کشف فرآیندهای مفید و یا بهبود فرآیندهای موجود مفهوم فرآیندکاوی می‌باشد که در حوزه‌های مختلفی معرفی و مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از مورد توجه‌ترین حوزه‌ها حوزه سلامت است. سلامت بسیار حوزه‌ی مهمی می‌باشد چرا که در سال‌های اخیر هزینه‌های درمانی به طور قابل توجهی افزایش یافته و رسیدگی به منافع مراکز پزشکی و بیماران امری ضروری مطرح می‌شود. در این پژوهش، ابتدا رویکردی برای پیاده‌سازی فرآیندکاوی معین شده، سپس به بررسی مطالعه موردی داده‌های بدست آمده از اتاق عمل بیمارستان میلاد تهران پرداخت. به دلیل آن‌که اطلاعات ثبت شده به صورت دستی توسط کارمندان محترم بیمارستان ثبت شده بود، پیش‌پردازش‌های بسیار زیادی بر روی داده‌های در دسترس انجام گرفت و به بخش مدل‌سازی وارد کرده که در این مرحله به دلیل پراکندگی داده‌ها، رویکردهای داده‌کاوی همچون خوشه‌بندی به کار گرفته شد. پس از آن تحلیل‌های هر خوشه توسط متخصصین انجام گرفت. قابل ذکر است که تمرکز بر هزینه‌ها در تحلیل‌های فرآیندکاوی و بهبود فرآیندها می‌توان از جمله کارهای آتی این پژوهش به شمار آید.

مراجع

[1] M. Jansen-Vullers, H.A. Reijers, Business process redesign in healthcare: towards a structured approach, Inform. Syst. Oper. Res. 43 (4) (2005) 321– 339..

[2] R. Grol, J. Grimshaw, Evidence-based implementation of evidence-based medicine, Joint Commiss. J. Qual. Improve. 25 (10) (1999) 503–513.

[3] Z.J. Radnor, M. Holweg, J. Waring, Lean in healthcare: the unfilled promise?, Soc Sci. Med. 74 (3) (2012) 364–371 (part special issue: Organization studies and the analysis of health systems).

[4] W.M.P. van der Aalst, A.J.M.M. Weijters, Process mining: a research agenda, Comput. Ind. 53 (3) (2004) 231–244.

[5] W.M.P. van der Aalst, B.F. van Dongen, J. Herbst, L. Maruster, G. Schimm, A.J. M.M. Weijters, Workflow mining: a survey of issues and approaches, Data Knowl. Eng. 47 (2) (2003) 237–267.

[6] M. Dumas, W.M.P. van der Aalst, A.H.M. ter Hofstede, Process-Aware Information Systems: Bridging People and Software Through Process Technology, Wiley, 2005.

[7]] W. Van Der Aalst, Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes, Springer Science & Business Media, 2011.

[8] Á. Rebuge, D.R. Ferreira, Business process analysis in healthcare environments: a methodology based on process mining, Inform. Syst. 37 (2) (2012) 99–116.

[9] U. Kaymak, R. Mans, T. van de Steeg, M. Dierks, On process mining in health care, in: Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, SMC 2012, Seoul, Korea (South), October 14–17, 2012, IEEE, 2012, pp. 1859–1864.

[10] R. Mans, W. van der Aalst, R.J. Vanwersch, Process Mining in Healthcare: Evaluating and Exploiting Operational Healthcare Processes, Springer, 2015.

[11]] R. Mans, W.M.P. van der Aalst, R.J.B. Vanwersch, A.J. Moleman, Process mining in healthcare: data challenges when answering frequently posed questions, in: R. Lenz, S. Miksch, M. Peleg, M. Reichert, D. Riaño, A. ten Teije (Eds.), Process Support and Knowledge Representation in Health Care – BPM 2012 Joint Workshop, ProHealth 2012/KR4HC 2012, Tallinn, Estonia, September 3, 2012, Revised Selected Papers, Lecture Notes in Computer Science, vol. 7738, Springer, 2012, pp. 140–153.

[12]] R.S. Mans, H. Schonenberg, M. Song, W.M.P. van der Aalst, P.J.M. Bakker, Application of process mining in healthcare – a case study in a dutch hospital, in: A.L.N. Fred, J. Filipe, H. Gamboa (Eds.), Biomedical Engineering Systems and Technologies, International Joint Conference, BIOSTEC 2008, Funchal, Madeira, Portugal, January 28–31, 2008, Revised Selected Papers, Communications in Computer and Information Science, vol. 25, Springer, 2008, pp. 425–438.

[13] R.P.J.C. Bose, W.M.P. van der Aalst, Analysis of patient treatment procedures, in: F. Daniel, K. Barkaoui, S. Dustdar (Eds.), Business Process Management Workshops – BPM 2011 International Workshops, Clermont-Ferrand, France, Table 4 (continued) Author(s) Title Ref. Meneu et al. Heart cycle: facilitating the deployment of advanced care processes [98] Van Der Spoel et al. Process prediction in noisy data sets: a case study in a Dutch hospital [99] Doremalen Process Mining in Healthcare Systems: An Evaluation and Refinement of a Methodology [100] Kumar et al. Exploring Clinical Care Processes Using Visual and Data Analytics: Challenges and Opportunities [101] Mcgregor et al. A process mining driven framework for clinical guideline improvement in critical care [103] 234 E. Rojas et al. / Journal of Biomedical Informatics 61 (2016) 224–236 Científica August 29, 2011, Revised Selected Papers, Part I, Lecture Notes in Business Information Processing, vol. 99, Springer, 2011, pp. 165–166.

[14]] R. Mans, H.A. Reijers, M. van Genuchten, D. Wismeijer, Mining processes in dentistry, in: G. Luo, J. Liu, C.C. Yang (Eds.), ACM International Health Informatics Symposium, IHI '12, Miami, FL, USA, January 28–30, 2012, ACM, 2012, pp. 379–388.

[15] J. Zhou, Master: Process Mining: Acquiring Objective Process Information for Healthcare Process Management with the Crisp-dm Framework (Ph.D. thesis, Master's thesis), Eindhoven University of Technology, Eindhoven, 2009.

[16] S. Suriadi, R.S. Mans, M.T. Wynn, A. Partington, J. Karnon, Measuring patient flow variations: a cross-organisational process mining approach, in: Asia Pacific Business Process Management, Springer, 2014, pp. 43–58.

[17] S. Montani, G. Leonardi, S. Quaglini, A. Cavallini, G. Micieli, Mining and retrieving medical processes to assess the quality of care, in: Case-Based Reasoning Research and Development, Springer, 2013, pp. 233–240.

[18] M. Binder, W. Dorda, G. Duftschmid, R. Dunkl, K.A. Fröschl, W. Gall, W. Grossmann, K. Harmankaya, M. Hronsky, S. Rinderle-Ma, C. Rinner, S. Weber, On analyzing process compliance in skin cancer treatment: an experience report from the evidence-based medical compliance cluster (EBMC2), in: J. Ralyté, X. Franch, S. Brinkkemper, S. Wrycza (Eds.), Advanced Information Systems Engineering – 24th International Conference, CAiSE 2012, Gdansk, Poland, June 25–29, 2012. Proceedings, Lecture Notes in Computer Science, vol. 7328, Springer, 2012, pp. 398–413.

[19] Á. Rebuge, L.V. Lapão, A. Freitas, R. Cruz-Correia, A process mining analysis on a virtual electronic patient record system, in: P.P. Rodrigues, M. Pechenizkiy, J. Gama, R. Cruz-Correia, J. Liu, A.J.M. Traina, P.J.F. Lucas, P. Soda (Eds.), Proceedings of the 26th IEEE International Symposium on Computer-Based Medical Systems, Porto, Portugal, June 20–22, 2013, IEEE Computer

[24] A. Partington, M. Wynn, S. Suriadi, C. Ouyang, J. Karnon, Process mining for clinical processes: a comparative analysis of four Australian hospitals, ACM Trans. Manage. Inform. Syst. (TMIS) 5 (4) (2015) 1–19.
[25]] J.-J. Boere, An Analysis and Redesign of the ICU Weaning Process using Data Analysis and Process Mining (Ph.D. thesis), Maastricht University Medical Centre, 2013
[26] S. Van de, Process Mining in Healthcare Mining for Cost and (Near) Incidents (Ph.D. thesis), Eindhoven University of Technology, Eindhoven, 2015.
[27] M. Overduin, Exploration of the Link between the Execution of a Clinical Process and its Effectiveness using Process Mining Techniques (Ph.D. thesis), Eindhoven University of Technology, Eindhoven, 2013.
[28] Van der Aalst, W., Weijters, T., & Maruster, L. (2004). Workflow mining: Discovering process models from event logs. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 16(9), 1128-1142.
Society, 2013, pp. 554–555.
[20] R. Mans, H.A. Reijers, D. Wismeijer, M. van Genuchten, A process-oriented methodology for evaluating the impact of IT: a proposal and an application in healthcare, Inform. Syst. 38 (8) (2013) 1097–1115.
[21] F. Caron, J. Vanthienen, K. Vanhaecht, E. van Limbergen, J.D. Weerdt, B. Baesens, Monitoring care processes in the gynecologic oncology department, Comput. Biol. Med. 44 (2014) 88–96.
[22] F. Caron, J. Vanthienen, J. De Weerdt, B. Baesens, Beyond X-raying a care-flow: adopting different focuses on care-flow mining, in: Proceedings of the First International Business Process Intelligence Challenge (BPIC'11), 2011, pp. 1– 11.
[23] M. Lang, T. Bürkle, S. Laumann, H. Prokosch, Process mining for clinical workflows: challenges and current limitations, in: S.K. Andersen, G.O. Klein, S. Schulz, J. Aarts (Eds.), eHealth Beyond the Horizon – Get IT There, Proceedings of MIE2008, The XXIst International Congress of the European Federation for Medical Informatics, Göteborg, Sweden, May 25–28, 2008, Studies in Health Technology and Informatics, vol. 136, IOS Press, 2008, pp. 229–234.

[۱] Event log
[۲] Trace
[۳] Case
[۴] Excel
[۵] Clustering