Encyclopedia of Digital Transformation
Vol. 3; No. 1; PP. 16-37
Spring 2022
DOI: 10.22034/dtj.2026.422943.1119

MehrAlborz University

Strategic Integration of Data Mining and Simulation for Enhanced Medical and Pharmaceutical Service Accessibility

Ali Jafarian [1], Mehrshad Khosraviani [2], Alireza Jahani [3]

Abstract

Among the issues raised in the field of medical services are easy access of patients to medical centers to speed up the patient's treatment process, buying medicine, availability of medicine in the pharmacy, preventing counterfeit drugs from entering the drug supply chain, and preventing drug hoarding. For this purpose, in this research, using Rapidminer software and K-Means, X-Means, K-Means-H2O, and K-Means-Fast algorithms, medical centers were clustered according to distance and proximity to the hypothetical patient so that the patient could access the nearest treatment center very easily. Among these algorithms, the K-Means-H2O algorithm with a silhouette index of 0.67 was chosen as the best algorithm for clustering these data. Then, when the patient went to the desired treatment center, the corresponding electronic prescription code was issued, based on which the patient could receive the desired medicine by visiting the pharmacy. In addition, to ensure the health of the pharmaceutical supply chain, a radio tag was used to identify the supplied drugs to prevent counterfeit drugs from entering the pharmaceutical supply chain while tracking the drug. Finally, by using Visual Basic software and the design of drug and pharmacy fields, the sale of drugs is monitored to prevent drug hoarding, remove expired drugs from the sales cycle, and also support high-selling drugs and pharmacies through a timely supply of drugs provided by the supervisory body. In addition, a field was created where patients can get all or part of their medicines from the nearest pharmacy.

Keywords: *pharmaceutical supply chain, RFID, Data analysis, clustering algorithm, machine learning.*

1. Department of Information Technology Engineering, Faculty of Information Technology, Mehr Alborz University, Tehran, Iran

2. Professor, Department of Computer Engineering, Faculty of Information Technology Engineering, Mehr Alborz University, Tehran, Iran

3. Computer Engineering, School of Computer Engineering, Brunel University, London, England

Submitted: 2023-10-30
Accepted:2025-09-06
Corresponding Author: Ali Jafarian
Email:a.jafarian2010@gmail.com

دانشنامهٔ تحول دیجیتال

دانشگاه مهرالبرز
دورهٔ ۳، شمارهٔ ۱
بهار ۱۴۰۴
صص. ۱۶- ۳۷

Encyclopedia of Digital Transformation
DOI: 10.22034/dtj.2026.422943.1119

ادغام استراتژیک داده‌کاوی و شبیه‌سازی برای افزایش دسترسی به خدمات پزشکی و دارویی

علی جعفریان[۱]، مهرشاد خسرویانی[۲]، علیرضا جهانی[۳]

چکیده

از جمله مسائل مطرح در حوزه خدمات درمانی، دسترسی آسان بیماران به مراکز درمانی جهت تسریع در فرایند درمانی بیمار، خرید دارو، موجود بودن دارو در داروخانه، جلوگیری از ورود داروهای تقلبی به چرخه زنجیره تأمین دارویی و جلوگیری از احتکار دارو است. برای این منظور در این پژوهش ابتدا با استفاده از نرم‌افزار رپیدماینر و الگوریتم‌های K-Means، X-Means، K-means-H2O و K-Means-Fast مراکز درمانی بر حسب دوری و نزدیکی به بیمار فرضی خوشه‌بندی شدند تا دسترسی بیمار به نزدیک‌ترین مرکز درمانی به سهولت انجام شود. از میان این الگوریتم‌ها، الگوریتم K-Means-H2O با شاخص سیلوئت ۰,۶۷ به‌عنوان بهترین الگوریتم برای خوشه‌بندی این داده‌ها انتخاب شد. سپس با مراجعه بیمار به مرکز درمانی مورد نظر، کد نسخه الکترونیک مربوطه صادر شد که بیمار براساس آن می‌توانست با مراجعه به داروخانه، داروی مورد نظر خود را دریافت کند. علاوه براین به‌منظور سلامت زنجیره تأمین دارویی، از تگ رادیویی برای شناسنامه‌دار کردن داروهای عرضه شده استفاده شد تا ضمن ردیابی دارو، از ورود داروهای تقلبی به چرخه زنجیره تأمین دارویی جلوگیری شود. در نهایت، با استفاده از نرم‌افزار ویژوال بیسیک و طراحی فیلدهای دارو و داروخانه، نظارت بر فروش دارو برای جلوگیری از احتکار دارو، خروج داروهای تاریخ مصرف گذشته از چرخه فروش و همچنین پشتیبانی از داروها و داروخانه‌های پر فروش از طریق تأمین به موقع دارو، توسط نهاد ناظر فراهم شد. همچنین فیلدی ایجاد شد که بیماران بتوانند تمام یا بخشی از داروهای خود را از نزدیک‌ترین داروخانه تهیه کنند.

کلمات کلیدی: *زنجیره تأمین دارویی، RFID، داده‌کاوی، الگوریتم خوشه‌بندی، یادگیری ماشین.*

---

۱. کارشناسی ارشد، مهندسی فناوری اطلاعات، دانشگاه مهرالبرز، تهران، ایران
۲. استادیار گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده فناوری اطلاعات، دانشگاه مهرالبرز، تهران، ایران
۳. دانشیار گروه مهندسی کامپیتر، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه برنل، لندن، انگلیس

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۸/۰۸
تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۴۰۴/۰۶/۱۵
نویسندهٔ مسئول مقاله: علی جعفریان
Email: a.jafarian2010@gmail.com

مقدمه

داده‌کاوی به معنای آشکار کردن الگوها و استخراج دانش از حجم عظیم داده‌ها است. این فرآیند به‌عنوان یکی از مراحل اساسی در فرآیند اکتشاف دانش، با ارائه روش‌هایی برای استخراج اطلاعات پنهان از داده‌های حجیم، امکانات گسترده و بی‌سابقه‌ای را در زمینه‌های مختلف از علوم زیستی تا تجارت و حتی بیشتر، فراهم می‌کند (محمدرضا کیوان‌پور و همکاران، ۱۳۹۷). در حوزه خدمات درمانی، داده‌کاوی مکانی به اطلاعات مکانی مربوط به بیماران و مراکز درمانی توجه می‌کند. بطوریکه در یافتن نزدیک‌ترین مرکز درمانی به بیمار نقش مهمی ایفا می‌کند و می‌تواند بهبود دسترسی به خدمات درمانی و تسهیل ارتباط بین بیماران و مراکز درمانی را فراهم سازد. با تجزیه و تحلیل دقیق این اطلاعات، می‌توان مشخص کرد که مراکز درمانی در چه مکان‌هایی واقع شده‌اند و چگونه بیماران می‌توانند به سرعت به این مراکز دسترسی پیدا کنند. داده‌کاوی در این حوزه می‌تواند با تحلیل داده‌های قبلی مرتبط با تعداد بیماران در مناطق مختلف، نوع بیماری‌های رایج و نیازهای درمانی، به پیش‌بینی نیازهای آتی و توزیع بهینه مراکز درمانی کمک کند. همچنین، می‌توان مسیرهای بهینه برای دسترسی بیماران به مراکز درمانی را تعیین کرد. این امر شامل در نظر گرفتن موقعیت جغرافیایی بیماران، شرایط ترافیک و اولویت‌های درمانی است. با تحلیل داده‌ها، اطلاعات کاملی از جمله مکان و ساعات کاری مراکز درمانی، تخصص‌های موجود و اطلاعات تماس برای بیماران فراهم می‌شود تا آن‌ها بتوانند به راحتی به نزدیک‌ترین مراکز درمانی خود دسترسی پیدا کنند. با تحلیل داده‌های مربوط به انتخاب مراکز درمانی توسط بیماران در گذشته، می‌توان بهترین راهکارها برای ترغیب بیماران به انتخاب مراکز درمانی معتبر و نزدیک را شناسایی کرد. به این ترتیب داده‌کاوی می‌تواند در بهینه‌سازی نظام بهداشت و افزایش دسترسی به خدمات درمانی به طور کلان موثر باشد (هیر و همکاران[۱] ۲۰۰۷). از سوی دیگر برای داده‌کاوی[۲] از نرم‌افزارهای مختلفی استفاده می‌شود که یکی از آن‌ها نرم‌افزار رپیدماینر است. مزیت این نرم‌افزار این است که محیط متن باز است و به عنوان یک برنامه کاربردی مستقل برای تجزیه و تحلیل داده‌ها در دسترس است. مزیت دیگر آن این است که یکپارچه‌سازی داده‌ها، تجزیه و تحلیل و گزارش آن‌ها را در یک مجموعه واحد به همراه دارد. علاوه بر این از صدها روش بارگذاری داده و تبدیل داده نیز پشتیبانی می‌کند (سلن شیا و گنگ[۳] ۲۰۱۴). مسئله دیگری که در این پژوهش به آن پرداخته شده است، زنجیره تأمین دارو است. بطور کلی، صنعت داروسازی را می‌توان به عنوان ترکیبی از فرآیندها، سازمان‌ها و عملیات درگیر در توسعه، طراحی و ساخت داروهای مفید تعریف کرد (سینگ و همکاران[۴] ۲۰۱۶). چرخه زندگی دارو به‌گونه‌ای است که دارو باید از طریق یک زنجیره تأمین دارویی و همچنین زنجیره مصرف عبورکند. زنجیره تأمین دارویی یک زنجیره تأمین ویژه است که در آن داروها تولید، حمل و نقل و مصرف می شوند (شیه و برین[۵] ۲۰۱۲). در واقع زنجیره تأمین دارویی یک شبکه کاربردی به مرکزیت شرکت سرمایه‌گذاری مرکزی است که از طریق کنترل لجستیک، جریان اطلاعات و جریان سرمایه، از تأمین مواد اولیه تا ساخت محصولات میانی و محصولات نهایی شروع می‌شود و در نهایت محصولات را به مصرف‌کنندگان می‌فروشد (جانگیر و همکاران[۶] ۲۰۱۹)، (شی و همکاران[۷] ۲۰۱۹). علاوه بر این، نحوه تولید، توزیع، مصرف و دفع دارو ممکن است نیاز به نظارت داشته باشد که در برخی موارد توسط سازمان‌های مجری قانون بررسی می‌شود (کینگ و ژانگ[۸] ۲۰۰۷). در این میان مسئله مهم ایمن بودن زنجیره تأمین است؛ زیرا یک زنجیره تأمین دارویی ایمن، یکپارچگی را افزایش می‌دهد، اعتماد مصرف‌کننده را بهبود می‌بخشد و به تنظیم‌کننده‌ها در ردیابی محصولات دارویی کمک می‌کند؛ بنابراین یک

---

1 Hare et al
2 Data Mining
3 Selene Xia & Gong
4 Singh et al
5 Xie & Breen
6 Jangir et al
7 Shi et al
8 King & Zhang

زنجیره دارویی تولید می‌کند. در عین حال، حریم خصوصی نیز حفظ می‌شود (کینگ و ژانگ، ۲۰۰۷). هنوز مشکلات زیادی در زنجیره تأمین دارویی وجود دارد. از جمله: وجود داروهای تقلبی و مشکلات امنیتی ناشی از انبارداری و تدارکات است که می توان به آن‌ها اشاره کرد (جانگیر و همکاران ۲۰۱۹)، (شی و همکاران، ۲۰۱۹). فرآورده‌های دارویی به دلیل پیچیدگی و هزینه‌های توسعه و ساخت از گران‌ترین کالاهای خرده فروشی هستند که شکاف قیمتی بین تولیدکنندگان به دلیل استانداردهای مختلف، انگیزه قابل‌توجهی را برای قاچاقچیان و جاعلان مواد مخدر فراهم می‌کند تا سود قابل توجهی کسب کنند. از این رو جعل دارو یک مسئله حیاتی جدی و فزاینده در سراسر جهان است که سلامت مصرف‌کنندگان و عموم مردم را در معرض خطر قرار می‌دهد (کینگ و ژانگ، ۲۰۰۷)، (احمدی و همکاران[1] ۲۰۲۰). سازمان سلامت جهانی (WHO[2]) تخمین می‌زند که داروهای تقلبی به ارزش ۸۰ میلیارد دلار سالانه در سراسر جهان معامله می شوند (راج و همکاران[3] ۲۰۲۰). براساس تحقیقات رابین کوه[4]مشکل جعل در سطح بین المللی گسترده شده است و بر وسعت آن افزوده شده است (کینگ و ژانگ، ۲۰۰۷). از این‌رو تولیدکنندگان و دولت‌ها به مکانیسم‌هایی برای شناسایی جعل علاقه‌مند هستند که به تعیین قاچاق کمک کنند. براین اساس، صنعت داروسازی به یک زنجیره تأمین مطمئن‌تر نیاز دارد که بتواند قابلیت ردیابی و دید دارو را برای نهادهای نظارتی مدیریت زنجیره تأمین فراهم کند. در این زمینه، فناوری RFID بیش از یک دهه مؤثر بوده که اقدامات ضد جعل را برای زنجیره تأمین فراهم کرده است. از جمله در ایالات متحده، سازمان غذا و دارو (FDA) استفاده از برچسب‌های RFID را برای جلوگیری از محصولات دارویی تقلبی خود در نظر گرفته است. مسئله مهم دیگر در حوزه زنجیره تأمین دارو، جلوگیری از احتکار دارو در سیستم دارویی است که این امر از ملزومات اساسی برای تأمین به موقع دارو جهت پشتیبانی از داروخانه ها است.

با توجه به موارد مطرح شده، وجود سیستمی که بتواند هم فرایند خدمات درمانی بیماران را بهبود بخشد و هم بتواند زنجیره‌ای ایمن برای تأمین دارو در داروخانه را بطور همزمان فراهم سازد، می تواند در بهبود فرایند خدمات درمانی و دارویی یک جامعه مفید باشد که در پژوهش حاضر برای اولین بار به این امر پرداخته شده است. لذا، هدف از این پژوهش بهینه‌سازی فرایند خدمات درمانی بیماران جهت دسترسی به نزدیک‌ترین مراکز درمانی از طریق داده‌کاوی با نرم‌افزار رپیدماینر است. همچنین بهینه‌سازی زنجیره تأمین دارویی برای دستیابی ایمن و آسان بیماران به دارو با استفاده از سیستم RFID و برنامه‌نویسی ویژوال بیسیک، از دیگر اهداف این پژوهش است که در این مقاله به آن پرداخته شده است.

پیشینه پژوهش

با توجه به موضوع پژوهش در زمینه استفاده از فناوری RFID در زنجیره تأمین دارویی و بکارگیری خوشه‌بندی جهت شناسایی نزدیک‌ترین مرکز درمانی به بیمار و شبیه‌سازی با نرم‌افزار، پیشینه پژوهش به صورت جدول ۱ خلاصه شده است.

1 Ahmadi et al
2 World Health Organization
3 Raj et al
4 Robin Koh

جدول ۱: پیشینه پژوهش‌های انجام شده در زمینه زنجیره تامین دارویی

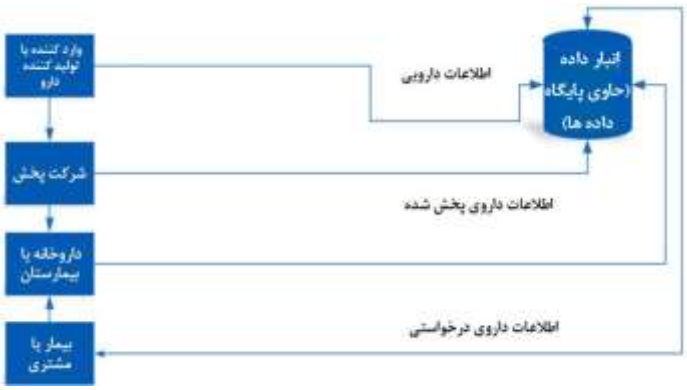
نام نویسندگان	موضوع پژوهش	نتایج پژوهش
Brian King و Xiaolan Zhang (۲۰۰۷)	استفاده از تکنولوژی RFID فعال به وسیله پروتکل رمزنگاری (مدل Ind و INDB و Pid)	افزایش یکپارچگی در زنجیره تامین دارویی با قابلیت حمایت ضدجعلی دارو، موجودیی خودکار، سیاست حمایت فروش، ردیابی قانون‌مند و ...
حاجی بابایی و بهنامیان (۲۰۲۱)	ارائه زنجیره تأمین دارویی دوسطحی چند دوره‌ای مدلسازی با برنامه‌ریزی تصادفی دو مرحله‌ای با استفاده از الگوریتم ژنتیک به همراه یک الگوریتم ترکیبی ژنتیک و جست‌وجوی همسایگی متغیر	حداقل کردن هزینه‌های تولید، موجودی، انتقال، هزینه‌های زمان ارسال، زودکرد و دیرکرد. نتایج نشان داد که از لحاظ تابع هدف الگوریتم ترکیبی کارایی بسیار خوبی در مقایسه با الگوریتم ژنتیک دارد.
وکیلی، حسینی، غلامیان (۲۰۱۷)	مسیریابی موجودی قطعی اقلام دارویی در زنجیرهٔ تأمین دارو متشکل از یک توزیع کننده و مجموعه‌ای از خرده‌فروشان	با هدف مینیمم کردن مجموع هزینه‌های حمل و نقل و نگهداری موجودی، برای حل آن از مدل عدد صحیح مختلط خطی استفاده شده است، روشی ابتکاری مبتنی بر روش جست‌وجوی همسایگی بزرگ انطباقی ارائه و برای ساخت جواب اولیه از یک الگوریتم ابتکاری دو فازی استفاده شده است.
رضایی نور و همکاران (۲۰۲۰)	توسعه یک مدل جهت برنامه‌ریزی چند هدفه برای طراحی یک شبکه زنجیره تأمین چهار سطحی دارو در چند دوره و برای چند محصول فاسد شدنی	این مدل به تصمیم‌گیری یکپارچه مسائل مکان‌یابی مراکز تولید و مراکز توزیع دارو، تخصیص بهینه آن‌ها به یکدیگر به منظور حمل و نقل مناسب داروها در بین سطوح، تعیین مقدار بهینه تولید و حمل و نقل در بین تسهیلات و نیز تعداد بهینه استخدام و اخراج نیروی کار برای تولید بهینه محصولات دارویی کمک می‌کند.
سهرابی و همکاران (۲۰۲۱)	تاثیر بازدید پزشکان از داروخانه‌ها با هدف نمایندگی پزشکی فروش دارو با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی و درخت تصمیم‌گیری.	پس از مدل‌سازی الگوریتم‌ها مشخص شد که دو قاعده فوق می‌توانند طبقه‌بندی را با دقت بالایی انجام دهند. نتایج درخت ID3 برای شناسایی متغیرها و مسیر این رابطه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.
Ribeiro و همکاران (۲۰۱۶)	پیش بینی محصولات خاصی از یک کمپانی پخش دارو با استفاده از تکنیک داده‌کاوی براساس سری زمانی.	مدل ارائه شده می‌تواند برای پیش‌بینی فروش محصول در کوتاه مدت مناسب باشد.
خلیل زاده و همکاران (۲۰۰۸)	ارائه مدل دقیق برای پیش‌بینی فروش دارو با رویکرد داده کاوی بر اساس سری زمانی ARIMA و شبکه عصبی و شبکه عصبی هیبرید	پیش‌بینی فروش محصولات دارویی سیاست‌گذاری مدیریت موجودی داور به منظور صرفه‌جویی در هزینه از جهت خرید داروی اضافی و یا از دست دادن مشتری به خاطر کمبود دارو.
Kapoor و Singhal (۲۰۱۷)	مطالعه تطبیقی الگوریتم‌های خوشه‌بندی K-Means، K-Means++ وFuzzy C-Means	نتایج تجربی نشان می‌دهد که ارسال داده‌های مرتب شده به جای داده‌های مرتب نشده نه تنها بر پیچیدگی زمانی تأثیر می‌گذارد؛ بلکه عملکرد این تکنیک‌های خوشه‌بندی را بهبود می‌بخشد.

Nugraha (۲۰۱۹)	گروه‌بندی موجودی دارو با استفاده از داده‌کاوی خوشه‌بندی	یکی از عوامل اصلی در خدمات بهداشتی، تأمین داروی کافی است. داده‌کاوی می تواند به عنوان تحلیلی برای تعیین عرضه دارو با توجه به نیاز بیمار مورد استفاده قرار گیرد. در این تحقیق از داده‌ها به صورت داده‌های مربوط با داروهای با مصرف سریع و داروهای با مصرف طولانی مدت در هر ماه استفاده شده که این داده‌ها مربوط به ۳ سال است. همچنین، اطلاعات مربوط به انواع داروها حاصل از فرآیند خوشه‌بندی می‌تواند برای بهبود خدمات بهتر به بیمار استفاده شود.

روش پژوهش

زنجیره تأمین دارویی

در این پژوهش، ابتدا زنجیره تأمین دارویی مطابق شکل ۱ برقرار شد که در آن مسیر انتقال دارو به ترتیب شامل بخش‌های تولیدکننده یا واردکننده دارو، توزیع‌کننده و پخش، داروخانه یا بیمارستان و درنهایت مصرف‌کننده است. آنچه که در این چرخه حائز اهمیت است، ارتباط این بخش‌ها با یکدیگر از طریق ایجاد یک انبار داده[1]است تا نهادهای زیربط بتوانند از این زنجیره تأمین بهره لازم را ببرند. این انبار داده شامل مجموعه‌ای از اطلاعات است که به صورت پایگاه داده[2] در این انبار داده گردآوری شده است. این پایگاه داده‌ها حاوی اطلاعات مربوط به مشخصات دارو، میزان تولید دارو یا واردات دارو، موجودی دارو در بخش توزیع‌کننده یا شرکت پخش، موجودی دارو در داروخانه، میزان فروش دارو در داروخانه و میزان تقاضا توسط مصرف‌کننده است. نهادهایی که قرار است از این اطلاعات استفاده کنند عبارتند از: نهادهای نظارتی، تولیدکنندگان و یا واردکنندگان دارو، داروخانه‌ها و پزشکان و در نهایت مشتریانی که نیاز دارویی خود را مرتفع می سازند.



شکل ۱: زنجیره تأمین دارویی و ایجاد انبار داده

1Data Ware House
2Data Based

ایجاد برچسب رادیویی برای هر دارو جهت ردیابی در زنجیره تأمین دارویی

به منظورکنترل اتوماتیک دارو از قطعه‌ای به نام برچسب رادیویی RFID استفاده شده است تا از این طریق مسیر حرکت داروها در زنجیره تأمین کنترل شود. لازم به ذکر است که در چرخه زنجیره تأمین دارویی لازم است که هر دارو یک کد رادیویی اختصاصی با کد رمزدار جهت ردیابی داشته باشد. مثلا در داروهای به شکل شربت، روی بطری شیشه‌ای آن‌ها برچسب رادیویی نصب می‌شود و در داروهای به صورت قرص بر روی یک ورقه قرص برچسب رادیویی چسبانده می‌شود. هر برچسب حاوی اطلاعات دارو از قبیل دوز دارو، تاریخ انقضا، کاربرد و در نهایت کد رمزدار است. کد رمزدار ایجاد شده در این پژوهش شامل حرف انگلیسی EC با چهار عدد بین اعداد ۱۱۰۰ تا ۶۱۰۰ است؛ لذا هر کدی که به غیر حرف انگلیسی EC و خارج از اعداد ذکر شده تولید شود از نظر این پژوهش تقلبی محسوب می‌شود (شکل ۲). لازم به ذکر است که کد موجودیت دارو با ۰ و ۱ نشان داده می‌شود، بطوریکه اگر دارو در انبار مرکزی موجود باشد عدد ۱ نمایش داده می‌شود؛ ولی اگر دارو از انبار مرکزی خارج شده باشد، عدد صفر نشان داده می‌شود، یعنی موجودیتش در انبار مرکزی صفر است و داروی مورد نظر به داروخانه رفته است. علاوه بر آن رنگ قرمز در برخی از سلول‌های شکل ۲ به این مفهوم است که داروی مورد نظر در داروخانه به فروش رفته است.

ردیف	نوع دارو	کد ژنریک	شکل دارو	دوز دارو	موجودی اولیه	فروش دارو	موجودی فعلی	کد تگ رادیویی
۱	Acyclovir	00021	قرص	۲۲۵	۱۵۰	۱۱۵	۳۵	EC1090 EXP:2024.5 ۱
۲	Biperiden	00165	آمپول	۸	۱۵۰	۱۲۰	۳۰	EC1491 EXP:2023.2
۳	Celecoxib	01932	کپسول	۵۰۰	۱۵۰	۱۱۵	۳۵	EC1112 EXP:2023.12 ۱
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۴۵۸	Zinc oxide	01316	پماد	۵۰۰	۱۵۰	۱۱۸	۳۲	EC5458 EXP:2023.1

شکل ۲: ایجاد کد تگ رادیویی برای نصب روی دارو با استفاده از پایگاه داده دارویی موجود در انبار مرکزی دارو (داروهای تولید شده یا وارداتی)

با استفاده از شکل ۲، با ایجاد Q بارکد و کد رمزدار جهت استفاده از برچسب رادیویی و با چسباندن آن بر روی داروها می‌توان کار شناسایی و ردیابی دارو در زنجیره تأمین را انجام داد (مطابق شکل ۳). اطلاعات موجود روی برچسب رادیویی شامل کدرمزدار، تاریخ انقضا و موجودیت دارو در انبار مرکزی است. امتیاز وجود Q بارکد بر روی برچسب‌های رادیویی آن است که مشتری می‌تواند با اسکن آن توسط گوشی هوشمند خود به اصالت دارو از جهت تقلبی نبودن و تاریخ انقضای آن پی ببرد. این امر از طریق اتصال به وب سایت پشتیبانی صورت می‌گیرد. در این مدل از ۱۰۰ دارو به صورت آزمایشی استفاده شده است.

کد تگ رادیویی		
کد رمزدار	تاریخ انقضای دارو	موجودیت دارو
EC1090	EXP:2023	۱

شکل ۳: ایجاد بارکد رمزدار Q برای کد تگ رادیویی

جمع‌آوری اطلاعات و ایجاد پایگاه داده

پایگاه داده دارویی

جهت جمع‌آوری اطلاعات دارویی در این پژوهش تعدادی از داروخانه‌های فعال در سطح شهر تهران به روش تحقیق میدانی با استفاده از صفحات وب جمع‌آوری و اطلاعات مربوط به تأمین دارو (شامل تولید یا واردات دارو)، خرید و فروش دارو استخراج شدند. این اطلاعات تحت عنوان شکل ۲ در پایگاه داده وارد شدند. همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، این اطلاعات شامل نوع دارو، کد ژنریک[1]دارو، شکل دارو، دوز دارو، موجودی اولیه انبار مرکزی (داروهای تولید شده یا وارداتی)، فروش دارو و موجودی فعلی در انبار مرکزی است.

پایگاه داده داروخانه‌ها

در این پژوهش ۱۱۳۶ داروخانه تهران ۱۰۰ داروخانه از مناطق ۲۲ گانه شهر تهران به عنوان نمونه انتخاب شدند. اطلاعات مربوط به داروخانه‌ها شامل آدرس و کد داروخانه در شکل ۴ ارائه شده است.

ردیف	داروخانه	کد داروخانه
۱	خیابان آزادی مقابل سازمان تامین اجتماعی	(آزادی ۱۰۵۵)
۲	خیابان جمالزاده شمالی تقاطع خیابان فرصت شیرازی	(جمالزاده ۱۱۰۹)
۳	خیابان شریعتی با لاتر پل رومی خیابان	(فروزان۱۱۶۶)
.	.	.
.	.	.
۱۱۳۶	میدان آقا نور مشیریه سی متری صالحی	(نمازی پور۱۰۲۵)

شکل ۴: بخشی از داروخانه‌های طراحی شده در جدول پایگاه داده

پایگاه داده بیماران

در این پژوهش مشخصات ۲۰۰ بیمار فرضی مربوط به شهر تهران از قبیل نام و نام خانوادگی، کد بیمه هشت رقمی تصادفی، کد ملی تصادفی، آدرس و کد جغرافیایی بیماران مطابق شکل ۵ در پایگاه داده وارد شدند.

---

۱ کدی که براساس آن داروها مورد جست‌وجو قرار می‌گیرند.

ردیف	نام	کد بیمه	کد ملی	آدرس	سن	کد منطقه
۱	هوزاد پناهنده	۱۳۹۲۷۷۴۹	۰۰۱۴۰۵۹۸۶۸	خیابان آزادی خیابان خوش شمالی	۲۰	۱۰
۲	گردیه خولینی	۱۶۴۵۸۹۵۴	۰۰۸۹۴۱۴۴۴۳	خیابان فاطمی خیابان رهی معیری	۷۹	۱۱
۳	نوشید آشنا	۱۷۸۰۶۶۵۱	۰۰۳۷۹۹۸۲۵۰	قیطریه خیابان میرزا پور	۶۶	۱۲
۴	مهرزاد نوبختی	۲۱۶۱۳۲۲۵	۰۰۷۸۱۸۵۵۳۰	خیابان ولیعصر بالاتر از پارک وی	۴۶	۲
۵	آیوسا عقیلی	۱۶۹۹۳۰۲۸	۰۰۶۲۷۲۱۷۰۰	میدان قدس خیابان شهید باهنر	۴۲	۱
۳۰۰	آرتین نوری	۱۷۳۶۹۲۴۰	۰۰۲۵۹۸۷۵۹۲	خیابان خاوران ابتدای بلوار ابوذر	۵۵	۵۵

شکل ۵: بخشی از اطلاعات بیمارن فرضی طراحی شده در جدول پایگاه داده

پایگاه داده مراکز درمانی

در این پژوهش اطلاعات مربوط به ۳۰۰ مرکز درمانی موجود در مناطق ۲۲ دوگانه شهر تهران شامل آدرس و کد درمانگاه مطابق شکل ۶ در پایگاه داده وارد شدند. لازم به ذکر است که نام درمانگاه و آدرس درمانگاه‌ها واقعی هستند؛ ولی کد درمانگاه تصادفی است.

ردیف	نام مرکز درمانی	کد مرکز درمانی	آدرس
۱	شهیدنادیه خاوری	۸۴۴۵	خیابان آزادی خیابان خوش شمالی خیابان نیایش
۲	تخصصی دیابت	۸۹۰۷	کارگرشمالی کوچه شهریور غربی چهارراه هیات مرکز دیابت ایران
۳	شبانه روزی پایتخت	۳۵۴۹	خیابان شریعتی بعداز پل صدر نرسیده به پل رومی ایستگاه سهیل
۳۰۰	شبانه روزی رازی	۹۰۱۹	مسعودیه خیابان خراسانی پ ۱۳۱

شکل ۶: بخشی از مراکز درمانی نزدیک به محل سکونت بیماران فرضی طراحی شده در پایگاه داده

پایگاه داده پزشکان

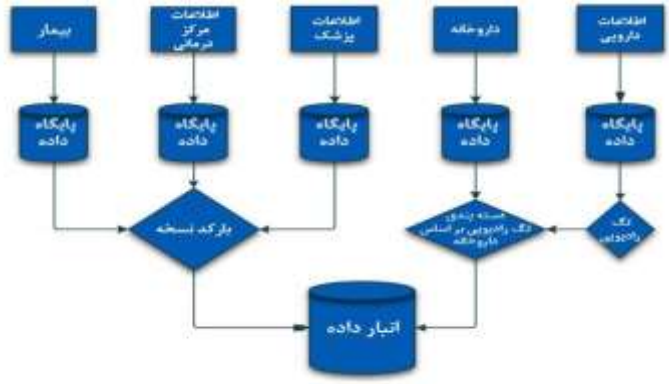
در این پژوهش اطلاعات مربوط به پزشکانی که در مراکز درمانی جدول ۶ مشغول خدمت بودند، در شکل ۷ ارائه شدند. این اطلاعات شامل نام پزشک، کد نظام پزشکی، کد محل خدمت (مرکز درمانی) و آدرس محل خدمت پزشک (آدرس مرکز درمانی) است.

ردیف	نام پزشک	کد نظام پزشکی	کد محل خدمت	آدرس محل خدمت
۱	دکتر هوزاد پناهنده	۳۱۹۴۳	۸۴۴۵	خیابان آزادی خیابان خوش شمالی خیابان نیایش
۲	دکتر فرید سرشار	۲۸۸۹۱	۸۹۰۷	کارگرشمالی کوچه شهریور غربی چهارراه هیات مرکز دیابت ایران
۲	دکتر ویدا آهنگری	۶۵۴۵۷	۳۵۴۹	خیابان شریعتی بعداز پل صدر نرسیده به پل رومی ایستگاه سهیل
۳۰۰	دکتر پریسا سحابی	۶۷۱۱۰	۹۰۱۹	مسعودیه ۲۰متری ابومسلم خراسانی پ ۱۳۱

شکل ۷: بخشی از پایگاه داده پزشکان مشغول به کار در مراکز درمانی منتخب در پژوهش طراحی شده

انبار داده

انبار داده یک مخزن داده مرکزی از داده‌های تجمیع شده است که از سیستم‌ها و منابع مختلف سازمان جمع‌آوری می‌شود که هدف اصلی آن پوشش گزارش‌گیری و نیازهای تحلیلی یک سازمان است. در شکل ۸ فلوچارت انبار داده مربوط به نحوه ارتباط پایگاه داده‌های ایجاد شده در پژوهش حاضر ارائه شده است.



شکل ۸: فلوچارت انبار داده مربوط به پایگاه داده‌های مورد استفاده در این پژوهش

همانطور که در شکل ۸ ملاحظه می‌شود، اطلاعات مربوط به تگ رادیویی بر اساس پایگاه داده دارویی موجود در شکل ۸ به صورت دسته بندی شده براساس داروخانه ها در انبار داده ثبت شده است. همچنین اطلاعات مربوط به بارکد نسخه الکترونیکی ایجاد شده بر اساس پایگاه داده‌های پزشک، بیمار و مراکز درمانی در انبار داده ثبت شده است.

ایجاد کد نسخه الکترونیکی

برای ایجاد کد نسخه الکترونیکی (شکل ۹) از سه جدول پایگاه داده بیماران، پزشکان و درمانگاه ها استفاده شد. هدف این بخش از پژوهش، ایجاد یک کد اختصاصی برای بیماران بود، تا بوسیله آن و بر اساس کد بیمه بیمار و کد نظام پزشکی پزشک معالج و کد مرکز درمانگاه یک نسخه الکترونیکی ایجاد شود. وجود نسخه الکترونیکی علاوه بر شناسایی بیمار و سهولت کار داروخانه در ارائه دارو به بیمار، در جلوگیری از فروش داروی تقلبی نیز می تواند موثر واقع شود. همچنین از احتکار دارو نیز جلوگیری می شود.

	مشخصات مرکز درمانی		مشخصات پزشک		مشخصات بیمار		
ردیف	نام درمانگاه	کد درمانگاه	نام پزشک	کد نظام پزشکی	نام بیمار	کد بیمه	کد نسخه الکترونیکی
۱	شهیدناده خاوری	۸۴۴۵	دکتر هوراز پناهنده	۳۱۹۴۳	هومن جوهری	۱۲۹۲۷۷۴۹	۸۴۴۵۳۱۹۴۳۷۷۴۹
۲	تخصصی دیابت	۸۹۰۷	دکتر فرید سرشار	۳۸۸۹۱	گردیه خولیایی	۱۶۴۵۸۹۵۴	۵۶۹۶۸۶۰۹۷۸۹۵۴
۳	شبانه روزی پایتخت	۲۵۴۹	دکتر ویدا آهنگری	۶۵۴۵۷	بوشید آشنا	۱۷۸۰۶۶۵۱	۳۹۲۷۱۴۴۵۷۶۶۵۱
۳۰۰	شبانه روزی رازی		دکتر پریسا سحابی	۶۷۱۱۰	آرتین نوری	۱۷۳۶۹۲۴۰	۸۸۱۴۶۷۱۱۰۹۲۴۰

شکل ۹: پایگاه داده جهت ایجاد کد نسخه الکترونیکی بیمار

سپس با استفاده از کد نسخه الکترونیکی، بارکد الکترونیکی (شکل ۱۰) تعریف شد. این بارکد که به صورت برچسب توسط مرکز درمانی مراجعه شده صادر می‌شود، بر روی نسخه کاغذی بیمار نصب شد. از این بارکد در چرخه زنجیره تأمین دارویی به منظور جلوگیری از فروش داروهای بدون نسخه استفاده شد.

شکل ۱۰: نسخه الکترونیک بیمار و بارکد مربوطه حاصل از شکل ۹

داده‌کاوی پایگاه داده مراکز درمانی

دستیابی به نزدیک‌ترین مرکز درمانی با استفاده از الگوریتم خوشه‌بندی

الگوریتم خوشه‌بندی یک الگوریتم داده‌کاوی است که برای گروه‌بندی داده‌ها بر اساس شباهت‌هایی که میان اعضای یک خوشه (یا گروه) وجود دارد، به کار می‌روند. این الگوریتم‌ها معمولا به دنبال ایجاد گروه‌های همگن (مشابه) در داده‌ها هستند. از آنجائیکه داده‌های مربوط به مراکز درمانی مورد استفاده در این پژوهش، از نوع داده‌های مکانی بدون نظارت هستند؛ لذا استفاده از الگوریتم‌های خوشه‌بندی برای پیش‌بینی نزدیک‌ترین مرکز درمانی به بیمار در این داده‌ها می‌توانند مؤثر واقع شوند، بطوریکه این الگوریتم‌ها این امکان را فراهم می‌سازند که مناطق مختلف یک شهر را بر اساس ویژگی‌های مکانی مشترک (مثل فاصله مراکز درمانی) تقسیم‌بندی کرد. بعد از خوشه‌بندی، با توجه به محل بیمار، نزدیک‌ترین مرکز درمانی به او به سادگی قابل شناسایی است.

در این پژوهش، برای خوشه‌بندی داده‌های مراکز درمانی از الگوریتم‌های خوشه‌بندی K-means ، X-means ، K-means K-means fast و H2O استفاده شد. به این ترتیب که ابتدا فواصل بین مراکز درمانی با بیمار فرضی با استفاده از گوگل مپ استخراج و سپس این فواصل به ده بخش تقسیم‌بندی شده و به آن‌ها کد عددی ۰ تا ۹ اختصاص داده شد. داده‌های مکانی به داده‌های عددی قابل استفاده جهت داده‌کاوی در نرم افزار رپیدماینر تبدیل شدند. اساس دسته‌بندی این بود که مراکز درمانی نزدیک به بیمار فرضی در یک خوشه قرار بگیرند. سپس با استفاده از شاخص دیویس- بولدین (DBI)[1] تعداد k خوشه مورد نیاز برای خوشه‌بندی محاسبه و در ادامه با استفاده از شاخص سیلوئت[2] دقت خوشه‌بندی ارزیابی شد.

الگوریتم‌های خوشه‌بندی مورد استفاده در این پژوهش

۱- الگوریتم K-Means: الگوریتم K-Means که عموما از فاصله اقلیدسی به عنوان شاخصی برای اندازه‌گیری شباهت بین اشیاء استفاده می‌کند، اولین بار توسط مک کوئین[3] در سال ۱۹۶۷ مورد استفاده قرار گرفت. شباهت با فاصله اقلیدسی بین اجسام نسبت معکوس دارد. هر چه شباهت بین اجسام بیشتر باشد، فاصله کمتر می‌شود. در این الگوریتم باید از قبل تعداد خوشه اولیه k و مراکز خوشه اولیه مشخص شود و به طور مداوم مکان مراکز خوشه باید بر اساس

1 Davis-Boldian
2 Silouet
3 MacQueen

شباهت بین داده و مراکز خوشه به روز شود. وقتی تابع هدف آن همگرا شد، خوشه‌بندی به پایان می‌رسد و نتیجه نهایی به دست می‌آید (جی و همکاران[1] ۲۰۲۰)

۲- الگوریتم K-Means-Fast: این الگوریتم یک نسخه شتاب یافته از الگوریتم K-Means است که در آن با استفاده از نابرابری سه گوش از بسیاری از محاسبات غیرضروری فاصله اجتناب می‌شود. الگوریتم K-Means-Fast برای مقادیر بزرگتر k مناسب است. همچنین این الگوریتم برای مجموعه داده‌های با تعداد ویژگی‌های زیاد مناسب است، اما استفاده از آن به حافظه بیشتری نیاز دارد (العنزی و همکاران[2] ۲۰۱۶).

۳- الگوریتم K-Means-H2O: این الگوریتم، یک الگوریتم بهینه‌سازی الهام گرفته از طبیعت است که بر اساس رفتار شکار هریس هاکس عمل می‌کند. این الگوریتم استراتژی شکار مشارکتی هریس هاکس را شبیه‌سازی می‌کند که از سه مرحله تشکیل شده است. این مراحل عبارتند از: مراحل اکتشاف، بهره‌برداری و احاطه کردن طعمه. در طول مرحله اکتشاف، الگوریتم مجموعه‌ای تصادفی از راه‌حل‌ها را که به نام هاک نیز شناخته می‌شوند، مقداردهی اولیه می‌کند و پس از هر تکرار، موقعیت آن‌ها را به‌روزرسانی می‌کند. این مرحله به الگوریتم H2O اجازه می‌دهد تا یک جست‌وجوی سراسری برای راه‌حل بهینه انجام دهد. در مرحله بهره‌برداری، هاکس‌ها با به‌روزرسانی موقعیت خود به سمت بهترین راه‌حل یافت شده در مرحله اکتشاف، طعمه را محاصره می‌کنند. این مرحله بر پالایش فضای جست‌وجو و همگرایی به راه‌حل بهینه تمرکز دارد. در نهایت، مرحله احاطه شامل همگرایی هاکس بر روی طعمه است که این کار را از طریق به‌روزرسانی موقعیت‌های آن‌ها با استفاده از ترکیبی مکانیسم‌های کوچک شدن محاصره و به‌روزرسانی مارپیچی انجام می‌دهد. مکانیسم کوچک شدن محاصره به تدریج فضای جست‌وجو را محدود می‌کند، در حالی که مکانیسم به‌روزرسانی مارپیچی تضمین می‌کند که الگوریتم به راه‌حل بهینه همگرا شود (آمبیش و همکاران[3] ۲۰۲۳)

۴- الگوریتم X-Means: یک الگوریتم بهبود یافته بر اساس K-Means است. از آن برای حل مشکل اصلی خوشه‌بندی K-Means استفاده می‌شود که نیاز به دانش قبلی در مورد تعداد خوشه‌ها دارد. در این روش تعداد خوشه‌های k به صورت بدون نظارت، بر اساس خود مجموعه داده‌ها و با استفاده از k_{max} و k_{min} به ترتیب به عنوان حد بالا و پایین برای مقادیر ممکن X تخمین زده می‌شود. در مرحله اول گروه‌بندی X-Means، این الگوریتم یک خوشه‌بندی که در آن $x = k_{min}$ را انجام می‌دهد. در مرحله بعد، هر خوشه به عنوان یک دسته والد اولیه در نظر گرفته می‌شود و بر روی هر دسته والد محاسبه ای انجام می‌شود که شاخص BIC را قبل و بعد از طبقه‌بندی محاسبه می‌کند و با مقایسه آن‌ها تصمیم می‌گیرد که آیا کلاس والد را به دو گروه تقسیم کند یا خیر. شاخص BIC، که به تعیین بهترین نمایش برای داده‌های نمونه کمک می‌کند، به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$BIC(\phi) = \hat{l}_{\phi}(D) - \frac{P_{\phi}}{2} \cdot \log R \qquad (۱)$$

که در آن ϕ مدل را نشان می‌دهد و $\hat{l}_{\phi}(D)$ لگاریتم احتمال داده‌ها مطابق مدل ϕ است که در نقطه حداکثر احتمال گرفته می‌شود. P_{ϕ} تعداد پارامترهای مدل ϕ است. به عنوان مثال، اگر $BIC(\varphi_2) > BIC(\varphi_1)$ مدل ϕ_2 بهتر از مدل ϕ_1 است. به این ترتیب، خوشه‌ها توزیع دقیق نمونه‌ها را ارائه می‌دهند. در نتیجه الگوریتم یا نقطه مرکزی را جایگزین نسل والد می‌کند یا آن را حفظ می‌کند. سپس، ساختار طبق هر انتخاب به طور مداوم به روز می‌شود تا زمانی که تعداد تخمینی خوشه‌ها به x_{max} برسد یا به بهترین ساختار همگرا شود (فنگ و همکاران[4] ۲۰۲۲).

---

1 Jie et al
2 Al-Anazi et al
3 Ambikesh et al
4 Feng et al

اعتبارسنجی الگوریتم‌های خوشه‌بندی

در این پژوهش برای اعتبارسنجی خوشه‌بندی از دو شاخص دیویس- بولدین و سیلوئت استفاده شد.

شاخص دیویس- بولیدن: شاخص DBI یکی از روش‌های مورد استفاده برای اندازه‌گیری اعتبار خوشه‌بندی است. روش ارزیابی خوشه‌بندی با شاخص DBI به این صورت است که فاصله بین خوشه‌ای را به حداکثر می‌رساند و درعین حال سعی می‌کند فاصله بین نقاط یک خوشه را به حداقل برساند. اگر بین خوشه‌ها فاصله حداکثری وجود داشته باشد، به این معنی است که ویژگی‌های هر خوشه کوچک است، بطوریکه تفاوت بین خوشه‌ها آشکارتر است؛ اما وجود حداقل فاصله درون خوشه‌ای به این معنی است که هر شی در خوشه دارای سطح بالایی از شباهت مشخص است (وانی و همکاران[1] ۲۰۱۷)

شاخص DBI از معیار شباهت بین دو خوشه(R_{ij}) استفاده می‌کند که بر اساس پراکندگی یک خوشه(s_i) و عدم شباهت بین دو خوشه(d_{ij}) تعریف می‌شود. شباهت بین دو خوشه را می‌توان به صورت‌های مختلفی تعریف کرد؛ ولی بایستی شرایط زیر را دارا باشد:

- ✓ $R_{ij} \geq 0$
- ✓ $R_{ij} = R_{ij}$
- ✓ اگر s_j و s_i هر دو برابر صفر باشند آنگاه R_{ij} نیز برابر صفر باشد.
- ✓ اگر $s_k < s_j$ و $d_{ik} = d_{ij}$ آنگاه $R_{ij} > R_{ik}$
- ✓ اگر $s_k = s_j$ و $d_{ik} > d_{ij}$ آنگاه $R_{ij} > R_{ik}$

معمولا شباهت بین دو خوشه به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$R_{ij} = \frac{s_i + s_j}{d_{ij}} \qquad (۲)$$

که در آن d_{ij} و s_i بر اساس فرمول‌های زیر محاسبه می شوند:

(۳)

$$d_{ij} = d(v_i, v_j)$$

(۴)

$$s_i = \frac{1}{|c_i|} \Sigma_{n \in c_i} d(x, v_i)$$

به این ترتیب شاخص بولدین به صورت زیر تعریف می‌شود:

(۵)

$$D^B = \frac{1}{nc} \sum_{i=1}^{nc} R_i$$

که در آن R_i به صورت زیر محاسبه می‌شود:

(۶)

[1] Wani et al

$$R_i = max(R_{ij}), i = 1 \dots n_c$$

این شاخص درواقع میانگین شباهت بین هر خوشه با شبیه ترین خوشه به آن را محاسبه می کند. می توان دریافت که هرچه مقدار این شاخص کمتر باشد، خوشه‌های بهتری تولید شده است.

شاخص سیلوئت[1]:

ضریب سیلوئت با در نظر گرفتن میانگین فاصله درون خوشه ای a و میانگین فاصله نزدیک‌ترین خوشه b برای هر نقطه داده محاسبه می شود. معادله ریاضی این ضریب برای یک نمونه عبارت است از:

(۷)

$$(b - a)/\max(a, b)$$

دامنه این شاخص از ۱- تا ۱+ است. شاخص سیلوئت با مقدار نزدیک ۱+ به این معنی است که نقطه داده در خوشه صحیح قرار دارد؛ اما مقدار این شاخص با مقدار نزدیک به ۰ به این معنی است که نقطه داده ممکن است به خوشه دیگری تعلق داشته باشد و مقدار آن با مقدار نزدیک به ۱- به این معنی است که نقطه داده در خوشه اشتباه است (شاهپور و نیکلاس[2] ۲۰۲۰)

شبیه‌سازی زنجیره تأمین دارو با استفاده از نرم‌افزار ویژوال بیسیک

برای این منظور از سه پایگاه داده نسخه الکترونیکی بیماران (شکل ۱۱)، موجودی دارو در داروخانه‌ها (شکل ۱۲) و مسافت داروخانه‌ها نسبت به هم (شکل ۱۳) استفاده شد که بین این سه پایگاه داده در محیط VB ارتباط منطقی برقرار شد.

در شکل ۱۱ نسخه الکترونیکی بیماران مناطق مختلف شهر تهران که هر رنگ مربوط به یک بیمار است، نشان داده شده است. به عنوان مثال نسخه بیمار مربوط به منطقه بنفش دارای دو نوع دارو است که از هر کدام ۳ عدد توسط پزشک تجویز شده است.

شماره دارو	کد ژنریک دارو	کد نسخه الکترونیکی بیماران مناطق مختلف			
		تعداد داروهای تجویز شده			
		۸۴۴۵۳۱۹۴۳۷۷۴۹	۵۶۹۶۸۶۰۹۷۸۹۵۴	۳۹۲۷۱۲۴۵۷۶۶۵۱	...	۸۸۱۴۶۷۱۱۰۹۲۴۰
۱	00007	۳	۴	۰	.	۳
۳	00198	۳	۰	۰	.	۰
۵	00499	۰	۰	۱	.	۰
۹	00658	۰	۳	۰	.	۰
۱۲	00817	۰	۰	۰	.	۱
۱۳	00922	۰	۰	۴	.	۳
۱۸	01275	۰	۰	۰	.	۴
۲۰	04770	۰	۰	۵	.	۰

شکل ۱۱: بخشی از جدول داروهای تجویز شده براساس نسخه الکترونیکی بیماران مناطق مختلف ۲۲ گانه شهر تهران

---

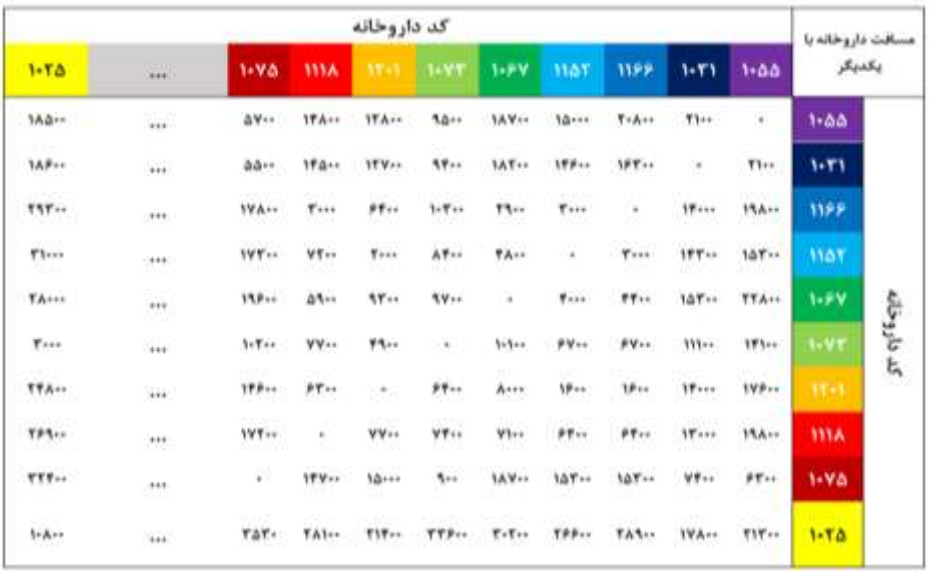
[1] Silhouette

[2] Shahapure & Nicholas

شکل ۱۲ موجودی فعلی داروخانه‌ها را نشان می‌دهد که بر اساس آن بیمار می‌تواند از یکی از داروخانه‌های نزدیک نسخه خود را تهیه کند. در این جدول هر رنگ بیانگر یک داروخانه در یکی از مناطق ۲۲ گانه شهر تهران است که در آن موجودی دارو و میزان فروش داروهای مختلف نشان داده شده است.

شکل ۱۲: موجودی دارو در داروخانه‌ها

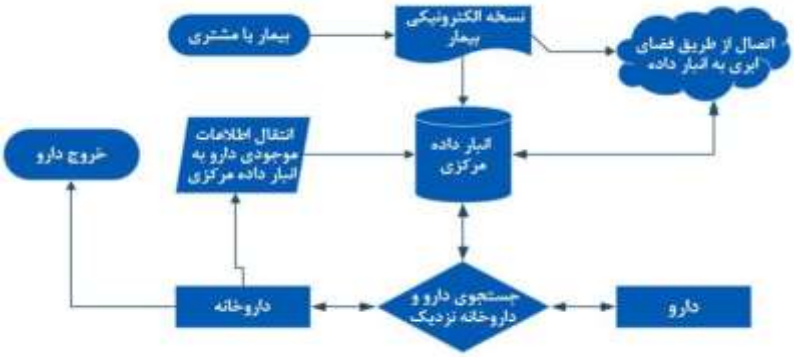
شکل ۱۳ که موقعیت مکانی داروخانه‌ها را نسبت به یکدیگر نشان می‌دهد، اندازه مسافت هر داروخانه بر اساس لوکیشن گوگل مپ محاسبه شده و در جدول درج شده است. این جدول دو ستون افقی و عمودی دارد که به ترتیب کد داروخانه و آدرس داروخانه در آن نشان داده شده است. بر اساس این جدول در صورت موجود نبودن کل داروها یا یکی از داروهای بیمار در داروخانه نزدیک به محل سکونت بیمار، ابتدا موجودی داروخانه‌ها و بعد نزدیک‌ترین داروخانه به محل بیمار پیشنهاد می‌شود.



شکل ۱۳: موقعیت مکانی داروخانه‌ها نسبت به یکدیگر

الف. جست‌وجوی دارو و داروخانه نزدیک توسط مشتری

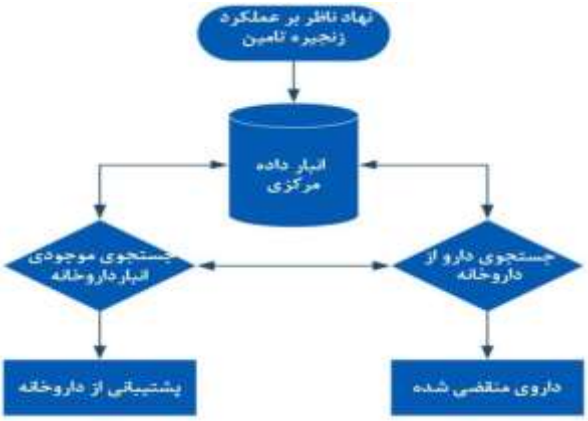
مشتری براساس شکل شماتیک ۱۴ از طریق نرم‌افزار ویژوال بیسیک قادر است با توجه به نسخه الکترونیکی بیمار داورهای مورد نظر خود را پیدا کرده و از طریق پایگاه داده موجود در انبار داده به داروخانه نزدیک دسترسی یابد. علاوه بر آن پس از خروج دارو از داروخانه اطلاعات موجودی دارو در انبار داده مرکزی ثبت می‌شود.



شکل ۱۴: نمودار جست‌وجوی دارو و داروخانه نزدیک توسط مشتری

ب.کنترل عملکرد زنجیره تأمین دارویی توسط نهاد ناظر

نهاد ناظر براساس شکل شماتیک ۱۵ از طریق نرم‌افزار ویژوال بیسیک قادر است داورهای تاریخ مصرف گذشته را شناسایی کرده و از چرخه زنجیره تأمین خارج کند. علاوه بر آن با دسترسی به انبار داده مرکزی و از طریق پردازش اطلاعات توسط نرم‌افزار مذکور قادر است موجودی داروخانه را مشخص کرده تا درصورت اتمام موجودی به تأمین داروهای مورد نیاز داروخانه اقدام کند و به این ترتیب عملیات پشتیبانی از داروخانه را نیز انجام دهد.



شکل ۱۵: نمودار شماتیک کنترل دارو توسط نهاد ناظر

تجزیه‌وتحلیل یافته‌ها

استفاده از تگ رادیویی

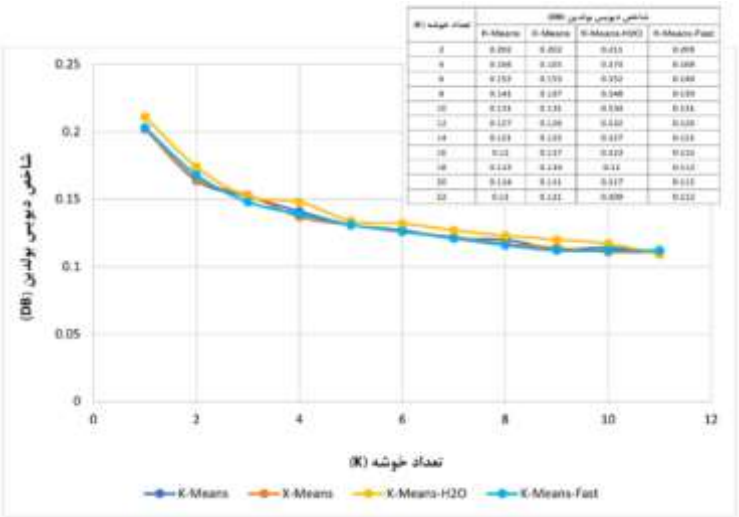
با استفاده از تگ رادیویی، هر یک از داروهای مورد نظر شناسنامه دار شدند. به این ترتیب که اطلاعات مربوط به دارو شامل کد رمزدار و تاریخ انقضای دارو بر روی یک تگ رادیویی ثبت و سپس روی دارو نصب شد. این امر سبب شد تا با ردیابی دارو در مسیر چرخه تأمین دارویی، ضمن جلوگیری از ورود داروهای تقلبی به این چرخه و با بررسی موجودی انبار داده مرکزی از طریق کد رمزدار از احتکار دارو جلوگیری شود. علاوه بر این داروهای تاریخ مصرف گذشته نیز قابل شناسایی بوده و از چرخه فروش خارج شدند.

کد نسخه الکترونیکی

در این پژوهش با مراجعه هر بیمار به نزدیک‌ترین مرکز درمانی پس از تجویز پزشک بیمار یک نسخه کد الکترونیکی بارکد دار که شامل کد بیمار و کد نظام پزشکی پزشک بیمار و کد مرکز درمانی برای بیمار ایجاد شد که به وسیله آن نسخه بیمار بتواند از نزدیک‌ترین داروخانه داروهای تجویز شده در نسخه الکترونیکی داروهای اصلی را دریافت کند.

مدل‌سازی برای یافتن نزدیک‌ترین مرکز درمانی به بیمار

در این پژوهش برای یافتن نزدیک‌ترین مرکز درمانی به بیمار فرضی از طریق خوشه‌بندی با چهار مدل الگوریتم (K-Means، X-Means، K-Means-H2O، K-Means-Fast) مدل‌سازی انجام شد. سپس مدل‌سازی حاصل از خوشه‌بندی با تعداد خوشه‌های مختلف با استفاده از شاخص دیویس- بولدین (DBI) مورد ارزیابی قرار گرفت. در ادامه با استفاده از شاخص سیلوئت مناسبترین الگوریتم جهت خوشه‌بندی داده‌های مربوط به مراکز درمانی شناسایی شد. شکل ۱۶ نمودار ارزیابی الگوریتم‌های (K-Means، X-Means، K-Means-H2O، K-Means-Fast) و تعداد خوشه با استفاده از شاخص دیویس- بولدین را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل ملاحظه می‌شود، نمودارهای مربوط به هر الگوریتم تقریبا برهم منطبق شده است. این موضوع بیانگر این است که الگوریتم‌های K-Means، X-Means، K-Means-H2O، K-Means-Fast در این خوشه بندی عملکرد مشابهی داشته‌اند، بطوریکه با افزایش تعداد خوشه (K) شاخص DB در هر ۴ الگوریتم مذکور کاهش یافته است؛ اما بعد از عدد (K) ۱۸ شکل نمودار ثابت شده است. این موضوع بیانگر این است که تعداد k مناسب برای خوشه‌بندی با الگوریتم‌های مذکور می‌تواند ۱۸ باشد (العنزی و همکاران، ۲۰۱۶).



شکل ۱۶: نمودار ارزیابی الگوریتم‌های (K-Means، X-Means، K-Means-H2O، K-Means-Fast) و تعداد خوشه با استفاده از شاخص دیویس بولدین

جدول ۲ مقایسه الگوریتم‌های (K-Means، X-Means، K-Means-H2O، K-Means-Fast) به منظور شناسایی کیفیت خوشه‌بندی با استفاده از شاخص سیلوئت را نشان می‌دهد. این جدول نشان می دهد که الگوریتم K-Means-H2O با شاخص سیلوئت ۰,۶۷ بالاترین کیفیت خوشه‌بندی را برای داده‌های مراکز درمانی نزدیک به بیمار فرضی داشته است. شاخص سیلوئت برای الگوریتم‌های K-Means، X-Means و K-Means-Fast به ترتیب ۰,۶۴، ۰,۶۱ و ۰,۵۹ بوده است. این جدول نشان می دهد که کیفیت خوشه‌بندی با الگوریتم‌های مورد استفاده در این پژوهش تقریبا مشابه یکدیگر است.

با این حال دقت خوشه‌بندی با استفاده از الگوریتم K-Means-H2O با اختلاف کمی از الگوریتم‌های دیگر بهتر است. بر این اساس برای خوشه‌بندی داده‌های مربوط به مراکز درمانی در این پژوهش از الگوریتم K-Means-H2O استفاده شده است (آمبیش و همکاران، ۲۰۲۳).

جدول ۲: جدول مقایسه کیفیت خوشه‌بندی با الگوریتم‌های K-Means, X-Means, K-Means-Fast, K-Means-H2O با استفاده از شاخص سیلوئت

نوع الگوریتم	تعداد خوشه(K)	شاخص سیلوئت
K-Means	۱۸	۰.۶۴
X-Means	۱۸	۰.۶۱
K-Means- Fast	۱۸	۰.۵۹
K-Means-H۲O	۱۸	۰.۶۷

شبیه‌سازی در محیط ویژوال بیسیک

خروجی حاصل از پایگاه داده‌های نسخه الکترونیکی بیمار، موجودی دارو در داروخانه و مسافت داروخانه‌ها وارد نرم‌افزار ویژوال بیسیک شد و با شبیه‌سازی توسط این نرم‌افزار، کنترل پنل دسترسی به اطلاعات مورد نیاز در سیستم زنجیره تأمین دارویی ایجاد شد. در پنجره مورد نظر دو تب جست‌وجو ایجاد شد که عبارت بودند از: تب جست‌وجوی داروخانه و تب جست‌وجوی دارو.

الف-تب جست‌وجوی داروخانه. در تب جست‌وجوی داروخانه، فیلدی به نام کمبو باکس جست‌وجو تعبیه شد که پس از وارد کردن کد نسخه الکترونیکی بیمار در آن، اطلاعات بیمار شامل آدرس و لیست داروهای درخواستی بیمار بر اساس نسخه الکترونیکی بیمار در سمت راست پنجره نمایش داده می‌شود (شکل ۱۷).

شکل ۱۷: پنجره نشانگر جست‌وجوی داروخانه (لیست داروها براساس نسخه الکترونیکی بیمار)

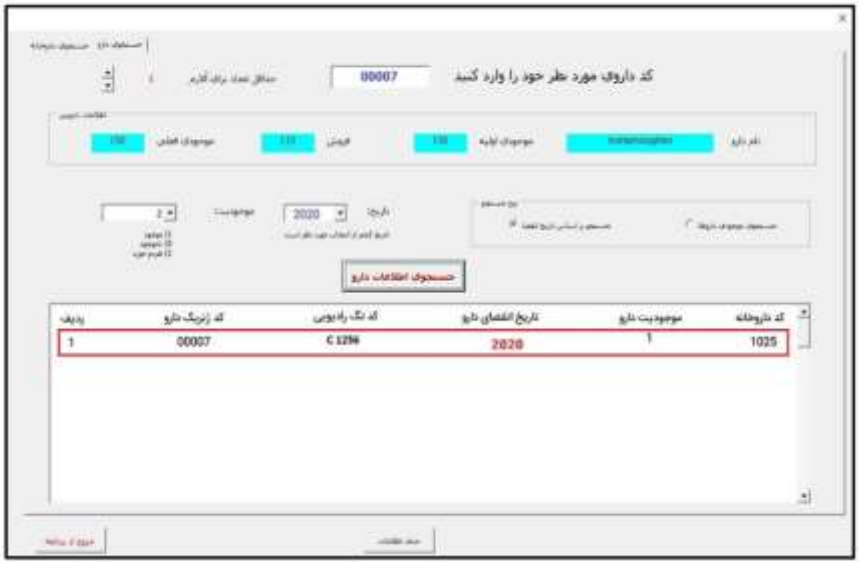
در کمبو باکس انتخاب داروخانه که تعدادی از داروخانه‌های نزدیک به بیمار نمایش داده می‌شود، بیمار یا مشتری می‌تواند نسبت به موقعیت مکانی خود یکی از داروخانه‌های نزدیک به خود را انتخاب کند که در باکس روبروی آن کد داروخانه نشان داده می‌شود. در ادامه با فشار دادن کلید وضعیت موجودی دارو، لیست موجودی دارو در داروخانه‌ها در باکس زیر آن نمایش داده می‌شود.

ب- تب جست‌وجوی دارو. این تب شامل دو بخش است یکی مربوط به جست‌وجوی دارو و موجودی دارو در داروخانه و دیگری مربوط به شناسایی داروهای تاریخ مصرف گذشته است.
برای جست‌وجوی موجودی دارو در داروخانه‌ها با وارد کردن کد ژنریک دارو در کمبوباکس مربوطه در شکل ۱۸، لیستی از داروخانه‌هایی که داروی مورد نظر را دارند، نمایش داده می‌شود. این گزینه با دسترسی به موجودی انبار داروخانه‌ها قادر است اطلاعات مربوط به میزان مصرف و فروش انواع داروها را در اختیار نهاد ناظر قرار دهد تا در صورت کاهش دارو از یک حد معینی که در سیستم تعریف شده است، از طریق سیستم زنجیره تأمین دارو، کمبود دارو در داروخانه را مرتفع می‌سازد. علاوه بر آن امکان پیش‌بینی میزان مصرف و فروش دارو در داروخانه ها فراهم می‌شود. این کار با تعیین حداقل تعداد دارو برای آلارم که در قسمت بالا و سمت چپ پنجره شکل ۱۹ قرار دارد، انجام می‌شود. به این ترتیب موجودی داروخانه‌ها بر اساس کد ژنریک دارو شناسایی شده و نتیجه این امر جلوگیری از احتکار دارو به خصوص داروهای کمیاب و نایاب است.

شکل ۱۸: پنجره نشانگر جست‌وجوی دارو (موجودی دارو در داروخانه‌ها)

برای شناسایی داروهای تاریخ مصرف گذشته مطابق شکل ۱۹، کد ژنریک داروی مورد نظر در کمبوباکس مربوطه وارد شده و در فیلد نوع جست‌وجو، گزینه جست‌وجو براساس تاریخ انقضا انتخاب می‌شود. در مدل ارائه شده در این پژوهش کم‌ترین تاریخ ۲۰۱۹ و بزرگ‌ترین تاریخ ۲۰۲۴ درنظر گرفته شده است و این تاریخ در بارکد رادیویی دارو ثبت شده است. در فیلد تاریخ، تاریخ انقضای مورد نظر درج شده و براساس آن جست‌وجو انجام می‌شود. در لیست

ارائه شده توسط نرم‌افزار در قسمت پایین پنجره شکل ۱۹ تمامی داروهای تاریخ مصرف گذشته موجود مشخص شده و از چرخه فروش خارج شوند.



شکل ۱۹: پنجره نشانگر جست‌وجوی دارو (جست‌وجو براساس تاریخ انقضای دارو)

نتیجه‌گیری

یکی از مسائل مهم مطرح در حوزه سلامت، موجود بودن دارو و خروج داروهای تقلبی و تاریخ مصرف گذشته از چرخه زنجیره تأمین دارویی است. برای این منظور می‌توان از تگ رادیویی استفاده کرد. با استفاده از تگ رادیویی ضمن ردیابی دارو در مسیر چرخه زنجیره تأمین از تولیدکننده تا مصرف‌کننده دارو، شرایطی فراهم می شود که از ورود داروهای تقلبی به چرخه زنجیره تأمین دارویی جلوگیری شود و به این ترتیب امنیت زنجیره تأمین برقرار شود. در این پژوهش تلاش شد تا ابتدا پایگاه داده‌های مربوط به دارو، داروخانه، مرکز درمانی، پزشک و بیمار براساس تحقیق میدانی و داده‌های موجود در اینترنت در انبار داده مرکزی ایجاد شود. سپس با استفاده از رپیدماینر و با بکارگیری الگوریتم‌های K-Means، K-Means-Fast، K-Means-H2O و X-Means خوشه‌بندی داده‌های مربوط به مراکز درمانی، بر اساس نزدیک‌ترین مراکز درمانی نسبت به بیمار فرضی صورت گرفت. در ادامه با کمک کد نسخه الکترونیکی صادره از مرکز درمانی برای بیمار فرضی، امکان نظارت نهاد ناظر بر فروش دارو توسط داروخانه و جلوگیری از احتکار دارو فراهم شد. در انتها با مدل‌سازی به کمک نرم‌افزار ویژوال بیسیک امکان جست‌وجوی داروی مورد نیاز و یافتن نزدیک‌ترین داروخانه به بیمار جهت خرید دارو فراهم شد. نتایج نشان داد که بر اساس شاخص دیویس بولدین خوشه‌بندی با تعداد خوشه K=۱۸ توانسته است خوشه‌بندی مناسبی را انجام دهد. از سوی دیگر استفاده از الگوریتم K-Means-H2O منجر به بهترین خوشه‌بندی شده است، بطوریکه شاخص سیلوئت با استفاده از این الگوریتم بیشتر از بقیه بوده (۰،۶۷) که این امر بیانگر دقت بالای خوشه‌بندی با این الگوریتم است. در این پژوهش با استفاده از مدل‌سازی در نرم‌افزار ویژوال بیسیک بستری را برای بیمار فراهم شد که با جست‌وجو داروی مورد نظر و داروخانه نزدیک به مرکز درمانی مربوطه ضمن صرفه‌جویی در وقت مشتری سبب دسترسی آسان وی به دارو شود. علاوه بر آن با استفاده از این مدل شناسایی داروهای تاریخ مصرف گذشته در مرکز پخش یا در داروخانه‌ها فراهم شد. همچنین موجودی انبار داروخانه‌ها را نیز رصد شده که

این امر منجر به جلوگیری از احتکار دارو می‌شود. علاوه بر آن با پیش‌بینی میزان فروش دارو به وسیله چرخه زنجیره تأمین دارویی از کمبود دارو در بازار جلوگیری می‌شود.

منابع

حاجی بابایی، مریم و بهنامیان، جواد. (۲۰۲۱). برنامه‌ریزی تصادفی دومرحله‌ای برای طراحی شبکه زنجیره تأمین دارویی بهنگام: مدل‌سازی و الگوریتم حل. چشم‌انداز مدیریت صنعتی، ۱۱(۴)، ۱۶۵-۱۳۷.

کیوان‌پور، محمدرضا؛ حسن‌زاده، فرانک و مرادی، محمد. (۱۳۹۷). مباحث پیشرفته در داده‌کاوی. انتشارات دانشگاهی کیان.

وکیلی، پریزاد؛ حسینی مطلق، سیدمهدی؛ غلامیان، محمدرضا و جوکار، عباس. (۱۳۹۶). ارائه مدل ریاضی مسیریابی موجودی چند محصوله برای اقلام دارویی در زنجیره تامین سرد و روش حل ابتکاری مبتنی بر جست وجوی همسایگی انطباقی. مدیریت صنعتی، ۹(۴)، ۴۰۷-۳۸۳.

Ahmadi V, Benjelloun S, El Kik M, Sharma T, Chi H, & Zhou W. (2020). Drug Governance: IoT-based Blockchain Implementation in the Pharmaceutical Supply Chain. Sixth International Conference on Mobile And Secure Services (MobiSecServ), 1–8.

Al-Anazi S, Almahmoud H, & Al-Turaiki I. (2016). Finding Similar Documents Using Different Clustering Techniques. Procedia Comput Sci., 82(March), 28–34. anomaly detection. PLoS ONE, Vol. 17.

Ambikesh G, Rao SS, & Chandrasekaran K. (2023). Application of Machine Learning in Movie Recommendation using Harris Hawks Optimization and K-means (HHO-k-means) Clustering. Int J Intell Syst Appl Eng, 11(7s), 515–25.

Feng, Y., Cai, W., Yue, H., Xu, J., Lin, Y., Chen, J., & Hu, Z. (2022). An improved X-means and isolation forest based methodology for network traffic anomaly detection. Plos one, 17(1), e0263423.

Gan, G., Ma, C., & Wu, J. (2020). Data clustering: theory, algorithms, and applications. Society for Industrial and Applied Mathematics.

Hare, T. S., & Barcus, H. R. (2007). Geographical accessibility and Kentucky's heart-related hospital services. Applied Geography, 27(3-4), 181-205.

Jangir S, Muzumdar A, Jaiswal A, Modi CN, Chandel S, & Vyjayanthi C. (2019). A Novel Framework for Pharmaceutical Supply Chain Management using Distributed Ledger and Smart Contracts, 10th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT), 1-7

Jie C, Jiyue Z, Junhui W, Yusheng W, Huiping S, & Kaiyan L. (2020). Review on the Research of K-means Clustering Algorithm in Big Data. IEEE 3rd International Conference on Electronics and Communication Engineering (ICECE), 107–11.

Kapoor, A., & Singhal, A. (2017, February). A comparative study of K-Means, K-Means++ and Fuzzy C-Means clustering algorithms. In 2017 3rd international conference on computational intelligence & communication technology (CICT) (pp. 1-6)

Khalilzadeh, N. (2008). Sales Prediction for Pharmaceutical Distribution Companies: A Data Mining Based Approach.

King B, Zhang X. (2007). Securing the Pharmaceutical Supply Chain using RFID. International Conference on Multimedia and Ubiquitous Engineering (MUE’07), 23–8.

MacQueen, J. (1967, June). Some methods for classification and analysis of multivariate observations. In Proceedings of the fifth Berkeley symposium on mathematical statistics and probability (Vol. 1, No. 14, pp. 281-297).

Nugraha, J. A. M. (2019). Drug Inventory Grouping using Clustering Data Mining. Indonesian Journal of Information Systems (IJIS), 2(1), 1-12.

Raj R, Rai N, & Agarwal S. (2019). Anticounterfeiting in the Pharmaceutical Supply Chain by establishing Proof of Ownership. IEEE Region 10 Conference (TENCON), 1572–7.

Rezaeenour J, Motahareh H, & Amir-Hosein A. (2020). A Four-Echelon Supply Chain Considering Economic, Social and Regions Satisfaction Goals. J Ind Eng Res Prod Syst, 7(15, 192–217).

Ribeiro, A., Seruca, I., & Durão, N. (2017). Improving organizational decision support: Detection of outliers and sales prediction for a pharmaceutical distribution company. Procedia computer science, 121, 282-290.

Selene Xia B, Gong P. (2014). Review of business intelligence through data analysis. Benchmarking An

Int J., 21(2), 300–11.
Shah N. Pharmaceutical supply chains: key issues and strategies for optimization. (2004). Comput Chem Eng, 28(6–7), 929–41.
Shahapure, K. R., & Nicholas, C. (2020, October). Cluster quality analysis using silhouette score. In 2020 IEEE 7th international conference on data science and advanced analytics (DSAA) (pp. 747-748)
Shi J, Yi D, & Kuang J. (2019). Pharmaceutical Supply Chain Management System with Integration of IoT and Blockchain Technology. International Conference on Smart Blockchain, 97–108.
Singh RK, Kumar R, & Kumar P. (2016). Strategic issues in pharmaceutical supply chains: a review. Int J Pharm Healthc Mark 10(3), 234–57.
Sohrabi, B., Raeesi Vanani, I., Nikaein, N., & Kakavand, S. (2019). A predictive analytics of physicians prescription and pharmacies sales correlation using data mining. International Journal of Pharmaceutical and Healthcare Marketing, 13(3), 346-363.
Wani MA, Riyaz R. (2017). A novel point density based validity index for clustering gene expression datasets. Int J Data Min Bioinform. 17(1),66.
Xie Y, Breen L. (2012). Greening community pharmaceutical supply chain in the UK: a cross-boundary approach. Assistant, editor. Supply Chain Manag,17(1), 40–53.