

مروری بر الگوریتم‌های داده‌کاوی در تشخیص بیماری دیابت

فاطمه کردی^{۱*}، ابوالفضل اسفندی^۲، فرزاد همتی^۳

- ۱- گروه مهندسی کامپیوتر، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران
- ۲- دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان بروجرد، ایران
- ۳- گروه مهندسی کامپیوتر، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران

چکیده

ارائه خدمات مراقبتی و بهداشتی افراد مبتلابه بیماری دیابت اطلاعات مفیدی ایجاد می‌کند که از این اطلاعات می‌توان برای شناسایی، درمان، مراقبت‌های بعدی و حتی پیشگیری از بیماری دیابت استفاده نمود. از طرفی کاوش و بررسی حجم زیادی از این اطلاعات، نیازمند استفاده از روش‌های مؤثر و کارآمدی برای یافتن الگوهای مربوط در این اطلاعات هست، که استفاده از تکنیک‌های مختلف داده‌کاوی به‌خصوص دسته‌بندی و الگوهای تکرارشونده می‌تواند کمک شایانی در این زمینه باشد.

بیماری دیابت یکی از شایع‌ترین، خطرناک‌ترین و پرهزینه‌ترین بیماری‌های حال حاضر دنیا است، که با نرخ هشدار دهنده‌ای در حال افزایش است. استفاده از روش‌های داده‌کاوی می‌تواند به تشخیص زودهنگام دیابت کمک کند، که باعث جلوگیری از پیشرفت این بیماری و خیلی از عوارض آن مانند بیماری قلب و عروق، مشکلات بینایی و بیماری‌های کلیوی می‌شود. در سالیان اخیر، مخصوصاً در ۱۰ سال اخیر کاربرد روش‌های داده‌کاوی در پزشکی و مراقبت‌های بهداشتی وسیع‌تر شده است و تحقیقات و پژوهش‌های زیادی در سراسر دنیا در زمینه‌ی بررسی کاربردهای داده‌کاوی در علم پزشکی انجام شده است. بدین ترتیب یکی از محبوب‌ترین حوزه‌های که داده‌کاوی در آن کاربردهای وسیعی پیدا کرده است، حوزه‌های پزشکی و مراقبت‌های بهداشتی هست.

کلمات کلیدی: داده‌کاوی، دسته‌بندی، دیابت

* نویسنده اول: گروه مهندسی کامپیوتر، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران Email: f.kordi89@gmail.com

نویسنده دوم: دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان بروجرد، ایران

Email: abolfazlesfandi@gmail.com

نویسنده سوم: گروه مهندسی کامپیوتر، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران Email: Hemati.f@gmail.com

۱. مقدمه

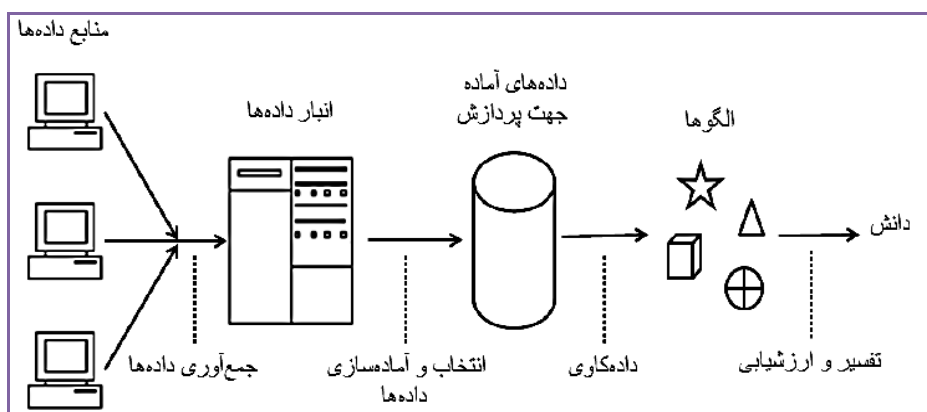
دیابت شامل گروهی از بیماری‌های متابولیک است، که به دلیل عدم تولید کافی انسولین در بدن و عدم پاسخ‌دهی مناسب سلول‌ها به انسولین تولیدشده، میزان قند خون فرد مبتلا افزایش می‌یابد [۹]. بیماری دیابت یک مشکل جدی بهداشت جهانی و یکی از شایع‌تری بیماری‌های عصر حاضر است. این بیماری معروف به بیماری جامعه مدرن است. و میزان بروز این بیماری به صورت صعودی در حال افزایش است [۱۰]. با وجود گستردگی و شیوع بالای این بیماری، تاکنون روشی برای درمان و از بین بردن این بیماری پیدا نشده است، هرچند روش‌هایی برای تشخیص و کنترل این بیماری وجود دارد [۱۱]. بنابراین پیاده‌سازی روشی که بتواند امکان تشخیص صحیح ابتلا یا عدم ابتلا به دیابت را مشخص کند، می‌تواند گام مهمی در پیشگیری و کنترل این بیماری به خصوص در مراحل ابتدایی آن باشد. به همین دلیل متخصصان پزشکی نیاز به یک روش یا ابزار پیش‌بینی قابل اطمینان، برای تشخیص بیماری دیابت دارند [۱۲]. داده‌کاوی یکی از این ابزارهای مفید است. هدف از این مطالعه بررسی تحقیقات انجام‌شده در حوزه بیماری دیابت هست که از تکنیک‌های مختلف داده‌کاوی برای پیش‌بینی، درمان یا مدیریت افراد مبتلا به دیابت استفاده کرده‌اند.

۳. روش انجام پژوهش

مطالعه حاضر از نوع مروری نقلی بوده و پایگاه‌های Pubmed, Scopus, Google scholar, Web of Science, Ebsco اطلاعاتی باهدف یافتن منابع مربوط جستجو گردیدند. در راستای جمع‌آوری منابع و متون معتبر و علمی برای تکیه به آن‌ها در طول پژوهش از منابع کتابخانه‌ای، کتب و مقالات الکترونیکی، اینترنت، نشریات علمی معتبر داخلی و خارجی استفاده شده است.

۴. کاربرد داده‌کاوی در دیابت

داده‌کاوی روشی برای کشف الگوهای پنهان و استخراج اطلاعات معنی‌دار از مجموعه داده‌های بزرگ هست [۱۲]. در واقع داده‌کاوی بخشی از فرآیند استخراج دانش (Knowledge Discovery) هست، که هدف آن دستیابی به دانش نهفته در داده‌ها با کمترین دخالت انسانی است [۱۴]. این روش شامل الگوریتم‌های مدل‌بیزی، نظیر قوانین انجمنی، درختان تصمیم، شبکه عصبی مصنوعی برای کشف اطلاعات جدید است و از نرم‌افزارهای مختلفی همچون Rapid Matlab, Weka, Minder استفاده می‌شود [۱۱]. در شکل (۱) مراحل اکتشاف دانش و داده‌کاوی نشان داده شده است.



شکل ۱: مراحل موجود در فرآیند استخراج دانش

امروزه، تلاش‌های بسیاری باهدف به‌کارگیری داده‌کاوی در حوزه بهداشت و درمان صورت گرفته است و بانام داده‌کاوی بالینی شناخته می‌شود. که با توسعه و پیشرفت ابزارهای فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات می‌تواند راهکار نوین و مفیدی برای کشف الگوهای موجود در داده‌های پزشکی باشد [۱۵]. در این میان بیماری دیابت به چند دلیل یکی از بیماری‌های مناسب برای کاربرد داده‌کاوی در پزشکی هست. دیابت از جمله بیماری‌هایی است که عوارض جانبی متعدد و دردناکی همچون نارسایی قلب و کلیه، نابینایی و حتی قطع عضو را در پی دارد. که هر کدام از آن‌ها به‌تنهایی هزینه‌های مادی و معنوی زیادی را برای فرد و جامعه همراه دارد [۱۶].

بر همین اساس، مطالعات مختلفی در سال‌های اخیر باهدف بررسی و به‌کارگیری الگوریتم‌های پرکاربرد داده‌کاوی در بیماری دیابت صورت گرفته که در ادامه با معرفی هر یک از این روش‌ها و توضیح مختصری در مورد آن‌ها، نتایج مربوط به نمونه‌هایی از مطالعاتی که به‌صورت کاربردی از این روش‌ها استفاده کرده‌اند، ارائه می‌شود.

۵. بررسی بیماری دیابت

تاکنون با خصوصیات و ویژگی‌های بیماری دیابت آشنا شدیم. در خصوص بیماری دیابت می‌توان این‌گونه عنوان نمود که اگر میزان قند خون ناشتا در آزمایش بزرگ‌تر یا مساوی ۱۲۶ میلی‌گرم در هر ۱۰۰ سی‌سی خون باشد، شخص دیابتی تلقی می‌شود. با توجه به این تعریف که پژوهش پیش‌رو بر پایه آن صورت گرفته، شخص مبتلا به هر نوع دیابتی که باشد قابل تشخیص و پیش‌بینی است. درحالی‌که تحقیقاتی که تاکنون در زمینه تشخیص دیابت با استفاده از تکنیک‌های داده‌کاوی صورت گرفته، تنها قادر به تشخیص یک نوع دیابت بودند. همچنین انواع چربی‌های خون در رابطه با میزان قند خون اثر هم‌افزایی دارند. البته متغیرهای عمومی سن و جنسیت نیز در ابتلا به انواع دیابت نقش اساسی دارند [۱]. در مراحل ابتدایی ممکن است دیابت بدون علامت باشد. بسیاری از بیماران به‌طور اتفاقی در یک آزمایش یا در حین غربالگری شناسایی می‌شوند. با بالاتر رفتن قند خون، علائم دیابت آشکارتر می‌شوند. پر ادراری، پر نوشی، پر خوری، کاهش وزن باوجود اشتها زیاد، خستگی و تاری دید از علائم اولیه شایع دیابت است. بسیاری از بیماران در هنگام تشخیص بیماری چندین سال دیابت داشته‌اند و حتی دچار عوارض دیابت شده‌اند. در کودکان دچار دیابت نوع یک علائم معمولاً ناگهانی بارز

می‌شوند، این افراد قبلاً سالم بوده و چاق نبوده‌اند. در بزرگسالان این علائم تدریجی‌تر بارز می‌شوند. در دیابت نوع دو فرد تا سال‌ها بدون علامت است. علائم خفیف هستند و به‌طور تدریجی بدتر می‌شوند. بیماری دیابت را از نظر تقسیم‌بندی می‌توان به دو نوع وابسته به انسولین (IDDM) که در این نوع لوزالمعده شخص مبتلابه دیابت قادر به ترشح انسولین نمی‌باشد و یا نوع غیر وابسته به انسولین (NIDDM) که در آن لوزالمعده شخص مبتلابه دیابت قادر به ترشح انسولین می‌باشد، اما میزان جذب آن در بدن بسیار اندک است.

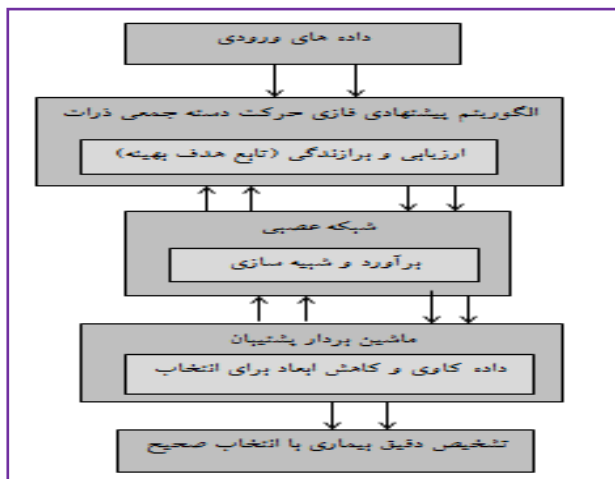
۱.۵. دیابت نوع دو

دیابت نوع دو معروف‌ترین و همگیرترین نوع بیماری دیابت است. دیابت نوع دو ۹۰ تا ۹۵ درصد از بیماران دیابتی را شامل می‌شود. در این بیماری بدن نسبت به عملکرد انسولین دچار مقاومت می‌شود. این بیماران حداقل در ابتدای بیماری نقص انسولین نسبی دارند. به این معنی که بدن فرد مبتلا انسولین تولید می‌کند و حتی ممکن است غلظت انسولین در خون از مقدار معمول آن نیز بیشتر باشد. اما گیرنده‌های یاخته‌ای فرد نسبت به انسولین مقاوم شده و در حقیقت نمی‌گذارند انسولین وارد سلول‌ها شده و اعمال طبیعی خود را انجام دهد. این بیماران برای زنده ماندن نیاز به درمان دائم با انسولین خارجی ندارند. علل متعددی برای این وضعیت وجود دارد، مکانیزم‌های جزئی بروز این وضعیت شناخته‌نشده است. اوایل در حدی نیست که علائم کلاسیک دیابت را نشان دهد. باین‌حال این بیماران در معرض عوارض ماکروووسکولار و میکروووسکولار دیابت هستند. مقاومت به انسولین ممکن است با کاهش وزن و درمان دارویی کمتر شود ولی به‌ندرت به حد طبیعی بازمی‌گردد. باینکه اخیراً افزایش شیوع این نوع در کودکان و نوجوانان و سنین پایین دیده‌شده ولی در بیشتر موارد ریسک بروز این نوع با افزایش سن، چاقی و کمبود فعالیت بدنی بیشتر شده و بیشتر در زنان با سابقه قبلی دیابت بارداری و افراد دارای فشارخون بالا یا اختلال چربی خون دیده می‌شود. نوع دو زمینه ژنتیکی قوی‌تری نسبت به نوع یک دارد، باین‌حال ژنتیک دیابت نوع دو پیچیده است و هنوز به‌خوبی تعریف نشده است.

رتینوپاتی دیابتی: دیابت می‌تواند باعث نابینایی شود. رتینوپاتی دیابتی شایع‌ترین علت موارد جدید نابینایی در افراد مسن است. کاهش بینایی همچنین با عوارض دیگری شامل شکستگی استخوان ران و افزایش چهار برابر مرگ و میر همراه است.

نوروپاتی دیابتی: بیماران دیابتی ممکن است دچار طیف گسترده‌ای از اختلالات چندگانه اعصاب شوند، که انواع اعصاب مختلف حسی و حرکتی را می‌تواند درگیر کند. این عارضه معمولاً طی ۱۰ سال از بروز بیماری در ۴۰ تا ۵۰ درصد از دیابتی‌ها مشاهده می‌شود. افراد مبتلا شده به دیابت نوع یک تا پنج سال پس از بروز بیماری ممکن است دچار نوروپاتی نشوند، اما در دیابت نوع دو ممکن است، این عوارض از همان ابتدا وجود داشته باشند. فاکتورهای خطری که ریسک بروز نوروپاتی را در دیابتی‌ها افزایش می‌دهند، عبارت‌اند از: افزایش میزان قند خون، افزایش تری‌گلیسیرید خون، شاخص توده بدنی بالا، مصرف سیگار و فشارخون بالا. زخم پای دیابتی تا حدود زیادی وابسته به نقص حسی ناشی از نوروپاتی دیابتی است که خود عارضه جدی است و می‌تواند منجر به قطع عضو شود [۲۴].

۶. پیشینه داخلی در جهت تشخیص بیماری دیابت



شکل ۲: الگوریتم حل مسئله

سیستم‌های دقیق برای افزایش دقت، سرعت، صحت الگوریتم تکاملی و شبکه‌های مصنوعی عصبی به منظور برآورد، آموزش، انطباق‌پذیری، یادگیری ماشینی در جهت شناسایی و تشخیص این بیماری استفاده شده است. سیستم پیشنهادی با استفاده از ترکیب روش‌های مذکور موفق شد با تکیه بر ویژگی‌های پایگاه داده در قالب ترکیب و تعامل به دقت شناسایی ۹۵/۸۱٪ دست یابد. روش‌های حاضر علی‌رغم دقت بالا، هزینه‌بر و وقت‌گیر می‌باشند؛ که با مقایسه این روش با روش‌های مذکور به دقت و کارایی آن پی خواهیم برد [۲]. در شکل (۲) الگوریتم حل مسئله نمایش داده شده است.

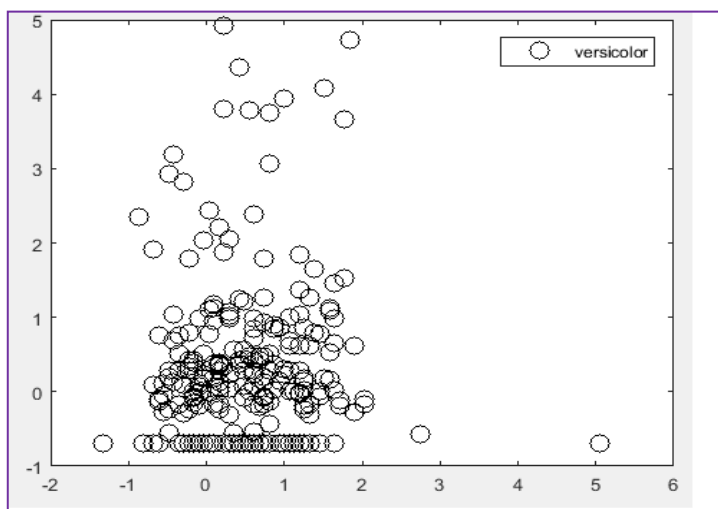
نبوت و همکارانش در سال ۱۳۹۵، در پژوهشی به ارائه یک سیستم خبره پزشکی برای تشخیص بیماری دیابت پرداختند و عنوان نمودند که هدف از اجرای سیستم‌های خبره استفاده از دانش و مهارت‌های افراد خبره و متخصص توسط افراد غیرمتخصص می‌باشد. در حقیقت سیستم‌های خبره الگوی تفکر و عملکرد افراد خبره را شبیه‌سازی می‌کنند. تاکنون سیستم‌های خبره‌ی گوناگونی در زمینه‌ی علوم پزشکی ارائه شده است. دیابت یک بیماری جدی است، که تقریباً در هر ارگان در بدن تأثیر می‌گذارد. تشخیص زودهنگام دیابت نقش بسیار مهمی در کنترل آن ایفا می‌کند و از بروز عوارض بیشتر جلوگیری می‌کند. از سوی دیگر، گاهی دسترسی به متخصصین این بیماری برای بیماران ممکن نیست و از این رو نیاز به سیستمی خبره با دانش پزشک متخصص که تشخیص و راه درمان مناسب را به بیماران ارائه نماید، می‌باشد و شرایط درمان به موقع بیماران را فراهم می‌کند، احساس می‌شود. در این مقاله به طراحی و توسعه سیستم خبره پزشکی برای تشخیص بیماری دیابت پرداخته شده است. این روش برای جمع‌آوری داده‌ها مبتنی بر قواعد بوده و براساس روش استنتاج است. علائم و عوامل خطرناک مرتبط با دیابت به عنوان اساس این مطالعه قرار گرفته شده است. در صورت تشخیص، سیستم یک دسته از سؤالات را در مورد علائم و عوامل خطر به کاربر داده و کاربر باید پاسخ‌هایی به صورت آری یا نه جواب بدهد. با توجه به پاسخ داده شده، سیستم قضاوت را در مورد وضعیت کاربر انجام می‌دهد [۶].

- کربپور و همکارانش در سال ۱۳۹۵، این‌گونه پژوهش‌های خود را بیان نمودند، که دیابت رتینوپاتی جزء شایع‌ترین بیماری‌های سیستم بینایی انسان به شمار می‌آید و اصلی‌ترین عامل نابینایی و کم‌بینایی در بزرگسالان بین ۲۰ تا ۶۰ سال یا جمعیت کار جوامع غربی می‌باشد. تشخیص زودهنگام میکروآنوریزم‌ها که از اولین علائم آشکار بیماری رتینوپاتی دیابتی در شبکه چشم هستند، باعث تشخیص این بیماری در مراحل ابتدایی آن می‌شود. در این مقاله به معرفی روشی نوین برای آشکارسازی خودکار میکروآنوریزم در تصاویر فلورسنت آنژیوگرافی شبکه چشم پرداخته شده است. روش مذکور دارای سه مرحله اصلی است، که در مرحله اول تصویر ورودی تحت پیش‌پردازش قرار می‌گیرد، تا به صورت تصویری با پس‌زمینه یکنواخت و کنتراست مناسب درآید. در مرحله دوم با استفاده از تبدیل رادون محلی شبکه عروقی و سرعصب اپتیک از تصویر جدا شده و در مرحله آخر نقاط کاندیدای میکروآنوریزم با اعمال یک سطح آستانه گذاری مناسب آشکارسازی می‌شود. برای آزمایش الگوریتم از یک مجموعه شامل ۱۲۰ تصویر فلورسنت آنژیوگرافی شبکه که نقاط مربوط به میکروآنوریزم آن‌ها توسط چشم‌پزشک مشخص شده بود، استفاده شده است. مطابق این روش، نرخ حساسیت به دست آمده در تشخیص بیماری برابر ۹۴٪ و در تشخیص دقیق مکان عارضه برابر ۹۲٪ و نیز ویژگی در تشخیص بیماری ۷۵٪ و تعداد میانگین تشخیص خطای مثبت برابر ۸ بوده است. اعداد به دست آمده برای نرخ حساسیت و نیز میانگین تشخیص خطای مثبت، این الگوریتم را از زمره دقیق‌ترین الگوریتم‌های این حوزه قرار می‌دهد، ضمن اینکه در این الگوریتم به دلیل استفاده از تبدیل رادون، حساسیت به نویز موجود در تصاویر حذف شده و الگوریتم در مقابل این پدیده اجتناب‌ناپذیر مقاوم می‌باشد [۴].
- مشکوتی و همکاران در سال ۱۳۹۴ دریافتند که بالا بودن قند خون در درازمدت باعث بروز عوارضی در سیستم قلب و عروق، کلیه‌ها، چشم‌ها و سلسله اعصاب می‌شود. در کشور ایران حدود ۵ میلیون نفر به بیماری دیابت دچار هستند، که نیمی از این تعداد از ابتلا به این بیماری مطلع نمی‌باشند و سالانه در حدود دویست هزار نفر به شمار مبتلایان به این بیماری افزوده می‌شود. در این مقاله برای طبقه‌بندی داده‌های بیماری دیابت از شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده می‌شود. سعی بر آن است که با استفاده از ماشین بردار پشتیبان و شبکه‌های عصبی به تشخیص و طبقه‌بندی بیماری دیابت بپردازیم و داده‌ها را به افراد سالم و مبتلا به بیماری دیابت طبقه‌بندی کنیم. در این تحقیق ابتدا داده‌های دیابت از کلینیک دیابت و بیماری‌های متابولیک دانشگاه علوم پزشکی تهران جمع‌آوری می‌شود و در مرحله پیش‌پردازش پس از پاک‌سازی داده‌ها و کاهش ابعاد، تعداد ویژگی‌ها از ۲۰ ویژگی به ۸ ویژگی کاهش می‌یابد و سپس نرمال‌سازی خطی بر روی داده‌ها اعمال می‌شود. پس از پیش‌پردازش داده‌ها، ماشین بردار پشتیبان و شبکه‌های عصبی دیگر طبقه‌بندی داده‌ها را انجام می‌دهند. نتایج حاکی از این است که ماشین بردار پشتیبان با دقت ۹۹/۶۰٪ و میانگین مربعات خطای ۰/۰۱ بهتر از سایر شبکه‌های عصبی استفاده شده در مقاله طبقه‌بندی داده‌های دیابت را انجام می‌دهد [۵].
- نعیم‌آبادی در سال ۱۳۹۰ با بررسی تحقیق خود به تشخیص بیماری دیابت با استفاده از الگوریتم SVM پرداخت. یکی از مشکلات اساسی مربوط به بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ عدم تشخیص صحیح این بیماری است، که در نتیجه این اشتباه در تشخیص و یا عدم تشخیص در مراحل ابتدایی، فرد حتی ممکن است به عوارضی همچون کم‌بینایی یا نابینایی، از بین رفتن کلیه‌ها و قطع انگشتان پا گردد. از این رو در این مقاله سعی شده است تا با استفاده از الگوریتم SVM و تعداد ۷۶۸ داده تشخیص صورت گیرد. این داده‌ها شامل ۸ ویژگی است که هر یک بیان‌کننده مشخصه‌ای پزشکی مربوط به وضعیت فرد سالم و بیمار مبتلا به دیابت است. نتایج، نشان‌دهنده صحت بالاتر روش پیشنهادی در این مقاله در مقایسه با سایر روش‌های هوشمند مورد استفاده تاکنون جهت تشخیص بیماری دیابت می‌باشد [۸].

➤ کتیگری سال ۱۳۹۴ دریافت که امروزه نوروپاتی دیابتی یکی از مشکلات عمده بیماران دیابتی به شمار می‌آید. هدف از این پژوهش استفاده از سیستم خبره فازی برای تشخیص نوروپاتی دیابتی بود. در مرحله اول نظرات پزشکان در خصوص اهمیت پارامترهای تشخیصی با استفاده از پرسشنامه مشخص گردید، و سیستم استنتاج فازی در نرم‌افزار متلب طراحی شد. در مرحله دوم نیز این سیستم مورد ارزیابی قرار گرفت. پس از ارزیابی نظرات پزشکان، هفت متغیر طول مدت ابتلا به دیابت، نمره حاصل از مصاحبه و معاینه بیمار بر پایه پرسشنامه میشیگان، هموگلوبین گلیکولیزه، قند خون ناشتا، میزان آلبومین ادرار و کراتینین خون به‌عنوان متغیرهای ورودی و تشخیص نوروپاتی دیابتی به‌عنوان متغیر خروجی تعیین شدند. تعداد نمونه پژوهش جهت انجام ارزیابی سیستم ۱۳ نفر بود، و پس از انجام ارزیابی، مقادیر حساسیت، دقت و صحت سیستم به ترتیب ۸۹، ۹۸ و ۹۳ درصد به دست آمد. نتایج پژوهش حاضر نمایانگر شباهت میان عملکرد سیستم و تشخیص نهایی ثبت‌شده در پرونده بود، و نشان داد سیستم طراحی‌شده می‌تواند علاوه بر کمک به پزشکان متخصص در تشخیص دقیق‌تر بیماری در مراکز دورافتاده به‌وسیله پزشکان عمومی نیز مورد استفاده قرار گیرد [۳].

➤ ابراهیم پور در سال ۱۳۹۳ در مقاله‌ای تحت عنوان مروری بر روش‌های تشخیص خودکار رتینوپاتی دیابتی به بررسی پیرامون این مسئله پرداخت که نتایج حاکی از این بود، که تأثیر مخرب بیماری دیابت بر روی شبکه رتینوپاتی دیابتی می‌نامند، که عامل اصلی نابینایی در جمعیت فعال در کشورهای جهان است. تصویربرداری به‌منظور تشخیص بیماری رتینوپاتی می‌تواند منجر به درمان موفقیت‌آمیز در پیشگیری از دست دادن بینایی شود. با پیشرفت بیشتر این بیماری، اختلالات جدیدی در سطح شبکه آشکار می‌شود. وجود این جراحات در سطح شبکه می‌تواند به‌طور جدی بینایی را مختل نماید. تشخیص اختلالات در شمار زیادی از تصاویر شبکه با روش تصویربرداری، زمان‌بر، پرهزینه و توأم با خطای انسانی است. هدف این مقاله بررسی روش‌های مبتنی بر پردازش تصویر برای تشخیص زودهنگام این بیماری در تصاویر رنگی شبکه است. عنوان شد که پیشرفت سریع بیماری دیابت یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های سازمان‌های متولی بهداشت است. تشخیص زودهنگام اگرزوداها که از علائم آشکار بیماری رتینوپاتی دیابتی در شبکه چشم هستند، باعث تشخیص این بیماری در مراحل ابتدایی آن می‌شود. در این مقاله، یک روش مبتنی بر عملگرهای مورفولوژی برای تشخیص اگرزودا پیشنهاد شده است. بخش اصلی روش پیشنهادی، پیش‌پردازش تصاویر است، که در این بخش از آنتروپی تصاویر برای بهبود کنتراست تصاویر استفاده شده است. از ویژگی ظاهری دیسک نوری برای تشخیص آن استفاده شده است. این امر باعث شده است، که دقت تشخیص به ۱۰۰٪ برسد. برای ارزیابی روش پیشنهادی، از مجموعه شامل ۳۰ تصویر با کیفیت‌های متفاوت که شامل ضایعات متفاوتی بوده، استفاده شده است. نتایج حاصل از ارزیابی روش پیشنهادی، نشان می‌دهند که استفاده از ویژگی‌های محلی تصاویر می‌تواند کیفیت بهتری را نسبت به روش‌های مشابه حاصل کند. با به‌کارگیری روش پیشنهادی، حساسیت به دست آمده ۹۳/۰۲٪ و ویژگی ۹۸/۳۸٪ است [۷].

➤ فاطمه کردی در سال ۱۳۹۶، پژوهشی با عنوان آشکارسازی و تشخیص بیماری دیابت با استفاده از خوشه‌بندی و تکنیک‌های داده‌کاوی با استفاده از الگوریتم k -means و ماشین بردار پشتیبانی (SVM) به‌منظور تشخیص بیماری با نرم‌افزار متلب انجام داد. تعداد داده‌های مورد استفاده ۷۶۸ داده است، که از پایگاه داده UCI گرفته شده است. این داده‌ها شامل ۹ ویژگی است، که هر یک بیان‌کننده مشخصه‌ای پزشکی مربوط به وضعیت فرد سالم و بیمار مبتلا به دیابت است.



داده‌های نوپز دار دارای شرایط خاص را از دیتاست حذف کرد، تا دقت کلاس بندی بالا برود. نتایج، نشان دهنده صحت بالاتر روش پیشنهادی با دقت ۹۴/۲ درصد است، که البته با این روش هر نوع دیابتی قابل تشخیص است [۹]. در شکل (۳) خروجی نهایی بردار پشتیبان این پژوهش نمایش داده شده است.

شکل ۳: خروجی بردار پشتیبان با الگوریتم k-means

➤ مطالعه دیگری نیز در همین سال و باهدف شناسایی عوامل خطر بروز دیابت نوع دوم با استفاده از قوانین انجمنی توسط و همکاران انجام شد [۲۶]. در این مطالعه رمضان خانی از بانک اطلاعاتی مطالعه قند و لیپید تهران استفاده شد. جمعیت مورد مطالعه در این تحقیق حدود ۶۶۴۷ نفر بودند، که همگی زیر بیست سال سن داشته و طی دوازده سال به منظور تجزیه و تحلیل الگوهای پرخطر ابتلا به بیماری دیابت، پیگیری شدند. ویژگی‌هایی که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفتند شامل مشخصات جمعیت شناختی، استعمال دخانیات، سابقه پزشکی و سابقه مصرف دارو و اقدامات آزمایشگاهی بود. نتایج این مطالعه نشان داد، که مهم‌ترین عامل خطر بروز دیابت در زنان، چاقی و بعد از آن سابقه خانوادگی ابتلا به دیابت می‌باشد. در مورد مردان نیز، چاقی، کلسترول بالای خون، فعالیت بدنی کم و بیماری مزمن کلیوی به‌عنوان عوامل خطر برای ابتلا به دیابت اعلام شد. این مطالعه نشان داد که تکنیک قوانین انجمنی، روش مناسبی برای تعیین فراوانی رخداد ترکیبی از متغیرها و ویژگی‌های افرادی که مبتلا به دیابت هستند، می‌باشد.

➤ حبیبی و همکاران در سال ۲۰۱۵ به، در مطالعه دیگری بررسی یک مدل پیش‌بینی کننده با استفاده از عوامل خطر مربوط به دیابت نوع دوم پرداختند. در این مطالعه از داده‌های مربوط به پایگاه داده سیستم کنترل دیابت تبریز استفاده شد، که مربوط به غربالگری انجام شده در فاصله زمانی ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۱ بود. در این مطالعه با استفاده از درخت تصمیم‌گیری برای غربالگری بیماران دیابتی بدون نیاز به انجام تست‌های آزمایشگاهی ارائه شد. دقت این مدل در شناسایی افراد دیابتی ۱ به معنی تشخیص ۷۱٪ درصد بود [۲۷].

۷. پیشینه خارجی در جهت تشخیص بیماری دیابت

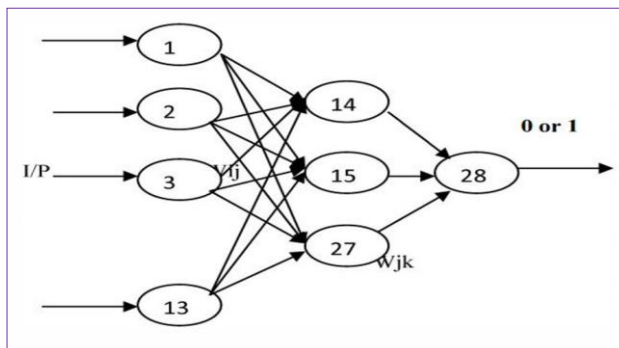
- لایر در سال ۲۰۱۵ در مقاله‌ای به بررسی تشخیص دیابت با استفاده از تکنیک‌های طبقه‌بندی پرداخت و نتایج را اینگونه ارائه داد. بیماری دیابت بیش از ۲۴۶ میلیون نفر در سراسر جهان که اکثر آن‌ها زنان هستند، را تحت تأثیر قراردادهاست. بر اساس گزارش WHO، در سال ۲۰۲۵ این تعداد انتظار می‌رود به بیش از ۳۸۰ میلیون نفر برسد. این بیماری پنجمین بیماری مرگبار در ایالات متحده گزارش شده است، که به صورت قریب‌الوقوع رخ می‌دهد. با ظهور فناوری اطلاعات و ظهور ادامه آن در بخش پزشکی و بهداشت و درمان، موارد ابتلا به دیابت و همچنین نشانه‌های آن به خوبی مستعد شده است. این تحقیق با هدف یافتن راه‌حل برای تشخیص این بیماری با تجزیه و تحلیل الگوها در داده‌ها از طریق تجزیه و تحلیل طبقه‌بندی با استفاده از درخت تصمیم‌گیری به بررسی می‌پردازد. در نهایت امید است تا پیشنهاد یک روش سریع‌تر و کارآمدتر از تشخیصات بیماری قبلی را ارائه دهد [۲۱].
- ویجایان و همکارانش در پژوهشی در سال ۲۰۱۴ به بررسی الگوریتم‌های داده‌کاوی برای پیش‌بینی و تشخیص دیابت پرداختند و اظهار داشتند، که بیماری دیابت و یا به عبارت ساده بیماری افزایش سطح قند خون یکی از بیماری‌های مورد توجه در سال‌های اخیر است. تاکنون روش‌های سنتی مختلفی برای تشخیص دیابت بر اساس آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی ارائه شده است، اما این روش‌ها می‌توانند خطاهای ناشی از عدم قطعیت مختلفی داشته باشند، تاکنون نیز تعدادی از الگوریتم‌های داده‌کاوی برای غلبه بر این عدم قطعیت طراحی شده‌اند. در میان این الگوریتم‌ها KNN و ANFIS دقت طبقه‌بندی بالاتری نسبت به دیگر روش‌ها دارا بوده‌اند. از جمله الگوریتم‌های اصلی داده‌کاوی مورد بحث در این پژوهش الگوریتم EM، الگوریتم KNN و الگوریتم ANFIS می‌باشد. به طور خلاصه می‌توان گفت: الگوریتم EM، الگوریتم انتظار حداکثر استفاده برای نمونه‌برداری، برای تعیین و به حداکثر رساندن انتظار در چرخه تکرار پی‌درپی است. الگوریتم KNN برای طبقه‌بندی شده استفاده می‌شود و مورد استفاده برای پیش‌بینی برچسب براساس برخی از نزدیک‌ترین مثال‌های آموزشی در فضای ویژگی k است. مجموعه اطلاعات برای طبقه‌بندی و شبیه‌سازی آزمایشی براساس مجموعه دیتای دیابتی از دانشگاه کالیفرنیا، ایروین که مخزن پایگاه داده‌ها یادگیری ماشین است می‌باشد [۲۴].
- کالایسلوی در سال ۲۰۱۴ یک رویکرد جدید برای تشخیص دیابت و پیش‌بینی سرطان با استفاده از شبکه (ANFIS) ارائه داد و اظهار داشت، که بررسی چند فاکتوریل مزمن، بیماری‌های شدید مانند دیابت و سرطان رابطه پیچیده است. هنگامی که سطح گلوکز بدن بالا می‌رود به سطح غیرطبیعی، آن را به کوری و بیماری‌های قلبی، نارسایی کلیه و همچنین سرطان منجر می‌کند. مطالعات اپیدمیولوژیک نشان داده‌اند که چند نوع سرطان در افراد مبتلا به دیابت ممکن است رخ دهد. بسیاری از محققان روش‌هایی برای تشخیص دیابت و سرطان ارائه کرده‌اند. برای بهبود دقت طبقه‌بندی و برای دستیابی به کارایی بهتر یک رویکرد جدید مانند: سیستم استنتاج عصبی-فازی سازگار (ANFIS) ارائه شده است [۲۲].
- ایما و همکارش در سال ۲۰۱۴ تشخیص دیابت با استفاده از ترکیبی از سیستم‌های استنتاج فازی و الگوریتم کرم شبتاب را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. متغیرهای این تحقیق شامل: تشخیص دیابت، سوگند سیستم استنتاج فازی و الگوریتم کرم شبتاب می‌باشد. امروز، درصد زیادی از مردم احتمال ابتلا به دیابت را دارند. دیابت یکی از جدی‌ترین بیماری‌ها در

جوامع مدرن است و تشخیص به موقع این بیماری نقش مهمی در درمان آن دارد. در این پژوهش، با استفاده از سیستم‌های استنتاج فازی سوگنو و الگوریتم‌های هوشمند، یک روش جدید برای تشخیص دیابت معرفی شده است. روش ارائه شده می‌تواند دیابت را با دقت با استفاده از چند قانون ساده فازی تشخیص دهد. نتایج تجربی نشان می‌دهد که این روش از دقت بیشتری در مقایسه با سایر روش‌های استاندارد برخوردار است [۲۰].

➤ در سال ۲۰۱۴ دیوانی^۱ و همکاران با استفاده از نرم‌افزار Weka به بررسی و مقایسه عملکرد روش‌های مختلف داده‌کاوی در شناسایی بیماران دیابتی نوع دوم پرداختند. در این مطالعه روش‌های یادگیری ماشین نظارت‌شده مثل الگوریتم درخت تصمیم‌گیری و نایو بیس بر روی مجموعه داده‌های دیابت پیما اعمال و سپس عملکرد هر کدام از این الگوریتم‌ها و میزان موفقیت آن‌ها در شناسایی و تشخیص بیماران دیابتی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج به دست آمده از این مطالعه نشان داد که الگوریتم نایو بیس با میزان دقت ۷۶/۳۰ درصد عملکرد بهتری نسبت به الگوریتم درخت تصمیم با میزان دقت ۷۳/۸۲ درصد داشته و بهینه‌تر می‌باشد [۱۹].

➤ الجوما^۲ در سال ۲۰۱۳ تجزیه و تحلیل پیش‌گویانه درمان دیابت در عربستان انجام داد، از تکنیک ماشین‌های بردار پشتیبان برای کشف الگوهایی که بهترین درمان را برای بیماران دیابتی در سنین مختلف مشخص کند استفاده کردند. مجموعه داده‌های مورد استفاده در این تحقیق مربوط به مجموعه داده‌های مربوط به عوامل خطر بیماری‌های غیر واگیردار کشور عربستان در سازمان جهانی بهداشت (WHO) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای این منظور در این مطالعه از تکنیک آنالیز رگرسیون و ابزار ODM3 به عنوان یک نرم‌افزار داده‌کاوی برای آنالیز داده‌ها استفاده شد. در این مطالعه مجموعه داده‌های مورد نظر به منظور تعیین میزان اثربخشی درمان‌های متفاوت، در دو گروه سنی جوان و پیر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که میزان اثربخشی درمان در دو گروه سنی متفاوت است. در واقع در این مطالعه الگوی مناسبی برای یک طرح درمانی اثربخش ارائه شد که مشخص می‌کند درمان دارویی در گروه سنی جوانان باید دیرتر شروع شود تا عوارض جانبی این بیماری کاهش یابد، و در مقابل درمان دارویی در گروه سنی افراد پیر باید بلافاصله همراه با درمان‌های دیگر شروع شود چراکه گزینه جان‌نشین دیگری وجود ندارد. حالت مشترک برای درمان این بیماری در هر دو گروه، تجویز دارو برای بیماران مبتلا به دیابت نوع دوم به منظور کنترل عوارض دیابت بود [۱۸].

➤ در مطالعه دیگری که توسط سونوکوماری در سال ۲۰۱۳ انجام شد، روشی هوشمند و مؤثر بر اساس شبکه‌های عصبی برای



تشخیص خودکار دیابت پیشنهاد شد. در این مطالعه حدود ۱۳ پارامتر مانند جنسیت، سن، وزن، قد، افزایش تشنگی، افزایش گرسنگی، افزایش اشتها، استفراغ و غیره مربوط به داده‌های ۱۰۰ نفر از گروه‌های سنی، جنس و سبک زندگی مختلف، انجام شد. در این مطالعه از نرم‌افزار MATLAB استفاده شد.

شکل ۴: شبکه عصبی آموزش دیده شده برای تشخیص دیابت

¹ Diwani

² Aljumah

مدل شبکه عصبی ارائه‌شده در این مطالعه دارای ۲۷ نود بود که ۱۳ نود ورودی و ۱۳ نود لایه پنهان و یک نود خروجی داشت. ویژگی موردنیاز برای نودهای ورودی عبارت بودند از: سن، جنس، وزن، قد، کاهش وزن، افزایش گرسنگی، افزایش تشنگی، افزایش اشتها، حالت تهوع، استفراغ، خستگی، تاری دید و عفونت مثانه یا دستگاه تناسلی که بعد از ورود این مقادیر به مدل با محاسباتی که در لایه پنهان این مدل انجام می‌شد و در نود خروجی نیز مقدار صفر به معنی عدم ابتلا و یا مقدار یک به معنی ابتلا به بیماری دیابت نوع دوم بود. میزان دقت این مدل در تشخیص صحیح افراد مبتلابه دیابت ۹۲/۸ درصد بود. در صورتی که ویژگی‌ها و مقادیر موردنیاز (مقادیر ورودی) به‌درستی وارد مدل شوند. این مدل در تشخیص افراد مبتلابه دیابت نوع دوم مطمئن عمل می‌کند. شکل (۴) شمای مفهومی شبکه عصبی آموزش‌دیده شده، برای تشخیص دیابت در این مطالعه را نشان می‌دهد [۲۳].

اطلاعات تولیدشده توسط سازمان‌های بهداشتی بسیار گسترده و پیچیده است و به همین دلیل تجزیه و تحلیل

داده‌ها به‌منظور تصمیم‌گیری در مورد سلامت بیمار دشوار است [۲۸].

بنابراین برای تجزیه و تحلیل و استخراج اطلاعات مهم از این داده‌های پیچیده، نیازمند ایجاد و استفاده از یک ابزار قدرتمند می‌باشد [۲۹].

در حال حاضر، استفاده از داده‌کاوی به دلیل نیاز به یک روش تحلیلی مؤثر برای شناسایی اطلاعات ناشناخته و ارزشمند در صنعت بهداشت و درمان، مورد توجه قرار گرفته است و مزایای متعددی از قبیل تشخیص علل بیماری و شناسایی روش درمان پزشکی و به دنبال آن کاهش هزینه‌ها دارد [۳۰].

در طی سال‌های اخیر، تحقیقات پزشکی مختلفی در حوزه دیابت، از تکنیک‌های داده‌کاوی مختلفی استفاده کرده‌اند که به‌طور کلی می‌توان این تکنیک‌ها را به دودسته تقسیم کرد، دسته اول که به‌منظور پیش‌بینی عوامل ایجادکننده و احتمال وقوع بیماری و دسته دوم نیز باهدف تشخیص افراد مبتلابه این بیماری می‌باشند. تکنیک‌های به کار گرفته شده در دسته دوم، متمرکز بر جستجوی اطلاعات برای یافتن الگوهای مفید و قابل توجه در رابطه با بیماری دیابت و ارتباط این عوامل در ایجاد این بیماری می‌باشد [۳۱].

بر همین اساس روش‌های مختلف داده‌کاوی برای پیش‌بینی، تشخیص و مدیریت بیماری دیابت به کار گرفته شده‌اند که سه گروه الگوریتم‌های قوانین انجمنی، خوشه‌بندی و شبکه عصبی در مطالعات بررسی شده در این تحقیق جزء مواردی بودند که بیش از سایر الگوریتم‌های داده‌کاوی مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

۸. نتیجه‌گیری

یکی از مشکلات اساسی در مدیریت بیماری دیابت عدم انتخاب الگوی مناسب تشخیصی از سوی پزشک و در نتیجه عدم تشخیص به‌موقع و صحیح بیماری دیابت می‌باشد. براساس نتایج ارائه‌شده در مطالعات نقل شده در این مقاله، به نظر می‌رسد استفاده از الگوریتم‌های داده‌کاوی برای تفسیر داده‌ها باهدف پیش‌بینی و تشخیص بیماری دیابت، منجر به افزایش موفقیت پزشکان در شناسایی افراد مبتلابه این بیماری و تعیین جمعیت‌های در معرض خطر بیماری شده و به دنبال آن با انجام اقدامات درمانی به‌موقع می‌توان مانع از پیشرفت بیماری و یا افزایش عوارض و مشکلات جانبی این بیماری مزمن در زندگی روزمره این گروه از بیماران شد.

۹. منابع و مأخذ

۱. میر ابراهیمی، سید محمدحسین. (۱۳۹۵)، "ارائه الگوریتم بهبودیافته فازی جهت تشخیص دیابت با رویکرد مکاشفه‌ای"، سومین کنفرانس سراسری نوآوری‌های اخیر در مهندسی برق و کامپیوتر، تهران، موسسه آموزش عالی نیکان.
۲. فیوضی، محمد. و قره‌خانی، اعظم. (۱۳۹۳)، "ارائه یک سیستم ترکیبی هوشمند به منظور تشخیص بیماری دیابت"، بیستمین کنفرانس مهندسی برق ایران.
۳. کتیگری، میثم. و آیت‌الهی، هاله. (۱۳۹۴)، "ایجاد سیستم خبره فازی برای تشخیص نوروپاتی دیابتی"، چهارمین کنگره مشترک سیستم‌های فازی و هوشمند ایران (پانزدهمین کنفرانس سیستم‌های فازی و سیزدهمین کنفرانس سیستم‌های هوشمند)، زاهدان، مرکز پژوهش‌های سیستم‌های فازی دانشگاه سیستان و بلوچستان، انجمن‌های سیستم‌های فازی و سیستم‌های هوشمند ایران.
۴. کرب پور، سمیرا. و جعفریان، احمد. (۱۳۹۵)، "شناسایی دیابت رتینوپاتی با پردازش تصاویر فلورسنت آنژیوگرافی ته چشم"، اولین کنفرانس ملی مهندسی کامپیوتر، علوم کامپیوتر و فناوری اطلاعات، قم، دانشگاه جامع علمی کاربردی استانداری قم.
۵. مشکوتی، الهام. و معینی، علی. (۱۳۹۴)، "تشخیص بیماری دیابت با استفاده از ماشین بردار پشتیبان"، کنفرانس بین‌المللی یافته‌های نوین پژوهشی در مهندسی برق و علوم کامپیوتر، تهران، موسسه آموزش عالی نیکان.
۶. نبوت، مهتاب. و باغبانی، مهرداد. (۱۳۹۵)، "ارائه یک سیستم خبره پزشکی برای تشخیص بیماری دیابت"، کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع و مدیریت، تهران، دبیرخانه دائمی کنفرانس.
۷. ابراهیم پور کومله، حسین. و لازمی، صغری. (۱۳۹۳)، "مروری بر روش‌های تشخیص خودکار رتینوپاتی دیابتی"، ششمین کنفرانس مهندسی برق و الکترونیک ایران، گناباد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گناباد.
۸. نعیم‌آبادی، محمدرضا. و امیراحمدی چماچار، نوشاز. و تهامی، احسان. و ربانی، حسین. (۱۳۹۰)، "تشخیص بیماری دیابت با استفاده از الگوریتم SVM"، چهاردهمین کنفرانس دانشجویی مهندسی برق ایران، کرمانشاه، دانشگاه کرمانشاه، سازمان علمی دانشجویی مهندسی برق کشور.
۹. کردی، فاطمه. (۱۳۹۶)، "آشکارسازی و تشخیص بیماری دیابت با استفاده از خوشه‌بندی و تکنیک‌های داده‌کاوی"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد.

10. Kasemthaweesab,P. and Kurutach,W.(2012)," *Association Analysis of Diabetes Mellitus (DM) With Complication States Based on Association Rules*".7th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA); Singapore: IEEE.
11. Priya ,S. and Rajalaxmi, R.R. (2012), "*An Improved Data Mining Model to Predict the Occurrence of Type-2 Diabetes using Neural Network*". International Conference on Recent Trends in Computational Methods, Communication and Controls (ICON3C); International Journal of Computer Applications (IJCA).
12. (2015)," *IDF World Diabetes Atlas: International Diabetes Federation*"; Available from:<https://www.idf.org/our-activities/epidemiology-research/diabetes-atlas/scientific-papers.html>
13. Rane ,N. and Rao, M.(2013), "*Association Rule Mining on Type 2 Diabetes using FP-growth association rule*". International Journal of Engineering and Computer Science; 2(8):2481-85.
14. Tomar, D. and Agarwal,S. (2013), " *A survey on Data Mining approaches for Healthcare* ". International Journal of Bio-Science and Bio-Technology; 5 (5):241-66.
15. Jacob,G. and Ramani,R. (2012), " *Data Mining in Clinical Data Sets: A Review* ". International Journal of Applied Information Systems (IJ AIS).4(6).15-26.
16. Iavindrasana , J. and Cohen , G. and Depeursinge , A. and Müller, A. et al.(2009), "*Clinical Data Mining: a Review* ". In: Geissbuhler A, editor. IMIA Yearbook of Medical Informatics.
17. Rexeena , X. and Devi , S. and Saranya, S.(2014) , " *Risk Assessment for Diabetes Mellitus using Association Rule Mining* ". International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET); 3 (2).324-8.
18. Aljumah , A. and Siddiqui, M. (2013), "*Application of data mining: Diabetes health care in young and old patients* ". Computer and Information Sciences; 25.
19. Diwani , S. and Sam, A. (2014) , "*Diabetes Forecasting Using Supervised Learning Techniques* ". ACSIJ Advances in Computer Science: an International Journal. , 3(5):10-18.
20. B,Iman. and M,Reza. and M ,Yashar. (2014), "*Diagnosis of diabetes using a combination of the Sugeno fuzzy inference systems and glow worms algorithms*". Advances in Environmental Biology, 269-273.
21. Iyer, A. and Jeyalatha, S. and Sumbaly, R.(2015), "*Diagnosis of diabetes using classification mining techniques*". arXiv preprint arXiv:1502. 03774.
22. Kalaiselvi, C. and Nasira, G. M. (2014) , February, "*A new approach for diagnosis of diabetes and prediction of cancer using ANFIS*". In Computing and Communication Technologies (WCCCT), World Congress on (pp. 188-190). IEEE.

23. Kumari, Sonu. and Singh, Archana. (2013), "A data mining approach for the Diagnosis of Diabetes Mellitus". 7 International Conference on Intelligent Systems and Control, Coimbatore, TamilNadu, India.
24. VijayanV, Veena. and Ravikumar, Aswathy. (2014), "Study of data mining algorithms for prediction and diagnosis of diabetes mellitus". International journal of computer applications, 95(17).
25. T, Abbes. and A, Bouhoula. And M. Rusinowitch. (2013), "Protocol Analysis in Intrusion Detection System Using Decision tree" International Conference in Information technology.
26. Ramezankhani, Azra. and Pournik, Omid. and Shahrabi, Jamal. and Azizi, Fereidoun. and Hadaegh, Farzad. (2015), "An Application of Association Rule Mining to Extract Risk Pattern for Type 2 Diabetes Using Tehran Lipid and Glucose Study Database". Int J Endocrinal Metab; 13(2).
27. Habibi, S. and Ahmadi, M. and Alizadeh, S. (2015), "Type 2 Diabetes Mellitus Screening and Risk Factors Using Decision Tree: Results of Data Mining". Global Journal of Health Science; 7(5):304-10.
28. Shipeng, Yu. and Bharat, Rao. (2012), "Introduction to the Special Section on Clinical Data Mining". ACM SIGKDD Explorations Newsletter; 14 (1).
29. Anjana, RM. and Ali, MK. and Pradeepa, R. and Data, M. and Unnikrishnan, R. and Rema, M. and Mohan, V. (2011), "The need for obtaining accurate nationwide estimates of diabetes prevalence in India: rationale for a national study on diabetes". Indian J Med Res, 133(4):369-80.
30. Nandita, Rane. and Madhuri, Rao. (2013), "Association Rule Mining on Type 2 Diabetes using FP-growth association rule". International Journal of Engineering And Computer Science, 2(8):2481-85.
31. Pradhan, M. (2014), "Data Mining and Health Care: Techniques of Application". Journal of Engineering and Computer science, 1 (2):18-26.