



# استخراج دانش از داده‌های بیماران دیابتی با استفاده از روش درخت تصمیم C5.0

حکیمه عامری<sup>۱</sup> / سمیه علیزاده<sup>۲</sup> / اکبر برزگری<sup>۳</sup>

چکیده

**مقدمه:** بروز دیابت در ده سال اخیر در سطح جهان دو برابر شده است. حدود ۲۰۰ میلیون نفر به این بیماری مبتلا هستند و سالانه شیوع دیابت در جهان حدود شش درصد افزایش می‌یابد. بیش از دو میلیون نفر در ایران به این بیماری مبتلا هستند. در این تحقیق به بررسی ارتباط بین عوارض مشاهده شده در بیماران دیابتی نوع دو و برخی ویژگی‌های آن‌ها از قبیل میزان قند خون، فشار خون، سن و سابقه خانوادگی بیماران می‌پردازیم. هدف این مطالعه، پیش بینی عوارض بیماران بر اساس علائم مشاهده شده در آن‌ها است.

**روش کار:** داده‌های مورد نیاز برای این تحقیق از پرونده‌های سال ۱۳۸۸ مرکز دیابت استان گلستان جمع آوری شده است. تعداد پرونده‌های اولیه بیماران ۸۵۶ رکورد بود. در این مقاله مدل جدیدی بر اساس متدولوژی استاندارد CRISP ارائه شده است. در بخش مدل سازی از دو روش شناخته شده در داده کاوی به نام‌های درخت تصمیم C5.0 و شبکه عصبی استفاده شده است. برای تحلیل داده‌ها از نرم افزار Celementine 12.0 استفاده شده است.

**یافته‌ها:** در این تحقیق برای اولین بار احتمال بروز عوارض میکروواسکولار، ماکروواسکولار و یا هر دو نوع عارضه در بیماران و ویژگی‌های تأثیرگذار بر آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. با استفاده از داده کاوی و روش‌های آن تعیین شده است که متغیرهای فشار خون بالا، سن و سابقه خانوادگی در عوارض مشاهده شده بیشترین تأثیر را داشته اند. به کمک درخت تصمیم ایجاد شده، قوانینی استخراج شده اند که می‌تواند به عنوان الگویی برای پیش بینی وضعیت بیماران و احتمال بروز عوارض در آن‌ها استفاده شود. صحت مدل ایجاد شده بر روی داده‌های مورد استفاده در درخت تصمیم C5.0، ۸۹.۷۴ درصد و در شبکه عصبی مصنوعی ۵۱.۲۸ درصد می‌باشد.

**نتیجه گیری:** با توجه به روش‌های استفاده شده، بالاترین دقت با استفاده از الگوریتم C5.0 به دست آمده است. بیشترین عوامل تأثیرگذار بر بروز عوارض شناسایی شدند. با توجه به قوانین ایجاد شده برای یک نمونه جدید با ویژگی‌های مشخص، می‌توان پیش بینی کرد بیمار احتمالاً دچار چه نوع عارضه ای خواهد شد.

**کلید واژه‌ها:** دیابت نوع دو، عوارض دیابت، داده کاوی، الگوریتم C5.0، شبکه عصبی مصنوعی

• وصول مقاله: ۹۲/۳/۱۹ • اصلاح نهایی: ۹۲/۶/۳ • پذیرش نهایی: ۹۲/۶/۲۷

۱. کارشناس ارشد تجارت الکترونیک، گروه مهندسی فناوری اطلاعات، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران
۲. استادیار گروه مهندسی فناوری اطلاعات، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران؛ نویسنده مسئول (s\_alizadeh@kntu.ac.ir)
۳. پزشک، دانشگاه علوم پزشکی استان گلستان

توجه قرار گرفته است. داده کاوی می‌تواند ارتباطات و وابستگی‌های جدید و بدیعی را کشف کند که برای پزشکان مفید هستند.

داده کاوی نشان دهنده یک پیشرفت قابل توجه در انواع ابزار تحلیلی در دسترس است و به عنوان یک روش معتبر، حساس و قابل اعتماد برای کشف الگوها و روابط بین آن‌ها در نظر گرفته می‌شود [۴]. امروزه، ابزار داده کاوی به طور گسترده ای برای درک الگوهای بازاریابی، رفتار مشتری، بررسی داده‌های بیماران و شناسایی تقلب استفاده می‌شوند [۵]. داده کاوی به عنوان تکنیکی برای شناسایی و تشخیص بیماری‌ها و دسته بندی بیماران در مدیریت بیماری و پیدا کردن الگوهای برای تشخیص سریعتر بیماران و جلوگیری از بروز عوارض در آن‌ها می‌تواند کمک بسیار بزرگی باشد. افزایش دقت تشخیص، کاهش هزینه‌ها و کاهش منابع انسانی به عنوان مزایای معرفی داده کاوی در تجزیه و تحلیل پزشکی توسط خواجهوی و جایلاکشی ثابت شده است [۶،۷].

روش‌های اصلی داده کاوی دو دسته می‌باشند: توصیفی و پیش‌بینانه. وظایف توصیفی خواص عمومی داده‌ها را مشخص می‌کند و هدف آن پیدا کردن الگوهای قابل تفسیر توسط انسان برای داده‌ها است. وظایف پیش‌بینانه، پیش‌بینی رفتار آینده آن‌ها است و منظور از آن به کارگیری چند متغیر یا فیلد در پایگاه داده برای پیش‌بینی مقادیر آینده یا ناشناخته دیگر متغیرها است. یکی از عملکردهای پیش‌بینی، دسته بندی است. دسته بندی فرایند یافتن مدلی است که با تشخیص دسته‌ها یا مفاهیم داده می‌تواند دسته ناشناخته اشیاء دیگر را پیش‌بینی کند. در واقع دسته بندی یک تابع یادگیری است که یک قلم داده را به یکی از دسته‌های از قبل تعریف شده نگاشت می‌کند [۸]. یکی از روش‌های متداول دسته بندی، درخت تصمیم است. درخت تصمیم یک توصیف صریح از شاخه زنی با استفاده از الگوریتم است. این درخت ساختاری شبیه به فلوجارت دارد که بالاترین گره، ریشه درخت است، هر شاخه بیانگر خروجی‌های آزمایش و گره‌های برگ دسته

به گزارش مرکز تحقیقات دیابت بروز دیابت در ده سال اخیر در سطح جهان دو برابر شده است و حدود ۲۰۰ میلیون نفر به این بیماری مبتلا هستند و سالانه شیوع دیابت در جهان حدود شش درصد افزایش می‌یابد. در مطالعه ای که در ایران انجام شده است، گزارش شده که ۷.۷ درصد بالغین ۲۵ تا ۶۴ ساله که حدود دو میلیون نفر هستند، مبتلا به دیابت بوده و ۱۶.۸ درصد بالغین معادل با چهار میلیون نفر در وضعیت عدم تحمل گلوکز قرار دارند که تعداد زیادی از این بیماران در آینده به دیابت مبتلا خواهند شد. با توجه به اینکه بیماری دیابت، به عنوان یک بیماری بسیار مزمن شناخته شده است و آسیب‌های جبران ناپذیری به اندام‌ها و اعضاء حیاتی بدن وارد می‌کند، استفاده از ابزارهای هوشمند داده کاوی می‌تواند برای بهبود روش‌های شناسایی و کنترل بیماری به پزشکان کمک بزرگی باشد. به گزارش مرکز دیابت تحقیقات نشان داده است که میتوان با شناسایی‌های اولیه افراد در معرض خطر از ۸۰ درصد عوارض مزمن دیابت نوع دو جلوگیری کرد یا آن‌ها را به تعویق انداخت [۱].

دو نوع دیابت وجود دارد، نوع یک که وابسته به انسولین نیز نامیده می‌شود و دیابت نوع دو که کمبود نسبی انسولین است [۲]. عوارض مزمن دیابت بطور عمده به دو دسته تقسیم می‌شود: عوارض عروقی و عوارض غیرعروقی. عوارض عروقی دیابت خود دو دسته اند: میکرواسکولار (Micro vascular) شامل رتینوپاتی (نابینایی)، نفروپاتی (آسیب‌های گلوومرول و دفع آلبومین) و نوروپاتی (کاهش یا ازدست دادن حس درد) و ماکرواسکولار (Macro vascular) بیماری کرونر، درگیری عروق محیطی و درگیری عروق مغزی را شامل می‌شود. از عوارض غیرعروقی می‌توان به گاستروپارزی، عفونت‌ها و تغییرات پوستی اشاره کرد [۳].

با توجه به شیوع دیابت نوع دو در سراسر جهان، استفاده از روش‌های جدید در تحقیقات پزشکی زیستی بسیار مورد

قوانین را با قوانین از پیش تعیین شده مقایسه کرده اند. کوانتین ترووانتل و همکاران [۱۵] از روش قواعد انجمنی و درخت تصمیم برای استخراج دانش از پایگاه داده پزشکی استفاده کرده اند. گیائو جان و همکاران [۱۰] در سال ۲۰۰۷ با استفاده از ترکیب الگوریتم های C4.5 و EM (حد اکثر انتظار) سیستم پردازش داده های دیابت نوع دو را ایجاد کرده اند. هوانگ و همکاران [۱۶] در سال ۲۰۰۷ تحقیقی بر روی شناسایی عوامل عمده تأثیرگذار بر کنترل دیابت، با به کار بستن انتخاب ویژگی ها (Feature Selection) در سیستم مدیریت بیمار انجام دادند. جیانکوهان و همکاران [۱۷] در سال ۲۰۰۸ با استفاده از نرم افزار Rapid Miner و با به کار بردن الگوریتم درخت تصمیم ID3 وجود دیابت را در پایگاه داده بیماران پیش بینی کرده اند. آبنانتن و همکاران [۱۸] در سال ۲۰۰۵ شبکه عصبی مصنوعی و درخت تصمیم ساخته شده از الگوریتم C4.5 را به کار بستند تا وجود دیابت در افراد را بر اساس ویژگی هایی مثل سن و فشار خون تشخیص دهند. بیک هوان چو و همکاران [۱۹] در سال ۲۰۰۷ با استفاده دسته بندی ماشین بردار پشتیبانی (SVM Support Vector Machine) و با روش انتخاب ویژگی و تجسم سازی، وجود نروپاتی در بیماران دیابتی را پیش بینی کرده اند. فانگ [۵] در سال ۲۰۰۹ با استفاده از تکنیک های مختلف داده کاوی بیماران را بر اساس مبتلا بودن به دیابت، خوشه بندی کرده است. ویژگی هایی که در این مدل ها مهم شناخته شدند عبارتند از سن، سابقه خانوادگی و وزن. دقت مدل ایجاد شده با استفاده از خوشه بندی ۸۰ درصد است. چین [۲۰] در سال ۲۰۰۸ عوارض میکروواسکولار دیابت را بررسی کرده است. وی برای این کار الگوریتم C5.0 و شبکه عصبی را با هم مقایسه کرده است. عوامل مختلفی برای هر کدام از این عوارض را شناسایی شده و میزان تأثیرگذاری آنها بر هر کدام از این عوارض مورد بررسی قرار گرفته است. پتیل و همکاران [۲۱] در سال ۲۰۱۰ با استفاده از الگوریتم Apriori قوانین تلازمی را برای یافتن رابطه های پنهان بین متغیرها ایجاد

یا توزیع دسته ها را نمایش می دهد [۹،۸]. قوانین ایجاد شده توسط درخت تصمیم به صورت «اگر» و «آنگاه» بیان می شوند.

از الگوریتم های پر کاربرد، درخت تصمیم الگوریتم C5.0 است. C5.0 یک الگوریتم برای ساخت درخت های تصمیم گیری است که توسعه یافته الگوریتم ID3 است [۱۰]. این الگوریتم می تواند برای بیان دسته بندی به صورت درخت تصمیم و یا مجموعه قوانین به کار برده شود. در بسیاری از برنامه های کاربردی، مجموعه قوانین ترجیح داده می شوند زیرا درک آنها نسبت به درخت های تصمیم گیری، ساده تر است.

الگوریتم های شبکه عصبی مصنوعی تلاش می کنند ساختار شبکه عصبی انسان را شبیه سازی کنند. این الگوریتم ها از مجموعه ای از گره ها به نام نرون ساخته شده اند که هر گره ورودی و خروجی هایی دارد و هر کدام وزنی خاص دارند. هر گره بر اساس تابعی خاص، محاسبه ساده ای انجام می دهد. بین گره ها اتصالاتی وجود دارد که بر اساس معماری شبکه مشخص می شوند. خروجی الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی به شکل جعبه سیاه (Black Box) است. از این شبکه ها می توان به عنوان روش مناسب در ایجاد مدل های تحلیلی و تخمینی و برخورد با داده های متفاوت استفاده کرد [۸].

بریولت و همکاران [۱۱] با استفاده از سیستم CART طبقه بندی و تجزیه و تحلیل رگرسیون را در سال ۲۰۰۲ انجام داده و وابستگی بین یک سری از ویژگی های آن را استنباط کرده اند. میزان دقت طبقه بندی ۵۹.۹ درصد بوده است. همچنین میاکی و همکاران [۱۲] از روش کارت برای قضاوت عوامل مؤثر بر بروز عوارض دیابت در سال ۲۰۰۲ استفاده کرده اند. رولفینگ و همکاران [۱۳] از روش تجزیه و تحلیل رگرسیون خطی برای بررسی ارتباط بین قند خون در دیابت نوع یک و HbA<sub>1c</sub> در سال ۲۰۰۲ استفاده کرده اند. سیلورستین و همکاران [۱۴] آزمایش هایی را بر روی سه پایگاه داده پزشکی انجام داده اند و قوانینی تولید کرده اند و سپس این

درمان و معاینه بیماران برای بیماری‌های خاص ارائه کرده اند. روش پیشنهادی در شناسایی گروه‌های بیماران با تاریخچه بیماری مشابه و افزایش شدت عوارض آن‌ها به خوبی عمل کرده است. در جدول شماره یک به طور اجمالی تاریخچه استفاده از تکنیک‌های داده کاوی بر روی تجزیه تحلیل و پیش بینی عوامل تاثیرگذار بر دیابت از سال ۲۰۰۲ تا به امروز مورد بررسی قرار گرفته است.

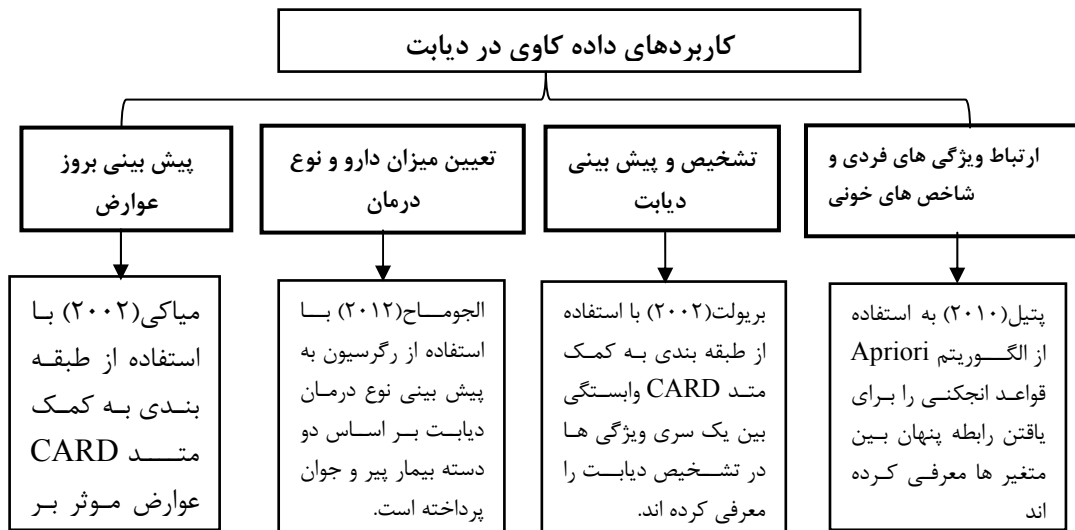
کرده اند. اسما الجراح [۴] از درخت تصمیم برای تشخیص بیماری دیابت نوع دو استفاده کرده است. با به کار بردن طبقه بندی الگوریتم درخت تصمیم J48 بروی داده‌ها در نرم افزار Weka، درخت تصمیم تولید شده است. الجوماج و همکاران [۲۲] با استفاده از روش رگرسیون به تجزیه و تحلیل پیش بینی درمان دیابت در دو دسته گروه سنی جوان و پیر بر اساس درمان دارویی و درمان‌های جانبی پرداخته اند. آنتونلی و همکاران [۲۳] در سال ۲۰۱۳ یک چارچوب تجزیه و تحلیل مبتنی بر خوشه بندی چندسطحی برای شناسایی مسیرهای

جدول ۱: تاریخچه استفاده از داده کاوی در بیماری دیابت

سال تحقیق	نویسندگان مقاله	روش مورد استفاده	نتایج بدست آمده
۲۰۰۲	Breault و همکاران	طبقه بندی با استفاده از روش CARD	وابستگی بین یک سری از ویژگی‌های بیماران
۲۰۰۲	Miyaki و همکاران	طبقه بندی با استفاده از روش CARD	قضاوت عوامل موثر بر بروز عوارض دیابت
۲۰۰۲	C.L.Rohlfing و همکاران	تجزیه و تحلیل رگرسیون خطی	ارتباط بین قند خون در دیابت نوع یک و HbA1c
۲۰۰۵	Anbananthen و همکاران	شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم C4.5	پیش بینی وجود دیابت در بیماران
۲۰۰۷	Baek Hwan Cho و همکاران	دسته بندی ماشین بردار پشتیبانی (SVM)	پیش بینی بروز نروپاتی در بیماران دیابتی
۲۰۰۷	jaun.Gao و همکاران	ترکیب الگوریتم‌های C4.5 و EM	سیستم پردازش داده‌های دیابت نوع ۲
۲۰۰۷	Yue Huang و همکاران	انتخاب ویژگی‌ها (Feature Selection)	عوامل عمده تاثیرگذار بر کنترل دیابت مشخص شده‌اند
۲۰۰۸	Jianchao Han و همکاران	الگوریتم‌های ID3 و Decision Tree	پیش بینی وجود دیابت در بیماران
۲۰۰۸	Chain	الگوریتم C5.0 و شبکه عصبی مصنوعی	بررسی عوارض میکروواسکولار دیابت
۲۰۰۹	Xiao Fang	خوشه بندی و رگرسیون	خوشه بندی بیماران بر اساس مبتلا بودن به دیابت
۲۰۱۰	Patil و همکاران	الگوریتم Apriori	قوانین تلازمی برای پیدا کردن ارتباطات پنهان بین ویژگی‌ها
۲۰۱۲	A. AlJarullah .Asma	الگوریتم درخت تصمیم J48	تشخیص دیابت نوع ۲
۲۰۱۲	Aljumah و همکاران	رگرسیون	پیش بینی درمان دیابت در دو دسته گروه سنی جوان و پیر بر اساس نوع درمان
۲۰۱۳	Antonelli و همکاران	خوشه بندی چند سطحی	شناسایی مسیر درمان بیماری

مطالعات معدودی در زمینه پیش بینی بروز عوارض در بیماران دیابتی انجام شده است.

با نگاهی کلی به مطالعات انجام شده در این حوزه، میتوان کاربرد داده کاوی در دیابت را به چهار دسته کلی تقسیم کرد. شکل شماره یک این دسته بندی‌ها را نمایش می‌دهد.



شکل ۱: دسته بندی کاربرد داده کاوی در دیابت

یک از فازهای این مدل پیشنهادی متناسب با مطالعه موردی بیماری دیابت نوع دو می پردازیم.

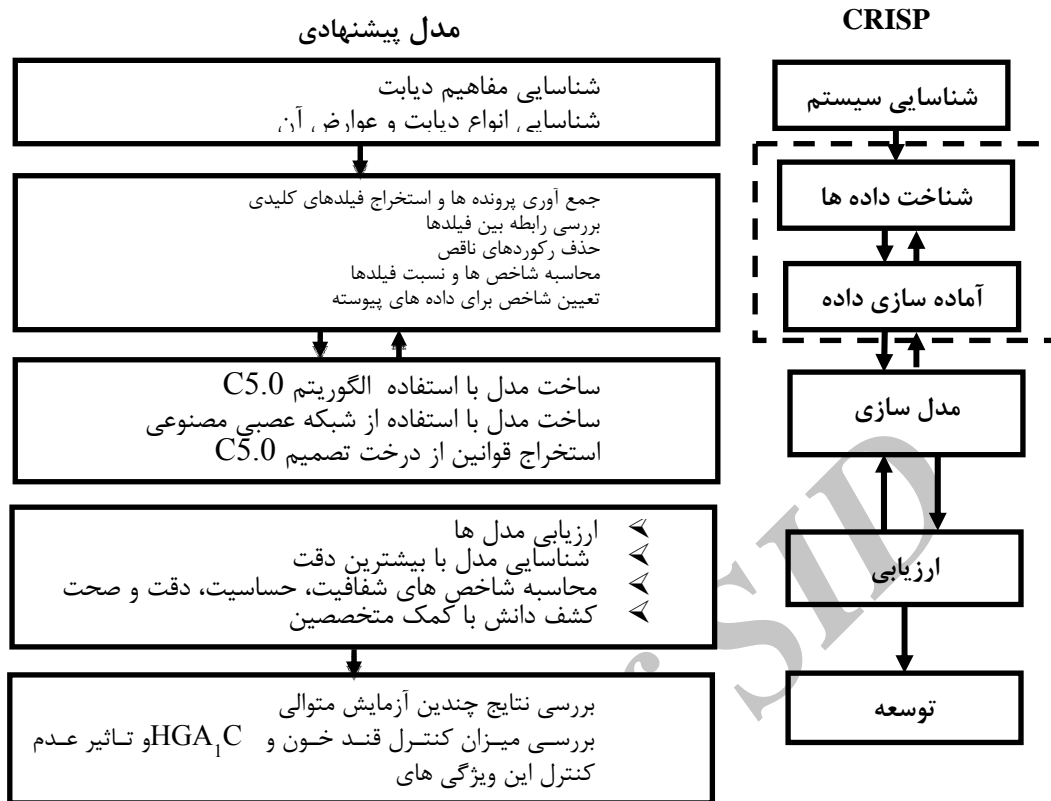
#### الف) شناخت سیستم

در این فاز به شناخت سیستم مورد نظر پرداخته می شود و سپس اهداف مورد نظر و عوامل موفقیت کلیدی سیستم تعیین و دوباره بازنگری می شود. با توجه به رشد روز افزون بیماری دیابت و عدم وجود درمان قطعی برای این بیماری و تأثیرات و عوارض شدیدی که روی اعضاء حیاتی بدن در درازمدت می گذارد، بررسی داده های جمع آوری شده در رابطه با این بیماری برای تشخیص شباهت بیماران دیابتی جدید می تواند مفید باشد. بیماران جدید هم می توانند با توجه به دسته ای که در آن قرار می گیرند تا حد ممکن از توصیه های پزشکی تجویز شده برای بیماران قبلی بهره برند، از رژیم غذایی و نوع برنامه غذایی تجویز شده برای آن بیماران استفاده کنند و حرکات ورزشی متناسب با نوع غذای مصرفی برای کاهش میزان قند خون داشته باشند و از پیدایش عوارض دیابت جلوگیری کنند.

هدف این مقاله دسته بندی بیماران دیابتی نوع دو و پیدا کردن الگویی بین نشانه ها و علائم آزمایشگاهی بیماران و سوابق خانوادگی و شاخص BMI (Body Mass Index) آن ها با عوارض مشاهده شده دیابت در بیماران می باشد. با شناسایی این عوامل می توان به بیماران و پزشکان در جهت کنترل آن ها کمک بسیاری کرد. همچنین می توان امیدوار بود با کنترل عوارض دیابت، هزینه های درمانی مورد نیاز را کاهش داد.

#### روش کار

روش های مختلفی برای پیاده سازی و اجرای پروژه های داده کاوی وجود دارد. یکی از روش های بسیار قوی متدولوژی (Cross Industry Process For Data Mining) است [۸]. در این مقاله مدل پیشنهادی بر اساس CRISP ارائه شده است که شامل پنج فاز است. هر یک از این فازها خود شامل زیر بخشهایی می شوند. حرکت رو به جلو و عقب بین فازهای مختلف نیاز است زیرا ورودی هر فاز به خروجی فاز مرحله قبل وابسته است. هر یک از این پنج فاز در شکل ۲ نشان داده شده اند. در ادامه به بررسی هر



شکل ۲: گام‌های روش شناختی CRISP و مدل پیشنهادی

### ب) شناخت داده‌ها و آماده‌سازی آن‌ها

در این فاز به جمع‌آوری داده‌های اولیه، توصیف داده‌ها، بازرسی و بررسی داده‌ها و اعتبارسنجی کیفیت داده‌ها می‌پردازیم. اطلاعات این تحقیق از یک مرکز درمان دیابت در شمال ایران جمع‌آوری شده است. اطلاعات پرونده‌ها مربوط به سال ۱۳۸۸ می‌باشد. ۸۵۶ رکورد اولیه از بیماران وجود داشت که پس از پالایش و حذف رکوردهایی که اطلاعات اصلی آن‌ها وجود نداشت به ۲۵۴ رکورد نهایی رسیدیم. میانگین سن بیماران ۵۳ سال و ۳۰ درصد آن‌ها مرد و مابقی زن هستند. ۷۰ درصد بیماران دارای سابقه خانوادگی در دیابت هستند. ویژگی‌های آزمایشگاهی بیماران در این مرحله بررسی و شناسایی شدند.

در مهمترین گام تحقیق (آماده‌سازی داده‌ها یا پیش‌پردازش داده‌ها) به بررسی پرونده بیماران پرداختیم. در جهان واقعی، داده همیشه کامل نیست و در مورد اطلاعات پزشکی، این موضوع همیشه درست است. برای حذف تعدادی از تناقض‌ها

و داده‌های ناقص در ارتباط با داده‌ها از پردازش داده استفاده کردیم. بسیاری از تکنیک‌های پردازش داده توسط چین و همکاران و هن و همکاران در [۲۴،۹] ارائه شده‌اند. در این تحقیق ما مواردی را که ارزش صفر برای ویژگی‌های فشار خون و FBS (Fasting blood glucose)، 2HDD-BS (2 Hour Post Prandial Blood Sugar)، TG (Triglycerides) و BMI داشتند را حذف کردیم. و این و همکاران در [۲۵] ثابت کردند که حذف عاقلانه، یک روش کارآمد به جای جایگزین کردن ارزش‌ها با تکنیک‌های مانند میانگین، انتساب تصادفی، انتساب رگرسیون و مدل‌های بیزی است.

بعضی از اطلاعات موجود در پرونده مانند نام و نام خانوادگی، شماره پرونده بیمار و آدرس حذف شدند. در مرحله بعدی پرونده بیمارانی را که فقط یک بار مراجعه داشته‌اند کنار گذاشتیم زیرا اطلاعات کاملی از آزمایشات و عوارض آن‌ها در دسترس نبود. بعضی از فیلدها به تنهایی اهمیتی نداشتند

آن‌ها از شاخص‌های مرتبط استفاده شد. شاخص BMI به این صورت محاسبه میشود:

$$BMI = \text{Weight}(\text{kg}) / (\text{Height}(\text{cm}))^2 \quad (1)$$

در نتیجه پس از پالایش داده‌ها به رکوردهایی با مشخصات جدول شماره دو رسیدیم.

مثل (Blood urea) BUN و (Chromium) CR) اگر این نسبت بین ده تا ۲۰ باشد، نرمال و بیشتر از ۲۰ معنی خونریزی گوارشی یا انسداد دستگاه ادرار است. نسبت این فیلدها نشان دهنده احتمال وجود عارضه کلیوی است و یا قد و وزن که به تنهایی اهمیتی ندارند، بلکه شاخص BMI آن‌ها تأثیرگذار است. در نتیجه این فیلدها حذف شدند و به جای

جدول ۲: داده‌ها و نوع آن‌ها پس از پاکسازی

نوع	توضیحات	مشخصه
عددی	سن	Age
اسمی	جنسیت	Sex
عددی	شاخص نسبت وزن به قد	BMI
رتبه ای	سابقه خانوادگی	Family History
عددی	فشار خون سیستولیک	SBP (Systolic blood pressure)
عددی	قند ناشتا	FBS
عددی	قند ۲ ساعت بعد از غذا	2HPP-BS
عددی	چربی مضر	LDL (Low-Density Lipoprotein)
عددی	چربی مفید	HDL (High-Density Lipoprotein)
عددی	تری گلیسرید	TG
عددی	احتمال عوارض کلیوی (اوره به کروم)	BUN/CR
اسمی	نوع عارضه	Complications

برای آموزش درخت تصمیم مدل C5.0 یک متغیر طبقه ای باید فیلد خروجی باشد و یک یا تعداد بیشتری فیلد ورودی وجود داشته باشد. فیلدهای ورودی مقادیر به دست آمده از آزمایشات بیماران و خروجی عارضه‌های مشاهده شده است. گزینه آزمایشی انتخاب شده، اعتبارسنجی متقاطع با ده تکرار (10-Fold Cross-Validation) بود. اعتبارسنجی متقاطع ده به این دلیل انتخاب شده است که آزمایش‌ها نشان داده اند بهترین انتخاب برای به دست آوردن دقیق ترین تخمین است [۴،۲۶].

معمولاً مجموعه‌های قوانین، مهمترین اطلاعات مرتبط با درخت تصمیم را در بردارند. در گزارش مدل تولید شده توسط نرم افزار، معیار تقسیم شاخه‌ها بر اساس شاخص جینی (Gini Index) انتخاب و درخت به زیرشاخه‌هایی شکسته می‌شود. این روند تناوبی ادامه

### ج) مدل سازی

روش‌های داده کاوی بسیاری برای مدل سازی وجود دارد. در این فاز با استفاده از تکنیک‌های مختلف داده کاوی به پیدا کردن مدل و الگوی بهینه می‌پردازیم. مدل سازی با استفاده از نرم افزار SPSS Celementine 12.0 انجام شده است. اصل روش کار، در اینجا داده کاوی پیش بینانه می‌باشد. از روش الگوریتم درخت تصمیم گیری استفاده شده تا بهترین نسبت بین فیلدهای مختلف به دست آید. در این مرحله درخت‌های تصمیم C5.0 و شبکه عصبی با ورودی‌های مختلف مورد آزمایش قرار گرفته اند. درخت تصمیم یک توصیف صریح از شاخه زنی با استفاده از الگوریتم است. هر گره پایانی یا برگ زیر مجموعه ای از داده‌های آموزشی را توصیف می‌کند و هر نمونه در بخش آموزش دقیقاً به یک گره پایانی در درخت تعلق دارد.

ایجاد شده ۷۰ درصد تعیین شده است. برچسب دسته (نوع عارضه) در مدل ایجاد شده در جدول شماره سه توضیح داده شده است.

می‌یابد تا در نهایت داده‌های هر گره در یک دسته قرار داشته باشند. برای بیان قوانین استخراج شده، مسیر ریشه تا برگ پیمایش می‌شود و قوانین به صورت شرطی بیان می‌شود. معیار اطمینان (Confidence) برای قوانین

جدول ۳: برچسب دسته مدل

توضیحات	برچسب دسته
بیمارانی که عارضه ای در آن‌ها مشاهده نشده است	False
عوارض میکروواسکولار (عارضه چشمی، فشارخون، دیالیز، زخم پا)	Micro vascular
عوارض ماکروواسکولار (سکته قلبی، سکته مغزی)	Macro vascular
عوارض میکروواسکولار و ماکروواسکولار	Micro-Macro

روش‌های دسته بندی وجود دارد که میتوان حساسیت (Sensitivity)، شفافیت (Specificity)، دقت (Precision) و صحت (Accuracy) را نام برد. میزان صحت یک روش دسته بندی بر روی مجموعه داده‌های آموزشی، درصد مشاهداتی از مجموعه آموزش است که به درستی توسط روش مورد استفاده دسته بندی شده است. برای محاسبه این شاخص داده‌های آزمون استفاده می‌شوند. همچنین میتوان نرخ خطا (Error Rate) یا دسته بندی نادرست (Misclassification rate) را بر اساس شاخص صحت محاسبه کرد [۸،۹].

$$(۲) \quad \text{صحت} - ۱ = \text{نرخ خطا}$$

برای محاسبه میزان صحت مدل می‌توان از ماتریس اغتشاش (Confusion Matrix) استفاده کرد. این ماتریس ابزاری مفید برای تحلیل چگونگی عملکرد روش دسته بندی در تشخیص داده‌ها یا مشاهدات دسته‌های مختلف است. اگر داده‌ها در M دسته قرار گرفته باشند، یک ماتریس دسته بندی جدولی با حداقل اندازه  $M \times M$  است. حالت ایده آل این است که بیشتر داده‌های مرتبط به مشاهدات روی قطر اصلی ماتریس

جدول شماره پنج مجموعه قوانین ایجاد شده توسط درخت C5.0 را نمایش می‌دهد. قوانین درخت C5.0 به این دلیل انتخاب شده اند که صحت و دقت بالاتری نسبت به الگوریتم‌های دیگر دارد. در بخش ارزیابی این شاخص‌ها و نحوه محاسبه آن‌ها توضیح داده شده است. باید توجه داشت که همه بیماران دیابتی مستعد عوارض هستند و تلاش ما بررسی گزینه‌هایی برای به تعویق انداختن و در صورت امکان عدم بروز عوارض می‌باشد.

### (۵) ارزیابی

در این فاز پس از مدلسازی باید به ارزیابی نتایج حاصل از مدلسازی پرداخت. نتایج ارزیابی باعث بهبود مدل می‌شود و مدل را قابل استفاده می‌نماید. برای بررسی صحت مدل، ابتدا لازم است داده‌های موجود را به سه بخش آموزش، آزمایش و اعتبارسنجی تقسیم کنیم. داده‌های بخش آموزش درخت را تولید می‌کنند و داده‌های بخش آزمایش با کمک تعدادی رکورد، درخت تولید شده را تست و برچسب مربوط به رکوردهای مذکور را تعیین می‌نمایند. داده‌های بخش اعتبارسنجی نیز صحت مدل تولید شده را بررسی می‌کنند. شاخص‌های مختلفی برای ارزیابی صحت



قرار گرفته باشند و مابقی مقادیر ماتریس صفر یا نزدیک به صفر باشند [۸،۹].

$$(۳) \quad \text{حساسیت} = \frac{\text{تعداد داده های برچسب مثبتی که درست دسته بندی شده اند}}{\text{کل تعداد داده های مثبت}}$$

$$(۴) \quad \text{شفافیت} = \frac{\text{تعداد داده های برچسب منفی که درست دسته بندی شده اند}}{\text{کل تعداد داده های منفی}}$$

$$(۵) \quad \text{دقت} = \frac{\text{تعداد داده های برچسب منفی که درست دسته بندی شده اند}}{\text{تعداد داده های برچسب مثبتی که درست دسته بندی شده اند} + \text{تعداد داده های برچسب منفی که به نادرست مثبت دسته بندی شده اند}}$$

$$(۶) \quad \text{صحت} = \frac{\text{تعداد داده های منفی} + \text{تعداد داده های مثبت}}{\text{تعداد کل داده ها} + \text{تعداد کل داده ها}}$$

در این فرمول‌ها منظور از برچسب مثبت، یکی از برچسب دسته‌های (False, Micro, Macro, Micro-) است و برچسب منفی، کل مجموعه داده‌ها (Macro) است و برچسب مثبت می‌باشد. بهترین نتایج با استفاده از گره درخت C5.0 به دست آمده است. در این مرحله از درخت تصمیم C5.0 برای تعیین وجود یا عدم وجود عارضه ای خاص در بیمار با توجه به نتایج به دست آمده از آزمایش‌های بیمار، جنسیت، شاخص BMI و سابقه خانوادگی بیمار استفاده شده است. میزان صحت مدل C5.0 برای داده‌های آموزش ۸۲.۱۸ درصد، داده‌های آزمایش ۷۸.۰۵ درصد و قسمت اعتبارسنجی ۸۹.۷۴ درصد محاسبه شده است. میزان صحت مدل برای شبکه عصبی مصنوعی در قسمت داده‌های آموزش ۴۵.۴ درصد، داده‌های آزمایش ۵۳.۶۶ درصد و قسمت اعتبارسنجی ۵۱.۲۸ درصد محاسبه شده است. با توجه به جدول‌های فوق به وضوح مشخص است که میزان صحت مدل C5.0 بسیار بیشتر از شبکه عصبی مصنوعی است. در جدول شماره چهار شاخص‌ها را که برای هر کدام از برچسب دسته‌ها برای الگوریتم C5.0 با استفاده از ماتریس اغتشاش به صورت جداگانه محاسبه کرده ایم را نمایش می‌دهیم [۹].

جدول ۴: میزان شاخص‌ها برای الگوریتم C5.0

صحت (درصد)	دقت (درصد)	حساسیت (درصد)	شفافیت (درصد)	
۸۱.۵۶	۸۸.۵۷	۷۸.۴۷	۸۳.۶۵	FALSE
۹۷.۸۲	۱۰۰	۶۶.۶۶	۱۰۰	MACRO
۹۲.۵۰	۸۱.۲۵	۷۸.۷۹	۹۵.۷۴	MICRO-MACRO
۸۷.۳۶	۸۶.۴۴	۷۸.۴۶	۹۲.۶۶	MICRO

از آنجایی که فشار سیستولیک نرمال در بیماران دیابتی بین ۱۲۵ تا ۱۳۵ می‌باشد و مهمترین فاکتور ریسک در این بیماران فشارخون بیشتر از ۱۳۵ است، اطلاعات ذیل را از درخت تصمیم ایجاد شده استخراج کرده ایم.

i. اگر فشار سیستولیک بیشتر از ۱۳۵ باشد و سن بیشتر از ۵۶ سال و نسبت احتمال بروز عارضه کلیوی بزرگتر از ۳۰ باشد آنگاه احتمال گرفتاری عوارض میکروواسکولار بالا است.

ii. کسانی که سابقه خانوادگی مثبت دارند حتی در فشار بین ۱۰۰ تا ۱۳۵ نیز گرفتار عوارض میکروواسکولار می‌شوند.

iii. اگر فشار سیستولیک بیشتر از ۱۴۵ و سن بیش از ۵۶ و نسبت احتمال بروز عارضه کلیوی بزرگتر از ۳۰ و تری گلیسرید بزرگتر از ۱۳۸ باشد آنگاه احتمال گرفتاری عوارض ماکروواسکولار بالا است.

iv. بیمارانی که سابقه خانوادگی مثبت دارند و چربی مضر بیشتر از ۱۰۰ دارند، حتی با داشتن فشار نرمال ۱۳۵ دچار عوارض میکروواسکولار شده اند.

v. در فشارخون پایین و سن کمتر از ۵۰ سال و میزان چربی مفید کمتر از ۷۵ حتی با وجود سابقه خانوادگی، با کنترل نسبت احتمال بروز عارضه کلیوی باشد بیماران کمتر دچار عارضه شده اند.

vi. در فشار خون بالا و سن کمتر از ۶۰ سال در صورت بالا بودن نسبت احتمال بروز عارضه کلیوی، بیماران با احتمال بیشتری به عوارض میکروواسکولار دچار می‌شوند.

به صورت کلی می‌توان نتیجه گرفت که اگر فشار بین ۱۲۵ تا ۱۳۵ باشد و چربی مضر کمتر از ۱۰۰ باشد، کمتر دچار عوارض ماکروواسکولار می‌شوند، در نتیجه با کنترل این پارامترها می‌توان از بروز این عوارض تا حدی اجتناب کرد.

میانگین صحت مدل با استفاده از ماتریس اغتشاش ۸۹.۷۴ درصد است. میزان خطای مدل ۱۰.۲۶ درصد است. در نتیجه می‌توان ادعا کرد مدل از دقت و صحت نسبتاً خوبی برخوردار است.

## و) توسعه

ساخت مدل، پایان یک پروژه نیست و هدف از پروژه‌های داده کاوی کشف دانش و استفاده از دانش کشف شده در آینده می‌باشد. دانش کشف شده باید سازماندهی شود و به شکل قابل استفاده برای دیگران نیز در آید. ما در این فاز علاوه بر تهیه گزارش تلاش کردیم تا نشان دهیم میزان تأثیرگذاری پارامترهای مختلف به روی عوارض بیماری چه میزان است. می‌توان از این دانش برای پیش بینی وضعیت بیماران جدید استفاده کرد و در جهت کنترل دیابت بیماران همگام با دانش کشف شده از داده‌های قبلی گام برداشت.

## یافته‌ها

کشف دانش از پایگاه داده‌های پزشکی به منظور تشخیص مؤثر پزشکی بسیار مهم است. هدف از داده کاوی استخراج دانش از اطلاعات ذخیره شده در پایگاه داده و ایجاد شرح روشن و قابل فهم از الگوها است. از بین الگوریتم‌های مورد استفاده، بهترین نتایج از الگوریتم درخت C5.0 به دست آمد که دقت مدل آن برابر ۸۹.۰۶ درصد و صحت مدل ۸۹.۷۶ درصد است. در جدول شماره پنج نمونه قوانین ایجاد شده توسط درخت تصمیم C5.0 ارائه شده است.

فاز ارزیابی توسط افراد متخصص نیز انجام می‌شود. با توجه به قواعد تولید شده، پارامترهایی که بیشترین تأثیر را بر روی عوارض دارند، شناسایی و تایید شده اند. طبق نظر کارشناسان می‌توان از مدل ایجاد شده نتایج زیر را گرفت.

جدول 5: نمونه ای از قواعد ایجاد شده توسط درخت تصمیم C5.0

ردیف	قوانین
1	اگر $100 \leq$ فشارخون سیستولیک، $56 \leq$ سن $< 36$ و سابقه خانوادگی مثبت و قند ناشتا $< 100$ و شاخص $BMI \leq 25.559$ و $78 \leq$ چربی مضر باشد آنگاه برچسب دسته " Micro vascular" است.
2	اگر $125 \leq$ فشارخون سیستولیک $< 100$ ، $56 \leq$ سن $< 36$ ، سابقه خانوادگی مثبت و $75 \leq$ چربی مفید، جنسیت مرد و $19.223 \leq$ احتمال عوارض کلیوی $< 16.667$ باشد آنگاه برچسب دسته " Micro vascular" است.
3	اگر $145 \leq$ فشارخون سیستولیک $< 100$ ، $52 \leq$ سن $< 36$ و سابقه خانوادگی مثبت و قند ناشتا $< 100$ ، چربی مفید $> 32$ و جنسیت زن آنگاه برچسب دسته " Micro vascular" است.
4	اگر $130 \leq$ فشارخون سیستولیک $< 100$ ، $52 \leq$ سن $< 36$ و سابقه خانوادگی مثبت و $130 \leq$ قند ناشتا، جنسیت زن و $75 \leq$ چربی مفید $< 32$ باشد آنگاه برچسب دسته " Micro vascular" است.
5	اگر $130 \leq$ فشارخون سیستولیک $< 100$ ، $52 \leq$ سن $< 36$ و سابقه خانوادگی مثبت و قند ناشتا $< 100$ ، جنسیت زن، $31.250 \leq$ احتمال عوارض کلیوی، قند 2 ساعت بعد از غذا $> 400$ و $75 \leq$ چربی مفید $< 32$ باشد آنگاه برچسب دسته " Micro vascular" است.
6	اگر $145 \leq$ فشارخون سیستولیک، $56 \leq$ سن $< 36$ و سابقه خانوادگی منفی و $212 \leq$ تری گلیسیرید، $31 \leq$ چربی مفید باشد آنگاه برچسب دسته " Micro vascular" است.
7	اگر $145 \leq$ فشارخون سیستولیک $< 45$ ، $56 \leq$ سن، $30 \leq$ احتمال عوارض کلیوی، $92 \leq$ چربی مضر، $168 \leq$ تری گلیسیرید باشد آنگاه برچسب دسته " Micro vascular" است.
8	اگر $145 \leq$ فشارخون سیستولیک $< 45$ ، $56 \leq$ سن، $30 \leq$ احتمال عوارض کلیوی، $92 \leq$ چربی مضر، $28 \leq$ چربی مفید و جنسیت=مرد باشد آنگاه برچسب دسته " Micro vascular" است.
9	اگر $145 \leq$ فشارخون سیستولیک $< 125$ ، $56 \leq$ سن، $30 \leq$ احتمال عوارض کلیوی، $92 \leq$ چربی مضر $> 211$ ، قند 2 ساعت بعد از غذا و جنسیت=مرد باشد آنگاه برچسب دسته " Micro vascular" است.
10	اگر $145 \leq$ فشارخون سیستولیک $< 125$ ، $56 \leq$ سن، $30 \leq$ احتمال عوارض کلیوی، $116 \leq$ چربی مضر $> 211$ ، قند 2 ساعت بعد از غذا، سابقه خانوادگی مثبت و جنسیت=مرد باشد آنگاه برچسب دسته " Micro vascular" است.
11	اگر $145 \leq$ فشارخون سیستولیک، $56 \leq$ سن، جنسیت زن، $116 \leq$ چربی مضر $> 22.30$ ، احتمال عوارض کلیوی $> 138$ و $138 \leq$ تری گلیسیرید باشد آنگاه برچسب دسته " Micro vascular" است.
12	اگر $145 \leq$ فشارخون سیستولیک، $56 \leq$ سن $< 36$ ، سابقه خانوادگی منفی و $212 \leq$ تری گلیسیرید باشد آنگاه برچسب دسته " Macro vascular" است.
13	اگر $145 \leq$ فشارخون سیستولیک، $56 \leq$ سن، $30 \leq$ احتمال عوارض کلیوی، $138 \leq$ تری گلیسیرید و $BMI \leq 22.913$ باشد آنگاه برچسب دسته " Macro vascular" است.
14	اگر $145 \leq$ فشارخون سیستولیک، $36 \leq$ سن آنگاه برچسب دسته " False" است.
15	اگر $100 \leq$ فشارخون سیستولیک، $56 \leq$ سن $< 36$ ، قند ناشتا، $25.559 \leq BMI$ و $78 \leq$ چربی مضر باشد آنگاه برچسب دسته " False" است.
16	اگر $100 \leq$ فشارخون سیستولیک، $56 \leq$ سن $< 36$ ، سابقه خانوادگی مثبت، $100 \leq$ قند ناشتا و $BMI \leq 25.559$ باشد آنگاه برچسب دسته " False" است.
17	اگر $125 \leq$ فشارخون سیستولیک $< 100$ ، $56 \leq$ سن $< 36$ ، سابقه خانوادگی مثبت، $75 \leq$ چربی مفید، جنسیت=مرد و $16.667 \leq$ احتمال عوارض کلیوی باشد آنگاه برچسب دسته " False" است.
18	اگر $125 \leq$ فشارخون سیستولیک $< 100$ ، $56 \leq$ سن $< 36$ ، سابقه خانوادگی مثبت، $75 \leq$ چربی مفید، جنسیت=مرد و $19.223 \leq$ احتمال عوارض کلیوی باشد آنگاه برچسب دسته " False" است.
19	اگر $145 \leq$ فشارخون سیستولیک $< 100$ ، $56 \leq$ سن $< 36$ ، سابقه خانوادگی مثبت، $52 \leq$ چربی مفید، جنسیت=زن و $31.250 \leq$ احتمال عوارض کلیوی $< 16.667$ و $400 \leq$ قند 2 ساعت بعد از غذا باشد آنگاه برچسب دسته " False" است.
20	اگر $145 \leq$ فشارخون سیستولیک $< 100$ ، $56 \leq$ سن $< 36$ ، سابقه خانوادگی مثبت و $75 \leq$ چربی مفید باشد آنگاه برچسب دسته " False" است.
21	اگر $125 \leq$ فشارخون سیستولیک $< 45$ ، $56 \leq$ سن $< 36$ ، چربی مفید، جنسیت=زن، $92 \leq$ چربی مضر $< 30$ ، احتمال عوارض کلیوی $\leq 211$ قند 2 ساعت بعد از غذا باشد آنگاه برچسب دسته " False" است.
22	اگر $145 \leq$ فشارخون سیستولیک، $56 \leq$ سن $< 36$ ، سابقه خانوادگی مثبت و $100 \leq$ قند ناشتا باشد آنگاه برچسب دسته " Micro-Macro" است.
23	اگر $100 \leq$ فشارخون سیستولیک، $56 \leq$ سن $< 36$ ، سابقه خانوادگی مثبت و $257 \leq$ قند ناشتا $< 100$ ، $BMI \leq 25.559$ ، $78 \leq$ چربی مضر باشد آنگاه برچسب دسته " Micro-Macro" است.
24	اگر $145 \leq$ فشارخون سیستولیک، $56 \leq$ سن $< 36$ ، سابقه خانوادگی منفی و $212 \leq$ تری گلیسیرید و $31 \leq$ چربی مفید باشد آنگاه برچسب دسته " Micro-Macro" است.
25	اگر $45 \leq$ فشارخون سیستولیک، $56 \leq$ سن، $30 \leq$ احتمال عوارض کلیوی باشد آنگاه برچسب دسته " Micro-Macro" است.
26	اگر $145 \leq$ فشارخون سیستولیک $< 45$ ، $56 \leq$ سن، $30 \leq$ احتمال عوارض کلیوی، $92 \leq$ چربی مفید و $70 \leq$ چربی مفید باشد آنگاه برچسب دسته " Micro-Macro" است.
27	اگر $125 \leq$ فشارخون سیستولیک $< 45$ ، $56 \leq$ سن، $30 \leq$ احتمال عوارض کلیوی، جنسیت=زن، $92 \leq$ چربی مضر و $211 \leq$ قند 2 ساعت بعد از غذا باشد آنگاه برچسب دسته " Macro" است.
28	اگر $145 \leq$ فشارخون سیستولیک $< 45$ ، $56 \leq$ سن، $30 \leq$ احتمال عوارض کلیوی، جنسیت=زن، $92 \leq$ چربی مضر، سابقه خانوادگی مثبت، $40 \leq$ چربی مفید و $211 \leq$ قند 2 ساعت بعد از غذا باشد آنگاه برچسب دسته " Micro-Macro" است.
29	اگر $145 \leq$ فشارخون سیستولیک $< 45$ ، $56 \leq$ سن، $30 \leq$ احتمال عوارض کلیوی، سابقه خانوادگی مثبت، جنسیت=زن، $154 \leq$ چربی مضر $< 101$ ، $40 \leq$ چربی مفید، $185 \leq$ قند ناشتا و $211 \leq$ قند 2 ساعت بعد از غذا باشد آنگاه برچسب دسته " Micro-Macro" است.
30	اگر $145 \leq$ فشارخون سیستولیک $< 45$ ، $56 \leq$ سن، $30 \leq$ احتمال عوارض کلیوی، سابقه خانوادگی منفی، جنسیت=زن، $154 \leq$ چربی مضر $< 116$ باشد آنگاه برچسب دسته " Micro" است.
31	اگر $145 \leq$ فشارخون سیستولیک و $51 \leq$ چربی مفید باشد آنگاه برچسب دسته " Micro-Macro" است.

## بحث و نتیجه گیری

با ویژگی‌های مشخص، می‌تواند پیش بینی کرد که این فرد احتمالاً دچار چه نوع عارضه ای خواهد شد. با کنترل عوامل تأثیرگذار بر بروز عارضه در هر بیمار، می‌توان امیدوار بود از بروز عارضه تا حدی اجتناب کرد و یا آن را به تعویق انداخت. در ادامه نتایج کار خود را با کارهای مشابه در این حوزه در جدول شش مقایسه کرده ایم. تحقیقی مشابه با کار پژوهشی انجام شده توسط ما که بروز عوارض میکروواسکولار، میکروواسکولار و بروز هر دو نوع عارضه را بررسی کرده باشد، یافت نشده است.

در این تحقیق با استفاده از الگوریتم‌های داده کاوی به دسته بندی بیماران دیابتی بر اساس عارضه‌های مشاهده شده در آن‌ها پرداختیم. عوارض این بیماری را بر اساس دو دسته میکروواسکولار و ماکروواسکولار دسته بندی کردیم. از بین الگوریتم‌های مورد استفاده، بهترین نتایج از الگوریتم درخت C5.0 به دست آمد که دقت مدل آن برابر ۸۹.۰۶ درصد و صحت مدل ۸۹.۷۴ درصد است.

بیشترین پارامترهای تأثیرگذار بر روی عوارض بیماری میزان فشار سیستولیک، سن، سابقه خانوادگی و چربی مضر شناخته شده اند. با استفاده از قوانین ایجاد شده، برای یک نمونه جدید

### جدول ۶: مقایسه نتایج کار با کارهای انجام شده قبلی

نویسندگان و سال ارائه تحقیق	روش انتخابی	عارضه مورد بررسی			تأثیر گذارترین ویژگی‌ها	صحت مدل	حساسیت مدل انتخابی
		هر دو نوع عارضه	ماکرو واسکولار	میکرو واسکولار			
Miyaki و همکاران (۲۰۰۲)	CARD	✓	✓	✓	سن، BMI و فشار خون سیستولیک	محاسبه نشده است	محاسبه نشده است
Beak hwan (۲۰۰۷)cho	دسته بندی ماشین بردار و رگرسیون	✓	✓	✓	فشارخون و شاخص BMI بالا، میکرو آلبومین و گلبول سفید	SVM: ۹۲٪	SVM: ۳۶٪
Chain (۲۰۰۸)	C5.0 و شبکه عصبی مصنوعی	✓	✓	✓	کراتینین، سن، سابقه خانوادگی، چربی مضر، HbA <sub>1c</sub>	محاسبه نشده است	شبکه عصبی: ۶۷.۱۸۳٪ C5.0: ۶۴.۲۵٪
مدل انتخابی ما	C5.0 و شبکه عصبی مصنوعی	✓	✓	✓	فشار سیستولیک، سن، سابقه خانوادگی و چربی مضر	شبکه عصبی: ۵۱.۲۴٪ C5.0: ۸۹.۷۴٪	C5.0: ۷۵.۵۹٪

پارامترهای فشارخون و شاخص BMI بالا، میکرو آلبومین و گلبول سفید استفاده کرده است که ویژگی‌های مشترکی با مدل انتخابی ما دارد ولی برخلاف مدل ما، الگوریتم ارائه شده توسط بریک تنها عوارض میکروواسکولار را مورد بررسی قرار داده است.

برای ساخت مدل‌ها و دانش بهتر، استفاده از نتایج چندین آزمایش متوالی، بررسی میزان کنترل قندخون و HgA<sub>1c</sub> و تأثیر عدم کنترل این ویژگی‌ها بر روی بروز عوارض مختلف و طول مدت بیماری مفید می‌باشد.

میاکی و همکاران مهم ترین ویژگی‌های تأثیر گذار بر عوارض میکرو واسکولار و ماکرو واسکولار را سن، شاخص BMI و فشارخون سیستولیک معرفی کردند، که مطابق با یافته‌های الگوریتم پیش نهادی ما می‌باشد. در مطالعه انجام شده توسط چین و همکاران برای شناسایی عوامل مؤثر بر عوارض میکروواسکولار، ویژگی‌های کراتینین، سن، سابقه خانوادگی، چربی مضر و HbA<sub>1c</sub> بررسی شده اند. ویژگی مشترک مورد مطالعه های کراتینین، سن، سابقه خانوادگی، چربی مضر است. دقت مدل پیشنهادی ما بالاتر است. بریک در پژوهشی برای شناسایی عوارض میکروواسکولار از

## References

- Mohamed E. I, Linder R. Perriello G, Di Daniele N, Pöpl S. J, De Lorenzo A. Predicting type 2 diabetes using an electronic nose-based artificial neural network analysis. *Diabetes, nutrition & metabolism*. 2002. 15(4), 215-221.
- Pickup J.C. Williams G. (Eds.). *Textbook of diabetes*, Blackwell Science, Oxford. 2003.
- Ahmadi K. *Guideline & book review. The internal (endocrine and lung)*. Ahmadi Cultural Institute. 2009 edition [Persian].
- Al Jarullah, Asma A. Decision tree discovery for the diagnosis of type II diabetes. In *Innovations in Information Technology (IIT)*, 2011 International Conference on, 2011; pp. 303-307. IEEE.
- Fang X. Are you becoming a diabetic? A data mining approach. In *Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*, 2009. FSKD'09. Sixth International Conference on, vol. 5, 2009; pp. 18-22. IEEE.
- Khajehei M. Etemady F. *Data Mining and Medical Research Studies*. In *Computational Intelligence, Modelling and Simulation (CIMSIM)*, 2010 Second International Conference on, 2010; pp. 119-122. IEEE.
- Jayalakshmi T. Santhakumaran A. A Novel Classification Method for Diagnosis of Diabetes Mellitus Using Artificial Neural Networks. In *Data Storage and Data Engineering (DSDE)*, 2010 International Conference on, 2010; pp. 159-163. IEEE.
- Alizadeh S, Ghazanfari M, Teimorpour B. *Data Mining and Knowledge Discovery*, Publication of Iran University of Science and Technology .2nd ed. 2011 [Persian].
- Han J. Kamber M. chapter 1: introduction :*Data Mining: Concepts and Techniques* , Morgan Kaufman Publisher. 2nd ed. 2006.
- Juan G. Luo S. Jia H. Zhang T. and Han Y. Type 2 diabetes data processing with EM and C4. 5 algorithm. In *Complex Medical Engineering*, 2007. CME 2007. IEEE/ICME International Conference on, 2007; pp. 371-377. IEEE.
- Breault, Joseph L. Colin R. Goodall, and Peter J. Fos. Data mining a diabetic data warehouse. *Artificial Intelligence in Medicine* 26, no. 1, 2002; pp. 37-54.
- Miyaki K. Takei I. Watanabe K. Nakashima H. & Omae K. Novel statistical classification model of type 2 diabetes mellitus patients for tailor-made prevention using data mining algorithm. *Journal of epidemiology/Japan Epidemiological Association*, 2002; 12(3), 243.
- Rohlfing C. L. Wiedmeyer H. M. Little R. R. England J. D. Tennill A. & Goldstein D. E. Defining the relationship between plasma glucose and HbA1c analysis of glucose profiles and HbA1c in the Diabetes Control and Complications Trial. *Diabetes care*, 2002; 25(2), 275-278.
- Silverstein C. Brin S. Motwani R. & Ullman J. Scalable techniques for mining causal structures. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 2000; 4(2-3), 163-192.
- Quentin-Trautvetter J. Devos P. Duhamel A. & Beuscart R. Assessing association rules and decision trees on analysis of diabetes data from the DiabCare program in France. *Studies in health technology and informatics*. 2002; 90, 557.
- Huang Y. McCullagh P. Black N. & Harper R. Feature selection and classification model construction on type 2 diabetic patients' data. *Artificial intelligence in medicine*, 41(3). 2007; 251-262.
- Han J. Rodriguez J. C. & Beheshti M. Diabetes data analysis and prediction model discovery using

rapidminer. In Future Generation Communication and Networking, 2008. FGNC'08. Second International Conference on. vol. 3, 2008; pp. 96-99. IEEE.

18. Anbananthen K. S. M. Sainarayanan G. Chekima A, & Teo J. Artificial Neural Network Tree Approach in Data Mining. Malaysian Journal of Computer Science, 20 no. 1, 2007; 51.

19. Cho B. H. Yu H. Kim K. W. Kim T. H. Kim I. Y. & Kim S. I. Application of irregular and unbalanced data to predict diabetic nephropathy using visualization and feature selection methods. Artificial Intelligence in Medicine, 42 no. 1, 2008; 37-53.

20. Chan C. L. Liu Y. C. & Luo S. H. Investigation of diabetic microvascular complications using data mining techniques. In Neural Networks, 2008. IJCNN 2008. (IEEE World Congress on Computational Intelligence). IEEE International Joint Conference on, 2008; pp. 830-834. IEEE.

21. Patil B. M. R. C. J. and Durga T. Association rule for classification of type-2 diabetic patients. In Machine Learning and Computing (ICMLC), 2010 Second International Conference on, 2010; 330-334. IEEE.

22. Aljumah A. A. Ahamad M. G. & Siddiqui M. K. Application of Data Mining: Diabetes Health Care in Young and Old Patients. Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences. vol.25, 2012; 127-136.

23. Antonelli D. Baralis E. Bruno G. Cerquitelli T. Chiusano S. & Mahoto N. Analysis of diabetic patients through their examination history. Expert Systems with Applications. Vol.40, 2013; 4672-4678.

24. Newman D. J. Hettich S. Blake C. L. & Merz C. J. UCI Repository of machine learning databases, Irvine, CA: University of California, Department of

Information and Computer Science. 1998, last accessed: 1/10/2009.

25. Chen G. Åstebro T. How to deal with missing categorical data: test of a simple Bayesian method. Organizational Research Methods, 6 no.3, 2003; 309-327.

26. Witten I. H. Frank E. Data Mining: Practical machine learning tools and techniques. Morgan Kaufmann. 2005.