بهینه‌سازی درخت تصمیم‌گیری فازی با استفاده از الگوریتم ژنتیک به‌منظور تشخیص مزاج در طب سنتی ایران

راحله آوانسری[الف]، فرهاد سلیمانیان قره‌چپق[الف*]، مرتضی مجاهدی[ب]

[الف]گروه مهندسی کامپیوتر، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران

[ب]گروه طب سنتی، دانشکدهٔ طب سنتی، دانشگاه علوم پزشکی بابل، بابل، ایران

چکیده

سابقه و هدف: یکی از مباحث مهم و اساسی در طب ایرانی، دانش شناخت مزاج است و بسیاری از دستورات حفظ سلامتی، تشخیص و درمان بیماری‌ها بر مبنای مزاج تعیین‌شدهٔ هر فرد با دیگران متفاوت است. کشف و شناخت شیوه‌های استاندارد تعیین مزاج از مهم‌ترین اولویت‌های پژوهشی در طب ایرانی است. در این پژوهش از درخت تصمیم فازی برای طبقه‌بندی داده‌ها و الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی ویژگی‌های لازم برای تشخیص مزاج استفاده می‌شود.

مواد و روش‌ها: در مطالعهٔ حاضر از دو مجموعه داده با ۵۲ نمونه و ۲۲۱ نمونه استفاده می‌شود. برای هر دو مجموعهٔ داده، شناخت داده و مدل‌سازی تشخیص مزاج بر مبنای درخت تصمیم‌گیری فازی با الگوریتم ژنتیک انجام می‌شود. برای این کار ابتدا زیرمجموعه‌ای از ویژگی‌ها با استفاده از الگوریتم ژنتیک انتخاب و سپس درخت تصمیم‌گیری فازی به‌منظور ساخت قوانین استفاده می‌شود.

یافته‌ها: برای هر مجموعهٔ داده دو درخت تصمیم‌گیری برای گرمی/سردی و تری/خشکی ساخته و قواعد تولید شده توسط پزشک متخصص طب ایرانی ارزیابی شد. نتایج نشان داد قوانین صحیح تولید شده در مجموعهٔ داده دوم برای مزاج گرم/سرد برابر با ۴۴ درصد و مزاج تر/خشک برابر با ۳۳ درصد است. در مجموعهٔ دادهٔ اول قوانین صحیح تولید شده توسط درخت تصمیم فازی با الگوریتم ژنتیک برای مزاج تر/خشک برابر با ۹/۵ درصد است.

نتیجه‌گیری: مقایسهٔ نتایج با پژوهش انجام‌شدهٔ قبلی، نشان می‌دهد که استفاده از الگوریتم ژنتیک و انتخاب زیرمجموعه‌ای از ویژگی‌ها، حجم محاسباتی و اندازهٔ درخت را کاهش می‌دهد و نتایج بهینه‌تری حاصل می‌شود و درصد خطاهای رخ داده هم کاهش می‌یابد. هر چند به‌نظر می‌رسد، در حال حاضر نتایج حاصل از این پژوهش کاربردی نیست ولی می‌تواند شروعی برای پژوهش‌های بعدی در زمینهٔ بهینه‌سازی الگوریتم‌های هوشمند برای تشخیص مزاج باشد.

کلیدواژه‌ها: مزاج، طب ایرانی، درخت تصمیم‌گیری، منطق فازی، بهینه‌سازی

تاریخ دریافت: فروردین ۹۹

تاریخ پذیرش: مرداد ۹۹

مقدمه:

در سال‌های اخیر جامعهٔ پزشکی جهان به اهمیت روش‌های درمان طبیعی و مکاتب طب سنتی و مکمل پی برده است و دانشکده‌ها و مراکز تحقیقاتی بسیاری در غرب و شرق جهان به پژوهش برای اثبات کارآمدی و به‌کارگیری روش‌های مختلف طب مکمل مشغول هستند. توسعهٔ رو به گسترش طب سنتی چین، طب تبتی و صدها مکتب و روش گوناگون، نشان‌دهندهٔ این حرکت جهانی است. این حرکت، همچنین موجب شده است که پزشکان و محققان در ایران و دیگر کشورهای جهان به شناخت مبانی طب ایرانی گرایش یابند (۱).

در طب ایرانی، بسیاری از دستورهای بهداشتی مربوط به سبک زندگی (تدابیر حفظ سلامتی) بر مبنای مزاج افراد تنظیم شده است. محوریّت مزاج تقریباً همهٔ حوزه‌های تشخیص و درمان این مکتب را متأثر می‌سازد. هر فرد در یکی از نه گروه اصلی مزاج جای دارد. از بین این نه گروه یک گروه معتدل و هشت گروه دیگر غیرمعتدل شامل چهار مزاج ساده یا مفرد (گرم، سرد، تر و خشک) و چهار مزاج مرکب (گرم و تر، گرم و خشک، سرد و تر، سرد و خشک) هستند. با توجه به اینکه مزاج هر فرد، بسیاری از خصوصیات جسمی، روحی و فیزیولوژیک او را تحت تأثیر قرار می‌دهد، برای تعیین مزاج هر

* فرد مسئول مکاتبات: farhad@iaurmia.ac.ir

فرد و تعیین جایگاه او در یکی از گروه‌های نه‌گانه مزاجی باید خصوصیات مذکور بررسی شود تا بر اساس برآیند آنها، مزاج فرد به‌دست آید. شاخص‌های تعیین مزاج عبارت‌اند از:وضعیت گرمی و سردی (۲).

پوست بدن در لمس (ملمس)؛ وضعیت چاقی و لاغری (سَحنه)؛ خصوصیات مو (سرعت رشد، حجم، ضخامت، حالت و رنگ)؛ رنگ بدن؛ ابعاد بدن (آناتومی و حجم بدن ــ استخوان‌ها و مفاصل، چگونگی نبض و وریدهای سطحی، شکل بینی و ...)؛ سرعت تأثیرپذیری از کیفیت‌های چهارگانه (سرعت در انجام کارها و...)؛ وضعیت خواب و بیداری (اعتدال در خواب یا زیادی و کمی خواب و همچنین سبکی و سنگینی خواب)؛ افعال (فعل و انفعالات فیزیولوژیک بدن مانند هضم و جذب غذاــ نبض و برخی رفتارها مانند خشم و غضب و شجاعت و ... – عملکرد ذهنی شامل حواس پنج‌گانه، حافظه، افکار، خصوصیات روحی و روانی و ...)؛ کیفیت مواد دفعی (کیفیت کلیه مواد دفعی بدن در مراحل گوناگون هضم و فضول مندفعه)؛ فعل و انفعالات نفسانی (طیف وسیعی از عملکرد حس‌های پنج‌گانه، خصوصیات ذهنی و روحی‌ـروانی مانند ارادهٔ قوی، زیرکی، دلاوری، پیش‌قدم بودن، حسن ظن، نشاط و ...).

منابع مطالعه‌شده دربارهٔ شاخص‌هایی که براساس آن‌ها طبیب باید به تعیین مزاج پایهٔ افراد بپردازد، توافق نظر بالایی دارند، اما اولویت یا ارجحیت خاصی برای هیچ‌کدام از شاخص‌ها قائل نشده‌اند، از سوی دیگر هنوز اشتراک نظر و توافق کاربردی بین متخصصان طب ایرانی در مورد تعیین مزاج گزارش نهایی نشده است و پژوهش‌های در حال انجام در تلاش برای دستیابی به ابزارهای استاندارد تعیین مزاج هستند (۳).

در راستای بهبود سرعت و دقت کارها و همچنین واگذاری کارهای روزمره به ماشین‌ها، علم طب سنتی ایرانی برای حرکت در راستای کاربردی شدن و توسعهٔ هر چه بیشتر، نیازمند روش‌های هوشمند و سیستم‌هایی با دقت و سرعت بالا هستند. که موجب صرفه‌جویی در زمان و هزینهٔ مراجعه‌کنندگان و پزشکان شود و از طرف دیگر تعیین توافق میان مزاج تشخیص داده شده توسط متخصصان طب ایرانی می‌تواند در ارزیابی بهتر و درمان بر اساس مزاج تشخیص داده شده، راه‌گشا باشد.

در این مطالعه برای انتخاب یک سری ویژگی‌های مهم و کاربردی در تشخیص مزاج از مسألهٔ یادگیری ماشینی یا بازشناسی الگو استفاده می‌شود. مسأله بهینه‌سازی که هدف آن حداقل کردن چند تابع حقیقی است برای این مورد به‌کار برده می‌شود، الگوریتم ژنتیک (۴) به‌عنوان یکی از الگوریتم‌های بهینه‌سازی و هوشمند به‌کار گرفته می‌شود تا ویژگی‌های مورد نظر با تعداد کمتر انتخاب کرده سپس برای این تعداد کمتر ویژگی‌ها، مدل‌سازی برای تعیین پرسش‌های مورد نیاز برای تشخیص مزاج به‌کار گرفته شود. الگوریتم ژنتیک یک روند تکراری است که معمولاً روی جمعیت اولیه با اندازهٔ ثابت اعمال می‌شود. یک جمعیت اولیه از افراد به‌صورت تصادفی تولید می‌شوند در هر تکرار که نسل نامیده می‌شود افراد جمعیت جاری ارزیابی شده به هر کدام از آن‌ها یک برازندگی نسبت داده می‌شود. به‌منظور تشکیل یک جمعیت جدید قوانین باید انتخاب شوند، فرزندان از والدین خود تولید شده و نسل بعد را به‌وجود می‌آورند که اگر برازندگی کمی دارند از جمعیت حذف می‌شوند (۵)؛ که در این مطالعه ویژگی‌های تشخیص مزاج همان جمعیت اولیه را برای این الگوریتم تشکیل می‌دهد. برای مدل‌سازی و طبقه‌بندی این ویژگی‌ها از مدل درخت تصمیم‌گیری که شاخه‌ای از علم داده‌کاوی است استفاده می‌شود.

درخت تصمیم‌گیری مدلی است که جهت نمایش طبقه‌کننده‌ها استفاده می‌شود. این درخت از تعدادی گره و شاخه تشکیل شده است. در درخت تصمیم‌گیری که عمل طبقه‌بندی را انجام می‌دهد، برگ‌ها بیانگر کلاس‌ها هستند. در هر یک از گره‌های دیگر (گره‌های غیربرگ) با توجه به یک یا چند صفت خاصه، تصمیم‌گیری صورت می‌گیرد. در طبقه‌بندی بسیاری از الگوها فضای بزرگی از ویژگی‌ها وجود دارد که بسیاری از این ویژگی‌ها ممکن است نامرتبط یا تکراری باشند

و باعث پیچیدگی درخت تصمیم‌گیری شوند. مسألهٔ اصلی در پیچیدگی درختان تصمیم‌گیری، اندازهٔ بیش از حد، عدم انعطاف‌پذیری و دقت کم در طبقه‌بندی است (۶).

در مطالعهٔ حاضر با استفاده از الگوریتم ژنتیک و انتخاب ویژگی‌های مؤثر و بهینه‌سازی و با استفاده از درخت تصمیم فازی داده‌های مربوطه طبقه‌بندی می‌شوند و مطابق این الگوریتم، افراد به گروه‌های گرم/سرد و مرطوب/خشک تقسیم‌بندی می‌شوند و علاوه بر یادگیری خبرگی، با استفاده از بهینه‌سازی درخت تصمیم فازی با الگوریتم ژنتیک اولویت و ارجحیت جدیدی برای شاخص‌ها ارائه داده و قوانین جدیدی تولید شوند و همچنین چگونگی رسیدن به نتیجه توصیف می‌شود. مزاج‌ها به‌طور کلی، به نه مزاج اصلی (۷) تقسیم می‌شوند. این مزاج‌ها ممکن از کنش عامل‌های خارجی، داخلی و روانی مثل فصل، سن، جنسیت، مکان زندگی، اعراض نفسانی و...، تحت تأثیر قرار گرفته، دگرگون شوند. در این مطالعه با داشتن مجموعهٔ داده‌ها از ویژگی‌های جسمی و روحی افراد، مزاج اصلی و جبلّی شخص را تشخیص خواهیم داد.

یکی از جذاب‌ترین سامانه‌های خبره که بین سامانه‌های خبرهٔ اولیه و سامانه‌های توسعه داده شده، وجود دارد، MYCIN نام دارد. این سامانه اولین‌بار در دانشگاه استنفورد در دههٔ هفتاد ایجاد شد (۸) و تأثیر بسزایی در طراحی سامانه‌های خبرهٔ تجاری داشت. پزشکان به‌دلیل پیامدهای اخلاقی و قانونی استفاده از انفورماتیک در پزشکی، مایل به استفاده از MYCIN نبودند. (اگر چیزی اشتباه می‌شد، چه کسی مسئول بود؟) با این حال، در بعضی موارد سامانهٔ MYCIN موجب افزایش توان اعضای دانشکدهٔ پزشکی استنفورد می‌شد. توسط MYCIN جهان (پزشکی) به مجموعه‌ای از قواعد اگر-آنگاه و ضرایب قطعیت مدل شد. یکی از این قواعد که به زبان طبیعی تنظیم شده بود، به این شکل است: اگر بیماری عفونی ناشی از وجود باکتری در خون به شکل اولیه باشد و محل رشد میکروب یک محل استریل باشد و محل ورودی میکروب، دستگاه گوارش باشد، آنگاه شواهد (با قطعیت ۰/۷ درصد دلالت بر عفونت شبه باکتریایی دارد. MYCIN با استفاده از زبان برنامه‌نویسی LISP ایجاد شد و اساساً یک سامانهٔ هدف‌محور است که مبتنی بر راهبرد استدلال پس‌رو است. یک‌سری از قواعد رفتاری که به این ساختار تحمیل می‌شود، به‌منظور مدیریت جستجو برای یافتن یک راه‌حل در تحقیق مورد استفاده قرار می‌گیرد (۹). به نرم‌افزارهای مختلفی مثل نرم‌افزار DENDRAL: شرح و بیان ساختار مولکولی و تحلیل شیمیایی، نرم‌افزار PUFF: تشخیص بیماری‌های ریوی، نرم‌افزار XBONE: تشخیص بیماری‌های استخوانی، نرم‌افزار VM: نظارت بر بیماران نیازمند مراقبت‌های ویژه، BLUE BOX: تشخیص و درمان افسردگی، ATTENDING: آموزش در امور مدیریت بی‌هوشی، CADUCEUS: تشخیص بیماری‌های مربوط به طب داخلی هم می‌توان اشاره کرد.

سیستم خبرهٔ طب سنتی برای تشخیص بیماری‌های گوارشی و تجویز داروهای گیاهی (۱۰): سیستم با دریافت علائم بیماری از کاربر، نوع بیماری را تشخیص داده و داروهای گیاهی لازم و روش‌های سنتی درمان را ارائه می‌کند. علاوه بر این می‌تواند دلیل بروز و روش پیشگیری از این بیماری‌ها را نیز اعلام کند. نحوهٔ تعامل کاربر با سیستم به‌صورت محاوره‌ای صورت می‌گیرد به‌گونه‌ای که بیمار علائمی که در خود دارد و شیوهٔ زندگی خود را شرح می‌دهد سیستم با سؤالاتی که از بیمار می‌پرسد با استفاده از روش استنتاج پیش‌رو، بیماری را تشخیص می‌دهد. این سیستم برای نمایش فرضیه‌ها از درخت تصمیم‌گیری استفاده کرده است و حقایق و قوانین با استفاده از نرم‌افزار CLIPS پیاده‌سازی شده است. ارزیابی نتایج این سیستم توسط متخصصان طب ایرانی انجام گرفته است. که نتایج تست نرم‌افزار در تشخیص تعداد ۵۰ مورد بیماری مورد ارزیابی قرار گرفته است که در تمامی موارد بیماری بر اساس علائمی که بیمار به سیستم داده بود، درست تشخیص داده شده است.

توسعه و استانداردسازی پرسش‌نامهٔ تعیین مزاج افراد، که در این مطالعه دو پرسش‌نامهٔ برای تعیین مزاج سرشتی و

عارض طراحی و روایی و پایایی آن‌ها ارزیابی شد و به‌منظور ارزیابی پایایی پرسش‌نامه بر اساس آزمون و دوباره‌آزمون و برای تعیین پایایی درونی پرسش‌نامه‌های عارض و سرشتی از شاخص آلفای کرونباخ و به‌منظور تعیین پایایی پرسش‌نامه‌ها از ضریب همبستگی بین‌خوشه‌ای استفاده شده است (۱۱).

تعیین وزن قوانین درخت تصمیم فازی با استفاده از الگوریتم‌های تکاملی، که در آن روشی برای به‌کارگیری الگوریتم‌های تکاملی از جمله الگوریتم ژنتیک برای تعیین وزن قوانین در درخت تصمیم فازی وزن‌دار ارائه شده است تا دقت طبقه‌بندی آن بدون افزایش پیچیدگی آن افزایش داده شود (۱۲).

کیم و جانگ (۱۳) بهینه‌سازی درخت تصمیم فازی با استفاده از الگوریتم ژنتیک را ارائه داده‌اند. در این مطالعه پیشنهاد شده قوانین فازی بهینه‌شده با روش ژنتیک برای طیقه‌بندی، هم دقت، هم قابل درک بودن را در پی خواهد داشت و استفاده از الگوریتم ژنتیک را برای تعیین مجموعهٔ بهینه توابع عضویت برای مقداری داده بررسی کرده‌اند. برای مجموعهٔ توابع عضویت داده شده یک درخت تصمیم فازی ایجاد شده و دقت و پیچیدگی قوانین ارزیابی شدند که با تابع ارزیاب برای بهینه‌شدن ترکیب شوند. نتایج روش آنان نشان داده که عملکرد و پیچیدگی قوانین در مقایسه با روش‌های موجود کارآمدتر بوده است.

اسپیندولا و همکارانش (۱۴) رویکرد درخت تصمیم‌گیری فازی را برای شروع یک الگوریتم ژنتیک برای طبقه‌بندی داده‌ها ارائه کرده‌اند. این مطالعه یک درخت تصمیم فازی برای ایجاد اولین جمعیت الگوریتم ژنتیک برای انجام طبقه‌بندی داده‌ها معرفی می‌کند. الگوریتم ژنتیک قصد دارد به‌وسیلهٔ بهینه‌سازی پایگاه‌های قوانین فازی طبقه‌بندی‌های فازی کوچک را به‌دست آورد. در این مطالعه نشان داده شده چگونه پایهٔ قوانین فازی تولیدشده از یک پایگاه دادهٔ عددی و چگونه بهترین زیرمجموعه آن توسط الگوریتم ژنتیک پیدا می‌شود. طبقه‌بندی‌ها از لحاظ دقت و تعداد ویژگی‌های مورد استفاده بررسی شده‌اند. نتایج به‌دست آمده در مقایسه با یک مطالعهٔ شناخته‌شده و با یک ابزار درخت تصمیم‌گیری نشان داده است که این روش قادر به تولید طبقه‌بندی‌های کوچک فازی با عملکرد بسیار خوبی است.

هدف این پژوهش در راستای دسترسی به ابزارهای استاندارد تعیین مزاج، دستیابی به الگوی آزمایشی تعیین مزاج با روش بهینه‌سازی درخت تصمیم فازی (۱۵، ۱۶) با استفاده از معتبرترین داده‌های تعیین مزاج طب ایرانی است. بر اساس این پژوهش مجموعه‌ای از ویژگی‌ها توسط الگوریتم ژنتیک انتخاب و بهینه‌سازی درخت تصمیم فازی با این روش انجام می‌شود در نتیجه قوانینی که تأثیر کمتری در روند تشخیص مزاج دارند حذف می‌شوند تا هم دقت مسأله افزایش پیدا کرده و هم پیچیدگی مسأله کاهش یابد و با شاخص‌های کمتر و مؤثرتر به تشخیص درست دست یافت (۱۷، ۱۸). حذف کردن ویژگی‌های نامرتبط یا تکراری تأثیر قابل‌توجهی در عملکرد طبقه‌بندی خواهد داشت لذا با انتخاب ویژگی‌های مهم و مؤثر می‌توان طبقه‌بندی و عملکرد آن‌ها را بهبود داد (۱۹، ۲۰).

مواد و روش‌ها:

در این بخش مراحل روش پیشنهادی به‌ترتیب تشریح می‌شوند که شامل جمع‌آوری داده‌ها، بهینه‌سازی درخت تصمیم فازی با استفاده از انتخاب ویژگی توسط الگوریتم ژنتیک است. قواعد تولیدشده در پژوهش‌های پیشین بهینه‌شده و نتایج بهتری حاصل شده است. عملکرد الگوریتم ژنتیک و شیوهٔ ساخت درخت تصمیم فازی با استفاده از الگوریتم ID3 توضیح مختصر داده می‌شود. در این مطالعه از الگوریتم ژنتیک برای انتخاب زیرمجموعه‌ای از ویژگی‌ها و سپس درخت تصمیم فازی با استفاده از الگوریتم ID3 آموزش داده می‌شود تا قوانین مورد نظر تولید شوند.

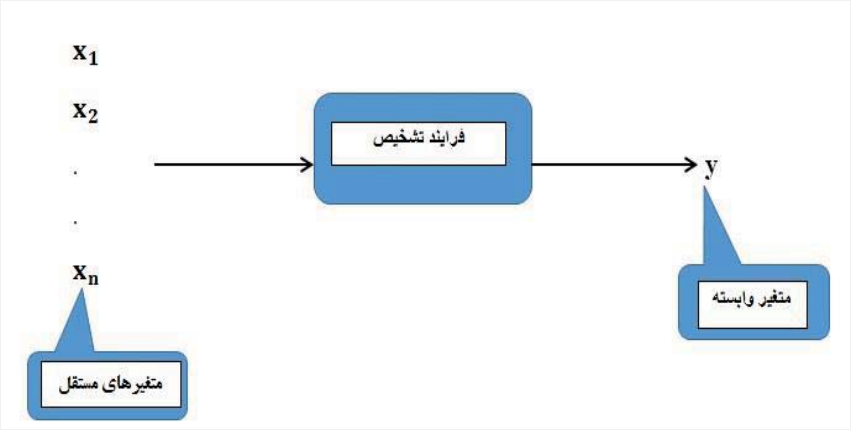
مرحلهٔ اول: مجموعهٔ دادهٔ استفاده‌شده

در این مطالعه از دو مجموعهٔ دادهٔ معتبر برای بهینه‌سازی درخت تصمیم استفاده شده است. مجموعهٔ دادهٔ اول (۲۱) شامل ۵۲ نمونه از ویژگی‌های افرادی است که تشخیص مزاج شده‌اند. در واقع این مجموعه داده‌ها برای آموزش استفاده می‌شود تا قواعد تشخیص مزاج تولید شوند. این مجموعهٔ داده

شامل ۷۰ ویژگی است که در دو دسته قرار دارند، ۳۱ ویژگی ابتدایی مربوط به سنجش دمای محیط و قلب و کبد و پیشانی و غیره است. این ویژگی‌ها اندازه‌گیری شده و متعلق به اعداد حقیقی هستند. بقیهٔ ویژگی‌ها شامل ۳۹ سؤال طرح شده از افراد هستند که هر سؤال دارای ۵ گزینه است. مجموعهٔ دادهٔ دوم، شامل ۲۲۱ نمونه و ۱۰ ویژگی است که در طرح پژوهشی انجام گرفته در دانشگاه علوم پزشکی بابل با کد ۴۳۰۹ تصویب و ثبت شده است (۲۲).

مرحلهٔ دوم: مدل‌سازی و استخراج قوانین مزاج‌شناسی

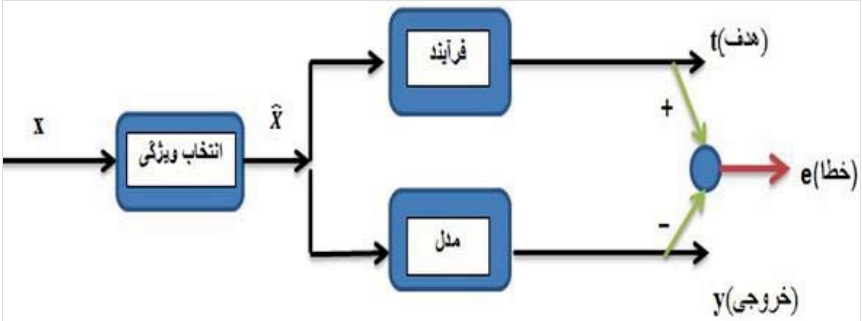
در این مطالعه از الگوریتم ژنتیک برای انتخاب ویژگی‌ها و از درخت تصمیم فازی برای مدل‌سازی و استخراج قوانین مزاج‌شناسی استفاده شده است. افزایش تعداد ویژگی‌ها اگرچه می‌تواند منجر به تولید دقت بالایی در طبقه‌بندی شود، اما به‌طور هم‌زمان ممکن است باعث پیچیده‌تر شدن طبقه‌بندی و افزایش حجم محاسباتی آن شود. تعداد ویژگی‌های انتخابی بر این اساس است که هم خطا کاهش یابد و هم دقت جواب‌ها حفظ شود برای این منظور به یک ثابت نیاز است که این تعادل حفظ شود و تابع هزینه بر این اساس طراحی می‌شود. در این مطالعه از برنامه‌نویسی در محیط متلب و مدل یادگیری شبکهٔ عصبی (۲۳) برای آموزش و محاسبهٔ تابع هزینهٔ الگوریتم ژنتیک استفاده شده و از طریق آن تابع هزینه برای هر نمونهٔ حساب‌شده به‌عنوان ورودی الگوریتم ژنتیک وارد سیستم می‌شود. ما یک سری متغیرهای مستقل (ویژگی‌ها) داریم که این متغیرها در حالت عادی وارد سیستم می‌شوند و یک خروجی هدف را ایجاد می‌کنند. ارتباط بین متغیرهای مستقل نامشخص است. این متغیرها در یک سیستم یا فرآیند وارد می‌شوند و یک سری متغیرهای وابسته را به‌وجود می‌آورند. متغیرهای وابسته، خاصیتی از آن مجموعه هستند، که می‌خواهیم با یک تابعی یا فرآیندی، متغیرهای مستقل را به آن ربط دهیم. شکل ۱ مدل‌سازی متغیرهای مستقل را نشان می‌دهد.



شکل ۱. مدل‌سازی در یادگیری ماشینی

در واقع توسط مدل‌سازی، متغیرهای ورودی مستقل به متغیرهای وابسته تبدیل می‌شوند. تمام n ویژگی لازم نیست تا خروجی به‌درستی تشخیص داده شود و می‌توان از برخی از آنها صرف‌نظر کرد. اینکه از بین n ویژگی، تعدادی که کمتر از n تا هستند انتخاب شوند به‌نحوی که فرآیند ارتباط بین ورودی و خروجی به‌طور منطقی حفظ شود، و به‌شکل مناسبی پیاده‌سازی انجام شود. برای انتخاب ویژگی از مدل‌هایی از یادگیری نظارت‌شده استفاده می‌شود. خطا (e) در مدل یادگیری در واقع اختلاف بین خروجی مدل (y) و خروجی هدف (t) است. x ورودی (ویژگی‌ها) و $\hat{x}$ ویژگی‌های انتخاب شده است (شکل ۲).

معادلات ۱ تا ۶ به‌منظور تعریف خطا و مراحل بهینه‌سازی جواب‌ها تعریف شده‌اند.



شکل۲. انتخاب ویژگی با مدل یادگیری نظارت‌شده

معادلات ۱ تا ۶:

$$t-y=e \quad (۱)$$

$$y = f(x) \approx \hat{f}(\hat{x}), \hat{x} \subseteq x \quad (۲)$$

$$\mathrm{Min}|t - \hat{f}(\hat{x})|^2, e = t - \hat{f}(\hat{x}) \quad (۳)$$

$$\min|e_i|^2 = \min(E = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} e_i^2) \quad (۴)$$

$$Z = W_1.E + W_2.n_f \quad (۵)$$

$$Z = E + W.n_f$$

$$W = \beta.E$$

$$Z = E + \beta.E.n_f$$

$$Z = E.(1 + \beta.n_f)$$

$$\mathrm{Min}(Z = E.(1 + \beta.n_f)) \quad (۶)$$

$$Nf = |\hat{x}_i|$$

در معادله (۱) اختلاف بین مقادیر هدف (t) و خروجی (y) که خطا (e) نامیده می‌شود باید کمینه باشد. در معادله (۵) n_f تعداد ویژگی‌ها و $|\hat{x}_i|$ تعداد اعضاست تابع هدف نهایی (Z) باید کمینه شود. تعداد ویژگی‌ها در محاسبهٔ خطا مؤثر است خطا با ضریب تعداد ویژگی‌ها مرتبط است، هر چه تعداد ویژگی‌ها بیشتر باشد خطا کمتر است. β هزینهٔ افزودن ویژگی است. هر چه تعداد ویژگی‌ها بیشتر باشد خطا کاهش می‌یابد و β این تعادل را ایجاد می‌کند. β میانی باعث می‌شود الگوریتم در حالی که نه همه ویژگی‌های انتخاب شده و نه هیچ‌کدام انتخاب نشده به حالت تعادل برسد. در واقع تعداد ویژگی‌های انتخاب‌شده نامعلوم است و با β نقطه تعادل تعیین می‌شود. هدف طبق معادلهٔ (۶) کمینه‌کردن تابع هزینه است و این تابع را الگوریتم ژنتیک برای ما کمینه می‌کند.

مرحلهٔ سوم: پارامترهای استفاده‌شده در الگوریتم ژنتیک

پارامترهای استفاده‌شده در الگوریتم ژنتیک و مقادیری که برای آنها استفاده می‌شود به‌شرح زیر است: برخی از پارامترها به‌روش آزمون و خطا انتخاب شده است تا مقدار بهینه به‌دست آید. حل مسألهٔ بهینه‌سازی با استفاده از الگوریتم ژنتیک با مشخص کردن مجموعه‌ای از کروموزوم‌ها که هر کدام زنجیره‌ای از ژن‌های به‌هم پیوسته هستند و هر ژن نمایشگر یک متغیر به‌صورت $P_1, P_2, P_3, \ldots, P_n$ است. در این صورت هر کروموزوم به‌صورت یک بردار سطری به‌شکل

$[P1, P2, P3, \ldots, PN]$ نوشته می‌شود. هر کروموزوم دارای یک مقدار برازش است که با محاسبهٔ مقدار تابع f (تابع برازش) در نقاط P1,P2,P3,…,PN مشخص می‌شود.

جدول۱. پارامترهای الگوریتم ژنتیک و مقادیر تعریف‌شده

پارامترها	شرح پارامترها	مجموعهٔ دادهٔ اول		مجموعهٔ دادهٔ دوم	
		مزاج گرم/سرد	مزاج تر/خشک	مزاج گرم/سرد	مزاج تر/خشک
maxIt	ماکزیمم تعداد نسل‌ها	۱۵	۱۵	۲۵	۱۵
Npop	تعداد جمعیت (تعداد کل نمونه‌ها)	۵۲	۵۲	۵۰	۵۰
Pc	درصد نمونه‌ها برای عمل ترکیب	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۸
Nc	تعداد والدها برای عمل ترکیب	–	–	–	–
Pm	درصد نمونه‌ها برای عمل جهش	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳
Nm	تعداد نمونه‌ها برای عمل جهش	–	–	–	–
Mu	نرخ جهش	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
B	نقطهٔ تعادل	۲۵	۸	۲۰	۵

پارامتر $maxIt$ در واقع معیار توقف الگوریتم است یعنی الگوریتم بعد از این تعداد نسل که ایجاد می‌کند بهترین جواب را از بین جواب‌های مسأله برمی‌گرداند. مقادیری که در مجموعهٔ دادهٔ اول برای β انتخاب شده‌اند برای مزاج گرم/سرد، ۲۵ و برای مزاج تر/خشک، مقدار ۸ که به‌عنوان بهترین مقدار انتخاب شد که دارای کمترین میزان خطاست. مقادیری که در مجموعهٔ دادهٔ دوم برای β انتخاب شده‌اند برای کلاس مزاج گرم/سرد، مقدار ۲۰ و برای کلاس مزاج تر/خشک، مقدار ۵ هستند. که به‌عنوان بهترین مقدار انتخاب شد که دارای کمترین میزان خطاست. مقادیر مناسب β با آزمون و خطا به‌دست آمده است. با استفاده از الگوریتم ژنتیک بهترین ویژگی‌ها با توجه به مقدار تعادل β و کمینه‌کردن خطا به‌دست می‌آید برای هر مجموعهٔ داده دو درخت تصمیم ایجاد می‌شود یکی برای طبقه‌بندی کلاس گرم/سرد و یکی برای طبقه‌بندی کلاس تر/خشک.

جدول ۲. خروجی الگوریتم ژنتیک

خروجی	شرح خروجی	مجموعهٔ دادهٔ اول		مجموعهٔ دادهٔ دوم	
		مزاج گرم/سرد	مزاج تر/خشک	مزاج گرم/سرد	مزاج تر/خشک
N_f	تعداد ویژگی‌های انتخاب‌شده	۳۷	۲۸	۵	۵
R_f	درصد ویژگی‌های انتخاب‌شده	۰/۵۶	۰/۴۲	۰/۵۰	۰/۵۰
E	میزان خطا	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۳۰	۰/۲۹
Z	مقدار تابع هزینه	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۳۸	۰/۳۷

طبق جدول (۲) در مجموعهٔ دادهٔ اول برای مزاج گرم/سرد توسط الگوریتم ژنتیک از بین ۶۶ ویژگی، ۳۷ ویژگی انتخاب‌شده است یعنی ۵۶ درصد ویژگی‌ها با میزان خطای ۱۰ درصد و مقدار هزینه ۱۳ درصد. همچنین در مجموعهٔ دادهٔ اول

برای مزاج تر/خشک توسط الگوریتم ژنتیک از بین ۶۶ ویژگی، ۲۸ ویژگی انتخاب شده است یعنی ۴۲ درصد ویژگی‌ها با میزان خطای ۱۲ درصد و مقدار هزینه ۱۴ درصد (جدول ۲). در مجموعهٔ دادهٔ دوم برای مزاج گرم/سرد توسط الگوریتم ژنتیک از بین ۱۰ ویژگی، ۵ ویژگی انتخاب شده است یعنی ۵۰ درصد ویژگی‌ها با میزان خطای ۳۰ درصد و مقدار هزینه ۳۸ درصد. همچنین در مجموعهٔ دادهٔ دوم برای مزاج تر/خشک توسط الگوریتم ژنتیک از بین ۱۰ ویژگی، ۵ ویژگی انتخاب شده است یعنی ۵۰ درصد ویژگی‌ها با میزان خطای ۲۹ درصد و مقدار هزینه ۳۷ درصد (جدول ۲).

مرحلهٔ چهارم: ساخت درخت تصمیم‌گیری فازی

با توجه به اینکه برای ساخت درخت تصمیم از منطق فازی کمک گرفته می‌شود در واقع موتور استنتاج سیستم خبرهٔ فازی مورد نظر ما از سیستم استنتاج فازی برای استدلال و استنتاج بهره می‌برد. مراحل ساخت درخت تصمیم فازی به این صورت است که ابتدا مجموعهٔ داده را با ویژگی‌های جدید تبدیل به فایل متنی کرده سپس با استفاده از برنامه‌نویسی جاوا در محیط نرم‌افزار NetBeans داده‌ها فازی‌سازی شده سپس برای ساخت درخت تصمیم‌گیری استفاده می‌شوند. بعد از ساخت درخت تصمیم‌گیری، خروجی به‌صورت ساختار درختی نمایش داده می‌شود و یک خروجی به شکل تولید قوانین نمایش داده می‌شود.

مرحلهٔ پنجم: ویژگی‌ها، کلاس‌ها و متغیرهای زبانی مجموعهٔ داده‌های طب ایرانی

در این مطالعه از دو مجموعه داده استفاده شده است. مجموعهٔ دادهٔ اول شامل ۶۸ ویژگی با ۵۲ نمونه است (۲۱). با توجه به اینکه سن تمام نمونه‌ها تقریباً در یک ردهٔ سنی قرار دارد از ویژگی سن صرف‌نظر و همچنین با مرتب کردن داده‌ها بر اساس جنسیت از ویژگی جنسیت نیز صرف‌نظر شد. به این ترتیب، ۶۸ ویژگی باقیمانده انتخاب شده‌اند. مجموعهٔ دادهٔ دوم (۲۲) شامل ۱۰ ویژگی و ۲۲۱ نمونه که داده‌ها وارد الگوریتم ژنتیک و ویژگی‌های انتخاب می‌شوند. برای هر گروه مزاجی را در ساخت درخت تصمیم دخیل کردیم. با توجه به اینکه ۲۷ ویژگی اول شامل اعداد حقیقی هستند نیاز به فازی‌سازی دارند. هر ویژگی به مجموعهٔ متغیرهای زبانی $T(A_k) = \{T_1^k , \ldots , T_s^k\}$ نسبت داده می‌شود. در واقع $T(A_k)$ دامنهٔ ویژگی A_k است. در مجموعهٔ داده‌های طب ایرانی متغیرهای زبانی را برای ویژگی‌ها دو مقدار "کمتر از میانگین" و "بیشتر از مقدار میانگین" در نظر گرفتیم. در واقع $T(A_k)$، مجموعهٔ دو مقدار "کمتر از میانگین" و "بیشتر از مقدار میانگین" برای تمام ستون‌ها به‌جز ستون هفتم است. در ستون هفتم به‌جای ویژگی وزن، ویژگی "شاخص تودهٔ بدنی" یا همان BMI را قرار دادیم که مجموعهٔ متغیرهای زبانی این ویژگی را به سه دسته تقسیم‌بندی کردیم.

جدول۳. مقادیر ویژگی BMI در ویژگی‌ها

ویژگی	محدودهٔ BMI
لاغر	BMI=<18.5
نرمال	18.5<BMI<25
اضافه‌وزن	BMI>=25

در این مطالعه کمترین تقسیم‌بندی ممکن برای داده‌ها انجام شده است تا مجموعهٔ متغیرهای زبانی طول کمتری داشته و درخت دقیق‌تری داشته باشیم. به‌همین دلیل داده‌های مربوط به BMI فقط به سه دسته تقسیم شده‌اند. حال با اعمال تابع عضویت، تمام ویژگی‌های عددی به‌غیر از شاخص تودهٔ بدنی که مقادیر استاندارد دارد، فازی‌سازی می‌شوند. هر شیء متعلق به مجموعهٔ جهانی U به مجموعهٔ کلاس‌ها $C = \{C_1 , \ldots , C_L\}$ طبقه‌بندی می‌شود. در مجموعهٔ داده‌های طب ایرانی با

توجه به اینکه مزاج‌ها مرکب از دو کیفیت گرمی–سردی و تری–خشکی است، باید دو مجموعه از قوانین برای سیستم تولید شوند. در نتیجه دو مجموعهٔ کلاس C داریم یکی مجموعهٔ کلاس {گرم، معتدل، سرد} و مجموعهٔ کلاس {تر، معتدل، خشک} است. البته با توجه به کم‌بودن تعداد داده‌ها از کلاس‌های خیلی گرم و خیلی سرد و خیلی تر و خیلی معتدل صرف‌نظر شده است تا پراکندگی داده‌ها کمتر شود و یادگیری درخت نسبتاً دقیق‌تر باشد. در واقع برای هر کدام از مجموعه کلاس‌های ذکر شده، درخت جداگانه‌ای ساخته می‌شود. در نهایت قوانین تولید شده توسط درخت طبق معادلهٔ (۷) بیان می‌شوند (۲۴).

$$IF\ (A_1\ is\ T_{i1}^{1})\ \text{AND} \ldots (A_1\ \text{is}\ T_{ik}^{k})\ \text{THEN}\ (\text{C is}\ C_j) \qquad (۷)$$

مفهوم فازی به مسائل طبقه‌بندی اطلاق می‌شود که یک و یا همهٔ ویژگی‌هایش فازی باشد. در مجموعهٔ دادهٔ این پژوهش ۲۷ ویژگی موجود فازی هستند.

مرحلهٔ ششم: فازی‌سازی داده‌ها

برای فازی‌سازی داده‌ها از تابع عضویت مثلثی استفاده شده است. هر متغیر فازی با سه مقدار (a,b,c) نشان داده می‌شود که a و c با کمترین میزان احتمال و b بیشترین احتمال وقوع را دارد. درتابع عضویت مثلثی اگر x_i مقدار عددی ویژگی باشد در این صورت با توجه به مقادیر a,b,c ضریب عضویت توابع با معادلات (۸ تا ۱۰) محاسبه می‌شود (۲۴).

$$\mu_{A_i^1} = \begin{cases} 1 & a_1 \le x \le b_1 \\ (c_1 - x)/(c_1 - b & b_1 \le x \le c_1 \\ 0 & x \ge c_1 \end{cases} \qquad (۸)$$

$$\mu_{A_i^{n_i}} = \begin{cases} 1 & x \le a_{n_i} \\ (x - a_{n_i})/(b_{n_i} - a_{n_i}) & a_{n_i} \le x \le b_{n_i} \\ 0 & b_{n_i} \le x \le c_{n_i} \end{cases} \qquad (۹)$$

$$\mu_{A_i^{n_i}} = \begin{cases} 0 & x \le a_j \\ (x - a_j)/(b_j - a_j) & a_j \le x \le b_j \\ (c_j - x)/(c_j - b_j) & b_j \le x \le c_j \\ 0 & x \ge c_1 \end{cases} \qquad 1<j<n \qquad (۱۰)$$

یافته‌ها:

این مطالعه بر روی دو مجموعه داده با ۵۲ نمونه و ۲۲۱ نمونه اعمال شده است. که مجموعهٔ دادهٔ اول شامل ۵۲ نمونه با ۶۸ ویژگی است. شایان ذکر است که با توجه به اینکه، سن تمام نمونه‌ها تقریباً در یک ردهٔ سنی قرار دارد از ویژگی سن صرف‌نظر و همچنین با مرتب کردن داده‌ها بر اساس جنسیت از ویژگی جنسیت نیز صرف‌نظر شد. به این ترتیب، ۶۸ ویژگی باقیمانده انتخاب شده‌اند. مجموعهٔ دادهٔ دوم شامل ۲۲۱ نمونه با۱۰ ویژگی است که داده‌ها ابتدا وارد الگوریتم ژنتیک می شوند تا انتخاب ویژگی‌های موثر انجام گیرد. برای هر گروه مزاجی را در ساخت درخت تصمیم دخیل کردیم. با توجه به اینکه ۲۷ ویژگی اول شامل اعداد حقیقی هستند نیاز به فازی‌سازی دارند.

درخت تصمیم فازی با استفاده از الگوریتم ID3 شبیه به درخت ID3 معمولی است با این تفاوت که نمونه‌های آموزشی می‌توانند در چندین گره با ضرایب عضویت مختلف وجود داشته باشند. دو مسألهٔ مهم در ساخت درخت فازی این است که در درخت سنتی، گره با بیشترین بهرهٔ اطلاعاتی انتخاب می‌شود ولی در درخت فازی بهرهٔ اطلاعات فازی و ضریب بهرهٔ فازی استفاده می‌شود.

جداول ۴، ۵ ، ۶ و ۷ قوانین تولیدشده از درخت تصمیم‌گیری فازی و تشریح این قوانین را برای مجموعهٔ دادهٔ اول و مجموعهٔ دادهٔ دوم را بیان می‌کنند و نشان می‌دهند که قوانین به‌صورت اگر ... آنگاه... بیان شده‌اند و شخصی با این ویژگی‌ها چه مزاجی می‌تواند داشته باشد. میزان صحت این قوانین توسط فرد خبره سنجیده شده و با ضریب صحت هر قانون مشخص شده‌اند به‌گونه‌ای که ضریب عددی بین ۰ تا ۶ می‌باشد هر چه عدد به ۶ نزدیک‌تر باشد صحیح‌تر و هرچه به صفر نزدیک‌تر باشد قوانین نادرست‌تر است. ضریب صحت ۶ یعنی قانون کاملاً درست است و ضریب صحت صفر یعنی قانون کاملاً نادرست است. در جدول ۸، مقایسهٔ نتایج قوانین تولیدشده نمایش داده شده است.

بحث و نتیجه‌گیری:

در این بخش نتایج حاصل از انتخاب زیرمجموعه‌ای از ویژگی‌ها به‌جای کل ویژگی‌ها بیان می‌شود و مقایسه با پژوهش‌های مشابه در گذشته انجام می‌شود و فرضیه‌ها و سؤالات مطرح‌شده در بخش اول مورد آزمون قرار می‌گیرد. با توجه به جدول (۸) و مقایسهٔ تعداد قوانین صحیح در مجموعهٔ دادهٔ اول و دوم این پژوهش با نتایج تولیدشده در (۳) می‌توان اظهار کرد که درخت تصمیم فازی با الگوریتم ژنتیک از کارایی بهتری بهره‌مند است. در مجموعهٔ دادهٔ دوم قوانین صحیح تولیدشده (مزاج گرم/سرد برابر با ۴۴ درصد و مزاج تر/خشک برابر با ۳۳ درصد) در مقایسه با قوانین غلط به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای بهبود یافته است. به‌عبارتی درصد تشخیص درستی در درخت تصمیم فازی با الگوریتم ژنتیک بر روی مجموعهٔ دادهٔ دوم برابر با ۷۷ درصد است که در ابتدا درصد دو کلاس مختلف به‌طور مجزا نشان داده شده‌اند. هدف از مجزا بودن دو کلاس این است که درصد هر گروه برحسب گرم/سرد و تر/خشک نشان داده شود. همانند مجموعهٔ دادهٔ تشخیص بیماری که هدف تشخیص افراد بیمار و سالم است؛ اما الگوریتم در انتها درصد تشخیص نهایی را نمایش می‌دهد. البته با افزایش و کاهش تعداد قوانین تولید شده توسط مدل پیشنهادی، احتمال تغییر در درصد تشخیص وجود دارد. از طرفی دیگر، الگوریتم‌های یادگیری ماشین مبتنی بر آموزش هستند و اگر تعداد نمونه‌ها بیشتر باشد، قطعاً توانایی این الگوریتم‌ها در درصد تشخیص، بیشتر خواهند بود و از آنجایی که در مسئلهٔ تشخیص مزاج با مشکل داده مواجه هستیم لذا با این تعداد نمونه، نتایج مبتنی بر الگوریتم‌های یادگیری ماشین امیدوارکننده است.

در مجموعهٔ دادهٔ اول قوانین صحیح تولیدشده توسط درخت تصمیم فازی با الگوریتم ژنتیک برای مزاج تر/خشک برابر با ۹/۵ درصد و در نتایج (۳) برابر با ۷ درصد بوده است که مدل پیشنهادی در این مطالعه توانسته دقت تشخیص را تا ۲/۵ درصد بهبود دهد.

جدول۴. قوانین تولیدشده از ویژگی‌های انتخابی الگوریتم ژنتیک- مزاج گرم/سرد ـ مجموعهٔ دادهٔ اول

ردیف	قوانین تولید شده از ویژگی‌های انتخابی الگوریتم ژنتیک- مزاج گرم/سرد – مجموعهٔ داده اول و تشریح آن‌ها	ارزش قانون تولیدشده
۱	***IF** A19 IS <avg **AND** BMI IS thin **THEN** cold* "اگر طول کف پا کوچک‌تر از میانگین باشد، و شخص لاغر باشد، مزاج شخص سرد است."	۱
۲	***IF** A19 IS <avg **AND** BMI IS normal **AND** D25 IS <avg **AND** D11 IS <avg **AND** D24 IS <avg **THEN** cold* "اگر طول کف پا کوچک‌تر از میانگین باشد و وزن شخص نرمال باشد، و شخص خیلی دیر عصبانی شود، و کف دست نسبتاً کوچک باشد، و هنگام صحبت کردن جملات متوالی را نسبتاً یا کاملاً با فاصله ادا کند، مزاج شخص، سرد است."	۵
۳	***IF** A19 IS <avg **AND** BMI IS normal **AND** D25 IS <avg **AND** D11 IS <avg **AND** D24 IS ==avg **THEN** temperate* "اگر طول کف پا کوچک‌تر از میانگین باشد و وزن شخص نرمال باشد، و شخص خیلی دیر عصبانی شود، و کف دست نسبتا کوچک باشد، و شخص هنگام صحبت کردن جملات متوالی را نه با فاصله نه متصل ادا می‌کند، مزاج شخص، معتدل است."	۲
۴	***IF** A19 IS <avg **AND** BMI IS normal **AND** D25 IS <avg **AND** D11 IS <avg **AND** D24 IS >avg **THEN** cold* "اگر طول کف پا کوچک‌تر از میانگین باشد و وزن شخص نرمال باشد، و شخص خیلی دیر عصبانی شود، و کف دست نسبتاً کوچک باشد، و شخص هنگام صحبت کردن جملات متوالی را کاملاً یا نسبتاً متصل ادا می‌کند مزاج شخص سرد است."	۳
۵	***IF** A19 IS <avg **AND** BMI IS normal **AND** D25 IS <avg **AND** D11 IS ==avg **THEN** cold* "اگر طول کف پا کوچک‌تر از میانگین باشد و وزن شخص نرمال باشد، و شخص خیلی دیر عصبانی شود، و کف دست نه کوچک و نه بزرگ باشد، مزاج شخص، سرد است."	۲
۶	***IF** A19 IS <avg **AND** BMI IS normal **AND** D25 IS <avg **AND** D11 IS >avg **THEN** warm* "اگر طول کف پا کوچک‌تر از میانگین باشد و وزن شخص نرمال باشد، و شخص خیلی دیر عصبانی شود، و کف دست بزرگ باشد، مزاج شخص گرم است."	۱
۷	***IF** A19 IS <avg **AND** BMI IS normal **AND** D25 IS ==avg **THEN** warm* "اگر طول کف پا کوچک‌تر از میانگین باشد و وزن شخص نرمال باشد، و شخص نه دیر و نه سریع عصبانی شود، مزاج شخص گرم است.	۰
۸	***IF** A19 IS <avg **AND** BMI IS normal **AND** D25 IS >avg **AND** D1 IS <avg **AND** D11 IS <avg **THEN** cold* "اگر طول کف پا کوچک‌تر از میانگین باشد و وزن شخص نرمال باشد، و شخص نسبتاً یا کاملاً سریع عصبانی شود، و دست شخص هنگام لمس کاملاً یا نسبتاً سرد باشد، و کف دست کوچک باشد، مزاج شخص، سرد است."	۱
۹	***IF** A19 IS <avg **AND** BMI IS normal **AND** D25 IS >avg **AND** D1 IS <avg **AND** D11 IS ==avg **THEN** warm* "اگر طول کف پا کوچک‌تر از میانگین باشد و وزن شخص نرمال باشد، و شخص نسبتاً یا کاملاً سریع عصبانی شود، و دست شخص هنگام لمس کاملاً یا نسبتاً سرد باشد، و کف دست نه کوچک و نه بزرگ باشد، مزاج شخص، گرم است."	۱
۱۰	***IF** A19 IS <avg **AND** BMI IS normal **AND** D25 IS >avg **AND** D1 IS ==avg **AND** D24 IS <avg **THEN** cold* "اگر طول کف پا کوچک‌تر از میانگین باشد و وزن شخص نرمال باشد، و شخص نسبتاً یا کاملاً سریع عصبانی شود، و دست شخص هنگام لمس نه سرد و نه گرم باشد، و شخص هنگام صحبت کردن کلمات متوالی را کاملاً یا نسبتاً با فاصله ادا کند، مزاج شخص، سرد است."	۲
۱۱	***IF** A19 IS <avg **AND** BMI IS normal **AND** D25 IS >avg **AND** D1 IS ==avg **AND** D24 IS ==avg **THEN** cold* "اگر طول کف پا کوچک‌تر از میانگین باشد و وزن شخص نرمال باشد، و شخص نسبتاً یا کاملاً سریع عصبانی شود، و دست شخص هنگام لمس کاملاً یا نسبتاً سرد باشد، و شخص هنگام صحبت کردن کلمات متوالی را کاملاً یا نسبتاً با فاصله ادا کند، مزاج شخص، سرد است."	۲
۱۲	***IF** A19 IS <avg **AND** BMI IS normal **AND** D25 IS >avg **AND** D1 IS ==avg **AND** D24 IS >avg **THEN** warm* "اگر طول کف پا کوچک‌تر از میانگین باشد و وزن شخص نرمال باشد، و شخص نسبتاً یا کاملاً سریع عصبانی شود، و دست شخص هنگام لمس نه سرد و نه گرم باشد، و شخص هنگام صحبت کردن کلمات متوالی را کاملاً یا نسبتاً متصل ادا کند، مزاج شخص گرم است."	۲
۱۳	***IF** A19 IS <avg **AND** BMI IS normal **AND** D25 IS >avg **AND** D1 IS >avg **THEN** warm* "اگر طول کف پا کوچک‌تر از میانگین باشد و وزن شخص نرمال باشد، و شخص نسبتاً یا کاملاً سریع عصبانی شود، و دست شخص هنگام لمس کاملاً یا نسبتاً گرم باشد، مزاج شخص گرم است."	۲
۱۴	***IF** A19 IS <avg **AND** BMI IS ezafevazn **AND** D6 IS <avg **THEN** temperate* "اگر طول کف پا کوچک‌تر از میانگین باشد و شخص اضافه وزن داشته باشد، و موی کم پشت داشته باشد، مزاج شخص، معتدل است."	۰

جدول۵. قوانین تولیدشده از ویژگی‌های انتخابی الگوریتم ژنتیک - مزاج تر/خشک – مجموعهٔ دادهٔ اول

ردیف	قوانین تولیدشده از ویژگی‌های انتخابی الگوریتم ژنتیک - مزاج تر/ خشک – مجموعهٔ دادهٔ اول و تشریح آن‌ها	ارزش قانون تولیدشده
۱	***IF*** *BMI IS tiny* ***THEN*** *Dry* اگر شخص لاغر باشد مزاج شخص خشک است. کاملاً تأیید است.	۶
۲	***IF*** *BMI IS normal* ***AND*** *D26 IS <avg* ***AND*** *D17 IS <avg* ***AND*** *D38 IS <avg* ***THEN*** temperate اگر شخص وزن نرمال داشته باشد، و سرعت حرکات جسمی شخص، کاملاً یا نسبتاً آرام باشد، با سردی‌جات کاملاً یا نسبتاً سریع سردی کند، و شخص کاملاً یا نسبتاً کسل باشد، مزاج شخص، معتدل است.	۲
۳	***IF*** *BMI IS normal* ***AND*** *D26 IS <avg* ***AND*** *D17 IS <avg* ***AND*** *D38 IS ==avg* ***THEN*** *soggy* اگر شخص وزن نرمال داشته باشد، و سرعت حرکات جسمی شخص، کاملاً یا نسبتاً آرام باشد، با سردی‌جات کاملاً یا نسبتاً سریع سردی کند، و شخص نه کسل و نه بانشاط باشد، مزاج شخص، تر است.	۱
۴	***IF*** *BMI IS normal* ***AND*** *D26 IS <avg* ***AND*** *D17 IS <avg* ***AND*** *D38 IS >avg* ***THEN*** *soggy* اگر شخص وزن نرمال داشته باشد، و سرعت حرکات جسمی شخص، کاملاً یا نسبتاً آرام باشد، با سردی‌جات کاملاً یا نسبتاً سریع سردی کند، و شخص نسبتاً سرحال و بانشاط باشد، مزاج شخص، تر است.	۳
۵	***IF*** *BMI IS normal* ***AND*** *D26 IS <avg* ***AND*** *D17 IS ==avg* ***THEN*** *soggy* اگر شخص وزن نرمال داشته باشد، و سرعت حرکات جسمی شخص، کاملاً یا نسبتاً آرام باشد و شخص از سردی‌جات و گرمی‌جات تأثیر یکسان بپذیرد، مزاج شخص‌تر است.	۳
۶	***IF*** *BMI IS normal* ***AND*** *D26 IS <avg* ***AND*** *D17 IS >avg* ***THEN*** temperate اگر شخص وزن نرمال داشته باشد، و سرعت حرکات جسمی شخص، کاملاً یا نسبتاً آرام باشد و با گرمی‌جات کاملاً یا نسبتاً سریع گرمی کند، مزاج شخص، معتدل است.	۰
۷	***IF*** *BMI IS normal* ***AND*** *D26 IS ==avg* ***AND*** *D29 IS <avg* ***AND*** *D23 IS <avg* ***THEN*** *Dry* اگر شخص وزن نرمال داشته باشد، و حرکات جسمی‌اش نه سریع و نه آرام باشد، و ادرار شخص، بدون بو یا بوی کم داشته باشد، کلمات جمله را کاملاً یا نسبتاً شمرده ادا کند، مزاج شخص، خشک است.	۱
۸	***IF*** *BMI IS normal* ***AND*** *D26 IS ==avg* ***AND*** *D29 IS <avg* ***AND*** *D23 IS ==avg* ***THEN*** *soggy* اگر شخص وزن نرمال داشته باشد، و حرکات جسمی‌اش نه سریع و نه آرام باشد، و ادرار شخص، بدون بو یا بوی کم داشته باشد، کلمات جمله را نه شمرده و نه سریع ادا کند، مزاج شخص، تر است.	۲
۹	***IF*** *BMI IS normal* ***AND*** *D26 IS ==avg* ***AND*** *D29 IS <avg* ***AND*** *D23 IS >avg* ***THEN*** *Dry* اگر شخص وزن نرمال داشته باشد، و حرکات جسمی‌اش نه سریع و نه آرام باشد، و ادرار شخص، بدون بو یا بوی کم داشته باشد و کلمات جمله را نسبتاً و یا کاملاً سریع ادا کند، مزاج شخص، خشک است.	۱
۱۰	***IF*** *BMI IS normal* ***AND*** *D26 IS ==avg* ***AND*** *D29 IS ==avg* ***AND*** *D38 IS <avg* ***THEN*** temperate اگر شخص وزن نرمال داشته باشد، و حرکات جسمی‌اش نه سریع و نه آرام باشد، و میزان بوی ادرار نه کم بو و نه تند باشد، و شخص کاملاً یا نسبتاً کسل باشد، مزاج شخص، معتدل است.	۳
۱۱	***IF*** *BMI IS normal* ***AND*** *D26 IS ==avg* ***AND*** *D29 IS ==avg* ***AND*** *D38 IS ==avg* ***AND*** *D14 IS <avg* ***THEN*** *Dry* اگر شخص وزن نرمال داشته باشد، و حرکات جسمی‌اش نه سریع و نه آرام باشد، و میزان بوی ادرار نه کم بو و نه تند باشد و شخص نه کسل و نه بانشاط باشد، و غضروف حنجره کاملاً یا نسبتًا غیربرجسته باشد، مزاج شخص خشک است.	۱

ادامهٔ جدول۵. قوانین تولیدشده از ویژگی‌های انتخابی الگوریتم ژنتیک - مزاج تر/خشک – مجموعهٔ دادهٔ اول

ردیف	قوانین تولیدشده از ویژگی‌های انتخابی الگوریتم ژنتیک - مزاج تر/ خشک – مجموعهٔ دادهٔ اول و تشریح آن‌ها	ارزش قانون تولیدشده
۱۲	***IF*** *BMI IS normal* ***AND*** *D26 IS ==avg* ***AND*** *D29 IS ==avg* ***AND*** *D38 IS ==avg* ***AND*** *D14 IS ==avg* ***THEN*** *soggy* اگر شخص وزن نرمال داشته باشد، و حرکات جسمی‌اش نه سریع و نه آرام باشد، و میزان بوی ادرار نه کم بو و نه تند باشد و شخص نه کسل و نه بانشاط باشد، و غضروف حنجره نه برجسته و نه غیربرجسته باشد، مزاج شخص، تر است.	۰
۱۳	***IF*** *BMI IS normal* ***AND*** *D26 IS ==avg* ***AND*** *D29 IS ==avg* ***AND*** *D38 IS ==avg* ***AND*** *D14 IS >avg* ***THEN*** *Dry* اگر شخص وزن نرمال داشته باشد، و حرکات جسمی‌اش نه سریع و نه آرام باشد، و میزان بوی ادرار نه کم بو و نه تند باشد و شخص نه کسل و نه بانشاط باشد، و غضروف حنجره برجسته باشد، مزاج شخص خشک است.	۲
۱۴	***IF*** *BMI IS normal* ***AND*** *D26 IS ==avg* ***AND*** *D29 IS ==avg* ***AND*** *D38 IS >avg* ***AND*** *D5 IS <avg* ***THEN*** *soggy* اگر شخص وزن نرمال داشته باشد، و حرکات جسمی‌اش نه سریع و نه آرام باشد، و میزان بوی ادرار نه کم بو و نه تند باشد و شخص سرحال و بانشاط باشد، و سرعت رشد مو نسبتاً یا کاملاً کند باشد، مزاج شخص، تر است	۳
۱۵	***IF*** *BMI IS normal* ***AND*** *D26 IS ==avg* ***AND*** *D29 IS ==avg* ***AND*** *D38 IS >avg* ***AND*** *D5 IS ==avg* ***THEN*** *soggy* اگر شخص وزن نرمال داشته باشد، و حرکات جسمی‌اش نه سریع و نه آرام باشد، و میزان بوی ادرار نه کم بو و نه تند باشد و شخص سرحال و بانشاط باشد، و سرعت رشد مو نه کند و نه سریع باشد، مزاج شخص، تر است.	۲
۱۶	***IF*** *BMI IS normal* ***AND*** *D26 IS ==avg* ***AND*** *D29 IS ==avg* ***AND*** *D38 IS >avg* ***AND*** *D5 IS >avg* ***THEN*** temperate اگر شخص وزن نرمال داشته باشد، و حرکات جسمی‌اش نه سریع و نه آرام باشد، و میزان بوی ادرار نه کم بو و نه تند باشد و شخص سرحال و بانشاط باشد، و سرعت رشد مو نسبتاً یا خیلی سریع باشد، مزاج شخص، معتدل است.	۱
۱۷	***IF*** *BMI IS normal* ***AND*** *D26 IS ==avg* ***AND*** *D29 IS >avg* ***THEN*** temperate اگر شخص وزن نرمال داشته باشد، و حرکات جسمی‌اش نه سریع و نه آرام باشد، و میزان بوی ادرار نسبتاً یا کاملاً تند باشد، مزاج شخص، معتدل است.	۳
۱۸	***IF*** *BMI IS normal* ***AND*** *D26 IS >avg* ***AND*** *D6 IS <avg* ***AND*** *D22 IS <avg* ***THEN*** *soggy* اگر شخص وزن نرمال داشته باشد و سرعت حرکات جسمی نسبتاً یا کاملاً سریع باشد و موی سر کم‌پشت باشد، و صدایش نسبت به اطرافیان، آهسته باشد، مزاج شخص، تر است.	۲
۱۹	***IF*** *BMI IS normal* ***AND*** *D26 IS >avg* ***AND*** *D6 IS <avg* ***AND*** *D22 IS ==avg* ***THEN*** *soggy* اگر شخص وزن نرمال داشته باشد و سرعت حرکات جسمی‌اش نسبتاً یا کاملاً سریع باشد و موی سر کم‌پشت باشد، و صدایش نسبت به اطرافیان، نه آهسته و نه بلند باشد، مزاج شخص، تر است.	۲
۲۰	***IF*** *BMI IS normal* ***AND*** *D26 IS >avg* ***AND*** *D6 IS <avg* ***AND*** *D22 IS >avg* ***THEN*** *Dry* اگر شخص وزن نرمال داشته باشد و سرعت حرکات جسمی نسبتاً یا کاملاً سریع باشد و موی سر کم‌پشت باشد، و صدایش نسبت به اطرافیان، کاملاً بلند باشد، مزاج شخص، خشک است.	۳
۲۱	***IF*** *BMI IS ezafevazn* ***THEN*** *soggy* اگر شخص اضافه وزن داشته باشد، مزاج شخص، تر است. این هم کاملاً تأیید است.	۶

جدول۶. قوانین تولیدشده از ویژگی‌های انتخابی الگوریتم ژنتیک- مزاج گرم/سرد – مجموعهٔ دادهٔ دوم

ردیف	قوانین تولیدشده از ویژگی‌های انتخابی الگوریتم ژنتیک- مزاج گرم/سرد- مجموعهٔ دادهٔ دوم	ارزش قانون تولیدشده
۱	***IF*** *Moj17 IS <avg* ***AND*** *Moj16 IS <avg* ***THEN*** *cold* اگر قوت صدای شخص ضعیف باشد و شخص با سردیجات سردی کند، مزاج شخص سرد است. تأیید کامل قانون	۶
۲	***IF*** Moj17 IS <avg ***AND*** Moj16 IS ==avg ***AND*** Moj11 IS <avg ***AND*** Moj13 IS <avg ***AND*** Moj19 IS <avg ***THEN*** *cold* اگر قوت صدای شخص ضعیف است و شخص تاثیرپذیری یکسانی ازگرمی‌جات و سردی‌جات داشته باشد، و موقع لمس دستش سرد باشد و با سرما سریع سرد شود و شخص چاق باشد، مزاج شخص سرد است. تأیید کامل قانون	۶
۳	***IF*** *Moj17 IS <avg* ***AND*** *Moj16 IS ==avg* ***AND*** *Moj11 IS <avg* ***AND*** *Moj13 IS <avg* ***AND*** *Moj19 IS ==avg* ***THEN*** temperate اگر قوت صدای شخص ضعیف است و شخص تأثیرپذیری یکسانی از گرمی‌جات و سردی‌جات داشته باشد، و موقع لمس دستش سرد باشد و با سرما سریع سرد شود و شخص نه چاق و نه لاغر باشد، مزاج شخص از نظر گرمی سردی معتدل است. تأیید نسبی قانون	۵
۴	***IF*** *Moj17 IS <avg* ***AND*** *Moj16 IS ==avg* ***AND*** *Moj11 IS <avg* ***AND*** *Moj13 IS <avg* ***AND*** *Moj19 IS >avg* ***THEN*** *cold* اگر قوت صدای شخص ضعیف است و شخص تأثیرپذیری یکسانی از گرمی‌جات و سردی‌جات داشته باشد، و موقع لمس دستش سرد باشد و با سرما سریع سرد شود و شخص لاغر باشد مزاج شخص سرد است. تأیید کامل قانون	۶
۵	***IF*** *Moj17 IS <avg* ***AND*** *Moj16 IS ==avg* ***AND*** *Moj11 IS <avg* ***AND*** *Moj13 IS ==avg* ***AND*** *Moj19 IS <avg* ***THEN*** *cold* اگر قوت صدای شخص ضعیف است و شخص تأثیرپذیری یکسانی از گرمی‌جات و سردی‌جات داشته باشد، و موقع لمس دستش سرد باشد و با سرما سریع سرد شود و شخص نه چاق و نه لاغر باشد، مزاج شخص از نظر گرمی سردی معتدل است. تأیید نسبی قانون	۶
۶	***IF*** *Moj17 IS <avg* ***AND*** *Moj16 IS ==avg* ***AND*** *Moj11 IS <avg* ***AND*** *Moj13 IS ==avg* ***AND*** *Moj19 IS ==avg* ***THEN*** *cold* اگر قوت صدای شخص ضعیف باشد و شخص با سردی‌جات سردی کند، مزاج شخص سرد است. تأیید کامل قانون	۶
۷	***IF*** *Moj17 IS <avg* ***AND*** *Moj16 IS ==avg* ***AND*** *Moj11 IS <avg* ***AND*** *Moj13 IS >avg* ***THEN*** *cold* اگر قوت صدای شخص ضعیف است و شخص تأثیرپذیری یکسانی از گرمی‌جات و سردی‌جات داشته باشد، و موقع لمس دستش سرد باشد و با سرما سریع گرم شود مزاج شخص سرد است. تأیید کامل قانون (در صورتی که با سرما سریع سرد شود)	۶
۸	***IF*** *Moj17 IS <avg* ***AND*** *Moj16 IS ==avg* ***AND*** *Moj11 IS ==avg* ***AND*** *Moj19 IS <avg* ***THEN*** temperate اگر قوت صدای شخص ضعیف است و شخص تأثیرپذیری یکسانی از گرمی‌جات و سردی‌جات داشته باشد، و موقع لمس دستش نه سرد و نه گرم باشد و شخص چاق باشد مزاج شخص معتدل است. تأیید نسبی قانون	۵

ادامهٔ جدول۶. قوانین تولیدشده از ویژگی‌های انتخابی الگوریتم ژنتیک- مزاج گرم/سرد – مجموعهٔ دادهٔ دوم

ردیف	قوانین تولیدشده از ویژگی‌های انتخابی الگوریتم ژنتیک- مزاج گرم/سرد- مجموعهٔ دادهٔ دوم	ارزش قانون تولیدشده
۹	***IF*** *Moj17 IS ==avg* ***AND*** *Moj11 IS >avg* ***AND*** *Moj19 IS <avg* ***AND*** *Moj13 IS >avg* ***AND*** *Moj16 IS <avg* ***THEN*** *cold* اگر قدرت صدای شخص نه ضعیف و نه قوی باشد و دست شخص موقع لمس گرم باشد؛ و شخص لاغر باشد، با گرما سریع گرم شود، با سردی‌جات سردی کند، مزاج شخص سرد است.	۱
۱۰	***IF*** *Moj17 IS ==avg* ***AND*** *Moj11 IS >avg* ***AND*** *Moj19 IS <avg* ***AND*** *Moj13 IS >avg* ***AND*** *Moj16 IS ==avg* ***THEN*** *warm* اگر قدرت صدای شخص نه ضعیف و نه قوی باشد و دست شخص موقع لمس گرم باشد؛ و شخص لاغر باشد، با گرما سریع گرم شود از سردی‌جات و گرمی‌جات تأثیر یکسان داشته باشد مزاجش گرم است. تأیید نسبی قانون	۵
۱۱	***IF*** *Moj17 IS ==avg* ***AND*** *Moj11 IS >avg* ***AND*** *Moj19 IS <avg* ***AND*** *Moj13 IS >avg* ***AND*** *Moj16 IS >avg* ***THEN*** temperate اگر قدرت صدای شخص نه ضعیف و نه قوی باشد و دست شخص موقع لمس گرم باشد؛ و شخص لاغر باشد، با گرما سریع گرم شود از گرمی‌جات گرمی کند، مزاجش معتدل است.	۱
۱۲	***IF*** *Moj17 IS >avg* ***AND*** *Moj13 IS ==avg* ***AND*** *Moj19 IS ==avg* ***AND*** *Moj11 IS <avg* ***THEN*** *warm* اگر قدرت صدای شخص قوی باشد، و شخص از سرما و گرما تأثیر یکسان بپذیرد، و شخص نه لاغر باشد و نه چاق و دستش موقع لمس سرد باشد، مزاجش گرم است.	۱
۱۳	***IF*** *Moj17 IS >avg* ***AND*** *Moj13 IS ==avg* ***AND*** *Moj19 IS ==avg* ***AND*** *Moj11 IS ==avg* ***THEN*** *warm* اگر قدرت صدای شخص قوی باشد، و شخص از سرما و گرما تأثیر یکسان بپذیرد، و شخص نه لاغر باشد و نه چاق و دستش موقع لمس نه گرم باشد نه سرد باشد، مزاجش گرم است	۳
۱۴	***IF*** *Moj17 IS >avg* ***AND*** *Moj13 IS ==avg* ***AND*** *Moj19 IS ==avg* ***AND*** *Moj11 IS >avg* ***AND*** *Moj16 IS <avg* ***THEN*** *cold* اگر قدرت صدای شخص قوی باشد، و شخص از سرما و گرما تأثیر یکسان بپذیرد، و شخص نه لاغر باشد و نه چاق و دستش موقع لمس گرم باشد، ولی با سردی‌جات سردی کند، مزاج شخص سرد است	۱
۱۵	***IF*** *Moj17 IS >avg* ***AND*** *Moj13 IS ==avg* ***AND*** *Moj19 IS ==avg* ***AND*** *Moj11 IS >avg* ***AND*** *Moj16 IS >avg* ***THEN*** *warm* اگر قدرت صدای شخص قوی باشد، و شخص از سرما و گرما تأثیر یکسان بپذیرد، و شخص نه لاغر باشد و نه چاق و دستش موقع لمس گرم باشد، ولی با گرمی‌جات سریع گرمی کند، مزاج شخص گرم است. تأیید کامل قانون.	۶
۱۶	***IF*** *Moj17 IS >avg* ***AND*** *Moj13 IS ==avg* ***AND*** *Moj19 IS >avg* ***THEN*** temperate اگر قدرت صدای شخص قوی باشد، و شخص از سرما و گرما تأثیر یکسان بپذیرد، و شخص لاغر باشد مزاج شخص معتدل است. تأیید نسبی قانون.	۵

جدول ۷. قوانین تولیدشده از ویژگی‌های انتخابی الگوریتم ژنتیک- مزاج تر/خشک- مجموعهٔ دادهٔ دوم

ردیف	قوانین تولیدشده از ویژگی‌های انتخابی الگوریتم ژنتیک- مزاج تر/خشک- مجموعهٔ دادهٔ دوم	ارزش قانون تولیدشده
۱	***IF*** *Moj19 IS <avg* ***THEN*** *soggy* اگر شخص چاق باشد مزاجش، تر است. تأیید کامل قانون	۶
۲	***IF*** *Moj19 IS ==avg* ***AND*** *Moj110 IS <avg* ***AND*** *Moj18 IS <avg* ***AND*** *Moj13 IS <avg* ***THEN*** *Dry* اگر شخص نه چاق و نه لاغر باشد و پوستش نرم باشد و حرکات جسمش آرام باشد، و با سرما سردی کند مزاج شخص خشک است.	۳
۳	***IF*** *Moj19 IS ==avg* ***AND*** *Moj110 IS <avg* ***AND*** *Moj18 IS <avg* ***AND*** *Moj13 IS ==avg* ***AND*** *Moj15 IS <avg* ***THEN*** *Dry* اگر شخص نه چاق و نه لاغر باشد و پوستش نرم باشد و حرکات جسمی‌اش آرام باشد، با سرما سردی کند مزاج شخص، خشک است.	۳
۴	***IF*** *Moj19 IS ==avg* ***AND*** *Moj110 IS <avg* ***AND*** *Moj18 IS <avg* ***AND*** *Moj13 IS ==avg* ***AND*** *Moj15 IS >avg* ***THEN*** *soggy* اگر شخص نه چاق و نه لاغر باشد و پوستش نرم باشد، و سرعت حرکاتش آرام باشد، اثرپذیری یکسان از گرما وسرما داشته باشد، و دیر عصبانی شود، مزاج شخص، تر است.	۵
۵	***IF*** *Moj19 IS ==avg* ***AND*** *Moj110 IS <avg* ***AND*** *Moj18 IS <avg* ***AND*** *Moj13 IS >avg* ***THEN*** *soggy* اگر شخص نه چاق و نه لاغر باشد و پوستش نرم باشد، و سرعت حرکات جسمی آرام باشد، با گرما گرمی کند، مزاج شخص، تر است.	۲
۶	***IF*** *Moj19 IS ==avg* ***AND*** *Moj110 IS <avg* ***AND*** *Moj18 IS ==avg* ***AND*** *Moj13 IS <avg* ***AND*** *Moj15 IS <avg* ***THEN*** temperate اگر شخص نه چاق و نه لاغر باشد و پوستش نرم باشد، سرعت حرکات جسمی نه آرام و نه سریع باشد، با سرما سریع سرد شود، و دیر عصبانی شود، مزاج شخص معتدل است. تأیید کامل قانون.	۶
۷	***IF*** *Moj19 IS ==avg* ***AND*** *Moj110 IS <avg* ***AND*** *Moj18 IS ==avg* ***AND*** *Moj13 IS <avg* ***AND*** *Moj15 IS ==avg* ***THEN*** *soggy* اگر شخص نه چاق و نه لاغر باشد و پوستش نرم باشد، سرعت حرکات جسمی نه آرام و نه سریع باشد، با سرما سریع سرد شود، نه دیر و نه سریع عصبانی شود، مزاج شخص، تر است.	۵
۸	***IF*** *Moj19 IS ==avg* ***AND*** *Moj110 IS <avg* ***AND*** *Moj18 IS ==avg* ***AND*** *Moj13 IS <avg* ***AND*** *Moj15 IS >avg* ***THEN*** *Dry* اگر شخص نه چاق و نه لاغر باشد و پوستش نرم باشد، سرعت حرکات جسمی نه آرام و نه سریع باشد، با سرما سریع سرد شود، و سریع عصبانی شود، مزاج شخص خشک است.	۲
۹	***IF*** *Moj19 IS ==avg* ***AND*** *Moj110 IS <avg* ***AND*** *Moj18 IS ==avg* ***AND*** *Moj13 IS ==avg* ***AND*** *Moj15 IS <avg* ***THEN*** *soggy* اگر شخص نه چاق و نه لاغر باشد و پوستش نرم باشد، سرعت حرکات جسمی نه آرام و نه سریع باشد، اثرپذیری یکسان از سرما و گرما داشته باشد، و دیر عصبانی شود، مزاج شخص، تر است.	۵
۱۰	***IF*** *Moj19 IS ==avg* ***AND*** *Moj110 IS <avg* ***AND*** *Moj18 IS ==avg* ***AND*** *Moj13 IS ==avg* ***AND*** *Moj15 IS ==avg* ***THEN*** *soggy* اگر شخص نه چاق و نه لاغر باشد و پوستش نرم باشد، سرعت حرکات جسمی نه آرام و نه سریع باشد، اثرپذیری یکسان از سرما و گرما داشته باشد، نه دیر عصبانی شود و نه زود، مزاج شخص، تر است.	۵

ادامهٔجدول ۷. قوانین تولیدشده از ویژگی‌های انتخابی الگوریتم ژنتیک- مزاج تر/خشک- مجموعهٔ دادهٔ دوم

ردیف	قوانین تولیدشده از ویژگی‌های انتخابی الگوریتم ژنتیک- مزاج تر/خشک- مجموعهٔ دادهٔ دوم	ارزش قانون تولیدشده
۱۱	***IF*** *Moj19 IS ==avg* ***AND*** *Moj110 IS <avg* ***AND*** *Moj18 IS ==avg* ***AND*** *Moj13 IS >avg* ***AND*** *Moj15 IS ==avg* ***THEN*** *soggy* اگر شخص نه چاق و نه لاغر باشد و پوستش نرم باشد، سرعت حرکات جسمی نه آرام و نه سریع باشد، و شخص با گرما سریع گرم شود، نه دیر عصبانی شود و نه زود، مزاج شخص، تر است.	۳
۱۲	***IF*** *Moj19 IS ==avg* ***AND*** *Moj110 IS <avg* ***AND*** *Moj18 IS >avg* ***AND*** *Moj15 IS <avg* ***AND*** *Moj13 IS ==avg* ***THEN*** *soggy* اگر شخص نه چاق و نه لاغر باشد و پوستش نرم باشد، سرعت حرکات جسمی سریع باشد، و شخص اثرپذیری یکسانی از سرما و گرما داشته باشد، مزاج شخص، تر است.	۱
۱۳	***IF*** *Moj19 IS >avg* ***AND*** *Moj18 IS <avg* ***AND*** *Moj13 IS ==avg* ***THEN*** *Dry* اگر شخص لاغر باشد، و سرعت حرکات جسمی آرام باشد، و از سرما و گرما اثرپذیری یکسان داشته باشد، مزاج شخص خشک می‌باشد. تأیید کامل قانون	۶
۱۴	***IF*** *Moj19 IS >avg* ***AND*** *Moj18 IS <avg* ***AND*** *Moj13 IS >avg* ***AND*** *Moj15 IS <avg* ***THEN*** *soggy* اگر شخص لاغر باشد، و سرعت حرکات جسمی آرام باشد، و با گرما سریع گرم شود، و دیر عصبانی شود، مزاج شخص، تر است.	۱
۱۵	***IF*** *Moj19 IS >avg* ***AND*** *Moj18 IS <avg* ***AND*** *Moj13 IS >avg* ***AND*** *Moj15 IS ==avg* ***AND*** *Moj110 IS <avg* ***THEN*** *soggy* اگر شخص لاغر باشد و سرعت حرکات جسمی آرام باشد، و با گرما سریع گرم شود، و نه دیر و نه سریع عصبانی شود و پوستش نرم باشد، مزاج شخص، تر است.	۲
۱۶	***IF*** *Moj19 IS >avg* ***AND*** *Moj18 IS >avg* ***AND*** *Moj15 IS >avg* ***AND*** *Moj13 IS ==avg* ***AND*** *Moj110 IS >avg* ***THEN*** *Dry* اگر شخص لاغر باشد و سرعت حرکات جسمی سریع باشد و شخص سریع عصبانی شود، و تأثیرپذیری یکسان از گرما و سرما داشته باشد و پوست شخص خشک باشد، مزاج شخص خشک است. تأیید کامل قانون.	۶
۱۷	***IF*** *Moj19 IS >avg* ***AND*** *Moj18 IS >avg* ***AND*** *Moj15 IS >avg* ***AND*** *Moj13 IS >avg* ***AND*** *Moj110 IS <avg* ***THEN*** *Dry* اگر شخص لاغر باشد و سرعت حرکات جسمی سریع باشد، و شخص سریع عصبانی شود، و با گرما سریع گرم شود و پوست شخص نرم باشد، مزاج شخص خشک است. تأیید کامل قانون.	۶
۱۸	***IF*** *Moj19 IS >avg* ***AND*** *Moj18 IS >avg* ***AND*** *Moj15 IS >avg* ***AND*** *Moj13 IS >avg* ***AND*** *Moj110 IS ==avg* ***THEN*** *Dry* اگر شخص لاغر باشد و سرعت حرکات جسمی سریع باشد، و شخص سریع عصبانی شود، و با گرما سریع گرم شود، و پوست شخص نه نرم باشد و نه خشک باشد، مزاج شخص خشک است. تأیید کامل قانون.	۶

جدول۸. مقایسهٔ نتایج قوانین تولیدشده

نتایج / روش	تعداد قوانین کاملاً درست		تعداد قوانین کاملاً غلط	
	مزاج گرم/سرد	مزاج تر/خشک	مزاج گرم/سرد	مزاج تر/خشک
درخت تصمیم فازی با الگوریتم ژنتیک مجموعهٔ دادهٔ اول	۰	۲	۲	۲
	٪۰	٪۹/۵	٪۱۴	٪۹/۵
درخت تصمیم فازی با الگوریتم ژنتیک مجموعهٔ دادهٔ دوم	۷	۶	۰	۰
	٪۴۴	٪۳۳	٪۰	٪۰
درخت تصمیم فازی بدون الگوریتم ژنتیک (۳)	۰	۱	۰	۲
	٪۰	٪۷	٪۰	٪۱۶

همچنین تعداد قوانین کاملاً غلط برای مجموعهٔ دادهٔ اول توسط درخت تصمیم فازی با الگوریتم ژنتیک برای مزاج تر/خشک برابر با ۹/۵ درصد است اما در (۳) تعداد قوانین غلط برابر با ۱۶ درصد بوده است که مدل پیشنهادی توانسته درصد قوانین غلط را تا حدود ۶/۵ درصد کاهش دهد. در (۳) تمام ویژگی‌ها در ساخت درخت تصمیم‌گیری فازی دخیل بوده‌اند ولی در این پژوهش ویژگی‌های مؤثر و مهم در تشخیص مزاج، توسط الگوریتم ژنتیک استخراج شده‌اند و سپس با ویژگی‌های انتخاب‌شده، درخت تصمیم ساخته شده است و با توجه به بهبود نتایج می‌توان نتیجه گرفت درخت تصمیم فازی با الگوریتم ژنتیک قابل بهبود است و سیستم می‌تواند تعداد سؤالات تشخیص مزاج را کمتر و روند تشخیص را سریع‌تر کند.

نتیجه‌گیری:

در این مطالعه برای ارزیابی و تحلیل نتایج از دو مجموعهٔ دادهٔ مختلف استفاده شد. ویژگی‌های مهم و تأثیرگذار با استفاده از الگوریتم ژنتیک انتخاب شدند و سپس با آن ویژگی‌ها درخت تصمیم ایجاد شد. درخت‌های ایجادشده برای مجموعهٔ دادهٔ اول به‌دلیل تعداد کم نمونه‌های یادگیری، رضایت‌بخش نبود، ولی مجموعهٔ دادهٔ دوم طبق نظر بالینی متخصص طب ایرانی و همچنین مقایسهٔ نتایج با پژوهش قبلی، نتایج خوب و قابل‌قبولی داشت. نتایج بهینه‌شده در مقایسه با قوانین تولیدشدهٔ پژوهش (۳) از نظر تعداد قوانین درست، بهتر بود و همچنین تعداد قوانین غلط توسط مدل پیشنهادی کاهش یافت. این پژوهش جزء پژوهش‌های پایه بوده و با توجه به اینکه قبلاً بسیار کم در این زمینه پژوهش شده است، نتایج نشان می‌دهد برای کاربردی کردن سیستم ایجادشده، نیاز به مجموعهٔ دادهٔ کامل‌تر با تعداد نمونه‌های بیشتری است. به‌نظر می‌رسد که الگوریتم ژنتیک می‌تواند درخت تصمیم داده‌های طب ایرانی را بهبود دهد همانطور که نتایج مطالعه نشان داد که درصد درستی را تا حدود ۲/۵ درصد بهبود داده است.

References:

1. Alborzi M, Khanbabaei M, Pourzarandi MEM. Using Clustering and Genetic Algorithm Techniques in Optimizing Decision Trees for Credit Scoring of Bank Customers. Journal of Future Studies Management. Islamic Azad Univesity. 2012;1:15-34.
2. Mozaffarpur SA, Saghebi R, Khafri S, Mojahedi M. An assessment of the agreement between Persian medicine experts on mizaj identification. Traditional and Integrative Medicine. 2017;2(3):113-118.
3. Rezaei IR, Soleimanian GF, Mojahedi M. A model for temperament (Mizaj) recognition based on fuzzy decision tree in traditional Persian medicine. Journal of Islamic and Iranian Traditional Medicine. 2018;9(3):227-237.
4. Holland J. Adaptation in Natural and Artificial Systems: An introductory analysis with application to biology. Control and Artificial Intelligence. University of Michigan Press. 1975.
5. Nyathi T, Pillay N. Comparison of a genetic algorithm to grammatical evolution for automated design of genetic programming classification algorithms. Expert Systems with Applications. 2018;104:213-234.
6. Bushehri SF, Zarchi MS. An expert model for self-care problems classification using probabilistic neural network and feature selection approach. Applied Soft Computing. 2019;82:105545;
7. Naseri M, Rezaeizadeh H, Choupani R, Anoushirvani M. A review of the generalities of traditional Iranian medicine. Tehran: Iranian Traditional Medicine; 2018. [In Persian].
8. Van Melle W. MYCIN: A knowledge-based consultation program for infectious disease diagnosis. International Journal of Man-Machine Studies. 1978;10(3):313-322.
9. Eckelkamp EA. Invited Review: Current state of wearable precision dairy technologies in disease detection. Applied Animal Science. 2019;35(2):209-220.
10. Najafi M, Nazari A, Khodadadi M, Soltani F. Expert system for traditional medicine for diagnosis of gastrointestinal diseases and herbal medicines research. 12th National Conference on Intelligent Systems. Bam: Iranian Intelligent Systems Association. Bam Higher Education Institute. 2014.
11. Roshandel HR, Ghadimi F, Roshandel RS. Developing and standardization of a structured questionnaire to determine the temperament (Mizaj) of individuals. Indian Journal of Traditional Knowledge. 2016;15(2):341-346.
12. Jamaat A, ZeinelKhani A, ZeinelKhani M. Weighting of fuzzy decision tree rules using evolutionary algorithms. 2nd International Congress on Technology. Communication and Knowledge ICTCK2015. Mashhad: Islamic Azad University of Mashhad. 2015.
13. Kim MW, Ryu JW. Optimized fuzzy decision tree using genetic algorithm. International Conference on Neural Information Processing. 2006;4234:797-806. Springer, Berlin, Heidelberg.
14. Espindola RP, Ebecken NF. A fuzzy decision tree approach to start a genetic algorithm for data classification. WIT Transactions on Information and Communication Technologies. 2004;33:1-10.
15. Janikow CZ. A genetic algorithm method for optimizing fuzzy decision trees. Information Sciences. 1996;89(3):275-296.
16. Yang S, Guo JZ, Jin JW. An improved Id3 algorithm for medical data classification. Computers & Electrical Engineering. 2018;65:474-487.
17. Škrjanc I, Iglesias JA, Sanchis A, Leite D, Lughofer E, Gomide F. Evolving fuzzy and neuro-fuzzy approaches in clustering, regression, identification, and classification: A survey. Information Sciences. 2019 Jul 1;490:344-68.
18. Soleimanian Gharehchopogh F. Determining fuzzy logic parameters by using genetic algorithm for the diagnosis of liver disease. Journal of Health and Biomedical Informatics. 2018;5(3):384-397.
19. Gharehchopogh FS, Gholizadeh H. A comprehensive survey: Whale optimization algorithm and its applications. Swarm and Evolutionary Computation. 2019;48:1-24.

20. Ardam S, Soleimanian Gharehchopogh F. Diagnosing liver disease using firefly algorithm based on adaboost. Journal of Health Administration. 2019;22(1):61-77.
21. Mojahedi M. Assessment of reliability of mizaj (Temperament) criteria and validity of touch and anthropometric indices [Dissertation]. Tehran: Shahed University; 2015.
22. Mojahedi M, Naseri M, Majdzadeh R, Keshavarz M, Ebadini M, *et al*. Reliability and validity assessment of Mizaj questionnaire: A novel self-report scale in Iranian traditional medicine. Iranian Red Crescent Medical Journal. 2014;16(3):1-11.
23. Fu YJ, Liu H, Cui YF, Zhou YP. Boosting classification tree-radial basis function network: Application in metabonomics studies. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems. 2019;193:103829.
24. Zadeh LA. Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. Fuzzy Sets and Systems. 1999;100:9-34.