مدل طبقه‌بندی مبتنی بر سیستم استنتاج فازی ممدانی برای تشخیص اختلال تیروئید

نگار اسعد سجادی [۱] (M.Sc)، حسین محجوب [۱،۲] (Ph.D)، شیوا برزویی [۳] (M.D)، مریم فرهادیان [*۱،۲] (Ph.D)

۱ - گروه آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

۲ - مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

۳ - دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۸۱-۳۸۳۸۰۳۹۸ maryam_farhadian80@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۲/۲۴

چکیده

هدف: طبقه‌بندی و پیش‌بینی یکی از مهم‌ترین کاربردهای روش‌های آماری در حوزه‌ی پزشکی است. با توجه به این‌که طبقه‌بندی‌های مبتنی بر مدل‌های کلاسیک عمدتاً بر اساس علائم بالینی موجود بوده و از اطلاعات و دانش افراد متخصص استفاده نمی‌شود، بنابراین استفاده از یک طبقه‌بندی‌کننده که برای طبقه‌بندی بیماری قادر به ترکیب اطلاعات موجود باشد، ضرورت دارد. لذا هدف از این پژوهش طراحی یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری برای طبقه‌بندی اختلال تیروئید با استفاده از رویکرد منطق فازی است.

مواد و روش‌ها: مجموعه داده‌ها شامل اطلاعات ۳۱۰ نفر بود که برای بررسی وضعیت بیماری تیروئید خود به بیمارستان شهید بهشتی و کلینیک امام خمینی (ره) همدان در سال ۱۳۹۶ مراجعه کرده‌اند. از این تعداد ۱۰۵ نفر سالم، ۱۵۰ نفر کم‌کاری تیروئید و ۵۵ نفر پرکاری تیروئید داشته‌اند. در این سیستم فازی از متغیرهای سن و BMI و هم‌چنین تست‌های آزمایشگاهی از قبیل TSH، T4 و T3، نمره‌ی علائم پرکاری تیروئید و نمره‌ی علائم کم‌کاری تیروئید به عنوان پارامترهای ورودی و متغیرخروجی نیز وضعیت سلامت فرد را نشان می‌دهد و شامل سه حالت سالم، کم‌کاری تیروئید و پرکاری است. در مدل طبقه فازی طراحی شده مدل استنتاج ممدانی max-min و روش غیر فازی‌سازی مرکز ثقل (Centroid) با به‌کارگیری جعبه ابزار فازی در نرم‌افزار MATLAB.2013 استفاده شده است.

یافته‌ها: مدل طبقه‌بندی فازی مبتنی بر قواعد اگر آنگاه در هر دو مجموعه‌ی تست و آموزش بر اساس شاخص‌هایی از قبیل مساحت زیر منحنی راک، دقت، حساسیت و ویژگی از عملکرد بسیار خوبی برای پیش‌بینی اختلال تیروئید برخوردار است.

نتیجه‌گیری: سیستم‌های طبقه‌بندی فازی مبتنی بر قوانین اگر-آنگاه، با به‌کارگیری مجموعه‌هایی که قابلیت هم‌پوشانی دارند، پتانسیل بالایی برای مدیریت عدم قطعیت مرتبط با تشخیص پزشکی دارند. هم‌چنین با فراهم کردن امکان استفاده از متغیرهای زبانی در فرآیند تصمیم‌گیری و طراحی، تفسیرپذیری نتایج را برای پزشکانی که با مفاهیم مدل‌سازی آشنایی ندارند، بهبود بخشیده است.

واژه‌های کلیدی: بیماری تیروئید، کم‌کاری تیروئید، پرکاری تیروئید، طبقه‌بندی، منطق فازی

مقدمه

غده‌ی تیروئید به شکل پروانه در پایین‌تر از وسط گردن است. وظیفه‌ی اصلی آن کنترل متابولیسم بدن است. برای کنترل سوخت و ساز بدن، غده‌ی تیروئید هورمون‌های T3 و T4 را تولید می‌کند. این هورمون‌ها تأثیر بسیاری بر روی ارگان‌های اساسی و متابولیسم بدن دارند. وقتی غده‌ی تیروئید بیش از حد هورمون تولید کند، بدن سریع‌تر از همیشه انرژی صرف می‌کند که پرکاری تیروئید نامیده می‌شود و زمانی‌که تیروئید به اندازه‌ی کافی هورمون تولید نکند، بدن انرژی را به کندی مصرف می‌کند که کم‌کاری تیروئید نامیده می‌شود [۱]. امروزه بیماری‌های مرتبط به غده‌ی تیروئید در حال افزایش است. لذا با توجه به ابهام و عدم قطعیت در تشخیص سطوح این بیماری، به‌دلیل نزدیکی علائم مرتبط با آن‌ها، استفاده از یک مدل طبقه‌بندی کارآمد ضروری به نظر می‌رسد.

طبقه‌بندی و پیش‌بینی یکی از مهم‌ترین کاربردهای روش‌های آماری در حوزه‌ی پزشکی است. مدل‌های طبقه‌بندی می‌توانند برای کمک به پزشکان در تشخیص اختلال تیروئید مؤثر باشند. در سال‌های اخیر روش‌های مختلف یادگیری ماشین مانند

[Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir on 2024-08-05]

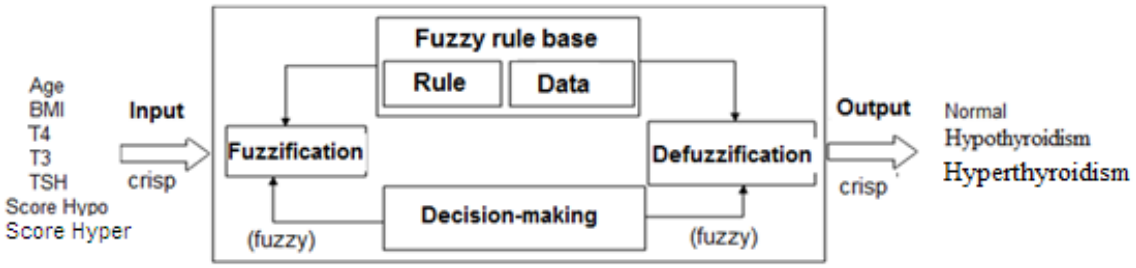
[DOI: 10.29252/koomesh.22.1.107]

شبکه‌های عصبی، منطق فازی و ماشین‌های بردار پشتیبان برای حل بسیاری از مشکلات پیچیده در زمینه‌ی پزشکی توسعه داده شده است [۲-۸]. سیستم‌های طبقه‌بندی فازی مبتنی بر قوانین اگر-آنگاه، پتانسیل بالایی برای مدیریت عدم قطعیت مرتبط با تشخیص پزشکی دارند [۹].

بر طبق منطق ارسطویی در مجموعه‌های کلاسیک، یک عنصر به طور قطعی و مشخص یا عضو یک مجموعه است یا نیست. اما در دنیای واقعی، گزاره‌ها در اکثر مواقع خاکستری یعنی غیر دقیق و مبهم هستند. در واقع در منطق فازی درجه‌ی عضویت هر عنصر به صورت احتمالی و در بازه‌ی صفر و یک است. ابهام و عدم قطعیت در تشخیص بیماری‌ها امری بدیهی است. زیرا بیماری‌ها به صورت و اشکال مختلف و همچنین با شدت و سختی متفاوتی ظاهر می‌شوند. در حقیقت بهترین تعاریفی که برای علائم و بیماری‌ها وجود دارد با استفاده از اصطلاحات زبانی مبهم و غیردقیق ارائه می‌شود. بنابراین مدل‌سازی مفاهیم غیر دقیق و مبهم و به‌کارگیری دانش افراد متخصص و خبره در فرایند تصمیم‌گیری ضروری به نظر می‌رسد [۱۰].

مهم‌ترین ایده در استفاده از سیستم فازی وجود پارامترهای مرکب و علائم زیاد و همچنین نزدیک بودن بیش از حد علائم به یک‌دیگر هست. علائم و سایر متغیرهای مرتبط از جمله متغیرهای آزمایشگاهی به سیستم فازی سپرده می‌شود و سیستم فازی است که میزان نزدیک بودن علائم به هر یک از بیماری‌ها یا سطوح مختلف بیماری را تعیین و به عنوان خروجی معرفی می‌کند [۹،۱۰].

محققین بسیاری مدل طبقه‌بندی فازی را برای تشخیص بیماری‌های مختلف از جمله بیماری قلبی [۱۱،۱۲]، دیابت [۱۳] و هپاتیت [۱۴] و همچنین تعیین دوز بهینه داروها [۱۵] به‌کار برده‌اند. نتایج این مطالعات نشان‌دهنده عملکرد خوب این مدل طبقه‌بندی در حوزه تشخیص و پیش‌بینی در زمینه مسائل پزشکی می‌باشد. لذا هدف از این پژوهش طراحی یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری برای طبقه‌بندی این بیماری با استفاده از رویکرد منطق فازی است. در واقع هدف از این مطالعه طبقه‌بندی بیماران بر اساس اختلال عملکرد غده‌ی تیروئید شامل سه کلاس سالم، کم‌کاری و پرکاری می‌باشد. برای طبقه‌بندی بیماران از روش طبقه‌بندی فازی (مبتنی بر قواعد اگر-آنگاه) استفاده خواهد شد.



شکل ۱ : مدل طبقه بندی فازی برای تشخیص اختلال تیروئید

مواد و روش‌ها

در این مطالعه که با کد اخلاق IR.UMSHA.REC.1396. 242 از دانشگاه علوم پزشکی همدان می باشد، داده‌های مرتبط با افراد مراجعه‌کننده به بیمارستان شهید بهشتی و کلینیک امام خمینی (ره) همدان که در سال ۱۳۹۶، برای بررسی وضعیت بیماری تیروئید مراجعه کرده‌اند، استفاده شده است. این مجموعه داده‌ها شامل اطلاعات ۳۱۰ نفر بود که تعداد ۱۰۵ نفر سالم، تعداد ۱۵۰ نفر کم‌کاری تیروئید و تعداد ۵۵ نفر پرکاری تیروئید داشته‌اند. این افراد به طور تصادفی به دو گروه آموزشی و آزمایشی تقسیم شدند، به طوری که ۷۰٪ افراد در گروه آموزشی (۱۰۰ نفر) و ۳۰٪ افراد در گروه آزمایشی (۲۱۰ نفر) قرار گرفتند. این فرایند ۱۰۰ بار صورت گرفت و در نهایت شاخص‌های ارزیابی مدل بر اساس میانگین این ۱۰۰ تکرار ارائه گردید.

طبقه‌بندی‌کننده فازی مبتنی بر قواعد اگر آنگاه:

برای طراحی یک مدل طبقه‌بندی بر اساس روش فازی ابتدا لازم است متغیرهای ورودی تشخیص داده شده و روی هر یک، مجموعه فازی همراه با تابع عضویت مناسب تعریف شود، سپس از ترکیب حالات مختلف مجموعه‌های فازی برای متغیرهای ورودی و خروجی، قوانین "اگر- آنگاه" تشکیل می‌شوند. در گام بعد این قوانین با استفاده از دانش فرد متخصص مورد ویرایش و اصلاح قرار می‌گیرند. پس از ایجاد پایگاه قواعد، طبقه‌بندی صورت می‌گیرد. بنابراین ساختار اصلی سیستم استنتاج فازی بر اساس شکل شماره ۱ شامل چهار بخش اصلی به صورت زیر است:

۱- فازی‌سازی که ورودی‌های صریح را به مقادیر زبانی تبدیل می‌کند.

اولین مرحله در فرایند تصمیم‌گیری فازی، فازی‌سازی متغیرهای قطعی است. در این مرحله متغیرهای قطعی به متغیرهای زبانی تبدیل می‌شوند. متغیرهای زبانی کلمات یا

[Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir on 2024-08-05]
[DOI: 10.29252/koomesh.22.1.107]

جملاتی از قبیل شدید، متوسط و خفیف هستند که در زبان طبیعی یا مصنوعی وجود دارند.

۲- موتور استنتاج؛ که شامل مکانیسم استدلال فازی برای به‌دست آوردن خروجی فازی است. در واقع در این مرحله با استفاده از ورودی‌های فازی شده و قوانین فازی، خروجی‌های فازی تولید می‌شود.

برای توضیح بیش‌تر: هر قانون اگر– آنگاه، از دو بخش مقدم (اگر ...) و نتیجه یا تالی (آنگاه ...) تشکیل شده است. تفسیر یک قانون اگر– آنگاه شامل دو مرحله است: مرحله اول: فازی‌سازی ورودی: که در آن تمامی عبارات مقدم را با اعمال عملگرهای فازی به یک درجه‌ی عضویت بین ۰ و ۱ تبدیل می‌کند.

مرحله دوم در این بخش شامل اعمال روش دلالت است که برای اعمال آن، دو تابع پیش‌ساخته در نرم‌افزار Matlab وجود دارد: یکی min که خروجی مجموعه‌ی فازی را برش می‌دهد و دیگری prod که مقیاس مجموعه‌ی خروجی را تغییر می‌دهد.

در گام بعدی این بخش اجتماع تمام خروجی‌ها صورت می‌گیرد. در واقع در استنتاج فازی، تصمیم‌گیری بر اساس تمام قوانین در سیستم انجام می‌شود، برای همین باید قوانین را به روشی ترکیب کرد. در نرم‌افزار Matlab، سه تابع از پیش‌ساخته max، probor و sum برای این امر پشتیبانی می‌شوند.

به طور کلی دو نوع سیستم استنتاج فازی مطرح است: سیستم استنتاج ممدانی و سیستم استنتاج فازی سوگنو. این دو سیستم استنتاجی بسیار به هم شبیه‌اند و عمده تفاوتشان در این است که تابع عضویت خروجی در روش سوگنو خطی و یا ثابت است.

۳- فازی‌زدا، که خروجی فازی ناشی از استدلال‌های فازی در مرحله قبل را که به صورت یک مجموعه فازی است، به مقدار صریح تبدیل می‌کند و در واقع خروجی آن یک عدد است.

۴- پایگاه دانش که شامل توابع عضویت و قوانین فازی است که به ترتیب در قالب پایگاه داده و پایگاه قوانین قرار دارند. لازم به ذکر است انتخاب مناسب قوانین، توابع عضویت متغیرهای زبانی و پارامترهای سیستم استنتاج فازی، نقش مستقیم و اساسی در دستیابی به یک مدل طبقه‌بندی دقیق دارند [۹،۱۰،۱۶].

پارامترهای ورودی–خروجی سیستم فازی: در این سیستم فازی از دو متغیر دموگرافیک (سن و BMI)، و هم‌چنین تست‌های آزمایشگاهی مرتبط با این بیماری از قبیل TSH، T4 و T3، نمره علائم پرکاری تیروئید و نمره علائم کم‌کاری تیروئید به عنوان پارامترهای ورودی استفاده شده است. علائم مرتبط با کم‌کاری عبارت‌اند از: خستگی، خواب‌آلودگی، یبوست، عدم تحمل سرما، کاهش اشتها، ورم بدن و بی‌نظمی دوره‌ی قاعدگی. لازم به ذکر است متغیر Score.Hypo برای افراد به صورت مجموع علائم مرتبط تعریف شده است. برای مثال فردی که نمره‌ی Score.Hypo برای او ۳ شده است، دارای ۳ تا از علائم مرتبط با کم‌کاری تیروئید می‌باشد. هم‌چنین علائم پرکاری تیروئید شامل؛ کاهش وزن، عدم تحمل گرما، افزایش اشتها، تپش قلب، اسهال، تعریق و بی‌نظمی قاعدگی می‌باشد. متغیر Score.Hyper نیز به‌طور مشابه به‌صورت مجموع علائم مرتبط با پرکاری تعریف گردید. این سیستم فازی دارای یک متغیر خروجی می‌باشد که وضعیت سلامت فرد را نشان می‌دهد و شامل سه حالت سالم، کم‌کاری تیروئید و پرکاری است. در جدول ۱ متغیرهای ورودی– خروجی و متغیرهای زبانی مرتبط به همراه پارامترهای توابع عضویت ارائه شده است.

قواعد اگر–آنگاه فازی: با توجه به نظر پزشک متخصص غدد، پالایش نهایی روی قواعد انجام شد و تعداد ۱۲ قانون استخراج شد. فهرست قواعد فازی در جدول ۲ ارائه شده است. در مدل طبقه فازی طراحی شده مدل استنتاج ممدانی max-min به‌عنوان عملگرهای AND-OR روش غیر فازی‌سازی مرکز ثقل (Centroid) استفاده شده است. برای طراحی مدل فازی از جعبه ابزار فازی (Toolbox Fuzzy) در نرم‌افزار MATLAB استفاده شده است.

جدول ۱. متغیرهای ورودی- خروجی و متغیرهای زبانی مرتبط به همراه پارامترهای توابع عضویت

متغیر	مجموعه‌ی فازی	نوع تابع عضویت	مقادیر
سن	جوان	ذوزنقه‌ای	کمتر از ۵۰
	میانسال	مثلثی	۵۰-۷۰
	پیر	ذوزنقه‌ای	بالای ۷۰
BMI	کم وزن	مثلثی	کمتر از ۱۸/۵
	نرمال	مثلثی	۱۸/۵-۲۴/۹
	اضافه وزن	مثلثی	۲۵/۹-۲۹
	چاق	مثلثی	بالای ۳۰
TSH	کاهش یافته	ذوزنقه‌ای	کمتر از ۰/۵
	نرمال	مثلثی	۰/۵-۴
	افزایش یافته	ذوزنقه‌ای	بیشتر از ۰/۵
T3T4و	کاهش یافته	ذوزنقه‌ای	کمتر از ۴
	نرمال	مثلثی	۴-۱۲
	افزایش یافته	ذوزنقه‌ای	بیشتر از ۱۲
T3	کاهش یافته	ذوزنقه‌ای	کمتر از ۹۰
	نرمال	مثلثی	۹۰-۲۰۰
	افزایش یافته	ذوزنقه‌ای	بیشتر از ۲۰۰
Score.Hypo	کم	ذوزنقه‌ای	۰-۲
	متوسط	مثلثی	۲-۴
	زیاد	ذوزنقه‌ای	۴-۷
Score.Hyper	کم	ذوزنقه‌ای	۰-۲
	متوسط	مثلثی	۲-۴
	زیاد	ذوزنقه‌ای	۴-۷
Class	پرکاری	مثلثی	۱۰-۰
	نرمال	مثلثی	۲۰-۱۰
	کم کاری	مثلثی	۳۰-۲۰

[Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir on 2024-08-05]

[DOI: 10.29252/koomesh.22.1.107]

جدول ۲. قواعد سیستم فازی پیشنهادی

ردیف	قواعد فازی
۱	اگر (TSH کاهش‌یافته) و (T4 افزایش‌یافته) و (T3 افزایش‌یافته) و (Score Hyper زیاد) آنگاه فرد پرکاری تیروئید دارد.
۲	اگر (TSH کاهش‌یافته) و (T4 افزایش‌یافته) و (T3 افزایش‌یافته) و (Score Hyper متوسط) آنگاه فرد پرکاری تیروئید دارد.
۳	اگر (TSH کاهش یافته) و (T4 افزایش یافته) و (T3 نرمال) و (Score Hyper زیاد) آنگاه فرد پرکاری تیروئید دارد.
۴	اگر (TSH کاهش‌یافته) و (T4 افزایش‌یافته) و (T3 نرمال) و (Score Hyper متوسط) آنگاه فرد پرکاری تیروئید دارد.
۵	اگر (TSH کاهش‌یافته) و (T4 نرمال) و (T3 افزایش‌یافته) و (Score Hyper زیاد) آنگاه فرد پرکاری تیروئید دارد.
۶	اگر (TSH کاهش‌یافته) و (T4 نرمال) و (T3 متوسط) و (Score Hyper زیاد) آنگاه فرد پرکاری تیروئید دارد.
۷	اگر (TSH افزایش‌یافته) و (T4 کاهش‌یافته) و (Score Hypo زیاد) آنگاه فرد کم‌کاری تیروئید دارد.
۸	اگر (TSH افزایش‌یافته) و (T4 کاهش‌یافته) و (Score Hypo متوسط) آنگاه فرد کم‌کاری تیروئید دارد.
۹	اگر (TSH نرمال) و (T4 نرمال) و (Score Hyper کم) و (Score Hypo کم) آنگاه فرد سالم است.
۱۰	اگر (TSH نرمال) و (T4 نرمال) و (Score Hypo کم) آنگاه فرد سالم است.
۱۱	اگر (TSH نرمال) و (T4 نرمال) و (Score Hyper کم) آنگاه فرد سالم است.
۱۲	اگر (TSH نرمال) و (T4 نرمال) آنگاه فرد سالم است.

نتایج

مقایسه میانگین متغیرهای مرتبط با شاخص‌های آزمایشگاهی و میانگین علائم، همچنین سن و شاخص توده بدنی در گروه‌های مختلف در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج آزمون آنالیز واریانس نشان می‌دهد که میانگین متغیرهای سن، BMI، TSH، T4، T3، Score.Hypo و Score.Hyper در گروه‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌دار دارند. در جدول ۴ نیز فراوانی علائم مرتبط با اختلال کم‌کاری و پرکاری تیروئید، در هر سه گروه افراد سالم، کم‌کاری و پرکاری آمده است.

همچنین مقایسه عملکرد طبقه‌بندی‌کننده فازی بر اساس مجموعه داده‌های تست و آموزش بر اساس شاخص‌هایی از قبیل مساحت زیر منحنی راک، دقت، حساسیت و ویژگی در جدول ۵ ارائه شده است. نتایج نشان‌دهنده آن است که مدل طبقه‌بندی فازی مبتنی بر قواعد اگر- آنگاه در هر دو مجموعه تست و آموزش از عملکرد خوبی برای پیش‌بینی اختلال تیروئید برخوردار است.

جدول ۳. مقایسه میانگین متغیرها در گروه‌های مختلف

متغیر	گروه			
	نرمال	پرکاری	کم‌کاری	
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	P-value*
سن	۱۷/۱۴ ± ۴۷/۱۰	۱۲/۷۶ ± ۳۷/۱۵	۱۲/۴۶ ± ۳۶/۴۴	<۰/۰۰۱
شاخص توده بدنی	۴/۵۰ ± ۲۶/۳۷	۴/۷۰± ۲۷/۸۳	۴/۸۰± ۲۶/۹۰	۰/۰۱۲
TSH	۱/۴۳ ± ۲/۵۵	۲/۳۳ ± ۰/۹۵	۲۳/۷۳± ۱۹/۵	<۰/۰۰۱
T4	۲/۷۷± ۹/۸۶	۳/۷۸± ۱۳/۷۳	۲/۸۳ ±۵/۸۴	<۰/۰۰۱
T3	۱۸/۱۹ ± ۱۰۱/۷۹	۳۲/۸۴± ۲۱۲/۵۱	۳۱/۶۰ ± ۷۷/۶۵	<۰/۰۰۱
Score.Hypo	۰/۴۱ ±۰/۰۶	۰/۹۷ ± ۰/۶۴	۱/۶۵ ± ۳/۵۵	<۰/۰۰۱
Score.Hyper	۰/۳۶ ± ۰/۰۶	۱/۷۹ ± ۳/۷۵	۰/۶۳ ± ۰/۶۱	<۰/۰۰۱

* نوع آزمون: آنالیز واریانس یکطرفه

جدول ۴. توزیع فراوانی علائم مرتبط در گروه‌های مختلف

علائم	سطوح	گروه					
		نرمال		پرکاری		کم‌کاری	
		تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد
خستگی	بله	۱	۱	۶	۱۱	۱۲۸	۸۵
	خیر	۱۰۴	۹۹	۴۹	۸۹	۲۲	۱۵
خواب آلودگی	بله	۲	۲	۴	۷	۱۱۵	۷۷

[Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir on 2024-08-05]

[DOI: 10.29252/koomesh.22.1.107]

	خیر	۱۰۳	۹۸	۵۱	۹۳	۳۵	۲۳
یبوست	بله	۰	۰	۲	۴	۶۳	۴۲
	خیر	۱۰۵	۱۰۰	۵۳	۹۶	۸۷	۵۸
ورم بدن	بله	۱	۱	۱	۲	۶۲	۴۱
	خیر	۱۰۴	۹۹	۵۴	۹۸	۸۸	۵۹
عدم تحمل سرما	بله	۲	۲	۴	۷	۵۷	۳۸
	خیر	۱۰۳	۹۸	۵۱	۹۳	۹۳	۶۲
کاهش اشتها	بله	۱	۱	۳	۶	۴۱	۲۷
	خیر	۱۰۴	۹۹	۵۲	۹۴	۱۰۹	۷۳
بی‌نظمی قاعدگی	بله	۲	۲	۱۹	۳۵	۶۴	۴۳
	خیر	۱۰۳	۹۸	۳۶	۶۵	۸۶	۵۷
افزایش اشتها	بله	۱	۱	۲۲	۴۰	۱	۱
	خیر	۱۰۴	۹۹	۳۳	۶۰	۱۴۹	۹۹
کاهش وزن	بله	۱	۱	۳۴	۶۲	۲۴	۱۶
	خیر	۱۰۴	۹۹	۲۱	۳۸	۱۲۶	۸۴
اسهال	بله	۰	۰	۶	۱۱	۰	۰
	خیر	۱۰۵	۱۰۰	۴۹	۸۹	۱۵۰	۱۰۰
تعریق	بله	۱	۱	۳۹	۷۱	۱	۱
	خیر	۱۰۴	۹۹	۱۶	۲۹	۱۴۹	۹۹
عدم تحمل گرما	بله	۱	۱	۴۳	۷۸	۰	۰
	خیر	۱۰۴	۰	۱۲	۲۲	۱۵۰	۱۰۰
تپش قلب	بله	۰	۰	۴۳	۷۸	۲	۱
	خیر	۱۵۰	۱۰۰	۱۲	۲۲	۱۴۸	۹۹

جدول ۵. مقایسه‌ی عملکرد مدل طبقه‌بندی فازی در طبقه بندی اختلال تیروئید برای مجموعه‌ی آموزشی و آزمایشی

مدل	مجموعه داده	دقت	Mean AUC	شاخص	نرمال	پرکاری	کم‌کاری
مدل طبقه بندی فازی	تست	۰/۹۴۸	۰/۹۳۴	حساسیت	۰/۹۴۲	۰/۹۸۲	۰/۹۸۳
				ویژگی	۰/۹۹۲	۰/۹۵۸	۰/۹۸۲
				دقت	۰/۹۳۶	۰/۹۵۸	۰/۹۴۱
مدل طبقه بندی فازی	آموزش	۰/۹۲۱	۰/۹۲۵	حساسیت	۰/۹۳۱	۰/۹۶۳	۰/۹۷۸
				ویژگی	۰/۹۳۲	۰/۹۰۷	۰/۹۵۱
				دقت	۰/۹۴۰	۰/۹۶۱	۰/۹۱۴

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه از روش فازی برای طبقه‌بندی بیماران مبتلا به اختلال عملکرد تیروئید استفاده شده است. نتایج مطالعه‌ی حاضر نشان می‌دهد که مدل طبقه‌بندی فازی طراحی شده از عملکرد قابل قبولی در پیش‌بینی اختلالات تیروئید برخوردار است. ضمن آن‌که به دلیل استفاده از متغیرهای زبان شناختی در سیستم فازی، متخصصین بالینی به سادگی می‌تواند از آن استفاده کنند. استفاده از یک مدل دقیق برای پیش‌بینی بیماری تیروئید می‌تواند برای پزشکانی که تجربه‌ی کمی دارند، مفید باشد. در واقع استفاده از چنین سیستم‌هایی می‌تواند منجر به کاهش ترس (ناشی از فقدان دانش و مهارت، یا تنها بودن) و افزایش اعتماد به نفس به‌ویژه در پزشکان جوان شود.

سیستم‌های تصمیم یار پزشکی مبتنی بر طبقه‌بندی‌کننده فازی را می‌توان به منظور تشخیص‌های دقیق‌تر در بازه زمانی کوتاه‌تر نه فقط در مورد بیماری‌های تیروئید بلکه در مورد بیماری‌های که تشخیص در آن‌ها نیازمند زمان و هزینه‌های زیاد است و در بیش‌تر موارد تشخیص آن‌ها مستلزم آزمایش‌های سخت و پرهزینه است، به‌کار گرفت. با توسعه و تکامل این سیستم‌ها در تمامی بخش‌های بیمارستانی می‌توان رضایت‌مندی ذینفعان سیستم‌های مراقبت سلامت را موجب شد و حتی می‌توان با طراحی و استفاده از سیستم‌های تصمیم یار در دستگاه‌های پرتابل دستیار پزشک یا کامپیوترهای بخش و مطب‌های پزشکی، ابزارهای بلادرنگ پزشکی را در اختیار متخصصین بالینی گذاشت تا تشخیص‌های قابل اعتمادتری را اتخاذ نمایند.

[Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir on 2024-08-05]

[DOI: 10.29252/koomesh.22.1.107]

در ادامه سیستم پیشنهادی با برخی از مطالعات مرتبط با پیش‌بینی اختلال تیروئید، مورد مقایسه قرار خواهد گرفت. در بسیاری از مطالعات در طراحی سیستم فازی فقط از متغیرهای بالینی استفاده شده است، در حالی‌که در این مطالعه علاوه بر متغیرهای آزمایشگاهی، متغیرهای مرتبط با علائم بیماری نیز جمع‌آوری شده و نتایج نشان داد که این متغیرها در پیش‌بینی مدل طبقه‌بندی فازی مؤثر بوده است. هم‌چنین در اکثر مطالعات از مجموعه داده‌های سایت UCI که به‌طور رایگان در دسترس عموم قرار دارد، استفاده شده است. در حالی‌که در مطالعه‌ی حاضر از مجموعه داده‌ی واقعی استفاده شده است [۱۷].

سجادی و همکاران در سال ۲۰۱۸ یک سیستم خبره برای تشخیص اختلالات کم‌کاری تیروئید شامل کم‌کاری معرفی نمودند. این سیستم شامل ۷ ورودی و یک خروجی شامل کم‌کاری تحت بالینی، کم‌کاری و سالم بود. موتور سیستم خبره فازی این مطالعه از نوع ممدانی است. نتایج نشان‌دهنده آن است که مدل فازی طراحی شده با دقتی بالای ۹۵٪ قادر به پیش‌بینی طبقات بیماری است [۱۸].

وحیدی و همکاران در سال ۲۰۱۶ یک سیستم خبره برای تشخیص اختلالات تیروئید شامل کم‌کاری، کم‌کاری ثانویه، کم‌کاری تحت بالینی و پرکاری تیروئید معرفی نمودند. این سیستم شامل ۵ ورودی و یک خروجی بود. موتور سیستم خبره فازی این مطالعه شامل نه قاعده است. به‌عنوان مثال یکی از این قواعد به صورت زیر می‌باشد: اگر "هورمون محرک تیروئید" نرمال و "تیروکسین" نرمال و "تری یدوتیرونین" نرمال و "تیروکسین آزاد" نرمال و "تری یدوتیرونین آزاد" نرمال بود، آنگاه فرد سالم است. در این مطالعه هیچ‌گونه معیار دقتی گزارش نشده است [۱۹].

بیدا و همکاران در سال ۲۰۱۴ یک سیستم برای تشخیص بیماری‌های تیروئید پیشنهاد داده‌اند که در آن از ترکیب روش سیستم فازی ممدانی با روش شبکه عصبی ANN برای طراحی یک سیستم هوشمند برای تشخیص اتوماتیک بیماری تیروئید استفاده شده است. تعداد افراد مورد مطالعه ۴۰۲ نفر بود. برای هر فرد ۴۴ متغیر (سه متغیر آزمایشگاهی TSH، T4، T3 و سایر متغیرهای علائم و نشانه‌های کم‌کاری و پرکاری تیروئید) استخراج شده است و متغیر خروجی وضعیت فرد ۵ سطح بود [۲۰].

کسن و همکاران در سال ۲۰۱۴ یک سیستم فازی ممدانی و شبکه‌ی عصبی- مصنوعی برای تشخیص بیماری‌های تیروئید ارائه داده‌اند. تعداد افراد مورد بررسی در این مطالعه ۳۰۰ نفر می‌باشد و متغیرهای ورودی عبارت‌اند از: TSH، T4، T3 و پادتن. متغیر خروجی به روش سنترویید طبقه‌بندی شده است. دقت پیش‌بینی مدل فازی برای تشخیص افراد بیمار ۱۰۰٪ و برای تشخیص افراد سالم ۶۰٪ به دست آمده است. در این مطالعه نشان داده شده است که سیستم منطق فازی ممدانی دارای دقت بالاتری نسبت به سیستم شبکه‌ی عصبی مصنوعی برای تشخیص بیماری است [۲۱].

محمدی و همکاران در سال ۲۰۱۲ مطالعه‌ای برای تعیین وضعیت غده تیروئید در ۲۲۵ نفر از افراد مراجعه‌کننده به آزمایشگاه جهاد دانشگاهی اهواز با استفاده از شبکه‌ی عصبی پرسپترون چندلایه در مقایسه با روش‌های کلاسیک ممیزی انجام داده‌اند. در این تحقیق هدف مقایسه روش‌های ممیزی خطی، ممیزی درجه دوم، ممیزی لجستیک با روش شبکه عصبی در تعیین وضعیت غده تیروئید است. میزان خطای ممیزی خطی در مجموعه راهنما و آزمون به ترتیب ۰/۱۴ و ۰/۲۱۳ به دست آمده است. در روش ممیزی درجه دوم میزان خطا در مجموعه راهنما و آزمون به ترتیب ۰/۰۵۳ و ۰/۱۰۶ بوده است، در ممیزی لجستیک میزان خطا در هر دو مجموعه راهنما و آزمون ۰/۰۲۶ بوده است و در روش ممیزی شبکه‌ی عصبی میزان خطا مجموعه‌ی راهنما ۰/۰۲ و خطای مجموعه آزمون ۰/۰۱۳ به‌دست آمده است [۲۲].

خانلی و همکاران در سال ۲۰۱۱ یک سیستم استنتاج فازی ممدانی شامل ۱۸ قانون اگر- آنگاه را برای تشخیص بیماری کم‌کاری تیروئید ارائه داده‌اند. در این سیستم ۴۵ نفر بررسی شده است و متغیرهای ورودی شامل (نمره علائم کم‌کاری تیروئید، T4 و TSH بود. برای متغیر نمره علائم بیماری در نرم‌افزار نمره ۰ تا ۱۰۰ داده شده است که سه سطح ریسک پایین، ریسک متوسط و ریسک بالا دارد. برای سایر متغیرها از تابع عضویت مثلثی و ذوزنقه‌ای استفاده شده است. متغیر خروجی سالم بودن یا نوع کم‌کاری تیروئید است که سه سطح (کم‌کاری تحت بالینی، کم‌کاری اولیه و کم‌کاری ثانویه) دارد. دقت پیش‌بینی این سیستم ۸۸٪ به‌دست آمده است [۲۳].

کلس و همکاران در سال ۲۰۰۸ یک سیستم خبره برای تشخیص بیماری تیروئید ارائه داده‌اند که ESTDD نامیده می‌شود. در این مطالعه، قواعد فازی با استفاده از روش قواعد فازی- عصبی به دست آمد. داده‌های استفاده شده در این مطالعه مجموعه داده‌های تیروئید گرفته شده از سایت UCI که شامل مقادیر اندازه‌گیری شده غده‌ی تیروئید برای ۲۵۰ فرد می‌باشد. سیستم دارای ۵ متغیر ورودی (شامل متغیرهای آزمایشگاهی مرتبط با هورمون‌های تیروئید) و یک متغیر خروجی شامل وضعیت فرد (سالم (۱۵ نفر)، کم‌کاری تیروئید (۳۵ نفر) و پرکاری تیروئید (۳۰ نفر)) بود. سیستم طراحی شده دارای دقت ۹۵/۳۳٪ بود [۲۴].

[Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir on 2024-08-05]

[DOI: 10.29252/koomesh.22.1.107]

در مدل فازی طراحی شده در این مطالعه برای تدوین قوانین استنتاج، هیچ‌گونه وزنی برای ورودی‌های سیستم در نظر گرفته نشده است، شاید بتوان یکی از نقاط ضعف سیستم استنتاج تدوین شده در این مطالعه را به این نکته نسبت داد؛ بنابراین پیشنهاد می‌گردد تا در مطالعات آینده، محققان ضمن تعیین وزن‌های متناسب برای هر یک از متغیرهای ورودی، قوانین تدوین شده را نیز بر پایه وزن متغیرهای ورودی، وزن‌دار نموده و سیستم طبقه‌بندی را بر اساس قوانین موزون طراحی نمایند. هم‌چنین تلفیقی از سیستم استنتاج فازی و الگوریتم‌های فرا ابتکاری را برای تعداد بهینه قوانین در شرایطی که متغیرهای ورودی بسیاری مد نظر باشد، به منظور دستیابی به قوانین کم‌تر و بهینه‌تر، می‌توان به‌کار برد.

منطق فازی با به کارگیری مجموعه‌هایی که قابلیت هم‌پوشانی دارند، کارایی سیستم‌های طبقه‌بندی و سیستم‌های تصمیم یار را بهبود بخشیده است. هم‌چنین با فراهم کردن امکان استفاده از متغیرهای زبانی در فرآیند تصمیم‌گیری و طراحی تفسیرپذیری نتایج را برای پزشکانی که با مفاهیم مدل‌سازی آشنایی ندارند، بهبود بخشیده است.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته آمار زیستی بود، که نویسندگان مراتب تشکر و قدردانی خود از حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی همدان اعلام می دارند.

منابع

[1] Dayan CM. Interpretation of thyroid function tests. The Lancet 2001; 357: 619-624.

[2] Monaco F. Classification of thyroid diseases: suggestions for a revision. J Clin Endocrinol Metab 2003; 88: 1428-1432.

[3] Khiew KF, Wang TI, Lin MYS, Jiang Y. Prediction of hypothyroidism disease by data mining technique. J Data Sci 2016; 14: 97-116.

[4] Razia S, Narasinga Rao MR. Machine learning techniques for thyroid disease diagnosis - a review. Indian J Sci Technol 2016; 9.

[5] Farhadian M, Mahjub H, Poorolajal J, Moghimbeigi A, Mansoorizadeh M. Predicting 5-year survival status of patients with breast cancer based on supervised wavelet method. Osong Public Health Res Perspect 2014; 5: 324-332.

[6] Kazemi M, Moghimbeigi A, Kiani J, Mahjub H, Faradmal J. Diabetic peripheral neuropathy class prediction by multi category support vector machine model: a cross-sectional study. Epidemiol Health 2016; 38: e2016011. (Persian).

[7] Aliabadi M, Farhadian M, Darvishi E. Prediction of hearing loss among the noise-exposed workers in a steel factory using artificial intelligence approach. Int Arch Occup Environ Health 2015; 88: :779-787.

[8] Farhadian M, Salemi F, Saati S, Nafisi N. Dental age estimation using the pulp-to-tooth ratio in canines by neural networks. Imaging Sci Dent 2019; 49: 19-26.

[9] Zadeh LA. Fuzzy sets. Information and control. 1965; 8: 338-353.

[10] Zadeh LA. The concept of a linguistic variable and its applications to approximate reasoning. Tech Rep Memorandum ERL-M 1973; 411.

[11] Krisnaiah V, Srinivas M, Narsimha G, Subhash Chandra N. Diagnosis of heart disease patients using fuzzy classification technique. Int Confer Comput Commun Technol 2014.

[12] Mohammadpour RA, Abedi SM, Bagheri S, Ghaemian A. Fuzzy rule-based classification system for assessing coronary artery disease. Comput Math Methods Med 2015; 2015: 564867.

[13] Rahmani Katigari M, Ayatollahi H, Malek M, Kamkar Haghighi M. Fuzzy expert system for diagnosing diabetic neuropathy. World J Diabetes 2017; 15: 80-88.

[14] Neshat M, Yaghobi M. Designing a Fuzzy expert system of diagnosing the hepatitis B intensity rate and comparing it with adaptive neural network Fuzzy system. Proc World Cong Engin Computer Sci 2009.

[15] Doost Hoseini E, Hassanpour-ezatti M, Navidi HR, Abachi T. A Fuzzy expert system for prescribing atorvastatin optimum dose. Koomesh 2012; 13: 43-50.

[16] Phuong NH, Kreinovich V. Fuzzy Logic and its Applications in Medicine. Int J Med Inform 2001; 62: 165-173.

[17] Asuncion A, Newman D. UCI machine learning repository. 2007.

[18] N Assad Sajadi, S Borzouei, H Mahjub, M Farhadian. Diagnosis of hypothyroidism using a fuzzy rule-based expert system. 2018. (In Press). https://doi.org/10.1016/j.cegh.2018.11.007.

[19] Vahidi M. Karimi A. Designing an expert system for diagnosis of thyroid disease. 4th international Conference research in science and technology; Saint Petersburg Russia 2016.

[20] Baydaa SB Alyas. Design an intelligent system for thyroid diseases diagnosis. Int J Enhanced Res Sci Technol Engin 2014; 4: 217-229.

[21] Kesen U, Emre C, Sarıkas A. Generating an artificial intelligent system to diagnosing thyroid gland related diseases using Fuzzy logic and neural network. Acad Plotform 2014.

[22] Mohamadi Basatini F, Chinipardaz Z, SeyedTabib M. Determination of thyroid gland state in referrals from Ahvaz university Jah ad laboratory: using multilayer perceptron neural network discrimination in comparing with classical discrimination methods. Jondishapour 2013; 4: 11-21. (Persian).

[23] Khanale P, Ambilwade R. A fuzzy inference system for diagnosis of hypothyroidism. J Artific Intell 2011; 4: 45-54.

[24] Keles A, Keles A. ESTDD: Expert system for thyroid diseases diagnosis. Exp Syst Appl 2008; 34: 242-246.

[Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir on 2024-08-05]

[DOI: 10.29252/koomesh.22.1.107]

Volume 22, Issue 1 (Winter 2020), 107 – 113

Thyroid disorder diagnosis based on Mamdani fuzzy inference system classifier

Negar Asaad Sajadi (M.Sc)[1], Hossein Mahjub (Ph.D)[1,2], Shiva Borzouei (M.D)[3], Maryam Farhadian (Ph.D)[* 1,2]
1- Department of Biostatistics, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
2 - Research Center for Health Sciences, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
3 -School of Medicine, Hamadan University of Medical Science, Hamadan, Iran

* Corresponding author. +98 81 38380398 maryam_farhadian80@yahoo.com Received: 22 Jan 2019; Accepted: 14 May 2019

Introduction: Classification and prediction are two most important applications of statistical methods in the field of medicine. According to this note that the classical classification are provided due to the clinical symptom and do not involve the use of specialized information and knowledge. Therefore, using a classifier that can combine all this information, is necessary. The aim of this study was to design a decision support system for classification of thyroid disorder using fuzzy if and then classifier.

Materials and Methods: The data consisted of 310 patients, including 105 healthy people, 150 hypothyroidisms and 55 hyperthyroidisms, who referred to Shahid Beheshti Hospital and Imam Khomeini Clinic of Hamadan (Iran) in order to investigate the status of their thyroid disease. In this fuzzy system variable including age and BMI, as well as laboratory tests such as TSH, T4, and T3, the score of hyperthyroid and hypothyroid symptoms used as input and the output variable includes individual health status. The max-min Mamdani inference system along with center of gravity deffizifier have been used in the fuzzy toolbox of MATLAB software.

Results: The fuzzy rule-based classification model had a great performance for predicting thyroid disorder in the both test and train sets.

Conclusion: Fuzzy rules-based classifier by using overlapping sets, had a high potential for managing the uncertainty associated with medical diagnosis. Also, by enabling the use of linguistic variables in the decision making process and design, the interpretation of the results has improved for doctors who are not familiar with modeling concepts.

Keywords: Thyroid Diseases, Hypothyroidism, Hyperthyroidism, Classification, Fuzzy Logic.

[Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir on 2024-08-05]

[DOI: 10.29252/koomesh.22.1.107]