

تشخیص سرطان پروستات به کمک منطق فازی و با استفاده از ترکیب اطلاعات ویژگی های بالینی

دکتر ایمان عطارزاده^{۱*}، وحید زرین افشان^۲

۱- استادیار گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاداسلامی واحد تهران مرکزی، تهران، ایران

۲- کارشناس ارشد مهندسی کامپیوتر-هوش مصنوعی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاداسلامی واحد تهران مرکزی، تهران، ایران

چکیده

تشخیص به موقع سرطان پروستات به عنوان شایع ترین سرطان در جنس مذکر و یک بیماری کشنده از چالش های حوزه سلامت و درمان است. کشف زودهنگام این بیماری در محلی نگه داشتن سرطان در ناحیه پروستات، بهبود فرآیند درمان و کاهش هزینه های درمانی بسیار مؤثر است. در این پژوهش سعی شده است تا با ارائه مدل تصمیم یار تشخیص پزشکی که توان تحلیل و تفسیر اطلاعات پزشکی مختلف را دارا است، دقت تشخیصی مناسبی نسبت به روش ها و مدل های دیگر ارائه شود. برای این منظور اطلاعات سیصد فرد مشکوک به سرطان پروستات با ۱۱ ویژگی تشخیصی سن، وزن، قد، BMI، ضربان قلب، فشارخون دیاستولیک، فشار خون سیستولیک، PSA، سیگاری بودن، مقدار پروستات و چگالی از مقاله مورد مطالعه استخراج شد و بمنظور کاهش پیچیدگی تشخیصی سیستم فازی، از بین ویژگی های اشاره شده سه ویژگی تشخیصی بهتر، سن، سیگاری بودن و PSA با نظر فرد خبره انتخاب شدند. از سوی دیگر جهت افزایش دقت تشخیص، ویژگی سطح ناحیه آلوده که از نتایج پردازش تصویر MRI دست آمده و با دیگر ویژگی های تشخیصی ترکیب و به عنوان ورودی به سیستم فازی ارائه شدند. جهت طبقه بندی از منطق فازی موتور استنتاج مدانی استفاده شد. مدل پیشنهادی ۳/۸۵٪ صحت، ۸۵٪ دقت، ۹۲٪ حساسیت و ۷۴٪ ویژگی را نشان داده است که در مقایسه با روش شبکه عصبی LM مورد بررسی در این پژوهش میزان معیارهای صحت ۱/۷٪، دقت ۰/۵٪، حساسیت ۳٪ و ویژگی ۲٪ افزایش و در نهایت عملکرد بهتری را در مقایسه با شبکه عصبی LM نشان می دهد.

واژه های کلیدی: سرطان پروستات؛ منطق فازی؛ مطالعات بالینی

۱. مقدمه

از آنجاکه برخی از انواع سرطان‌ها (در اصطلاح بدخیم) در بدن گسترش می‌یابند و از ناحیه مبتلابه نقاط دیگر نیز تسری پیدا می‌کنند تشخیص به‌موقع و محلی کردن این بیماری قبل از اینکه دامنه‌ی آن در سرتاسر بدن گسترش یابد در کنترل و فرآیند درمان سرطان نقش بسزایی خواهد داشت. روش‌های بسیار و پارامترهای ارزیابی متعددی جهت تشخیص سرطان پروستات ارائه‌شده است اما به‌طور کلی می‌توان روش‌های تشخیص سرطان پروستات را به دودسته کلی روش‌های تشخیص سنتی و روش‌های تشخیص مدرن تقسیم کرد. راه‌های بسیاری از جمله معاینه بالینی و بررسی ناحیه مقعد و دریافت اطلاعات سلامت بیمار، به دست آوردن اطلاعات آزمایش‌های پزشکی بیماران مانند بررسی سطح سرمی آنتی‌ژن اختصاصی (PSA)، بررسی تصویربرداری‌های پزشکی مانند انواع سونوگرافی، ام‌ار‌ای (MRI) از ناحیه پروستات و همچنین انواع نمونه‌برداری‌های بافتی، جهت تشخیص بیماری سرطان پروستات بکار گرفته می‌شوند. دستگاه‌های تصمیم‌یار پزشکی (DCSS) مبتنی بر دانش کامپیوتر و فن‌های هوش مصنوعی جهت کمک به متخصصین و پزشکان و تسریع در فرآیندهای پزشکی مانند تشخیص طراحی‌شده‌اند. روش‌های تشخیصی منفرد اطلاعات کافی و دقیقی جهت تشخیص بیماری سرطان پروستات ارائه نمی‌کنند از این‌رو برای تشخیص صحیح‌تر و دقیق‌تر نیاز به تفسیر و تحلیل اطلاعات به‌دست‌آمده و در کنار یکدیگر است.

روش‌های سنتی تشخیص بیماری سرطان پروستات در اکثر موارد دقت پایینی داشته و فرد مبتلا از غیر مبتلابه خوبی شناسایی نمی‌شود. در شروع فرآیند تشخیص پزشک اطلاعاتی درباره سلامت عمومی و نحوه‌ی ادرار فرد در یک پرسشنامه استاندارد که جدول بین‌المللی نمرده دهی با نشانه‌های پروستات نامیده می‌شود (I-PSS) تهیه می‌کند. سپس از روش‌های سنتی تشخیص بالینی مانند معاینه مقعدی استفاده می‌کند.

در این روش اورولوژیست از ناحیه مقعد تا پروستات فرد را معاینه می‌کند تا هرگونه مشکل غیرطبیعی در این ناحیه را بررسی کند. پزشک هرگونه بزرگ شدن، عفونت و یا برجستگی در این ناحیه را گزارش می‌دهد. توسط این روش اندازه پروستات توسط لمس پرینه و با سخت و نرم بود آن تخمین زده می‌شود، اگر اندازه غده پروستات بزرگ‌شده باشد ضریب احتمال وجود سرطان پروستات در فرد افزایش می‌یابد. روش‌های سنتی کارایی بالایی نداشته و در بسیاری از موارد با خطای زیادی همراه است [۷].

روش‌های مدرن را می‌توان به دودسته کلی روش‌های آزمایشگاهی و روش‌های تصویربرداری تقسیم کرد. استفاده از آزمایش خون و بررسی نتیجه تولید آنتی‌ژن اختصاصی سرطان پروستات یا PSA بسیار متداول است در این‌گونه تشخیص میزان سطح سرمی آنتی‌ژن اختصاصی ناحیه پروستات بررسی می‌گردد اگر از یک مقدار (بر اساس سن) متجاوز باشد نشانه‌ای جهت ابتلا فرد به بیمارهای ناحیه پروستات و به‌خصوص سرطان پروستات است. این معیار ارزیابی نیز به‌تنهایی راهگشا نیست و تنها احتمالات را برای وجود بیماری سرطان تقویت می‌سازد. آزمایش دیگر بررسی وجود خون و گلبول‌های سفید در ادرار و مایع منی است که نشان‌دهنده‌ی عفونت، بزرگی خوش‌خیم پروستات و یا سرطان پروستات است [۱۱-۲].

۲. کاربرد مدل‌های تصمیم‌یار پزشکی در تشخیص بیماری‌ها

افزایش دقت و سرعت در تشخیص بیماری‌ها یکی از مسائل بسیار مهم حوزه سلامت است از آنجاکه تشخیص متخصصان و پزشکان در بیماری‌ها خالی از اشکال و خطا نیست استفاده از دستگاه‌های کامپیوتری هوشمند که توان تحلیل نتایج و تولید دانش مطلوب را دارا هستند از نیازهای کنونی حوزه سلامت محسوب می‌شود. سیستم تشخیص تصمیم‌یار پزشکی توانایی‌های بسیاری را در افزایش دقت، سرعت و صحت تشخیص در اختیار متخصصان و پزشکان و متولیان امر حوزه سلامت می‌گذارند. سیستم‌های تصمیم‌یار پزشکی برنامه‌های کامپیوتری تعاملی هستند که به‌منظور یاری‌رساندن به پزشکان و سایر متخصصان حوزه درمان و سلامت طراحی‌شده‌اند. این سیستم‌ها مشاهدات بهداشتی را با دانش پزشکی به‌منظور اثرگذاری بر تشخیص متخصصان، درجهت ارتقای کیفیت شناسایی بیماری‌ها پیوند می‌دهد می‌توان سیستم‌های تصمیم‌یار پزشکی را به چهار دسته

سیستم‌های تشخیصی، سیستم‌های هشداردهنده‌ی خودکار جهت پیشگیری، سیستم‌های مدیریت بیماری و سیستم‌های تجویز دارویی و تنظیم مقررات مصرف دارو تقسیم کرد [۴].

در مورد بیمارهای ناحیه پروستات نیز سیستم تصمیم‌یار پزشکی باهدف یاری‌رساندن به متخصصین در تشخیص و طبقه‌بندی بیماری‌های مختلف این ناحیه طراحی و مورد استفاده قرار گرفته‌اند که از آن جمله می‌توان به سیستم تصمیم‌یار تشخیص پزشکی اشاره کرد که برای تشخیص نئوپلازی پروستات طراحی و پیاده‌سازی شده است. سیستم‌های هوشمند پزشکی که بر مبنای هوش مصنوعی و تکنیک‌های داده‌کاوی طراحی شده‌اند، می‌توانند به پزشکان در تشخیص دقیق سرطان پروستات و بزرگی خوش‌خیم آن کمک کرده و از بافت برداری‌های غیرضروری و افزایش هزینه‌های تشخیصی جلوگیری نمایند و همچنین بهره‌گیری از این مدل‌ها و سیستم‌ها زمان مؤثر فرایندهای تشخیصی بیماری‌ها را کاهش می‌دهد [۵].

در این پژوهش تلاش می‌شود مدلی تصمیم‌یاری بر اساس تکنیک‌های داده‌کاوی و یادگیری ماشین ارائه کرد که با بهره‌گیری از ترکیب نتایج آزمایشات پزشکی و اطلاعات تصاویر پزشکی ناحیه پروستات و همچنین اطلاعات سلامت و معاینات پزشکی بتواند کارایی بالاتر و بهبود یافته‌ای جهت تسریع در فرآیند تشخیص سرطان پروستات را نشان دهد. برای این منظور ابتدا اطلاعات سلامت عمومی بیمار نظیر فشارخون، تب، استخوان درد و موارد دیگر که در معاینه عمومی استخراج و در جدول اطلاعات بیمار درج می‌گردد و سپس نتایج معاینه رکتوم و پروستات نیز در کنار این اطلاعات به منظور تقویت تصمیم‌گیری در جدول مذکور مندرج می‌شود. در مرحله بعد نتایج آزمایش‌های پزشکی مانند اندازه PSA در کنار اطلاعات قبلی قرار می‌گیرد. اطلاعات تصویربرداری پزشکی نیز به منظور افزایش دقت و صحت تصمیم‌گیری به موارد فوق اضافه می‌شود. از ویژگی‌های این روش استفاده از اطلاعات مختلف و متفاوت پزشکی جهت تشخیص بیماری در کنار یکدیگر است. همچنین تشکیل یک پرونده الکترونیک سلامت ویژه بر اساس معیارهای تشخیصی قدرتمند از دیگر ویژگی‌های این پژوهش است. این مدل تصمیم‌یار می‌تواند به عنوان ابزاری کارآمد و مفید با دقت و سرعت بیشتر برای تشخیص سرطان پروستات مورد استفاده قرار گیرد.

شناسایی بافت پروستات محل قرارگیری آن در بدن انسان، ویژگی‌هایی که این اندام دارد و وظایف آن، نحوه عملکرد و ارتباط این بافت با دیگر بافت‌های بدن می‌تواند برای حل مسائل پزشکی بسیار مفید باشد همچنین شناسایی انواع بیماری‌ها و مشکلات آن می‌تواند توان تشخیص و طبقه‌بندی بیماری‌ها را بهبود بخشد [۱۱].

بافت پروستات در سال ۱۵۳۸ میلادی توسط یک پزشک اروپایی شناخته و تشریح شد. بعداز آن با استفاده از تجهیزات پزشکی و انواع تصویربرداری اطلاعات بیشتری از این ناحیه به دست آمد درواقع پروستات عضوی در جنس مذکر است و غده کوچکی بوده که در حالت طبیعی به‌اندازه و شکل یک گردو است [۱۱]. در برخی مراجع تحقیقاتی پزشکی پروستات یک ساختار فرعی منفرد در دستگاه تناسلی مذکر بیان شده که پیشابراه را در حفره لگن دربرمی‌گیرد. محل قرارگیری پروستات دقیقاً در زیر مثانه، سمفیز پوبیس و جلوی رکتوم قرار دارد. شکل پروستات به صورت یک مخروط گرد وارونه با یک قاعده بزرگ (که در بالا در امتداد گردن مثانه قرار دارد) و یک راس باریک (بر روی کف لگن) است. سطوح تحتانی خارجی پروستات با عضلات لواتور آنی در تماس هستند که پروستات را در بین خودشان می‌گیرند.

ناحیه پروستات از ۳۰ تا ۴۰ غده‌ی منفرد پیچیده تشکیل شده است که دامنه‌ی قرارگیری آن از اپی تلیوم پیشابراهی تا داخل دیواره پیرامونی پیشابراه است. این غده‌ها روی هم رفته دیواره پیشابراه را بزرگ و به آنچه به عنوان پروستات می‌شناسیم تبدیل می‌کنند. با این حال، تک‌تک غدد مجرای مربوط به خود را حفظ می‌کند که به طور مستقل به سینوس‌های پروستاتی در سطح خلفی مجرای پیشابراه تخلیه می‌شوند. ترشحات از پروستات به همراه ترشحات کیسه منی، در تشکیل منی در جریان انزال سهمیم هستند. مجاری انزال تقریباً به صورت عمودی در راستای قدامی-تحتانی از درون سطح خلفی پروستات می‌گذرند تا به داخل پیشابراه پروستاتی باز شوند [۲].

۳. تشخیص بیماری با استفاده سیستم فازی

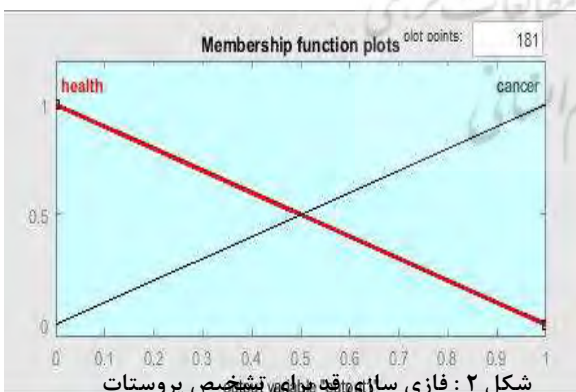
منطق فازی یک نوع منطق است که روش‌های متنوع نتیجه‌گیری در مغز بشر را جایگزین الگوهای ساده‌تر ماشینی می‌کند. هر نوع بیان واقعیت، یکسری درست یا نادرست نیست. حقیقت آن‌ها چیزی بین درستی کامل و نادرستی کامل است. چیزی بین یک و صفر، یعنی مفهومی چند ارزشی و یا خاکستری. حال فازی چیزی بین سیاه‌وسفید، یعنی خاکستری است [۱۳]. "باینری" یا "ارسطویی" همه‌چیز را فقط به دو شکل سیاه‌وسفید، بلی و خیر و صفر و یک می‌بیند. منطق فازی در بازه بین صفر و یک قرار داشته و با دوری از مطلق‌گویی (فقط صفر یا یک) از مقدار تعلق عضوی به مجموعه بحث می‌کند. منطق فازی روشی برای پیاده‌سازی استنباط و استدلال نادقیق یا تقریبی انسان است. استدلال فازی، انسان را قادر می‌سازد در شرایط نادقیق و گنگ استدلال و تصمیم‌گیری کند. اگر X را مجموعه‌ای از x ها در نظر بگیریم، آنگاه مجموعه فازی A در X به صورت مجموعه‌ای از زوج‌های مرتب زیر تعریف می‌شود.

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\} \quad (1)$$

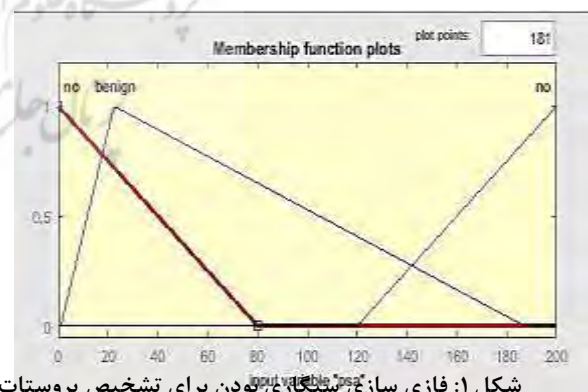
که $\mu_A(x)$ تحت عنوان تابع عضویت مجموعه فازی A شناخته می‌شود و هر عضو از X را به درجه‌ای از عضویت که مقداری بین ۰ و ۱ است، نگاشت می‌کند. مشخصاً، تعریف یک مجموعه‌ی فازی، بسط ساده‌ای از تعریف مجموعه‌های کلاسیک می‌باشد، با این خصوصیت که تابع مشخصه در مجموعه‌های فازی، می‌تواند دارای هر مقدار بین ۰ و ۱ باشد. در صورتی که مقادیر تابع عضویت، فقط به دو مقدار ۰ و ۱ محدود شود، آنگاه A یک مجموعه کلاسیک خواهد بود. در این تحقیق مراحل ایجاد سیستم فازی بدین شکل انجام شده است: ۱- مطالعه کتابخانه‌ای در میان تحقیقات گذشته و ارزیابی و شناسایی ورودی و خروجی ۲- تعیین توابع عضویت ۳- قوانین استنتاج فازی ۴- غیر فازی سازی سیستم.

۱.۳ گام اول: تشکیل مدل

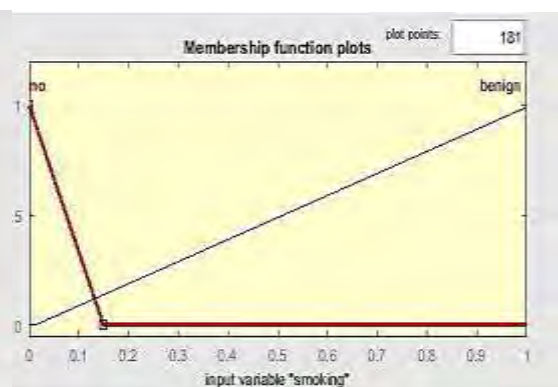
به منظور طراحی سیستم فازی ابتدا نیاز است که ورودی‌های سیستم فازی تعیین شود ورودی‌های سیستم فازی ۱۱ مورد می‌باشد [۱۲] که به دلیل حجم قواعد بالا نیاز است که تعداد ورودی‌ها به دو تا سه ورودی کاهش یابد. در شکل زیر فازی سازی برخی ورودی‌های سیستم فازی به همراه خروجی سیستم فازی نشان داده شده است:



شکل ۴: خروجی برای تشخیص پروستات



شکل ۳: فازی سازی PSA برای تشخیص پروستات



۲,۳. انتخاب ویژگی‌های بهینه و مؤثر

از مشکلاتی که سیستم فازی با آن روبه‌رو است با توجه به تعداد ورودی‌ها پیچیدگی سیستم فازی به شدت افزایش می‌یابد [۱۴] بدین منظور ضروری است ویژگی‌هایی که در تعیین بیماری نقش کمتری دارند حذف‌شده و ویژگی‌های با شدت تأثیر بالاتر در تعیین بیماری حفظ شوند. برای این منظور چهار ویژگی‌های تشخیصی زیر با نظر یک فرد خبره انتخاب شدند.

• سیگاری بودن

میزان افرادی که امروز بر اثر مصرف سیگار مبتلا به سرطان هستند علی‌الخصوص در جنس مذکر بسیار بالاست. تحقیقات موید این موضوع است که مصرف سیگار نقش بسزایی در ابتلا انواع سرطان دارد.

• اندازه PSA

یک ماده پروتئینی است که از سلول‌های پروستات مردان ترشح و اغلب وارد مایع منی شده و در جهت سیال بودن مایع منی و نطفه‌های مرد و بالغ شدن نطفه‌ها عمل می‌کند و در حالت طبیعی مقدار کمی از آن وارد جریان خون می‌شود. سرطان پروستات که شایع‌ترین علت است و مشخصه آن افزایش بالارونده‌ی PSA است یعنی به‌صورت مداوم در هراندازه‌گیری سطح آن بالا می‌رود.

بزرگی خوش خیم پروستات و التهاب پروستات نیز از عوامل بالارونده PSA می‌باشد ولی وقتی علت بالارونده PSA سرطان پروستات نباشد افزایش PSA در این موارد خیلی زیاد نیست و حالت صعودی با گذر زمان ندارد. اصولاً سرطان پروستات بیماری مردان بالای ۵۰ سال است و لذا بهترین زمان شروع به چکاپ سرطان پروستات بالای ۵۰ سال می‌باشد. در مردانی که عمو، برادر و پدرشان به سرطان پروستات مبتلا شده‌اند باید در آن‌ها بالای ۴۰ سال سطح PSA خون اندازه‌گیری شود.

PSA ترشح‌شده از پروستات به دو شکل آزاد و ترکیب با پروتئین در خون جریان دارد. هر چه مقدار PSA کل خون بالاتر و سطح Free PSA یا PSA آزاد کمتر و نسبت آن‌ها باشد شانس ابتلا به سرطان پروستات بالا می‌باشد. اندازه PSA در خون به حجم و مقدار بزرگی پروستات و سن بیمار باید تفسیر شود. مثلاً برای پروستاتی حجیم که اندازه آن ۱۰۰ گرم است، PSA ۴-۶ اغلب طبیعی است و همین مقدار ۴-۶ اگر حجم پروستات ۳۰ گرم و سن بیمار پایین باشد شانس سرطان پروستات بیشتر می‌باشد و لذا در حالت طبیعی در یک مرد ۵۵ الی ۸۰ ساله باید به‌صورت ثابت PSA در سطح خون زیر ۴ نانوگرم در میلی‌لیتر باشد و در افراد ۴۰-۵۰ سال سطح PSA باید ثابت و بین ۱-۳ باشد. نکته مهم در اندازه‌گیری PSA خون سطح بالارونده مداوم آن است یعنی اگر در آزمایش‌های سریالی و در پیگیری‌های هر سه ماه اگر سطح PSA خون منحنی بالارونده تدریجی داشته باشد تحت عنوان PSA Rizing و با شک قوی به سرطان پروستات حتماً باید تحت بررسی بیشتر قرار گیرد [۸].

• سن

یکی از فاکتورهایی که در تشخیص سرطان پروستات نقش دارد سن می‌باشد که هرچه سن بیشتر باشد احتمال سرطان بیشتر است. که این فاکتور به‌عنوان یک فاکتور اساسی در تعیین پرستات نقش دارد [۱۲].

• بزرگی سطح ناحیه سرطانی

توده مشاهده‌شده در تصویر به کمک نظر پزشک از نظر بزرگی تعیین وضعیت می‌شود و وارد سیستم استنتاج می‌شود این فاکتور به‌عنوان وجه تمایز پروستات خوش‌خیم و بدخیم نقش مؤثری دارد [۱۸]. اندازه تومور در نظر گرفته می‌شود همان‌طور که بیان شد در ابتدا به مطالعه کتابخانه‌ای پرداخته‌شده و سپس ورودی‌های موردنظر با

استفاده از نظر متخصص تعیین گردید و در نهایت چهار ویژگی با اهمیت بالاتر برای شناسایی سرطان پروستات انتخاب شدند. این معیارها به همراه بازه های در نظر گرفته شده در جدول ۱ نشان داده شده است:

جدول ۱- ورودی های سیستم فازی

| | |
|-----------------|---------------|
| ورودی های سیستم | بازه نرمال |
| PSA | [۰-۴] نانوگرم |
| سن | [۵۰-۸۰] سال |
| بزرگی پروستات | [۰-۱۸۵] |
| سیگاری بودن | [۰-۱] |

در این تحقیق جهت تشخیص خوش خیمی و بدخیمی از جعبه ابزار فازی در نرم افزار متلب استفاده شده است. این سیستم دارای چهار ورودی و یک خروجی تصمیم که دارای نه حالت است، می باشد. نخست کلیه ویژگی های مربوط به سرطان پروستات مورد بررسی قرار گرفته شده و سپس چهار ویژگی اصلی به عنوان ورودی های سیستم فازی تعیین می شوند. این چهار ورودی عبارتند از: ۱- سطح سرمی آنتی ژن پروستات (PSA) ۲- سیگاری بودن ۳- سن ۴- بزرگی سطح ناحیه سرطانی. باید توجه داشت که بیماری سرطان پروستات تنها با این چهار ویژگی به صورت قطعی شناسایی نخواهد شد، چراکه ماهیت اصلی این مسئله دارای ابهام می باشد. بر این اساس سعی شده ویژگی های مهم تر تشخیصی انتخاب گردد. این چهار ویژگی ورودی های سیستم فازی بوده و این سیستم دارای یک خروجی و سه کلاس سالم، خوش خیم و بدخیم است.

موتور سیستم خبره فازی پژوهش مورد نظر از چند قاعده تبعیت می کند. عبارتند از :

- ۱- اگر "هورمون جنسی" نرمال و "سن" نرمال و "سیگاری" نبود و "اندازه تومور" کوچک بود، آنگاه فرد سالم است.
 - ۲- اگر "هورمون جنسی" زیاد و "سن" زیاد و "سیگاری" نبود و "اندازه تومور" نرمال بود، آنگاه فرد خوش خیم است.
 - ۳- اگر "هورمون جنسی" زیاد و "سن" نرمال و "سیگاری" نبود و "اندازه تومور" نرمال بود، آنگاه فرد خوش خیم است.
 - ۴- اگر "هورمون جنسی" زیاد و "سن" کم و "سیگاری" نبود و "اندازه تومور" نرمال بود، آنگاه فرد خوش خیم است.
 - ۵- اگر "هورمون جنسی" زیاد و "سن" زیاد و "سیگاری" بود و "اندازه تومور" زیاد بود، آنگاه فرد بدخیم است.
 - ۶- اگر "هورمون جنسی" نرمال و "سن" زیاد و "سیگاری" نبود و "اندازه تومور" نرمال بود، آنگاه فرد سالم است.
 - ۷- اگر "هورمون جنسی" نرمال و "سن" زیاد و "سیگاری" نبود و "اندازه تومور" نرمال بود، آنگاه فرد سالم است.
 - ۸- اگر "هورمون جنسی" نرمال و "سن" نرمال و "سیگاری" بود و "اندازه تومور" نرمال بود، آنگاه فرد خوش خیم است.
 - ۹- اگر "هورمون جنسی" نرمال و "سن" نرمال و "سیگاری" بود و "اندازه تومور" زیاد بود، آنگاه فرد بدخیم است.
- جدول ۲ مقدار بازه هر ورودی و کمیتی زبانی در نظر گرفته شده برای هر بازه را نشان می دهد.

جدول ۲- مقادیر ورودی به همراه بازه های تعریف شده

| | | |
|----------------|---------|-------------|
| میزان | بازه | ورودی |
| L _۱ | psa < ۲ | هورمون جنسی |

| | | |
|--------------|---------------------------|----------------|
| | $1,5 < psa < 3,5$ | N ^۲ |
| | $psa > 3$ | H ^۳ |
| سن | $age < 40$ | L |
| | $35 < age < 55$ | N |
| | $age > 50$ | H |
| سیگاری بودن | $N < 2$ | L |
| | $1 < N < 5$ | N |
| | $N > 4$ | H |
| اندازه تومور | Tomor size < 1 | L |
| | $0,8 < tomor\ size < 1,5$ | N |
| | $tomorsize > 1,4$ | H |

N: مصرف تعداد نخ در روز

از آنجا که خروجی به عنوان تصمیم در نظر گرفته شده است، بازه‌های مربوط به توابع عضویت حالات خروجی با یکدیگر همپوشانی ندارند و قاعده‌ی مثلثی برای تمامی حالات خروجی، برابر در نظر گرفته شده است. بازه‌های مربوط به حالات خروجی در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۳: حالات خروجی به همراه بازه‌های تعریف شده

| حالت خروجی | بازه | رأس |
|------------|--------------|-----|
| سالم | $[0,0, 0,4]$ | 0,1 |
| خوش‌خیم | $[0,3, 0,7]$ | 0,5 |
| بدخیم | $[0,7, 1]$ | 0,9 |

برای تعریف توابع عضویت سیستم استنتاج فازی این پژوهش از تابع پرکاربرد مثلثی بهره گرفته شده است. برای هر یک از توابع عضویت، سه عبارت زبانی "کم"، "نرمال" و "زیاد" در نظر گرفته شده است. با استفاده از طراحی یک سیستم فازی قصد داریم با استفاده از ویژگی‌های بالینی بیمار شدت بیماری تشخیص داده شود. دلیل استفاده از سیستم فازی به دلیل مقالات بررسی شده و به ویژه مقاله [۲] که ویژگی‌های بالینی را بر اساس شاخص‌های آماری ارائه نموده است. با کمک مقاله [۲] ساخت توابع تعلق سیستم فازی با اطمینان بالایی انجام می‌شود.

^۲ Normal

^۳ High

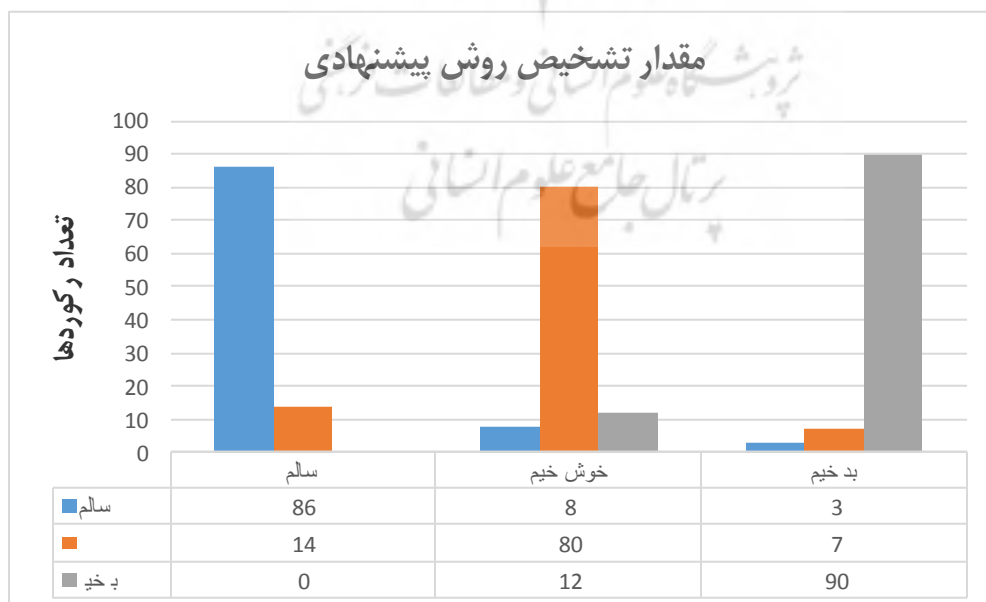
۴. بررسی نتایج طبقه بندی سیستم فازی و شبکه عصبی

جهت بررسی میزان صحت، دقت، حساسیت و ویژگی روش پیشنهادی و روش مورد بررسی از معیارهای ارزیابی، Accuracy, Precision, Sensivity یا Recall, Specifity استفاده شده است و نتایج روش پیشنهادی (سیستم فازی) و روش مورد بررسی (شبکه عصبی) در ماتریس دهم ریختگی قرار داده شده اند مقادیر در جدول ۴ و ۵ نشان داده شده است. در این ماتریس TP تعداد مواردی است که بیماری درست تشخیص داده شده است FP تعداد مواردی است که بیماری نادرست تشخیص داده شده، TN تعداد موارد سالمی است که درست تشخیص داده شده و FN تعداد موارد سالمی است که نادرست تشخیص داده شده است. جدول ۴ مقادیر ماتریس درهم ریختگی برای روش فازی را نشان میدهد [۱۲].

جدول ۴: ماتریس درهم ریختگی برای مساله داده کاوی بر اساس سیستم فازی

| تعداد کل رکوردها=۳۰۰ | بدخیم تشخیص داده شده | خوش خیم تشخیص داده شده | سالم تشخیص داده شده |
|---------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|
| واقعا بدخیم بوده | TP=۹۰ | FP=۷ | FP=۳ |
| واقعا خوش خوش خیم بوده | FP=۱۲ | TP=۸۰ | FP=۸ |
| واقعا سالم بوده | FN=۰ | FN=۱۴ | TN=۸۶ |

شکل ۱۳ مقدار تشخیص روش پیشنهادی را بر اساس ماتریس دهم ریختگی ارائه شده در جدول ۴ نشان می دهد. میزان تشخیص سالم بودن ۸۶٪، خوش خیمی ۸۰٪، بدخیمی ۹۰٪ در روش پیشنهادی است.

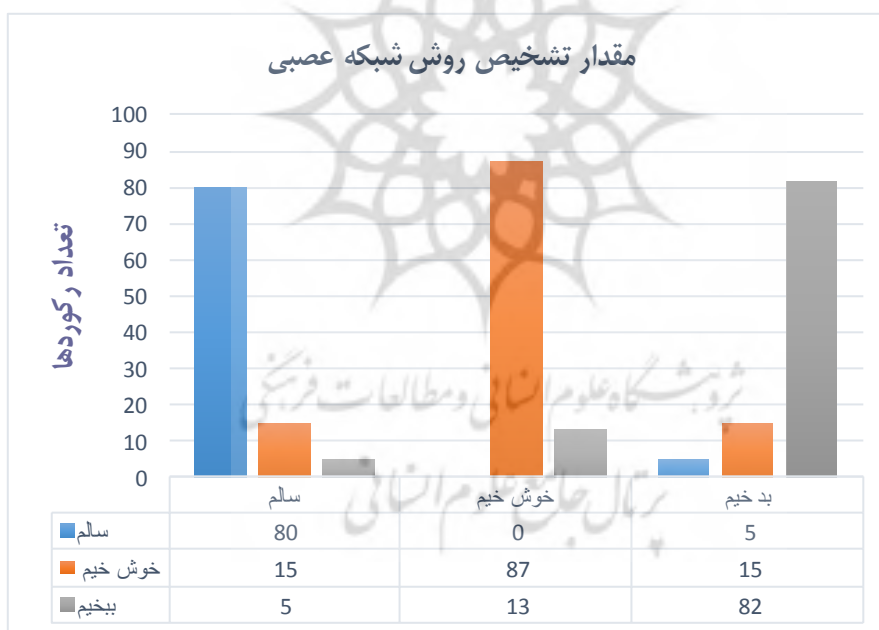


شکل ۱۳: مقدار تشخیصی روش پیشنهادی

برای مقایسه روش پیشنهادی با روش شبکه عصبی مورد مطالعه در مقاله سینار و همکاران [۱۲] در جدول ۵ ماتریس درهم ریختگی و در شکل ۱۴ نمودار مقدار تشخیص روش شبکه عصبی آورده شده است.

جدول ۵: ماتریس درهم ریختگی برای مساله داده کاوی بر اساس شبکه عصبی

| تعداد کل رکوردها=۳۰۰ | بدخیم تشخیص داده شده | خوش خیم تشخیص داده شده | سالم تشخیص داده شده |
|---------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|
| واقعا بدخیم بوده | TP=۸۲ | FP=۱۵ | FP=۳ |
| واقعا خوش خوش خیم بوده | FP=۱۳ | TP=۸۷ | FP=۰ |
| واقعا سالم بوده | FN=۵ | FN=۱۵ | TN=۸۰ |



شکل ۱۴: میزان درستی تشخیص خوش خیمی و خطا در روش پیشنهادی

با توجه با ماتریس درهم ریختگی جدول ۵ و شکل ۱۴ میزان تشخیص سالم بودن ۸۰٪، خوش خیمی ۸۷٪، بدخیمی ۸۲٪ در روش شبکه عصبی بدست آمده است.

بر اساس مقادیر موجود در ماتریس های در هم ریختگی (TP, FN, FP, TN) میزان معیار های Accuracy, Spesivity, Sensivity, Precision, از روابط ۲، ۳، ۴، ۵، برای روش پیشنهادی و روش شبکه عصبی بدست آمده و در جدول ۶ با یکدیگر مقایسه شده و نتایج این مقایسه در شکل ۱۵ در نموداری نشان داده شده است.

$$\text{Accuracy} = (\text{TP} + \text{TN} / \text{TP} + \text{TN} + \text{FP} + \text{FN}) * 100\% \quad (2)$$

$$\text{Precision} = (\text{TP} / \text{TP} + \text{FP}) * 100\% \quad (3)$$

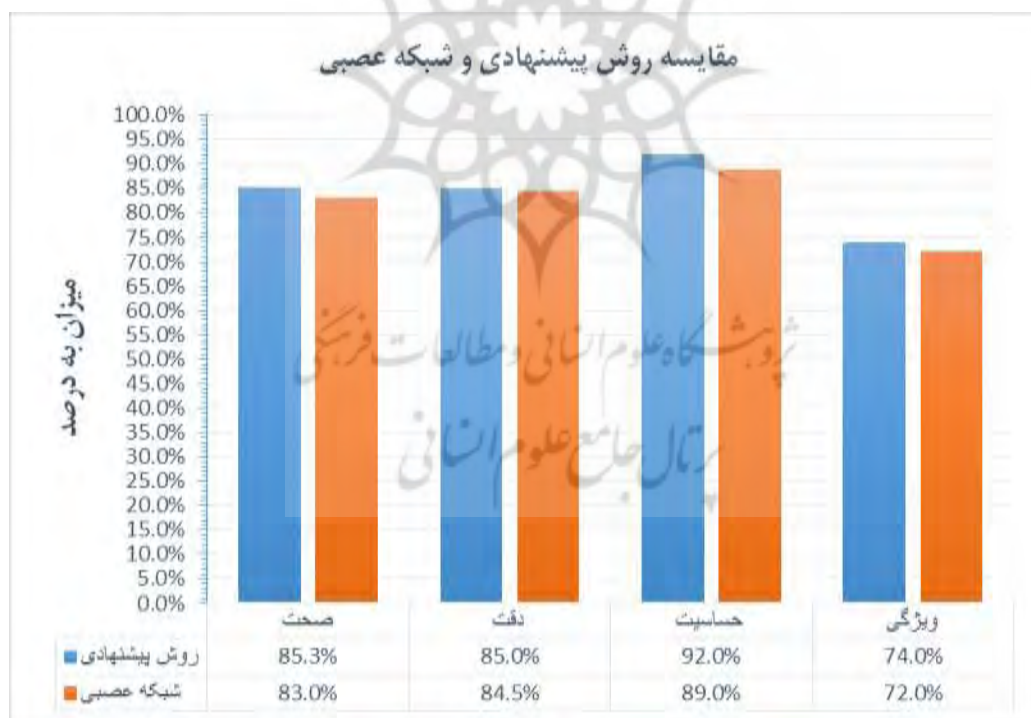
$$\text{Recall OR Sensivity} = (\text{TP} / \text{TP} + \text{FN}) * 100\% \quad (4)$$

$$\text{Specificity} = \text{TN} / (\text{TN} + \text{FP}) * 100 \quad (5)$$

مقایسه مقادیر بدست آمده برای معیارهای ارزیابی فوق از دو روش پیشنهادی و شبکه عصبی در جدول ۶ و شکل ۱۵ آمده است.

جدول ۶: مقایسه معیارهای ارزیابی برای روش پیشنهادی و شبکه عصبی

| | Accuracy | Precision | Recall OR Sensivity | Specificity |
|---------------------------|----------|-----------|---------------------|-------------|
| روش پیشنهادی (سیستم فازی) | ٪۸۵,۳ | ٪۸۵ | ٪۹۲ | ٪۷۴ |
| روش شبکه عصبی | ٪۸۳ | ٪۸۴,۵ | ٪۸۹ | ٪۷۲ |



شکل ۱۵: نمودار مقایسه روش پیشنهادی و شبکه عصبی

۵. نتیجه گیری

روش پیشنهادی یک سیستم فازی با موتور استنتاج ممدانی است که بر اساس چهار ورودی بر روی سیصد رکورد داده، نتایج را در سه کلاس سالم، خوش خیم و بدخیم طبقه بندی کرده است. چهار ویژگی سن، سیگاری بودن، میزان PSA و میزان پیشرفت بیماری (نتیجه حاصل از پردازش تصویر MRI) که در تعیین و شناسایی بیماری تاثیر گذار هستند مورد استفاده قرار گرفته که میزان اهمیت هر ویژگی با سه شاخص توصیف کننده کیفی (کم، متوسط، زیاد) بیان شده است. شبیه سازی در محیط متلب انجام شد و نتایج به دست آمده در یک ماتریس درهم ریختگی آورده شده است (جدول ۴). از سوی دیگر برای مقایسه میزان دقت روش پیشنهادی با روشی دیگر، شبکه ی عصبی با چهار ورودی که ویژگی های تعیین شده هستند و سه لایه میانی و ده لایه اولیه دارد در یک ماتریس درهم ریختگی قرار گرفته اند (جدول ۵). در نهایت مدل پیشنهادی ۳،۸۵٪ صحت، ۰،۸۵٪ دقت، ۰،۹۲٪ حساسیت و ۰،۷۴٪ ویژگی را نشان داده است که در مقایسه با روش شبکه عصبی LM مورد بررسی در این پژوهش میزان معیارهای صحت ۰،۱۷٪، دقت ۰،۰۵٪، حساسیت ۰،۳٪ و ویژگی ۰،۲٪ افزایش و در نهایت عملکرد بهتری را در مقایسه با شبکه عصبی LM نشان می دهد.

۶. منابع و مراجع

- ۱- افضلی و همکاران. (۱۳۹۴). انتخاب بهترین مدل هوشمند مبتنی بر داده کاوی برای پیش بینی و تشخیص سرطان کبد در مراحل اولیه، *مجله انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی*، دوره ۲، شماره ۳، ۱۴۰-۱۳۳.
- ۲- درک، ریچاد، وگل، وین، میچل، آدام. (۱۳۹۳). *آناتومی گری*. هیئت مترجمین (مترجم). تهران: انتشارات ابن سینا.
- ۳- صفدری و همکاران. (۱۳۹۳). سامانه های هوشمند پیش بینی خطرات احتمالی اقدامات پزشکی، *فصلنامه بیمارستان، ویژه نامه تله مدیسین*، دوره ۱، شماره ۱، ۹-۱.
- ۴- صفدری، رضا، میرزائی، محبوبه. (۱۳۹۰). سیستم های تصمیم یار بالینی: مفاهیم، ملاحظات فنی و موانع پیش رو، *اولین کنگره کاربرد فناوری اطلاعات در سلامت*، ساری، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی مازندران، دوره اول، ۱۰۸-۱۰۳.
- ۵- قادرزاده و همکاران. (۱۳۹۱). طراحی سیستم تصمیم یار بالینی مبتنی بر شبکه عصبی مصنوعی به منظور کشف اولیه سرطان از بزرگی خوش خیم، *مجله مدیریت اطلاعات و سلامت*، دوره ۹، شماره ۴، ۴۶۴-۴۵۷.
- ۶- قادرزاده و همکاران. (۱۳۹۱). نقش تصویربرداری طیف نگاری تشدید مغناطیسی (MRSI) در تعیین حجم هدف برای پرتودرمانی پروستات، *مجله مدیریت اطلاعات و سلامت*، دوره ۹، شماره ۴، ۴۸-۴۲.
- ۷- مهدوی و همکاران. (۱۳۹۰). نتایج بیوپسی پروستات ۱۰-۱۴ گانه با کمک سونوگرافی ترانس رکتال، *مجله دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد*، دوره ۵۴، شماره ۳، ۱۷۶-۱۷۲.
- ۸- مهربانی کوشکی و همکاران. (۱۳۹۲). بررسی ارتباط بین سطح سرمی Total PSA و نسبت Free PSA به Total PSA با درجه بدخیمی سرطان پروستات در نمونه های بیوپسی، *مجله دانشکده پزشکی اصفهان*، دوره ۳۱، شماره ۲۴۹، ۱۳۱۳-۱۳۰۵.
- ۹- صفدری و همکاران. (۱۳۹۲). مروری نظام مند بر تأثیر سیستم های پشتیبان از تصمیم گیری در نظام مراقبت سلامت، *مجله دانشکده پیراپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران، پیآورد سلامت*، دوره ۷، شماره ۱، ۷۰-۵۶.
- ۱۰- طلوعی اشلقی، عباس، محسن طاهری، سوده. (۱۳۸۹). طراحی یک سیستم خبره برای تشخیص و پیشنهاد در مورد شیوه درمان سرطان خون، *مدیریت سلامت*، جلد ۱۳، شماره ۴۰، ۵۰-۴۱.
- ۱۱- یزدی، ابراهیم. (۱۳۸۶). *دانستنی هایی درباره سرطان*. تهران: انتشارات قلم.

- ۱۲- Cinar, Murat, Engin, Mehmet, Zeki Engin, Erkan, et al. (۲۰۰۹). Early prostate cancer diagnosis by using artificial neural networks and support vector machines, *Expert Systems with Application*, Vol.۳۶, No.۳, Pp.۶۳۵۷-۶۳۶۱.
- ۱۳- Cosma, Georgina, Brown, David, Archer, Matthew, et al. (۲۰۱۷). A survey on computational intelligence approaches for predictive modeling in prostate cancer, *Expert Systems with Applications*, Vol.۷۰, Pp.۱-۱۹.
- ۱۴- Nabil, Eman, Koutsojannis, Constantinos, et al.(۲۰۰۹). Using Machine Learning Techniques to Improve the Behaviour of Medical Support System for Prostate disease. *Ninth International Conference on Intelligent Systems Design and Applications*, pisa, italy.
- ۱۵- Naik, Shivang, Doyle, Scott, Agner, Shannon, et al. (۲۰۰۸). Automated gland and nuclei segmentation for grading of prostate and breast cancer histopathology Sign In or Purchase, *۲۸۸۸ th IEEE International Symposium on Biomedical Imaging: From Nano to Macro*, Pp.۲۸۴-۲۸۷.
- ۱۶- Nguyen, Kein, et al. (۲۰۱۲). Prostate cancer detection: Fusion of cytological and textural features, *Journal of Pathology informatics*, Vol.۷۶۷, No. ۳, Pp. ۴۷۷-۴۹۴.
- ۱۷- Portalez, Daniel, Mozer, Pierre, ois Cornud, Franc, et al. (۲۰۱۲). Validation of the European Society of Urogenital Radiology Scoring System for Prostate Cancer Diagnosis on Multiparametric Magnetic Resonance Imaging in a Cohort of Repeat Biopsy Patients, *European Urology*, Vol.۶۲, No.۶, Pp.۹۶۶-۹۹۶.
- ۱۸- Peng, Yahui, Jiang, Yulei, Yang, Cheng, et al. (۲۰۱۳). Quantitative Analysis of Multiparametric Prostate MR Images: Differentiation between Prostate Cancer and Normal Tissue and Correlation with Gleason Score-A Computer-aided Diagnosis Development Study, *Radiology*, Vol.۷۶۷, No. ۳, Pp. ۴۷۷-۴۹۴.
- ۱۹- Renaerd-Penna, Raphaelle, Mozer, Pierre, Cornud, François, MD et al. (۲۰۱۵). Prostate Imaging Reporting and Data System and Likert Scoring System: Multiparametric MR Imaging Validation Study to Screen Patients for Initial Biopsy, *Radiology*, Vol.۷۷۵, No.۲, Pp. ۴۵۸-۴۸۸.
- ۲۰- S. Mohammad, Abdel-galil, T. K., A. salama, M. M., et al. (۲۰۰۳). Prostate cancer diagnosis based on Gabor filter texture segmentation of ultrasound image, *Electrical and Computer Engineering* , Pp.۱۴۸۵-۱۴۸۸.