

ارایه یک روش بافت آگاه تشخیصی به منظور پایش و هشدار بیماران انسداد مزمن ریوی با استفاده از سیستم استنتاج فازی و GIS

آناهیتا امیدی^۱، نجمه نیسانی سامانی^{۲*}، محمدرضا جلوخانی نیارکی^۲، علی منصوریان^۳، عباس قیصوری^۴

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی - دانشکده جغرافیا - دانشگاه تهران
omidi75@ut.ac.ir

^۲ دانشیار گروه سنجش‌ازدور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی - دانشکده جغرافیا - دانشگاه تهران
{mrjelokhani, *nneysani}@ut.ac.ir

^۳ دانشیار گروه سنجش‌ازدور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی - دانشگاه لوند
ali.mansourian@nateko.lu.se

^۴ استادیار بیماری‌های ریه - گروه داخلی - دانشکده علوم پزشکی - دانشگاه ایلام
gheysouri.abas@ymail.com

(تاریخ دریافت اردیبهشت ۱۴۰۰، تاریخ تصویب شهریور ۱۴۰۱)

چکیده

بیماری مزمن انسداد ریوی (COPD) یکی از شایع‌ترین بیماری‌های دستگاه تنفس در سطح جهان است که باعث تنگی نفس و اختلال در روند طبیعی بازدم می‌گردد و تعداد مرگ‌ومیر بالایی در سطح جهان به خود اختصاص داده‌است. با وجود پیشرفت‌های فناوری در حوزه‌های درمانی، بسیاری از بیماران خدمات درمانی مناسب را دریافت نمی‌کنند که از عوامل آن عدم ارزیابی مناسب سطح بیماری براساس شدت علائم و همچنین ویژگی‌های مکان مرجع بیمار است. مطالعات اخیر حاکی از آن است که استفاده از سیستم‌های استنتاج فازی در تشخیص دقیق و درمان به‌موقع بیماری‌ها موثر بوده و موجب بهبود کیفیت زندگی و کاهش هزینه‌های مراقبت‌های بهداشتی می‌گردد. در این مقاله یک رویکرد نوین با استفاده از استنتاج بافت‌های فردی و محیطی ارائه شده که سعی در اطلاع رسانی دقیق و سریع بیماران از سطح بیماری COPD دارد. سیستم بافت‌آگاه پیشنهادی با دریافت بافت‌های فردی و محیطی که در تعامل فرد با سیستم دریافت شده، اطلاعات مورد نیاز را با روش منطق فازی پردازش و استنتاج کرده و براساس شرایط جاری کاربر، وی را از سطح بیماری خویش مطلع می‌کند. در این مطالعه بیماران مبتلا به COPD در طول یکسال در شهر ایلام جهت بررسی علائم بالینی مورد مطالعه قرار گرفتند. براساس نتایج حاصل از این مطالعه مقدار دقت، حساسیت، امتیاز اف ۱ و مقدار متغیر k به ترتیب برابر ۰.۸۱۶۷، ۰.۸۱۸۲، ۰.۸۷۹۱ و ۰.۷۷ بود. بر این اساس استفاده از سیستم‌های خبره فازی مبتنی بر بافت، پاسخ دقیقی از وضعیت بالینی بیمار در مقایسه با تشخیص پزشک مربوطه نسبت به متغیرهای فردی و محیطی ارائه می‌دهد.

واژگان کلیدی: بیماری انسداد مزمن ریوی، بافت‌آگاهی، بافت‌های فردی و محیطی، سیستم استنتاج فازی

۱- مقدمه

بیماری مزمن انسداد ریه^۱ با محدودیت جریان هوا در دستگاه تنفس همراه است [۱]. این بیماری به آرامی ایجاد می‌شود و علائم آن از ۴۰ یا ۵۰ سالگی بیشتر نمایان می‌شود [۲]. از مهم‌ترین عوامل تشدید کننده‌ی آن می‌توان به استعمال دخانیات، قرار گرفتن در معرض آلودگی هوا و مواجهه با آلاینده‌های ناشی از سوخت‌های خانگی و کارخانه‌ها، عوامل ژنتیکی، آسم طولانی مدت اشاره کرد [۳]. چنانچه افراد بصورت مداوم در معرض این عوامل تحریک کننده قرار گیرند موجب التهاب و آماس ریه‌ها شده و بافت محل تبادل اکسیژن از بین می‌رود که ناشی از انسداد مسیرهای عبور هوا و مقاومت به عبور آن است [۴]. مطالعات جهانی از ابتدا ۲۵۱ میلیون مورد به بیماری COPD در سال ۲۰۱۶ خبر می‌دهد که پیش‌بینی می‌شود این بیماری در سال ۲۰۳۰ به سومین عامل مرگ‌ومیر در جهان تبدیل شود [۱]. طبق مطالعات سازمان بهداشت جهانی از هر ۴ مرگ‌ومیر ناشی از بیماری COPD، در بزرگسالان و در کشور های کم‌درآمد و متوسط رخ می‌دهد. تشخیص این بیماری با بررسی علائمی مثل تنگی نفس، سرفه‌های مزمن و خلط‌دار در بازه‌های زمانی چند روز تا چند هفته صورت می‌گیرد [۳]. با این حال COPD قابل درمان نیست، اما علائم آن می‌تواند شناسایی و تسکین یابد، کیفیت زندگی را بهبود بخشد و خطر مرگ را کاهش دهد [۵]. در نتیجه در این نوع بیماری، تشخیص زودهنگام و دسترسی به موقع به مراقبت‌های پزشکی (از جمله بستری شدن در بیمارستان) اصل اساسی است که امروزه با پیشرفت فناوری‌های هوشمند و از راه‌دور در زمینه‌های مختلف علی‌الخصوص در حوزه سلامت و درمان، موجب افزایش توانمندی انسان در جهت بهبود و رفع مسائل و مشکلات گردیده‌است. در این خصوص در سال‌های اخیر، بافت‌آگاهی^۲ از جمله مفاهیم نوین و کاربردی است که در ارتباط با سیستم‌های خبره فازی توانسته در بخش تشخیص و درمان حوزه سلامت کارساز باشد و روند بهبود بیماران و کیفیت زندگی آنها را تسریع بخشد [۶]. برنامه‌های بافت‌آگاه

سیستم‌هایی هستند که می‌توانند عملکرد و رفتار آتی خود را با شرایط فعلی بوسیله مداخله مستقیم کاربر و یا بدون آن تطبیق دهند [۷]. از این رو بافت^۳ مهم است زیرا نقش اصلی را در اجرای برنامه دارد تعاریف زیادی از واژه‌ی بافت و بافت‌آگاهی ارائه شده‌است برای اولین بار شیلیت^۴ و همکاران از اصطلاح "بافت‌آگاه" در سال ۱۹۹۴ استفاده کردند آنها بافت را موقعیت مکانی، هویت افراد نزدیک کاربر، اشیاء و محیط اطراف آن‌ها و تغییرات آن‌ها در طول زمان تعریف کرده‌اند [۸]. دی^۵ سال ۱۹۹۸ بافت را بعنوان وضعیت عاطفی، موقعیت مکانی، تاریخ و زمان کاربر و همچنین اشیاء و افراد در محیط توصیف کرده است [۹]. در تعریف دیگر رایان و همکاران در سال ۱۹۹۹، بافت را بعنوان مکان، محیط، هویت و زمان حول محور کاربر تعریف کردند [۱۰]. در این تعاریف عمدتاً معنا و مفهوم بافت براساس مثالها و مترادف‌ها بنا شده و شناسایی کلی بافت کاملاً چالش برانگیز است [۷]. دی ادعا کرد، تعاریف بافت در مراحل اولیه بسیار خاص بوده و نمی‌توان از آن برای شناسایی بافت‌های دیگر در ابعاد وسیعتر استفاده کرد. بعنوان مثال براون^۶، بافت را بعنوان عناصر محیط کاربر تعریف می‌کند که رایانه قادر به شناسایی آنهاست [۱۱]. همچنین در تعریف پاسکو^۷ بافت یک مفهومی ذهنی است که توسط یک "موجودیت" درک و تعریف می‌شود [۱۲]. عمدتاً تعریفی که از بافت مورد استقبال گسترده قرار گرفته است در سال ۲۰۰۱ توسط ابود^۸ و دی بود، آنها بافت را هرگونه اطلاعاتی می‌دانند که برای مشخص کردن وضعیت یک موجودیت از آن استفاده می‌شود. این موجودیت می‌تواند مکان، شیء، خود کاربر و یا برنامه مورد استفاده کاربر باشد [۱۳]. بنابراین می‌توان گفت سیستم بافت‌آگاه محیطی است که خود را با تغییرات دائمی بافت منطبق می‌کند از این‌رو سیستم‌های استنتاج بافت امکان درک وضعیت جاری فرد برای ارائه پاسخ‌ها، سرویس‌ها، اطلاعات و غیره مرتبط با همان شرایط را ایجاد می‌کنند. بافت‌آگاهی می‌تواند انواع مختلفی داشته باشد از این رو می‌توان آنرا براساس

^۳ Context

^۴ Schilit

^۵ Day

^۶ Brown

^۷ Pascoe

^۸ Abowd G D

^۱ Chronic Obstructive Pulmonary Disease

^۲ Context-awareness

عملکرد کاربر و سیستم در سه سطح شخصی سازی، بافت آگاهی منفعل و بافت آگاهی فعال شناسایی کرد. در سیستم های شخصی سازی بافت آگاه کاربران اجازه دارند تنظیمات ترجیحی خود را بصورت دستی بر روی سیستم تعیین کنند. بافت آگاهی فعال به این معنی است که سیستم بطور خودکار با رصد بافت ها خود را با تغییرات برنامه سازگار می کند. بافت آگاهی منفعل نیز به این معنی است که سیستم به کاربر این امکان را می دهد تا درمورد رفتار سیستم تصمیم گیری کند. [۷].

بر این اساس سیستمی می تواند بافت آگاه باشد که شامل اطلاعاتی برای توصیف فعالیت های کاربران یک برنامه باشد در نتیجه اطلاعات همان بافت ها هستند [۱۴]. این اطلاعات که زمینه مناسبی در پیش بینی دقیق و زودرس ناهنجاری ها برای درمان کارآمد ایجاد می کند، بدلیل بیمار محور بودن فرآیند تشخیص، امکان اطلاع رسانی سریع را به آنها فراهم و از اتلاف وقت و هزینه ها جلوگیری می کند. از آنجایی که در پژوهش های پیشین در خصوص تشخیص بیماری COPD به روش بافت آگاهی مطالعه ای صورت نگرفته و در روش های درمانی آنها از ارتباط مستقیم با کاربر استفاده نشده است، ضروری به نظر می رسد سیستمی با جبران نواقص پیشین و با استفاده از مفاهیم نوین بافت و بافت آگاهی طراحی شود. بر همین اساس هدف از این تحقیق ارائه یک روش بافت آگاه تشخیصی به منظور اعلام هشدار به بیماران مبتلا به بیماری انسداد مزمن ریوی در شهر ایلام می باشد.

۲- مطالعات پیشین

بافت را می توان بصورت هرگونه اطلاعات یا داده ای تعریف کرد که برای توصیف وضعیت موجودیت ها مورد استفاده قرار می گیرد [۱۵]. یک سیستم بافت آگاه برای آنکه بتواند داده ها را استدلال کند و پیش بینی مناسبی در مورد وضعیت موجودیت ها (بیماران) ارائه دهد نیازمند داشتن یک مدل مناسب و روش استدلال مناسب است. در این زمینه در سال های اخیر مطالعات جهانی متعددی در خصوص سیستم های بافت آگاه برای نظارت بر مراقبت های بهداشتی صورت گرفته است از جمله در تحقیق مایکل^۱ و

همکارانش در سال ۲۰۱۱، از "بافت آگاهی ارائه دهنده" جهت برنامه های پایش پزشکی استفاده شده است آنها چهارچوبی ایجاد کردند که یک رابط با قابلیت پرس و جو از کاربر در قالب ۶ کلاس بافت مبتنی بر روش یادگیری ماشین، قادر به ارائه سرویس های خدماتی-بهداشتی بر روی دستگاه هوشمند آنها باشد [۱۶]. در همین سال جانگ هون کیم^۲ با هدف توصیه گری بافت آگاهانه تحقیقی در حوزه مراقبت درمانی ارائه داد که با در نظر گرفتن علائم حیاتی، موقعیت مکانی و بافت های محیطی سیستمی طراحی کرد که با استفاده از روش منطق فازی اطلاعات سطح بالایی از آنها استخراج نماید او با تاکید بر اهمیت داده های مکانی نشان داد محیط های مختلف تاثیر بسزایی در تشخیص به موقع بیماری در سیستم های بافت آگاه دارد [۱۷]. در مطالعه ای دیگر، فنزا^۳ و همکاران (۲۰۱۱) یک معماری مبتنی بر بافت کاربر شامل فشارخون، دما، قندخون، میزان اکسیژن، مشخصات و ترجیحات کاربر و نیز خدمات موجود در حوزه مراقبت های بهداشتی با هدف پشتیبانی از انتخاب خدمات توسط کاربر طراحی کردند. در این فرآیند، یک معماری انعطاف پذیر برای ارائه خدمات متناسب با نیازهای کاربر و سطح بیماری وی طراحی شده است [۱۸]. در پژوهشی که دینگ^۴ و همکاران در سال ۲۰۱۲ ارائه کردند، یک سیستم سلامت تحت موبایل برای مدیریت بیماران مبتلا به COPD در منزل طراحی شد. در این فرآیند تعامل سیستم و کاربر مبتنی بر پرسش و پاسخ بوده و ارتباط مستقیم جهت دریافت اطلاعات فردی از بیمار وجود دارد. این اطلاعات که شامل پرسش از وضعیت سرفه، خلط، خس خس سینه، درجه حرارت بدن و میزان ضربان قلب است منتج به چندین وضعیت از بیماری شده و و بیمار وضعیت مشابه خود را انتخاب می کند. این برنامه تحت وب بوده و اطلاعات در سرور سمت پزشک ذخیره می گردد و وضعیت بیمار مدام کنترل می شود [۱۹]. در سال ۲۰۱۵ در پژوهشی که فورکان^۵ و همکارانش در حوزه نظارت بافت آگاهانه در حیطه سلامت و درمان داشتند با استخراج اطلاعات مربوط به وضعیت سلامتی بیمار، موقعیت مکانی، فعالیت ها و شرایط محیطی اطراف، الگوی فعالیت روزانه

^۲ Jonghun Kim

^۳ Fenza

^۴ H. Ding

^۵ Forkan

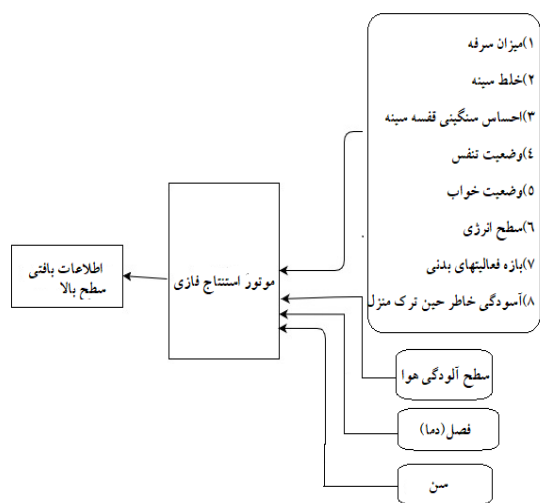
^۱ Mitchell, M

بیمار کشف و براساس مدل آموزشی و روش یادگیری نظارت شده به پیش بینی خطر کمک می کردند [۲۰]. در همین سال در تحقیقی که توسط حیدر ماشال^۱ و همکارانش ارائه شد سیستمی طراحی شد که از بافت های مربوط به افراد مسن (مشخصات فرد، سوابق بیماری، فعالیت ها و ...) و نیز موقعیت مکانی بعنوان پایه ای جهت تحلیل و استنباط و ارائه خدمات بهداشتی به آنها بهره بردند. آنها با استفاده از تلفیق داده های مکانی و بافت های فردی امکان شناسایی زود هنگام بیماری و تصمیم گیری به موقع در انتقال و یا درمان کاربران را فراهم کردند [۲۱]. در سال ۲۰۱۷ راجار^۲ و همکارانش یک چارچوب بافت آگاهانه با استفاده از منطق فازی برای نظارت بر مراقبت های بهداشتی در محیط های هوشمند پیشنهاد کردند آنها از روش فازی و موقعیت مکانی کاربر جهت شناسایی بیماران با ریسک بالا استفاده کردند و در صورت وخیم بودن شرایط بیمار، اعلان هایی به مسئولان بیمارستان، پزشکان مربوطه، راننده آمبولانس، سیستم های بیمه و غیره ارسال می شد [۲۲]. همچنین در سال ۲۰۱۸، آبوروبا^۳ و همکاران یک سیستم بافت آگاه محاسباتی برای ارائه خدمات بهداشتی در شهرهای هوشمند طراحی کردند که طی آن یک سیستم تصمیم گیری بالینی به پیش بینی خطر سلامت افراد مبتلا به بیماری های قلبی عروقی کمک کرده است. مدل ارائه شده از روش یادگیری ماشین با استفاده از بافت های فردی ضریان قلب و موقعیت مکانی کاربر استفاده کرده است [۲۳]. بطور عمده تنوع تحقیقاتی درباره سیستم های بافت آگاه در حوزه سلامت در ایران محدود بوده و آنچه تا به الان ارائه شده به قرار زیر می باشد: سجادیان و وفایی نژاد (۱۳۹۴) یک سیستم توصیه گر بافت آگاه در شرایط آلودگی هوا طراحی کردند که از بافت های زمان، موقعیت کاربر، ترافیک، مسیر حرکت وی و میزان آلودگی در یک معماری سرویس گرا بهره می برد و خروجی ها بصورت توصیه هایی به وسیله رابط به کاربر ارائه می شد [۲۴]. بروجنی و همکاران (۱۳۹۸) یک معماری سلسله مراتبی با چهار لایه برای توسعه سیستم های مراقبت بهداشتی با استفاده از محاسبات بافت آگاه پیشنهاد کردند. در مدل پیشنهادی، علائم حیاتی بیمار با استفاده از یک

شبکه حسگر بدن اندازه گیری شده و به یک سیستم مراقبت بهداشتی هوشمند ارسال می شود. هر یک از این لایه ها مربوط به سطح خاصی از نارسایی قلبی بوده و بنابراین نارسایی قلبی ساده و کم خطر را می توان سریعاً قبل از رسیدن به سطح خطرناک تشخیص داد [۲۵]. در تحقیقات صورت گرفته، عمده بافت های دریافتی مبتنی برعلائم بالینی بدون درنظر گرفتن بافت های محیطی موثر است. درحالی که در تحقیق حاضر و باتوجه به نوع بیماری مورد مطالعه، تشخیص سطح بیماری COPD مستلزم درنظر گرفتن داده های محیطی و بررسی ارتباط عوامل مختلف تحریک کننده این بیماری است.

۳- روش تحقیق پیشنهادی

همانطور که در بخش قبلی توضیح داده شد یک سیستم بافت آگاه باید دارای یک مدل بافت مناسب باشد که به سیستم اجازه دهد تا داده ها را تا حد ممکن با دقت تفسیر کند. داده های اولیه دریافتی از افراد و سنسورها به خودی خود نامفهوم و بی معنی هستند [۲۶]. بنابراین این مدل به دنبال آن است که بتواند به اطلاعات بافتی سطح بالا از داده های سطح پایین دست یابد. برای رسیدن به این هدف داده های بافتی سطح پایین به مجموعه های مختلف فازی تبدیل می شوند که ورودی هایی برای موتور استنتاج فازی تشکیل می دهند سپس آنها به اطلاعات معنادار سطح بالا تبدیل شده و بر اساس پایگاه دانش این سیستم، در مورد سطح ریسک بیماری نتیجه گیری می شود (شکل ۱).



شکل ۱- نمای کلی از مدل بافت

^۱ Mshali

^۲ Rajaraajeswari

^۳ Aborokbah

برداشت شد و طبقه‌بندی شاخص کیفی آن براساس جدول طبقه‌بندی انجمن ریه آمریکا^۱ صورت گرفت [۲۸].

جدول ۱- طبقه‌بندی شاخص کیفی هوا براساس انجمن ریه آمریکا [۲۸]

توصیه	رنگ	نام طبقه	میزان شاخص
	سبز	خوب	50 تا 0
افراد حساس غیرمعمول باید فعالیت طولانی مدت یا سنگین را در فضای باز کاهش دهند	زرد	متوسط	100 تا 51
گروه حساس باید فعالیت طولانی مدت یا سنگین را در فضای باز کاهش دهند: (۱) افرادی که بیماری قلبی و ریه دارند. (۲) کودکان و بزرگترها. (۳) افرادی که در فضای باز فعال هستند.	نارنجی	ناسالم برای گروه‌های حساس	150 تا 101
همه افراد (گروه‌های حساس) باید از انجام فعالیت‌های طولانی مدت یا سنگین خودداری کنند	قرمز	ناسالم	200 تا 151
گروه‌های حساس باید از تمام فعالیت‌های بدنی در فضای باز خودداری کنند.	بنفش	خیلی ناسالم	300 تا 201
همه افراد باید از انجام فعالیت‌های بدنی خودداری کنند.	زرشکی	خطرناک	500 تا 301

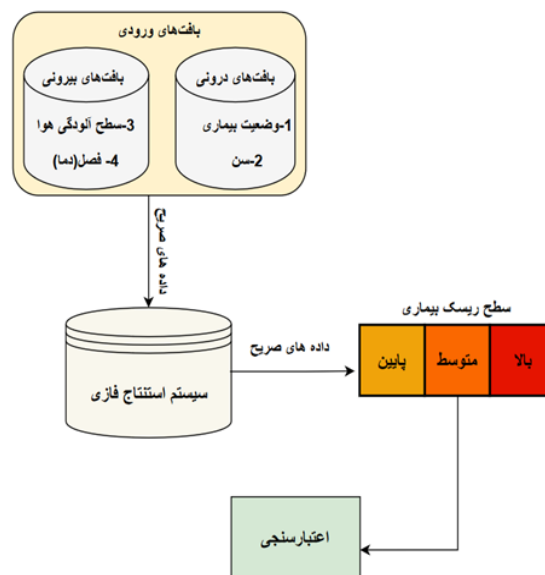
ب) علائم بیماری: از روش‌های استاندارد ارزیابی شدت انسداد، استفاده از روش‌های شناخته‌شده‌ی CAT^۲ و GOLD^۳ می‌باشد. استفاده از روش GOLD که از سال ۱۹۹۷ براساس اندازه‌گیری FEV1 (شدت انسداد راه‌های هوایی) از طریق اسپرومتری بود رابطه ضعیفی را با وضعیت بالینی واقعی بیماران نشان داد [۲۹]. از این رو در سال ۲۰۰۹ پاول جونز و همکاران پرسش‌نامه بیمار-محور CAT را طراحی کردند که شامل ۸ سوال درارتباط با میزان سرفه، خلط سینه، احساس سنگینی قفسه سینه، وضعیت تنفس، وضعیت خواب، سطح انرژی، بازه فعالیت‌های بدنی، آسودگی خاطر از ترک منزل - علی‌رغم وضعیت بدنی- است، هر سوال در بازه ۰ تا ۵ امتیازگذاری شده و نهایتاً دامنه امتیاز نهایی بین ۰ تا ۴۰ می‌باشد و امتیازات بالاتر بیانگر COPD شدیدتر است [۳۰].

جدول ۲- تقسیم‌بندی شدت علائم COPD براساس ارزیابی CAT

تأثیر کم	۱۰ < امتیاز
تأثیر متوسط	۲۰-۱۰: امتیاز
تأثیر بالا	۳۰-۲۱: امتیاز
تأثیر بسیار بالا	۳۰ > امتیاز

پ) سن: شواهد زیادی از شیوع بیشتر بیماری COPD در افراد مسن وجود دارد. تغییرات بوجود آمده در ساختار و عملکرد ریه نشان می‌دهد با افزایش سن،

بنابراین این سیستم فازی با استنتاج انواع بافت‌های درونی و بافت‌های بیرونی منتج به سطوح مختلفی از بیماری (نرمال، متوسط و وخیم) می‌شود. در شکل ۲ ساختار فرآیند تحقیق آمده است.



شکل ۲- ساختار فرآیند پژوهش

۳-۱- شناسایی بافت‌های مربوطه

بافت‌های موثر در تشخیص سطح بیماری COPD به قرار زیر است:

الف) سطح آلودگی هوا: یکی از بافت‌های محیطی موثر در تشخیص سطح بیماری افراد، میزان آلودگی هوا و قرارگیری بیماران در محیط آلوده می‌باشد [۳]. از آنجایی که اولین ویژگی یک برنامه کاربردی بافت‌آگاه پاسخ به سوال "چه مکانی" است و طراح برنامه به دنبال یافتن ویژگی‌های محیط کنونی کاربر برای تشخیص وضعیت وی می‌باشد [۱۴]. بسیار حائز اهمیت خواهد بود که پارامتر محیطی آلودگی هوا بر روی بیماران مبتلا به COPD تعیین و بررسی شود. بیشترین تاثیر ریزگردهای مضر بر سلامت انسان‌ها مربوط به ذرات معلق PM₁₀ و PM_{2.5} (بیانگر ذرات معلق درهوا به ترتیب با قطر ۱۰ و ۲/۵ میکرومتر) می‌باشد [۲۷]. در این پژوهش غلظت آلاینده PM₁₀ از ایستگاه هواشناسی شهر ایلام جهت تعیین روزهای دارای گرد و غبار محلی و منطقه‌ای

^۱ American Lung Association

^۲ COPD Assessment Test

^۳ Global Initiative for Obstructive Lung Disease

حساسیت ریه‌ها به این بیماری نیز بالا می‌رود و ممکن است در پیری ریه‌ها بطور مستقیم به COPD مبتلا شود [۳۱]. از این رو طبقه‌بندی سن یکی از ابزارهای کلیدی جهت تشخیص و تمایز سطح این بیماری با سایر بیماری‌ها محسوب می‌شود. طبقه‌بندی‌های متعددی از متغیر سن در سطح جهان ارائه شده است یکی از این طبقه‌بندی‌ها شامل ۵ گروه اصلی کودک (۱ تا ۱۰ سال)، نوجوان (۱۱ تا ۱۹ سال)، جوان (۲۰ تا ۳۵ سال)، میانسال (۳۶ تا ۵۰ سال) و کهنسال (۵۰ سال و بیشتر) است [۳۲]. در این بین، آمار ابتلا به بیماری COPD و بستری در بیمارستان در بیماران گروه سنی میانسال و کهنسال به نسبت بالاتر است [۳۱].

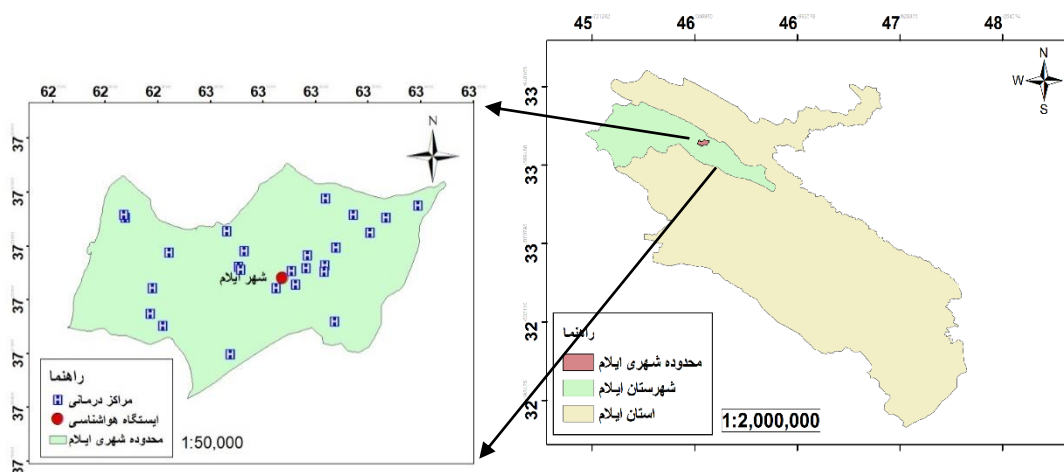
ن) شرایط محیطی سرد و گرم (دما): براساس مطالعات انجام شده، افراد مبتلا به بیماری COPD در فصول سرد سال در مقایسه با فصول گرم، با افزایش میزان مرگ و میر، آمار بالا در میزان بستری شدن و تشدید علائم بیماری روبرو هستند [۳۳ و ۳۴]. براین اساس به منظور برآورد دقیق شرایط آب‌وهوایی شهر ایلام، از آمار ۱۰ سال اخیر مربوط به ایستگاه هواشناسی این شهر استفاده شده است. در این دوره، میانگین حداقل دمای هوا ۳- درجه و میانگین حداکثر دما ۳۹ درجه سلسیوس ثبت شده است. در فصل زمستان، میانگین بیشینه دمای هوا حدود ۲۰ درجه سانتی‌گراد و در گرم‌ترین ماه‌های سال

این مقدار به ۳۵/۵ درجه می‌رسد. میانگین حداقل دما در هر سه ماه از فصل تابستان نیز بالاتر از ۱۶ درجه سانتی‌گراد بوده است [۳۵].

۴- پیاده سازی

جهت بررسی بافت‌های موثر در تعیین شدت وضعیت بیماری، از ۶۰ بیمار مبتلا به بیماری مزمن انسداد ریه در طول یکسال (۱۳۹۸) و در ۲۵ مرکز درمانی شهر ایلام خواسته شد که زیر نظر پزشک مربوطه سوابق بیماری و مشخصات فردی و زمان تکمیل پرسش‌نامه خود را عنوان کنند.

شهر ایلام -مرکز استان ایلام- واقع در شمال‌غربی این استان به دلیل نزدیکی به کانون‌های اصلی گرد و غبار منطقه، ریزگردها، جهت باد و اقلیم خشک مشکلات تنفسی بسیاری برای مردمان این منطقه به‌وجود آورده است. بیماری‌های تنفسی یکی از شایع‌ترین بیماری‌های مزمن در دو دهه اخیر در شهر ایلام بوده است. از این رو لازم بنظر می‌رسد تا با طراحی یک روش بافت‌آگاه تشخیصی، سطح نرمال و کم خطر بیماری مزمن انسداد ریه را سریعاً قبل از سطح خطرناک تشخیص داد. شهر ایلام دارای مساحت ۶۷,۲۱۲۷ هکتار می باشد که دارای یک ایستگاه کليما تولوژی در مرکز شهر است.

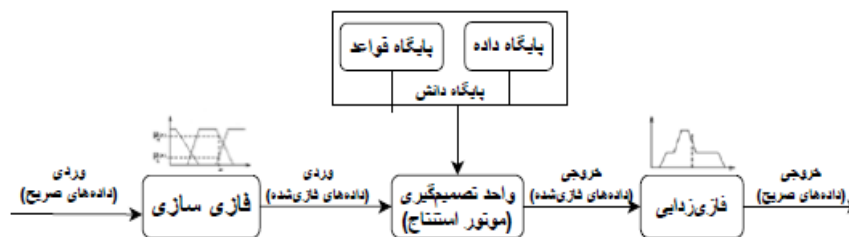


شکل ۳- محدوده مورد مطالعه

واژه فازی به مفهوم مرزهای نادقیق و مبهم اشاره دارد که ارزش گزاره‌ها در آن در طیفی بین "درست" و "نادرست" و یا بین "صفر" و "یک" قرار می‌گیرد. برخلاف

مجموعه‌های کلاسیک، در مجموعه‌های فازی، شیب "متعلق بودن به مجموعه" به آرامی تبدیل به "متعلق نبودن به مجموعه" می‌گردد (۳۶). یک سیستم استنتاج

واحد تصمیم‌گیری از آنها برای ایجاد استنباط‌های لازم استفاده می‌کند و در نهایت فاز زدایی مرحله‌ی تبدیل خروجی‌هایی با مقادیر واضح از فرآیند استنتاج فاز با استفاده از روش‌های غیرفازی است. همانطور که در شکل ۴ نیز آمده است پس از فاز زدن انواع بافت‌های ورودی، واحد تصمیم‌گیری براساس پایگاه قواعد موجود قادر است سطوح تشخیصی بیماری COPD را بدست‌آورده و در نهایت با غیرفازی شدن خروجی‌ها بتوان از آنها استفاده نمود.



شکل ۴- معماری یک سیستم فازی

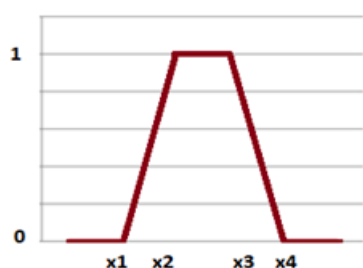
جدول ۴- خروجی سیستم فازی و عبارت زبانی

عبارت زبانی	خروجی
نرمال، متوسط، وخیم	وضعیت سطح بیماری

در این تحقیق، توابع عضویت مثلثی، دوزنقه‌ای و گوسی جهت ساخت بهترین سیستم استنتاج مورد آزمون قرار گرفت و نهایتاً از تابع فازی دوزنقه برای متغیرهای ورودی و خروجی استفاده شد (شکل ۴).

(۱) تابع عضویت دوزنقه‌ای:

$$\text{trapmf}(x; a, b, c, d) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}\right), 0\right)$$



شکل ۵- تابع عضویت فازی دوزنقه‌ای

۴-۲- قواعد فازی

قوانین فازی از پایگاه داده قوانین که براساس نظر متخصص و تجربه حوزه مربوطه تدوین می‌گردد جهت استنباط بافت‌های سطح بالاتر و تشخیص وضعیت فعلی بیمار (نرمال، متوسط، وخیم) استفاده می‌گردد. به عبارت دیگر، قوانین فازی امکان تلفیق داده‌های ورودی مختلف

فازی متشکل از ۴ مرحله اساسی (۱) فاز سازی (۲) پایگاه دانش (۳) واحد تصمیم‌گیری و (۴) نا فاز سازی است (۳۷ و ۳۸). مرحله فاز سازی روند تبدیل ورودی‌های واضح با استفاده از توابع عضویت به متغیرهای زبانی را ترسیم می‌کند. پایگاه دانش متشکل از یک پایگاه داده و یک پایگاه قاعده است، پایگاه داده حاوی اطلاعات تخصصی در قالب توابع عضویت است در حالی که پایگاه قاعده حاوی مجموعه‌ای از قوانین متعاقبی (قوانین اگر-آنگاه) است که

۴-۱- فاز سازی

فرآیند فاز سازی شامل نگاشت مقادیر ورودی به درجات عضویت با استفاده از توابع عضویت آنها است. مجموعه فازی $\tilde{A}$ از یک مجموعه جهانی $U=\{x\}$ را تصور کنید یک مجموعه فازی $\tilde{A}$ در U با یک تابع عضویت بصورت $F_A(x)$ مشخص می‌شود. در این گزاره، به هر عدد در مجموعه U درجه عضویتی در محدوده $[0,1]$ اطلاق می‌گردد که بیانگر میزان تعلق داشتن یا نداشتن اعضا به مجموعه فازی است [۳۸]. در این پژوهش از ۴ ورودی شامل علائم بیماری، سطح آلودگی هوا، سن و شرایط محیطی سرد و گرم استفاده گردید که در جدول ۳ آمده است. محدوده عددی هر کدام از پارامترها براساس تقسیم‌بندی سازمان‌های مربوطه و با بررسی منابع [۲۸، ۳۰، ۳۱ و ۳۵] استخراج شد.

جدول ۳- ورودی‌های فازی و عبارت‌های زبانی

عبارت زبانی	ورودی‌ها
پایین، متوسط، بالا، خیلی بالا	۱- علائم بیماری
خوب، متوسط، ناسالم برای افراد حساس، ناسالم، خیلی ناسالم، خطرناک	۲- سطح آلودگی هوا
کودک، نوجوان، جوان، میانسال، کهنسال	۳- سن
پاییز/ زمستان، بهار/ تابستان	۴- شرایط محیطی سرد و گرم (دما)

جهت تولید بافت‌های سلامتی-تشخیصی معتبر را که شامل بافت‌های محیطی و فردی بیمار است، فراهم کرده تا موجب افزایش کیفیت اطلاعات بافتی گردد. این قوانین که بصورت "اگر...آنگاه" هستند در فرم "اگر $A=X$ و $B=Y$ باشد آنگاه $C=Z$ " نوشته می‌شوند [۳۶]. A ، B و C همان متغیرهای صریح می‌باشند و توسط توابع فازی به صورت عبارت‌زبانی X ، Y و Z تعریف می‌گردند. در این مقاله از عملگر AND جهت هم‌جوشی ورودی‌ها استفاده گردید.

۳-۴- واحد تصمیم‌گیری (ممدانی)

یکی از رایج‌ترین روش‌های بکارگیری در واحد تصمیم‌گیری فازی، سیستم استنتاج فازی ممدانی است که توسط ابراهیم ممدانی و اسیلیان (۱۹۷۵) به عنوان تلاشی برای کنترل یک سیستم با تلفیقی از قوانین کنترل زبانی که از عملگرهای انسانی آزمایشی بدست آمده، ابداع شد. این سیستم دارای قدرت بیانی بالایی است و هم بصورت چند ورودی و چند خروجی و هم بصورت چند ورودی و یک خروجی اجرا می‌گردد [۳۹]. در این پژوهش تمامی قوانین بدست آمده به تایید پزشک فوق تخصص ریه و بیماری‌های تنفسی رسید و استنتاج براساس مدل ممدانی و تعداد ۱۸۳ قانون "اگر-آنگاه" صورت گرفت.

۴-۴- نافازی‌سازی

در بسیاری موارد باید از مقادیر دقیق و واضح جهت ورودی برنامه‌های مختلف و سیستم‌ها استفاده کرد. اگرچه

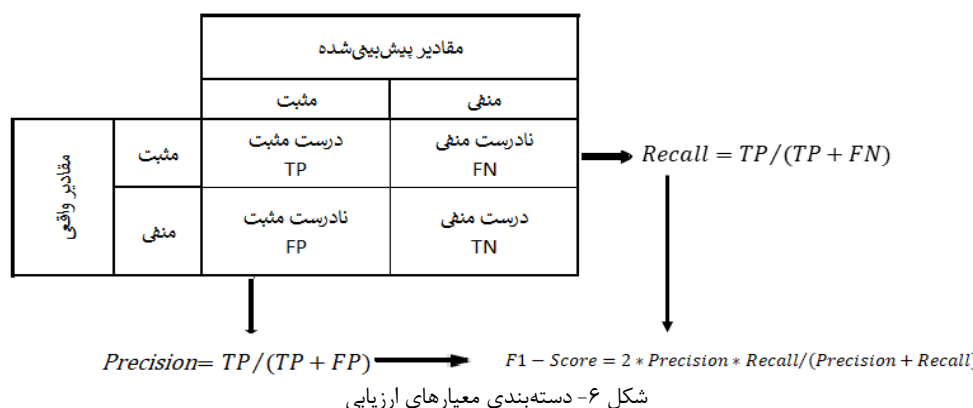
بسیاری از مسائل روزمره فازی می‌باشند، اما تصمیمات گرفته شده توسط انسان یا ماشین اغلب بصورت دو دویی می‌باشد و از آنجایی که ماشین توانایی درک زبان انسان را ندارد، ناگزیر به تبدیل خروجی فازی به مقادیر واضح و دقیق با استفاده از روش‌های نافازی هستیم. روش‌های مختلفی جهت تبدیل مقادیر فازی به مجموعه‌های کلاسیک و دقیق وجود دارند که از این بین روش مرکز ثقل رایج‌ترین روش تبدیل کمیت فازی به مقادیر دقیق می‌باشد و بصورت رابطه ۲ محاسبه می‌گردد:

$$z = \frac{\int \mu_i(x) x dx}{\int \mu_i(x) dx} \quad (2)$$

در قاعده ۲، z مقدار غیرفازی شده، μ_i تابع عضویت و (x) متغیر خروجی است.

۵-۴- ارزیابی و اعتبارسنجی

برای ارزیابی سیستم، تمام داده‌های دریافتی از بیماران وارد سیستم فازی شد و خروجی سیستم از نظر سطح ابتلا به بیماری با تشخیص ثبت شده پزشک متخصص مقایسه شد. سپس از آزمون کاپا ($Kappa$) و نیز از مقادیر دقت، مقدار حساسیت و امتیاز اف ۱ برای ارزیابی و عملکرد سیستم فازی در تشخیص بیماری COPD استفاده شد. برای محاسبه این شاخص‌ها از روابط (۳)، (۴) و (۵) استفاده شد که ماتریس این شاخص‌ها در شکل ۶ آمده‌است:



$$Recall = TP / (TP + FN^{\Delta})$$

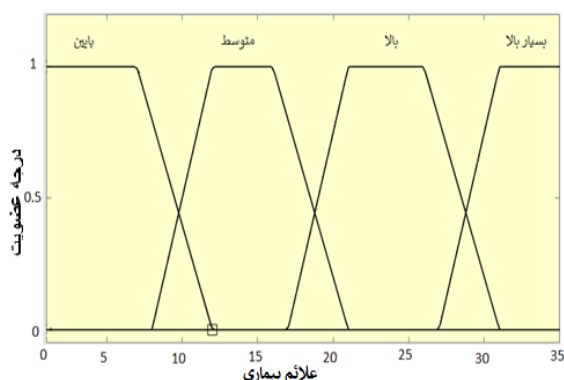
(۴) حساسیت^۴

$$Precision = TP^{\Upsilon} / (TP + FP^{\Upsilon})$$

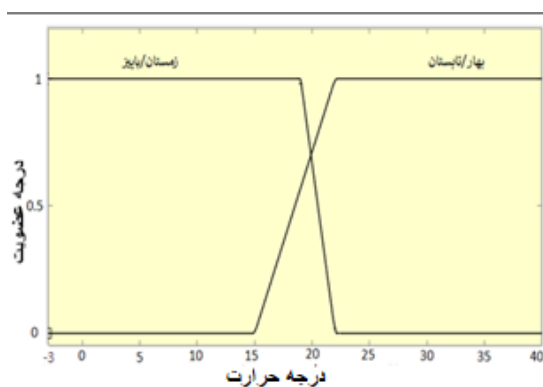
(۳) دقت^۱

^۴ (Recall) Specificity
^۵ False Negative

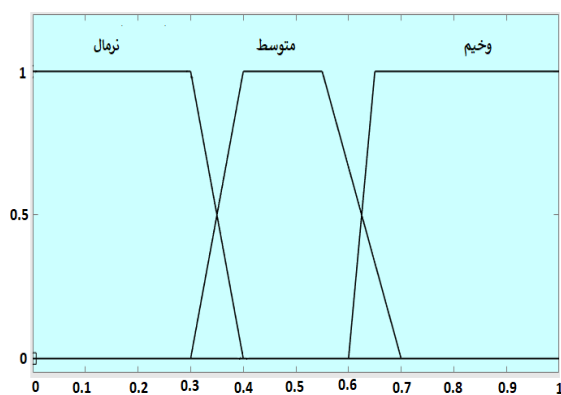
^۱ Precision
^۲ True Positive
^۳ False Positive



شکل ۹- تابع عضویت ورودی ۳ (علامت بیماری)



شکل ۱۰- تابع عضویت ورودی ۴ (شرایط محیطی سرد و گرم)



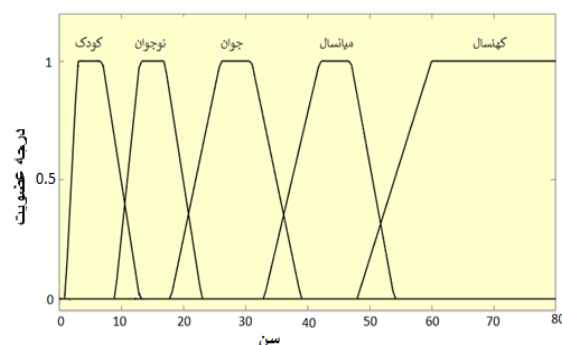
شکل ۱۱- تابع عضویت خروجی (سطح بیماری)

پس از تعیین توابع عضویت لازم است پایگاه قواعد را ایجاد کرد. در این پژوهش تمامی قوانین مستخرج با مشورت پزشک فوق تخصص بیماری‌های تنفسی و ریوی انجام گرفت. تعداد ۱۸۳ قانون "اگر-آنگاه" با توجه به ۴ ورودی سیستم انجام گرفت. جدول ۵ نمونه‌هایی از قوانین فازی برای تشخیص سطح بیماری را نشان می‌دهد. مقایسه تشخیصی حاصل از بکارگیری سیستم خبره فازی و تشخیص نهایی پزشک مربوطه با استفاده از تست آماری کاپا انجام شد. جدول ۶ بیانگر مقایسه بین این دو تشخیص در ماتریس بهم‌ریخته است.

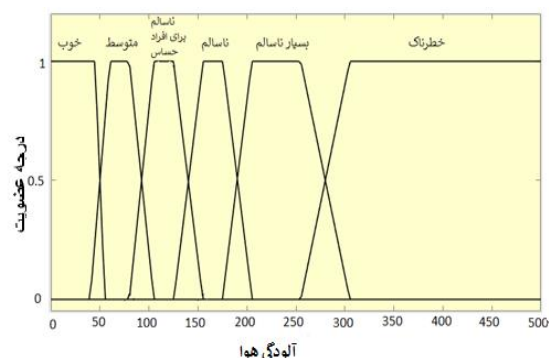
$$F1 = 2 * \frac{\text{Precision} * \text{Recall}}{(\text{Precision} + \text{Recall})} \quad \begin{matrix} (۵) امتیاز \\ \text{اف} ۱ \end{matrix}$$

۵- نتایج

تعیین بافت‌های فردی و محیطی موثر جهت تشخیص بیماری مزمن انسداد ریوی در ابتدا با پژوهش‌ها کتابخانه‌ای و ارزیابی ریسک فاکتورهای تعیین‌کننده و سپس براساس نظر فوق تخصص بیماری‌های ریه مطابق جداول ۳ و ۴ تهیه گردید. بر این اساس پارامترهای علائم بیماری (شامل میزان سرفه، خلط سینه، احساس سنگینی قفسه سینه، وضعیت تنفس، وضعیت خواب، سطح انرژی، بازه فعالیت‌های بدنی، آسودگی خاطر از ترک منزل - علی‌رغم وضعیت بدنی-)، سطح آلودگی هوا، سن، شرایط محیطی سرد و گرم (دما) به عنوان پارامترهای نهایی و ورودی‌های سیستم خبره فازی انتخاب شدند. جهت فازی‌سازی پارامترها، توابع عضویت برای ۴ ورودی و یک خروجی در نظر گرفته شد. شکل ۷ تا ۱۱ توابع عضویت و محدوده هر یک از ورودی‌ها و خروجی‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۷- تابع عضویت ورودی ۱ (سن)



شکل ۸- تابع عضویت ورودی ۲ (آلودگی هوا)

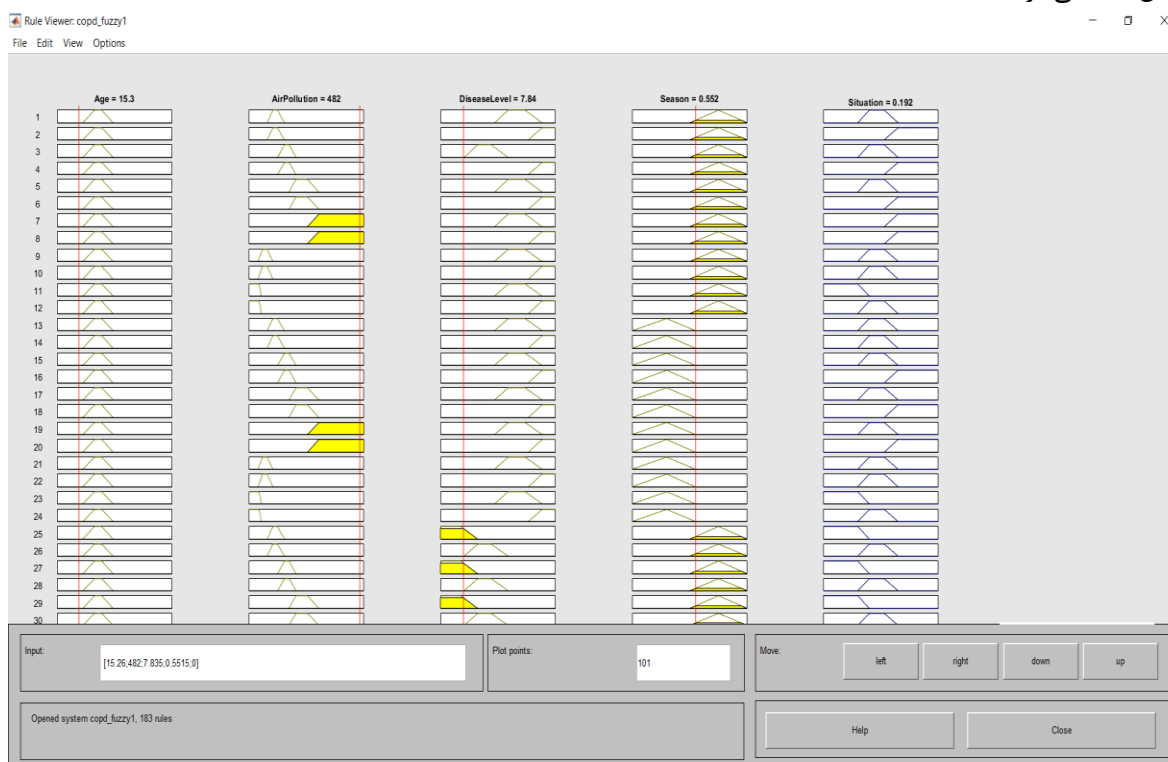
جدول ۵- نمونه‌هایی از قوانین فازی در ساخت پایگاه دانش سیستم تشخیص بیماری مزمن انسداد ریه

1. If (Age is javan) and (Air_pollution is Unhealthy_for_sensitive) and (Disease_level is high) and (Season is zem/paiz) then (situation is Moderate) (1)
2. If (Age is javan) and (Air_pollution is Unhealthy_for_sensitive) and (Disease_level is very_high) and (Season is zem/paiz) then (situation is Dangerous) (1)
3. If (Age is javan) and (Air_pollution is unhealthy) and (Disease_level is high) and (Season is zem/paiz) then (situation is Moderate) (1)
4. If (Age is javan) and (Air_pollution is unhealthy) and (Disease_level is very_high) and (Season is zem/paiz) then (situation is Dangerous) (1)
5. If (Age is javan) and (Air_pollution is very_unhealthy) and (Disease_level is high) and (Season is zem/paiz) then (situation is Moderate) (1)
6. If (Age is javan) and (Air_pollution is very_unhealthy) and (Disease_level is very_high) and (Season is zem/paiz) then (situation is Dangerous) (1)
7. If (Age is javan) and (Air_pollution is Hazard) and (Disease_level is high) and (Season is zem/paiz) then (situation is Dangerous) (1)
8. If (Age is javan) and (Air_pollution is Hazard) and (Disease_level is very_high) and (Season is zem/paiz) then (situation is Dangerous) (1)
9. If (Age is javan) and (Air_pollution is Moderate) and (Disease_level is high) and (Season is zem/paiz) then (situation is Moderate) (1)
10. If (Age is javan) and (Air_pollution is Moderate) and (Disease_level is very_high) and (Season is zem/paiz) then (situation is Moderate) (1)
11. If (Age is javan) and (Air_pollution is Good) and (Disease_level is high) and (Season is zem/paiz) then (situation is normal) (1)

در نهایت نمونه‌هایی از خروجی سیستم استنتاج فازی

در نرم‌افزار متلب برای بیماران COPD به شکل ۱۲ و ۱۳

نمایش داده می‌شود:



شکل ۱۲- خروجی فازی برای بیمار شماره ۱

۳۰ (تاثیر بالا) و در شرایط دمایی سرد، سطح ابتلا به بیماری COPD 0.655 است که طبق شکل ۱۱، این عدد به معنای درجه عضویتی بالا از سطح متوسط و درجه عضویت پایین از سطح وخیم است.

مقدار متغیر k در آزمون آماری کپا که بیانگر ارتباط بین تشخیص سیستم و تشخیص پزشک می‌باشد برابر ۰.۷۷ بود که نشان‌دهنده ارتباط خیلی شدید این آزمون است.

طبق ماتریس درهم ریخته که در جدول ۶ نمایش داده شده است، مقدار دقت برابر ۰.۸۱۶۷، مقدار حساسیت برابر ۰.۸۱۸۲ و امتیاز اف ۱ برابر با ۰.۸۷۹۱ بود.

شکل ۱۲ نشان می‌دهد که بیماری با سن ۱۵ سال در شرایط آلودگی ۴۸۲ (وضعیت خطرناک)، شدت بیماری ۷.۸۴ (تاثیر کم) و در شرایط محیطی گرم، ریسک ابتلا به بیماری COPD در کمترین حالت است و به عبارتی در گروه نرمال (۰.۱۹۲)، طبقه‌بندی می‌گردد. انتظار می‌رود با تغییر هر یک از مقادیر بافت‌های ورودی، خروجی سیستم نیز تغییر کند. چنانچه در شکل ۱۳ و در بیمار دیگر مشاهده می‌کنیم:

شکل ۱۳ نشان می‌دهد در بیماری با ۴۸ سال سن، در شرایط آلودگی ۲۵۴ (خیلی ناسالم)، دارای شدت علائم



شکل ۱۳- خروجی فازی برای بیمار شماره ۲

جدول ۶- ماتریس درهم ریخته

تشخیص پزشکی تشخیص سیستم	ابتلا به سطوح متوسط و وخیم	عدم ابتلا به بیماری (سطح نرمال)	جمع کل
ابتلا به سطوح متوسط و وخیم	۴۰	۲	۴۲
عدم ابتلا به بیماری (سطح نرمال)	۹	۹	۱۸
جمع کل	۴۹	۱۱	۶۰

مثبت و منفی کاذب است. همچنین معیار حساسیت که همان نرخ پاسخ‌های مثبت درست است مشخص می‌کند که دسته‌بندی تا چه اندازه در تشخیص مبتلایان به بیماری موفق عمل کرده‌است. همانطور که مشخص است در محاسبه‌ی این پارامتر تعداد افراد سالمی که توسط دسته بعنوان بیمار پیش‌بینی شده‌اند، هیچ‌گونه تاثیری ندارد و چنانچه هدف دستیابی به نهایت دقت باشد از این پارامتر استفاده می‌شود. در نهایت معیار امتیاز اف ۱ که میانگین وزنی پارامتر حساسیت و دقت است، هرچقدر بالاتر باشد بیانگر دقیق بودن مدل و هم‌میزان که کمتر باشد نشان‌دهنده دقت پایین مدل است.

۶- نتیجه گیری

در این پژوهش به منظور تشخیص موثر سطح بیماری مزمن انسداد ریه، پرسش‌نامه‌ای جهت کسب اطلاعات بافتی

بوسیله ماتریس درهم‌ریخته امکان ارزیابی عملکرد مدل وجود دارد و نتایج حاصل از طبقه‌بندی براساس اطلاعات واقعی و با استخراج معیارهای مختلف به نمایش درمی‌آید. چنانچه تعلق به دسته مبتلایان به سطوح متوسط و وخیم را مثبت بودن و عدم تعلق به این دسته را منفی بودن در نظر بگیریم، در نهایت هر ورودی، متعلق به یکی از این کلاس‌های مثبت یا منفی با چهار حالت خواهد بود: (۱) مثبت صحیح: کاربرانی که بیمار هستند و پیش‌بینی آنها درست بوده است. (۲) مثبت کاذب: کاربرانی که بیمار نیستند ولی عضو کلاس مبتلایان تشخیص داده شده‌اند. (۳) منفی صحیح: کاربرانی که بیمار نبوده و عضو همین کلاس تشخیص داده شده‌اند. (۴) منفی کاذب: کاربرانی که بیمارند ولی عضو کلاس عدم ابتلا پیش‌بینی شده‌اند. بنابراین یکی معیارهای مستخرج از ماتریس فوق، پارامتر دقت است که نسبت بین مثبت واقعی و مجموع

فرد تدوین گشت و علائم موثر بیماری از افراد اخذ شد. سپس عوامل محیطی موثر در تشدید این بیماری با نظر پزشک متخصص بررسی و انتخاب شدند. از روش فازی و سیستم استنتاج مددانی جهت طراحی یک سیستم بافت‌آگاه تشخیصی با هدف اعلام وضعیت سطح بیماری به افراد استفاده شد. پایگاه قواعد در این روش با نظر خبره جمع‌آوری شد و تعداد نمونه‌های بررسی‌شده -از بیماران مراجعه‌کننده به بیمارستان‌های شهر ایلام- ۶۰ نفر بودند. طی این پژوهش مشخص شد قرارگیری در محیط‌های مختلف آلوده و سالم عامل محیطی مهم و موثری در تعیین سطح بیماری افراد است. در این سیستم، آزمون آماری کاپا

جهت مقایسه تشخیصی سیستم استنتاج فازی و تشخیص پزشک برابر ۰,۷۷ بود و مقدار دقت، حساسیت و امتیاز اف ۱ به ترتیب برابر ۰,۸۱۶۷، ۰,۸۱۸۲ و ۰,۸۷۹۱ بود. این نتایج حاکی از عملکرد خوب سیستم خبره فازی در شناسایی سطوح بیماری با استفاده از بافت‌های فردی و محیطی دارد.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله مراتب قدردانی خود را از بیمارانی که همکاری لازم را داشتند ابراز می‌دارد.

مراجع

- [1] World Health Organization (2017). Chronic obstructive pulmonary disease. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/chronic-obstructive-pulmonary-disease-\(copd\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/chronic-obstructive-pulmonary-disease-(copd))
- [2] Arnold, R., Ranchor, A. V., Koëter, G. H., de Jongste, M. J., Wempe, J. B., ten Hacken, N. H., ... & Sanderma, R. (2006). Changes in personal control as a predictor of quality of life after pulmonary rehabilitation. *Patient education and counseling*, 61(1), 99-108.
- [3] Fauci, A. S. (2015). *Harrison's principles of internal medicine*. McGraw-Hill Education.
- [4] Topalovic, M., Exadaktylos, V., Decramer, M., Troosters, T., Berckmans, D., & Janssens, W. (2014). Modelling the dynamics of expiratory airflow to describe chronic obstructive pulmonary disease. *Medical & biological engineering & computing*, 52(12), 997-1006.
- [5] Vestbo, J., Hurd, S. S., Agustí, A. G., Jones, P. W., Vogelmeier, C., Anzueto, A., ... & Rodriguez-Roisin, R. (2013). Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease: GOLD executive summary. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 187(4), 347-365.
- [6] Yuan, B., & Herbert, J. (2012). Fuzzy cara-a fuzzy-based context reasoning system for pervasive healthcare. *Procedia Computer Science*, 10, 357-365.
- [7] Temdee, P., & Prasad, R. (2018). *Context-aware communication and computing: Applications for smart environment*. Cham: Springer International Publishing.
- [8] Schilit, B. N., & Theimer, M. M. (1994). Disseminating active map information to mobile hosts. *IEEE network*, 8(5), 22-32.
- [9] Dey, A. K. (1998, March). Context-aware computing: The CyberDesk project. In *Proceedings of the AAAI 1998 Spring Symposium on Intelligent Environments* (pp. 51-54).
- [10] Ryan, N. S., Pascoe, J., & Morse, D. R. (1998). Enhanced reality fieldwork: the context-aware archaeological assistant. In *Computer applications in archaeology*. Tempus Reparatum.
- [11] Brown, P. J. (1995). The stick-e document: a framework for creating context-aware applications. *Electronic Publishing-Chichester*, 8, 259-272.
- [12] Pascoe, J. (1998, October). Adding generic contextual capabilities to wearable computers. In *Digest of papers. second international symposium on wearable computers* (cat. no. 98ex215) (pp. 92-99). IEEE.
- [13] Abowd, G. D., Dey, A. K., Brown, P. J., Davies, N., Smith, M., & Steggles, P. (1999, September). Towards a better understanding of context and context-awareness. In *International symposium on handheld and ubiquitous computing* (pp. 304-307). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [14] Malek, M. (2013). *Context-aware geoinformation and ubiquitous computing*. K.N. Toosi University press. Tehran, (in Persian)
- [15] Schilit, B., Adams, N., & Want, R. (1994, December). Context-aware computing applications. In *1994 First Workshop on Mobile Computing Systems and Applications* (pp. 85-90). IEEE.
- [16] Mitchell, M., Meyers, C., Wang, A. I. A., & Tyson, G. (2011, August). Contextprovider: Context awareness for medical monitoring applications. In *2011 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* (pp. 5244-5247). IEEE

- [17] Kim, J., Lee, D., & Chung, K. Y. (2014). Item recommendation based on context-aware model for personalized u-healthcare service. *Multimedia Tools and Applications*, 71(2), 855-872.
- [18] Fenza, G., Furno, D., & Loia, V. (2012). Hybrid approach for context-aware service discovery in healthcare domain. *Journal of Computer and System Sciences*, 78(4), 1232-1247.
- [19] Ding, H., Moodley, Y., Kanagasingam, Y., & Karunanithi, M. (2012, September). A mobile-health system to manage chronic obstructive pulmonary disease patients at home. In *2012 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* (pp. 2178-2181). IEEE.
- [20] Forkan, A. R. M., Khalil, I., Ibaida, A., & Tari, Z. (2015). BDCaM: Big data for context-aware monitoring—A personalized knowledge discovery framework for assisted healthcare. *IEEE transactions on cloud computing*, 5(4), 628-641.
- [21] Mshali, H. H., Lemlouma, T., & Magoni, D. (2015, December). Context-aware adaptive framework for e-health monitoring. In *2015 IEEE International Conference on Data Science and Data Intensive Systems* (pp. 276-283). IEEE.
- [22] Rajaraajeswari, S., Selvarani, R., Raj, P., & Mohanavadivu, P. (2017). Fuzzy logic for decision-enablement: a novel context-awareness framework for smarter environments. *International Journal of High Performance Computing and Networking*, 10(1-2), 64-77.
- [23] Aborokbah, M. M., Al-Mutairi, S., Sangaiah, A. K., & Samuel, O. W. (2018). Adaptive context aware decision computing paradigm for intensive health care delivery in smart cities—A case analysis. *Sustainable cities and society*, 41, 919-924.
- [24] Sajadian, B. Vafaee-nejad, A. Al-sheikh, A. (2017), Designing a recommender context-awareness system in air pollution conditions. *Geography Information Periodical(Sepehr)*. vol. 26 , pp. 61-71, (in Persian)
- [25] Borujeni, A. M., Fathy, M., & Mozayani, N. (2019). A hierarchical, scalable architecture for a real-time monitoring system for an electrocardiography, using context-aware computing. *Journal of biomedical informatics*, 96, 103251.
- [26] Magano, T., Djouani, K., Kurien, A. M., & Chibani, A. (2018). A fuzzy based diagnostic agent for context aware patient monitoring. *Procedia Computer Science*, 141, 421-427.
- [27] Meng, Z., & Zhang, Q. (2007). Damage effects of dust storm PM_{2.5} on DNA in alveolar macrophages and lung cells of rats. *Food and chemical toxicology*, 45(8), 1368-1374.
- [28] American Lung Association (2020). Clean Air Outdoors. <https://www.lung.org/clean-air/outdoors/air-quality-index>
- [29] Jones, P. W., Quirk, F. H., & Baveystock, C. M. (1991). The St George's Respiratory Questionnaire. *Respiratory medicine*, 85, 25-31.
- [30] Jones, P. W., Harding, G., Berry, P., Wiklund, I., Chen, W. H., & Leidy, N. K. (2009). Development and first validation of the COPD Assessment Test. *European Respiratory Journal*, 34(3), 648-654.
- [31] Fukuchi, Y. (2009). The aging lung and chronic obstructive pulmonary disease: similarity and difference. *Proceedings of the American Thoracic Society*, 6(7), 570-572.
- [32] Statistical Center of Iran
- [33] Donaldson, G. C., Goldring, J. J., & Wedzicha, J. A. (2012). Influence of season on exacerbation characteristics in patients with COPD. *Chest*, 141(1), 94-100.
- [34] Jenkins, C. R., Celli, B., Anderson, J. A., Ferguson, G. T., Jones, P. W., Vestbo, J., ... & Calverley, P. M. A. (2012). Seasonality and determinants of moderate and severe COPD exacerbations in the TORCH study. *European Respiratory Journal*, 39(1), 38-45.
- [35] Ilam Meteorological Organization
- [36] Ross, T. J. (2004). *Fuzzy logic with engineering applications* (Vol. 2). New York: Wiley.
- [37] Sivanandam, S. N., Sumathi, S., & Deepa, S. N. (2007). *Introduction to fuzzy logic using MATLAB* (Vol. 1). Berlin: Springer.
- [38] Zadeh, L. A. (1996). Fuzzy sets. In *Fuzzy sets, fuzzy logic, and fuzzy systems: selected papers by Lotfi A Zadeh* (pp. 394-432).
- [39] Mamdani E. H., Assilion S (1974) An Experiment in Linguistic Synthesis With a Fuzzy Logic Controller, *Intl J. Man-Machine Stud* 7:1-1