مدیریت صنعتی
دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران
دورهٔ ۹، شمارهٔ ۲
تابستان ۱۳۹۶
صص. ۳۸۲- ۳۵۳

Journal of Industrial Management
DOI: 10.22059/imj.2017.234113.1007241

ارائهٔ یک سیستم خبرهٔ فازی برای تشخیص نوع بیماری صرع با استفاده از منطق وضعیت و مدل ACH در ایجاد پایگاه دانش

علی عموجی[۱]، عبدالحمید فطانت[۲]

چکیده: امروزه از سیستم‌های خبره به‌عنوان یکی از سودمندترین و پرکاربردترین سیستم‌های تصمیم‌یار استفاده می‌شود. این سیستم‌ها با تکیه بر دانش متخصصان یک حوزه، تجربه‌های گرانبهای آنها را با سرعت و دقت موجود در کامپیوتر ترکیب کرده و موجب ارتقای کیفیت قضاوت می‌شوند. یکی از گسترده‌ترین حوزه‌های کاربرد این سیستم‌ها تشخیص پزشکی است. متفاوت از آنچه در بیشتر تحقیقات گذشته در توسعهٔ سیستم‌های خبره به‌کار گرفته شده، در پژوهش حاضر استفاده از منطق وضعیت در فرایند اکتساب دانش و رویکرد فازی در معماری موتور استنتاج سیستم خبره پیشنهاد می‌شود. تشخیص نوع بیماری صرع همواره یکی از بحث‌انگیزترین چالش‌ها میان پزشکان نورولوژیست بوده و تمایز دقیق بین انواع این بیماری با توجه به علائم نزدیک به هم آنها، محل اختلاف بین پزشکان این حوزه است که این سیستم خبره موفق به حل این مسئله با درجهٔ صحت ۸۳ درصد می‌شود. از ویژگی‌های بارز این پژوهش، ایجاد پایگاه دانش جامع و کامل با رویکرد تحلیل فرضیه‌های رقیب (ACH) برای تمایز بین گونه‌های چهارده‌گانهٔ بیماری صرع است. تحقیقات انجام‌شده در این پروژه می‌تواند برای تشخیص سایر بیماری‌هایی که علائم نزدیک به هم دارند، شبیه‌سازی و استفاده شود. همچنین این سیستم می‌تواند در موقعیت‌هایی که دستیابی به پزشکان متخصص مغز و اعصاب ممکن نیست، بسیار مفید واقع شود.

واژه‌های کلیدی: استنتاج فازی، پایگاه دانش، تشخیص بیماری، سیستم خبره، منطق وضعیت.

۱. دکتری مهندسی کامپیوتر (گرایش تجزیه و تحلیل سیستم‌ها)، دانشکدهٔ مهندسی فناوری اطلاعات، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
۲. استادیار دانشکدهٔ مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ماهشهر، ماهشهر، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۱۰/۲۹
تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۶/۰۳/۰۲
نویسندهٔ مسئول مقاله: علی عموجی
E-mail: dr.ali.amooji@gmail.com

مقدمه

بی‌شک یکی از مهم‌ترین سیستم‌های رایانه‌ای از ابتدای به‌کارگیری کامپیوتر، سیستم‌های خبره بوده که تلاشی برای جایگزینی کامپیوتر به‌جای انسان در حل مسائل مبتنی بر خبرگی است. این نوع سیستم‌ها از ابتدای شکل‌گیری با مسائل عمده‌ای از جمله روش حل مسئله (وظیفه)[1]، کشف و تفسیر رخدادها، روش‌های بازنمایی دانش (استخراج دانش) خبرگی و به‌کارگیری منطق‌های مناسب در پردازش دانش‌های استخراج شده، مواجه شدند و دو دورهٔ اصلی را پشت سر گذاشته‌اند که می‌توان از آن به‌عنوان سیستم‌های خبرهٔ نسل اول و سیستم‌های خبرهٔ نسل دوم نام برد. پیشرفت‌های به‌دست آمده در این دو نسل که به‌طور عمده به اواخر دههٔ ۸۰ و اوایل دههٔ ۹۰ بازمی‌گردد، ناظر به نوع معماری نرم‌افزاری آن است. با وجود پیشرفت‌هایی که در معماری، طراحی و پیاده‌سازی سیستم‌های خبره حاصل شده، این نوع سیستم‌ها هنوز با مشکلات زیادی مواجه‌اند که دلیل اصلی آن، ارتباط پویای آنها با عوامل انسانی است. تشخیص خبرگی به‌دلیل مشکلاتی که در ارتباط با افراد خبره وجود دارد (همانند پاسخ‌های مختلف خبرگان به یک مسئلهٔ واحد)، یا اکتساب و استخراج دانش به‌دلیل وجود فضای پیچیده، نامعین و همراه با فشار و استرس، که کاربران انسانی این سیستم‌ها با آن مواجه‌اند، از جملهٔ این چالش‌هاست که بازنمایی و اکتساب رخدادهای مختلف حسی ــ ذهنی[2] و همچنین استفاده از منطق‌های پردازشی غیرمتعارف را ضروری می‌کند.

سیستم‌های خبرهٔ پزشکی علاوه بر مشکلات بالا دارای معضلات عدیدهٔ دیگری نیز هستند که می‌توان به نمونه‌هایی نظیر عدم تخصیص زمان کافی از طرف پزشکان در انجام تحقیقات و به‌روزرسانی اطلاعات، گستردگی نامحدود علوم پزشکی و بالا بودن میزان مرگ‌ومیر ناشی از خطا در تشخیص طبی اشاره کرد. در این رابطه، گزارش منتشرشده از طرف انجمن طبی آمریکا با عنوان «انسان جایزالخطاست» قابل تأمل است. مطابق این گزارش، در ایالات متحدهٔ آمریکا سالانه ۱۵۰۰۰ نفر بر اثر تصادفات جاده‌ای و ۴۲۰۰۰ نفر بر اثر ابتلا به سرطان پستان جان خود را از دست می‌دهند. این در حالی است که سالانه ۹۸۰۰۰ نفر بر اثر تشخیص اشتباه پزشکان و خطاهای پزشکی می‌میرند (خیادونگ، هائو، فنگ و مک، ۲۰۰۵). همچنین نتایج منتشرشده از تحقیقی در انگلستان نشان می‌دهد که هر پزشکی هنگام معاینه و معالجهٔ سه بیمار با دو پرسش مواجه می‌شود که جواب آنها را نمی‌داند. همچنین هنگام بستری شدن بیمار، پزشک با پنج پرسش مواجه می‌شود که جواب آنها را نمی‌داند و برای یافتن پاسخ این پرسش‌ها فقط ۴۵ دقیقه

---

1. Task
2. Commonsense

زمان دارد، بنابراین در هر هفته ۳۰۰ پرسش بی‌جواب برای یک پزشک به وجود خواهد آمد (مانوئلا، تاوارس و سیمونز، ۲۰۰۸).

از دیدگاه دیگر می‌توان گفت هر پزشک بر اساس تفکرها و تجربه‌های شخصی خود به تجویز دارو، پیشنهاد آزمایش‌های پزشکی یا پیشنهاد بستری شدن اقدام می‌کند و تجمیع این تجربه‌ها و مهارت‌ها در یک بانک اطلاعاتی و ایجاد امکان جست‌وجوی سریع در یک پایگاه دانش و در نتیجه توسعهٔ یک سیستم خبرهٔ هوشمند تشخیصی در این حوزه، ضروری به نظر می‌رسد. نوآوری و خلاقیت در معماری می‌تواند موجب دانش‌افزایی و تنوع در توسعهٔ این‌گونه سیستم‌ها شود. در این مقاله تلاش کرده‌ایم برای توسعهٔ سیستم خبرهٔ تشخیص نوع بیماری صرع، از منطق وضعیتی و روش‌شناختی ACH استفاده کنیم که از این جنبه نوآور و جدید است. استفاده از ACH معضلات مربوط به عوامل انسانی را هم در ارتباط با فرد خبره و هم در ارتباط با کاربران، مد نظر قرار داده و برای رفع آنها راه‌حل ارائه می‌کند (هیوئرو ریچارد، ۱۹۹۹). قضاوت در خصوص رخدادهای نامعین و استنتاج در شرایط توأم با فشار و استرس، انگیزهٔ اصلی استفاده از روش وضعیتی ACH در ایجاد پایگاه دانش این سیستم خبره است.

پیشینهٔ نظری پژوهش

تا امروز رویکردهای به‌کاررفته در معماری سیستم‌های خبره در فواصل زمانی زیادی دچار تحول شده‌اند. از ابتدای توسعهٔ سیستم‌های خبره تا ابتدای دههٔ ۱۹۹۰، سیستم‌های خبرهٔ موسوم به نسل اول توسعه یافتند که همهٔ وظایف مورد نیاز فقط در یک مؤلفه تجمیع شده و در نتیجه الگوی معماری یکدستی[1] ارائه شده است. نتیجهٔ طبیعی این نوع معماری فقدان صفات کیفی گوناگون همانند آزمون‌پذیری، انعطاف‌پذیری، دسترس‌پذیری و به‌ویژه قابلیت استفادهٔ مجدد بوده که محصول نهایی را یک بار مصرف می‌کند و بخش‌های سیستم به‌دلیل تنیدگی در عمل برای تجربه‌های بعدی غیرقابل استفاده می‌شدند. رویکردهای به‌کاررفته در سیستم‌های خبرهٔ گذشته در جدول ۱ نشان داده می‌شود که همگی از تئوری برای تشخیص مسئله و استخراج دانش (شواهد) استفاده می‌کنند (بیوک، سیسمان، آک یلدیز و آلپارسان، ۲۰۰۷؛ رجی، ۱۹۹۵؛ کلیر، ۲۰۰۶؛ جان، ۲۰۰۶؛ فردریک، ۲۰۰۵).

1. Monolog

جدول ۱. رویکردهای پیشین در توسعهٔ سیستم‌های خبرهٔ تشخیصی

عنوان رویکرد یا پروژه	پدیدآورندهٔ رویکرد	دورهٔ استفاده	مشخصهٔ رویکرد	ضعف رویکرد	رویکرد پوشش‌دهندهٔ ضعف‌ها
پروژه Dendral	فیگن بام	۱۹۶۰-۱۹۵۵	در یک حوزهٔ مشخص همانند یک متخصص تصمیم بگیرد.	کاربرد آن در حوزهٔ بسیار محدودی از دانش بود.	ایجاد پایگاه دانش وسیع و فراگیر توسط سیستم خبرهٔ META-DENDERAL
منطق انتخاب فرضیه‌های رقیب	بلیچ و همکاران	۱۹۶۰	شواهد بیماری تحت یک الگوریتم واحد تعیین می‌شود.	تناقض در نرمال‌سازی شواهد	انجام نرمال‌سازی عمیق‌تر
سیستم خبرهٔ مبتنی بر قانون بیزین	وامر و همکاران	۱۹۶۱	توسعهٔ سیستم با استفاده از قوانین احتمال	تناقض در پاسخگویی صحیح سیستم با نتایج فلسفی	ترکیب خواص ژنتیک با قوانین احتمال
رویکرد استفاده از الگوریتم ژنتیک	گومی	۱۹۶۸	سیستم در زمانی که بیمار دارای چند نوع بیماری بود تشخیص چند بیماری را به‌طور همزمان انجام می‌داد.	به‌دلیل وجود چندین مسیر راه‌حل برای رسیدن به پاسخ احتمال وقوع اشتباه وجود دارد.	استفاده از الگوریتم‌هایی با پیچیدگی بیشتر
رویکرد استفاده از منطق فازی	رجیا و همکاران	۱۹۹۵	حل مسئلهٔ تشخیص با استفاده از نظریهٔ مجموعه‌ها	احتمال رسیدن به پاسخی غیرقطعی	رویکردهای غیرفازی (استفاده از منطق کلاسیک)
رویکرد آنتالوژیک	دینگ	۲۰۰۵	حل مسئلهٔ تشخیص با استفاده از نقشهٔ علیتی	اتکای بیش از حد به منطق وضعیت	رویکرد تئوری محور

بررسی سیستم‌های خبرهٔ تشخیص طبی موجود نشان می‌دهد در بیشتر تحقیقات گذشته رویکردها یکنواخت بوده‌اند، اغلب سیستم‌های خبره با رویکردهای غیرشناختی توسعه یافته‌اند، تفاوت‌های متدولوژیکی چشمگیری با یکدیگر ندارند و فقط نوع مطالعات موردی (نوع بیماری‌های مطالعه‌شده) و به‌طبع محتوای بانک‌های اطلاعاتی و پایگاه دانش آنها با یکدیگر فرق می‌کنند.

از دههٔ ۹۰ به بعد نرم‌افزارهایی همانند common KADS و MIKE (استاندارد KADS II در اروپا) طراحی شدند که دارای معماری سه‌وجهی شبکه‌محور با سه مؤلفهٔ مستقل ولی مرتبط با هم بودند: وظیفه (مسئله‌ای که باید حل شود)، روش حل مسئله (موتور استدلال) و دامنه (پایگاه دانش) (بروکر و ون، ۲۰۰۶). در این رویکرد قابلیت استفادهٔ مجدد از ویژگی‌های کلیدی معماری وجود داشت (این قابلیت توسعهٔ نرم‌افزار را بسیار ساده می‌کند و در اجازه می‌دهد در تجربه‌های جدید از مؤلفه‌های محصولات قبلی استفاده شود). مشکل سیستم‌های نام‌برده این بود که وزن سنگینی داشتند و زمانی که سه مؤلفهٔ بالا با هم در حافظهٔ رایانه برای اجرا بارگذاری

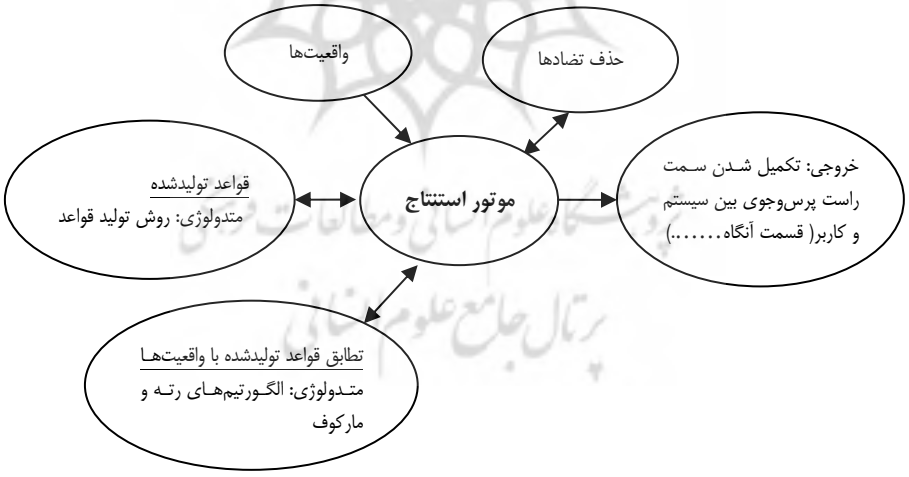
می‌شد، کارایی سیستم سخت‌افزاری را به‌شدت پایین آورده و در عمل سیستم را غیرقابل استفاده می‌کرد. در سال ۲۰۰۰ نیز نرم‌افزارهای چابک همانند protégé 2000 توسعه یافتند که علاوه بر معماری سه‌وجهی و شبکه‌محور به‌طور چابک ارائه می‌شد و اجرا در بالاترین سطح کارایی بود. هر چند که این نوع نرم‌افزارهای دامنه‌گرا (دامنه در حافظه قرار می‌گرفت و سایر مؤلفه‌ها بر حسب ضرورت بار می‌شدند) توانستند به‌سرعت جایگزین سایر معماری‌ها شوند، ولی مهم‌ترین مشکلات محتوایی همچنان باقی ماندند. علائم بیمار که در فضای مبهم و پر از استرس بروز می‌کند و تفسیر متمایز و گاهی مخالف خبرگان در حل یک مسئلهٔ واحد، از جملهٔ این موارد بود که به تغییر منطق پردازش و در پیش گرفتن رویکرد شناختی نیاز داشت. توسل به رویکردهای شناختی از جمله ویژگی‌های مقالهٔ حاضر است که برای این منظور از منطق وضعیتی با رویکرد ACH استفاده می‌شود. ACH یک رویکرد وضعیتی است که به‌جای توسل به تئوری و تئوری‌پردازی یا مقایسه‌های تاریخی در استخراج داده‌ها و تهیهٔ دانش تشخیص مسئله، به وضعیت توجه کرده و قضاوت و تصمیم‌گیری نهایی خود را بر پایهٔ پدیدارهای واقعی قرار می‌دهد. دراین صورت پایگاه دانش از حقایق تجمیع‌شده و در نهایت، قضاوت در وضعیت به وجود می‌آید.

پیشینهٔ تجربی

بررسی تحقیقات پیشین در این حوزه نشان می‌دهد پژوهشگران بسیاری در توسعهٔ سیستم‌های خبرهٔ تشخیص پزشکی فعالیت داشته‌اند، ولی بیشتر این فعالیت‌ها در آزمایشگاه‌های فناوری اطلاعات مسکوت مانده و جنبهٔ کاربردی به خود نگرفته است که علت‌یابی این مسئله در چارچوب تحقیقاتی این پروژه نیست. در اینجا چند مورد از پژوهش‌های انجام‌شدهٔ پیشین که دارای برجستگی‌های پژوهشی بوده، از نقطه‌نظر روش‌شناسی بررسی می‌شوند. سیستمی خبره برای کنترل نارسایی‌های خارجی چشم توسط ال‌مارتین، به‌عنوان یکی از نخستین پژوهش‌های کلاسیک در این حوزه در سال ۲۰۰۱ در مرکز تحقیقات بینایی‌سنجی دانشگاه استکهلم توسعه یافت. در این پروژه رویکرد تحقیقاتی استفاده از قوانین تولیدشده به زبان کلیپس بوده است (مارتین ال، ۲۰۰۱). در سال ۲۰۱۲ راجدیپ بورگوهان و سوگاتا سانیال سیستم خبره‌ای تحت عنوان سیستم خبرهٔ مبتنی بر قوانین برای تشخیص نارسایی‌های عصبی ـ عضلانی در انسان طراحی کردند. معماری این سیستم تحت الگوریتم رته و پیاده‌سازی آن با بستهٔ نرم‌افزاری Jess بوده است (راجدیپ و سوگاتا، ۲۰۱۲).

در ایران نیز در سال ۱۳۹۳ خرمیان طوسی و زینعلی سیستم خبرهٔ تصمیم‌یاری را معرفی کردند که فرایند درمان پوسیدگی دندان در کودکان را انجام می‌دهد. در این پروژه یک شبکهٔ

بیزی برای علامت‌های پوسیدگی دندان تشکیل شده و برای تعیین روابط بین متغیرها نیز از الگوریتم خوشه‌بندی kی میانگین استفاده شده است. سیستم خبرهٔ فازی تشخیص مننژیت باکتریال از سایر مننژیت‌ها در کودکان نیز در سال ۱۳۹۳ توسط لنگری‌زاده و همکاران وی معرفی شد. در این سیستم خبره از دو موتور استنتاج فازی (تشخیص مننژیت باکتریال و پیشنهاد LP مجدد) استفاده شده است. در هر دو موتور استنتاج با مدل ممدانی با مشخصه‌های max–min با عملگرهای AND-OR و روش مرکز جرم (Centroid) برای غیرفازی‌سازی استفاده شده است (لنگری‌زاده، خواجه‌پور، خواجه‌پور و نوری، ۱۳۹۳). طلوعی اشلقی و محسن طاهری در سال ۱۳۸۹ سیستم خبره‌ای برای تشخیص سرطان خون ارائه داده‌اند که متکی بر تشکیل پایگاه قوانین (دانش) با استفاده از بستهٔ نرم‌افزاری vp-expert است (طلوعی اشلقی و محسن طاهری، ۱۳۸۹). در سال ۲۰۱۱ نیز جم‌پور و همکاران وی با رویکرد استفاده از منطق فازی، سیستم خبرهٔ تشخیص بیماری‌های دامی همراه با تظاهرات عصبی را ارائه داده‌اند. در این پروژه برای ساخت سیستم فازی از موتور استنتاج حاصلضرب، فازی‌ساز منفرد و غیرفازی ساز میانگین مراکز استفاده شده است. ضمن آن که در موتور استنتاج حاصلضرب از استلزام حاصلضرب ممدانی و استنتاج مبتنی بر قواعد جداگانه با ترکیب اجتماع و ضرب جبری برای t– نرم‌ها و MAX برای s– نرم‌ها استفاده شده است (جم‌پور، جم‌پور، آشورزاده و یعقوبی، ۲۰۱۱).



شکل ۱. مدل مفهومی سیستم‌های خبرهٔ متداول در گذشته (مبتنی برقواعد)

منبع: کریم اف و رحیم اوا (۲۰۰۴)

روش‌شناسی پژوهش

معماری سیستم خبرهٔ تشخیص نوع بیماری صرع

این سیستم خبره که به‌اختصار EDDES[1] نام دارد، داده‌های خود را از رخدادهای حسی ـ ذهنی در شرایط نامعین و توأم با استرس استخراج می‌کند. به‌دلیل ویژگی‌های خاص بیماری صرع (وجود علائم روحی و روانی) با ارائهٔ راه‌حل‌هایی مبتنی بر دانش‌شناختی با سیستمی پیچیده مواجه هستیم که مهم‌ترین ویژگی‌های منحصربه‌فرد این رویکرد از حل مسئله عبارت‌اند از:

- احتراز از روش مبتنی بر شواهد و داده‌های قطعی در حوزهٔ بیماری‌های صرع: به‌دلیل نوع شواهد و رخدادهای تشخیص این بیماری که بسیاری از آنها مشاهده‌پذیر نیست، به روشی مبتنی بر کشف عوارض ذهنی و روانی و گاهی مشاهده‌پذیر نیاز است. هر رویکرد شناختی از جمله ACH که بر پایهٔ آگاهی وضعیتی توسعه می‌یابد، روش توسعهٔ خود را بر اساس داده‌های قطعی قرار نمی‌دهد، زیرا روش‌های مبتنی بر این نوع داده‌ها که مشاهده را بن‌مایهٔ اصلی تحقیق خود قرار داده، داده‌ها را بدون هیچ تفسیر یا ارتباطی با سایر داده‌ها پذیرفته و فقط اعتبار نتایج خود را بر این اساس قرار می‌دهد. در صورتی که علوم شناختی، عینی گرایی، رفتارگرایی، داده‌های قطعی و به طور کلی دیدگاه‌های مبتنی بر مشاهدهٔ صرف را از دور خارج کرده و به شفاف‌سازی پیچیدگی و مقابله با نامعینی اهمیت می‌دهد.
- احتراز از روش تحقیق پیمایشی در حوزهٔ بیماری‌های صرع: تکنیک‌های پژوهشی پیمایشی رفتارگرایی را رد کرده و حالات ذهنی را به مشاهدات امور واقع ترجمه می‌کنند. این نگرش تلاشی برای تغییر شکل دادن حالات و ایده‌های ذهنی به داده‌های قابل مشاهده غیرقابل تفسیر است. نمونه‌هایی از این تکنیک‌ها شامل پرسشنامه‌ها، پیمایش افکار و مقیاس‌های نگرشی است. در این روش‌ها متغیرهای مختلف به‌جای مفاهیم ایفای نقش می‌کنند.
- بهره‌مندی از گروه خبرگان با دیدگاه‌های غیرهمسان در ارائهٔ فرضیه‌ها: تا آنجا که ممکن است برای انتخاب راه‌حل، باید همهٔ فرضیه‌ها را معلوم کرد. در این صورت باید از خبرگانی با دیدگاه‌های مختلف استفاده کرد تا کلیهٔ امکانات موجود در حین تضارب آرا در اختیار گرفته شود. در این راستا باید از شیوهٔ طوفان فکری[2] بین گروه نام‌برده بهره گرفت، زیرا این روش قوهٔ تخیل افراد را برمی انگیزد و ممکن است بدین وسیله امکاناتی مطرح شود که به فکر هیچ یک از آنها خطور نمی‌کرد.

---

1. Epilepsy Diseases Diagnosis expert System
2. Brain storming

- شکل و تیپ مسئلهٔ تشخیص طبی: یکی از عوامل مؤثر در موفقیت سیستم‌های خبره شکل و تیپ مسئله‌ای است که باید توسط سیستم حل شود. خصوصیات حل مسئلهٔ تشخیص طبی، در معماری این سیستم تأثیر بسزایی داشته است. این خصوصیات شاخصه‌های کمی و کیفی سیستم را تعیین می‌کند.
- تلفیق و پردازش علامت‌ها در راستای شفاف‌سازی و تلفیق[1] آنها: سیستم خبرهٔ EDDES از علامت‌ها و نشانه‌های قابل مشاهده یا به‌طور جزئی قابل مشاهده و علائم روحی، روانی و به‌طور کلی نامعینی استفاده کرده و برای مقابله با این ابهام‌ها و نامعینی، آنها را با منطقی غیرخطی (در اینجا منطق فازی) برای دستیابی به شواهد یا دانش‌های شفاف‌تر پردازش یا تلفیق می‌کند. توجه فرمایید که برای روش حل مسئله، از موتور استنتاج فازی استفاده کرده‌ایم که به‌واقع برای مقابله با نامعینی، انتخابی موجه است. کنترل‌کنندهٔ فازی که در موتور استنتاج انتخاب شده است ابتدا متغیرها را فازی‌سازی کرده و پس از پردازش قواعد به شیوهٔ عملگری معکوس فازی‌سازی اقدام می‌کند. فازی‌سازی بر اساس تابع عضویت فازی به مقابله با مفاهیم مبهم و دوپهلو پرداخته و با عددی کردن این عبارات زبانی کیفیت آنها را شفاف می‌کند. غیرفازی‌سازی نیز به‌طور وارونه عمل کرده و اعداد و ارقام فازی را به کمک تابع عضویت (به تعبیری معکوس آن) به عبارات زبانی مبدل می‌کند. قواعد فازی بر اساس سیستم استنتاج ممدانی تعبیر و اجرا می‌شوند.
- توسعه به روش تعاملی و پویا: در سیستم خبرهٔ EDDES از آگاهی وضعیتی استفاده می‌شود که مبتنی بر روش تعاملی است. به این معنا که عوامل انسانی به‌طور مستقیم با سیستم در ارتباط بوده و اساساً روشی است که عوامل انسانی در حلقهٔ محاسبه[2] قرار می‌گیرند. از طرف دیگر توسعهٔ آگاهی وضعیتی در ACH به‌گونه‌ای پویا انجام گرفته است به این صورت که رخدادها و وقایع، که مجموعهٔ شواهد را می‌سازند، در حین توسعهٔ سیستم به‌طور پویا کشف شده و آگاهی وضعیتی در روشی تدریجی و تکاملی شکل می‌گیرد.
- انتخاب روش مبتنی بر ابطال‌پذیری به جای اثبات‌پذیری: برای احتراز از مثبت‌گرایی لازم است فرضیه‌ای انتخاب شود که کمترین عدم انطباق را با شواهد دارد. نوع تحلیل ما روش مبتنی بر ابطال‌پذیری، با مجموعهٔ کاملی از امکان‌های مختلف شروع شده است نه با محتمل‌ترین گزینه‌ای که تحلیلگر سعی در اثبات آن دارد. این امر باعث می‌شود که به تمام فرضیه‌های موجود بدون پیش‌داوری نگریسته شود.

---

1. Fusion
2. Human In The Loop(HITL)

مراحل مختلف توسعهٔ EDDES

- ارزیابی و امکان‌سنجی اولیهٔ سیستم: به‌عنوان نخستین بخش از توسعهٔ سیستم خبره در مورد بیماری صرع و پیچیدگی‌های آن مطالعاتی انجام شده و خطاهای پزشکی موجود در این نوع بیماری بررسی شد. نتیجهٔ مطالعات این بود که انواع بیماری‌های صرع دارای علائم شبیه به هم بوده و پزشکان در تمایز بین آنها دچار اشتباه می‌شوند. حال آن که فرایند درمان هر یک از آنها نیز متفاوت است. میزان تأثیرگذاری متفاوت هر یک از علائم بیماری نیز پژوهشگران این تحقیق را به انتخاب موتور استنتاج فازی رهنمون کرد.
- جمع‌آوری دانش در EDDES: در این مرحله ابتدا مفاهیم و روابط بین آنها و سازوکارهای تشخیص نوع بیماری‌های صرع تعیین می‌شود. حقایق کافی و دقیق در مورد انواع بیماری‌های صرع (گروه‌بندی بیماری‌های صرع، علائم آنها، استثناها، میزان تأثیر علائم و شواهد در بروز بیماری) تعیین و ارزیابی می‌شود. این فرایند مهندسی دانش این پروژه نام گرفته که از تعامل بین مهندس دانش و چند تن از پزشکان متخصص مغز و اعصاب به‌دست آمده است.
- ایجاد موتور استنتاج در EDDES: آنچه که در رابط کاربر این پژوهش قابل توجه است ورودی‌های قابل فهم برای کاربر (به‌صورت بیانی) است که طی فرایند فازی‌سازی (۱۴سیستم فازی برای ۱۴ نوع بیماری صرع) به متغیرهای فازی تبدیل شده و با استفاده از قوانین فازی ایجادشده در پایگاه دانش، استنتاج به عمل آمده و نتیجهٔ نهایی نیز به‌صورت زبان قابل فهم بازنمایی (غیرفازی‌سازی) می‌شود (محمدی مطلق، محمدی مطلق و رضایی نور، ۱۳۹۴). در اینجا بازنمایی از سه فاکتور اساسی تأثیر می‌پذیرد: مدل‌سازی مسئلهٔ تشخیص، ویژگی‌های داده‌های مسئلهٔ تشخیص و ساختار فضای جستجو. البته در این فرایند حل مسئلهٔ تشخیص از طریق مدل‌های مختلفی بازنمایی شده و از مدل‌سازی رفتاری ریاضی استفاده می‌شود (عموجی، ۲۰۱۵).
- آزمایش و آزمون EDDES: صرف نظر از اینکه آزمایش سیستم اغلب به‌عنوان مرحلهٔ پایانی در نظر گرفته می‌شود، آزمایش و آماده‌سازی سیستم برای بهره‌برداری در تمام مراحل آماده‌سازی اولیه نیز انجام می‌شود. در پروژهٔ EDDES مرحلهٔ تست در سه بعد انجام شده است: تست و ارزیابی داده‌های اولیه، آزمایش منطقی پایگاه دانش و آزمایش فنی کارکرد سیستم EDDES.

ایجاد پایگاه دانش

فرایند اکتساب دانش بر اساس مدل ACH

پایگاه دانش هر سیستم خبره دارای دو نوع دانش است، نخست دانش بدیهی و آشکار که از طریق الگوریتم‌های مشخص به‌دست آمده و دیگری دانش نامعین و مبهم (پاتریک، ۲۰۰۸). دانش حقیقی و بدیهی به‌دلیل اثبات درستی آن در گذشته کاربردهایی وسیع، گسترده و همه‌منظوره دارد و در مقابل به‌دلیل اینکه دانش موروثی و اکتسابی از استنباط شخصی متخصصان به‌دست آمده، می‌تواند در تصمیم‌گیری‌ها موجب اشتباهات سهوی شود ولی دارای ارزش خاصی است که با افزایش این نوع دانش ارزش تخصصی سیستم خبره بالا می‌رود. این بخش از دانش از طریق مصاحبهٔ مهندس دانش با افراد متخصص و تکمیل پرسشنامه توسط آنها به‌دست می‌آید و در نهایت نیز موتور استنتاج سیستم از طریق این قواعد وظیفهٔ ذاتی خود را که یافتن جواب انتهایی است، انجام می‌دهد (ناول، ۱۹۹۶). بزرگ‌ترین چالش در رابطه با مسئلهٔ مورد نظر ما، چندگانه بودن متخصصان جامعهٔ پزشکی مغز و اعصاب است که برای شواهد و علائم تشخیص صریح بیماری به‌ندرت به یک اجماع می‌رسیدند. این مشکل به‌خصوص هنگامی دو چندان می‌شود که بیماری‌های صرع بسیار به هم نزدیک بوده و جامعهٔ پزشکی در این حوزه دارای حداقل اشتراک ذهنی است.

تاکنون برای اکتساب دانش روش‌های متنوع و گوناگونی به کار برده شده است. از جملهٔ این تکنیک ها می‌توان به مصاحبه، تفسیر، داستان‌گویی[1]، مشاهده، ردیابی فرایند، تحلیل پروتکل، نگاشت مفاهیم[2]، تحلیل دامنهٔ کار[3]، شیوهٔ تصمیم‌گیری کلیدی[4]، سناریوسازی و شبکهٔ مفاهیم و....اشاره کرد. تمام این روش‌ها با سلایق شخصی طراحی شده‌اند و به‌طور کلی شیوهٔ ثابتی برای اکتساب دانش وجود ندارد (استفان، ۱۹۹۳).

در روش پیشنهادی برای اکتساب دانش از منطق وضعیتی مبتنی بر مدل ACH (تحلیل فرضیه‌های رقیب) استفاده شده است. در این رویکرد، تحلیلگر به‌جای پرداختن به احکام کلی که دربرگیرندهٔ چندین مورد مشابه است، به سراغ عناصر ملموس وضعیت جاری می‌رود. در این رویکرد، وضعیت قطعه‌ای از واقعیت بر حسب زمان و مکان معین است و پدیده‌های عینی و ذهنی از هم منفک نمی‌شود. نکتهٔ مهم این است که در شرایط نامعین و پیچیده، جزئیات بسیار اثرگذار و مهم هستند و نمی‌توان از آنها صرف‌نظر کرد. به همین دلیل مدل وضعیتی

---

1. Storytelling
2. Concept Mapping
3. Task Domain Analysis
4. Critical Decision Method

منحصربه‌فرد است؛ در حالیکه بیشتر سیستم‌های متعارف با تئوری‌پردازی یا با مقایسه بـه کشـف دانش می‌پردازند و در نتیجه به جزئیات توجه نمی‌شود و فقط مشابهت‌های کلی بین حالـت‌هـا و وضعیت‌های گوناگون مد نظر قرار می‌گیرند (اندزلی، فارلی، جونز، مدکیف و هانسـمن، ۱۹۹۸). از مزیت‌های اصلی منطق وضعیتی، قابلیت و توانمندی فوق‌العادهٔ آن در هماهنگی و انسجام حجـم عظیمی از جزئیات مربوط به موضوع است. مزیت دیگر استفاده از منطق وضعیتی، ارائهٔ محاسـبهٔ فراگیری است که سطوح مختلف فیزیک، اطلاعات و شناخت را دربرمی‌گیرد. سومین مزیت ایـن است که مدل وضعیت که دارای زمان و مکان معلوم و مشخصی است موجب شـده کـه داده‌هـا، اطلاعات و دانش‌های استخراج‌شده فارغ از نویز یا داده‌های غیرضروری باشند و بنابراین بر پایـهٔ آن، انتخاب فرضیهٔ درست در شرایط موجود شکل گرفته و از این لحاظ بی‌بدیل و دارای کمترین خطا است (کلیر، ۲۰۰۶). دلیل دیگر استفاده از این رویکرد این است که مشخص شده در شرایط پیچیده و نامعین ۸۸ درصد خطاهای انسانی در امر قضاوت و تصمیم‌گیری به عدم شـکل‌گیـری درست آگاهی وضعیتی وابسته است (اندزلی، ۱۹۹۵).

با بررسی روند ایجاد و ارزیابی فرضیه‌ها از سوی تحلیلگران سیستم‌های اطلاعاتی سه راهبرد اصلی قابل تشخیص است: منطق وضعیتی، کاربست نظریه و مقایسه با نمونه‌های تاریخی که در ادامه به‌طور مختصر در مورد هر یک از آنها بحث خواهد شد (بروکر، ۲۰۰۶).

- منطق وضعیتی: منطق وضعیت برای تصمیم‌گیری و قضـاوت در شـرایط فشـار، اسـترس و فقدان اطلاعات مطمئن به‌کار گرفته می‌شود. آنچه منطق وضعیتی را معتبـر مـی‌کنـد روش ابطال‌پذیر شواهد بوده است نه اثبات آنها. در ایـن روش رونـد ایجـاد و تحلیـل فرضـیه‌هـا به‌جای آن که از احکام کلی دربرگیرندهٔ چندین مورد مشابه آغاز شود، ابتدا به سراغ عناصـر عینی و ملموس وضعیت جاری می‌رود. وضعیت جـاری بـی‌بـدیل و منحصـربه‌فـرد قلمـداد می‌شود و به همین دلیل باید برای شناخت آن از منطق خاص خود سود جست، نه اینکه آن را یکی از مصادیق رویدادهای مشابه به شمار آورد (روگر و آبلسون، ۲۰۰۷).
- کاربست نظریه‌ها: نظریه، اصطلاحی آکادمیک است که در جامعـهٔ اطلاعـاتی رواج چنـدانی ندارد، اما اسـتفاده از آن در تمـام مبـاحثی کـه بـه‌نـوعی بـه مسـئلهٔ قضـاوت مـی‌پردازنـد، اجتناب‌ناپذیر است (زاده، ۱۹۹۴). به‌لحاظ علمی، نظریه حکمی کلـی اسـت کـه بـر مبنـای بررسی نمونه‌های مختلف یک پدیده ارائه می‌شود. به بیان دیگر، این طور قضاوت می‌شـود که نتایج تابع مجموعه‌ای از شرایط خاص بوده، مشروط بر اینکه آن شـرایط نیـز در مسـئلهٔ تحلیل‌شده، یافت شوند (معاد، ۲۰۰۶).

- مقایسه با نمونه‌های تاریخی به‌عنوان سومین استراتژی: در این روش تحلیلگر تلاش می‌کند از طریق مقایسهٔ رویدادهای جاری با نمونه‌های تاریخی یا با رویدادهای مشابه در سایر حوزه‌ها، به شناخت آن رویدادها نائل شود. هنگامی که یک وضعیت تاریخی با شرایط جاری قابل مقایسه است، تحلیلگر خلاءهای موجود در شناخت خود از وضعیت جاری شبکه را با بهره‌گیری از شناخت نسبت به آن نمونهٔ تاریخی پرکرده و عناصر ناشناختهٔ زمان حال را با عناصر شناخته‌شدهٔ نمونه‌های تاریخی منطبق می‌کند (جان، ۲۰۰۶).

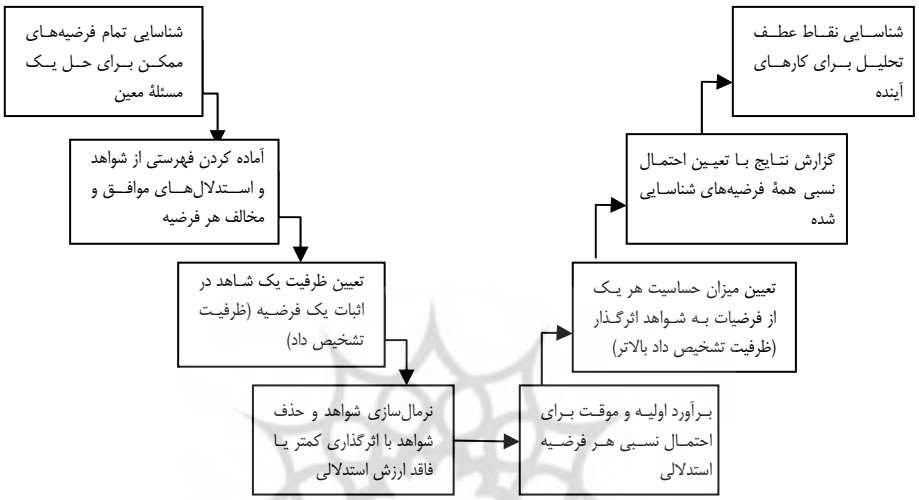
نامعینی اطلاعات و کامل نبودن آن در این پروژه برای تحلیل، موجب می‌شود تا از میان سه نوع راه حل مبتنی بر نظریه، مقایسه و منطق وضعیتی، به‌کارگیری روش سوم بسیار مؤثر باشد. در این مقاله توسعهٔ آگاهی وضعیتی تحت مدل‌شناختی ACH پیشنهاد شده که دارای سه خصوصیت هدف‌گرایی، مبتنی بر شناخت و همچنین دخالت دادن عوامل انسانی در مدل نهایی است. این سه خصوصیت فاکتور های کلیدی موفقیت در توسعهٔ آگاهی وضعیتی بوده و در توسعهٔ سیستم‌های تعاملی[1](سیستم‌هایی که با کاربرها و عوامل انسانی در تعامل پویا هستند) نقش بسزایی ایفا می‌کنند (اندزلی، ۱۹۹۵). در مدل ACH به‌دلیل توجه به آگاهی وضعیتی تشخیص و حل مسئله، بر پایهٔ طرح‌واره‌ها و مدل‌های ذهنی و همین‌طور سوگیری‌های ذهنی انجام می‌گیرد. خصوصیت سوم آگاهی وضعیتی این است که همهٔ عوامل وضعیتی از جمله پدیدارهای عینی ـ ذهنی و حتی موارد جزئی نیز لحاظ می‌شوند. نتیجهٔ نهایی این است که عامل یا عوامل انسانی در آگاهی وضعیتی نهادینه[2] می‌شوند.

تشکیل پایگاه دانش بر اساس مدل ACH در سیستم خبرهٔ تشخیصی EDDES

به‌طور اساسی برای اینکه تحلیل فرضیه‌های رقیب یا هر رویهٔ دیگری به‌طور حتمی به پاسخ صحیح منتهی شود، هیچ تضمینی وجود ندارد. این رویه ضمن افزایش احتمال دستیابی به پاسخی صحیح، یک رهنمون حسابرسی نیز از خود به‌جا می‌گذارد که نشانگر شواهد استفاده‌شده در تحلیل و تشخیص مسئله و چگونگی تفسیر آن شواهد است. به‌طور کلی مدل ACH بر پایهٔ نقادی دو روش مبتنی بر تئوری و مقایسهٔ تاریخی قرار دارد. در هر دو حالت ذکرشده واقعیت‌های موجود و وضعیت فعلی نادیده گرفته می‌شود که نمی‌تواند در نقطهٔ تصمیم‌گیری یا قضاوت به‌عنوان پایه‌ای محکم تلقی شود. رویکرد ACH، هشت مرحلهٔ اصلی دارد که تحلیلگر تمام فرضیه‌های ممکن در مسیر حل مسئله را شناسایی کرده و آنها را وادار به رقابت با یکدیگر

1 Intractable systems
2. EMBBED

می‌کند و در نهایت نتیجهٔ مد نظر تحلیلگر به‌دست خواهد آمد. مراحل هشت‌گانهٔ تحلیل فرضیه‌های رقیب (ACH) در شکل زیر نشان داده می‌شود:



شکل ۲. مراحل اصلی مدل پیشنهادی ACH

پیاده‌سازی مدل ACH در سیستم خبرهٔ EDDES

مرحلهٔ نخست، جمع‌آوری تمام علائم بیماری: در سیستم خبرهٔ پیشنهادی، از نظرهای متخصصان مختلف در راستای جمع‌آوری نوع و علائم بیماری‌ها استفاده شده که موجب فراوانی و تنوع فرضیه‌های ممکن می‌شود. هنگامی که مسئله به‌گونه‌ای با پیچیدگی و ابهام روبه‌رو می‌شود که تشخیص و راه‌حل آن به‌سهولت در دسترس نباشد، استخراج دانش نه فقط از یک خبره (پزشک) بلکه با پرس‌وجو از چندین خبره (گروهی از پزشکان مغز و اعصاب) انجام می‌شود. در این صورت، امکان پاسخ‌های مغایر و گاهی متناقض وجود دارد که یکی از راه‌حل‌های مؤثر برای برون‌رفت از این معضل، دستیابی به آگاهی وضعیتی[1] توسط تحلیلگر است (اندزلی، ۱۹۹۵). مرحلهٔ دوم، فهرستی از شواهد، علائم و استدلال‌های مرتبط با فرضیه (بیماری مشخص) تهیه می‌شود. این علائم و شواهد باید ما را به‌اندازهٔ کافی برای یک قضاوت صحیح (تشخیص نوع

1. Situation awareness

بیماری) قانع کند. ابتدا علائم و شواهد کلی و سپس شواهد جزئی‌تر را به‌صورت فهرست تهیه می‌کنیم.

مرحلهٔ سوم، تحلیل ظرفیت تشخیص دادن شواهد و علائم: هر یک از شواهد و علائم بیماری‌ها دارای ضریب خاصی بوده که میزان تأثیر آن شاهد و علامت در اثبات احتمال بروز یک بیماری معین (یکی از فرضیه‌های شناسایی‌شده) را نشان می‌دهد. این ضریب با استفاده از تجربیات متخصصان به‌دست آمده است.

مرحلهٔ چهارم، بررسی مجدد نوع بیماری‌ها (ارزیابی مجدد بیماری‌ها و حذف علائم فاقد ارزش تشخیصی): تا این مرحله شاهد رده‌بندی تمام علائم برای هر یک از بیماری‌ها بوده‌ایم. در اینجا برخی از این علائم که دارای ارزش تشخیصی ضعیف هستند را از فهرست شواهد بیماری حذف می‌کنیم.

مرحلهٔ پنجم، کسب نتایج موقت و ثبت موقت شواهد و علائم بیماری‌ها با رویکرد تلاش برای ابطال شواهد به جای اثبات آنها: در مرحلهٔ سوم حرکت در ماتریس به‌صورت عرضی بود به‌طوری که در آنجا یک شاهد یا استدلال منفرد مد نظر بود و به چگونگی رابطهٔ آن با تشخیص بیماری توجه می‌شد. ولی در این مرحله نوبت به آن رسیده که در ماتریس به‌صورت طولی حرکت کنیم.

مرحلهٔ ششم، ارزیابی نتایج به‌دست‌آمده و بررسی مجدد علائم مهم هر نوع بیماری در راستای رفع هر گونه ابهام و تردید: در مرحلهٔ سوم شواهد و استدلال‌هایی را شناسایی کردیم که از بار تشخیصی بالایی برخوردار بودند و در مرحلهٔ پنجم نیز از یافته‌ها در راستای قضاوت‌های موقت بهره بردیم. در این مرحله شواهد مهم و محوری که در نتایج تشخیص نوع بیماری نقش مهمی داشتند را بررسی می‌کنیم (رابینسون، ۲۰۰۷).

مرحلهٔ هفتم، گزارش نتایج به‌دست‌آمده: بررسی تمام شواهد و علائم بیماری‌ها به‌طوری که تمام شواهد اعم از ظرفیت تشخیص داد بالا و پایین بازبینی شوند.

مرحلهٔ هشتم، شناسایی نقاط عطف و پتانسیل‌های باقی‌مانده برای تحقیقات آینده: به‌طور اساسی هر گونه نتیجه‌گیری تحلیلی موقتی است و دانش کسب‌شده در این پروژه نیز تا این لحظه محتمل‌ترین گزینه است. در عین حال برخی از فرضیه‌ها (نوع بیماری‌ها) هر لحظه می‌تواند با شواهد جدید (علائم جدید بیماری‌ها) رد شده و فرضیه‌های جدید (نوع بیماری‌های جدید) به اثبات برسند.

خلاصه‌ای از این هشت مرحله به این صورت است که در مرحلهٔ ۱ و ۲، سطرها و ستون‌ها به‌ترتیب برای تعیین شواهد و فرضیه‌های ماتریس گفته‌شده، شکل می‌گیرند. در مرحلهٔ ۳ در

«عرض» ردیف‌های ماتریس به انجام عملیات می‌پردازیم، یعنی در هر لحظه یک شاهد را در نظر گرفته و میزان تطابق آن را با هر یک از فرضیه‌های موجود بررسی می‌کنیم، حال آن که در مرحلهٔ ۵ در «طول» ستون‌های ماتریس عمل می‌کنیم یعنی با در نظر گرفتن فقط یک فرضیه در هر لحظه، به بررسی میزان مطابقت آن با کلیهٔ شواهد موجود می‌پردازیم. در روش ACH نخست شاهد را به‌طور تکی و به‌ترتیب در نظر گرفته و از خود می‌پرسیم که آیا با هر یک از فرضیه‌های موجود تطابق دارد یا خیر؟ با ادامهٔ اینکار برای هر شاهد همهٔ سطرها در ماتریس را علامت‌گذاری می‌کنیم. در مرحلهٔ ۴ شواهد بی‌ارزش را حذف کرده و ماتریس را به‌روز می‌کنیم. در مرحلهٔ ۵ که به‌نوعی معکوس مرحلهٔ سوم است، فرضیه‌ها را به‌طور تک به تک انتخاب کرده، برای هر یک در «طول» ستون‌های ماتریس به انجام عملیات پرداخته و برای هر یک ارزش شواهد معلوم می‌شود. نکتهٔ بسیار بااهمیت این است که مرحلهٔ پنجم روش مبتنی بر ابطال پذیری (به‌جای اثبات‌پذیری) فرضیه‌ها را در ACH به نمایش می‌گذارد، در واقع در حین ارزیابی هر فرضیه، به علامت‌های منفی یا علامت دیگری که نشان‌دهندهٔ شواهد ناهمخوان با فرضیه بوده توجه می‌شود. فرضیه‌هایی که در ستون مربوط به خود علامت‌های منفی کمتری دارند در زمرهٔ محتمل‌ترین قرار گرفته و فرضیه‌هایی که دارای بیشترین علامت منفی هستند در ردیف نامحتمل‌ترین قرار می‌گیرند. مرحلهٔ ۶ نیز یکی از بااهمیت‌ترین مراحل بوده که تحلیل حساسیت می‌کند؛ زیرا شواهد و فرضیه‌ها نه فقط بر پایهٔ یک روش صریح است، بلکه با تحلیلگری، مصاحبه، طوفان فکری و روش‌هایی که دقیق نیستند، انتخاب شده‌اند و در واقع در این مرحله برای قابلیت اطمینان بیشتر نوعی تحلیل حساسیت انجام گرفته است. در این نوع تحلیل روی شواهد و فرضیه‌هایی که تا اینجا نسبت به بقیه وزن و اهمیت بیشتری دارند، متمرکز شده و سؤال‌هایی نظیر «آیا شواهد نام‌برده دارای منابع معتبرند؟» یا « آیا محتمل‌ترین فرضیه به میزان اعتبار آن بستگی دارد؟» مطرح می‌شود که در این صورت منابع به این اعتبار شک و تردید می‌کنند. مرحلهٔ ۷ حاوی گزارشی شامل همهٔ فرضیه‌ها ولی با احتمال‌های مختلف است. این نوع گزارش‌ها نسبت به گزارش‌هایی که فقط بالاترین احتمال را اعلان می‌کنند، این برتری را دارد که تحلیلگر را در مقابل حالات مختلفی از انتخاب قرار می‌دهد و می‌تواند تجربهٔ خوبی برای آینده باشد. این ماتریس برای هر حالت دیگر که شواهد یا وزن آنها تغییر کند می‌تواند استفاده شود. مرحلهٔ ۸ برای تأکید و تعیین نقاط عطف بوده که با پایش این نقاط در آینده می‌توانید دیدگاه وضعیتی را به‌فوریت پیاده‌سازی کنید.

تحلیل حساسیت متغیرها در رویکرد مبتنی بر مدل ACH: مرحلهٔ ششم روش ACH به نام تعیین میزان حساسیت فرضیه‌ها نسبت به شواهد اثرگذار یاد شده، در نگاه اول معرف تحلیل حساسیت در تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره است؛ اما در واقع این تحلیل همان تخصیص ظرفیت تشخیص داد بالاتر است که پیش‌تر توصیف شد. آنچه روش ACH را با روش‌های مبتنی بر تحلیل حساسیت متعارف متمایز می‌کند، این است که این روش‌ها به‌طور عموم مبتنی بر پژوهش پیمایشی هستند. این نوع پژوهش از رویکردهایی استفاده می‌کند که در آنها عین از ذهن جدا شده و در نهایت بخشی از واقعیت به‌عنوان یک کل یکپارچه فروکاست می‌شود. در نگاه وضعیتی مطرح‌شده در ACH باید همهٔ جنبه‌های ذهنی به‌عنوان هویت‌هایی مستقل ملاحظه شود، در صورتی که در دیدگاه‌های عینیت‌گرایی جنبه‌های ذهنی به یکی از سه حالت زیر تعبیر می‌شوند:

۱. امور ذهنی به امور عینی ترجمه یا دیلماج می‌شوند.
۲. حالات ذهنی از فاکتورهای عینی نتیجه می‌شوند.
۳. حالات ذهنی نادیده گرفته می‌شوند که این حالات معرف دیدگاه‌های رفتارگرا است.

به این ترتیب معلوم می‌شود که اختلاف تحلیل در روش ACH با روش‌های تحلیل حساسیت متعارف این است که حالات ذهنی به‌عنوان شواهد، هویتی مستقل داشته و با هیچ یک از تعبیرات سه‌گانهٔ بالا بازنمایی نشده و سنخیتی ندارند. در نگاه وضعیتی علاوه بر عینیت‌ها، جنبه‌های ذهنی نیز اهمیت دارند و تشخیص این دو مد نظر قرار نمی‌گیرد. هر گاه امور ذهنی را به امور عینی بازنمایی کنیم حالتی رخ داده است که به‌طور معمول در تحلیل‌های آماری متعارف شکل می‌گیرد. در واقع در این نگاه، شواهد به متغیرهایی فروکاست شده که باید رابطهٔ آن با فرضیه‌ها به‌عنوان متغیرهای وابسته معلوم شود. نقد واردشده در اینجا این است که متغیر جای یک مفهوم کلی را گرفته و امکان بروز خطای نهایی را میسر می‌کند. به‌طور مثال دو مفهوم خودکشی و طبقهٔ اجتماعی را در نظر بگیرید که متغیر میزان خودکشی جای مفهوم خودکشی و متغیر سطح درآمد نیز جای مفهوم طبقهٔ اجتماعی را گرفته است. اولی را به‌عنوان متغیری مستقل و دومی را نیز به‌عنوان متغیری وابسته در نظر می‌گیریم. در نگاهی عینیت‌گرا هر رابطه‌ای که بین این دو متغیر پیدا می‌شود به‌عنوان رابطه‌ای بین دو مفهوم نام‌برده‌شده قلمداد شده که آشکارا نادرست است. به همین دلیل است که تلاش می‌شود تحلیل حساسیت انجام شود، ولی اگر از همان ابتدا شواهد را به‌عنوان یک متغیر مستقل عینی لحاظ نکنیم این چالش رخ نخواهد داد. فرض اصلی دیگر در استفاده از داده‌های آماری به‌عنوان داده‌های خام این است که آمارهای مختلف ارائه‌شده برای هر گروه جمعیتی با هر عقیده و گرایشی کاربرد یکسانی داشته و از آنها برداشتی همانند می‌شود.

نتایج اعمال مدل ACH برای فرایند اکتساب دانش در جدول ۲ آمده است. در این جدول علائم و نشانه‌های ۱۴ نوع بیماری صرع قید شده و مقابل هر یک از علائم عددی وجود دارد که درجهٔ تأثیرگذاری آن علامت در وقوع آن نوع بیماری صرع را نشان می‌دهد (عددی بین ۱ تا ۵) و در ستون دوم همین جدول، تعلق این علامت به یکی ازگروه‌های ده‌گانهٔ علائم بیماری نمایش داده می‌شود.

جدول ۲. علائم انواع بیماری صرع و ظرفیت تشخیص داد آنها

Partial seizures of temporal lobe origin	***Name of Symptom Group***
Knows acquaintances and places that already did not know 5	KnowsAcquaintancesAndPlaces
dont know acquaintances and places that already Know5	DontKnowAcquaintancesAndPlaces
Hear a gruff voice like Heschl gyrus4	HearGruffVoice
Repetitive gestures, especially in the mouth4	RepetitiveGestures
Fantasies in vision4	FantasiesInVision
paroxysmal Vertigo4	ParoxysmalVertigo
Move the head to one side3	MoveHeadOneSide
Repetitive movements of hands hands3	RepetitiveMovementsHands
Speech disturbance in end of seizure3	SpeechDisturbance
Fear3	Fear
Stress3	Stress
Heart pounding2	HeartPounding
Complex partial seizure last between 30 seconds to 3 minutes2	SeizureLast
Generalized tonic seizure	***Name of Symptom Group***
Severe muscle spasms4	MuscleSpasms
Eye movements to Top4	EyeMovementsToTop
irritation of limbs4	IrritationOfLimbs
Accumulation of the trunk and extremities3	AccumulationOfTrunk
Dilated pupils4	DilatedPupils
high blood Face3	HighBloodFace
confusion and dizziness after seizure3	DizzinessAfterSeizure
High heart rate2	HighHeartRate
Respiratory arrest3	RespiratoryArrest

ادامهٔ جدول ۲

Generalized salaam attacks seizure	***Name of Symptom Group***
Patient is a baby5	Age
The patient is bent4	PatientIsBent
Spasm and stiffness of limbs is repeated every 5 seconds.3	SpasmEvery5Seconds
Generalized Grand mal (tonic-colonic) seizure	***Name of Symptom Group***
Sudden onset5	SuddenOnset
The lack of warning signs4	LackWarningSigns
Start with impairment of consciousness4	StartWithImpairment
Start with rigidity of limbs3	RigidityOfLimbs
Deviation of the eyes to the top4	DeviationEyesToTop
Seizure weeping because of the hard breathing from tight throat4	SeizureWeeping
Tongue biting4	TongueBiting
Urinary incontinence3	UrinaryIncontinence
Muscle pain3	MusclePain
Coma after tremors3	ComaAfterTremors
Headache after waking from sleep2	HeadacheAfterWaking
Sleep after coma2	SleepAfterComa
Progress to the tremors3	ProgressToTheTremors
Simple partial seizure	***Name of Symptom Group***
Without loss of consciousness4	LoseOfConsciousness
Motor symptoms3	MotorSymptoms
Sensory symptoms in one or more areas4	SensorySymptoms
Tic and spontaneity Symptoms2	SpontaneitySymptoms
Psychotic and Behavioural symptoms2	PsycAndBehavSypm
Topical gestures(Tremor of limbs)4	TopicalGestures
Stiffness of limbs4	StiffnessOfLimbs
Vision disturbance3	VisionDisturbance
Hearing disturbances3	HearingDisturbance
Involuntary in some of bodily system (such as bladder control)2	InvoluntaryinBodilySys

ادامهٔ جدول ۲

Complex partial seizure	***Name of Symptom Group***
With loss of consciousness4	LoseOfConsciousness
Involuntary Frequent motor movements in one area such as mouth 4	InvoluntaryFrequentMotorMovements
All kinds of signs and gesture in simplex type With a degree of reduction	
Transient amnesia3	TransientAmnesia
Dysarthria3	Dysarthria
Confusion1	Confusion
Mengli1	Mengli
Partial seizure that goes to the tonic-colonic seizure	***Name of Symptom Group***
Head movement toward the affected hemisphere5	HeadTowardAffectedHemisphere
All symptoms of simple and complex seizure With a lower coefficient	
Asymmetric limbs tremor symptoms3	AsymmetricLimbsTremor
Partial seizures of frontal lobe origin	***Name of Symptom Group***
Specific positions on the organs in one side of body4	SpecificPositionsOneSide
Asymmetrical rigidity of limbs4	AsymmetricalRigidityOfLimbs
strange behavior and Sudden restless4	StrangeBehavior
face jerks in the frontal lob area 3	FaceJerks
Conscious 3	KeepConsciousness
Unfavorable sense3	UnfavorableSense
rigidity of limbs in one side of body2	RigidityOfLimbsInOneSide
Seizure lasts less than30seconds.1	SeizureLast
Generalized Atonics seizure	***Name of Symptom Group***
Sudden loosening of limbs5	SuddenLoosening
Sudden falls without loss of consciousness (drop attack)4	SuddenFalls
Short time of convulsion3	ShortTimeConvulsion

ادامهٔ جدول ۲

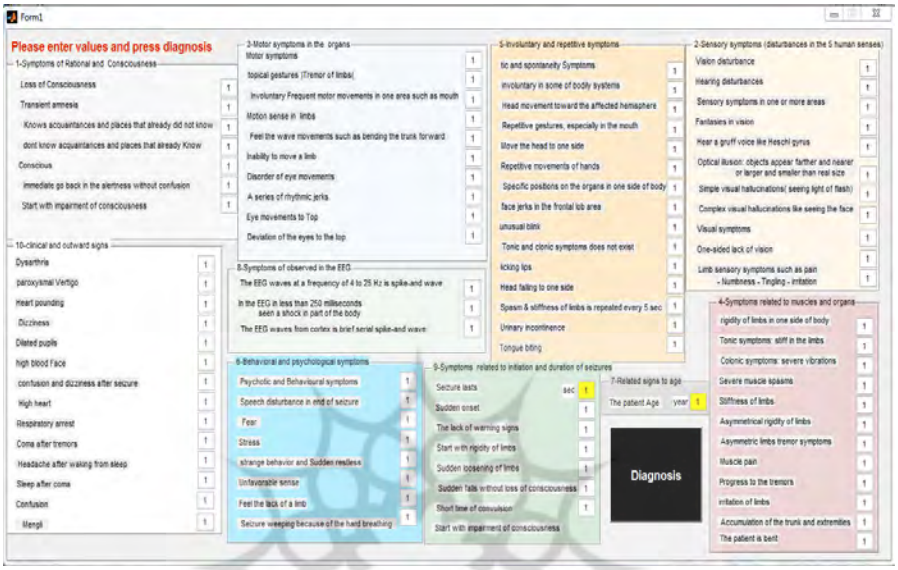
Partial seizures of parietal lobe origin	***Name of Symptom Group***
Limb sensory symptoms such as pain-Numbness-Tingling irritation4	LimbSensorySymptoms
Motion sense in limbs4	MotionSenseInLimbs
Feel the lack of a limb4	FeelLackLimb
Feel the wave movements such as bending the trunk forward3	FeelTheWaveMovements
Inability to move a limb3	InabilityToMoveALimb
Optical illusion: objects appear farther and nearer or larger and smaller than real size3	OpticalIllusion
Dizziness2	Dizziness
Tonic symptoms: stiff in limbs2	TonicSymptoms
Colonic symptoms: severe vibrations2	ColonicSymptoms
Partial seizures of occipital lobe origin	***Name of Symptom Group***
Visual symptoms5	VisualSymptoms
Simple visual hallucinations such as seeing light of flash5	SimpleVisualHallucinations
Complex visual hallucinations like seeing the face4	ComplexVisualHallucinations
One-sided lack of vision4	OneSidedLackOfVision
Disorder of eye movements3	DisorderOfEyeMovements
unusual blink2	UnusualBlink
Generalized absence seizure	***Name of Symptom Group***
Tonic and clonic symptoms does not exist4	TonicAndClonicNotExist
The EEG waves at a frequency of 4 to 25 Hz is spike-and wave5	Waves4to25HzSpike
immediate go back in the alertness without confusion5	GoBackWithout confusion
The patient is a children 4	Age
Seizure lasts less than 15 seconds.3	SeizureLast
licking lips3	LickingLips
Head falling to one side3	HeadFalling

ادامهٔ جدول ۲

Generalized Myoclonic seizure	***Name of Symptom Group***
In the EEG in less than 250 milliseconds, seen a shock in part of the body.5	ShockLessThan250
Patient is a teenager3	Age
The EEG waves from cortex is brief serial spike-and wave4	WavesSerialSpike
Generalized clonic seizure	***Name of Symptom Group***
A series of rhythmic jerks4	RhythmicJerks
Patient is a baby3	Age

معماری سیستم خبرهٔ فازی EDDES: سیستم‌های استنتاج فازی دربرگیرندهٔ فرایندهای سیستماتیکی هستند که در آن ورودی‌های سیستم، فازی بوده و عملیات روی این ورودی‌ها نیز منطبق بر منطق فازی است. خروجی سیستم نیز در آغاز فازی بوده و با استفاده از راهکارهای معین به داده های قابل فهم برای کاربر، غیرفازی می‌شود (صادقی مقدم، صفری و احمدی نوذری، ۱۳۹۴). در واقع سیستم‌های استنتاج فازی اجازهٔ استخراج قوانین فازی از اطلاعات عددی یا دانش متخصص را می‌دهد و به‌طور تطبیقی یک مدل مبتنی بر قاعده می‌سازد (گلابچی و فرجی، ۱۳۹۴). با توجه به اینکه علامت‌های بیماری صرع دارای ارزش تشخیصی متفاوتی بوده و از سطوح مختلف ظرفیت تشخیص داد برخوردار هستند، در این پروژه می‌توانیم از مقادیر فازی برای مقداردهی به این ارزش‌ها استفاده کنیم. میزان تأثیرگذاری این علائم در متغیرهای زبانی عبارت‌اند از: خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد که این متغیرهای زبانی قابل فهم ماشین نبوده و تنها راهکار، فازی‌سازی این متغیرها و تولید اعداد فازی است. منطق فازی این امکان را می‌دهد که چنانچه یک گزینه در معیاری فاقد انتخاب لازم در یک محیط باشد، وضعیت معیار متناظر دیگری بررسی شود و ارزیابی به شکل فازی انجام گیرد (سهرابی، طهماسبی‌پور و رئیسی وانانی، ۱۳۹۰). سیستم خبرهٔ فازی پیشنهادی با استفاده از محیط برنامه‌نویسی متلب و با بهره‌گیری از جعبهٔ ابزار فازی آن توسعه یافته است. برای ارتباط کاربر با سیستم حاضر یک واسط کاربر به این شرح طراحی شده است: ورودی‌هایی که باید بین عدد ۱ تا ۵ وارد شوند (عدد ظرفیت تشخیص داد علامت) در ۱۰ گروه علائم و نشانه‌ها دسته‌بندی و کلاسه‌بندی شده‌اند که شامل علامت‌های ظاهری (حرکتی، رفتاری و هوشیاری) و یک سری نتایج آزمایشگاهی، پاتولوژیکی و پاراکلینیکی می‌شوند (شکل۳). بعد از وارد کردن این اعداد دکمهٔ diagnosis کلیک شده و موتور استنتاج فازی به کار می‌افتد. اینجا برای هر نوع بیماری

صرع (۱۴ نوع صرع) یک سیستم فازی ایجاد شده است. این سیستم‌های استنتاج فازی بر اساس خروجی فازی خود احتمال وقوع چند نوع بیماری صرع را تشخیص داده و گزارش می‌کنند.



شکل ۳. ورودی سیستم خبرهٔ فازی تشخیص نوع بیماری صرع

شکل ٤. خروجی سیستم خبرهٔ فازی

در خروجی عددی بین ۰ تا ۱ به‌عنوان احتمال وقوع هر یک از ۱۴ نوع بیماری صرع نشان داده می‌شود (شکل۴).

در سیستم استنتاج فازی پروژهٔ حاضر هر بیماری دارای یک تابع فازی مختص به خود است که هنگام اجرای فایل اصلی برنامه (form1.m) فراخوانی می‌شوند. برای آشنایی از نحوهٔ استنتاج و به‌عنوان نمونه، سیستم فازی مربوط به بیماری ۱ یعنی (simple partial seizure) توضیح داده می‌شود. خصوصیت‌های فازی این تابع (سیستم فازی) عبارت است از:

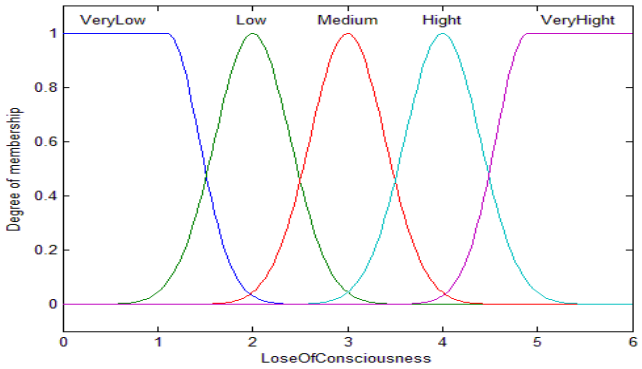
```
And Method=min
Or Method=max
Defuzzification Method=my_defuzz
FisType=mamdani
Implication Method=min
Aggregation Method=max
```

در ورودی ضرایبی که باید به علامت‌های بیماری نسبت داده شود (ظرفیت تشخیص داد) بین ۰ تا ۵ است. برای تمام این ورودی‌ها یک تابع عضویت وجود دارد که برای نمونه تابع عضویت ورودی برای یک علامت بیماری را در شکل ۵ رسم می‌کنیم (هایک، ۲۰۱۰). در ادامهٔ این فرایندها باید توابع عضویت مربوط به ورودی‌ها و خروجی‌های این سیستم فازی را تعیین کنیم. به‌عنوان نمونه ورودی اولیه توسط کدهای زیر انجام می‌شود که « loss of consciousness» است.

```
%input LoseOfConsciousness
inpNum=1;
a=addvar(a,'input','LoseOfConsciousness',[0 6]);
a=addmf(a,'input',inpNum,'VeryLow','gauss2mf',[0.005096 0 0.3397 1.1]);
a=addmf(a,'input',inpNum,'Low','gaussmf', [0.4 2]);
a=addmf(a,'input',inpNum,'Medium','gaussmf', [0.4 3]);
a=addmf(a,'input',inpNum,'Hight','gaussmf', [0.4 4]);
a=addmf(a,'input',inpNum,'VeryHight','gauss2mf',[0.3397 4.9.05096 6]);
```

تابع «ddvar» یک متغیر (علامت بیماری) را به سیستم فازی ما اضافه می‌کند. تابع «addmf» نیز تابع عضویت آن را تعیین می‌کند. ارزش این ورودی‌ها بین ۰ تا ۶ و تابع عضویت آن نیز از نوع گوسی است. این رویه در تمام ورودی‌ها تکرار می‌شود و در پایان نیز تابع «addrule» قوانین فازی را به این سیستم‌های فازی اضافه می‌کند.

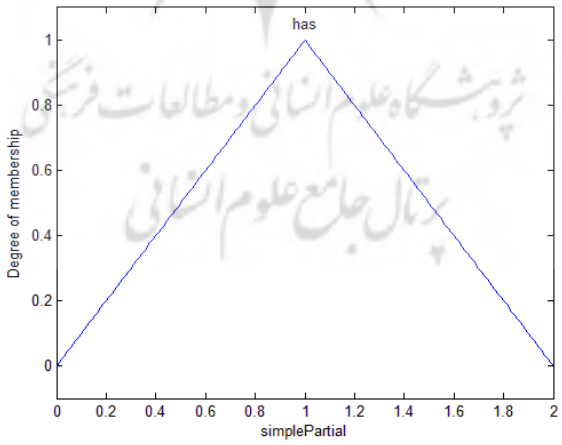
```
% add rules
ruleList=[1 3 4 2 2 4 4 3 3 2 1 1 1];
a=addrule(a,ruleList);
```



شکل ۵. پنج تابع عضویت ورودی‌های فازی

برای حصول نتایج در خروجی، به‌دلیل اینکه تمام ۱۴ سیستم فازی برای یک هدف و به‌صورت همزمان عمل می‌کنند، امکان استفاده از غیرفازی‌سازی Centroid میسر نبوده و الگوریتم غیرفازی سازی (محاسبهٔ مساحت تحت پوشش) ساخته شده و خروجی غیرفازی بر اساس آن تهیه می‌شود.

تابع عضویت مربوط به خروجی این سیستم فازی نیز در شکل ۶ نشان داده می‌شود. باید توجه داشته باشیم که هر نوع بیماری صرع دارای یک تابع عضویت خروجی است. تابع غیرفازی‌ساز هم از محاسبهٔ مساحت ذوزنقهٔ تابع عضویت خروجی به‌دست می‌آیدکه احتمال وقوع نوع بیماری صرع است.



شکل ٦. تابع عضویت خروجی سیستم فازی

چنانچه ارزش تمام توابع عضویت ورودی ۱ باشد مساحت این ناحیه برابر ۱ شده و احتمال وقوع آن نوع بیماری ۱ و نوع بیماری به‌طور قطعی مشخص خواهد شد. چنانچه این مساحت پایین‌تر از ۱ باشد احتمال وقوع آن نیز کاهش می‌یابد.

به‌صورت خلاصه می‌توان گفت تابع form1.m (تابع اصلی برنامه) ورودی‌ها (علامت‌ها و نتایج آزمایش و... مربوط به بیماری) را از کاربر دریافت و متغیرهای ورودی را برای ۱۴ سیستم فازی فراهم می‌کند. در داخل این تابع، دو تابع مهم وجود دارد. هنگام فراخوانی نخستین تابع فرم ورودی ایجاد و همزمان توابع مربوط به ۱۴ سیستم فازی فراخوانی می‌شوند. دومین تابع هنگام کلیک روی دکمهٔ diagnosis فراخوانی می‌شود. وظیفهٔ اصلی این تابع جمع‌آوری ورودی‌های کاربر داخل یک فرم و هدایت آنها به سیستم‌های فازی است. ابتدا اعداد واردشده از طرف کاربر را خوانده و آنها را به متغیرهای عددی تبدیل و در تابعی به نام «input» جا می‌دهد. سپس خروجی همان سیستم فازی مرتبط با نوع بیماری به تابع «evalfis» ارسال می‌شود. خروجی تابع «evalfis» عددی بین ۰ تا ۱ است که در برداری به نام allResult جا می‌گیرد. این بردار دارای ۱۴ جایگاه است که احتمال وقوع ۱۴ نوع بیماری صرع را در خود جا می‌دهد. در زیر قسمتی از این تابع که مربوط به بیماری ۱ (simple partial seizure) است، نشان داده می‌شود.

```
%SimplePartialSeizureFIS
INPUT=[];
INPUT(1)= str2num(get(handles.LoseOfConsciousness , 'String'));
INPUT(2)= str2num(get(handles.MotorSymptoms , 'String'));
INPUT(3)= str2num(get(handles.SensorySymptoms , 'String')); ……
simplePartialSeizureCD= evalfis(INPUT,simplePartialSeizureFIS);
allResult(1)=simplePartialSeizureCD;
```

این رویه برای ۱۳ نوع بیماری دیگر نیز تکرار می‌شود. مقادیر واردشده در فرم اصلی برنامه (ورودی) خوانده شده و در بردار Input جا می‌گیرند و توسط سیستم فازی به تابعی به نام evalfis ارسال می‌شود. در مرحلهٔ پایانی نیز تشخیص فازی انجام گرفته و خروجی این تشخیص در برداری به نام allResult جا می‌گیرد که با فراخوانی آن خروجی سیستم به کاربر نمایش داده می‌شود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

یافته‌های پژوهش حاضر عبارت‌اند از:

- با توجه به خصوصیات مدل ACH که در آن تمام نقاط عطف شناسایی می‌شوند و با استفاده از این نقاط عطف و وضعیت‌های متفاوتی که به شواهد نسبت داده‌ایم، تنها عاملی که در آینده می‌تواند فرضیه‌ها را تحت تأثیر قرار دهد تغییرات نقاط عطف در آینده است و این نیز نشانهٔ بارزی از قابلیت یادگیری سیستم برای وضعیت‌های آتی است.
- با استفاده از رویکرد وضعیتی در ACH انتخابی کل‌گرایانه داشته‌ایم. به بیان دیگر در ACH وضعیت شامل پدیدارهایی تلفیق‌شده از سه سطح فیزیک، اطلاعات و شناخت است در حالی که داده‌های استخراج‌شدهٔ پژوهش‌های غیروضعیتی جزئی از کل بوده و این در حالی است که شناخت جزء بدون شناخت کل تقریباً غیرممکن است. در شناسایی وضعیتی این کلیت به‌دست آمده و با توجه به آن اجزاء شناسایی و معلوم می‌شوند و واقعیت، هر آنچه باشد، به صورت یک کل استخراج می‌شود.
- یکی از نتایج برجستهٔ کاربست مدل ACH در این پروژه این است که همهٔ فرضیه‌ها را در مرحلهٔ سوم این مدل با شواهد به‌طور تک‌تک بررسی می‌کنیم و در واقع تمام فرضیه‌ها همزمان در مقایسه با هم تحلیل می‌شوند. این در حالی است که در رویکردهای معمولی و متعارف نتیجه‌ای مبتنی بر مقایسهٔ فرضیه‌ها به‌دست نمی‌آید (بیمار برای هر راه‌حلی که به ذهن خبره می‌رسد باید شواهد مختلفی را ارائه یا آزمایش کند).
- در فرایند ایجاد پایگاه دانش با رویکرد وضعیتی مبتنی بر مدل ACH نیازی به تحلیل حساسیت متعارف احساس نمی‌شود. به این دلیل که در این روش مفهوم ظرفیت تشخیص داد بیماری (میزان حساسیت فرضیه‌ها و شواهد) از همان ابتدا (پس از مراحل ۱ و ۲ و در واقع ایجاد جدول شواهد) مد نظر قرار می‌گیرد. بنابراین در بطن روش به این حساسیت اهمیت داده شده و بدیهی است که هر گونه تلاش برای به‌کارگیری یک روش تحلیل حساسیت در مرحله‌ای از ACH (همانند مرحلهٔ ششم) کارساز نخواهد بود. همچنین در روش ACH تفسیرگرایی اهمیتی ویژه داشته و در واقع مفاهیم به‌جای متغیرهای مختلف ایفای نقش می‌کنند.
- انتخاب منطق فازی در فرایند استنتاج این پروژه به این دلیل بوده که داده‌های شواهد به‌طور لزوم قطعی نیستند، به‌عبارت ریاضی تابع عضویت آنها می‌تواند غیر از ۰ و ۱ باشد. این انتخاب امکان غلبه بر نامعینی را داده و غبارزدایی از فضای کار را ، که همان انتخاب شواهد است، فراهم می‌کند.

به‌عنوان پیشنهاد پژوهشگران این تحقیق برای تحقیقات آتی می‌توان گفت منطق فازی بیشتر برای شفاف‌سازی و کنترل نامعینی مناسب است ولی این منطق درگیر معمولات مرتبهٔ

اولی است که ارائه می‌کند. به بیان دیگر در محاسبات فازی در هر لحظه فقط می‌توانیم یک متغیر به کار ببریم و این در حالی است که کاربران عوامل انسانی هستند که در هر لحظه با متغیرهای فازی متعددی درگیر هستند، مانند بار کاری ذهنی، حافظهٔ محدود یا نرخ تمرکز و... بنابراین برای کارآیی و اثربخشی بیشتر به منطق‌هایی با مراتب بالاتر از ۱ (همانند منطق‌های شناختی) نیاز است که امید است در آینده علاقه‌مندان به ادامهٔ پژوهش حاضر به آن توجه کنند.

فهرست منابع

خرمیان طوسی، س.، زینعلی، ب. (۱۳۹۳). طراحی یک سیستم تصمیم‌گیرنده جهت درمان پوسیدگی دندان در کودکان. *مجلهٔ راهبردهای توسعه در آموزش پزشکی*، ۱(۱)، ۴۴-۳۷.

سهرابی، ب.، طهماسبی پور، ک.، رئیسی وانانی، الف. (۱۳۹۰). طراحی سیستم خبرهٔ فازی برای انتخاب سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان. *نشریهٔ مدیریت صنعتی*، ۶(۳)، ۵۸ – ۳۹.

صادقی مقدم، م.، صفری، ح.، احمدی نوذری، م. (۱۳۹۴). اندازه‌گیری پایداری زنجیرهٔ تأمین خدمات با استفاده از سیستم استنتاج فازی چند مرحله‌ای/ چند بخشی (مطالعهٔ موردی: بانک پارسیان). *نشریهٔ مدیریت صنعتی*، ۷(۳)، ۵۶۲ – ۵۳۳.

طلوعی اشلقی، ع.، محسن طاهری، س. (۱۳۸۹). طراحی یک سیستم خبرهٔ برای تشخیص و پیشنهاد در مورد شیوهٔ درمان سرطان خون. *فصلنامهٔ مدیریت سلامت*. ۱۳(۴۰)، ۵۰-۴۱.

گلابچی، م.، فرجی، ا. (۱۳۹۴). مدل عصبی ـ فازی پشتیبان تصمیم فازهای اولیهٔ پروژه‌های صنعت نفت. *نشریهٔ مدیریت صنعتی*، ۷(۴)، ۸۶۰ – ۸۳۷.

لنگری زاده، م.، خواجه‌پور، ع.، خواجه‌پور، ح.، نوری، ط. (۱۳۹۳). سیستم خبرهٔ فازی تشخیص مننژیت باکتریال از سایر انواع مننژیت در کودکان. *مجلهٔ انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی*. ۱(۱)، ۲۵-۱۹.

محمدی مطلق، ح.، محمدی مطلق، ع.، رضایی نور، ج. (۱۳۹۴). طراحی یک سیستم خبرهٔ برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده. *نشریهٔ مدیریت صنعتی*، ۷(۲)، ۴۰۳-۳۸۵.

Amooji, A. (2015). Analytical comparsion of methematical modelling in the diagnostic expert systems. *International Journal of Computer Applications Technology and Research*, 12(4), 933-935.

Breuker, J., Van de Velde, W. (2006). *The Common KADS library for expertise modeling*. Amesterdam: IOS press.

Buyuk, B., Sisman, A., Akyildiz, M. & Alparslan, F. (2007). Adaptive neuro-fuzzy inference system (anfis). A new approach to predictive modeling in applications: A study of neuro-fuzzy modeling of pcp-based receptor antagonists. *Bioorganic & Medicinal Chemistry,*, 12(15), 4265-4282.

Endsley, R., Farley, C., Jones, M., Midkiff, H., Hansman, J. (1998). *Situation awareness information requirements for commercial airline pilots.* Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, International Center for Air Transportation.

Endsley, R. (1995). *A taxonomy of situation awareness errors*. England: Avebury Aviation & Ashgate Publishing Ltd.

Frederick, H. (2005). Rule-based Systems Sulotions. *Communication of the ACM*, 9(28), 921-932.

Golabchi, M. & Faraji, A. (2015). Pre-Project Neuro-Fuzzy Decision Support Model for Oil Industry Projects. *Journal of Industrial Management*, 7(4), 837-860. (*in Persian*)

Hayek, P. (2010). *Fuzzy logic*. Stanford: Stanford Encyclopedia of Philosophy.

Heuer, J., Richards, J. (1999). *Psychology of intelligence analysis, Center for Study of Intelligence.* USA: Central Intelligence Agency.

Jampour, M., Jampour, M., Ashourzadeh, M,. Yaghubi, M. (2011). A Fuzzy Expert System to Diagnose Diseases with Neurological Signs in Domestic Animal. *Information Technology: New Generations (ITNG), Eighth International Conference on – IEEE*: 351-357.

Johen, Y. (2006). A Reasoning Based on an Extended Dempester-Shifer Theory. *AAAI*, 10(86), 125-133.

Karimov, S., Rahimova, N. (2004). *Expert systems.* Baku: Chashioghlu.

Khorramian Toosi, S., Zeinali, B. (2014). Designing a decision-making system for the treatment of dental caries in children. *Journal of Development Strategies in Medical Education*, 1(1), 37-44. (*in Persian*)

Kleer, J. (2006). An Assumption-based Management System. *Artif Intell*, 2(28), 127-162.

Langarizadeh, M., Khajepour, E., Khajepour, H. Noori, T. (2014). Fuzzy Expert System for the diagnosis of bacterial meningitis from other meningitis in children. *Journal of Health and Biomedical Informatics Medical Informatics Research Center*, 1(1), 19-25. (*in Persian*)

Manuel, M., Tavares, A., Simons, R. (2008). *Development in E-health and Telemedicine*. London: PLT pub.

Martin, L. (2001). Knowledge Acquisition and Evaluation of Expert System for Managing Disorders of Outer Eye. *Computers in Nursing*, 19(3), 114-127.

Moad, J. (2006). Object Methods Tame Reengineering Madness. *Data mation*, (15), 43-48.

Mohammadi Motlagh, H., Mohammadi Motlagh, A., Rezaee Noor, J. (2015). Design an expert system for evaluation and selection supplier. *Journal of Industrial Management*, 7(2), 385-403. (*in Persian*)

Nawell, A. (1996). Production system: models of control structures. Visual information processing. *Academic Press*, 2(12), 493-525.

Patrick, H. (2008). *Artificial Intelligence*. Boston: Addison-Wesley.

Rajdeep, B., Sugata, S. (2012). Rule Based Expert System for Diagnosis of Neuromuscular Disorders. *International Journal of Advanced Networking Applications*, 2012(4), 2699-2710.

Reggia, J. (1995). Adjuctive inference in Proc of Expert System in Government Symposium. *IEEE Press*, 4(27), 484-489.

Robinson, J. (2007). A Machine-Oriented Logic Based on the Resolution Principle. *Journal of the ACM*, 1(12), 23-41.

Roger, C., Abelson, R. (2007). *Scripts, Plans, Goals and understanding*. New Jersey: Lawrence Elbaum.

Sadeghi Moghaddam, M., Safari, H., AhmadiNozari, M. M. (2015). Measuring sustainability of service supply chain by using a multi-stage/multicast fuzzy inference system (Studied Case: Parsian Bank). *Journal of Industrial Management*, 7(3), 533-562. (*in Persian*)

Sohrabi, B., Tahmasebipur, K., Raeesi Vanani, I . (2011). Designing a Fuzzy Expert System for ERP Selection. *Journal of Industrial Management*, 6(3), 39-58. (*in Persian*)

Stefan, M. (1993). *Introduction to Knowledge Systems*. London: Los Altos.

Toloie Eshlaghi, A., Mohsen Taheri, S. (2010). Designing an Expert System for Suggesting the Blood Cancer Treatment. *Health Management*, 13(40), 41-51. (*in Persian*)

Xiaodong S., Hao Y., Feng L., Mac A. (2005). A fuzzy discrete event system for hiv/aids treatment. *The 14th IEEE International Conference on Fuzzy Systems*. Reno, Nevada, May, 167-172.

Zadeh, A. (1994). Review of book A Mathematical theory of Evidence. *AI Magazine*, 12(4), 81-83.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی