

تخمین زمان تبدیل ویروس HIV به بیماری ایدز به کمک منطق فازی

معصومه خزاعی^۱، حامد وحدت‌نژاد^۲، صابر محمدزاده رضایی^۳، فاطمه بیدار^۴، علی برات زاده^۵

۱- کارشناس ارشد مهندسی کامپیوتر، دانشکده مهندسی - دانشگاه آزاد - بیرجند - ایران، m.khazae91@gmail.com

۲- استادیار گروه مهندسی کامپیوتر - دانشگاه بیرجند - ایران، vahdatnejad@birjand.ac.ir

۳- استادیار گروه کودک، دانشگاه علوم پزشکی بیرجند - ایران، SaberMohammadzadehR@bums.ac.ir

۴- کارشناسی ارشد کامپیوتر نرم‌افزار، دانشکده مهندسی - دانشگاه آزاد - بیرجند - ایران، fatima.bidar65@gmail.com

۵- کارشناس ارشد ریاضی، دانشکده مهندسی - دانشگاه آزاد اسلامی - بیرجند - ایران، ali_baratzadeh@yahoo.com

چکیده: یکی از مسایل مهم در حوزه بهداشت و درمان تخمین زمان تبدیل آلودگی ویروس HIV به بیماری ایدز^۱ است. در گذشته گرچه پژوهش‌هایی برای کمک به بیماران مبتلا به HIV وجود داشته ولی هیچکدام زمان تبدیل ویروس HIV به بیماری ایدز را محاسبه نکرده‌اند. در این مقاله از منطق فازی^۲ برای حل این مساله استفاده شده است. برای این منظور کنترل کننده فازی خاصی برای تخمین زمان تبدیل آلودگی ویروس HIV به بیماری ایدز طراحی شده است. در طراحی این سیستم پیشنهادی کنترل فازی از روش ممدانی استفاده شده است. این سیستم به گونه‌ای طراحی شده است که با توجه به سه پارامتر ورودی سن^۳، بار ویروسی^۴ و شمار سلول‌های لنفوسیت^۵ به طور خودکار زمان تبدیل ویروس HIV به بیماری ایدز را تخمین می‌زند. برای طراحی این سیستم از مشاوره پزشک خبره استفاده شده است. در نهایت برای ارزیابی سیستم از دو سناریوی واقعی استفاده شده است. خطای بدست آمده برای این دو سناریو بسیار ناچیز است.

واژه‌های کلیدی: سلامت الکترونیکی، منطق فازی، ایدز، سلول‌های لنفوسیت، بار ویروسی.

سریع و خطرات ناشی از آن بسیار زیاد می‌باشد اما علائم ظاهری

آن به راحتی قابل مشاهده نیست و تشخیص آن سخت است.

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که زمان تبدیل آلودگی ویروس HIV به بیماری ایدز، غیرقطعی بوده و به طور قابل توجهی به عوامل مختلفی مانند تعداد بار ویروسی و شمار سلول‌های لنفوسیت بدن فرد آلوده، سن هر فرد آلوده، جنسیت و ... وابسته است که این عوامل در افراد مختلف متفاوت است [۴]. تخمین زمان تبدیل آلودگی ویروس HIV به بیماری ایدز می‌تواند کمک شایانی به پزشکان در جهت تجویز هرچه بهتر دارو برای بیماران مبتلا به این بیماری کند. مساله‌ی این پژوهش تخمین زمان تبدیل آلودگی ویروس HIV به بیماری ایدز است. این مقاله در نظر دارد با توجه به عدم قطعیت، از نظریه‌ی مجموعه‌های فازی و سیستم‌های فازی برای تخمین زمان تبدیل آلودگی ویروس HIV به بیماری ایدز استفاده کند. با بررسی پژوهش‌های گذشته،

۱- مقدمه

پژوهش‌های ژنتیکی^۶ نشان می‌دهند که HIV در اصل در اوایل قرن بیستم میلادی در غرب آفریقا جهش و پدید آمده است [۱]. ایدز اولین بار در سال ۱۹۸۱ توسط مرکز کنترل و پیشگیری بیماری (CDC)^۷ شناخته شد، درحالی که عامل آن یعنی عفونت HIV در اوایل آن دهه شناخته شده بود. از زمان کشف آن تا سال ۲۰۰۹، ایدز باعث مرگ ۳۰ میلیون نفر شده است. طبق آماری در سال ۲۰۱۵، ۳۶ میلیون و ۹۰۰ هزار نفر مبتلا به ایدز در جهان زندگی می‌کنند که ۲/۶ میلیون نفر آن‌ها کودکان هستند [۲]. امروزه ایدز به عنوان همه‌گیری جهانی شناخته می‌شود که در حال حاضر حوزه‌ی شیوع آن بسیار وسیع و در حال گسترش است [۳]. این بیماری از زمره بیماری‌های عفونی و مسری است که گرچه بدلیل ماهیت واگیری آن رشد آن بسیار

¹ Aids

² Fuzzy Logic

³ Age

⁴ Viral Load

⁵ CD4

⁶ Genetic research

⁷ Center for Disease Control and Prevention

گرچه پژوهش‌هایی برای کمک به بیماران مبتلا به HIV وجود داشته ولی هیچکدام زمان تبدیل ویروس HIV به بیماری ایدز را محاسبه نکرده‌اند. پژوهش‌های گذشته بیشتر در راستای بهینه‌سازی درمان، کنترل بهینه برای تجویز بهینه دارو و دسته بندی بیماری HIV صورت گرفته‌اند و تا آخرین اطلاع نگارندگان هیچکدام به بررسی زمان تبدیل ویروس HIV به بیماری ایدز نپرداخته‌اند.

در این مقاله یک کنترل‌کننده‌ی فازی ممدانی برای تخمین زمان تبدیل آلودگی ویروس HIV به بیماری ایدز طراحی شده است. برای طراحی این سیستم از مراجع علمی به همراه دانش پزشک خبره استفاده شده‌است که یکی از روش‌های رایج برای تنظیم قواعد در سیستم‌های فازی می‌باشد. با توجه به بررسی‌های انجام شده مهم‌ترین پارامترهای موثر در تبدیل آلودگی ویروس HIV به بیماری ایدز سن بیمار (Age)، مقدار بار ویروسی (VL) و شمار سلولهای لنفوسیت بدن فرد آلوده (CD4) می‌باشد. بر این اساس این سه پارامتر به‌عنوان ورودی‌های سیستم فازی طراحی شده در نظر گرفته شده‌اند. در ادامه با استفاده از مجموعه‌های فازی ایجاد شده قوانین مورد نیاز برای سیستم فازی یا همان موتور استنتاج سیستم فازی پیشنهاد شده‌است. در این پژوهش با توجه به اینکه پایگاه قواعد شامل بیش از یک قاعده است از استنتاج مبتنی بر ترکیب قواعد استفاده شده‌است. سپس برای تبدیل خروجی فازی موتور استنتاج به یک عدد حقیقی از غیرفازی ساز میانگین مراکز استفاده شده‌است که از متداول‌ترین غیر فازی سازهای مورد استفاده در سیستم‌های فازی و کنترل فازی است زیرا از نظر محاسباتی ساده و از نظر شهودی توجیه پذیر است. در نهایت بطور کلی یک سیستم فازی خاص ممدانی برپایه‌ی مراجع علمی و دانش پزشک خبره برای تخمین زمان تبدیل ویروس HIV به بیماری ایدز ایجاد شده‌است. برای ارزیابی سیستم پیشنهادی از دو سناریوی واقعی استفاده شده‌است. برای این منظور اطلاعات واقعی دو بیمار با مقادیر بدست آمده از سیستم پیشنهادی مقایسه شده‌است. خطای محاسبه شده برای سناریوی یک مقدار ۵ درصد و برای سناریوی دو صفر می‌باشد. در ادامه در بخش دوم تلاش‌های صورت گرفته در زمینه‌ی کنترل بیماری ایدز با استفاده از منطق فازی را بررسی می‌کنیم. در بخش سوم و چهارم به معرفی و بیان روش پیشنهادی پرداخته خواهد شد. در بخش پنجم سیستم پیشنهادی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و در نهایت در بخش ششم نتیجه‌گیری و پیشنهادات ارائه می‌شود.

۲- پیشینه‌ی پژوهش

بطور کلی برخی از بیماری‌ها از نظر پزشکی علاج‌ناپذیرند. آنچه که علم پزشکی برای این بیماران می‌تواند انجام دهد، این است که طول عمر بیمار را افزایش دهد. یکی از این بیماری‌ها، بیماری ایدز است که داروهای مختلفی جهت کاهش درد و افزایش ایمنی بدن ساخته شده‌است. آنچه که پزشکان می‌توانند انجام دهند، این است که بتوانند با تجویز مقدار مناسب داروی مربوطه طول عمر بیمار مبتلا به بیماری ایدز را افزایش دهند.

در گذشته پژوهش‌های مختلفی در حوزه‌های متفاوت بیماری HIV انجام شده است [۵-۶-۷]. به عنوان مثال قبلاً بر روی تحلیل کامپیوتری اطلاعات بیماری HIV بر روی زنان حامله در آفریقای جنوبی پژوهش شده است [۸]. پژوهش‌های گذشته بیشتر در راستای بهینه‌سازی درمان، کنترل بهینه برای تجویز بهینه دارو و دسته بندی بیماری HIV صورت گرفته‌اند. تا آخرین اطلاع نگارندگان تنها یک پژوهش در حوزه‌ی تخمین زمان در بیماران مبتلا به HIV انجام شده است [۴].

متخصصین بیان می‌دارند که مهم‌ترین متغیرها در تاثیر بیماری ایدز میزان بار ویروس‌ها و همچنین میزان سطح CD4 می‌باشد [۴]. در پژوهشی که انجام شده است، نرخ امید به زندگی در بیماران مبتلا به HIV برای یک گروه جمعیتی مورد توجه قرار گرفته و نرخ امید به زندگی توسط سیستم خبره و منطق فازی تعیین شده است. با توجه به اینکه ایدز تاثیر مستقیم در نرخ مرگ و میر یک جمعیت مورد آزمایش داشته است، در مدل طراحی شده، با استفاده از پارامترهای بار ویروسی و CD4، نرخ امید به زندگی جهت یک گروه جمعیتی محاسبه شده است که مقادیر بدست آمده، با مقادیر داده‌های واقعی گزارش شده توسط سازمان بهداشت جهانی مطابقت دارد [۴].

در ادامه پژوهش قبل، در این مقاله مساله تخمین زمان تبدیل آلودگی ویروس HIV به بیماری ایدز بررسی شده است. برای این منظور یک سیستم فازی پیشنهاد شده است که با استفاده از سه متغیر ورودی به تخمین زمان تبدیل می‌پردازد.

۳- سیستم فازی پیشنهادی

در سیستم پیشنهادی کنترل‌کننده‌ی فازی برای تخمین زمان تبدیل بیماری ایدز طراحی می‌شود. کنترل فازی به بیان ساده مصداق خط مشی کنترل انسانی است و عمده‌ترین کاربرد تئوری فازی محسوب می‌شود. یک کنترل‌کننده‌ی فازی برای آنکه بتواند عملکردی مشابه کنترل‌کننده‌ی انسانی داشته باشد، نیاز دارد تا دانش و تجربه‌ی انسانی را بصورت یک فرمول ریاضی

فازی‌ساز نام دارد. در رویکرد پیشنهادی از سه متغیر زبانی استفاده شده است. هنگامی که از یک انسان می‌خواهیم یک متغیر را ارزیابی کند، از واژه‌ها و کلمات استفاده می‌کند در حالی که اگر از سنسورها برای اندازه‌گیری یک متغیر استفاده شود، مقادیر عددی را نمایش خواهد داد. یک متغیر زبانی به وسیله چهار پارامتر $\langle X, A(x_i), Lx_i, X_i \rangle$ تعریف می‌شود که در آن x_i نام متغیر زبانی، Lx_i مجموعه مقادیر زبانی که x_i می‌تواند اختیار کند و X دامنه فیزیکی واقعی است که متغیر زبانی x_i مقادیر کمی خود را اختیار می‌کند. $A(x_i)$ نیز یک تابع معنایی است که هر مقدار زبانی در Lx_i را به یک مجموعه فازی در X مرتبط می‌کند.

در این پژوهش از سه متغیر فازی ورودی شامل سن، بار ویروسی و شمار سلول‌های لنفوسیت و یک متغیر فازی خروجی یعنی زمان تبدیل ویروس HIV به بیماری ایدز استفاده شده است که به صورت زیر تعریف می‌شوند.

متغیر ورودی سن، پنج رده سنی کودک، نوجوان، جوان، میانسال و سالمند را شامل می‌شود. متغیر ورودی بار ویروسی و همچنین متغیر ورودی شمار سلول‌های لنفوسیت دارای سه مقدار کم، متوسط و زیاد است. متغیر خروجی زمان تخمین نیز دارای مقادیر کوتاه، متوسط و طولانی است. این تقسیم‌بندی‌ها به صورت زیر می‌باشد:

- Age= {Child, Teenager, Young, Adult, Old}
X={0...100}
- CD4= {Low, Medium, High}
X={200...4500}
- VL= {Low, Medium, High}
X={200...20000}
- Time= {Short, Average, Long}
X={t | 0≤t≤10}

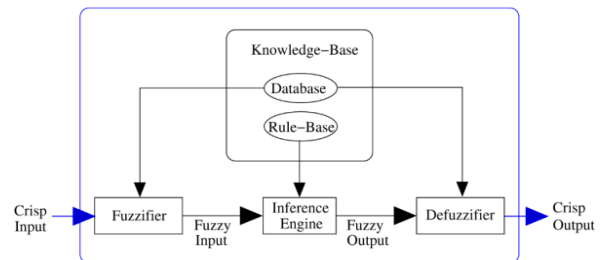
۳-۲- پایگاه دانش

پایگاه دانش سیستم پیشنهادی از دو بخش پایگاه قواعد فازی و پایگاه داده‌ها (توابع عضویت فازی) تشکیل شده است. در این بخش قواعد فازی سیستم پیشنهادی تخمین زمان تبدیل ویروس HIV به بیماری ایدز تعریف می‌شود. در سیستم‌های فازی، دانش بشری به شکل قواعد اگر-آنگاه فازی نشان داده

تبدیل کند. در این پژوهش از مراجع علمی به همراه دانش و تجربه‌ی پزشک خبره استفاده شده است. اگر سیستم‌های فازی به منظور مدل‌سازی فرآیند به کار روند و کنترل‌کننده‌ها بر پایه‌ی این مدل طراحی گردند، آنگاه این کنترل‌کننده‌ها نیز به نام کنترل‌کننده‌های فازی خوانده می‌شوند. کنترل فازی کاربردهای موفقیت آمیزی از تئوری فازی را در مسائل عملی ارائه می‌نماید [۱۸].

در این رویکرد یک سیستم فازی ممدانی برای تخمین زمان تبدیل آلودگی ویروس HIV به بیماری ایدز طراحی شده است. به‌طور کلی سیستم‌های فازی، سیستم‌های مبتنی بر دانش یا قواعد می‌باشند. ساختار اصلی سیستم فازی پیشنهادی که در شکل ۱ نشان داده شده است، شامل چهار بخش کلی به نام‌های زیر است [۶]:

فازی‌ساز^۱: وظیفه این بخش تبدیل مقادیر ورودی حقیقی^۲ به مقادیر فازی است.
موتور استنتاج^۳: این بخش از مکانیزم استنتاج فازی برای به دست آوردن خروجی فازی استفاده می‌کند.
غیر فازی‌ساز^۴: در این بخش خروجی فازی به خروجی حقیقی^۵ تبدیل می‌شود.
پایگاه دانش^۶: شامل مجموعه‌ای از قواعد فازی^۷ و مجموعه توابع عضویت فازی^۸ است.



شکل ۱: ساختار کلی سیستم فازی

۳-۱- فازی‌ساز

همانطور که در شکل ۳-۱ می‌بینیم ورودی به سیستم فازی پیشنهادی، یک ورودی قطعی (یک عدد حقیقی) است، اما ورودی موتور استنتاج فازی یک ورودی فازی است. واسطه‌ای که در این بین باید ورودی قطعی را به یک ورودی فازی تبدیل کند،

^۵ Crisp OutPut

^۶ Knowledge-Base

^۷ Rule Base

^۸ Fuzzy set membership functions

^۱ Fuzzifier

^۲ Crisp IntPut

^۳ Inference Systems

^۴ Defuzzifier

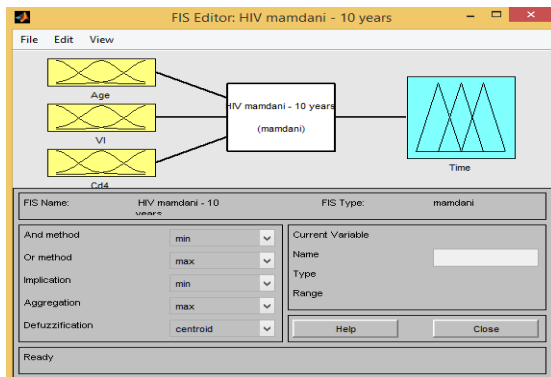
قواعد، تمامی قواعد موجود در پایگاه قواعد فازی بصورت یک رابطه ی فازی در $X \times Y$ ترکیب می‌شوند و در این پژوهش برای ترکیب قواعد از عملگر اشتراک "∩" استفاده می‌شود.

۳-۳- غیر فازی ساز^۱

موتور استنتاج فازی یک خروجی فازی تولید می‌کند. بنابراین لازم است مجموعه فازی به یک عدد معین برگردانده شود. این عمل در سیستم‌های فازی توسط غیرفازی‌ساز انجام می‌گیرد. در این تحقیق از غیرفازی‌ساز میانگین مراکز استفاده شده است که متداول‌ترین غیرفازی‌ساز مورد استفاده در سیستم‌های فازی و کنترل فازی است و از لحاظ محاسباتی ساده و از نظر شهودی توجه پذیر می باشد

۴- پیاده‌سازی

یک کنترل‌کننده ی فازی ممدانی برای تخمین زمان تبدیل ویروس HIV به بیماری ایدز پیاده سازی شده است. در ادامه مباحث پیاده سازی سیستم پیشنهادی بیان می‌شود. در شکل (۳) نمای کلی سیستم نمایش داده شده است.



شکل ۳: نمای کلی سیستم پیشنهادی

هر کدام از متغیرهای ورودی و خروجی به بازه‌های مختلف تقسیم می‌شوند. متغیر ورودی سن (Age) که نشان دهنده ی سن بیمار است شامل پنج تابع عضویت به شرح زیر است (شکل ۴):

$$Age = \{X | 0 \leq X \leq 100\}$$

می‌شوند. به عنوان مثال فرد خیره دانش خود را در زمینه ی بیماری ایدز به این صورت بیان می‌کند:

"اگر بیمار سالمند باشد و مقدار بار ویروسی وی کم باشد و شمار سلول‌های لنفوسیت بدن وی زیاد باشد آنگاه زمان تبدیل ویروس HIV به بیماری ایدز طولانی خواهد بود."

در رویکرد پیشنهادی از گزاره فازی مرکب استفاده شده است. قوانین فازی مورد استفاده به شرح زیر است:

If (Age Is Old) And (VL Is Low) And (CD4 Is High) Then Time Is Long.

If (Age Is Adult) And (VL Is Low) And (CD4 Is High) Then Time Is Long.

If (Age Is Child) And (VL Is High) And (CD4 Is Low) Then Time Is Short.

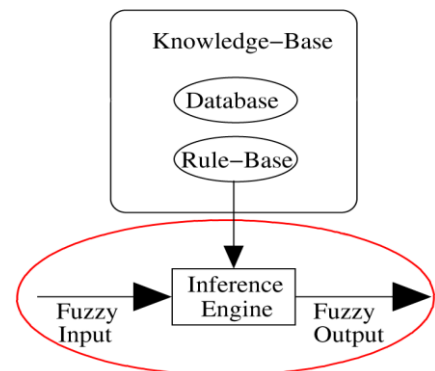
If (Age Is Teenager) And (VL Is High) And (CD4 Is Low) Then Time Is Short.

If (Age Is Young) And (VL Is Medium) And (CD4 Is Medium) Then Time Is Average.

۳-۳- موتور استنتاج

یکی از اجزاء اصلی سیستم پیشنهادی موتور استنتاج است. اساس کار موتور استنتاج در یک سیستم فازی بر پایه ی مکانیزم استنتاج فازی است. استنتاج به معنای بدست آوردن گزاره‌ها و نتایج جدید از گزاره‌ها و عبارت‌های موجود است.

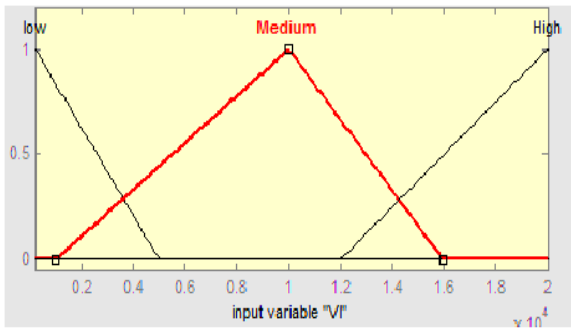
در سیستم پیشنهادی موتور استنتاج فازی زمان تبدیل ویروس HIV به بیماری ایدز را بر اساس مجموعه قواعد محاسبه می‌کند. (شکل ۲)



شکل ۲: موتور استنتاج فازی

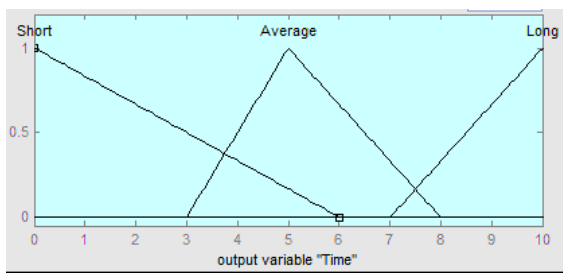
در سیستم پیشنهادی پایگاه قواعد شامل بیش از یک قاعده است. بنابراین فرآیند استنتاج از روی مجموعه‌ای از قواعد نیاز به روش‌های جدیدی دارد. در این پژوهش از استنتاج مبتنی بر ترکیب قواعد استفاده شده‌است. در استنتاج مبتنی بر ترکیب

^۱ Defuzzifier



شکل ۶: متغیر ورودی بار ویروسی (VL)

- کم (Low): عددی بین ۲۰۰ تا ۵۰۰۰ می‌باشد.
 - متوسط (Medium): عددی بین ۱۰۰۰ تا ۱۶۰۰۰ می‌باشد.
 - زیاد (High): عددی بین ۱۲۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ است.
- متغیر خروجی زمان (Time) که نشان دهنده‌ی زمان تخمین تبدیل ویروس HIV به بیماری ایدز است به سه تابع عضویت به شرح زیر تقسیم می‌شود (شکل ۷):
- $$\text{Time} = \{T | 0 \leq T \leq 10\}$$

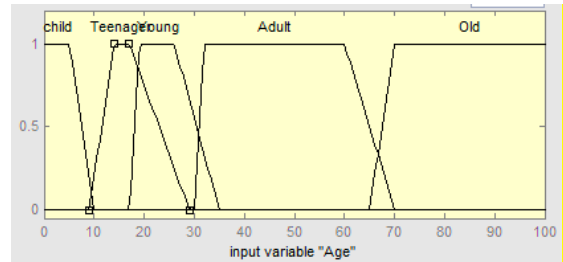


شکل ۷: متغیر خروجی زمان

- کوتاه (Short): عددی بین ۰ تا ۶ سال است.
 - متوسط (Average): عددی بین ۳ تا ۸ سال است.
 - طولانی (Long): عددی بین ۷ تا ۱۰ سال است.
- بر اساس این مجموعه‌های فازی و قواعد پیشنهادی، به کمک جعبه ابزار فازی نرم‌افزار متلب یک سیستم ممدانی ساخته شده است. در هر قاعده مجموعه‌ای از متغیرهای x (سن) و y (شمار لنفوسیت‌های خون) و z (بار ویروسی) از محدوده‌ی فازی که توسط بخش مقدمه قواعد بدست می‌آید، انتخاب می‌شود و با استفاده از این ورودی‌ها، خروجی سیستم فازی ممدانی یعنی زمان تخمین تبدیل ویروس HIV به بیماری ایدز محاسبه می‌شود.

۵- ارزیابی

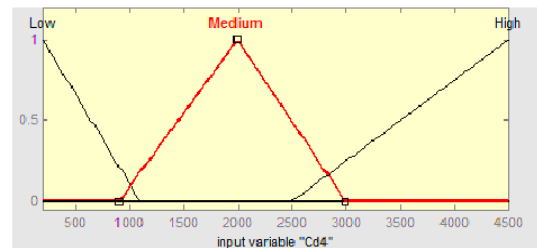
برای ارزیابی این سیستم از دو سناریوی واقعی استفاده شده است که با توجه به محرمانه بودن داده‌ها اسامی تغییر یافته است. این



شکل ۴: متغیر ورودی سن (Age)

- کودک (Child): که عددی بین صفر تا ۱۰ سال است.
 - نوجوان (Teenager): که عددی بین ۹ تا ۲۹ سال است.
 - جوان (Young): که عددی بین ۱۷ تا ۳۵ سال است.
 - میانسال یا بزرگسال (Adult): که عددی بین ۳۰ تا ۷۰ سال است.
 - سالمند (Old): که عددی بین ۶۵ تا ۱۰۰ سال است.
- متغیر ورودی (CD4) که نشان‌دهنده‌ی شمار سلول‌های لنفوسیت بیمار است به سه تابع عضویت به شرح زیر تقسیم می‌شود (شکل ۵):

$$\text{CD4} = \{Y | 200 \leq Y \leq 4500\}$$



شکل ۵: متغیر ورودی تعداد لنفوسیت‌های خون (CD4)

- کم (Low): عددی بین ۲۰۰ تا ۱۱۰۰ است.
 - متوسط (Medium): عددی بین ۹۰۰ تا ۳۰۰۰ است.
 - زیاد (High): عددی بین ۲۵۰۰ تا ۴۵۰۰ است.
- متغیر ورودی (VL) که نشان دهنده‌ی مقدار بار ویروسی بیمار است، به سه تابع عضویت به شرح زیر تقسیم می‌شود (شکل ۶):

$$\text{VL} = \{Z | 200 \leq Z \leq 20000\}$$

سناریوها از مرکز مراقبت بیماری‌های خاص وابسته به شبکه بهداشت و درمان شهرستان بیرجند اخذ شده است.

سناریوی ۱:

شرح حال خانم رضایی که در حال حاضر مبتلا به بیماری ایدز است به صورت زیر است:

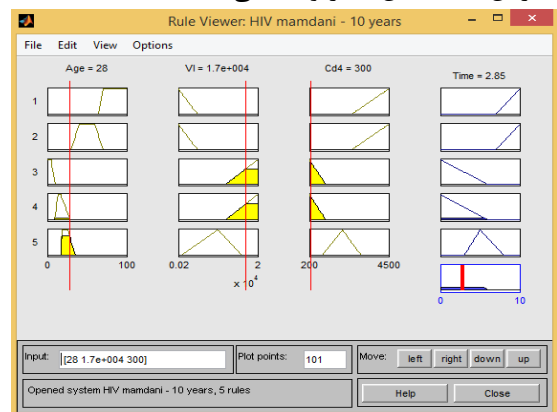
خانم رضایی وقتی ۲۸ سال داشت باردار شده بود و جهت تشکیل پرونده و انجام آزمایشات مربوطه به پزشک متخصص زنان و زایمان مراجعه نمود. پزشک وی را برای انجام آزمایشات بارداری به آزمایشگاه معرفی نمود. بعد از اخذ آزمایشات مشخص شد که وی دارای HIV مثبت است. در نتیجه برای آزمایشات دقیق به پزشک متخصص بیماری‌های خونی و عفونی مراجعه نمود و بعد از انجام آزمایش مربوطه تعداد لنفوسیت‌های خون وی ۳۰۰ و همچنین مقدار بار ویروسی ۱۷۰۰۰ گزارش شد.

در صورتی که این اطلاعات شامل سن بیمار، تعداد لنفوسیت‌های خون و مقدار بار ویروسی به سیستم داده شود، مقدار خروجی آن ۲/۸۵ بدست می‌آید (شکل ۸). در واقع سیستم به بیماری ایدز را برای این HIV زمان تبدیل ویروس بیمار ۲/۸۵ سال تخمین می‌زند. با بررسی پرونده بیمار مشخص شد که بصورت واقعی تقریباً ۳ سال طول کشیده است تا وی به بیماری ایدز مبتلا شده است.

با استفاده از فرمول زیر خطای این سناریو بدست می‌آید:

$$\text{خطا} = \frac{|\text{زمان تخمین زده شده توسط سیستم پیشنهادی} - \text{زمان به دست آمده واقعی}|}{\text{مقدار واقعی}} = \frac{|3 - 2.85|}{3} = 0.05$$

بنابراین خطای این سناریو ۰.۵٪ می باشد



شکل ۸: خروجی سیستم برای سناریوی ۱

سناریوی ۲:

شرح حال آقای جوادی که در حال حاضر مبتلا به بیماری ایدز است بصورت زیر است:

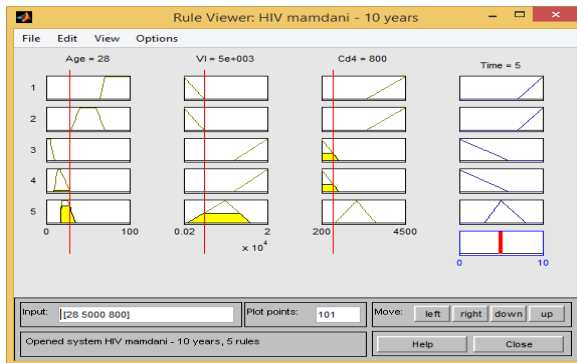
آقای جوادی وقتی ۴۵ سال داشت جهت اهدای خون به شعبه‌ی انتقال خون مراجعه نمود و خون اهدا کرد. بعد از بررسی‌های انجام شده بر روی خون وی مشخص شد که وی دارای HIV مثبت است. با نامبرده تماس گرفته شد و موضوع به اطلاع وی رسید و جهت تکمیل آزمایشات و همچنین درمان به پزشک متخصص عفونی معرفی شد. بعد از اخذ آزمایشات مربوطه مقدار بار ویروسی ۵۰۰۰ و تعداد لنفوسیت‌های خون وی ۸۰۰ گزارش شد.

در صورتی که این اطلاعات شامل سن بیمار، تعداد لنفوسیت‌های خون و مقدار بار ویروسی به سیستم داده شود، مقدار خروجی آن ۵ بدست می‌آید (شکل ۹). در واقع سیستم زمان تبدیل ویروس HIV به بیماری ایدز را برای این بیمار ۵ سال تخمین می‌زند. با بررسی پرونده بیمار مشخص شد که بصورت واقعی تقریباً ۵ سال طول کشیده است تا وی به بیماری ایدز مبتلا شده است.

با استفاده از فرمول زیر خطای سیستم برای این سناریو محاسبه می‌شود:

$$\text{خطا} = \frac{|\text{زمان تخمین زده شده توسط سیستم پیشنهادی} - \text{زمان به دست آمده واقعی}|}{\text{مقدار واقعی}} = \frac{|5 - 5|}{5} = 0$$

بنابراین خطای این سناریو صفر می‌شود.



شکل ۹: خروجی سیستم برای سناریوی ۲

۶- نتیجه‌گیری

مراجع

- [۱] پزشکان بدون مرز. <http://www.pezeshk.us/?cat=59.۱۳۹۴>
- [2] M., Sharp, Paul, and Beatrice H. Hahn. "Origins of HIV and the AIDS pandemic." Cold Spring Harbor perspectives in medicine 1.1 : a006841.2011.
- [3] O. Kallings, Lars "The first postmodern pandemic: 25 years of HIV/AIDS." Journal of internal medicine 263.3 (2008): 218-243.
- [4] Barros, Leoncio C. "Fuzzy set-based model to compute the life expectancy of HIV infected populations." Fuzzy Information, 2004. Processing NAFIPS'04. IEEE Annual Meeting of the Fuzzy Information Processing. IEEE, 2004.
- [5] Ying, Hao, et al. "A fuzzy discrete event system with self-learning capability for HIV/AIDS treatment regimen selection." Fuzzy Information Processing Society, 2005. NAFIPS 2005. Annual Meeting of the North American. IEEE, 2005.
- [6] Melgarejo, Miguel A., Carlos A. Peña-Reyes, and Eduardo Sanchez. "A genetic-fuzzy system approach to control a model of the HIV infection dynamics." IEEE International Conference On Fuzzy Systems, 2006.
- [7] Ying, Hao, et al. "A fuzzy discrete event system approach to determining optimal HIV/AIDS treatment regimens." IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine 4.10: 663-676.2006.
- [8] Nelwamondo V. , Tettey, Thando, Fulufhelo, and Tshilidzi Marwala. "HIV data analysis via rule extraction using rough sets." 11th International Conference On Intelligent Engineering Systems . IEEE, 2007.
- [9] Betecheuh, Brain Leke, Tshilidzi Marwala, and Jabulile V. Manana. "Computational Intelligence for HIV Modelling." International Conference on Intelligent Engineering Systems... IEEE, 2008.
- [10] Souza J. De, Caetano, Marco AL, and Takashi Yoneyama. "Optimal medication in HIV seropositive patient treatment using fuzzy cost function." American Control Conference, IEEE, 2008.
- [11] Kissi, Mohamed, Ramdani, Mohammed and Driss Cherqaoui. "Pattern recognition system based on decision trees and fuzzy logic: Anti-HIV molecules application." International Conference on Multimedia Computing and Systems, IEEE, 2009.
- [12] Chen, Bor-Sen, Chien-Feng Wu, and Bore-Kuen Lee. "The applications of stochastic regulation H_{∞} control to HIV therapy." International Conference on Machine Learning and Cybernetics, IEEE, 2010.
- [13] Zarei H., Vahidian Kamyad A., and Heydari A. Akbar. "Fuzzy modeling and control of HIV infection." Journal Of Computational and mathematical methods in medicine. 2012.
- [14] Jafelice R., Motta L., Barros. C., and Bassanezi. R. C.. "Study of the dynamics of HIV under treatment considering fuzzy delay." Computational and Applied Mathematics Vol. 33.1: 45-61.2014.
- [15] Ghiasi Zadeh H. and Chahkandi Nejad H.. "Presentation of a fast solution for solving HIV-infection dynamics and chemotherapy optimization based on fuzzy: AVK method." Journal of AIDS and HIV Research Vol 4.3:60-67.2012.
- [16] Wen-Hsien Ho.. "Takagi-Sugeno fuzzy model of nonlinear HIV dynamics: chebyshev-series approach integrated with genetic algorithm." International Journal of Innovative Computing Information and Control Vol. 8.2:1439-1451.2012.
- [17] Junhom, Sasiluk, and Wudhichai Assawinchaichote. "A design of H_{∞} fuzzy controller for HIV/AIDS infection system with dual drug dosages." 5th International Symposium on Medical Information & Communication Technology. IEEE, 2011.
- [18]. Wang L., A Course in Fuzzy Systems and Control, Prentice-Hall. Edition

مهمترین پارامترهای موثر در تبدیل آلودگی ویروس HIV به بیماری ایدز سن بیمار (Age)، مقدار بار ویروسی (VL) و شمار سلولهای لنفوسیت بدن فرد آلوده (CD4) می باشد. بر این اساس این سه پارامتر به عنوان ورودی‌های سیستم فازی طراحی شده در نظر گرفته شده‌اند. سپس برای مشخص شدن مجموعه‌های فازی و توابع عضویت، این پارامترها به بازه‌های مختلف تقسیم‌بندی شده‌اند. در ادامه با استفاده از مجموعه‌های فازی ایجاد شده و دانش پزشک خبره قوانین مورد نیاز برای سیستم فازی یا همان موتور استنتاج سیستم فازی پیشنهاد شده‌است. در این پژوهش با توجه به اینکه پایگاه قواعد شامل بیش از یک قاعده است از استنتاج مبتنی بر ترکیب قواعد استفاده شده‌است. سپس برای تبدیل خروجی فازی موتور استنتاج به یک عدد حقیقی از غیرفازی ساز میانگین مراکز استفاده شده که از متداول‌ترین غیر فازی سازهای مورد استفاده در سیستم‌های فازی و کنترل فازی است. در نهایت بطور کلی یک سیستم فازی خاص ممدانی برپایه‌ی تجربیات پزشک خبره برای تخمین زمان تبدیل ویروس HIV به بیماری ایدز ایجاد شده‌است.

در نهایت برای ارزیابی سیستم پیشنهادی از دو سناریوی واقعی استفاده شده‌است. برای این منظور اطلاعات واقعی دو بیمار با مقادیر بدست آمده از سیستم پیشنهادی مقایسه شده‌است. خطای محاسبه شده برای سناریوی اول مقدار ۵ درصد و برای سناریوی دوم صفر می باشد.

با توجه به این که در این سیستم پیشنهادی در دسترسی به داده‌ها، افراد خبره و همچنین منابع مربوطه محدودیت وجود داشته است سیستم بصورت حداقلی و با کمترین تعداد متغیرها و قوانین طراحی شده است. در صورتی که بتوان از تجهیزات دقیق و پیشرفته برای جمع آوری داده‌ها بهره برد و همچنین تعداد متغیرهای بیشتری را در طراحی سیستم پیشنهادی دخیل نمود؛ می توان قوانین بیشتری بدست آورد و توابع عضویت دقیق تری تعریف کرد و در نتیجه سیستم دقیق تری طراحی نمود.