

مدلسازی عارضه رخداد ترومبوآمبولی وریدی به روش فازی

سمیه کلاته^(۱) - سجاد ازگلی^(۲) - محمد تقی حمیدی بهشتی^(۳)

(۱) کارشناس ارشد - دانشکده برق و کامپیوتر، گروه کنترل، دانشگاه تربیت مدرس

(۲) استادیار - دانشکده برق و کامپیوتر، گروه کنترل، دانشگاه تربیت مدرس

(۳) دانشیار - دانشکده برق و کامپیوتر، گروه کنترل، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۳/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۶/۲۵

خلاصه: ترومبوآمبولی وریدی از عوارض قابل پیشگیری در اعمال جراحی است که می‌تواند موجب مرگ و میر شود، اما تاکنون پژوهش کافی برای مدل‌سازی این عارضه صورت نگرفته است. این در حالی است که با مدل‌سازی دقیق این عارضه می‌توان به صورت قابل ملاحظه‌ای از بروز آن جلوگیری کرد. در این مقاله به مدل‌سازی این عارضه به روش فازی با استفاده از دانش خبرگان پرداخته شده است. به این منظور پس از جمع‌آوری دانش و تجربه پزشکان با استفاده از مصاحبه‌های متعدد، ابتدا عوامل موثر در بروز عارضه استخراج شده و سپس به پنج گروه تقسیم شده‌اند. دانش و تجربه پزشکان در مورد احتمال بروز عارضه در اثر عوامل هر یک از گروه‌ها به صورت یک موتور استنتاج فازی متناظر با آن گروه مدل شده است. خروجی نهایی سیستم فازی که همان احتمال بروز عارضه در اثر تمام عوامل است با استفاده از اجتماع این زیر سیستم‌ها محاسبه می‌گردد. در نهایت سیستم فازی طراحی شده توسط داده‌های واقعی جمع‌آوری شده از بیمارانی که در بخش جراحی بیمارستان شریعتی تهران تحت عمل جراحی قرار گرفته‌اند، مورد اعتبارسنجی قرار گرفته است. با اعمال روش ارائه شده به داده‌های مربوط به ۱۰۰ بیمار مشاهده می‌شود که در ۹۶ مورد پیش بینی این روش با پیش بینی روش متداول پزشکان انطباق داشته است و در ۴ مورد دیگر نتیجه مدل ارائه شده منطبق بر واقعیت و پیش بینی متداول پزشکان خلاف واقع بوده است.

کلمات کلیدی: ترومبوآمبولی وریدی، دانش خبره، عارضه ترمبوفلبیت عمقی، مدل‌سازی فازی.

Venous Thromboembolism Modeling by Fuzzy Method

Somayeh Kalateh⁽¹⁾ - Sajad Ozgoli⁽²⁾ - Mohammad Taghi Hamidi Beheshti⁽³⁾

(1) Msc - Department of Electrical Engineering, Tarbiat Modares University
somayeh_kalateh@yahoo.com

(2) Assistant Professor - Department of Electrical Engineering, Tarbiat Modares University
ozgoli@modares.ac.ir

(3) Associated Professor - Department of Electrical Engineering, Tarbiat Modares University
mbehesht@modares.ac.ir

Venous Thromboembolism (VTE) is a complication of surgery that may result in sudden death. Unfortunately there is not a reliable model for it up to now where with accurate modeling can be prevented serious these complications. In this paper (VTE) has been model in fuzzy method. At first we have used expert knowledge for modeling. Therefore for beginning risk factors of (VTE) have been identified and then we have helped from papers and scientific references and consultation with surgeons to extract importance of these factors in risk of VTE. Then we have obtained a questionnaire for fuzzy modeling. In this questionnaire all factors are divided into five groups. Each group is designed as a separate fuzzy system. The final output is calculated by community of all groups. Finally we validate this system by data of patients that have been surgery in Shariati hospital in Tehran and you can see that it works appropriately.

Index Terms: Venous thromboembolism, expert knowledge, deep venous thrombophlebits, fuzzy modeling.

۱- مقدمه

بیمارانی که تحت عمل جراحی قرار می‌گیرند با توجه به عوامل مختلف مادرزادی و اکتسابی، پس از عمل در معرض بروز عارضه ترومبوآمبولی وریدی (VTE)^۱ ترمبولیت یعنی التهاب سیاهرگ که با لخته همراه است. در حقیقت ترمبولیت عبارتست از التهاب و وجود لخته‌های خون در سیاهرگ (معمولاً اندام تحتانی) که به طور اولیه ناشی از عفونت یا آسیب است. ترمبولیت باعث اختلال در جریان خون بدن می‌گردد و شدت آن به اندازه لخته خون، محل درگیری و نوع رگ بستگی دارد. ترمبولی سیاهرگی اندام‌ها ممکن است در سیاهرگ‌های سطحی یا عمقی رخ دهد که بر این اساس دو نوع ترمبولی وجود دارد:

۱- ترمبولی سیاهرگی سطحی، ۲- ترمبولی سیاهرگی عمقی

ترمبولی سیاهرگی سطحی نسبت به ترمبولی عمقی خطر کمتری داشته و بهتر قابل درمان است. در ترمبولی سیاهرگی عمقی، لخته خون در مسیر عروق خونی اندام‌ها، باعث اختلال جریان خون شده و در نتیجه منجر به انسداد نسبی و یا کامل عروقی می‌گردد. مهم‌ترین پیامد این عارضه، آمبولی ریوی و سندرم نارسایی مزمن سیاهرگی است که به علت انتقال لخته خونی به دستگاه گردش خون ریوی ایجاد می‌گردد. آمبولی ریوی ممکن است منجر به مرگ بیمار شود. پیشگیری از آمبولی ریوی مهم‌ترین دلیل درمان بیماران مبتلا به ترمبولی سیاهرگی عمقی است زیرا ترمبولی در مراحل اولیه ممکن است سست و شکننده بوده و به خوبی به دیواره عروق متصل نباشد. عوامل بسیاری وجود دارند که خطر بروز ترمبولیت عمقی را افزایش می‌دهند. از جمله عوامل می‌توان به افزایش سن، بی‌حرکتی، نارسایی قلبی، چاقی و سکتة مغزی اشاره کرد. برخی از این عوامل نسبت به سایر عوامل پرخطرتر محسوب می‌شوند لذا با شناسایی این عوامل و بررسی دقیق میزان تأثیر هر یک می‌توان وقوع VTE را در بیماران پیش‌بینی کرد. نکته‌ای که بسیار مهم می‌باشد و توجه به آن حائز اهمیت می‌باشد این است که برخی از این عوامل به خوبی شناسایی شده‌اند ولی در مورد برخی از عوامل مطالعات کافی صورت نگرفته است.

برای مثال با به میدان آمدن روش‌های جدید جراحی و محدود شدن وسعت عمل‌ها با استفاده از این روش‌ها، انواع عوامل خطرزای جدید به وجود آمده‌اند که این عوامل باید بررسی و با موارد قبلی مقایسه شوند. طول دوران بستری بودن به عنوان یک عامل خطرزا در بروز عارضه محسوب می‌شود. به این ترتیب که با افزایش طول دوران بستری بودن خطر بروز عارضه افزایش می‌یابد. ولی اعمال جراحی طولانی‌تر به طریق لاپروسکوپی علیرغم دوران بستری کوتاه‌تر پس از عمل با احتمال بالایی همراه خواهند بود لذا خطر بروز ترمبولیت در اعمال جراحی آندوسکوپی، تراکوسکوپی و آتروسکوپی نیاز به بررسی بیشتر خواهد داشت [۱].

در حال حاضر برای ارائه درمان مناسب پیشگیرانه، احتمال بروز عارضه VTE در بیماران با توجه به شرایط هر بیمار در چهار سطح پایین، متوسط، بالا و بالاترین تعیین می‌شود تا هر بیمار با توجه به احتمال

بروز عارضه مورد درمان قرار بگیرد. مطالعات زیادی برای مشخص کردن بیماران در معرض خطر بالا برای ابتلا به ترمبولیت انجام شده است ولی بالعکس در مورد آن دسته از بیماران که کمترین خطر برای بروز این عارضه را دارند، معیارهای درستی مشخص نشده است. این در حالی است که در هر یک از گروه‌ها بیماریابی باید با دقت صورت گیرد زیرا ترمبولیت سطحی قابل تبدیل به ترومبولی وریدی عمقی است و ترومبولی وریدی عمقی ممکن است منجر به آمبولی ریوی شود و آمبولی ریوی می‌تواند سبب مرگ سریع و یا هیپرتانسیون مزمن شریان ریوی شود. با توجه به اهمیت بررسی بیماران و ارزیابی میزان احتمال بروز عارضه VTE در آن‌ها پس از عمل جراحی، به دلیل وجود اختلاف نظرهای علمی، دستورالعمل‌های گوناگونی در این مورد ارائه شده است. یکی از توانمندی‌های یک مهندس کنترل، مدل‌سازی سیستم‌ها است. مدل‌سازی یک سیستم درک بهتری از چگونگی رفتار سیستم تحت شرایط مختلف ارائه می‌دهد. در واقع با استفاده از مدل‌سازی یک سیستم می‌توان رفتار آتی سیستم را پیش‌بینی کرد. از این توانایی می‌توان برای مدل‌سازی بیماری‌ها و پیش‌بینی رفتار بیماری نیز استفاده کرد. مدل‌سازی بیماری‌ها از جمله دانش‌های نوین در مهندسی کنترل و پزشکی به شمار می‌رود. تلاش‌های بسیاری در این زمینه صورت گرفته است. با این وجود هنوز چالش‌ها و فراز و نشیب‌های بسیاری پیش روی این حوزه جدید قرار دارد. مدل‌سازی بیماری گام نخست در کنترل دوز دارو در هنگام درمان و در جهت کنترل بیماری محسوب می‌شود. از آنجا که تحلیل عملکرد دارو در بدن پس از مصرف در مورد بسیاری از بیماری‌ها پیچیده است لذا مهندسی کنترل که متخصص در زمینه مدل‌سازی می‌باشند، با استفاده از روش‌های مختلف به حل این مشکل شتافته‌اند. به این ترتیب که یک گروه متشکل از پزشکان، متخصصین علوم زیستی و مهندسی، مکانیزم بیماری در بدن را به صورت مجموعه‌ای از معادلات دیفرانسیل بیان می‌کنند. به عنوان مثال در مورد بیماری ایدز از آنجا که این بیماری سیستم دفاعی بدن را مورد حمله قرار می‌دهد و با کاهش تعداد گلبول‌های سفید خون سیستم ایمنی بدن را تضعیف می‌کند، معادلات غیرخطی توصیف‌کننده مدل بیماری شامل سه متغیر تعداد گلبول‌های سفید سالم، تعداد گلبول‌های سفید آلوده و تعداد ویروس‌های موجود در خون بیمار می‌باشد [۲ تا ۴]. بر اساس این مدل در گام‌های بعدی کنترل‌کننده‌های بسیاری برای کنترل دوز دارو به منظور کنترل و درمان بیماری ایدز طراحی شده‌اند. [۵ تا ۷]. مدل‌سازی و سپس طراحی کنترل‌کننده در مورد برخی از بیماری‌های دیگر از جمله سرطان، دیابت، برخی از بیماری‌های کودکان و ... نیز تاکنون انجام شده است که بحث این مقاله نیست و بیش از این به آنها پرداخته نمی‌شود.

برای ساخت یک مدل ریاضی که رفتار یک سامانه را تقلید کند اغلب از روابط فیزیکی، شیمیایی، زیستی و غیره حاکم بر سامانه و (یا) داده‌های جمع‌آوری شده از سامانه استفاده می‌شود تا معادلات دیفرانسیل یا تفاضلی مدل‌کننده رفتار به دست آید. رویکرد دیگر می‌تواند این باشد

با توجه به مطالب ذکر شده تعیین مدل دقیق برای عارضه رخداد ترمبولیبت عمقی به منظور پیشگیری از آن بسیار ضروری است. همان طور که قبلاً اشاره شد تعیین احتمال بروز عارضه مبتنی بر دانش متخصص است. از طرفی برخی از این عوامل خطرزا در بروز عارضه VTE عوامل فازی هستند نه قطعی. به عنوان مثال سن، میزان چاقی، طول دوران بستری بودن. میزان تأثیر این عوامل در بازه‌های مختلف متفاوت است. به عنوان مثال مطالعات نشان می‌دهد که تشکیل لخته خون در عروق در کودکان زیر ۱۵ سال نادر است [۱۷ و ۱۸] ولی با افزایش سن احتمال بروز عارضه افزایش می‌یابد [۱۹]. وجود این دو عامل بسیار مهم یعنی مبتنی بر دانش بودن تعیین احتمال بروز عارضه و قطعی نبودن برخی از عوامل خطرزای عارضه منجر به استفاده از روش فازی برای مدلسازی عارضه VTE در این مقاله شده است.

در مدلسازی انجام شده در این مقاله، ابتدا عوامل خطرزا در بروز عارضه شناسایی شده‌اند سپس این عوامل به ۵ گروه تقسیم شده‌اند و هر یک از عوامل خطرزا در یکی از این گروه‌ها قرار می‌گیرد. خروجی هر یک از این گروه‌ها میزان احتمال بروز عارضه است و احتمال نهایی اجتماع خروجی گروه‌ها می‌باشد. لذا در این مدل شدت وزن هر یک از عوامل خطرزا بر روی احتمال نهایی بروز عارضه کاملاً مشخص است در حالی که در روش کاپرینی این امر قابل ملاحظه نمی‌باشد [۲۰].

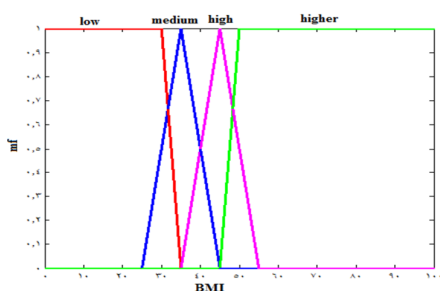
این مقاله در چهار بخش تنظیم شده است. بعد از مقدمه حاضر، بخش دوم روش مدلسازی فازی عارضه را بیان می‌کند. در بخش سوم مدل فازی ارزیابی می‌گردد و در بخش چهارم به نتیجه‌گیری پرداخته شده است.

۲- مدلسازی دانش خبرگان به صورت موتور استنتاج فازی

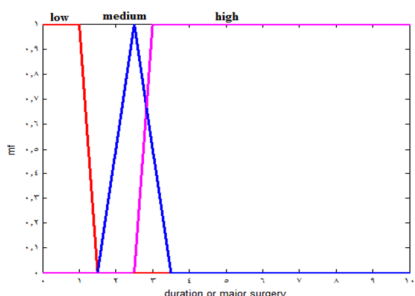
به منظور مدلسازی عارضه ترمبولیبت عمقی به صورت موتور استنتاج فازی اولین گام شناسایی عوامل خطرزا در بروز عارضه می‌باشد. همان‌طور که قبلاً اشاره شد این عوامل و میزان تأثیر هر یک از آن‌ها به شرایط متعددی بستگی دارد و به همین دلیل اختلاف زیادی در بین افراد خبره در این زمینه وجود دارد. لذا برای مدلسازی فازی عارضه نیاز به مصاحبه با پزشکان و جراحان متخصص عمومی وجود دارد که از نظرات هر یک از آن‌ها برای تعیین عوامل فازی استفاده گردد. برای این کار در مرحله نخست پرسشنامه‌هایی تهیه گردید. هدف نهایی این پرسشنامه‌ها: ۱- شناسایی عوامل خطرزا، ۲- تقسیم‌بندی فازی عوامل خطرزا و ۳- شناسایی میزان تأثیر هر یک از عوامل بر روی احتمال بروز عارضه می‌باشد. برای تهیه پرسشنامه در ابتدا به جستجوی عوامل خطرزا در مقالات و کتابهای مختلف پزشکی پرداخته شده است. عوامل اولیه سپس از این طریق استخراج گردیدند. این عوامل نیاز به بررسی و پردازش دارند که این کار از طریق مصاحبه با جراحان متخصص و تکمیل پرسشنامه صورت می‌گیرد. به عنوان مثال نکته‌ای که باید در این زمینه مورد توجه قرار گیرد و نیاز به پالایش دارد، تفکیک عوامل خطرزا به عوامل فازی و قطعی است. برخی از فاکتورها مانند بستری بودن بیمار در مطالعات به عنوان یک فاکتور قطعی در نظر گرفته

که دانش خبرگان آشنا با سامانه، یا به عبارت دیگر "توصیف خبرگان از رفتار سامانه" جمع‌آوری شده و تبدیل به مدل ریاضی گردد. تلاش برای پیاده‌سازی این رویکرد زمینه‌ساز معرفی دانش «سیستم‌های خبره» بوده است که در این مقاله مورد استفاده قرار گرفته است. هدف این مقاله مدلسازی عارضه رخداد ترمبولیبت عمقی با استفاده از دانش خبرگان می‌باشد. بروز این عارضه به عوامل زیادی بستگی دارد. در مورد این عوامل و میزان تأثیر هر یک از آن‌ها بین جراحان مختلف اختلاف نظر علمی وجود دارد. پزشکان قبل از عمل جراحی، با توجه به تجربیات و دانش خود احتمال بروز عارضه پس از عمل جراحی را مشخص کرده و سپس متناسب با آن اقدامات پیشگیرانه مناسب در نظر می‌گیرند. مطالعات ابتدایی درباره عوامل خطرزای عارضه انجام شده است که البته پزشکان درباره آن اختلاف عقیده دارند. در برخی از تحقیقات تنها فاکتورهای مهم در بروز عارضه استخراج شده‌اند و از عوامل دیگر صرف‌نظر شده است [۸] و احتمال بروز عارضه بر اساس این عوامل تعیین می‌گردد. در برخی منابع دیگر برای تعیین احتمال بروز عارضه تعدادی از عوامل خطرزای مهم را بر اساس اهمیت امتیازدهی کرده و بر اساس امتیاز کسب شده احتمال بروز عارضه تشخیص داده می‌شود. تعداد این عوامل بسیار کم است و برخی فاکتورهای مهم را شامل نمی‌شود.

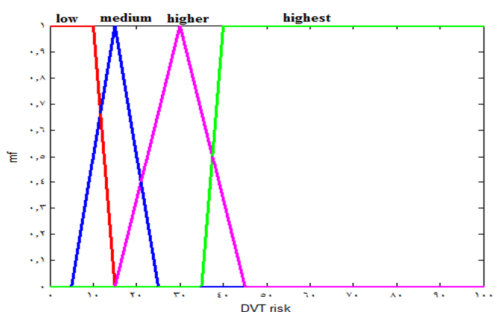
کامل‌ترین مراجع در این زمینه حاصل تحقیقات کاپرینی و گروهش می‌باشد [۹ تا ۱۱]. این مرجع شامل لیستی از عوامل خطرزای ذاتی و اکتسابی است. هر یک از این عوامل دارای یک امتیاز است. امتیازات در نهایت با هم جمع می‌شوند. توسط این امتیاز بیمار به یک گروه از سه الی چهار سطح احتمال تعلق پیدا می‌کند و با توجه به سطح احتمال تشخیص داده شده نوع داروی پیشگیری، زمان شروع و دوره پیشگیری تجویز می‌گردد. در این کار چندین عیب عمده وجود دارد که عبارتند از: برخی از عوامل در روش کاپرینی به صورت عامل قطعی در نظر گرفته شده است که برای مدلسازی دقیق‌تر باید این عوامل به صورت یک فاکتور فازی در نظر گرفته شوند، مثلاً طول عمل جراحی لاپاروسکوپیک. در روش کاپرینی و گروهش عوامل خطرزا بر اساس نتیجه تحقیقات در آمریکا استخراج شده است. امتیاز دهی به هر یک از عوامل نیز بر اساس مطالعات در همان منطقه انجام شده است در صورتی که برخی از عوامل به موقعیت جغرافیایی بیمار بستگی دارد. به عنوان مثال بررسی‌های انجام شده روی داده‌های مربوط به بیماران ترخیص شده در یک بیمارستان نشان می‌دهد که شیوع این عارضه در میان بزرگسالان سیاه پوست کمتر از بزرگسالان سفید پوست است [۱۲ و ۱۳] و یا شیوع آمبولی در قاره آسیا کمتر از سایر قاره‌ها می‌باشد [۱۴]. همچنین احتمال ابتلا به VTE در مردان بیشتر از زنان است [۱۵ و ۱۶]. بر این اساس باید میزان تأثیر هر یک از عوامل خطرزای بروز عارضه در هر منطقه جغرافیایی به طور مستقل ارزیابی شود تا مدل استخراج شده از دقت کافی برخوردار باشد. لذا در این مقاله از مصاحبه با پزشکان ایرانی بهره جسته و از تجربیات عملی آنان در مدلسازی استفاده شده است.



شکل (۳): تابع عضویت مربوط به متغیر فازی چاقی
Fig. (3): The membership function for obesity



شکل (۴): تابع عضویت مربوط به طول عمل جراحی ماژور
Fig. (4): The membership function for major surgery duration



شکل (۵): تابع عضویت مربوط به متغیر فازی احتمال بروز VTE
Fig. (5): The membership function for probability of VTE

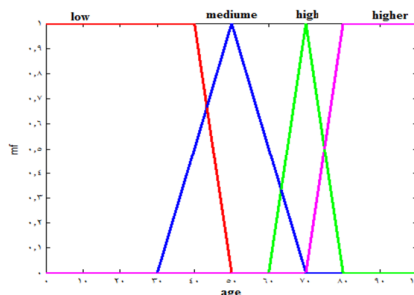
۱-۲- استخراج قوانین

برای مدلسازی یک سامانه در قالب موتور استنتاج فازی پس از تعیین متغیرهای ورودی و بازه‌های فازی قوانین فازی باید استخراج گردند. برای تعیین این قوانین از دانش خبرگان استفاده می‌شود. بدین منظور باید تأثیر هر یک از عوامل به تنهایی و همچنین در ترکیب با یکدیگر بر روی احتمال بروز عارضه مشخص گردند. از آنجا که تعداد عوامل خطرزا که همان متغیرهای ورودی سیستم فازی هستند در این تحقیق زیاد است لذا ترکیب این متغیرها با یکدیگر تعداد قوانین فازی را به شدت افزایش می‌دهد. راه حلی که برای اجتناب از این کار در این مقاله در نظر گرفته شده، این است که عوامل خطرزا به پنج گروه تقسیم شده‌اند. این کار باعث می‌شود که اولاً عوامل مشابه در یک گروه قرار می‌گیرند و علاوه بر جلوگیری از پراکندگی ذهن پرسش‌شوندگان و ایجاد تسهیل در تکمیل پرسشنامه، بررسی میزان تأثیر هر یک از عوامل بر احتمال بروز عارضه قابل ارزیابی می‌باشد. ثانیاً از آنجا که تعداد عوامل فازی در

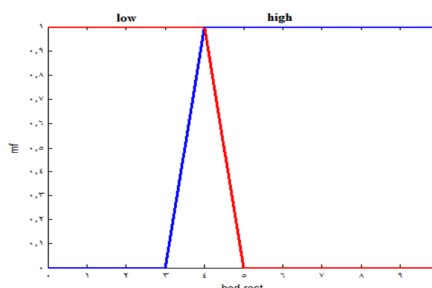
شده‌اند، این در حالی است که تجربه پزشکان نشان می‌دهد طول دوران بستری بودن می‌تواند تأثیر متفاوتی بر روی احتمال بروز عارضه داشته باشد. در تکمیل پرسشنامه پزشک متخصص به سوالات زیر پاسخ می‌دهد: ۱- آیا متغیر فازی است یا قطعی؟ ۲- در صورت فازی بودن، دسته‌بندی فازی به چه صورت است؟ ۳- تأثیر هر یک از بازه‌های فازی بر روی احتمال بروز عارضه به چه میزان است؟ بنابراین برای پرسشنامه در گام اول عوامل فازی ابتدایی مشخص گردیده سپس با مشورت با اعضای هیات علمی گروه جراحی عمومی در بیمارستان شریعتی تهران که مشاور پزشکی این تحقیق بودند، این عوامل اصلاح و بازه‌های فازی هر یک تعیین گردیده‌اند و در نهایت این عوامل را به پنج گروه تقسیم شده‌اند. در پرسشنامه تنظیم شده ابتدا پزشک مصاحبه شونده نظر خود را در مورد این عوامل و بازه‌های فازی آن‌ها اعلام کرده و در صورت لزوم آن‌ها را اصلاح می‌کند و در مرحله بعد قوانین فازی مربوط به هر گروه استخراج می‌شود.

لازم به ذکر است که در این مقاله با توجه به مصاحبه با خبرگان و مطالعات انجام شده احتمال بروز عارضه VTE به چهار دسته تقسیم می‌شود. تعداد عوامل خطرزا در نهایت با توجه به پرسشنامه‌های تکمیل شده ۳۷ مورد است. این عوامل در جدول (۱) نشان داده شده‌اند.

از آنجا که برخی از عوامل بالا دارای عدم قطعیت هستند، این عوامل به صورت مجموعه‌های فازی بیان و عدم قطعیت در سیستم با توجه به مجموعه‌های فازی مثلثی و دوزنق‌های مدل شده‌اند. این دو نوع توابع عضویت ساده‌ترین نوع توابع عضویت هستند که معمولاً در سیستم‌های فازی به علت سادگی و کارآمدی مورد استفاده قرار می‌گیرند. شکل‌های (۱)-(۵) متغیرهای فازی را نشان می‌دهند.



شکل (۱): تابع عضویت مربوط به متغیر فازی سن
Fig. (1): The membership function for age



شکل (۲): تابع عضویت مربوط به متغیر فازی مدت بستری بودن
Fig. (2): The membership function for hospitalization

نارسایی احتقانی قلب	قطعی
انتقال خون	قطعی
شکستگی لگن، هیپ، ساق پا	قطعی
آسیب‌های نخاعی حاد	قطعی
مالتیپل تروما	قطعی
حاملگی یا زایمان اخیر	قطعی

Table (2): Classification of the risk factors
جدول (۲): گروه‌بندی عوامل خطرزای بروز عارضه VTE

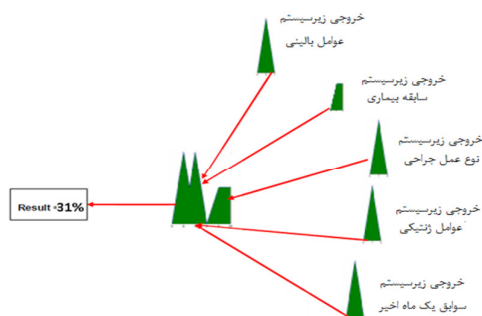
نام متغیر	نوع متغیر	گروه مربوطه
سن	فازی	عوامل بالینی
وجود سرطان یا شیمی درمانی	قطعی	عوامل بالینی
خانمی که ocp مصرف می‌کند	قطعی	عوامل بالینی
چاقی	فازی	عوامل بالینی
واریس	قطعی	عوامل بالینی
بیماران داخلی که بستری هستند	فازی	عوامل بالینی
گچ پا یا بریس	قطعی	عوامل بالینی
کاتتر مرکزی وریدی	قطعی	عوامل بالینی
ورم پا	قطعی	عوامل بالینی
عملکرد غیرطبیعی ریه	قطعی	عوامل بالینی
سابقه بیماری روده	قطعی	سابقه بیماری
سابقه بدخیمی	قطعی	سابقه بیماری
سابقه قبلی مرده‌زایی	قطعی	سابقه بیماری
سابقه خانوادگی عارضه	قطعی	سابقه بیماری
سابقه عمل جراحی مازور	قطعی	سابقه بیماری
سابقه قبلی عارضه	قطعی	سابقه بیماری
عمل جراحی لاپروسکوپی	فازی	نوع عمل جراحی
عمل جراحی آتروسکوپی	قطعی	نوع عمل جراحی
عمل جراحی آتروپلاستی الکتیو اندام تحتانی	قطعی	نوع عمل جراحی
عمل جراحی مینور	قطعی	نوع عمل جراحی
عمل جراحی مازور	فازی	نوع عمل جراحی
فاکتور ۷-لیدین مثبت	قطعی	عوامل ژنتیکی
پروترومبین A-۲۰۲۱۰ مثبت	قطعی	عوامل ژنتیکی
افزایش هموستین در سرم	قطعی	عوامل ژنتیکی
لوپوس آنتی کوآگولان مثبت	قطعی	عوامل ژنتیکی
افزایش آنتی کاردیولپین آنتی بادی	قطعی	عوامل ژنتیکی
ترومبوسیتوپنی ناشی از هپارین (HIT)	قطعی	عوامل ژنتیکی
سکته قلبی	قطعی	عارضه یک ماه اخیر
سپسیس	قطعی	عارضه یک ماه اخیر
پنومونی	قطعی	عارضه یک ماه اخیر
حاملگی یا زایمان اخیر	قطعی	عارضه یک ماه اخیر
سکته مغزی	قطعی	عارضه یک ماه اخیر

هر گروه محدودتر می‌شود لذا قوانین فازی در هریک از این گروه‌ها زیاد نخواهد بود. در نتیجه محاسبات و پردازش فازی بسیار ساده‌تر خواهد شد. هریک از گروه‌های فازی به صورت یک زیرسیستم عمل می‌کند به این صورت که هر زیر سیستم شامل فازی‌ساز، موتور استنتاج و فازی زدا می‌باشد. ورودی هر زیر سیستم مجموعه عوامل فازی گروه مربوطه است و خروجی زیر سیستم احتمال بروز عارضه ترومبولیت عمقی در آن زیر سیستم می‌باشد. پس از طراحی هر پنج زیر سیستم فازی، خروجی نهایی را می‌توان از ترکیب خروجی زیر سیستم‌ها به دست آورد. این گروه‌ها در جدول (۲) نشان داده شده‌اند.

Table (1): The risk factors of VTE occurrence
جدول (۱): عوامل خطرزای بروز عارضه VTE

نام متغیر	نوع متغیر
سن	فازی
وجود سرطان یا شیمی درمانی	قطعی
خانمی که ocp مصرف می‌کند	قطعی
چاقی	فازی
واریس	قطعی
بیماران داخلی که بستری هستند	فازی
گچ پا یا بریس	قطعی
کاتتر مرکزی وریدی	قطعی
ورم پا	قطعی
عملکرد غیرطبیعی ریه	قطعی
سابقه بیماری روده	قطعی
سابقه بدخیمی	قطعی
سابقه قبلی مرده‌زایی	قطعی
سابقه خانوادگی عارضه	قطعی
سابقه عمل جراحی مازور	قطعی
سابقه قبلی عارضه	قطعی
عمل جراحی لاپروسکوپی	فازی
عمل جراحی آتروسکوپی	قطعی
عمل جراحی آتروپلاستی الکتیو اندام تحتانی	قطعی
عمل جراحی مینور	قطعی
عمل جراحی مازور	فازی
فاکتور ۷-لیدین مثبت	قطعی
پروترومبین A-۲۰۲۱۰ مثبت	قطعی
افزایش هموستین در سرم	قطعی
لوپوس آنتی کوآگولان مثبت	قطعی
افزایش آنتی کاردیولپین آنتی بادی	قطعی
ترومبوسیتوپنی ناشی از هپارین (HIT)	قطعی
سکته قلبی	قطعی
سپسیس	قطعی
پنومونی	قطعی
حاملگی یا زایمان اخیر	قطعی
سکته مغزی	قطعی

از آنجا که طبق نظر افراد خبره این زیرسیستمها مستقل از یکدیگر هستند در نتیجه خروجی نهایی اجتماع همه این زیرسیستمها است. شکل (۶) نحوه عملکرد را نشان می‌دهد.



شکل (۶): شماتیک سیستم فازی طراحی شده
Fig. (6): Schematic of the fuzzy system

در طراحی هر زیر سیستم از آنجا که قواعد، عبارتهای شرطی مستقل از یکدیگر هستند عملگر معقول و مناسب برای ترکیب قواعد اجتماع است. این موضوع درباره ترکیب زیر سیستمها نیز صادق است. در این مقاله از موتور استنتاج حاصل ضرب یعنی استنتاج مبتنی بر قواعد جداگانه با ترکیب اجتماع، استلزام حاصل ضرب مددانی، ضرب جبری برای t -نرمها و ماکزیمم برای s -نرمها استفاده شده است. نتیجه نهایی سیستم با در نظر گرفتن مکانیسم استنباط فازی که خروجیهای فازی هر زیر سیستم را با استفاده از ماکزیمم برای s -نرم و به کارگیری روش غیرفازی ساز میانگین مرکز مشخص می‌سازد بدست می‌آید.

۳- اعتبارسنجی مدل فازی استخراج شده

به منظور اعتبارسنجی مدل فازی استخراج شده از داده‌های مربوط به بیمارانی که در بخش جراحی عمومی بیمارستان شریعتی تهران تحت عمل جراحی قرار گرفته‌اند استفاده شده است. لازم به ذکر است که نمونه‌گیری از بیماران انجام نشده است بلکه تمام بیماران در یک بازه زمانی معین مد نظر قرار گرفته‌اند لذا روش نمونه‌گیری و صحت و سقم آن مورد بحث نمی‌باشد. در واقع اعتبار مدل ارائه شده در این مقاله با قید «بیماران تحت عمل جراحی در بخش جراحی بیمارستان شریعتی تهران» مورد اعتبار سنجی قرار گرفته است؛ اما با توجه به این که این قید عمومی است امید می‌رود که همین نتیجه در بررسی‌های عام‌تر نیز حاصل شود.

در مورد بیمارانی که تحت عمل جراحی قرار خواهند گرفت، پزشک جراح با توجه به دانش و تجربه خود احتمال بروز عارضه را تشخیص می‌دهد و با توجه به این میزان اقدامات پیشگیرانه مناسب شامل فیزیکی، دارویی و یا ترکیب هر دو را در نظر می‌گیرد. در تحقیق موضوع این مقاله، در مورد این بیماران با توجه به پرونده بیمار، عوامل خطرزا که ورودی سیستم فازی طراحی شده هستند استخراج و در پایگاه داده ثبت شده‌اند. همچنین پس از عمل جراحی آزمایشات مختلف در مورد این بیماران انجام می‌شود تا مشخص گردد که در این

نارسایی احتقانی قلب	قطعی	عوارض یک ماه اخیر
انتقال خون	قطعی	عوارض یک ماه اخیر
شکستگی لگن، هیپ، ساق پا	قطعی	عوارض یک ماه اخیر
آسیب‌های نخاعی حاد	قطعی	عوارض یک ماه اخیر
مالتیپل تروما	قطعی	عوارض یک ماه اخیر
حاملگی یا زایمان اخیر	قطعی	عوامل بالینی

برای استخراج قوانین در هر گروه ابتدا به بررسی نوع عوامل خطرزای هر گروه می‌پردازیم. برای مثال در گروه عوامل بالینی سن متغیری است که در کنار سایر عوامل برای استخراج قوانین فازی به کار می‌رود و به تنهایی به عنوان یک قانون به کار نمی‌رود. یا در گروه عمل جراحی از آنجا که عمل جراحی تنها یکی از این متغیرها را شامل می‌شود قوانین به طور مستقل به کار می‌روند و با یکدیگر ترکیب نمی‌شوند. جدول (۳) تعداد قوانین هر گروه را نشان می‌دهد.

Table (3): The numbers of fuzzy rules in each group

نام گروه	تعداد قوانین
گروه عوامل بالینی	۵۸
گروه سابقه بیماری	۶۲
گروه نوع عمل جراحی	۸
گروه عوامل ژنتیکی	۶۲
گروه سوابق یک ماه اخیر	۶۲
گروه عوامل بالینی	۵۸
گروه سابقه بیماری	۶۲

از آنجا که تعداد قوانین گروهها زیاد است تنها به بیان قوانین فازی مربوط به گروه نوع عمل جراحی بسنده می‌شود. در این گروه عمل جراحی لاپاروسکوپیک یک متغیر فازی و سایر متغیرها قطعی هستند. ۱- اگر بیمار قصد انجام عمل جراحی لاپاروسکوپیک با طول L را دارد آنگاه moderate risk
۲- اگر بیمار قصد انجام عمل جراحی لاپاروسکوپیک با طول H را دارد آنگاه higher risk
۳- اگر بیمار قصد انجام عمل جراحی آتروسکوپیک را دارد آنگاه moderate risk
۴- اگر بیمار قصد انجام عمل جراحی آتروسپلاستی الکتیو اندام تحتانی را دارد آنگاه highest risk
۵- اگر بیمار قصد انجام عمل جراحی مینور را دارد آنگاه low risk
۶- اگر طول عمل جراحی ماژور که قرار است انجام شود L است آنگاه moderate risk
۷- اگر طول عمل جراحی ماژور که قرار است انجام شود M است آنگاه higher risk
۸- اگر طول عمل جراحی ماژور که قرار است انجام شود H است آنگاه highest risk
قوانین کامل مربوط به دیگر گروهها در مرجع [۲۱] قابل دستیابی است.

بیماران با توجه به احتمال تشخیص داده شده و اقدامات پیشگیرانه در نظر گرفته شده متناسب با آن احتمال، عارضه VTE در بیمار رخ داده است یا خیر. این امر بدان جهت مفید است که نشان می‌دهد آیا احتمال بروز عارضه به درستی تشخیص داده شده است؟ از این پایگاه داده برای اعتبارسنجی مدل فازی طراحی شده استفاده می‌گردد. به این صورت که عوامل خطرزا در پایگاه داده به عنوان ورودی سیستم فازی در نظر گرفته می‌شود. خروجی سیستم فازی احتمال بروز عارضه است. این میزان احتمال را می‌توان با احتمال تشخیص داده شده توسط پزشک مقایسه کرد. از آنجا که پایگاه داده شامل اطلاعاتی است که درستی تشخیص پزشک را نشان می‌دهد، می‌توان از این طریق میزان اعتبار سیستم فازی را ارزیابی کرد. این کار روی ۱۰۰ بیمار انجام شده است. در بین این بیماران ۴ نفر پس از عمل جراحی دچار

عارضه VTE شده‌اند. اطلاعات این بیماران وارد سیستم فازی شده و سیستم فازی به خوبی احتمال بروز عارضه را در این بیماران تعیین می‌کند. به این صورت که در مورد آن چهار بیمار احتمال باید در بالاترین سطح تشخیص داده می‌شد که به اشتباه در سطح دیگری تشخیص داده شده بود در نتیجه بیمار پس از عمل دچار عارضه شده است ولی با استفاده از سیستم فازی می‌توان از این امر اجتناب کرد. در مورد سایر بیماران نیز احتمال بروز VTE مطابق با تشخیص جراح به درستی تشخیص داده می‌شود. در جدول (۴) مشخصات هفت بیمار به عنوان نمونه‌ای از ۱۰۰ ارزیابی انجام شده بیان گردیده است. در این بیماران چهار بیمار که در مورد آن‌ها تشخیص اشتباه صورت گرفته بود و سه بیمار که در آن‌ها خطر بروز عارضه به درستی تشخیص داده شده بود به عنوان نمونه ذکر گردیده است.

Table (4): some samples for system validation

جدول (۴): مثال‌هایی از اعتبارسنجی سیستم فازی طراحی شده

سن	وزن	قد	سایر مشخصات	تشخیص پزشک	خروجی فازی	بروز عارضه
56	85	168	دارای واریس، عمل جراحی مازور با طول ۹۰ دقیقه، عدم تحرک به مدت یک روز	higher risk	higher risk	خیر
45	165	75	دارای عدم تحرک به مدت یک روز و عمل جراحی مینور	Low risk	Low risk	خیر
25	108	170	دارای واریس، عدم تحرک به مدت ۲ روز، که عمل جراحی مینور انجام داده است	moderate risk	moderate risk	خیر
45	70	165	سابقه عمل جراحی مازور، طول عمل جراحی مازور سه ساعت، عدم تحرک به مدت یک روز و هورمون درمانی	moderate risk x	highest risk	بله
55	75	175	سابقه عمل جراحی مازور، طول عمل جراحی مازور ۲۷۰ دقیقه، بیماری ریوی، عدم تحرک یک روز، بیمار سرطان دارد و در حال شیمی‌درمانی است، سابقه قبلی VTE و انتقال خون دارد	higher risk x	highest risk	بله
68	93	170	بیمار واریس و بیماری ریوی دارد، سه روز عدم تحرک، سابقه VTE و طول عمل جراحی مازور ۲۱۰ دقیقه	moderate risk x	highest risk	بله
36	180	64	بیمار سرطان دارد، کاتتر مرکزی وریدی استفاده کرده، طول عمل جراحی مازور با طول ۲۷۰ دقیقه	Low risk x	highest risk	بله

x موارد تشخیص نادرست پزشکان از روش تجربی

نحوه تأثیر این عوامل در احتمال بروز عارضه باز به دانش خبرگان مراجعه شده و نتایج مصاحبه با پزشکان با کمی کردن توصیفات کیفی ایشان در قالب یک موتور استنتاج فازی به مدل تبدیل شده است. در این مسیر برای جلوگیری از افزایش تصاعدی تعداد قوانین فازی، عوامل مؤثر، با نظر خبرگان به پنج دسته مستقل تقسیم و برای هر کدام یک موتور استنتاج فازی ایجاد شده و در نهایت با توجه به استقلال عوامل، نتیجه‌ها با هم ترکیب گردیده‌اند. به منظور اعتبارسنجی، داده‌های واقعی ثبت شده از ۱۰۰ بیمار به مدل اعمال شده و نتیجه حاصل از مدل با نتیجه روش سنتی مورد استفاده توسط پزشکان مقایسه شده است. این مقایسه نشان می‌دهد که مدل ارائه شده در ۹۶ مورد نتیجه‌ای مشابه پیش‌بینی سنتی داشته است و در ۴ مورد نتیجه متفاوت بوده است. نکته مهم آن است که نتیجه رخ داده بعد از عمل جراحی نشان می‌دهد در ۴ مورد اختلافی پیش‌بینی مدل ارائه شده درست بوده و استنتاج تجربی پزشکان به خطا بوده است.

اشکالی که ممکن است به ذهن خطور کند این است که اگر تجربه پزشکان تا این حد با خطا همراه است چه طور می‌توان آن را مبنای

۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله به مدل‌سازی عارضه رخداد ترومبوآمبولی وریدی با رویکرد سیستم خبره پرداخته شد. به عبارت دقیق‌تر در این مقاله دانش خبرگان به صورت یک موتور استنتاج فازی تبدیل به مدل ریاضی گردید. مدل‌سازی ریاضی این عارضه به دلیل مؤثر بودن عوامل متعدد و پیچیدگی نحوه اثر هر عامل بسیار پیچیده است اما تجربه طولانی پزشکان در دست و پنجه نرم کردن با این عارضه می‌تواند منبع خوبی برای مدل کردن آن باشد. در این زمینه هر چند پزشکان قادر به بیان ارتباط میان شرایط ایجادکننده عارضه و پیامدهای آن با استفاده از متغیرهای کمی نیستند اما دانش کیفی خوبی راجع به چگونگی تأثیر عوامل مختلف دارند که در این مقاله مورد استفاده قرار گرفته و با بهره جستن از منطق فازی به یک مدل عددی منجر شده است.

عوامل بسیاری در بروز عارضه VTE تأثیرگذار هستند. در این مقاله ابتدا به شناسایی تمامی این عوامل با استفاده از بررسی مقالات قبلی و نیز استفاده از تجربه پزشکان پرداخته شده است. سپس برای تعیین

برای ادامه کار جا دارد به استخراج وسیع داده از بیماران تحت عمل جراحی پرداخته شود تا به دو نیت مورد استفاده قرار گیرد. اول این که برای اعتبار سنجی وسیعتر این مدل و رفع نقایص آن پرداخته شود. دوم این که با داشتن داده‌های کافی می‌توان از روشهای داده کاوی به استخراج مدل دیگری پرداخت که مقایسه مدل حاصل از داده کاوی را مدل ارائه شده در این مقاله می‌تواند به مدل کاملی رهنمون شود.

ساخت مدل قرار داد و چه طور می‌توان ادعا کرد که مدل ارائه خطایی کمتر از روش مبتنی بر تجربه متداول دارد؟ پاسخ آن است که خطای تشخیص در روش سنتی به دلیل محدودیت علم و تجربه «یک فرد» و نیز «عدم توانایی انسان در لحاظ کردن تمام عوامل به صورت همزمان» است. در مدل ارائه شده به صورت سیستم خبره، به دلیل کنار هم قرار دادن تجربه ی «افراد» متعدد (در این مقاله ۱۵ نفر) و نیز لحاظ کردن همزمان «تمام عوامل»، احتمال بروز خطا به طرز قابل توجهی کاهش می‌یابد.

پی‌نوشت:

1- Venous Thromboembolism

References

- [1] J.F. Fuller, E.F. Fuchs, K.J. Roesler, "Influence of harmonics on power distribution system protection", IEEE Trans. Power Deli., Vol. 3, No. 4, pp. 549-557, Apr. 1988. Fowkes FJI, Price JF, Fowkes FGR. Incidence of diagnosed deepvein thrombosis in the general population: systematic review. Eur J Vasc Endovasc Surg. 25: 1-5, 2003.
- [2] E.H. Miller, "A note on reflector arrays", IEEE Trans. Ante. Prop., to be published. D. Kirschner, "Using mathematics to understand HIV immune dynamics", AMS notices, pp. 191-202, 1996.
- [3] A.S. Perelson, P.W. Nelson, "Mathematical analysis of HIV-1 dynamics in vivo", SIAM rev., Vol. 41, pp. 3-44, 1999.
- [4] M.A. Nowak, R.M. May, Virus Dynamics: Mathematical Principles of Immunology and Virology. New York: Oxford Univ. Press, 2000.
- [5] I.K. Craig, X. Xia, J.W. Venter, "Introducing HIV/AIDS education into the electrical engineering curriculum at the University of Pretoria", IEEE Trans. Educ., Vol. 47, No. 1, pp. 65-73, 2004.
- [6] W.Y. Tan, H. Wu, "Stochastic modeling of the dynamics of CD4+ T-cell infection by HIV and some monte carlo studies", Mathematical Biosciences, 147, pp 173 - 205, 1998.
- [7] Ge. Shuzhi Sam, Senior Member, IEEE, Zhiling Tian, and Tong Heng Lee, Member, IEEE, "Nonlinear control of a dynamic model of HIV-1", IEEE Trans. on Biomedical Engineering, Vol. 52, No. 3 March 2005.
- [8] J.A. Heit, M.D. Silverstein, D.N. Mohr, et al, "The epidemiology of venous thromboembolism in the community", Thromb Haemos, 86: 452-63, 2001.
- [9] P.D. Stein, K.C. Patel, N.K. Kalra, et al, "Deep venous thrombosis in a general hospital", 122: 960-62, 2002.
- [10] W.D. Kniffin, J.A. Baron, J. Barrett, J.D. Birkmeyer, F.A. Anderson Jr, "The epidemiology of diagnosed pulmonary embolism and deep venous thrombosis in the elderly", Arch Intern Med, 154: 861-66, 1994.
- [11] P.A Kyrle MD, Prof S Eichinger MD Medical University of Vienna, Department of Internal Medicine I, Währinger Gürtel 18-20, 1090 Vienna, Austria.
- [12] Caprini JA. Thrombosis risk assessment as a guide to quality patient care. Dis Mon. 2005; 51: 70 -78.
- [13] A.T. Cohen, R. Alikhan, Arcelus, et al. Assessment of venous thromboembolism risk and the benefit of thromboprophylaxis in medical patients. Thromb Haemost. 2005; 94: 750 -759.
- [14] N. Kucher, S. Koo, R. Quiroz, et al, "Electronic alerts to prevent venous thromboembolism among hospitalized patients", N. Engl J. Med., 352: 969-977, 2005.
- [15] P.D. Stein, K.C. Patel, N.K. Kalra, et al, "Deep venous thrombosis in a general hospital", Chest, 122: 960-62, 2002.
- [16] R.K. Patel, J. Lambie, L. Bonner, R. Arya, "Venous thromboembolism in the black population", Arch Int. Med., 164: 1348-49, 2004.
- [17] A.L. Klatsky, M.A. Armstrong, J. Poggi, "Risk of pulmonary embolism and/or deep venous thrombosis In Asian-Americans", Am J Cardiol, 85: 1334-37, 2000.
- [18] M. Cushman, A.W. Tsai, R.H. White, et al, "Deep vein thrombosis and pulmonary embolism in two cohorts: The longitudinal investigation of thromboembolism etiology", J Med, 117: 19-25, 2004.
- [19] F.A. Anderson, H.B. Wheeler, R.J. Goldberg, et al, "A population-based perspective of the hospital incidence and case-fatality rates of deep vein thrombosis and pulmonary embolism: the Worcester DVT Study", Arch Int. Med., 151: 933-38, 1991.
- [20] W.H. Geerts, D. Bergqvist, G.F. Pineo, et al, "Prevention of venous thromboembolism: American college of Chest Physicians evidence-based clinical practice guidelines", (8th edition). Chest, 133: 381- 453, 2008.
- [21] S. Kalate, "Modeling deep venous thromboprophylaxis by fuzzy method", MS thesis, Dept. of Electrical Engineering, University of Tarbiat modares, 1390.