مجله دانشکده پزشکی اصفهان
سال سی و چهارم/شماره‌ی ۴۱۶/هفته‌ی چهارم اسفند ماه ۱۳۹۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۷

تشخیص سردرد میگرنی با طراحی یک سیستم خبره‌ی فازی و به کارگیری الگوریتم یادگیری Learning from Examples (LFE)

منیره خیام‌نیا[۱]، محمدرضا یزدچی[۲]، محسن فروغی‌پور[۳]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: سردرد میگرنی یکی از انواع سردردها به شمار می‌رود که از شیوع به نسبت بالایی برخوردار است. اولین قدم برای شروع فرایند درمان، تشخیص آن می‌باشد. از آن‌جایی که منطق فازی توانایی بسیار بالایی در توصیف مفاهیم غیر دقیق و مبهم دارد، از این ابزار جهت مدل‌سازی استفاده می‌شود. هدف از انجام پژوهش حاضر، تشخیص سردرد میگرنی با استفاده از منطق و سیستم‌های فازی بود.

روش‌ها: با استفاده از منطق فازی و الگوریتم Learning from Examples (LFE)، سیستم خبره‌ای جهت تشخیص میگرن ارایه شد که در آن از موتور استنتاج فازی، مدل استنتاج Mamdani با مشخصه‌های Max-Min به عنوان عملگرهای AND-OR و روش مرکز جرم (Centroid) برای غیر فازی‌سازی استفاده شد.

یافته‌ها: با استفاده از اطلاعات ۱۴۸ بیمار، سیستم تشخیص میگرن با الگوریتم LFE آموزش داده شد و به طور متوسط ۸۰ قاعده اگر- آنگاه فازی برای سیستم به دست آمد. صحت سیستم آموزش دیده، ۹۷ درصد و دقت، حساسیت و ویژگی سیستم به ترتیب ۸۰، ۷۰ و ۹۴ درصد گزارش شد. در ارزیابی سیستم تشخیص میگرن با کمک شخص خبره مشخص گردید که سیستم تا ۸۱ درصد توانایی تشخیص درست را دارد.

نتیجه‌گیری: با توجه به این که قواعد زبانی گرفته شده از شخص خبره ممکن است کامل نباشد و با توجه به اهمیت تشخیص به موقع و همچنین، نتایج مطلوب حاصل از به کارگیری الگوریتم یادگیری LFE و ارزیابی سیستم خبره‌ی پیشنهاد شده، این سیستم می‌تواند در تشخیص سردردهای میگرنی بسیار مفید عمل نماید.

واژگان کلیدی: سردرد، میگرن، سیستم استنتاج فازی، الگوریتم Learning from Examples (LFE)، تشخیص

ارجاع: خیام‌نیا منیره، یزدچی محمدرضا، فروغی‌پور محسن. **تشخیص سردرد میگرنی با طراحی یک سیستم خبره‌ی فازی و به کارگیری الگوریتم یادگیری Learning from Examples (LFE).** مجله دانشکده پزشکی اصفهان ۱۳۹۵؛ ۳۴ (۴۱۶): ۱۶۸۵-۱۶۸۰

مقدمه

میگرن، نوعی سردرد ضربان‌دار و تپش‌دار است که اغلب به شکل دردی مبهم شروع و به دردی تپنده و کوبنده تبدیل می‌شود. تشخیص بیماری میگرن از روی علایم و نشانه‌های آن امکان‌پذیر است، اما نزدیک بودن علایم و مشابه بودن آن‌ها با علایم انواع دیگر سردرد به ویژه سردردهای عصبی و خوشه‌ای، بیشتر پزشکان به ویژه پزشکان کم‌تجربه را در تشخیص آن دچار اشتباه می‌کند. در اکثر مواقع پزشکان علاوه بر بررسی خصوصیات درد، جهت تشخیص علت سردرد اغلب یک معاینه‌ی بالینی کامل شامل بررسی نبض و فشار خون، بررسی کامل دستگاه عصبی مرکزی و معاینه‌ی چشم انجام می‌دهند (۱).

همچنین، گاهی لازم است علاوه بر اقدامات فوق، از روش‌های تصویربرداری [Computerized tomography (CT) اسکن) یا Magnetic resonance imaging (MRI)]، الکترونسفالوگرافی (ثبت نوار مغزی)، بررسی میدان بینایی و آزمایش خون نیز برای تشخیص علت سردرد استفاده شود. این آزمایش‌ها برای دخیل ندانستن دلایل دیگر سردردها انجام می‌گیرد. سیستم‌های فازی می‌توانند نقش مهمی در تشخیص بیماری‌ها ایفا نمایند (۱۰-۲). Sanchez، دانش پزشکی متخصص را به عنوان رابطه‌ی فازی بین علایم و بیماری نشان داد (۱) و Adlassnig نیز با دقت به شرح این موضوع پرداخت (۴). Ahn و همکاران با استفاده از یک جدول مصاحبه، روشی را بر

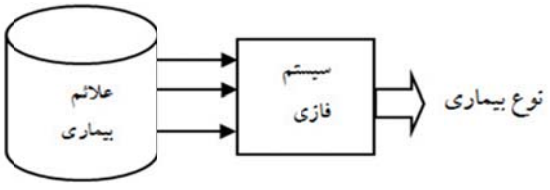
۱- دانشجوی دکتری ریاضی کاربردی، دانشکده‌ی ریاضی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
۲- دانشیار، گروه مهندسی پزشکی، دانشکده‌ی فنی و مهندسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
۳- دانشیار، گروه مغز و اعصاب، دانشکده‌ی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران
نویسنده‌ی مسؤول: منیره خیام‌نیا
Email: mmmkhayam@gmail.com

اساس رابطه‌ی بین علایم و بیماری سردرد ارایه نمودند (۱۱).

اساس یک سیستم استنتاج فازی شامل چهار بخش اصلی «فازی‌سازی، موتور استنتاج، پایگاه داده و غیر فازی‌سازی» می‌باشد. به دو روش می‌توان قواعد اگر- آنگاه فازی را برای یک سیستم فازی ارایه نمود. اول این که می‌توان به طور مستقیم آن‌ها را از شخص خبره گرفت و یا این که قواعد را به کمک روش‌های یادگیری خودکار برای سیستم فازی تولید کرد. قواعد اگر- آنگاه فازی گرفته شده از شخص خبره ممکن است کامل نباشد و تجربیات گذشته‌ی شخص خبره همه‌ی موارد را پوشش ندهد. به همین دلیل سیستم‌هایی که بر پایه‌ی شخص خبره بنا نهاده شده است، ممکن است که از صحت پایینی برخوردار باشد. در چنین موقعیتی، توسعه‌ی روش‌هایی که به طور خودکار و با کمک داده‌های موجود و محدود سیستم را آموزش دهد، بسیار عملی خواهد بود. در سال‌های اخیر روش‌های زیادی برای تولید خودکار قواعد اگر- آنگاه فازی از داده‌های آموزشی ارایه شده است (۱۴-۱۲). یکی از روش‌های موجود، الگوریتم LFE (Learning from examples) می‌باشد. در این مطالعه سعی گردید ابتدا سیستمی ارایه شود که تجربه و دانش فرد خبره را مدل‌سازی کند و به تشخیص میگرن بپردازد. سپس به کمک الگوریتم LFE و بدون کمک از شخص خبره، سیستم را طراحی و در پایان نتایج به دست آمده را با هم مقایسه نمود و نشان داد که صحت سیستمی که با الگوریتم LFE مدل‌سازی می‌شود، بالاتر است.

روش‌ها

سیستم خبره‌ی فازی: به کمک نظریه‌ی فازی (Fuzzy theory) می‌توان مفاهیم غیر دقیق و مبهم را مدل‌سازی کرد. ابهام و عدم قطعیت در علم پزشکی امری بدیهی و مربوط به ذات و ماهیت پزشکی است. با استفاده از تئوری Fuzzy می‌توان سیستم‌هایی طراحی نمود که مفاهیم و اصطلاحات زبانی و غیر دقیق را مدل‌سازی کرد. در شکل ۱ شمای کلی مدل تطبیقی تشخیص بیماری با استفاده از سیستم فازی نشان داده شده است.



شکل ۱. نحوه‌ی عملکرد سیستم فازی

سیستم ارایه شده در پژوهش حاضر با استفاده از جعبه‌ی ابزار FIS در نرم‌افزار MATLAB طراحی شد و در ابتدا به تشریح متغیرهای ورودی و متغیر خروجی و توابع عضویت آن‌ها پرداخت. سپس پایگاه قواعد اگر- آنگاه فازی را تولید کرد و در نهایت، فازی‌سازی و غیر فازی‌سازی را بررسی نمود.

بر اساس مطالعات اولیه در یک نمونه‌ی ۳۰ تایی، برآورد شد که سیستم تا ۷۶ درصد توانایی تشخیص دارد. به عبارت دیگر، P = ۰/۷۶ بود. سپس حجم نمونه برای ارزیابی سیستم از فرمول Cochran (زمانی که حجم جامعه نامعلوم باشد) محاسبه شد و مقدار n برابر با ۱۴۸ به دست آمد.

فرمول Cochran (زمانی که حجم جامعه نامعلوم باشد) عبارت از $n = \frac{z^{2}_{\alpha/2}\, p\,(1-p)}{d^{2}}$ است که در آن $z^{2}_{\alpha/2}$ به فاصله‌ی اطمینان و سطح خطا (∝) بستگی دارد. هرگاه سطح خطا ۰/۰۵ در نظر گرفته شود، سطح اطمینان برابر با ۰/۹۵ خواهد بود و $z^{2}_{\alpha/2} = 1/96$ و d = ۰/۰۵.

متغیرهای ورودی- خروجی سیستم فازی: به منظور تشخیص میگرن در این سیستم فازی، از ۹ شاخص شناسایی به عنوان متغیرهای ورودی و از تشخیص سردرد میگرنی نیز به عنوان متغیر خروجی استفاده گردید. شاخص‌های تشخیصی و متغیرهای زبانی مورد استفاده در قوانین در جدول ۱ ارایه شده است.

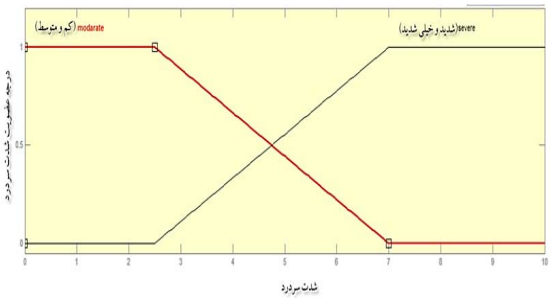
جدول ۱. شاخص‌های تشخیصی و متغیرهای زبانی مورد استفاده در قوانین

شاخص تشخیص	متغیر زبانی
استفراغ	دارد، ندارد
اورا	دارد، ندارد
تشدید با بوهای خاص	تشدید می‌شود، نمی‌شود
بهبود با بخور دادن (یا فین کردن)	بهبود می‌یابد، نمی‌یابد
محل سردرد	یک‌طرفه، دو طرفه، تمامی سر و صورت
کیفیت سردرد	ضربان‌دار، غیر ضربان‌دار
شدت سردرد	کم و متوسط، شدید و خیلی شدید
مدت سردرد	کمتر از ۴ ساعت، چند ساعت تا چند روز (۳ روز)، چند روز تا چند هفته (۴ هفته)، چند هفته تا چند ماه
سابقه‌ی سردرد	چند روز، چند هفته، چند ماه، چند سال

به طور مثال، یکی از شاخص‌های شناسایی، شدت سردرد می‌باشد که به صورت متغیرهای زبانی «شدت سردرد کم و متوسط، شدید و خیلی شدید» در نظر گرفته می‌شود. مجموعه‌ی فازی سردرد کم و متوسط به صورت trapmf(0,0,2.5,7) و مجموعه‌ی فازی سردرد شدید و خیلی شدید نیز به صورت trapmf(2.5,7,10,10) و هر دو به صورت تابعی ذوزنقه‌ای می‌باشند (شکل ۲).

$$\mu_{\text{کم و متوسط}}(x)=\begin{cases}1 & ,x\le\frac{5}{2}\\ \frac{-2}{9}\left(x-7\right) & ,\frac{5}{2}\le x\le 7\\ 0 & ,x\ge 7\end{cases}$$

$$\mu_{\text{شدید و خیلی شدید}}(x)=\begin{cases}0 & ,x\le\frac{5}{2}\\ \frac{2}{9}\left(x-\frac{5}{2}\right) & ,\frac{5}{2}\le x\le 7\\ 1 & ,x\ge 7\end{cases}$$



شکل ۲. تابع عضویت شدت سردرد

پایگاه قواعد اگر- آنگاه فازی به کمک شخص خبره: این بخش شامل قواعد فازی ارایه شده برای سیستم است. این قواعد که با مشورت متخصص خبره صورت می‌گیرد، به صورت ۴۰ قاعده‌ی اگر- آنگاه مشخص است و به شکل رابطه‌ی ۱ در سیستم ذخیره می‌شود.

رابطه‌ی ۱

$$\text{if } x_1 \text{ is } A_1^1, x_2 \text{ is } A_2^1, \dots\dots, x_9 \text{ is } A_9^1 \text{ then } y = B^1$$

بعد از ترجمه‌ی مفاهیم غیر دقیق، ارزش منطقی هر قاعده‌ی فازی (Fuzzy Rule) با به کار گیری استدلال فازی (Fuzzy reasoning) مشخص می‌گردد (۱۶-۱۵). در استدلال فازی با استفاده از ترکیب عملگرهای AND و OR و مکمل‌گیری فازی سعی می‌شود نتیجه‌ی خاصی از قواعد فازی و واقعیت‌های شناخته شده گرفته شود.

فازی‌سازی و غیر فازی‌سازی: در این مرحله مدل‌های مختلف برای تعیین ویژگی‌های استنتاج فازی بررسی گردید. از آن‌جایی که مدل فازی Mamdani به خوبی قادر به ارایه تجارب انسانی است، این مدل با مشخصه‌های Max-Min به عنوان عملگرهای OR و AND و روش مرکز جرم (Centroid) برای غیر فازی‌سازی نهایی می‌شود.

الگوریتم LFE: Wang و Mendel در سال ۱۹۹۲ با آموزش سیستم به کمک داده‌های موجود، الگوریتمی را برای تولید قواعد فازی و ایجاد سیستم فازی ارایه نمودند که این الگوریتم شامل پنج گام اساسی می‌باشد. در گام اول، فضای ورودی و خروجی به نواحی فازی تقسیم و در گام دوم قواعد فازی ساخته می‌شود. در گام سوم، به هر قاعده بر اساس درجات توابع عضویت درجه ای اختصاص می‌یابد. در گام چهارم قواعد فازی ترکیب می‌گردد. در نهایت، مشخص نمودن نگاشت برای تعیین خروجی در گام پنجم صورت می‌گیرد (۱۴).

در پژوهش حاضر، اطلاعات ۱۴۸ بیمار مبتلا به سردرد که در بیمارستان قائم مشهد درمان شده بودند، به عنوان داده‌های موجود در نظر گرفته شد که ۸۰ درصد این داده‌ها به عنوان داده‌های آموزش (Training data) و ۲۰ درصد داده‌ها به عنوان داده‌های آزمون (Testing data) بودند که با داده‌های آموزش سیستم تعلیم داده شد و قواعد اگر- آنگاه فازی تولید گردید و با داده‌های آزمون نیز توانایی تعمیم به سیستم استنتاج فازی ارزیابی شد. فرض می‌شود که مجموعه‌ی A شامل داده‌های آموزش به صورت زیر باشد:

$$A=\left\{a_1,a_2,\dots\dots,a_m\right\}$$

که در آن هر a_i در مجموعه‌ی A، جفت مقدار ۹ ورودی، ۱ خروجی را به صورت زیر نشان می‌دهد:

$$a_i=\left(\left(x_{i1},x_{i2},\dots\dots,x_{i9}\right),y_i\right)$$

در این بخش ابتدا درجه‌ی هر یک از $x_{i1}, x_{i2}, \dots\dots, x_{i9}$ و y_i در مجموعه‌های مختلف فازی مربوط به دست آمد. سپس مجموعه‌ای با بزرگ‌ترین درجه به هر یک اختصاص داده می‌شود و به این شکل قاعده‌ای برای هر جفت داده ورودی- خروجی ارایه می‌گردد.

در مرحله‌ی بعد برای هر قاعده درجه‌ای به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$D(\text{rule(i)})=\mu\left(x_{i1}\right).\mu\left(x_{i2}\right)\dots\dots\mu\left(x_{i9}\right).\mu(y_i)$$

اگر بیشتر از یک قاعده موجود باشد که قسمت فرض آن‌ها یکسان و قسمت نتیجه متفاوت باشد، قاعده‌ای که درجه‌ی بالاتری دارد، در نظر گرفته می‌شود و به این شکل مجموعه‌ی فشرده‌ای از قواعد به دست می‌آید (۱۴). در پژوهش حاضر به روش 10-fold Cross Validation، سیستم با ۸۰ درصد از داده‌ها تعلیم داده شد که به طور میانگین ۸۱ قاعده اگر- آنگاه فازی برای سیستم به دست آمد.

یافته‌ها

سیستم طراحی شده‌ی تشخیص سردرد با استفاده از دانش شخص خبره، بر روی اطلاعات ۱۴۸ بیمار مبتلا به سردرد ارزیابی شد. جهت محاسبه‌ی میزان انطباق نتایج سیستم با واقعیت، صحت سیستم بررسی گردید و ۸۱ درصد به دست آمد. برای نشان دادن کارایی و توان سیستم از مشخصه‌های دقت، حساسیت و ویژگی سیستم استفاده شد و به ترتیب ۸۸، ۸۲ و ۷۹ درصد به دست آمد. در جدول ۲ درستی سیستم تشخیص سردرد میگرن نشان داده شده است.

جدول۲. درستی سیستم تشخیص میگرن به کمک شخص خبره

سیستم / نظر پزشک	میگرن ندارد	میگرن دارد	جمع
میگرن ندارد	۴۱	۱۱	۵۲
میگرن دارد	۱۷	۷۹	۹۶
جمع	۵۸	۹۰	۱۴۸

در این سیستم برای سنجش میزان ارتباط بین تشخیص ثبت شده در پرونده با تشخیص سیستم و برای تعیین کارایی و عملکرد سیستم، با استفاده از آزمون دو جمله‌ای (Binomial test) وآزمون χ^2، نتیجه شد که نسبت تشخیص درست و نادرست، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشت.

سیستم طراحی شده با الگوریتم LFE نیز بر روی ۲۰ درصد از داده‌ها ارزیابی شد. در هر بار ارزیابی، مشخصه‌های صحت، دقت، حساسیت و ویژگی محاسبه گردید. با انجام ۱۰ بار آموزش سیستم، میانگین صحت برای سیستم ۹۷ درصد به دست آمد و همچنین، میانگین دقت، حساسیت و ویژگی سیستم به ترتیب ۸۰، ۷۰ و ۹۴ درصد گزارش شد.

بحث

میگرن یکی از شایع‌ترین سردردها محسوب می‌شود. چند دلیل برای بیماری سردرد وجود دارد. یکی این که سردرد یک بیماری نیست، بلکه طیفی از بیماری‌ها را در برمی‌گیرد و مجموعه‌ای از بیماری‌های مختلفی است که منجر به ایجاد سردرد می‌شود. در واقع، سردرد می‌تواند علامت خیلی از بیماری‌ها باشد یا خودش به تنهایی یک بیماری باشد، به همین دلیل خیلی متنوع و شایع است. از آن‌جایی که علایم اولیه‌ی میگرن و بسیاری از سردردها شباهت زیادی به هم دارد، اغلب اوقات پزشکان به ویژه پزشکان کم‌تجربه را در تشخیص اولیه دچار اشتباه می‌کند. از این‌رو، به سبب اشتباهاتی که در تشخیص رخ می‌دهد، سیستم‌هایی که از دانش موجود استفاده می‌کنند و به حمایت از وظایف پزشکان می‌پردازند، مهم و ارزنده خواهند بود (۵-۳، ۱).

سیستم‌های ارایه شده در پژوهش حاضر با به کارگیری منطق فازی در توصیف مفاهیم غیر دقیق و مبهم و با استفاده از تجربه و دانش فرد خبره و همچنین، الگوریتم LFE مدل‌هایی را طراحی نمودند که منجر به تشخیص میگرن شد. با توجه به این که قواعد زبانی که از شخص خبره گرفته می شود، ممکن است کامل نباشد و نیز اهمیت تشخیص به موقع و نتایج مطلوب حاصل از به کارگیری الگوریتم یادگیری LFE و ارزیابی سیستم خبره‌ی پیشنهادی و مقایسه‌ی نتایج حاصل از این سیستم با سیستم طراحی شده به کمک دانش شخص خبره، نتایج نشان می‌دهد که الگوریتم LFE می‌تواند در تشخیص سردردهای میگرنی بسیار مفید باشد و صحت و درستی سیستم تشخیصی را به طور چشمگیری افزایش دهد. البته می‌توان در آینده به ارزیابی‌سیستم با استفاده از داده‌های متنوع‌تر و بیشتری پرداخت و همچنین، دامنه‌ی تشخیصی سیستم را در مورد سایر سردردهای شایع گسترش داد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از سرکار خانم مرضیه طاهری، کارشناس ارشد آمار بیمارستان صدیقه‌ی طاهره (س) اصفهان و سرکار خانم منیر ضیافتی صدیق، تکنسین نوار مغز و همچنین، کلیه‌ی کارکنان بیمارستان قائم مشهد که در انجام این پژوهش همکاری نمودند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

References

1. Sanchez E. Resolution of composite fuzzy relation equations. Inf Control 1976; 30(1): 38-48.
2. Sanchez E. Truth-qualification and fuzzy relations in natural languages, application to medical diagnosis. Fuzzy Set Syst 1996; 84(2): 155-67.
3. Sikchi SS, Sikchi S, Ali MS. Fuzzy expert systems (FES) for medical diagnosis. Int J Comput Appl 2013; 63(11): 7-16.
4. Adlassnig K. Fuzzy set theory in medical diagnosis. IEEE Trans Syst Man Cybern 1986; 16(2): 260-5.
5. Phuong NH, Kreinovich V. Fuzzy logic and its applications in medicine. Int J Med Inform 2001; 62(2-3): 165-73.
6. De SK, Biswas R, Roy AR. An application of intuitionistic fuzzy sets in medical diagnosis. Fuzzy Set Syst 2001; 117(2): 209-13.
7. Yao JF-F, Yao JS. Fuzzy decision making for medical diagnosis based on fuzzy number and compositional rule of inference. Fuzzy Set Syst 2001; 120(2): 351-66.
8. Smets P. Medical diagnosis: Fuzzy sets and degrees of belief. Fuzzy Set Syst 1981; 5(3): 259-66.

9. Kim YH, Kim SK, Oh SY, Ahn JY. A fuzzy differential diagnosis of headache. J Korean Data Inf Sci Soc 2007; 18(2): 429-38.
10. Ahn JY, Kim YH, Kim SK. A Fuzzy differential diagnosis of headache applying linear regression method and fuzzy classification. IEICE T Inf Syst 2003; E86-D(12): 2790-3.
11. Ahn JY, MUN KS, Kim YH, Oh SY, HAN BS. A Fuzzy Method for Medical Diagnosis of Headache. IEICE T Inf Syst 2008; E91-D(4): 1215-7.
12. Burkhardt DG, Bonissone PP. Automated fuzzy knowledge base generation and tuning. Proceedings of 1st IEEE International Conference on Fuzzy Systems; 1992 Mar 8-12; San Diego, CA, USA. p. 179-88.
13. Nomura H, Hayashi I, Wakami N. A learning method of fuzzy inference rules by descent method. Proceedings of 1st IEEE International Conference on Fuzzy Systems; 1992 Mar 8-12; San Diego, CA, USA. p. 203-10.
14. Wang LX, Mendel JM. Generating fuzzy rules by learning from examples. IEEE Trans Syst Man Cybern 2017; 22(6): 1414-27.
15. Kia SM. Fuzzy logic using MATLAB. Tehran, Iran: Kian Rayane Sabz Publications; 2010. [In Persian].
16. Siler W, Buckley JJ. Fuzzy expert systems and fuzzy reasoning. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons, Inc.; 2005.

Journal of Isfahan Medical School
Received: 04.01.2017
Vol. 34, No. 416, 4th Week, March 2017
Accepted: 25.02.2017

The Recognition of Migraine Headache by Designing Fuzzy Expert System and Using Learning from Examples (LFE) Algorithm

Monireh Khayamnia[1], Mohammadreza Yazdchi[2], Mohsen Foroughipour[3]

Original Article

Abstract

Background: The migraine headache is a kind of most populated headache which its prevalence rate is so high. The first step for starting the treatment is the recognition stage. In addition, the fuzzy logic has good power for describing enigmatic and imprecise aspects; so, this tool could be used for the system modeling. This research aimed to recognize the migraine via using fuzzy logic and systems.

Methods: A fuzzy expert system for diagnosis of migraine via Learning from Examples (LFE) algorithm was presented. Mamdani model was used in fuzzy inference engine using Max-Min as Or-And operators and Centroid method was used as defuzzification technique.

Findings: Using the data of 148 patients, the migraine diagnostic system was trained by LFE algorithm and in average, 80 pieces of If-Then rules were produced for fuzzy system. The accuracy, precision, sensitivity, and specificity of the system were 97%, 80%, 70%, and 94%, respectively. Using the migraine diagnostic system by human experts, it was proved that the system had the ability of correct recognition by the rate of 81%.

Conclusion: As the linguistic rules may be incomplete when human expert express their knowledge and according to importance of early diagnosis and favorable results, the LFE training algorithm is more effective than human experts system for recognition of migraine headache.

Keywords: Headache, Migraine, Fuzzy expert system, Learning from examples (LFE) algorithm, Recognition

Citation: Khayamnia M, Yazdchi M, Foroughipour M. **The Recognition of Migraine Headache by Designing Fuzzy Expert System and Using Learning from Examples (LFE) Algorithm.** J Isfahan Med Sch 2017; 34(416): 1680-5.

1- PhD Candidate of Applied Mathematics, Department of Mathematics, School of Mathematics, Tehran Payame Noor University, Tehran, Iran
2- Associate Professor, Department of Biomedical Engineering, School of Engineering, University of Isfahan, Isfahan, Iran
3- Associate Professor, Department of Neurology, School of Medicine, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran
Corresponding Author: Monireh Khayamnia, Email: mmmkhayam@gmail.com