مقاله پژوهشی

مجله انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی
مرکز تحقیقات انفورماتیک پزشکی
دوره اول شماره اول. ص ۲۵-۱۹، ۱۳۹۳

سیستم خبره فازی تشخیص مننژیت باکتریال از سایر مننژیت‌ها در کودکان

مصطفی لنگری‌زاده[۱]،عصمت خواجه‌پور[۲]*، حسن خواجه‌پور[۳]، طیبه نوری[٤]

•دریافت مقاله: ۹۳/۸/۲۰ •پذیرش مقاله: ۹۳/۹/۱۷

مقدمه: مننژیت باکتریال نیاز به تشخیص و درمان به موقع دارد. در غیر این صورت، میزان مرگ و میر و عوارض نسبتاً زیادی دارد. در مراحل اولیه بیماری، افتراق مننژیت باکتریال که خطرناک‌ترین نوع مننژیت محسوب می‌شود از انواع بی خطر آن امری پیچیده و با خطای بالایی همراه است. از این رو در این پژوهش با استفاده از منطق فازی، سیستم خبره‌ای ارائه شده است که مننژیت باکتریال را از انواع دیگر مننژیت افتراق می‌دهد.

روش: در سیستم خبره ارائه شده از دو موتور استنتاج فازی (تشخیص مننژیت باکتریال و پیشنهاد LP مجدد)، استفاده شده است. در هر دو موتور استنتاج، مدل ممدانی با مشخصه‌های min-max به عنوان عملگرهای OR-AND و روش مرکز جرم (Centroid) برای غیرفازی‌سازی، به کار گرفته شده است.

نتایج: زیرسیستم استنتاج تشخیص مننژیت باکتریال با استفاده از اطلاعات ۱۰۶ بیمار مبتلا به مننژیت، ارزیابی شد. صحت، حساسیت و دقت سیستم به ترتیب ۹۲، ۱۰۰ و ۸۹ درصد بود. سطح زیر منحنی ROC، ۰/۹۴۷ و ضریب کاپا توافق ۰/۸۳ (p<۰/۰۰۱) بین تشخیص سیستم و تشخیص پزشک را نشان داد. زیر سیستم پیشنهاد LP مجدد نیز توسط اطلاعات ۷۵ بیمار مبتلا به مننژیت غیرباکتریال، ارزیابی شد. صحت، حساسیت و دقت سیستم به ترتیب ۹۶، ۱۰۰ و ۹۵ درصد بود. سطح زیر منحنی ROC، ۰/۹۶ و ضریب کاپا توافق ۰/۸۷ (p<۰/۰۰۱) بین تشخیص سیستم و تشخیص پزشک را نشان داد.

نتیجه‌گیری: با توجه به پیچیدگی تشخیص مننژیت باکتریال و اهمیت تشخیص به موقع و نیز نتایج مطلوب حاصل از به‌کارگیری و ارزیابی سیستم خبره پیشنهادی، این سیستم می‌تواند در تشخیص و افتراق مننژیت حاد باکتریال از سایر مننژیت‌ها مفید باشد، اما لازم است مطالعات بیشتر با داده‌های متنوع‌تر و بیشتر برای ارزیابی بهتر و تأیید سیستم، انجام شود.

کلید واژه‌ها: مننژیت باکتریال، سیستم خبره، منطق فازی، کودکان

ارجاع: لنگری‌زاده مصطفی، خواجه‌پور عصمت، خواجه‌پور حسن، نوری طیبه. سیستم خبره فازی تشخیص مننژیت باکتریال از سایر انواع مننژیت در کودکان. مجله انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی ۱۳۹۳؛ ۱(۱): ۲۵-۱۹.

۱. استادیار، گروه مدیریت اطلاعات بهداشتی درمانی، دانشکده مدیریت و اطلاع رسانی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

۲. کارشناس ارشد انفورماتیک پزشکی، معاونت درمان دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، رفسنجان، ایران

۳. دانشجوی دکتری مهندسی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران ، تهران، ایران

٤. کارشناس ارشد مدیریت اطلاعات سلامت، گروه فن آوری اطلاعات سلامت، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، زاهدان، ایران

***نویسنده مسؤول:** رفسنجان، بلوار امام علی (ع)، دفتر مرکزی دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، طبقه دوم معاونت درمان، اتاق ۲۲۵

•**شماره تماس:** ۰۹۱۳۳۹۰۷۰۴۷ •**Email:** e_khajehpoor@yahoo.com

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]

مقدمه

منتژیت یکی از بیماری‌های عفونی خطرناک و نگران‌کننده است که پرده منتژ مغز را درگیر می‌کند [۳-۱]. این بیماری در ۹۰ درصد موارد در سنین کودکی رخ می‌دهد [۴]. منتژیت یکی از پر عارضه‌ترین و مرگ‌بارترین بیماری‌های کودکان محسوب می‌شود، زیرا در این سنین پاسخ ایمنی نسبت به عوامل بیماری‌زا ضعیف است و این دلیل عمده ابتلاء کودکان به منتژیت می‌باشد و می‌تواند باعث مرگ یا عوارضی شود که ممکن است سال‌های طولانی با کودک همراه باشد [۵].

منتژیت بر اساس عامل ایجادکننده می‌تواند خطرناک و یا بی خطر باشد. نوع باکتریال آن بسیار خطرناک و کشنده بوده و نیاز به تشخیص سریع دارد، در حالی که انواع دیگر یا نادر بوده یا خطر بزرگی محسوب نمی‌شوند [۳،۶،۷-۱]. برای افتراق منتژیت باکتریال از انواع دیگر نیاز به کشت مایع مغزی نخاعی است. انجام کشت ۲۴ تا ۴۸ طول می‌کشد. طی این مدت بیماری پیشرفت کرده و ممکن است منجر به عوارض شدید و یا حتی مرگ شود. از این رو باید با اولین آزمایش خون و مایع مغزی نخاعی (Cerebrospinal fluid= CSF)، بیماری تشخیص داده شده و درمان آن شروع شود. تشخیص نوع باکتریال منتژیت نسبت به سایر انواع آن، مشکل، پیچیده و چالش‌برانگیز است [۲،۸]. در تشخیص بیماری‌های عفونی، سیستم‌های کامپیوتری می‌توانند نقش ارزنده‌ای داشته باشند. در مورد بیماری‌هایی مانند منتژیت این مسئله اهمیت بیشتری دارد [۸،۹].

سیستم‌های مختلفی برای تشخیص و افتراق منتژیت باکتریال از انواع دیگر منتژیت و بیماری‌های مشابه ارائه شده است. نمونه‌هایی از آنها با استفاده از تحلیل مبتنی بر مورد (Case Based Reasoning)، [۹] و روش‌های ریاضی تعیین حد آستانه [۱۰]، توسعه یافته‌اند. اکامپو (Ocampo) و همکارانش یک سیستم خبره استدلال بر اساس مورد و قانون (Rule Based Reasoning) ارائه کردند. این سیستم به موارد ذخیره شده در پایگاه موارد (Case Base) خود وابستگی دارد و با کمتر شدن دانش کاربر، توان سیستم در تشخیص صحیح، کاهش می‌یابد [۹]. سیستم دیگری توسط فرانکویس (Francois) و همکاران با استفاده از تحلیل آماری ۳۲۹ بیمار ارائه شد که بیماران را در سه گروه باکتریال، ویروسی و نامشخص، طبقه‌بندی کرد. این سیستم با وجود توان بالا، وابسته به جامعه آماری اولیه است [۱۰].

در این پژوهش سعی شده سیستمی ارائه شود که تجربه و دانش افراد خبره را مدل‌سازی کند. به علت توانایی بسیار بالای منطق فازی در توصیف مفاهیم غیردقیق و مبهم، از این ابزار جهت این مدل‌سازی استفاده می‌شود. ابزار فازی برای بیماری‌هایی مانند منتژیت که مفاهیم ریاضی با تجربیات و مفاهیم انسانی در هم آمیخته شده‌اند، می‌تواند مفید باشد [۱۱].

روش

بر طبق منطق ارسطویی، برای هر گزاره، وضعیت درست-غلط، سفید-سیاه یا ۰-۱ وجود دارد [۱۱،۱۲]. اما در دنیای واقعی، گزاره‌ها در اکثر موارد خاکستری یعنی غیردقیق هستند. ابهام و عدم قطعیت در علم، معمول است. این مسئله در تشخیص بیماری‌ها امری بدیهی و مربوط به ذات و ماهیت پزشکی است. زیرا بیماری‌ها به صورت و اشکال و همچنین با شدت و سختی متفاوتی ظاهر می‌شوند. در حقیقت بهترین تعاریفی که برای علائم و بیماری‌ها وجود دارد با استفاده از اصطلاحات زبانی مبهم و غیردقیق ارائه می‌شود [۱۱].

اما چگونه می‌توان مفاهیم غیردقیق و مبهم را مدل کرد و سیستم‌هایی ارائه داد که این مفاهیم را بفهمند و قابلیت درگیر شدن در مسائل پیچیده را داشته و دانش افراد متخصص و خبره را در اختیار افراد غیر متخصص قرار دهند. پرفسور لطفی زاده تئوری فازی (Fuzzy Set Theory) را ارائه کرد. تئوری فازی، مفاهیم مبهم و غیردقیق را با استفاده از مجموعه‌ها و توابع فازی برای سیستم ترجمه می‌کند [۱۱]. مثلاً مجموعه فازی تعداد گلبول سفید بسیار بالا به صورت زیر تعریف می‌شود.

تعداد گلبول سفید مایع مغزی نخاعی بسیار بالا $= \{(x, smf(900,1800)) \mid x \in M\}$

$$Smf(900,2100)\begin{cases} 0 & x < 900 \\ 2\left[\frac{x-900}{900}\right]^2 & 900 < x < 1500 \\ 1-2\left[\frac{x-2100}{900}\right]^2 & 1500 < x < 2100 \\ 1 & 2100 < x \end{cases}$$

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]

که در آن M مجموعه مادر و smf (900,2100) یک تابع عضویت S-شکل است که بر اساس شرایط مسئله طراحی شد، به گونه‌ای که تعداد گلبول‌های سفید کمتر از ۹۰۰، تعداد بسیار بالایی محسوب نمی‌شود در حالی تعداد گلبول‌ها می‌تواند به هر اندازه‌ای بالاتر از ۲۱۰۰ باشد و همواره تعداد بسیار بالایی محسوب شود. تابع عضویت هر عضو، x را به درجه‌ای از عضویت که مقدار آن بین صفر و یک است، نگاشت می‌دهد. بعد از ترجمه شدن مفاهیم غیردقیق، با استفاده از استدلال فازی (Fuzzy Reasoning)، ارزش منطقی هر قاعده فازی (Rule Fuzzy)، اگر-آنگاه مشخص می‌گردد. یک عبارت اگر-آنگاه مانند "اگر میزان گلبول سفید مایع مغزی نخاعی خیلی بالا باشد، فرد مننژیت باکتریال دارد"، است [۱۶-۱۳].

در استدلال فازی با استفاده از ترکیب عملگرهای AND و OR و مکمل‌گیری فازی، سعی می‌شود نتیجه خاصی از قواعد فازی و واقعیت‌های شناخته شده، گرفته شود [۱۵].

یک سیستم استنتاج فازی (Fuzzy Inference System)، یک مفهوم بر اساس مجموعه‌های فازی، قواعد اگر-آنگاه و استدلال فازی است. ساختار پایه سیستم فازی از سه قسمت مفهومی تشکیل شده است. بخش اول شامل پایگاه قوانین است که قواعد فازی ارائه شده برای سیستم را نگه می‌دارد. بخش دوم شامل پایگاه داده است که تابع‌های عضویت مورد استفاده در قواعد فازی را در خود نگه می‌دارد و در نهایت بخش سوم که ساز و کار استنتاج است و سعی دارد با استفاده از قواعد تابع‌های عضویت و واقعیت‌های موجود، به یک خروجی معقول برسد [۱۳،۱۴].

سیستم ارائه شده در این مقاله با استفاده از نرم‌افزار متلب (Matlab) نسخه ۷،۸،۳۴۷ طراحی شد که از دو موتور استنتاج با ورودی‌ها، خروجی‌ها و تابع‌های عضویت مجزا، تشکیل شده است. اولین موتور استنتاج به منظور تشخیص مننژیت باکتریال از انواع غیر باکتریال به کار گرفته می‌شود. این موتور استنتاج بخش اصلی سیستم است. اما موتور استنتاج دیگری برای ارائه پیشنهاد به کاربر در صورت شناسایی مننژیت غیر باکتریال، طراحی شده است. هدف اصلی این موتور به صفر رساندن احتمال از دست دادن حتی یک بیمار مبتلا به مننژیت باکتریال است. در صورتی که کوچک‌ترین شکی نسبت به تشخیص مننژیت باکتریال وجود داشته باشد، پونکسیون کمری (Lumber Puncture=LP) مجدد پیشنهاد می‌شود.

برای زیرسیستم اصلی، به منظور تشخیص مننژیت باکتریال از دیگر انواع مننژیت، ابتدا ۱۱ پارامتر شناسایی و بر اساس مفاهیم زبانی رایج در تشخیص (جدول ۱)، مجموعه‌های فازی هر یک تعریف شد. سپس با مشورت پزشکان، قوانین فازی سیستم به صورت اگر-آنگاه مشخص و در سیستم ذخیره شد. برای زیرسیستم پیشنهاد LP مجدد نیز از دو پارامتر تعداد گلبول‌های سفید مایع مغزی نخاعی و درصد پلی‌مرفونوکلئرهای (PMN) گلبول‌های سفید مایع مغزی نخاعی استفاده شد. سپس قوانین سیستم و تابع‌های عضویت آنها نیز مشخص شد. در پایان برای تعیین ویژگی‌های استنتاج فازی، مدل‌های مختلف بررسی شد. از آنجایی که مدل فازی ممدانی به خوبی قادر به ارائه تجارب انسانی است [۱۲]، این مدل با مشخصه‌های min-max به عنوان عملگرهای OR-AND و روش مرکز جرم (Centroid) برای غیرفازی‌سازی، نهایی شد. محاسبه ضریب توافقی کاپا (Kappa) و رسم منحنی ROC (Receiver Operating Characteristic) توسط نرم‌افزار SPSS.V18 صورت گرفت.

جدول ۱: پارامترهای تشخیصی ومتغیرهای زبانی مورد استفاده در قوانین

پارامتر تشخیص	متغیر زبانی
گلبول سفید مایع مغزی نخاعی	طبیعی، افزایش محدود، بالا، بسیار بالا
لکوسیت‌های پلی‌مرفونوکلئر (*Polymorphonuclear*= PMN or PML)	پایین، متعادل، بالا
پروتئین مایع مغزی نخاعی	طبیعی، بالا، بسیار بالا
رنگ‌آمیزی اسمیر	مثبت، منفی
گلبول سفید خون	طبیعی، بالا، بسیار بالا
نئوتروفیلز (neutrophils) خون	پایین، طبیعی، بالا
لنفوسیت خون	پایین، طبیعی، بالا
گلوکز خون/گلوکز مایع مغزی نخاعی	طبیعی، پایین، بسیار پایین
CRP (*C-reactive protein*)	منفی، بالا، بسیار بالا
وضعیت عمومی (هوشیاری، تب شدید، عدم شناسایی مکان و زمان)	تقریبا طبیعی، بد، خیلی بد
سن	یک سال و بیشتر، کمتر از یک سال

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]

نتایج

هر دو زیرسیستم، ارزیابی شدند. زیرسیستم تشخیص منتژیت باکتریال با استفاده از اطلاعات ۱۰۶ بیمار مبتلا به منتژیت، ارزیابی شد. این اطلاعات از پرونده بیمارانی استخراج شد که در مرکز طبی کودکان دانشگاه تهران طی سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۰ درمان شده بودند. از این تعداد ۳۱ نفر به منتژیت باکتریال و ۷۵ نفر به انواع غیرباکتریال منتژیت مبتلا بودند.

زیرسیستم دوم توسط اطلاعات ۷۵ بیمار که مبتلا به منتژیت باکتریال نبودند، ارزیابی شد. از ۷۵ بیمار، ۱۳ نفر مشکوک به منتژیت باکتریال بودند که مجدداً LP شده بودند و ۶۲ نفر نیز قطعاً منتژیت باکتریال نداشتند.

برای محاسبه میزان انطباق نتایج سیستم با واقعیت، صحت زیرسیستم تشخیص منتژیت باکتریال و زیرسیستم پیشنهاد LP مجدد، بررسی شد. در زیرسیستم تشخیص منتژیت باکتریال، صحت سیستم ۹۲ درصد و در زیرسیستم پیشنهاد LP مجدد، ۹۶ درصد به دست آمد.

برای نشان دادن کارایی و توان سیستم در تفکیک موارد مبتلا به منتژیت باکتریال از موارد منتژیت غیرباکتریال از مشخصه دقت و حساسیت استفاده شد. دقت و حساسیت زیرسیستم تشخیص منتژیت باکتریال به ترتیب ۸۹ و ۱۰۰ درصد و در مورد زیرسیستم پیشنهاد LP مجدد، ۹۵ و ۱۰۰ درصد بود.

سنجش میزان ارتباط بین تشخیص ثبت شده در پرونده با تشخیص سیستم، با استفاده از ضریب توافقی کاپا صورت گرفت. این ضریب برای زیرسیستم تشخیص منتژیت باکتریال ۰/۸۳ ($p<0/001$) و برای زیرسیستم پیشنهاد LP مجدد ۰/۸۷ ($p<0/001$) محاسبه شد(جداول ۲ و ۳). این ضریب هر چه به یک نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده انطباق بیشتر تشخیص سیستم با تشخیص ثبت شده در پرونده بیمار است[۱۷،۱۸].

جدول ۲: درستی زیرسیستم تشخیص منتژیت باکتریال

سیستم / واقعیت	باکتریال	غیرباکتریال	جمع
باکتریال	۳۱	۸	۳۹
غیرباکتریال	۰	۶۷	۶۷
جمع	۳۱	۷۵	۱۰۶

جدول ۳: درستی زیرسیستم پیشنهاد LP مجدد

زیر سیستم / واقعیت	انجام LP مجدد	عدم انجام LP مجدد	جمع
انجام LP مجدد	۱۳	۳	۱۶
عدم نیاز به LP مجدد	۰	۵۹	۵۹
جمع	۱۳	۶۲	۷۵

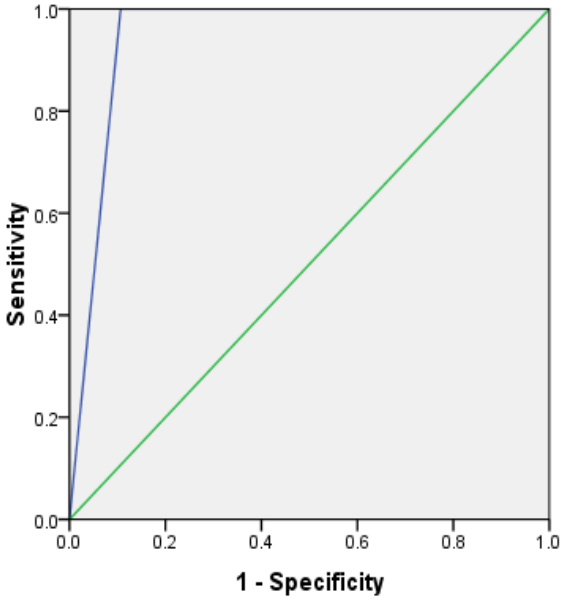
برای تفسیر مقادیر ضریب توافقی کاپا، از جدول لاندکس (Landis) و کوچ (Koch)، استفاده شد که مقادیر آن در جدول ۴ ارائه شده است[۱۸]. بر این اساس بین تشخیص سیستم با تشخیص ارائه شده از سوی پزشک در هر دو زیر سیستم، ارتباط خیلی قوی وجود دارد.

جدول ٤:تفسیرنتایج ضریب توافقی کاپا

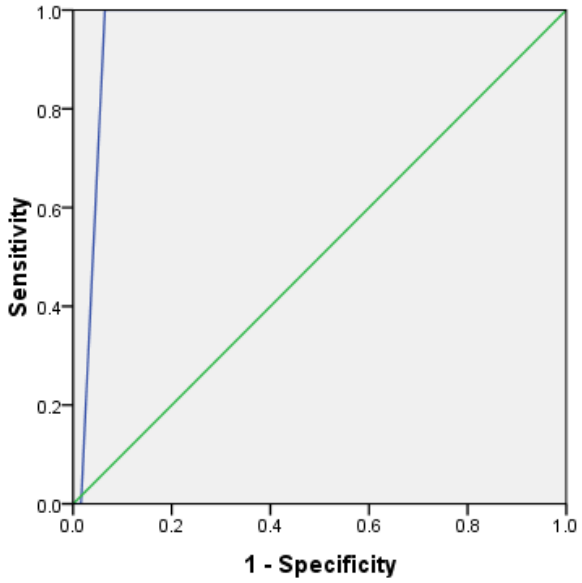
مقدار ضریب	تفسیر
≤۰	عدم وجود ارتباط
۰-۰/۲	ارتباط بسیار کم
۰/۲۱ - ۰/۴۰	ارتباط کم
۰/۴۱- ۰/۶۰	ارتباط متوسط
۰/۶۱ -۰/۸۰	ارتباط قوی
۰/۸۱-۱	ارتباط خیلی قوی

در انتها نیز منحنی مشخصه عملکرد گیرنده (ROC)، سیستم رسم شد تا کارایی و عملکرد سیستم به صورت گرافیکی نمایش داده شود. برای این منظور بیماران به دو گروه صفر (بدون منتژیت باکتریال) و یک (منتژیت باکتریال) تقسیم شدند، سپس مقادیر به صورت صعودی مرتب شد. برای کوچکترین و بزرگترین مقدار که صفر و یک هستند و نقطه میان آنها یک خط قطع در نظر گرفته شد و برای هر خط قطع، مختصات نقطه تقاطع مشخص شد (شکل ۱ و ۲). در این نمودار هر چه فضای زیر منحنی به یک نزدیک‌تر باشد، کارایی و عملکرد سیستم بهتر است [۱۷،۱۸]. سطح زیر منحنی زیرسیستم تشخیص منتژیت باکتریال ۰/۹۴۷ و زیرسیستم پیشنهاد LP مجدد ۰/۹۶ بود.

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]



۱ نمودار: منحنی ROC زیرسیستم تشخیص مننژیت باکتریال



نمودار ۲: منحنی ROC زیرسیستم پیشنهاد Lp مجدد

بحث و نتیجه‌گیری

مننژیت باکتریال یکی از کشنده‌ترین بیماری‌های عفونی در کودکان است که با وجود تلاش‌های بسیار، هنوز شیوع بالایی در جهان دارد. این بیماری یکی از فوریت‌های پزشکی محسوب می‌شود که نیاز به تشخیص و درمان به موقع دارد، به گونه‌ای که امروزه سازمان جهانی بهداشت، توجه خود را بر کنترل این بیماری در کودکان معطوف کرده است [۷]. افتراق مننژیت باکتریال از سایر مننژیت‌ها با اولین آزمایش مایع مغزی نخاعی، بسیار پیچیده و مشکل است. تشخیص نادرست بیماری یا موجب مرگ بیمار یا ایجاد عوارض شدید می‌شود یا با اشغال یک تخت بیمارستانی و مصرف بی‌مورد آنتی بیوتیک، هزینه سنگینی به بیمار و بیمارستان تحمیل می‌کند [۱۹]. از این رو به سبب اشتباهاتی که در تشخیص دقیق این بیماری رخ می‌دهد سیستم‌هایی که از دانش موجوداستفاده کرده و به حمایت از وظایف پزشکان می‌پردازند، مهم و ارزنده خواهند بود [۹].

سیستمی که اکامپو ارائه داده است، به تشخیص و ارائه درمان طیف وسیعی از بیماری‌ها مشابه مننژیت می‌پردازد. این سیستم از بین ۲۱۲ بیمار، تنها در دو مورد، بیماری مننژیت باکتریال را درست تشخیص نداده است [۹]. سیستم ارائه شده در پژوهش حاضر هیچ بیمار مبتلا به مننژیت باکتریال را از دست نمی‌دهد اما وسعت سیستم اکامپو را ندارد. سیستم فرانکویس و کرملوک با عنوان سیستم مشاوره مننژیت کودکان نیز صحت بسیار بالایی دارد و با استفاده از نمره‌هایی که از جامعه آماری اولیه آن حاصل شده، مننژیت باکتریال و ویروسی از یکدیگر تفکیک می‌کند [۱۰].

سیستمی که در این پژوهش ارائه شده دارای صحت و دقت خوبی است و حساسیت ۱۰۰ درصد آن نیز نشان می‌دهد که هیچ بیمار مبتلا به مننژیت باکتریال را از دست نمی‌دهد. اما باید توجه داشت که نتایج ارزیابی این سیستم با استفاده از داده‌های تنها یک بیمارستان ارائه شده و لازم است با داده‌های بیشتر از مراکز مختلف، مورد بررسی قرار گیرد. همچنین علائم اولیه بیماری مننژیت شباهت زیادی به بیمارهای دیگری از قبیل آنسفالیت (Encephalitis)، التهاب دیواره عروق مغزی، پاره شدن آنوریسم مغزی (Ruptured aneurysms)، آبسه مغزی (Brain abscess)، تومور مغزی (Brain tumor)، خونریزی مننژ و میگرن (Migraine)، دارد [۹،۲۰،۲۱]. در نتیجه می‌توان در مطالعات آینده به ارزیابی سیستم با استفاده از داده‌های متنوع‌تر و بیشتری پرداخت و همچنین دامنه تشخیصی سیستم را با در نظر گرفتن بیمارهای مشابه دیگر، گسترش داد.

References

1. Fauci AS, Braunwald E, Kasper DL, Hauser SL, Longo DL, Jameson JL, et al. Harrison's internal medicine. 17th ed. New York: McGraw-Hill profiessional; 2008.
2. Firozabadi MA, Yalda AR. Infectious Golsen book. Tehran: Andishe Rafi; 2011. Persian.
3. Richard B, Kligman R, Jaysin H. bimarihaea ofoni nelson, Translated by Lotfi M, Hasabi M, Shiraziyan M. Tehran: teymorzadeh; 2005. Persian.

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]

4. 80 %of patients with meningitis are less than 4 years old. [cited 2011 Jul 24]; Available from: http://www.salamatnews.com/viewNews.aspx?ID=30719&cat=1. Persian.
5. Seehusen DA, Reeves MM, Fomin DA. Cerebrospinal fluid analysis. Am Fam Physician. 2003; 68(6):1103-8.
6. Orenstein BW. Preventing meningitis. [cited 2012 Jun 10]; Available from: http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+/www.dh.gov.uk/en/Aboutus/Ministersand.
7. Guideline of Meningitis surveillance. [Cited 2011 Nov 11]; Available from: http://health.tums.ac.ir/fa/620.aspx. Persian.
8. Saebi E. Infectious disease in Iran. 2th ed: Entesharat Elmi Farhangi; 1994. Persian.
9. Ocampo E, Maceiras M, Herrera S, Maurente C, Rodriguez D, Sicilia MA. Comparing bayesian inference and case-based reasoning as support techniques in the diagnosis of acute bacterial meningitis. Expert systems with applications.2011; 38(8):10343-54.
10. Francois P, Robert C, Astruc J, Begue P, Borderon JC, Floret D, et al. Comparative study of human expertise and an expert system: application to the diagnosis of child's meningitis. Comput Biomed Res. 1993; 26(4):383-92.
11. Torres A, Nieto JJ. Fuzzy logic in medicine and bioinformatics. J Biomed Biotechnol. 2006; 2006: 91908.
12. Phuong NH, Kreinovich V. Fuzzy logic and its applications in medicine. International Journal of Medical Informatics. 2001; 62(2-3):165-73.
13. Kia M. Fuzzy logic using MATLAB. Tehran: Kiyan Rayane; 2010. Persian.
14. Jang JR, Sun CT, Mizutani E. Neuro_fuzzy and soft computing: A computational approach to learning and machine intelligence.1th ed. Canada Inc, Toronto: Prentice Hall; 1997.
15. Siler W, Buckley JJ. Fuzzy expert system and fuzzy reasoning. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc; 2005.
16. Ghafarizadeh H. Submarines classification using fuzzy systems. Arak: Arak University. Persian.
17. Garth A. Analysing data using SPSS: A practical guide for those unfortunate enough to have to actually do it. Sheffield Hallam University. 2008.
18. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics. 1977; 33(1):159-74.
19. Radyowijati A, Haak H. Improving antibiotic use in low-income countries: an overview of evidence on determinants.Soc Sci Med. 2003; 57(4):733-44.
20. Diane M. Meningitis flu symptoms. [cited 2010 Oct 8]; Available from: http://www.livestrong.com/article/199518-meningitis-flu-symptoms.
21. Cheour M. What other illnesses have the same symptoms as meningitis. [cited 2010 Oct 31]; Available from: http://www.livestrong.com/article/190220-what-other-illnesses-have-the-same-symptoms-as-meningitis

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]

Original Article

Journal of Health and Biomedical Informatics
Medical Informatics Research Center
2014; 1(1): 19-25

Fuzzy Expert System for Diagnosis of Bacterial Meningitis from Other Types of Meningitis in Children

Mostafa Langarizade[1], Esmat Khajehpour[2]*, Hassan Kajehpour[3], Tayebe Noori[4]

•**Received:** 11 Nov, 2014 •**Accepted:** 8 Dec, 2014

Introduction: Bacterial meningitis requires timely diagnosis and treatment; otherwise it will have relatively high complications and mortality and morbidity. In the early stages of the disease distinguishing between bacterial meningitis that it is most dangerous type and other type is so complicated and inaccurate. Hence in this study a fuzzy expert system for distinguish bacterial meningitis from other kind of meningitis in children is presented.

Method: In the proposed fuzzy system, two fuzzy inference engines (The diagnosis of bacterial meningitis and the proposed new LP) were used. Mamdani model was used in both fuzzy inference engines using Max-Min as AND-OR operators and Centroid method was used as defuzzification technique.

Results: The first fuzzy inference engine was evaluated using data obtained from 106 patients' records admitted with meningitis. Accuracy, sensitivity, and precision of the system in terms of bacterial meningitis diagnosis were 91%, 100% and 89% respectively. The ROC curve was used to show system performance graphically and the area under the ROC curve was 0.947. To measure agreement of system results with the physician diagnosis, Kappa statistics was employed and showed a high relation (K=0.79, P<0.001). Extracted data from 75 cases with non-bacterial meningitis were used to evaluate the second inference engine and accuracy, sensitivity, and precision of this system were 96%, 100%, and 95% respectively, and the area under the ROC curve was 0.96 and Kappa statistic showed a very high agreement between the system output with physician diagnosis (K=0.87,P<0/001).

Conclusion: According to the complexity and importance of early diagnosis of bacterial meningitis, and favorable results of the implementation and evaluation of the suggested expert system, therefore this system can be useful for detecting and differentiating acute bacterial meningitis of other meningitis, but more studies must be performed for better assessment and verification of system.

Key words: Bacterial meningitis, Expert system, Fuzzy logic, Children

•**Citation:** Langarizade M, Khajehpour E, Khajehpour H, Noori T. Fuzzy Expert System for Diagnosis of Bacterial Meningitis from Other Types of Meningitis in Children. Journal of Health and Biomedical Informatics 2014; 1(1): 19-25.

1.Assisstant Professor, Health Information Management Department, Faculty of Health Management and Information Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
2.M.Sc. Medical Informatics,Vice Chancellery of clinical affairs of Rafsanjan University of Medical Sciences, Rafsanjan, Iran
3.Ph.D candidate of Biomedical Engineering, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
4.M.Sc. medical Record, Zahedan university of medical science. Departeman of Allied Medical Sciences Faculty of Health Management and Information Sciences, Zahedan, Iran

***Correspondence**: No 225, level 2, Vice Chancellery of clinical affairs, Rafsanjan University of Medical Sciences, Emem Ali blvd, Rafsanjan, Iran
•**Tel:** 09133907047 • **Email:** e_khajehpoor@yahoo.com

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]