مجله علوم پزشکی رازی دوره ۲۵، شماره ۱۰، دی ۱۳۹۷ http://rjms.iums.ac.ir

مقاله پژوهشی

ایجاد سیستم خبره فازی برای تشخیص بیماری مزمن کلیوی

عباس شیخ طاهری: دانشیار، گروه مدیریت اطلاعات سلامت، دانشکده مدیریت و اطلاع رسانی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

فرحناز حامدان: دانشجوی کارشناسی ارشد انفورماتیک پزشکی، گروه مدیریت اطلاعات سلامت، دانشکده مدیریت و اطلاع رسانی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران (*نویسنده مسئول) f.hamedan@gmail.com

هوشنگ سندگل: فوق تخصص نفرولوژی، گروه داخلی دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

اعظم اروجی: دانشجوی دکتری انفورماتیک پزشکی، گروه مدیریت اطلاعات سلامت، دانشکده مدیریت و اطلاع رسانی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

چکیده

زمینه و هدف: تشخیص و مداخله سریع و زودهنگام بیماری مزمن کلیوی به دلیل ماهیت پویا و مخفی آن جهت پیشگیری از هدر رفت مقدار زیاد منابع مالی ضروری است. این مطالعه با هدف طراحی و ایجاد سیستم خبره مبتنی بر منطق فازی جهت تشخیص بیماری مزمن کلیوی انجام شد.

روش کار: ابتدا جستجو در پایگاه داده پابمد جهت شناسایی اولیه پارامترها انجام شد. سپس پرسشنامه‌ای در اختیار کلیه پزشکان متخصص نفرولوژی مراکز آموزشی درمانی وابسته به دانشگاه علوم پزشکی ایران (۱۸ پزشک) قرار گرفت. تحلیل داده‌های حاصل از پرسشنامه با استفاده از نسخه ۲۲ نرم‌افزار SPSS انجام شد (محاسبه میانگین امتیاز هر پارامتر). بر اساس ویژگی‌های انتخاب شده و با استفاده از متون، راهنماها و بر اساس نظر پزشکان، مجموعه قوانین تشخیص بیماری تعیین شد. سیستم خبره با استفاده از نرم‌افزار متلب و سیستم استنتاج ممدانی طراحی شد. در نهایت عملکرد سیستم خبره فازی با استفاده از اطلاعات پرونده پزشکی ۲۱۶ بیمار مبتلا و غیر مبتلا به بیماری مزمن کلیوی مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: از ۴۹ پارامتر شناسایی شده با استفاده از متون و راهنماها، پارامترهای اصلی جهت تشخیص بیماری مزمن کلیوی ۱۶ مورد به دست آمد. صحت، حساسیت و اختصاصی بودن سیستم در تشخیص CKD به ترتیب ۹۰/۷۴، ۸۷/۰۳ و ۹۴/۴۴ درصد بود. سطح زیر منحنی راک ۰/۹۰ و ضریب کاپا توافق ۰/۸۱ به دست آمد که حاکی از ارتباط خیلی شدید میان تشخیص سیستم و تشخیص نهایی ثبت شده در پرونده‌های بیماران بود.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج مطلوب حاصل از به‌کارگیری و ارزیابی سیستم خبره پیشنهادی، این سیستم می‌تواند در تشخیص بیماری مزمن کلیوی مفید باشد.

تعارض منافع: گزارش نشده است.

منبع حمایت کننده: دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

کلیدواژه‌ها

سیستم خبره،

بیماری مزمن کلیوی،

منطق فازی

تاریخ دریافت: ۹۷/۶/۱۵

تاریخ پذیرش: ۹۷/۹/۱۵

شیوه استناد به این مقاله:

Sheikhtaheri A, Hamedan F, Sanadgol H, Orooji A. Development of a fuzzy expert system to diagnose chronic kidney disease. Razi J Med Sci.2019;25(10):46-60.

*انتشار این مقاله به‌صورت دسترسی آزاد مطابق با CC BY-NC-SA 1.0 صورت گرفته است.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.22287043.1397.25.10.3.4]

Razi Journal of Medical Sciences.2019;25(10):46-60. http://rjms.iums.ac.ir

Original Article

Development of a fuzzy expert system to diagnose chronic kidney disease

Abbas Sheikhtaheri, Associate Professor of Department of Health Information Management, School of Health Management and Information Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
Farahnaz Hamedan, MSc of Medical Informatics, School of Health Management and Information Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran (*Corresponding author) f.hamedan@gmail.com
Hooshang Sanadgol, Professor, Department of Nephrology, Faculty of Medicine, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
Azam Orooji, PhD Candidate in Medical Informatics, School of Health Management and Information Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Abstract

Background: Diagnosis and early intervention of chronic kidney disease is essential to prevent loss of a large amount of financial resources. For this reason, the researcher is seeking to design a fuzzy logic based expert system for diagnosis of chronic kidney disease.
Methods: At first, a strategic search was conducted in the Pubmed database for initial identification of the parameters. A questionnaire was distributed to all nephrologists in Iran University of Medical Sciences (18 physicians). Data analysis was performed using SPSS v.22, which was calculated by taking the average of the scores given to each parameter. Depending on the features selected, a set of general rules for the diagnosis of chronic kidney disease was determined by reviewing the literature, guidelines and consulting with a nephrologist. Fuzzy Expert System was designed using MATLAB software and Mamdani Inference System. Finally, the fuzzy expert system was evaluated using medical records of 216 patients with and without chronic kidney disease.
Results: The main parameters for diagnosis of chronic kidney disease were 16. The accuracy, sensitivity and specificity of the system were respectively 90.74%, 87.03% and 94.44%. The surface under the roc curve was 0.90 and the kappa coefficient was 0.81, indicating a very high correlation between the system diagnosis and the final recorded diagnosis in the patient medical records.
Conclusion: Considering the desirable outcomes resulting from the implementation and evaluation of the proposed expert system, The system can be useful in diagnosis of chronic kidney disease.

Conflicts of interest: None
Funding: Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Keywords
Expert system,
Chronic kidney disease,
Fuzzy logic

Received: 06/09/2018
Accepted: 06/12/2018

Cite this article as:
Sheikhtaheri A, Hamedan F, Sanadgol H, Orooji A. Development of a fuzzy expert system to diagnose chronic kidney disease. Razi J Med Sci.2019;25(10):46-60.

This work is published under CC BY-NC-SA 1.0 licence.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.22287043.1397.25.10.3.4]

مقدمه

بیماری مزمن کلیوی (Chronic Kidney Disease-CKD) به عنوان کاهش مداوم میزان فیلتراسیون گلومرولی (Glomerular Filtration Rate-GFR) یا شواهدی از ناهنجاری‌های ساختاری یا کارکردی کلیه‌ها تعریف می‌شود (۱). تا زمانی که بیماری فرد پیشرفت نکند، علائم شدیدی از این بیماری دیده نمی‌شود ولی ممکن است بیمار علائمی نظیر ناخوشی، خستگی و کاهش اشتها داشته باشد (۲). بیماری‌های دیابت، فشارخون بالا، تصلب شرایین و تغییرات ایمنی گلومرولی (Immune-mediated glomerular) از علل اصلی بیماری مزمن کلیوی محسوب می‌شوند. با این حال، در اغلب موارد علت بیماری‌های کلیوی کاملاً تثبیت شده نیست و در بسیاری از بیماران ناشناخته است (۳).

بیماری مزمن کلیوی هزینه‌های درمانی بالایی تحمیل می‌کند (۴) و جزء علل رایج مرگ‌ومیر در سراسر جهان می‌باشد (۵، ۶). بار این بیماری رو به افزایش است (۳). تعداد کل افراد مبتلا به بیماری مزمن کلیوی در سراسر جهان در حال افزایش است و در سال ۲۰۱۲ حدود پانصد میلیون نفر برآورد شده است (۷). شیوع این بیماری در کشورهای در حال توسعه بیشتر از کشورهای توسعه یافته است (۵). در ایران هر ساله دو درصد به افراد مبتلا به بیماری مزمن کلیوی افزوده می‌شود و همین‌طور خطر ابتلا به این بیماری در زنان بیشتر است (۸). میزان شیوع بیماری مزمن کلیوی در ایران ۱۲/۶ درصد (مرحله یک: ۲/۲ درصد، مرحله دو: ۲/۱ درصد، مرحله سه: ۷/۸ درصد، مرحله چهار: ۰/۳ درصد، مرحله پنج: ۰/۲ درصد) است (۹).

سطح شدت بیماری مزمن کلیوی به‌طور مرسوم با استفاده از فرمول‌های محاسباتی مختلف بر اساس نشانگرهای زیستی (Biomarkers) مختلفی تعیین می‌شود. معمولاً، سطح فیلتراسیون گلومرولی رایج‌ترین شاخص اندازه‌گیری است که در سازمان‌های بهداشتی برای برآورد سلامت کلیه مورد استفاده قرار می‌گیرد (۴). اما مطالعات و پژوهش‌های انجام شده نشان داده است که محاسبه سطح فیلتراسیون گلومرولی برای تشخیص کافی نیست (۱۰). اندازه‌گیری سطح فیلتراسیون گلومرولی با استفاده از نشانگرهایی نظیر انسولین یا ایوتالامیت (Iothalamate) اقدامات قطعی هستند ولی هیچ‌کدام اقدام عملی و اقتصادی مناسبی برای استفاده رایج نمی‌باشند (۱۱).

پزشکان عمومی اولین افراد در شناسایی اولیه و مدیریت بیماری مزمن کلیوی هستند ولی اغلب آن‌ها نمی‌توانند وجود این بیماری را تشخیص دهند. سطح فیلتراسیون گلومرولی برخی از بیماران مبتلا به بیماری‌های قلبی عروقی و دیابت، برخلاف اغلب بیماران بالا می‌باشد و متأسفانه به همین دلیل بیشتر پزشکان عمومی قادر به تشخیص بیماری مزمن کلیوی این بیماران نمی‌شوند (۱۰). بیماری مزمن کلیوی اغلب در مراحل اول بیماری، ساکت و بدون علامت و کاملاً بدون تشخیص باقی می‌ماند (۱۲). تشخیص و مداخله سریع و زودهنگام بیماری مزمن کلیوی جهت پیشگیری از هدر رفت مقدار بسیار زیاد منابع مالی ضروری است (۱۳).

سیستم خبره (Expert System-ES) دارای ساختار، اجزا و قابلیت‌هایی است که در مجموع قابلیت تصمیم‌گیری را ارتقا می‌دهد و توانایی تصمیم‌گیری فرد متخصص را بهبود می‌بخشد. این سیستم از داده‌ها و دانش انسان برای توصیف مسائلی استفاده می‌کند که نیازمند هوش انسانی خواهند بود. سیستم خبره دانش متخصص را در قالب داده‌ها و قوانین کامپیوتری ارائه می‌کند (۱۴). بسیاری از سیستم‌های خبره در حوزه پزشکی ساخته می‌شوند که هدف آن‌ها کمک به تشخیص یا درمان بیماری‌های خاص می‌باشد(۱۵-۱۷). از طرفی، سیستم‌های فازی برای توصیف پدیده‌های غیرقطعی استفاده می‌شوند زیرا پدیده‌های دنیای واقعی بسیار پیچیده‌تر از آن هستند که بتوان توصیفی دقیق برای آن‌ها پیدا کرد (۱۸، ۱۹). استفاده از سیستم‌های هوشمند از جمله سیستم‌های خبره فازی می‌تواند اطلاعات جمع‌آوری شده از افراد خبره را به دانش تبدیل نماید تا در زمان مناسب استفاده شود. این دانش

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2024-03-28]
[DOR: 20.1001.1.22287043.1397.25.10.3.4]

در قالب مدل فازی و قوانین آن می‌تواند در شناسایی و تشخیص درست بیماری کمک کند و شرایط درمان به موقع بیماران را فراهم نماید (۱۷، ۲۰). استفاده از سیستم‌های خبره در تشخیص‌های پزشکی به متخصصین بالینی کمک می‌کند تا در تصمیم‌گیری در مورد پیش‌بینی با تشخیص بیماری دقت بالاتری داشته باشند(۲۱).

تشخیص دقیق پزشکی نیازمند استخراج داده‌ها و اطلاعات برای تصمیم‌گیری مناسب در مورد سلامتی یا احتمال بیماری فرد می‌باشد. سیستم خبره فازی براین هدف متمرکز است که دانش تشخیصی را از پزشکان به دست آورد سپس داده‌های نامشخص و مبهم بیماران را دریافت کند. در واقع سیستم‌های خبره فازی چارچوبی برای انتقال دانش پزشکی به مدل‌های ریاضی و نتیجه‌گیری از آن فراهم می‌کنند (۲۱، ۲۲).

با توجه به اهمیت بیماری مزمن کلیوی، پژوهشگران مختلفی به طراحی مدل‌های پیش‌بینی یا سیستم‌های تشخیص این بیماری پرداخته‌اند که می‌توان به مطالعاتی نظیر طراحی و پیاده‌سازی سیستم خبره مبتنی بر وب برای تشخیص و مدیریت بیماری نارسایی کلیوی(۲۳)، تشخیص بیماری مزمن کلیوی با استفاده از ماشین بردار پشتیبان(۲۴)، الگوریتم یادگیری ماشین(۲۵)، تکنیک‌های داده‌کاوی (۲۶، ۲۷)، طبقه‌بندی فازی(۲۸) و تشخیص CKD با استفاده از سیستم خبره فازی (۲۹، ۳۰) اشاره کرد. عمده این مطالعات بر اساس داده‌های مخزن عمومی دانشگاه کالیفرنیا (University of California,Irvine(UCI)) بوده است (۳۱). این مطالعات از نظر صحت سیستم نتایج متنوعی داشته‌اند برای نمونه مطالعه ماشین بردار پشتیبان، الگوریتم یادگیری ماشین و طبقه‌بندی فازی به ترتیب دارای صحت ۹۸/۵، ۱۰۰، ۹۵/۹ درصد بودند. نتایج حاصل از تنها مطالعه انجام شده در ایران نشان داد که سیستم خبره فازی تشخیص بیماری مزمن کلیوی با صحت ۸۰ درصد طراحی شده است (۲۹). بنابراین ازآنجایی‌که رویکردهای منطق فازی کارایی بیشتری در ایجاد ابزارهای انفورماتیکی دقیق‌تر و قابل اعتماد در حوزه بیماری نارسایی کلیوی و بیماری مزمن کلیوی دارند(۱۶) هدف از این مطالعه، طراحی سیستم خبره مبتنی بر منطق فازی برای تشخیص بیماری مزمن کلیوی بود.

روش کار

این پژوهش در دو مرحله انجام شد. در مرحله اول به شناسایی متغیرهای مورد نیاز برای طراحی سیستم و تعیین مجموعه قوانین سیستم خبره فازی پرداخته شد و سپس در مرحله دوم با استفاده از داده‌های حاصل از مرحله اول، نمونه اولیه سیستم خبره فازی تشخیص بیماری مزمن کلیوی طراحی و ارزیابی شد.

شناسایی متغیرهای مورد نیاز برای طراحی سیستم و تعیین مجموعه قوانین سیستم خبره فازی: ابتدا، با استفاده از بررسی متون، متغیرهای موردنیاز برای تشخیص بیماری مزمن کلیوی شناسایی شد. بررسی متون شامل مقالاتی بود که از پایگاه داده Pubmed با استفاده از استراتژی جستجوی زیر به دست آمد.

Chronic kidney disease[Title/Abstract] AND (diagnosis[Title/Abstract] OR parameter [Title/Abstract] OR clinical characteristic[Title/Abstract])

جستجو در بازه زمانی ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۷ انجام شد و تعداد ۲۵۹۷ مقاله بازیابی شد. مطالعاتی مدنظر قرار گرفتند که پارامترهای تشخیصی بیماری مزمن کلیوی را گزارش کرده بودند. ۴۹ پارامتر تشخیصی شناسایی شد. از این بین متخصص نفرولوژی ۴۲ پارامتر را تأیید کرد. بر اساس ۴۲ پارامتر تأیید شده، پرسشنامه‌ای طراحی شد و کلیه پزشکان متخصص نفرولوژی بیمارستان‌های آموزشی درمانی وابسته به دانشگاه علوم پزشکی ایران (۱۸ پزشک) به روش سرشماری به مطالعه دعوت شدند و ۱۳ نفر از پزشکان در مطالعه شرکت کردند.

در پرسشنامه شناسایی پارامترها از افراد خواسته شده بود که در صورت ضروری بودن هر پارامتر برای تشخیص بیماری مزمن کلیوی، موارد انتخابی را بر اساس درجه اهمیت (لیکرت پنج گزینه‌ای) ارزش‌گذاری کنند (بالاترین اهمیت:۵ تا کمترین اهمیت:۱). روایی محتوایی پرسشنامه توسط سه نفر از متخصصین نفرولوژی تأیید شد و پایایی پرسشنامه با استفاده از آلفای کرونباخ برابر ۰/۸۹ محاسبه شد.

تحلیل داده‌های حاصل از پرسشنامه با استفاده از

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.22287043.1397.25.10.3.4]

نسخه ۲۲ نرم‌افزار SPSS انجام شد. میانگین امتیازهای داده شده به هر پارامتر محاسبه شد و در نهایت پارامترهایی که میانگین امتیازی آن‌ها بالاتر از ۳/۷۵ بود (۷۵ درصد امتیاز) به عنوان پارامترهای مهم در نظر گرفته شدند.

پس از شناسایی پارامترهای مهم، با بررسی متون و راهنماها(۲۰، ۳۲، ۳۳) و مشاوره با متخصص نفرولوژی، مجموعه قوانین تشخیص بیماری مزمن کلیوی در قالب قواعد اگر-آنگاه تعیین شد. بر اساس این قوانین پرسشنامه‌ای طراحی شد و پزشکان متخصص نفرولوژی (۱۸ پزشک) به روش سرشماری به مطالعه دعوت شدند تا درستی یا نادرستی قوانین را با علامت‌گذاری (موافق یا مخالف) مشخص کنند و همچنین در صورت نادرستی قانون موردنظر (مخالف بودن با قانون)، دلایل نادرستی آن ذکر شود. تحلیل داده‌های حاصل از پرسشنامه با استفاده از نسخه ۲۲ نرم‌افزار SPSS انجام شد و قوانینی که بیشتر از ۵۰ درصد پاسخ‌دهنده‌ها با آن‌ها موافق بودند، انتخاب شدند. ۷ نفر از پزشکان در مطالعه شرکت کردند. روایی محتوایی پرسشنامه توسط سه نفر از متخصصین تفرولوژی تأیید شد و پایایی پرسشنامه با استفاده از آلفای کرونباخ برابر با ۰/۶۱ محاسبه شد.

طراحی و ارزیابی سیستم: بر اساس قوانین حاصل از مرحله قبل نمونه اولیه سیستم خبره تشخیص بیماری مزمن کلیوی با استفاده از نرم‌افزار متلب کدنویسی و پیاده‌سازی شد. سیستم از نوع استنتاج ممدانی طراحی شد. سپس برای ارزیابی سیستم از پرونده‌های پزشکی بیماران دو بیمارستان آموزشی هاشمی نژاد و فیروزگر استفاده شد. جهت جمع‌آوری داده‌ها از فرم گردآوری داده استفاده شد. به کمک این فرم پژوهشگر داده‌های مربوط به متغیرهای موردنظر را از پرونده بیماران استخراج کرد. نمونه موردنیاز با استفاده از فرمول شماره ۱ با مقدار P0 =۰/۱۲۶ (۹) محاسبه شد. تعداد ۱۰۸ پرونده بیماران مبتلا به بیماری مزمن کلیوی و به همین تعداد پرونده سایر بیماری‌های کلیوی غیر از بیماری مزمن کلیوی بررسی شد. لازم به ذکر است که تمامی ۲۱۶ پرونده از بین پرونده‌های بیماران ترخیص شده یک سال (شهریور سال ۹۵ تا شهریور سال ۹۶) به‌صورت تصادفی انتخاب شدند.

(۱)

$$N = \frac{[Z1-\left(\frac{\propto}{2}\right)\times\sqrt{P0(1-P0)}+Z1-\beta\times\sqrt{P1(1-P1)}]^2}{d^2}$$

$(\propto= 0.05, (1-\beta) = 0.08, P0 = 0.126, P1 = 0.5, d = 0.1)$

(α= خطای نوع اول/ β= خطای نوع دوم/ P0= احتمال ابتلا/ P1= احتمال وقوع بیماری در گروه سالم)

برای ارزیابی سیستم، تمام داده‌ها به سیستم داده شد و خروجی سیستم از نظر ابتلا به بیماری با تشخیص ثبت شده در پرونده‌های پزشکی مقایسه شد. سپس از آزمون کاپا (Kappa)، نمودار راک (Roc-curve)، سطح زیر نمودار و همچنین مقادیر صحت، حساسیت و اختصاصی بودن برای ارزیابی عملکرد سیستم خبره فازی در تشخیص بیماری مزمن کلیوی استفاده شد. برای محاسبه این شاخص‌ها از فرمول‌های ۲ تا ۴ استفاده شد(۳۴، ۳۵).

$$\text{حساسیت} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (۲)$$

$$\text{اختصاصی بودن} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (۳)$$

$$\text{صحت} = \frac{TP+TN}{TP+FP+TN+FN} \quad (۴)$$

یافته‌ها

تعیین پارامترهای تشخیصی جهت تشخیص بیماری مزمن کلیوی: در ابتدا با مطالعه مقالات، فهرستی از متغیرهای تشخیصی و ریسک فاکتورهای موثر در تشخیص بیماری مزمن کلیوی تهیه شد و سپس بر اساس نظر متخصص نفرولوژی، موارد مورد تأیید در تهیه پرسشنامه مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۱).

با توجه به جدول ۱، برای انتخاب پارامترها با مشاور بالینی مشورت انجام شد و از ۴۹ پارامتر شناسایی شده تعداد هفت مورد آن‌ها شامل پارامترهای سیستئین سی، هماچوری، Exosomal ncRNAs، FRA، MSLN، MPF و بیومارکر ژنتیکی مورد تأیید قرار نگرفتند. در نهایت از ۴۲ پارامتر باقیمانده برای تهیه پرسشنامه استفاده شد.

با در نظر گرفتن میانگین امتیاز بالاتر از ۳/۷۵، پارامترهای سن بیمار، فشارخون سیستولیک، فشارخون دیاستولیک، پروتئینوری، آلبومینوری، سرم کراتینین، میزان فیلتراسیون گلومرولی، نیتروژن اوره خون، سابقه

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.22287043.1397.25.10.3.4]

جدول ۱- فهرست متغیرهای تشخیصی CKD براساس مرور متون و نظر پزشکان

ردیف	متغیر	منبع	میانگین± (انحراف معیار) براساس نظر پزشکان متخصص
۱	سن	(۴۳-۳۶)	۴/۱۷±(۰/۸۳۵)
۲	جنسیت	(۳۸, ۳۹, ۴۲, ۴۴)	۲/۱۱±(۱/۵۳۷)
۳	قد	(۳۹, ۴۵)	۱/۰۰±(۰)
۴	وزن	(۴۵, ۴۶)	۱/۱۷±(۰/۴۰۸)
۵	شاخص توده بدنی (BMI)	(۳۹, ۴۲, ۴۳, ۴۵, ۴۷, ۴۸)	۲/۰۰±(۱/۴۱۴)
۶	فشارخون سیستولیک	(۳۶, ۳۷, ۳۹, ۴۰, ۴۲, ۴۹)	۴/۰۸±(۰/۷۶۰)
۷	فشارخون دیاستولیک	(۳۶, ۳۷, ۳۹, ۴۰, ۴۲, ۴۹)	۴/۰۸±(۰/۷۶۰)
۸	پروتئینوری	(۱۲, ۳۷, ۳۹, ۴۲, ۴۴, ۴۶, ۴۸, ۵۰-۵۲)	۴/۷۷±(۰/۵۹۹)
۹	آلبومینوری	(۲, ۱۲, ۳۶-۳۸, ۴۰, ۴۲, ۴۵, ۴۹, ۵۱)	۴/۶۲±(۰/۶۵۰)
۱۰	سرم کراتینین	(۳۶, ۳۸, ۳۹, ۴۲, ۴۳, ۴۵, ۴۷, ۴۸, ۵۰)	۴/۷۷±(۰/۸۳۲)
۱۱	نسبت آلبومین به کراتینین (ACR)	(۱۲, ۳۶, ۳۷, ۴۲, ۴۳)	۳/۱۵±(۰/۸۹۹)
۱۲	میزان فیلتراسیون گلومرولی (GFR)	(۲, ۱۲-۱۵۰,۴۷,۴۵, ۵۱)	۴/۶۲±(۰/۶۵۰)
۱۳	هموگلوبین	(۳۶, ۳۹, ۴۰, ۴۳, ۴۸)	۳/۵۰±(۱/۱۷۹)
۱۴	کلسترول کلی	(۳۹, ۴۲, ۵۳)	۲/۰۰±(۱/۴۱۴)
۱۵	لیپوپروتئین با چگالی بالا (HDL)	(۳۶, ۵۴)	۲/۰۰±(۱/۲۲۵)
۱۶	لیپوپروتئین با چگالی کم (LDL)	(۳۶, ۵۴)	۲/۰۰±(۱/۲۲۵)
۱۷	سدیم	(۴۲, ۴۹, ۵۵)	۲/۸۶±(۱/۰۶۹)
۱۸	کلسیم	(۳۹, ۴۰, ۴۲, ۴۷, ۴۹, ۵۵)	۳/۲۵±(۰/۹۶۵)
۱۹	فسفات	(۳۹, ۴۰, ۴۲, ۴۹, ۵۵)	۳/۲۵±(۰/۹۶۵)
۲۰	پتاسیم	(۴۰, ۴۲, ۴۸, ۵۵)	۳/۳۰±(۰/۹۴۹)
۲۱	پارامتر ارتفاع قطب به قطب در سونوگرافی	(۱۲, ۳۷-۳۹, ۴۹, ۵۶)	۳/۰۰±(۱/۷۷۳)
۲۲	پارامتر عرض قطب به قطب در سونوگرافی	(۱۲, ۳۷-۳۹, ۴۹, ۵۶)	۳/۰۰±(۱/۹۱۵)
۲۳	ضخامت پارانشیم کلیه در سونوگرافی	(۱۲, ۳۷-۳۹, ۴۹, ۵۶)	۲/۹۱±(۱/۵۱۴)
۲۴	قند خون	(۴۴, ۴۶)	۳/۶۰±(۱/۱۷۴)

ابتلا به فشارخون، سابقه ابتلا به دیابت و سابقه خانوادگی ابتلا به CKD به عنوان پارامترهای نهایی انتخاب شدند. جهت اطمینان بیشتر برای حذف پارامترهایی که میانگین آن‌ها بین ۳/۷۵-۳ بودند (اسید اوریک، قند خون، پارامتر ارتفاع قطب به قطب در سونوگرافی، فسفر، کلسیم، پتاسیم، هموگلوبین، نسبت آلبومین به کراتینین) با نظر متخصص بالینی پروژه، پارامترهای ارتفاع قطب به قطب در سونوگرافی، فسفر، کلسیم و هموگلوبین به پارامترهای نهایی افزوده شدند؛ بنابراین در نهایت ۱۶ پارامتر به عنوان پارامترهای نهایی انتخاب شدند.

طراحی سیستم خبره فازی

ایجاد مجموعه‌ها و متغیرهای فازی سیستم خبره: اولین بخش از سیستم استنتاج فازی، فازی سازی ورودی‌ها است. سیستم خبره مورد نظر دارای ۱۶ متغیر ورودی و یک متغیر خروجی بود که برای آن‌ها توابع عضویت در نظر گرفته شد. ابتدا محدوده عددی هر یک از پارامترها با بررسی متون و راهنماها ا(۲۰, ۳۲, ۳۳) استخراج شد سپس در جلسه همفکری با پزشک متخصص، توابع عضویت متغیرهای ورودی تعیین و بر اساس آن‌ها، فازی سازی متغیرهای ورودی انجام شد. دامنه متغیرهای مربوط به متغیرهای ورودی و خروجی سیستم تشخیص بیماری مزمن کلیوی در جدول ۲ نشان داده شده است.

سیستم فازی با هریک از توابع عضویت گوسی، ذوزنقه‌ای و مثلثی برای هر پارامتر به‌طور جداگانه طراحی شد و سپس ترکیبی از توابع فازی برای متغیرهای مختلف جهت ساخت سیستم استنتاج آزمون شد و در نهایت سیستم با بهترین نتیجه انتخاب شد. شکل‌های ۱ تا ۳ نمونه‌ای از توابع عضویت مربوط به متغیرهای ورودی و خروجی سیستم تشخیص بیماری مزمن کلیوی به عنوان سیستم نهایی انتخاب شده را نشان می‌دهند.

تمامی قوانین پرسشنامه با توافق ۱۰۰ درصدی متخصصین تأیید شد. موتور استنتاج این سیستم مدل فازی ممدانی بود که استنتاج را بر اساس ۳۶ قانون

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.22287043.1397.25.10.3.4]

جدول ۱- (ادامه)

ردیف	متغیر	منبع	میانگین± (انحراف معیار) براساس نظر پزشکان متخصص
۲۵	هورمون پاراتیروئید (PTH)	(۴۰, ۴۷, ۵۷)	۲/۶۷±(۱/۴۳۵)
۲۶	هورمون تحریک کننده تیروئید (TSH)	(۴۳, ۵۸)	۱/۶۷±(۰/۵۷۷)
۲۷	نیتروژن اوره خون (BUN)	(۲, ۳۶, ۴۰, ۴۵, ۴۷, ۵۱)	۳/۷۵±(۰/۹۶۵)
۲۸	تری گلیسیرید(TG)	(۵۷, ۵۸)	۲/۰۰±(۰/۵۰۰)
۲۹	اسید اوریک	(۳۶, ۴۰, ۴۷)	۳/۵۵±(۱/۲۹۳)
۳۰	ابتلا به فشارخون	(۳۶, ۳۸, ۴۱–۴۵)	۴/۰۰±(۰/۸۵۳)
۳۱	ابتلا به چاقی	(۳۷, ۴۴)	۲/۲۷±(۱/۰۰۹)
۳۲	ابتلا به دیابت	(۳۶–۳۸, ۴۰, ۴۲–۴۵, ۴۷, ۴۸, ۵۱, ۵۹)	۴/۳۱±(۰/۸۵۵)
۳۳	ابتلا به بیماری قلبی عروقی	(۳۷, ۳۸, ۴۰–۴۲)	۲/۴۲±(۱/۱۶۵)
۳۴	سکته مغزی	(۴۱, ۵۴)	۲/۳۰±(۱/۰۵۹)
۳۵	ابتلا به هیدرونفروز	(۵۷)	۲/۶۷±(۱/۱۵۵)
۳۶	آسیب حاد کلیوی	(۴۶, ۵۷)	۲/۵۴±(۱/۲۶۶)
۳۷	ابتلا به آنمی	(۴۶, ۵۴)	۲/۲۵±(۱/۰۵۵)
۳۸	مصرف سیگار	(۵۴, ۵۷)	۲/۰۰±(۰/۷۳۹)
۳۹	مصرف الکل	(۵۴, ۵۷)	۲/۰۹±(۰/۹۴۴)
۴۰	سابقه خانوادگی ابتلا به CKD	(۳۷, ۳۸, ۴۱, ۴۶, ۵۴, ۶۰)	۳/۷۷±(۱/۰۹۲)
۴۱	سابقه سنگ کلیه	(۵۴, ۵۷)	۲/۲۵±(۱/۱۳۸)
۴۲	سطح درآمد	(۳۸, ۴۱, ۴۲)	۱/۵۷±(۱/۱۳۸)
۴۳	سیتئین سی*	(۱۲, ۴۸, ۵۱)	-
۴۴	هماچوری*	(۳۸)	-
۴۵	*Exosomal ncRNAs	(۵۸)	-
۴۶	آلفا گیرنده فولات* (FRA)	(۴۳, ۶۱)	-
۴۷	مزوتلین* (MSLN)	(۵۰)	-
۴۸	ضریب قدرت مگاکاریوسیت* (MPF)	(۵۰)	-
۴۹	بیومارکر ژنتیکی*	(۵۲, ۶۲)	-

*با توجه به نظر پزشک متخصص همکار پژوهش این متغیرها حذف شدند.

اگر-آنگاه مستخرج از نظر خبرگان انجام می‌دهد. شکل ۵ بخشی از قوانین فازی را برای تشخیص بیماری مزمن کلیوی نشان می‌دهد.

رابط کاربر سیستم خبره برای تشخیص بیماری مزمن کلیوی

رابط گرافیکی کاربر سیستم خبره با استفاده از نرم‌افزار متلب برنامه‌نویسی و پیاده‌سازی شد (شکل ۵).

ارزیابی سیستم خبره فازی

یافته‌های حاصل از سیستم با استفاده از توابع مختلف مثاثی، ذوزنقه‌ای و گوسی و همین‌طور ترکیب هر سه تابع در جدول ۴ ذکر شد.

طبق جدول ۴، بهترین سیستم، سیستم ترکیبی چهار بود که مقدار صحت، حساسیت و اختصاصی بودن سیستم به ترتیب مقادیر ۹۰/۷۴ درصد، ۸۷/۰۳ درصد، ۹۴/۴۴ درصد به دست آمد. نوع توابع عضویت هریک از پارامترها در سیستم نهایی به‌صورت سن (گوسی)، میزان فیلتراسیون گلومرولی (ذوزنقه‌ای و مثلثی) و ۱۴ پارامتر باقیمانده به‌صورت ذوزنقه‌ای بودند.

مقایسه تشخیص حاصل از به‌کارگیری سیستم ترکیبی چهار و تشخیص نهایی ثبت شده در پرونده بیمار با استفاده از تست آماری کاپا انجام شد. جدول ۵ مقایسه بین این دو تشخیص را نشان می‌دهد.

در آزمون آماری کاپا مقدار متغیر $\hat{K}$ برابر ۰/۸۱ به دست آمد؛ بنابراین نتایج آزمون با استفاده از معیار Koch & Landis (۶۴) نشان‌دهنده ارتباط خیلی شدید میان تشخیص سیستم منتخب و تشخیص نهایی ثبت شده در پرونده‌های بیماران بود.

منحنی مشخصه عملکرد این سیستم نیز در شکل ۶ نمایش داده شده است. منحنی مشخصه عملکرد در حالت ایده آل قرار دارد و به نقطه بالایی مربع نزدیک است که نشان‌دهنده قدرت تشخیص مناسب این سیستم می‌باشد. سطح زیر این منحنی نیز معادل ۰/۹۰

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2024-03-28]
[DOR: 20.1001.1.22287043.1397.25.10.3.4]

جدول ۲- متغیرهای ورودی، مقادیر متغیر ها و دامنه آنها برای سیستم تشخیص بیماری مزمن کلیوی

ردیف	متغیر	متغیرهای زبانی	محدوده اعداد	منبع
۱	سن	جوان	۱-۱۸	(۲۰, ۳۲, ۳۳)
		میانسال	۱۸-۶۰	
		پیر	>۶۰	
۲	فشارخون سیستولیک	طبیعی	۱۰۰-۱۴۰	(۲۰, ۳۲, ۳۳, ۶۳)
		غیر طبیعی	>۱۴۰	
۳	فشار خون دیاستولیک	طبیعی	۰-۹۰	
		غیر طبیعی	>۹۰	
۴	پروتئینوری	طبیعی	۰-۱۵۰	(۲۰, ۳۲, ۳۳, ۶۳)
		غیر طبیعی	>۱۵۰	
۵	آلبومینوری	طبیعی	۳۰-۱۵۰	(۲۰, ۳۲, ۳۳, ۶۳)
		غیر طبیعی	>۱۵۰	
۶	سرم کراتینین	طبیعی	۰/۶-۱/۴	(۲۰, ۳۲, ۳۳, ۶۳)
		غیر طبیعی	>۱/۴	
۷	میزان فیلتراسیون گلومرولی	طبیعی	۱۰۰-۱۲۰	(۲۰, ۳۲, ۳۳, ۶۳)
		پیش از بیماری	۶۰-۹۰	
		بیماری	<۶۰	
۸	نیتروژن اوره خون	طبیعی	۰-۲۱	(۲۰, ۳۲, ۳۳, ۶۳)
		غیر طبیعی	>۲۱	
۹	هورمون پاراتیروئید	طبیعی	۰-۶۵	(۲۰, ۳۲, ۳۳, ۶۳)
		غیر طبیعی	>۶۵	
۱۰	هموگلوبین	طبیعی	۱۳/۳-۱۶/۲	(۲۰, ۳۲, ۳۳, ۶۳)
		غیر طبیعی	<۱۳/۳	
۱۱	کلسیم	طبیعی	۸/۶-۱۰/۳	(۲۰, ۳۲, ۳۳, ۶۳)
		غیرنرمال	<۸/۶	
۱۲	فسفر	طبیعی	۲-۵	(۲۰, ۳۲, ۳۳, ۶۳)
		غیر طبیعی	>۵	
۱۳	ارتفاع قطب به قطب در سونوگرافی	طبیعی	۱۰۰-۱۲۰	(۲۰, ۳۲, ۳۳)
		پیش از بیماری	۸۰-۱۰۰	
		بیماری	۶۰-۸۰	
۱۴	سابقه ابتلا به فشار خون	کم	<۵	(۲۰, ۳۲, ۳۳)
		زیاد	>۵	
۱۵	سابقه ابتلا به دیابت	کم	<۵	(۲۰, ۳۲, ۳۳)
		زیاد	>۵	
۱۶	سابقه خانوادگی ابتلا به CKD	دارد	۰	(۲۰, ۳۲, ۳۳)
		ندارد	۱	

محاسبه گردید.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از مطالعه متون تخصصی و نظرسنجی از متخصصین نفرولوژی نشان داد که پارامترهای اصلی جهت تشخیص بیماری مزمن کلیوی شامل ۱۶ مورد سن، فشارخون سیستولیک، فشارخون دیاستولیک، پروتئینوری، آلبومینوری، سرم کراتینین، میزان فیلتراسیون گلومرولی، نیتروژن اوره خون، هورمون پاراتیروئید، هموگلوبین، کلسیم، فسفر، ارتفاع قطب به قطب در سونوگرافی، سابقه ابتلا به فشارخون، سابقه ابتلا به دیابت و سابقه خانوادگی ابتلا به بیماری مزمن کلیوی بود.

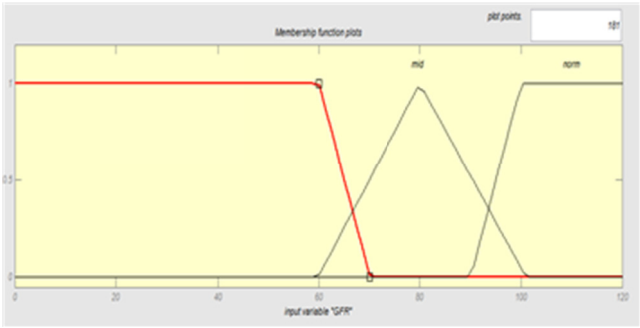
در مطالعه طهماسبیان و همکاران، پارامترهای مهم بیماری مزمن کلیوی شامل میزان فیلتراسیون گلومرولی، فشارخون دیاستولیک، تری‌گلیسیرید، فشار متوسط شریانی (Mean Arterial Presure(MAP))، وزن، لیپوپروتئین با چگالی کم، هماتوکریت (Hematocrit(Hct))، فشارخون سیستولیک، قند خون (Fast Blood Sugar(FBS))، لیپوپروتئین با چگالی بالا

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2024-03-28]

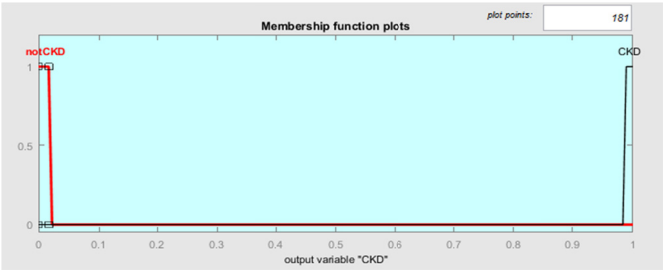
[DOR: 20.1001.1.22287043.1397.25.10.3.4]



شکل ۱- توابع عضویت متغیر ورودی سرم کراتینین



شکل ۲- توابع عضویت متغیر ورودی میزان فیلتراسیون گلومرولی

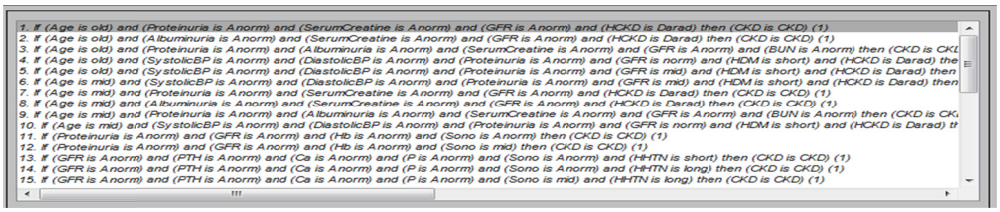


شکل ۳- توابع عضویت متغیر خروجی ابتلا به بیماری مزمن کلیوی

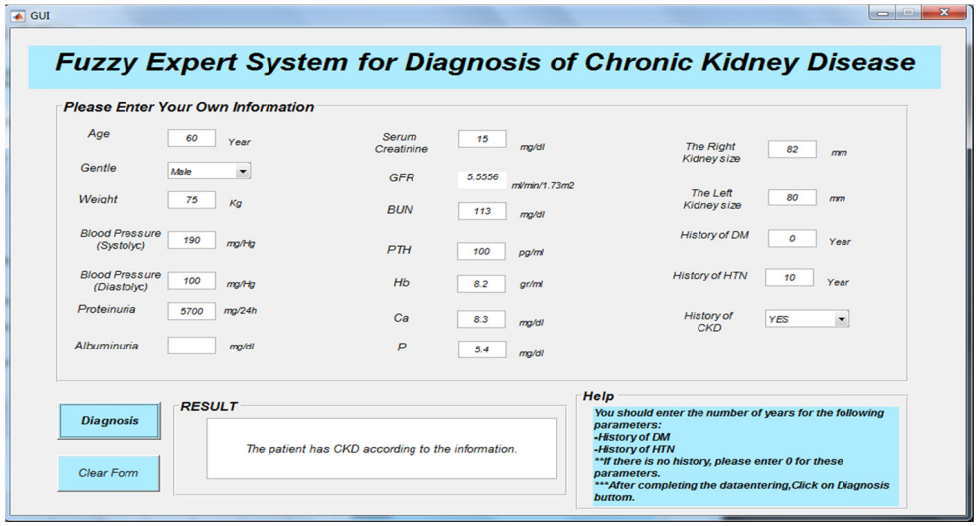
شناسایی شد (۶۵). در مطالعه زرندی و عبدالکریم زاده، از نه ویژگی سن، قند خون ناشتا، اوره خون، سرم کراتینین، سدیم، پتاسیم، هموگلوبین، گلبول‌های قرمز خون و گلبول‌های سفید خون برای تشخیص استفاده شد (۲۹) Muslim نیز در مطالعه خود از متغیرهای سن، سطح هموگلوبین، سطح سرم کراتینین، سطح پلاسمایی ادرار، میزان فیلتراسیون گلومرولی برای تشخیص استفاده کرد (۳۰). بسیاری از مطالعات یادگیری ماشین از داده‌های آموزشی UCI جهت ارزیابی سیستم خود استفاده کرده بودند و در نتیجه پارامترهای آن‌ها بخشی از ۲۴ پارامتر (سن، فشارخون، وزن مخصوص، آلبومین، قند، گلبول قرمز، pus cell، pus cell clumps، باکتری‌ها، گلوکز خون تصادفی، اوره خون، سرم کراتینین، سدیم، پتاسیم، هموگلوبین، حجم سلول‌های بسته بندی شده، تعداد گلبول‌های سفید خون، تعداد گلبول های قرمز، فشارخون بالا، دیابت، بیماری عروق کرونر، اشتها، ادم پدال، کم خونی) UCI بوده است.

در مطالعه حاضر عمده پارامترهای UCI در مرحله شناسایی پارامترهای تشخیصی لحاظ شده بودند و در مرحله نظرسنجی از خبرگان به‌عنوان پارامترهای غیر ضروری و کم اهمیت از مطالعه حذف شدند و تنها ۶ پارامتر (سن، فشارخون، سرم کراتینین، هموگلوبین، فشارخون بالا و دیابت) از پارامترهای UCI مورد تأیید

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2024-03-28]
[DOR: 20.1001.1.22287043.1397.25.10.3.4]



شکل ۴- بخشی از قواعد بکارگرفته شده در ساخت پایگاه دانش سیستم تشخیص بیماری مزمن کلیوی



شکل ۵- نمایی از رابط کاربری سیستم خبره برای تشخیص بیماری مزمن کلیوی

جدول ۴- مقادیر صحت، حساسیت و اختصاصی بودن سیستم‌های تشخیص بیماری مزمن کلیوی با توابع عضویت مختلف

	تمام متغیرها مثلثی	تمام متغیرها ذوزنقه ای	تمام متغیرها گوسی	ترکیبی ۱	ترکیبی ۲	ترکیبی ۳	ترکیبی ۴
صحت	۸۸/۸	۸۹/۳	۸۶/۱	۸۷/۹	۸۷/۵	۸۸/۴	۹۰/۷
حساسیت	۸۰/۵	۸۷/۰۳	۱۰۰	۸۱/۴	۸۰/۵	۸۲/۴	۸۷/۰۳
اختصاصی بودن	۹۷/۲	۹۱/۶	۷۲/۲	۹۴/۴	۹۴/۴	۹۴/۴	۹۴/۴

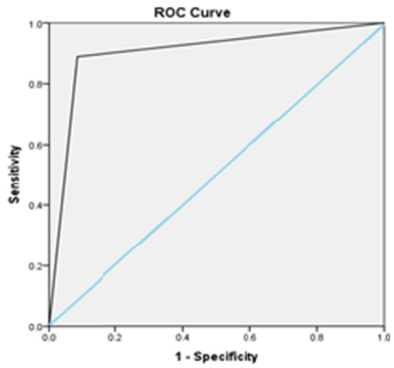
جدول ۵- مقایسه تشخیص حاصل از بکارگیری سیستم و تشخیص نهایی ثبت شده در پرونده

تشخیص پرونده	تشخیص سیستم	ابتلا به بیماری مزمن کلیوی		عدم ابتلا به بیماری مزمن کلیوی		جمع کل	
		تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد
ابتلا به بیماری مزمن کلیوی		۹۴	۴۳/۵	۱۴	۶/۵	۱۰۸	۵۰
عدم ابتلا به بیماری مزمن کلیوی		۶	۲/۸	۱۰۲	۴۷/۲	۱۰۸	۵۰
جمع کل		۱۰۰	۴۶/۳	۱۱۶	۵۳/۷	۲۱۶	۱۰۰

خبرگان برای مطالعه حاضر بود. به‌طور خلاصه، پارامترهای پروتئینوری، آلبومینوری، کلسیم، فسفر، نیتروژن اوره خون، هورمون پاراتیروئید، ارتفاع قطب به قطب در سونوگرافی و سابقه خانوادگی ابتلا به بیماری مزمن کلیوی تاکنون در سیستم‌های قبلی لحاظ نشده‌اند درصورتی‌که در نظرسنجی از خبرگان به‌عنوان پارامترهای ضروری شناسایی شدند. با توجه به اینکه تعیین پارامترهای تأثیرگذار در ایجاد و پیشرفت بیماری مزمن کلیوی، عامل مهمی در طراحی سیستم‌های خبره مناسب است(۱۶) بنابراین، در مطالعه حاضر ۱۶ پارامتر شناسایی شده در طراحی سیستم خبره استفاده شد تا امکان تشخیص بهتر و دقیق‌تر بیماری را فراهم کند.

در این مطالعه به‌منظور طراحی سیستم خبره فازی برای تشخیص بیماری مزمن کلیوی، از سیستم استنتاج ممدانی استفاده شد و همچنین جهت پیاده‌سازی آن، رابط کاربری سیستم با استفاده از نرم‌افزار متلب طراحی

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2024-03-28]
[DOR: 20.1001.1.22287043.1397.25.10.3.4]



شکل ۶- منحنی مشخصه عملکرد سیستم خبره فازی

شد. میزان صحت، حساسیت و اختصاصی بودن سیستم به ترتیب ۹۰/۷ درصد، ۸۷/۰۳ درصد و ۹۴/۴ درصد به دست آمد. در آزمون آماری کاپا مقدار متغیر K برابر ۰/۸۱ به دست آمد و سطح زیر منحنی ROC نیز معادل ۰/۹۰ محاسبه گردید.

در مطالعه زرندی، صحت سیستم خبره فازی با سیستم استنتاج فازی نوع یک ایجاد شده که بهبود آن با استفاده از مدل انفیس بود، معادل ۸۰ درصد برآورد شد(۲۹). درحالی‌که در مطالعه حاضر صحت سیستم پژوهش نسبت به مطالعه زرندی ۱۰ درصد بالاتر بود. مسلم در مطالعه خود برای سیستم استنتاج فازی تشخیص بیماری مزمن کلیوی، بر اساس روش غیرفازی ساز مام (Mean of Maximum) به صحت ۹۷/۱۴ درصد و روش غیرفازی ساز بایسکتور (Bisector) به صحت ۹۸/۸۶ درصد دست یافت (۳۰) که میزان صحت مطالعه انجام شده بالاتر از میزان به دست آمده در پژوهش حاضر بود. در مطالعه Akgundogdu و همکاران، مدل ANFIS جهت تشخیص بیماری نارسایی کلیوی با دارا بودن دقت ۱۰۰ درصد نتایج بهتری را در مقایسه با ماشین بردار پشتیبان (Support Vector Machine(SVM) با دقت ۹۶/۲۹ درصد و شبکه عصبی مصنوعی (Artificial Neural Network (ANN)) با دقت ۸۸/۸۸ درصد داشت. در این مطالعه از روش خوشه‌بندی کاهشی برای انتخاب قوانین استفاده شده بود (۶۶). درحالی‌که میزان اختصاصی بودن سیستم مطالعه حاضر در مقایسه با شبکه عصبی مصنوعی نتیجه بهتری نشان داده است ولی در مقایسه با مدل انفیس انجام شده و ماشین بردار پشتیبان نتایج ضعیف‌تری داشته است. همچنین در مطالعه احمد و همکاران، میزان سلامتی بین رنج صفر تا ده سنجیده می‌شد و میزان اختصاصی بودن سیستم خبره فازی تشخیص میزان سلامتی کلیه ۸۶/۷ درصد محاسبه به دست آمد(۶۷). درحالی‌که این میزان در پژوهش حاضر بالاتر از مطالعه احمد است. در هیچ‌کدام از مطالعات مذکور، نحوه شناسایی پارامترهای تشخیصی، آزمون آماری کاپا و منحنی مشخصه عملکرد سیستم گزارش نشده است.

تشخیص CKD با استفاده از تکنیک‌های داده‌کاوی (درخت تصمیم، رگرسیون خطی، ماشین بردار پشتیبان، پرسپترون چندضلعی، K نزدیک‌ترین همسایه، شبکه بیزین و شبکه عصبی) انجام شده است (۲۶، ۲۷). در این مطالعات الگوریتم‌های مختلف با یکدیگر مقایسه و کارآمدترین آن‌ها انتخاب شده است. در مطالعه تشخیص بیماری مزمن کلیوی با استفاده از ماشین بردار پشتیبان (۲۴)، از روش‌های فیلتر و رپر بر روی مجموعه داده‌های CKD استفاده شد که صحت سیستم ۹۸/۵ به دست آمد. در مطالعه تشخیص بیماری مزمن کلیوی با استفاده از یادگیری ماشین(۲۵)، از الگوریتم رندوم فارست استفاده شد و صحت سیستم ۱۰۰ درصد به دست آمد. در مطالعه تشخیص بیماری با استفاده از روش طبقه‌بندی فازی(۲۸) صحت سیستم ۹۵/۹ بود. در مطالعات ذکر شده با انتخاب الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی و روش‌های مختلف یادگیری ماشین، نتایج متفاوتی به دست آمده است. نتایج مطالعات انجام شده با روش یادگیری ماشین تا حدی بهتر از مطالعه حاضر بوده است. مطالعات ذکر شده بر اساس داده‌های آموزشی مخزن عمومی دانشگاه کالیفرنیا (UCI) بوده است و پارامترهای تشخیصی این مطالعات جزئی از پارامترهای این مجموعه داده آموزشی بوده است درصورتی‌که اغلب پارامترهایUCI طبق نظر متخصصین نفرولوژی مطالعه حاضر از اهمیت کمتری برای تشخیص بیماری مزمن کلیوی برخوردار بودند و از مطالعه حذف شدند که این خود نیز یکی از دلایل متفاوت بودن نتایج سیستم‌های یادگیری ماشین با مطالعه حاضر می‌باشد.

نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که در هیچ‌کدام از مطالعاتی که به طراحی سیستم خبره فازی پرداخته

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2024-03-28]
[DOR: 20.1001.1.22287043.1397.25.10.3.4]

بودند، در مورد نوع تابع عضویت آن‌ها بحث نشده بود ولی در مطالعه حاضر سیستم فازی با هر یک از توابع عضویت گوسی، ذوزنقه‌ای و مثلثی به‌طور جداگانه طراحی شد و سپس ترکیبی از توابع فازی برای ساخت سیستم استنتاج آزمون شد و در نهایت ترکیبی از توابع عضویت که بهترین نتیجه را داشتند به عنوان توابع عضویت سیستم نهایی انتخاب شدند. سیستم پیشنهادی نسبت به مطالعه زرندی (۲۹) با افزایش ۱۰ درصدی صحت سیستم و نسبت به مطالعه Ahmed (۶۷) با افزایش ۸ درصدی میزان اختصاصی بودن سیستم و نسبت به مطالعه Sinha (۶۸) به ترتیب با دو روش SVM و KNN افزایش ۱۷ و ۱۲ درصدی صحت سیستم در تشخیص بیماری مزمن کلیوی موفق‌تر عمل کرده است. این سیستم با توجه به مقدار کاپا دارای توافق عالی است. سطح زیر منحنی راک نیز نشان‌دهنده عملکرد ایده آل سیستم طراحی شده می‌باشد. این مطالعه با محدودیت‌هایی نیز همراه است.۱-نظرسنجی جهت شناسایی پارامترهای ضروری تنها از متخصصین ۴ بیمارستان دانشگاه علوم پزشکی ایران (۱۸ پزشک متخصص) انجام شد و ممکن است قابل‌تعمیم به سایر متخصصین نباشد. ۲- نتایج ارزیابی این سیستم با استفاده از داده‌های تنها دو بیمارستان انجام شده و لازم است با داده‌های بیشتر از مراکز مختلف، مورد بررسی قرار گیرد. ۳-محدودیت دیگر این است که این سیستم در محیط بالینی واقعی ارزیابی نشده است.

حاصل این پژوهش ایجاد سیستم خبره فازی جهت تشخیص بیماری مزمن کلیوی است که به‌منظور پیشگیری و آگاهی به موقع از وجود بیماری مزمن کلیوی در افراد انجام شد. میزان صحت، حساسیت و اختصاصی بودن سیستم به ترتیب ۹۰/۷ درصد، ۸۷/۰۳ درصد و ۹۴/۴ درصد به دست آمد. در تعیین قوانین و ارزش‌های پارامترها، می‌توان از فازی نوع دو استفاده کرد. این سیستم نمی‌تواند مراحل مختلف بیماری مزمن کلیوی و میزان پیشرفت را تشخیص دهد که پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده مورد توجه قرار گیرد.

تقدیر و تشکر

این مقاله حاصل پایان‌نامه دانشجویی با عنوان "ایجاد سیستم خبره فازی برای تشخیص بیماری مزمن کلیوی" در مقطع کارشناسی ارشد با کد IUMS/SHMIS_1395.9311553002 است که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی ایران به انجام رسیده است. نویسندگان مقاله از زحمات فراوان پرسنل محترم بیمارستان‌های آموزشی دانشگاه ایران برای همکاری صمیمانه جهت جمع‌آوری داده‌ها کمال تشکر و قدردانی را دارند.

References

1. James M, Hemmelgarn B, Tonelli M. Early recognition and prevention of chronic kidney disease. Elsevier; 2010. 375(9722):309-496.
2. Wouters OJ, O'donoghue DJ, Ritchie J, Kanavos PG, Narva AS. Early chronic kidney disease: diagnosis, management and models of care. Nature Rev Nephrol; 2015. 11(8):491-502.
3. Eckardt K, Alper S, Antignac C, Bleyer A, Chauveau D, Dahan K, et al. Autosomal dominant tubulointerstitial kidney disease: diagnosis, classification, and management. Kidney Int; 2015. 88(4):583-676.
4. Yadollahpoor A. Applications of expert systems in management of chronic kidney disease: a review of predicting techniques. Orient J Comp Sci Technol; 2014. 7(2):306-450.
5. Alebiosu C, Ayodele O. The global burden of chronic kidney disease and the way forward. Ethnicity and Disease. Ethn Dis; 2005. 15(3):418-510.
6. Mills KT, Xu Y, Zhang W, Bundy JD, Chen CS, Kelly TN, et al. A systematic analysis of worldwide population-based data on the global burden of chronic kidney disease in 2010. Kidney Int; 2015. 88(5):950-961
7. Najafi I, Islami F, Malekzadeh F, Salahi R, Yapan-Gharavi M, Hosseini M, et al. Prevalence of chronic kidney disease and its associated risk factors: the first report from Iran using both microalbuminuria and urine sediment. Arch Iran Med; 2012. 15(7):70-81.
8. Tohidi M, Hasheminia M, Mohebi R, Khalili D, Hosseinpanah F, Yazdani B, et al. Incidence of chronic kidney disease and its risk factors, results of over 10 year follow up in an Iranian cohort. PLoS One; 2012. 7(9):45-54.
9. Safarinejad M. The epidemiology of adult chronic kidney disease in a population-based study in Iran: prevalence and associated risk factors. J Nephrol; 2009. 22(1):99-107.
10. Allen AS, Forman JP, Orav EJ, Bates DW, Denker BM, Sequist TD. Primary care management

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2024-03-28]
[DOR: 20.1001.1.22287043.1397.25.10.3.4]

of chronic kidney disease. General Int Med; 2011. 26(4):386-392.
11. Fiseha T, Kassim M, Yemane T. Chronic kidney disease and underdiagnosis of renal insufficiency among diabetic patients attending a hospital in Southern Ethiopia. BMC Nephrol; 2014. 15(1)198-206.
12. Dousdampanis P, Trigka K, Fourtounas C. Diagnosis and management of chronic kidney disease in the elderly: a field of ongoing debate. Ag Dis; 2014. 3(5):360-372.
13. Obrador G, Mahdavi M, Collins A. Establishing the global kidney disease prevention network (KDPN): a position statement from the National Kidney Foundation. Am J Kidney Dis; 2011. 57(3):361-370.
14. Sadoughi F, Sheikhtaheri A. Application of Artificial Intelligence Systems in Medical Decision Making: Advantages and Challenges. Health Information Management; 2011. 8(3):440-500 [Book in Persian].
15. Sheikhtaheri A, Sadoughi F, Dehaghi ZH. Developing and using expert systems and neural networks in medicine: a review on benefits and challenges. Med Syst; 2014. 38(9):110-120.
16. Yadollahpour A. Applications of expert systems in management of chronic kidney disease: a review of predicting techniques. Orient J Comput Sci Technol; 2014. 7(2):306-315.
17. Reddy PVS, Sadana A. Fuzzy Medical Expert Systems for Clinical Medicine Learning Through the Fuzzy Neural Network. Int J Clin Med Res; 2015. 2(5):54-60.
18. Allahverdi N, Torun S, Saritas I, editors. Design of a fuzzy expert system for determination of coronary heart disease risk. Proceedings of the 2007 international conference on Computer systems and technologies. New York ACM. 2007.
19. Korenevskiy N. Application of fuzzy logic for decision-making in medical expert systems. Biomed Engin; 2015. 49(1):46-49.
20. Conditions NCCfC. Chronic kidney disease: national clinical guideline for early identification and management in adults in primary and secondary care. United Kingdom: Royal College of Physicians; 2008.
21. Bashir S, Qamar U, Khan FH. WebMAC: A web based clinical expert system. Inform Syst Frontiers; 2016. 20(9):1-17.
22. Malmir B, Amini M, Chang SI. A medical decision support system for disease diagnosis under uncertainty. Expert Syst Appl; 2017. 88:95-108.
23. Babalola A, Ruth A, Adedayo S, Hameed M. Web based expert system for diagnosis and management of kidney diseases. Int J Curr Res Aca Rev; 2015;. 3(2):9-19.
24. Polat H, Mehr HD, Cetin A. Diagnosis of Chronic Kidney Disease Based on Support Vector Machine by Feature Selection Methods. J Med Syst; 2017. 41(4):55-63.
25. Subasi A, Alickovic E, Kevric J. Diagnosis of Chronic Kidney Disease by Using Random Forest. CMBEBIH 2017: Springer; 2017.589-594.
26. Boukenze B, Haqiq A, Mousannif H. Predicting Chronic Kidney Failure Disease Using Data Mining Techniques. Advances in Ubiquitous Networking 2: Springer; 2017. 40(5):701-712.
27. Gharibdousti MS, Azimi K, Hathikal S, Won DH, editors. Prediction of Chronic Kidney Disease Using Data Mining Techniques. IIE Annual Conference Proceedings; 2017 : Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE).
28. Chen Z, Zhang Z, Zhu R, Xiang Y, Harrington PB. Diagnosis of patients with chronic kidney disease by using two fuzzy classifiers. Chemomet Intel Lab Syst; 2016. 153:140-152.
29. Zarandi MF, Abdolkarimzadeh M, editors. Fuzzy rule based expert system to diagnose chronic kidney disease. North American Fuzzy Information Processing Society Annual Conference; 2017: Springer.
30. Muslim M, Kurniawati I, Sugiharti E. Expert system diagnosis chronic kidney disease based on mamdani fuzzy inference system. J Theore Appl Inform Technol; 2015. 78(1):70-85.
31. Machine Learning Repository[Internet]: University of California; [updated 2017]. Available from: https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/chronic_kidney_disease.
32. Foundation NK. Clinical practice guidelines for chronic kidney disease: evaluation, classification and stratification: National Kidney Foundation; 2002.
33. Recommendations CP. Chronic Kidney Disease (CKD) Los Angeles: Henry Ford Health System; 2011.
34. Zhu W, Zeng N, Wang N, editors. Sensitivity, specificity, accuracy, associated confidence interval and ROC analysis with practical SAS implementations. Proceeding of health care and life sciences; 2010; Maryland (Baltimore): NESUG.
35. Baratloo A, Hosseini M, Negida A, El Ashal G. Part 1: simple definition and calculation of accuracy, sensitivity and specificity. Emergency; 2015. 3(2):48-59.
36. McIntyre NJ, Fluck R, McIntyre C, Taal M. Treatment needs and diagnosis awareness in primary care patients with chronic kidney disease. Br J Gen Pract; 2012. 62(597):27-32.
37. Martínez-Castelao A, Górriz JL, Bover J, la Morena JSD, Cebollada J, Escalada J, et al. Consensus document for the detection and management of chronic kidney disease. Nefrologia; 2014. 34(2):56-62.
38. Link DK. Chronic kidney disease: New paradigms in diagnosis and management. J Am Acad Physic Assist; 2015. 28(7):23-38.
39. Lucisano G, Comi N, Pelagi E, Cianfrone P,

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2024-03-28]
[DOR: 20.1001.1.22287043.1397.25.10.3.4]

Fuiano L, Fuiano G. Can renal sonography be a reliable diagnostic tool in the assessment of chronic kidney disease? J Ultrasound Med; 2015. 34(2):299-306.

40. Øvrehus MA, Zürbig P, Vikse BE, Hallan SI. Urinary proteomics in chronic kidney disease: diagnosis and risk of progression beyond albuminuria. Clin Proteom; 2015. 12(1):21-35.

41. Nunes JW, Roney M, Kerr E, Ojo A, Fagerlin A. A diagnosis of chronic kidney disease: despite fears patients want to know early. Clin Nephrol; 2016. 86(2):78-86.

42. Pefanis A, Botlero R, Langham RG, Nelson CL. eMAP: CKD: electronic diagnosis and management assistance to primary care in chronic kidney disease. Nephrology Dialysis Transplantation. 2016: 366-378.

43. Jee JH, Jun JE, Kim TH, Jin SM, Hur KY, Kim SW, et al. The effect of TSH change per year on the risk of incident chronic kidney disease in euthyroid subjects. Endocrine; 2017. 55(2):503-512.

44. Gharbi MB, Elseviers M, Zamd M, Alaoui AB, Benahadi N, Trabelssi EH, et al. Chronic kidney disease, hypertension, diabetes, and obesity in the adult population of Morocco: how to avoid "over"-and "under"-diagnosis of CKD. Kidney Int; 2016. 89(6):1363-1371.

45. Yaprak M, Çakır Ö, Turan MN, Dayanan R, Akın S, Değirmen E, et al. Role of ultrasonographic chronic kidney disease score in the assessment of chronic kidney disease. Int Urol Nephrol; 2017. 49(1):123-131.

46. Vassalotti JA, Centor R, Turner BJ, Greer RC, Choi M, Sequist TD, et al. Practical approach to detection and management of chronic kidney disease for the primary care clinician. Am J Med; 2016. 129(2):153-162.

47. Shimamura Y, Hamada K, Inoue K, Ogata K, Ishihara M, Kagawa T, et al. Serum levels of soluble secreted α-Klotho are decreased in the early stages of chronic kidney disease, making it a probable novel biomarker for early diagnosis. Clin Experim Nephrol; 2012. 16(5):722-739.

48. Steubl D, Roos M, Hettwer S, Satanovskij R, Tholen S, Wen M, et al. Plasma total C-terminal agrin fragment (tCAF) as a marker for kidney function in patients with chronic kidney disease. Clin Chem Lab Med; 2016. 54(9):1487-1495.

49. Prasad V, Cifu A. Eliminating chronic kidney disease as a diagnosis. Pol Arch Med Wewn; 2014. 124(12):7-9.

50.Somers EB, O'Shannessy DJ. Folate receptor alpha, mesothelin and megakaryocyte potentiating factor as potential serum markers of chronic kidney disease. Biomark Insights; 2014. 9:29-40.

51. Ando M, Yanagisawa N. Epidemiology, clinical characteristics, and management of chronic kidney disease in human immunodeficiency virus-infected patients. World J Nephrol; 2015. 4(3):388-397.

52. Nayeri H, Babaknejad N. Evaluation of novel biomarkers in nephrotoxicity. Future Med; 2016.

53. Echouffo-Tcheugui JB, Kengne AP. Risk models to predict chronic kidney disease and its progression: a systematic review. PLoS Med; 2012. 9(11):100-134.

54. Fraccaro P, van der Veer S, Brown B, Prosperi M, O'Donoghue D, Collins GS, et al. An external validation of models to predict the onset of chronic kidney disease using population-based electronic health records from Salford, UK. BMC Med; 2016. 14(1):104-114.

55. Moolchandani K, Priyadarssini M, Rajappa M, Parameswaran S, Revathy G. Serum bilirubin: a simple routine surrogate marker of the progression of chronic kidney disease. Bri J Biomed Sci; 2016. 73(4):188-193.

56. Siddappa JK, Singla S, Mohammed Al Ameen S, Kumar N. Correlation of ultrasonographic parameters with serum creatinine in chronic kidney disease. J Clin Imag Sci; 2013. 3.

57. Drawz P, Rahman M. Chronic kidney disease. Ann Int Med; 2009. 150(3):ITC2-1.

58. Khurana R, Ranches G, Schafferer S, Lukasser M, Rudnicki M, Mayer G, et al. Identification of urinary exosomal noncoding RNAs as novel biomarkers in chronic kidney disease. RNA; 2017. 23(2):142-152.

59. Mendu ML, Lundquist A, Aizer AA, Leaf DE, Robinson E, Steele DJ, et al. Clinical predictors of diagnostic testing utility in the initial evaluation of chronic kidney disease. Nephrology; 2016. 21(10):851-879.

60. Jiwa M, Chakera A, Dadich A, Meng X, Kanjo E. The profile of patients with chronic kidney disease who regularly present at an Australian general practice. Curr Med Res Opinion; 2016. 32(1):183-195.

61. Usta MA, Akyazi Ö, Altaş İH, editors. Design and performance of solar tracking system with fuzzy logic controller used different membership functions. Electrical and Electronics Engineering) ELECO), 2011 7th International Conference on; 2011: IEEE.

62. Ju W, Smith S, Kretzler M. Genomic biomarkers for chronic kidney disease. Translat Res; 2012. 159(4):290-302.

63. Cox M, Nelson D. Leninger's Biochemistry Principles. 6 ed. Tehran: Ayizh; 2010.

64. Carletta J. Assessing agreement on classification tasks: the kappa statistic. Comput Linguist; 1996. 22(2):249-254.

65. Tahmasebian S, Ghazisaeedi M, Langarizadeh M, Mokhtaran M, Mahdavi-Mazdeh M, Javadian P. Applying data mining techniques to determine important parameters in chronic kidney disease and the relations of these parameters to each other. J Renal Injur Prev; 2017. 6(2):18-27.

66. Akgundogdu A, Kurt S, Kilic N, Ucan O,

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.22287043.1397.25.10.3.4]

Akalin N. Diagnosis of renal failure disease using adaptive neuro-fuzzy inference system. J Med Syst; 2010. 34(6):1003-1019.

67. Ahmed S, Tanzir M, Tanzeem N, Rahman R, editors. Diagnosis of kidney disease using fuzzy expert system. 8th International Conference on Software, Knowledge, Information Management and Applications (SKIMA) 2014: IEEE.

68. Sinha P, Sinha P. Comparative study of chronic kidney disease prediction using KNN and SVM. Int J Eng Res Technol; 2015. 4(12):608-612.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.22287043.1397.25.10.3.4]