Designing an expert system for prediction of heart attack using fuzzy systems

Maihami V., MSc[1], Khormehr A., BS[2], Rahimi E., MD[3]

1. Department of Computer Engineering, Islamic Azad University, Sanandaj Branch, Sanandaj, Iran, (Corresponding Author), Tel:+98-87-33288661, maihami@iausdj.ac.ir
2. MSc student of Software Engineering, Department of Computer Engineering, Islamic Azad University, Sanandaj Branch, Sanandaj, Iran.
3. Assistant Professor, Internal Medicine Department, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran.

ABSTRACT

Background and Aim: Nowadays, there are increasing amounts of data in various fields, which calls for special methods for management and extraction of information. Therefore, use of expert systems in different fields in particular medicine has attracted the attention of many investigators. Prediction of diseases such as heart attack is also a complex issue for which selection of major risk factors and obtaining correct results have been considered essential.

Material and Methods: In this study, using fuzzy system, a model was designed which works based on medical knowledge and discerning comparison. In this system the criteria used for the diagnosis heart attack are introduced into the system. Then theses criteria will be used for the risk factors in order to predict presence or absence of heart attack. In order to increase efficiency and accuracy of the system, the influence of the more important risk factors have received higher values. The proposed algorithm was used for the data collected from 1000 heart attack cases and patients without heart disease by using fuzzy systems in Tohid Hospital in Sanandaj.

Results: The proposed algorithm could predict heart disease with 98% accuracy in the subjects predisposed to heart attack. Another advantage of this method is its high efficiency in the absence of important diagnostic methods, such as exercise testing.

Conclusion: The proposed algorithm can accurately identify patients with heart disease. Risk factors such as age, blood pressure, unhealthy fat, smoking, family history and gender have significant impacts on the development of heart disease, Therefore, designing interventional programs by medical centers and providing information by mass media can be useful for prevention of heart attack.

Keywords: Prediction of heart attack, Fuzzy systems, Fuzzy inference engine, Risk factors.

Received: Feb 6, 2016 **Accepted:** Jun 21, 2016

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-22]

مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی کردستان / دوره بیست و یکم / مهر و آبان ۱۳۹۵/۱۳۱-۱۱۸

طراحی یک سیستم خبره جهت شناسایی بیماریهای قلبی با استفاده از الگوریتم فازی

وفا میهمی[۱]، آرش خورمهر[۲]، عزت الله رحیمی[۳]

۱. مربی، عضو هیئت علمی گروه کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج، ایران (مولف مسئول) تلفن ثابت:۳۳۲۸۸۶۶۱-۰۸۷ maihami@iausdj.ac.ir

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی نرم افزار، دانشکده فنی-مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج، ایران.

۳ .استادیار، گروه داخلی، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران.

چکیده

زمینه و هدف : حجم داده‌های موجود در کاربردهای مختلف به سرعت در حال افزایش است. در چنین شرایطی نیاز به روش-هایی برای مدیریت خودکار و بدست آوردن اطلاعات و دانش از داده‌ها بیشتر می‌باشد. همین امر سبب شده است که استفاده از سیستم‌های خبره و داده‌کاوی در کاربردهای مختلف بویژه پزشکی مورد توجه محققان در حوزه‌های مختلف یاشد. پیش بینی بیماری‌ها مانند بیماری های قلبی نیز از جمله ی این مسائل پیچیده می باشد که در انتخاب ریسک فاکتورهای مهم و بدست آوردن نتیجه درست مسئله مورد توجه است.

روش بررسی : در این مقاله، به کمک یک سیستم فازی یک مدل برای پیش بینی بیماری‌های قلبی طراحی شده است که با استفاده از قوانین طراحی شده بر اساس دانسته‌های پزشکی و مقایسه هوشمند عمل می کند. در سیستم پیشنهادی، معیارهایی که برای تشخیص بیماری‌های قبلی توسط پزشک متخصص استفاده می‌شود به عنوان قوانین طراحی شده سیستم، جهت تصمیم‌گیری به سیستم داده خواهد شد. در مرحله بعد، این قوانین روی ریسک فاکتورها اعمال شده، و وجود یا عدم وجود بیماری قلبی برای فرد مورد نظر را پیش‌بینی می‌کند. همچنین در سیستم پیشنهادی برای افزایش کارایی و دقت سیستم تشخیص بیماری قلبی، تاثیر ریسک فاکتورهای مهم تر افزایش داده شده است. الگوریتم پیشنهادی بر روی مجموعه داده‌های ۱۰۰۰ بیمار اعم از بیمار قلبی و افراد سالم جمع‌آوری شده از بیمارستان توحید سنندج در نرم‌افزار متلب و به کمک جعبه ابزار فازی شد.

یافته‌ها : نتایج آزمایشات انجام شده بر روی مجموعه داده های جمع‌آوری شده از بیمارستان توحید سنندج نشان داد که الگوریتم پیشنهادی توانست با دقت ۹۸ درصد پیش‌بینی درست افراد مستعد بیماری قلبی را انجام دهد. مزیت دیگر این الگوریتم این است که با اینکه تعدادی فاکتور بسیار مهم مانند تست ورزش در اختیار نبود (بدلیل عدم ثبت در پرونده بیشتر بیماران) بازدهی مناسبی داشته است.

نتیجه گیری : الگوریتم پیشنهادی قادر به شناسایی بیماران قلبی با دقت بسیار مناسبی می‌باشد، همچنین ریسک فاکتورهای سن، فشار خون، چربی مضر، سیگار، سابقه فامیلی و جنسیت تاثیر بسزایی در ابتلای فرد به این بیماری دارند، بنابراین با برنامه مداخله ای و اطلاع رسانی از طریق رسانه‌ها و مراکز پزشکی و درمانی می‌توان از شیوع این بیماری جلوگیری کرد.

واژه‌های کلیدی : پیش بینی بیماری قلبی، سیستم‌های فازی ، موتور استنتاج فازی ، ریسک فاکتور.

وصول مقاله:۹۴/۱۱/۱۸ اصلاحیه نهایی:۹۵/۳/۲۴ پذیرش:۹۵/۴/۱

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-22]

مقدمه

با رشد روزافزون ابزارهای تولید داده، حجم داده‌های موجود در کاربردهای مختلف به سرعت در حال افزایش است. در چنین شرایطی نیاز به روش‌هایی برای مدیریت خودکار و بدست آوردن اطلاعات و دانش از داده‌ها بیشتر می‌باشد. همین امر سبب شده است که استفاده از سیستم‌های خبره و داده‌کاوی در کاربردهای مختلف بویژه پزشکی مورد توجه محققان این حوزه‌ها شود.

سیستم‌های خبره[1] نرم‌افزارهای رایانه‌ای هستند که در راستای کمک به متخصّصان انسانی و یا جایگزینی جزئی آنان در زمینه‌های محدود تخصّصی تلاش دارند. این سامانه‌ها معمولاً اطلاعات را به شکل قواعد[2] و واقعیت‌ها[3] پایگاه دانش به شکل ساختارمند ذخیره نموده، و سپس با بهره‌گیری از روشهایی خاص استنتاج از این داده‌ها نتایج مورد نیاز حاصل می‌شود. از جمله ابزارهایی که برای ایجاد سیستم‌های خبره از آنها استفاده می‌شود می‌توان به منطق فازی، شبکه‌های عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک اشاره کرد(۱). نظریه‌ی مجموعه‌های فازی برای اولین بار توسط لطفی‌زاده در سال ۱۹۶۵(۲) مطرح شد و درکاربردهای متعددی از مجموعه‌های فازی استفاده شد. در منطق دودویی هر عنصر مجموعه دارای درجه عضویت صفر و یک است در حالیکه در منطق فازی درجهٔ عضویت یک عنصربه صورت احتمالی و در بازه بین صفر و یک است. سیستم فازی سیستمی است که پدیده‌ها را در قالب مجموعه‌های فازی مدلسازی می‌کند. این سیستم‌ها مبتنی بر دانش هستند و در رده‌ی سیستم‌های خبره و هوشمند طبقه‌بندی می‌شوند. بر همین اساس سیستم‌های فازی متعددی تعریف شده‌اند که از آنها می‌توان به سیستم فازی/ غیرفازی‌ساز اشاره کرد. در این سیستم که دارای پایگاه قواعد فازی است، پس از فازی کردن داده‌های ورودی با غیرفازی‌ساز ، موتور استنتاج فازی با استفاده از قواعد استنتاج تعمیم یافته اقدام به اعمال قوانین مناسب از مجموعه‌ی قوانین فازی روی داده‌های ورودی می‌کند و نتیجه‌ای فازی را برمی‌گرداند که غیرفازی‌ساز آن را تبدیل به خروجی قطعی می کند. برای ترکیب نتایج قواعد استنتاج دو رویکرد را می‌توان در پیش گرفت : ترکیب قواعد و ترکیب نتایج قواعد برای هر یک از دو رویکرد می‌توان از عملگر اجتماع یا اشتراک بنا به مورد مسأله بهره برد (۳). متغیرهای زبانی؛ در مجموعه‌های قطع متغیر می‌تواند مقادیر مختلف اعداد را بپذیرد. در مجموعه فازی متغیر میتواند علاوه بر اعداد مختلف، ارزش‌های مختلف زبانی را نیز بپذیرد. اگر متغیری بتواند واژه‌هایی از زبان طبیعی را به‌عنوان مقدار بپذیرد، متغیر زبانی نامیده می‌شود. از مزایای مهم نظریهٔ فازی ارائه واژه های زبانی به وسیلهٔ مجموعه‌های فازی است (۴). استدلال تقریبی؛ هر استدلالی متضمن یک ادعا است که می‌تواند معتبر یا نامعتبر باشد و بر دو قسم قیاسی و استقرایی است .قوانین استنتاج استدلال های مشهور و معتبری هستند که برای گزاره های متنوع برقرارند .وجود عدم قطعیت در فضای مجموعه های فازی موجب شده استدلال ها نیز قطعی نباشند و با استدلال تقریبی مواجه شویم (۵). کارایی سیستم‌های فازی برای بخش‌های مختلف سبب شد که در سال‌های اخیر از این منطق برای پیش‌بینی بیماری‌های قلبی استفاده گردد (۸-۶).

وی کریشناهای و همکاران در مطالعه خود تحت عنوان "تشخیص بیماری‌های قلبی با استفاده از تکنیک‌های طبقه بندی فازی" از ترکیب تکنیک فازی و k نزدیکترین همسایه استفاده کردند (۶)، الگوریتم پیشنهادی آن‌ها دقتی برابر ۸۳/۷ درصد داشت، آن‌ها از ریاضیات لطفی‌زاده برای حذف داده‌های اضافی استفاده کردند.اس موتوکاروپان و همکاران مقاله‌ای با عنوان "بهینه‌سازی دسته ذره پیوندی بر اساس سیستم خبره فازی برای تشخیص بیماری کرونری قلب" ارائه کردند (۷)، آن‌ها فاکتورهای بیماری قلبی را

[1] Expert Systems
[2] Rules
[3] Facts

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-22]

دسته‌بندی کرده و از سیستم فازی استدلال ممدانی و توابع عضویت مثلثی استفاده نموده‌اند، دقت طبقه‌بندی الگوریتم پیشنهادیشان ۹۳/۲۷ درصد بود.

وحید خطیبی و همکاران مطالعه ای تحت عنوان " طراحی موتور استنتاج فازی برای ارزیابی مخاطره‌ی بیماری کرونر قلب" انجام دادند (۲). در مطالعه آن‌ها که از الگوریتم فازی استفاده شده است ریسک فاکتورهای تعیین شده توسط پزشکان را طبقه بندی کرده و به سیستم فازی‌ای که طراحی کرده‌اند داده اند و به دقت ۸۹٪ رسیده‌اند.

با توجه به بررسی مطالعات گذشته انجام شده، سیستم خبره - ای که به کمک منطق فازی با در نظر گرفتن همه ریسک فاکتورهای تاثیرگذار در پیش‌بینی بیماری قلبی انجام شده باشد، وجود ندارد. با در نظر گرفتن این موضوع، هدف از این مطالعه این است که بر روی داده‌های جمع‌آوری شده از بیمارستان توحید سنندج به کمک سیستم فازی طراحی شده، پیش‌بینی بیماری قلبی صورت گیرد. الگوریتم پیشنهادی با استفاده از قواعد طراحی شده در پایگاه دانش سیستم فازی، استنتاج لازم بر اساس ریسک فاکتورهای ورودی بیمار انجام گردید و نهایتا ابتلا به بیماری‌های قلبی بر این اساس پیش‌بینی شد.

روش بررسی

این مطالعه از نوع توصیفی- تحلیلی می باشد و جامعه آماری بیماران بستری در بیمارستان توحید سنندج می‌بودند، حجم نمونه شامل ۶۰۰ نفر از بیماران قلبی و ۴۰۰ نفر از بیمارانی که بستری شده بودند اما ناراحتی قلبی نداشتند و فقط آزمایشات مورد نیاز مطالعه ما مانند LDL,HDL,CRP در پرونده آن‌ها ثبت شده بود، استفاده شده است. برای جمع آوری داده ها، ابتدا در نرم افزار اطلاعات بیمارستانی (HIS)[4] بیمارستان توحید سنندج شماره پرونده بیماران قلبی استخراج شد، سپس، پرونده‌ی بیماران در واحد بایگانی بیمارستان توحید سنندج استخراج گردید و ریسک فاکتورهایی که قبلا توسط مشاور پزشک مشخص شده بود (شامل سن، ، فشار خون، چربی مضر، سیگار، سابقه فامیلی و جنسیت)، یادداشت شد. در این مطالعه، اطلاعات دو دسته بیمار مورد نیاز بود. دسته اول افراد بیمار قلبی و دسته دوم افرادی که بیمار قلبی نیستند اما ریسک فاکتورهای مورد نیاز سیستم را می‌توان از پرونده آنها بدست آورد. هر دو دسته این اطلاعات جمع‌آوری شده برای ایجاد قوانین سیستم مورد استفاده قرار گرفتند.

در این مطالعه، با بررسی‌های صورت گرفته (۲۰-۳) و همچنین با مشورت افراد متخصص قلب حوزه پزشکی، برای ریسک فاکتور فشار خون فقط حد بالای آن در نظر گرفته شده است . برای ریسک فاکتورهای چربی مضر، چربی مفید، فاکتور CRP اگر مقدار این چربی زیر ۶ باشد منفی و بالای ۶ باشد به معنی مثبت بودن می باشد و می‌تواند تا عدد ۲۰۰ هم باشد. هدف سیستم خبره طراحی شده، پیش‌بینی افراد بیمار قلبی با استفاده از ریسک فاکتورهای در نظر گرفته شده و سیستم فازی می‌باشد. الگوریتم پیشنهادی با استفاده از قواعد طراحی شده در پایگاه دانش سیستم فازی، استنتاج لازم بر اساس ریسک فاکتورهای ورودی بیمار انجام می شد و نهایتا ابتلا به بیماری‌های قلبی بر این اساس پیش‌بینی گردید. خروجی سیستم خبره پیشنهادی شامل دو کلاس- بله (فرد بیمار قلبی است)و خیر(فرد بیمار قلبی نیست)، بود.

در سیستم پیشنهادی از روش ممدانی برای سیستم استنتاج فازی استفاده شده است، این سیستم در سال ۱۹۷۵ توسط ممدانی برای اولین سیستم کنترل فازی که ماشین بخار بود در دانشگاه لندن معرفی شد. او از یک مجموعه قواعد برای بیان تجربیات انسانی در سیستم خود استفاده کرد(۶). بیشتر سیستم‌های کنترل فازی امروزی از مجموعه‌ای از قواعد تعریف شده به روش ممدانی ساخته می‌شود.

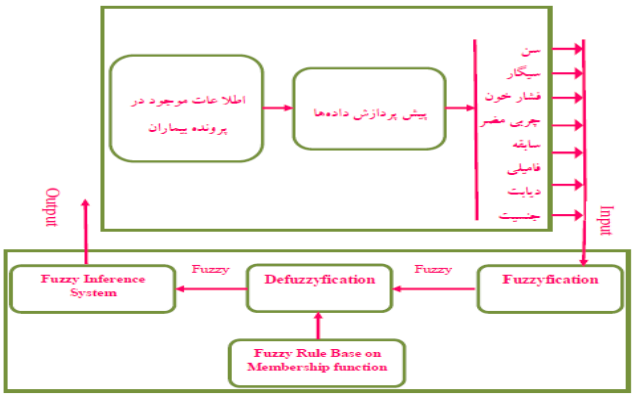
[4] Hospital Information Software

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-22]

سیستم جدید فازی ارائه شده برای پیش بینی بیماری قلبی داده‌های جمع‌آوری شده پس از پیش پردازش وارد سیستم فازی طراحی شده می‌شوند و سپس بر اساس خروجی آن تصمیم‌گیری می‌شود، نحوه پیش‌پردازش و نیز تصمیم‌گیری در ادامه توضیح داده خواهد شد.(شکل ۱)

مشخص نمودن و طبقه بندی ریسک فاکتورها

پس از مشورت با کادر درمان مشاور تصمیم بر این شد که فاکتورهایی که در جدول ۱ آورده شده از پرونده بیماران استخراج شود :



شکل ۱ –فرآیند کلی الگوریتم پیشنهادی

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-22]

جدول ۱ –دسته بندی ریسک فاکتورها

ریسک فاکتور	دسته بندی	
سن بیمار	جوان	۱۵-۳۰
	میانسال	۳۰-۵۰
	میانسال- پیر	۵۰-۶۵
	پیر	بالای ۶۵
جنسیت	مرد	
	زن	
HDL	نرمال	بالای ۵۰
	کم	۳۰-۵۰
	خیلی کم	کمتر از ۳۰
سیگار	بله	
	خیر	
CRP	منفی	کمتر از ۶
	مثبت	بالای ۶
دیابت	بله	
	خیر	
فعالیت فیزیکی	بله	
	خیر	
سابقه فامیلی	بله	
	خیر	
فشار خون	کم	کمتر از ۱۰
	نرمال	۱۰-۱۴
	بالا	۱۴-۱۶
	خیلی بالا	بالای ۱۶
LDL	نرمال	کمتر از ۱۰۰
	بالا	۱۰۰-۱۳۰
	خیلی بالا	۱۳۰-۱۶۰
	خطرناک	بالای ۱۶۰
سابقه قبلی بیماری قلبی	بله	
	خیر	

شرح الگوریتم

الگوریتم پیشنهادی شامل چهار مرحله اصلی است که در ادامه هر کدام شرح داده خواهد شد. در مرحله اول، داده-های جمع‌آوری شده خوانده می‌شود. داده‌های تکراری و خارج از دامنه تصحیح می‌شوند و یا در صورت عدم وجود ریسک فاکتور مورد نظر در پرونده بیمار (فیلدهای خالی)، با مقدار صفر(بدون تاثیر) پر می‌گردند و اگر در رکوردی مقدار فیلدهای خالی زیاد باشد مجبور به حذف آن رکورد

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-22]

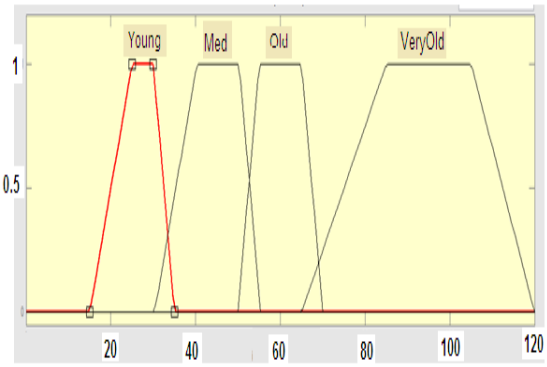
می‌شویم. البته ذکر این نکته نیز مهم است که رکورد هایی به این صورت بسیار کم و محدود بوده‌اند. در مرحله دوم، اطلاعات بدست آمده از مرحله قبل به سیستم فازی داده می‌شود تا مورد پردازش قرار گیرند. همانطور که در شکل ۱ نشان داده شد، سیستم فازی مورد استفاده سیستم پیشنهادی دارای هفت ورودی(به تعداد ریسک فاکتورها) و یک خروجی دارد. در مرحله سوم ، خروجی فازی طبق فرمول رابطه ۱ و۲ حد آستانه را تعیین می‌کند. در این مرحله، با اعمال وزن بیشتر به ریسک فاکتورهای با تاثیر بیشتر مانند دیابت در خروجی سیستم فازی، یک حد آستانه جدید بر اساس ویژگی هر بیمار بدست می‌آید که سیستم خبره پیشنهادی بر اساس آن بیمار و عیر بیمار بودن فرد را تضخص خواهد داد. در مرحله چهارم و آخر، حد آستانه بدست آمده از مرحله سوم با خروجی فازی مقایسه می گردد و بر اساس آن کلاس بیمار تعیین می‌شود و مشخص می - گردد که بیمار یک بیمار قلبی است یا خیر. البته در الگوریتم پیشنهادی دو حد آستانه وجود دارد، یکی حد آستانه معمولی(خروجی عادی) و دیگری حد آستانه‌ی وزن‌دار شده(به کمک رابطه ۲) است. این امر بدلیل آن است که ریسک فاکتورهایی که دارای درجه اهمیت پایین - تری هستند(بر اساس تابع عضویت سیستم فازی) تاثیر کمتری بر روی خروجی داشته باشند و تاثیر ریسک فاکتورهای مهم‌تر در سیستم فازی بیشتر شود. در جدول ۲ ریسک فاکتورها و خروجی آورده شده است.

جدول ۲ – ریسک فاکتور های نهایی و آماده برای ورود به سیستم فازی پیشنهادی

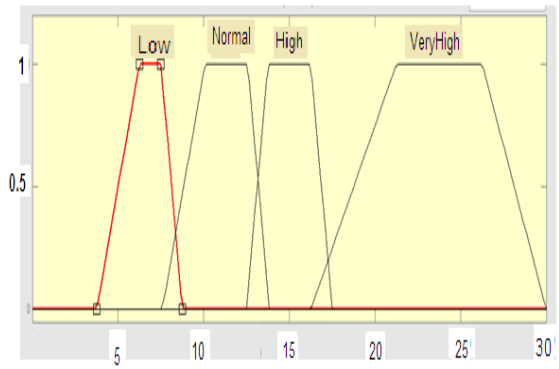
سن Age			
Young	۳۰-۱۵	Med	۵۰ - ۳۰
Med-Old	۶۵- ۵۰	Old	بالای ۶۵
فشار خون B-P			
Low	کمتر از ۱۰	Normal	۱۴-۱۰
High	۱۶-۱۴	Very-High	بالای ۱۶
چربی مضر			
Normal	کمتر از ۱۰۰	High	۱۳۰-۱۰۰
Very-High	۱۶۰-۱۳۰		
سیگار Smoke			
No	غیر سیگاری	Yes	سیگاری
سابقه فامیلی F-H			
No	۵-۰	Yes	۱۰-۵
جنسیت Sex			
Female	۵ - ۰	Male	۱۰ - ۵
خروجی			
No	۰,۵ – ۰	Yes	۱ - ۰,۵

توابع عضویت مهم سیستم در شکل‌های ۲ تا ۴ نشان داده شده است. سیستم بر اساس ورودی‌ها و قوانین موجود در پایگاه قوانین خروجی لازم را تولید خواهد نمود.

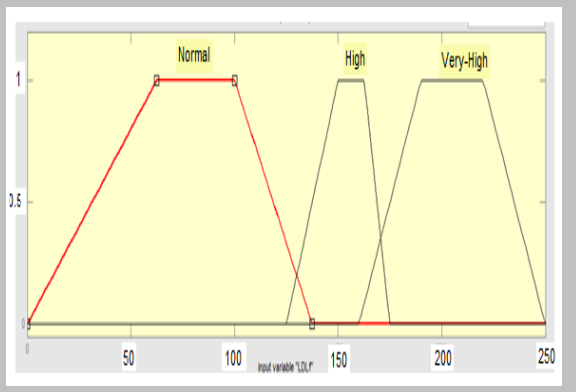
[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-22]



شکل ۲ - تعریف فازی سن



شکل ۳ – تعریف فازی فشار خون



شکل ۴ - تعریف چربی مضر

برای ریسک فاکتور دیابت از تابع عضویت سیگموید و برای بقیه ریسک فاکتورهای از تابع عضویت ذوزنقه‌ای استفاده شده است. همچنین برای خروجی سیستم فازی تیز از تابع عضویت سیگموید استفاده شده است.

تعریف قوانین سیستم

تعداد قوانین تعریف شده بر اساس حالت‌های مختلف ریسک فاکتورها در این سیستم ۵۶ مورد در نظر گرفته شده است. این امر سبب می‌شود که عدم قطعیت در ارزیابی خطر بیماری قلبی مدلسازی شد که برخی از این قوانین در جدول ۳ نمایش داده شده است.

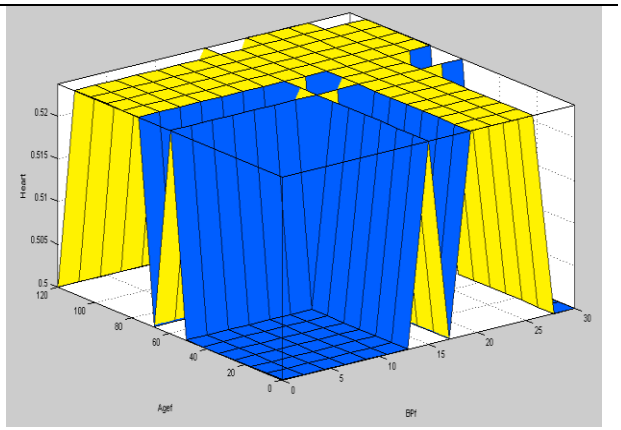
جدول ۳ – برخی از قوانین الگوریتم پیشنهادی

۱	اگر (سن جوان است) و (سیگار کشیده می شود) و (فشار خون در سطح بالا است) و (چربی مضر در سطح خیلی بالا است) و (سابقه فامیلی وجود دارد) و (دیابت وجود دارد) و (جنسیت مونث است) آنگاه بیماری قلبی وجود دارد.
۲	اگر (سن جوان است) و (سیگار کشیده می شود) و (فشار خون در سطح بالا است) و (چربی مضر در سطح خیلی بالا است) و (سابقه فامیلی وجود دارد) و (دیابت وجود دارد) و (جنسیت مذکر است) آنگاه بیماری قلبی وجود دارد.
۳	اگر (سن میانسال است) و (سیگار کشیده نمی شود) و (فشار خون در عادی است) و (چربی مضر در سطح بالا است) و (سابقه فامیلی وجود دارد) و (دیابت وجود دارد) و (جنسیت مذکر است) آنگاه بیماری قلبی وجود ندارد.

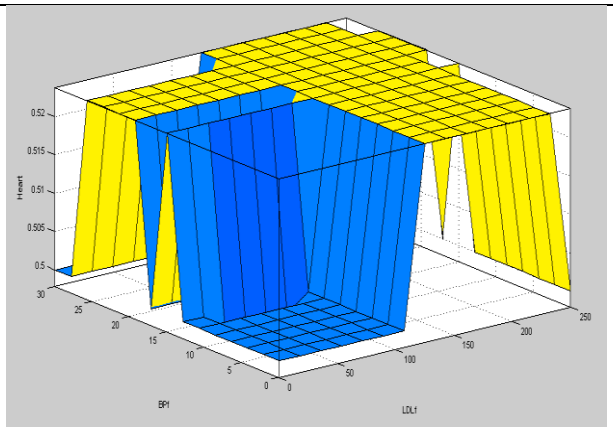
در سیستم فازی برای مقایسه و نمایش بهتر روابط بین ورودی ها و دیدن خروجی برنامه می توان از نمودار Surface استفاده کرد، شکل‌های ۷ و ۸ برخی از نمودار-های Surface این سیستم را نشان می‌دهد. در شکل۷

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-22]

خروجی برنامه بر اساس دو ورودی فشار خون و چربی مضر نشان داده شده است، همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش مقدار هر کدام از این دو ورودی احتمال وجود بیماری قلبی افزایش می یابد ، مثلا برای چربی مضر حدودا در مقادیر بالای ۱۳۰ و برای فشار خون حدودا در مقادیر بالای ۱۶ مقدار خروجی به سمت یک نزدیکتر می شود در مقادیر کمتر از مقادیر گفته شده احتمال وجود بیماری به سمت صفر نزدیک می شود. در شکل ۸ مشاهده می‌شود که فشار خون و سن رابطه مستقیمی با احتمال وجود بیماری قلبی دارد، همانطور که مشاهده می شود با افزایش مقادیر ورودی ها احتمال وجود بیماری قلبی افزایش می یابد ، متغیر فشار خون حدودا در مقادیر بالای ۱۲ و برای متغیر سن در مقادیر بالای ۵۰ سال مقدار خروجی به سمت یک نزدیکتر می‌شود. یعنی برای افراد بالای پنجاه سال مقدار فشار خون بالای ۱۲ به سمت وضعیت خطرناک میل می‌کند در مقادیر کمتر، احتمال وجود بیماری به سمت صفر میل می‌کند.



شکل ۷ - نمودار رابطه فشار خون و چربی مضر



شکل ۸ – نمودار رابطه فشار خون و سن

رابطه ۱ هفت ورودی را به فایل فازی می دهد این ورودی ها در سیستم فازی ارزیابی می شوند ، و با استفاده از توابع عضویت و محدوده ای که برای آن ها تعریف نموده ، قوانین را روی آن ها اعمال می نماید و نتیجه(FR(i)) را در خروجی قرار می دهد ، نتیجه عددی است بین صفر تا یک.

مشخص کردن حد آستانه و کلاس‌بندی؛ سیستم فازی یک خروجی بین صفر و یک به ما می‌دهد ، طبق فرمول خاص براساس اهمیت فاکتورها باید کلاس‌ها مشخص گردد، فاکتور دیابت چون از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است ، یعنی پس از گرفتن نتیجه از سیستم فازی طبق فرمول عددی بین صفر و یک بدست می آید که از حد آستانه کم می شود و رکوردهایی در کلاس "بله" قرار می گیرند که نتیجه فازی آن ها از این حد آستانه جدید بیشتر باشد رابطه ۲ این فرمول را نشان می دهد.

در این الگوریتم پیشنهادی تعداد رکوردهایی که ریسک فاکتور دیابت آن ها مثبت است ($CountDM$) بر تعداد کل رکوردها تقسیم می گردد (n) و عددی بین صفر و یک (e) بدست می آید ، این عدد از حد آستانه ای که به صورت دستی تعیین شده است ($Bound$) کم شده و حد آستانه کلاس "بله" ($YesBound$) بدست می آید.در ادامه بررسی می کنیم که اگر نتیجه فازی بیشتر از حد آستانه کلاس "بله" ($YesBound$) بود و کلاس داده اولیه نیز "بله" بود در متغیر Compare مقدار ۲ قرار می گیرد و اگر کمتر از حد آستانه بود و کلاس داده اولیه نیز "خیر"

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-22]

بود در متغیر Compare مقدار ۱ قرار می گیرد .شبه کد رابطه ۳ این کار مقایسه را انجام می دهد.

```
For i<-1:n
FR(i) = evalfis([Inputs],fismat);
End
```

رابطه ۱ – ورود داده ها به سیستم فازی

$$e = \frac{Count_{DM}}{n}$$

YesBound=Bound-e

رابطه ۲ – مشخص نمودن حد آستانه کلاس "بله"

```
If FR(i)>=YesBound & IC=2
  Then Compare(i) <- 2
End
If FR(i)<Bound & IC=1
  Then Compare(i)<- 1
End
If Compare(i)= IC
                Then
Result <- Result+1
End
```

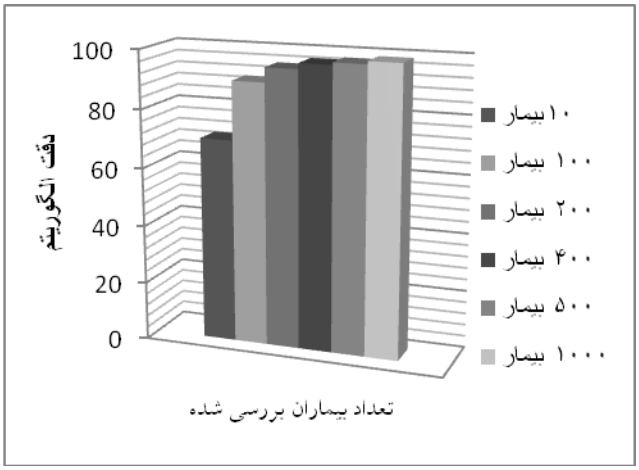
رابطه ۳ – مشخص کردن تعداد کلاس های پیش بینی شده درست

در رابطه ۳ متغیر IC نشان بیمار یا سالم بودن مریض می باشد.

یافته‌ها

الگوریتم پیشنهادی با تعداد ۱۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ رکورد بیمار به ترتیب مورد آزمایش قرار گرفت که نتایج بدست آمده در نمودار ۱ نمایش داده شده است. نتایج (خروجی سیستم) بدست آمده با تشخیص پزشک در مجموعه داده آزمایش، مقایسه شده و تعداد نتایج درست همان دقت الگوریتم می باشد. دقت الگوریتم برای ۱۰ مریض ۷۰ درصد ، برای ۱۰۰ مریض ۹۰ درصد ، برای ۲۰۰ مریض ۹۵ درصد ، برای ۴۰۰ مریض ۹۶ درصد ، برای ۵۰۰ مریض ۹۷ درصد و برای ۱۰۰۰ مریض۹۸ درصد می باشد یعنی با افزایش تعداد موارد دقت الگوریتم پیشنهادی بالا می رود ، از این امر می‌توان نتیجه گرفت که هرچه تعداد رکوردها و داده‌ها بالا می‌رود قابلیت یادگیری الگوریتم پیشنهادی نیز رو به افزایش است.در نمودار هر ستون با یک رنگ مشخص شده است و همانطور که از نمودار نیز مشخص است در ابتدای بالا رفتن تعداد بیماران درصد دقت الگوریتم نیز با شیب بالاتری افزایش می یابد اما در تعداد-های بالاتر بیماران، این شیب کم می‌شود.

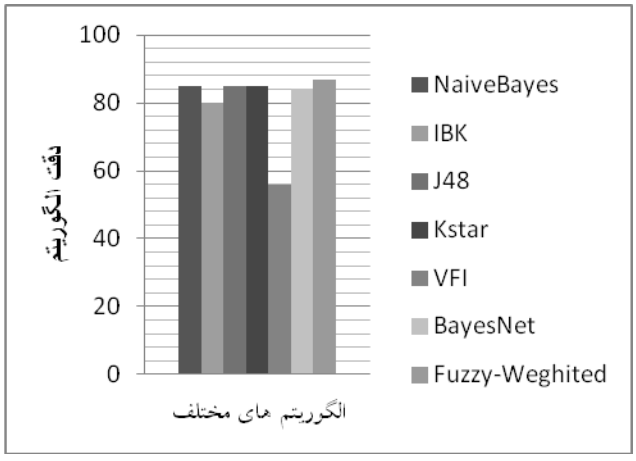
[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-22]



نمودار ۱ – نتیجه آزمایش الگوریتم فازی با مقایسه گر هوشمند

بحث

در ادامه آزمایشات سیستم پیشنهادی با کارهای مرتبط گذشته (۳۰-۱۵) بر روی مجموعه داده جمع‌آوری شده از بیمارستان توجید سنندج مورد مقایسه قرار گرفت. در اکثر این کارها از انواع روش های بیزین، انواع روش‌های درخت تصمیم و ... به صورت مشترک کمک گرفته شده است که در مقایسه ها از آنها استفاده شده است. برای بدست آوردن دقت روش‌های گذشته از نرم‌افزار *وکا* که برای آزمایش این روش‌ها مورد نیاز بود، استفاده شده است. نتایج بدست آمده در نمودار ۲ نشان داده شده است. همانطور که در نمودار هم قابل مشاهده است الگوریتم پیشنهادی این مقاله با دقت ۹۸ درصد از عملکرد بهتری نسبت به روش‌های قبلی برخودار است. الگوریتمی که در رتبه دوم قرار می‌گیرد بیز ساده است، وسایر الگوریتم‌ها نیز در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرد. دلیل بدست آمده دقت بهتر استفاده از قوانین خاص برای هر فرد به صورت مجزا و همچنین برجسته کردن تاثیر تعدادی از فاکتورها با استفاده از روش پیشنهادی است.



نمودار ۲ –مقایسه الگوریتم پیشنهادی با چند الگوریتم دیگر با همان مجموعه داده

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-22]

در این مقاله، الگوریتم پیشنهادی جدیدی با ایده‌ی سیستم - های فازی هوشمند برای پیش بینی بیماری‌های قلبی بیماران بستری شده در بیمارستان توحید سنندج به منظور افزایش دقت پیش‌بینی ارائه شد. روش پیشنهادی به این صورت بود که اطلاعات از پرونده بیماران استخراج شده و مرتب گردید به صورتی که بتوان آن را وارد سیستم فازی کرد. سیستم فازی الگوریتم نامبرده دارای هفت ورودی و یک خروجی است ، ورودی‌ها تعدادی از ریسک فاکتورهای مهم و موثر در ایجاد بیماری قلبی هستند و خروجی دارای دو مقدار "بله" و "خیر" است. ورودی به سیستم فازی اعمال می‌شود و طبق فرمولی که در رابطه ۵ آمده یک حد آستانه برای کلاس "بله" و یا "خیر" تولید گردید و طبق آن خروجی فازی کلاس‌بندی شد، اعدادی که از خروجی فازی تولید می‌گردد اگر کمتر از حد آستانه باشند در کلاس "خیر" (به معنای عدم وجود بیماری قلبی) و بیشتر از حد آستانه باشد در کلاس "بله" (به معنای وجود بیماری قلبی) قرار می‌گیرد. نتایج آزمایشات انجام شده بر روی مجموعه داده ۱۰۰۰ رکورد جمع‌آوری شده از بیمارستان توحید سنندج نشان داد که الگوریتم پیشنهادی در ۹۸ درصد موارد بیمار قلبی را بدرستی تشخیص می‌دهد. علاوه براینکه سیستم پیشنهادی دقت روش‌های قبلی برای پیش‌بینی بیماران قلبی را بهبود بخشیده است، برای اولین بار در استان کردستان از یک مجموعه داده واقعی از بیماران قلبی جمع - آوری شده از افراد این استان برای آزمایش روش پیشنهادی استفاده شده است.

بر اساس نتایج بدست آمده و کارهای صورت گرفته برای جمع‌آوری داده‌ها، موارد زیر جهت استفاده بهتر از روش ارائه شده پیشنهاد می شود:

- پیشنهاد به سازمان‌های فعال در حوزه سلامت کشور جهت ایجاد سامانه‌های مشابه تحقیق جاری جهت کمک به مراکز بهداشتی و تصمیم در مورد امکان وجود بیماری قلبی در مورد اشخاص مراجعه کننده و همچنین تسریع در تشخیص و ارجاع به موقع آنها به مراکز بیماستانی که امکان حضور متخصصان قلبی وجود دارد.
- پیشنهاد به دانشگاه‌های علوم پزشکی برای ملزم کردن برنامه‌نویسان نرم‌افزار اطلاعات بیمارستانی و نیز پرسنل بیمارستان‌ها برای وارد کردن اطلاعات کامل پرونده بیماران در این نرم افزار. با انجام این عمل هم اطلاعات کاملتری از گذشته بیماران در دسترس خواهد بود و برای هم با یک گزارش‌گیری می توان این اطلاعات را جمع‌آوری نمود و دیگر نیازی به مراجعه به پرونده ها وجود ندارد. در اکثر بیمارستان‌ها از جمله بیمارستان توحید سنندج فقط آزمایشات در نرم افزار نامبرده وارد شده‌اند.
- پیشنهاد به پزشکان و کادر درمان برای وارد کردن کامل اطلاعات بیماران حین بستری چون بسیاری از بیماران فاقد اطلاعات کامل هستند. به عنوان مثال فعالیت فیزیکی که با معیار تست ورزش سنجیده می شود در اکثر پرونده ها وجود نداشت.

برای بهبود عملکرد سیستم جاری و همچنین گسترش روش پیشنهادی کارهای مختلفی را می‌توان صورت داد که در ادامه تعدادی از این موارد مطرح شده است: ۱) استفاده از الگوریتم‌های یادگیری برای انتخاب بهتر ویژگی ها. با توجه به اینکه ویژگی‌های در نظر گرفته شده در تحقیق جاری با مشورت متخصص قلب بدست آمده است می‌توان از الگوریتم‌های یادگیری برای انتخاب بهتر ویژگی ها استفاده کرد. ۲) استفاده از الگوریتم‌های یادگیری برای ترکیب بهتر ریسک فاکتورها و بدست آوردن یک ویژگی مرکب و موثرتر.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-22]

نتیجه گیری

بر اساس یافته های پژوهش جاری از حد آستانه متناسب و هوشمند بر اساس تعدادی از ریسک فاکتورها برای دسته - بندی درست‌تر افراد بیمار و غیر بیمار استفاده کرد. یک ایده مناسب برای گسترش و بهبود این امر استفاده از الگوریتم - های یادگیری برای افراد مختلف و بدست آوردن ترکیب ریسک فاکتورهای مختلف مناسب هر بیمار خواهد بود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از پرسنل بیمارستان توحید سنندج جهت همکاری در جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز آزمایشات مقاله کمال تشکر و قدردانی را دارند.

Reference

1. Harrison RF., Kennedy RL Artificial Neural Network Models for Prediction of Acute Coronary Syndromes Using Clinical Data From the Time of Presentation. Ann Emerg Med 2005;46:431–439

2. Khatibi V., Montazer G.A. A fuzzy-evidential hybrid inference engine for coronary heart disease. Expert Systems with Applications: An International Journal 2010;37;8536-42.

3. Austin PC,Tu JV, Ho JE, Levy D, Lee DS. Using methods from the data-mining and machine-learning literature for disease classification and prediction: a case study examining classification of heart failure subtypes. J Clin Epidemiol 2013; 66: 398–407.

4. Rajeswari K., Vaithiyanathan V., Neelakantan TR. Feature Selection in Ischemic Heart Disease Identification using Feed Forward Neural Networks. Procedia Engineering 2012;41:1818-18/23

5. Venkatalakshmi B, Shivsankar MV. Heart Disease Diagnosis Using Predictive Data mining International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology 2014;3:S1873-1877.

6. Krishnaiah V, Srinivas M, Narsimha G, Chandra NS. Diagnosis of heart disease patients using fuzzy classification technique. In international conference on computer and communications technologies (iccct) 2014 (pp. 1-7). IEEE.

7. Muthukaruppan S., Er M.J. A hybrid particle swarm optimization based fuzzy expert system for the diagnosis of coronary artery disease. Expert Systems with Applicatipns 2012;39:11657-665.

8. Anooj P.K. Clinical decision support system: Risk level prediction. Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences 2012;24:27-40.

9. Acharya UR, Bhat PS, Iyengar SS, Rao A, Dua S. Rajendra classification of heart rate data using artificial neural network and fuzzy equivalence relation. Pattern Recognition 2003;36: 61–68.

10. Alizadehsani R, Habibi J, Hosseini MJ, Mashayekhi H, Boghrati R, Ghandeharioun A, et al. A data mining approach for diagnosis of coronary artery disease. Comuter Method and Programs in Biomedicine 2013: In Press 10 pages. http://dx.doi.org/10.1016/j.cmpb.2013.03.004

11. Allahverdi N. An Artificial Intelligence Application, Expert Systems. Atlas Press, Istanbul, 2002.

12. Chi CL, Street WN, Ward MM. Building a hospital referral expert system with a Prediction and Optimization-Based Decision Support System algorithm. Journal of Biomedical Informatics 2008;41:371–386.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-22]

13. Chitra R., Seenivasagam V. Heart Disease Prediction System Using Supervised Learning Classifier. Bonfring International Journal of Software Engineering and Soft Computing 2013;3:1-7.
14. Czabański R, Jeżewski J, Horoba K, Jeżewski M. Fetal state assessment using fuzzy analysis of fetal heart rate signals—Agreement with the neonatal outcome. Biocybernetics and Biomedical Engineering 2013;33:145-55.
15. Dai W, Brisimi TS, Adams WG, Mela T, Saligrama V, Paschalidis I,ch. Prediction of hospitalization due to heart diseases by supervised learning methods. Int J Med Inform. 2015; 84: 189–197.
16. Das R, Turkoglu I, Sengur A. Effective diagnosis of heart disease through neural networks ensembles. Expert Systems with Applications: An International Journal 2009;36:7675-7680.
17. Das R, Turkoglu I, Sengur A. Effective diagnosis of heart disease through neural networks ensembles. Expert Systems with Applications: An International Journal 2009;36:7675-7680.
18. van Gerven MAJ, Jurgelenaite R, Taal BG, Heskes T, Lucas PJF. Predicting carcinoid heart disease with the noisy-threshold classifier. Artificial Intelligence in Medicine 2007;40:45-55.
19. Jesmin Nahar, Tasadduq Imama, Kevin S. Tickle, Yi-Ping Phoebe Chen, Association rule mining to detect factors which contribute to heart disease in males and females, Elsevier, 2013.
20. Akhil JM, Deekshatulu BL, Chandra P. Classification of Heart Disease Using K- Nearest Neighbor and Genetic Algorithm. Procedia Technology 2013;10:85-94.
21. Jee SH, Jang Y, Oh DJ, Oh BH, Lee SH, Park SW, et al. A coronary heart disease prediction model: the Korean Heart Study. BMJ Open 2014;4:e005025. doi:10.1136/bmjopen-2014-005025
22. Karaolis MA, Moutiris JA, Hadjipanayi D, Pattichis CS. Assessment of the Risk Factors of Coronary Heart Events Based on Data Mining With Decision Trees. IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine 2010;14:559-566.
23. Kolus A, Imbeau D, Dubé PA, Dubeau D. Adaptive neuro-fuzzy inference systems with k-fold cross-validation for energy expenditure predictions based on heart rate. Applied ergonomics
2015;50:68-78.
24. Kukar M, Kononenko I, Groˇselj C, Kralj K, Fettich J. Analysing and improving the diagnosis of ischaemic heart disease with machine learning. Artificial intelligence in medicine 1999;16:25-50.
25. Meena AK, Kumar S. Use of Expert System in Medical Science. International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering 2015;5:371-373.
26. Kusiak A, Caldarone CA, Kelleher MD, Lamb FS, Persoon TJ, Burns A, Hypoplastic left heart syndrome: knowledge discovery with a data mining approach. Computers in Biology and Medicine 2006; 36 : 21–40.
27. Sabiani L. Intra- and interobserver agreement among obstetric experts in court regarding the review of abnormal fetal heart rate tracings and obstetrical management. Am J Obstet Gynecol 2015;213:856.e1-8.
28. Ilayaraja M. Efficient Data Mining Method to Predict the Risk of Heart Diseases. 4th International Conference on Eco-friendly Computing and Communication Systems, ICECCS 2015. - [s.l.] : Procedia, 2015. p.7.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-22]

29. McNamee RL, Sun M, Sclabassi RJ. A neuro-fuzzy inference system for modeling and prediction of heart rate variability in the neuro-intensive care unit. Computers in Biology and Medicine 2005;35:875-91.
30. Nahar J, Imama T, Tickle KS, Phoebe Chen YP. Computational intelligence for heart disease diagnosis: A medical knowledge driven approach. Expert Systems with Applications 2013;40:96-104.
31. Palaniappan S, Awang R. Intelligent Heart Disease Prediction System Using Data Mining Techniques. International Journal of Computer Science and Network Security 2008;8: 343-50.
32. Petkovic D. Adaptive neuro fuzzy selection of heart rate variability parameters affected by autonomic nervous system. Expert Systems with Applications 2013; 6 pages [In Press].
33. Kemal P, Güneş S, Tosun S. Diagnosis of heart disease using artificial immune recognition system and fuzzy weighted pre-processing. Pattern Recognition 2006;39:2186-2193.
34. Abdulkadir S. An expert system based on principal component analysis, artificial immune system and fuzzy k-NN for diagnosis of valvular heart diseases. Computers in Biology and Medicine 2008;38 :329 – 338.
35. Seto E, Leonard KJ, Cafazzo JA, Barnsley J, Masino C, Ross HJ. Developing healthcare rule-based expert systems: Case study of a heart failure telemonitoring system. Int J Med Inform. 2012 ;81:556-65.
36. Anand Sh. Emerging Applications of Data Mining for Healthcare Management - A Critical Review. International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom), 2014.
37. Rahimi E. Prediction of Coronary Disease by Data Mining Techniques. The eighth Iran Data Mining Conference / IDMC 2014 Dec.2 2014 Tehran Iran.
38. Darwin T, Poh CL, Kitney RI. A novel neural-inspired learning algorithm with application to clinical risk prediction.Journal of Biomedical Informatics 2015;54:305-314.
39. Turkoglu I. An expert system for diagnosis of the heart valve diseases. Expert Systems with Applications 2002;23:229-236.
40. Atkov OY, Gorokhova SG, Sboev AG, Generozov EV, Muraseyeva EV, Moroshkina SY. Coronary heart disease diagnosis by artificial neural. Journal of Cardiology 2012; 190–194.
41. Ghasem Ahmad L. Review top 7 Algorithms in Data Mining for Prediction Survivability, Diagnosis and Recurrence of Breast Cancer. Iranian Journal of Breast Disease 2013; 6:52-61.
42. Ahmadi M, Barabadi M, Kamkar Haghighi M. Evaluation of Hospital Information Systems in the Medical Records Department. Health Information Management 2010; 7: 23.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-22]