



## رده‌بندی نتایج آنژیوگرافی با ترکیب شبکه عصبی - فازی و الگوریتم ژنتیک

سید سعید آیت<sup>\*</sup>

۱- دانشگاه پیام نور- گروه علمی مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات- دانشیار.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱/۲۱، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۴/۱۷

### چکیده

**مقدمه:** بیماری عروق کرونری قلب از جمله بیماری‌هایی است که تشخیص زودهنگام آن امری حیاتی است. مطالعات نشان می‌دهد روش‌های نوین هوش مصنوعی در پیش‌بینی و تشخیص بیماری‌ها به‌طور گسترده مورد توجه محققان قرار گرفته است. هدف از این پژوهش، رده‌بندی نتایج آنژیوگرافی به دو دسته طبیعی و غیرطبیعی با استفاده از روش‌های هوش مصنوعی است.

**مواد و روش‌ها:** در این مطالعه از یک مجموعه داده شامل ۱۵۲ بیمار که تحت آنژیوگرافی عروق کرونری قلب قرار گرفته بودند، استفاده شد. به‌منظور رده‌بندی نتایج حاصل از آنژیوگرافی عروق کرونری قلب از ترکیب شبکه عصبی- فازی و الگوریتم ژنتیک استفاده شد. سیستم پیشنهادی در نرم‌افزار MATLAB پیاده‌سازی شد و مورد ارزیابی قرار گرفت.

**نتایج:** در پیاده‌سازی انجام‌شده، از ۸۵ درصد داده‌ها جهت مرحله آموزش شبکه عصبی- فازی و ۱۵ درصد باقیمانده جهت آزمون استفاده شد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی در شاخص‌های صحت، دقت، حساسیت و اختصاصیت در حالت میانگین به‌ترتیب ۰/۹۴۹۶، ۰/۹۲۵۳، ۰/۹۴۳۵ و ۰/۹۵۶۹ و در بهترین حالت برای هر شاخص معادل عدد ۱ به‌دست‌آمده است.

**نتیجه‌گیری:** استفاده از الگوریتم ژنتیک در فرآیند آموزش شبکه عصبی- فازی موجب بهبود سرعت در این شبیه‌سازی شد. همچنین بالا بودن شاخص‌های به‌دست‌آمده عملکرد مناسب سیستم پیشنهادی در رده‌بندی و تشخیص افراد مبتلا به بیماری عروق کرونری قلب را تأیید می‌کند.

**واژه‌های کلیدی:** الگوریتم ژنتیک، آنژیوگرافی، بیماری عروق کرونری قلب، شبکه عصبی- فازی.

**\*نویسنده مسئول:** دانشگاه پیام نور- دانشکده مدیریت و اطلاع‌رسانی پزشکی، تلفن: ۰۳۱۴۲۷۲۷۱۲۳، شماره: ۰۳۱-۴۲۷۲۷۱۲۳-۰۳۱، Email: dr.ayat@pnu.ac.ir

**ارجاع:** آیت سید سعید. رده‌بندی نتایج آنژیوگرافی با ترکیب شبکه عصبی- فازی و الگوریتم ژنتیک. مجله دانش و تندرستی ۱۳۹۶؛ ۱۲(۲): ۸-۱.

## مقدمه

هدف از این مقاله و نوآوری آن، طراحی یک سیستم استنتاج عصبی-فازی (ANFIS: Adaptive neuro fuzzy inference system) با به کارگیری الگوریتم ژنتیک در آموزش ANFIS، برای تشخیص گرفتگی عروق کرونری قلب است. لازم به ذکر است که این روش، تاکنون در تشخیص بیماری قلبی و به خصوص رده بندی نتایج آنژیوگرافی به کار نرفته است.

## مواد و روش‌ها

در این مقاله از مجموعه داده جمع‌آوری شده از افرادی که در شهریورماه سال ۱۳۹۲ در بیمارستان کوثر شیراز تحت آنژیوگرافی عروق کرونری قرار گرفتند، استفاده شد. تعداد ۱۵۲ نفر از این افراد به صورت تصادفی انتخاب شدند و پرسشنامه حاوی اطلاعات دموگرافیک بیماری، آزمون‌های تشخیصی و نتیجه آنژیوگرافی موجود در پرونده برای آن‌ها تکمیل گردید. پس از مشورت با پزشکان متخصص ۱۳ عامل تشخیصی برای این بیماری در نظر گرفته شد که به دو دسته پیوسته و گسسته تقسیم شد. متغیرهای پیوسته شامل سن (۱۰۰/سال)، کراتینین (۱۰/عدد)، کلسترول تام (۱۰۰۰/عدد)، تری گلیسیرید (۱۰۰۰/عدد)، کسر تخلیه (۱۰۰/عدد) و متغیرهای گسسته شامل جنس (زن=۱، مرد=۰)، سیگاری بودن (بله=۱، خیر=۰)، سابقه فشارخون بالا (دارد=۱، ندارد=۰)، سابقه دیابت (دارد=۱، ندارد=۰)، سابقه خانوادگی بیماری قلبی (دارد=۱، ندارد=۰)، سابقه سکته قلبی (دارد=۱، ندارد=۰)، نتیجه آزمون ورزش (طبیعی=۰، غیرطبیعی=۱) و نتیجه اکو (طبیعی=۰، غیرطبیعی=۱) بود. عوامل تشخیصی پس از طبیعی سازی به عنوان ورودی سیستم طراحی شده در نظر گرفته شد. برای ایجاد یک دید کلی متغیرها به دو دسته کمی و کیفی تقسیم شدند جدول ۱ شاخص‌های آمار توصیفی مربوط به متغیرهای کمی و کیفی برای سه حالت کل افراد، افراد طبیعی و بیمار

بیماری قلبی علت اصلی مرگ‌ومیر در جهان است. در ایالت متحده از هر سه مرگ‌ومیر یک مورد به دلیل بیماری قلبی است (۱). به گزارش بنیاد قلب انگلستان (British heart foundation) در دسامبر سال ۲۰۱۵، بیماری‌های قلب با مجموع ۱۵۵۰۰۰ مرگ‌ومیر در سال ۲۰۱۴ بعد از سرطان دومین علت شایع مرگ‌ومیر افراد است. از این تعداد ۴۱۰۰۰ مورد مرگ زودرس بوده است که یک‌چهارم آن مربوط به مردان و ۱۷ درصد مرگ زودرس در زنان مشاهده شده است (۲). بیماری عروق کرونر یا به اصطلاح CAD (Coronary artery disease) در نتیجه انسداد عروق کرونر به علت تجمع کلسترول و مواد چربی به نام پلاک به وجود می‌آید (۳). از آنجاکه این بیماری تهدیدکننده زندگی افراد است تشخیص به موقع آن شانس زنده ماندن بیمار را به طور چشمگیری افزایش می‌دهد. روش‌های مختلفی برای تشخیص این بیماری وجود دارد از جمله آزمون ورزش، اکوکاردیوگرام، اسکن هسته‌ای قلب و آنژیوگرافی. از میان این روش‌ها آنژیوگرافی متداول تر است؛ اما این روش تشخیصی برای بیماران عوارض و خطراتی را به دنبال دارد از جمله این که ممکن است منجر به سکته مغزی شود. علاوه بر خطرات احتمالی، بیمارانی که تحت این روش تشخیصی قرار می‌گیرند هزینه‌های مالی را نیز متحمل می‌شوند. لازم به ذکر است که بعضی افراد پس از این اقدام تشخیصی از لحاظ گرفتگی رگ سالم تشخیص داده می‌شوند.

در دهه اخیر روش‌های هوش مصنوعی از جمله منطق فازی، شبکه عصبی مصنوعی، برنامه‌نویسی ژنتیک، ترکیب سیستم‌های عصبی و فازی و سیستم‌های عصبی و ژنتیک در مسایل بسیاری به کار گرفته شده است (۴). همچنین کاربردهایی در پیش‌بینی و تشخیص بیماری‌ها مورد توجه قرار گرفته است. به طور خاص در تشخیص بیماری قلبی روش‌های مختلفی به کار رفته است (۵-۹).

جدول ۱- شاخص‌های آمار توصیفی مربوط به متغیرهای کمی و کیفی برای سه حالت کل افراد، افراد طبیعی و بیمار

متغیر	میانگین (انحراف معیار) کل افراد	میانگین (انحراف معیار) طبیعی	میانگین (انحراف معیار) بیماری CAD	P.V
سن	۵۶/۹۶ (۱۰/۵۲۲)	۵۱/۷۹ (۱۰/۳)	۵۹/۴۱ (۱۰/۳)	۰/۰۱۶
کراتینین	۱/۱۶۴ (۰/۳۴)	۱/۰۴۲ (۰/۱۹)	۱/۲۲ (۰/۲۵)	۰/۰۱۶
کلسترول	۱۶۹/۱۱ (۴۸/۶۷)	۱۵۰/۱۲ (۳۳/۲)	۱۷۸/۴۱ (۵۳/۸)	۰/۶۴۴
تری گلیسیرید	۱۳۷ (۱۰۴/۰۵)	۹۷/۳۶ (۱۰/۷)	۱۵۵/۴۲ (۱۰/۲)	۰/۶۲۸
کسر تخلیه	۴۹/۱۶ (۹/۹۸)	۵۴/۲۸ (۷/۹)	۴۶/۶۶ (۹/۵)	۰/۰۰۱
	فراوانی کل	فراوانی (درصد) طبیعی	فراوانی (درصد) بیماری CAD	
	N=۱۵۲	N=۴۹	N=۱۰۳	
مرد	۸۹	۲۰ (۴۰/۸۱)	۶۹ (۶۶/۹۹)	
زن	۶۳	۲۹ (۵۹/۱۸)	۳۴ (۳۳)	
مصرف سیگار	۲۱	۶ (۱۲/۲۴)	۱۵ (۱۴/۵۶)	
فشارخون بالا	۶۵	۱۶ (۳۲/۶۵)	۴۹ (۴۷/۵۷)	
دیابت	۵۱	۹ (۱۸/۳۶)	۴۲ (۴۰/۷۷)	
سابقه خانوادگی بیماری قلبی	۳۴	۱۳ (۲۶/۵۳)	۲۱ (۲۰/۳۸)	
سابقه سکته قلبی	۱۹	۰ (۰)	۱۹ (۱۸/۴۴)	

۸۸ (۴۳/۸۵)  
۸۸ (۴۳/۸۵)

۲۱ (۴۲/۸۵)  
۱۸ (۳۶/۷۳)

۱۰۹  
۱۰۶

نتیجه آزمون ورزش غیرطبیعی  
نتیجه آکو غیرطبیعی

براساس تکامل زیستی انجام می‌شود. این الگوریتم اولین مدل برای شبیه‌سازی سیستم‌های مبتنی بر ژن بوده است که اولین بار توسط فریزر ارایه شده است (۱۲ و ۱۳). هدف اصلی الگوریتم ژنتیک رسیدن به نتایج بهتر با حذف نتایج بد در فرآیند تولید جمعیت از نسل فعلی به نسل بعدی است (۱۴).

در الگوریتم ژنتیک هر کروموزوم یک راه‌حل ممکن است. به‌طور کلی راه‌حل اول به‌صورت تصادفی ایجاد می‌شود. مجموع کروموزوم‌ها، تولید یک جمعیت می‌کنند و یک تابع شایستگی وجود دارد که کیفیت راه‌حل تولیدشده را ارزیابی می‌کند. برای تولید یک راه‌حل جدید، GA از عملگرهای انتخاب (Selection)، تلفیق (Crossover) و جهش (Mutation) استفاده می‌کند. گام‌های اساسی در این الگوریتم در (۱۴) نشان داده شده است.

در هر بار شبیه‌سازی روش پیشنهادی، ۸۵ درصد داده‌ها به‌طور تصادفی برای مرحله آموزش و ۱۵ درصد باقیمانده برای مرحله آزمون انتخاب شدند. از ۱۳ متغیر بالینی جهت ورودی سیستم استفاده شد که برای این منظور از ماتریسی شامل ۱۳ سطر (۱۳ متغیر بالینی) و به تعداد داده‌های تصادفی انتخاب‌شده ستون برای مرحله آموزش و ماتریس دیگری با دو سطر (وضعیت طبیعی = ۰ و بیمار = ۱) و به تعداد داده‌های تصادفی انتخاب‌شده ستون به‌عنوان ماتریس هدف در مرحله آموزش استفاده شد. از نمونه‌های باقیمانده با ساختاری مشابه مرحله آموزش برای مرحله آزمون استفاده شد. نحوه شبیه‌سازی به این صورت بود که ابتدا یک ساختار ANFIS همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شده، ایجاد شد. از آنجاکه فرآیند آموزش این شبکه فرآیند پیچیده‌ای است به‌منظور بهینه‌سازی فرآیند آموزش از الگوریتم ژنتیک استفاده شد.

#### جدول ۲- ساختار سیستم استنتاج عصبی-فازی ایجادشده

نوع سیستم فازی	الگوریتم	نوع توابع عضویت ورودی	نوع توابع عضویت خروجی
سوگونو	FCM	gaussmf	Linear

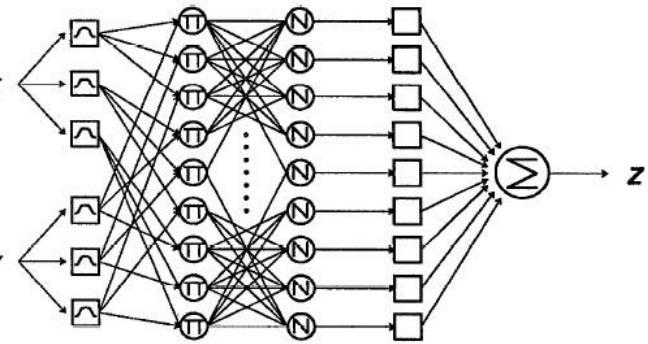
شاخص‌های الگوریتم ژنتیک پس از چند مرتبه آزمایش به‌نحوی که در جدول ۳ مشاهده می‌شود تنظیم شده است.

#### جدول ۳- شاخص‌های الگوریتم ژنتیک در فرآیند آموزش ANFIS

تعداد جمعیت	تکرار	تلفیق	جهش	درصد	نرخ	تابع انتخاب
۲۵	۱۰۰۰	۰/۴	۰/۷	۰/۱۵	چرخ رولت	

پس از بارگذاری داده‌های آموزشی و ایجاد ساختار اولیه سیستم استنتاج فازی از نوع سوگونو، فرآیند آموزش ANFIS با الگوریتم ژنتیک طی ۱۰۰۰ دور تکرار شد. پس از اتمام فرآیند آموزش، از داده‌های

ANFIS ترکیبی از شبکه عصبی با سیستم استنتاج فازی است که قالبی قدرتمند برای حل مسایل رده‌بندی ارایه می‌دهد (۱۰). معماری ANFIS، در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- معماری ANFIS (۱۱)

این معماری شامل ۵ لایه به شرح زیر است (۱۱):

لایه اول: گره‌های موجود در این لایه (اولین لایه از سمت چپ) با مربع نشان داده شده است و با تابع زیر تعریف می‌شود:

$$O^1 = \mu_a(x) = \frac{1}{1 + \left[\left(\frac{x-c}{a}\right)^2\right]^b} \quad (1)$$

در فرمول (۱)،  $x$  متغیر ورودی است.  $\{a, b, c\}$  مجموعه شاخص‌ها است و  $A$  نشان‌دهنده متغیر زبانی است. تغییر در هر یک از شاخص‌های  $a, b, c$  موجب تغییر عملکرد گره‌های زنگی شکل در لایه اول می‌شود. شاخص‌های موجود در این لایه فرضیه مقدم نامیده می‌شود.

لایه دوم: گره‌های موجود در این لایه با دایره و برچسب  $\Pi$  نمایش داده شده است. این برچسب نشان‌دهنده ضرب سیگنال‌های ورودی است.

لایه سوم: گره‌های موجود در این لایه با دایره و برچسب  $N$  نشان داده شده است.  $i$ -امین گره در این لایه، بیانگر نسبت قدرت شلیک قوانین  $i$ -ام به قدرت شلیک همه قوانین است.

لایه چهارم: گره‌های موجود در این لایه به شکل مربع نشان داده شده است و با تابع زیر تعریف می‌شود:

$$O^4 = w_n * (d * x + e * y + f) \quad (2)$$

در فرمول (۲)،  $w_n$  خروجی لایه سوم است و  $\{d, e, f\}$  مجموعه شاخص‌ها است که شاخص‌های پیوسته نامیده می‌شود.

لایه پنجم: گره‌های موجود در این لایه با دایره و برچسب  $\Sigma$  نشان داده شده است که نشان‌دهنده جمع تمام سیگنال‌های ورودی است.

الگوریتم ژنتیک (GA: Genetic Algorithm) روشی برای حل مسایل بهینه‌سازی است که از طبیعت الهام گرفته شده است و فرآیندهای آن

مرحله آزمون که در مرحله آموزش استفاده نشده بود برای ارزیابی سیستم پیشنهادی استفاده شد.

### نتایج

نتایج آماری بر مجموعه داده به کار رفته در این پژوهش نشان می‌دهد مقادیر متغیرهای کمی سن، کراتینین و کسر تخلیه در دو گروه سالم و بیمار تفاوت معنی‌داری داشته است و مقادیر متغیرهای کلسترول و تری‌گلیسیرید در دو گروه اختلاف نداشته‌اند. علت اختلاف نداشتن کلسترول در دو گروه به خاطر عدم وجود HDL و LDL است. اطلاعات مربوط به متغیرهای کیفی نشان می‌دهد، به جز سیگار و سابقه بیماری بقیه متغیرها مانند جنس، فشارخون بالا، دیابت، سابقه سکته قلبی، نتیجه آزمون ورزش و نتیجه اکو کاردیوگرافی با نتیجه آزیوگرافی ارتباط معنی‌داری داشتند. در مجموع ۴۹ نفر دارای نتیجه

نتایج آماری بر مجموعه داده به کار رفته در این پژوهش نشان می‌دهد مقادیر متغیرهای کمی سن، کراتینین و کسر تخلیه در دو گروه سالم و بیمار تفاوت معنی‌داری داشته است و مقادیر متغیرهای کلسترول و تری‌گلیسیرید در دو گروه اختلاف نداشته‌اند. علت اختلاف نداشتن کلسترول در دو گروه به خاطر عدم وجود HDL و LDL است. اطلاعات مربوط به متغیرهای کیفی نشان می‌دهد، به جز سیگار و سابقه بیماری بقیه متغیرها مانند جنس، فشارخون بالا، دیابت، سابقه سکته قلبی، نتیجه آزمون ورزش و نتیجه اکو کاردیوگرافی با نتیجه آزیوگرافی ارتباط معنی‌داری داشتند. در مجموع ۴۹ نفر دارای نتیجه

جدول ۴- شاخص‌های عملکردی سیستم پیشنهادی در هر دسته داده

دسته داده‌های مرحله آموزش	تعداد داده‌های مرحله آزمون	صحت	دقت	حساسیت	اختصاصیت
دسته اول	۲۲	۰/۹۵۴۵	۱	۰/۸۵۷۱	۱
دسته دوم	۲۶	۰/۹۲۳۱	۱	۰/۸۰۰۰	۱
دسته سوم	۱۷	۰/۹۴۱۲	۰/۸۰۰۰	۱	۰/۹۲۳۱
دسته چهارم	۲۲	۰/۹۰۹۱	۱	۰/۷۷۷۸	۱
دسته پنجم	۱۹	۱	۱	۱	۱
دسته ششم	۲۲	۰/۹۵۴۵	۰/۸۷۵۰	۱	۰/۹۲۳۳
دسته هفتم	۲۳	۱	۱	۱	۱
دسته هشتم	۲۲	۰/۹۰۹۱	۰/۷۷۷۸	۱	۰/۸۶۶۷
دسته نهم	۲۱	۰/۹۰۴۸	۰/۸۰۰۰	۱	۰/۸۴۶۲
دسته دهم	۱۹	۱	۱	۱	۱
میانگین دسته‌ها	-	۰/۹۴۹۶	۰/۹۲۵۳	۰/۹۴۳۵	۰/۹۵۶۹

شکل‌های ۳ و ۴ نتایج حاصل از شبیه‌سازی سیستم پیشنهادی در مرحله آموزش و آزمون را در دسته دهم (نماینده بهترین حالت) نشان می‌دهد.

	abnormal_prediction	normal_prediction
abnormal_real	13	0
normal_real	0	6

شکل ۲- ماتریس کانفیوژن مربوط به داده‌های دسته دهم

تحلیل‌های ماتریس کانفیوژن در رده‌بندی و تشخیص بیماران منجر به ۴ حالت مثبت حقیقی (TP: True Positive)، منفی حقیقی (TN: True Negative)، مثبت کاذب (FP: False Positive) و منفی کاذب (FN: False Negative) می‌شود. از نتایج ماتریس کانفیوژن چهار شاخص صحت (Accuracy)، دقت (Precision)، حساسیت (Sensitivity) و اختصاصیت (Specificity) به صورت زیر به دست می‌آید که برای تحلیل عملکرد سیستم‌های رده‌بندی استفاده می‌شود.

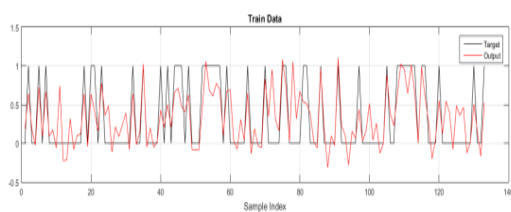
$$\text{صحت} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (1)$$

$$\text{دقت} = \frac{TP}{TP+FP} \quad (2)$$

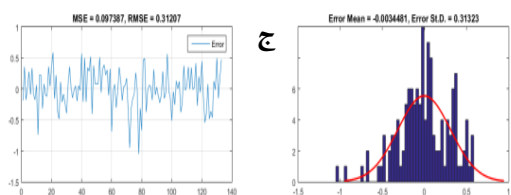
$$\text{حساسیت} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (3)$$

$$\text{اختصاصیت} = \frac{TN}{FP+TN} \quad (4)$$

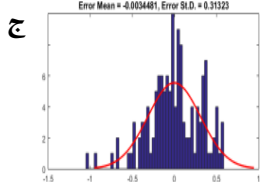
همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود سیستم پیشنهادی در دسته‌های پنجم، هفتم و دهم بهترین عملکرد را داشته است.



الف



ب

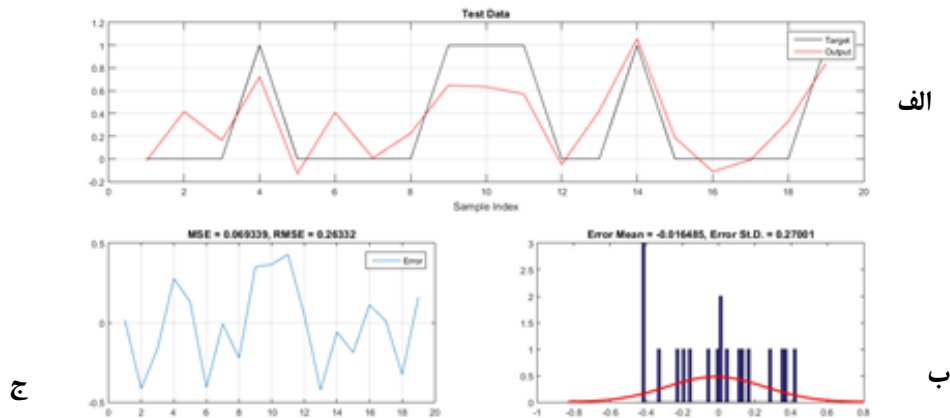


ج

شکل ۳- نتایج حاصل از شبیه‌سازی در مرحله آموزش در داده‌های دسته دهم  
الف- داده‌های ورودی در مقابل داده‌های هدف در مرحله آموزش  
ب- هیستوگرام میانگین و انحراف معیار خطا در مرحله آموزش

نمودارهای پایین نمودارهای خطا و هیستوگرام خطاها براساس شاخص‌های MSE، RMSE، میانگین خطا و انحراف معیار خطا را نشان می‌دهد.

ج- معیارهای MSE و RMSE در مرحله آموزش در شکل‌های ۳ و ۴ نمودار بالا خروجی سیستم در مقابل تابع هدف در مراحل آموزش و آزمون را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که سیستم طراحی شده در این دسته داده عکس‌العمل مناسبی داشته است.



شکل ۴- نتایج حاصل از شبیه‌سازی در مرحله آزمون در داده‌های دسته دهم

الف- داده‌های ورودی در مقابل داده‌های هدف در مرحله آزمون

ب- هیستوگرام میانگین و انحراف معیار خطا در مرحله آزمون

ج- معیارهای MSE و RMSE در مرحله آزمون

جدول ۵- مقایسه روش‌های پیاده‌سازی شده در تشخیص CAD بر مجموعه داده بیمارستان کوثر

نویسندگان	مجموعه داده	روش	صحت	دقت	حساسیت	اختصاصیت	سال
خسروانیان و همکاران (۱۷)	بیمارستان کوثر	شبکه عصبی- فازی	-	-	۱	۰/۸۸	۲۰۱۴
خسروانیان و همکاران (۱۵)	بیمارستان کوثر	شبکه عصبی احتمالی	-	۰/۹۳	۱	۰/۹۴	۲۰۱۵
خسروانیان و همکاران (۱۶)	بیمارستان کوثر	شبکه عصبی پرسپترون	-	۰/۸۰	۱	۰/۸۸	۲۰۱۵
پژوهش حاضر	بیمارستان کوثر	شبکه عصبی- فازی با الگوریتم ژنتیک در بهترین حالت	۱	۱	۱	۱	۲۰۱۷
پژوهش حاضر	بیمارستان کوثر	شبکه عصبی- فازی با الگوریتم ژنتیک در حالت میانگین	۰/۹۴۹۶	۰/۹۲۵۳	۰/۹۴۳۵	۰/۹۵۶۹	۲۰۱۷

## بحث

استفاده شد (۱۵) و پس از پیاده‌سازی در نرم‌افزار MATLAB شاخص‌های اختصاصیت، حساسیت و دقت به ترتیب ۰/۹۴، ۱ و ۰/۹۳۴۰ به دست آمد. در شبکه عصبی پرسپترون بر روی این مجموعه داده پیاده‌سازی شد (۱۶) و شاخص‌های اختصاصیت، حساسیت و دقت به ترتیب معادل ۰/۸۸، ۱ و ۰/۸ به دست آمد. در یک سیستم خبره فازی جهت تشخیص بیماری عروق کرونری به کار برده شد (۱۷) و شاخص‌های حساسیت و اختصاصیت را معادل اعداد ۰/۸۸ و ۱ گزارش کردند.

از دلایل بالابودن شاخص‌های عملکردی این مطالعه بر روی مجموعه داده ذکر شده می‌توان به طبیعی کردن داده‌های ورودی و استفاده از الگوریتم ژنتیک در آموزش شبکه عصبی- فازی اشاره کرد. تحقیقات نشان می‌دهد مطالعات بسیاری تاکنون با روش‌های هوش مصنوعی در تشخیص CAD انجام شده است به‌عنوان نمونه در (۱۸) رویکرد جدیدی از ترکیب K-NN و الگوریتم ژنتیک پیشنهاد شده است و روش پیشنهادی بر ۷ مجموعه داده موجود در UCI ارزیابی شده

مطالعه فعلی باهدف طراحی، پیاده‌سازی و ارزیابی یک سیستم استنتاج عصبی- فازی جهت تشخیص بیماری عروق کرونری قلب و رده‌بندی افراد به دو دسته سالم و بیمار براساس نتایج آنژیوگرافی، انجام شد. نتایج شبیه‌سازی نشان داد سیستم پیشنهادی در این مقاله رده‌بندی را با دقت مناسبی انجام داده است. حسن این طراحی انتخاب مناسب الگوریتم ژنتیک در فرآیند آموزش شبکه عصبی- فازی بود که علاوه بر افزایش سرعت در فرآیند آموزش، شاخص‌های عملکردی حاصل را نیز بهبود داده است. نوآوری این مقاله استفاده از الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی فرآیند آموزش شبکه عصبی- فازی و استفاده از آن در رده‌بندی نتایج آنژیوگرافی بود که در بهترین حالت به دقت ۱۰۰ رسیده است که بالاتر از تحقیقات مشابه بر روی این مجموعه داده بوده است. در مقایسه نتایج این مطالعه با سایر تحقیقات که بر روی همین پایگاه داده انجام شده است، می‌توان از این موارد نام برد: در شبکه عصبی احتمالی به‌منظور پیش‌بینی بیماری عروق کرونری

داده‌های آزمون مورد ارزیابی قرار گرفت. عملکرد سیستم طراحی شده با چهار شاخص حساسیت، اختصاصیت، دقت و صحت ارزیابی و تحلیل شد. نتایج نشان داد سیستم پیشنهادی در این مطالعه به خاطر سرعت زیاد و تعمیم‌پذیری بهتر آن نسبت به دیگر روش‌های پیاده‌سازی شده برای این کاربرد، مناسب‌تر است. اصلی‌ترین مزیت این پژوهش سرعت بخشیدن به فرآیند آموزش شبکه عصبی - فازی با استفاده از الگوریتم ژنتیک بود. در پژوهش قبلی ما (۱۷) پیاده‌سازی شبکه عصبی - فازی بر این مجموعه داده، نشان داد فرآیند آموزش این شبکه بسیار پیچیده و زمان‌بر است لذا در این پژوهش سعی بر بهبود فرآیند آموزش این شبکه عصبی بوده است.

مزیت دیگر این پژوهش، دقت بالا در رده‌بندی نتایج حاصل از آنژیوگرافی بود. در صورتی که بیماران با این روش تشخیصی مورد بررسی قرار گیرند علاوه بر هزینه کم از عوارض و آسیب‌های ناشی از این اقدام تشخیصی که پیش‌تر در بخش مقدمه ذکر شد در امان خواهند بود. نظر به اهمیت موضوع مورد مطالعه می‌توان در تحقیقات آتی، نرم‌افزاری براساس این شبیه‌سازی در پیش‌بینی نتایج آنژیوگرافی طراحی شود و در آموزش پزشکان مورد استفاده قرار گیرد.

### تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از سرکار خانم آسیه خسروانین دانشجوی دکتری هوش مصنوعی دانشگاه سمنان که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند صمیمانه تشکر می‌گرد.

### References

- Heart Disease and Stroke Statistics. American Heart Association. <http://circ.ahajournals.org/node/46281.full> 2016. Updated [2016].
- Cardiovascular disease statistics. British Heart Foundation. <https://www.bhf.org.uk/-/media/files/publications/.../bhf-cvd-statistics-2015-final.pdf>. Published [2015].
- Kumar M, Pachori RB, Acharya UR. Characterization of coronary artery disease using flexible analytic wavelet transform applied on ECG signals. *Biomed Signal Process Control* 2016;31:301-8.
- Kar S, Das S, Kanti Ghosh P. Applications of neuro fuzzy systems: A brief review and future outline. *Applied Soft Computing* 2014;15:243-59. doi: 10.1016/j.asoc.2013.10.014
- Acharya UR, Sudarshan VK, En Wei Koh J, San Tan R. Application of higher-order spectra for the characterization of coronary artery disease using electrocardiogram signals. *Biomed Signal Process Control* 2017; 31:31-43. doi: 10.1016/j.bspc.2016.07.003
- Kumar M, Pachori RB, Acharya UR. An efficient automated technique for CAD diagnosis using flexible analytic wavelet transform and entropy features extracted from HRV signals. *Expert Syst* 2016;63:165-72. doi:10.1016/j.eswa.2016.06.038
- Masethe HD, Masethe MA. Prediction of heart disease using classification algorithms. *Proceedings of the world congress on engineering and computer science*; 2014 Oct 22-24; San Francisco, USA;2014.
- Gayathri P, Jaisankar N. Comprehensive study of heart disease diagnosis using data mining and soft computing techniques. *IJET* 2013;5:2947-58.

است آن‌ها ادعا کردند به بالاترین دقت نسبت به دیگر روش‌های پیاده‌سازی شده دست یافتند. عرب اسدی و همکاران از شبکه عصبی برای تشخیص این بیماری استفاده کردند و برای تنظیم وزن‌های شبکه عصبی الگوریتم ژنتیک را به کار بردند و شاخص‌های صحت، حساسیت و اختصاصیت را به ترتیب  $93/85\%$ ،  $97\%$  و  $92\%$  گزارش کردند (۱۹). با استفاده از سیگنال‌های نوار قلب (ECG) به تشخیص بیماری CAD پرداختند (۵) و شاخص‌های صحت، حساسیت و اختصاصیت را با روش KNN به ترتیب  $98/17\%$ ،  $94/57\%$  و  $99/34\%$  گزارش کردند. همچنین با استفاده از درخت تصمیم، میانگین صحت را  $99/99\%$  و حساسیت و اختصاصیت را به ترتیب  $97/75\%$  و  $99/39\%$  به دست آوردند. در مطالعه‌ای دیگر یک سیستم خبره فازی با ترکیب PSO طراحی شد و دقت رده‌بندی بر مجموعه داده کلیولند موجود در UCI،  $93/27\%$  گزارش شد (۹). در (۲۰) یک سیستم خبره فازی تکاملی با استفاده از الگوریتم ژنتیک و درخت تصمیم طراحی شد و شاخص‌های حساسیت، اختصاصیت و صحت را به ترتیب  $94/98\%$ ،  $80/49\%$  و  $88/79\%$  گزارش کردند. در (۲۱) برای انتخاب ویژگی از شبکه عصبی مصنوعی استفاده کردند و روش خود را بر مجموعه داده IHD (Ischemic heart disease) ارزیابی کردند و صحت رده‌بندی در مرحله آموزش  $89/4\%$  و در مرحله آزمون  $82/2\%$  گزارش کردند. در (۲۲) یک سیستم خبره برای تشخیص زود هنگام CAD طراحی کردند و حساسیت و اختصاصیت را به ترتیب  $95/85\%$  و  $83/33\%$  به دست آوردند. در (۲۳) یک مدل طبقه‌بندی برای تشخیص تنگی عروق کرونری پیشنهاد کردند و نرخ صحت را برای هر یک از عروق کرونری  $86/14\%$ ،  $83/17\%$  و  $83/50\%$  به دست آوردند. باباگلو و همکاران ماشین‌بردار پشتیبان را برای تشخیص CAD به کار بردند آنها مقایسه‌ای بین مدل انتخاب ویژگی با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات باینری (BPSO) و الگوریتم ژنتیک انجام دادند نتایج مقایسه آن‌ها نشان داد انتخاب ویژگی به‌وسیله BPSO موفق‌تر عمل کرده است (۲۴). در مطالعه‌ای دیگر با ادغام روش‌های SVM، Random Forest و Naive Bayes سیستمی برای پیش‌بینی بیماری CAD طراحی کردند و برای بهینه‌سازی خروجی از PCA و Firefly استفاده کردند نتایج مطالعه آنها کارآمدی روش پیشنهادی را تأیید کرد (۲۵).

در این مطالعه یک روش جدید برای تشخیص بیماری CAD با ترکیب الگوریتم ژنتیک و سیستم استنتاج عصبی - فازی به‌منظور رده‌بندی نتایج آنژیوگرافی طراحی شد. سیستم پیشنهادی بر روی پایگاه داده جمع‌آوری شده از بیمارانی که در بیمارستان کوثر شیراز تحت آنژیوگرافی عروق کرونری قرار گرفتند پیاده‌سازی شد. سیستم پیشنهادی ابتدا با داده‌های آموزش، آموزش داده شد و سپس با

9. Muthukaruppan S, Er MJ. A hybrid particle swarm optimization based fuzzy expert system for the diagnosis of coronary artery disease. *Expert Syst* 2012;39: 11657-65. doi:10.1016/j.eswa.2012.04.036
10. Shaabani ME, Baniroostam T, Hedayati A. Implementation of neuro fuzzy system for diagnosis of multiple sclerosis. *IJCSN* 2016;5:157-64.
11. R Jang SJ. Fuzzy modeling using generalized neural networks and kalman filter algorithm. Proceedings of the 9th national conference on artificial intelligence; 1991 July 14-19; Anaheim, CA, USA;1991.
12. Fraser AS. Simulation of genetic system by automatic digital computers i: introduction. *Australian Journal of Biological Science* 1960;13:150-62. doi: 10.1071/B19600150
13. Fraser AS. Simulation of genetic system by automatic digital computers ii: effects of linkage on rates of advance under selection. *Australian Journal of Biological Science* 1957;10:492-500.
14. Murat A, Novruz A. Development a new mutation operator to solve the traveling salesman problem by aid of genetic algorithms. *Expert Systems with Applications* 2011;38:1313-20. doi: 10.1016/j.eswa.2010.07.006
15. Khosravanian A, Ayat S. Presenting an intelligent system for diagnosis of coronary heart disease by using probabilistic neural network. *Health Information Management* 2015;12:3-13.[Persian].
16. Khosravanian A, Ayat S. Presenting a new method in the angiography results classification by using artificial neural network. *Journal of Zabol University of Medical Sciences and Health Services* 2015;6:90-101.[Persian].
17. Ayat S, Khosravanian A. Identification and classification of coronary artery disease patients using neuro-fuzzy inference systems. *JMCS* 2014;13:136-41.
18. Jabbar MA, Deekshatulua BL, Chandra P. Classification of heart disease using k- nearest neighbor and genetic algorithm. *Procedia Technology* 2013;10:85-94. doi: 10.1016/j.protcy.2013.12.340
19. Arabasadi Z, Alizadehsani R, Roshanzamir M, Moosaei H, Yarifard AA. Computer aided decision making for heart disease detection using hybrid neural network-genetic algorithm. *Comput Methods Programs Biomed* 2017;141:19-26. doi: 10.1016/j.cmpb.2017.01.004
20. Devi YN, Anto S. An evolutionary-fuzzy expert system for the diagnosis of coronary artery disease. *IJARCT* 2014;3:1474-84.
21. Rajeswari K, Vaithiyathan V, Neelakantan TR. Feature selection in ischemic heart disease identification using feed forward neural networks. *Procedia Engineering* 2012;41:1818-23. doi: 10.1016/j.proeng.2012.08.109
22. Debabrata P, Mandana KM, Pal S, Sarkar D, Chakraborty C. Fuzzy expert system approach for coronary artery disease screening using clinical parameters. *Knowledge Based System* 2012;36:162-74. doi: 10.1016/j.knosys.2012.06.013
23. Alizadehsani R, Zangooei MH, Hosseini MJ, Habibi J, Khosravi A, Roshanzamir M, et al. Coronary artery disease detection using computational intelligence methods. *Knowl Based Syst* 2016;109:187-97. doi:10.1016/j.knosys.2016.07.004
24. Babaoglu I, Findik O, Ulker E. A comparison of feature selection models utilizing binary particle swarm optimization and genetic algorithm in determining coronary artery disease using support vector machine. *Expert Systems with Applications* 2010;37:3177-83. doi: 10.1016/j.eswa.2009.09.064
25. Deepthi S, Ravikumar A. Computation methods for the diagnosis and prognosis of heart disease. *International Journal of Computer Applications* 2014;95:5-9. doi: 10.5120/16700-6832



## Classification the Results of Angiography by Using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System and Genetic Algorithm

Saeed Ayat (Ph.D.)<sup>1\*</sup>

1- Dept. of Computer Engineering, Payame Noor University, Iran.

Received: 10 April 2017, Accepted: 8 July 2017

### Abstract:

**Introduction:** Early detection of coronary artery disease is critical. Previous studies show that new methods of artificial intelligence for prediction and diagnosis of diseases have been widely considered by the researchers. The purpose of this paper is the classification of angiography to normal and abnormal by using Artificial Intelligent methods.

**Methods:** In this diagnostic study, the datasets were collected from 152 patients who had been undergoing the coronary angiography, and for classification of the angiography results, a combination of fuzzy neural network and genetic algorithm is used. The proposed system was implemented and evaluated by MATLAB software.

**Results:** In implementation of the proposed system, 85% of the data was used for the training phase and the remaining 15 percent was used for the test phase. The results of the simulation in accuracy, sensitivity and specificity indicators on average state were 0.9496, 0.9253, 0.9435 and 0.9569, respectively. Under optimum conditions, an estimate of 1 was obtained for each indicator.

**Conclusion:** The use of genetic algorithms in ANFIS training phase led to improved speed of the simulation. Also the high performance indicators prove that the proposed system is effective for classifying and diagnosing patients with coronary heart disease.

**Keyword:** Genetic algorithm, Angiography, Coronary artery disease, Adaptive neuro-fuzzy inference system.

Conflict of Interest: No

\*Corresponding author: Ayat SS., Email: dr.ayat@pnu.ac.ir

**Citation:** Ayat SS. Classification the results of angiography by using adaptive neuro-fuzzy inference system and genetic algorithm. Journal of Knowledge & Health 2017;12(2):1-8.