

## یک سیستم هوشمند پزشکی مبتنی بر شبکه عصبی مصنوعی در تشخیص بیماری دیابت

آسیه خسروانیان<sup>۱</sup>، سعید آیت<sup>۲\*</sup>

### چکیده

**مقدمه:** تشخیص زودهنگام بیماری دیابت به منظور جلوگیری از عوارض و آسیب‌های ناشی از این بیماری امری حیاتی است. هدف از این مقاله طراحی یک سیستم هوشمند در دسته‌بندی افراد مبتلا به دیابت، با روش رگرسیون مبتنی بر شبکه عصبی پرسپترون چندلایه است.

**روش‌ها:** در این مطالعه‌ی توصیفی-تحلیلی یک سیستم هوشمند برای دسته‌بندی افراد به دو دسته سالم و مبتلا به بیماری دیابت طراحی شده است. سیستم طراحی شده با استفاده از نرم‌افزار MATLAB نسخه‌ی ۲۰۱۵ (۸/۵/۰/۱۹۷۶۱۳) شبیه‌سازی شده است. مجموعه داده مورد استفاده در این پژوهش، مجموعه داده معیار PID موجود در مخزن داده یادگیری ماشین دانشگاه ایروین کالیفرنیا است. این مجموعه داده شامل ۷۶۸ رکورد از زنان هندی و ۸ فاکتور تشخیصی برای بیماری دیابت است.

**یافته‌ها:** داده‌های این مجموعه پس از پیش‌پردازش به صورت تصادفی به ۲۰ دسته از کل مجموعه داده تقسیم شدند که شامل داده‌های آموزش و آزمون متفاوت بودند. در هر دسته داده از ۹۰ درصد داده‌ها برای مرحله‌ی آموزش و ۱۰ درصد باقی‌مانده برای مرحله‌ی آزمون استفاده شد. نتایج حاصل در بهترین حالت براساس شاخص‌های حساسیت، اختصاصیت، صحت و دقت در دسته‌بندی افراد، به ترتیب معادل اعداد ۰/۴۸۱۵، ۰/۹۸۰۴، ۰/۸۰۷۷، ۰/۹۲۸۶ به دست آمد.

**نتیجه‌گیری:** نتایج به دست آمده برتری سیستم هوشمند طراحی شده در دسته‌بندی افراد به دو دسته سالم و بیمار را نسبت به سایر روش‌های پیاده‌سازی شده بر این مجموعه داده تأیید می‌کند. استفاده از شبکه عصبی پرسپترون چندلایه برای تقریب تابع، موجب افزایش دقت سیستم پیشنهادی شده است.

**واژگان کلیدی:** بیماری دیابت، رگرسیون، شبکه عصبی پرسپترون چندلایه، مجموعه داده PID

۱- گروه علمی مهندسی کامپیوتر، دانشکده‌ی مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

۲- گروه علمی مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشکده‌ی مهندسی کامپیوتر، دانشگاه پیام نور، ایران

\***تشناسی:** اصفهان، نجف آباد، بلوار طالقانی، دانشگاه پیام نور، تلفن: ۰۲۱۴۲۷۲۷۱۲۳، فکس: ۰۲۱۴۲۷۲۷۱۲۳، پست الکترونیک: dr.ayat@pnu.ac.ir

## مقدمه

در دهه‌ی اخیر روش‌های هوش مصنوعی از جمله منطق فازی، شبکه عصبی مصنوعی، برنامه‌نویسی ژنتیک، ترکیب سیستم‌های عصبی و فازی و روش‌های رگرسیون در مسائل بسیاری به کار گرفته شده است [۱]. دسته‌بندی و تشخیص بیماری‌ها با کمک ابزارهای هوش مصنوعی از جمله کاربردهای هوش مصنوعی در پزشکی است.

بیماری دیابت یکی از شایع‌ترین بیماری‌ها در جهان است. به گزارش فدراسیون بین‌المللی دیابت بیش از ۴۱۸ میلیون نفر در جهان مبتلا به دیابت هستند که پیش‌بینی می‌شود تا ۲۵ سال آینده این رقم به ۶۰۰ میلیون نفر خواهد رسید [۲].

بیماری دیابت زمانی به وجود می‌آید که بدن قادر به تولید انسولین نباشد یا هنگامی که بدن نمی‌تواند از انسولین تولید شده استفاده مؤثر داشته باشد. در یک تقسیم‌بندی، این بیماری به سه دسته تقسیم می‌شود. دیابت نوع یک یا دیابت وابسته به انسولین که بیشتر در کودکان دیده می‌شود. دیابت نوع دو یا دیابت غیر وابسته به انسولین که در ۹۰ تا ۹۵ درصد بیماران دیابتی مشاهده می‌شود و دیابت نوع سوم که بیشتر در زنان باردار مشاهده می‌شود که پس از بارداری به دیابت نوع دوم تبدیل می‌شود [۳].

تشخیص بیماری دیابت و یا آگاهی یافتن از احتمال بالای ابتلا به این بیماری همواره کار آسانی نیست، چراکه این بیماری علائم متعددی را بروز می‌دهد که بعضی از این علائم در سایر بیماری‌ها نیز وجود دارند؛ بنابراین پزشک برای اتخاذ یک تصمیم مناسب باید نتیجه آزمایش‌های بیمار و تصمیم‌هایی که در گذشته برای بیماران با وضعیت مشابه گرفته است را بررسی کند [۴]. تشخیص زودهنگام این بیماری و پیش‌آگهی به بیماران می‌تواند با درمان به موقع از عوارض و آسیب‌های ناشی از این بیماری جلوگیری کند؛ بنابراین وجود سیستم هوشمند در کمک به پزشک و پیش‌آگهی به بیماران می‌تواند مفید باشد و با تشخیص این بیماری در مراحل اولیه از عوارضی چون افزایش فشارخون، نارسایی کلیه، بیماری قلبی و در مواردی قطع عضو جلوگیری کند.

تاکنون روش‌های هوش مصنوعی مختلفی در تشخیص بیماری دیابت به کار گرفته شده است. به عنوان مثال در مطالعه‌ای [۵] با استفاده از روش‌های یادگیری ماشین از جمله k- نزدیک‌ترین همسایه، نایو بیز، درخت تصمیم، جنگل‌های تصادفی، ماشین بردار پشتیبان و رگرسیون لجستیک به تشخیص این بیماری

پرداخته‌اند و روش‌های به کار گرفته شده بر ۳۰۰ نمونه‌ی تصادفی انتخاب شده از مخزن داده‌ی EHR مورد ارزیابی قرار گرفته است. در مطالعه‌ای دیگر [۶] روش‌های گروهی آدابوست و Bagging با استفاده از درختان تصمیم C4.5 و J48 برای تشخیص بیماری دیابت ارائه شده است و روش پیشنهادی بر مجموعه داده‌ی بیماران دیابتی کانادایی ارزیابی شده است. همچنین در مطالعه‌ای [۷] به مقایسه‌ی روش‌های یادگیری ماشین درخت تصمیم J48، K-NN، جنگل‌های تصادفی و SVM پرداختند و الگوریتم‌های مذکور بر مجموعه داده‌ی UCI ارزیابی شده است. در [۸] با استفاده از روش‌های داده‌کاوی از جمله درخت تصمیم یک مدل پیش‌بینی برای بیماری دیابت نوع دو طراحی شده و بر مجموعه داده‌ی جمع‌آوری شده از بیماران در شهر تبریز ارزیابی شده است. در مطالعه‌ای دیگر [۹] از روش بیزین و مدل‌های آماری برای پیش‌بینی دیابت نوع دو استفاده شده است و بر مجموعه داده‌ی EHR شبیه سازی شده است. محققان در یک بررسی [۱۰] به تشخیص بیماری دیابت براساس اطلاعات مستخرج از سیگنال ECG با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که مدل مبتنی بر قوانین دقت بالاتری نسبت به دیگر الگوریتم‌های طبقه‌بندی داده‌کاوی دارد. دیگر روش‌های یادگیری ماشین پیاده‌سازی شده در بیماری دیابت در سایر مطالعات [۱۱-۱۸] آمده است. هدف از پژوهش حاضر طراحی و ارزیابی یک سیستم هوشمند در دسته‌بندی افراد به دودسته سالم و مبتلا به بیماری دیابت با استفاده از روش رگرسیون مبتنی بر شبکه عصبی پرسپترون چندلایه است.

## روش‌ها

### مجموعه داده‌ها

در این مطالعه از مجموعه داده‌ی معیار PID: Pima Indians Diabetes موجود در مخزن داده‌ی یادگیری ماشین (UCI: University of California, Irvine) استفاده شده است [۱۹]. این مجموعه شامل ۷۶۸ رکورد جمع‌آوری شده از زنان هندی است که از این تعداد ۵۰۰ زن سالم و ۲۶۸ نفر مبتلا به دیابت نوع یک بودند. حداقل سن افراد مورد بررسی ۲۱ سال و حداکثر ۸۱ سال است. ۸ فاکتور تشخیصی برای هر یک از افراد در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- ریسک فاکتورهای تشخیصی بیماری دیابت

Number of times pregnant	تعداد دفعات وضع حمل (برای زنان)	۱
Plasma glucose concentration a 2 hours in an oral glucose tolerance test	غلظت گلوکز پلاسمای خون	۲
Diastolic blood pressure (mm Hg)	فشارخون دیاستولیک	۳
Triceps skin fold thickness (mm)	ضخامت پوست ماهیچه سه سر بازویی	۴
2-Hour serum insulin (mu U/ml)	انسولین سرم دوساعته	۵
Body mass index (weight in kg/(height in m) <sup>2</sup> )	نمایه توده‌ی بدنی (BMI)	۶
Diabetes pedigree function	داشتن سابقه‌ی دیابت	۷
Age (years)	سن	۸

## رگرسیون

روش‌های رگرسیون از جمله روش‌های یادگیری ماشین است که به‌طور گسترده در مسائل دسته‌بندی به‌کار برده شده است. رگرسیون یک تابع یادگیری است که یک داده را به یک متغیر پیش‌بینی با مقدار حقیقی نگاشت می‌کند. به نقل از Ghazanfari و همکاران [۲۰]، در مدل رگرسیون خطی تک متغیره اگر  $x$  یک متغیر مستقل و  $y$  متغیر وابسته باشد، آنگاه معادله رگرسیون خطی تک متغیره به شکل  $y = w_0 + w_1x$  خواهد بود. اگر  $D$ ، مجموعه داده‌های آموزشی یک جامعه به صورت  $(x_1, y_1) \dots (x_D, y_D)$  باشد، ضرایب رگرسیون خطی را می‌توان براساس روش کمترین مربعات خطا به دست آورد (رابطه‌ی ۱). پس از تعیین مقادیر  $w_0$  و  $w_1$  در مشاهدات جدید با جای‌گذاری مقدار مستقل  $x$  در رابطه‌ی  $y = w_0 + w_1x$  می‌توان مقدار مناظر متغیر وابسته  $y$  را پیش‌بینی نمود.

رابطه‌ی ۱:

$$w_1 = \frac{\sum_{i=1}^{|D|} (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^{|D|} (x_i - \bar{x})^2}$$

$$w_0 = \bar{y} - w_1\bar{x}$$

در مدل رگرسیون خطی چند متغیره تعداد متغیرهای مستقل در معادله رگرسیونی بیش از یکی است. اگر مقادیر  $x_i$  نمونه‌های آزمایشی  $n$  بعدی باشد که برچسب آنها  $y_i$  است در این صورت معادله‌ی رگرسیونی به شکل رابطه‌ی ۲ خواهد بود.

رابطه‌ی ۲:

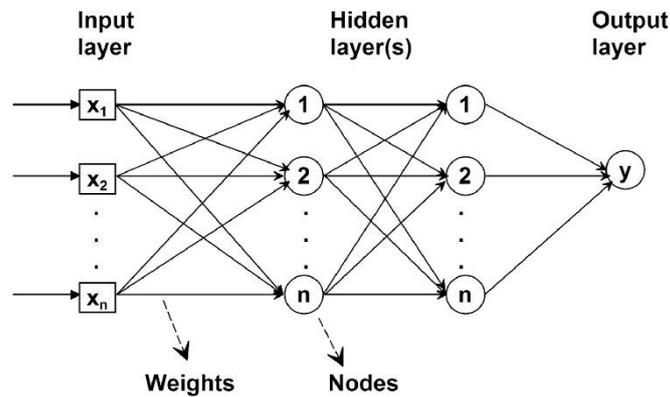
$$y = w_0 + w_1x_1 + w_2x_2$$

این معادله با استفاده از روش حداقل مربعات قابل حل است. اگر وابستگی‌ها به‌صورت یک تابع چندجمله‌ای باشد، در برخی موارد می‌توان مدل غیرخطی را به یک مدل رگرسیون خطی تبدیل کرد و براساس روش حداقل مربعات مسئله را حل کرد. لازم به ذکر است که برخی از مدل‌های غیرخطی با استفاده از تغییر متغیر، به‌راحتی قابل تبدیل به شکل خطی نیستند. برای اینکه رگرسیون خطی بتواند متغیر طبقه‌ای را پیش‌بینی کند لازم است تعمیم یابد. در مدل‌های تعمیم‌یافته، واریانس متغیر پاسخ ( $y$ ) تابعی از مقدار میانگین  $y$  است. درحالی‌که در رگرسیون خطی، واریانس  $y$  ثابت بود. مدل‌های خطی تعمیم‌یافته شامل رگرسیون لجستیک و رگرسیون پواسون هستند. مدل‌های رگرسیون لجستیک، احتمال وقوع پدیده‌هایی که تابعی خطی از یک مجموعه متغیرهای مستقل هستند را پیش‌بینی می‌کند. داده‌های شمارشی نیز از توزیع پواسون پیروی کرده و به‌طور معمول با رگرسیون پواسون مدل‌سازی می‌شوند.

## شبکه عصبی پرسپترون چندلایه

شبکه‌ی عصبی پرسپترون چندلایه (MLP: Multilayer perceptron neural network) یک شبکه‌ی عصبی جلو سو<sup>۱</sup> است که از یک لایه‌ی ورودی، لایه‌ی پنهان و لایه‌ی خروجی تشکیل شده است [۲۱]. در MLP از روش یادگیری با نظارت با الگوریتم پس انتشار خطا برای آموزش استفاده می‌شود. ساختار شبکه عصبی MLP در شکل ۱ نشان داده شده است.

<sup>1</sup> Feed forward



شکل ۱- ساختار شبکه عصبی پرسپترون چندلایه [۲۲]

### ماتریس کانفیوژن

به طور کلی برای بررسی میزان موفقیت و کارایی سیستم‌های یادگیری، پیش‌بینی و تشخیص از ماتریس کانفیوژن استفاده می‌شود. تحلیل‌های ماتریس کانفیوژن در دسته‌بندی و تشخیص بیماران منجر به چهار حالت مثبت حقیقی<sup>۱</sup> (TP)، منفی حقیقی<sup>۲</sup> (TN)، مثبت کاذب<sup>۳</sup> (FP) و منفی کاذب<sup>۴</sup> (FN) می‌شود. از نتایج ماتریس کانفیوژن چهار شاخص صحت<sup>۵</sup>، دقت<sup>۶</sup>، حساسیت<sup>۷</sup> و اختصاصیت<sup>۸</sup> به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\text{صحت} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (۳)$$

$$\text{دقت} = \frac{TP}{TP+FP} \quad (۴)$$

$$\text{حساسیت} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (۵)$$

$$\text{اختصاصیت} = \frac{TN}{FP+TN} \quad (۶)$$

پیاده‌سازی سیستم هوشمند پیشنهادی در این مطالعه شامل سه مرحله‌ی پیش‌پردازش، آموزش و آزمون است که در نرم‌افزار MATLAB شبیه‌سازی شده است. در مرحله‌ی پیش‌پردازش، مجموعه داده PID مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد این مجموعه داده دارای مقادیر گم‌شده است که در ریسک

فاکتورهای تشخیصی برای این مقادیر صفر قرار داده شده است. از آنجاکه در نتایج آزمایش مقدار صفر برای بعضی فاکتورهای تشخیصی بی‌معنی است، در این مرحله، تعداد ۱۶ رکورد که دارای مقادیر گم‌شده بودند از مجموعه حذف شدند و شبیه‌سازی با ۷۵۲ داده باقی‌مانده انجام شد. پس از مرحله‌ی پیش‌پردازش، داده‌ها در هر بار شبیه‌سازی به‌طور تصادفی به دو دسته آموزش و آزمون تقسیم شدند. به این ترتیب که از ۹۰ درصد داده‌ها برای مرحله آموزش و ۱۰ درصد باقیمانده برای مرحله آزمون استفاده شد. در مجموع از ۲۰ دسته داده مختلف استخراج شده به‌صورت تصادفی از مجموعه داده PID برای شبیه‌سازی سیستم پیشنهادی استفاده شد.

در مرحله‌ی آموزش از ۸ فاکتور تشخیصی نشان داده شده در جدول ۱ به‌عنوان ورودی سیستم استفاده شد. برای این منظور ماتریسی شامل ۸ سطر (۸ فاکتور تشخیصی) و به تعداد داده‌های تصادفی انتخاب شده ستون، برای مرحله‌ی آموزش و ماتریس دیگری با دو سطر (سالم=۰ و بیمار=۱) و به تعداد داده‌های تصادفی انتخاب شده ستون، به‌عنوان ماتریس هدف به کار گرفته شد. از ۱۰ درصد باقیمانده با ساختاری مشابه مرحله‌ی آموزش برای مرحله آزمون استفاده شد. ورودی‌ها با ساختاری که شرح داده شد برای تقریب تابع هدف به‌عنوان یک روش رگرسیون مورد استفاده قرار گرفت. مطالعات نشان می‌دهد شبکه‌های عصبی قادر به تقریب هر تابع عملیاتی می‌باشند. در میان شبکه‌های عصبی مختلف، شبکه‌ی عصبی پرسپترون چندلایه با ساختار پس انتشار خطا و تابع انتقال سیگموئید در لایه‌های مخفی و تابع انتقال خطی در لایه‌ی خروجی در ارتباط با کاربردهای رگرسیون از کارایی مناسبی برخوردار است؛ بنابراین پس از بارگذاری داده‌های ورودی یک

<sup>1</sup> True Positive

<sup>2</sup> True Negative

<sup>3</sup> False Positive

<sup>4</sup> False Negative

<sup>5</sup> Accuracy

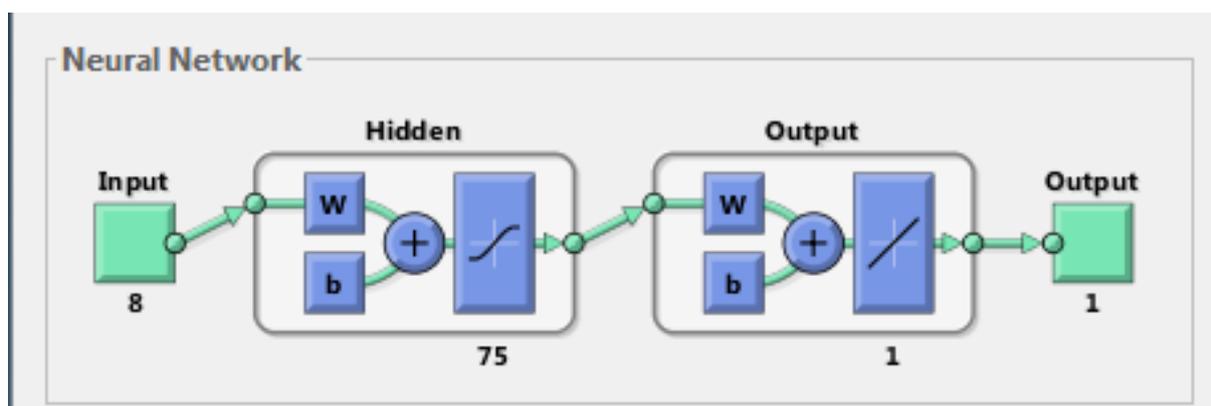
<sup>6</sup> precision

<sup>7</sup> Sensitivity

<sup>8</sup> Specificity

validation در ۲۰ دسته آموزش داده شد و با داده‌های آزمون مربوط به هر دسته، مورد آزمایش قرار گرفت. در ادامه به منظور گسسته‌سازی مقدار تابع هدف پیش‌بینی شده از حد آستانه استاندارد ۰/۵ استفاده شد و نتایج خروجی به دودسته سالم و بیمار دسته‌بندی شد.

شبکه با ساختاری که شرح داده شد، همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود ایجاد شد. تعداد نرون‌های لایه مخفی با روش سعی و خطا ۷۵ به دست آمد. استفاده از این تعداد نرون در لایه مخفی اگرچه حجم محاسبات را بالا می‌برد اما قابلیت شبکه را برای حل مسئله مورد نظر افزایش می‌دهد. سیستم طراحی شده با داده‌های آموزشی و به‌کارگیری روش cross-



شکل ۲- ساختار شبکه عصبی MLP پیاده‌سازی شده در نرم‌افزار MATLAB

## یافته‌ها

کمتر مورد توجه بوده است. لذا برتری یک دسته براساس شاخص دقت توسط نویسندگان این مقاله در نظر گرفته شده است.

سیستم پیشنهادی با استفاده از داده‌های مرحله‌ی آموزش، در هر یک از ۲۰ دسته به صورت جداگانه آموزش داده شد سپس داده‌های مرحله‌ی آزمون مربوط به هر دسته به سیستم شبیه‌سازی شده اعمال گردید. خروجی سیستم، دسته‌بندی افراد به دو دسته سالم و مبتلا به بیماری دیابت بود. جدول ۲ خروجی سیستم پیشنهادی برای هریک از دسته‌ها براساس شاخص‌های حساسیت، اختصاصیت، دقت و صحت نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود سیستم پیشنهادی، در داده‌های دسته‌ی هفدهم از نظر شاخص دقت عملکرد مناسبی داشته است. در مقایسه نتایج این مقاله با سایر روش‌های پیاده‌سازی شده بر این مجموعه داده، شاخص دقت از جمله شاخص‌هایی بوده است که مورد توجه قرار گرفته است و شاخص‌های حساسیت و اختصاصیت در سایر مقالات

جدول ۲- شاخص‌های عملکردی سیستم پیشنهادی در هر دسته داده

صحت	دقت	اختصاصیت	حساسیت	تعداد داده‌های		دسته
				مرحله آموزش	مرحله آزمون	
۰/۷۴۳۹	۰/۹۰۴۸	۰/۹۵۴۵	۰/۵۰۰۰	۸۲	۶۷۰	دسته اول
۰/۷۵۸۶	۰/۷۱۴۳	۰/۸۹۴۷	۰/۵۰۰۰	۸۷	۶۶۵	دسته دوم
۰/۷۶۰۰	۰/۷۷۷۸	۰/۹۱۴۹	۰/۵۰۰۰	۷۵	۶۷۷	دسته سوم
۰/۸۰۷۲	۰/۷۰۵۹	۰/۹۱۶۷	۰/۵۲۱۷	۸۳	۶۶۹	دسته چهارم
۰/۶۹۲۳	۰/۶۸۹۷	۰/۷۹۰۷	۰/۵۷۱۴	۷۸	۶۷۴	دسته پنجم
۰/۷۲۲۲	۰/۶۳۶۴	۰/۷۸۵۷	۰/۶۱۷۶	۹۰	۶۶۲	دسته ششم
۰/۷۷۹۲	۰/۷۰۵۹	۰/۹۰۵۷	۰/۵۰۰۰	۷۷	۶۷۵	دسته هفتم
۰/۷۶۶۷	۰/۷۸۵۷	۰/۸۸۶۸	۰/۵۹۴۶	۹۰	۶۶۲	دسته هشتم
۰/۸۰۰۰	۰/۷۲۲۲	۰/۸۰۷۷	۰/۷۸۷۹	۸۵	۶۶۷	دسته نهم
۰/۷۳۶۸	۰/۶۶۶۷	۰/۸۷۱۰	۰/۴۸۴۸	۹۵	۶۵۷	دسته دهم
۰/۷۶۷۴	۰/۷۲۲۲	۰/۹۱۳۸	۰/۴۶۴۳	۸۶	۶۶۶	دسته یازدهم
۰/۷۳۸۱	۰/۶۸۹۷	۰/۸۲۳۵	۰/۶۰۶۱	۸۴	۶۶۸	دسته دوازدهم
۰/۷۱۲۸	۰/۷۰۸۳	۰/۸۷۷۲	۰/۴۵۹۵	۹۴	۶۵۸	دسته سیزدهم
۰/۸۵۲۳	۰/۷۸۲۶	۰/۹۱۹۴	۰/۶۹۲۳	۸۸	۶۶۴	دسته چهاردهم
۰/۷۳۳۳	۰/۷۱۴۳	۰/۸۵۱۹	۰/۵۵۵۶	۹۰	۶۶۲	دسته پانزدهم
۰/۷۰۹۳	۰/۸۰۰۰	۰/۹۶۳۶	۰/۲۵۸۱	۸۶	۶۶۶	دسته شانزدهم
۰/۸۰۷۷	۰/۹۲۸۶	۰/۹۸۰۴	۰/۴۸۱۵	۷۸	۶۷۴	دسته هفدهم
۰/۸۲۷۶	۰/۸۶۲۱	۰/۹۲۱۶	۰/۶۹۴۴	۸۷	۶۶۵	دسته هجدهم
۰/۸۱۱۸	۰/۸۰۰۰	۰/۹۲۹۸	۰/۵۷۱۴	۸۵	۶۶۷	دسته نوزدهم
۰/۷۷۷۸	۰/۸۰۰۰	۰/۸۹۵۸	۰/۶۰۶۱	۸۱	۶۷۱	دسته بیستم

## بحث

سیستم هوشمند طراحی شده در این مطالعه که با ترکیب روش رگرسیون و شبکه عصبی پرسپترون چندلایه طراحی شده است موجب افزایش دقت دسته‌بندی نسبت به سایر روش‌های پیاده‌سازی شده بر این مجموعه داده شده است. در واقع تقریب تابع با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون چندلایه موجب بهبود در شاخص‌های عملکردی سیستم پیشنهادی شده است.

تاکنون روش‌های مختلف هوش مصنوعی در تشخیص بیماری دیابت طراحی و ارزیابی شده است. در مقایسه‌ی نتایج این مطالعه با سایر روش‌های پیاده‌سازی در این موضوع به مواردی اشاره می‌شود که بر مجموعه داده PID پیاده‌سازی شده است.

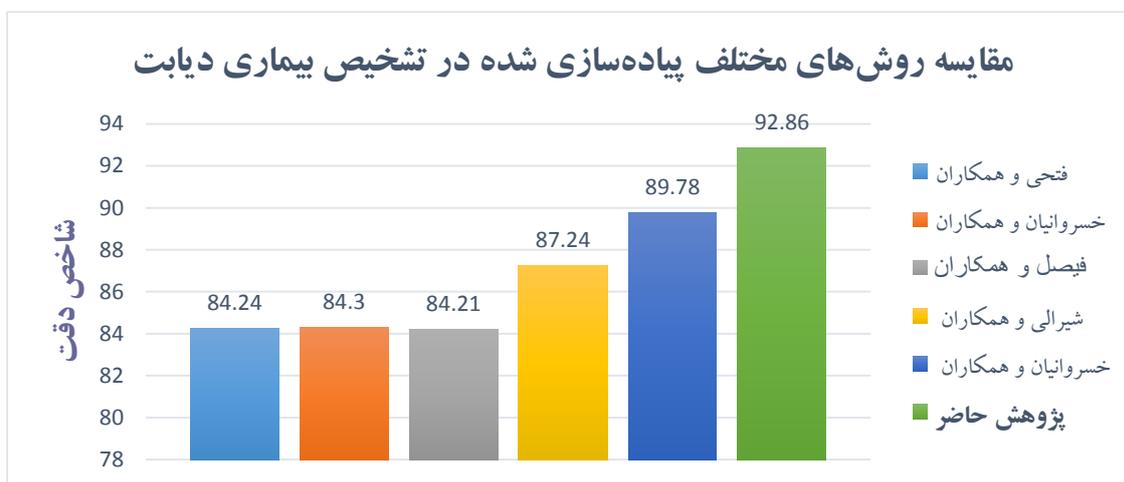
Fathi Ganji و همکاران از ترکیب الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچگان و سیستم فازی برای تشخیص بیماری دیابت استفاده کردند و به دقت ۸۴/۲۴ رسیدند [۴]. Khosravanian و همکاران با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی به تشخیص این بیماری پرداختند. آنها یک شبکه‌ی عصبی پس انتشار با الگوریتم گرادیان توأم مقیاس شده طراحی کردند و دقت به‌دست‌آمده را ۸۴/۳۰ گزارش کردند [۲۴]. Fayssal و همکاران ترکیب الگوریتم کلونی زنبور عسل و سیستم فازی را در تشخیص این بیماری به‌کار گرفتند و به دقت ۸۴/۲۱ رسیدند [۲۵]. در پژوهشی دیگر از Khosravanian و همکاران یک سیستم استنتاج عصبی- فازی<sup>۱</sup> با الگوریتم ژنتیک و الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات در تشخیص بیماری دیابت

<sup>1</sup> Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System: ANFIS

طراحی شد. دقت به دست آمده با استفاده از الگوریتم ژنتیک و ۷۶/۷۶ و با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات ۸۹/۷۸ گزارش شد [۲۶].

جدول ۳- مقایسه روش‌های مختلف پیاده‌سازی شده در تشخیص بیماری دیابت

سال	دقت	روش پیاده‌سازی	پایگاه داده مورد استفاده	نویسندگان
۲۰۱۱	۸۴/۲۴	ترکیب الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچگان و سیستم فازی	PID	فتحی و همکاران [۴]
۲۰۱۱	۸۴/۳۰	شبکه عصبی پس انتشار با الگوریتم گرادیان توأم مقیاس شده	PID	خسروانیان و همکاران [۲۴]
۲۰۱۳	۸۴/۲۱	ترکیب الگوریتم کلونی زنبور عسل و سیستم فازی	PID	Fayssal و همکاران [۲۵]
۲۰۱۶	۸۷/۲۴	ترکیب سیستم استنتاج فازی سوگنو و الگوریتم کرم شب تاب	PID	شیرالی و همکاران [۲۳]
۲۰۱۶	۸۹/۷۸	ترکیب PSO و ANFIS	PID	خسروانیان و همکاران [۲۶]
۲۰۱۸	۹۲/۸۶	روش رگرسیون مبتنی بر MLP	PID	پژوهش حاضر



شکل ۳- مقایسه روش‌های پیاده‌سازی شده در تشخیص دیابت بر مجموعه داده‌ی PID

روش پیشنهادی در مقایسه با روش‌های مطرح شده در [۲۶] از نظر سرعت اجرا ضعیف‌تر عمل کند اما رسیدن به دقت بیشتر در دسته‌بندی افراد و نزدیک شدن نتایج به واقعیت می‌تواند این نقص را پوشش دهد. از محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به ۱۶ رکورد حذف شده اشاره کرد چراکه تخمین نزدن موارد حذف شده و جایگزین نشدن آنها می‌تواند در نتایج به دست آمده تأثیرگذار باشد.

در این مطالعه، سیستم هوشمندی برای دسته‌بندی افراد به دو دسته سالم و مبتلابه بیماری دیابت با استفاده از روش رگرسیون مبتنی بر شبکه عصبی پرسپترون چندلایه طراحی

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود در این مقاله نیز از مجموعه داده‌ی PID استفاده شده است و سیستم پیشنهادی توانست با دقت مناسبی افراد را به دودسته بیمار و سالم طبقه‌بندی کند. نتایج شبیه‌سازی نشان داد شاخص دقت به دست آمده نسبت به سایر روش‌های شبیه‌سازی شده بر این مجموعه داده بهبود یافته است. دلیل این امر همان‌طور که پیش‌تر ذکر شد استفاده از توانایی شبکه عصبی مصنوعی MLP در تقریب تابع است. علاوه بر آن پیش‌پردازش داده‌ها در کم کردن خطای شبیه‌سازی و افزایش دقت پیش‌بینی مؤثر بود. اگرچه پیچیدگی‌های روش رگرسیون موجب شده است تا

پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی از دیگر شبکه‌های عصبی مصنوعی به این منظور استفاده شود و نتایج حاصل با این مطالعه مقایسه شود.

### سپاسگزاری

این مقاله هیچگونه تضاد منافی برای نویسندگان ندارد و مستخرج از پژوهشی است که با حمایت مالی دانشگاه پیام نور انجام شده است.

شد. روش به‌کار رفته در این پژوهش تاکنون در تشخیص بیماری دیابت ارائه نشده است. نتایج حاصل از ارزیابی سیستم طراحی شده نشان داد سیستم پیشنهادی با دقت مناسبی افراد را به دودسته سالم و بیمار دسته‌بندی کرده است. این نتیجه از آن جهت اهمیت دارد که با پیش‌آگهی به بیماران، مراجعه و درمان به‌موقع می‌توان از عوارض ناشی از این بیماری جلوگیری کرد. در واقع، سیستم طراحی شده می‌تواند برای بهبود تشخیص بیماری دیابت مورد استفاده قرار گیرد.

با توجه به مطالعاتی که نشان دهنده بهبود شاخص‌های عملکردی سیستم‌های ترکیبی در تشخیص بیماری است

### مآخذ

- Kar S, Das S, Kanti Ghosh P. Applications of neuro fuzzy systems: A brief review and future outline. *Appl Soft Comput* 2014; 15: 243-259.
- International Diabetes Fedration. A Report from the International Diabetes Fedration. Available from: <http://www.idf.org>
- Fiuzy M, Haddania J, Mollania N. Prediction and determination of correctdose of insulin in diabetic patients based on diabetes fuzzy diagnosis. *Ijldl* 2017; 16 (1):17-38.
- Fathi Ganji M, Saniee Abadeh M. A fuzzy classification system based on ant colony optimization for diabetes disease diagnosis. *Expert Syst* 2011; 38: 14650-14659.
- Zheng T, Xie W, Xu L, He X, Zhang Y, You M and et al. A machine learning-based framework to identify type 2 diabetes through electronic health records. *Int J Med Inform* 2017; 97: 120-127.
- Perveen S, Shahbaz M, Guergachi A, Keshavjee K. Performance analysis of data mining classification techniques to predict diabetes. *Procedia Comput Sci* 2016; 82: 115-121.
- Kandhasamy JP, Balamuria S. Performance analysis of classifier models to predict diabetes mellitus. *Procedia Comput Sci* 2015; 47: 45-51.
- Habibi Sh, Ahmadi M, Alizadeh S. Type 2 diabetes Mellitus screening and risk factors using decision tree: Results of data mining. *Glob J Health sci* 2015; 7: 5 Available from: <http://www.ccsenet.org/journal/index.php/gjhs/article/view/43726>
- Anderson J.P, Parikh J.R, Shenfeld D.K. Reverse engineering of prediction models for progression to Type 2 diabetes. *Diabetes Technology Society* 2016; 10 (1): 6-18.
- Nazari M, Zamani Dehkordi B, Kiomarsi Dehkordi F. [Diagnosis diabetes on the basis of information extracted from the ECG signal using artificial neural networks]. *J Shahrekord Univ Med Sci.* 2017; 19 (4): 64-77. (Persian)
- Anderson AE, Kerr WT, Thames A, Li T, Xiao J, Cohen MS. Electronic health record phenotyping improves detection and screening of type 2 diabetes in the general United States population: a cross-sectional, unselected, retrospective study. *J Biomed Inform* 2016; 60: 162-168.
- A. Ramezankhani, O. Pournik, J. Shahrabi, F. Azizi, F. Hadaegh, D. Khalili. The impact of oversampling with SMOTE on the performance of 3 classifiers in prediction of type 2 diabetes. *Med Decis Making* 2016; 36 (1): 137-144.
- Lee BJ, Ku B, Nam J, Pham DD, Kim JY. Prediction of fasting plasma glucose status using anthropometric measures for diagnosing type 2 diabetes. *IEEE J Biomed Health Inform* 2014; 18 (2): 555-561.
- Mani S, Chen Y, Elasy T, Clayton W, Denny J. Type 2 diabetes risk forecasting from EMR data using machine learning. *AMIA Annu Symp Proc* 2012; 606-615.
- Han L, Luo S, Yu J, Pan L, Chen S. Rule extraction from support vector machines using ensemble learning approach: an application for diagnosis of diabetes. *IEEE J Biomed Health Inform* 2015; 19 (2): 728-734.
- G.J. Simon, J. Schrom, M.R. Castro, P.W. Li, P.J. Caraballo. Survival association rule mining towards type 2 diabetes risk assessment. *AMIA Annu Symp Proc* 2013; 1293-1302.
- G.J. Simon, P.J. Caraballo, T.M. Therneau, S.S. Cha, M.R. Castro, P.W. Li. Extending association rule summarization techniques to assess risk of diabetes mellitus. *IEEE Trans Knowl Data Eng* 2015; 27 (1): 130-141.
- S. El-Sappagh, M. Elmogy, A.M. Riad. A fuzzy-ontology-oriented case-based reasoning framework for semantic diabetes diagnosis. *Artif Intell Med* 2015; 65 (3):179-208.
- UCI Machine Learning Repository: Pima Indians Diabetes Data Set: <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Pima+Indians+Diabetes>

20. Ghazanfari M, Alizadeh S, Teimourpour B. Data Mining & Knowledge Discovery. *Tehran: iust*; 2011. [In Persian]
21. Tang RL Z. An improved neural network model and its applications. *Information in Computer Science*, 8 200; 10: 1881-1888.
22. Raghu S, Sriraam N. Optimal configuration of multilayer perceptron neural network classifier for recognition of intracranial epileptic seizures. *Expert syst* 2017; 89: 205-221.
23. Shirali M, Madmoli Y, Roohafza J, Karimi H, Baboli Bahmaei A, Ertebati S. [Improvement diagnosis of diabetes using a combination of sugeno fuzzy inference systems and firefly algorithms]. *Ijdlld* 2017; 15(3):172-176. [In Persian]
24. Khosravanian A, Ayat S. Design a Back Propagation Neural Network for Diabetes Diagnosis. *Proceedings of the 4<sup>th</sup> Communication & Telecommunication Applied Science & Technology 2014*. Shiraz. Iran.
25. Fayssal B. and Chikh MA. Design of fuzzy classifier for diabetes disease using Modified Artificial Bee Colony algorithm. *Comput Methods Programs Biomed* 2013; 112: 92-103.
26. Khosravanian A, Rahmanimanesh M. Designing a Neuro-Fuzzy Inference System Using Genetic Algorithm and Particle Swarm Optimization Algorithms in diagnosis of diabetes. *Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Conference on Applied Research in Computer Engineering and signal processing*. 2016; Tehran-Iran.

## A PHYSICIAN ASSISTANT INTELLIGENCE SYSTEM BASED ON ARTIFICIAL NEURAL NETWORK FOR DIABETES DIAGNOSIS

Asieh Khosravanian<sup>1</sup>, Saeed Ayat<sup>2\*</sup>

1. Faculty of Electrical and Computer Engineering, Semnan University, Semnan, Iran

2. Department of Computer Engineering and Information Technology, Payame Noor University, Iran

### ABSTRACT

**Backgrounds:** Early detection of diabetes is critical to avoid complications and damage caused by this disease. The purpose of this paper is designing an intelligent system for Diabetes prediction (healthy or patient) by using regression method based on Multilayer Perceptron Neural Network.

**Methods:** In this descriptive-analytic study, an intelligent system is designed to classification diabetes patients. The system is simulated by MATLAB software 2015 (8.5.0.197613). In this study, used PID dataset in UCI Machine Learning Repository. The dataset is contained 768 records from Indian women and 8 diagnostic factors for Diabetes.

**Results:** The data were then divided randomly in 20 groups for training and testing, after preprocessing. 90% of the data is used for training phase and 10% for the test phase. The results obtained based on sensitivity, specificity, accuracy and precision were 0.4815, 0.9804, 0.8077 and 0.9286, respectively.

**Conclusion:** The obtained results, showed superiority of designed intelligent system to classify individuals (healthy and patient) in comparison with other methods implemented on this dataset. Using MLP-Regression has increased the accuracy of the proposed system.

**Keywords:** Diabetes, Regression, Multilayer Perceptron Neural Network, PID dataset

---

\* Taleghani Blvd, Payame Noor University, Najaf Abad, Isfahan, Tel: +983142727123, Fax: +983142727123, E-mail: dr.ayat@pnu.ac.ir