

پیش بینی بیماری دیابت با استفاده از شبکه عصبی و الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات

احمد جعفریان^۱، پرستو رحیم لو^{۲*}

۱- استادیار گروه ریاضی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارومیه، ایران

۲- کارشناس ارشد ریاضی کاربردی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارومیه، ایران

خلاصه

دیابت یکی از بیماری های شایع جهان است. بیماری دیابت، یک وضعیت ناشی از ناتوانی لوزالمعده در کنترل سطح قند خون است که می تواند در دراز مدت منجر به عوارض جدی و حتی مرگ شود. تنها راه امیدوار کننده برای این بیماران و ادامه یک زندگی، از طریق مراقبت صحیح شکل می گیرد. لذا بر آن شدیم تا گامی هر چند کوتاه برای این بیماران برداریم. پیش بینی دقیق وضعیت بیماران دیابتی از اهمیت زیادی برخوردار است تا از عوارض ناشی از آن جلوگیری به عمل آید، در این مقاله بیماری دیابت با توجه به ورودی های وعده غذایی و مقدار انسولین تزریقی مورد مطالعه قرار گرفته است. به کمک آموزش شبکه عصبی توسط الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات، به منظور کنترل سطح قند خون یک مقدار بهینه برای انسولین تزریقی تعیین می شود. نتایج بدست آمده در مقایسه با نتایج حاصل از کنترلر کلاسیک، نشان دهنده ی بهبود در بهره برداری از الگوریتم پیشنهادی است.

dataacademy.ir

واژه های کلیدی: بیماری دیابت، شبکه عصبی مصنوعی، الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات.

۱. مقدمه

از دیرباز بشر با بیماری های مختلفی روبه رو بوده است که در برخی موارد توانسته که بیماری ها را تشخیص و راهکاری در راستای بهبود آن ارائه دهد، اما متأسفانه در مواقعی بیماری به دلیل عدم تشخیص به صورت خاموش در بیمار تا مدت ها باقی مانده و ممکن است جان بیمار را به خطر اندازد. بر همین اساس مطالعه ها و بررسی های فراوانی در عرصه پیش بینی بیماری های مختلف انجام گردیده تا به جایی که امروز بشر از مدل های پشتیبان از تصمیم و روش های هوشمند برای پیش بینی، بهره می جوید. از جمله کاربردهای مورد استفاده مدل های پشتیبان از تصمیم در زمینه پزشکی و تشخیص بیماری هایی مانند دیابت است [1].

بیماری دیابت یکی از شایع ترین بیماری های جوامع بشری بوده مشکل عمده سلامت جامعه می باشد. این بیماری به لحاظ عوارض زودرس و دیررس مشکلات بسیاری را به بیمار و جامعه تحمیل می کند. شایع ترین عوارض دیابت عبارت اند از: بیماری های قلبی، نارسایی کلیوی، بیماری های چشمی، آسیب عصبی و عفونت.

در سال ۲۰۰۷ دیابت هفتمین علت مرگ و میر جهانی بود در حالی که امروزه به عنوان پنجمین علت محسوب می شود. دیابت در سال ۲۰۱۰ مسول چهار میلیون مرگ و میر بوده است Thirugnanam, Mythili. و همکارانش در سال

*Corresponding author: توضیحات مربوط به نویسنده اول

Email: Parastoorahimloo27@gmail.com

۲۰۱۲ پیش بینی بیماری دیابت را با استفاده از شبکه های عصبی فازی بهبود داده اند [2]. Hamid R. Marateb و همکارانش در سال ۲۰۱۴ یک سیستم هوشمند ترکیبی برای تشخیص میکروآلبومینوری در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ بدون نیاز به اندازه گیری آلبومین ادرار ارائه داده اند [3]. جواد اکبری ترکستانی و همکارانش در سال ۲۰۱۴ روشی مبتنی بر یادگیری اتومات دیابت نوع دو جهت تنظیم قند خون ارائه داده اند [4].

شبکه‌های عصبی مصنوعی یا به زبان ساده‌تر شبکه‌های عصبی سیستم‌ها و روش‌های محاسباتی نوینی هستند برای یادگیری ماشینی، نمایش دانش، و در انتها اعمال دانش به دست آمده در جهت پیش‌بینی پاسخ‌های خروجی از سامانه‌های پیچیده. ایده اصلی این گونه شبکه‌ها (تا حدودی) الهام گرفته از شیوه کارکرد سیستم عصبی زیستی، برای پردازش داده‌ها، و اطلاعات به منظور یادگیری و ایجاد دانش قرار دارد.

در ایران سالانه هزینه های زیادی جهت مراقبت و ناتوانی های ناشی از دیابت صرف می شود در این مقاله از شبکه های عصبی جهت پیش بینی بیماری دیابت جهت جلوگیری از عوارض ناشی از این بیماری استفاده شده است تا در هزینه های اضافی ناشی از بیماری دیابت صرفه جویی شود.

۲. مواد و روش ها

۱.۲. آشنایی با بیماری دیابت

دیابت یا بیماری قند، یک اختلال متابولیک (سوخت و سازی) در بدن است. در این بیماری توانایی تولید انسولین در بدن از بین می‌رود و یا بدن در برابر انسولین مقاوم شده و بنابراین انسولین تولیدی نمی‌تواند عملکرد طبیعی خود را انجام دهد. نقش اصلی انسولین پایین آوردن قند خون توسط مکانیزم‌های مختلفی است. دیابت دو نوع اصلی دارد. در دیابت نوع یک تخریب سلولهای بتا در پانکراس منجر به نقص تولید انسولین می‌شود و در نوع دو مقاوت پیشرونده بدن به انسولین وجود دارد که در نهایت ممکن است به تخریب سلولهای بتای پانکراس و نقص کامل تولید انسولین منجر شود. در دیابت نوع دو مشخص است که عوامل ژنتیکی، چاقی و کم‌تحرکی نقش مهمی در ابتلای فرد دارند.

۲.۲. دسته بندی بیماری دیابت

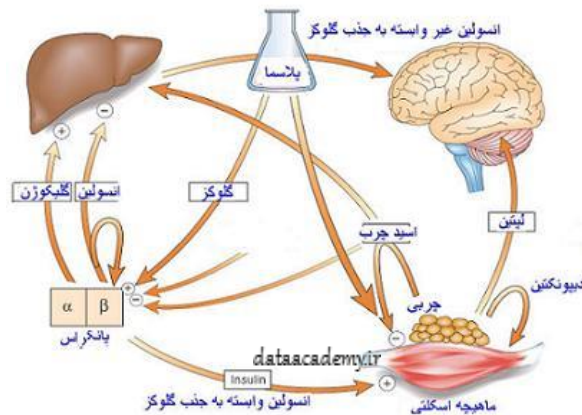
بیماری دیابت انواع مختلفی دارد که معمولاً در هنگام تشخیص متمایز می‌شوند؛ بنابراین تعیین نوع دیابت وابسته به شرایطی است که بیماری خود را در هنگام نشان بروز می‌دهد. از آنجایی که تقسیم‌بندی قدیم دیابت به دو نوع وابسته به انسولین و غیر وابسته به انسولین می‌باشد، لذا تقسیم‌بندی جدید از بیماری دیابت توسط انجمن دیابت آمریکا ارائه شده است: دیابت نوع یک، نوع ۲، دیابت حاملگی و سایر انواع.

دیابت نوع یک

دیابت نوع یک، بیماری مزمنی است که وقتی پانکراس (لوزالمعده) میزان کمی انسولین (هورمونی که برای وارد کردن شکر به سلول ها به منظور تولید انرژی، نیاز است) ترشح می کند و یا اصلا انسولین ترشح نمی کند، رخ می دهد. عوامل متعددی از جمله عوامل ژنتیکی و آلوده شدن به ویروس هایی خاص می توانند، باعث ابتلاء به دیابت نوع یک شوند. هرچند دیابت نوع ۱ معمولاً در کودکی و نوجوانی رخ می دهد، اما امکان ابتلا بزرگسالان نیز به این بیماری وجود دارد.

دیابت نوع دو

دیابت نوع ۲ (دیابت بزرگسالان یا دیابت غیروابسته به انسولین)، یکی از شایع‌ترین انواع دیابت بوده و حدود ۹۰ درصد بیماران دیابتی را تشکیل می‌دهد. برخلاف دیابت نوع ۱، بدن در زمان ابتلا به دیابت نوع ۲ انسولین تولید می‌کند؛ اما یا میزان انسولین تولید شده توسط پانکراس کافی نبوده و یا بدن نمی‌تواند از انسولین تولید شده، استفاده کند. زمانیکه انسولین کافی وجود نداشته باشد و یا بدن از انسولین استفاده نکند، گلوکز (قند) موجود در بدن، نمی‌تواند وارد سلولهای بدن شده و باعث جمع شدن گلوکز در بدن بشود و بدن را دچار مشکل و نارسایی نماید. متأسفانه هنوز درمان کاملی برای این بیماری وجود ندارد، اما با رژیم غذایی سالم، ورزش و حفظ تناسب اندام، می‌شود آنرا بهبود بخشید. در صورتیکه رژیم غذایی و ورزش کافی نباشد، شما می‌بایست درمان دارویی و یا درمان انسولینی را شروع نمود. شکل ۱ تحلیلی از بیماری دیابت می‌باشد.



شکل ۱- تحلیل بیماری دیابت

۳.۲. شبکه عصبی

مغز انسان منبع هوش طبیعی و کامپیوتر موازی کاملاً مشخص است. مغز اطلاعات ناکامل بدست آمده از این درک را در سرعت بالایی پردازش می‌کند. عملکرد سلول‌های عصبی حدوداً دفعه‌آهسته‌تر از دروازه مدار الکترونیکی است، اما مغز انسان اطلاعات بینایی و شنیداری را سریع‌تر از کامپیوترهای مدرن پردازش می‌کند.

شبکه‌های عصبی مصنوعی یا ساده‌تر، شبکه‌های عصبی برای سه دهه یا بیشتر مورد بررسی قرار گرفته‌اند تا زمانی که روزن بلات [5] در اواخر دهه ۱۹۵۰ برای اولین بار پرسپترون‌های تک‌لایه‌ای را در الگوی یادگیری کلاس‌بندی به کار برد. علاقه به شبکه‌های عصبی از رشد الگوریتم‌های یادگیری شبکه‌های عصبی، مدارهای مجتمع بسیار بزرگ و تکنیک‌های پردازش موازی [6] نشأت گرفته بود.

یک شبکه عصبی به طور کلی با یک کامپیوتر در موارد زیر تفاوت دارد:

۱. شبکه‌های عصبی دستورات را به صورت سری اجرا نکرده

۲. به مجموعه‌ای از ورودی‌ها به صورت موازی پاسخ می‌دهند.

۳. بیشتر با تبدیلات و نگاشت ها سروکار دارند تا الگوریتم ها و روش ها.

۴. شامل ابزار محاسباتی پیچیده نبوده.

۵. شامل حافظه ای برای نگهداری داده و دستورالعمل نیستند.

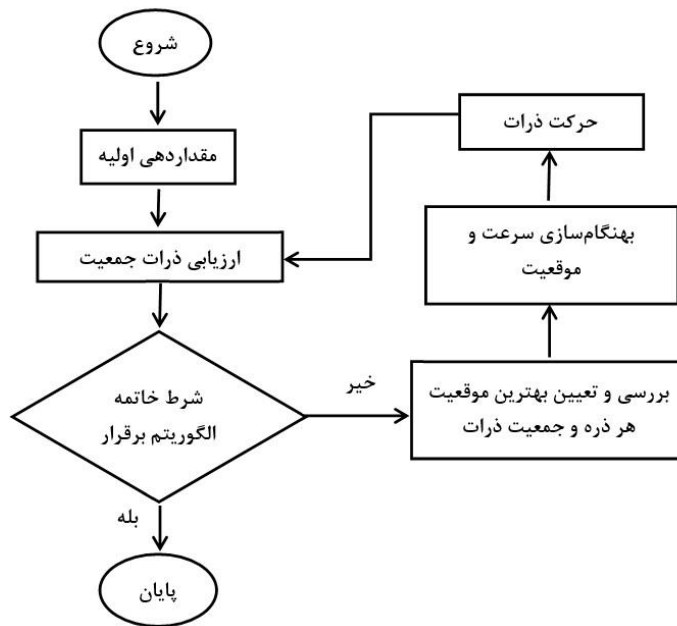
شبکه های عصبی مصنوعی دارای ویژگی های فراوانی از جمله انطباق پذیری، قابلیت یادگیری و تعمیم می باشد. در حوزه تطابق الگوها، شبکه های عصبی مصنوعی قادرند که الگوهای جدید را بر اساس تعالیم قبلی خود به کلاس های مرتبط طبقه بندی نمایند. استفاده از ایده جدید هوش جمعی در ترکیب با شبکه های عصبی مصنوعی می باشد تا راهکاری برای غلبه بر چالش موجود در شبکه های عصبی باشد.

۱.۳.۲. الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات (PSO)

جهت کشف دقیق حرکت ناگهانی در تغییر مسیر پرندگان PSO مدل پروازی در حال پرواز را نشان می دهد و با تجزیه تحلیل الگوهای پروازی شکل بهینه ای را از ذرات توده ای شکل در فصل مجسم می کند. با مطالعه دقیق مشخص می شود تغییر مسیر ذرات از روی الگوی پروازی به همسایگان خود مربوط است و هر ذره از ذره دیگری الگو می گیرد و به یک سو در حرکت است.

عنوان یک روش PSO برای اولین بار توسط Kennedy و Eberhart در سال ۱۹۹۵ به جستجوی غیر قطعی برای بهینه سازی تابعی مطرح گشت این الگوریتم از حرکت دسته جمعی پرندگانی که به دنبال غذا می باشند الهام گرفته شده است. گروهی از پرندگان در فضایی به صورت تصادفی دنبال غذا می گردند. تنها یک تکه غذا در فضای مورد بحث وجود دارد. هیچ یک از پرندگان محل غذا را نمی دانند. یکی از بهترین استراتژی ها می تواند دنبال کردن پرنده ای باشد که کمترین فاصله را تا غذا داشته باشد. این استراتژی در واقع در PSO، جانمایه الگوریتم است. هر راه حل که به آن یک ذره گفته می شود الگوریتم معادل یک پرنده در الگوریتم حرکت جمع ی پرندگان می باشد. هر ذره یک مقدار شایستگی دارد که توسط یک تابع شایستگی محاسبه می شود. هر چه ذره در فضای جستجو به هدف - غذا در مدل حرکت پرندگان - نزدیکتر باشد، شایستگی بیشتری دارد. همچنین هر ذره دارای یک سرعت است که هدایت حرکت ذره را بر عهده دارد. هر ذره با دنبال کردن ذرات بهینه در حالت فعلی، به حرکت خود در فضای مساله ادامه می دهد. به این شکل است که گروهی از ذرات آغاز کار به صورت تصادفی به وجود می آیند و با به روز کردن نسل ها سعی PSO در یافتن راه حل بهینه می نمایند. در هر گام، هر ذره با استفاده از دو بهترین مقدار به روز می شود. اولین مورد، بهترین موقعیتی است که تا کنون ذره موفق به رسیدن به آن شده است. موقعیت مذکور شناخته و نگهداری می شود.

فلوچارت کلی الگوریتم PSO را می توان در شکل ۲ مشاهده کرد.



شکل ۲- فلوجارت الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات (PSO)

۲.۳.۲. آموزش شبکه عصبی با الگوریتم PSO

dataacademy.ir

متغیرهای بهینه سازی در آموزش یک شبکه عصبی شامل وزن ها و بایاسهای مربوط به شبکه می شود. اگر لایه n ام از یک شبکه فرضی متشکل از R ورودی و M نرون باشد، آنگاه ماتریس وزنها (W_n) و بایاسهای (B_n) این لایه را می توان با رابطه (۱) بصورت زیر نمایش داد:

$$B^n = \begin{bmatrix} n \\ b_1 \\ n \\ b_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ n \\ b_M \end{bmatrix} \quad \text{و} \quad W^n = \begin{bmatrix} \left(w_1^n \right)^T \\ \left(w_2^n \right)^T \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \left(w_M^n \right)^T \end{bmatrix} \quad (1)$$

که در آن، $w_m^n = [w_{m,1}^n, w_{m,2}^n, \dots, w_{m,R}^n]^T$ بردار وزنهایی است که نرون m ام از لایه M ام را به ورودی های همان لایه مربوط می کند. بردار پارامترهای این لایه را نیز می توان با رابطه (۲) نشان داد:

$$X^n = \begin{bmatrix} w_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \frac{1}{w \frac{M}{n}} \\ b_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ b_M \end{bmatrix} \quad (2)$$

به همین ترتیب، به ازای هر لایه، ماتریس های وزن و بایاس و بردار پارامترهای مربوطه تعریف می شود. با زیر هم قرار دادن بردار پارامترهای همه لایه های شبکه، بردار متغیرهای بهینه سازی مورد نظر تشکیل می شود. نهایتاً برای یک شبکه L لایه بردار متغیرهای X را می توان از رابطه (3) بدست آورد:

$$X = \begin{bmatrix} 1 \\ x \\ x \\ x \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ L \\ x \end{bmatrix} \quad (3)$$

dataacademy.ir

۳. بحث و نتیجه گیری

۱.۳. آماده سازی داده ها

جهت تشخیص وجود بیماری و عدم بیماری دیابت، با پرسش از پزشکان خبره ۵ فاکتور در نظر گرفته شده است. جامعه آماری داده ها از انجمن بیماران دیابتی شهرستان ارومیه تهیه و مستند سازی شده و در جدول ۱ تفسیری از متغیرهای مورد استفاده جهت پیش بینی بیماری دیابت ارائه شده است و به عنوان ورودی برای الگوریتم PSO در نظر گرفته شده است که دارای یک خروجی می باشد و نشان می دهد شخص مبتلا به دیابت می باشد یا نه.

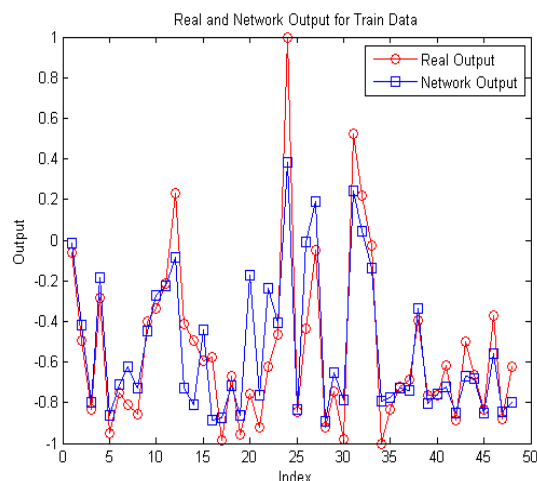
جدول 1- شاخص های مربوط به متغیرهای شبکه عصبی برای تشخیص بیماری دیابت

قند خون دو ساعته		$x_1 = \text{Blood Glucose (2 hrs.p.p)}$
وضعیت	شاخص توده بدنی	$x_2 = BMI = \frac{\text{weight (kg)}}{(\text{height (m)})^2}$
لاغر	کمتر از ۲۲	
نرمال	مابین ۲۲ و ۲۵	
اضافه وزن	مابین ۲۵ و ۳۰	
چاقی	مابین ۳۰ و ۳۵	
پرخطر	بیشتر از ۳۵	

وضعیت	سطح تری گلیسرید خون	
عالی	زیر ۱۵۰ میلی گرم	$x_3 = Triglycerides$
در محدوده خطر	بین ۱۵۰ تا ۱۹۹	
خطرناک	بین ۲۰۰ تا ۴۹۹	
خیلی خطرناک	بالای ۵۰۰ میلی گرم	
وضعیت	کلسترول	
عالی	پایین ۲۰۰ میلی گرم	$x_4 = Cholesterol$
در محدوده خطر	بین ۲۰۰ تا ۲۳۹	
بالا (خطرناک)	بالای ۲۴۰ میلی گرم	
وضعیت	A1c هموگلوبین	
غیر دیابت	کمتر از ۵.۷	$x_5 = Hemoglobin A1c$
پیش دیابت	مابین ۵.۷ و ۶.۴	
دیابت	بیشتر از ۶.۴	
وضعیت	قند خون ناشتا	
غیر دیابت	کمتر از ۱۰۰	$y = FBS$
پیش دیابت	مابین ۱۰۰ و ۱۲۵	
دیابت	بیشتر از ۱۲۶	

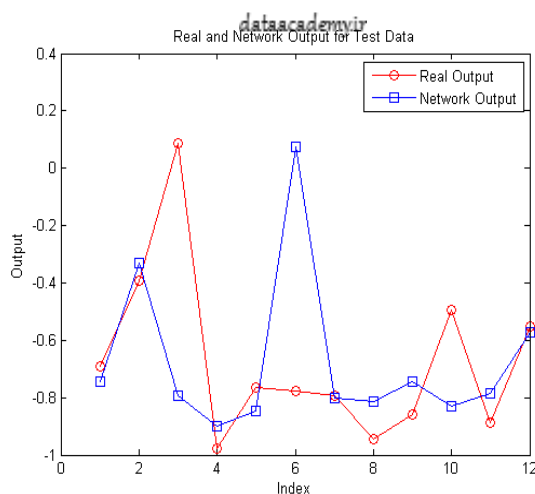
۲.۳. نتایج حاصل از پیش بینی به وسیله شبکه عصبی

در این قسمت داده های معرفی شده در جدول ۱ به عنوان ورودی شبکه عصبی که توسط الگوریتم PSO آموزش دیده شده در نظر گرفته شده، در این بخش نمودارهای بدست آمده مورد بحث قرار خواهد گرفت. شکل ۳ خروجی حاصل از شبکه عصبی و واقعی را برای داده های تست استفاده شده نشان می دهد. محور افقی تعداد تکرارها و محور عمودی خروجی حاصل را نشان می دهد که شامل دو نمودار آبی و قرمز رنگ می باشد. نمودار قرمز رنگ خروجی واقعی را نشان می دهد و نمودار آبی رنگ خروجی حاصل از شبکه عصبی آموزش دیده توسط الگوریتم PSO را مورد نمایش قرار داده است.



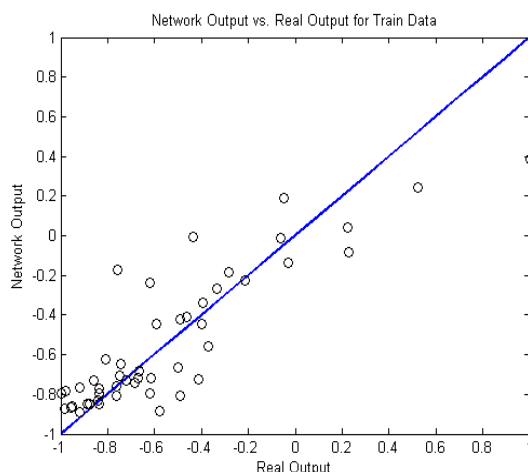
شکل ۳- مقایسه خروجی واقعی و شبکه در مرحله آموزش

شکل ۴ خروجی حاصل از شبکه عصبی و واقعی را برای داده های آزمایش استفاده شده نشان می دهد. محور افقی تعداد تکرارها و محور عمودی خروجی حاصل را نشان می دهد که شامل دو نمودار آبی و قرمز رنگ می باشد. نمودار قرمز رنگ خروجی واقعی را نشان می دهد و نمودار آبی رنگ خروجی حاصل از شبکه عصبی آموزش دیده توسط الگوریتم PSO را مورد نمایش قرار داده است.



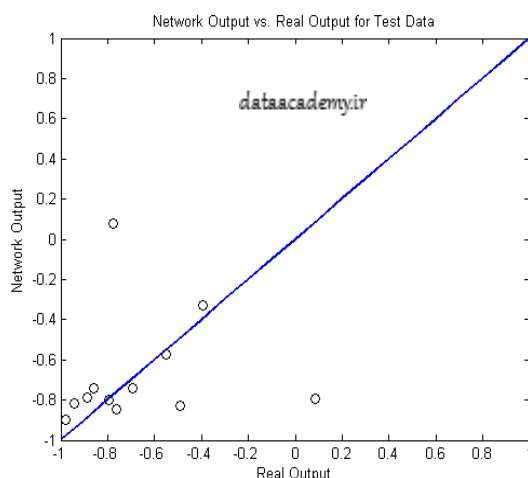
شکل ۴- مقایسه خروجی واقعی و شبکه عصبی در مرحله آزمایش

در شکل ۵ خروجی حاصل از شبکه عصبی و واقعی را برای داده های آموزش مقایسه می کند. محور افقی خروجی واقعی را بین ۱- تا ۱ نشان می دهد و محور عمودی خروجی حاصل از شبکه عصبی آموزش شده توسط الگوریتم PSO را نشان می دهد. بهترین خط برای ایجاد روند خطوط آبی رنگ می باشد و همانطور که مشاهده می شود داده ها نزدیک خط قرار گرفته اند.



شکل ۵- نمودار رگرسیون برای شبکه عصبی در مرحله آموزش

همچنین در شکل ۶ نیز خروجی حاصل از شبکه عصبی و واقعی برای داده های آزمایش مقایسه می شود. محور افقی خروجی واقعی را بین -۱ تا ۱ نشان می دهد و محور عمودی خروجی حاصل از شبکه عصبی آموزش دیده شده توسط الگوریتم PSO را نشان می دهد. بهترین خط برای ایجاد روند خطوط آبی رنگ می باشد و همانطور که مشاهده می شود داده ها نزدیک خط قرار گرفته اند.



شکل ۶- نمودار رگرسیون برای شبکه عصبی در مرحله آزمایش

همان طور که در جدول ۱ نشان داده شده است خروجی شبکه عصبی قند خون ناشتا بوده و پس از آموزش شبکه عصبی می توان این فاکتور را برای افراد طبق محدوده های مطرح شده در جدول ۱ پیش بینی نمود، آزمایش گلوکز (قند) خون ناشتا، پس از ۸ ساعت نخوردن غذا، مقدار گلوکز خون اندازه گیری می شود. این ارزیابی آزمایشگاهی می تواند تخمین بزند که آیا بدن گلوکز را به خوبی متابولیزه می کند (می سوزاند) یا خیر. اگر پس از انجام آزمایش گلوکز خون ناشتا، سطح گلوکز خون غیرطبیعی بود، می توان آن را (اختلال در گلوکز ناشتا) نیز نامید که این حالت، احتمال وجود بیماری دیابت را مطرح می کند.

۴. نتیجه

امروز دیابت تبدیل به یک بیماری گسترده در سراسر دنیا شده و میلیون‌ها نفر به آن مبتلا هستند. در اصطلاح پزشکی به قند خون بالا دیابت گفته می‌شود. تاکنون راه درمان قطعی برای آن یافت نگردیده است؛ و تنها راه امیدوار کننده برای این بیماران و ادامه یک زندگی، از طریق مراقبت صحیح شکل می‌گیرد. لذا در این مقاله بر آن شدیم تا گامی هر چند کوچک برای این بیماران برداریم تا بتوان این بیماری را به موقع تشخیص داد و از عوارض آن جلوگیری به عمل آورد.

در این مقاله یک ساختار ترکیبی از شبکه‌های عصبی جهت تشخیص بیماری دیابت بکار برده شده است. این ساختار استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO) جهت آموزش شبکه عصبی، پیش‌بینی دقیقی از وجود و یا عدم وجود بیماری می‌دهد تا بیماران در همان مراحل اول آگاه شوند و اقدامات لازم را جهت کنترل این بیماری انجام دهند. این پیش‌بینی از اهمیت بالایی برخوردار است زیرا از عوارض و آسیب‌های احتمالی از جمله بیماری چشمی، بیماری قلبی و... ناشی از دیابت جلوگیری می‌شود. از طرف دیگر می‌توان بیماران را که به طور واقعی به این اقدامات تشخیصی و درمانی نیاز دارند در سریع‌ترین زمان و بیشترین دقت مشخص نماید. حتی در آینده می‌توان با تکیه بر تعداد داده‌های بیشتر آموزشی از مراکز انجمن دیابت در سراسر کشور به صورت چند مرکزی یک شبکه عصبی مصنوعی جامع‌تری پیاده‌سازی نمود تا بتواند به افراد بیمار و غیر بیمار مراجعه کننده کمک نماید.

مراجع

dataacademy.ir

1. Temurtas H, Yumusak N, Temurtas F. A comparative study on diabetes disease diagnosis using neural networks, *Expert Syst. Appl.* 2009, 36: 8610–15.
2. Thirugnanam, Mythili, et al. "Improving the Prediction Rate of Diabetes Diagnosis Using Fuzzy, Neural Network, Case Based (FNC) Approach." *Procedia Engineering* 38 (2012): 1709-118..
3. Marateb, Hamid R., et al. "A hybrid intelligent system for diagnosing microalbuminuria in type 2 (2014): 34-42.
4. Torkestani, Javad Akbari, and Elham Ghanaat Pisheh. "A learning automata-based blood glucose regulation mechanism in type 2 diabetes." *Control Engineering Practice* 26 (2014): 151-159.
5. Orbach, J. "Principles of Neurodynamics. Perceptrons and the Theory of Brain Mechanisms." *Archives of General Psychiatry* 7.3 (1962): 218-219.
6. Lipmman, R. "An introduction to computing with Neural Networks." *IEEE ASSP Magazine* 3.4: 987.