نشریه مطالعات مهندسی پزشکی آپادانا
دوره ۱، شماره ۱، زمستان ۱۴۰۲، ۳۰-۴۰
ajeb.apadana.ac.ir

پیش‌بینی سطح قند خون پیش از دیابت نوع یک براساس شبکه عصبی مصنوعی

حریر قاسمی * دانشجوی کارشناسی مهندسی پزشکی، مؤسسه آموزش عالی آپادانا، شیراز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۳۰

چکیده

دیابت یک بیماری مزمن است که منجر به مشکلاتی در تنظیم گلوکز خون بدن می‌شود و در حال حاضر، یکی از شایع‌ترین بیماری‌های جهان به‌شمار می‌رود. عدم کنترل دیابت در طولانی‌مدت، می‌تواند اثرات جبران‌ناپذیری را روی اعضای مختلف بدن داشته باشد. بنابراین تشخیص زودهنگام آن، مسئله‌ی مهمی است. در این مقاله به مرور سه مقاله در حوزه پیش‌بینی سریع‌تر سطح قند خون، با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پرداخته‌ایم. این مقاله‌ها به مقایسه‌ی دو شبکه‌ی عصبی مصنوعی، ساخت یک شبکه عصبی مصنوعی (حلقه بسته) و در آخر به ساخت نرم‌افزاری برای تشخیص سریع‌تر دیابت پرداخته شده است. از روش اول نتیجه می‌گیریم که شبکه عصبیِ بازگشتی، عملکرد بهتری نسبت به شبکه عصبی پرسپترون دارد. در روش دوم، یک رویکرد یکپارچه با استفاده از تکنیک‌های یادگیری ماشین ارائه شد که به‌طور خاص، یک پیش‌بینی‌کننده شبکه عصبی برای توصیف روابط پیچیده گلوکز و انسولین برای بیماران دیابتی نوع یک، تنظیم کردیم. همچنین در روش سوم، یک مدل شبکه عصبی را برای کمک به تشخیص زنان باردار اعم از دیابتی یا غیردیابتی ایجاد کردیم.

کلیدواژه‌ها: دیابت، شبکه عصبی مصنوعی، گلوکز خون، دستگاه‌های تشخیص دیابت

* نویسندهٔ مسئول: H.ghasemi@stu.apadana.ac.ir

مقدمه

دیابت؛ یک بیماری است که در نتیجه سطح گلوکز بسیار بالا، به دلیل عدم وجود یا مقدار ناکافی انسولین در بدن، رخ می‌دهد. این نقص در توانایی بدن برای تبدیل گلوکز (قند) به انرژی به‌وجود می‌آید. گلوکز؛ منبع اصلی سوخت بدن ما است، دیابت اولین‌بار، توسط مصریان کشف شد. این بیماری با افزایش وزن مشخص می‌شود. نخستین‌بار پزشک یونانی آرتئوس، اصطلاح دیابت (DM) را ابداع کرد. در زبان یونانی، دیابت به‌معنای عبورکردن است و ملیتوس؛ کلمه لاتین برای عسل (اشاره به شیرینی) است. دیابت یکی از علل مهم بیماری‌های مزمن و مرگ‌ومیر زودرس است و سالانه بیشتر از اچ‌آی‌وی و ایدز، قربانی می‌گیرد. تقریباً در هر ۱۰ ثانیه یک نفر به دلیل دیابت، جان خود را از دست می‌دهد. با صنعتی‌شدن کشورها در سراسر جهان، و افزایش سرسام‌آور چاقی مفرط، دیابت به‌عنوان یک اپیدمی جهانی ظاهر شده است. دست‌یافتن به اندازه‌گیری دقیق شیوع این بیماری، به دو دلیل بسیار دشوار است:۱. استانداردها و ۲. روش‌های جمع‌آوری داده‌ها که به‌طور گسترده‌ای در نقاط مختلف جهان متفاوت است. دیابت به نقص در توانایی بدن برای تبدیل گلوکز (قند) به انرژی گفته می‌شود. گلوکز؛ منبع اصلی سوخت بدن ما است و دیابت زمانی ایجاد می‌شود که لوزالمعده نتواند مقدار کافی انسولین تولید کند (دیابت نوع یک) یا انسولین تولیدشده، معیوب باشد و نتواند گلوکز را به داخل سلول‌ها منتقل کند (دیابت نوع دو).

پاتوفیزیولوژی دیابت

در بدن انسان، تعدادی از سیستم‌ها و مسیرها برای ایجاد و حفظ وضعیت فیزیولوژیکی سالم به‌طور هم‌زمان عمل می‌کنند. در هستهٔ این فرآیندها توانایی ارگانیسم برای حفظ یک حالت پایدار ثابت یا هموستاز نهفته است. انحراف هموستاز منجر به ایجاد آسیب یا وضعیت پاتولوژیک در اندام‌های مختلف می‌شود. DM توانایی فرد را برای تنظیم سطح گلوکز در جریان خون کاهش می‌دهد که منجر به تعدادی از عوارض عمده و برخی جزئی می‌شود.

تنظیم گلوکز خون

تنظیم سطح گلوکز در خون، براساس یک حلقه بازخورد منفی است و از طریق ترشح انسولین و گلوکاگون عمل می‌کند. هنگامی‌که سطح گلوکز در خون بالا باشد، (سلول‌های B جزایر لانگرهانس در لوزالمعده تحریک می‌شوند تا انسولین آزاد کنند، یک پلی‌پپتید ۱۵ آمینه‌اسیدی که از دو زنجیره (A و B) تشکیل شده است که توسط پیوندهای دی‌سولفید به هم متصل شده‌اند) انسولین سنتز می‌شود. از پروانسولین، توسط پروهورمون کانورتازها (PCI و PC2) و اگزو پروتئاز کربوکسی پپتید از ۳ عمل این آنزیم‌ها، باعث تولید انسولین و پپتید C می‌شود. انسولین به گیرنده انسولین تیروزین کیناز متصل می‌شود، که از دو زیرواحد ot (برون‌سلولی) و دو زیرواحد B (غشاء درون‌سلولی) که توسط پیوندهای دی‌سولفیدی به هم متصل شده‌اند، (شکل ۱) تشکیل شده است. گیرنده اتوفسفوریلاسیون، زیرواحد را ترویج می‌کند. انسولین به کبد سیگنال می‌دهد تا گلوکز اضافی را برای ذخیره به گلیکوژن تبدیل کند؛ همچنین سلول‌های دیگر بدن (سلول‌های چربی/ عضله اسکلتی) را تحریک می‌کند تا با انتقال ناقل گلوکز (GLUT4) گلوکز بیشتری جذب کنند. این به رساندن غلظت گلوکز در گردش به سطح طبیعی کمک می‌کند. هنگامی‌که غلظت گلوکز در خون پایین است، سلول‌های پانکراس برای آزاد کردن گلوکاگون، تحریک می‌شوند. گلوکاگون به کبد سیگنال می‌دهد که گلوکز ذخیره‌شده را تبدیل کند. گلیکوژن به گلوکز تبدیل می‌شود که برای رسیدن به هموستاز در خون آزاد می‌شود. در دیابت، یک انحراف در سنتز یا ترشح انسولین وجود دارد، همان‌طور که در دیابت نوع ۱ و تنگی مجرای پانکراس دیده می‌شود، یا ایجاد مقاومت در برابر انسولین یا تولید غیرطبیعی آن مانند مورد نوع دو است.

نحوه‌ی تشخیص دیابت

دستگاه‌های تشخیص دیابت (پمپ‌های انسولین، مانیتورهای اندازه‌گیری مداوم گلوکز) با مزایایی برای کنترل قند خون همراه هستند، اما جذب این دستگاه‌ها همچنان کم است. برخی از موانع جذب دستگاه ممکن است از طریق مداخله روانی اجتماعی قابل اصلاح باشند، اما اطلاعات کمی در مورد اینکه کدام موانع و کدام بیماران را هدف قرار دهیم، وجود دارد. تجهیزات پزشکی اجزای حیاتی مدیریت دیابت نوع ۱ هستند. دستگاه‌ها شامل اندازه‌گیری قند خون، مانیتورهای اندازه‌گیری مداوم قند و پمپ‌های انسولین هستند. این دستگاه‌ها با بهبود کنترل قند خون و کاهش هیپوگلیسمی همراه هستند (Jain et al., 1996; Alade et al., 2018). پمپ انسولین که اولین‌بار در اواخر دهه ۱۹۷۰ اختراع شد (Bamgbose et al., 2017; El_Jerjawi & Abu-Naser, 2018; Kaul et al., 2013)، شاهد افزایش تعداد کاربران آن از <۷۰۰۰ در سال ۱۹۹۰ به ۱۰۰۰۰۰ در سال ۲۰۰۰ بوده است (Kavzoglu, 1999). نرخ جذب در ایالات‌متحده، اکنون به بالای ۶۰٪ رسیده است (Tanenbaum, 2017). مانیتورهای اندازه‌گیری مداوم گلوکز برای اولین‌بار، دو دهه پس از اولین پمپ‌های انسولین در دسترس قرار گرفتند (Quchani & Tahami, 2007) و جذب فعلی بسیار کمتر است. داده‌ها معاوضهٔ دیابت نوع یک نشان می‌دهد که در سال‌های ۲۰۱۳-۲۰۱۴، ۹٪ از شرکت‌کنندگان از مانیتورهای اندازه‌گیری مداوم گلوکز استفاده می‌کردند که کمترین میزان در نوجوانان (۴٪) و بزرگسالان جوان (۶٪) بود (Sun et al., 2018). این نرخ‌ها به دلیل مزایای مانیتورهای اندازه‌گیری مداوم گلوکز در کنترل قند خون و همچنین کیفیت زندگی مرتبط با سلامت و رضایت از درمان ناامیدکننده و نگران‌کننده هستند (Jayalakshmi & Santhakumaran, 2010). علاوه‌بر این، از آنجایی که این دستگاه‌ها اجزای جدایی‌ناپذیر سیستم‌های تحویل خودکار انسولین هستند، جذب کم مانیتورهای اندازه‌گیری مداوم گلوکز، ممکن است بر پذیرش و استفاده از سیستم‌های خودکار انسولین در آینده تأثیر منفی بگذارد.

شبکه عصبی مصنوعی

شبکه‌های عصبی مصنوعی؛ سیستم‌های موازی زیادی با تعداد زیادی پردازنده‌ی ساده، به هم پیوسته هستند. بسیاری از مشکلات دنیای واقعی را می‌توان با شبکه‌های عصبی مصنوعی در زمینه‌های تشخیص الگو، پردازش سیگنال و تشخیص پزشکی حل کرد. اغلب مجموعه داده‌های پزشکی، به‌ندرت کامل می‌شود. شبکه‌های عصبی مصنوعی به مجموعه کاملی از داده‌ها برای طبقه‌بندی دقیق نیاز دارند. شبکه عصبی مصنوعی مجموعه‌ای از واحدهای پردازش است. از این شبکه، می‌توان برای تخمین استفاده کرد. این شبکه‌ها از ریاضیات برای تخمین مقدار استفاده می‌کنند.

شبکه عصبی مصنوعی، تطبیقی از یک تکنیک ناپارامتریک برای دسته‌بندی آن است. رشته پزشکی براساس متغیرهای ورودی برای دسته‌بندی افراد به سالم یا ناسالم. طبقه‌بندی و پیش‌بینی وضعیت بیمار براساس عوامل خطر یکی از کاربردهای شبکه‌های عصبی مصنوعی است. علاوه‌بر این، شبکه عصبی مصنوعی یک برنامه کاربردی از هوش مصنوعی می‌باشد و در شبکه‌های عصبی مصنوعی از ساختار متنوع مغز انسان، الهام گرفته شده است که میلیاردها سلول عصبی، از طریق ارتباطی که با یکدیگر دارند، شبیه‌سازی شده‌اند.

اساس کار شبکه عصبی

شبکه‌های عصبی مصنوعی، به‌عنوان مدل‌های داده‌های آماری غیرخطی نامیده می‌شوند، که نقش شبکه‌های عصبی مصنوعی بیولوژیکی را تکرار می‌کنند. رویکرد الگوی آماری متداول‌ترین روشی است که مورد مطالعه قرار گرفته و در عمل مورد استفاده قرار می‌گیرد. بااین‌حال، مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی جذاب بوده‌اند. در مورد معماری

شبکه‌های عصبی لایه‌ای، اندازه شبکه تنها به تعداد لایه‌های آن مربوط نمی‌شود، بلکه به تعداد گره‌ها برای هر لایه و تعداد آنها نیز مربوط می‌شود. برای اتصالات بین این گره‌ها برای یک مجموعه داده معین، ممکن است تعداد بی‌نهایت وجود داشته باشد. ساختارهای شبکه مربوط به یادگیری ویژگی‌های داده‌ها وکیفیت راه‌حلی که توسط شبکه عصبی یافت می‌شود، به شدت به اندازه شبکه مورد استفاده بستگی دارد. به‌طور کلی، اندازه شبکه بر پیچیدگی و زمان یادگیری شبکه تأثیر می‌گذارد، اما مهم‌تر از همه، بر قابلیت‌های تعمیم تأثیر می‌گذارد. تعمیم توانایی شبکه عصبی، برای درون‌یابی و برون‌یابی شبکه است. شبکه‌های بزرگ زمان زیادی طول می‌کشد تا ویژگی‌های داده را، درحالی‌که کوچک هستند یاد بگیرند. شبکه‌ها ممکن است در حداقل خطای محلی به دام بیفتند و ممکن است از آموزش داده‌ها یاد نگیرند. وقتی تعداد گره‌ها در لایه(های) پنهان افزایش یافت، شبکه می‌تواند اطلاعات بیشتری کسب کند. شبکه‌های عصبی مصنوعی در بسیاری از زمینه‌ها برای کاربردهای مختلف استفاده شده است و ثابت کرده که قابل اعتماد است. علی‌رغم مزایای منحصربه‌فرد آنها، مانند ناپارامتی‌بودن ماهیت آنها، قابلیت‌های مرزی تصمیم‌گیری دل‌خواه و سازگاری آسان با انواع مختلف داده‌ها؛ آنها دارای برخی محدودیت‌های ذاتی هستند. این محدودیت‌ها ناشی از برخی عوامل است که ممکن است بر دقت طبقه‌بندی تأثیر می‌گذارد. این عوامل را می‌توان به دو گروه عمده تقسیم کرد. عوامل بیرونی و عوامل داخلی. عوامل خارجی شامل ویژگی‌های ورودی است مجموعه داده‌ها (چند حسگر، چند طیفی و غیره)، و مقیاس مطالعه، درحالی‌که عوامل داخلی عبارت‌اند از: انتخاب ساختار شبکه مناسب، وزن اولیه، تعداد تکرار، انتقال عملکرد و میزان یادگیری.

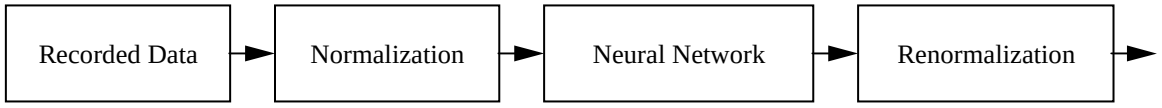
بحث

اهمیت تشخیص زودهنگام در درمان دیابت، قابل تأکید نیست. این یک مرحله مهم در روند بهبودی برای بیمار است و به تشخیص زودهنگام دیابت کمک می‌کند تا اطمینان حاصل شود که علائم تا سطح موارد شدید، تشدید نمی‌شود. اخیراً، ما شاهد هستیم که نرم‌افزار بسیار هوشمند و مستقل‌ترشده است. این قابلیت‌های جدید (که تحت‌عنوان هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی مورد مطالعه قرار گرفتند) سرعت نوآوری در مراقبت‌های بهداشتی را تسریع می‌کنند. تشخیص دیابت به‌طور خاص یک فرآیند پیچیده است که شامل عوامل مختلفی است، از بافت پوست بیمار گرفته، تا میزان قندی که او در یک روز مصرف می‌کند. از ۲۰۰۰ سال پیش، پزشکی از روش تشخیص علائم استفاده می‌کرد، که در آن بیماری بیمار با توجه به علائمی که قابل تشخیص بود، شناسایی می‌شد. و چون علائم قابل تشخیص دیر مشخص می‌شد، به‌خصوص برای بیماری‌های کشنده مانند دیابت، سرطان و بیماری آلزایمر. با هوش مصنوعی، این امید وجود دارد که بتوان بیماری‌ها را به خوبی از قبل شناسایی کرد که احتمال بقا را (گاهی تا ۹۰٪) افزایش می‌دهد. بنابراین این تحقیق با هدف توسعه چنین سیستم‌هایی برای تشخیص دیابت با استفاده از یک سیستم پیشرفته مبتنی‌بر شبکه عصبی انجام شده است.

خطرناک‌ترین و اساسی‌ترین علائم مرتبط با این بیماری، مربوط به نوسانات مکرر و زنده‌ای است که نشان‌دهنده‌ی سطح گلوکز خون به عنوان‌های هیپوگلیسمی و هیپرگلیسمی می‌باشند و می‌تواند بیمار را به بیهوشی یا کما برساند. این دو علامت، بهترین راه برای ثبت سطح گلوکز خون و همچنین پیش‌بینی و جلوگیری از دیابت هستند. بنابراین روش‌هایی وجود دارد که می‌تواند تعداد نواسانات را کاهش دهد. با کمک سیستم‌های هوشمند، رویکردهای مختلفی برای کنترل و درمان دیابت برای پیش‌بینی سطح گلوکز خون وجود دارد. در این روش، سعی کردیم عملکرد شبکه‌های عصبی چندلایه و Elman در سطوح گلوکز خون و کاهش تعداد لایه‌ها و نورون‌های مورد استفاده در ساخت این دو شبکه را، با هم مقایسه کنیم.

روش تحقیق

الگوریتم طراحی‌شده برای پیش‌بینی سطح e گلوکز خون، دارای پنج مرحله است. در مرحله اول، داده‌ها به دو بخش تقسیم می‌شوند. گروه‌های تست و مجموعه‌های آموزشی، در مرحله دوم داده‌ها باید برای استفاده در شبکه عصبی عادی شود. در داده‌های مرحله سوم، وارد شبکه عصبی می‌شوند و در نهایت در مرحله چهارم قرار می‌گیرند. خروجی شبکه عصبی برای بازگشت، باید به حالت عادی بازگردد. محدوده صحیح گلوکز خون بلوک دیاگرام ما الگوریتم طراحی‌شده، در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۱. محدوده صحیح گلوکز خون بلوک دیاگرام ما الگوریتم طراحی‌شده

شبکه‌های عصبی چندلایه

شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه، قادر به یادگیری و پردازش موازی که مشخصات ارزشمندی هستند، می‌باشند و معمولاً برای حل مسائل پیچیده، استفاده می‌شوند. در این شبکه‌ها، فرآیند یادگیری توسط الگوریتم‌های خاصی که لایه موجود را تنظیم می‌کند، انجام می‌شود. وزن بین اتصالات نورون شبکه عصبی مورد استفاده در الگوریتم هوشمند، پیشنهادی می‌باشد. یک شبکه‌ی عصبی چندلایه، که دارای یک لایه پنهان با ۵ نورون و ۱ لایه است، نورون در لایه خروجی معیارهای یادگیری، براساس پشت است و از انتشار MATLAB برای طراحی شبکه‌های عصبی چندلایه استفاده می‌شود. توابع فعال نورون در هر لایه استفاده می‌شود. آستانه لایه خروجی را تعیین کنید. برای لایه خروجی، از توابع فعال‌سازی logsig و برای لایه مخفی از توابع فعال‌سازی tansig استفاده شده است. وزن‌های شبکه عصبی با در نظر گرفتن الگوریتم انتشار معکوس، به‌طور خودکار در تکرار بهبود می‌یابند. مراحل محاسبه‌شده توسط جین و همکاران[1]، به عبارت دیگر وزن x در هریک ممان، برابر با وزن لحظه قبل به اضافه گرادیان است. تابع خطای gk در هر مرحله که ضرب در نرخ یادگیری ak و این بارها تکرار خواهد شد تا اینکه بردار اوزان به درجه بهینه خود می‌رسد که با (۳) در مقابل این درجه بهینه، معیار خطا محاسبه می‌شود. به حداقل خود می‌رسد. معیار خطا میانگین مربعات خطا است MSE اینجاست. t(k) خروجی مورد انتظار، a(k) خروجی شبکه واقعی و N تعداد تکرار است.

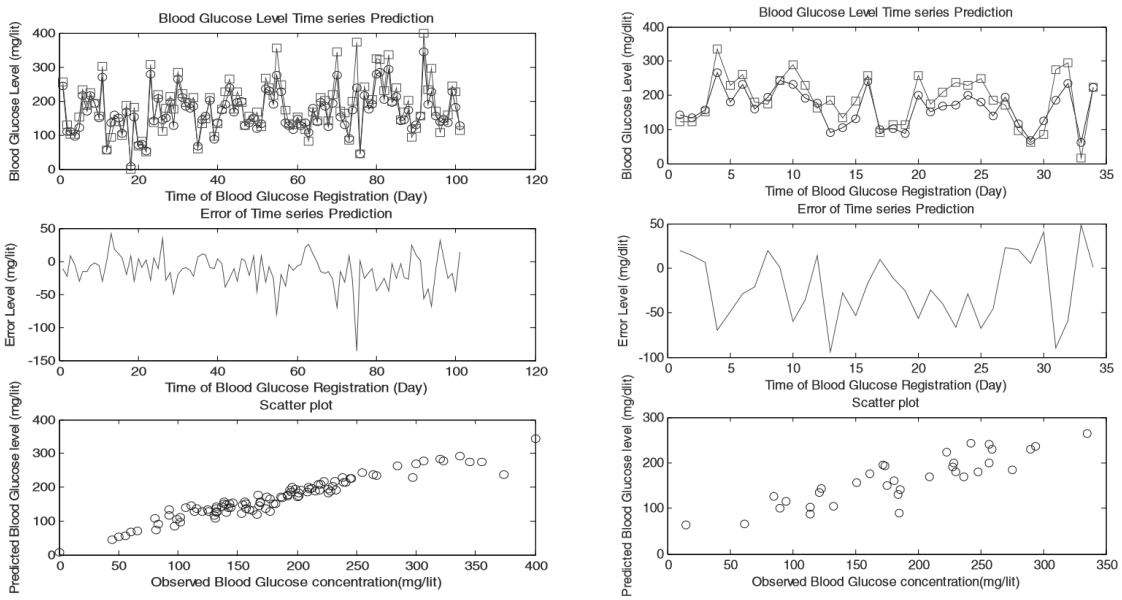
$$1\ N\ ^{X\,k1\,X\,K\,ak\,gk} \qquad (۱)$$

$$MSE\ _^{N}\!\!\mid k\,1\ (t(k)\ a(k)) \qquad (۲)$$

لازم به ذکر است که در مقداردهی اولیه الگوریتم، برخی از مقادیر اولیه به‌صورت تصادفی انتخاب می‌شوند. وزن‌ها و سپس این مقادیر در طول اجرای الگوریتم بهبود می‌یابند. کمیت تعصب که تنظیم می‌کند تابع فعال‌سازی نیز آستانه را تعیین و تغییر می‌دهد. مقدار هر تابع فعال‌سازی به‌عنوان مقادیر اولیه برای وزن‌ها تصادفی بودند، کمیت‌های اولیه برای سوگیری نیز تصادفی هستند. کل ساخت شبکه و پارامترها می‌باشد.

این شکل نتایج سری‌های زمانی سطح گلوکز خون را نشان می‌دهد:

1. Jain et al.

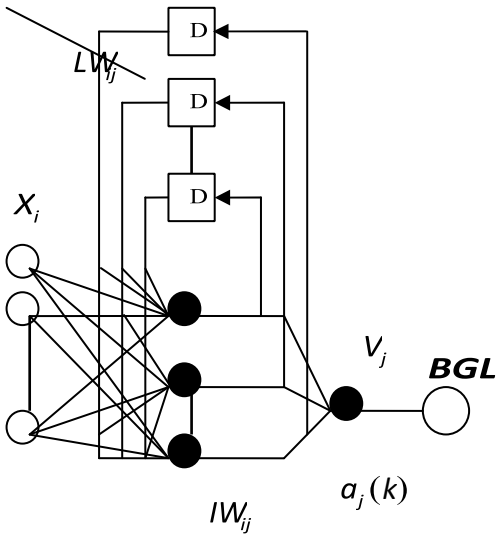


شکل ۲. نتایج سری‌های زمانی سطح گلوکز خون

شکل ۲ نمودار پیش‌بینی سری زمانی سطح گلوکز خون را برای دو قسمت نشان می‌دهد، که قسمت (A) مربوط به مجموعه تمرینی و قسمت (B) مربوط به مجموعه آزمایش است. در بالای هر قسمت، دایره‌های کوچک نشان‌دهنده سطوح گلوکز خون ثبت‌شده و مربع‌های کوچک، نشان‌دهنده سطوح گلوکز خون پیش‌بینی شده است. خطای پیش‌بینی‌شده و تابع پراکندگی در عبارت‌های بعدی رسم می‌شود. پیش‌بینی با شبکه عصبی MLP برای یکی از بیماران دیابتی در نهایت میانگین خطای‌های مطلق بین ثبت‌شده و سطح گلوکز خون پیش‌بینی‌شده برای تست و مجموعه تمرینی است.

شبکه عصبی بازگشتی

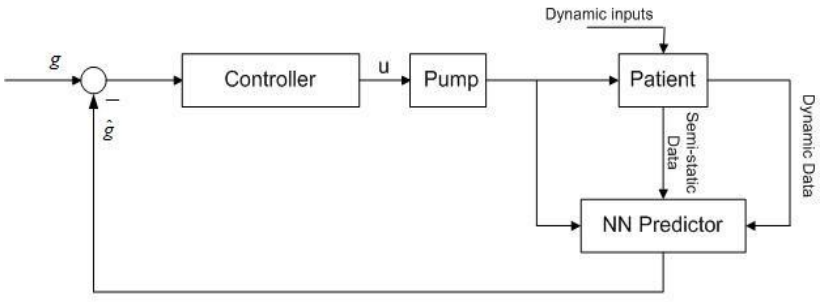
در مقایسه با شبکه‌های پیشخور تاحدی تکرارشونده شبکه‌های عصبی، به‌ویژه شبکه المان، عملکرد خوبی دارند. سازش بین پیچیدگی و قابلیت بعد از اصلاح شبکه با معرفی حلقه‌های بازخورد اضافی در لایه زمینه شبکه Elman همان‌طور که نشان داده شده است.



شکل ۳. فرآیند جریان شبکه عصبی بازگشتی

در شکل ۳ می‌تواند فرآیند جریان آنها را مشاهده کرد و وضعیت به شدت به رویدادهایی که در آن رخ داده است بستگی دارد. گذشته از این، شبکه عصبی بازگشتی المان استفاده می‌شود. کاغذ ساختاری مشابه با MLP Neural دارد، شبکه از نظر تعداد نورون، تعداد لایه‌ها، نوع توابع فعال‌سازی و همچنین الگوریتم آموزشی است. تنها تفاوت بین دو نوع شبکه عصبی، فقط مربوط به تأخیرهای استفاده‌شده در حلقه‌های بازخورد المان است. با توجه به شکل خروجی‌های شبکه عصبی بازگشتی المان در هر مرحله، زمانی را می‌توان به صورت زیر محاسبه کرد که در آن a j (k) خروجی پنهان است. لایه، ij IW وزن لایه ورودی، LWij هستند. وزن بازخورد و Vj وزن‌های هستند. همچنین از این شکل، می‌توان نتیجه گرفت که المان شبکه‌های عصبی بازگشتی مناسب‌تر است. دقت نسبت به شبکه‌های عصبی چندلایه در خون، فرآیند پیش‌بینی سطح گلوکز این نتیجه با تنظیم‌کننده واقعی گلوکز خون سازگار شد. سیستم بدن زیرا متابولیسم گلوکز است. این واقعیت مشخص می‌شود که وضعیت فعلی به شدت بستگی به رویدادها دارد (وعده‌های غذایی، تزریق انسولین، ورزش) که در گذشته اتفاق افتاده و این عامل فراهم شود با تأخیر زمانی در ساخت المان ریکاورنت شبکه‌های عصبی. نتیجه‌گیری: در این روش توانستیم عملکرد شبکه‌های عصبی چندلایه و Elman را با موفقیت مقایسه کنیم و سپس نتیجه می‌گیریم که عملکرد المان بازگشتی شبکه عصبی، بهتر از شبکه‌های عصبی چندلایه است.

در روش دوم، به بررسی راه‌حل‌هایی جهت پیش‌بینی دیابت نوع یک می‌پردازیم. دیابت نوع یک، نه قابل پیشگیری است و نه قابل درمان، اما تزریق انسولین خارجی تأثیر مثبتی در جهت تنظیم سطح گلوکز خون دارد. بااین‌حال، یکی از چالش‌ها در درمان با انسولین، این است که چگونه رژیم انسولین را متناسب با نیاز بیمار و با توجه به حساسیت به انسولین و سبک زندگی آن تنظیم کنیم. اگرچه استفاده از پمپ‌های انسولین و مانیتورهای اندازه‌گیری مداوم گلوکز به تشخیص سطح گلوکز خون کمک می‌کند، اما این دستگاه‌ها به‌صورت حلقه باز کار می‌کنند، که هنوز به تفسیر بیمار و جبران دستی برای اختلالات متابولیک نیاز دارد. ازاین‌رو، کنترل حلقه بسته سطح گلوکز خون، هنوز یک مشکل حل نشده است. محققان بعد از انجام تحقیقاتی به این نتیجه رسیدند که سیستم‌های پشتیبانی و شبیه‌ساز و شبکه عصبی بازگشتی را برای پیش‌بینی سطح گلوکز خون به کار بردند، تا به بیماران کمک کنند و اقدامات متقابلی را برای پیش‌بینی بیماری انجام دهند. در اینجا، یک سیستم حلقه بسته یکپارچه، برای تجویز خودکار انسولین پیشنهاد شده است که شامل یک بیمار مجازی، یک پیش‌بینی‌کننده شبکه عصبی با تغییر زمان شبکه عصبی، گره‌های ثبت داده و یک کنترل‌کننده PI برای محاسبه بولوس‌های مناسب انسولین توسط پمپ انسولین است.



شکل ۴. سیستم حلقه بسته یکپارچه برای تجویز خودکار انسولین

سطح گلوکز خون هدف، با g نشان داده می‌شود، درحالی‌که ĝ نشان‌دهنده مشاهده سطح گلوکز خون از پیش‌بینی‌کننده شبکه عصبی است و u فرمان تزریق انسولین است (توضیحات شکل). این چارچوب، عملکرد تأخیری،

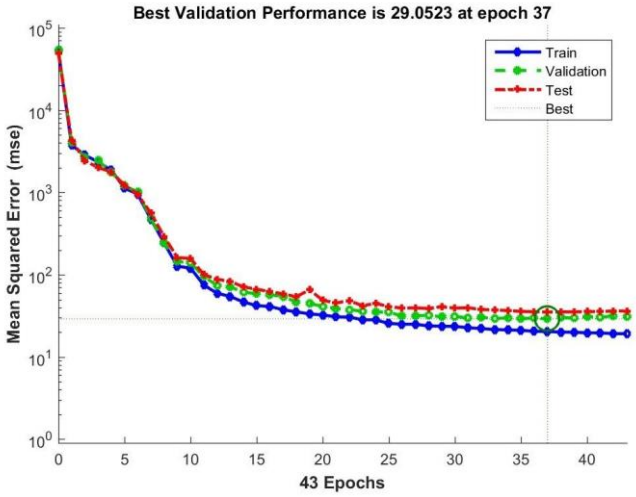
پیوسته و متغیر با زمان انسولین مرتبط با مسیر تحویل زیرجلدی انسولین را در نظر می‌گیرد و وسیله‌ای را فراهم می‌کند تا نه‌تنها مشاهدات بهتری نسبت به مانیتورهای گلوکز موجود، بلکه اندازه‌گیری‌های آینده را نیز به دست آوریم.

مدل پیش‌بینی‌شده: ماهیت پیچیده متابولیسم گلوکز و تحویل انسولین، و همچنین مدیریت داده‌های فشرده دیابت، مدل‌های یادگیری ماشینی را برای توصیف فرآیندهای که در آن l نشان‌دهنده لایه،n نشان‌دهنده واحد یا نورون، و k مرحله زمانی است gl بردار خروجی از لایه l است، xl بردار ورودی به لایه وزن‌های لایه l-1 تا واحد n لایه l است، و bl بایاس‌های لایه l - 1 به واحد n از لایه l هستند.

$$x_n^{(l+1)}(k) = w_n^{(l+1)}(k)\hat{\mathbf{g}}^l(k) + b_n^{(l+1)}(k) \quad (۳)$$

$$\hat{g}_n^{(l+1)}(k) = f(x_n^{(l+1)})(k) \quad (۴)$$

یک مدل شبکه عصبی دو لایه با ۸ نورون پنهان با استفاده از جعبه ابزار شبکه عصبی در MATLAB آموزش داده شد. با توجه به اکتشافی که تعداد داده‌های نمونه باید ۱۰ برابر بیشتر از ابعاد وزنی باشد و آزمایش با تعداد متفاوت نورون‌های پنهان، مشاهده شد که ۸ نورون پنهان، برای کاربرد ما بهینه است. همچنین، دانش BGL در تنظیم داده ما، بهبود عملکرد منحصربه‌فردی را برای برنامه ما ارائه می‌دهد. عملکرد پیش‌بینی‌کننده با استفاده از ریشه میانگین مربعات خطا و خروجی در مقابل ضریب رگرسیون هدف، اندازه‌گیری شد. هدف به‌دست آوردن یک مربع خطا است که نسبت به مقدار مقادیر پیش‌بینی‌شده به صفر نزدیک‌تر و یک ضریب هم‌بستگی نزدیک‌تر به ۱ است. آموزش، اعتبارسنجی و آزمون میانگین خطا به ترتیب ۲۰، ۲۹، ۳۵ بود. ازاین‌رو، مربعات خطاها به ترتیب ۴/۵، ۵/۴ و ۵/۹ میلی‌گرم در دسی‌لیتر بودند، درحالی‌که مانیتور گلوکز مداوم مورد استفاده در حال حاضر بین ۱۵ تا ۲۰ درصد از مقادیر واقعی گلوکز خون انحراف دارد. نمودارهای رگرسیون در شکل تناسب خوبی را بین خروجی‌های پیش‌بینی‌شده و اهداف با مقادیر R بالا نشان دادند.

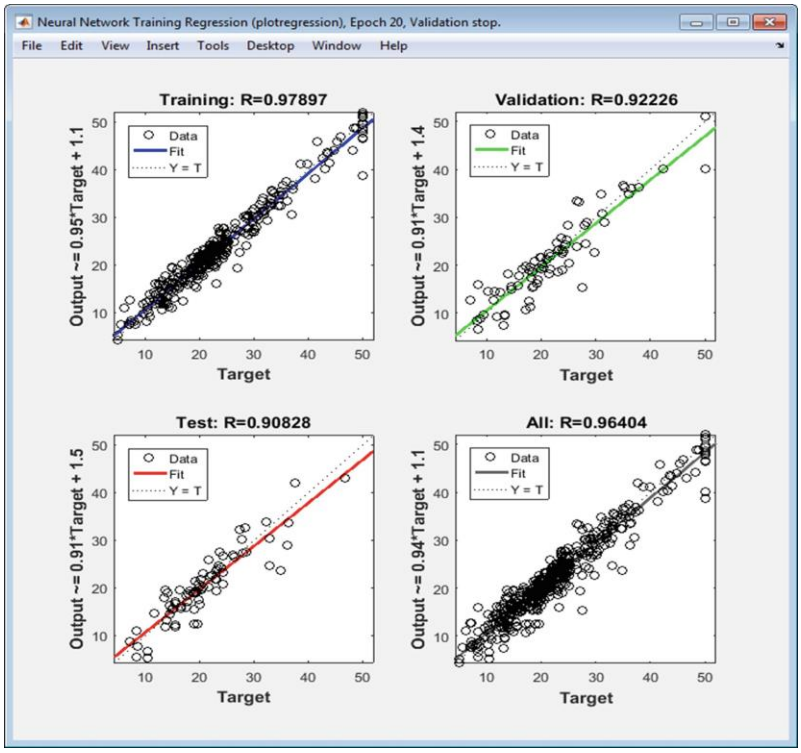


شکل ۵. نمودارهای رگرسیون در شکل تناسب خوبی را بین خروجی‌های پیش‌بینی‌شده و اهداف با مقادیر R

نتایج شبیه‌سازی نشان داد که سیستم کنترل طراحی‌شده می‌تواند به‌طور مؤثر انسولین را بدون توجه به الگوی دریافت وعده‌های غذایی بیمار تجویز کند و چارچوب شبیه‌سازی پیشنهادی ابزاری مقرون‌به‌صرفه برای هدایت مطالعات بالینی به سمت توسعه پانکراس مصنوعی است.

خوشبختانه با ظهور استارت‌آپ‌های نوآورانهٔ دنیای فناوری در زمینه مراقبت‌های بهداشتی مانند ساخت نرم‌افزار و تحرک دستگاه‌های دیجیتال به بخش سلامت این اجازه داده شده است تا بسیاری از خدمات و فرآیندهای سنتی

گذشته پیشرفت قابل توجهی داشته باشند. تشخیص دیابت به‌طور خاص یک فرآیند پیچیده است که شامل عوامل مختلفی ازجمله بافت پوست بیماری، میزان قندی که فرد در یک روز مصرف می‌کند، می‌شود. دیابت در دوران بارداری به دلیل تأثیر زیاد هم بر مادر هم بر جنین خطرناک‌تر است و می‌تواند باعث ایجاد عوارض زایمان شود. این بیماری، خطر ابتلای فرزندان به دیابت را افزایش می‌دهد، به‌ویژه اگر دیابت در بارداری کنترل نشده باشد و روند نگران‌کننده دیابت نسل به نسل ادامه یابد. همه اینها دلیل قانع‌کننده‌ای برای نیاز به سیستمی است که بتواند به تشخیص زودهنگام دیابت کمک کند. در این روش شبکه عصبی مصنوعی ۴ لایه با استفاده از روش انتشار برگشتی و الگوریتم تنظیم بیزی طراحی و آموزش داده شده و با الگوریتم یادگیری پس انتشار با تصحیح خطاها کار می‌کند، زیرا خود را آموزش می‌دهد تا خطاهای کمتری داشته باشد. این مقدار خروجی محاسبه‌شده را، با مقدار مورد انتظار (۱ یا ۰) مدل می‌کند زیرا دارای خروجی باینری، ۱ برای true و ۰ برای false است. آموزش فرآیند اصلاح شبکه با استفاده از حالت یادگیری است که در آن یک ورودی همراه با خروجی مورد نظر به شبکه ارائه می‌شود. سپس وزن‌ها به‌گونه‌ای تنظیم می‌شوند که شبکه تلاش می‌کند خروجی مورد نظر را تولید کند. مدل شبکه عصبی از چهار لایه نورون تشکیل شده است که در شکل زیر نشان داده شده است. لایه ورودی با هشت نورون، دو لایه پنهان با ده نورون، یک نورون در لایه‌ی خروجی.



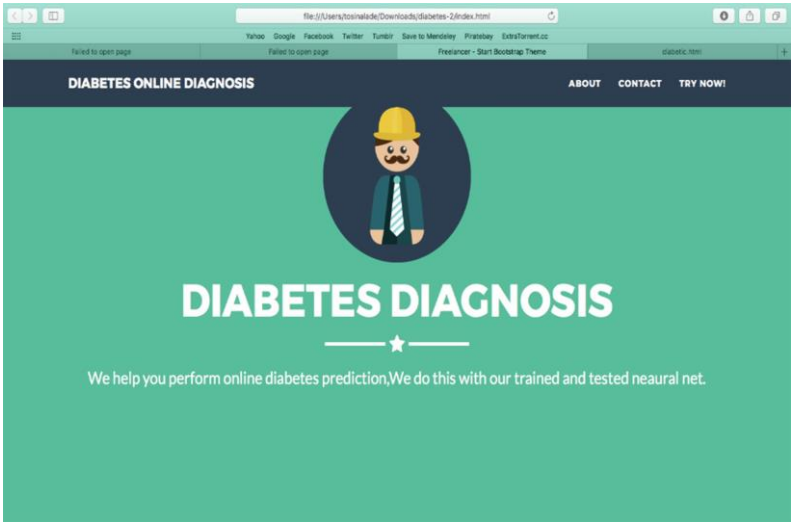
شکل ۶. شبکه عصبی تشکیل‌شده از چهار لایه نورون

لایه ورودی: این لایه از هشت نورون ورودی تشکیل شده است، که نشان‌دهنده هشت ورودی است که برای شروع تشخیص مورد نیاز سیستم است.

لایه پنهان: دو لایه پنهان با ده نورون استفاده شد. نورون‌های پنهان دو ویژگی مهم دارند: اول، آنها فقط ورودی‌های دیگر نورون ها، مانند ورودی یا سایر نورون‌های پنهان را دریافت می‌کنند و دوم، آنها فقط به نورون‌های دیگر مانند خروجی یا سایر نورون‌های پنهان خروجی می‌دهند. نورون‌های پنهان به شبکه عصبی کمک می‌کنند تا ورودی را درک کند و خروجی را تشکیل می‌دهند. بااین‌حال، آنها مستقیماً به داده‌های ورودی یا خروجی نهایی متصل نیستند.

لایه خروجی: تنها یک لایه خروجی با یک نورون وجود دارد که نشان‌دهنده نتیجه تشخیص است. نورونی که حاوی نتیجه کاربر به صورت اعشاری است. اگر نتیجه ۰/۵ یا بیشتر باشد، کاربر دیابت دارد. درحالی‌که اگر نتیجه کمتر از ۰/۵ باشد، کاربر دیابت ندارد.

پس از طراحی مدل شبکه عصبی، اپلیکیشنی تحت‌وب برای استفاده از این مدل ساخته شد، تا بیماران بتوانند به راحتی مشخصات خود را وارد کرده و تشخیص دهند که آیا پتانسیل تشخیص دیابت را دارند یا خیر. کد آموزشی در جاوااسکریپت با Node.js بازنویسی شد. جاوااسکریپت یک زبان برنامه‌نویسی فوق‌العاده محبوب است که بیشتر در مرورگرهای وب دیده می‌شود، اما در زمینه‌های دیگر محبوبیت پیدا می‌کند. شکل زیر صفحه اصلی را می‌بینید که برای کاربران مجاز سیستم پس از ورود به سیستم، نمایش داده می‌شود. از صفحه اصلی، کاربر می‌تواند در صفحه تشخیص حرکت کند.



شکل ۷. اپلیکیشن طراحی مدل

این روش، یک مدل شبکه عصبی را برای کمک به تشخیص زنان باردار، اعم از دیابت یا غیردیابت ایجاد کرده است. مدل توسعه‌یافته نیز، برای دسترسی آسان در یک برنامه مبتنی‌بر وب گنجانده شده است.

نتیجه‌گیری

ما با استفاده از روش اول، نتیجه گرفتیم که المان شبکه‌های عصبی بازگشتی مناسب‌تر است. در این روش توانستیم عملکرد شبکه‌های عصبی چندلایه و Elman را با موفقیت مقایسه کنیم و سپس نتیجه می‌گیریم که عملکرد المان بازگشتی شبکه عصبی، بهتر از شبکه عصبی چندلایه است. در روش دوم یک رویکرد یکپارچه با استفاده از تکنیک‌های یادگیری ماشین ارائه شد، که به‌طور خاص، یک پیش‌بینی‌کننده شبکه عصبی برای توصیف روابط پیچیده گلوکز–انسولین برای بیماران دیابتی نوع یک تنظیم شده بود. پس از آن نشان داده شد که، عملکرد پیش‌بینی، بهتر از حسگرهای کاشته شده است که تحت‌تأثیر پاسخ ایمنی بدن و انتشار تأخیری گلوکز از خون به بافت زیرجلدی هستند. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که سیستم کنترل طراحی‌شده می‌تواند به‌طور مؤثر انسولین را بدون توجه به الگوی دریافت وعده‌های غذایی بیمار، تجویز کند و چارچوب شبیه‌سازی رساند که با اسفاده از یک شیکه عصبی بسته می‌توانیم روند تشخیص دیابت در بیماران را سریع‌تر پیش بگیریم. در روش سوم که یک مدل شبکه عصبی را برای کمک به تشخیص زنان باردار اعم از دیابت یا غیردیابت ایجاد کرده است، مدل توسعه‌یافته نیز برای دسترسی آسان در یک برنامه مبتنی‌بر

وب گنجانده شده است. به این ترتیب، کارکنان بهداشتی یا بیماران در مکان‌های دور می‌توانند به سیستم دسترسی داشته باشند، داده‌های بیمار را در زمان واقعی وارد کنند و بدون نیاز به حضور در اطراف بیمار، تشخیص را به اشتراک بگذارند. بنابراین توانستیم با ساخت نرم‌افزاری به تشخیص زودهنگام دیابت با استفاده از آزمایش‌های به‌خصوص کمک کنیم.

منابع

Alade, O. M., Sowunmi, O. Y., Misra, S., Maskeliūnas, R., & Damaševičius, R. (2018). A neural network based expert system for the diagnosis of diabetes mellitus. In *Information technology science* (pp. 14-22). Springer International Publishing.

Bamgbose, S. O., Li, X., & Qian, L. (2017, October). Closed loop control of blood glucose level with neural network predictor for diabetic patients. In *2017 IEEE 19th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom)* (pp. 1-6). IEEE.

El_Jerjawi, N. S., & Abu-Naser, S. S. (2018). Diabetes prediction using artificial neural network. *International Journal of Advanced Science and Technology*, *121*, 54-64.

Jain, A. K., Mao, J., & Mohiuddin, K. M. (1996). Artificial neural networks: A tutorial. *Computer*, *29*(3), 31-44.

Jayalakshmi, T., & Santhakumaran, A. (2010, February). A novel classification method for diagnosis of diabetes mellitus using artificial neural networks. In *2010 international conference on data storage and data engineering* (pp. 159-163). IEEE.

Kaul, K., Tarr, J. M., Ahmad, S. I., Kohner, E. M., & Chibber, R. (2013). Introduction to Diabetes Mellitus. In: Ahmad, S.I. (eds) Diabetes. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, vol 771. New York: Springer.

Kavzoglu, T. (1999, September). Determining optimum structure for artificial neural networks. In *Proceedings of the 25th Annual Technical Conference and Exhibition of the Remote Sensing Society* (pp. 675-682). Remote Sensing Society Nottingham UK Cardiff, UK.

Quchani, S. A., & Tahami, E. (2007). Comparison of MLP and Elman neural network for blood glucose level prediction in type 1 diabetics. In *3rd Kuala Lumpur International Conference on Biomedical Engineering 2006: Biomed 2006, 11–14 December 2006 Kuala Lumpur, Malaysia* (pp. 54-58). Springer Berlin Heidelberg.

Sun, Q., Jankovic, M. V., Bally, L., & Mougiakakou, S. G. (2018, November). Predicting blood glucose with an lstm and bi-lstm based deep neural network. In *2018 14th symposium on neural networks and applications (NEUREL)* (pp. 1-5). IEEE.

Tanenbaum, M. L., Hanes, S. J., Miller, K. M., Naranjo, D., Bensen, R., & Hood, K. K. (2017). Diabetes device use in adults with type 1 diabetes: barriers to uptake and potential intervention targets. *Diabetes care*, *40*(2), 181-187.

استناد به این مقاله: قاسمی، حریر. (۱۴۰۲). پیش‌بینی سطح قند خون پیش از دیابت نوع یک براساس شبکه عصبی مصنوعی. *نشریه مطالعات مهندسی پزشکی آپادانا*، ۱(۱)، ۳۰-۴۰.