مقایسه شبکه عصبی خود بازگشتی المن و شبکه عصبی پرسپترون سه لایه به منظور پیش‌بینی نوسانات سطح قند خون بیماران مبتلا به دیابت نوع ۱

سعید راحتی قوچانی*، سید احسان تهامی†

چکیده

یکی از عوارض خطرناک بیماری دیابت نوع یک افزایش و یا کاهش ناگهانی سطح غلظت قند خون می‌باشد که باعث بروز خطراتی چون اغما و بیهوشی خواهد شد. بنابراین استفاده از روشی مناسب به منظور پیش‌بینی و در نهایت پیش‌گیری از این عوارض گام مهمی درجهت کنترل بهینه بیماری محسوب می‌شود. به همین منظور در این مقاله سعی شده است تا به مقایسه شبکه‌های عصبی خودبازگشتی و شبکه عصبی پرسپترون سه لایه در فرایند پیش‌بینی نوسانات سطح غلظت قند خون بیماران مبتلا به دیابت نوع۱ پرداخته شود. داده‌های پزشکی مورد استفاده در این مقاله مربوط به ۳ بیمار زن ایرانی مبتلا به دیابت نوع یک است که شامل الگوهایی چون نوع و دز انسولین تزریقی، فاصله زمانی بین ساعات ثبت سطح غلظت قند خون و نیز سطح غلظت قند خون در ابتدای بازه زمانی می‌باشد. در پایان تحقیق با توجه به نتایج به دست آمده مشخص شد که شبکه‌های عصبی خودبازگشتی با کاهش تقریباً ۲۰ درصدی خطای پیش‌بینی نسبت به دیگر روشهای متداول و از جمله شبکه عصبی پرسپترون سه لایه، می‌توانند به عنوان مدلی مناسب به منظور پیش‌بینی نوسانات سطح غلظت قند خون در بیماران مبتلا به دیابت نوع یک تلقی گردد.

کلمات کلیدی

دیابت، پیش‌بینی نوسانات سطح غلظت قند خون، شبکه عصبی خودبازگشتی، شبکه عصبی پرسپترون شود.

Comparison of MLP and Elman Neural Network for Blood Glucose Level Prediction in Type 1 Diabetics

Saeed Rahati, Ehsan tahami
Author's affiliations (optional)

Abstract

One of the most dangerous symptoms of Type 1 diabetes is the frequent and grate oscillation of blood glucose level that can lead the patient to unconscious and coma states . So Being able to predict and finally prevent these two symptoms would simplify the management of the diabetic patients . This paper attempts to comparison the performance of MLP and Elman neural networks to predict the blood glucose levels in type1 diabetics. Data set is used in this paper consists of the protocol of a 3 Iranian type1 Diabetic women and include features such as type and dosage of injected insulin, The period of time (in hour) between two consecutive measurements of the blood glucose level, carbohydrate intake , exercise and the blood glucose level measured at start of the given period of time. Finally we concluded that the usage of Recurrent Neural Network such as Elman with approximately 20% reduction of prediction error and also reduction of number of layers and neurons used in the construction of Neural Networks respect to another methods can be an appropriate model to predict the long term blood glucose level in type 1 diabetics .

Keywords

Diabetes, Blood glucose prediction, Recurrent Neural Network -MLP Neural Network

* استادیار گروه مهندسی پزشکی، دانشکده مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، تلفن تماس و Email: rahati@mshdiau.ac.ir.
† کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، باشگاه پژوهشگران جوان و۰۹۱۵۳۰۲۳۸۹۰ و Email:Ehsantahami@yahoo.com

۱- مقدمه

بیماری دیابت از جمله بیماریهای شایع و بسیار خطرناک حال حاضر دنیا است که سالانه خسارات مادی و معنوی بسیار زیادی را متوجه جوامع و کشورها می‌سازد. در حال حاضر در ایران ۲ تا ۳ میلیون نفر به این بیماری می باشند که نیمی از این افراد حتی از ابتلاء خود به این بیماری نیز آگاهی ندارند. این بیماری را می‌توان به دو نوع تقسیم نمود، نوع۱یا نوع وابسته به انسولین[۱] که در این نوع لوزالمعده شخص مبتلا به دیابت قادر به ترشح انسولین نمی‌باشد و نوع ۲ یا نوع غیر وابسته به انسولین [۲] که در آن لوزالمعده شخص مبتلا به دیابت قادر به تولید و ترشح انسولین می‌باشد اما میزان جذب آن در بافتهای بدن بسیار پایین است. مشکل عمده ای که در حال حاضر در رابطه با این بیماری مخرب و خطرناک و به خصوص در نوع ۱ آن وجود دارد افزایش[۳] و یا کاهش[۴] بیش از حد و ناگهانی سطح قند خون است که از جمله عوارض بسیار خطرناک آن محسوب می‌گردد و می‌تواند حتی به بیهوشی و اغماء بیمار منتهی گردد همچنین مشکل دیگری که در بیماران دیابتی وجود دارد تنظیم دز انسولین تزریقی به بدن بدون دانستن پاسخ سطح قند خون بدن به تزریق این مقدار انسولین می‌باشد که در بسیاری مواقع همین عدم اطلاع از میزان تزریق انسولین خود باعث بوجود آمدن مشکلاتی حاد و در برخی مواقع حتی غیر قابل جبران خواهد گردید.

به همین منظور استفاده از روشهایی که بتوان از آن طریق ضمن کاهش تعداد اندازه‌گیری های قند خون در این بیماران و جلوگیری از اثرات متعاقب ناشی از این اندازه‌گیری‌ها به نوعی وقوع عوارض خطرناک احتمالی ذکر شده را پیش‌بینی نمایند می‌تواند مهمترین گام به منظور تشخیص، کنترل و حتی درمان مناسب این عوارض تلقی گردد.

تا کنون روشهای متفاوتی برای رسیدن به این مهم مورد استفاده قرار گرفته‌اند که از آن جمله می‌توان به مدلهای ریاضی و مینیمال [۲-۴] که عمدتاً به منظور تعیین حساسیت بدن بیمار مبتلا به دیابت در پاسخ به گلوکز تزریقی و نیز پیش‌بینی کوتاه مدت سطح قند و انسولین موجود در بدن مورد استفاده قرار گرفته‌اند، مدلهای مبتنی بر رویکردهای احتمالاتی[۵] که مشابه با مدلهای ریاضی به منظور مدلسازی سیستم متابولیکی بدن مورد استفاده قرار گرفته‌اند، سیستمهای خبره [۶-۸] اشاره نمود که به منظور پیش‌بینی وضعیت سطح قند خون بیمار مبتلا به دیابت در آینده استفاده شده‌اند اشاره نمود.

ازجمله مشکلاتی که در مدلهای ذکر شده به چشم می‌خورد عدم وجود اطلاعات کافی و کامل که بتوان از آن طریق به مدلی مشابه مدل واقعی دست یافت، زیر مدلها اگرچه ممکن است کاملا صحیح عمل نمایند اما زمانی که با یکدیگر ترکیب می‌گردند خطا در خروجی مدل افزایش خواهد یافت چرا که تمام خواص تعاملی و بر همکنشی موجود میان ارگانهای موجود در سیستم زنده بدن انسان در مدل لحاظ نشده اند. همچنین به این موارد می‌توان تعداد کم ویژگیها و پارامترهای تأثیرگذار بر نوسانات سطح قند خون مورد استفاده در مدلهای مبتنی بر هوش مصنوعی را نیز افزود که این خود باعث ایجاد خطاهایی در پیش‌بینی سطح قند خون بدن خواهد شد.

در این مقاله سعی شده است تا ضمن مقایسه میزان کارایی شبکه‌های عصبی پرسپترون چند لایه و شبکه‌های عصبی خودبازگشتی در فرآیند پیش‌بینی نوسانات سطح غلظت قند خون و افزایش محسوس صحت پیش‌بینی‌های انجام شده و نیز کاهش قابل توجه تعداد لایه‌ها و نرونهای بکار رفته در ساختار شبکه های عصبی نسبت به تحقیقات انجام شده قبلی، مناسبترین شبکه انتخاب گردد.

۲- داده و روش

۲-۱- داده‌های مورد استفاده

داده‌های مورد استفاده در این مقاله مربوط به ۳ بیمار زن مبتلا به دیابت نوع یک در سنین بین ۱۷ تا ۲۶ سال در ایران می‌باشد، پارامترهای مورد استفاده در ثبت داده‌ها عبارتند از:

- سطح غلظت قند خون در ابتدای بازه زمانی (mg/dlit)
- دز انسولین کوتاه اثر تزریقی به بدن (unit)
- دز انسولین طولانی اثر تزریقی به بدن (unit)
- سطح استرس (unit)
- سطح فعالیت بدنی (unit)
- کربوهیدرات مصرفی(gr)
- فاصله میان ابتدا و انتهای بازه زمانی (hour)

طول مدت زمان ثبت که در این تحقیق در برخی بیماران ۱۳۵ و در برخی دیگر ۷۵ روز می‌باشد. از این تعداد ۷۵٪ تعداد داده‌های ثبت شده برای هر نفر به منظور آموزش شبکه عصبی و ۲۵٪ به منظور آزمایش شبکه عصبی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

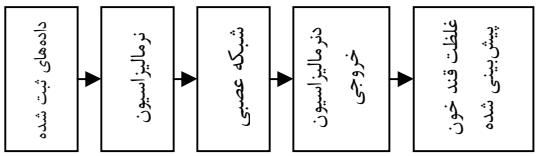
لازم به ذکر است که میزان فعالیت بدنی و نیز میزان سطح استرس با انتخاب یکی از اعداد ۱ تا ۴ که به ترتیب بیان کننده وضعیت معمولی (۱)، کم (۲)، متوسط (۳) و زیاد (۴) می‌باشد در زیر ساعت تعیین شده در جداول ثبت مشخص می‌گردد. نمونه‌ای از داده‌های ثبت شده در جدول ۱ قابل مشاهده می‌باشد.

جدول(۱) نمونه‌ای از مجموعه داده

قند خون بعدی	زمان	کربوهیدرات	سطح فعالیت بدنی	سطح استرس	انسولین طولانی اثر	انسولین کوتاه اثر	قند خون اولیه
۲۲۰	۸	۳	۲	۰	۸	۱۰	۱۸۰
۶۵	۹	۶	۰	۱	۵	۹	۲۵۰

۲-۲- روش مورد استفاده

در این روش ابتدا داده‌ها مورد پردازش اولیه قرار می‌گیرند تا ضمن حذف مولفه‌های غیر ضروری، بتوانند به منظور کاربرد در شبکه عصبی مورد استفاده قرار گیرند به همین منظور ابتدا داده‌ها نرمالسازی گردیده‌اند در مرحله بعدی داده‌های نرمالسازی شده به شبکه‌های عصبی داده می‌شوند تا فرآیند پیش‌بینی صورت پذیرد که بلوک دیاگرام سیستم مورد استفاده در این مقاله به در شکل ۱ قابل مشاهده می‌باشد.



شکل(۱) بلوک دیاگرام سیستم طراحی شده پیش‌بینی نوسانات سطح غلظت قند خون در افراد مبتلا به دیابت نوع ۱

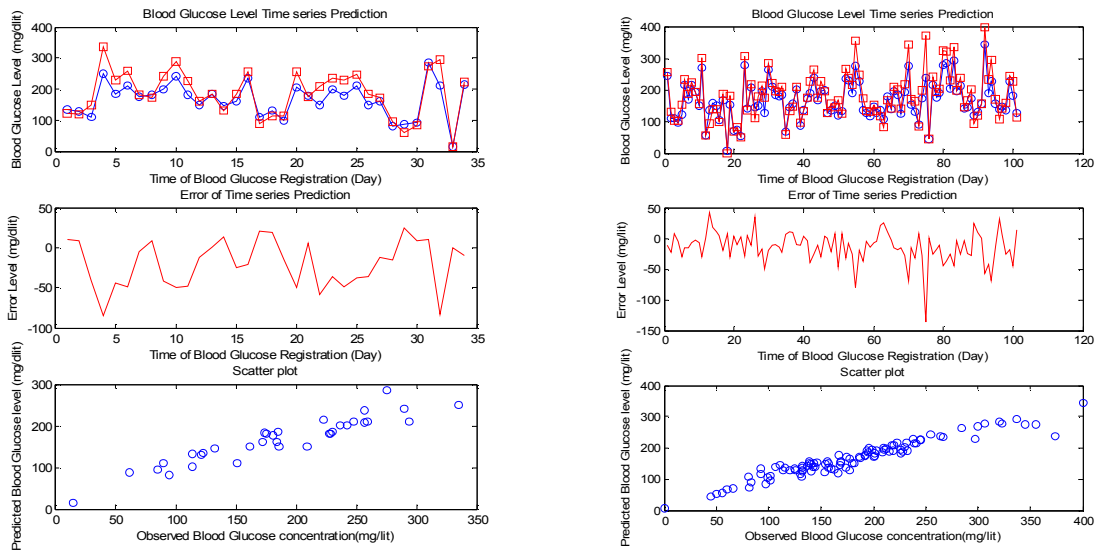
۲-۳- شبکه‌های عصبی پرسپترون چند لایه

شبکه‌های عصبی پرسپترون چند لایه‌ی پرسپترون به دلیل قابلیتهای با ارزش پردازش موازی و یادگیری، عمدتاً به منظور حل مسائل پیچیده مورد استفاده قرار می‌گیرند. فرآیند یادگیری در این شبکه‌ها از طریق الگوریتمهای یادگیری خاصی صورت می‌گیرد که با تنظیم وزنهای موجود در ارتباطات بین نورونها، اقدام به آموزش شبکه می‌کنند.

جدول(۲) مشخصات ساختار شبکه عصبی پرسپترون

تعداد ورودی	۷
ساختار شبکه عصبی	[۵ ۱] ‘tansig’ ‘pure line’
نرخ یادگیری	۰،۰۱
تعداد تکرارها	۳۰۰
خطای نهایی	۰،۱

از دیگر نکاتی که لازم است به آن اشاره شود این است که شبکه عصبی پیش‌بین باید برای هر فرد از طریق داده‌هایی که توسط خود او جمع‌آوری می‌گردد آموزش ببیند و نمی‌توان یک سیستم آموزش دیده را برای چند فرد مختلف مورد استفاده قرار داد همچنین از آنجا که پارامترهای مورد نیاز باید در تمام طول شبانه روز ثبت گردند بنابراین کسی جز خود بیمارنمی‌تواند در جمع آوری مناسب داده‌ها مؤثر باشد. نتایج به دست آمده از شبکه عصبی پرسپترون ذکر شده را در دوقسمت آموزش و آزمایش شبکه برای یکی از بیماران می‌توان در شکل ۲ مشاهده نمود. درنهایت مقادیر میانگین قدر مطلق خطا و نیز جذر میانگین مربعات خطا به همراه میانگین خطا برای دو حالت مختلف در جدول (۳) و (۴) قابل



ب الف

شکل ۲: قسمت (الف) شامل نمودار سری زمانی مربوط به داده‌های واقعی مرحله آموزش شبکه عصبی MLP با علامت دایره و مقادیر پیش‌بینی شده با علامت مربع می‌باشد که نمودار خطای پیش‌بینی و تابع پراکندگی نیز به ترتیب در زیر آن مشخص گردیده است. قسمت (ب) شامل نمودار سری زمانی مربوط به داده‌های واقعی مرحله آزمایش شبکه عصبی MLP با علامت دایره و مقادیر پیش‌بینی شده با علامت مربع می‌باشد که نمودار خطای پیش‌بینی و تابع پراکندگی نیز به ترتیب در زیر آن مشخص گردیده است.

جدول ۳: شبکه عصبی پرسپترون چند لایه (تعداد تکرارها متغیر)

MAEقسمت آزمایش شبکه	MAEقسمت آموزش شبکه	RMSE قسمت آزمایش شبکه	RMSE قسمت آموزش شبکه	تعداد تکرارها وقتی که تعداد نورون‌های لایه مخفی ثابت و برابر ۵ است
۶.۵۱۸۴	۷.۲۱۰۰	۲۸.۵۴۲۳	۱۹.۶۲۸۸	۳۰۰ تکرار
۱۵.۲۵۳۰	۲۶.۵۸۱۶	۳۸.۶۴۶۲	۳۵.۴۷۰۶	۱۰۰ تکرار
۰.۹۹۵۹	۱.۳۱۴۵	۵۶.۲۵۶۱	۴۸.۵۲۰۹	۵۰ تکرار

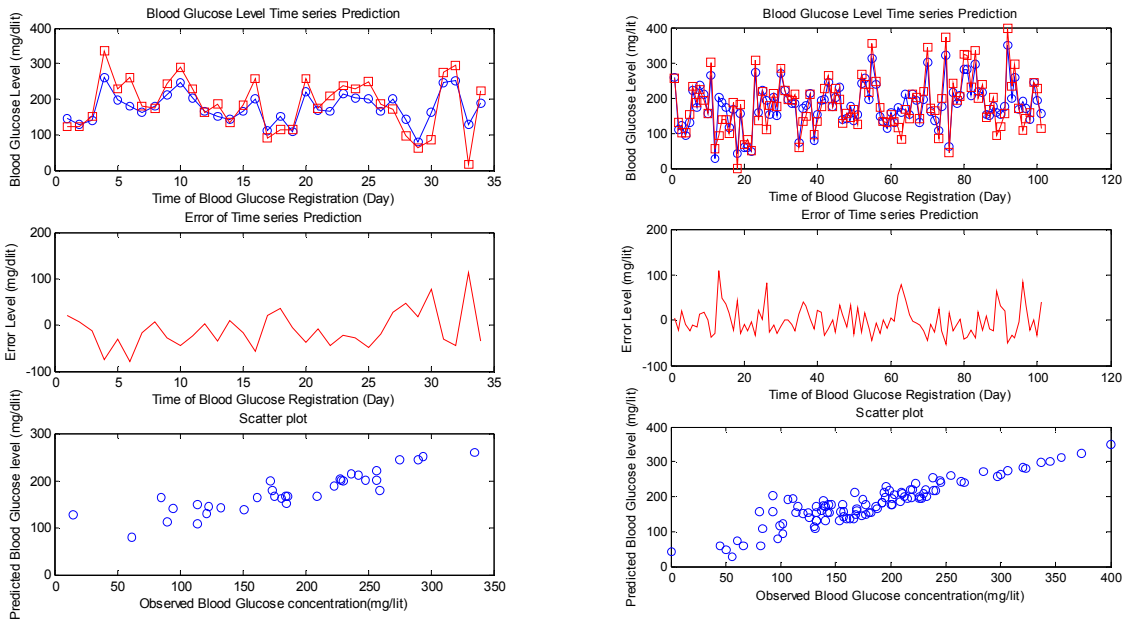
جدول ۴: شبکه عصبی پرسپترون چند لایه (تعداد نورون‌ها متغیر)

MAEقسمت آزمایش شبکه	MAEقسمت آموزش شبکه	RMSE قسمت آزمایش شبکه	RMSE قسمت آموزش شبکه	تعداد نورون‌ها وقتی که تعداد تکرارها ثابت و برابر ۱۰۰ است
۶.۵۱۸۴	۷.۲۱۰۰	۲۸.۵۴۲۳	۱۹.۶۲۸۸	۵ نورون
۹.۴۷۲۰	۲.۸۵۴۱	۲۹.۰۷۸۱	۲۴.۱۰۵۱	۱۰ نورون
۳۶.۷۰۳۱	۰.۰۰۷۰۳	۱۰۵.۴۹۳۰	۲۳.۷۸۲۳	۲۰ نورون

۲-۴- شبکه‌های عصبی خود بازگشتی

شبکه‌های عصبی خود بازگشتی که معروفترین نوع آنها شبکه‌های
شبکه‌های عصبی خود بازگشتی که معروفترین نوع آنها شبکه‌های
عصبی المن (Elman) می باشند بیشتر به منظور مدل کردن پدیده‌هایی به کار می روند که وقوع آنها به میزان زیادی وابسته به شرایطی است که در گذشته اتفاق افتاده اند. این شبکه‌های توانسته اند توصیفی مطلوب بین پیچیدگی و قابلیت ارائه دهند.

این شبکه‌ها شامل یک شبکه عصبی پرسپترون چند لایه می‌باشند که در آن خروجی لایه مخفی دوباره توسط حلقه‌های فیدبک به ورودی لایه مخفی شبکه اعمال می گردد تا از این طریق مقدار خروجی در هر لحظه به مقادیر تأثیرگذار قبلی وابسته گردد.



ب الف

شکل۳- قسمت (الف) شامل نمودار سری زمانی مربوط به داده‌های واقعی مرحله آموزش شبکه عصبی اِلمن با علامت مربع و مقادیر پیش‌بینی شده با علامت دایره می‌باشد که نمودار خطای پیش‌بینی و تابع پراکندگی نیز به ترتیب در زیر آن مشخص گردیده است. قسمت (ب) شامل نمودار سری زمانی مربوط به داده‌های واقعی مرحله آزمایش شبکه عصبی اِلمن با علامت دایره و مقادیر پیش‌بینی شده با علامت مربع می‌باشد که نمودار خطای پیش‌بینی و تابع پراکندگی نیز به ترتیب در زیر آن مشخص گردیده است.

شبکه عصبی خودبازگشتی اِلمن مورد استفاده در این مقاله ازنظر تعداد نورونها ، تعداد لایه‌ها و نوع توابع تحریک مورد استفاده در هر لایه و روش آموزش شبکه و نیز معیار به روز شدن وزنها درست مشابه شبکه عصبی پرسپترون سه لایه ذکر شده قبلی می‌باشد با این تفاوت که فقط خروجی لایه مخفی با ضرب یک تأخیر در وزنهایی مشخص به ورودی لایه مخفی اعمال می‌گردد. نتایج حاصل

از شبکه عصبی خودبازگشتی اِلمن را در نمودارهای شکل۳ می‌توان مشاهده نمود همچنین مقدار مقادیر میانگین قدر مطلق خطا و نیز جذر میانگین مربعات خطا به همراه میانگین خطا برای دوحالت آموزش و آزمایش شبکه عصبی پرسپترون سه لایه با پنج نورون در لایه مخفی و به ازای تعداد تکرارهای مختلف در جدول (۵) و نیز با تعداد تکرارهای ثابت ۱۰۰ و به ازای تعداد نورون‌های مختلف در جدول (۶) قابل مشاهده می‌باشد.

۳- نتیجه‌گیری و پیشنهاد

در این مقاله ضمن مقایسه میزان کارایی شبکه‌های عصبی پرسپترون چند لایه و شبکه‌های عصبی خود بازگشتی ، نتایج موجود به دست آمده در مقالات و تحقیقات ارائه شده قبلی به میزان قابل توجهی بهبود یافت به طوریکه در نهایت با توجه به نتایج به دست آمده مشخص گردید شبکه‌های عصبی خود بازگشتی از نظر میزان صحت در کل فرآیند پیش‌بینی نوسانات سطح غلظت قند خون بسیار دقیقتر از شبکه‌های عصبی پرسپترون چند لایه عمل می‌نمایند همچنین مقایسه نتایج به دست آمده از هر دو نوع شبکه عصبی مورد استفاده در این تحقیق با نتایج به دست آمده از تحقیقات مشابه قبلی نشان دهنده افزایش قابل ملاحظه میزان صحت پیش‌بینی سری زمانی سطح غلظت قند خون و نیز کاهش محسوس تعداد لایه‌ها و تعداد نرونهای بکار رفته در این تحقیق می‌باشد که این خود باعث کاهش هزینه طراحی و نیز کاهش زمان پاسخ شبکه به ورودی می‌باشد لازم به ذکر است که در این تحقیق مشخص شد با در دست داشتن مقدار فعلی سطح قند خون بیمار مبتلا به دیابت می توان سطح قند خون ۴ تا ۵ ساعت آینده بیمار را پیش‌بینی نمود. اما نکته ای که باید به آن اشاره نمود این است که با توجه به اینکه هنوز میزان صحت تا رسیدن به حد ایده‌آل آن فاصله دارد لذا به نظر می‌رسد که می‌توان از طریق شناخت و استخراج تعداد ویژگیهای پزشکی بیشتر و جدیدتر تاثیرگذار بر روند نوسانات غلظت قند خون و نیز کاهش فاصله‌های زمانی بین اندازه-گیریهای سطح غلظت قند خون، میزان از صحت را تا حد زیادی بهبود بخشید ضمن اینکه بهینه ساختن ساختار شبکه‌های عصبی با استفاده از روشهای هوشمند دیگر نظیر الگوریتمهای ژنتیک و الگوریتمهای فازی نیز به عنوان راهکارهای مطلوب دیگری برای رسیدن به این مهم پیشنهاد می‌گردد.

در انتها باید گفت که از جمله کاربردهای این تحقیق می‌توان به استفاده از الگوریتم طراحی شده در تلفنهای همراه، ساعتهای مچی ، پرتالهای پزشکی و نیز پمپهای تزریق انسولین و حتی ساخت پانکرآس مصنوعی به منظور کمک به بیماران دیابتی اشاره نمود.

جدول (۵) شبکه عصبی خودبازگشتی المن (تعداد تکرارها متغیر)

MAEقسمت آزمایش شبکه	MAEقسمت آموزش شبکه	RMSE قسمت آزمایش شبکه	RMSE قسمت آموزش شبکه	تعداد تکرارها وقتی که تعداد نورون‌های لایه مخفی ثابت و برابر ۵ است
۶.۴۳۰۶	۷.۲۱۰۰	۲۳.۸۱۷۶	۱۱.۹۶۲۸	۳۰۰ تکرار
۱۱.۲۰۹۲	۸.۷۲۲۱	۲۰.۶۰۹۲	۱۷.۳۹۶۷	۱۰۰ تکرار
۰.۷۸۲۸	۱.۲۹۱۸	۵۳.۱۶۱۷	۴۷.۸۸۲۷	۵۰ تکرار

جدول(۶) شبکه عصبی خودبازگشتی المن (تعداد نورون‌ها متغیر)

MAEقسمت آزمایش شبکه	MAEقسمت آموزش شبکه	RMSE قسمت آزمایش شبکه	RMSE قسمت آموزش شبکه	تعداد نورون‌ها وقتی که تعداد تکرارها ثابت و برابر ۱۰۰ است
۸.۱۱۲۴	۰.۳۴۷۹	۲۰.۶۱۳۷	۱۹.۰۵۱۳	۵ نورون
۶.۷۶۴۷	۴.۶۸۲۷	۲۵.۲۵۴۵	۲۳.۰۵۴۹	۱۰ نورون
۰.۲۴۹۲	۰.۰۳۷۹	۵۲.۶۸۳۴	۴۷.۲۳۷۶	۲۰ نورون

مراجع

[1] [1] B. Larijani, M.D; F. Zahedi, M.D; Sh. Aghakhani, M.D "Epidemiology of Diabetes Mellitus in Iran" Shiraz E-Medical Journal, Vol. 4, No. 4, October 2003

[2] Martin H. Kroll, "Biological variation of glucose and insulin includes a deterministic chaotic component" BioSystems 50 (1999) 189–201

[3] A. De Gaetano, O. Arino, Mathematical modelling of the intravenous glucose tolerance test, J. Math. Biol. 40 (2000) 136–168.

[4] R.N. Bergman, Pathogenesis and prediction of diabetes mellitus: Lessons from integrative physiology, in: Irving L.Schwartz Lecture, Mount Sinai J. Medicine 60 (2002) 280–290.

[5] Leaning M. S. and Boroujerdi M. A., "A system for compartmental modelling and simulation," Comput. methods programs biomed., vol. 35, 1991

[6] Tresp V., Moody J., and Delong W.-R., \Neural modelling of physiological processes," Computational Learning Theory and Natural Learning Systems, vol. 2, 1994, S. Hanson et al., eds., MIT Press.

[7] [9] A. Drozdov, H. Khanina, A model for ultradian oscillations of insulin and glucose, Math. Comput. Modelling 22 (1995) 23–38.

[8] Salzsieder E., Albrecht G., Fischer U., Rutscher A., and Thierbach U., "Computer-aided systems in the management of type I diabetes: the application of a model-based strategy"," Comput. Methods programs biomed., vol. 32, 1990.

---

[1] IDDM
[2] NIDDM
[3] Hyper Glycemia
[4] Hypo Glycemia