DOI: 10.22122/him.v14i6.3050 Published by Vesnu Publications

سامانه هوشمند توصیه رژیم غذایی مبتنی بر شبکه‌های عصبی مصنوعی و منطق فازی

راضیه شعبانی[1]، سید امیرحسن منجمی[2]، سید مرتضی صفوی[3]، مهران رضایی[4]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: تحقیق حاضر با هدف ارایه یک سیستم هوشمند توصیه تغذیه و رژیم غذایی برای کمک به ارزیابی شرایط تغذیه و دانستن نیازمندی‌های غذایی انجام شد. این برنامه به افراد برنامه غذایی مناسبی را با توجه به وضعیت جسمانی مانند سن، قد، وزن و... پیشنهاد می‌نماید.

روش بررسی: این مطالعه از نوع توصیفی بود که بر اساس متغیرهای ورودی با استفاده از دو روش شبکه عصبی و منطق فازی، برنامه غذایی مناسبی را برای کاربر انتخاب می‌کند. جامعه آماری تحقیق را اطلاعات مربوط به پرونده‌های سال‌های اخیر (سال ۱۳۹۰ به بعد) بیماران یکی از متخصصان تغذیه عضو هیأت علمی دانشکده تغذیه دانشگاه علوم پزشکی اصفهان تشکیل داد. تعداد نمونه‌های مورد بررسی، ۱۰۰۰ پرونده بود که به صورت تصادفی انتخاب و در طول چهار ماه، در قالب یک فایل Excel جمع‌آوری گردید.

یافته‌ها: با طراحی یک شبکه عصبی مصنوعی سه لایه و آموزش آن با الگوریتم پس انتشار خطا، سیستم قادر به تشخیص مناسب‌ترین برنامه غذایی از بین ۱۱ برنامه غذایی طراحی شده بود. در بخش به کارگیری منطق فازی، با طراحی قواعد از روی مجموعه داده‌های جمع‌آوری شده سیستم و با به کارگیری نظرات فرد خبره، سامانه توانست برنامه غذایی مناسب را با دقت خوبی تشخیص دهد و پیشنهاد کند. یافته‌های حاصل از پیاده‌سازی‌ها حاکی از آن بود که شبکه عصبی طراحی شده با دقت ۹۲ درصد و سیستم طراحی شده با منطق فازی نیز با دقت ۹۷ درصد، قادر است این عمل را انجام دهد.

نتیجه‌گیری: سیستم تشخیص رژیم غذایی به کمک منطق فازی و شبکه عصبی، قابلیت کافی به منظور استفاده در توصیه رژیم غذایی را دارد؛ به طوری که می‌تواند بدون احتیاج به صرف هزینه بالا و تنها با وارد کردن اطلاعات شخصی مورد نیاز سیستم توسط کاربر، یک برنامه رژیم غذایی کارا به او پیشنهاد دهد.

واژه‌های کلیدی: تغذیه؛ رژیم درمانی؛ شبکه عصبی؛ منطق فازی

دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۷/۱۸ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۹/۱۳

ارجاع: شعبانی راضیه، منجمی سید امیرحسن، صفوی سید مرتضی، رضایی مهران. **سامانه هوشمند توصیه رژیم غذایی مبتنی بر شبکه‌های عصبی مصنوعی و منطق فازی.** مدیریت اطلاعات سلامت ۱۳۹۶؛ ۱۴ (۶): ۲۳۵-۲۳۰

مقدمه

زندگی ماشینی امروزی در کنار فراهم آوردن امکانات سطح بالای بهداشتی و رفاهی، مشکلاتی مانند اضافه وزن را نیز برای درصد قابل توجهی از شهروندان به همراه آورده است. اقبال مردم برای مراجعه به مراکز رژیم درمانی در سال‌های اخیر افزایش قابل توجهی پیدا کرده است، اما کلینیک‌های رژیم درمانی همه وقت و همه جا در دسترس نیستند، هزینه مراجعه به آن‌ها کم نیست و مراجعه مستمر نیز وقت‌گیر و خسته کننده می‌باشد. بنابراین، وجود یک سیستم هوشمند تغذیه، به مردم کمک می‌کند که وضعیت تغذیه و شرایط خود را راحت‌تر، ارزان‌تر و به طور پیوسته ارزیابی کنند.

در مطالعه حاضر به برخی از پژوهش‌هایی که تاکنون در این زمینه انجام شده است، اشاره می‌گردد. Al-Dhuhl و همکاران تحقیقی را با هدف توسعه یک نمونه اولیه سیستم متخصص در تغذیه و رژیم غذایی با استفاده از روش مبتنی بر قوانین انجام دادند. جهت ساخت منطق برای این سیستم، دانش به عنوان ورودی ساخت یافته از طریق قواعد if-then و جداول تصمیم‌گیری مدل گردید و خروجی مناسب به دست آمد (۱). عاشوری و همکاران نیز سیستم خبره‌ای را معرفی کردند که در واقع یک سیستم مشاور تغذیه است و بر اساس تعدادی از شاخص‌های طبیعی (علایم زیستی) افراد، میزان مصرف چهار دسته اصلی مواد غذایی را به کاربر پیشنهاد می‌نماید (۲). در پژوهش Ramachandran و همکاران، اولین برنامه رژیم غذایی تحت عنوان Nutrition Diet Program (NDP) ارایه گردید. این برنامه برای کمک به جمعیت روستایی که نمی‌توانند متخصص تغذیه یا پزشکی در نزدیکی‌شان پیدا کنند، توسعه یافت (۳). Chen و همکاران سیستمی را که شامل ادغام دانش تشخیص تغذیه از رژیم‌های غذایی حرفه‌ای مختلف برای ایجاد اصول اولیه ساخت سیستم خبره مبتنی بر قواعد یا دانش بود، ارایه نمودند (۴).

در مطالعه Krbez و Shaout، یک سیستم تغذیه مبتنی بر منطق فازی با

مقاله حاصل پایان‌نامه کارشناسی ارشد با شماره ۲۳۸۴۱۰۰۶۹۳۲۰۰۱ می‌باشد که با حمایت دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان) انجام شده است.

۱- کارشناسی ارشد، نرم‌افزار، گروه کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران

۲- دانشیار، هوش مصنوعی، گروه مهندسی هوش مصنوعی، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران (نویسنده مسؤول)

Email: monadjemi@eng.ui.ac.ir

۳- دانشیار، تغذیه و رژیم درمانی، گروه تغذیه بالینی، دانشکده تغذیه و علوم غذایی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۴- استادیار، فن‌آوری اطلاعات، گروه مهندسی فن‌آوری اطلاعات، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

این فرض که مصرف مواد غذایی می‌تواند به صورت سیستمی کنترل شود، پیشنهاد شد و دو روش فازی و مطلق بر اساس بازخوردهای آن‌ها مورد مقایسه قرار گرفت (۵). در سامانه پیشنهادی Heinonen و همکاران نیز کسب دانش تخصصی تغذیه با استفاده از جدول متغیرهایی ایجاد و بر مبنای سیستم فازی قاعده‌گرا انجام می‌شد. این سیستم مقدار مصرف مواد غذایی را که برای تولید توابع عضویت فازی استفاده می‌شود، پیشنهاد می‌کند (۶). Bardella و همکاران با استفاده از منطق فازی، به بررسی یک منوی رژیم غذایی پرداختند (۷). بسیاری از برنامه‌های کاربردی و سیستم‌های خبره در دسترس بازار امروز مانند CAMP، منشور، CAMPER، DietPal و Vienna Expert System for Parenteral Nutrition of Neonates (VIE-PNN) که توصیه رژیم‌های غذایی و برنامه‌ریزی تغذیه‌ای انجام می‌دهند، به کار Bardella و همکاران (۷) نزدیک می‌باشد.

در واقع، با مرور تحقیقات پیشین مشخص می‌گردد که خلأ پژوهش به صورت نسبی در استفاده از قابلیت‌های شبکه عصبی و منطق فازی بوده است. استفاده از شبکه عصبی به دلیل کارایی بالا و تطبیق‌پذیری آن، ممکن است به سیستم توصیه‌گری منتهی شود که با داده‌های محلی و (به طور مثال) نوع مراجعان، به یک کلینیک خاص تطبیق یافته و بهینه شده باشد. در مقابل، منطق فازی ابزار قابل فهم و دارای انعطافی است و تغییرات قواعد آن می‌تواند بازدهی حداکثری سامانه را به همراه داشته باشد (۳). هدف عملی از انجام مطالعه حاضر، توسعه سیستم هوشمند تغذیه و رژیم غذایی جهت کمک به افراد سالم (افرادی که هیچ‌گونه بیماری خاصی ندارند) برای ارزیابی شرایط تغذیه خود بود.

روش بررسی

این تحقیق از نوع توصیفی بود که بر اساس متغیرهای ورودی با استفاده از دو روش شبکه عصبی و منطق فازی، برنامه غذایی مناسب را برای کاربر انتخاب کرد. جامعه آماری مطالعه را اطلاعات مربوط به پرونده‌های سال‌های اخیر (۱۳۹۰ به بعد) بیماران یک کلینیک تخصصی تغذیه تشکیل داد. نمونه‌های مورد بررسی، ۱۰۰۰ پرونده بود که به صورت تصادفی انتخاب و طی چهار ماه، در قالب یک فایل Excel جمع‌آوری گردید. در اولین مرحله، فیلدهای مشخصات شناسنامه‌ای بیماران حذف و کد داخلی سیستم جانشین آن‌ها شد تا اطلاعات شخصی بیماران محفوظ بماند. به کارگیری این تعداد رکورد مراجعان جهت بالاتر بردن دقت ارزیابی سیستم و حصول نتایج معتبرتر بود. اطلاعات پرونده‌های بیماران به ویرایش نیاز داشت؛ چرا که بعضی از اطلاعات قابلیت تبدیل به عدد را نداشت (عادات غذایی و یادآمد روزانه) و به همین دلیل فقط از اطلاعاتی که بیشترین تأثیر را در توصیه یک رژیم غذایی و قابلیت تبدیل به عدد را داشت، استفاده گردید. از ۱۰۰۰ پرونده جمع‌آوری شده، ۶۸۰ رکورد مربوط به زنان بود که ۶۸ درصد از داده‌ها را به خود اختصاص داد. ۲۶۰ رکورد (معادل ۲۶ درصد) مربوط به افراد کمتر از ۱۸ سال و بقیه به بالای ۱۸ سال اختصاص داشت.

در برنامه‌های غذایی طراحی شده، برای هر وعده غذایی چند نمونه مواد غذایی پیشنهاد شده است تا سلایق و عادات غذایی افراد نیز در نظر گرفته شود. بر این اساس، سیستم به عنوان یک هدف جنبی، آگاهی مردم در مورد اهمیت و شیوه صحیح تغذیه را نیز بهبود می‌بخشد، زمان مشاوره را کاهش می‌دهد و باعث می‌شود مردم مراقبت بیشتری در مورد سلامت خود داشته باشند.

از آن‌جا که سیستم مورد بررسی در پژوهش حاضر، نوعی سیستم هوشمند می‌باشد، علاوه بر جمع‌آوری اطلاعات واقعی، به مصاحبه با متخصص در این حوزه نیاز بود که این امر با راهنمایی‌ها و مشورت‌های متخصص تغذیه صورت گرفت. در ابتدا باید دو دسته اطلاعات اولیه شامل «اطلاعات اعتبارسنجی شده بیماران مراجعه کننده به مطب» و « قواعد تنظیم یک برنامه غذایی» که در نهایت پایگاه دانش سیستم هوشمند بر مبنای آن‌ها شکل می‌گیرد، جمع‌آوری گردد.

جهت یافتن مهم‌ترین ویژگی‌های یک فرد و تنظیم یک برنامه غذایی مناسب او که قابلیت پیاده‌سازی در کامپیوتر را داشته باشد، ابتدا کل ویژگی‌ها توسط متخصص تغذیه اولویت‌بندی شد و سپس به کمک روش اخراج یک ویژگی یا Leave-One-Out (۵)، مهم‌ترین ویژگی‌ها بررسی و از پرونده بیماران استخراج گردید. این ویژگی‌ها شامل سن (از ۱ تا ۹۵ سال)، قد، وزن فعلی (تا ۱۶۰ کیلوگرم)، شاخص توده بدن BMI (Body Mass Index)، وزن مطلوب، جنسیت و میزان ورزش و فعالیت بدنی (این فیلد با پرسش از بیمار به دست می‌آید و بیمار بر اساس مقدار فعالیت بدنی و ورزش خود در طول روز، به طور میانگین یکی از چهار گزینه شدید، سبک، خیلی سبک و یا کم را انتخاب می‌کند) بود (۱).

در ادامه، ویژگی‌های مهم به کار رفته به عنوان متغیرهای ورودی یا مستقل سیستم توصیه رژیم بیان شده است.

محاسبه BMI: این شاخص به فرد کمک می‌کند تا محدوده وزن طبیعی خود را بداند و خطر بروز بیماری‌های خاص را در خود ارزیابی کند. این فیلد در بعضی رکوردها محاسبه نشده بود که از طریق رابطه ۱ به دست آمد (۸).

رابطه ۱ $$BMI = \text{وزن (بر حسب کیلوگرم)} / \text{قد (بر حسب متر)}^2$$

محاسبه وزن مطلوب: وزن مطلوب برای افراد بالای ۱۸ سال با افراد کمتر از ۱۸ سال متفاوت است. این مقدار برای افراد بالای ۱۸ سال از طریق رابطه ۲ محاسبه می‌شود (۸).

رابطه ۲ $$\text{وزن مطلوب} = (۴۹ + ۱/۷ \times \text{قد}) / (۲/۶۰ - ۵۴)$$

محاسبه میزان متابولیسم پایه BMR (Basal Metabolic Rate):

انرژی، نتیجه سوخت و ساز (متابولیسم) مواد مغذی آلی در بدن و واحد اندازه‌گیری آن کیلوکالری می‌باشد. در تحقیق حاضر به محاسبه BMR برای تک‌تک افراد نیاز بود؛ چرا که میزان آن در پرونده‌های افراد محاسبه و ثبت نشده بود. معیار اصلی برنامه‌های غذایی طراحی شده در پژوهش حاضر نیز بیشتر بر اساس شاخص BMR است. بنابراین، از رابطه Harris-Benedict (۹) استفاده شد.

ابتدا انرژی پایه با روابط ۳ و ۴ محاسبه می‌شود (۹) که در آن، قد بر حسب سانتی‌متر و وزن بر حسب کیلوگرم می‌باشد.

رابطه ۳ $$\text{برای زنان} = ۶۵۵ + (\text{وزن} \times ۹/۶) + (\text{قد} \times ۱/۸) - (\text{سن} \times ۴/۷)$$

رابطه ۴ $$\text{برای مردان} = ۶۶ + (\text{وزن} \times ۱۳/۷) + (\text{قد} \times ۵) - (\text{سن} \times ۶/۸)$$

سپس فاکتور فعالیت بر اساس فعالیت فرد تعیین می‌گردد و در انرژی پایه ضرب می‌شود؛ به طوری که برای افراد بسیار غیر فعال: ۱/۳، برای افراد کمی فعال در مردان: ۱/۶ و در زنان: ۱/۵، برای افراد با فعالیت متوسط در مردان: ۱/۷ و در زنان: ۱/۶ و برای افراد با فعالیت سنگین در مردان: ۱/۲ و در زنان: ۱/۹ است.

http://him.mui.ac.ir

از کل انرژی مورد نیاز هر فرد، ۵۵ تا ۶۵ درصد برای کربوهیدرات، ۲۵ تا ۳۰ درصد برای چربی و ۱۵ تا ۲۰ درصد آن برای پروتئین در نظر گرفته می‌شود (۹).

جهت طراحی سیستم‌های پیشنهاد شده، نیاز به تعیین خروجی برای همه افراد است. در طول تحقیق با مشورت و صلاحدید متخصص، ۱۱ برنامه غذایی متفاوت بر اساس خصوصیات افراد همچون وزن، قد، سن، BMI، میزان فعالیت و BMR تنظیم گردید و برای هر فرد برنامه غذایی مناسبی (در بازه ۱۰۰۰ تا ۴۵۰۰ کیلوکالری) از بین آن ۱۱ برنامه غذایی انتخاب شد. به طور قطع افزایش تعداد نوع رژیم بر افزایش دقت سیستم تأثیر می‌گذارد، اما این کار ملزم به جمع‌آوری داده‌های بیشتری است تا بتواند با دقت بهتری عمل کند و برای هر برنامه غذایی نمونه‌های زیادی در نظر گرفته شود. ضمن این که بنا بر ملاحظات عملی، تعداد برنامه‌های تغذیه در کلینیک‌ها بین ۱۰ تا ۶۰ فقره می‌باشد.

متغیر نهایی مورد نظر در واقع شماره یا اندیس مناسب‌ترین برنامه غذایی مورد تأیید متخصص تغذیه برای شخص مراجعه کننده با توجه به شرایط و ویژگی‌های او است که این شرایط و ویژگی‌ها در واقع متغیرهای مستقل ورودی به سیستم توصیه‌گر به حساب می‌آیند. ترتیب قرارگیری و اندیس‌گذاری برنامه‌های غذایی به نحوی است که برنامه‌های مشابه، شماره‌های نزدیک به هم دارند. بدین ترتیب، تابع توصیه می‌تواند کمی تلورانس تصمیم نیز داشته باشد. در صورت دقت کافی، این سیستم می‌تواند دستیار مناسبی برای پزشک یا کارشناس تغذیه محسوب شود.

ملاحظات اخلاقی که در طی تحقیق حاضر رعایت گردید، شامل حفظ حریم خصوصی و هویت مراجعان به کلینیک و اطمینان از اعتبار توصیه‌ها و نتایج بود. در مورد اول، مشخصات فردی شرکت کنندگان در اولین مراحل جمع‌آوری اطلاعات با یک کد یکتا جانشین و حذف شد. در مورد دوم نیز تطبیق با نظر پزشک متخصص و انجام روال k مرتبه تا زدن K-folding جهت اطمینان از صحت نتایج انجام گرفت.

یافته‌ها

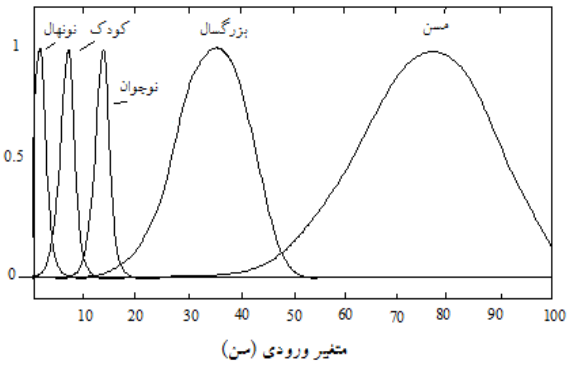
ابتدا جهت تشخیص بهترین حالت مقداردهی نورون‌ها، سیستم پیشنهاد شده با الگوریتم آموزشی پس انتشار خطا به دفعات اجرا شد. تعداد تکرارها در تمام تست‌ها ۱۰۰۰ مرتبه و ۹۰۰ رکورد مراجعان جهت آموزش و یادگیری شبکه عصبی و ۱۰۰ رکورد جهت تست استفاده شده بود. در هر اجرا تعداد نورون‌ها تغییر یافت تا بهترین حالت مقداردهی تشخیص داده شود. پس از اجراهای متفاوت با تغییر مکرر تعداد نورون‌ها، بهترین حالت تعداد نورون‌ها با الگوریتم پس انتشار خطا، هنگامی حاصل شد که در لایه اول ۵ نورون، در لایه دوم ۲۵ نورون و در لایه آخر ۱ نورون وجود داشته باشد.

در مرحله بعد برنامه با ۱۰۰۰ مرتبه تکرار و ۹۰۰ رکورد جهت یادگیری و ۱۰۰ رکورد جهت تست و شبکه عصبی با تعداد نورون‌های گفته شده در بند قبل بسته شد، اما هر مرتبه یکی از الگوریتم‌های یادگیری به کار گرفته شد تا بهترین الگوریتم یادگیری برای این برنامه به روش سعی و خطا یافت شود. برنامه برای هر یک از الگوریتم‌ها به طور میانگین ۱۵ بار طبق روش تا زدن اجرا گردید. در جدول ۱ میانگین نتایج حاصل از اجرای هر الگوریتم ارایه شده است.

بهترین پاسخ از الگوریتم BR حاصل شد که از ۱۰۰ رکورد داده برای تست، ۹۲ رکورد از آن‌ها به عنوان پاسخ صحیح تشخیص داده شد. منظور از درصد درستی، مواردی است که شبکه عصبی دقیق همان برنامه غذایی مورد نظر متخصص را پیشنهاد می‌دهد و منظور از ۱ و ۲ فاصله خطا نیز مواردی است که شبکه برنامه‌ای با ۱ یا ۲ فاصله از بهترین برنامه، پیشنهاد می‌دهد. از آن‌جایی که برنامه‌های مجاور شبیه به هم می‌باشند، حتی این پیشنهادها نیز می‌توانند تا حدی قابل قبول ارزیابی شوند.

پیاده‌سازی منطق فازی: در سیستم فازی پیشنهاد شده، در ابتدا نیاز به تعریف متغیرهای زبانی است و باید برای هر ویژگی یا ورودی، متغیرهای زبانی و توابع عضویت آن‌ها تعریف شود. این سامانه به یک خروجی ثابت که همان شماره برنامه غذایی می‌باشد، نیاز دارد. بنابراین، سیستم ورودی فازی و خروجی مطلق دارد و به همین دلیل بهتر است از موتور استنتاج Sugeno استفاده شود.

مطابق تشخیص متخصص تغذیه، فیلد سن به ۵ متغیر زبانی، قد به ۸ متغیر زبانی، وزن به ۹ متغیر زبانی، BMI به ۶ متغیر زبانی، وزن مطلوب به ۵ متغیر زبانی، جنسیت به ۲ متغیر زبانی و ورزش به ۴ متغیر زبانی تقسیم گردید. سپس با انواع توابع عضویت از جمله مثلثی، ذوزنقه‌ای و گوسی تنظیم و اجرا شد تا مناسب‌ترین تابع عضویت برای این کاربرد تشخیص داده شود. جهت عدم افزایش حجم پژوهش، فیلد سن به عنوان نمونه توابع عضویت در شکل ۱ آمده است.



شکل ۱: توابع عضویت سن

جدول ۱: نتایج اجرا با الگوریتم‌های آموزش مختلف شبکه عصبی

الگوریتم یادگیری	RP	LM	BFGS	GDM	CGF	OSS	BR
درستی پاسخ شبکه (درصد)	۷۷	۸۲	۱۴	۱۴	۶۵	۳۶	۹۲
درستی پاسخ شبکه با ۱ فاصله خطا (درصد)	۹۶	۹۸	۵۱	۵۱	۹۶	۸۵	۱۰۰
درستی پاسخ شبکه با ۲ فاصله خطا (درصد)	۹۷	۹۹	۸۴	۸۴	۹۷	۹۵	۱۰۰
تعداد رکورد خطا از ۱۰۰ رکورد	۲۳	۱۸	۸۶	۸۶	۳۵	۶۴	۸

RP: Resilient Backpropagation; LM: Levenberg-Marquardt; BFGS: Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno; GDM: Gradient Descent with Momentum; CGF: Conjugate Gradient with Momentum; OSS: One-step Secant; BR: Bayesian Regularization

http://him.mui.ac.ir

برای پیاده‌سازی با ۱۱ برنامه غذایی، ۴۶۶ قانون یا قاعده فازی تعریف گردید. قواعد با استفاده از ۹۰۰ رکورد از داده‌ها طراحی و بهینه‌سازی شده است. یک نمونه از قواعد سیستم پیشنهاد شده در ادامه آمده است.

Rule1 = 'if (age is old) and (height is height5) and (weight is weight4) and (BMI is fat1) and (ideal weight is medium) and (sex is female) and (exercise is 3) and (kilocalories is 1) then (plan is 1);

از طریق کدنویسی ماکروها در محیط Excel، برای تمام حالت‌های فیلدهای داده، قواعد تولید شد و بدین ترتیب، تمام ۹۰۰ رکورد مراجعان پردازش گردید که یک نمونه از این کدها در ادامه آمده است.

```
For i = 2 To 901
If Cells(i, 1) <= 3 Then
Cells(i, 16) = "(age is child)"
Else If Cells(i, 1) <= 10 Then
Cells(i, 16) = "(age is adultsent)"
Cells(i, 25) = " then (plan is " & Cells(i, 9) & ")"
Cells(i, 26) = Cells(i, 24) & Cells(i, 25)
```

در نهایت، سیستم با ۱۰۰ داده تست شد و نتایج سیستم فازی با نتایج مطلوب مورد مقایسه قرار گرفت. بر این اساس، صحت پاسخ‌ها در توابع عضویت مثلثی، سیگموئید، گوسی و P به ترتیب ۸۷، ۹۴، ۹۷ و ۹۳ درصد بود.

یافته‌های به دست آمده نشان داد که پس از تست‌های متنوع، ۴۶۶ قانون و توابع عضویت نوع گوسی با ۹۷ درصد صحت پاسخ، برنامه غذایی مناسب فرد توسط سیستم تشخیص داده شد.

بحث

شاید مهم‌ترین یافته تحقیق حاضر، دقت بالای هر دو الگوریتم شبکه عصبی و منطق فازی در پیاده‌سازی سامانه پیشنهاد شده رژیم غذایی می‌باشد. این دو روش به ترتیب به دقت ۹۲ و ۹۷ درصد در توصیه رژیم غذایی رسیدند که به صورت مطلوبی ارزیابی می‌شود. مورد بعدی، تأیید مجدد این مسأله است که مهم‌ترین نکته در کارایی شبکه عصبی، مجموعه داده‌های سیستم است. جهت بهبود دقت شبکه عصبی در این کاربرد، هرچه تعداد رکوردهای آموزش بیشتر باشد، نتایج دقیق‌تری حاصل می‌گردد. همچنین، جهت اطمینان از عمومیت نتایج، به جای استفاده از روش‌هایی مانند فاصله اطمینان CI (Confidence Interval)، ابتدا اطمینان حاصل شد که عمومیت شبکه عصبی از طریق رعایت نسبت درجه آزادی به شرایط محدود کننده روی ۱/۴ حفظ شود و در مرحله دوم با کمک روش تا زدن ۱۵ مرتبه‌ای و اعلام میانگین نتایج، اطمینان به عمومیت نتایج بالاتر رود.

ارزیابی پاسخ شبکه عصبی: پس از آزمون‌های مختلف، مشاهده شد که بهترین درصد درستی پاسخ زمانی به دست می‌آید که از الگوریتم BR استفاده گردد. در این حالت، سیستم با ۹۲ درصد دقت، قادر به یافتن بهترین برنامه رژیم غذایی می‌باشد. البته این درصدها بر اساس هزار داده حاصل شد و کلیه نتایج بر اساس این مجموعه داده به دست آمد، اما انتظار می‌رود که در حالات مشابه و با همین ویژگی‌ها، قادر به پاسخگویی با دقتی در همین حدود باشد.

ارزیابی پاسخ منطق فازی: انتخاب تابع عضویت مناسب و تشخیص قواعد کافی، یکی از اساسی‌ترین موارد در طراحی یک سیستم فازی است؛ چرا که در اغلب موارد با تغییر توابع عضویت، پاسخ سیستم و دقت آن بسیار تغییر می‌کند. در نهایت، سیستم فازی با دقت ۹۷ درصد، قادر به پیدا کردن برنامه رژیم غذایی مناسب می‌باشد. جهت حصول اطمینان از نتایج، در همه آزمون‌ها روش تا زدن K-folding با $۵ < K < ۱۵$ به کار رفته است.

از چالش‌های پژوهش حاضر علاوه بر ثبت نشدن اطلاعات بیماران به صورت دیجیتال، می‌توان به نواقص اطلاعات موجود در پرونده‌های بیماران نیز اشاره کرد. به طور مثال، در ۳۰ درصد از هزار پرونده، فیلدهایی مانند BMI یا وزن مطلوب محاسبه نشده بود. رفع این چالش نیاز به صرف زمان جهت تکمیل اطلاعات و حذف داده‌های پرت داشت. محدودیت دیگر در طراحی این سیستم، ثبت نشدن برنامه غذایی طراحی شده برای هر شخص توسط پزشک در سیستم و یا به صورت دستی بود و همین مشکل سبب شد تا به دلیل نبود وقت و زمان کافی، ۱۱ برنامه غذایی به شکلی که در صورت لزوم نیاز کمتری به ویرایش داشته باشد، طراحی گردد. اگر برنامه غذایی که توسط پزشک به این ۱۰۰۰ نفر داده شده بود، قابلیت دسترسی داشت، به طور قطع نتایج بهتر و دقیق‌تری به دست می‌آمد. از دیگر محدودیت‌ها این بود که به دلیل عدم دسترسی به داده‌های مطالعات خارجی، مقایسه مستقیم با آن روش‌ها مقدور نبود و به جای آن، تکرار دو روش معمول در برنامه تحقیق قرار گرفت.

نتیجه‌گیری

به نظر می‌رسد که طراحی یک سیستم هوشمند جهت پیشنهاد رژیم غذایی، کارایی زیادی دارد. با توجه به اهمیت برنامه غذایی، سیستم پیشنهاد شده موجب تسریع پیشنهاد برنامه غذایی و همچنین، کاهش هزینه‌ها و زمان مراجعه می‌شود. دقت مطلوب شبکه‌های عصبی و منطق فازی، می‌تواند نشان دهنده امکان استفاده از نرم‌افزارهای هوشمند مبتنی بر این دو روش به عنوان جانشین یا مکمل روش‌های فعلی توصیه رژیم غذایی باشد.

پیشنهادها

می‌توان توسعه نرم‌افزاری متکی بر روش‌های آزموده شده در تحقیق حاضر را به صورت تحت شبکه یا برنامه کاربردی موبایل توصیه نمود. همچنین، گسترش شبکه‌ای برای جمع‌آوری اطلاعات کاربران علاقمند به استفاده از چنین نرم‌افزاری و برآورد تأثیرات و نتایج توصیه‌های سیستم، برای آن‌ها می‌تواند مفید باشد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از کلیه کسانی که در انجام مطالعه حاضر همکاری نمودند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

References

1. Al-Dhuhli BA, Al-Gadidi BS, Al-Alawi HH, Al-Busaidi KA. Developing a nutrition and diet expert system prototype. Proceedings of the 21th IBIMA Conference on Vision 2020: Innovation, Development Sustainability, and Economic Growth; 2013 June 27-28; Vienna, Austria.
2. Ashoori M, Ghasem Aghaei N, Baraani A. Implementation of a diet expert system using fuzzy logic [Report]. Isfahan, Iran:

University of Isfahan; 2009. [In Persian].
3. Ramachandran S, Singh H, Bajaj KK. Nutrition diet Programme-an expert system [Online]. [cited 1992]; Available from: URL:https://www.aaai.org/Papers/Symposia/Fall/1992/FS-92-01/FS92-01-023.pdf.
4. Chen Y, Hsu CY, Liu L, Yang S. Constructing a nutrition diagnosis expert system. Expert Syst Appl 2012; 39(2): 2132-56.
5. Krbez JM, Shaout A. Fuzzy nutrition system. International Journal of Innovative Research in Computerand Communication Engineering 2013; 1(7): 1-12.
6. Heinonen P, Mannelin M, Iskala H, Juuso E. Development of a fuzzy expert system for a nutritional guidance application. Proceedings of the Joint 2009 International Fuzzy Systems Association World Congress AND 2009 European Society of Fuzzy Logic and Technology Conference. 2009 July 20-24, Lisbon, Portugal.
7. Bardella TU, de Sousa RN, Ferreira HS, Omar N, Dotto Stump SM, Silveira IF. Reviews usability of a software for diet control using artificial intelligence. Proceedings of the 12th International Conference on e-Society; 2014 Feb. 28-Mar 2; Madrid, Spain.
8. Sheikh F, Group of authors Dietetic Association. Guide treatment regimen. Tehran, Iran: Marzdanesh Publications; 2006. [In Persian].
9. Mahan K, Kraus MV, Scott SS. Basics of nutrition. Trans. Shidfar F, Kholdi N. Tehran, Iran: Jameia Negar Publications; 2011. [In Persian].

DOI: *10.22122/him.v14i6.3050* *Published by Vesnu Publications*

An Intelligent Artificial Neural Network and Fuzzy Logic-Based Diet Advisory System

Raziyeh Shabani[1], Seyed Amirhassan Monajemi[2], Seyed Morteza Safavi[3], Mehran Rezaei[4]

Original Article

Abstract

Introduction: The goal of the present study was to develop an automatic and high-performance professional nutrition and diet advisor system to help the users to evaluate their nutrition conditions and get useful nutritional information. The study also aimed to provide users with a healthy meal plan based on their physical conditions such as weight, height, age, etc.

Methods: This study was an applied research towards developing an intelligent diet advisor system. We focused on fuzzy logic and artificial neural networks as the means of implementation. The dataset was collected from one thousand patients' files chosen randomly from the files of the patients referred to a diet clinic in Isfahan City, Iran, between 2011 and 2015. The collected data were entered into excel software during four months of study.

Results: The designed three-layered artificial neural system with back propagation algorithm was able to diagnose the best dietary plan among the eleven proposed plans. The designed neural networks were able to work with 92% of accuracy, while the proposed fuzzy logic-based system carried out the procedure with 97% of accuracy.

Conclusion: The results of this research indicated that this dietary proposal system using neural networks and the fuzzy logic was sufficient enough to be used to propose appropriate diet and meal plans to individuals. As a result, it could allow the users to receive the very efficient diet plans after entering their personal information easily, accurately, and almost free of charge.

Keywords: Nutrition; Diet Therapy; Neural Network; Fuzzy Logic

Received: 10 Oct., 2017 Accepted: 04 Dec., 2017

Citation: Shabani R, Monajemi SA, Safavi SM, Rezaei M. **An Intelligent Artificial Neural Network and Fuzzy Logic-Based Diet Advisory System.** Health Inf Manage 2018; 14(6): 230-5

Article resulted from MSc thesis No. 22841006932001 funded by Isfahan Branch (Khorasgan), Islamic Azad University.

1- MSc, Software, Department of Computer, School of Engineering, Isfahan Branch (Khorasgan), Islamic Azad University, Isfahan, Iran
2- Associate Professor, Artificial Intelligence, Department of Artificial Intelligence Engineering, School of Computer Engineering, University of Isfahan, Isfahan, Iran (Corresponding Author) Email: monadjemi@eng.ui.ac.ir
3- Associate Professor, Nutrition and Diet Therapy, Department of Clinical Nutrition, School of Nutrition and Food Sciences, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
4- Assistant Professor, Information Technology, Department of Information Technology, School of Computer Engineering, University of Isfahan, Isfahan, Iran