

ارایه مدل طبقه‌بندی براساس سیستم استنتاج فازی و الگوریتم ژنتیک جهت تشخیص اختلال خواندن در دانش‌آموزان مقطع راهنمایی

فهیمة رضایی¹، راحیل حسینی²، مهدی مزینانی³

¹ گروه مهندسی کامپیوتر، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

² گروه مهندسی کامپیوتر، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول) rahil.hosseini@qodsiau.ac.ir

³ گروه مهندسی برق الکترونیک، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

اختلال یادگیری¹ از اختلال‌های شایع دوران کودکی است. مهمترین اختلال یادگیری، اختلال خواندن² که به مهارت‌های مبتنی بر خواندن اشاره دارد. این پژوهش یک مدل هایبریدی فازی-ژنتیکی³ جهت مدیریت عدم قطعیت جهت تشخیص اختلال خواندن ارایه می‌نماید. بدین‌منظور از مدل‌های طبقه‌بندی در فرآیند تشخیص اختلال استفاده شده‌است. در سیستم فازی، دانش مورد نیاز جهت طراحی سیستم از گروهی از افراد خبره شامل معلمان و متخصصان استخراج می‌شود. سیستم فازی پیشنهادی با قابلیت مدیریت عدم قطعیت در دانش، از مدل یادگیری تکاملی الگوریتم ژنتیک استفاده می‌کند. جامعه آماری، شامل 260 دانش‌آموزان دختر دبیرستان دوره اول متوسطه مدرسه غیردولتی معرفت واقع در استان البرز در سال تحصیلی 94-95 است. به منظور ارزیابی کارایی سیستم از تحلیل منحنی ROC استفاده شده‌است. نتایج نشان می‌دهد که کارایی مدل طبقه‌بندی فازی بعد از یادگیری قوانین توسط الگوریتم ژنتیک به 98.51% افزایش یافته‌است. سیستم طبقه بندی فازی پیشنهادی قادر به تشخیص صحیح اختلال خواندن با درجه اطمینان بالا است و جهت مدیریت نایقینی در تشخیص اختلال خواندن و بهبود وضعیت تحصیلی دانش‌آموزان می‌تواند موثر واقع شود.

مقاله علمی - پژوهشی

دریافت: 12 مرداد 1396

پذیرش: 14 آذر 1397

واژگان کلیدی:

اختلال خواندن

مدل سازی فازی

طبقه بندی

الگوریتم ژنتیک

مدل سازی عدم قطعیت

A new classification model fuzzy-genetic algorithm for detection of learning disability of dyslexia in secondary school students

Fahimeh Rezaee¹, Rahil Hosseini², Mahdi Mazinani³

¹ Department of Computer Engineering, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

² Department of Computer Engineering, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. (Corresponding author) rahil.hosseini@qodsiau.ac.ir

³ Department of Electronic Engineering, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

ARTICLE INFORMATION

Original Research Paper

Received: 03 August 2017

Accepted 05 December 2018

Keywords:

Dyslexia

Fuzzy Modeling

Classification

Genetic Algorithm

Modelling Uncertainty

ABSTRACT

Learning disability is very common in childhood. The most important disability is reading disorder which is related to reading skills. This research represents a hybrid scoring model using genetic algorithm and fuzzy set theory to manage uncertainty in diagnosis of reading disability. For this, fuzzy classification models were applied for diagnosis of the reading disability. In the fuzzy system, the knowledge was extracted from a group of experts who were teachers and specialists. In the proposed model, the knowledge of experts was automatically extracted using the learning process of the Genetic algorithm. A dataset of 260 girl students was collected from the Marefat High school in the Alborz province in the years of 1394 and 1395. The performance of the proposed model was investigated using the ROC curve analysis. The results show efficiency of the fuzzy classification model was increased to 98.51% after the rule learning with the Genetic algorithm. The proposed fuzzy classifier models uncertainty in the knowledge of expert to improve students' progress.

1. مقدمه

ناتوانی در یادگیری یک اختلال عصبی است. به عبارت ساده، ناتوانی یادگیری از درک نادرست مغز یک فرد نتیجه می‌شود. کودکان با ناتوانی یادگیری دقیق‌تر و هوشمندتر از همسالان خود هستند، اما آنها ممکن است مشکل خواندن، نوشتن، تلفظ، تمرکز، استدلال، یادآوری و یا سازماندهی اطلاعات داشته باشند. در این بین خواندن اساسی‌ترین و ضروری‌ترین وسیله آموزش است. زیرا فرد با کسب مهارت در آن قادر خواهد بود تا در امور زندگی معلومات لازم را کسب کند. گسترش و پیشرفت علوم در قرن حاضر چنان سریع انجام شده است که خواندن از جمله وسایل مهم فهمیدن در دنیای کنونی است فرد می‌تواند نتیجه تحقیقات و مطالعات دیگران را در مدت زمان کوتاهی فرا گیرد، که در این بین خوب خواندن از عوامل مهم پیشرفت است. خواندن فرآیندی پیچیده است که اجزای بسیار متفاوتی را دربرمی‌گیرد.

با توجه به اینکه تفاوت‌های زیادی در یادگیری انسانها وجود دارد، اما برخی از آنها در روند عادی آموزش دچار مشکل هستند یکی از شایع‌ترین مشکلات در دانش‌آموزان اختلال خواندن است. در میان مهارت‌هایی که یک دانش‌آموز در مدرسه فرامی‌گیرد فرآیند خواندن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این بین دانش‌آموزانی در مقاطع بالاتر تحصیلی وجود دارند که پیشرفت خواندن آنها در مقایسه با سن تقویمی به طور قابل ملاحظه‌ای پایین‌تر از سطح استاندارد است. حداقل 200 هزار دانش‌آموز ناتوان در یادگیری در جمعیت مدرسه‌ای ایران وجود دارد [1].

از آنجا که خواندن یکی از مهارت‌های لازم در سیستم آموزشی است و افراد بسیاری خواهان استفاده از این امکان برای زندگی بهتر می‌باشند در این پروژه به طراحی و پیاده‌سازی سیستم طبقه‌بندی فازی جهت تشخیص اختلال خواندن و بهینه‌سازی این سیستم توسط الگوریتم ژنتیک پرداخته شده است، تا شاید راه‌حلی برای تشخیص این اختلال در دانش‌آموزان مقاطع بالاتر باشد، از آنجا که این پژوهش سعی بر آن دارد تا با ارایه یک سیستم طبقه‌بندی فازی و الگوریتم ژنتیک به مدل نمودن عدم قطعیت جهت تشخیص اختلال خواندن بپردازد و در فرآیند تشخیصی این اختلال کمک قابل توجهی به مدیران و معلمان کند. در این مقاله روش‌هایی که اجرای آنها در نیل به این هدف لازم بوده است و طریقه طراحی و پیاده‌سازی آنها اجرا می‌گردد. در این پژوهش نوعی از اختلال یادگیری به نام اختلال در خواندن با استفاده از سیستم ترکیبی فازی-ژنتیک پیاده‌سازی شده است.

2. معرفی انواع اختلال یادگیری

مشکل اساسی اکثر دانش‌آموزان دچار ناتوانی یادگیری نداشتن مهارت در خواندن بر این اساس 80 درصد دانش‌آموزان دچار ناتوانی در خواندن هستند [2]. ناتوانی یادگیری نباید با معلولیت‌های دیگر مانند اوتیسم، کم‌توانی ذهنی، کری، کوری و اختلالات رفتاری اشتباه گرفته شود. در این کودکان جابجایی مدرسه و عدم حضور در مدرسه و یا غیبت‌های طولانی نباید صورت بگیرد. به این نکته باید توجه داشته باشیم که افرادی که در یادگیری یا خواندن زبان انگلیسی مشکل دارند لزوماً دچار اختلالات یادگیری نیستند [3].

انواع اختلالات یادگیری متداول

نارساخوانی: ناتوانی بر پایه زبان است که در آن یک فرد به زحمت کلمات و واژه را می‌خواند و می‌نویسد که به عنوان اختلال خواندن نیز ارجاع داده می‌شود.

ناتوانی در ریاضی: که شخص برای حل مسایل ریاضی و فهم اشکال و محاسبات دچار مشکل است

اختلال نوشتن: که شامل ناتوانی در نوشتن است و شخص قادر به تمایز حروف و واژه‌ها از یکدیگر نیست.

اختلالات پردازش دیداری و شنیداری: یک معلولیت حسی است که فرد با وجود شنوایی و بینایی طبیعی در فهم زبان مشکل دارد. معلولیت‌های یادگیری غیر کلامی: یک اختلال نورولوژیکی که سرچشمه آن در نیمکره راست مغز است، باعث بروز مشکلاتی در بینایی-فضایی، بصری، سازمانی، ارزیابی می‌شود. اختلال خواندن مورد بررسی در این مقاله نوعی فرآیند روانی-زبانی مبتنی بر اطلاعات بینایی و آگاهی خواننده و هم‌چنین قوانین شناسی و معنایی است به عبارت دیگر خواندن فرآیندی آزمایشی است و شامل استفاده از نشانه‌های زبانی و ادراکی حاصل از انتظارات خواننده است که باید اطلاعات رسیده را پردازش کند و برای تایید، رد یا تصحیح مورد تصمیم قرارگیرد. از آنجایی که سیستم‌های هوشمند در بکارگیری حل مسایل واقعی کاربرد بسزایی دارند، بر این اساس در پژوهش حاضر به توسعه یک الگوریتم با استفاده از سیستم استنتاج فازی و تکنیک‌های طبقه‌بندی نرم با تاکید بر ناتوانی خواندن در دانش‌آموزان مقطع راهنمایی می‌پردازد. ارزیابی در حال حاضر در مدارس به صورت کیفی است و ممکن است از یک معلم به معلم دیگر متفاوت باشد که این یکی از عوامل مهمی است که توأم با عدم قطعیت است. عامل مهم دیگری که می‌توان برای پیش‌بینی اختلال خواندن به آن اشاره کرد روش ارزیابی است که بر این اساس داده‌های جمع‌آوری شده به طور کامل بستگی به روحیه و خلق و خوی دانش‌آموز دارد. در سال‌های اخیر

اختلال خواندن بپردازد. آگاهی معلمان و مدیران در سیستم آموزشی مدارس در زمینه اختلال خواندن نقش بسزایی در تشخیص بهنگام این اختلال دارد و بر همین اساس مدل‌های طبقه‌بندی فازی می‌تواند در فرآیند تشخیصی این اختلال کمک قابل توجهی کند. شایان ذکر است در یک سیستم هوشمند تشخیص اختلال یادگیری، دانش مورد نیاز جهت طراحی سیستم معمولاً از گروهی از افراد خبره شامل معلمان و متخصصان استخراج می‌شود، این درحالی‌است که بین تصمیم و تشخیص نهایی افراد و حتی در ارزیابی نهایی یک فرد در یک مورد مشترک ممکن است اختلاف وجود داشته باشد. این سیستم فازی با قابلیت مدیریت نایقینی در دانش معلمان در فرآیند ارزشیابی اختلال خواندن در دانش‌آموزان می‌تواند در تشخیص بهبود وضعیت تحصیلی دانش‌آموزان موثر واقع شود.

3.1 پایگاه داده‌ها

جامعه آماری پژوهش حاضر شامل 260 نفر از دانش‌آموزان دختر پایه ششم، هفتم، هشتم و نهم دبیرستان دوره اول متوسطه مدرسه غیردولتی معرفت واقع در استان البرز است و در سال تحصیلی 94-95 مشغول به تحصیل بودند سه گروه آموزشی هر کدام به مدت 8 ماه آموزش‌های مرسوم مدرسه‌ای را دریافت نمودند جدول (1-1) و (1-2) شامل ویژگی داده‌ها که همان متغیرهای استفاده شده در روش مذکور است که از پایگاه داده مدرسه معرفت استخراج شده‌است، ابزارهای اندازه‌گیری شامل آزمون پیشرفت تحصیلی خواندن و درک مطلب بود که بر این اساس آگاهی از واج شناسی دانش‌آموزان بر اساس درک مطلب مورد ارزیابی قرار گرفت. دامنه سنی دانش‌آموزان مورد بررسی در مدرسه 12 تا 15 سال است. متغیرهای مورد بررسی در سیستم استنتاج فازی جهت تشخیص اختلال خواندن عبارتند از:

جدول 1. متغیرهای ورودی و خروجی سیستم پیشنهادی

Table 1. Output and input Fuzzy Inference System

Input / output variable	Name	Explanation
Input	DR	Difficulty with reading
Input	DS	Difficulty with spelling
Input	IW	Identifying words
Input	MP	Memorize poetry
Output	Class	Dyslexia or without dyslexia

پژوهش‌های زیادی در خصوص بررسی تفاوت دانش‌آموزان از نظر معلمان در فرآیند یادگیری انجام شده است [29] از سوی دیگر پژوهش‌هایی در خصوص بکارگیری فناوری به منظور تشخیص اختلالات یادگیری و روانشناختی در دانش‌آموزان انجام شده است. در روش ارایه‌شده در [30] با استفاده از الگوریتم فازی در تکنیک‌های پردازش سیگنال به بررسی مشکل استرس در دانش‌آموزان پرداخته شده است. با توجه به عدم قطعیت در فرآیند یادگیری و متفاوت بودن دیدگاه‌های معلمان در این خصوص از عوامل مهم عدم قطعیت سیستم است. مدل‌های ریاضی مختلفی جهت شناسایی شیوه یادگیری دانش‌آموزان قبل از مدرسه و در دوران مدرسه انجام شده‌است که می‌توان به مدل ریاضی ارایه‌شده در [31] اشاره نمود. از آنجایی که سیستم‌های هوشمند در بکارگیری حل مسایل واقعی کاربرد بسزایی دارند، بر این اساس در پژوهش حاضر به توسعه یک الگوریتم با استفاده از سیستم استنتاج فازی و تکنیک‌های طبقه‌بندی نرم با تاکید بر ناتوانی خواندن در دانش‌آموزان مقطع راهنمایی می‌پردازد.

عامل مهم دیگری که می‌توان برای پیش‌بینی اختلال خواندن به آن اشاره کرد روش ارزیابی است که بر این اساس داده‌های جمع‌آوری شده به طور کامل بستگی به روحیه و خلق و خوی دانش‌آموز دارد که از عوامل مهم عدم قطعیت در سیستم است. سیستم‌های طبقه‌بندی فازی به عنوان ابزاری در اختیار مدیران جهت مدل نمودن اطلاعات نادقیق و کیفی که اغلب به شکل عبارتهای زبانی بیان می‌گردد، به دلیل در نظر گرفتن شرایط واقعی و اطلاعات نادقیق در فرآیند تصمیم‌گیری منجر به سیستم‌های کارا تر و دقیق‌تر خواهد شد. یک سیستم استنتاج فازی از مشکل استاتیک بودن و عدم تطبیق با محیط بیرون رنج می‌برد در پژوهش حاضر به منظور انتخاب بهترین وضعیت کاندید بین مجموعه‌ای از وضعیت‌های که می‌تواند از یک وضعیت تولید شود، از تلفیق الگوریتم ژنتیک و سیستم فازی استفاده شده است که این روش از ایده زنده ماندن مناسب‌ترین عمل می‌نماید و راه حل‌های مناسب‌تر احتمال انتشار بیشتری در نسل‌های بعدی دارند. هدف از این پژوهش ایجاد مدلی هوشمند بر پایه سیستم استنتاج فازی و مدل‌های طبقه‌بندی با تاکید خاص بر پیش‌بینی اختلال خواندن به منظور کمک به تشخیص معلمان است.

3. روش پیشنهادی

این پژوهش سعی بر آن دارد تا با ارایه یک سیستم طبقه‌بندی فازی و الگوریتم ژنتیک به مدل نمودن عدم قطعیت جهت تشخیص

مسائل کنترلی به یکسری قوانین IF x And y THEN Z تبدیل می‌شود که پاسخ گوی خروجی مطلوب سیستم برای شرایط ورودی داده شده به سیستم است. این قوانین ساده برای توصیف پاسخ دهی مطلوب سیستم با اصطلاحاتی از متغیرهای زبان شناختی ذکر شده در بالا به جای فرمول‌های ریاضی استفاده می‌شوند. قوانین استخراج شده با درجه اطمینان اختصاص داده شده به وسیله سیستم پاداش و تنبیه تعیین می‌گردد. با استفاده از یک تابع شایستگی قانون عملکرد طبقه‌بندی فازی در الگوهای آموزش دیده مشخص می‌شود. مبنای سیستم ورودی براساس قانون اگر و آنگاه است که این قوانین به صورت عبارتهای زبانی از فرد خبره استخراج شده است. سیستم طبقه‌بندی فازی روش بهینه ای برای استخراج قوانین از داده های عددی ناست به همین خاطر از متدهایی مانند الگوریتم ژنتیک که قوانین فازی را با استفاده از توابع عضویت استخراج می کند استفاده می‌شود. در این رویکرد هر قانون طبقه‌بندی شده به عنوان یک فرد با درجه اطمینان مختص به آن قانون است.

طرح کلی سیستم طبقه‌بندی فازی به شرح زیر است:

ایجاد جمعیت اولیه از قوانین طبقه‌بندی زبانی

آموزش هر قانون در جامعه جاری

1- نسبت دادن مقدار شایستگی به هر قانون در جامعه جاری

2- تولید قوانین طبقه‌بندی زبانی جدید و جایگزین کردن

کردن بخشی از جمعیت با قوانین زبانی تولید شده.

3- تکرار مراحل 2 و 4

طبقه‌بندی در این رویکرد، براساس قواعد زبانی است به عنوان مثال اگر درجه اطمینان قانون اول یا x_1 نسبت به قانون دوم مقدار کاست و قانون دوم یا x_2 مقدار بزرگ باشد و مقدار x_3 درجه متوسط باشد پس به هر کلاس درجه اطمینان داده می‌شود در این طبقه‌بندی درجه اطمینان (CF) درجه اطمینان کلاس است. و به ازای هر الگوی جدید، خطا و درجه اطمینان برای هر کلاس محاسبه می‌شود و هر کدام که مقدار CF بالاتری کسب کنند الگوی مورد نظر در آن پیاده‌سازی می‌شود. سیستم طبقه‌بندی فازی استفاده شده در این مقاله، قوانین فازی را برای حل مسایل طبقه‌بندی تولید می‌کند. الگوی طبقه‌بندی فازی در پژوهش حاضر به شرح زیر است:

$$\text{Rule } R_j : \text{If } X_1 \text{ is } A_{j1} \text{ and } \dots \text{ and } X_n, j = 1, 2, \dots, N \quad (1)$$

$$\text{is } A_{jn} \text{ then Class } C_j \text{ with CF} = \text{CF}_j$$

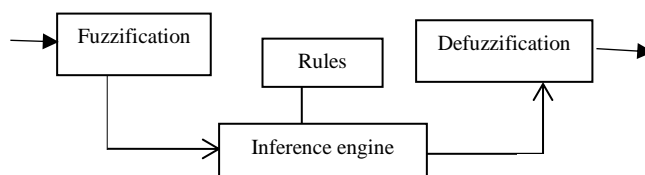
در الگوی شماره (1) R_j برچسب قوانین فازی است. A_{j1}, \dots, A_{jn} عبارتهای زبانی یا ورودی‌های سیستم، C_j نتیجه کلاس یا خروجی سیستم و C درجه اطمینان متغیرهای زبانی از قوانین

جداول (1) به ترتیب نشان‌دهنده‌ی متغیرهای ورودی و خروجی سیستم فازی است. این سیستم شامل 4 ورودی با نام های اختلال خواندن، اختلال در هجی کردن، شناسایی واژگان و حفظ شعر و دو خروجی با نام های اختلال خواندن و بدون اختلال خواندن است که که پارامترهای مهم در تشخیص اختلال خواندن است.

3.2 سیستم پیشنهادی استنتاج فازی جهت تشخیص اختلال خواندن

استنتاج فازی، فرآیند مدلسازی نگاشت از یک ورودی به یک خروجی با استفاده از منطق فازی و سیستم استنتاج فازی مبتنی بر دانش یا قواعد است. قسمت اصلی این سیستم یک پایگاه دانش است که از قواعد اگر-آنگاه فازی تشکیل شده است. سیستم‌های فازی با توصیف پدیده‌های غیرقطعی و نامشخص با این حال یک تئوری دقیق می‌باشند.

در یک سیستم استنتاج فازی، تصمیم‌گیری نهایی بر مبنای تمام قواعد صورت می‌گیرد. در شکل (1) در قسمت مبدل فازی، متغیرهایی با مقادیر حقیقی به یک مجموعه فازی تبدیل شده از طریق ماشین رابط فازی و قوانین پایه نتایج به قسمت غیر فازی ساز منتقل شده که یک مجموعه فازی را به یک متغیر یا مقدار حقیقی تبدیل می‌کند. به بیان دیگر اطلاعات ورودی اغلب مقادیر پیچیده‌اند و این اعداد به مجموعه های فازی تبدیل می‌گردند. مدل‌ها بر اساس منطق فازی شامل قوانین اگر- آنگاه تفسیر می‌گردند. در واقع منطق فازی تجربه و دانش انسانی را به صورت ترکیبی از اعداد در مقابل وی قرار می‌دهد و او را قادر می‌سازد تا تصمیمی براساس ریاضیات و منطق بگیرد. شکل زیر نمایش معماری یک سیستم فازی است.



شکل 1. معماری سیستم فازی

Fig. 1. Fuzzy system architecture

ورودی سیستم: بررسی اختلال خواندن با توجه به دفتر ثبت فعالیت‌های یاددهی و یادگیری یک پایگاه دانش بوده که از قواعد اگر-آنگاه فازی تشکیل شده است. یکی از ویژگی های منطق فازی در استفاده از ساختار قانون پایه منطق فازی است که در طی آن

به منظور بهینه سازی تعداد قوانین فازی و محاسبه توابع عضویت از سیستم طبقه‌بندی فازی استفاده شده است که در آن قوانین با استفاده از الگوریتم ژنتیک بهینه می‌شود. در ادامه پس از ساخت مدل فازی با ساختار معلوم، با استفاده از الگوریتم ژنتیک پارامترهای بخش نتیجه قوانین مدل فازی بهینه سازی می‌شود. در الگوریتم پیشنهادی ابتدا یک جمعیت تصادفی از N کروموزم ایجاد می‌شود که هر کروموزم قسمت مقدم یک قانون فازی را مشخص می‌کند. برای بدست آوردن قسمت تالی قوانین، ابتدا خروجی قانون را برابر کلاس مثبت در نظر گرفته و مقدار معیار اطمینان این قانون را بدست می‌آید.

در این پژوهش از سیستم طبقه‌بندی فازی برای تشخیص اختلال خواندن استفاده شده است که این روش برای تولید یک جمعیت اولیه از قوانین طبقه‌بندی فازی است میزان تطابق داده‌ها و به همراه قوانین استخراج شده باعث افزایش کارایی سیستم شده است در این سیستم از طبقه‌بندی قوانین ایشی بوچی استفاده شده است و ترکیب این سیستم با الگوریتم ژنتیک باعث همگرایی سیستم شده است. در این طراحی در ابتدا با ساده ترین روش و بوسیله الگوریتم ژنتیک توابع عضویت و قوانین فازی مورد نظر تولید شده و در مرحله بعد سعی در بهینه نمودن پارامترهای توابع عضویت انتخاب شده خواهیم نمود در حالی که در یادگیری بدون ناظر یا یادگیری خود سامانده پارامترهای سیستم تنها توسط پاسخ سیستم اصلاح و تنظیم می‌شوند. در سیستم پیشنهادی برای بدست آوردن معیار اطمینان گام اول محاسبه بتا برای هر کلاس است که سیستم مورد نظر ما در اینجا شامل دو کلاس است. روند تولید قوانین به شرح زیر است:

گام اول: محاسبه بتا برای هر کلاس

(2)

$$\beta_{class}(R_j) = \sum_{x_p \in Class_h} \mu_{j_1}(x_{p_1}) \dots \mu_{j_n}(x_{p_n}), h = 1, 2, \dots, c$$

بتا کلاس جمع توابع عضویت الگوهای آموزش دیده سازگار برای

$$\beta_{class_j}(R_j) = \text{Max} \{ \beta_{Class_1}(R_j), \dots, \beta_{Class_c}(R_j) \} \quad (3)$$

عبارتهای فازی طبقه‌بندی شده است

گام دوم: بدست آوردن بیشتر مقدار از محاسبه بتا، قانونی که بیشتر مقدار از محاسبه بتا را بدست بیاورد برای تعیین معیار اطمینان انتخاب شود

گام سوم: انتخاب بیشترین مقدار بتا مشخص کننده معیار اطمینان است که با فرمول زیر محاسبه می‌گردد

طبقه‌بندی است، N نیز تعداد کل قوانین طبقه‌بندی فازی است، هر قاعده ی فازی با یک درجه اطمینان توسط یک طرح پاداش و مجازات در هر جامعه تنظیم می‌شود. CF تعیین کننده درجه اطمینان قوانین است طرح پاداش و مجازات یکی از روش های تعیین وزن برای قوانین است در این روش با تشویق قوانین وزن آن‌ها افزایش یافته و اهمیت قانون نیز افزایش می یابد در نتیجه اگر قانون، داده واقعی وارد شده به سیستم را بشناسد باید تشویق شود و وزن آن نیز افزایش می یابد، در روش مجازات اگر قانون، داده واقعی وارد شده به سیستم را درست تشخیص ص ندهد باید مجازات شود و از وزن قانون کاسته می‌شود، تکرار فرآیند پاداش و مجازات باعث می‌شود که قوانینی که تطابق کمتری با محیط داشته اند وزن آنها کاهش یابد و قوانینی که بیشتر با محیط تطابق دارند وزن آنها افزایش یابد. تابع شایستگی نیز به هر یک از قواعد فازی اختصاص داده می‌شود که توسط عملکرد طبقه‌بندی برای آموزش الگوها تعیین می‌گردد.

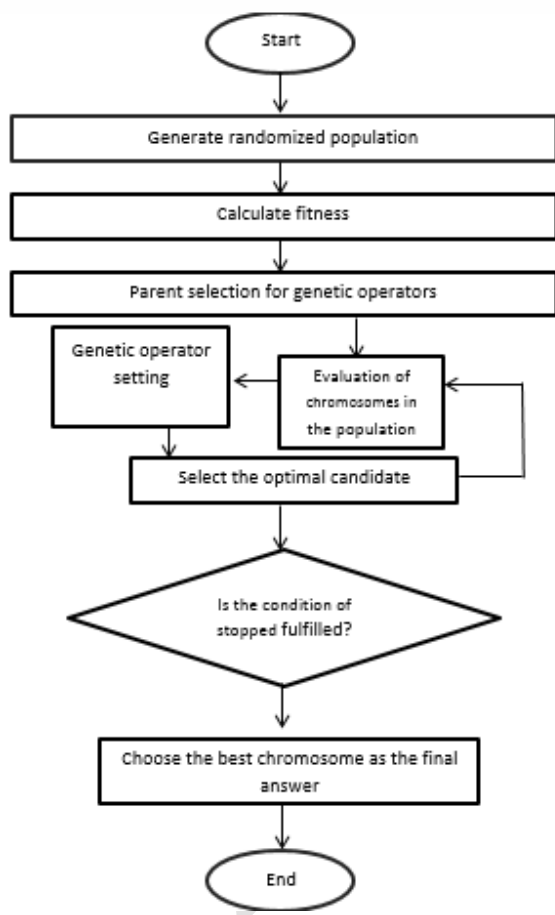
4. مشخصات مدل سیستم ترکیبی فازی-ژنتیک

سیستم‌های فازی، یک سیستم مبتنی بر دانش است که فرآیند استنتاج با استفاده از قواعد اگر-آنگاه و ورودی های نادقیق عمل می نماید. این سیستم تنها سیستمی است که کار محاسبه با کلمات را انجام می دهد. یک سیستم استنتاج فازی از مشکل استاتیک بودن و عدم تطبیق با محیط بیرون رنج می‌برد و به منظور تکامل این سیستم پیوند الگوریتم های تکاملی (الگوریتم ژنتیک) و سیستم فازی منجر به تکامل سیستم فازی و ایجاد سیستم فازی-ژنتیک می‌شود. که هر کروموزم در این الگوریتم، نشان‌دهنده‌ی یک قانون است. در این پژوهش سیستم FIS از سیستم طبقه‌بندی فازی است که پارامترهای شکل توابع عضویت و بخش قوانین فازی آن توسط الگوریتم ژنتیک تنظیم و بهینه‌سازی شده‌است. در مدل ترکیبی FIS-GA روند بهینه سازی بر اساس یک مجموعه ای از داده های ورودی- خروجی است. بر اساس این داده ها پارامترهای توابع عضویت و بخش نتیجه قوانین اگر- آنگاه مدل فازی در آن به گونه ای انتخاب شده است که مقدار خطای مدل در برآورد داده های متغیر خروجی یا همان متغیر بخش نتیجه قوانین فازی حداقل باشد. در این مطالعه کارایی مدل‌های مبتنی بر ترکیب سیستم استنباط فازی و الگوریتم های بهینه سازی و یادگیری از جمله الگوریتم ژنتیک مورد بررسی قرار گرفته است و سپس نتایج با استفاده از روش های منحنی مشخصه عملکرد و روش اعتبار سنجی چند لایه مورد تحلیل قرار گرفته است. در فرآیند ساخت مدل‌های فازی، در ابتدا

جدول 2. نمونه‌ای از قوانین سیستم استنتاج فازی

Table 2. An example of fuzzy inference rules

No	DR	IW	Then MP	DS	MP
1	Good	Good	Satisfactory	Good	Without-dyslexia
2	Good	Good	Good	Good	Without-dyslexia
3	Good	Good	Satisfactory	Poor	Without-dyslexia
4	Good	Good	Good	Poor	Without-dyslexia
5	Satisfactory	Poor	Poor	Poor	dyslexia



شکل 4. نمایی از مدل ترکیبی فازی-ژنتیک

Fig. 4. Genetic fuzzy combined model

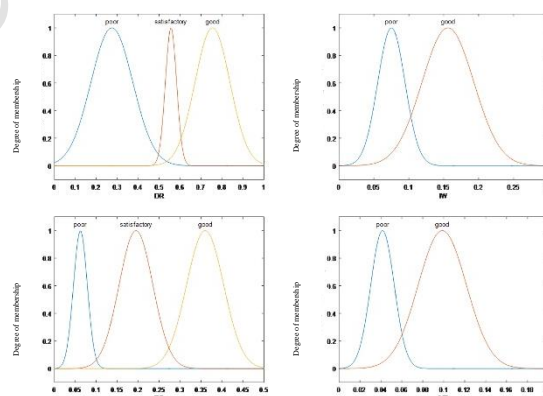
با توجه به شکل 4 الگوریتم ژنتیک در این پژوهش با مجموعه جواب اولیه شروع می‌شود که به آن جمعیت اولیه گفته می‌شود. هر فرد از این جمعیت یک کروموزوم نامیده می‌شود که به هر کدام از آنها یک مقدار صلاحیت یا برازش نسبت داده می‌شود. بر اساس پاسخ‌های یک جمعیت، جمعیت جدید بعدی ایجاد می‌شود این عمل تا زمانی انجام می‌شود که صلاحیت افراد از یک جمعیت به جمعیت دیگر بهبودیابد. در نهایت پاسخ‌ها بر اساس برازش

$$CF_j = (\beta_{Class_j}(R_j) - \beta^*) / \sum_{h=1}^c \beta_{Class}(R_j), \quad (4)$$

$$\text{where } \beta^* = \sum_{h \neq h_j} \beta_{Class}(R_j) / (c - 1).$$

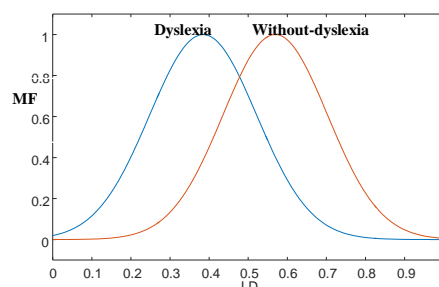
در فرمول فوق μ

تابعی است که درجه تطبیق نمونه ورودی یا قسمت مقدم قانون Rj را نشان می‌دهد C نشان‌دهنده‌ی برچسب کلاس قانون R است. همانطور که در شکل (2) نمایش داده شده است، پس از محاسبه مقدار شایستگی کروموزوم، عملگرهای جهش و ادغام را بر روی این کروموزوم اعمال کرده و کروموزوم فرزند تولید می‌شود. سپس مقدار شایستگی کروموزوم فرزند محاسبه می‌گردد و با توجه به مقادیر شایستگی کروموزوم والد و فرزند، کروموزوم جدیدی ایجاد می‌گردد و به جمعیت جدید منتقل می‌شود. عملیات فوق را برای تمامی کروموزوم‌ها می‌تواند در جمعیت موجود انجام می‌دهیم تا خروجی تمام قوانین و مقدار شایستگی آن‌ها بدست آید. در هر بار اجرای الگوریتم قوانینی که بالاترین شایستگی را کسب کرده‌اند در مجموعه‌ای به نام best حفظ می‌شوند. این عملیات را تا رسیدن به شرط توقف (250 بار) انجام می‌دهیم. در نهایت با توجه به جمعیت نهایی و مجموعه best مجموعه قوانینی که بالاترین شایستگی را دارند بدست می‌آید (جدول 2). در زیر شمایی از توابع عضویت سیستم استنتاج فازی و نمونه‌ای قوانین آورده شده است.



شکل 2. ورودی سیستم استنتاج فازی

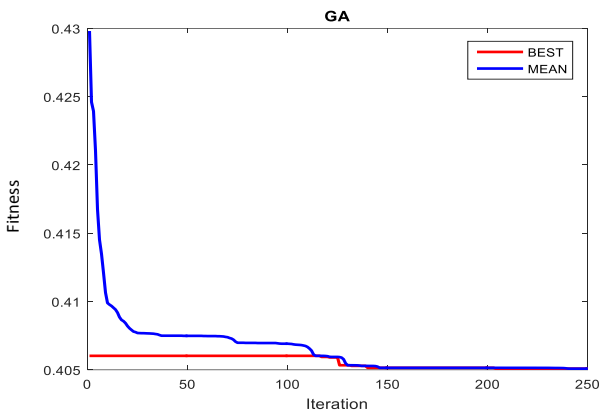
Fig. 2. Fuzzy inference system input



شکل 3. خروجی سیستم استنتاج فازی

Fig. 3. Fuzzy inference system output

عضویت و بخش نتیجه قوانین اگر-آنگاه مدل فازی است. در این پژوهش کارایی مدل هایبریدی فازی-ژنتیک به ازای نرخ جهش پایین و نرخ تقاطع بالا ارزیابی شد بعد از هر مرحله تکرار به ازای نرخ جهش و تقاطع گوناگون، در نهایت سیستم با نرخ تقاطع 0.9 و نرخ جهش 0.03 به همگرایی مطلوب رسید. شکل (5) نشان می‌دهد که به ازای نرخ تقاطع بالا و نرخ جهش پایین که به ترتیب در سیستم مورد مطالعه 0.9 و 0.03 است الگوریتم ژنتیک در نسل 150 به همگرایی مطلوب رسید. با توجه به شکل، الگوریتم مورد نظر در نسل 150 همگرا شده است. شرط توقف به ازای 250 تکرار است.



شکل 5. مدل هایبریدی فازی-ژنتیک

Fig. 5. Genetic fuzzy combined model

جدول 3. قوانین بهینه بر اساس سیستم فازی-ژنتیک

Table 3. Optimal fuzzy-genetic system rules

#	DR	IW	Then MP	DS	MP
1	Satisfactory	Poor	Poor	Poor	Without-dyslexia
2	Good	Poor	Satisfactory	Good	Without-dyslexia
3	Satisfactory	Poor	Poor	Poor	Dyslexia
4	Good	Good	Satisfactory	Good	Without-dyslexia
5	Satisfactory	Poor	Satisfactory	Poor	Dyslexia
6	Satisfactory	Good	Satisfactory	Poor	Dyslexia
7	Satisfactory	Good	Satisfactory	Poor	Dyslexia

همچنین در پژوهش حاضر برای موازنه بین تشخیص های درست و نادرست از منحنی مشخصه عملکرد استفاده شده است. از این معیار برای مقایسه مدل‌های دسته بندی به طور گرافیکی استفاده می‌شود، منحنی ROC یک نمودار پراگندگی از حساسیت (Sensitivity) برای یک سیستم طبقه‌بندی کننده ی باینری است

انتخاب می‌شود تا افراد جدید را بسازند افرادی از جمعیت که صلاحیت بیشتری دارند، شانس بیشتری برای انتخاب خواهند داشت، عملیات جستجو در فضای پاسخ های قابل قبول ادامه می‌یابد تا پاسخ های بهتر انجام شود. و تا زمانی که شرایط پایانی فرا رسد الگوریتم ژنتیک پیش می‌رود.

مراحل کلی سیستم هایبریدی فازی ژنتیک در پژوهش حاضر به شرح زیر است:

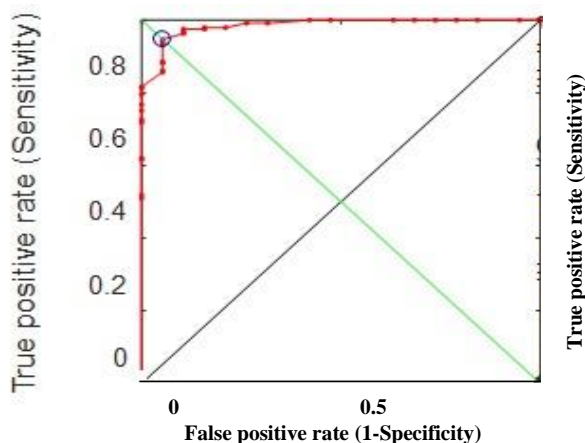
- طراحی توابع عضویت با استفاده از دانش فرد خبره
- استخراج قوانین از فرد خبره با توجه به ماهیت مسئله
- تعریف پارامترهای الگوریتم ژنتیک که شامل نرخ تقاطع، نرخ جهش، مکانیزم انتخاب نسل، تعداد کروموزم ها در جمعیت، تعداد تولید و شرط توقف
- استفاده از الگوریتم ژنتیک برای تولید قانون، هم چنین تولید قانون می‌تواند به صورت تصادفی صورت گیرد.
- استفاده از منحنی تحلیل ROC برای مقایسه ارزش واقعی و ارزش تخمینی

5. ارزیابی عملکرد سیستم ترکیبی فازی-ژنتیک

بر این اساس یافته های پژوهش نشان می‌دهند که روش هایبریدی فازی ژنتیک در کاربردهای طبقه‌بندی بسیار کارآمد هستند، البته دست یابی به دقت بالا با استفاده از این روش، مستلزم صرف هزینه محاسباتی بیشتر و تعداد نمونه های آموزشی بالاتر و بالطبع زمان آموزش طولانی تر خواهد بود. نتایجی که با استفاده سیستم استنتاج فازی بدست آمد 94.69 است زمانی که قوانین طبقه‌بندی می‌شوند کارایی نهایی دسته‌بندی مطلوب تر می‌شود. زمانی که از سیستم ترکیبی فازی-ژنتیک استفاده می‌شود این کارایی افزایش می‌یابد و سطح زیر نمودار منحنی مشخصه عملکرد 98.50 را نمایش می‌دهد. نتایج خروجی مدل ترکیبی فازی ژنتیک تاییدکننده این بود که این مدل دقیق تر از مدل استنتاج فازی است دلیل نتایج مطلوب تر در مدل ترکیبی اختصاص معیار اطمینان و کلاس بندی قوانین است.

در بیشتر تحقیقاتی که در آن از سیستم استنتاج فازی استفاده می‌شود قوانین بدون وزن دهی به کار برده می‌شوند که نتایج مطلوبی نخواهد داشت. مدل سیستم استنباط فازی-الگوریتم ژنتیک توسعه یافته در این مطالعه یک سیستم فازی از نوع ایشی بوچی است که بخش نتیجه قوانین فازی آن توسط الگوریتم ژنتیک تنظیم و بهینه سازی شده است. در این مدل روند بهینه سازی پارامترها بر اساس استفاده از یک مجموعه ای از داده های ورودی-خروجی است. براساس این داده ها پارامترهای توابع

اطمینان و کلاس‌بندی قوانین است که این درجه اطمینان سبب فازی سازی قواعد شده‌بود. منابع عدم قطعیت در فرآیند تشخیص اختلال خواندن باعث افزایش کارایی سیستم طبقه‌بندی فازی شده‌است در بیشتر تحقیقاتی که در آن از سیستم استنتاج فازی استفاده می‌شود قوانین بدون وزن‌دهی به کاربرده می‌شوند که نتایج مطلوبی نداشته‌است.



شکل 6. منحنی تحلیل ROC سیستم فازی ژنتیک

Fig. 6. ROC analysis curve of genetic fuzzy system

جدول 5. مقایسه روش‌های پیشنهادی با کارهای مرتبط

Table 5. Comparison of proposed methods with related work

Title	Model	Accuracy
Eye movement in dyslexia: their diagnostic [14]	Decision tree	84%
Early dyslexia detection techniques by means of oculographic signals [15]	Fuzzy- genetic	99.49%
Application of ANN to the identification of students with LD [16]	LVQ	91.8%
Application of ANN to the identification of students with LD [16]	Bayesian model	94.23%
Fuzzy system in work	Mamdani inference model	81.34%
Fuzzy-genetic in work	Fuzzy- genetic	98.50%

6. نتیجه‌گیری و کارهای آینده

هدف از سیستم پیشنهادی تشخیص اختلال خواندن به عنوان یکی از مهمترین اختلالات یادگیری است که دقت این سیستم با استفاده از منحنی مشخصه عملکرد با روش ترکیبی فازی ژنتیک 98.50 درصد شده‌است این در حالی است که اکثر مقالات به بررسی تمام اختلالات پرداخته‌اند و به همین علت نتوانسته‌اند به‌طور خاص یک اختلال را بررسی کنند و کارایی سیستم را بر اساس همان اختلال بسنجند. در مطالعه حاضر از سیستم طبقه‌بندی فازی

که آستانه‌ی تمییز آن متغیر است. برای تشکیل نمودارهای ROC به دو طبقه‌بندی نیاز است. یکی طبقه‌بندی واقعی و دیگری طبقه‌بندی پیش‌بینی شده بر اساس مدل. منحنی مشخصه عملکرد ROC که با قرار دادن حساسیت تست تشخیصی در محور y و FPR یا میزان مثبت کاذب (1-ویژگی) در محور x ها تهیه می‌شود، روشی مفید برای ارزیابی کارایی تست تشخیصی است. نتیجه حاصل از این تحلیل منحنی‌هایی هستند که با استفاده از آن‌ها به راحتی می‌توان تشخیص داد کدام مدل مناسب‌تر است. منحنی ایجاد شده trade-off بین نرخ true positive و نرخ false positive است.

همانگونه که در جدول (4) نشان داده شده است، صحت عملکرد سیستم‌های بریدی فازی-ژنتیک از نظر سطح زیرمنحنی ROC برابر با 98.5 درصد است. نتایجی که با استفاده از سیستم ممدانی در [28] به دست آمده از لحاظ طبقه‌بندی اختلال خواندن نسبت به مدل طبقه‌بندی بر اساس قوانین رضایت بخش نبود سطح زیر نمودار در سیستم فازی ممدانی 81.34 درصد است و در سیستم طبقه‌بندی فازی با معیار درجه اطمینان به 94.69 درصد ارتقا می‌یابد. می‌توان گفت زمانی که قوانین طبقه‌بندی می‌شوند کارایی نهایی دسته‌بندی مطلوب‌تر می‌شود.

جدول 4. نتایج مقایسه تحلیل منحنی ROC روش‌های ترکیبی پیشنهادی

Table 4. Results of comparison of the results of the ROC curve analysis of proposed hybrid methods

ROC (AUC) %	C.I% (AUC)	S.E	Sensitivity %	Specificity %	Method
81.34	[73.63 89.05]	0.74	98.37	78.95	Fuzzy inference system
94.95	[91.24 97.54]	0.01	94.96	94.74	Fuzzy-genetic

زمانی که از سیستم ترکیبی فازی-ژنتیک استفاده می‌شود این کارایی افزایش می‌یابد و سطح زیر نمودار منحنی مشخصه عملکرد 98.50 درصد را نمایش می‌دهد در حقیقت در سیستم ترکیبی فازی-ژنتیک انتخاب والد برای انجام اپراتورهای ژنتیکی با هدف دستیابی به پاسخ قابل قبول است با توجه به اینکه داده‌ها به واقعیت نزدیک می‌باشند و به صورت فازی تغییر پیدا می‌کند، خروجی سیستم تأیید کننده شکل (6) آن بود که نتایج خروجی مدل ترکیبی فازی ژنتیک دقیق‌تر از مدل فازی ممدانی و ایشی بوجی است دلیل نتایج بهتر در مدل ترکیبی اختصاص معیار

پی‌نوشت

Learning Disability
Dyslexia
Fuzzy-Genetic

¹اختلال یادگیری
²اختلال خواندن
³فازی-ژنتیک

مراجع

- [1] Karimzadeh, P., Shirazi, S., & Nilipour, R., (2003), Design and evaluation of diagnostic test of reading. Journal of Rehabilitation Science and Research, No. 16, 11-7(In Persian).
- [2] Niazi, M., & Zare, M., (1995), Study of learning disabilities in elementary school students in Isfahan, Proceedings of the Congress of Pediatrics and Pediatric Surgery, Tehran, Arman Publication.
- [3] Investigating the awareness of primary school administrators of learning disabilities in the provinces of the country, (Unpublished master's thesis). Tehran.
- [4] Seyed mostafi, SH., nasrabadi, B., Mandana, S, (2004). Investigating knowledge of middle and upper secondary education managers about special learning disabilities and their relationship with students' academic achievement, Educational articles 13, 33-44 (In Persian).
- [5] Comparison of managers' awareness of learning disabilities in three elementary, secondary and secondary levels, (Unpublished master's thesis) Tehran.
- [6] Faryar., Feridoon., & Rakhshan Akbar., (2009), learning disability, saba publishing, Tabriz.
- [7] Allah radi, M., & mohamadi., (2009), Evaluation and comparison of visual perception, memory and visual and auditory sequences and phonological awareness skills in dyslexic and normal second grade children in Tehran, (Unpublished master's thesis), Tehran.
- [8] Baker, J.M. & Zigmond, (1995). "The meaning and practice of inclusion for student with learning disabilities: Themes and implications from the five cases", Journal of Special Education, Vol. 29, pp. 163-180.
- [9] Jones, K.H., & Bender, W.N, (1993). Utilization of paraprofessionals in special education: A review of the literature", Journal of Special Education, Vol. 14, pp. 7-14.
- [10] Cook, B. & Semmel, M.I, (2010). "Are effective educational reforms effective for all students? The implications of joint outcomes Production for School Reform", Journal of Special Education, Vol. 7, pp. 77-95.
- [11] Rahil Hosseini, Mahdi Mazinani, (2014). "Classification of Uncertainty Sources in Intelligent Medical Image Processing and Analysis systems", In Proc. of Internal Conference of Computer Engineering and Science, Mashhad.

الگوریتم ژنتیک جهت بهینه سازی توسط قوانین استفاده شده است و قسمت موخر هر کدام از قوانین با معیار درجه اطمینان شناسایی می‌شوند. برای بدست آوردن قسمت تالی قوانین از معیار اطمینان استفاده می‌کنیم و کلاسی که بالاترین مقدار اطمینان را داشته‌باشد به عنوان کلاس خروجی در نظر گرفته می‌شود.

همان‌گونه که در جدول (4) نشان داده شده است، نتایج حاصل از این الگوریتم در مقایسه با چند روش دیگر نشان می‌دهد که روش ترکیبی فازی-ژنتیک دارای عملکرد بهتری در مقایسه با روشهای دیگر است و نتایج حاصل از منحنی مشخصه عملکرد نیز این موضوع را اثبات می‌کند و مقایسه کارایی سیستم و تحلیل آن با استفاده از ROC نشان می‌دهد که سیستم طبقه‌بندی فازی قادر به تشخیص صحیح اختلال خواندن با درجه اطمینان بالا است. بهترین سطح نمودار زیر منحنی مربوط به الگوریتم ترکیبی فازی-ژنتیک است. کارایی سیستم در مقایسه با سیستم استنتاج فازی ممدانی همانگونه که در جدول شماره 4، ذکر شده است نسبت به سیستم فازی ممدانی با 81.34 درصد و همچنین سایر روش های مرتبط کارایی بالاتری دارد. الگوریتم ژنتیک با قابلیت جستجوی فراگیر و انعطاف‌پذیری خود می‌تواند به منظور یادگیری بهینه قوانین سیستم فازی بکارروند و نتایج حاصل نشان‌دهنده بهبود عملکرد سیستم هایبریدی فازی-ژنتیک برای تشخیص اختلال خواندن است.

در آینده می‌توان به تنظیم پارامترهای توابع عضویت پرداخت و هم چنین از سایر الگوریتم های فراابتکاری برای بهبود روش استفاده نمود. شیوع اختلالات یادگیری به ویژه خواندن در دانش‌آموزان نشان‌دهنده ضرورت به‌کارگیری راهکارهایی برای کاهش این اختلال برای پیشگیری از آسیب شناسی تحصیلی دانش‌آموزان است. از دیگر محدودیت ها ی این پژوهش میسر نبودن بررسی رابطه اختلال خواندن با متغیرهای مهم مانند سطح تحصیلات والدین، وضعیت اجتماعی-اقتصادی است که پیشنهاد می‌شود این محدودیت ها در بررسی های آینده مورد توجه قرار گیرند.

تشکر و قدردانی

از شورای محترم مدرسه غیر دولتی معرفت واقع در استان البرز و مدیریت محترم این مدرسه سرکار خانم مسیح‌زاده به خاطر همکاری صمیمانه در اجرای این پروژه و کلیه معاونان، دبیران به خاطر همراهی و همکاری آنها و دانش‌آموزانی که ما را در این امر یاری نمودند سپاسگزاری می‌نمایند.

- [22] J. Balakrishnan, (2012). "Significance of Classification Techniques in Prediction of Learning Disabilities", International Journal of Artificial Intelligence & Applications, 1, 111-120.
- [23] k. Jain, P. Manghirmalan, J. Dongardive et al, (2009). "Computational diagnosis of learning disability", International Journal of Recent Trends in Engineering, 2, 64-66.
- [24] J. David, k. Balakrishnan, (2013). "Performance Improvement of Fuzzy and Neuro Fuzzy Systems: Prediction of Learning Disabilities in School-age Children", International Journal of Intelligent Systems and Applications, 5, 34-52.
- [25] P. Manghirmalani, Z.Panthaky, K. Jain, (2011). " Learning disability diagnosis and classification - A soft computing approach", Information and Communication Technologies, Mumbai.
- [26] J. David, (2010). "Machine Learning Approach for Prediction of Learning Disabilities in School-Age Children", International Journal of Computer Applications, 9(12), 12,7-14.
- [27] H. Ishibuchi, T.Nakashimam, T.Murata, "A fuzzy classifier system that generates linguistic rules for pattern classification problems, (1995). *Fuzzy Logic, Neural Networks, and Evolutionary Computation* . 35-54.
- [28]. Rezaiee, F., Hosseini, R., Mazinani, M.,(2016) Designing a Fuzzy Inference System for Diagnosing Reading Disorder in Middle-Level Students, Computer Engineering , Mashhad, Iran
- [29] Hank Fien, Daniel Anderson, Nancy J. Nelson, Patrick Kennedy, and Scott K. B, (2018). "Identifying the Individual Differences Among Students During Learning and Teaching Process by Science Teachers", Learning Disabilities Research & Practice, 33(1), 37-50.
- [30] A.Salazar-Ramirez, E.Irigoyen, R.Martinez, U.Zalabarria, (2018). "An enhanced fuzzy algorithm based on advanced signal processing for identification of stress", Neuro computing, 271, 48-57.
- [31] Gokhan Guneş, Volkan Şahin, (2018). "The algorithm of mathematical modelling for learning styles of pre-school children", International Journal of Primary, Elementary and Early Years Education, pp. 3-13.
- [12] Carmen T. Reitano, (2003). "System & method for dyslexia detection by analyzing spoken & written words", Journal of the Acoustical Society of America, 9.
- [13] Lineu C. Fonseca, Gloria M.A.S. Tedrus, Marcelo G.Chiodi, Jaciara Nf Cerqueira, Josiane M.F. Tonelotto Arq Neuropsiquiatr. (2006). "Quantitative EEG in children with learning disabilities", Arquivos de Neuro-Psiquiatria, 64, 376-381.
- [14] George Th.Pavlidis, (2001). "Eye Movement in Dyslexia: Their Diagnostic Significance", Journal of Learning Disabilities, 18, 42-50.
- [15] Pau Mico-Tormos, (2002). David Cuesta-Frau, Daniel Novak,"Early Dyslexia Detection Techniques by means of Oculographic Signals", 2nd European Medical & Biological Engineering Conference, Vienna, Austria.
- [16] Tung-Kuang Wu, Ying-Ru Meng and Shian-Chang Huang, (2006). "Application of ANN to the identification of students with LD", International Conference on Artificial Intelligence, Las Vegas, Nevada, USA.
- [17] D. Novak, P. Kordk, M. Macas, M.Vyhnaek, R. Brzezny, L. Lhotska, (2004). "School Children Dyslexia Analysis using Self Organizing Maps", IEEE 26th Annual International Conference, San Francisco.
- [18] Julie M. David, Kannan Balakrishnan, (2011). "Significance of Classification Techniques in Prediction of Learning Disabilities in School Age Children", International Journal of Artificial Intelligence & Applications, 1, 110-120.
- [19] Farn-shing, Chen, Yen-ju, Su., (2010). "Application of Decision Tree Algorithm to the Identification of Students with Learning Disabilities", Department of Industrial Education and Technology, Taiwan.
- [20] Anand Upadhyay, S.K Singh, (2010). "Classification of Learning Disable Students Using Artificial Neural Network", Dept. of Information Technology, Thakur college of Science and Commerce, Bhubaneswa.
- [21] Tung-Kuang Wu, Shian-Chang Huang and Ying-Ru Meng, (2007). "Improving ANN Classification Accuracy for the Identification of Students with LDs through Evolutionary Computation", Evolutionary Computation, Singapore.

How to cite this paper:

Fahimeh Rezaee, Rahil Hosseini, Mahdi Mazinani, (2019). A new classification model fuzzy-genetic algorithm for detection of learning disability of dyslexia in secondary school students. *Journal of Technology of Education*, 13(3), 593-602.

DOI: 10.22061/jte.2018.2818.1724

URL: http://jte.sru.ac.ir/?_action=showPDF&article=961

