



## ORIGINAL RESEARCH PAPER

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

F. Rezaee<sup>1</sup>, R. Hosseini<sup>1,\*</sup>, M. Mazinani<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Department of Electronic Engineering, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

### ABSTRACT

Submitted: 3 August 2018  
 Reviewed: 27 September 2018  
 Revised: 22 November 2018  
 Accepted: 05 December 2018

#### KEYWORDS:

Dyslexia  
 Fuzzy Modeling  
 Classification  
 Genetic Algorithm  
 Modelling Uncertainty

\* Corresponding author

✉ [rahil.hosseini@qodsiau.ac.ir](mailto:rahil.hosseini@qodsiau.ac.ir)

**Background and Objectives:** Learning disability is a neurological disorder. Simply, learning disabilities result from a person's misunderstanding of the brain. Children with learning disabilities are more accurate and intelligent than their peers, but they may have difficulty in reading, writing, pronouncing, concentrating, reasoning, recalling, or organizing information. Reading is the most basic and essential tool of education. Because by acquiring this skill, one will be able to acquire the necessary information in the affairs of life. The advancement of science in the present century is so rapid that reading is one of the most important tools for understanding today's world. One can learn the results of others' research and studies in a short period of time. Reading is a complex process that involves many different components.

Learning disability is very common in childhood. The most important disability is reading disorder which is related to reading skills. Among the skills a student learns in school, reading is especially important. Meanwhile, there are students in higher grades whose reading progress is significantly lower than the standard level compared to their calendar age. This research represents a hybrid scoring model using genetic algorithm and fuzzy set theory to manage uncertainty in diagnosis of reading disability.

**Methods:** 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.

**Findings:** 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. Conclusion: The results of this algorithm show that compared to several other methods, the fuzzy-genetic combination method performs better than other methods. The results of the performance characteristic curve also prove this. Comparing the efficiency of the system and its analysis using ROC shows that fuzzy classification system is able to identify reading disorders with high reliability. In the future, we can adjust the parameters of the membership functions and also use other meta-algorithms to improve the method. The prevalence of learning disabilities, especially reading in students, indicates the need to use strategies to reduce this disorder to prevent students' academic pathology. Another limitation of this study is the impossibility of examining the relationship between reading disorder and important variables such as parents' education level and socio-economic status. It is suggested that these limitations be considered in future studies.

**Conclusion:** \*\*\*.



NUMBER OF REFERENCES

31



NUMBER OF FIGURES

6



NUMBER OF TABLES

5

## مقاله پژوهشی

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

فهیمة رضایی<sup>۱</sup>، راحیل حسینی<sup>۱\*</sup>، مهدی مزینانی<sup>۲</sup><sup>۱</sup> گروه مهندسی کامپیوتر، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران  
<sup>۲</sup> گروه مهندسی برق الکترونیک، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

## چکیده

**پیشینه و اهداف:** اهداف 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. 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. این پژوهش یک مدل هایبریدی فازی-ژنتیکی جهت مدیریت عدم قطعیت جهت تشخیص اختلال خواندن ارایه می‌نماید

دریافت: ۱۲ مرداد ۱۳۹۷  
داوری: ۵ مهر ۱۳۹۷  
اصلاح: ۱ آذر ۱۳۹۷  
پذیرش: ۱۴ آذر ۱۳۹۷

## واژگان کلیدی:

اختلال خواندن  
مدل سازی فازی  
طبقه بندی  
الگوریتم ژنتیک  
مدل سازی عدم قطعیت

**روش‌ها:** بدین منظور از مدل‌های طبقه‌بندی در فرآیند تشخیص اختلال استفاده شده است. در سیستم فازی، دانش مورد نیاز جهت طراحی سیستم از گروهی از افراد خیره 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 ۲۶۰ دانش‌آموزان دختر دبیرستان دوره اول متوسطه مدرسه غیردولتی معرفت واقع در استان البرز در سال تحصیلی ۹۴-۹۵ است. به منظور ارزیابی کارایی سیستم از تحلیل منحنی ROC استفاده شده است

\*نویسنده مسئول  
rahil.hosseini@godsiau.ac.ir

**یافته‌ها:** نتایج نشان می‌دهد که کارایی مدل طبقه‌بندی فازی بعد از یادگیری قوانین توسط الگوریتم ژنتیک به ۹۸٫۵۱٪ افزایش یافته است. 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

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

## مقدمه

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

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

حروف و واژه ها 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.

معلولیت های یادگیری غیر کلامی: یک اختلال نورولوژیکی که سرچشمه آن در نیمکره راست مغز است، باعث بروز مشکلاتی در بینایی-فضایی، بصری، سازمانی، ارزیابی می شود. اختلال خواندن مورد بررسی در این مقاله نوعی فرآیند روانی-زبانی مبتنی بر اطلاعات بینایی و آگاهی خواننده و هم چنین قوانین شناسی و معنایی است به عبارت دیگر خواندن فرآیندی آزمایشی است و شامل استفاده از نشانه های زبانی و ادراکی حاصل از انتظارات خواننده است که باید اطلاعات رسیده را پردازش کند و برای تایید، رد یا تصحیح مورد تصمیم قرار گیرد. از آنجایی که سیستم های 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 تکنیک های طبقه بندی نرم با تاکید بر ناتوانی خواندن در دانش آموزان مقطع راهنمایی می پردازد. 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 می توان برای پیش بینی اختلال خواندن به آن اشاره کرد روش ارزیابی است که بر این اساس داده های جمع آوری شده به طور کامل بستگی به روحیه و خلق و خوی دانش آموز دارد. در سال های اخیر پژوهش های زیادی در خصوص بررسی تفاوت دانش آموزان از نظر معلمان در فرایند یادگیری انجام شده است [۲۹] از سوی دیگر پژوهش هایی در خصوص بکارگیری فناوری به منظور تشخیص اختلالات یادگیری و روانشناختی در دانش آموزان انجام شده است. در روش ارائه شده در [۳۰] با استفاده از الگوریتم فازی در تکنیک های پردازش سیگنال به بررسی مشکل استرس در دانش آموزان پرداخته شده است. با توجه به عدم قطعیت در فرایند یادگیری و متفاوت بودن دیدگاه های معلمان در این خصوص از عوامل مهم عدم قطعیت سیستم است. مدل های ریاضی مختلفی جهت شناسایی شیوه یادگیری دانش آموزان قبل از مدرسه و در دوران مدرسه انجام شده است که می توان به مدل ریاضی ارائه شده در [۳۱] اشاره نمود. از آنجایی که سیستم های 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 تکنیک های طبقه بندی نرم با تاکید بر ناتوانی خواندن در دانش آموزان مقطع راهنمایی می پردازد.

عامل مهم دیگری که می توان برای پیش بینی اختلال خواندن به آن اشاره کرد روش ارزیابی است که بر این اساس داده های جمع آوری شده به طور کامل بستگی به روحیه و خلق و خوی دانش آموز دارد که از عوامل مهم عدم قطعیت در سیستم است. سیستم های طبقه بندی فازی به عنوان ابزاری در اختیار مدیران جهت مدل نمودن اطلاعات نادقیق و کیفی که اغلب به شکل عبارتهای زبانی بیان می گردد، به دلیل در نظر گرفتن شرایط واقعی و اطلاعات نادقیق در فرآیند تصمیم گیری منجر به سیستم های کارا تر و دقیق تر خواهد شد. یک سیستم استنتاج فازی از مشکل استاتیک بودن و عدم تطبیق با محیط بیرون رنج می برد در

پیشرفت علوم در قرن حاضر چنان سریع انجام شده است که خواندن از جمله وسایل مهم فهمیدن در دنیای کنونی است فرد می تواند 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 در بر می گیرد.

با توجه به اینکه تفاوت های زیادی در یادگیری انسانها وجود دارد، اما برخی از آنها در روند عادی آموزش دچار مشکل هستند یکی از شایع ترین مشکلات در دانش آموزان اختلال خواندن است. در میان مهارت هایی که یک دانش آموز در مدرسه فرامی گیرد فرآیند خواندن از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در این بین دانش آموزانی در مقاطع بالاتر تحصیلی وجود دارند که پیشرفت خواندن آنها در مقایسه با سن تقویمی به طور قابل ملاحظه ای پایین تر از سطح استاندارد است. حداقل ۲۰۰ هزار دانش آموز ناتوان در یادگیری در جمعیت مدرسه ای ایران وجود دارد [۱].

از آنجا که خواندن یکی از مهارت های لازم در سیستم آموزشی است و افراد بسیاری خواهان استفاده از این امکان برای زندگی بهتر می باشند در این پروژه به طراحی و پیاده سازی سیستم طبقه بندی فازی جهت تشخیص اختلال خواندن و بهینه سازی این سیستم توسط الگوریتم ژنتیک پرداخته شده است، تا شاید راه حلی برای تشخیص این اختلال در دانش آموزان مقاطع بالاتر باشد، از آنجا که این پژوهش سعی بر آن دارد تا با ارائه یک سیستم طبقه بندی 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 روش هایی که اجرای آنها در نیل به این هدف لازم بوده است و طریقه طراحی و پیاده سازی آنها اجرا می گردد. در این پژوهش نوعی از اختلال یادگیری به نام اختلال در خواندن با استفاده از سیستم ترکیبی فازی-ژنتیک پیاده سازی شده است.

## معرفی انواع اختلال یادگیری

مشکل اساسی اکثر دانش آموزان دچار ناتوانی یادگیری نداشتن مهارت در خواندن بر این اساس ۸۰ درصد دانش آموزان دچار ناتوانی در خواندن هستند [۲]. ناتوانی یادگیری نباید با معلولیت های دیگر مانند اوتیسم، کم توانی ذهنی، کری، کوری و اختلالات رفتاری اشتباه گرفته شود. در این کودکان جابجایی مدرسه و عدم حضور در مدرسه و یا غیبت های 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 [۳]

### انواع اختلالات یادگیری متداول

نارساخوانی: ناتوانی بر پایه زبان است که در آن یک فرد به زحمت کلمات و واژه را می خواند و می نویسد که به عنوان اختلال خواندن نیز ارجاع داده می شود.

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

ماه آموزش های مرسوم مدرسه ای را دریافت نمودند جدول (۱-۱) و (۱-۲) شامل ویژگی داده ها که همان متغیرهای استفاده شده در روش مذکور است که از پایگاه داده مدرسه معرفت استخراج شده است، ابزارهای اندازه گیری شامل آزمون پیشرفت تحصیلی خواندن و درک مطلب بود که بر این اساس آگاهی از واج شناسی دانش آموزان بر اساس درک مطلب مورد ارزیابی قرار گرفت. دامنه سنی دانش آموزان مورد بررسی در مدرسه ۱۲ تا ۱۵ سال است. متغیرهای مورد بررسی در سیستم استنتاج فازی جهت تشخیص اختلال خواندن عبارتند از:

جداول (۱) به ترتیب نشان دهنده متغیرهای ورودی و خروجی سیستم فازی است. این سیستم شامل ۴ 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.

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. سیستم های فازی با توصیف پدیده های غیرقطعی و نامشخص با این حال یک تئوری دقیق می باشد.

در یک سیستم استنتاج فازی، تصمیم گیری نهایی بر مبنای تمام قواعد صورت می گیرد. در شکل (۱) 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 می کند. به بیان دیگر اطلاعات ورودی اغلب مقادیر پیچیده اند و این اعداد به مجموعه های فازی تبدیل می گردند. مدل ها بر اساس منطق فازی شامل قوانین اگر-آنگاه تفسیر می گردند. در واقع منطق فازی تجربه و دانش انسانی را به صورت ترکیبی از اعداد در مقابل وی قرار می دهد و او را قادر می سازد تا تصمیمی بر اساس ریاضیات و منطق بگیرد. شکل زیر نمایش معماری یک سیستم فازی است.

ورودی سیستم: بررسی اختلال خواندن با توجه به دفتر ثبت فعالیت های 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

پژوهش حاضر به منظور انتخاب بهترین وضعیت کاندید بین مجموعه ای از وضعیت های که می تواند از یک وضعیت تولید شود، از تلفیق الگوریتم ژنتیک و سیستم فازی استفاده شده است که این روش از ایده زنده ماندن مناسب ترین عمل می نماید و راه حل های مناسب تر احتمال انتشار بیشتری در نسل های بعدی دارند. هدف از این پژوهش ایجاد مدلی هوشمند بر پایه سیستم استنتاج فازی و مدل های طبقه بندی با تاکید خاص بر پیش بینی اختلال خواندن به منظور کمک به تشخیص معلمان است.

## روش پیشنهادی

این پژوهش سعی بر آن دارد تا با ارایه یک سیستم طبقه بندی فازی و الگوریتم ژنتیک به مدل نمودن عدم قطعیت جهت تشخیص 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 مدل های طبقه بندی فازی می تواند 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 می شود، این در حالی است 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 دانش آموزان می تواند در تشخیص بهبود وضعیت تحصیلی دانش آموزان موثر واقع شود.

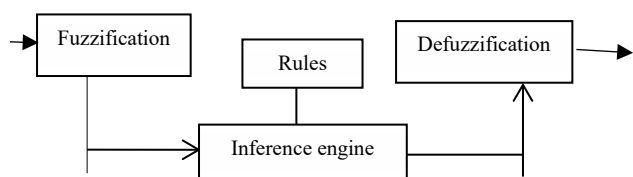
## پایگاه داده ها

جامعه آماری پژوهش حاضر شامل ۲۶۰ نفر از دانش آموزان دختر پایه ششم، هفتم، هشتم و نهم دبیرستان دوره اول متوسطه مدرسه غیردولتی معرفت واقع در استان البرز است و در سال تحصیلی ۹۵-۹۴ مشغول به تحصیل بودند سه گروه آموزشی هرکدام به مدت ۸

جدول ۱: 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



شکل ۱: معماری سیستم فازی  
Fig 1: Fuzzy system architecture

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 تشخیصی ص ندهد باید مجازات شود و از وزن قانون کاسته می شود، تکرار فرآیند پاداش و مجازات باعث می شود 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 زبانی اختصاص داده می شود که توسط عملکرد طبقه بندی برای آموزش الگوها تعیین می گردد.

### مشخصات مدل سیستم ترکیبی فازی-ژنتیک

سیستم های 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 می برد 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 می شود. که هر کروموزم در این الگوریتم، نشان دهنده یک قانون است. در این پژوهش سیستم FIS از سیستم طبقه بندی فازی است که پارامترهای شکل توابع عضویت و بخش قوانین فازی آن توسط الگوریتم ژنتیک تنظیم و بهینه سازی شده است. 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 مدل های 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 مدل های فازی، در ابتدا به منظور بهینه سازی تعداد قوانین فازی و محاسبه توابع عضویت از سیستم طبقه بندی فازی استفاده شده است که در آن قوانین با استفاده از الگوریتم ژنتیک بهینه می شود. در ادامه پس از ساخت مدل فازی با ساختار معلوم، با استفاده از الگوریتم ژنتیک پارامترهای بخش نتیجه قوانین مدل فازی بهینه سازی می شود. در الگوریتم پیشنهادی ابتدا یک جمعیت تصادفی از N کروموزم ایجاد می شود که هر کروموزم قسمت مقدم یک قانون فازی را مشخص می کند. برای بدست آوردن قسمت تالی قوانین، ابتدا خروجی قانون را برابر کلاس مثبت در نظر گرفته و مقدار معیار اطمینان این قانون را بدست می آید.

در این پژوهش از سیستم طبقه بندی فازی برای تشخیص اختلال خواندن استفاده شده است که این روش برای تولید یک جمعیت اولیه از قوانین طبقه بندی زبانی است میزان تطابق داده ها و به همراه قوانین استخراج شده باعث افزایش کارایی سیستم شده است در این سیستم از طبقه بندی

قانون پایه منطق فازی است که در طی آن مسایل کنترلی به یکسری قوانین IF x And y THEN Z تبدیل می شود 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 فرمول های ریاضی استفاده می شوند. قوانین استخراج شده با درجه اطمینان اختصاص داده شده به وسیله سیستم پاداش و تنبیه تعیین می گردد. با استفاده از یک تابع شایستگی قانون عملکرد طبقه بندی فازی در الگوهای آموزش دیده مشخص می شود. مبنای سیستم ورودی براساس قانون اگر و آنگاه است که این قوانین به صورت عبارتهای زبانی از فرد خبره استخراج شده است. سیستم طبقه بندی 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 می شود. در این رویکرد هر قانون طبقه بندی شده به عنوان یک فرد با درجه اطمینان مختص به آن قانون است.

طرح کلی سیستم طبقه بندی فازی به شرح زیر است:

ایجاد جمعیت اولیه از قوانین طبقه بندی زبانی

آموزش هر قانون در جامعه جاری

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

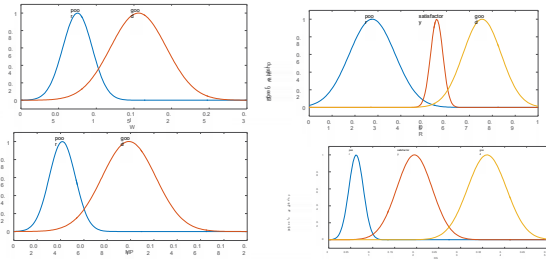
۲- تولید قوانین طبقه بندی زبانی جدید و جایگزین کردن کردن بخشی از جمعیت با قوانین زبانی تولید شده.

۳- تکرار مراحل ۲ و ۴

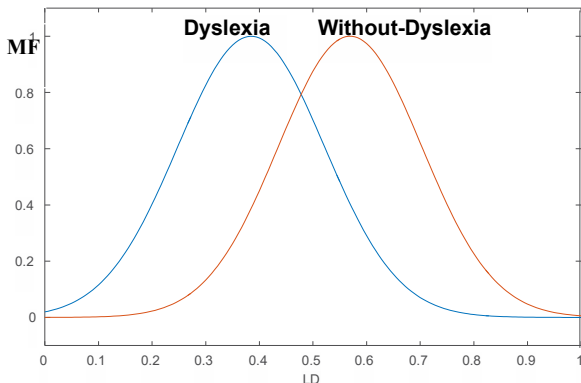
طبقه بندی در این رویکرد، براساس قواعد زبانی است به عنوان مثال اگر درجه اطمینان قانون اول یا  $X_1$  نسبت به قانون دوم مقدار کاست و قانون دوم یا  $X_2$  مقدار بزرگ باشد و مقدار  $X_3$  درجه متوسط باشد پس به هر کلاس درجه اطمینان داده می شود در این طبقه بندی درجه اطمینان (CF) درجه اطمینان کلاس است. و به ازای هر الگوی جدید، خطا و درجه اطمینان برای هر کلاس محاسبه می شود و هر کدام که مقدار CF بالاتری کسب کنند الگوی مورد نظر در آن پیاده سازی می شود. سیستم طبقه بندی فازی استفاده شده در این مقاله، قوانین فازی را برای حل مسایل طبقه بندی تولید می کند. الگوی طبقه بندی فازی در پژوهش حاضر به شرح زیر است:

$$j, z = 1, 2, \dots, N \quad (1) \text{ Rule } R_j : \text{ If } X_{j1} \text{ is } A_{j1} \text{ and } \dots \text{ and } X_{jn} \text{ is } A_{jn} \text{ then Class } C_j \text{ with } CF = CF_j$$

در الگوی شماره (۱)  $R_j$  بر حسب قوانین فازی است.  $A_{j1}, \dots, A_{jn}$  عبارتهای زبانی یا ورودی های سیستم،  $C_j$  نتیجه کلاس یا خروجی سیستم و  $C$  درجه اطمینان متغیرهای زبانی از قوانین طبقه بندی است،  $N$  نیز تعداد کل قوانین طبقه بندی زبانی است، هر قاعده ی زبانی با یک درجه اطمینان توسط یک طرح پاداش و مجازات در هر جامعه تنظیم می شود. 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 آن ها افزایش یافته و اهمیت قانون نیز افزایش می



شکل ۲: ورودی سیستم استنتاج فازی  
Fig. 2: Fuzzy Inference System Input



شکل ۳: خروجی سیستم استنتاج فازی  
Fig. 3: Fuzzy Inference System Output

جدول ۲: 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

توابع عضویت سیستم استنتاج فازی و نمونه ای قوانین آورده شده است. با توجه به شکل ۴ الگوریتم ژنتیک در این پژوهش با مجموعه جواب اولیه شروع می‌شود که به آن جمعیت اولیه گفته می‌شود. هر فرد از این جمعیت یک کروموزم نامیده می‌شود که به هر کدام از آنها یک مقدار صلاحیت یا برازش نسبت داده می‌شود. بر اساس پاسخ های یک جمعیت، جمعیت جدید بعدی ایجاد می‌شود این عمل تا زمانی انجام می‌شود که صلاحیت افراد از یک جمعیت به جمعیت دیگر بهبودیابد.

قوانین ایشی بوجی 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

$$(۲) \beta_{classh}(R_j) = \sum_{x_p \in Classh} \mu_{j_1}(x_{p_1}) \dots \mu_{j_n}(x_{p_n}), h = 1, 2, \dots, c$$

بتا کلاس جمع توابع عضویت الگوهای آموزش دیده سازگار برای

$$(۳) \beta_{classj}(R_j) = \text{Max} \{ \beta_{Class_1}(R_j), \dots, \beta_{Class_c}(R_j) \}$$

عبارتهای زبانی طبقه بندی 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

$$(۴) F_j = (\beta_{Class_j}(R_j) - \beta^*) / \sum_{h=1}^c \beta_{Class_h}(R_j),$$

$$\text{here } \beta^* = \sum_{h \neq j} \beta_{Class_h}(R_j) / (c - 1).$$

در فرمول فوق  $\mu$  تابعی است که درجه تطبیق نمونه ورودی یا قسمت مقدم قانون  $R_j$  را نشان می‌دهد  $C$  نشان دهنده ی برچسب کلاس قانون  $R$  است. همانطور که در شکل (۲) نمایش داده شده است، پس از محاسبه مقدار شایستگی کروموزم، عملگرهای جهش و ادغام را بر روی این کروموزم اعمال کرده و کروموزم فرزند تولید می‌شود. سپس مقدار شایستگی کروموزم فرزند محاسبه می‌گردد و با توجه به مقادیر شایستگی کروموزم والد و فرزند، کروموزم جدیدی ایجاد می‌گردد و به جمعیت جدید منتقل می‌شود. عملیات فوق را برای تمامی کروموزم ها ی موجود در جمعیت موجود انجام می‌دهیم تا خروجی تمام قوانین و مقدار شایستگی آن ها بدست آید. در هر بار اجرای الگوریتم قوانینی که بالاترین شایستگی را کسب کرده‌اند در مجموعه ای به نام best حفظ می‌شوند. این عملیات را تا رسیدن به شرط توقف (۲۵۰ بار) انجام می‌دهیم. در نهایت با توجه به جمعیت نهایی و مجموعه best مجموعه قوانین که بالاترین شایستگی را دارند بدست می‌آید (جدول ۲). در زیر شمایی از

قبول ادامه می‌یابد تا پاسخ‌های 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:

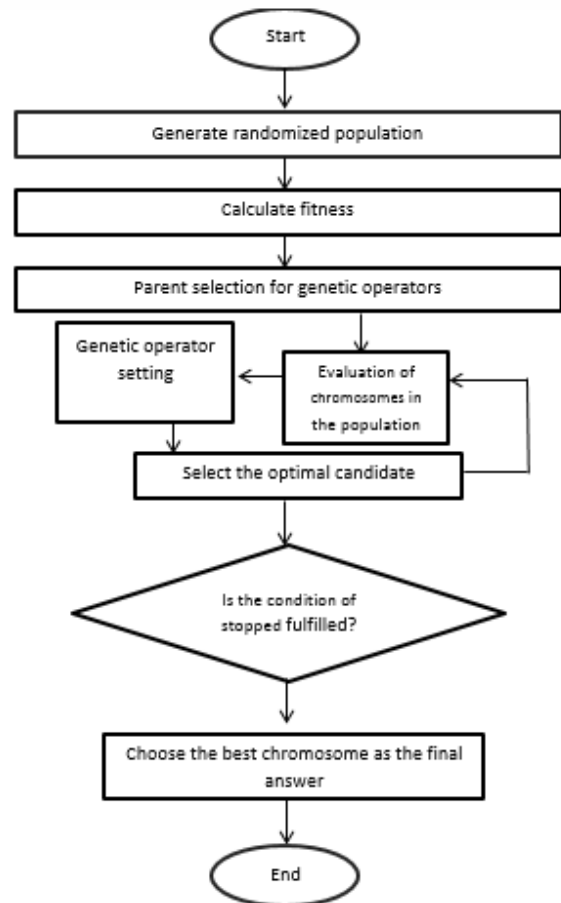
- طراحی توابع عضویت با استفاده از دانش فرد خبره
- استخراج قوانین از فرد خبره با توجه به ماهیت مسئله
- تعریف پارامترهای الگوریتم ژنتیک که شامل نرخ تقاطع، نرخ جهش، مکانیزم انتخاب نسل، تعداد کروموزوم‌ها در جمعیت، تعداد تولید و شرط توقف
- استفاده از الگوریتم ژنتیک برای تولید قانون، هم چنین تولید قانون می‌تواند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

### ارزیابی عملکرد سیستم ترکیبی فازی-ژنتیک

بر این اساس یافته‌های پژوهش نشان می‌دهند که روش هایبریدی فازی ژنتیک در کاربردهای طبقه‌بندی بسیار کارآمد هستند، البته دست‌یابی به دقت بالا با استفاده از این روش، مستلزم صرف هزینه محاسباتی بیشتر و تعداد نمونه‌های آموزشی بالاتر و بالطبع زمان آموزش طولانی‌تر خواهد بود. نتایجی که با استفاده از سیستم استنتاج فازی بدست آمد ۹۴٫۶۹ است زمانی که قوانین طبقه‌بندی می‌شوند کارایی نهایی دسته‌بندی مطلوب‌تر می‌شود. زمانی که از سیستم ترکیبی فازی-ژنتیک استفاده می‌شود این کارایی افزایش می‌یابد و سطح زیر نمودار منحنی مشخصه عملکرد ۹۸٫۵۰ را نمایش می‌دهد. نتایج خروجی مدل ترکیبی فازی ژنتیک تاییدکننده این بود که این مدل دقیق‌تر از مدل استنتاج فازی است دلیل نتایج مطلوب‌تر در مدل ترکیبی اختصاص معیار اطمینان و کلاس بندی قوانین است.

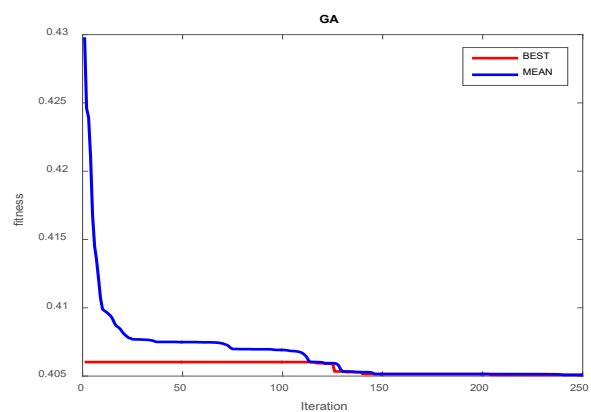
در بیشتر تحقیقاتی که در آن از سیستم استنتاج فازی استفاده می‌شود قوانین بدون وزن دهی به کاربرده می‌شوند که نتایج مطلوبی نخواهد داشت. مدل سیستم استنباط فازی-الگوریتم ژنتیک توسعه یافته در این مطالعه یک سیستم فازی از نوع ایشی بوچی است که بخش نتیجه قوانین فازی آن توسط الگوریتم ژنتیک تنظیم و بهینه سازی شده است. در این مدل روند بهینه سازی پارامترها بر اساس استفاده از یک مجموعه ای از داده‌های ورودی-خروجی است. براساس این داده‌ها پارامترهای توابع 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 ۰٫۹ و نرخ جهش ۰٫۰۳ به همگرایی مطلوب رسید. شکل (۵) نشان می‌دهد که به ازای نرخ تقاطع بالا و نرخ جهش پایین که به ترتیب در سیستم مورد مطالعه ۰٫۹ و ۰٫۰۳ است الگوریتم ژنتیک در نسل ۱۵۰ به همگرایی مطلوب رسید. با توجه به شکل، الگوریتم مورد نظر در نسل ۱۵۰ همگرا شده است. شرط توقف به ازای ۲۵۰ تکرار است.

همچنین در پژوهش حاضر برای موازنه بین تشخیص‌های درست و



شکل ۴: نمایی از مدل ترکیبی فازی-ژنتیک

Fig. 4: Genetic Fuzzy Combined Model



شکل ۵: مدل هایبریدی فازی-ژنتیک

Fig. 5: Genetic Fuzzy Combined Model

در نهایت پاسخ‌ها بر اساس برآزش انتخاب می‌شود تا افراد جدید را بسازند افرادی از جمعیت که صلاحیت بیشتری دارند، شانس بیشتری برای انتخاب خواهند داشت، عملیات جستجو در فضای پاسخ‌های قابل

جدول ۵: 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%

جدول ۳: 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

بر اساس قوانین رضایت بخش نبود سطح زیر نمودار در سیستم فازی ممدانی ۸۱,۳۴ درصد است و در سیستم طبقه‌بندی فازی با معیار درجه اطمینان به ۹۴,۶۹ درصد ارتقا می‌یابد. می‌توان گفت زمانی که قوانین طبقه‌بندی می‌شوند کارایی نهایی دسته‌بندی مطلوب‌تر می‌شود.

زمانی که از سیستم ترکیبی فازی-ژنتیک استفاده می‌شود این کارایی افزایش می‌یابد و سطح زیر نمودار منحنی مشخصه عملکرد ۹۸,۵۰ 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 تایید کننده شکل (۶) آن بود که نتایج خروجی مدل ترکیبی فازی ژنتیک دقیق‌تر از مدل فازی ممدانی و ایشی بوچی است دلیل نتایج بهتر در مدل ترکیبی اختصاص معیار 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 کار برده می‌شوند که نتایج مطلوبی نداشته‌است. نتیجه گیری 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 ۹۸,۵۰ 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 و 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

جدول ۴: 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

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 که آستانه‌ی تمیز 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 ی عملکرد ROC که با قرار دادن حساسیت تست تشخیصی در محور Y و FPR یا میزان مثبت کاذب (۱-ویژگی) در محور X ها تهیه می‌شود، روشی مفید برای ارزیابی کارایی تست تشخیصی است. نتیجه حاصل از این تحلیل منحنی هایی هستند که با استفاده از آن‌ها به راحتی می‌توان تشخیص داد کدام مدل مناسب تر است. منحنی ایجاد شده trade-off بین نرخ true positive و نرخ false positive است. همانگونه که در جدول (۴) نشان داده شده است، صحت عملکرد سیستم‌های بریدی فازی-ژنتیک از نظر سطح زیرمنحنی ROC برابر با ۹۸,۵ درصد است. نتایجی که با استفاده از سیستم ممدانی در [۲۸] به دست آمده از لحاظ طبقه‌بندی اختلال خواندن نسبت به مدل طبقه‌بندی



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.

پی‌نوشت

Learning Disability

<sup>۱</sup> اختلال یادگیری

Dyslexia

<sup>۲</sup> اختلال خواندن

Fuzzy-Genetic

<sup>۳</sup> فازی-ژنتیک

### مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان به نسبت سهم برابر در این پژوهش مشارکت داشتند.

### تشکر و قدردانی

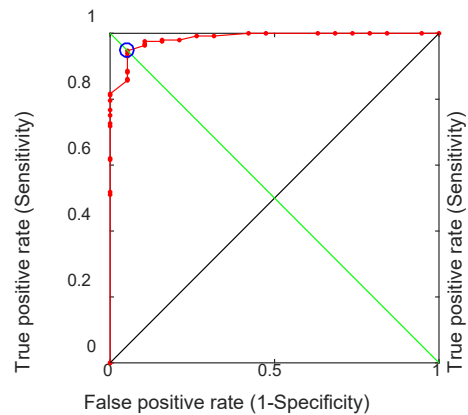
از تمام کسانی که ما را در انجام این پژوهش یاری رساندند تشکر و قدردانی داریم.

### تعارض و منافع

«هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.»

### منابع و مأخذ

- [1] Karimzadeh P, Shirazi S, Nilipour, R. Design and evaluation of diagnostic test of reading. *Journal of Rehabilitation Science and Research*. 2003; 6: 11-7. Persian.
- [2] Niazi M, Zare M. Study of learning disabilities in elementary school students in Isfahan, Proceedings of the Congress of Pediatrics and Pediatric Surgery, Tehran, Arman Publication; 1995. Persian.
- [3] *Investigating the awareness of primary school administrators of learning disabilities in the provinces of the country* [master's thesis]. Tehran. Persian.
- [4] Nasrabadi SM, Mandana S. Investigating knowledge of middle and upper secondary education managers about special learning disabilities and their relationship with students' academic achievement. *Educational Articles*. 2004; 13: 33-44. Persian.
- [5] *Comparison of managers' awareness of learning disabilities in three elementary, secondary and secondary levels* [master's thesis]. Tehran: Persian.
- [6] Faryar F, Rakhshan A. *learning disability*, Tabriz: Saba Publishing; 2009. Persian.
- [7] Allah Radi M. *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* [master's thesis]. Tehran; 2009. Persian.
- [8] Baker J, Zigmond M. The meaning and practice of inclusion for student with learning disabilities: Themes and implications from the five cases. *Journal of Special Education*. 1995; 29: 163-180.
- [9] Jones KH, Bender WN. Utilization of paraprofessionals in special education: A review of the literature. *Journal of Special Education*. 1993; 14: 7-14.



شکل ۶: منحنی تحلیل ROC سیستم فازی ژنتیک

Fig. 6: ROC analysis curve of genetic fuzzy system

تالی قوانین از معیار اطمینان استفاده می‌کنیم و کلاسی که بالاترین مقدار اطمینان را داشته باشد به عنوان کلاس خروجی در نظر گرفته می‌شود.

همان گونه که در جدول (۴) 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 ۴، ذکر شده است نسبت به سیستم فازی ممدانی با ۸۱،۳۴ 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 بکار روند 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 فرابکار برای بهبود روش استفاده نمود. شیوع اختلالات یادگیری به ویژه خواندن در دانش‌آموزان نشان‌دهنده ضرورت به کارگیری راهکارهایی برای کاهش این اختلال برای پیشگیری از آسیب شناسی تحصیلی دانش‌آموزان است. از دیگر محدودیت های 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 مسیح زاده به خاطر همکاری صمیمانه در

- Accuracy for the Identification of Students with LDs through Evolutionary Computation*. Singapore: Evolutionary Computation; 2007.
- [22] Balakrishnan J. Significance of Classification Techniques in Prediction of Learning Disabilities. *International Journal of Artificial Intelligence & Applications*. 2012; 1: 111-120.
- [23] Jain K, Manghirmalan P, Dongardive J. Computational diagnosis of learning disability. *International Journal of Recent Trends in Engineering*, 2009; 2: 64-66.
- [24] David J, Balakrishnan K. Performance Improvement of Fuzzy and Neuro Fuzzy Systems: Prediction of Learning Disabilities in School-age Children. *International Journal of Intelligent Systems and Applications*. 2013; 5: 34-52.
- [25] Manghirmalani P, Panthaky Z, Jain K. *Learning disability diagnosis and classification - A soft computing approach*. Information and Communication Technologies, Mumbai; 2011.
- [26] David J. Machine Learning Approach for Prediction of Learning Disabilities in School-Age Children. *International Journal of Computer Applications*. 2010; 9(12): 7-14.
- [27] Ishibuchi H, Nakashimam T, Murata T. A fuzzy classifier system that generates linguistic rules for pattern classification problems. *Fuzzy Logic, Neural Networks, and Evolutionary Computation*. pp 35-54; 1995. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.5555/646929.710274>.
- [28] Rezaiee F, Hosseini R, Mazinani M. *Designing a Fuzzy Inference System for Diagnosing Reading Disorder in Middle-Level Students*. Computer Engineering, Mashhad, Iran; 2016. Persian.
- [29] Fien H, Anderson D, Nelson NJ, Kennedy P, Scott KB. *Identifying the Individual Differences Among Students During Learning and Teaching Process by Science Teachers*. *Learning Disabilities Research & Practice*. 2018; 33(1): 37-50.
- [30] Salazar-Ramirez A, Irigoyen E, Martinez R, Zalabarria U. An enhanced fuzzy algorithm based on advanced signal processing for identification of stress. *Neuro Computing*. 2018; 21: 48-57. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1016/j.neucom.2016.08.153>.
- [31] Guneş G, Şahin V. The algorithm of mathematical modelling for learning styles of pre-school children. *International Journal of Primary, Elementary and Early Years Education*. 2018, 3-13. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03004279.2018.1430844>.
- [10] Cook B, Semmel MI. Are effective educational reforms effective for all students? The implications of joint outcomes Production for School Reform. *Journal of Special Education*. 2010; 7: 77-95.
- [11] Hosseini R, Mazinani M. Classification of Uncertainty Sources in Intelligent Medical Image Processing and Analysis systems. *In Proc. of Internal Conference of Computer Engineering and Science*, Mashhad; 2014. Persian.
- [12] Reitano CT. System & method for dyslexia detection by analyzing spoken & written words. *Journal of the Acoustical Society of America*. 2003; 9.
- [13] Fonseca LC, Tedrus G, Chiodi M, Cerqueira J, Tonelotto J, Neuropsiquiatr A. Quantitative EEG in children with learning disabilities. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*. 2006; 64: 376-381.
- [14] Pavlidis G. Eye Movement in Dyslexia: Their Diagnostic Significance. *Journal of Learning Disabilities*. 2001; 18: 42-50.
- [15] Mico-Tormos P, Cuesta-Frau D, Novak D. *Early Dyslexia Detection Techniques by means of Oculographic Signals*. Paper presented at the 2nd European Medical & Biological Engineering Conference, Vienna, Austria; 2002.
- [16] Wu T, Meng YR, Huang SC. *Application of ANN to the identification of students with LD*. Paper presented at the International Conference on Artificial Intelligence, Las Vegas, Nevada, USA. 2006.
- [17] Novak D, Kordk P, Macas M, Vyhnaek M, Brzezny R, Lhotska L. *School Children Dyslexia Analysis using Self Organizing Maps*. Paper presented at the IEEE 26th Annual International Conference, San Francisco; 2004.
- [18] David JM, Balakrishnan K. Significance of Classification Techniques in Prediction of Learning Disabilities in School Age Children. *International Journal of Artificial Intelligence & Applications*. 2001; 1: 110-120.
- [19] Chen FS, Su Y. *Application of Decision Tree Algorithm to the Identification of Students with Learning Disabilities*. Department of Industrial Education and Technology, Taiwan; 2010.
- [20] Upadhyay A, Singh SK. *Classification of Learning Disable Students Using Artificial Neural Network*. Dept. of Information Technology, Thakur college of Science and Commerce, Bhubaneswa; 2010.
- [21] Wu TK, Huang SH, Meng YR. *Improving ANN Classification*

**Citation:** (Vancouver): Rezaee F, Hosseini R, Mazinani M [A new classification model fuzzy-genetic algorithm for detection of learning disability of dyslexia in secondary school students]. *Tech. Edu. J.* 2019; 13(2): 439-448.

 <http://dx.doi.org/10.22061/jte.2018.2818.1724>



#### COPYRIGHTS

©2019 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.