MEJDS. 2017; 7.
Published online 2017 Aug. **Research Article**

A Proposal for a Model for Diagnosis and Classification of Exceptional Children with learning Disabilities by Using Intelligent Expert Systems

*Seyed Mohammad Mehdi Fatemi Bushehri[1,2], Mohsen Sardari Zarchi[3]

Author Address
1. Department Of Software engineering, Yazd Science and Research Branch, Islamic Azad University, Yazd, Iran;
2. Department Of Software engineering, Yazd Branch, Islamic Azad University, Yazd, Iran;
3. Assistant Professor of Faculty of Engineering, Haeri University of Meybod, Meybod, Iran.
***Corresponding Author Address**: Yazd Science and Research Branch, Islamic Azad University.
***Tel**: +983538211750
***E-mail**: fatemi.smm@gmail.com

Received: 2016 August 17**; Accepted:** 2016 October 2.

Abstract

Background and objective: The aim of this study is proposing an intelligent model for diagnosis and classification of learning disabilities based on machine learning methods and artificial neural network. Learning disabilities are among the most important and the most complex disabilities in the field of exceptional children's education. Exceptional education is an important area to which computer systems have contributed. Perhaps the first step in the education of exceptional children is the identification and classification of problems that these children face. A lot of research has been carried out regarding the use of machine learning techniques and artificial intelligence in the diagnosis and classification of learning disabilities. Reviewing of related works shows that machine learning techniques and expert systems are helpful to teachers and exceptional education's specialists. Due to complex nature of and large number of learning disabilities, experts find it difficult to diagnose and classify learning disabilities without the help of computers. Insufficient number of experts raises work pressure and diagnosis delaying. Delaying in learning disabilities diagnosis causes various problems in learning disabilities treatment. The diversity and extent of learning disabilities and insufficient number of experts make an expert system necessary for the diagnosis and classification learning disabilities of children.

Methods: In this research firstly, the necessity to develop an expert system for classifying learning disabilities is discussed. Then with reviewing related works, strengths and weaknesses of each model is expressed. Digital signal processing, digital image processing and machine learning are the most cited methods used for learning disabilities classification in previous research. A review of the literature shows that models based on digital signal processing and digital image processing could not be used for this purpose because they are costly and require controlled conditions for analysis of digital signals and digital images. However, models based on digital signal processing and image processing are highly accurate. Models based on machine learning and artificial intelligence methods are also highly accurate. In addition, results show models based on artificial intelligence are less costly than models based on digital signal processing and image processing. Therefore, models based on machine learning methods are more appropriate than models based on digital signal processing and image processing for application systems. Artificial neural network could classify learning disabilities with an accuracy of over 85%.

Results: Results show that by using genetic algorithm for feature selection the accuracy of classification can be improved. In addition, by using fuzzy logic system researchers can extract rules of classification.

Conclusion: A hybrid intelligent model based on artificial intelligence and machine-learning methods using the strengths of previous models is proposed. The proposed model uses genetic algorithm for feature selection from among a set of features that have the highest impact in classification extracting. In the proposed model learning disabilities are classified with an artificial neural network. This model uses a fuzzy logic system to extracts rules of classification intelligently. The proposed model is highly accurate in classification and implementation simplicity. Finally, implementation of proposed model is explained.

Keywords: Learning disabilities, artificial neural networks, machine learning, expert systems, genetic algorithm

[Downloaded from www.jdisabilstud.org on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.23222840.1396.7.0.52.0]

Copyright © 2016, MEJDS. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cited.

مجله مطالعات ناتوانی ۱۳۹۶؛ (۷).

انتشار برخط مردادماه ۱۳۹۶ مقاله پژوهشی اصیل

پیشنهاد مدلی جهت تشخیص و طبقه‌بندی اختلال‌های یادگیری کودکان استثنایی با استفاده از سیستم‌های خبرهٔ هوشمند

*سیدمحمدمهدی فاطمی بوشهری[۱و۲]، محسن سرداری زارچی[۳]

توضیحات نویسندگان:
۱. گروه مهندسی نرم‌افزار، پردیس علوم و تحقیقات یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران؛
۲. گروه مهندسی نرم‌افزار، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران؛
۳. استادیار گروه کامپیوتر، دانشکدهٔ فنی مهندسی، دانشگاه حائری میبد.
*آدرس نویسنده مسئول: دانشگاه آزاد اسلامی یزد، پردیس علوم و تحقیقات یزد.
*تلفن: ۰۰۹۸۳۵۳۸۲۱۱۷۵۰ *رایانامه: fatemi.smm@gmail.com

تاریخ دریافت: ۲۷ مرداد ۱۳۹۵؛ **تاریخ پذیرش:** ۱۱ مهر ۱۳۹۵

چکیده

زمینه و هدف: هدف این پژوهش ارائهٔ مدلی کاملاً هوشمند و مبتنی‌بر تکنیک‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین جهت تشخیص و طبقه‌بندی اختلال‌های یادگیری کودکان استثنایی است. در این پژوهش ابتدا ضرورت دست‌یابی به سیستمی خبره و طبقه‌بندی‌کننده بررسی شده است. سپس با بررسی کامل مدل‌های ارائه‌شدهٔ موفق‌تر در این زمینه، نقاط ضعف و قوت هریک از مدل‌ها بیان شده است. با بررسی مدل‌های مطرح کنونی مشخص شد مدل‌های مبتنی بر تکنیک‌های نرم‌افزاری و هوش مصنوعی به‌علت دسترسی آسان و هزینهٔ کمتر در مقایسه با مدل‌های مبتنی‌بر پردازش سیگنال دیجیتال و پردازش تصویر دیجیتال جهت این نوع طبقه‌بندی‌ها مناسب‌تر هستند؛ بنابراین یک مدل هوشمند ترکیبی با استفاده از نقاط قوت مدل‌های قبلی و مبتنی‌بر تکنیک‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین پیشنهاد می‌شود. در مدل پیشنهادشده با استفاده از الگوریتم ژنتیک، مجموعه ویژگی‌هایی که در این نوع طبقه‌بندی نقش مؤثرتری دارند به‌صورت هوشمند شناسایی و استخراج می‌شود. این مدل با استفاده از یک سیستم منطق فازی قوانین طبقه‌بندی مذکور را به‌صورت هوشمندانه استخراج می‌کند. در پایان نحوهٔ پیاده‌سازی مدل پیشنهادی شرح داده شده است.

کلیدواژه‌ها: اختلال یادگیری، شبکه‌های عصبی مصنوعی، یادگیری ماشین، سیستم‌های خبره، الگوریتم ژنتیک

حق انتشار محفوظ است © ۱۳۹۵، مجله مطالعات ناتوانی. این یک مقاله با دسترسی آزاد است که تحت مجوز اختیار_غیرتجاری ۴/۰ بین‌المللی (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.fa) منتشر شده است که به شما اجازه می‌دهد که مواد منتشر شده در این مقاله را با شرط ارجاع مناسب به نسخهٔ اصلی، به‌طور غیرتجاری نسخه‌برداری و توزیع کنید.

[Downloaded from www.jdisabilstud.org on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.23222840.1396.7.0.52.0]

۱ مقدمه

آموزش‌وپرورش کودکان استثنایی جایگاه ویژه و تأثیرگذاری در جامعه دارد. کودکان استثنایی به‌علت محدودیت‌ها و اختلال‌هایی که دارند اگر به‌طور صحیح آموزش نبینند در آینده هزینه‌های مادی و معنوی زیادی را به جامعه تحمیل خواهند کرد. برای آموزش این افراد نیاز به متخصصین خبره و باتجربه است.

کمبود نیروی انسانی متخصص در زمینهٔ اختلال‌های یادگیری کودکان برای بسیاری از کشورها معضل محسوب می‌شود. کمبود نیروی انسانی باعث افزایش فشار و استرس کاری بر روی متخصصین می‌شود که می‌تواند در عملکرد آن‌ها تأثیر منفی بگذارد. همچنین کمبود نیروی انسانی باعث می‌شود تا اختلال بسیاری از افراد ناتوان درست تشخیص داده نشود. درصورتی‌که اگر بسیاری از انواع اختلال‌های یادگیری به‌موقع تشخیص داده شوند قابل درمان هستند (۱).

اولین‌بار در سال ۱۹۶۳ عنوان اختلال یادگیری مطرح شد ولی تاکنون تعریف‌های متعددی برای آن ارائه شده است (۲). عدم وجود یک تعریف واحد برای اختلال‌های یادگیری، نشان‌دهندهٔ پیچیدگی و تنوع آن‌هاست. این پیچیدگی علاوه‌براینکه باعث افزایش فشار کاری بر افراد متخصص می‌شود، باعث بروز خطا در تشخیص و طبقه‌بندی هم خواهد شد. کمبود نیروی انسانی متخصص این مشکل را افزایش می‌دهد (۳).

در کشور ما نیز کمبود متخصصین خبره برای اختلال‌های یادگیری باعث افزایش فشارکاری بر این افراد و تأثیرگذاری فشار کاری در عملکرد آن‌ها شده است. همچنین عدم آشنایی برخی از معلمان در مدارس عادی مشکل عدم تشخیص به‌موقع اختلال‌های یادگیری را افزایش داده است (۴). گستردگی جغرافیایی کشور ایران، مشکل عدم دسترسی به نیروی متخصص در مناطق مختلف و دورافتاده را افزایش می‌دهد.

به‌کارگیری سیستم‌های کامپیوتری در تشخیص و طبقه‌بندی اختلال‌های یادگیری کودکان می‌تواند موجب کاهش فشارکاری متخصصین خبره شود. ازآنجایی‌که دسترسی به سیستم‌های کامپیوتری ازراه‌دور امکان‌پذیر است، با به‌کارگیری این سیستم‌ها می‌توان تا حد زیادی مشکلات مربوط به عدم دسترسی به افراد خبره در نقاط دورافتاده و محروم را کاهش داد.

با درنظرگرفتن عوامل مهمی چون کمبود نیروی انسانی متخصص، تنوع و پیچیدگی اختلال‌های یادگیری و همچنین عدم امکان دسترسی به نیروی متخصص و خبره در مناطق محروم و دورافتاده، پیشنهاد می‌شود از یک سیستم رایانه‌ای برای تشخیص و طبقه‌بندی اختلال‌های یادگیری کودکان استفاده شود.

اختلال یادگیری، تشخیص و ارزیابی: تاکنون تعاریف مختلفی برای اختلال یادگیری[1] ارائه شده است. کودکان مبتلا به اختلال یادگیری با اینکه دارای هوش معمولی هستند در فرآیندهایی مانند گوش‌دادن، خواندن، نوشتن یا شمارش اعداد دچار مشکل می‌شوند. گوناگونی رفتارها و پیچیدگی شرایط در افراد با اختلال یادگیری، موجب دشواری طبقه‌بندی رسمی این اختلال‌ها شده است (۵).

مهم‌ترین هدف ارزیابی، شناسایی زودهنگام کودکان با اختلال یادگیری است. عدم تشخیص این اختلال‌ها در سنین کودکی معمولاً باعث شکست‌های مکرر تحصیلی یا بروز اختلال‌های افسردگی، اضطرابی و بزهکاری می‌شود (۴).

تشخیص اختلال یادگیری با استفاده از تست‌های ارزیابی: یکی از ابزارهای ارزیابی بسیار رایج برای هوش کودکان با اختلال یادگیری، معیار هوش وکسلر کودکان ـ ویرایش چهارم (WISC-IV)[2] است. آزمون‌های دیگری از جمله: «مقیاس هوش استنفورد ـ بینه»[3]، «مجموعهٔ روانی ـ آموزشی وودکاک ـ جانسون»[4] و «مجموعهٔ ارزیابی کودکان کافمن»[5] نیز برای ارزیابی هوش به کار می‌روند (۴).

براساس پژوهش‌های انجام‌شده، سیستم‌های رایانه‌ای مبتنی‌بر متدهای نوین مانند هوش مصنوعی و یادگیری ماشین، می‌توانند در تشخیص و طبقه‌بندی اختلال‌های یادگیری استفاده شوند (۶). در ادامه برخی از متدهای رایانه‌ای پرکاربرد در زمینهٔ تشخیص و طبقه‌بندی اختلال‌ها شرح شده است.

هوش مصنوعی و یادگیری ماشین: جان‌مکارتی واژهٔ هوش مصنوعی[6] را اولین‌بار در سال ۱۹۵۶ به کار برد. او هوش مصنوعی را دانش و مهندسی ساخت ماشین‌های هوشمند تعریف کرد (۷). سیستم‌های مبتنی‌بر هوش مصنوعی می‌توانند واکنش‌هایی شبیه رفتارهای هوشمند انسانی مانند یادگیری، کسب دانش و استدلال برای حل مسائل را دارا باشند (۸).

به بهبود عملکرد از طریق تجربه، یادگیری گفته می‌شود (۹). به روش‌های نرم‌افزاری که سیستم از طریق تجربه یادگیری کرده و عملکرد خود را بهبود ببخشد یادگیری ماشین[7] گفته می‌شود. هدف یادگیری ماشین بالابردن بازدهی سیستم به‌صورت تدریجی و با افزایش دانش است. یادگیری ماشین یکی از زمینه‌های نسبتاً جدید هوش مصنوعی است. یادگیری ماشین در زمینه‌هایی مانند داده‌کاوی و تشخیص بیماری‌ها کاربرد دارد (۱۰).

یکی از زمینه‌های بسیار پرکاربرد تحقق یک سیستم مبتنی‌بر هوش مصنوعی، سیستم‌های خبره[8] است. به نرم‌افزارهای رایانه‌ای که به‌منظور کمک به متخصصان انسانی یا جایگزینی آنان در زمینه‌های تخصصی طراحی و به‌کارگیری می‌شوند سیستم‌های خبره می‌گویند. در سیستم‌های خبره اطلاعات به شکل قوانین[9] و واقعیت‌ها[10] در پایگاهی به نام پایگاه دانش[11] به‌صورت ساختاریافته و قانون‌مند ذخیره می‌شود. این سیستم‌ها با استفاده از روش‌های مبتنی‌بر استنتاج، از این داده‌ها نتایج لازم را تولید می‌کنند (۱۱،۱۲).

شبکه‌های عصبی مصنوعی: به سیستم‌ها و روش‌های محاسباتی که جهت یادگیری ماشین، نمایش دانش و اعمال دانش به‌دست‌آمده برای

1. Learning Disabilities
2. Wechsler Intelligence Scale for Children-Forth Edition
3. Stanford-Binet Intelligence Scale
4. Woodcock-Johnson Psychoeducational Battery
5. Kaufman Assessment Battery for Children
6. Artificial Intelligent
7. Machine Learning
8. Expert Systems
9. Rules
10. Facts
11. Knowledge Base

[Downloaded from www.jdisabilstud.org on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.23222840.1396.7.0.52.0]

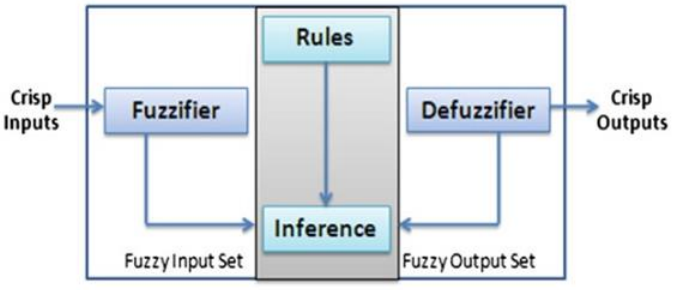
پیش‌بینی پاسخ‌های خروجی از سامانه‌های پیچیده به کار می‌روند شبکه‌های عصبی مصنوعی یا به زبان ساده‌تر شبکه‌های عصبی می‌گویند. ایدهٔ اصلی این نوع از شبکه‌ها از نحوهٔ عملکرد سیستم عصبی زیستی به‌منظور پردازش اطلاعات جهت یادگیری و تولید دانش الهام گرفته‌شده است. این‌گونه سیستم‌ها از تعداد زیادی عناصر پردازشی به‌هم‌پیوسته به نام نورون تشکیل‌شده‌اند که برای حل مسئله باهم هماهنگ عمل می‌کنند و توسط سیناپس‌ها (ارتباطات الکترومغناطیسی) اطلاعات را منتقل می‌کنند (۱۰).

یکی از خصوصیات بسیار مهم این شبکه‌ها قدرت یادگیری آن‌ها است. یادگیری در این سیستم‌ها به روش تطبیقی انجام می‌شود، یعنی با استفاده از الگوها و نمونه‌ها، وزن سیناپس‌ها به‌گونه‌ای تغییر می‌کند که سیستم با ورودی‌های جدید، قادر به تولید پاسخ صحیح باشد. با استفاده از روش‌های برنامه‌نویسی می‌توان ساختار داده‌ای طراحی کرد که مانند یک نورون عمل کند. سپس با ایجاد نورون‌های مصنوعی به‌هم‌پیوسته یک شبکه عصبی مصنوعی ساخته می‌شود (۱۰).

بعد از ساخت یک شبکهٔ عصبی یک الگوریتم آموزشی برای شبکهٔ مذکور در نظر گرفته می‌شود. سپس این الگوریتم به شبکه اعمال می‌شود و شبکه به‌وسیلهٔ آن آموزش می‌بیند. این نوع شبکه‌ها برای تخمین و تقریب کارایی بسیار بالایی از خود نشان داده‌اند. اگر یک شبکه را هم‌ارز با یک گراف در نظر بگیریم، فرآیند آموزش شبکه، تعیین وزن هر یال و bias اولیه خواهد بود (۱۰).

الگوریتم ژنتیک: ایدهٔ اصلی الگوریتم ژنتیک از نظریهٔ تکامل داروین (۱۸۵۹) گرفته شده است. طبق این نظریه آن دسته از صفات طبیعی که با قوانین طبیعی سازگاری بیشتری دارند، شانس بقای بیشتری دارند. در واقع طبیعت مناسب‌ترین‌ها را انتخاب می‌کند نه لزوماً قوی‌ترین‌ها را. به‌طور خلاصه در هر نسل به‌گونه‌های برتر، فرصت تولیدمثل داده شده و گونه‌های دارای خصوصیات نامطلوب به‌تدریج از بین می‌روند. الگوریتم ژنتیک در سال ۱۹۷۰ توسط هلند[1]، دیجونگ[2] و گلدبرگ[3] ارائه شد. این الگوریتم جزء کلاس الگوریتم‌های بهینه‌سازی تصادفی قرار دارد. الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی مسائل پیچیده با فضای جستجوی ناشناخته بسیار مناسب است. الگوریتم ژنتیک یک تکنیک جستجوی رایانه‌ای برای یافتن راه‌حل بهینه در مسائل جستجو است. الگوریتم‌های ژنتیک از برخی مباحث علم زیست‌شناسی مثل وراثت، جهش، انتخاب ناگهانی، انتخاب طبیعی و ترکیب الهام گرفته شده است. طبق نظریهٔ تکامل، در طبیعت با ترکیب کروموزوم‌های بهتر، نسل‌های بهتری پدید می‌آیند. در بعضی مواقع جهش‌هایی نیز در کروموزوم‌ها رخ می‌دهد که ممکن است باعث بهترشدن نسل بعدی شوند. الگوریتم ژنتیک نیز با استفاده از این ایده به حل مسائل می‌پردازد. الگوریتم ژنتیک ابتدا به‌طور تصادفی تعدادی جواب برای مسئله تولید می‌کند. این مجموعه جواب را جمعیت اولیه می‌نامیم. در واقع هر جواب یک کروموزوم است. سپس با استفاده از عملگرهای الگوریتم ژنتیک و تعیین معیار برازندگی، کروموزوم‌های بهتر انتخاب و از ترکیب این کروموزوم‌ها نسل بعدی تولید می‌شود. البته برای تولید نسل بعدی از کروموزوم‌ها یا همان جواب‌های مسئله، درصد جزیی برای جهش و همچنین انتقال بدون تغییر یک کروموزوم به نسل بعد نیز در نظر گرفته می‌شود. این تکرار آن‌قدر ادامه پیدا می‌کند تا با توجه به معیار برازندگی به یک نسل بهینه دست پیدا شود (۱۳).

سیستم منطق فازی: سیستم منطق فازی[4] به‌عنوان نگاشت‌دهندهٔ غیرخطی یک مجموعه دادهٔ ورودی به یک دادهٔ خروجی عددی تعریف شده است. یک سیستم منطق فازی شامل چهار بخش اصلی است: فازی‌کننده، قوانین، موتور استنتاج و غیرفازی‌کننده. سیستم منطق فازی یکی از معروف‌ترین برنامه‌های تئوری منطق فازی و مجموعه‌های فازی است. این سیستم‌ها می‌توانند جهت طبقه‌بندی وظائف، شبیه‌سازی پردازش‌های آفلاین، تشخیص، ابزار تصمیم‌گیری آنلاین و پردازش‌های کنترل استفاده شوند. همان‌گونه که در شکل ۱ نشان داده شده یک مجموعه داده ورودی جدید جمع‌آوری و به متغیرها، عبارت‌ها و توابع عضویت فازی تبدیل می‌شود. این مرحله با نام فازی‌سازی[5] شناخته می‌شود. بعد از این مرحله، عمل استنتاج براساس قوانین، انجام می‌شود. در پایان نتایج خروجی فازی با استفاده از توابع عضویت به یک خروجی تبدیل می‌شوند. به این مرحله غیرفازی‌سازی[6] گفته می‌شود (۱۴).



شکل ۱. سیستم منطق فازی (۱۴)

مراحل هفت‌گانهٔ پیاده‌سازی مدل فازی به این شرح است (۱۴): ۱. تعریف متغیرها و عبارت‌ها؛ ۲. ایجاد توابع عضویت؛ ۳. ایجاد قوانین؛ ۴. تبدیل داده‌های اولیهٔ ورودی به مقادیر فازی با استفاده از توابع عضویت؛ ۵. اعمال روش ضمنی؛ ۶. جمع‌آوری همهٔ

[1]. Holland
[2]. DeJong
[3].Goldberg
[4]. Fuzzy Logic System (FLS)
[5]. Fuzzification
[6]. Defuzzification

[Downloaded from www.jdisabilstud.org on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.23222840.1396.7.0.52.0]

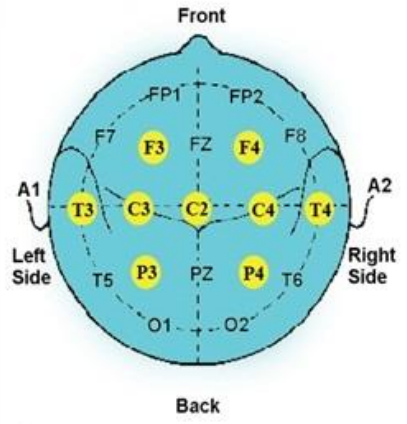
خروجی‌های به‌دست‌آمده؛ ۷. تبدیل داده‌های خروجی به مقادیر غیرفازی.

تشخیص اختلال یادگیری با استفاده از پردازش تصویر دیجیتال: در سال ۲۰۰۲ محققین به این نتیجه رسیدند که تحلیل پاسخ حرکت‌های چشم یک کودک از طریق بررسی سیگنال‌های چشمی می‌تواند منجربه تشخیص اختلال یادگیری شود. از تحلیل‌های کامپیوتری این نکته به دست آمد که ارتباط بسیار زیادی بین فعالیت‌های عصبی و پاسخ‌های چشم وجود دارد، همچنین در تعداد زیادی از مطالعات، وابستگی خطی حرکت چشم بر سرعت محرک بیان و تأیید شده است (۱۵).

پژوهشگران در سال ۲۰۰۴ با استفاده از پردازش تصویر دیجیتال، مجموعه‌ای از خصوصیات سیگنال‌های حرکت عمودی و افقی چشم را محاسبه کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که سرعت خواندن، با احتمال سالم‌بودن بیمار افزایش می‌یابد (۱۶).

نتایج تحقیقات انجام‌شده در این زمینه نشان می‌دهد که این روش‌ها از دقت خوبی در تشخیص برخوردارند. همچنین روش‌های مبتنی‌بر پردازش تصویر دیجیتال نیازمند تجهیزات ویژهٔ سخت‌افزاری و مکان‌هایی با شرایط کنترل‌شده جهت جمع‌آوری تصاویر هستند؛ بنابراین این روش‌ها علاوه‌بر هزینه‌بر بودن، قابلیت اجرا در همهٔ مکان‌ها را ندارند.

تشخیص اختلال یادگیری با استفاده از پردازش سیگنال دیجیتال: در سال ۲۰۱۲ مدلی برای طبقه‌بندی افراد دارای اختلال یادگیری از نوع دیلکسیا[1] ارائه شد. در این مدل از متد ERPs که یک متد اندازه‌گیری سیگنال‌های مغزی است استفاده شد. در این مدل با استفاده از EEG[2] یا موج‌نگاری مغزی فعالیت‌های مغزی افراد در حالت‌های مختلف ثبت شد (شکل ۲). مدل پیشنهادی با استفاده از نمونه‌های EEG و با به‌کارگیری تکنیک ماشین بردار پشتیبان به تشخیص اختلال دیلکسیا می‌پردازد (۱۷).



شکل ۲. نحوهٔ اتصال الکترودهای ثبت EEG به سر (۱۷)

در سال ۲۰۱۳ مدلی دیگر برای طبقه‌بندی کودکان دارای اختلال یادگیری از نوع دیلکسیا ارائه شد. در این روش نیز از EEG نمونه‌ها جمع‌آوری شد. سپس یک طبقه‌بندی‌کننده از نوع شبکهٔ عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه با آن آموزش داده می‌شود و برای طبقه‌بندی دیلکسیا استفاده می‌گردد (۱۸).

باوجود اینکه روش‌های مبتنی‌بر علائم فیزیولوژی دارای دقت بالایی هستند، اما برای جمع‌آوری این علائم نیاز به تجهیزات، محل‌ها و شرایط کنترل‌شده و خاص دارند. با توجه به این نکته، نمی‌توان از این روش‌ها به‌صورت کاربردی و در محل‌های گوناگون استفاده کرد. بلکه می‌توان از این گونه روش‌ها، به‌عنوان معیاری برای سنجش درستی روش‌های دیگر استفاده نمود.

نتایج این تحقیقات نشان می‌دهد که روش‌های مبتنی‌بر پردازش سیگنال دیجیتال از دقت خوبی در تشخیص برخوردارند. روش‌های مبتنی‌بر پردازش سیگنال دیجیتال همانند روش‌های مبتنی بر پردازش تصویر دیجیتال نیازمند تجهیزات ویژه سخت‌افزاری و مکان‌هایی با شرایط کنترل‌شده جهت جمع‌آوری سیگنال‌های دیجیتال هستند؛ بنابراین این روش‌ها علاوه بر هزینه‌بر بودن، قابلیت اجرا در همهٔ مکان‌ها را ندارند.

تشخیص اختلال یادگیری با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی: برای اولین‌بار در سال ۲۰۰۶ از روش‌های یادگیری ماشین در تشخیص اختلال یادگیری استفاده شد. در پژوهش منتشرشده در سال ۲۰۰۶ به مقایسهٔ کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی[3] و ماشین بردار پشتیبان[4] در تشخیص اختلال یادگیری پرداخته شد. نتیجهٔ این پژوهش نشان داد در صورت انتخاب ویژگی‌های مناسب، شبکه‌های عصبی مصنوعی از دقت بیشتری در مقایسه با ماشین بردار پشتیبان برخوردار است (۱).

این پژوهش نشان داد شبکه‌های عصبی مصنوعی قابلیت خوبی در طبقه‌بندی اختلال‌های یادگیری دارند. از آنجایی که شبکه‌های عصبی مصنوعی نیازمند سخت‌افزارهای پیچیده و خاص نیستند و از پیاده‌سازی و کارکرد ساده‌تری در مقایسه با مدل‌های مبتنی‌بر پردازش دیجیتال برخوردارند، هزینهٔ کمتری در قیاس با مدل‌های نیازمند به تجهیزات ویژه دربردارند. همان‌طور که قبلاً بیان شد شبکه‌های عصبی مصنوعی زیرمجموعه‌ای از متدهای نرم‌افزاری هستند و برای همین در

[1] Dyslexia
[2]. Artificial Neural Network (ANN)
[3]. Support Vector Machine (SVM)

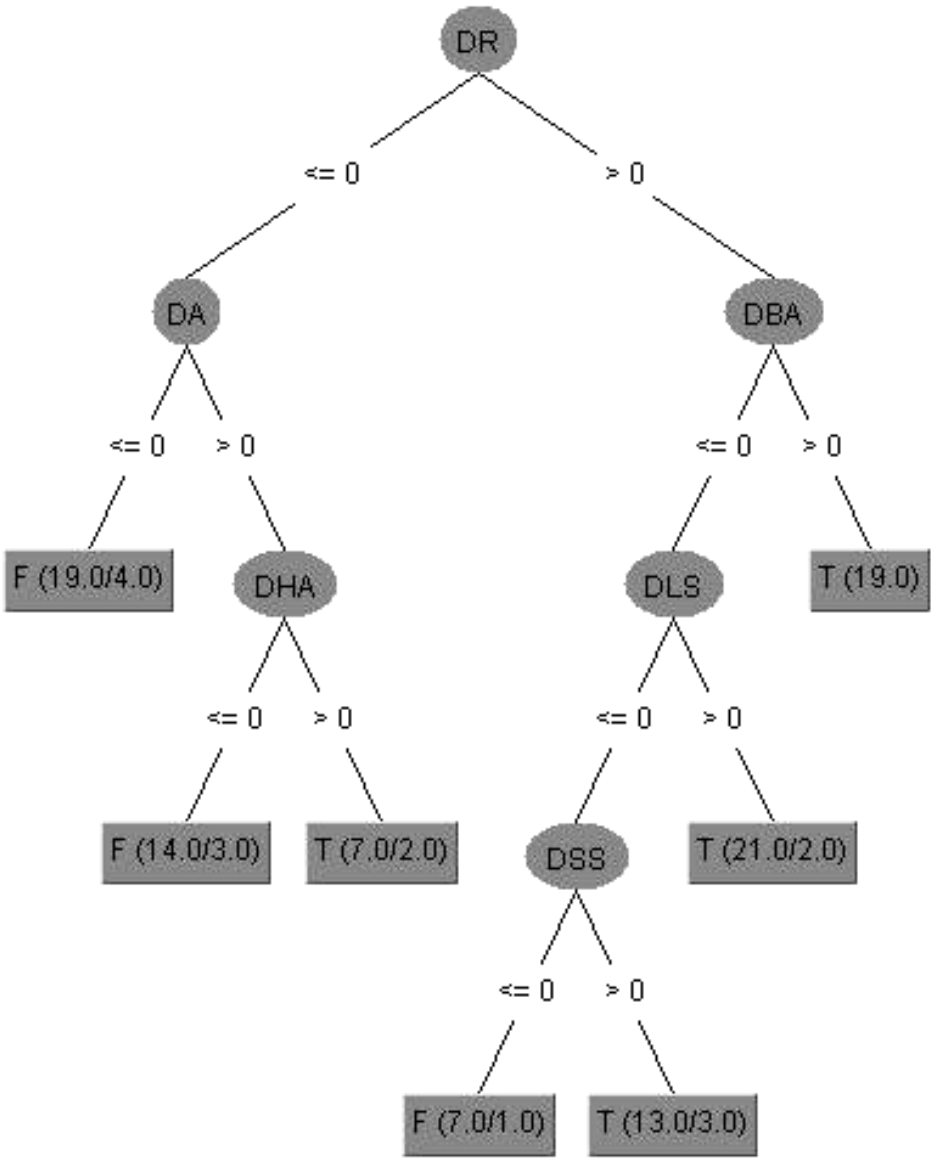
[Downloaded from www.jdisabilstud.org on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.23222840.1396.7.0.52.0]

مکان‌های مختلف می‌توان از آن‌ها استفاده کرد.

تشخیص اختلال یادگیری با استفاده از شبکه‌های عصبی و الگوریتم ژنتیک: در سال ۲۰۰۸ به‌منظور بهبود میزان دقت تشخیص اختلال یادگیری و باتوجه به نتایج به‌دست‌آمده در تحقیقات قبلی از الگوریتم ژنتیک[1] برای انتخاب ویژگی‌های مناسب[2] به‌همراه شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده شد. در هوش مصنوعی، الگوریتم ژنتیک یک تکنیک برنامه‌نویسی است که از الگوی تکامل ژنتیکی برای حل مسئله استفاده می‌کند. مدل ارائه‌شده توانست به‌دقت بالای ۸۸درصد دست یابد (۳).

نتایج این تحقیق نشان داد که انتخاب ویژگی‌های مناسب با استفاده از الگوریتم ژنتیک علاوه بر کاهش زمان تشخیص، دقت تشخیص را نیز بالا می‌برد.

تشخیص اختلال یادگیری با استفاده از درخت تصمیم: در سال ۲۰۱۰ برای پیش‌بینی اختلال یادگیری در کودکان از درخت تصمیم[3] استفاده شد. درخت‌های تصمیم ابزاری برای طبقه‌بندی، پیش‌بینی و استخراج قوانین هستند (شکل ۳).



شکل ۳. ساختار درخت تصمیم برای طبقه‌بندی اختلال یادگیری کودکان (۱۹)

این روش از ساختار درختی برای دسته‌بندی استفاده می‌کند. از آنجایی‌که معمولاً افراد متخصص و خبره از تجربیات خود جهت تشخیص اختلال‌ها استفاده می‌کنند و قوانین ثابت و معینی برای تشخیص اختلال‌های یادگیری که مورد توافق همهٔ متخصصین باشد وجود ندارد، استخراج هوشمند این قوانین می‌تواند به افرادی که دارای تجربهٔ کمتری در این زمینه هستند کمک کند. در این پژوهش و با استفاده از درخت تصمیم ۷ قانون برای تشخیص وجود یا عدم وجود اختلال یادگیری به‌صورت هوشمند استخراج شد. قوانین استخراج‌شده از درخت تصمیم، برای تشخیص اختلال یادگیری بدین شرح است (۱۹):

[1]. Genetic Algorithm (GA)
[2]. Feature Selection
[3]. Decision Tree

[Downloaded from www.jdisabilstud.org on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.23222840.1396.7.0.52.0]

Rule-1: IF *difficulty with reading=NO, difficulty with attention=NO* THEN *Learning Disability=NO*
Rule-2: IF *difficulty with reading=NO, difficulty with attention=YES, difficulty with higher arithmetic skills=YES* THEN *Learning Disability=YES*
Rule-3: IF *difficulty with reading=NO, difficulty with attention=YES, difficulty with higher arithmetic skills=NO* THEN *Learning Disability=NO*
Rule-4: IF *difficulty with reading=YES, difficulty with basic arithmetic skills=NO, difficulty learning a subject=NO, does not like schools=NO* THEN *Learning Disability=NO*

Rule-5: IF *difficulty with reading=YES, difficulty with basic arithmetic skills=NO, difficulty learning a subject=YES* THEN *Learning Disability=YES*
Rule-6: IF *difficulty with reading=YES, difficulty with basic arithmetic skills=NO, difficulty learning a subject=NO, does not like school=YES* THEN *Learning Disability=YES*
Rule-7: IF *difficulty with reading=YES, difficulty with basic arithmetic skills=YES* THEN *Learning Disability=YES*

این پژوهش نشان داد درخت تصمیم می‌تواند قوانین تشخیص اختلال یادگیری را به‌صورت هوشمند استخراج کند. میزان دقت تشخیص صحیح در این روش ۷۵درصد اعلام شد که این میزان در مقایسه با میزان تشخیص به‌دست‌آمده در تحقیق سال ۲۰۰۸ با استفاده از شبکه‌های عصبی کمتر است.

تشخیص اختلال یادگیری با استفاده از سیستم‌های منطق فازی: در سال ۲۰۱۴ مدلی مبتنی بر شبکه‌های عصبی مصنوعی و منطق فازی[1] برای تشخیص و طبقه‌بندی اختلال یادگیری کودکان ارائه شد. این مدل علاوه‌بر تشخیص اختلال یادگیری قادر به طبقه‌بندی آن در یکی از گروه‌های دیلکسیا، Dysgraphia و Dyscalculia نیز است. در مدل پیشنهادی، ابتدا وجود یا عدم وجود اختلال یادگیری با استفاده از شبکهٔ عصبی مصنوعی تشخیص داده می‌شود و در صورت مثبت‌بودن اختلال یادگیری، با استفاده از سیستم منطق فازی نوع اختلال تعیین می‌گردد. مدل فازی ارائه‌شده توانست ۷ قانون برای طبقه‌بندی انواع اختلال یادگیری استخراج کند. این مدل به دقت حدود ۸۵درصد برای تشخیص و ۹۰درصد برای طبقه‌بندی اختلال‌های یادگیری دست یافت.

۷ قانون به‌دست‌آمده از مدل فازی برای طبقه‌بندی انواع اختلال‌های یادگیری بدین شرح است (۱۴):

Rule-1: IF *score low in essay, reading, comprehension, spelling, perception, solve, word problems, mental sums, time, money* THEN *Dyslexia, Dysgraphia and Dyscalculia*
Rule-2: IF *low in of reading, comprehension, perception, word problem* THEN *Dyslexia*
Rule-3: IF *low in of spelling, comprehension, essay* THEN *Dysgraphia*
Rule-4: IF *low in of solve, mental sums, word problems, sums related to time, calendar, money* THEN *Dyscalculia*
Rule-5: IF *low in of reading, comprehension, perception, word problem, spelling, essay* THEN *Dyslexia and Dysgraphia*
Rule -6: IF *low in of reading, comprehension, perception, solve, mental sums, word problems, sums related to time, calendar and money* THEN *Dyslexia and Dyscalculia*
Rule -7: IF *low in of spelling, comprehension essay, solve, mental sums, word problems, sums related to time, calendar, money* THEN *Dysgraphia and Dyscalculia*

این مدل با ترکیب شبکه‌های عصبی مصنوعی و سیستم‌های منطق فازی توانست در کنار تشخیص اختلال یادگیری به طبقه‌بندی آن نیز بپردازد. همچنین نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش‌های این مدل نشان‌دهندهٔ دقت بالای آن در تشخیص و طبقه‌بندی است. در این مدل از انتخاب ویژگی برای تعیین ویژگی‌هایی که بیشترین تأثیر را در تشخیص و طبقه‌بندی دارند استفاده نشده است.

مزایا و معایب روش‌های پیشین: بررسی مدل‌ها و روش‌های ارائه‌شدهٔ قبلی نشان می‌دهد استفاده از مدل‌های مبتنی‌بر پردازش سیگنال و پردازش تصویر نه‌تنها مشکل کمبود نیروی انسانی را برطرف نمی‌کند بلکه به‌خاطر هزینه‌های مالی و محدودیت‌های مکانی برای سیستم‌های کاربردی مناسب نیست. می‌توان از مدل‌های مبتنی‌بر پردازش سیگنال و تصویر برای ارزیابی مدل‌های دیگر استفاده کرد. از بررسی مدل‌های مبتنی‌بر تکنیک‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین این نتیجه به دست می‌آید که استفاده از این روش‌ها به‌عنوان سیستم خبره علاوه‌بر کاهش مشکل کمبود نیروی انسانی، مشکل محدودیت مکانی را نیز برطرف می‌کند. در روش‌های پیشین معیار دقت به‌صورت نسبت موارد صحیح تشخیص داده شده به کل موارد مورد آزمایش در نظر گرفته شده است. بررسی تحقیقات گذشته نشان می‌دهد شبکه‌های عصبی مصنوعی از دقت خوبی در طبقه‌بندی این مشکلات برخوردارند. بهترین نتایج نشان‌دهندهٔ موفقیت بالای ۸۵درصد شبکهٔ عصبی مصنوعی در تشخیص اختلال یادگیری و ۹۰درصد در طبقه‌بندی آن است (۱۴). نتیجهٔ دیگر این که با استفاده از الگوریتم ژنتیک می‌توان به مدل‌های دقیق‌تری دست یافت. سیستم‌های منطق فازی نیز برای استخراج قوانین طبقه‌بندی از قابلیت‌های زیادی برخوردارند. در هیچ‌کدام از مدل‌های پیشین از الگوریتم ژنتیک و سیستم منطق فازی درکنار هم استفاده نشده است. سیستم‌های منطق فازی قابلیت خوبی در استخراج قوانین دارند و عدم به‌کارگیری آن‌ها باعث می‌شود تا علی‌رغم اینکه سیستم‌های مبتنی‌بر الگوریتم ژنتیک مدل‌های دقیق‌تری هستند، نتوان از آن‌ها به‌عنوان سیستم استخراج‌کننده قوانین طبقه‌بندی نیز استفاده کرد؛ بنابراین در مدل پیشنهادی سعی شده است تا علاوه بر خصوصیت تشخیص و طبقه‌بندی اختلال‌های یادگیری، استخراج قوانین نیز به‌صورت هوشمند امکان‌پذیر باشد.

مدل پیشنهادی: در ایران نیز مانند بسیاری از جوامع دیگر، کمبود متخصصین خبره تشخیص اختلال‌های یادگیری کودکان استثنایی

1. Fuzzy Logic

[Downloaded from www.jdisabilstud.org on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.23222840.1396.7.0.52.0]

باعث افزایش فشار کاری بر این افراد و تأثیرگذاری آن در عملکرد آن‌ها شده است. همچنین عدم دسترسی به متخصصین خبره در مناطق دورافتاده و محروم باعث عدم تشخیص به موقع اختلال‌های یادگیری کودکان می‌شود. برخی از مدل‌های ارائه‌شدهٔ قبلی علی‌رغم داشتن دقت بالا، دارای پیچیدگی در پیاده‌سازی و محدودیت مکانی و هزینه‌ای بودند. بررسی روش‌های مطرح‌شده نشان می‌دهد سیستمی می‌تواند برای تشخیص و طبقه‌بندی اختلال‌های یادگیری کودکان کارآمد و مناسب باشد که در حین سادگی و کم‌هزینه‌بودن از دقت زیادی برخوردار باشند. همچنین این سیستم باید به‌گونه‌ای طراحی شود تا قابل استفاده در محل‌های مختلف و دورافتاده باشد. برای این منظور پیشنهاد می‌شود از روش‌های مختلف و به‌صورت ترکیبی برای پوشش‌دادن نقاط ضعف و بهره‌گیری از نقاط قوت آن‌ها استفاده شود. باتوجه به نتیجهٔ بررسی روش‌های ارائه‌شدهٔ قبلی همچنین به‌علت دسترسی آسان سیستم‌های نرم‌افزاری پیشنهاد می‌شود از روش‌های مبتنی‌بر نرم‌افزار جهت تشخیص و طبقه‌بندی اختلال‌های یادگیری کودکان استفاده شود. البته می‌توان برای ارزیابی این سیستم‌ها از سیستم‌های مبتنی‌بر پردازش سیگنال استفاده کرد ولی به‌علت اینکه سیستم‌های مبتنی‌بر پردازش سیگنال نیاز به شرایط خاص و تجهیزات ویژه دارند و همین امر موجب محدودیت در استفاده از آن‌ها در نقاط مختلف می‌شود، استفاده از آن‌ها به‌عنوان یک سیستم کاربردی توصیه نمی‌شود؛ بنابراین با توجه به نتایج موفق تحقیقات وو و همکاران (۳) منتشرشده در سال ۲۰۰۸ پیشنهاد می‌شود از یک شبکهٔ عصبی مصنوعی ترکیبی با الگوریتم ژنتیک جهت تشخیص وجود یا عدم وجود اختلال یادگیری استفاده شود. علت به‌کارگیری الگوریتم ژنتیک در این سیستم، دست‌یابی به مجموعه‌ای کوچک اما مؤثر از ویژگی‌ها جهت تشخیص اختلال‌های یادگیری کودکان است. همچنین با توجه به مزایای مدل ارائه‌شده توسط جین و همکاران (۱۴) در سال ۲۰۱۴ پیشنهاد می‌شود با استفاده از سیستم منطق فازی علاوه‌بر طبقه‌بندی انواع اختلال‌های یادگیری، قوانین مربوط به هر یک نیز استخراج گردد. سیستم خبرهٔ پیشنهادی می‌تواند علاوه‌بر تشخیص هوشمند اختلال یادگیری کودکان، انواع آن را نیز طبقه‌بندی کند. همچنین این سیستم قادر است قوانین مرتبط با تشخیص و طبقه‌بندی اختلال‌های یادگیری کودکان را به‌صورت خودکار و کاملاً هوشمند استخراج نماید. با توجه به اینکه این سیستم از تکنیک‌های نرم‌افزاری هوش مصنوعی استفاده می‌کند به‌راحتی در مناطق مختلف و بر روی ساختارهای متفاوت قابل پیاده‌سازی و استفاده است. درصورتی‌که طراحی این سیستم به‌گونه‌ای انجام شود که بر روی گوشی‌های هوشمند قابل اجرا باشد، گسترهٔ استفاده و بهره‌گیری از این سیستم را به‌طور چشم‌گیری افزایش خواهد داد. شکل ۴ نشان‌دهندهٔ نحوهٔ عملکرد سیستم پیشنهادی است.

مزایا و ویژگی‌های مدل پیشنهادی:

۱. دقت بالا: در مدل پیشنهادی از شبکه‌های عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک به‌صورت ترکیبی جهت بالابردن دقت سیستم استفاده شده است.

۲. استخراج قوانین به‌صورت هوشمند: در مدل پیشنهادی با به‌کارگیری یک سیستم منطق فازی قوانین مربوط به طبقه‌بندی اختلال‌های یادگیری به‌صورت هوشمند استخراج می‌شود.

۳. در دسترس‌بودن: استفاده از تکنیک‌های نرم‌افزاری مبتنی‌بر هوش مصنوعی در این مدل، این امکان را فراهم می‌سازد تا این سیستم در محل‌های گوناگون و بر روی ساختارهای متفاوت نرم‌افزاری و سخت‌افزاری پیاده‌سازی شود.

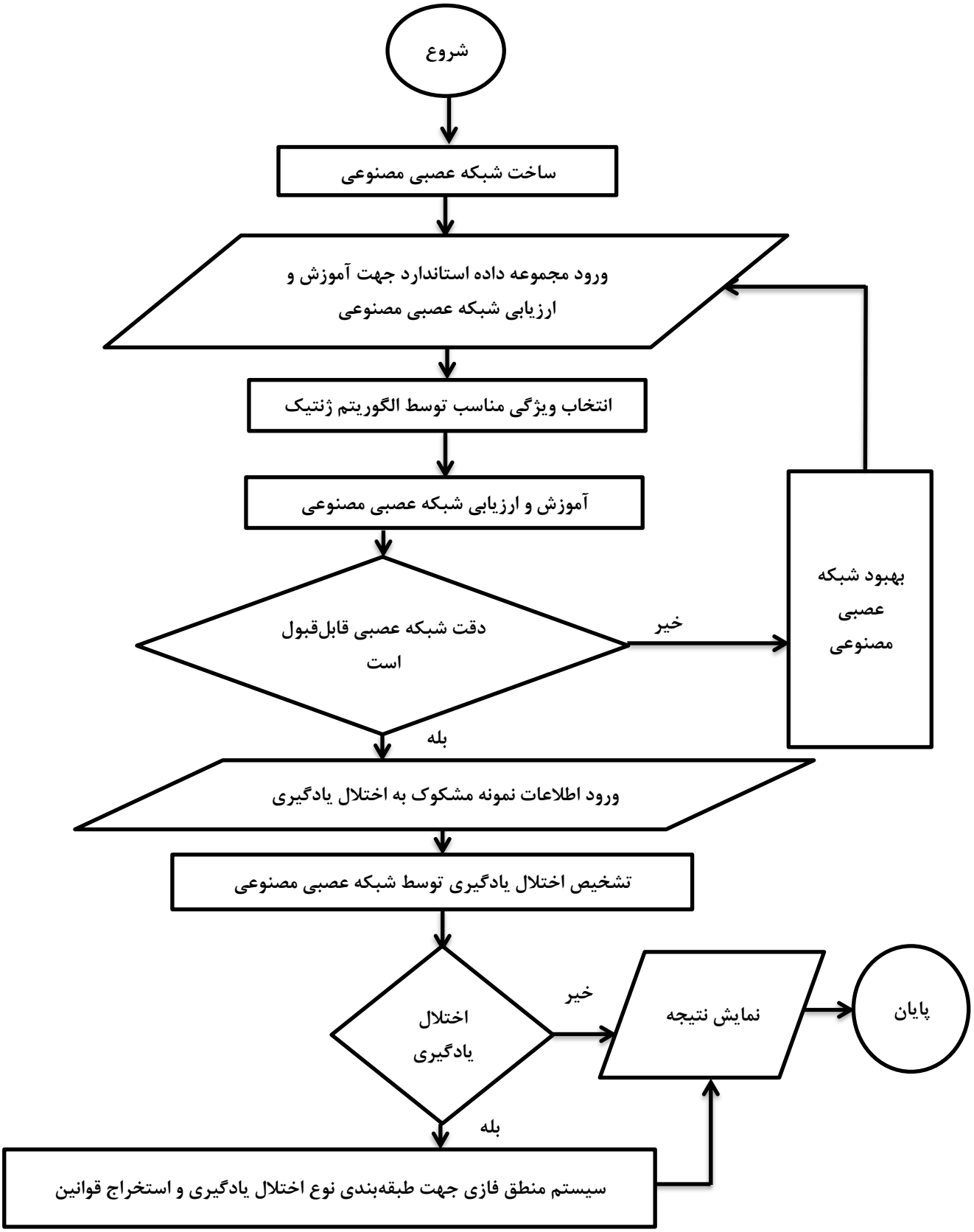
۴. کمک به رفع مشکل کمبود نیروی انسانی متخصص: به‌کارگیری این سیستم در مناطقی که با کمبود نیروی انسانی متخصص هستند منجر به کمک به رفع این مشکل خواهد شد.

نحوهٔ عملکرد مدل پیشنهادی: نحوهٔ عملکرد سیستم هوشمند پیشنهادی که در شکل ۴ نشان داده شده به این صورت است که ابتدا یک شبکهٔ عصبی مصنوعی ساخته می‌شود. سپس این شبکه با یک مجموعه دادهٔ استاندارد شامل اطلاعات افرادی که دارای اختلال یادگیری هستند و همچنین افراد بدون اختلال یادگیری آموزش داده می‌شود. این اطلاعات شامل نتایج آزمون‌های استاندارد مانند آزمون وکسلر است. برای تهیهٔ این مجموعه داده لازم است ابتدا اطلاعات لازم توسط افراد متخصص در تشخیص اختلال یادگیری و براساس آزمون‌های استاندارد جمع‌آوری شود. سپس این اطلاعات توسط متخصص رایانه به یک فایل که شامل یک جدول با ویژگی‌های افراد است تبدیل شود. این فایل به‌عنوان مجموعهٔ دادهٔ استاندارد به سیستم وارد می‌شود. قبل از فرآیند آموزش، ویژگی‌های مناسب توسط الگوریتم ژنتیک تعیین و انتخاب می‌گردد. پس از آموزش، شبکهٔ عصبی مصنوعی ارزیابی می‌شود. اگر نتیجهٔ ارزیابی پذیرفته نبود، شبکهٔ عصبی مصنوعی با تغییر پارامترها بهبود می‌یابد و به مرحلهٔ آموزش بازمی‌گردد. اگر نتیجهٔ ارزیابی پذیرفته بود اطلاعات فرد مشکوک به اختلال یادگیری وارد سیستم می‌شود. سپس توسط شبکهٔ عصبی مصنوعی به‌دست‌آمده از مرحلهٔ قبل آزمایش می‌شود. درصورتی‌که نتیجه مثبت باشد اطلاعات فرد جهت طبقه‌بندی نوع اختلال یادگیری به سیستم منطق فازی داده می‌شود. درنهایت نتیجهٔ به‌دست‌آمده (مثبت یا منفی) به‌همراه قوانین مربوطه در خروجی قابل‌مشاهده است.

از مدل‌های مبتنی‌بر پردازش سیگنال و پردازش تصویر می‌توان به‌منظور ارزیابی سیستم پیشنهادی استفاده کرد.

[Downloaded from www.jdisabilstud.org on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.23222840.1396.7.0.52.0]



شکل ۴. نحوهٔ عملکرد سیستم خبرهٔ هوشمند پیشنهادی

[Downloaded from www.jdisabilstud.org on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.23222840.1396.7.0.52.0]

ابزار پیاده‌سازی: تمام تکنیک‌های مطرح‌شده در مدل پیشنهادی توسط زبان‌های برنامه‌نویسی رایج مانند C و Java قابل پیاده‌سازی است. به‌غیر از آن جهت ارزیابی مدل پیشنهادی نرم‌افزارهای متعدد و گوناگونی نیز وجود دارد. یکی از این ابزارها نرم‌افزار WEKA نام دارد که نرم‌افزاری پرکاربرد در این زمینه است. این نرم‌افزار بسیاری از الگوریتم‌ها را به‌صورت آماده در اختیار پژوهشگران قرار می‌دهد.
نرم‌افزار قدرتمند دیگری که می‌تواند مخصوصاً جهت پیاده‌سازی، تست و ارزیابی عملکرد سیستم پیاده‌سازی‌شده استفاده شود نرم‌افزار MATLAB است. این نرم‌افزار علاوه‌بر ارائهٔ توابع مختلف جهت پیاده‌سازی تکنیک‌های پیشنهادی، یک محیط برنامه‌نویسی نیز در اختیار محققین قرار می‌دهد که این امر موجب انعطاف‌پذیری بسیار خوبی جهت پیاده‌سازی مدل‌های گوناگون می‌شود. همچنین این نرم‌افزار با در اختیار گذاشتن نمودارهای گوناگون کار ارزیابی عملکرد را بسیار ساده و دقیق می‌کند.

۲ نتیجه‌گیری

در این مقاله بررسی جامع روش‌های هوشمند تشخیص و طبقه‌بندی اختلال‌های یادگیری ارائه شد. با بررسی نقاط ضعف و قوت هریک از مدل‌های ارائه‌شده، نشان‌دهندهٔ این است که سیستمی می‌تواند برای تشخیص و طبقه‌بندی اختلال‌های یادگیری مناسب باشد که در حین سادگی از دقت بالایی برخوردار باشند؛ بنابراین مدل‌های نرم‌افزاری به‌علت داشتن این ویژگی‌ها مناسب به نظر می‌رسند. در پایان باتوجه به اینکه تاکنون در ایران سیستم هوشمندی برای تشخیص و طبقه‌بندی اختلال‌های یادگیری ارائه نشده است با تلفیقی از موفق‌ترین مدل‌های نرم‌افزاری ارائه‌شده، یک سیستم هوشمند برای تشخیص و طبقه‌بندی اختلال‌های یادگیری پیشنهاد شد. در مدل پیشنهادی هوش مصنوعی و الگوریتم ژنتیک به‌همراه سیستم منطق فازی به‌کارگرفته شده است. در هیچ یک از مدل‌های پیشین این سه متد درکنار هم به‌کار نرفته است. این سیستم قادر است علاوه‌بر تشخیص و طبقه‌بندی اختلال‌های یادگیری، قوانین مربوط به تشخیص و طبقه‌بندی این اختلال‌ها را نیز به‌صورت هوشمند استخراج نماید. چون در این سیستم از الگوریتم ژنتیک جهت انتخاب ویژگی‌هایی که بیشترین تأثیر را در طبقه‌بندی دارند استفاده شده است، با تعیین این ویژگی‌ها می‌توان مقدار قابل توجهی در زمان جهت جمع‌آوری اطلاعات مربوط به نمونه‌های مشکوک صرفه‌جویی کرد. از مزایای دیگر این سیستم مستقل‌بودن از ساختار است. این بدین‌معناست که این سیستم می‌تواند بر روی ساختارهای گوناگون از جمله رایانه‌های شخصی، گوشی‌های هوشمند و تبلت‌ها پیاده‌سازی و به‌کارگیری شود.

[Downloaded from www.jdisabilstud.org on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.23222840.1396.7.0.52.0]

References

1. Wu T-K. editor Identifying and Diagnosing Students with Learning Disabilities using ANN and SVM. Neural Networks, International Joint Conference; 2006: IEEE.
2. Kirk SA, editor Behavioral diagnosis and remediation of learning disabilities. Proceedings of the Conference on the Exploration into the Problems of the Perceptually Handicapped Child; 1963.
3. Wu T-K, Huang S-C, Meng Y-R. Evaluation of ANN and SVM classifiers as predictors to the diagnosis of students with learning disabilities. Expert Systems with Applications. 2008;34(3):1846-56.
4. Shokohi Yekta M, Parand A. Learning Disability. [Tehran]: Teimour Zadeh Publication; 2006.[Persian]
5. Kirk S, Gallagher JJ, Coleman MR, Anastasiow NJ. Educating exceptional children. Cengage Learning; 2011.
6. Wu T-K, Huang S-C, Meng Y-R. Effects of feature selection on the identification of students with learning disabilities using ANN. Advances in Natural Computation. Springer; 2006, p. 565-74.
7. Benko A, Lányi CS. History of Artificial Intelligence. Encyclopedia of Information Science and Technology. 2nd Edition. IGI Global; 2009,p:1759-62.
8. Rich E, Knight K. Artificial intelligence Third Edition. McGraw-Hill, New; 2009.
9. Dictionary M-W. The Merriam-Webster Dictionary. Merriam-Webster, Incorporated; 2006.
10. Mitchell TM. Machine learning. WCB. McGraw-Hill Boston, MA; 1997.
11. Durkin J, Durkin J. Expert systems: design and development. Prentice Hall PTR; 1998.
12. Giarratano JC, Riley G. Expert Systems, Principles and Programming. [Boston]:Thomson Course of Technology; 2005.
13. Mitchell M. An introduction to genetic algorithms. MIT press; 1998.
14. Jain K, Mishra PM, Kulkarni S, editors. A Neuro-Fuzzy Approach to Diagnose and Classify Learning Disability. Proceedings of the Second International Conference on Soft Computing for Problem Solving (SocProS 2012), December 28-30, 2012; 2014.
15. Mico-Tormos P, Cuesta-Frau D, Novak D, editors. Early Dyslexia Detection Techniques by means of Oculographic Signals. 2nd European Medical & Biological Engineering Conference, Vienna, Austria; 2002.
16. Novak D, Kordik P, Macaš M, Vyhnalek M, Brzezny R, Lhotska L, editors. School children dyslexia analysis using self organizing maps. Engineering in Medicine and Biology Society, International Conference of the IEEE; 2004.
17. Frid A, Breznitz Z, editors. An SVM based algorithm for analysis and discrimination of dyslexic readers from regular readers using ERPs. Electrical & Electronics Engineers in Israel 27th Convention of IEEE; 2012.
18. Karim I, Abdul W, Kamaruddin N, editors. Classification of dyslexic and normal children during resting condition using KDE and MLP. Information and Communication Technology for the Muslim World (ICT4M) 5th International Conference; 2013.
19. Julie MD, Kannan B. Prediction of learning disabilities in school age children using decision tree. Recent Trends in Networks and Communications. Springer; 2010, p: 533-

[Downloaded from www.jdisabilstud.org on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.23222840.1396.7.0.52.0]