مقاله مروری

مجله ماشین‌بینایی و پردازش‌تصویر
سال هشتم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۰

مروری بر مجموعه داده‌ها، الگوریتم‌های طبقه‌بندی داده‌ها و سیستم های تشخیص خودکار اختلالات روانی در آزمون‌های ترسیمی روانشناسی

مریم فتحی احمدسرائی[۱]، اعظم باستان‌فرد[۲*] و امینه امینی[۳]

چکیده

جهت تشخیص بیماری‌های شناختی و شخصیتی افراد از دست خط، نحوه ترسیم نقاشی و یا الگوها می‌توان استفاده کرد. خودکارسازی آزمون‌های روانشناسی سبب تشخیص زود هنگام بیماری شده و از تشدید بیماری و عواقب جبران-ناپذیری جلوگیری می‌کند. خودکارسازی آزمون‌های ترسیمی روانشناسی نیازمند بررسی مجموعه داده‌های آزمون‌های ترسیمی روانشناسی، بررسی الگوریتم‌های طبقه‌بندی تصاویر به عنوان مهم‌ترین مرحله و در آخر بررسی نحوه امتیازدهی به آزمون‌ها مطابق با استانداردهای تعیین شده، می‌باشد. در این پژوهش به بررسی کامل مطالعات انجام شده اخیر در زمینه مجموعه داده‌های آزمون‌های ترسیمی و دست نویس، انواع روش‌های طبقه‌بندی آزمون‌های ترسیمی، روش‌های امتیازدهی به آزمون‌ها و چالش‌های پیش‌رو پرداخته شده است. تا کنون چنین پژوهش جامعی بر روی مجموعه داده‌ها، الگوریتم‌های طبقه‌بندی و تشخیص خودکار در آزمون‌های ترسیمی روانشناسی انجام نشده است. همچنین مقایسه جامعی از نحوه جمع‌آوری مجموعه داده‌ها، رویکردهای طبقه‌بندی آزمون‌های ترسیمی، روش‌های مقایسه آزمون‌ها با استانداردها، مزایا و معایب هر روش ارائه شده است. چالش‌های پیش رو در مراحل تشخیص خودکار در آزمون‌های ترسیمی روانشناسی نیز بحث شده است. هدف این پژوهش شناسایی روش‌های سریع، دقیق، بار پردازشی کم و قابلیت اطمینان بالا است. در این پژوهش با مقایسه روش‌های ارائه شده این نتیجه برداشت می‌شود که در طبقه‌بندی تصاویر و تشخیص بیماری روانی، الگوریتم‌های شبکه‌های عصبی دقت بالاتری نسبت به الگوریتم‌های یادگیری ماشین دارد اما کندتر عمل می‌کند.

کلیدواژه‌ها

مجموعه داده، طبقه‌بندی داده‌ها، تشخیص خودکار اختلالات روانی، پردازش تصویر در آزمون‌های ترسیمی

۱ مقدمه

روان مانند هر بخش دیگری از وجود انسان ممکن است بارها در طول زندگی بیمار شده و به پزشک نیاز داشته باشد. در بیماری‌های روانی نیز همانند بیماری‌های جسمی پیشگیری از درمان اهمیت بالاتری دارد. بنابراین با ایجاد برنامه‌هایی برای خودکارسازی آزمون‌های روانشناسی می‌توان گام بلندی در تشخیص زودهنگام

این مقاله در دی‌ماه سال ۱۳۹۹ دریافت، در بهمن‌ماه بازنگری و در اسفندماه همان سال پذیرفته شد.

[۱] دانشجوی دکتری مهندسی کامپیوتر، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران رایانامه: maryam.fathi@kiau.ac.ir

[۲] گروه مهندسی کامپیوتر، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران رایانامه: bastanfard@kiau.ac.ir

[۳] گروه مهندسی کامپیوتر، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران رایانامه: aamini@kiau.ac.ir

نویسنده مسئول: اعظم باستان‌فرد

DOR: 20.1001.1.23831197.1400.8.4.2.2

بیماری‌های روانشناسی برداشت [۱]. برای خودکارسازی آزمون-های ترسیمی روانشناسی نیاز به طبقه‌بندی[۱] عناصر تصویر می-باشد. پس از طبقه‌بندی تصاویر، امتیازدهی مطابق با استانداردهای آزمون مورد نظر اعمال می‌شود. همچنین خودکارسازی آزمون‌های روانشناسی نیازمند یک مجموعه داده جامع از آن آزمون می‌باشد.

در این پژوهش مجموعه داده‌های ارائه شده در زمینه آزمون-های ترسیمی روانشناسی و دست‌نویس، الگوریتم‌های ارائه شده جهت طبقه‌بندی داده‌ها در آزمون‌های ترسیمی روانشناسی، سیستم‌های ارائه شده جهت تشخیص خودکار اختلالات روانی و مقایسه روش‌های بررسی شده، ارائه شده است. چالش اصلی در این زمینه، آزادی عمل در ترسیم‌های دست نویس آزمون‌ها می-باشد. آزمون‌های روانشناسی به‌طور کلی به دو دسته تقسیم می-شوند: آزمون نقاشی‌های آزادانه[۲] و آزمون‌های ترسیمی از روی الگوهای تعیین شده.

تا کنون مروری بر روی پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه نحوه جمع‌آوری، برچسب‌گذاری و طبقه‌بندی مجموعه داده صورت نگرفته است. تنها در تعداد کمی از مقالات مانند مجموعه داده وبی KFD [۳] [۲]، مجموعه داده EMOTHOW [۳] و مجموعه داده آزمون Mandala [۴] به ارائه یک مجموعه داده جامع از آزمون‌های ترسیمی روانشناسی پرداخته‌اند. همچنین امکان دارد مجموعه داده مورد استفاده استانداردهای لازم یک مجموعه داده را نداشته باشد و در نتیجه معیارهای سنجش الگوریتم از قبیل دقت، سرعت پردازش و غیره تنها بر روی همان مجموعه داده صحت داشته باشد و این نتایج به طور کلی درست نباشند. از سوی دیگر انتخاب الگوریتم‌های استخراج ویژگی و طبقه‌بندی تصاویر بسیار مهم است و در میزان دقت در تشخیص اختلالات روانی بسیار پراهمیت می‌باشد. در این پژوهش با مرور بر روی انواع الگوریتم‌های طبقه‌بندی الگوها در آزمون‌های ترسیمی روانشناسی و مقایسه مزایا و معایب هر یک، می‌توان از تجربیات گذشته استفاده کرده و الگوریتم مناسب برای طبقه‌بندی الگوها در آزمون‌های دیگر را با اطمینان بالاتری انتخاب کرد. بعضی الگوریتم‌ها جهت تشخیص الگوهای خاص که بادست ترسیم می‌شوند مناسب هستند، از ویژگی‌های این الگوریتم‌ها مانند تشخیص الگو با توجه به امکان چرخش، تغییر شکل مانند حذف یا اضافه کردن بخشی از الگو و تغییر مقیاس شکل مانند انواع رویکردهای شبکه عصبی [۵]، یادگیری ماشین [۶] و محاسبات ریاضی [۷] است.

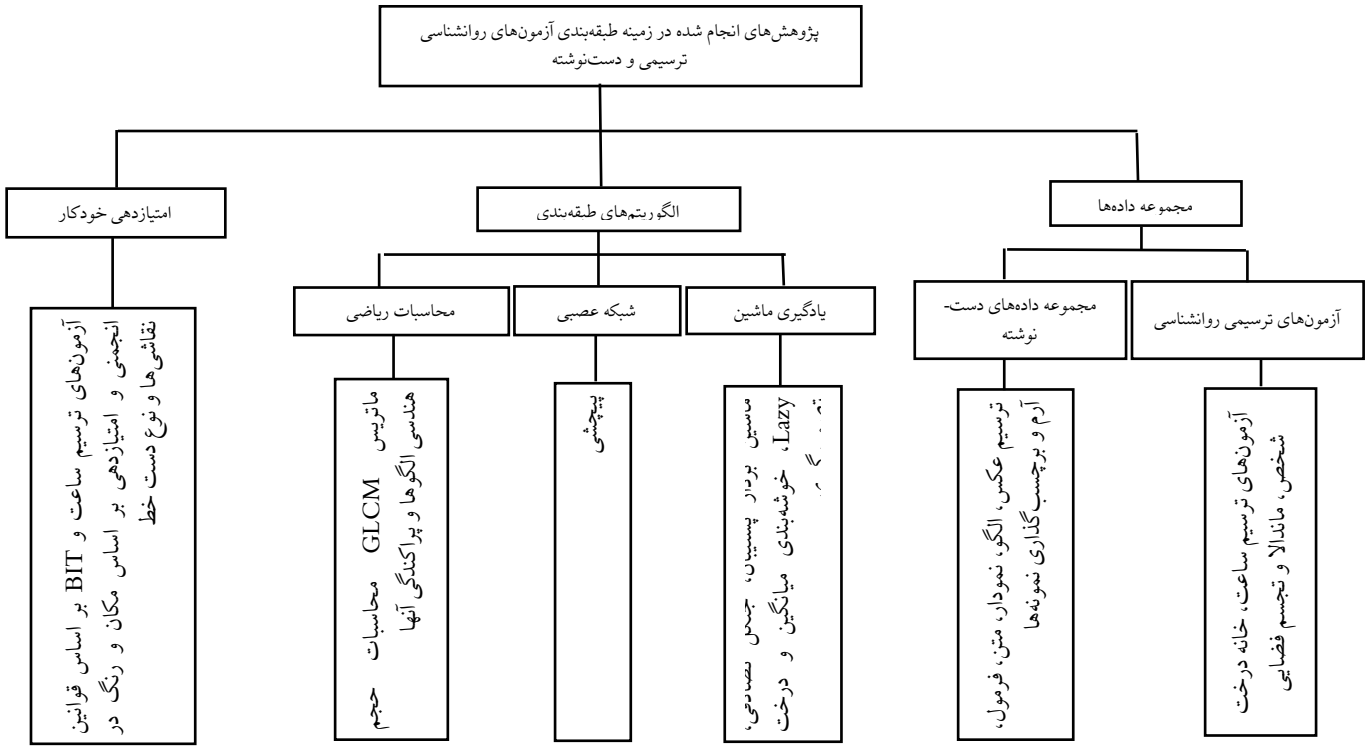
در ادامه در بخش ۲ مجموعه داده‌های ارائه شده در زمینه آزمون‌های ترسیمی روانشناسی و داده‌های دست‌نویس ارائه می-شود. بخش ۳ الگوریتم‌های ارائه شده جهت طبقه‌بندی داده‌ها در آزمون‌های ترسیمی روانشناسی را تشریح می‌کند. در بخش ۴ به سیستم‌های ارائه شده جهت تشخیص خودکار اختلالات روانی در آزمون‌های ترسیمی روانشناسی پرداخته شده است. بخش ۵ روش-های بررسی شده در بخش‌های قبل را مقایسه می‌کند. در بخش ۶ چالش‌ها مورد بحث قرار گرفته‌اند و در آخر در بخش ۷ نتیجه-گیری و کارهای آینده بررسی شده است.

۲ بخش‌بندی مقاله مجموعه داده‌های ارائه شده در زمینه آزمون‌های ترسیمی روانشناسی و داده‌های دست‌نویس

استفاده از یک مجموعه داده استاندارد ضروری است زیرا در نتایج پژوهش‌هایی که بر روی مجموعه داده انجام می‌شود، تاثیر مستقیم دارد. وجود نمونه‌های فراوان، مختلف و همچنین مقایسه آماری با مجموعه داده‌های استاندارد، اهمیت بالایی در ارائه یک مجموعه داده جدید دارد. این بخش به بررسی مطالعات اخیر در زمینه جمع‌آوری مجموعه داده‌ها از آزمون‌های ترسیمی و داده‌های دست نویس می‌پردازد. در شکل ۱ دسته‌بندی پژوهش‌های اخیر در زمینه آزمون‌های ترسیمی روانشناسی و دست‌نوشته‌ها نمایش داده شده است.

---

[۱] Classification
[۲] Free Hand Drawing
[۳] Kinetic Family Drawing



شکل ۱ طبقه‌بندی پژوهش‌های پردازش تصویر اخیر در زمینه آزمون‌های ترسیمی روانشناسی و دست‌نوشته‌ها

در این پژوهش مقالات ارائه شده اخیر با ساختار ارائه شده در شکل ۱ بررسی می‌شوند و در هر بخش جدولی جهت مقایسه پژوهش‌های مربوطه ارائه می‌شود که شامل نام الگوریتم، نتیجه طبقه‌بندی، رویکرد الگوریتم طبقه‌بندی می‌باشد.

۲-۱ مجموعه داده‌های آزمون‌های ترسیمی روانشناسی

در این بخش به بررسی مجموعه داده‌های آزمون‌های ترسیمی روانشناسی پرداخته می‌شود.

مجموعه داده وبی KFD [۲] جهت بررسی اختلالات شخصیتی بر اساس نقاشی اعضای خانواده ارائه شده است و شامل چهار بخش می‌باشد: الف) بخش کلاینت: ابزاری جهت آپلود یا ترسیم نقاشی است. ب) بخش درمانگر: ابزاری که امکان استفاده از لیست ارزیابی‌ها، زمان کلی، فاصله اشیا در نقاشی، مدت زمان ترسیم، بررسی اجرای دوباره و جستجو را به درمانگر می‌دهد. ج) بخش جستجو در KFD: با استفاده از این بخش، درمانگر می‌تواند درمان مراجعین را دنبال کند. د) بخش فرآیند بازیابی تصاویر: این بخش به ویژگی‌های سطح بالا مانند مکان شکل‌ها نسبت به یکدیگر و بازیابی مبتنی بر شی[۱] تصاویر توجه ویژه‌ای دارد. در این بخش به ویژگی‌های سطح پایین مانند رنگ، بافت و حالت که با ادراک بصری انسان رابطه مستقیم دارد توجهی نشده است. در عوض با ویژگی‌های سطح بالا مانند مکان شکل‌ها نسبت به یکدیگر و بازیابی مبتنی بر شی تصاویر برچسب‌گذاری انجام شده است. روش بازیابی تصویر مبتنی بر شی جدید که در این مقاله استفاده شده است شامل پنج مرحله می‌باشد: مرحله اول بررسی اشیا[۲] است و هر شی در تصویر را به عنوان یک عضو خانواده به صورت یک مستطیل در نظر می‌گیرد. مرحله دوم نمایش فراداده‌ها[۳]، مانند فاصله بین اشکال، مکان هر شی و اندازه شکل‌ها است. مرحله سوم کاهش فضای جستجو بوده به‌طوری‌که تصاویر مشابه در کنار هم قرار داده شوند تا عمل جستجو بین همه تصاویر انجام نشود. مرحله چهارم معیار تشابه است که به فاصله بین شکل‌ها (فاصله اقلیدسی)، اندازه آنها و موقعیت اشکال در تصاویر بستگی دارد. در انتها در مرحله پنجم، تصاویر مشابه جهت ارزیابی به درمانگر ارائه می شوند.

جهت بررسی تجسم فضایی و قدرت تخیل آزمودنی‌ها بر اساس توصیف کتبی یک تصویر علمی، در مرجع [۸] یک مجموعه داده با ۱۱۱ آزمودنی که دانش آموزان دبیرستان (شامل ۵۶ پسر و ۵۵ دختر) بودند، ارائه شده است. یک متن علمی شامل ۱۶۰۰ کلمه و ۱۳ پاراگراف در مورد آب در اختیار دانش آموزان قرار داده شده است. آزمودنی‌ها سه مرحله باید انجام دهند: الف) پاراگراف را بخوانند، ب) تصویر ذهنی خود را از محتوای پاراگراف ایجاد کنند و ج) تصویر ذهنی ایجاد شده را ترسیم کنند. جهت سنجش میزان درک متن ۲۲ سوال چهار گزینه‌ای ارائه شده است. سوالات به‌گونه‌ای است که از فراخوانی اطلاعات قبلی نمی‌توان پاسخ صحیح را انتخاب کرد. یک متغیر وابسته دیگر مقدار شناخت آن متن علمی است. برای انجام سنجش این مورد یک

[۱] Object-Based

[۲] Query by Object

[۳] Meta Data

پرسشنامه ۵ سوالی انتخاب شده است. روش جمع‌آوری این مجموعه داده به این صورت است که ابتدا دانش آموزان پرسشنامه پیش از آزمون را تکمیل می‌کنند و سپس آزمون تجسم فضایی انجام می‌شود. پس از آزمون ۲۲ سوال درک متن انجام می‌شود. کل زمان انجام این آزمون ۹۰ دقیقه است. در این مقاله، به نحوه برچسب‌گذاری داده‌ها اشاره‌ای نشده است.

مجموعه داده آزمون ماندالا[۱] [۴] از ۸۴ آزمودنی دانشجوی کارشناسی گرفته شده و از آزمودنی‌ها خواسته شده تا طرح‌های آماده را رنگ آمیزی کنند. طبقه‌بندی تصاویر بر اساس تعداد و نوع رنگ‌های مورد استفاده است. با استفاده از نتایج این آزمون بیماران مشکوک به فراموشی[۲] تشخیص داده می‌شوند. ابتدا تصاویر به وضوح[۳] ۴۸۰ × ۶۴۰ پیکسل تبدیل کرده، فشرده سازی، خوشه‌بندی و حذف نویز انجام می‌شود. سپس تشخیص لبه[۴] انجام می‌شود. در این مقاله غلظت رنگ اندازه‌گیری می‌شود. این کار باید به صورت عددی انجام شود و با این روش بررسی می‌شود که آزمودنی در یک زمان خاص چه مقدار رنگ را به پایان می‌رساند. همچنین میزان دقت را نیز می‌توان با مقایسه خوشه‌های رنگ آمیزی و خوشه‌های الگو بررسی کرد. تکمیل رنگ آمیزی را می‌توان با محاسبه نسبت $\frac{\text{پیکسل رنگی}}{\text{کل پیکسل‌های دایره}}$ اندازه‌گیری کرد. از الگوریتم زیر جهت شناسایی خوشه‌های رنگی استفاده شده است.

مرحله ۱ : شمارش پیکسل‌های داخل دایره

مرحله ۲ : شمارش تعداد پیکسل‌های خارج از دایره

مرحله ۳: شمارش پیکسل‌های هر یک از ۱۵ رنگ در هر یک از ۶۴ خوشه الگو ($[i, j]$) به طوری که $i = 1, 2, \ldots, 15$ و $j = 1, 2, \ldots, 64$ است.

مرحله ۴ : رنگ با بیشترین تعداد پیکسل با استفاده از متغیر k_j و از رابطه (۱) انتخاب می‌شود:

$$C(kj, j) = maxi\{C(i, j)\}; j = 1, 2, \ldots, 64 \qquad (۱)$$

مرحله ۵: اگر در مرحله ۴ رنگ سفید انتخاب شده باشد، بنابراین رنگ آمیزی دقیقی نشده است.

مرحله ۶: پیکسل‌های تمام خوشه‌ها طبق رابطه (۲) جمع می‌شوند:

$$D = \sum_i C(k_j, j) \qquad (۲)$$

مرحله ۷: طبق رابطه (۳) تعداد پیکسل‌های به دست آمده باید از مرحله ۱ کم شوند:

$$E = D - B \qquad (۳)$$

مرحله ۸: مطابق رابطه (۴) نتیجه مرحله ۷ بر پیکسل‌های مرحله ۱ تقسیم می‌شوند:

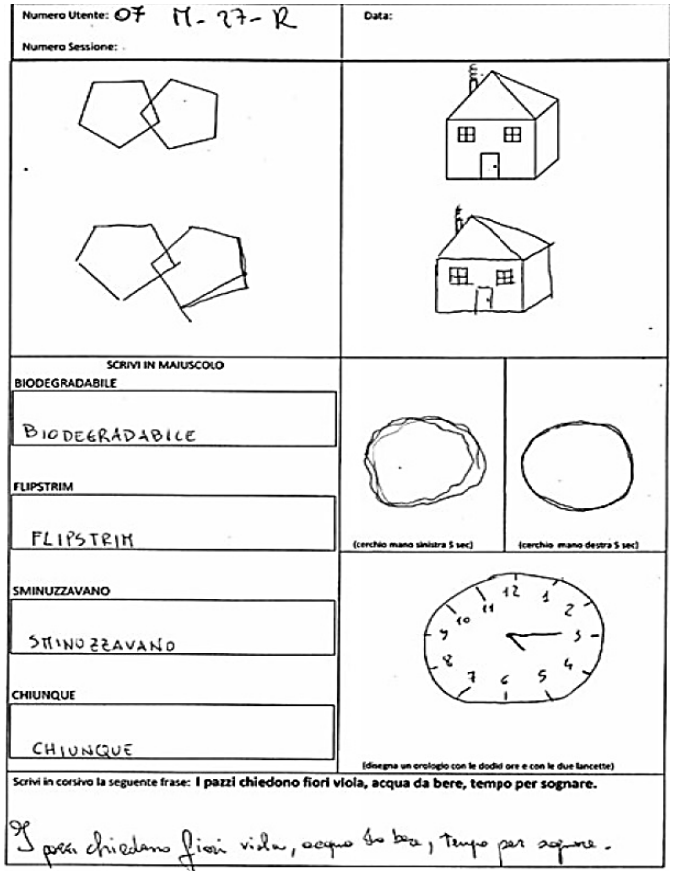
$$F = E / A \qquad (۴)$$

در این الگوریتم F اندازه گیری دقت و B یک نوع جریمه محسوب می‌شود. بعد از اندازه‌گیری همه عناصر از تحلیل رگرسیون خطی استفاده می‌شود.

یک مجموعه داده با نام EMOTHAW (https://sites.google.com/site/becogsys/emothaw) [۳] ارائه شده است. این مجموعه داده شامل ۱۲۹ شرکت کننده است که از افراد مختلف جهت تشخیص بیماری‌های افسردگی، اضطراب و رعشه[۵] آزمون گرفته شده است. این آزمون‌ها توسط تبلت و قلم نوری انجام شده تا تمام ویژگی‌های حرکتی افراد جهت تشخیص بیماری رعشه ضبط شود. هر شرکت کننده ۷ آزمون انجام می‌دهد (آدرس آزمون: http://www2.psy.unsw.edu.au/dass/Italian/Severino.htm و آدرس توضیح سوال‌های آزمون: http://www.aasw.asn.au/document/item/2794): ۱- ترسیم دو پنج ضلعی طبق الگو، ۲- ترسیم یک خانه، ۳- نوشتن چهار کلمه ایتالیایی (کلمات خنثی)، ۴- ترسیم یک دایره با دست چپ (برای افراد راست دست و برعکس)، ۵- ترسیم یک دایره با دست راست (برای افراد راست دست و برعکس)، ۶- ترسیم ساعت و ۷- نوشتن یک جمله ایتالیایی (یک جمله خنثی). با استفاده از تبلت ویژگی‌های زمان نقاشی، زمان بلند کردن قلم، زمان پایین بودن قلم، شتاب حرکت قلم، میزان فشار قلم بر روی تبلت، زاویه قلم و غیره ضبط می‌شود. در هنگام ترسیم، داده‌هایی ازقبیل برچسب زمانی، مکانی (مختصات x و y)، سرعت و شتاب به صورت برخط[۶] در مجموعه داده ذخیره می‌شود. نمونه‌ای از این مجموعه داده در شکل ۲ نمایش داده شده است.

---

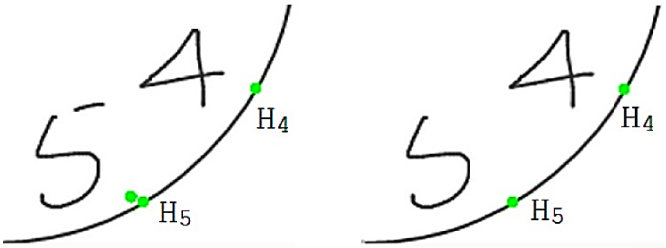
[۱] Mandala
[۲] Alzheimer
[۳] Resolution
[۴] Edge Detection
[۵] Parkinson
[۶] Online



شکل ۲ نمونه‌ای از مجموعه داده EMOTHAW [۳]

برای تحلیل ویژگی‌های هر نمونه ورودی مانند شکل ۲ از الگوریتم جنگل تصادفی[۱] استفاده شده است [۳]. هر درخت از یک مجموعه داده‌های آموزشی[۱] و یک مجموعه متغیرها و ویژگی‌ها ایجاد می‌شود. تصادفی بودن در انتخاب داده‌های آموزشی برای t امین درخت و برای انتخاب ویژگی‌ها در هر گره از درخت اتفاق می‌افتد.

در پژوهشی دیگر جهت تشخیص بیماری‌های فراموشی و رعشه بر اساس آزمون ترسیم ساعت، داده‌ها با استفاده از یک برنامه کاربردی[۲] با نام MOBI-COG [۹] بر روی موبایل جمع‌آوری شده است. از افراد خواسته می‌شود تا آزمون ترسیم ساعت را بر روی موبایل انجام دهند تا داده‌ها به صورت برخط در مجموعه داده ذخیره شوند. تصاویر با وضوح ۵۰ × ۳۰ پیکسلی ذخیره می‌شوند. به این ترتیب پردازش این تصاویر سریع خواهد بود. اندازه تصاویر باید به‌هنجار[۳] شود. جهت طبقه‌بندی تصاویر از K نزدیک‌ترین همسایه[۴] استفاده می‌شود. تشخیص عناصر آزمون مشابه تشخیص دست‌خط در OCR[۵] (http://www.ocrwebservice.com) است. در این مقاله به نحوه برچسب‌گذاری داده‌ها اشاره‌ای نشده است و کل فرآیند برچسب‌گذاری و تشخیص دست خط به نرم افزار OCR سپرده شده است. این سیستم شامل سه مرحله است. نسبت دادن یک عدد به علامت خاص در ساعت، شناسایی اعداد و شناسایی عقربه‌ها. نسبت دادن اعداد به علائم ساعت: کاربر در صفحه موبایل شروع به ترسیم می‌کند و قلم را حرکت می‌دهد[۶]. یک عدد ممکن است از چند حرکت قلم تشکیل شده باشد. به هر علامت در ساعت مختصات (x , y) آن نسبت داده می‌شود. $H_i (x, y), 1 \le i \le 12$، i مین علامت در نقطه (x, y) است (شکل ۳).



الف) پس از اولین حرکت قلم **ب) پس از دومین حرکت قلم**

شکل ۳ ترسیم عدد 5 با دو حرکت قلم [۹]

پس از اولین حرکت قلم در شکل ۳ (الف)، H_5 محاسبه می‌شود و پس از حرکت دوم قلم در شکل ۳ (ب) مجددا H_5 محاسبه می‌شود. پس از شناسایی حرکات قلم ارقام باید شناسایی شوند و جهت استخراج ویژگی‌ها کدگذاری زنجیره‌ای استفاده شده است. همچنین برای آموزش و طبقه‌بندی از K نزدیک‌ترین همسایه استفاده شده است به‌طوری‌که $K = \sqrt{n}$ و n تعداد کل نمونه‌های آموزشی است. به دلیل کاهش سربار کمتر الگوریتم جهت اجرا بر روی موبایل از الگوریتم طبقه‌بندی K نزدیک‌ترین همسایه استفاده شده است. از ۱۰۲۶ نمونه ساعت ترسیم شده به‌صورت صحیح در مجوعه آموزشی استفاده شده است. هر نمونه مجموعه آموزشی یک بردار ۱۹ عنصری است که ویژگی‌های استخراج شده از یک نمونه ساعت ترسیمی به‌صورت صحیح می‌باشد. نمونه جدید به مجموعه داده اضافه می‌شود و به کمک رای گیری اکثریت در دسته K نزدیک‌ترین نمونه قرار می‌گیرد. از فاصله اقلیدسی بین دو بردار به عنوان معیار فاصله دو نمونه استفاده شده است که طبق معادله زیر K برابر با ۳۲ به‌دست می‌آید.

$$k = \sqrt{1026} = 32$$

به این ترتیب، چنانچه بردار ۱۹ عنصری ویژگی‌های هر نمونه جدید ورودی به کمک رای گیری اکثریت، حداقل با بردار ویژگی‌های ۳۲ نمونه موجود در یک دسته مطابقت داشته باشد (به کمک محاسبه فاصله اقلیدسی بردار ویژگی نمونه ورودی و بردار ویژگی نمونه‌های موجود در هر دسته)، نمونه ورودی جدید در آن دسته قرار می‌گیرد.

در جدول ۱ به مقایسه برخی مجموعه داده‌های آزمون‌های ترسیمی روانشناسی پرداخته شده است.

---

[۱] Random Forest

---

[۱] Train
[۲] Application
[۳] Normalization
[۴] (K Nearest Neighbor (KNN)
[۵] (OCR) Optical Character Recognition
[۶] Stroke

جدول ۱ مقایسه برخی مجموعه داده‌های آزمون‌های ترسیمی روانشناسی

نام نویسنده	نام مجموعه داده	حجم مجموعه داده	روش جمع‌آوری داده‌های آموزشی	روش پیش پردازش	نتیجه طبقه‌بندی داده‌ها
لیم و همکاران [۲]	KFD	۱۵۷ نمونه و در حال افزایش	استفاده از برنامه تحت وب و پذیرش تصاویر اسکن شده	تعیین موقعیت طراحی	طبقه‌بندی شخیصت آزمودنی‌ها بر اساس نقاشی اعضای خانواده
لیکفورمن و همکاران [۳]	EMOTHAW	۱۲۹ نمونه	ثبت کامل ویژگی‌ها با استفاده از تبلت و قلم نوری	عدم اشاره به روش پیش پردازش	طبقه‌بندی اختلالات روانی آزمودنی‌ها بر اساس ترسیم خانه، چندضلعی و جملات
لیبوتر و همکاران [۸]	عدم انتخاب نام برای مجموعه داده	۱۱۱ آزمودنی دانش آموزان دبیرستان شامل ۵۶ پسر و ۵۵ دختر	برگزاری آزمون قبل از ترسیم تصویر ذهنی	سنجش سطح دانش آموزان قبل و بعد از آزمون	طبقه‌بندی تجسم فضایی و قدرت تخیل آزمودنی‌ها بر اساس توصیف کتبی یک تصویر علمی
نیرجون و همکاران [۹]	MOBI-COG	۶۵ نمونه و در حال افزایش	دریافت داده‌ها با استفاده از صفحه نمایش موبایل	به‌هنجارسازی تصاویر و پردازش سریع‌تر داده‌ها	تشخیص بیماری فراموشی بر اساس آزمون ترسیم ساعت

جمع‌آوری داده، کاری بسیار دشوار و ارزشمند می‌باشد و پایه و اساس برای پژوهش‌های بعدی در آن زمینه است. در اکثر مقالات اخیر که در زمینه مجموعه داده‌های ترسیمی روانشناسی ارائه شده است، ویژگی‌های کامل داده‌ها به‌صورت برخط با استفاده از صفحات وبی و یا تبلت و قلم الکترونیکی ثبت می‌شود. داده‌ها برچسب‌گذاری شده و مجموعه داده آماده پیاده‌سازی الگوریتم مناسب جهت طبقه‌بندی الگوها در آزمون‌های ترسیمی روانشناسی می‌باشد. در مرجع [۱۰] انواع مجموعه داده‌های ویدئو و تصاویر دو بعدی و سه بعدی به‌طور جامع به همراه دسته بندی و آدرس اینترنتی دسترسی به هر یک از آنها ارائه شده است.

۲-۲ مجموعه داده‌های دست نویس

در این قسمت مجموعه داده‌های دست نویس شامل متون دست‌نوشته، فرمول‌ها، الگوهای خاص مانند فلوچارت‌ها و نمودارها بررسی می‌شود.

جهت بررسی حافظه تصویری آزمودنی‌ها، یک مجموعه داده با ۱۲۵دسته و در کل ۶۹۴۹۵ عکس ارائه شده است به طوری که ۲۴۸۱۹ عدد از عکس‌ها قابل ترسیم توسط ۶۴۴ آزمودنی هستند [۱۱]. به هر عکس نمره ۱ تا ۵ داده می‌شود. نمره ۱ به معنی ترسیم عکس بسیار ساده و نمره ۵ ترسیم عکس بسیار پیچیده است. بنابراین برچسب تصاویر از ۱ تا ۵ می باشد. معیار دسته‌بندی "چگونگی نقاشی ترسیمی" است. این معیار شامل جامع بودن، قابل شناسایی و خاص بودن است. تصاویر مجموعه داده به صورت دستی بازبینی شده و عکس‌های نامناسب حذف می‌شوند. عکس‌های نامناسب شامل عکس‌هایی با محتوای نامناسب، تصاویر بی‌کیفیت، تصاویر شامل پس زمینه[۱] یا دستکاری شده، تصاویر با برچسب گذاری اشتباه و محتوای مبهم است. هر عکس به مدت ۲ ثانیه به صورت تصادفی به آزمودنی نمایش داده می‌شود. آزمودنی باید با توجه به حافظه تصویری خود آن عکس را ترسیم کند. زمان شروع، مدت زمان و زمان پایان طراحی ثبت می‌شود. نقاشی‌ها در قالب SVG ذخیره می‌شوند. این آزمایش ۶ ماه به طول می‌انجامید. جهت آموزش شباهت بین عکس‌ها از یادگیری عمیق[۲] استفاده شده است. طرح‌ها با یکی از این موارد برچسب‌گذاری[۳] می‌شوند: صحیح، دربرگیرنده جزئیات محیط، موقعیت یا چشم انداز نادرست، مبهم و نادرست. بنابراین تمامی طراحی‌های نادرست هم در مجموعه داده باقی می‌مانند.

جهت تبدیل مستندات دست نویس شامل متن، نمودار، آرم و غیره به مستندات تایپ شده، یک مجموعه داده برخط از مستندات دست نوشته شامل متن‌ها، طراحی‌ها، نمودارها، جداول، لیست‌ها و آرم‌ها ارائه شده است [۱۲]. این مجموعه داده جهت توسعه، آموزش، آزمایش[۴] و مقایسه با مستندات دست نوشته دیگر ارائه شده است. این مجموعه داده شامل ۱۰۰۰ مستند است که توسط ۲۰۰ نفر ایجاد شده است. توزیع متن، طرح، نمودار، جدول و غیره در مستندات نرمال است و در هر مستندی تقریبا تمام این موارد یافت می‌شود. محتوای مستندات توسط یکی از ۶ مورد برچسب‌گذاری می‌شود: پاراگراف‌های متنی، ترسیم‌ها، نمودارها، فرمول‌ها، جداول و لیست‌ها. طبقه‌بندی این مجموعه داده با استفاده از ماشین بردار پشتیبان[۵] و دقت ۹۹/۱% انجام شده است.

جهت تبدیل متون دست نویس به مستندات تایپ شده، نویسندگان مجموعه داده‌ای از سندهای ازدواج در آرشیو کلیسای جامع بارسلونا ارائه کرده‌اند که شامل ۲۹۱ کتاب شامل ۶۰۰ هزار سند ازدواج برای ۲۵۰ محله بین سال‌های ۱۴۵۱ تا ۱۹۰۵ است،

[۱] Watermark

[۲] Deep Learning

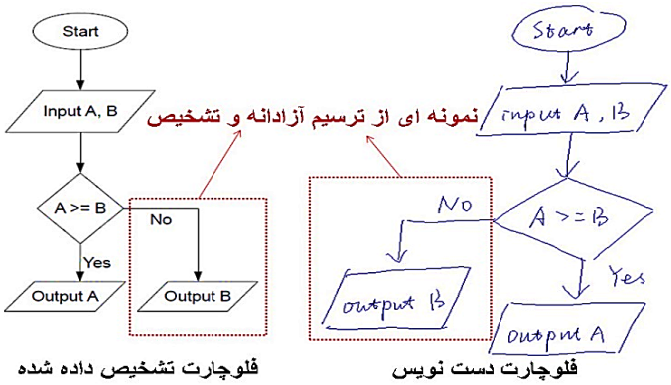
[۳] Labeling

[۴] Test

[۵] Support Vector Machine (SVM)

همچنین از سایت‌های https://www.familysearch.org/en/، http://www.ucl.ac.uk/transcribe-bentham/، https://saintsbysea.lib.byu.edu/ و http://admyte.com/e_historia.htm نیز استفاده کرده‌اند [۱۳]. این اسناد به دلیل قدیمی بودن کیفیت پایینی دارند، همچنین دست خط افراد نویسنده متفاوت است. اسناد دارای بخش بندی‌های متفاوت هستند. جهت تشخیص متن اصلی اسناد، مستطیل احاطه کننده محتوای اسناد با یکی از موارد مختصات گوشه‌های چپ - بالا، راست - بالا، چپ - پایین، راست - پایین و مختصات خط پایه[۱] برچسب‌گذاری شده است. جهت دسته‌بندی این اسناد شبکه عصبی مصنوعی[۲] بهترین نتایج را ارائه می‌دهد.

در مرجع [۱۴] تعداد ۷۸ فلوچارت دست نویس، از طریق وب برای مجموعه داده جمع‌آوری شده است. جهت طبقه‌بندی متون نوشته شده درون فلوچارت، علائم و فلش‌های ترسیم شده از شبکه‌های عصبی و ماشین بردار پشتیبان استفاده شده است. نمونه‌ای از این فلوچارت‌های دست نویس در شکل ۴ ارائه شده است.



فلوچارت تشخیص داده شده　　فلوچارت دست نویس

شکل ۴ نمونه‌ای از فلوچارت دست نویس و تشخیص آن [۱۴]

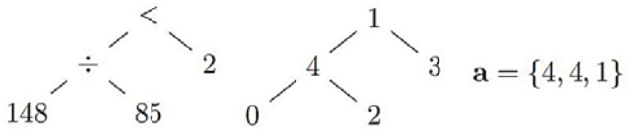
جدول ۲ ساختار مجموعه داده آموزشی و آزمایشی فلوچارت را نمایش می‌دهد. این مجموعه داده جهت تشخیص فلوچارت-های دست‌نویس ارائه شده است و نویسنده در این مقاله ادعا کرده است که در آینده به این مجموعه داده، داده اضافه خواهد شد و به صورت برخط قابل دسترس است. علاوه بر علائم، متون توصیفی نیز در فلوچارت وجود دارد که می‌تواند یک کلمه ساده یا یک متن باشد در ترسیم فلوچارت هیچ محدودیتی وجود ندارد. برچسب-گذاری داده‌ها بر اساس یکی از موارد متن، علائم و نمادهای فلوچارت انجام شده است.

جدول ۲ ساختار مجموعه داده برخط فلوچارت‌های دست نویس [۱۴]

	متن	فلوچارت	علائم
داده‌های آموزشی	۱۰	۶۰	۱۲۸۷
داده‌های آزمایشی	۳	۱۸	۴۰۹

آزادی عمل در ترسیم باعث ایجاد چالش می‌شود. ابتدا متن باید از الگوهای نمادی متمایز شود. برای تشخیص متون و عبارات از روش‌های تشخیص متن استفاده شده است. کل فلوچارت را به متون، فلش‌ها و اشکال فلوچارت تقسیم شده است تا از پیچیدگی مسئله کاسته شود. جهت طبقه‌بندی انواع نمادهای گرافیکی و متون از شبکه‌های عصبی و ماشین بردار پشتیبان استفاده شده است که قدرت تفکیک بالایی دارند.

جهت ارائه راهکاری برای تشخیص فرمول‌های دست نویس ریاضی نیازمند به یک مجموعه داده از این جنس داده است. مجموعه داده ارائه شده در این مقاله [۱۵] شامل ۷۵۰۰۰ فرمول و ۱۱۰۰۰۰۰ نماد ریاضی است که به کمک ۶۰۰ برچسب در ۶۰۰ دسته طبقه‌بندی شده است. از عبارات بسیار طولانی، بسیار ساده و نمادهای نادر جلوگیری شده است. در نهایت ۵۹۰۰۰ عبارت حفظ شده که متعلق به ۲۱۰ کلاس متفاوت هستند. داده‌ها به صورت برخط جمع‌آوری می‌شوند و هیچ محدودیتی برای آزمودنی‌ها وجود ندارد. فایل‌های دست نویس در قالب INKML (http://www.w3.org/2003/InkML) و بر اساس ساختار XML در مجموعه داده ذخیره می‌شوند. همچنین اطلاعات نویسنده مانند سن، جنسیت و غیره نیز در کنار فایل ذخیره می‌شود. در این پژوهش از عبارات ریاضی موجود در اسناد واقعی ویکی‌پدیا استفاده شده است. هر گروه شامل زیرگروه‌هایی است که به صورت تصادفی تولید شده‌اند و همچنین شامل عملیات ریاضی و مقایسه‌ای هستند. فرایند تولید مبتنی بر کدهای پروفر[۳] است که بیان‌گر درخت برچسب‌گذاری شده با n گره است. هر عدد صحیح نشان‌دهنده‌ی برچسب یک گره می‌باشد. گره‌های بزرگ با اعداد صحیح تصادفی جایگزین شده‌اند، در حالی که گره‌های دیگر توسط اپراتورهای باینری جایگزین می‌شوند (شکل ۵).



الف) کد پروفر　　ب) درخت برچسب　　ج) درخت عبارت

شکل ۵ تولید عبارت ۲>۴۵÷۱۴۸ [۱۵]

شکل ۵ تولید عبارت ۲>۴۵÷۱۴۸ را نمایش می‌دهد که شامل کد پروفر، نمودار درختی برچسب و نمودار درختی عبارت است. با توجه به درخت عبارت، عبارت ۲>۴۵÷۱۴۸ حاصل می‌شود. برچسب‌گذاری نمونه‌های مجموعه داده از مهم‌ترین و اصلی‌ترین مراحل در ارائه یک مجموعه داده می‌باشد زیرا طبقه-بندی نمونه‌ها بر اساس برچسب هر نمونه است. در [۱۶] به بررسی مقالات ارائه شده در زمینه سیستم‌های خودکار برچسب-گذاری پرداخته است. به دلیل حجم بالای تصاویر دیجیتالی و نیاز به جستجو، تصاویر باید برچسب‌گذاری شوند. به منظور افزایش

[۱] Baseline
[۲] Artificial neural network (ANN)
[۳] Prüfer

عملکرد سیستم‌های بازیابی، از برچسب‌گذاری خودکار تصاویر به کمک یادگیری ماشین[۱] استفاده شده است. جهت ارزیابی عملکرد سیستم‌های برچسب‌گذاری خودکار، معیارهای دقت[۲] و بازخوانی[۳] معرفی شده است. جدول ۳ برخی مجموعه داده‌های دست نویس را مقایسه می‌کند. در این پژوهش به دلیل کمبود مجموعه داده آزمون‌های ترسیمی روانشناسی و به دلیل تشابه زمینه کاری، مجموعه داده‌های دست نویس ارائه شده است تا بتوان از آنها نیز ایده گرفت. مجموعه داده‌های دست نویس ارائه شده شامل متن-ها، طراحی‌ها، نمودارها، جداول، و عبارات ریاضی دست‌نوشته می‌باشد. اکثر مجموعه داده‌های دست نویس به‌صورت برون خط[۴] و از اسناد واقعی استخراج شده و به‌صورت دستی برچسب‌گذاری شده‌اند. در جدول ۴ به طور مختصر انواع مجموعه داده‌ها، برخی ویژگی‌ها و نحوه دسترسی به آنها بررسی شده است.

جدول ۳ مقایسه برخی مجموعه داده‌های دست نویس

نام نویسنده	حجم مجموعه داده	روش جمع‌آوری داده‌های آموزشی	روش پیش پردازش	نتیجه طبقه‌بندی داده‌ها
آوال و همکاران [۱۴]	۷۸ فلوچارت دست نویس و درحال افزایش	ترسیم ۷۸ فلوچارت دست نویس از طریق وب	تقسیم فلوچارت به متون، فلش-ها و اشکال دست‌نویس	تشخیص فلوچارت‌های دست نویس
کوئینیو و همکاران [۱۵]	۷۵۰۰۰ فرمول و ۱۱۰۰۰۰۰ نماد ریاضی دست‌نویس در ۶۰۰ کلاس	جمع‌آوری عبارات ریاضی دست-نویس از اسناد واقعی ویکی‌پدیا	جداسازی عملگرها از عملوندهای ریاضی دست‌نویس	تشخیص فرمول‌های ریاضی دست نویس
مارتینز و همکاران [۱۲]	۱۰۰۰ مستند ایجاد شده توسط ۲۰۰ نفر	مجموعه داده برخط از متن‌ها، طراحی‌ها، نمودارها، جداول، لیست‌ها و آرم‌های دست‌نوشته	جداسازی متن‌ها از نمودارها و آرم‌ها	تشخیص مستندات دست نویس شامل متن، نمودار، آرم و غیره

جدول ۴- مجموعه داده‌ها، ویژگی‌ها و نحوه دسترسی به آنها

مرجع	نام مجموعه داده	حجم مجموعه داده	محتوای نمونه‌ها	نتیجه طبقه‌بندی داده‌ها	دسترسی به مجموعه داده
[۳]	EMOTHAW	۱۲۹ نمونه	ترسیم دو پنج ضلعی، ترسیم یک خانه، نوشتن چهار کلمه خنثی ایتالیایی، ترسیم یک دایره، ترسیم ساعت و نوشتن یک جمله خنثی ایتالیایی	طبقه‌بندی اختلالات روانی آزمودنی‌ها	https://sites.google.com/site/becogsys/emothaw
[۱۳]	عدم انتخاب نام برای مجموعه داده	۲۹۱ کتاب شامل ۶۰۰ هزار سند ازدواج برای ۲۵۰ محله بین سال‌های ۱۴۵۱ تا ۱۹۰۵	سندهای ازدواج در آرشیو کلیسای جامع بارسلونا	تبدیل متون دست نویس به مستندات تایپ شده	https://www.familysearch.org/en/، http://www.ucl.ac.uk/transcribe-bentham/، https://saintsbysea.lib.byu.edu/ و http://admyte.com/e_historia.htm
[۱۵]	عدم انتخاب نام برای مجموعه داده	۷۵۰۰۰ فرمول و ۱۱۰۰۰۰۰ نماد ریاضی است در ۶۰۰ دسته	فرمول و نماد ریاضی دست نویس	تشخیص فرمول‌های دست نویس ریاضی	http://www.w3.org/2003/InkML
[۱۸]	آزمون ترسیم ساعت	۱۶۵ نمونه	آزمون ترسیم ساعت مطابق با الگو	تشخیص بیماری فراموشی	www.clockdrawingtest.com
[۴]	ماندالا	۸۴ نمونه	آزمون رنگ آمیزی ماندالا مطابق الگو	تشخیص بیماران مشکوک به فراموشی	ارسال ایمیل به نویسنده و درخواست مجموعه داده tennis@korea.ac.kr
[۵]	ImageNet	۱۴ میلیون عکس	تصاویر مختلف	تصاویر برچسب‌گذاری شده در نتیجه مرحله آموزش	http://www.image-net.org
[۱۷]	MNIST	۶۰۰۰۰ نمونه	اعداد دست‌نویس انگلیسی	تشخیص اعداد دست نویس در آزمون ترسیم ساعت	http://yann.lecun.com/exdb/mnist

۱ Machine Learning
۲ Precision
۳ Recall
۴ Offline

۳ الگوریتم‌های ارائه شده جهت طبقه‌بندی داده‌ها در آزمون‌های ترسیمی روانشناسی

مهم‌ترین مرحله در خودکارسازی آزمون‌های ترسیمی روانشناسی انتخاب الگوریتم مناسب جهت طبقه‌بندی عناصر تصویر آزمون ترسیمی و با توجه به جنس داده‌ها و فراداده‌ها در مجموعه داده است. از این رو در این بخش به بررسی انواع روش‌های طبقه‌بندی آزمون‌های ترسیمی شامل الگوریتم‌های یادگیری ماشین، شبکه‌های عصبی و محاسبات ریاضی پرداخته می‌شود.

۳-۱ طبقه‌بندی آزمون‌های ترسیمی روانشناسی با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین

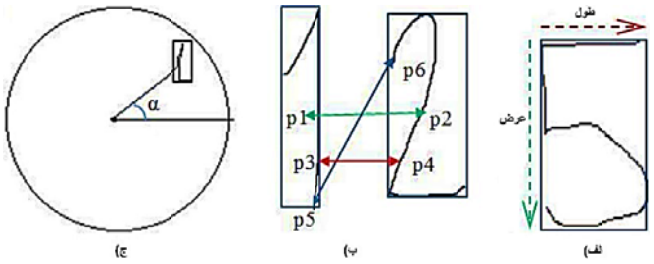
در این بخش طبقه‌بندی آزمون‌های ترسیمی روانشناسی با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین بررسی می‌شود.

جهت تشخیص اعداد دست نویس در آزمون ترسیم ساعت برای تشخیص بیماری فراموشی، در مرجع [۱۷] از یک مجموعه داده با ۵۰ نمونه تصویر باینری ۱۶ × ۱۶ پیکسلی از آزمودنی‌هایی که از اختلال ذهنی بر اثر پیری رنج می‌برند، استفاده شده است. این تصاویر شامل اعداد دست نویس است و جهت تشخیص اعداد در آزمون ترسیم ساعت هستند. هر تصویر به یک آرایه ۲۵۶ عنصری از صفر و یک تبدیل شده است. از الگوریتم K نزدیک‌ترین همسایه با ۱۰ همسایه و با دقت بیش از ۹۵% همانند شبکه عصبی پیچشی[۱] جهت تشخیص اعداد استفاده شده است. هیستوگرام تصاویر محاسبه شده است. همچنین از مجموعه داده MNIST (http://yann.lecun.com/exdb/mnist) با بیش از ۵۰۰۰ نمونه جهت آموزش استفاده شده است. نویسندگان یک روش یادگیری ماشین به نام LAZY برای تشخیص اعداد دست نویس ارائه کرده‌اند که طبق ادعای آنها دقت این روش بیشتر از شبکه عصبی است و به زمان کمتری برای اجرا نیاز دارد.

جهت پیاده‌سازی کامپیوتری آزمون ترسیم ساعت [۱۸] برای تشخیص بیماری فراموشی، از یک مجموعه داده با ۱۶۵ نمونه از آزمودنی‌ها در رده سنی ۲۵ تا ۸۷ سال، استفاده شده است (امکان انجام آزمون در آدرس www.clockdrawingtest.com وجود دارد). آزمودنی‌ها شامل ۶۵ فرد سالم و ۱۰۰ بیمار مبتلا به فراموشی است. داده‌ها با استفاده از قلم الکترونیکی و تبلت وارد مجموعه داده شده و همزمان دیجیتالی و ذخیره می‌شوند. جهت طبقه‌بندی و قطعه‌بندی از ماشین بردار پشتیبان استفاده شده است. سیستم پیشنهادی شامل سه بخش است: ۱- دریافت داده‌ها و پیش پردازش: داده‌ها به کمک دیجیتالی کننده[۲] به کدهای دیجیتالی تبدیل می‌شود و سپس جهت حذف اطلاعات نامناسب پیش پردازش انجام می‌شود، ۲- استخراج ویژگی‌ها: ویژگی‌های زمانی و مکانی هر خط استخراج می‌شود و ۳- طبقه‌بندی: با استفاده از ویژگی‌های استخراج شده، ماشین بردار پشتیبان تصمیم‌گیری می‌کند. در ادامه مرحله استخراج ویژگی‌ها به اختصار ارائه می‌شود. داده‌های دیجیتالی به صورت دنباله زمانی از خطوط دریافت می‌شود که با S بیان می‌شود: $S = \{S_1, ..., S_n\}$ که n تعداد خطوط مجموعه داده است و $S_j = \{P_1, ..., P_m\}$ که m مقدار نقاط در هر خط است. طول و عرض حرکت قلم به عنوان طول و عرض جعبه احاطه کننده[۳] ترسیم در نظر گرفته شده است (شکل ۶-الف). S_{i-} $_{Len}$ طول کل مسیر حرکت قلم از نقطه شروع تا پایان است که از رابطه (۵) محاسبه می‌شود:

$$S_{i\text{-}Len} = \sum_{j=1}^{m} dist(p_j, p_{j+1}) \qquad (۵)$$

در رابطه (۵)، m تعداد نقاط خط و i و $dist$ فاصله اقلیدسی بین هر نقطه با نقطه بعدی آن است.



شکل ۶ الف) طول و عرض یک حرکت قلم، ب) فاصله بین حرکات قلم: (P1-P2) فاصله بین مراکز شکل‌ها (P3-P4) کم‌ترین فاصله بین شکل‌ها (P5-P6) شروع و پایان فاصله، ج) فاصله بین اولین حرکت قلم تا مرکز شکل [۱۸]

با استفاده از این ویژگی سه مقدار دیگر نیز اندازه‌گیری می‌شود که عبارتند از: فاصله مرکز، فاصله کمینه و فاصله نقطه شروع تا پایان (فاصله نقطه پایان قبلی و نقطه شروع خط فعلی). فاصله مرکز، فاصله بین مرکز جعبه احاطه کننده حرکت فعلی قلم تا مرکز جعبه محدود حرکت بعدی قلم است. کم‌ترین فاصله را می‌توان با اندازه‌گیری کوتاه‌ترین فاصله بین خط فعلی و خط بعدی محاسبه کرد. فاصله نقطه پایان تا شروع نشان‌دهنده‌ی فاصله برداشتن قلم از صفحه است (شکل ۶- ب). ویژگی‌های مهم دیگر عبارتند از: فاصله بین خطوط و مرکز ساعت و زاویه بین خطوط و مرکز ساعت (شکل ۶- ج). خطوطی که مقادیر نزدیک به هم دارند و به زمان‌های متوالی تعلق دارند، مربوط به ویژگی‌های مشابه هستند. ویژگی‌های فضایی باید به‌هنجارسازی شوند.

جهت تسهیل تشخیص بیماری رعشه آزمون دیجیتالی ترسیم ساعت به کمک رایانه انجام شده است [۱۹] و کلیه حرکات در حین آزمون ثبت می‌شود. وجود پیچیدگی‌های طبیعی در این آزمون باعث بروز بسیاری از چالش‌ها در پیاده‌سازی کامپیوتری و تجزیه و تحلیل نتایج آزمون می‌شود. ویژگی‌های سطح پایین مانند فشار قلم و زمان آزمون، ویژگی‌های سطح بالاتر مانند موقعیت های نسبی عناصر و بررسی کار اضافی در ترسیم است. بر اساس نتایج به دست آمده در این مقاله، به خوبی بیماران مبتلا به رعشه از افراد سالم قابل تشخیص هستند. ارزیابی عملکرد طبقه‌بندی‌ها به کمک

[۱] Convolutional Neural Network (CNN)
[۲] digitizer
[۳] Surrounding Box

روش K-Fold با K=6 انجام شده است. با استفاده از الگوریتم-های یادگیری ماشین K نزدیک‌ترین همسایه (K=۳) با دقت ۸۳% و ماشین بردار پشتیبان با دقت ۸۱% تشخیص بیماری انجام می-شود.

جدول ۵ برخی الگوریتم‌های یادگیری ماشین که جهت طبقه‌بندی آزمون‌های ترسیمی روانشناسی تشریح شد را، مقایسه می‌کند.

جدول ۵ مقایسه برخی الگوریتم‌های یادگیری ماشین جهت طبقه‌بندی آزمون‌های ترسیمی روانشناسی

نام نویسنده	نام الگوریتم	روش جمع‌آوری داده‌های آموزشی	روش پیش پردازش	روش طبقه‌بندی	روش مقایسه	نتیجه طبقه-بندی داده‌ها	مزایا	معایب
هربی و همکاران [۱۸]	عدم انتخاب نام برای الگوریتم	ثبت کامل ویژگی‌ها با استفاده از تبلت و قلم نوری و تحلیل برون‌خط[۲] داده‌ها	دیجیتالی شدن و سپس حذف داده-های اضافی	ماشین بردار پشتیبان	استخراج و مقایسه ۱۵ ویژگی مکانی و زمانی	تشخیص بیماری فراموشی بر اساس آزمون ترسیم ساعت	سرعت بالای پردازش	به‌هنجارسازی و عدم تعیین مشکلات ناشی از تغییر اندازه
کیم و همکاران [۱۷]	CBR	دریافت داده‌ها با استفاده از تبلت و قلم الکترونیکی	حذف خطوط غیرضروری پس از تشخیص اعداد و عقربه‌ها	یادگیری ماشین	اصلاح موتور تشخیص پس از تشخیص اشتباه دسته بیش ۵ مرتبه	تشخیص بیماری فراموشی بر اساس آزمون ترسیم ساعت	بالا رفتن دقت به مرور زمان	حذف برخی ویژگی‌های مهم و موثر در نتیجه
مولسوم و همکاران [۵]	عدم انتخاب نام برای الگوریتم	استفاده از تبلت و قلم الکترونیکی	عدم اشاره به روش پیش پردازش	یادگیری ماشین	استفاده از SLIM	تشخیص بیماری فراموشی بر اساس آزمون ترسیم ساعت	دقت و قابلیت اطمینان بالا در تشخیص	سربار پردازشی بالا
گواتییر و همکاران [۲۰]	عدم انتخاب نام برای الگوریتم	نقاشی کودکان با استفاده از صفحه و قلم دیجیتالی	آموزش نقاشی به کودکان بر روی تبلت و به کمک قلم نوری	یادگیری ماشین	عدم اشاره به روش مقایسه	طبقه‌بندی بیماری-های روانی آزمودنی‌های کودک بر اساس نقاشی	دسترسی و سهولت استفاده از مجموعه داده‌ها	پردازش داده-های کم

به دلیل صرف زمان و هزینه بالا و همچنین دشواری بسیار زیاد در جمع‌آوری مجموعه داده آزمون‌های ترسیمی روانشناسی از آزمودنی‌هایی که از بیماری‌های روانی رنج می‌برند، تعداد نمونه‌های موجود در اکثر مجموعه داده‌های آزمون‌های ترسیمی روانشناسی کم می‌باشد. الگوریتم‌های شبکه عصبی و به خصوص شبکه عصبی عمیق نیاز به مجموعه داده‌هایی با حجم بسیار بزرگ‌تر دارند. به دلیل حجم کم اکثر مجموعه داده‌های آزمون‌های ترسیمی روانشناسی، جهت طبقه‌بندی نمونه‌ها بیشتر از الگوریتم‌های یادگیری ماشین استفاده می‌شود. الگوریتم‌های یادگیری ماشین مانند یک جعبه سیاه[۱] عمل می‌کنند.

۳-۲ طبقه‌بندی آزمون‌های ترسیمی روانشناسی با استفاده از الگوریتم‌های شبکه عصبی

در این بخش آزمون‌های ترسیمی روانشناسی که به کمک الگوریتم-های شبکه عصبی پیچشی طبقه‌بندی شده‌اند، بررسی می‌شود.

جهت تشخیص بیش فعالی در کودکان به کمک تحلیل نقاشی، نویسندگان از یک مجموعه داده با ۷۰ نقاشی کودک بیش فعال استفاده کرده‌اند. از کودکان خواسته شده تا در عرض ۵ دقیقه هر تعداد که می‌توانند با موضوع آزاد نقاشی کنند [۲۰]. جهت مقایسه نقاشی‌ها با معیارهای جهانی از هموردی[۳] با متغیرهای سن و جنسیت همرا با SOM[۴] استفاده شده است. SOM یک روش استخراج ویژگی است که برای روش‌های یادگیری بدون نظارت جهت کشف ساختار داده‌ها با ابعاد بالا استفاده می-

[۱] Black Box

[۲] Offline

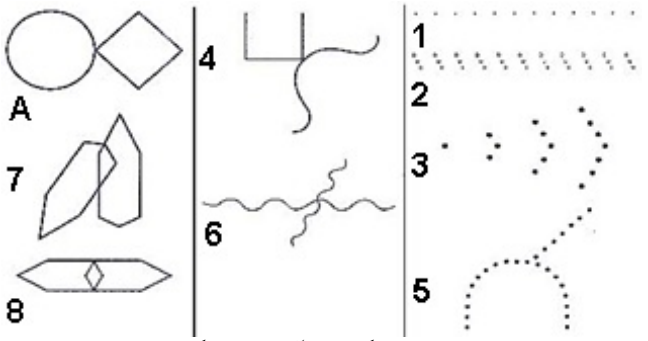
[۳] Covariance

[۴] Self-Organized Map

شود. SOM یک فضای ورودی پیوسته را به یک نقشه خروجی گسسته نگاشت[۱] می‌کند، داده‌های ورودی مشابه را در یک گروه گروه‌بندی می‌کند تا بردارهای نمونه اولیه ایجاد شوند. SOM یک فضای ورودی پیوسته دو بعدی را به یک آرایه مربعی از واحدهای پردازشی نگاشت کرده و داده‌های پیچیده را کشف می‌کند. هر عنصر این آرایه، وزن اتصالات آنها است. در این الگوریتم چهار شبیه‌سازی انجام می‌شود. سه شبیه سازی جهت بررسی حساسیت SOM نسبت به تفاوت‌های بین گروه‌ها با توجه به فرآیندهای مختلف و معیارهای جهانی و شبیه‌ساز دیگر جهت اکتشاف فرآیند اصلی مقاله می‌پردازد. در سه شبیه‌ساز اول، شبکه عصبی دو خروجی تولید می‌کند و داده‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند. شبیه ساز ۱ پنج ورودی دارد، شبیه ساز ۲ و ۳ ورودی‌های منفرد را به عنوان داده‌های آموزشی استفاده می‌کنند، شبیه ساز ۴ از ورودی شبیه ساز ۱ با نگاشت ۴ × ۴ دریافت می‌کنند. در طول آموزش به تدریج و به صورت تصادفی وزن‌ها با داده‌های ورودی تطبیق پیدا می‌کنند.

یک سیستم تشخیص دست خط [۲۱] از یک مجموعه داده با ۶۵ آزمودنی بین ۲۵ تا ۸۷ سال برای انجام آزمون ترسیم ساعت جهت تشخیص بیماری‌های فراموشی و رعشه، با استفاده از تبلت و قلم الکترونیکی به صورت برخط استفاده می‌کند. مجموعه داده شامل ۷۴۹۴ دست خط از ۳۰ نویسنده و ۳۴۹۸ دست خط از ۱۴ نویسنده دیگر است. این سیستم شامل چهار واحد است: الف) واحد پیش پردازش و به‌هنجارسازی: داده‌ها به یک الگوریتم قطعه-بندی[۲] داده شده و پس از نمونه برداری، اعداد به‌هنجارسازی می-شوند. برای حذف نویز از فیلتر[۳] هموارساز گاوسی[۴] استفاده می-شود. ب) واحد طبقه‌بندی ویژگی‌های ایستا: جهت استخراج ویژگی و طبقه‌بندی تصاویر از شبکه عصبی Le Net با آموزش انتشار عقب‌گرد[۵] برای شناخت الگوی با نظارت استفاده می‌کند. ج) واحد طبقه‌بندی ویژگی‌های پویا: نقاط X, Y که همان ویژگی-های پویا هستند، به‌هنجارسازی شده و جهت طبقه‌بندی ویژگی-های پویا از K نزدیک‌ترین همسایه استفاده شده است. د) واحد ترکیب خروجی‌های طبقه‌بندها[۶]: جهت بهبود عملکرد طبقه‌بندها، Kنزدیک‌ترین همسایه و شبکه عصبی پیچشی ترکیب شده‌اند به-طوری‌که شبکه عصبی پیچشی به‌طور خودکار ویژگی‌های مهم تصویر را استخراج می‌کند و مختصات به‌هنجار شده جهت آموزش به K نزدیک‌ترین همسایه ارسال می‌شود. ترکیب نتایج هر دو طبقه‌بند جهت پیش‌بینی بیماری استفاده می‌شوند.

برای طبقه‌بندی آزمون ترسیمی بندرگشتالت جهت تشخیص اختلالات روانی مانند اضطراب، افسردگی، جنون و ضایعه مغزی، نویسندگان از یک مجموعه داده با ۱۲۰ نمونه آزمودنی در رده سنی ۱۶ تا ۶۶ سال استفاده کرده‌اند [۵]. از بین آزمودنی‌ها ۶۵% سالم و ۳۵% آنها دچار اختلال روانی هستند. در شکل ۷ نقاشی افراد به سه دسته تقسیم می‌شود: شکل‌های محصور شده، شکل‌های تشکیل شده از خطوط ممتد[۷] و شکل‌های تشکیل شده از نقاط یا حلقه‌های کوچک که با استفاده از خوشه‌بندی میانگین[۸] تقسیم‌بندی بندی می‌شود.



شکل ۷ دسته‌بندی الگوهای آزمون بندرگشتالت [۵]

در این مطالعه از آموزش انتقالی با استفاده از مدل پیش آموزش دیده به عنوان استخراج کننده ویژگی‌های ثابت استفاده شده است. معماری استفاده شده به این‌صورت عمل می‌کند: جهت طبقه‌بندی تصاویر از ترکیب ماشین بردار پشتیبان — شبکه عصبی پیچشی و شبکه عصبی پیچشی – LDA[۹] استفاده شده است. در این مقاله از Alex Net-19 و VGG-16 به عنوان استخراج کننده ویژگی‌های ثابت و از ماشین بردار پشتیبان و LDA برای طبقه‌بندی استفاده شده است. معماری Alex Net شامل ۵ لایه پیچشی است: لایه‌های حداکثر سازی[۱۰]، لایه‌های خروجی و ۳ لایه کاملا متصل[۱۱] که با ۱/۲ میلیون عکس از مجموعه داده ImageNet (http://www.image-net.org) آموزش داده شده است. این معماری شامل فیلتر ۳ × ۳ با گام ۱ همراه با لایه‌های حداکثرسازی ۲ × ۲ با گام ۲ می‌باشد.

در پژوهشی دیگر جهت اجرای آزمون ترسیم ساعت برای تشخیص بیماری‌های فراموشی و رعشه، از ۱۶۳ بیمار مبتلا به فراموشی که همزمان از بیماری‌های دیگری مانند دیابت نیز رنج می‌برند، استفاده شده است [۲۲]. کلیه ویژگی‌های آزمون‌ها با استفاده از تبلت و قلم الکترونیکی ثبت می‌شود. حدود ۳۵۰ ویژگی از هر آزمون استخراج شده است. با استفاده از الگوریتم یادگیری ماشین K نزدیک‌ترین همسایه، آزمون‌ها به زیر گروه‌های بیماری-های قابل تشخیص آزمون ترسیم ساعت طبقه‌بندی شده است. به

[۱] Map
[۲] Segmentation
[۳] Mask
[۴] Gaussian Smoothing
[۵] Back Propagation
[۶] Classifier
[۷] Solid
[۸] K-means
[۹] Latent Dirichlet Allocation
[۱۰] Max Pooling
[۱۱] Fully Connected

کمک شبکه عصبی، طبقه‌بندی در ۹ دسته و به‌طور میانگین با دقت ۸۳% انجام شده است.

جهت تشخیص اختلالات روانی، تصاویر آزمون بندرگشتالت به کمک شبکه عصبی پیچشی طبقه‌بندی شده است. شبکه عصبی پیشنهادی از ۲۹ لایه شامل ۱۸ لایه پیچشی و ۲ لایه کاملاً متصل تشکیل شده است[۲۳]. جهت تقسیم مجموعه‌های آموزشی و آزمایشی از روش K-Fold با k=10 استفاده شده است. استخراج ویژگی‌ها به کمک شبکه عصبی انجام شده است. آزمون‌ها در ۹ کلاس بیماری با میانگین دقت ۹۷%/۰۵ طبقه‌بندی شده‌اند. همچنین دقت طبقه‌بندی الگوها در ۹ کلاس به‌طور میانگین ۹۲/۱۱٪ می‌باشد.

تشخیص اعداد، یک مرحله مقدماتی مهم برای درک اسناد است. در مقاله [۲۴] جهت استخراج ویژگی‌ها و تشخیص اعداد دست نویس عربی از شبکه عصبی پیچشی استفاده شده است. یک مجموعه داده اعداد عربی دست نویس از ۳۰۰۰ به ۷۲۰۰۰ تصویر افزایش داده شده است. یک اصلاح از معماری شبکه عصبی پیچشی که در ابتدا آزمایش شد، با ۹۸/۹۱٪ دقت و به کمک معماری پیشنهادی در این مقاله با دقت ۹۹/۷۶٪ عمل کرده است.

انجام شده است. مدل پیشنهادی RPSO-DCNN می‌باشد که در نرم افزار متلب پیاده‌سازی شده است. طرح‌ها از مجموعه داده-های TU-Berlin، Sketch، SHREC13، Flickr و Sketchy انتخاب شده‌اند. در مقایسه عملکرد RPSO-DCNN با انواع مختلفی از روش‌های شبکه عصبی و فازی نتایج نشان می‌دهد که روش پیشنهادی RPSO-DCNN دقت بالاتری دارد.

جدول ۶ به مقایسه برخی الگوریتم‌های شبکه عصبی جهت طبقه‌بندی آزمون‌های ترسیمی روانشناسی می‌پردازد.

جدول ۶ مقایسه برخی الگوریتم‌های شبکه عصبی جهت طبقه‌بندی آزمون‌های ترسیمی روانشناسی

نام نویسنده	نام الگوریتم	روش جمع‌آوری داده‌های آموزشی	روش پیش پردازش	روش طبقه‌بندی	روش مقایسه	نتیجه طبقه‌بندی داده‌ها	مزایا	معایب
هربی و همکاران [۲۱]	CDT	ثبت کامل مشخصات ۶۵ نمونه با استفاده از تبلت وقلم نوری	عدم اشاره به روش پیش پردازش	به‌هنجارسازی فاصله‌ها و تشخیص اشیاء با استفاده از شبکه عصبی پیچشی	بررسی ترتیب اعداد و مکان عقربه‌ها با استفاده از موتور استنتاج فازی	تشخیص بیماری فراموشی بر اساس آزمون ترسیم ساعت	سرعت بالا	عدم توجه به اندازه عقربه‌ها و کاهش دقت
گوها و همکاران [۱۷]	عدم انتخاب نام برای الگوریتم	MNIST	کاهش اندازه تصاویر و ذخیره تصاویر در آرایه ۲۵۶ عنصری	الگوریتم یادگیری ماشین LAZY و شبکه عصبی	K نزدیک‌ترین همسایه با $K=10$	تشخیص بیماری فراموشی بر اساس آزمون ترسیم ساعت	زمان پردازش کم‌تر	عدم حصول نتیجه مطلوب
گوشیر و همکاران [۲۰]	SOM	ترسیم نقاشی توسط ۷۸ کودک بیش فعال در ۵ دقیقه	عدم اشاره به روش پیش پردازش	نگاشت فضای ورودی پیوسته به خروجی گسسته با استفاده از الگوریتم SOM	طبقه‌بندی داده‌ها با استفاده از شبکه عصبی پیچشی	طبقه‌بندی بیماری-های روانی آزمودنی‌های کودک بر اساس نقاشی	سادگی روش	طراحی ضعیف آزمون
نزار و همکاران [۵]	عدم انتخاب نام برای الگوریتم	نقاشی آزمودنی‌ها بر روی کاغذ	سه دسته داده: خطوط بسته، خطوط ممتد و خطوط نقطه چین	قطعه‌بندی با استفاده از خوشه‌بندی میانگین	طبقه‌بندی با استفاده از ترکیب شبکه عصبی پیچشی و ماشین بردار پشتیبان	طبقه‌بندی بیماری-های روانی آزمودنی‌ها بر اساس آزمون بندرگشتالت	دقت بالا	داده‌های آموزشی زیاد، بار محاسباتی زیاد

از الگوریتم‌های شبکه عصبی جهت افزایش دقت در طبقه‌بندی الگوها و آزمون‌های ترسیمی روانشناسی استفاده شده است. مرحله آموزش در شبکه عصبی با داده‌های فراوان زمان‌بر است. پژوهش-هایی که از مجموعه داده‌هایی با تعداد نمونه‌های زیاد استفاده می-کنند، امکان پیاده‌سازی الگوریتم‌های شبکه عصبی بر روی مجموعه داده را دارند.

۳-۳ طبقه‌بندی آزمون‌های ترسیمی روانشناسی به کمک محاسبات ریاضی

در این بخش به کمک محاسبات ریاضی آزمون‌های ترسیمی روانشناسی طبقه‌بندی شده‌اند.

یک روش جهت تشخیص حالات چهره [۲۶] از یک مجموعه داده با ۱۶۰ عکس صورت نقاشی شده، استفاده کرده است. تمام نقاشی‌ها به صورت سطح خاکستری[۱] و با کیفیت 300 dpi ذخیره شده‌اند. تصاویر پیش پردازش شده و چشم، ابروها و لب در هر نقاشی مشخص می‌شود. با استفاده از الگوریتم LBP[۲] ارزش هر پیکسل را با ۸ پیکسل همسایه مقایسه می‌کند و رشته حاصل یک عدد باینری می‌شود. به این‌صورت که تمام پیکسل‌های همسایه (۸ پیکسل) با مقدار بزرگ‌تر یا برابر با پیکسل مرکزی مقدار ۱ و در غیر اینصورت صفر می‌گیرند. سپس با استفاده از ماتریس

[۱] Gray Scale
[۲] Local Binary Pattern

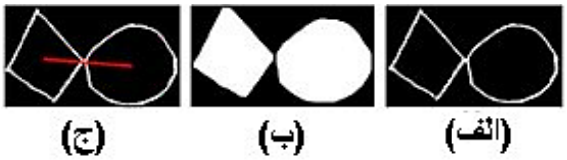
GLCM[۱] که تنها از چشم و لب‌ها برای تشخیص حالت چهره استفاده می‌کردند در این مرحله از کل تصویر برای تشخیص حالت چهره فرد نقاشی شده، استفاده می‌کند. در این مقاله برای طبقه‌بندی نقاشی‌ها از ماشین بردار پشتیبان استفاده شده است.

در مرجع [۷] نویسندگان جهت تشخیص چرخش اشکال برای استفاده در پژوهش‌های بعدی در زمینه پردازش تصویر اشکال ترسیمی با دست، از رویکردهای محاسباتی به کمک ریاضی استفاده کرده‌اند (آدرس مجموعه داده استفاده شده: http://vision.lems.brown.edu/content/availablesoftware-and-databases). همچنین از مجموعه داده‌های Swedish و Flavia استفاده شده است و به مقایسه نتایج، با مجموعه داده‌های MPEG-7، Kimia99 و Kimia216 پرداخته‌اند. در این مقاله با استفاده از محاسبات ریاضی انواع شکل‌های منحنی را با یکدیگر مقایسه می‌کند و شکل منحنی داده شده با هر چرخش و تغییری را می‌تواند با احتمال و تخمینی تشخیص دهد. جهت دسته‌بندی اشکال از خوشه‌بندی میانگین استفاده شده است. در [۲۷] و [۵] نیز به کمک محاسبات ریاضی، منحنی‌های پیچیده را در هر چرخش و با هر تغییری می‌تواند تشخیص دهد.

یک مجموعه داده با ۱۵۲ طرح اسکن شده از آزمودنی‌های ۱۶ تا ۶۶ سال، جهت خودکارسازی امتیازدهی آزمون ترسیمی بندرگشتالت (الگوهای موجود در شکل ۷) جهت بررسی اختلالات روانی استفاده شده است [۲۸]. جهت پیش پردازش تصاویر از ریخت شناسی[۲] استفاده شده است. جزئیات پیاده‌سازی در شش مرحله خلاصه شده است: ۱- ساده‌سازی: دایره‌ها با نقطه جایگزین شده است. ۲- مشکل هم‌پوشانی: اسکلت تصویر را ایجاد کرده و نقاط شاخه و انتهایی اسکلت مشخص می‌شود. از نقاط تقاطع، انتهایی و نسبت طول این خطوط جهت پیدا کردن نقاط هم‌پوشانی غیر طبیعی استفاده می‌شود. ۳- چرخش: چرخش‌های بین ۸۰° تا ۱۸۰° بررسی می‌شود. به عنوان مثال در شکل ۸ برای پیش پردازش ابتدا عمل پر کردن سوراخ‌ها و سپس عمل سایش را اعمال می‌شود. جهت تفکیک دایره از شش ضلعی در تصاویری که با دست ترسیم شده‌اند، از میزان فشردگی دو عنصر، طبق رابطه (۶) استفاده شده است:

$$\text{circularity} = \text{perimeter}^2 / (4 \pi \times \text{area}) \qquad (۶)$$

جسم با فشردگی بالاتر دایره است. همچنین ویژگی چرخش ارزیابی می‌شود.



شکل ۸ الف) شکل اصلی، ب) شکل پس از اعمال فیلتر، ج) اتصال مرکزهای دو شکل به یکدیگر [۲۸]

۴- گسترش: اگر نقاط ترسیمی بیشتر از تعداد نقاط موجود در الگو باشد، خطا در نظر گرفته می‌شود. ۵- عدم بستن خطوط: عدم اتصال باعث به وجود آمدن اجزاء متعدد در تصویر می‌شود که توسط فیلتر صاف تشخیص داده می‌شود. ۶- انسجام: با استفاده از حد آستانه‌های از پیش تعیین شده، اگر اندازه هر شکل که توسط جعبه احاطه کننده اندازه‌گیری می‌شود، $\frac{1}{3}$ بزرگ‌تر یا کوچک‌تر از الگوها باشد، خطا محسوب می‌شود. در این مقاله بر خی ویژگی‌ها بررسی نشده‌اند مانند: عدم ترسیم و یا ترسیم چند مرتبه از یک الگو، لرزش در خطوط ترسیمی یا تغییر فشار قلم در نقاط مختلف، تقسیم بندی، تغییر زاویه دایره‌ها، اشکال ناقص یا شکسته، جایگزینی یک شکل هندسی توسط یک شکل دیگر.

در [۲۸] از سیستم امتیاز دهی Lack استفاده شده است. در جدول ۷ نحوه امتیازدهی در آزمون ترسیمی بندرگشتالت را نمایش می‌دهد (الگوهای آزمون ترسیمی بندرگشتالت در شکل ۷ ارائه شده است).

جدول ۷ معیار امتیازدهی در آزمون ترسیمی بندرگشتالت [۲۸]

ویژگی‌های امتیازدهی	شماره الگو
ساده سازی	۱ و ۲ و ۳ و۵
مشکل هم‌پوشانی	۶ و ۷
چرخش	تمامی شکل‌ها
گسترش	۱ و ۲
عدم بستن خطوط	A و ۴ و ۷
انسجام	تمامی شکل‌ها

حضور ویژگی‌های ارائه شده در جدول ۷ نشانه خطا در ترسیم الگوها می‌باشد. اگر یک اشتباهی در چند شکل دیده شود یک امتیاز کسر می‌شود. اگر تعداد اشتباه‌ها کمتر یا مساوی ۳ باشد آن فرد سالم است، اگر ۴ اشتباه دیده شود فرد مرزی است (فرد سالم اما در معرض اختلالات روانی است) و اگر تعداد اشتباهات بزرگ‌تر یا مساوی ۵ باشد آن فرد از اختلالات روانی رنج می‌برد.

جدول کامل و معتبر معیارهای ارزیابی در آزمون بندرگشتالت توسط روانشناسان در پیوست الف ارائه شده است.

جهت شناخت روحیه افراد، ویژگی‌های دست خط فارسی آزمودنی‌ها استخراج شده است [۲۹]. ابتدا داده‌ها پیش پردازش شده و سپس ویژگی‌های مهم استخراج می‌شوند. پیش پردازش داده‌ها شامل باینری دیجیتالی کردن، محاسبه اندازه قلم، حذف نویز، ریخت شناسی، برچسب‌گذاری، تشخیص زمینه، فاصله بین حروف، محاسبه ارتفاع حروف و حذف حروف با ارتفاع زیاد است. ویژگی‌های پیشنهادی مانند عرض قلم، فاصله خطوط، ارتفاع حروف، فواصل بین کلمات، اندازه حروف، میزان کج بودن حروف و ارتفاع حروف عمودی محاسبه شده‌اند. با محاسبه پراکندگی[۳] زمینه، میزان یکنواختی دست نوشته مشخص می‌شود. ابعاد حروف و فاصله بین آنها میزان نظم دست خط را می‌توان تعیین کرد. جهت بررسی نامساوی بودن حروف عمودی، از

[۱] Gray-Level Co-Occurrence Matrix
[۲] Morphology
[۳] Variance

محاسبه پراکندگی حروف استفاده شده است. همچنین پراکندگی زوایای حروف برای تعیین خم‌های نامساوی در حروف را محاسبه می‌کند. برای محاسبه میزان فشار قلم، پراکندگی عرض قلم به‌دست می‌آید. جهت تعیین مناسب بودن ویژگی‌های دست نوشته برای هر ویژگی یک مقدار به عنوان حد آستانه در نظر گرفته شده است.

تشخیص زودرس بیماری فراموشی بر اساس تجزیه و تحلیل داده‌های دست نویس در مطالعه [۳۰] پیاده‌سازی شده است. شرکت کنندگان شامل افراد سالم و افرادی که از بیماری فراموشی رنج می‌برند، است. جهت دست یابی به بهترین نتایج دست نویس‌های فارسی، سری‌های زمانی برای خطوط دست نویس افقی، عمودی، سرعت، شتاب و فشار مورد بررسی قرار گرفته است. به دلیل اختلافات فردی و تأثیر نویز تشخیص علائم مقدماتی با استفاده از داده‌های دست نویس دشوار است. بنابراین از یک الگوی مقاوم در برابر نویز استفاده شده است که مبتنی بر محاسبات ریاضی است. دقت تشخیص بیماری فراموشی در این روش ۹۳٪/۵ به دست آمده است.

جدول ۸ به مقایسه برخی روش‌های محاسباتی ریاضی برای طبقه‌بندی آزمون‌های ترسیمی روانشناسی از جنبه‌های مختلف پرداخته است.

جدول ۸ مقایسه طبقه‌بندی آزمون‌های ترسیمی روانشناسی به کمک برخی روش‌های محاسباتی ریاضی

نام نویسنده	نام الگوریتم	روش جمع‌آوری داده‌های آموزشی	روش پیش پردازش	روش طبقه‌بندی	روش مقایسه	نتیجه طبقه‌بندی داده‌ها	مزایا	معایب
مولسوم و همکاران [۲۶]	HFDT	۱۶۰ عکس سیاه و سفید با کیفیت 300 dpi	ریخت شناسی	استفاده از LBP، GLCM و HOG جهت آموزش و استفاده از ماشین بردار پشتیبان جهت طبقه‌بندی	ماشین بردار پشتیبان	تشخیص حالات چهره	سرعت پردازش بالا	عدم توجه به ویژگی رنگ در نقاشی‌ها
دمیس و همکاران [۷]	عدم انتخاب نام برای الگوریتم	عدم اشاره به روش پیش پردازش	تحلیل شکل ورودی با محاسبات ریاضی	طبقه‌بندی با استفاده از فرمول‌های محاسباتی ارائه شده در مرجع [۷]	تشخیص تغییر شکل، مقیاس، چرخش و انتقال با استفاده از الگوریتم Lie	طبقه‌بندی بیماری‌های روانی آزمودنی‌ها بر اساس آزمون بندرگشتالت	دسته‌بندی اشکال ۳ بعدی در حالات مختلف	بار پردازشی بالا
هربی و همکاران [۲۷]	عدم انتخاب نام برای الگوریتم	مجموعه داده PenDigit و ثبت کامل ویژگی‌ها با استفاده از تبلت و قلم نوری	نمونه‌برداری از داده‌ها و حذف نویز به روش گوسین نرم	استفاده از شبکه عصبی پیچشی به روش انتشار عقب‌گرد	ترکیب شبکه عصبی پیچشی و K نزدیک‌ترین همسایه	تشخیص بیماری فراموشی بر اساس آزمون ترسیم ساعت	دقت بالا	تعداد داده‌های آموزشی زیاد

جهت شناسایی انتقال، چرخش و مقیاس الگوها در آزمون‌های ترسیمی روانشناسی نیاز به انجام محاسبات ریاضی است. مقدار بزرگ‌تر و یا کوچک‌تر ترسیم شدن الگوها و درجه چرخش آنها را تنها می‌توان با استفاده محاسبات ریاضی بدست آورد که برای امتیازدهی در تشخیص بیماری اهمیت بسیاری دارد. به‌دست آوردن این محاسبات با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری عمیق و شبکه عصبی امکان پذیر نیست.

۴ سیستم‌های ارائه شده جهت تشخیص خودکار اختلالات روانی در آزمون‌های ترسیمی روانشناسی

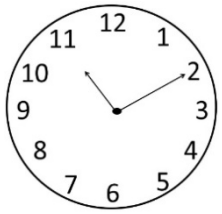
نتیجه کاربردی و قابل فهم برای کاربران نهایی آزمون‌های روانشناسی خودکار، ارائه نتیجه آزمون می‌باشد. جهت افزایش دقت و صحت تشخیص بیماری باید تمامی ویژگی‌های امتیازدهی استانداردها در نظر گرفته شود. بسیاری از مطالعات تا مهم‌ترین مرحله طبقه‌بندی تصاویر پیش می‌روند اما مرحله مقایسه نتایج آزمون با استانداردهای خاص همان آزمون ارائه نمی‌شود. در این بخش مطالعات اخیری بررسی می‌شوند که علاوه بر طبقه‌بندی تصاویر آزمون‌ها، نتیجه آزمون نیز به آزمودنی ارائه می‌شود.

به‌طور کلی جهت تشخیص بیماری‌هایی روانی از جداول امتیازدهی مخصوص هر ازمون استفاده می‌شود که توسط روانشناسان ارائه شده است. به عنوان مثال جهت تشخیص بیماری‌های رعشه و فراموشی به کمک آزمون ترسیم ساعت از جدول ۹ جهت امتیازدهی به آزمون ترسیمی روانشناسی استفاده می‌شود.

جدول ۹ معیارهای امتیازدهی در آزمون ترسیم ساعت [۳۸]

معیار	موارد	نمره	حداکثر نمره
ترسیم دایره ساعت	ترسیم مناسب دایره	۲	۲
	ترسیم ناقص دایره	۱	
	عدم ترسیم دایره یا ترسیم کاملا اشتباه دایره	۰	
حضور و رعایت ترتیب اعداد	کلیه اعداد در مکان درست و با ترتیب درست ترسیم شده‌اند.	۴	۴
	کلیه اعداد حضور دارند اما در مکان کاملا دقیق نیستند.	۳	
	حذف یا اضافه کردن برخی اعداد، اما اعدادی که حضور دارند در مکان کاملا درست قرار دارند یا ترتیب اعداد به صورت ساعت‌گرد است یا کلیه اعداد در مکان کاملا اشتباه حضور دارند.	۲	
	حذف یا اضافه کردن برخی اعداد و حضور اعداد در مکان‌های کاملا اشتباه	۱	
	عدم حضور اعداد	۰	
حضور و مکان درست عقربه‌ها	مکان عقربه‌ها کاملا صحیح است و اندازه عقربه‌ها (عقربه ساعت شمار و عقربه دقیقه شمار) نیز به درستی ترسیم شده است.	۴	۴
	مکان عقربه‌ها خیلی دقیق نیست یا اندازه دو عقربه متفاوت نیست (با توجه به زمانی که باید ترسیم شود به عنوان نمونه ۱۱:۱۰’).	۳	
	مکان عقربه‌ها به طور کامل اشتباه ترسیم شده است.	۲	
	یکی از عقربه‌ها ترسیم شده است.	۱	
	هیچ عقربه‌ای ترسیم نشده است.	۰	
حداکثر جمع کل نمرات			۱۰

همانطور که در جدول ۸ مشاهده می‌شود، ۳ ویژگی کلی دایره، اعداد و عقربه‌ها برای آزمون ترسیم ساعت در نظر گرفته شده است [۳۸]. ابتدا از آزمودنی خواسته می‌شود تا مطابق الگو در شکل ۹ ساعت ۱۱:۱۰’ را بر روی تبلت ترسیم کند تا در زمان ترسیم، ترتیب و مکان هر ترسیم ثبت می‌شود.



شکل ۹ الگوی آزمون ترسیم ساعت

به این ترتیب مجموعه داده‌ها جمع‌آوری می‌شود. سپس به کمک الگوریتم‌های طبقه‌بندی دایره، عقربه‌ها و هر ۱۲ عدد در دسته مناسب خود قرار می‌گیرند تا حضور یا عدم حضور و ترسیم درست یا اشتباه هر یک بررسی شود. در انتها به کمک جدول ۸ امتیازدهی انجام می‌شود. در جدول ۸ حداکثر امتیاز ۱۰ نمره می‌باشد. نمره ۷ تا ۱۰ سالم، نمره ۴ تا ۷ دچار بیماری فراموشی و نمره کمتر از ۴ یعنی فرد از اختلالات شدید ذهنی رنج می‌برد. همچنین جهت تشخیص بیماری رعشه از حرکات قلم، سرعت و شتاب قلم استفاده می‌شود که در هنگام ترسیم ساعت به‌صورت برخط ثبت می‌گردد.

برای جمع‌آوری داده‌ها از یک برنامه کاربردی با نام Clock Me [۳۱] بر روی تبلت و یک قلم الکترونیکی استفاده شده است. هدف سیستم تجزیه و تحلیل خودکار آزمون ترسیم ساعت جهت تشخیص بیماری‌های فراموشی و رعشه است. داده‌های ورودی مانند تعداد و مختصات حرکات قلم، میزان فشار قلم بر روی صفحه، مدت زمان مکث بین حرکات قلم و غیره بر روی دیسک در قالب ISF[۱] ذخیره می‌شود. جهت قطعه‌بندی از الگوریتم CBFA[۲] استفاده شده است. این سیستم شامل دو بخش است: Clock Reader برای رسم ساعت توسط بیمار است و Clock Analyzer تمام اطلاعات Clock Reader را دریافت می‌کند، داده‌ها و نمودارها را در اختیار پزشک قرار می‌دهد و مراحل نقاشی بیمار به صورت ویدئو برای پزشک قابل پخش است. همچنین نقاشی از یک بیمار در طی زمان‌های مختلف نگه‌داری می‌شود تا پیشرفت و یا بهبود بیماری تشخیص داده شود. پس از دریافت اطلاعات الگوریتم تشخیص طراحی[۳] اجرا می‌شود. جهت تشخیص اشیا از موتور تشخیص دست خط مایکروسافت[۴] استفاده شده است. از الگوریتم CBFA برای تبدیل حروف الفبا به نزدیک‌ترین عدد رقمی استفاده شده است.

در مرجع [۳۲] از مجموعه داده KFD [۲] استفاده شده است. در این مقاله از مکان نقاشی در صفحه به عنوان یک معیار مهم برای تفسیر نقاشی اعضای خانواده برای تشخیص شخصیت آزمودنی‌ها استفاده شده است. بنابراین زمانی که رنگ تاثیری در تفسیر ندارد بهتر بود برای سربار پردازشی کمتر، در پیش پردازش تصاویر به سطح خاکستری تبدیل شوند در صورتی‌که تصاویر رنگی ابتدا به استاندارد A47 و سپس به استاندارد A15 برده می‌شوند. وضوح تصاویر به ۴۸۰ × ۶۴۰ پیکسل تبدیل شده و یک فیلتر بلور ۳ × ۳ بر روی تصاویر اعمال می‌شود. جهت تشخیص مکان نقاشی، صفحه به ۹ ناحیه بالا، پایین، چپ، راست، سمت چپ بالا، سمت راست بالا، پایین سمت چپ، پایین سمت راست و مرکز تقسیم شده است. هر ناحیه $\frac{2}{3}$ کاغذ را پوشش می‌دهد.

[۱] Ink Serial Format
[۲] Cultural Bacterial Foraging Algorithm
[۳] Sketch Recognition
[۴] Microsoft Handwritten Recognition Engine

نحوه تشخیص نقاشی در هر ناحیه با استفاده از پیکسل‌های غیررنگی پیوسته و در نظر گرفتن حدآستانه‌ای برای تعداد این پیکسل‌ها انجام می‌شود.

با هدف تشخیص ضایعه مغزی به کمک کامپیوتر از یکی از آزمون‌های استاندارد قلم و کاغذ[۱] با نام BIT به‌وسیله تبلت و قلم نوری استفاده شده است [۳۳]. ویژگی‌های ثبت شده به این روش عبارتند از: زمان کلی، زمان نقاشی، زمان مکث، زمان حرکت قلم، سرعت حرکت قلم، میزان فشار قلم بر روی کاغذ، سرعت و شتاب قلم، میانگین کل شتاب قلم در اجرای آزمون، میانگین فشار قلم بر روی صفحه و غیره است که برای تشخیص بیماری‌های حرکتی مانند رعشه مناسب است. در این مقاله استخراج ویژگی‌ها و پیش بینی بیماری به روش BLR[۲] انجام شده است. BLR یک نتیجه بین صفر و یک تولید می‌کند که احتمال وجود بیماری است. سه روش برای امتیازدهی ارائه شده است: در مدل رای‌گیری بدون وزن، الگوریتم BLR برای تمام اجزای نقاشی اجرا شده و مجموع نمرات به دست می‌آید. در مدل رای‌گیری وزن‌دار به هر جزء از نقاشی وزن خاصی جهت امتیازدهی داده می‌شود. در مدل خطی وزن‌دار اجزای نقاشی به دو دسته تقسیم می‌شوند و به هر گروه وزن خاصی داده می‌شود. جهت آموزش به کمک رگرسیون نمرات، از سه مدل با استفاده از رای گیری اکثریت استفاده می‌شود. در این مقاله از رابطه همبستگی اسپیرمن جهت ارزیابی همبستگی نتایج پیوسته و امتیازدهی استفاده می‌شود.

در پژوهشی دیگر از مجموعه داده KFD [۲] که شامل ترسیم اعضای خانواده می‌باشد، استفاده شده است. معیار مهم در تشخیص اختلالات روانی و دسته‌بندی تصاویر در این مقاله [۳۰] بر اساس رنگ تصاویر است. پیش پردازش‌های ارائه شده در مرجع [۳۲] تکرار شده و سپس رنگ‌ها شناسایی و تبدیل به رنگ-های استاندارد می‌شوند. جهت ارزیابی عناصر نقاشی ویژگی‌هایی مانند تعداد و لیست رنگ‌های مورد استفاده، رنگ اصلی، رنگ ثانویه، رنگ پس زمینه، و غیره در نظر گرفته شده است. جهت ارزیابی این ویژگی‌ها از رگرسیون، تجزیه و تحلیل همبستگی و سیستم خبره استفاده شده است. سیستم رنگی HVC رنگ را طبق رابطه (۷) تشخیص می‌دهد.

$$dis\ (H_1V_1C_1,\ H_2V_2C_2) = 1/2\{2C_1C_2\left[1-\cos\left(\frac{2\pi(H_1-H_2)}{100}\right)\right] + (C_1-C_2)^2 + 16(V_1-V_2)^2\}^{1/2} \quad (۷)$$

جهت تشخیص تغییر و رنگ بین دو پیکسل همسایه، از فاصله بین دو رنگ $H_1V_1C_1$ و $H_2V_2C_2$ استفاده می‌شود. با شمارش پیکسل‌های هم‌رنگ، منطقه هر رنگ به دست می‌آید.

یک سیستم خبره با نام ESDAP[۳] [۳۵] به‌صورت تحت وب و کاربرپسند[۴] ارائه شده است تا آزمون‌های ترسیم ساعت جهت تشخیص بیماری‌های فراموشی و رعشه جمع‌آوری شود. داده‌ها از جمله مختصات کلیک‌ها، میزان مکث بین حرکات قلم و غیره به صورت برخط در مجموعه داده ذخیره می‌شود. جهت تحلیل نقاشی‌ها از قوانین فازی استفاده شده است. سیستم خبره ESDAP چهار نوع تشخیص را ارائه می‌کند: الف) تشخیص استاندارد: در این تشخیص به عنوان مثال اگر اندازه نقاشی به‌صورت غیرعادی بزرگ باشد، نشانه بیش فعالی، خودخواهی و غیره است. ب) تشخیص فردی: محیط فرد را نیز در نظر می‌گیرد. به عنوان مثال اگر در نقاشی اجسام بزرگ‌تر از معمول باشند: اگر آزمودنی کودک باشد؛ مشکلی نیست و به دلیل عدم رشد کافی فکری او است، اگر آزمودنی نوجوان باشد؛ بیانگر احساس ناامیدی او است و اگر بزرگسال باشد، بیانگر وضعیت نامناسب اجتماعی او می‌باشد. ج) تشخیص روانشناسی: تشخیص اختلالات روانی با علائم روانشناختی میسر می‌شود. پس از آنکه علائم بیماری استخراج شد، می‌توان بیماری را تشخیص داد. د) بازخورد[۵]: سه مرحله قبل بررسی و ارزیابی شده و سپس نتیجه‌گیری نهایی انجام می‌شود.

جهت بررسی شباهت بین دو نقاشی، ابتدا پیش پردازشی‌هایی مانند به‌هنجارسازی چرخش، استخراج مدل و استخراج خطوط بر روی مدل‌های سه بعدی انجام می‌شود. روش ارائه شده شامل دو بخش است [۳۶]: استخراج ویژگی و الگوریتم بررسی شباهت سبک طراحی بین کاربران. این سیستم در چهار مرحله خلاصه می-شود: الف) به کمک تاریخچه طرح‌های کاربران، یک ماتریس طرح – کاربر ایجاد می‌کند. ب) بر اساس ماتریس خلوت طرح – کاربر، میزان شباهت هر کاربر با دیگر کاربران محاسبه می‌شود. ج) با استفاده از ماتریس PMF[۶] قسمت‌های ناقص، کامل می‌شود. به کمک ماتریس می‌توان K نزدیک‌ترین همسایه در سبک طراحی را رتبه‌بندی کرد. د) هنگامی که مدل‌های مشابه شناسایی شد، ارتباط بین کاربر، طرح و مدل در مجموعه داده ذخیره می‌شود. در این مقاله از الگوریتم CFR[۷] جهت بررسی شباهت بین دو کاربر با استفاده از K نزدیک‌ترین همسایه بهره‌برداری شده است. همچنین از یک مجموعه داده با ۱۱۵۵۰ نمونه نقاشی استفاده شده است. این نقاشی‌ها با استفاده از یک صفحه وب ذخیره می‌شوند. نقاشی‌ها و داده‌های مربوط به مختصات، تعداد حرکات قلم و غیره به‌صورت برخط ذخیره شده‌اند. اگر فاصله همینگ هر جفت سطرهای این ماتریس خلوت کم‌تر باشد، تفسیر نقاشی آن آزمودنی‌ها شباهت بیشتری به هم خواهد داشت. به کمک این روش می‌توان ترسیم‌های مشابه و در نتیجه آزمودنی‌های با

[۱] Pencil & Paper
[۲] Binary Logistic Regression
[۳] Expert System Diagnosis in Art Psychotherapy
[۴] User Friendly
[۵] Feedback
[۶] Probabilistic Matrix Factorization
[۷] Collaborative Filtering Recommendation

اختلالات روانی مشابه را پیدا کرد. به این طریق می‌توان اختلال روانی آزمودنی جدید را نیز پیش‌بینی کرد.

به منظور خودکارسازی آزمون ترسیم ساعت [۶] جهت تشخیص بیماری‌های فراموشی و رعشه، از یک مجموعه داده جامع آزمون ترسیم ساعت شامل ۳۵۴۱ آزمون استفاده شده است. جهت بررسی پیشرفت بیماری، این مجموعه داده در طی ۷ سال از آزمودنی‌های قبلی گرفته شده است. در این مجموعه داده مدت زمان برگزاری آزمون، رسم عقربه‌های ساعت و دقیقه، ترتیب رسم اعداد، مکث در ترسیم و غیره با استفاده از قلم الکترونیکی و تبلت به‌صورت برخط ثبت می‌شود. جهت طبقه‌بندی آزمون‌ها از شش روش یادگیری ماشین استفاده شده است که عبارت است از ماشین بردار پشتیبان گاوسی، جنگل‌های تصادفی، CART[۱]، C4.5[۲]، درخت تصمیم گیری تقویت شده و رگرسیون مبتنی بر قانون. در این مقاله از چارچوب SLIM[۳] و روش لیست قوانین بیزین[۴] جهت ایجاد یک مدل دقیق و قابل تفسیر برای ارزیابی نقاشی استفاده شده است. از سیستم امتیازدهی دستی به عنوان معیار[۵] استفاده شده است. با استفاده از SLIM و استفاده از ۲۰ ویژگی، دقت ۷۰% تا ۷۳% به دست می‌آید. از ۷ قانون سیستم دستی جهت امتیازدهی استفاده شده است. در این مقاله از الگوریتم FP Growth[۶] جهت استخراج قوانین از داده استفاده شده است. برای ایجاد سیستم امتیازدهی از الگوریتم یادگیری ماشین BRL[۷] استفاده شده است. روش دیگر یادگیری ماشین دیگر به نام FRL[۸] است. به طوری که سمت راست شرط‌ها کاهش می‌یابد.

برای برگزاری آزمون ترسیم ساعت به کمک کامپیوتر [۵] و تشخیص بیماری‌های فراموشی و رعشه با شدت متفاوت، از یک مجموعه داده با ۶۵ نمونه آزمون ترسیم ساعت از آزمودنی‌های ۲۵ تا ۸۷ سال استفاده شده است. آزمودنی‌ها شامل افراد سالم و بیماران مبتلا به فراموشی است. در این مقاله جهت تشخیص و دسته‌بندی آزمون‌ها از شبکه‌های عصبی پیچشی و جهت امتیازدهی به ویژگی‌های استخراج شده از منطق فازی استفاده شده است. این سیستم شامل اجزاء زیر می‌باشد: ۱- داده‌های آزمون ترسیم ساعت، ۲- استخراج ویژگی‌ها: مجموعه‌ای از اشیاء با مختصات (x, y) و برچسب زمانی به‌هنجارسازی شده، ۳- تشخیص شیء: یک شبکه عصبی پیچشی اعداد و عقربه‌های ساعت را بر اساس ظاهر آنها تشخیص می‌دهد. ۴- سیستم دانش: ترتیب اعداد از ۱ تا ۱۲ و مکان هر عدد در جای مناسب خود مهم هستند. قوانین باید به موتور استنتاج داده شود. ۵- قوانین فازی و منطق استنتاج: از یک روش یادگیری برای استخراج قوانین از مجموعه داده‌های آموزشی استفاده می‌شود. ۲۴ قانون استفاده شده است. در این مقاله از سیستم استنتاجی Sugeno استفاده شده است.

در مرجع [۳۷] جهت ذخیره تصاویر آزمون ترسیم ساعت در مجموعه داده جهت تشخیص بیماری‌های فراموشی و رعشه به‌صورت برخط ، از یک تبلت و قلم الکترونیکی استفاده شده است. نقاشی‌ها همراه با مختصات (x, y) و زمان ترسیم هر نقطه در مجموعه داده در قالب ISF ذخیره می‌شوند. زمان اتمام نقاشی معیار بسیار مهمی است. جهت جمع‌آوری داده‌ها به صورت خودکار از سیستمی با سه عنصر استفاده می‌شود: جمع‌آوری داده‌ها، تشخیص نقاشی و تحلیل داده‌ها. ابتدا سیستم باید نقاشی دستی بیمار را تشخیص دهد و ضبط کند و به این ترتیب داده‌ها را جمع‌آوری کند. بر اساس معیارهای امتیازدهی سیستم نقاشی را تحلیل و نمره‌ای را گزارش می‌کند.

از یک مجموعه داده با ۴۵۶ آزمودنی سالم و بیمار استفاده شده است و داده‌های ترسیمی آزمون ترسیم ساعت جهت تشخیص بیماری‌های فراموشی و رعشه با استفاده از تبلت و قلم الکترونیکی به‌صورت برخط وارد مجموعه داده می‌شوند تا بیماری‌های فراموشی، رعشه و اختلالات شناختی به‌صورت خودکار تشخیص داده شود [۳۸]. ویژگی‌هایی مانند تعداد حرکات قلم، سرعت قلم، اطلاعات زمان، تاخیر بین ترسیم اجزاء مختلف، فاصله بین نقطه شروع و پایان، اختلاف زاویه‌ای در سطح شکل، اعدادی که گم یا تکرار می‌شوند، حذف عقربه‌ها، زاویه صحیح بین عقربه‌ها، زمان کل رسم ساعت و غیره ثبت می‌شود. جهت طبقه‌بندی از روش‌های یادگیری ماشین استفاده شده است: ماشین بردار پشتیبان با هسته گاوسی، جنگل تصادفی و درخت تصمیم‌گیری بهبود یافته. در این مقاله بر روی سه جزء تمرکز شده است: ۱- پیچیدگی محاسباتی، ۲- درک: منطق تصمیم‌گیری توسط مدل باید به راحتی قابل درک باشد. ۳- سهولت در اندازه‌گیری ویژگی‌ها: ویژگی‌هایی که به راحتی قابل فهم هستند باید اولویت‌بندی شوند. با استفاده از SLIM مدل‌های خطی با ضرایب عدد صحیحی را تولید می‌کند که بسیاری از اهداف قابل تفسیر مورد نظر در این مقاله را برآورده می‌کند.

از یک مجموعه داده با ۶۵ نمونه آزمودنی سالم و بیمار جهت انجام آزمون ترسیم ساعت با هدف شناسایی زودرس بیماری فراموشی استفاده شده است [۳۹]. داده‌ها به‌صورت برخط با استفاده از تبلت و قلم الکترونیکی ذخیره می‌شوند. جهت طبقه‌بندی تصاویر در مجموعه داده، از یادگیری ماشین استفاده شده است. این سیستم شامل سه جزء اصلی است: جمع‌آوری داده‌ها، تشخیص طرح و تجزیه و تحلیل داده‌ها. جهت پیاده سازی این رویکرد، چهار الگوریتم توسعه داده شده است: الگوریتم شناسایی عقربه‌ها و اعداد ساعت از خطوط غیر ضروری، الگوریتم شناسایی اعداد از ۱ تا ۱۲ با مختصات هر عدد، الگوریتم محاسبه خودکار

---

[۱] Classification and Regression Trees
[۲] C4.5 Decision Tree
[۳] Sparse Linear Method
[۴] Bayesian Rule Lists (BRL)
[۵] Bench Mark
[۶] Frequent Pattern Growth
[۷] Bayesian Rule Lists
[۸] Falling Rule List

آزمون ترسیم ساعت بر اساس معیارهای آزمون و الگوریتم حذف خطوط غیر ضروری. این سیستم شامل دو رابط کاربری برای کاربران و پزشکان است. اطلاعات هر منطقه از مستطیل احاطه کننده به موتور تشخیص دست‌خط SDK[1] مایکروسافت داده می‌شود. در الگوریتم یادگیری ماشین اگر تشخیص اشتباه باشد، در فایل ErrorPool.txt تعداد این اشتباهات و در فایل DataError.txt نوع داده‌هایی که اشتباه تشخیص داده شده است، ذخیره می‌شود. چنانچه تشخیص داده‌ای بیش از ۵ بار اشتباه باشد، عنصر ترسیمی، به نزدیک‌ترین عدد نسبت داده شده و موتور تشخیص اصلاح می‌شود. بنابراین به مرور زمان دقت تشخیص بالاتر می‌رود.

در مرجع [۴۰] روش‌های خودکار ارزیابی آزمون ترسیم ساعت جهت تشخیص بیماری‌های فراموشی و رعشه بررسی شده است که عبارتند از: یادگیر ی ماشین مانند درخت تصمیم‌گیری، شبکه‌عصبی، طبقه‌بندی آبشاری، جنگل تصادفی، ماشین بردار پشتیبان و K نزدیک‌ترین همسایه. در این مقاله با مقایسه روش‌های ارائه شده، الگوریتم‌های شبکه عصبی دقت تشخیص بالاتری در آزمون‌های ترسیمی روانشناسی نسبت به الگوریتم‌های یادگیری ماشین دارند اما در عوض کندتر عمل می‌کنند. میانگین دقت الگوریتم‌های شبکه عصبی در طبقه‌بندی تصاویر حدود ۸۹% تخمین زده شده است.

جهت شناسایی خودکار شخصیت و روحیه افراد از دست خط افراد کمک گرفته شده است [۴۱]. در این مقاله یک مجموعه داده شامل ۱۴۰ آزمودنی جمع‌آوری شده است. آزمودنی‌ها شامل ۷۰ مددجو و ۷۰ دانشجو می‌باشد. از آزمودنی‌ها خواسته می‌شود تا یک جمله خنثی را بر روی یک کاغذ A4 بنویسند. به منظور تشخیص شخصیت افراد از درخت تصمیم‌گیری استفاده شده است. برای بررسی صحت نتایج از آزمودنی‌ها آزمون شخصیت MMPI[1] نیز گرفته شده است تا نتایج این آزمون با نتایج درخت تصمیم‌گیری مقایسه شود. میزان دقت نتایج حاصل از درخت تصمیم‌گیری ۶۹% گزارش شده است.

هدف از مطالعه [۴۲] کمک به پزشکان در تشخیص زوال عقل به کمک آزمون ترسیم ساعت و با استفاده از شبکه های بیزین مبتنی بر رگرسیون لجستیک می‌باشد. مجموعه داده شامل ۱۶۴ از افراد سالم و بیمار مشکوک به زوال عقل است. ابتدا یک مدل رگرسیون لجستیک با استفاده از متغیرهای موجود و سپس یک رگرسیون لجستیک با استفاده از همه متغیرهای جمع آوری شده ایجاد می شود. این روش در تشخیص فراموشی دقت بالایی دارد. جهت انتخاب ۱۴ متغیر از پزشکان متخصص کمک گرفته شده است.

در پژوهش [۴۳] براساس ویژگی‌های دست خط افراد، ویژگی شخصیتی آنها شناسایی می‌شود. ویژگی‌های بسیاری از دست خط افراد قابل استخراج است که نشان دهنده ویژگی‌های شخصیتی نویسنده است. در این مقاله مروری، رویکردهای مختلف استخراج ویژگی‌ها برای پیش-بینی شخصیت شرکت کنندگان بر اساس نمودارهای مبتنی بر رایانه به طور کامل بررسی شده است. همچنین در مورد کاربردهای گرافی‌شناسی[2] در زمینه‌های مختلف بحث شده است.

به کمک هوش مصنوعی می‌توان اختلالات شناختی را بسیار سریع تشخیص داد. در مقاله [۴۴]، MobileCogniTracker، به عنوان یک ابزار پیشنهادی برای آزمون‌های شناختی چندرسانه‌ای دیجیتال در تلفن همراه ارائه شده است. این ابزار برای مطالعه تعامل شناخت و رفتارهای جسمی ، اجتماعی و عاطفی استفاده شود. این ابزار برای معاینات شناختی دیجیتال افراد مبتلا به نقص شناختی در گروه سنی خاص است که قابلیت اطمینان بالاتری نسبت به نسخه مداد و کاغذ آزمون دارد.

جدول ۱۰ برخی سیستم‌های تشخیص خودکار اختلالات روانی در آزمون‌های ترسیمی روانشناسی را مقایسه کرده است.

[1] Software development kit

جدول ۱۰ مقایسه برخی سیستم‌های تشخیص خودکار اختلالات روانی در آزمون‌های ترسیمی روانشناسی

نام نویسنده	نام الگوریتم	روش جمع‌آوری داده‌های آموزشی	روش پیش پردازش	روش طبقه‌بندی	روش مقایسه	نتیجه طبقه‌بندی داده‌ها	مزایا	معایب
کیم و همکاران [۳۲]	عدم انتخاب نام برای الگوریتم	عدم اشاره به روش جمع‌آوری داده	کاهش اندازه، اعمال فیلتر و انتقال تصاویر به استاندارد A47 و A15	تقسیم تصاویر به ۹ ناحیه	تعیین مکان طراحی با استفاده از حدآستانه ۸۱% پیکسل-های رنگی هر ناحیه	تشخیص شخصیت آزمودنی‌ها	زمان پردازش کم-تر	تنها استفاده از ویژگی مکان عناصر در تصویر
کیم و همکاران [۳۰]	DDS	عدم اشاره به روش جمع‌آوری داده	کاهش اندازه، اعمال فیلتر و انتقال تصاویر به استاندارد A47 و A15	تعیین تعداد، لیست و دسته-های هر رنگ	استفاده از الگوریتم‌های HVC و NBS	تشخیص اختلالات روانی	زمان پردازش کم-تر	عدم استفاده از ویژگی-های کاربردی
کیم و همکاران [۳۵]	ESDAP	استفاده از نرم افزار تحت وب	عدم اشاره به روش پیش پردازش	استفاده از قوانین فازی در یک سیستم خبره	تشخیص بیماری با استفاده از علائم استخراج شده	تشخیص بیماری‌های فراموشی و رعشه	استفاده آسان و تشخیص میزان فشار قلم	دقت پایین
کیم و همکاران [۳۴]	عدم انتخاب نام برای الگوریتم	ثبت کامل ویژگی‌ها با استفاده از تبلت و قلم نوری	عدم اشاره به روش پیش پردازش	ثبت کامل ویژگی‌ها و روند ترسیم نقاشی	بررسی پیشرفت بیماری با توجه به سابقه بیمار	تشخیص بیماری‌های فراموشی و رعشه	تشخیص میزان فشار قلم و نمایش سریع نتیجه آزمون	ترسیم پیش فرض دایره ساعت و کاهش دقت
لیانگ و همکاران [۳۳]	عدم انتخاب نام برای الگوریتم	ثبت کامل ویژگی‌ها با استفاده از تبلت و قلم نوری و نمونه برداری با فرکانس 100 Hz	عدم اشاره به روش پیش پردازش	استخراج ویژگی مبتنی بر قانون، مشاهدات تجربی، رویکردهای مدل-سازی	اندازه‌گیری عملکرد بر اساس اسپیرمن و آزمون کاپا	تشخیص ضایعه مغزی به کمک کامپیوتر	زمان پردازش کم	انتخاب خودکار ویژگی و احتمال حذف ویژگی‌های مفید
ونگ و همکاران [۳۶]	HODA	عدم اشاره به روش جمع‌آوری داده	به‌هنجارسازی شکل ۳ بعدی	پیشنهاد طرح مشابه از K همسایه نزدیک-تر به کاربر	بررسی شباهت طرح به‌وسیله الگوریتم‌های پیشنهاد دهنده[۳] و K نزدیک‌ترین همسایه	یافتن شباهت بین دو نقاشی و در نتیجه یافتن بیماری‌های مشابه	استفاده از الگوریتم‌های داده‌های حجیم	بار پردازشی بالا
کیم و همکاران [۳۱]	عدم انتخاب نام برای الگوریتم	ثبت کامل ویژگی‌ها با استفاده از تبلت و قلم نوری	عدم اشاره به روش پیش پردازش	قطعه‌بندی با استفاده از الگوریتم CBFA	تشخیص الگو به کمک نرم‌افزار تشخیص دست خط مایکروسافت	تشخیص بیماری‌های فراموشی و رعشه	در نظر گرفتن تمامی ویژگی‌ها	استفاده از نرم‌افزارهای عمومی و دقت پایین
کیم و همکاران [۴]	عدم انتخاب نام برای	رنگ آمیزی الگوی ماندالا توسط آزمودنی‌ها	کاهش اندازه تصویر، فشرده-سازی، خوشه-	ارزیابی توسط رنگ با بیشترین پیکسل	استفاده از رگرسیون خطی چندگانه جهت	تشخیص بیماران مشکوک به فراموشی	سرعت پردازش بالا	تنها در نظر گرفتن ویژگی رنگ

[۱] Minnesota Multiphasic Personality Inventory (MMPI)

[۲] Graphology

[۳] Collaborative Filtering Recommendation

نام نویسنده	نام الگوریتم	روش جمع‌آوری داده‌های آموزشی	روش پیش پردازش	روش طبقه‌بندی	روش مقایسه	نتیجه طبقه‌بندی داده‌ها	مزایا	معایب
	الگوریتم		بندی و حذف نویز		مدل‌سازی			
سوئیلاردو همکاران [۶]	عدم انتخاب نام برای الگوریتم	ثبت کامل ویژگی‌ها با استفاده از تبلت و قلم نوری	عدم اشاره به روش پیش پردازش	استفاده از شش روش یادگیری ماشین: CART، C4.5، ماشین بردار پشتیبان با هسته گاوسی، جنگل‌های تصادفی، درخت تصمیم گیری بهبود یافته و رگرسیون	طراحی مدل‌های خطی با استفاده از SLIM	تشخیص بیماری‌های فراموشی و رعشه	دقت و قابلیت بالا	سربار پردازشی

در اکثر مقالات تا مرحله طبقه‌بندی پیش رفته‌اند ولی مرحله تشخیص بیماری انجام نشده است. جهت بهره برداری از نرم افزارهای امتیازدهی خودکار به آزمون‌های ترسیمی روانشناسی، نیاز به پیاده سازی قوانین امتیازدهی به عنوان مثال با استفاده از قوانین فازی است. پیاده‌سازی این قوانین معمولا با استفاده از قوانینی انجمنی و قوانین فازی انجام شده است.

۵ بحث‌ها و چالش‌ها

سیستم‌های امتیازدهی سنتی پزشکان بر اساس ویژگی‌های مشخصی در ترسیم و دست‌نوشته‌ها است. هدف پژوهش‌های بررسی شده تلاش برای خودکارسازی امتیازدهی به آزمون‌های ترسیمی روانشناسی با استفاده از یادگیری ماشین، شبکه عصبی و محاسبات ریاضی است. آزادی عمل در نوع ترسیم و نوشتن، بزرگ‌ترین چالش در طبقه‌بندی و امتیازدهی به این نوع تصاویر است. از دیگر چالش‌های موجود در این پژوهش‌ها عبارت است از: مدل‌های ارزیابی نتیجه آزمون، چگونگی تفسیر نقاشی‌های طبقه‌بندی شده، میزان دقت و سرعت در تفسیر آزمون‌های ترسیمی و دست‌نوشته‌ها، امتیازدهی با استفاده از قوانین انجمنی[1] و قوانین فازی و انتخاب یک یا چند الگوریتم مناسب جهت طبقه‌بندی آزمون‌ها و دست‌نوشته‌ها با توجه به نوع تصاویر بسیار مهم است. همچنین چالش‌های طبقه‌بندی مانند ترسیم تکراری الگوها، عدم ترسیم الگو، ترسیم ناقص الگوها، طراحی‌های اضافه‌تر از الگوها است. جهت برطرف کردن چالش‌های بررسی شده، راه‌حل‌هایی پیشنهاد شده است: ترسیم تکراری الگوها و در حالت کلی کار اضافی در ترسیم با بررسی طراحی خارج از الگوهای تعیین شده، مشخص می‌شود. همچنین تشخیص الگوهای ترسیمی ناقص به کمک شبکه عصبی امکان‌پذیر است. در جدول ۱۱ چالش‌ها و راهکارهای پیشنهادی ارائه شده است.

جدول ۱۱-بررسی چالش‌ها و راهکارهای پیشنهادی

چالش‌ها	راهکارها
آزادی عمل در ترسیم	آزادی عمل در ترسیم تصاویر با دست بزرگ‌ترین چالش پیش‌رو است. طبق مطالعات اخیر بالاترین دقت در طبقه‌بندی این نوع تصاویر به کمک شبکه‌های عصبی عمیق حاصل می‌شود.
انتقال، چرخش و عدم رعایت مقیاس در عناصر تصویر	انتقال، چرخش و تغییر مقیاس عناصر در تصویر را می‌توان به کمک محاسبات ریاضی تشخیص داد.
ترسیم اضافی و ناقص در طراحی	ترسیم اضافی و ناقص در طراحی‌ها را می‌توان به کمک شبکه عصبی تشخیص داد.
ترسیم تکراری و یا عدم ترسیم عناصر تصویر	در بررسی عدم ترسیم یا ترسیم تکراری عناصر می‌توان از تشخیص الگو بیش از یک بار و عدم تشخیص الگو استفاده کرد.
دشواری جمع‌آوری مجموعه داده آزمون‌های ترسیمی به خصوص در کودکان	جمع‌آوری داده همیشه با مشکلات خاص خود روبه‌رو است بنابراین می‌توان جهت جمع‌آوری تعداد زیادی داده، همزمان از چندین مرکز درمان روان‌پزشکی کمک گرفت.

برگزاری و تفسیر آزمون برای رده سنی کودکان بسیار دشوار است. آزمون‌گر باید بتواند به آزمودنی کودک کمک کند تا با تمرکز کامل آزمون را انجام دهد. همچنین به دلیل عدم تکمیل تجسم فضایی در کودکان، در تشخیص و در نتیجه تفسیر شکل‌های هندسی در آزمون آزمودنی‌های کودک به کمک الگوریتم، بسیار دشوار است. زیرا از نظر روانشناسان شکل‌ها و الگوهای ترسیمی ناقص توسط کودکان طبیعی است و به عنوان بیماری تفسیر نمی-شود. این در حالی است که تشخیص یک شکل ناقص و طبقه‌بندی آن در دسته مربوطه توسط الگوریتم کار بسیار دشواری می‌باشد که به کمک شبکه عصبی عمیق تا حدودی برطرف شده است.

طبق جدول ۱۱ جهت بالا بردن دقت طبقه‌بندی تصاویر دست نویس از شبکه‌های عصبی عمیق استفاده می‌شود. به کمک شبکه‌های عصبی عمیق تمامی ویژگی‌ها استخراج شده و از حذف ویژگی‌های مفید جلوگیری می‌شود و باعث افزایش دقت طبقه‌بندی تصاویر دست نویس به کمک شبکه‌های عصبی عمیق می‌شود. همچنین به دلیل اینکه تعداد حالت‌های ترسیم اضافی بی‌نهایت است و هر شکلی با هر اندازه‌ای را می‌توان به‌عنوان کار اضافی در ترسیم در نظر گرفت بنابراین جهت سهولت کار به کمک شبکه عصبی، پس از برچسب‌گذاری در مرحله آموزش، در مرحله آزمایش می‌توان شکل‌های ترسیمی که در هیچ دسته‌ای قرار نمی‌گیرند را به عنوان ترسیم اضافی در نظر گرفت.

همچنین در مرحله آزمایش اگر دسته‌ای خالی بود، می‌توان به این صورت تعبیر کرد که آن الگو ترسیم نشده است و یا اگر بیشتر از دو شکل ترسیمی در یک دسته قرار گیرند، می‌توان این چنین تعبیر کرد که ترسیم تکراری در تصویر وجود دارد. جهت تشخیص چرخش و مقیاس تصاویر با سربار بسیار کم و با کم‌ترین هزینه در مصرف منابع، می‌توان از محاسبات بسیار ساده در ریاضی استفاده کرد. به طور مثال جهت بررسی مقیاس تصاویر می‌توان مساحت مستطیل احاطه کننده هر شکل ترسیمی را محاسبه و با مقدار استاندارد آن مقایسه کرد. همچنین با بررسی طول و عرض مستطیل احاطه کننده می‌توان چرخش شکل را تشخیص داد.

در جدول ۱۲ به بررسی راهکارهای پیشنهادی جهت رفع چالش‌های مطرح شده در برخی مقالات پرداخته شده است.

جدول ۱۲ بررسی راهکارهای پیشنهادی جهت رفع چالش‌های مطرح شده در برخی مقالات

مرجع	آزادی عمل در ترسیم	انتقال، چرخش و عدم رعایت مقیاس در عناصر تصویر	ترسیم اضافی و ناقص در طراحی	دشواری جمع‌آوری مجموعه داده آزمون‌های ترسیمی به خصوص در کودکان
[۵]		✓		
[۶]				✓
[۷]		✓		
[۱۳]	✓			
[۲۰]			✓	
[۲۴]		✓		

برخی مزیت‌های خودکارسازی آزمون‌های ترسیمی روانشناسی به کمک کامپیوتر نسبت به روش‌های سنتی عبارتند از: تمامی اطلاعات و ویدئوی حرکات، مکث‌ها، مختصات، سرعت، لرزش و جزئیات بسیار دیگر جهت بررسی دقیق‌تر با استفاده از تبلت و قلم الکترونیکی برای پزشکان ثبت می‌شود. امکان مطالعه تاریخچه بیمار و بررسی شباهت رفتار با بیماران دیگر به کمک جستجو در مجموعه داده توسط پزشکان فراهم می‌شود. از دیگر مزیت‌های خودکارسازی آزمون‌های ترسیمی روانشناسی عدم پیش داوری و قضاوت ناخودآگاه با توجه به ظاهر آزمودنی‌ها است. همچنین باعث صرفه‌جویی در وقت و هزینه شده و در اقدامی به موقع باعث جلوگیری از پیشرفت بیماری می‌شود. در انتها در جدول ۱۳ به دسته‌بندی مقالات بررسی شده همراه با معیارهای و روش‌های ارزیابی آنها پرداخته شده است.

جدول ۱۳ دسته‌بندی و معیار ارزیابی مقالات بررسی شده

	نوع	تعداد مقالات بررسی شده	معیار ارزیابی	روش ارزیابی
مجموعه داده	مجموعه داده‌های آزمون‌های ترسیمی روانشناسی	۵	نوع و تعداد توزیع داده‌ها در دسته‌های تعیین شده و تحلیل آماری داده‌ها	استفاده از تحلیل آماری
	مجموعه داده‌های دست نوشته	۶	تعداد نمونه‌ها در هر دسته و تحلیل آماری داده‌ها	مقایسه با مجموعه داده‌های استاندارد و به‌هنجار شده
الگوریتم طبقه‌بندی تصاویر	یادگیری ماشین	۳	دقت و سرعت طبقه‌بندی	صحت، فراخوانی
	شبکه عصبی پیچشی	۵	دقت طبقه‌بندی، سرعت مراحل آموزش و آزمایش	صحت، فراخوانی
	محاسبات ریاضی	۴	مقیاس، انتقال و چرخش عناصر در تصویر	مقایسه و محاسبات ریاضی
تشخیص بیماری	قوانین انجمنی و فازی	۱۳ (این مقالات شامل انواع الگوریتم‌های طبقه‌بندی نیز هستند)	خطاهای FP, TN در دقت تشخیص بیماری	مقایسه تشخیص خودکار با تشخیص پزشک روانشناس

در اکثر روش‌های بررسی شده نحوه جمع‌آوری آزمون‌ها با استفاده از تبلت و قلم الکترونیکی است اما به روش‌هایی مانند استفاده از صفحات وبی و یا اسکن نقاشی‌ها نیز اشاره شده است. در بیشتر پژوهش‌های بررسی شده تعداد داده‌های جمع‌آوری شده بین ۵۰ تا ۲۰۰ نمونه است که البته در یک پژوهش حدود ۷۰۰۰ نمونه در طی چندین سال جمع‌آوری شده است. پیش پردازش صورت گرفته بر روی تصاویر عمدتا شامل حذف نویز، کاهش ابعاد تصویر و نمونه برداری است. روش طبقه‌بندی تصاویر به‌طور

[۱] Associated Rules

کلی در الگوریتم‌های یادگیری ماشین، شبکه عصبی پیچشی و ترکیبی از این دو دسته روش خلاصه می‌شود. نحوه ارزیابی دقت در تشخیص معمولا به‌صورت مقایسه با نظر چند پزشک صورت گرفته است.

۶ نتیجه‌گیری و کارهای آینده

در این پژوهش به‌طور جامع مطالعات انجام شده اخیر جهت خودکارسازی آزمون‌های روانشناسی در سه مرحله بررسی شد. در مرحله اول به عنوان مرحله پایه مجموعه داده‌های ارائه شده آزمون-های ترسیمی روانشناسی و همچنین داده‌های دست نویس مورد مطالعه قرار گرفت. با بررسی مقالات در این زمینه به این نتیجه رسیدیم که تعداد پژوهش‌های انجام شده در زمینه جمع‌آوری آزمون‌های ترسیمی روانشناسی بسیار کم می‌باشد و همین امر باعث کاهش انجام پژوهش‌های بعدی در این زمینه خواهد شد. مرحله دوم که به عنوان مهم‌ترین مرحله از آن یاد شد، هدف طبقه-بندی تصاویر آزمون‌های ترسیمی با توجه به جنس داده‌ها و فراداده‌ها را دارد که از الگوریتم‌های شبکه عصبی، یادگیری ماشین و به کمک محاسبات ریاضی انجام می‌شود. انتخاب الگوریتم طبقه‌بندی تصاویر دست‌نویس از هر یک از این سه دسته الگوریتم با توجه به تعداد نمونه‌های مجموعه داده، میزان پیچیدگی عناصر تصویر، میزان دقت و سرعت مورد نظر در طبقه‌بندی آزمون‌های ترسیمی روانشناسی انتخاب می‌شود. با توجه به مقالات بررسی شده طبقه‌بندی تصاویر به کمک شبکه‌های عصبی پیچشی از دقت بالاتری برخوردار هستند اما نیاز به مجموعه داده‌های جامعی با نمونه‌های بسیار زیاد دارند. از آنجا که مجموعه داده‌های جامع در زمینه آزمون‌های ترسیمی روانشناسی کم است، استفاده از الگوریتم‌های شبکه عصبی و شبکه عصبی عمیق را با محدودیت مواجه کرده است. مرحله سوم نیز جهت تولید برنامه کاربردی به بررسی مقایسه تصاویر طبقه‌بندی شده از مرحله قبل، با استانداردهای آزمون پرداخت. در این مرحله معمولا از قوانین فازی یا انجمنی استفاده شده است. تعداد مقالاتی که به تشخیص بیماری پرداخته‌اند بسیار کم است و اکثر مقالات تا مرحله طبقه-بندی الگوها پیش رفته‌اند. با بررسی مقالات، اینگونه به نظر می-رسد که نیاز به حضور روانشناسان متخصص جهت بررسی نتایج آزمون‌های ترسیمی روانشناسی، نحوه امتیازدهی به تصاویر ترسیمی و ترجمه قوانین روانشناسی به زبان کامپیوتر دلیل این امر می‌باشد. در انتهای هر بخش، به مقایسه مطالعات اخیر در آن حوزه، نحوه جمع‌آوری مجموعه داده، الگوریتم طبقه‌بندی، روش مقایسه جهت امتیازدهی، مزایا و معایب هر روش در قالب یک جدول ارائه شد.

روش‌های طبقه‌بندی شامل انواع الگوریتم‌های شبکه عصبی و یادگیری ماشین می‌باشد. با مقایسه روش‌های ارائه شده می‌توان نتیجه گرفت که هر رویکرد برای کار خاصی مناسب است. برای حل هر مسئله با توجه به نیاز، معیارها و بررسی مزایا و معایب می‌توان یک یا ترکیبی از چند روش را انتخاب کرد. در کارهای آینده به بررسی جامع و مقایسه روش‌های ارزیابی رویکردهای ارائه شده جهت خودکارسازی آزمون‌های ترسیمی روانشناسی، پرداخته می‌شود. همچنین جهت مقایسه دقیق‌تر رویکردهای پردازش تصویر ارائه شده برای تفسیر آزمون‌های روانشناسی، راهکارهای پیشنهادی در این زمینه بر اساس نوع تصاویر آزمون بررسی خواهند شد. به این ترتیب می‌توان این رویکردها را به دقت بررسی و با یکدیگر مقایسه کرد. می‌توان تصاویر آزمون‌های ترسیمی را در دسته‌های آزمون‌های ترسیمی طبق الگوهای خواسته شده و آزمون-های ترسیم آزادانه تصاویر بررسی کرد.

مراجع

[1] Groth-Marnat G., Wright J., *Handbook of Psychological Assessment*, 6th Edition, Wiley Publisher, 2016.

[2] Im Y.H., Oh S.G., Chung M.J., and et al., *"A KFD web database system with an object-based image retrieval for family art therapy assessments"*, Elsevier Journal of The Arts in Psychotherapy, Vol. 37, P.163–171, 2010.

[3] Likforman S. L., Esposito A., Faundez Z. M., Clemencon S., and Cordasco G., *"EMOTHAW: A Novel Database for Emotional State Recognition from Handwriting and Drawing"*, IEEE Transactions on Human-Machine Systems, Vol. 47, P. 273 - 284, 2017.

[4] Kim S., Kang H., and Kim Y., *"A computer system for art therapy assessment of elements in structured mandala"*, Elsevier Journal of The Arts in Psychotherapy, Vol. 36, P. 19–28, 2009.

[5] Nazar H. B., Moetesum M., Ehsan S., Siddiqi I., and et al., "Classification of Graphomotor Impressions using Convolutional Neural Networks: An Application to Automated Neuro-psychological Screening Tests", IEEE 14th IAPR International Conference on Document Analysis and Recognition, P. 432-437, 2017.

[6] Souillard M. W., Davis R., Rudin C., Au R., and et al., "Learning classification models of cognitive conditions from subtle behaviors in the digital Clock Drawing Test", Journal of Springer, Vol. 102, P. 393–441, 2016.

[7] Demisse G. G., Aouada D. and Ottersten B., *"Deformation Based Curved Shape Representation"*, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 40, P. 1338 – 1351, 2018.

[8] Leutner D., Leopold C., and Sumfleth E., *"Cognitive load and science text comprehension: Effects of drawing and mentally imagining text content"*, Elsevier Journal of Computers in Human Behavior, Vol. 25, P. 284–289, 2009.

[9] Nirjon S., Emi I. A., Mondol M. Abu S., Salekin A., and et al., *"MOBI-COG: A Mobile Application for Instant Screening of Dementia Using the Mini-Cog Test"*, Proceedings of the Wireless Health on National Institutes of Health, P. 1-7, 2014.

[10] Garcia-Garcia A., Orts-Escolano S., Oprea S., Villena-Martinez V., Martinez-Gonzalez P., Garcia-Rodriguez J., *"A survey on deep learning techniques for image and video semantic segmentation"*, Elsevier Journal of Applied Soft Computing, Vol. 70, P. 41–65, 2018.

[11] Sangkloy P., Burnell N., Ham C., and Hays J., *"The Sketchy Database: Learning to Retrieve Badly Drawn Bunnies"*, Journal of ACM Transactions on Graphics (TOG), Vol. 35, P. 1-12, 2016.

[12] Indermühle E., Liwicki M., Bunke H., *"IAMonDo-database: An Online Handwritten Document Database with Non-uniform Contents"*, the 9th IAPR International Workshop on

Document Analysis SystemsJune, P. 97–104, https://doi.org/10.1145/1815330.1815343, 2010

[13] Zhanga Q., Yang L. T., Chenc Z., and Li P., *"A survey on deep learning for big data"*, Elsevier Journal of Information Fusion, Vol. 42, P. 146–157, 2018.

[14] Awal A. M., Feng G., Mouchère H., and Viard G. C., *"First Experiments on a new Online Handwritten Flowchart Database"*, International Conference on Society for Optical Engineering (SPIE), 2011.

[15] Quiniou S., Mouchèrey H., Saldarriagaz S. P., and Viard G. C., *"HAMEX – a Handwritten and Audio Dataset of Mathematical Expressions"*, IEEE International Conference on Document Analysis and Recognition, P. 452-456, 2011.

[۱۶] راد، رویا، و جمزاد، منصور، "مروری بر سیستم‌های برچسب‌زنی تصاویر"، مجله ماشین بینایی و پردازش تصویر، جلد ۶ شماره ۱، ص ۱ تا ۱۷، ۱۳۹۸.

[17] Guha A., Kim H., and Yi-Luen D. E., *"Automated Clock Drawing* Test *through Machine Learning and Geometric Analysis"*, 16th International Conference on Distributed Multimedia Systems, DMS, P. 311-314, 2010.

[18] Harbi Z., Hicksa Y., Setchi R., and Bayer A., *"Segmentation of Clock Drawings Based on Spatial and Temporal Features"*, 19th International Conference on Knowledge Based and Intelligent Information and Engineering Systems, P. 1640–1648, 2015.

[19] N˜omm S., Masharov I., Toomela A., Medijainen K. and Taba P., *"Interpretable Quantitative Description of the Digital Clock Drawing Test for Parkinson's Disease Modelling"*, 15th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV), P. 1839-1844, 2018.

[20] Gauthier B., Véronique P., and Lageix P., *"Exploring the dynamics of design fluency in children with and without ADHD using artificial neural networks"*, Journal on Normal and Abnormal Development in Childhood and Adolescence, Vol. 22, P. 238-246, 2016.

[21] Harbi Z., Hicksa Y., and Setchia R., *"Clock Drawing Test Digit Recognition Using Static and Dynamic Features"*, 20th International Conference on Knowledge Based and Intelligent Information and Engineering Systems, P. 1221-1230, 2016.

[22] Binaco R., Calzaretto N., Epifano J., McGuire S., Umer M., and et. al., "Machine Learning Analysis of Digital Clock Drawing Test Performance for Differential Classification of Mild Cognitive Impairment Subtypes Versus Alzheimer's Disease", Journal of the International Neuropsychological Society, P. 1–11, 2020.

[23] Chang W. D., Yang Y. J., Choi S. J., *"Bender Gestalt Test Image Recognition with Convolutional Neural Network"*, Journal of Korea Multimedia Society, Vol. 22, No. 4, 2019, P. 455-462.

[24] Ahamed P., Kundu S., Khan T., Bhateja V., Sarkar R., Mollah A. F., *"Handwritten Arabic numerals recognition using convolutional neural network"*, Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, (2020), https://doi.org/10.1007/s12652-020-01901-7

[25] Thangakrishnan M. S., Ramar K., "Automated Hand‐drawn sketches retrieval and recognition using regularized Particle Swarm Optimization based deep convolutional neural network", Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, (2020), https://doi.org/10.1007/s12652-020-02248-9

[26] Moetesum M., Aslam T., Saeed H., Siddiqi I., and Masroor U., *"Sketch-based Facial Expression Recognition for Human Figure Drawing Psychological Test"*, IEEE International Conference on Frontiers of Information Technology, P. 258-263, 2017.

[27] Harbia Z., Hicksa Y., and Setchia R., *"Clock Drawing Test Interpretation System"*, International Conference on Knowledge Based and Intelligent Information and Engineering Systems, KES2017, P. 1641 –1650, 2017.

[28] Moetesum M., Siddiqi I., Masroory U., and Djeddi C., *"Automated Scoring of Bender Gestalt Test Using Image Analysis Techniques"*, 13th IEEE International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR), P. 666-670, 2015.

[۲۹] نوروززاده، یاسر، و نظام‌آبادی‌پور، حسین، "ارائه ویژگی‌های دیداری جدید در تصویر دست‌نوشته فارسی برای تشخیص روحیات افراد"، مجله ماشین بینایی و پردازش تصویر، جلد ۱، شماره ۲، ص ۱۵ تا ۲۶، ۱۳۹۲.

[30] Ghaderyan P., Abbasi A., and Saber S., "A new algorithm for kinematic analysis of Handwriting data; towards a reliable handwriting-based tool for early detection of Alzheimer's disease", Expert Systems with Applications journal, Vol. 114, P. 428-440, (2018)

[31] Kim H., Hsiao C. P., and Yi-Luen D. E., *"Home-based* computerized *cognitive assessment tool for dementia screening"*, Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments, Vol.4, P. 429–442, 2012.

[32] Kim S., Kang H. S., and Kim K. E., *"Computer determination of placement in a drawing for art therapy assessments"*, Elsevier Journal of The Arts in Psychotherapy, Vol. 35, P. 49–59, 2008.

[33] Liang Y., Fairhurst M., Guest R., and Potter J., *"A Learning Model for the Automated Assessment of Hand-Drawn Images for Visuo-Spatial Neglect Rehabilitation"*, IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, Vol. 18, P. 560-570, 2010.

[34] Kim S., Bae J., and Lee Y., *"A computer system to rate the color-related formal elements in art therapy assessments"*, Elsevier Journal of The Arts in Psychotherapy, Vol. 34, P. 223–237, 2007.

[35] Kim S., Ryu H. J., Hwang J. O., and Kim M. S., *"An expert system approach to art psychotherapy"*, Elsevier Journal of The Arts in Psychotherapy, Vol. 33, P. 59–75, (2006).

[36] Wang F., Lin S., Luo X., Wu H., and et al., *"A Data-Driven Approach for Sketch-Based 3D Shape Retrieval via Similar Drawing-Style Recommendation"*, Wiley & Sons Ltd., Journal of Computer Graphics Forum, Vol. 36, P. 157-166, 2017.

[37] Kim H., Cho Y. S., and Yi-Luen D. E., *"Computational Clock Drawing Analysis for Cognitive Impairment Screening"*, ACM Trans., P. 22–26, 2011.

[38] Souillard M. W., Davis R., Rudin C., Au R., and et al., "Interpretable *Machine Learning Models for the Digital Clock Drawing Test"*, ICML Workshop on Human Interpretability in Machine Learning New York, NY, USA., P. 61-65, 2016.

[39] Kim H., Cho Y. S., and Yi-Luen D. E., *"Context-bounded Refinement Filter Algorithm: Improving Recognizer Accuracy of Handwriting in Clock Drawing Test"*, 7th AAAI Conference on Visual Representations and Reasoning, P. 53-60, 2010.

[40] Akhlaq F., "A survey of Automated Scoring of the Minicog Psychological test", DOI: 10.13140/RG.2.2.29390.97601, 2017.

[۴۱] قدس، وحید، و عربیان، حوریه، "بررسی شخصیت و خصوصیات فردی بر اساس دست‌نوشته فارسی با استفاده از درخت تصمیم"، مجله ماشین بینایی و پردازش تصویر، جلد ۳، شماره ۱، ص ۱۹ تا ۲۸، ۱۳۹۵.

[42] Mazzocco T., and Hussain A., *"Novel logistic regression models to aid the diagnosis of dementia"*, Expert Systems with Applications Journal, Vol. 39, P. 3356–3361, (2012)

[43] Chaudhari K., and Thakkar A., *"Survey on handwriting-based personality trait identification"*, Expert Systems with Applications Journal, Vol. 124, P. 282–308, (2019)

[44] Laymann J. W., Hermens H., Villalonga C., Hutten M. V., Banos O., *"MobileCogniTracker: A mobile experience sampling tool for tracking cognitive behavior"*, Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, (2019), https://doi.org/10.1007/s12652-018-0827-y

[۴۵] بهرامی، هادی، ۱۳۸۵، "آزمون‌های روانی، مبانی نظری و فنون کاربردی"، تهران، انتشارات دانشگاه علامه طباطبایی.

مریم فتحی احمدسرائی مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی فناوری اطلاعات از دانشگاه آزاد قزوین در سال ۱۳۸۹ دریافت کرد؛ سپس در سال ۱۳۹۳ موفق به اخذ مدرک کارشناسی ارشد مهندسی فناوری اطلاعات گرایش شبکه-های کامپیوتری از دانشگاه آزاد قزوین شد. وی در حال حاضر نیز، دانشجوی مقطع دکترا در دانشگاه آزاد کرج در رشته مهندسی کامپیوتر گرایش سیستم‌های کامپیوتری است. موضوع پایان‌نامه دکتری ایشان "امتیازدهی کامپیوتری به آزمون روانشناسی بندرگشتالت" است. علایق پژوهشی او پردازش تصویر و یادگیری عمیق است.

اعظم باستان‌فرد پس از اخذ مدرک کارشناسی در رشته ریاضی کاربرد در کامپیوتر در سال ۱۳۷۷ و سپس کارشناسی ارشد و دکتری خود را در رشته مهندسی کامپیوتر در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۳ از دانشگاه صنعتی توکیو ژاپن دریافت کرد. در سال ۱۳۸۴ موفق به انجام دوره پسادکترا از دانشگاه ژنو در موضوع محاسبه تصاویر پوست انسان مجازی شد. از سال ۱۳۸۵ ایشان عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد کرج بوده و زمینه پژوهشی ایشان پردازش چندرسانه‌ای است.

امینه امینی در سال ۲۰۱۴ دکترای خود را از دانشگاه مالایا دریافت کرد. پس از آن ، دوره پسا دکتری را در دانشگاه مالایا گذراند. وی در طول تحقیقات خود مقالات متعددی را در کنفرانس ها و ژورنال های شناخته شده منتشر کرده است و نامزد دریافت جایزه بهترین مقاله و برنده بهترین جایزه ارائه مقاله است. وی هم اکنون استادیار و رئیس گروه مهندسی کامپیوتر در دانشگاه آزاد کرج در ایران است. علایق پژوهش او شامل Data Stream Mining و بازسازی نرم افزار می‌باشد.