

تشخیص اوتیسم براساس ویژگی‌های رفتاری و چهره‌ای با هوش مصنوعی

 [alie8096.github.io/Autism-Diagnosis/](https://github.com/alie8096/Autism-Diagnosis/)

بسم الله الرحمن الرحيم

تشخیص طیف اختلال اوتیسم براساس ویژگی‌های رفتاری و چهره‌ای با کمک هوش مصنوعی

استاد راهنما:

دکتر سید محمد نوربخش رضائی

پژوهشگران:

علی هاشمی

علی ابراهیمیان

مقدمه

اختلال طیف اوتیسم (Autism Spectrum Disorder (ASD یکی از اختلالات رشدی است که به دلیل ناهنجاری‌های نوروییولوژیکی بروز می‌کند و می‌تواند تأثیرات قابل توجهی بر مهارت‌های اجتماعی، توانایی‌های ارتباطی، یادگیری و رفتار افراد داشته باشد. این اختلال معمولاً در دو سال نخست زندگی ظاهر می‌شود و به دلیل تنوع در شدت و نوع علائم، اصطلاح "طیف" به آن اطلاق می‌شود. بر اساس آمار سازمان بهداشت جهانی، اوتیسم حدود 1 نفر از هر 160 نفر در سراسر جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد که معادل 2 درصد از جمعیت جهانی است. در ایالات متحده، شیوع اوتیسم به‌طور خاص نگران‌کننده است، به‌طوری که آمارها نشان می‌دهند از هر 36 کودک، یک نفر به این اختلال مبتلا است.

افراد مبتلا به اوتیسم معمولاً در حفظ تماس چشمی، درک احساسات دیگران و تطبیق با موقعیت‌های اجتماعی با چالش مواجه می‌شوند و رفتارها و علایق آن‌ها ممکن است محدود و تکراری باشد. علاوه بر این، ویژگی‌های خاصی در نحوه تفکر، حرکت و توجه این افراد مشاهده می‌شود. اگرچه دلیل قطعی بروز اوتیسم هنوز به‌طور کامل شناسایی نشده است، شواهد نشان می‌دهند که عوامل ژنتیکی و محیطی نقش مهمی در بروز این اختلال دارند. برای نمونه، تحقیقات حاکی از آن است که میزان بافت‌های مغزی در مخچه افراد مبتلا به اوتیسم به‌طور قابل توجهی کمتر است.

تشخیص اوتیسم معمولاً در دو مرحله انجام می‌شود: نخست، غربالگری اولیه برای شناسایی تأخیرهای رشدی و سپس ارزیابی‌های تکمیلی نظیر معاینات عصبی، آزمون‌های شناختی، مشاهده رفتار، بررسی مهارت‌های زبانی و آزمایش شنوایی. شناسایی و مداخله زودهنگام نقش کلیدی در کاهش شدت علائم اوتیسم دارد و می‌تواند به بهبود مشکلاتی نظیر پرخاشگری، بیش‌فعالی، کمبود توجه، اضطراب و افسردگی کمک کند. این مداخلات همچنین زمینه را برای رشد مهارت‌های لازم جهت یک زندگی مستقل در آینده فراهم می‌کنند.

با توجه به روند افزایشی شیوع اوتیسم، که بر اساس آمار سال 2022 در ایالات متحده از هر 44 کودک یک نفر به این اختلال مبتلا است، توجه به غربالگری و درمان به‌موقع این اختلال اهمیت روزافزونی پیدا کرده است. از سوی دیگر، پیشرفت‌های فناوری به‌ویژه در حوزه یادگیری ماشین (Machine Learning)، نویدبخش تغییرات بزرگی در فرآیند تشخیص اوتیسم بوده است. الگوریتم‌های یادگیری ماشین قادرند داده‌های حجیم را با سرعت و دقت بیشتری نسبت به انسان تحلیل کنند. این ابزارها می‌توانند ویژگی‌های متعدد افراد مبتلا به اوتیسم را بررسی کرده و ویژگی‌های مشترک میان آن‌ها را استخراج کنند. این قابلیت نه تنها به تشخیص سریع‌تر و دقیق‌تر اوتیسم کمک می‌کند، بلکه امکان شروع مداخلات درمانی در مراحل ابتدایی را نیز فراهم می‌آورد.

بررسی منابع (مرور مقالات)

Autism Screening in Toddlers and Adults Using Deep Learning and Fair AI Techniques

۱.۱ مجموعه داده‌ها

دو مجموعه داده مستقل برای بررسی غربالگری اوتیسم استفاده شده است:

- مجموعه داده کودکان خردسال: شامل ۱۰۵۴ ردیف و ۱۹ ستون.
- مجموعه داده بزرگسالان: شامل ۷۰۴ ردیف و ۲۱ ستون.

۱.۲ پرسشنامه‌ها

۱.۲.۱ کودکان خردسال

- داده‌ها و نحوه امتیازدهی پرسشنامه (Q-CHAT-10):
داده‌های پرسشنامه شامل ارزیابی ۱۰ ویژگی رفتاری با پاسخ‌های چندگزینه‌ای ("همیشه"، "معمولاً"، "گاهی اوقات"، "به ندرت"، "هرگز") جمع‌آوری شده‌اند.
- سوال‌های ۱ تا ۹: اگر پاسخ‌ها در ستون‌های "گاهی اوقات"، "به ندرت"، یا "هرگز" باشند، به هر سوال یک امتیاز تعلق می‌گیرد.
- سوال ۱۰: اگر پاسخ در ستون‌های "همیشه"، "معمولاً"، یا "گاهی اوقات" باشد، یک امتیاز برای آن سوال ثبت می‌شود.
- نداشت امتیازات به مقادیر (۰ و ۱)

در نهایت، امتیاز کل با جمع‌بندی امتیازهای ده سوال به دست می‌آید. اگر امتیاز کل ۳ یا بیشتر باشد، این ممکن است نشان‌دهنده احتمال وجود صفات اوتیسمی باشد و به تشخیص نیازمند بررسی‌های تخصصی توسط یک تیم چندرشته‌ای است.

جدول (Q-CHAT-10) ترجمه شده به فارسی

شماره	سوال	گزینه 1	گزینه 2	گزینه 3	گزینه 4	گزینه 5
1	آیا کودک شما هنگام صدا زدن نامش به شما نگاه می‌کند؟	همیشه	معمولاً	گاهی اوقات	به ندرت	هرگز
2	چقدر آسان است که با کودک خود تماس چشمی برقرار کنید؟	خیلی آسان	نسبتاً آسان	نسبتاً سخت	خیلی سخت	غیرممکن
3	آیا کودک شما برای نشان دادن چیزی که می‌خواهد (مثلاً یک اسباب‌بازی دور از دسترس) اشاره می‌کند؟	چندین بار در روز	چند بار در روز	چند بار در هفته	کمتر از یک بار در هفته	هرگز
4	آیا کودک شما برای نشان دادن علاقه‌مندی خود به چیزی (مثلاً اشاره به یک منظره جالب) اشاره می‌کند؟	چندین بار در روز	چند بار در روز	چند بار در هفته	کمتر از یک بار در هفته	هرگز
5	آیا کودک شما نقش‌بازی می‌کند؟ (مثلاً مراقبت از عروسک‌ها یا صحبت با یک تلفن اسباب‌بازی)	چندین بار در روز	چند بار در روز	چند بار در هفته	کمتر از یک بار در هفته	هرگز
6	آیا کودک شما دنبال می‌کند که شما به کجا نگاه می‌کنید؟	چندین بار در روز	چند بار در روز	چند بار در هفته	کمتر از یک بار در هفته	هرگز

شماره	سوال	گزینه 1	گزینه 2	گزینه 3	گزینه 4	گزینه 5
7	اگر شما یا فرد دیگری در خانواده به‌طور مشهود ناراحت باشید، آیا کودک شما نشانه‌ای از تمایل به دلداری دادن نشان می‌دهد؟ (مثلاً نوازش مو، بغل کردن)	همیشه	معمولاً	گاهی اوقات	به ندرت	هرگز
8	آیا اولین کلمات کودک شما را می‌توان اینگونه توصیف کرد:	خیلی معمولی	نسبتاً معمولی	کمی غیرمعمول	خیلی غیرمعمول	کودک من صحبت نمی‌کند
9	آیا کودک شما از حرکات ساده استفاده می‌کند؟ (مثلاً خداحافظی با دست)	چندین بار در روز	چند بار در روز	چند بار در هفته	کمتر از یک بار در هفته	هرگز
10	آیا کودک شما به چیزی بدون هدف مشخص خیره می‌شود؟	چندین بار در روز	چند بار در روز	چند بار در هفته	کمتر از یک بار در هفته	هرگز

این جدول فارسی شده (Q-CHAT-10) است که بر اساس www.autismresearchcentre.com می‌باشد.

۱.۲.۲ بزرگسالان

• داده‌ها و نحوه امتیازدهی پرسشنامه (AQ-10):

این پرسشنامه شامل ۱۰ سوال است که هدف آن ارزیابی سریع صفات اوتیسمی در بزرگسالان بدون ناتوانی یادگیری است. پاسخ‌ها در چهار گزینه ("کاملاً موافق"، "تا حدی موافق"، "تا حدی مخالف"، "کاملاً مخالف") ارائه می‌شوند.

• امتیازدهی:

- برای سوال‌های ۱، ۷، ۸ و ۱۰: اگر پاسخ "کاملاً موافق" یا "تا حدی موافق" باشد، یک امتیاز تعلق می‌گیرد.
- برای سوال‌های ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۹: اگر پاسخ "کاملاً مخالف" یا "تا حدی مخالف" باشد، یک امتیاز تعلق می‌گیرد.
- اگر امتیاز کل ۶ یا بیشتر باشد، ممکن است ارجاع به ارزیابی تخصصی تشخیصی ضروری باشد.
- نگاشت امتیازات به مقادیر (۱ و ۰)
- جدول (AQ-10) ترجمه شده به فارسی

شماره	سوال	گزینه ۱ ("کاملاً موافق")	گزینه ۲ ("تا حدی موافق")	گزینه ۳ ("تا حدی مخالف")	گزینه ۴ ("کاملاً مخالف")
۱	من اغلب صداها را ریز را متوجه می‌شوم که دیگران متوجه نمی‌شوند.				
۲	معمولاً بیشتر روی کل تصویر تمرکز می‌کنم تا جزئیات کوچک.				
۳	برای من انجام چند کار به طور همزمان آسان است.				
۴	اگر وقفه‌ای پیش بیاید، می‌توانم خیلی سریع به کاری که انجام می‌دادم بازگردم.				
۵	فهمیدن مفهوم پنهان صحبت دیگران برای من آسان است.				
۶	می‌دانم چگونه بفهمم که آیا کسی که به صحبت‌های من گوش می‌دهد خسته شده است یا خیر.				
۷	وقتی داستانی می‌خوانم، برایم سخت است نیت شخصیت‌ها را بفهمم.				
۸	من دوست دارم اطلاعاتی در مورد دسته‌بندی‌های مختلف (مثلاً انواع ماشین، انواع پرند، انواع قطار و ...) جمع‌آوری کنم.				
۹	فهمیدن احساس یا فکر کسی تنها با نگاه کردن به صورت او برای من آسان است.				
۱۰	فهمیدن نیت افراد برای من دشوار است.				

این جدول فارسی‌شده (AQ-10) بر اساس www.autismresearchcentre.com تهیه شده است.

۱.۳ روش‌شناسی

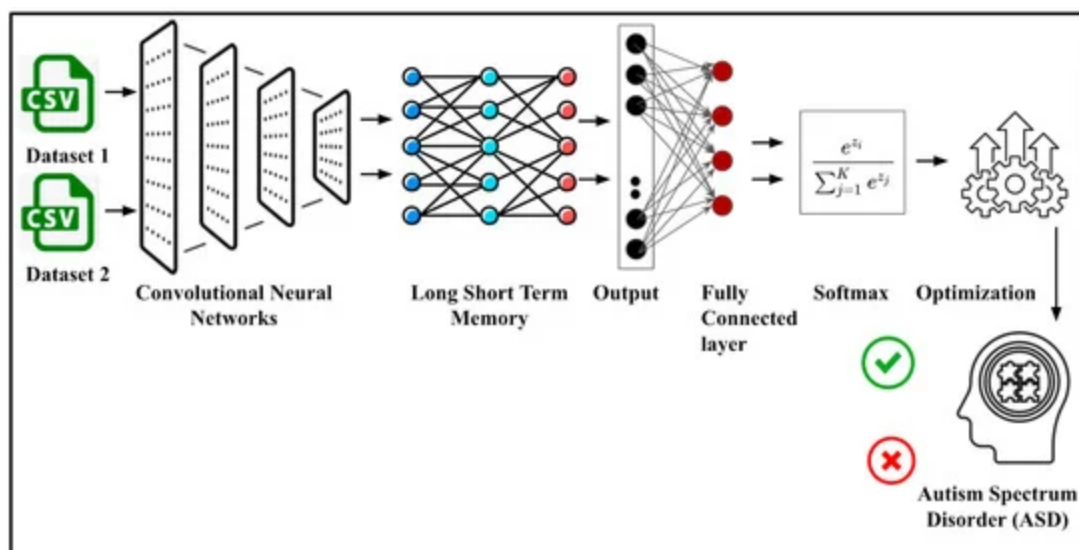
در این مطالعه از شبکه‌های عصبی کانولوشنی (CNN) برای شناسایی الگوها در داده‌ها استفاده شده است. معماری این شبکه شامل لایه‌های مختلفی مانند لایه کانولوشنی، لایه ماکس پولینگ و لایه کاملاً متصل است که هر کدام وظیفه خاصی را انجام می‌دهند. لایه کانولوشنی شامل فیلترهایی است که با اعمال عملیات کانولوشن، نقشه‌های ویژگی (Feature Maps) را از ویژگی‌های ورودی تولید می‌کنند. معادله این عملیات به صورت زیر تعریف شده است:

$$f = V(x * w_f + y_f)$$

که در آن:

- f : نقشه ویژگی
- w_f : وزن‌های کرنل
- x : ویژگی‌های ورودی
- y_f : بایاس
- V : تابع فعال‌سازی
- $*$: عملیات کانولوشن

شبکه حافظه بلندمدت کوتاه‌مدت (LSTM) برای حل مشکل محو یا انفجار گرادیان در شبکه‌های عصبی بازگشتی معرفی شده است. این شبکه شامل گیت‌های ورودی، خروجی و فراموشی است که اطلاعات مهم را از طریق ضرب نقطه‌ای و تابع سیگموید مدیریت می‌کنند.



تصویر (۱) نمایش معماری سیستم LSTM.

۱.۴ معماری پیشنهادی

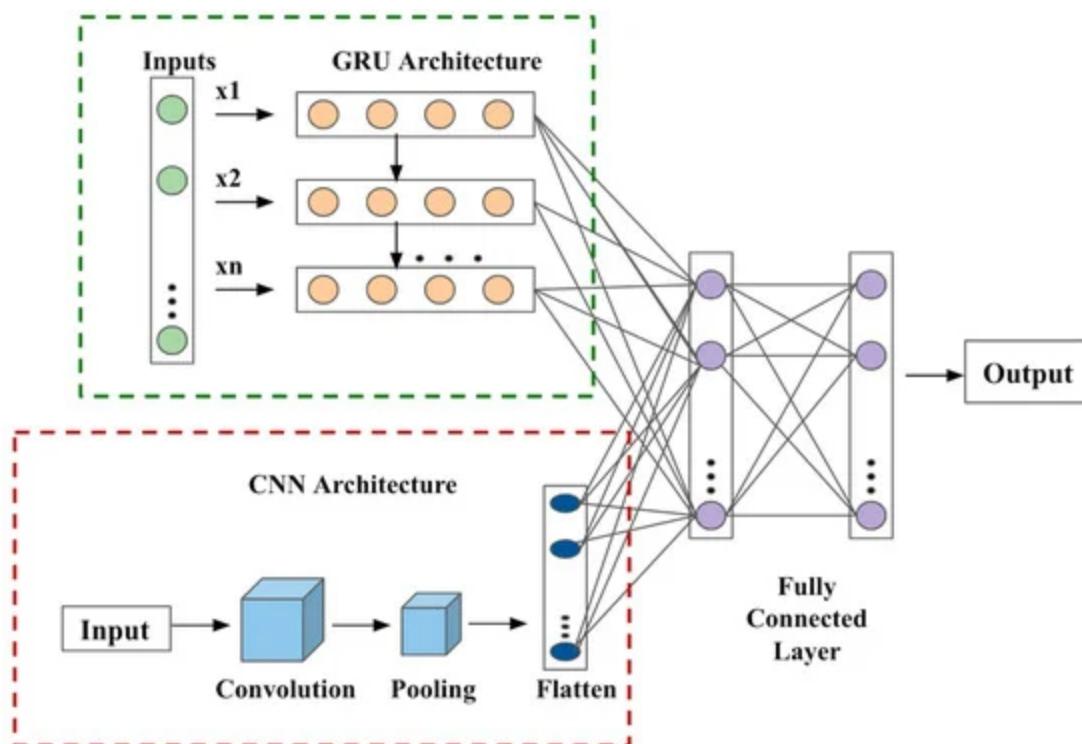
معماری پیشنهادی شامل CNN و LSTM است که با استفاده از بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO) برای تشخیص دقیق اوتیسم طراحی شده است.

- CNN و LSTM ویژگی‌های پیچیده و الگوهای موجود در داده‌ها را استخراج می‌کنند.
- PSO برای بهینه‌سازی نتایج استفاده شده و عملکرد مدل را بهبود می‌بخشد.
- مکانیزم Dropout برای جلوگیری از بیش‌برازش و بهبود توانایی تعمیم مدل اعمال شده است.

لایه کاملاً متصل خروجی نهایی را با استفاده از تابع فعال‌سازی **Softmax** ارائه می‌دهد. الگوریتم PSO تعداد لایه‌های CNN و LSTM، تعداد واحدها، و تعداد اپوک‌ها را بهینه می‌کند. فضای جستجو با مقادیر تصادفی برای لایه‌ها، فیلترها و اپوک‌ها مقداردهی اولیه می‌شود. **تابع برازش**، که به صورت ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) تعریف شده است، برای بهینه‌سازی مقادیر ابرپارامترها استفاده می‌شود.

۱.۵ معماری هیبریدی GRU-CNN

در این معماری، شبکه‌های GRU و CNN با یکدیگر ترکیب شده‌اند. مشکلاتی مانند محو یا انفجار گرادیان و حافظه کوتاه‌مدت با استفاده از مکانیزم گیت‌ها در GRU مدیریت می‌شود.



تصویر (۲) نمایش معماری سیستم GRU.

معماری شامل:

- 5 بلوک کانولوشنی: هر بلوک شامل دو لایه کانولوشنی و یک لایه ماکس پولینگ است.
- 1 بلوک GRU: وابستگی‌های طولانی‌مدت را با کمک گیت‌های حافظه مدیریت می‌کند.
- 1 بلوک کاملاً متصل: شامل لایه‌های کانولوشنی با تابع Softmax برای طبقه‌بندی.

۱.۶ وابستگی‌ها

- از پایتون ۳.۸ همراه با کتابخانه‌هایی مانند TensorFlow-GPU، Numpy، Pandas و Scikit-Learn برای تحلیل داده‌ها استفاده شده است.
- مدل‌ها با بهینه‌ساز Adam و اندازه دسته‌ای (Batch Size) برابر ۱۰ آموزش داده شده‌اند.
- داده‌ها پس از پیش‌پردازش به نسبت ۸۰-۲۰ به داده‌های آموزشی و تست تقسیم شده‌اند.

۱.۷ معیارهای ارزیابی

۱. **دقت (Accuracy):** نسبت پیش‌بینی‌های صحیح به کل پیش‌بینی‌ها.

$$\text{Accuracy} = \frac{\text{TP} + \text{TN}}{\text{TP} + \text{TN} + \text{FP} + \text{FN}}$$

۱. **دقت مثبت (Precision):** نسبت پیش‌بینی‌های مثبت صحیح به کل پیش‌بینی‌های مثبت.

$$\text{Precision} = \frac{\text{TP}}{\text{FP} + \text{TP}}$$

۱. **بازخوانی (Recall):** توانایی مدل در شناسایی موارد مثبت واقعی.

$$\text{Recall} = \frac{\text{TP}}{\text{FN} + \text{TP}}$$

۱. **F1-Score:** میانگین هارمونیک دقت و بازخوانی.

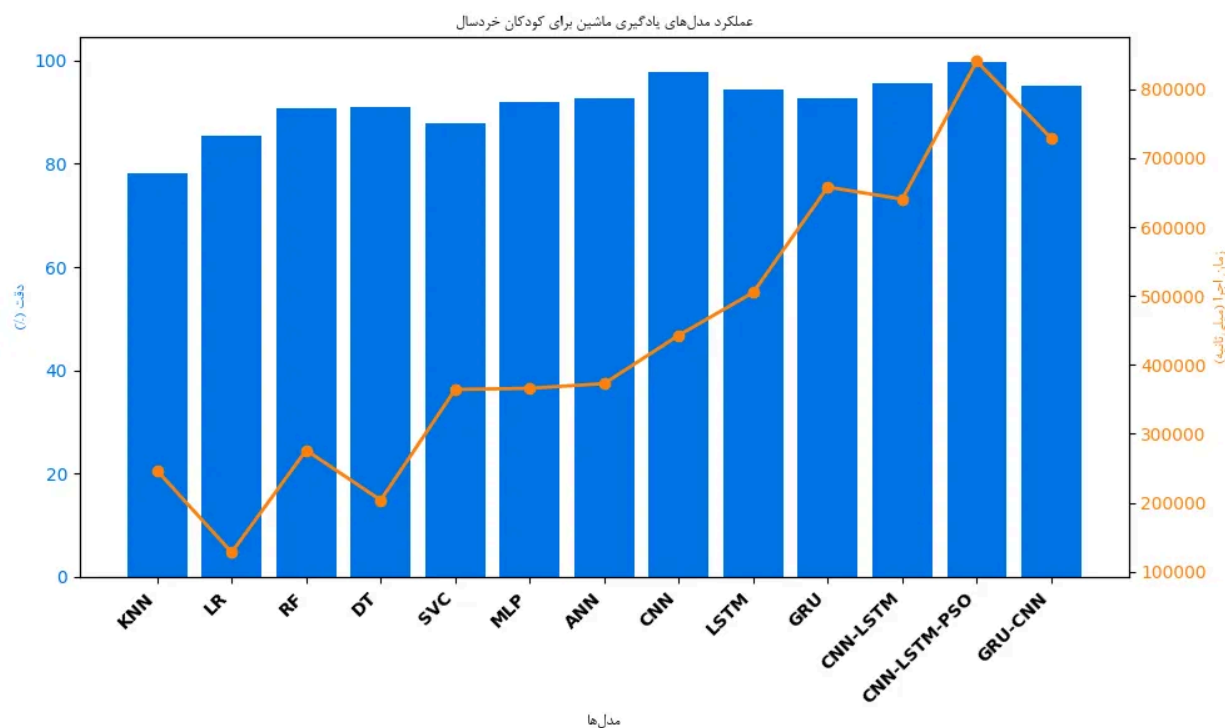
$$F1 = \frac{2 \times \text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}}$$

۱.۸ نتایج

۱.۸.۱ عملکرد مدل‌های یادگیری ماشین برای کودکان خردسال

مدل‌ها	دقت (%)	دقت مثبت	بازخوانی	F1-Score	زمان اجرا (میلی‌ثانیه)
KNN	78.12	0.67	0.72	0.87	246,464
LR	85.38	0.81	0.88	0.88	127,787
RF	90.88	0.90	0.77	0.82	276,126
DT	91.02	0.88	0.82	0.84	203,664
SVC	87.77	0.84	0.89	0.74	364,248
MLP	91.90	0.88	0.78	0.80	366,024
ANN	92.68	0.89	0.81	0.81	372,866
CNN	97.78	0.94	0.86	0.89	442,886
LSTM	94.49	0.93	0.92	0.90	504,994
GRU	92.78	0.90	0.88	0.87	658,021

مدل‌ها	دقت (%)	دقت مثبت	بازخوانی	F1-Score	زمان اجرا (میلی ثانیه)
CNN-LSTM	95.66	0.91	0.92	0.92	640,482
CNN-LSTM-PSO	99.64	0.96	0.94	0.91	840,599
GRU-CNN	95.02	0.92	0.90	0.88	728,894

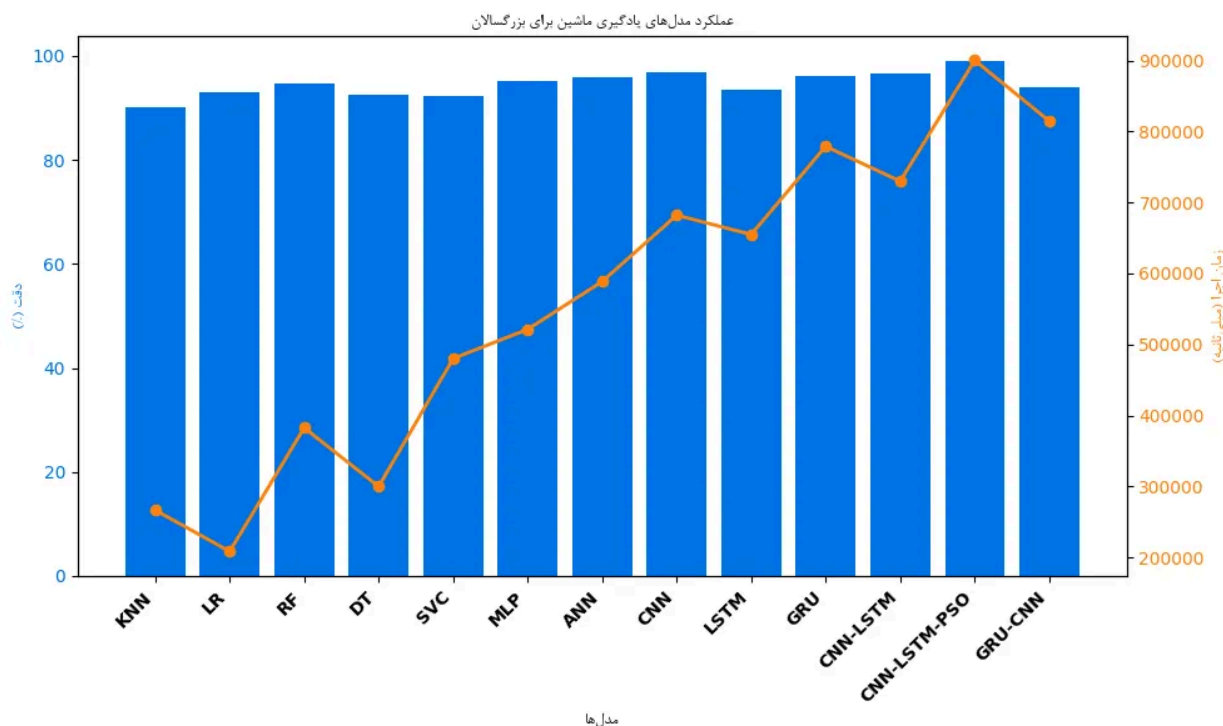


تصویر(۳) نمایش مقایسه کارایی مدل‌ها برای کودکان خردسال.

۱.۸.۲ عملکرد مدل‌های یادگیری ماشین برای بزرگسالان

مدل‌ها	دقت (%)	دقت مثبت	بازخوانی	F1-Score	زمان اجرا (میلی ثانیه)
KNN	90.08	0.78	0.77	0.82	266,848
LR	93.05	0.90	0.84	0.88	208,664
RF	94.68	0.91	0.88	0.88	382,677
DT	92.62	0.89	0.82	0.84	300,116
SVC	92.36	0.90	0.88	0.90	480,248
MLP	95.04	0.92	0.82	0.86	521,436

مدل‌ها	دقت (%)	دقت مثبت	بازخوانی	F1-Score	زمان اجرا (میلی ثانیه)
ANN	95.83	0.89	0.89	0.88	588,644
CNN	96.81	0.92	0.93	0.91	682,042
LSTM	93.44	0.85	0.81	0.83	654,883
GRU	96.04	0.90	0.92	0.94	778,899
CNN-LSTM	96.66	0.92	0.91	0.94	729,890
CNN-LSTM-PSO	98.89	0.94	0.91	0.93	900,048
GRU-CNN	94.02	0.90	0.90	0.88	814,766



تصویر (۴) نمایش مقایسه کارایی مدل‌ها برای بزرگسالان.

۱.۹ نتیجه‌گیری

بین ۱۳ مدل یادگیری ماشین، مدل **CNN-LSTM-PSO** بهترین عملکرد را در هر دو مجموعه داده کودکان و بزرگسالان نشان داده است. این مدل با دقت ۹۹.۶۴٪ برای کودکان و ۹۸.۸۹٪ برای بزرگسالان، نسبت به سایر مدل‌ها برتری داشته است. با وجود پیچیدگی بالا و زمان آموزش طولانی، عملکرد برتر این مدل آن را به گزینه‌ای مناسب برای تشخیص اوتیسم تبدیل کرده است.

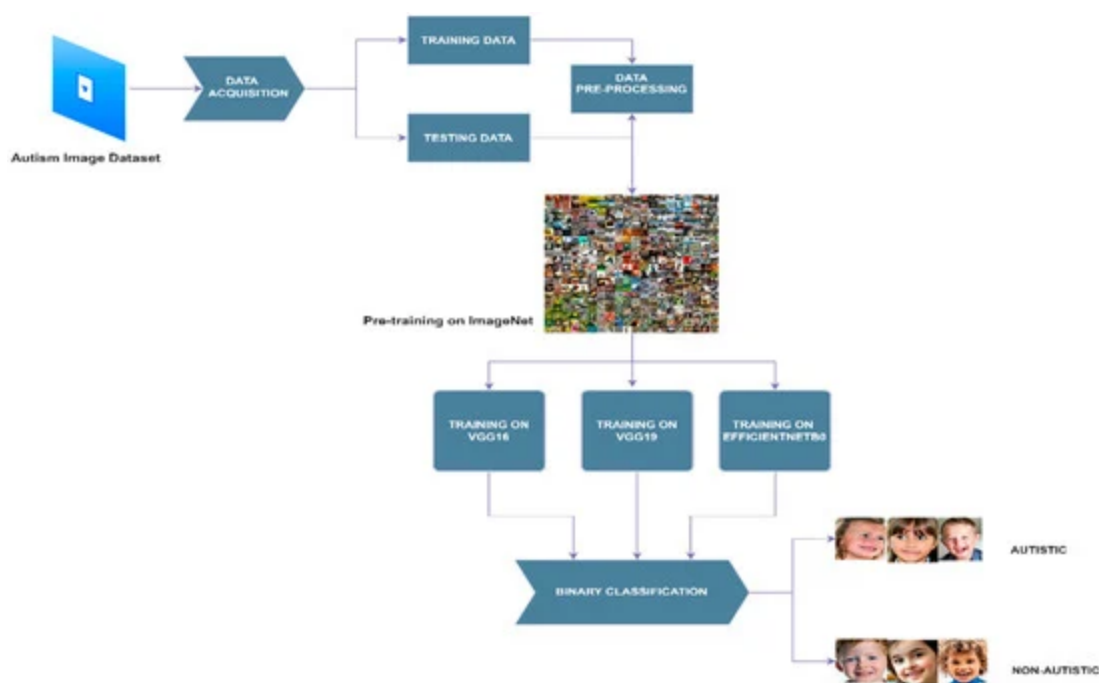
Diagnosis of Autism in Children Using Deep Learning Techniques by (۲) Analyzing Facial Features

۲.۱ روش شناسی

هدف این مطالعه استفاده از چارچوب مبتنی بر یادگیری انتقالی برای شناسایی ویژگی‌های چهره‌ای افراد مبتلا به اوتیسم بود تا بتوان اختلال طیف اوتیسم (ASD) را در سال‌های ابتدایی زندگی کودکان شناسایی کرد. برای این کار، از مدل‌های یادگیری عمیق پیش‌ساخته استفاده شد تا ویژگی‌هایی استخراج شوند که شناسایی آن‌ها از طریق بررسی بصری دشوار است. سپس این ویژگی‌ها از طریق لایه‌های مختلف پردازش شده و لایه نهایی برای تشخیص ASD تنظیم گردید.

۲.۲ معماری سیستم

شکل جریان کار در یک نمودار بلوکی نمایش داده می‌شود.



تصویر(۵) نمایش معماری سیستم.

۲.۲.۱ جزئیات داده‌ها

برای دستیابی به عملکرد بهینه در مدل‌های یادگیری عمیق، استفاده از یک مجموعه داده بزرگ برای آموزش در سناریوهای مختلف ضروری است. این امر به بهبود دقت مدل‌ها کمک می‌کند. مدل‌های پیشنهادی این مطالعه از مجموعه داده‌های کودکان اوتیسمی که در مخزن Kaggle موجود است، استفاده کردند. سن کودکان در این مجموعه داده بین ۲ تا ۱۴ سال بود و بیشتر آن‌ها بین ۲ تا ۸ سال سن داشتند. این مجموعه داده شامل تصاویر ۲D RGB بود و کلاس‌های اوتیسمی و کنترل طبیعی (NC) به‌طور مساوی نمایانده شدند. نسبت جنسیتی مرد به زن در مجموعه داده تقریباً ۳:۱ بود.

مجموعه داده به سه گروه تقسیم شد:

- مجموعه آموزش: ۲۵۳۶ تصویر (۸۶.۳۸٪)
- مجموعه آزمون: ۳۰۰ تصویر (۱۰.۲۲٪)
- مجموعه اعتبارسنجی: ۱۰۰ تصویر (۳.۴۱٪)

هیچ تاریخچه بالینی درباره کودکان در مجموعه داده موجود نیست.

۲.۳ افزایش داده‌ها

برای بهبود کارایی آموزش، تصاویر از تکنیک‌های افزایش داده مانند چرخش، وارونگی افقی، بزرگ‌نمایی و جابجایی ارتفاع و عرض استفاده می‌کنند. این تکنیک‌ها منجر به تولید مجموعه داده‌های افزوده برای مجموعه‌های آموزش و اعتبارسنجی شدند. همچنین، تصاویر باید به ابعاد $227 \times 227 \times 3$ تغییر اندازه می‌یافتند تا با معماری مشخص شده سازگار شوند.

۲.۴ مدل‌های یادگیری انتقالی برای استخراج ویژگی‌ها

این مطالعه از سه مدل یادگیری عمیق پیش‌ساخته که از شبکه‌های عصبی کانولوشنی (CNN) استفاده می‌کنند، استفاده کرده است: VGG16، VGG19 و EfficientNetB0. این انتخاب‌ها بر اساس عملکرد برجسته این مدل‌ها در ادبیات موجود بوده است.

VGG16 ۲.۴.۱

VGG16 یکی از معماری‌های معروف شبکه‌های عصبی کانولوشنی است که برای طبقه‌بندی تصاویر شناخته شده است. این مدل شامل ۱۶ لایه است که ۱۳ لایه کانولوشنی و ۳ لایه کاملاً متصل دارد.

VGG19 ۲.۴.۲

VGG19 یک مدل شبکه عصبی کانولوشنی است که از فیلترهای کانولوشنی 3×3 کوچک استفاده می‌کند. این شبکه دارای ۱۹ لایه وزنی است که عملکرد پیشرفته‌ای در شناسایی و طبقه‌بندی تصاویر دارد.

EfficientNetB0 ۲.۴.۳

EfficientNetB0 یک مدل عصبی است که برای تعادل بین دقت و کارایی محاسباتی طراحی شده است. این مدل از مقیاس‌گذاری ترکیبی برای افزایش دقت استفاده می‌کند و به‌ویژه برای کار با منابع محدود بهینه شده است.

۲.۵ نتایج

۲.۵.۱ تغییرات معماری

مدل سفارشی با استفاده از سه مدل پیش‌آموزش‌شده (EfficientNetB0 و VGG16، VGG19) ساخته شد و بهینه‌سازی‌هایی برای سازگاری با مجموعه داده‌های اوتیسم انجام شد. این مدل شامل ۹ لایه اضافی بود که شامل لایه‌های حداکثر تجمع جهانی، لایه‌های متراکم و لایه‌های Drop-out بود.

۲.۵.۲ تنظیم هایپرپارامترها

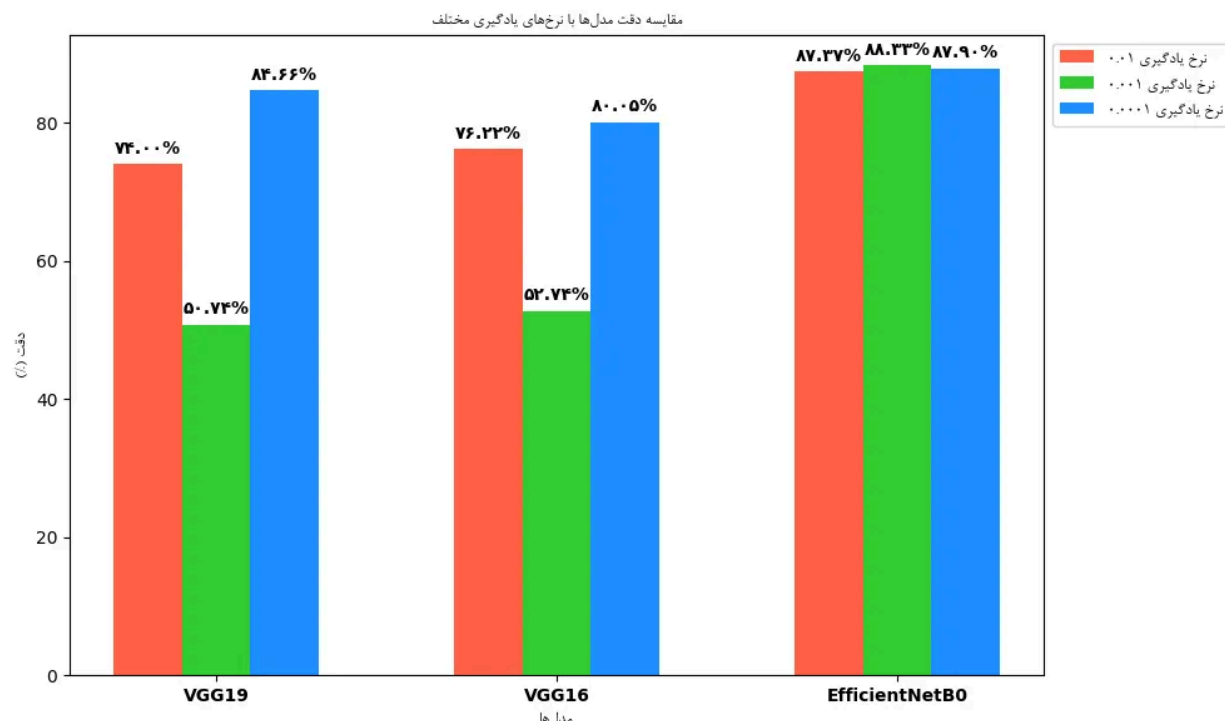
برای ارزیابی عملکرد مدل‌ها از هایپرپارامترهای مختلف استفاده شد. دقت و مساحت زیر منحنی (AUC) مدل‌ها با استفاده از ترکیب‌های مختلف هایپرپارامترها ارزیابی شد. جدول ۱ دقت اعتبارسنجی برای بهینه‌سازها را نشان می‌دهد:

مدل	Adamax دقت	Adamax AUC	Adam دقت	Adam AUC	Adagrad دقت	Adagrad AUC
VGG19	50.00%	50.16%	51.44%	50.00%	87.66%	93.06%
VGG16	52.74%	54.16%	57.89%	60.29%	84.67%	90.73%
EfficientNetB0	88.33%	95.44%	87.66%	94.32%	82.66%	88.68%

۲.۵.۳ تنظیم نرخ یادگیری

برای بهینه‌سازی عملکرد، نرخ‌های یادگیری مختلف آزمایش شدند. نتایج مربوط به تأثیر نرخ‌های یادگیری بر دقت و AUC مدل‌ها در جدول ۲ آمده است:

مدل	نرخ یادگیری 0.01	نرخ یادگیری 0.001	نرخ یادگیری 0.0001
VGG19	دقت: 74.00%	دقت: 50.74%	دقت: 84.66%
VGG16	دقت: 76.22%	دقت: 52.74%	دقت: 80.05%
EfficientNetB0	دقت: 87.37%	دقت: 88.33%	دقت: 87.9%



تصویر(۶) نمایش مقایسه دقت مدل‌ها با نرخ‌های یادگیری مختلف.

۲.۶ نتیجه‌گیری‌ها

هدف اصلی این مطالعه شناسایی بهترین مدل انتقال یادگیری برای طبقه‌بندی اختلال طیف اوتیسم (ASD) بود. نتایج نشان داد که مدل **EfficientNetB0** با بهینه‌ساز **Adamax** و نرخ یادگیری 0.001 بهترین عملکرد را ارائه داد. این مدل دقت ۸۸.۳۳٪ و AUC برابر با ۹۵.۴۴٪ را به دست آورد که به طور قابل توجهی از مدل‌های VGG19 و VGG16 پیشی گرفت.

تحلیل مقایسه‌ای

مقاله ۲: <i>Diagnosis of Autism in Children Using Deep Learning Techniques by Analyzing Facial Features</i>	مقاله ۱: <i>Autism Screening in Toddlers and Adults Using Deep Learning and Fair AI Techniques</i>	معیار
تصاویر چهره کودکان اوتیسمی و کنترل طبیعی (NC).	داده‌های رفتاری شامل پاسخ‌های پرسشنامه‌ای.	نوع داده‌ها
مدل‌های انتقال یادگیری شامل VGG16، VGG19، و EfficientNetB0.	۱۳ مدل مختلف یادگیری ماشین و عمیق شامل CNN، LSTM، GRU، CNN-LSTM، و CNN-LSTM-PSO.	مدل‌های استفاده‌شده

مقاله ۱: Autism Screening in Toddlers and Adults Using Deep Learning and Fair AI Techniques	مقاله ۲: Diagnosis of Autism in Children Using Deep Learning Techniques by Analyzing Facial Features	معیار
مدل CNN-LSTM-PSO با دقت 99.64% برای کودکان و 98.89% برای بزرگسالان.	EfficientNetB0 با دقت 88.33% و AUC برابر با 95.44%.	بالاترین دقت مدل‌ها
دقت (Accuracy)، دقت مثبت (Precision)، بازخوانی (Recall)، و F1-Score.	دقت (Accuracy) و مساحت زیر منحنی (AUC).	روش‌های ارزیابی
نگاشت پاسخ‌های پرسشنامه به مقادیر باینری (۰ و ۱).	افزایش داده‌ها از طریق تکنیک‌هایی مانند چرخش، وارونگی افقی، و تغییر اندازه تصاویر.	پیش‌پردازش داده‌ها
دقت بالا و ارزیابی جامع با استفاده از مدل‌های مختلف.	تمرکز بر ویژگی‌های چهره و استفاده از یادگیری انتقالی برای بهبود تشخیص در کودکان.	مزایا
وابستگی به پاسخ‌های پرسشنامه‌ای که ممکن است تحت تأثیر عوامل مختلف قرار گیرد.	نیاز به داده‌های تصویری با کیفیت بالا و زمان پردازش طولانی‌تر.	معایب
برای غربالگری رفتارهای اوتیسمی در کودکان و بزرگسالان مناسب است.	رویکرد مناسبی برای شناسایی زود هنگام اختلال طیف اوتیسم در کودکان از طریق تصاویر چهره ارائه می‌دهد.	نتیجه‌گیری کلی

تحلیل کلی

- مقاله اول در شناسایی رفتارهای اوتیسمی عملکرد بهتری از نظر دقت و پوشش گسترده داده‌ها داشت.
- مقاله دوم، با وجود دقت پایین‌تر، بر تحلیل چهره و یادگیری انتقالی متمرکز بوده و برای کاربردهای تصویری مناسب‌تر است.
- ترکیب این دو رویکرد می‌تواند در آینده برای تشخیص جامع اوتیسم استفاده شود.

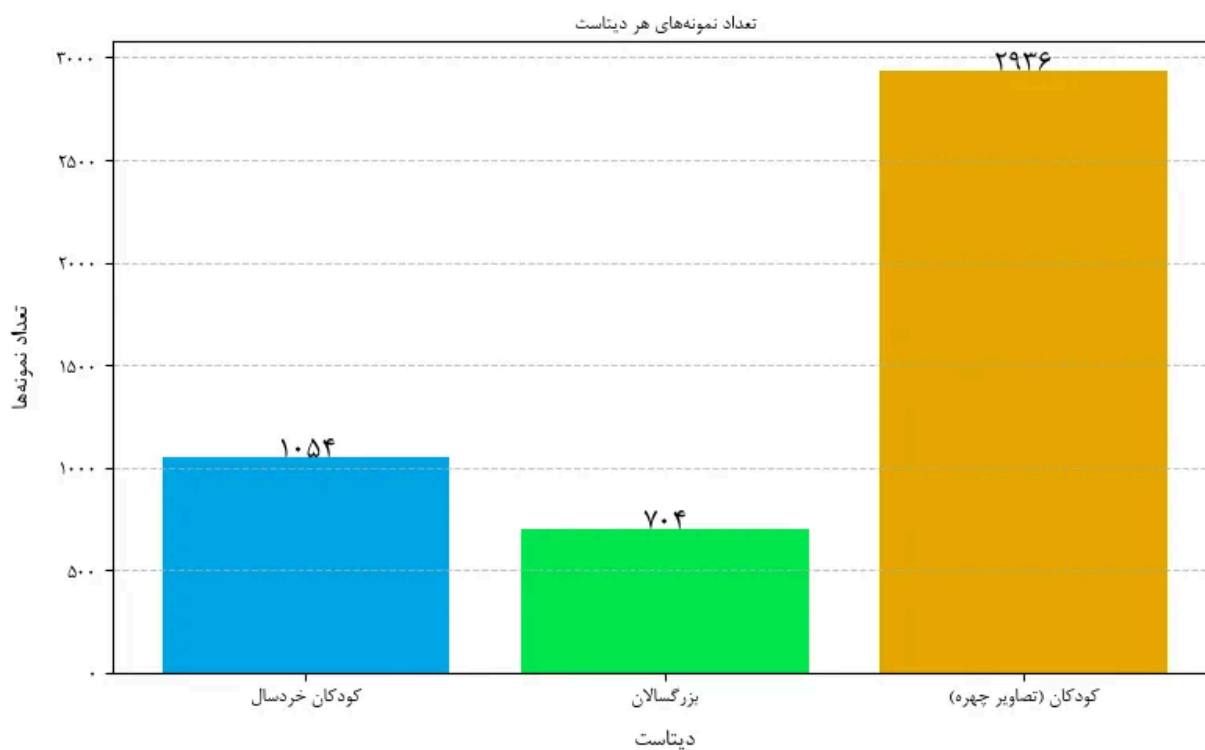
دیتاست‌های استفاده‌شده

مقاله اول: Autism Screening in Toddlers and Adults Using Deep Learning and Fair AI Techniques

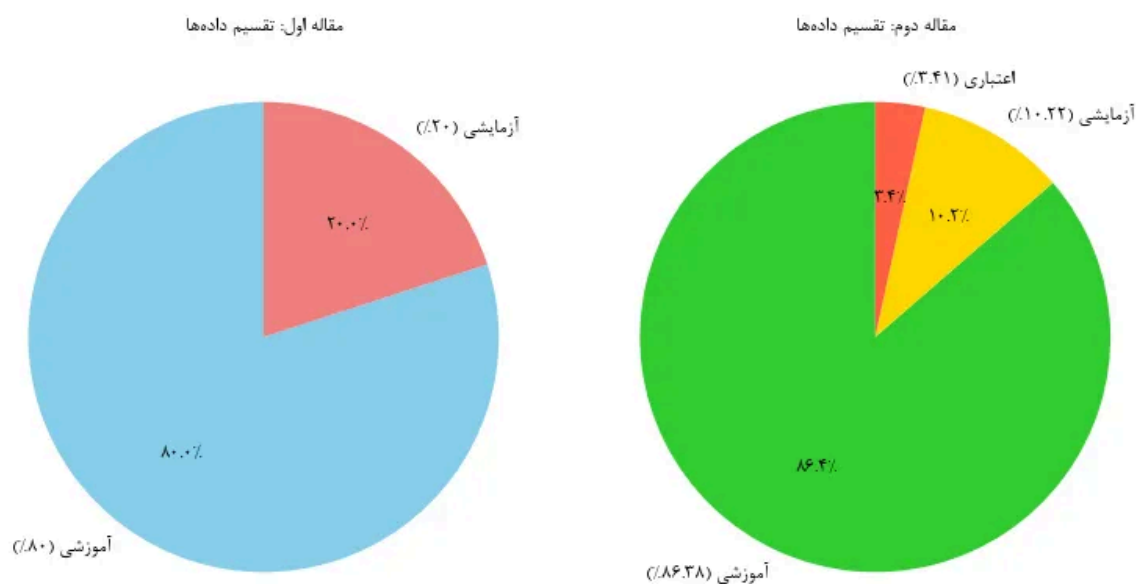
- ویژگی‌های کلیدی دیتاست:
- شامل دو مجموعه داده:
 - کودکان خردسال: ۱۰۵۴ ردیف و ۱۹ ستون.
 - بزرگسالان: ۷۰۴ ردیف و ۲۱ ستون.
- داده‌ها از پاسخ‌های پرسشنامه‌ای شامل ارزیابی ویژگی‌های رفتاری جمع‌آوری شده‌اند.
- پرسشنامه‌ها شامل ۱۰ ویژگی رفتاری با پاسخ‌های مقیاس‌دار بودند که به مقادیر باینری (۰ و ۱) نگاشت شدند.
- لینک دیتاست‌ها:
- کودکان خردسال: <https://www.kaggle.com/datasets/fabdelja/autism-screening-for-toddlers>
- بزرگسالان: <https://www.kaggle.com/datasets/andrewmvd/autism-screening-on-adults>

مقاله دوم: Diagnosis of Autism in Children Using Deep Learning Techniques by Analyzing Facial Features

- ویژگی‌های کلیدی دیتاست:
- شامل تصاویر چهره‌ای ۲D RGB از کودکان در دو گروه اوتیسمی و کنترل طبیعی (NC).
- ۲۹۳۶ تصویر به سه مجموعه تقسیم شدند:
 - آموزش: ۲۵۳۶ تصویر (۸۶.۳۸٪).
 - آزمون: ۳۰۰ تصویر (۱۰.۲۲٪).
 - اعتبارسنجی: ۱۰۰ تصویر (۳.۴۱٪).
- محدوده سنی کودکان: ۲ تا ۱۴ سال، بیشتر بین ۲ تا ۸ سال.
- نسبت جنسیتی مرد به زن: ۳:۱.
- لینک دیتاست:
- چهره کودکان: <https://www.kaggle.com/datasets/imrankhan77/autistic-children-facial-data-set>



تصویر (۷) نمایش تعداد نمونه‌های موجود در هر داده.



تصویر (۸) نمایش تقسیم‌بندی داده‌ها برای آموزش، آزمون، اعتبارسنجی.

نتیجه‌گیری

در این گزارش، دو مقاله مورد بررسی قرار گرفت که هر یک به تحلیل داده‌های مرتبط با شناسایی اختلالات طیف اوتیسم اختصاص داشتند. دیتاست‌های مورد استفاده از منابع معتبر نظیر Kaggle استخراج شده و ویژگی‌های متنوعی را پوشش داده‌اند:

1. **مقاله اول** از داده‌های مربوط به کودکان خردسال و بزرگسالان استفاده کرده است. این داده‌ها به نسبت ۲۰ درصد برای آزمایش و ۸۰ درصد برای آموزش تقسیم شده‌اند.
2. **چالش اصلی:** تحلیل داده‌های متنی و عددی مرتبط با پاسخ‌گویی به پرسش‌نامه‌ها.
3. **مزیت:** دسترسی آسان به داده‌ها و ساختار نسبتاً ساده.
4. **مدل موفق:** بهترین عملکرد در این مقاله با استفاده از **درخت تصمیم** به دست آمد که به دلیل قدرت آن در دسته‌بندی داده‌ها و ارائه خروجی قابل تفسیر، برای این نوع داده‌ها مناسب بود.
5. **مقاله دوم** از تصاویر چهره کودکان مبتلا به اوتیسم بهره برده است که شامل مجموعه داده‌ای بزرگ‌تر و پیچیده‌تر بود. این داده‌ها در سه بخش آموزشی، آزمایشی و اعتباری با نسبت‌های ۸۶.۳۸٪، ۱۰.۲۲٪ و ۳.۴۱٪ تقسیم شده‌اند.
6. **چالش اصلی:** تحلیل داده‌های تصویری که نیازمند روش‌های پیشرفته مانند شبکه‌های عصبی عمیق است.
7. **مزیت:** ارائه دیدگاه بصری دقیق‌تر برای شناسایی الگوها.
8. **مدل موفق:** **شبکه عصبی کانولوشن (CNN)** با عملکرد بالا به عنوان مدل موفق انتخاب شد که با توجه به ساختار آن، توانایی بالایی در شناسایی ویژگی‌های بصری تصاویر داشت.

نتایج کلیدی

- استفاده از داده‌های متنی و عددی برای غربالگری اولیه (مقاله اول) و داده‌های تصویری برای تحلیل‌های پیشرفته‌تر (مقاله دوم) نشان داد که رویکردهای مکمل می‌توانند در بهبود تشخیص اختلالات طیف اوتیسم موثر باشند.
- تقسیم مناسب داده‌ها برای آموزش، آزمایش و اعتبارسنجی در هر دو مطالعه نشان‌دهنده اهمیت استفاده از روش‌های استاندارد در پیش‌پردازش داده‌ها بود.
- مدل‌های انتخاب‌شده در هر مقاله به خوبی با نوع داده‌ها تطابق داشته و توانسته‌اند نتایج ارزشمندی ارائه دهند.

منابع

1. Priyadarshini, I. Autism Screening in Toddlers and Adults Using Deep Learning and Fair AI Techniques. *Future Internet* 2023, 15, 292. <https://doi.org/10.3390/fi15090292>
2. Reddy, P.; Andrew, J. Diagnosis of Autism in Children Using Deep Learning Techniques by Analyzing Facial Features. *Engineering Proceedings* 2023, 59, 198. <https://doi.org/10.3390/engproc2023059198>
3. Quantitative Checklist for Autism in Toddlers (Q-CHAT-10). Autism Research Centre. <https://www.autismresearchcentre.com/tests/quantitative-checklist-for-autism-in->

toddlers-10-items-q-chat-10/

4. Autism Spectrum Quotient (AQ-10) for Adults. Autism Research Centre.

<https://www.autismresearchcentre.com/tests/autism-spectrum-quotient-10-items-aq-10-adult/>

5. Autism Screening for Toddlers Dataset. Kaggle.

<https://www.kaggle.com/datasets/fabdelja/autism-screening-for-toddlers>

6. Autism Screening for Adults Dataset. Kaggle.

<https://www.kaggle.com/datasets/andrewmvd/autism-screeningon-adults>