بهبود تشخیص بیماری آلزایمر در تصاویر تشدید مغناطیسی مبتنی بر شبکه عصبی پیچشی

محمدرضا علیزاده آتشگاهی[۱]، منوچهر نحوی[۲]

دانشگاه گیلان، دانشکده فنی ، گروه مهندسی برق

[۱]mrezaalizadeh1998@gmail.com

[۲]nahvi@guilan.ac.ir

چکیده- برای درمان موثر بیماری آلزایمر ، تشخیص دقیق این بیماری و مرحله پیش از بروز حاد این بیماری،از اهمیت بسیاری برخوردار است.یکی از مهمترین روش های تشخیص زودهنگام این بیماری استفاده از شبکه های عصبی پیچشی (کانولوشنی) برای دسته بندی این بیماری است . که در این مقاله ،به وسیله یک شبکه پیچشی پیشنهادی اقدام به دسته بندی این بیماری در تصاویر تشدید مغناطیسی موجود در پایگاه داده Kaggle پرداخته که توانسته است دقت ۹۹/۲۷٪ را درتشخیص این بیماری کسب کند.

کلمات کلیدی- بیماری آلزایمر ، تصویربرداری تشدید مغناطیسی ،یادگیری عمیق

۱.مقدمه

آلزایمر (Alzheimer's disease) یک بیماری شناختی بسیار با اهمیت است که در آن به تدریج کاهش توانایی های ذهنی بیمار و نشانه‌های اصلی آن از جمله زوال عقل و اختلالات حافظه ظاهر می‌شود[۱].

در سال ۲۰۱۰ حدود ۳۵ میلیون نفر در جهان به این بیماری مبتلا بودند و پیشبینی می شود که در سال ۲۰۵۰ از هر ۸۵ نفر یک نفر به این بیماری مبتلا شود. در آمریکا در سال ۲۰۱۰ نزدیک به ۵/۵ میلیون نفر به آلزایمر مبتلا بوده اند که هزینه مخارج درمان، دارو و نگهداری آن ها حدود ۲۳۰ میلیون دلار در سال تخمین زده شد [۲]و[۳].

اختلال حافظه اغلب به آرامی پیشرفت می کند که در ابتدا اختلال حافظه به وقایع و آموخته های اخیر محدود می شود ولی به تدریج خاطرات گذشته تر هم آسیب می بینند. با توجه به این که بیماري آلزایمر به صورت نامحسوس پیش می‌رود و ابتدا ساختار بخشی از مغز را تخریب میکند و در پی آن به صورت بالینی بروز پیدا میکند که می توان با تشخیص به موقع و صحیح این تغییرات ساختاري مغز از بروز این بیماري یا از پیشرفت آن جلوگیري نمود[۴].پژوهشگران بر این باور هستند که روند بیماری آلزایمر سالها پیش از شروع نشانه هاي بالینی آغاز مي شود و طول این دوره به طور متوسط حدود ۱۰ سال است. به دلیل طولانی بودن سیر آن پیش از بروز نشانه هاي بالینی، دانشمندان در تلاش هستند تا راه‌هایی براي تشخیص زودهنگام بیماري آلزایمر در افراد در معرض خطر بیابند که می توان به وسیله تصویربرداری تشدید مغناطیسی (Magnetic Resonance Imaging)یا به اختصار MRI تغییرات در نواحی مغز را شناسایی نمود. این تصاویر که به بیماری های بدون علامت حساس بوده و برای ارایه نشانه هایی از بیماری ها مناسب هستند[۵].درواقع تصویربرداری تشدید مغناطیسی، یک روش مهم برای تشخیص تغییرات غیر طبیعی در بافت های مختلف مغز در مراحل اولیه بوده[۶] و همچنین اطلاعات ساختاری در مورد مغز را در اختیارگذاشته و به طور گسترده برای تشخیص زود هنگام بیماری آلزایمر استفاده می شود[۷].

نشانه های بیماری آلزایمر به طور کامل مشخص و متمایز از سایر بیماری های مشابه نیستند و در نتیجه تشخیص آن به ویژه در مراحل اولیه بسیار مشکل است. براساس معیار های فعلی بالینی، احتمال ابتلا به آلزایمر زمانی تشخیص داده می شود که فرد دچار زوال عقل شده و در انجام فعالیت های روزانه با مشکلات مهمی روبرو باشد . بنابراین تشخیص زود هنگام می توان در جلوگیری از پیشرفت و درمان این بیماری نقش اساسی و مهمی داشته باشد[۸].

مراحل بیماری آلزایمر را می توان به طور کلی به صورت زیر تقسیم بندی کرد:

- **آلزایمر خفیف :** با بدتر شـــدن آلزایمر، افراد از دســـت دادن حافظه و سایر مشکلات شناختی بیشتری را تجربه می کنند .

مشکلات می تواند شامل سرگردانی و گم شدن، مشکل در رسیدگی به پول و پرداخت قبوض، تکرار سوالات، طولانی تر شدن انجام کارهای عادی روزانه و تغییرات شخصیتی و رفتاری باشد .افراد اغلب در این مرحله تشخیص داده می شوند.

- **آلزایمر متوسط :** در این مرحله، آسیب در مناطقی از مغز که زبان، استدلال، تفکر آگاهانه و پردازش حسی را کنترل می‌کنند مانند توانایی تشخیص صحیح صداها و بوها رخ می‌دهد .از دست دادن حافظه و سردرگمی بدتر می شود و افراد در شناخت خانواده و دوستان دچار مشکل می شوند . آنها ممکن است نتوانند چیزهای جدید یاد بگیرند، کارهای چند مرحله ای مانند لباس پوشیدن یا کنار آمدن با موقعیت های جدید را انجام دهند .علاوه بر این، افراد در این مرحله ممکن است توهم، هذیان و پارانویا داشته باشند و ممکن است به صورت غیر ارادی (تکانشی) رفتار کنند.
- **آلزایمر شدید :** در این مرحله ، پلاک ها و گره ها در سراسر مغز پخش می شوند و بافت مغز به طور قابل توجهی کوچک می شود .افراد مبتلا به آلزایمر شدید نمی توانند ارتباط برقرار کنند و برای مراقبت از خود کاملاً به دیگران وابسته هستند . در نزدیکی پایان عمر، فرد ممکن است بیشتر یا تمام اوقات در رختخواب باشد زیرا بدن از کار می افتد [۹] و [۱۰].

۲.پیشینه تحقیق

در این بخش به تعدادی از تحقیق های گزارش شده در زمینه تشخیص آلزایمر اشاره خواهد شد. دمنتریا و همکاران [۱۱] یک شبکه عصبی که الهام گرفته از شبکه VGG را ارائه کردند، در این مقاله با چند تغییر از جمله اضافه کردن Dropout بین لایه ها از بیش برازش تا حدی جلوگیری و با دسته بندی مراحل مختلف آلزایمر بر روی مجموعه داده ADNI ، دقت ۹۱/۸۵٪ گزارش شده است. ریزال و همکاران [۱۲] از شبکه AlexNet برای دسته بندی مراحل مختلف بیماری آلزایمر استفاده و دقت ۹۵٪ را با آزمایش بر روی مجموعه داده Kaggle ارائه کردند. مقصود و همکاران [۱۳] از شبکه AlexNet پیش آموزش دیده شده بر روی مجموعه بزرگ ImageNet به صورت انتقالی بهره بردند . در این مطالعه به دقت ۹۸/۲٪ با آزمایش بر مجموعه داده OASIS با ۳۸۲ نمونه تصویر برای تفیکیک و دسته بندی چهار دسته مختلف از این بیماری نائل شدند. پرادان و همکاران [۱۴] برای دسته بندی بیماری آلزایمر بر روی مجموعه داده Kaggle ، دو شبکه VGG19 و DenseNet169 را پیاده سازی و مقایسه نمودند که با توجه به بررسی صورت گرفته شده، VGG19 با دقت ۸۴/۷٪ نتیجه بهتری از شبکه DenseNet169 با دقت ۶۳٪ کسب نموده است. هزاریکا و همکاران [۱۵] شبکه جدیدی به نام LeNet بهبود یافته را ارائه داده اند که استفاده ترکیبی از Max Pooling و Min Pooling را می توان از جمله تغییرات شبکه بهبود یافته ذکر کرد. آزمایش این شبکه بر روی مجموعه داده ADNI با بیش از ۲۰۰۰ تصویر، دقت ۹۶/۸۶٪ را حاصل شده است. زو و همکاران [۱۶] از شبکه عصبی پیچشی به نام DAG استفاده کردند که در این شبکه ویژگی های عمیق از ترکیب ویژگی های سطوح بالا و پایین بدست آمده و در نهایت از ماشین بردار پشتیبان برای دسته بندی و تشخیص بیماری آلزایمر استفاده نمودند. میانگین دقت بدست آمده این تحقیق بر روی دو مجموعه داده MIRIAD و ADNI ، ۹۶/۲۶ ٪ می باشد.

۳. پایگاه داده

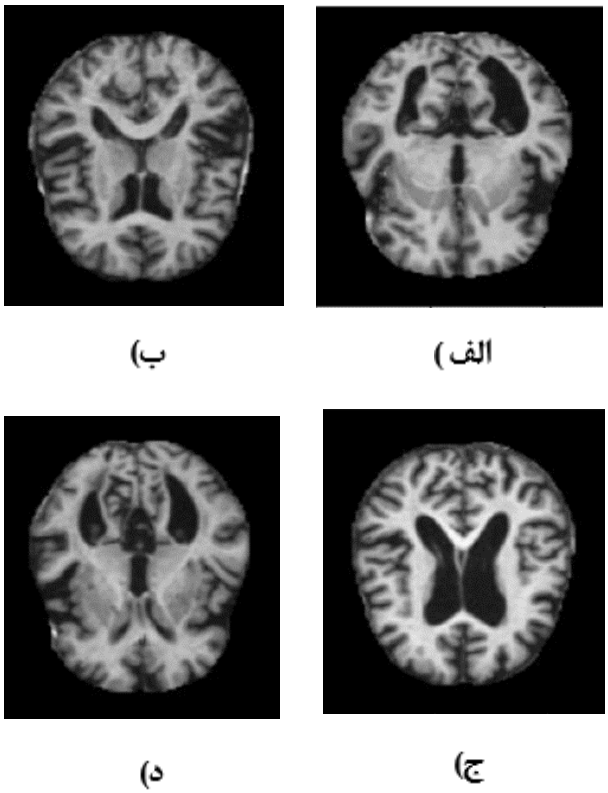
در این تحقیق برای دسته بندی مراحل بیماری آلزایمر از پایگاه داده **Kaggle** [۱۷] استفاده شد که توسط دکترساروش دابی جمع آوری شده است. مجموعه داده ، شامل تصاویر MRI از مراحل بیماری آلزایمر است که شامل دسته های زیر می باشد :

- بدون زوال عقل[۱]
- زوال عقل بسیار خفیف[۲]
- زوال عقل خفیف[۳]
- زوال عقل متوسط[۴]

مثالی از داده های هر دسته در شکل ۱ نشان داده شده است . در این پایگاه داده ، ۶۴۰۰ نمونه تصویر برای چهار دسته یا مراحل آلزایمر وجود دارد اما به دلیل مساوی‌نبودن تعداد نمونه‌های هر دسته و همچنین امکانات سخت افزاری موجود، از هر دسته ۱۰۰۰ نمونه تصویر در نظر گرفته شد. با توجه به اینکه تعداد نمونه‌ها در دو دسته از چهار دسته موجود در این پایگاه داده، کمتر از ۱۰۰۰ نمونه بود، دو دسته مذکور با استفاده از داده افزایی تا ۱۰۰۰ نمونه افزایش یافت. برابری نمونه‌ها در چهار دسته ذکر شده باعث کاهش بیش برازش در مرحله یادگیری می شود. در مجموع ، پایگاه داده مورد استفاده در این تحقیق دارای ۴۰۰۰ نمونه تصویر

[۱] . Non-Demented (NOD)
[۲] .VeryMild Demented (VMD)
[۳] . Mild Demented (MID)
[۴] . Moderate Demented (MOD)

می باشد. جدول ۱ مجموعه داده Kaggle مورد استفاده در این تحقیق را ارائه می‌نماید.



شکل ۱: نمونه تصویر موجود در پایگاه داده Kaggle الف) بدون زوال عقل. ب) زوال عقل بسیار خفیف. ج) زوال عقل خفیف. د) زوال عقل متوسط.

جدول ۱: **مجموعه داده Kaggle**

دسته ها	تعداد نمونه تصویر
بدون زوال عقل	۱۰۰۰
زوال عقل بسیار خفیف	۱۰۰۰
زوال عقل خفیف	۱۰۰۰
زوال عقل متوسط	۱۰۰۰

۴.شبکه پیشنهادی

شبکه عصبی پیچشی (CNN) نوع خاصی از شبکه عصبی با چندین لایه است که داده‌هایی را که آرایش شبکه‌ای دارند پردازش کرده و سپس ویژگی‌های مهم آن‌ها را استخراج می‌کند. مزیت عمده استفاده از CNN ها این است که نیازی به انجام پیش‌پردازش زیاد روی تصاویر نیست. در بیشتر الگوریتم‌هایی که مبتنی بر پردازش تصویر هستند، فیلترها معمولاً بر اساس روش‌های تجربی طراحی و ایجاد می‌شوند. اما این شبکه ها قادر هستند مهم‌ترین ویژگی فیلترها را بیاموزند و چون به پارامترهای زیادی احتیاج نیست، صرفه‌جویی زیادی در وقت و عملیات آزمون و خطا صورت می‌گیرد[۱۸].

در این تحقیق بر اساس شبکه ارایه شده در [۱۹] ، برای دسته بندی بهتر مراحل بیماری آلزایمر یک شبکه CNN بهبودیافته پیشنهاد شد. این شبکه با تحلیل و بررسی شبکه های CNN مختلف ، تحقیقات گذشته و همچنین براساس تجربه طراحی شد. طراحی به گونه‌ای انجام شده است که هم روی داده های آموزش و هم روی داده های اصلا دیده نشده عملکرد خوبی با دقت و سرعت بالا ارائه می‌نماید و در واقع مانع بیش برازش گردد. از مزیت های شبکه پیشنهادی ارائه شده در این مقاله این است که تعداد لایه های این شبکه نسبت به بسیاری از شبکه های ارائه شده قبلی، کمتر است. که این امر موجب کاهش تعداد پارامترها و محاسبات لازم آن و درنتیجه استفاده کمتر از منابع سخت افزاری می‌شود.

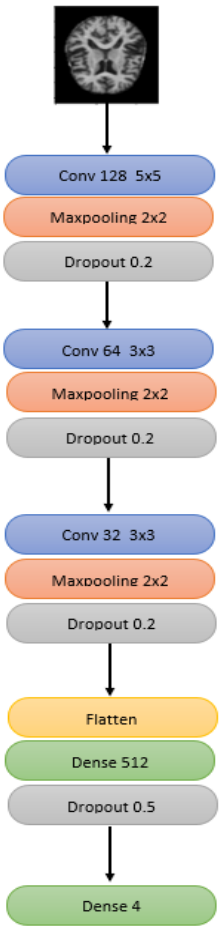
شکل ۲ نمایی از ساختار شبکه پیشنهادی را ارائه می‌کند. همانطوریکه ملاحظه می‌شود در شبکه پیشنهادی ابعاد تصویر ورودی به صورت ۱۲۸×۱۲۸ لحاظ و درتمامی لایه ها به جز لایه انتهایی از فعال ساز Relu استفاده شد، و در لایه انتهایی از فعال ساز Softmax استفاده گردید. در این شبکه از میان بهینه سازهای مختلف، بهینه ساز Adam با نرخ یادگیری ۰/۰۰۱ با دوره (Epoch) برابر با ۱۰۰ بکار گرفته شد. در شبکه ارائه شده از لایه های Dropout و Maxpooling برای جلوگیری از بیش برازش استفاده شد که در واقع با این عمل از پیچیدگی و حفظ کردن مدل جلوگیری می شود.

۵.نتایج

برای ارزیابی تمام تحلیل های عملی از رایانه با پردازنده i5 ، ۱۶ گیگ رم ، با پردازنده گرافیکی۴ گیگ RTX ۳۰۵۰ و با سیستم عامل ویندوز ۱۰ در محیط پایتون استفاده شد.

در این تحقیق ، ۷۰ درصد نمونه های پایگاه داده برای آموزش ، ۱۵ درصد نمونه‌ها برای ارزیابی و ۱۵ درصد باقیمانده برای

آزمایش استفاده شد. یعنی از ۴۰۰۰ نمونه تصویر مجموعه داده ، ۲۸۰۰ نمونه تصویر به عنوان داده آموزشی و ۶۰۰ نمونه تصویر برای داده ارزیابی و ۶۰۰ نمونه تصویر هم برای داده آزمایشی در نظر گرفته شد.

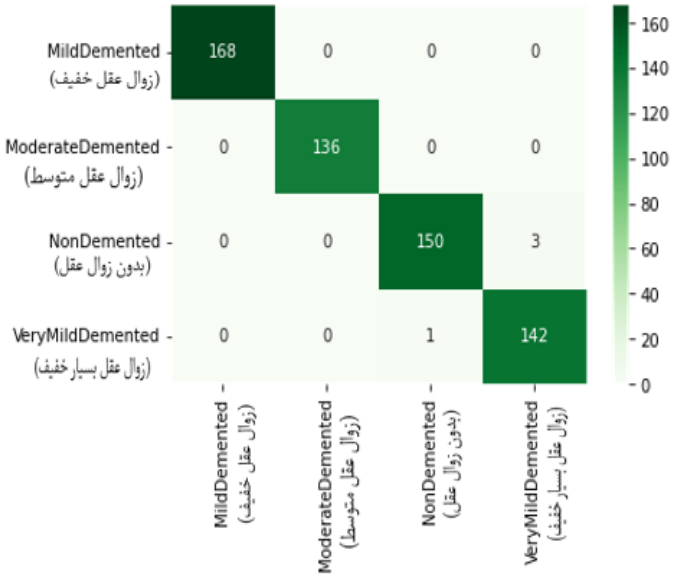


شکل ۲: نمایی از ساختار شبکه پیشنهادی

در شکل ۳ ، ماتریس در هم ریختگی یکی از اجرا های این شبکه را مشاهده می نمایید. با توجه به این ماتریس درهم ریختگی، این شبکه توانسته به خوبی دسته ها یا مراحل مختلف بیماری آلزایمر را از هم تفکیک نمایید. بطورکلی با استفاده از شبکه طراحی شده برای دسته بندی تصاویر آلزایمر ، میانگین دقت ۹۹/۲۷ درصد کسب شده است که این عدد با استفاده از نتایج دقت ۵ اجرا بدست آمد.

شکل ۴ نمودار دقت (Accuracy) و خطا (Loss) این شبکه در حین آموزش و ارزیابی روی پایگاه داده Kaggle برای دسته بندی مراحل بیماری آلزایمر را نشان می‌دهد.

در تحقیقات مربوط به پزشکی، برای تعیین صحت و درستی



یک آزمایش تشخیص بیماری ، علاوه بر پارامتر دقت اغلب از معیارهای مرسوم دیگر مانند حساسیت (Sensitivity) و

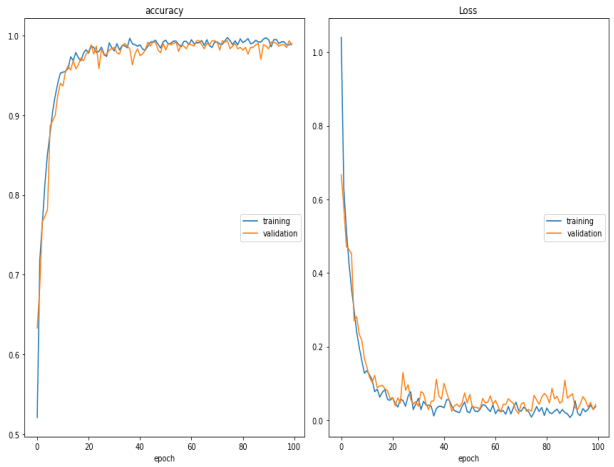
شکل ۳:ماتریس درهم ریختگی دسته بندی مراحل بیماری آلزایمر

ویژگی (Specificity) استفاده می شود. حساسیت یک آزمایش تشخیص بیماری ، توانایی آن روش در تشخیص صحیح افرادی است که به بیماری مبتلا هستند (مثبت واقعی). خاصیت یک آزمایش تشخیص بیماری ، توانایی تشخیص صحیح افرادی است که به بیماری مبتلا نیستند (منفی واقعی). حساسیت بالا به تنهایی نتایج آزمایش خوبی را به وجود نمی آورد. این آزمایش باید برای همه افراد بدون بیماری نیز منفی باشد که این توانایی توسط معیار ویژگی بیان می شود [۲۰] و [۲۱]. برای ارزیابی و بررسی بیشتر نتیجه و درک بهتر توانایی شبکه، در جدول۲ ، از این معیار ها استفاده شده است.

در واقع هدف اصلی این تحقیق ، تشخیص زودهنگام این بیماری به خصوص تشخیص در مراحل پایین تر زوال عقل مد نظر است. تا با تشخیص زودهنگام بتوان از مشکلات بعدی شامل هزینه های مالی جلوگیری شود. همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، شبکه پیشنهادی توانسته روی دسته‌هایی با زوال عقل

بالا کاملا درست تشخیص داده و در دسته های با مراحل پایین زوال عقل نتیجه قابل قبولی را ارایه دهد. و همچنین در جدول ۳ مقایسه ای بین روش پیشنهادی با تحقیقات مشابه دیگر مشاهده میشود. در این جدول از پنج تحقیق مشابه مربوط به دسته بندی بیماری آلزایمر، بالاترین دقت را هزاریکا و همکاران [۱۵] دارا می باشدکه از شبکه جدیدی به نام LeNet بهبود یافته استفاده نموده و دقت ۹۶/۶۴ درصد را گزارش کردند. در مقایسه ملاحظه میشود که شبکه پیشنهادی قادر است با دقت ۹۹/۲۷ درصد، نتایج بهتری را نسبت به کارهای گذشته ارائه نماید.

شکل ۴: نمودار الف) و ب) ،نمودار دقت و خطا در حین آموزش و ارزیابی شبکه پیشنهادی بر روی پایگاه داده Kaggle



جدول ۲:**نتایج بدست آمده از شبکه پیشنهادی**

ویژگی	حساسیت	دقت	معیار ها / دسته ها
%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	MOD vs NOD
%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	MOD vs MID
%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	MID vs VMD
%۹۸/۰۴	%۹۹/۳۰	%۹۷/۹۶	VMD vs NOD

جدول ۳:**مقایسه روش های برای دسته بندی بیماری آلزایمر**

میانگین دقت	روش	پایگاه داده	مرجع
%۹۱/۸۵	CNN	ADNI	[۱۱]
% ۹۵	AlexNet	Kaggle	[۱۲]
% ۹۲/۸	Transfer learning	OASIS	[۱۳]
% ۸۴/۷	VGG	Kaggle	[۱۴]
% ۹۶/۶۴	Improved LeNet	ADNI	[۱۵]
% ۹۲/۱۶	CNN	ADNI MRIAID	[۱۶]
% ۹۹/۲۷	CNN	Kaggle	پیشنهادی

۶.جمع بندی

با توجه به اینکه بیماری آلزایمر به دلیل افزایش سن در جوامع مختلف بشری با سرعت نسبتا زیادی در حال پیشرفت است به عنوان یکی از عوامل مرگ و میر انسان ها نیز به شمار می آید و همچنین با توجه به هزینه زیاد مراقبت از این بیماران، یافتن روش های پیش بینی زودهنگام در مراحل اولیه این بیماری می تواند بسیار حائز اهمیت است.

در این تحقیق سعی شد شبکه‌ای برای تشخیص این بیماری در مراحل اولیه با دقت مناسب ارائه شود. ارزیابی نتایج مقایسه انجام شده روش پیشنهادی با شبکه های ارائه شده بر روی پایگاه داده Kaggle به نظر می‌رسد که روش ارائه شده قادر است نتیجه بهتر و قابل قبولی را ارائه دهد. این شبکه با میانگین دقت ۹۹/۲۷ درصد بر روی پایگاه داده فوق توانسته دسته بندی مراحل بیماری آلزایمر به خصوص در مراحل خفیف یا زوال عقل پایین را به خوبی انجام دهد. که این امر باعث می شود با تشخیص زودهنگام، پیشگیری و انجام راه های درمانی مختلف که توسط پزشک تجویز می شود بتواند در روند زندگی بیمار تاثیر حایز اهمیت و مطلوبی را بگذارد. در مجموع شاید بتوان امیدوار بود که ارائه چنین سیستم‌هایی بتواند به عنوان همیار پزشک در تشخیص سریع و دقیق بیماری آلزایمر کمک شایانی نماید و در تسریع بهبود ویا کاهش سرعت بیماری و در نتیجه کاهش هزینه های درمانی ، نقش مهمی داشته باشد.

مراجع

[۱] R. Brookmeyer, E. Johnson, K. Ziegler-Graham, and H. M. Arrighi, "Forecasting the global burden of Alzheimer's disease," *Alzheimer's & Dementia*, vol. 3, no. 3, pp. 186–191, Jul. 2007, doi: 10.1016/j.jalz.2007.04.381.

[۲] M. Wortmann, "Dementia: a global health priority - highlights from an ADI and World Health Organization report," *Alzheimer's research & therapy*, vol. 4, no. 5, p. 40, 2012, doi: 10.1186/alzrt143.

[۳] L. E. Hebert, J. Weuve, P. A. Scherr, and D. A. Evans, "Alzheimer disease in the United States (2010-2050) estimated using the 2010 census," *Neurology*, vol. 80, no. 19, pp. 1778–1783, Feb. 2013, doi: 10.1212/wnl.0b013e31828726f5.

[۴] C. Solé-Padullés *et al.*, "Brain structure and function related to cognitive reserve variables in normal aging, mild cognitive impairment and Alzheimer's disease," *Neurobiology of Aging*, vol. 30, no. 7, pp. 1114–1124, Jul. 2009, doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2007.10.008.

[۵] S. Rathore, M. Habes, M. A. Iftikhar, A. Shacklett, and C. Davatzikos, "A review on neuroimaging-based classification studies and associated feature extraction methods for Alzheimer's disease and its prodromal stages," *NeuroImage*, vol. 155, pp. 530–548, Jul. 2017, doi: 10.1016/j.neuroimage.2017.03.057.

[۶] M. A. Balafar, A. R. Ramli, M. I. Saripan, and S. Mashohor, "Review of brain MRI image segmentation methods," *Artificial Intelligence Review*, vol. 33, no. 3, pp. 261–274, Jan. 2010, doi: 10.1007/s10462-010-9155-0.

[۷] E. Westman, L. Cavalin, and L.-O. Wahlund, "Volumetric MRI as a Diagnostic Tool in Alzheimer's Disease," *Methods in Pharmacology and Toxicology*, pp. 181–198, 2016, doi: 10.1007/978-1-4939-3560-4_12.

[۸] S. Belleville, C. Fouquet, C. Hudon, H. T. V. Zomahoun, and J. Croteau, "Neuropsychological Measures that Predict Progression from Mild Cognitive Impairment to Alzheimer's type dementia in Older Adults: a Systematic Review and Meta-Analysis," *Neuropsychology Review*, vol. 27, no. 4, pp. 328–353, Oct. 2017, doi: 10.1007/s11065-017-9361-5.

[۹] https://www.nia.nih.gov/health/alzheimers-disease-fact-sheet

[۱۰] https://www.medicalnewstoday.com/articles/159442#stages

[۱۱] C. D. Billones, O. J. L. D. Demetria, D. E. D. Hostallero, and P. C. Naval, "DemNet: A Convolutional Neural Network for the detection of Alzheimer's Disease and Mild Cognitive Impairment," *IEEE Xplore*, Nov. 01, 2016. https://ieeexplore.ieee.org/document/7848755 (accessed Dec. 07, 2022).

[۱۲] Y. N. Fu'adah, I. Wijayanto, N. K. C. Pratiwi, F. F. Taliningsih, S. Rizal, and M. A. Pramudito, "Automated Classification of Alzheimer's Disease Based on MRI Image Processing using Convolutional Neural Network (CNN) with AlexNet Architecture," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1844, no. 1, p. 012020, Mar. 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1844/1/012020.

[۱۳] M. Maqsood *et al.*, "Transfer Learning Assisted Classification and Detection of Alzheimer's Disease Stages Using 3D MRI Scans," *Sensors*, vol. 19, no. 11, p. 2645, Jun. 2019, doi: 10.3390/s19112645.

[۱۴] Pradhan, Amnaya, et al. "Detection of Alzheimer's Disease (AD) in MRI Images Using Deep Learning." *International Journal of Engineering Research & Technology*, vol. 10, no. 3, 6 Apr. 2021, www.ijert.org/detection-of-alzheimers-disease-ad-in-mri-images-using-deep-learning, 10.17577/IJERTV10IS030310. Accessed 28 Dec. 2022.

[۱۵] Hazarika, Ruhul Amin, et al. "An Improved LeNet-Deep Neural Network Model for Alzheimer's Disease Classification Using Brain Magnetic Resonance Images." *IEEE Access*, vol. 9, 2021, pp. 161194–161207, 10.1109/access.2021.3131741.

[۱۶] T. Zhu, C. Cao, Z. Wang, G. Xu, and J. Qiao, "Anatomical Landmarks and DAG Network Learning for Alzheimer's Disease Diagnosis," IEEE Access, vol. 8, pp. 206063–206073, 2020, doi: 10.1109/access.2020.3037107.

[۱۷] https://www.kaggle.com/tourist55/alzheimers-dataset-4-class-of-images

[۱۸] https://quera.org/blog/what-is-a-convolutional-neural-network/

[۱۹] Silva, Iago R. R., et al. "Model Based on Deep Feature Extraction for Diagnosis of Alzheimer's Disease." *IEEE Xplore*, 1 July 2019, ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8852138/. Accessed 31 Dec. 2022.

[۲۰] H. B. Wong and G. H. Lim, "Measures of Diagnostic Accuracy: Sensitivity, Specificity, PPV and NPV," *Proceedings of Singapore Healthcare*, vol. 20, no. 4, pp. 316–318, Dec. 2011, doi: 10.1177/201010581102000411.

[۲۱] K. J. van Stralen, V. S. Stel, J. B. Reitsma, F. W. Dekker, C. Zoccali, and K. J. Jager, "Diagnostic methods I: sensitivity, specificity, and other measures of accuracy," *Kidney International*, vol. 75, no. 12, pp. 1257–1263, Jun. 2009, doi: 10.1038/ki.2009.92.