

## مروری بر شبکه‌های عصبی مصنوعی و کاربرهای آن در علوم مختلف

ثریا دیاله<sup>۱</sup>، محمد امین پیربنیه<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی پزشکی، واحد کارزون، دانشگاه آزاد اسلامی، کازرون، ایران

۲- گروه مهندسی پزشکی، واحد کارزون، دانشگاه آزاد اسلامی، کازرون، ایران

### چکیده

شبکه‌های عصبی هوش مصنوعی یا ANNS، شاخه‌ای از مدل‌های مربوط به یادگیری ماشین هستند که با استفاده از اصول سازماندهی نورون‌های موجودات زنده ایجاد شده‌اند. یک ANN با مجموعه‌ای از گره‌های متصل به یکدیگر با نام نورون‌های مصنوعی ایجاد می‌شود. اگر بخواهیم مدل هوش مصنوعی را مغز در نظر بگیریم، رشته‌های عصبی و گره‌های پردازشی که روند بررسی اطلاعات را دنبال می‌کنند، شبکه‌های عصبی هوش مصنوعی نامیده می‌شود. دریافت، پردازش و انتقال سیگنال از جمله مهم‌ترین کاربرد شبکه‌های عصبی هوش مصنوعی به حساب می‌آید. هر رشته در این روش پردازش اطلاعات همچون سیناپس‌های مغزی عمل می‌کند. این رشته‌ها، سیگنال‌های مربوط به خود را دریافت می‌کنند. در مرحله بعد آن‌ها با استفاده از گره یا نود دیتای ورودی را پردازش کرده و در نهایت آن را در اختیار سایر رشته‌ها قرار می‌دهند. معمولاً یک شبکه عصبی مربوط به هوش مصنوعی چندین لایه مختلف داشته و هر کدام از این لایه‌ها، یک سری اهداف خاص را نیز دنبال می‌نمایند.

**کلمات کلیدی:** شبکه‌های عصبی مصنوعی، نورون، گره‌های پردازشی، هوش مصنوعی

## ۱. مقدمه

شبکه های عصبی مصنوعی (ANN)<sup>۱</sup> یا به زبان ساده تر شبکه های عصبی سیستم ها و روش های محاسباتی نوین برای یادگیری ماشینی، نمایش دانش و در انتها اعمال دانش به دست آمده در جهت پیش بینی پاسخ های خروجی از سامانه های پیچیده هستند. ایده اصلی این گونه شبکه ها تا حدودی الهام گرفته از شیوه کارکرد سیستم عصبی زیستی برای پردازش داده ها و اطلاعات به منظور یادگیری و ایجاد دانش می باشد. عنصر کلیدی این ایده، ایجاد ساختارهایی جدید برای سامانه پردازش اطلاعات است. این سیستم از شمار زیادی عناصر پردازشی فوق العاده بهم پیوسته با نام نورون تشکیل شده که برای حل یک مسئله با هم هماهنگ عمل می کنند و توسط سیناپس ها (ارتباطات الکترومغناطیسی) اطلاعات را منتقل می کنند. در این شبکه ها اگر یک سلول آسیب ببیند بقیه سلول ها می توانند آن را جبران کرده، و نیز در بازسازی آن سهیم باشند. این شبکه ها قادر به یادگیری اند؛ مثلاً با اعمال سوزش به سلول های عصبی لامسه، سلول ها یاد می گیرند که به طرف جسم داغ نروند و با این الگوریتم سیستم می آموزد که خطای خود را اصلاح کند [۱]. یادگیری در این سیستم ها به صورت تطبیقی صورت می گیرد، یعنی با استفاده از مثال ها وزن سیناپس ها به گونه ای تغییر می کند که در صورت دادن ورودی های جدید، سیستم پاسخ درستی تولید کند. یک شبکه عصبی مصنوعی، از سه لایه ورودی، خروجی و پردازش تشکیل می شود. هر لایه شامل گروهی از سلول های عصبی (نورون) است که عموماً با کلیه نورون های لایه های دیگر در ارتباط هستند، مگر این که کاربر ارتباط بین نورون ها را محدود کند؛ ولی نورون های هر لایه با سایر نورون های همان لایه، ارتباطی ندارند [۲]. نورون کوچک ترین واحد پردازشگر اطلاعات است که اساس عملکرد شبکه های عصبی را تشکیل می دهد. یک شبکه عصبی مجموعه ای از نورون ها است که با قرار گرفتن در لایه های مختلف، معماری خاصی را بر مبنای ارتباطات بین نورون ها در لایه های مختلف تشکیل می دهند. نورون می تواند یک تابع ریاضی غیرخطی باشد، در نتیجه یک شبکه عصبی که از اجتماع این نورون ها تشکیل می شود، نیز می تواند یک سامانه کاملاً پیچیده و غیرخطی باشد. در شبکه عصبی هر نورون به طور مستقل عمل می کند و رفتار کلی شبکه، برآیند رفتار نورون های متعدد است. به عبارت دیگر، نورون ها در یک روند همکاری، یکدیگر را تصحیح می کنند [۳].

## ۲. مباحث نظری

### ۲.۱. تاریخچه شبکه های عصبی مصنوعی

از قرن نوزدهم به طور همزمان اما جداگانه از سویی نوروفیزیولوژیست ها سعی کردند سیستم یادگیری و تجزیه و تحلیل مغز را کشف کنند، و از سوی دیگر ریاضیدانان تلاش کردند مدل ریاضی ای بسازند که قابلیت فراگیری و تجزیه و تحلیل عمومی مسائل را دارا باشد. اولین کوشش ها در شبیه سازی با استفاده از یک مدل منطقی در اوایل دهه ۱۹۴۰ توسط وارن مک کالک و والتر پیتز انجام شد که امروزه بلوک اصلی سازنده اکثر شبکه های عصبی مصنوعی است. عملکرد این مدل مبتنی بر جمع ورودی ها و ایجاد خروجی با استفاده از شبکه ای از نورون ها است [۴]. اگر حاصل جمع ورودی ها از مقدار آستانه بیشتر باشد، اصطلاحاً نورون برانگیخته می شود. نتیجه این مدل اجرای ترکیبی از توابع منطقی بود. در سال ۱۹۴۹ دونالد هب قانون یادگیری را برای شبکه های عصبی طراحی کرد. در سال ۱۹۵۸ شبکه پرسپترون توسط روزنبلات معرفی گردید. این شبکه نظیر واحدهای مدل شده قبلی بود. پرسپترون دارای سه لایه است که شامل لایه ورودی، لایه خروجی و لایه میانی می شود. این سیستم می تواند یاد بگیرد که با روشی تکرار شونده وزن ها را به گونه ای تنظیم کند که شبکه توان بازتولید جفت های ورودی و خروجی را داشته باشد. روش دیگر، مدل خطی تطبیقی نورون است که در سال ۱۹۶۰ توسط

<sup>1</sup> - Artificial Neural Networks

برنارد ویدرو و مارسیان هاف در دانشگاه استنفورد) به وجود آمد که اولین شبکه‌های عصبی به کار گرفته شده در مسائل واقعی بودند. آدلاین یک دستگاه الکترونیکی بود که از اجزای ساده‌ای تشکیل شده بود، روشی که برای آموزش استفاده می‌شد با پرسپترون فرق داشت [۴]. در سال ۱۹۶۹ میسکی و پاپرت کتابی نوشتند که محدودیت‌های سیستم‌های تک لایه و چند لایه پرسپترون را تشریح کردند. نتیجه این کتاب پیش داوری و قطع سرمایه‌گذاری برای تحقیقات در زمینه شبیه‌سازی شبکه‌های عصبی بود. آن‌ها با طرح اینکه طرح پرسپترون قادر به حل هیچ مسئله جالبی نمی‌باشد، تحقیقات در این زمینه را برای مدت چندین سال متوقف کردند. با وجود اینکه اشتیاق عمومی و سرمایه‌گذاری‌های موجود به حداقل خود رسیده بود، برخی محققان تحقیقات خود را برای ساخت ماشین‌هایی که توانایی حل مسائلی از قبیل تشخیص الگو را داشته باشند، ادامه دادند. از جمله گراسبگ که شبکه‌ای تحت عنوان Avalanch را برای تشخیص صحبت پیوسته و کنترل دست ربات مطرح کرد. همچنین او با همکاری کارپنتر شبکه‌های نظریه تشدید انطباقی را بنا نهادند که با مدل‌های طبیعی تفاوت داشت. اندرسون و کوهونن نیز از اشخاصی بودند که تکنیک‌هایی برای یادگیری ایجاد کردند. وریاس در سال ۱۹۷۴ شیوه آموزش پس انتشار خطا را ایجاد کرد که یک شبکه پرسپترون چندلایه البته با قوانین نیرومندتر آموزشی بود. پیشرفت‌هایی که در سال ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۰ بدست آمد برای جلب توجه به شبکه‌های عصبی بسیار مهم بود. برخی فاکتورها نیز در تشدید این مسئله دخالت داشتند، از جمله کتاب‌ها و کنفرانس‌های وسیعی که برای مردم در رشته‌های متنوع ارائه شد. امروز نیز تحولات زیادی در تکنولوژی ANN ایجاد شده‌است [۵].

## ۲.۲. شبکه‌های عصبی مصنوعی

شبکه‌های عصبی مصنوعی یا شبکه‌های عصبی صناعی (ANN)<sup>۱</sup> یا به زبان ساده‌تر شبکه‌های عصبی سیستم‌ها و روش‌های محاسباتی نوین برای یادگیری ماشینی، نمایش دانش و در انتها اعمال دانش به دست آمده در جهت بیش‌بینی پاسخ‌های خروجی از سامانه‌های پیچیده هستند. ایده اصلی این گونه شبکه‌ها تا حدودی الهام‌گرفته از شیوه کارکرد سیستم عصبی زیستی برای پردازش داده‌ها و اطلاعات به منظور یادگیری و ایجاد دانش قرار دارد. عنصر کلیدی این ایده، ایجاد ساختارهایی جدید برای سامانه پردازش اطلاعات است [۶]. این سیستم از شمار زیادی عناصر پردازشی فوق‌العاده بهم پیوسته با نام نورون تشکیل شده که برای حل یک مسئله با هم هماهنگ عمل می‌کنند و توسط سیناپس‌ها (ارتباطات الکترومغناطیسی) اطلاعات را منتقل می‌کنند. در این شبکه‌ها اگر یک سلول آسیب ببیند بقیه سلول‌ها می‌توانند نبود آنرا جبران کرده، و نیز در بازسازی آن سهیم باشند. این شبکه‌ها قادر به یادگیری‌اند. مثلاً با اعمال سوزش به سلول‌های عصبی لامسه، سلول‌ها یاد می‌گیرند که به طرف جسم داغ نروند و با این الگوریتم سیستم می‌آموزد که خطای خود را اصلاح کند. یادگیری در این سیستم‌ها به صورت تطبیقی صورت می‌گیرد، یعنی با استفاده از مثال‌ها وزن سیناپس‌ها به گونه‌ای تغییر می‌کند که در صورت دادن ورودی‌های جدید، سیستم پاسخ درستی تولید کند [۶].

## ۱) کاربردهای شبکه‌های عصبی مصنوعی

امروز به قدری استفاده از سیستم‌های هوشمند و به ویژه شبکه عصبی مصنوعی گسترده شده است که می‌توان این ابزارها را در ردیف عملیات پایه ریاضی و به عنوان ابزارهای عمومی و مشترک، طبقه‌بندی کرد. چرا که کمتر رشته دانشگاهی است که نیازی به تحلیل، تصمیم‌گیری، تخمین، پیش‌بینی، طراحی و ساخت داشته باشد و در آن از موضوع شبکه‌های عصبی استفاده نشده باشد. فهرستی که در ادامه آمده است، یک فهرست نه چندان کامل است. اما همین فهرست مختصر نیز

<sup>1</sup> - Artificial Neural Network

گسترده‌گی کاربردهای شبکه‌های عصبی مصنوعی را تا حدود زیادی به تصویر می‌کشد [۶]. در جدول (۱) کاربردهای شبکه‌های عصبی مصنوعی آورده شده است.

جدول (۱): کاربردهای شبکه‌های عصبی مصنوعی [۶].

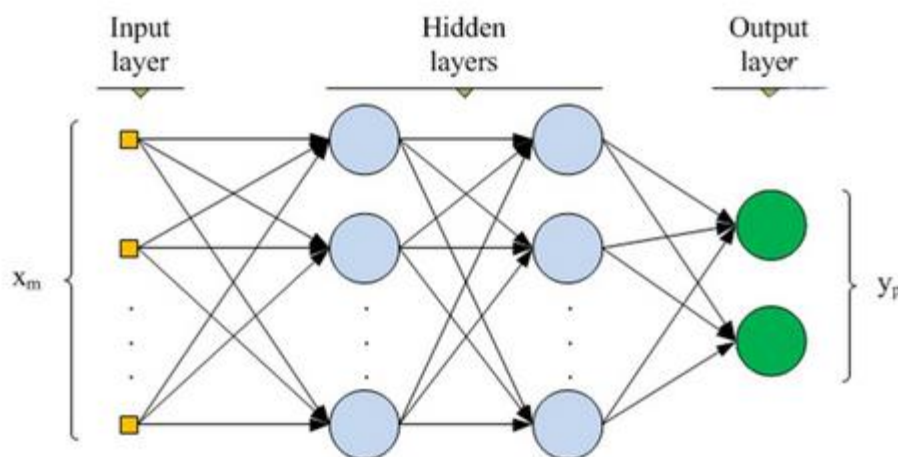
زمینه کلی	کاربرد
علوم کامپیوتر	طبقه‌بندی اسناد و اطلاعات در شبکه‌های کامپیوتری و اینترنت توسعه نرم‌افزارهای نظارتی و نرم‌افزارهای آنتی‌ویروس
علوم فنی و مهندسی	مهندسی معکوس و مدل‌سازی سیستم‌ها طراحی و بهینه‌سازی سیستم‌های فنی و مهندسی تصمیم‌گیری بهینه در پروژه‌های مهندسی
علوم پایه و نجوم	پیش‌بینی نتایج آزمایش‌ها ارزیابی و تخمین صحت فرضیه‌ها و نظریه‌ها مدل‌سازی پدیده‌های فیزیکی پیچیده
علوم پزشکی	مدل‌سازی فرایندهای زیست-پزشکی تشخیص بیماری‌ها با توجه به نتایج آزمایش پزشکی و تصویربرداری پیش‌بینی نتایج درمان و عمل جراحی پیاپیاده‌سازی ادوات و الگوهای درمانی اختصاصی بیمار
علوم تجربی و زیستی	پیش‌بینی سری‌های زمانی با کاربرد در علوم زیست-محیطی طبقه‌بندی یافته‌های ناشی از مشاهدات تجربی شناسایی الگوهای مخفی و تکرار شونده در طبیعت
علوم اقتصادی و مالی	پیش‌بینی قیمت سهام و شاخص بورس طبقه‌بندی علایم و نمادهای بورس تخصیص سرمایه و اعتبار

## (۲) انواع شبکه‌های عصبی مصنوعی

انواع مختلفی از مدل‌های محاسباتی تحت عنوان کلی شبکه‌های عصبی مصنوعی معرفی شده‌اند که هر یک برای دسته‌ای از کاربردها قابل استفاده هستند و در هر کدام از وجه مشخصی از قابلیت‌ها و خصوصیات مغز انسان الهام گرفته شده است. در همه این مدل‌ها، یک ساختار ریاضی در نظر گرفته شده است که البته به صورت گرافیکی هم قابل نمایش دادن است و یک سری پارامترها و پیچ‌های تنظیم دارد. این ساختار کلی، توسط یک الگوریتم یادگیری یا تربیت<sup>۱</sup> آن قدر

<sup>۱</sup> - Training Algorithm

تنظیم و بهینه می‌شود، که بتواند رفتار مناسبی را از خود نشان دهد. نگاهی به فرایند یادگیری در مغز انسان نیز نشان می‌دهد که در واقع ما نیز در مغزمان فرایندی مشابه را تجربه می‌کنیم و همه مهارت‌ها، دانسته‌ها و خاطرات ما، در اثر تضعیف یا تقویت ارتباط میان سلول‌های عصبی مغز شکل می‌گیرند. این تقویت و تضعیف در زبان ریاضی، خود را به صورت تنظیم یک پارامتر (موسوم به وزن) مدل‌سازی و توصیف می‌کند [۷]. اما طرز نگاه مدل‌های مختلف شبکه‌های عصبی مصنوعی کاملاً متفاوت است و هر یک، تنها بخشی از قابلیت‌های یادگیری و تطبیق مغز انسان را هدف قرار داده و تقلید نموده‌اند. در ادامه به مرور انواع مختلف شبکه‌های عصبی پرداخته‌ایم که مطالعه آن در ایجاد یک آشنایی اولیه بسیار مؤثر خواهد بود. در شکل (۲) یک شبکه عصبی مصنوعی آورده شده است.



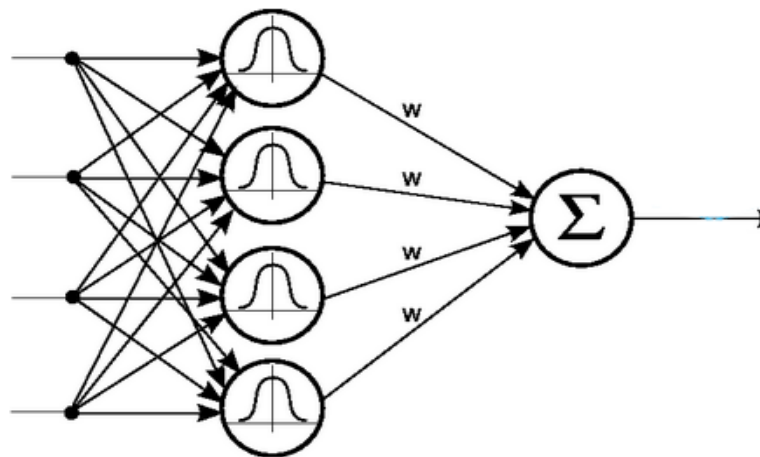
شکل (۲): یک شبکه عصبی مصنوعی [۷].

### الف) پرسپترون چندلایه یا MLP

یکی از پایه‌ای‌ترین مدل‌های عصبی موجود، مدل پرسپترون چند لایه یا Multi-Layer Perceptron به اختصار (MLP) است که عملکرد انتقالی مغز انسان را شبیه‌سازی می‌کند. در این نوع شبکه عصبی، بیشتر رفتار شبکه‌ای مغز انسان و انتشار سیگنال در آن مد نظر بوده است و از این رو، گهگاه با نام شبکه‌های پیش‌خورد<sup>۱</sup> نیز خوانده می‌شوند. هر یک از سلول‌های عصبی مغز انسان، موسوم به نورون<sup>۲</sup>، پس از دریافت ورودی (از یک سلول عصبی یا غیر عصبی دیگر)، پردازشی روی آن انجام می‌دهند و نتیجه را به یک سلول دیگر (عصبی یا غیر عصبی) انتقال می‌دهند. این رفتار تا حصول نتیجه‌ای مشخص ادامه دارد، که احتمالاً در نهایت منجر به یک تصمیم، پردازش، تفکر و یا حرکت خواهد شد [۷]. شکل (۳) یک پرسپترون چندلایه یا MLP را نشان می‌دهد.

<sup>۱</sup> - Feedforward Networks

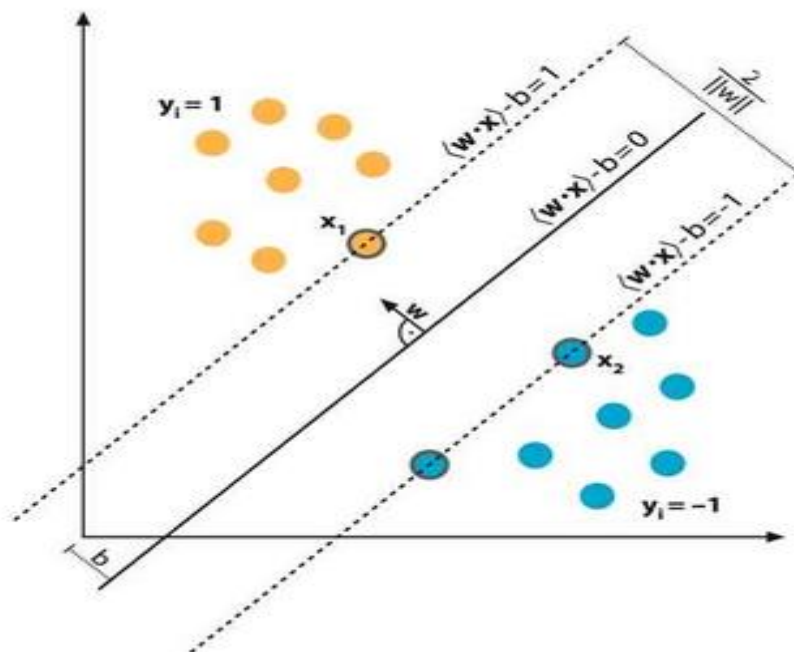
<sup>۲</sup> - Neuron



شکل (۳): پرسپترون چندلایه یا MLP [۷].

### ب) شبکه های عصبی شعاعی یا RBF

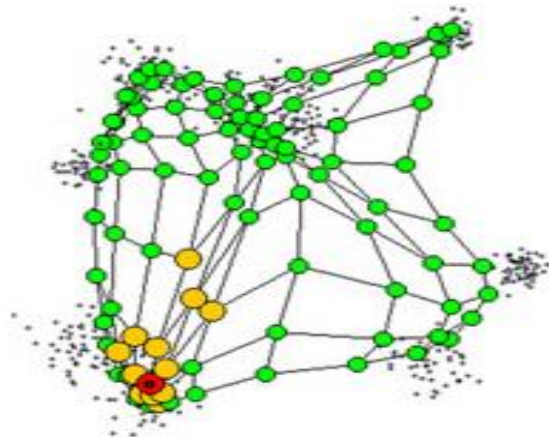
مشابه الگوی شبکه های عصبی MLP، نوع دیگری از شبکه های عصبی وجود دارند که در آن ها، واحدهای پردازنده، از نظر پردازشی بر موقعیت خاصی متمرکز هستند. این تمرکز، از طریق توابع شعاعی یا Radial Basis Functions به اختصار (RBF) مدل سازی می شود. از نظر ساختار کلی، شبکه های عصبی RBF تفاوت چندانی با شبکه های MLP ندارند و صرفاً نوع پردازشی که نورون ها روی ورودی های شان انجام می دهند، متفاوت است. با این حال، شبکه های RBF غالباً دارای فرآیند یادگیری و آماده سازی سریع تری هستند [۸]. در واقع، به دلیل تمرکز نورون ها بر محدوده عملکردی خاص، کار تنظیم آن ها، راحت تر خواهد بود. در شکل (۴) شبکه عصبی شعاعی آورده شده است.



شکل (۴): شبکه عصبی شعاعی [۸].

### ج) ماشین های بردار پشتیبان یا SVM

در شبکه‌های عصبی MLP و RBF، غالباً توجه بر بهبود ساختار شبکه عصبی است، به نحوی که خطای تخمین و میزان اشتباه‌های شبکه عصبی کمینه شود. اما در نوع خاصی از شبکه عصبی، موسوم به ماشین بردار پشتیبان یا Support Vector Machine به اختصار (SVM)، صرفاً بر روی کاهش ریسک عملیاتی مربوط به عدم عملکرد صحیح، تمرکز می‌شود. ساختار یک شبکه SVM، اشتراکات زیادی با شبکه عصبی MLP دارد و تفاوت اصلی آن عملاً در شیوه یادگیری است [۱۸]. در شکل (۵) ماشین بردار پشتیبان یا SVM آورده شده است.

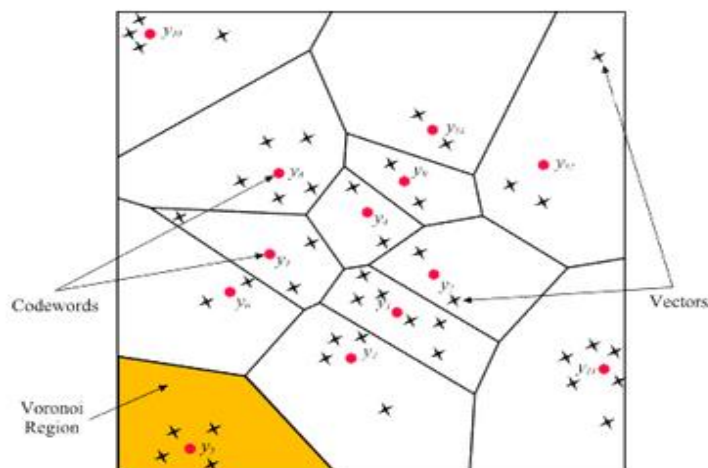


شکل (۵): ماشین بردار پشتیبان یا SVM [۸].

#### د) نگاشت‌های خودسازمان‌ده یا SOM

شبکه عصبی کوهونن<sup>۱</sup> یا نگاشت خودسازمان‌ده و یا Self-Organizing Map به اختصار (SOM) نوع خاصی از شبکه عصبی است که از نظر شیوه عملکرد، ساختار و کاربرد، کاملاً با انواع شبکه عصبی که پیش از این مورد بررسی قرار گرفتند، متفاوت است. ایده اصلی نگاشت خودسازمان‌ده، از تقسیم عملکردی ناحیه قشری مغز، الهام گرفته شده است و کاربرد اصلی آن در حل مسائلی است که به مسائل «یادگیری غیر نظارت شده» معروف هستند. در واقع کارکرد اصلی یک SOM، در پیدا کردن شباهت‌ها و دسته‌های مشابه در میان انبوهی از داده‌هایی است که در اختیار آن قرار گرفته است. این وضعیت مشابه کاری است که قشر مغز انسان انجام می‌دهد و انبوهی از ورودی‌های حسی و حرکتی به مغز را در گروه‌های مشابهی طبقه‌بندی (یا بهتر است بگوییم خوشه‌بندی) کرده است [۸]. شکل (۶) یک شبکه عصبی نگاشت‌های خودسازمان‌ده یا SOM را نشان می‌دهد.

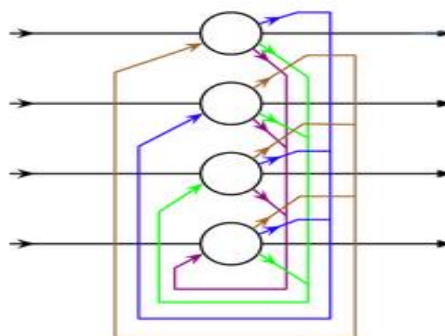
<sup>1</sup> - Kohonen



شکل (۶): شبکه عصبی نگاشت های خودسازمان ده یا SOM [۸].

#### ه) یادگیرنده رقمی ساز بردار یا LVQ

این نوع خاص شبکه عصبی، تعمیم ایده شبکه های عصبی SOM برای حل مسائل یادگیری نظارت شده است. از طرفی شبکه عصبی (LVQ)<sup>۱</sup>، می تواند به این صورت تعبیر شود که گویا شبکه عصبی MLP با یک رویکرد متفاوت، کاری را که باید انجام بدهد یاد می گیرد. اصلی ترین کاربرد این نوع شبکه عصبی در حل مسائل طبقه بندی است که گستره وسیعی از کاربردهای سیستم های هوشمند را پوشش می دهد. شکل (۷-۲) یک شبکه عصبی یادگیرنده رقمی ساز بردار یا LVQ را نشان می دهد.



شکل (۲) یک شبکه عصبی یادگیرنده رقمی ساز بردار یا LVQ [۸].

#### و) شبکه عصبی هاپفیلد یا Hopfield

این نوع شبکه عصبی، بیشتر دارای ماهیتی شبیه به یک سیستم دینامیکی است که دو یا چند نقطه تعادل پایدار دارد. این سیستم با شروع از هر شرایط اولیه، نهایتاً به یکی از نقاط تعادلش همگرا می شود. همگرایی به هر نقطه تعادل، به عنوان تشخیصی است که شبکه عصبی آن را ایجاد کرده است و در واقع می تواند به عنوان یک رویکرد برای حل مسائل طبقه بندی استفاده شود. این سیستم، یکی از قدیمی ترین انواع شبکه های عصبی است که دارای ساختار بازگشتی است و در ساختار آن فیدبک های داخلی وجود دارند [۹].

<sup>1</sup> - Learning Vector Quantization



### ۳.۲. طراحی سیستم با شبکه‌های عصبی مصنوعی

اکسون را می‌توان به خروجی، وزن را به شدت بار و ورودی‌ها را به دندریت تشبیه نمود. بنابراین اجزای یک شبکه عصبی عبارتند از:

**ورودی‌ها:** ورودی‌ها که بایردار  $X$  نشان داده شده‌اند می‌توانند خروجی سایر لایه‌ها بوده و با آنکه به حالت خام در اولین لایه و به صورت‌های ذیل باشد:

الف) داده‌های عددی و رقمی

ب) متون ادبی، فنی و ...

ج) تصویر و یا شکل

مثال: در تصمیم‌گیری اعطای وام ورودی بردار  $X$  می‌تواند شامل سه متغیر: سطح درآمد، سن و میزان اعتبار متقاضی باشد. **بردار وزن:** میزان تاثیر ورودی  $X_i$  بر خروجی  $y$  توسط مشخصه وزن اندازه‌گیری می‌شود. به طور مثال به هنگام اعطای وام اهمیت و تاثیر درآمد متقاضی و یا سن وی توسط مولفه وزن آن‌ها بر اتخاذ تصمیم برآورد می‌شود.  $W_i$ ها قابل تنظیم بوده و براساس تابع تبدیل و نوع الگوریتم یادگیری (که در ادامه به توضیح آن‌ها پرداخته شده است) تعیین می‌شوند.

**تابع جمع:** در شبکه‌های تک نرونی، تابع جمع در واقع خروجی مسئله را تا حدودی مشخص می‌کنند و در شبکه‌های چند نرونی نیز تابع جمع میزان سطح فعالیت نرون  $j$  در لایه‌های درونی را مشخص می‌سازد.

**تابع تبدیل:** بدیهی است که تابع جمع پاسخ مورد انتظار شبکه نیست، به طور مثال به هنگام اعطای وام تابع جمع یک عدد خواهد شد که باید به پاسخ بلی یا خیر بیان گردد و یا آنکه ارتباط بین سطح داخلی شبکه و جواب لزوماً خطی نیست و می‌تواند به شکل غیر خطی باشد. بنابراین تابع تبدیل عصوی ضروری در شبکه‌های عصبی محسوب می‌گردد. انواع و اقسام متفاوتی از توابع تبدیل وجود دارد که بنا به ماهیت مسئله کاربرد دارند برخی از آن‌ها عبارتند از:

توابع تبدیل در شبکه‌های عصبی چند لایه (در ذیل توضیح داده خواهد شد) می‌توانند منحصر به فرد بوده و با یکدیگر متفاوت باشند [۹].

**خروجی:** منظور از خروجی، پاسخ مسئله است.

### ۴.۲. شبکه‌های عصبی چند لایه

در شبکه‌های تک لایه درجه آزادی برای تنظیم پارامترهای شبکه نظیر  $w$  اندک بوده و توانایی تقریب مسئله پائین می‌آید. در حالی که در شبکه‌های چند لایه با توجه به درجه آزادی مناسب برای تنظیم پارامترها می‌توان توانایی شبکه را بالا برد. به طور مثال شبکه‌های پیش‌خور دو لایه با توابع زیگموئید در لایه اول قادرند توابع بسیار زیادی را با دقت دلخواه تقریب بزنند در حالی که شبکه‌های عصبی تک لایه از چنین توانایی برخوردار نیستند، می‌گردد. در واقع تعداد ورودی‌ها و خروجی‌های شبکه بر اساس ماهیت مسئله بدست می‌آیند، به عبارت دیگر این دو پارامتر جزء پارامترهای آزاد طرح نیستند. همانگونه که قبلاً نیز ذکر شد خروجی بر نوع تابع تبدیل موثر است. نمونه‌ای از یک شبکه عصبی دو لایه در ذیل نشان داده شده است، انواع شبکه‌ها از نظر برگشت پذیری:

#### ۱) شبکه‌های پیش‌خور<sup>۱</sup>

با توجه به مباحث بند ششم، در شبکه‌های تک لایه - بردار ورودی  $X$  توسط نرون‌ها را میتوان طبق رابطه ذیل نشان داد:

<sup>1</sup> - Feed Forward

$$y = f(W * X + b) \quad (1)$$

به بردار خروجی مرتبط می شود. این شبکه شکل ساده ای از شبکه های پیش خور است که مسیر پاسخ همواره رو به جلو پردازش می شود و به نرون های لایه (لایه های قبل) باز نمی گردد. اگر ایده شبکه های شبکه های پیش خور را به چند لایه تعمیم دهیم، هر لایه ماتریس وزن  $W$  و بردار ورودی  $X$  و بردار خروجی مختص خود را دارد [۱۰].

## ۲) شبکه های برگشتی<sup>۱</sup>

تفاوت شبکه های برگشتی یا شبکه های برگشتی با شبکه های پیش خور در آن است که در شبکه های برگشتی حداقل یک سیگنال برگشتی از یک نرون به همان نرون یا نرون های همان لایه یا لایه های قبل وجود دارد. شبکه های برگشتی بهتر می توانند رفتار مربوط به ویژه گی های زمانی و پویایی سیستم ها را نشان دهند. در این نوع شبکه ها که با توجه به ماهیت پویای مسئله طراحی می شوند بعد از مرحله یادگیری شبکه نیز پارامترها تغییر کرده و تصحیح می شوند (به طور مثال در پیش بینی ها بعد از گذر زمان مقایسه انجام شده و پارامترهای آزاد شبکه تنظیم می شوند). نوع خاصی از شبکه های برگشت پذیر به شبکه های هاپفیلد<sup>۲</sup> موسوم هستند. در شبکه های هاپفیلد نرون ها نخست توسط ورودی مقدار اولیه می گیرند و شبکه به گونه ای خود را تکرار می کند که نتیجه آن همگرایی به سمت الگوی مرجع است. در این شبکه همه نرون ها شبیه به یکدیگر عمل کرده و هیچ کدام از نرون ها به عنوان ورودی یا خروجی از هم متمایز نمی شوند. در تشکیل ساختارها یعنی تعداد سلول های عصبی و لایه ها و همچنین شرایط اولیه مسئله باید دقت نمود که موارد عملی و پیچیده به یک یا حتی تعداد بیشتری لایه مخفی ورودی و خروجی و تعداد زیادی وزن برای عوامل ورودی احتیاج دارند. بسیاری از ANN های تجاری شامل ۴ و یا حتی ۵ لایه هستند که هر کدام شامل ۱۰ تا ۱۰۰۰ المان پردازشی هستند. برخی از ANN ها حاوی میلیون ها المان پردازشی هستند [۱۰].

## ۵.۲. مراحل طراحی شبکه

به طور خلاصه مراحل طراحی یک شبکه عصبی عبارتند از:

طرح معماری شبکه شامل:

- تعیین نوع اتصالات است که می تواند، اتصال کامل و یا اتصال جزئی باشد. همچنین برگشت پذیری شبکه باید بررسی گردد شبکه های feedforward network معمولاً برای محاسبه فرمول های ریاضی ساده بدون پویایی بکار گرفته می شوند. recurrent network در اغلب مسائل پویا کاربرد دارند.

- تعیین نوع تابع تبدیل

- آموزش شبکه: یعنی تنظیم پارامترهای آزاد طراحی مثل وزن اتصالات و ورودی ها، وزن ترم بایاس برای یادگیری ابتدا لازم است الگوریتم یادگیری انتخاب شود. مهمترین عاملی که باید به آن توجه نمود به کارگیری یک الگوریتم مناسب برای

<sup>۱</sup> - Recurrent

<sup>۲</sup> - Hopfield Network

آموزش شبکه است. لازم به ذکر است بیش از ۱۰۰ نوع الگوریتم یادگیری تا کنون به وجود آمده است که یک نوع طبقه بندی این انواع توسط Lippman ارائه شده است که براساس شکل ورود اطلاعات است و به صورت ذیل می باشد.

### الف) الگوریتم های یادگیری نظارت شده یا با ناظر<sup>۱</sup>

در الگوریتم یادگیری با ناظر مجموعه ای از زوج های داده ها به داده های یادگیری موسوم هستند پس از اعمال ورودی  $X$  به شبکه عصبی خروجی حاصل از شبکه  $Y$  با مقدار ایده آل مقایسه شده و خطا برای تنظیم پارامترهای شبکه نظیر  $W$  محاسبه می شود به گونه ای که اگر دفعه بعد به شبکه همان ورودی  $X$  اعمال شود خروجی شبکه به  $Y$  همگرا شده باشد.

### ب) الگوریتم های یادگیری نظارت نشده یا بدون ناظر<sup>۲</sup>

در یادگیری بدون ناظر یا یادگیری خود سازمان ده (Self - Organized) بردار جواب مطلوب به شبکه اعمال نمی شود. در واقع هنگامی که تعداد لایه ها و نرون ها افزایش می یابد کار یادگیری در الگوریتم های با ناظر بسیار کند پیش می رود و این ایراد اساسی این دسته از الگوریتم ها است. در الگوریتم های بدون ناظر جواب بدست آمده در حافظه بلند مدت ذخیره شده و از همان ابتدا ورودی ها دسته بندی می شوند و با استفاده از حافظه مشارکتی بین آنها ارتباط برقرار می شود. یک نوع الگوریتم خود سازمان ده که توسط کوهنن ابداع شده به صورت ذیل است:

- ابتدا نرون برنده  $I$  تعیین می شود.
- سپس بردارهای وزنی متناظر با تمامی نرون هایی که در یک همسایگی خاص از نرون برنده قرار دارند طبق فرمول تنظیم می شوند.
- پس از اعمال ورودی  $X$  بردارهای وزن نرون برنده و تمامی نرون های همجوار (همجوار به شعاع  $d$ ) به سمت بردار ورودی  $X$  حرکت خواهند کرد.
- پس از تعداد زیادی تکرار و ارائه ورودی های مختلف به شبکه، نرون های همجوار، بردارهایی را که شبیه به هم هستند را یاد خواهند گرفت [۱۰].

### ۶.۲. نرم افزارها و سخت افزارهای شبکه های عصبی

ANN ها عمدتاً به صورت نرم افزارهای کاربردی ارائه می شوند و همانند هر Application یک ANN می تواند با یک زبان برنامه نویسی یا ابزار برنامه نویسی و یا هر دو برنامه نویسی شود. قسمت اعظم فعالیت های برنامه نویسی به الگوریتم های آموزشی توابع تبدیل و توابع جمع در شبکه های عصبی اختصاص دارد [۱۰].

برخی برنامه های نرم افزاری نیز وجود دارند که برای ایجاد استقرار ANN ها می توانند مفید باشند همانند: Neuralyst و Nnet sheet. پیشرفت هایی که در تکنولوژی های مربوط به سخت افزاری حاصل شده است از مزایای پردازش موازی بزرگ استفاده می کند، به عبارت دیگر عمل پردازش به طور همزمان در نرون ها انجام می شود. برای افزایش سرعت محاسبات، یکی از روش ذیل را می توان به کار برد:

- کامپیوترهای عمومی مثل PC ها
- پردازشگرهای موازی IBMSP<sub>2</sub>

<sup>۱</sup> - Supervised

<sup>۲</sup> - UNSupervised

- چیپ‌های عصبی، چیپ‌های خاصی که توانایی محاسبات خیلی سریعی را دارد و در برد دستگاه نصب می‌شوند، نظیر intel 80 170 NX یا ETANN
- بردهای شتاب دار

## ۷.۲. مزایا و محدودیت های شبکه عصبی

- شبکه‌های عصبی توان بالقوه‌ای برای حل مسائلی دارد که شبیه‌سازی آن‌ها از طریق منطقی، تکنیک‌های تحلیلی سیستم‌های خبره و تکنولوژی‌های استاندارد نرم افزاری مشکل است.
- این تکنیک قادر است در مواقعی که داده ها در شرایط عدم اطمینان اعم از آنکه داده‌ها فازی باشند و یا به طور ناقص و توأم با نویز دریافت شده باشند جواب منطقی ارائه دهد
- به دلیل پیشرفت‌های تکنیکی از سرعت پردازش بالایی برخوردار شده است.
- محاسبه‌گرهای عصبی در مواقعی که شرایط تغییر می‌کند بسیار منعطف هستند. همچنین نگهداری آن‌ها بسیار ساده است.
- سیستم‌های شبکه‌های عصبی قادر به توضیح منطق و قاعده کار نیستند و اثبات درستی نتایج بسیار دشوار است چرا که در بسیاری از مسائل وزن‌های تعدیل شده قابل تفسیر نیستند. بنابراین منطقی که پشت تصمیم نهفته است را نمی‌توان روشن نموده و اثبات کرد.
- محاسبات شبکه‌های عصبی معمولاً محتاج مقادیر زیادی داده برای آموزش و تست مدل است.
- در حالت کلی شبکه‌های عصبی برای برخی مسائل کارایی ندارند. به طور مثال ANN برای حل مسائل و پردازش داده‌ها با روش مستدل مناسب نیست [۱۰].

## ۸.۲. برخی اهم کاربرد شبکه‌های عصبی در مباحث مهندسی

شبکه‌های عصبی هنگامی کاربرد دارند که قانون شناخته شده‌ای وجود ندارد به عبارت دیگر هنگامی که یک دستورالعمل یا روش خاصی برای حل مسائل وجود دارد (همانند روش‌های مرسوم جبری در حل معادلات یا روش Simplex) بهتر آنست که همان روش به صورت نرم افزار تهیه شود تا امکان دسترسی دقیق‌تر به پاسخ صحیح فراهم گردد. بنابراین شبکه‌های عصبی توان بالقوه‌ای برای حل مسائلی دارد که شبیه‌سازی آن‌ها از طریق منطقی، تکنیک‌های تحلیلی و تکنولوژی‌های استاندارد نرم‌افزاری مشکل است. بنابراین در مسائلی که تعداد زیادی از عوامل به صورت علت و معلولی به یکدیگر وابسته هستند و تشخیص مرز سیستم براحتی امکان پذیر نیست (همانند سیستم‌های پیچیده اقتصادی، اجتماعی، پیش‌بینی سری‌های زمانی مسائل مالی، بیمه و ...) و یا مسائل فنی که محاسبه یک پارامتر خاص به تعداد عوامل زیاد و نامشخص بستگی دارد (همانند کنترل بازوی ربات‌ها و ...) شبکه‌های عصبی می‌تواند کاربرد مؤثر داشته باشد [۱۱].

## ۹.۲. دسته‌بندی و شناسایی الگو

امروزه شبکه‌های عصبی طراحی شده‌اند که قادر هستند الگوهای مختلف را دسته‌بندی کرده و از یک دیگر تفکیک کنند. از این توانایی شبکه‌های عصبی در شناسایی و دسته بندی نقاط خارج از کنترل در کنترل کیفیت (QC) و همچنین شناسایی نقاطی که دارای خود همبستگی هستند بسیار استفاده شده است. کاربرد شبکه‌هایی که برای تشخیص الگو طراحی شده‌اند در سیستم‌های پشتیبان تصمیم گیری (DSS)، آنجا که لازم است نظرات خبرگان از عامه تفکیک و دسته‌بندی گردد کاربرد دارد. اینگونه شبکه ها در بسیاری دیگر از تکنیک‌های مهندسی صنایع نظیر تکنولوژی گروهی (GT) و مباحث دسته بندی بهینه ماشین آلات کاربرد فراوان دارد.

## ۱) پیش‌بینی

هم‌اکنون بسیاری از شبکه‌های عصبی به گونه‌ای طراحی و آموزش داده شده‌اند که قادر به پیش‌بینی آینده بر اساس یادگیری و حفظ تجارب گذشته هستند. شبکه‌های پیش‌بینی قیمت نفت، بازار بورس از جمله این مسائل محسوب می‌شوند. شبکه‌های پیش‌بینی کننده بکارگیری وسیعی در مباحث کنترل موجودی، کنترل کیفیت و برنامه‌ریزی تعمیرات دارند. هم‌اکنون مقالاتی وجود دارد که بر اساس مدل‌های باکس - جنکینز طراحی و آموزش داده شده‌اند [۱۱].

## ۲) مدل‌سازی و بهینه‌یابی

این گونه شبکه‌ها بطور وسیع در مسائل برنامه‌ریزی تولید و OR کاربرد دارند، شبکه‌هایی طراحی شده‌اند که قادر به جستجوی نقطه بهینه سراسری<sup>۱</sup> در زمینه برنامه‌ریزی‌های ذیل هستند:

در حالت کلی، یک شبکه عصبی زیستی از مجموعه یا مجموعه‌ای از نورون‌های به صورت فیزیکی به هم متصل یا از لحاظ عملکردی به هم وابسته تشکیل شده‌است. هر نورون می‌تواند به تعداد بسیار زیادی از نورون‌ها وصل باشد و تعداد کل نورون‌ها و اتصالات بین آن‌ها می‌تواند بسیار زیاد باشد. اتصالات، که به آن‌ها سیناپس گفته می‌شود، معمولاً از آکسون‌ها و دندریت‌ها تشکیل شده‌اند [۱۱].

## ۳. نتیجه‌گیری

با عنایت به اینکه شبکه‌های عصبی از دو ویژگی اساسی یادگیری یا نگاشت‌پذیری بر اساس ارائه داده‌های تجربی (قدرت و توانایی تعمیم‌پذیری) و ساختارپذیری موازی برخوردار می‌باشند، این شبکه‌ها برای سیستم‌های پیچیده که مدل‌سازی این سیستم‌ها یا میسر نیست و یا به سختی انجام می‌شود بسیار مناسب می‌باشند. شبکه‌های عصبی مصنوعی به علت استفاده از فرمول‌های ثابت شده با حداقل خطا، صحت و اعتبار بیشتری دارند. با توجه به کاربردهای روز افزون شبکه‌های عصبی تلاش‌های بسیاری در راستای رفع نواقص این شبکه‌ها انجام شده است. یکی از دلایلی که باعث محدود شدن کاربرد شبکه‌های عصبی می‌شود مرحله آموزش می‌باشد. برای آموزش شبکه‌های عصبی همواره نیاز به گروه بزرگی از اطلاعات ورودی می‌باشد. در عین حال تنظیم پارامترهای آموزش شبکه کاری بسیار دشوار بوده و نیاز به تجربه دارد. همچنین مشکلاتی مانند مینیمم‌های محلی و همگرایی به یک پاسخ نامناسب، حفظ کردن اطلاعات ورودی به جای یادگیری آن‌ها، مهمتر از همه نیاز به زمان زیاد برای مرحله آموزش از مشکلات شبکه‌های عصبی می‌باشد.

## منابع

- [1] Abiodun, O. I., Jantan, A., Omolara, A. E., Dada, K. V., Mohamed, N. A., & Arshad, H. (2018). State-of-the-art in artificial neural network applications: A survey. *Heliyon*, 4(11).
- [2] Zhao, X., Wang, L., Zhang, Y., Han, X., Devenci, M., & Parmar, M. (2024). A review of convolutional neural networks in computer vision. *Artificial Intelligence Review*, 57(4), 99.
- [3] Corso, G., Stark, H., Jegelka, S., Jaakkola, T., & Barzilay, R. (2024). Graph neural networks. *Nature Reviews Methods Primers*, 4(1), 17.
- [4] Kurucan, M., Özbaltan, M., Yetgin, Z., & Alkaya, A. (2024). Applications of artificial neural network based battery management systems: A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 192, 114262.
- [5] Taye, M. M. (2023). Theoretical understanding of convolutional neural network: Concepts, architectures, applications, future directions. *Computation*, 11(3), 52.

<sup>1</sup> - Global Optimization



- [6] Maurício, J., Domingues, I., & Bernardino, J. (2023). Comparing vision transformers and convolutional neural networks for image classification: A literature review. *Applied Sciences*, 13(9), 5521.
- [7] Li, Z., Li, H., & Meng, L. (2023). Model compression for deep neural networks: A survey. *Computers*, 12(3), 60.
- [8] Kshatri, S. S., & Singh, D. (2023). Convolutional neural network in medical image analysis: a review. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 30(4), 2793-2810.
- [9] Kurucan, M., Özbaltan, M., Yetgin, Z., & Alkaya, A. (2024). Applications of artificial neural network based battery management systems: A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 192, 114262.
- [10] Kurucan, M., Özbaltan, M., Yetgin, Z., & Alkaya, A. (2024). Applications of artificial neural network based battery management systems: A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 192, 114262.
- [11] Kshatri, S. S., & Singh, D. (2023). Convolutional neural network in medical image analysis: a review. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 30(4), 2793-2810.