

به نام خداوند بخشنده مهربان

چکیده

مقدمه: یکی از مهم ترین ابزارهایی که برای پردازش تصاویر استفاده می شود، طبقه بندی تصاویر است. در این ابزار، دقت طبقه بندی و همچنین سرعت اجرای الگوریتم ها اهمیت بسیار بالایی دارد. از میان روش هایی که برای طبقه بندی تصاویر استفاده می شود، روش های مبتنی بر یادگیری عمیق اخیراً بسیار مورد توجه قرار گرفته اند. در واقع یادگیری عمیق از جدیدترین مباحث شاخه یادگیری ماشین است که طی چند سال اخیر با ورود به دنیای هوش مصنوعی باعث خارج شدن بسیاری از روش های کلاسیک از مبحث یادگیری ماشین شده است. یادگیری عمیق از آن جهت گوی سبقت را از بسیاری از روش های پیشین ربوده است که دقت بالایی در محاسبات و نزدیک شدن به نتیجه مطلوب دارد. در بین کاربردهای بی شمار یادگیری عمیق، روش های پردازش تصویر بسیار مورد توجه محققین قرار گرفته اند. زیرا روش هایی همچون کانولوشن روی تصاویر بسیار عملکرد خوبی داشته اند.

هدف: هدف از انجام پژوهش حاضر، ارائه یک روش مبتنی بر یادگیری عمیق در پردازش تصویر می باشد.

روش شناسی: در این پژوهش، یک روش طبقه بندی بر پایه یادگیری عمیق برای تصاویر یک مجموعه داده محک مربوط به پوشاک ارائه شده است. روش مورد نظر بارها با پارامترهای مختلف اجرا شده و در نهایت یک معماری مناسب با دقت مطلوب پیشنهاد داده شده است که مدل کانولوشن-پولینگ-Dropout نامیده می شود.

یافته ها: در این پژوهش چهار روش مختلف مبتنی بر معماری های یادگیری عمیق جهت طبقه بندی تصاویر مجموعه داده FashionMNIST اجرا شد. اولین معماری با روش کاملاً متصل، در مجموع ۴۰ مرتبه تکرار شد و هر بار یکی از پارامترهای شبکه شامل تعداد لایه ها، تعداد نوروها، تابع بهینه سازی، نرخ یادگیری، تابع فعال سازی، تعداد دوره ها و تعداد دسته ها تغییر کرد. دقت طبقه بندی مجموعه آزمون برای تمام اجراها، برابر با یک شد و بهترین اجرا با بیشترین دقت طبقه بندی در مجموعه آزمون (۰.۹۱۰۶) به دست آمد.

نتایج: با توجه به نقش لایه های پولینگ در معماری های مرتبط با کانولوشن، در روش سوم این لایه ها به لایه های کانولوشن اضافه شدند. از دو اجرای مختلف با معماری ده لایه ای نتایج چندان قابل قبولی به دست نیامد. با توجه به این که روش کانولوشن پولینگ روش بسیار زمانبر با معماری بسیار پیچیده

بود، از روش Dropout در بین لایه‌های کانولوشن و پولینگ استفاده شد. این روش که به‌عنوان چهارمین روش در نظر گرفته می‌شود، با یک معماری ۱۳ لایه‌ای، چهار مرتبه و با نرخ‌های یادگیری مختلف اجرا شد. دقت طبقه‌بندی مجموعه آزمون در این روش ۰.۹۱۹ شد که در مقایسه با سایر روش‌ها و معماری‌های ذکر شده، نتیجه قابل قبولی می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: یادگیری عمیق، طبقه‌بندی تصاویر، Fashion MNIST، پردازش تصویر.

فهرست نوشتار

فصل اول: کلیات	۱۹
۱-۱ مقدمه	۱۹
۲-۱ اهمیت موضوع	۲۰
۳-۱ اهداف پژوهش	۲۲
۱-۳-۱ هدف اصلی	۲۲
۲-۳-۱ اهداف فرعی	۲۲
۴-۱ ساختار پژوهش	۲۲
فصل دوم: مفاهیم و ادبیات مرتبط با موضوع پژوهش	۲۵
۱-۲ مقدمه	۲۵
۲-۲ مقدمات شبکه‌های عصبی و تعاریف اولیه	۲۵
۱-۲-۲ نورون	۲۶
Bias ۲-۲-۲	۲۷
۳-۲-۲ تابع فعال‌سازی	۲۷
Sigmoid ۴-۲-۲ تابع	۲۸
ReLU ۵-۲-۲ تابع	۲۹
Softmax ۶-۲-۲ تابع	۲۹
۷-۲-۲ لایه‌های ورودی، خروجی و مخفی	۳۰
۳-۲ شبکه عصبی	۳۱
۴-۲ شبکه‌های عصبی بازگشتی	۳۱
۱-۴-۲ نورون بازگشتی	۳۱
۲-۴-۲ شبکه‌های عصبی بازگشتی	۳۲
۵-۲ شبکه‌های عصبی کانولوشن (CNN)	۳۲
۱-۵-۲ فیلترها	۳۴
Pooling ۲-۵-۲	۳۵
۳-۵-۲ لایه‌سازی	۳۵

۳۶	۴-۵-۲ تقویت داده‌ها
۳۷	۶-۲ شبکه‌های عصبی کانولوشن
۳۸	۱-۶-۲ لایه کانولوشن
۳۹	۲-۶-۲ Pooling لایه‌های
۴۱	۳-۶-۲ لایه تماماً متصل
۴۲	۷-۲ معماری شبکه‌های عصبی کانولوشن
۴۳	۱-۷-۲ AlexNet
۴۴	۲-۷-۲ شبکه‌های عظیم
۴۵	۳-۷-۲ چندین شبکه
۴۶	۴-۷-۲ شبکه‌های متنوع
۴۷	۸-۲ کاربردهای یادگیری عمیق
۴۷	۱-۸-۲ دسته‌بندی تصاویر
۴۷	۲-۸-۲ تشخیص اشیاء
۴۹	۳-۸-۲ بازیابی تصاویر
۴۹	۴-۸-۲ قطعه‌بندی معنایی
۵۰	۵-۸-۲ برآورد ژست انسانی
۵۱	۹-۲ جمع‌بندی
۵۳	فصل سوم: مروری بر پژوهش‌های پیشین
۵۳	۱-۳ مقدمه
۵۳	۲-۳ پژوهش‌های انجام شده در حوزه طبقه‌بندی تصاویر توسط روش‌های یادگیری عمیق
۵۳	۱-۲-۳ پژوهش‌های داخلی
۵۴	۲-۲-۳ پژوهش‌های خارجی
۵۷	۳-۳ پژوهش‌های انجام شده در سایر حوزه‌ها توسط روش‌های یادگیری عمیق
۵۷	۱-۳-۳ پژوهش‌های داخلی
۵۸	۲-۳-۳ پژوهش‌های خارجی
۶۲	۴-۳ جمع‌بندی

فصل چهارم: روش پیشنهادی.....	۶۳
۱-۴ مقدمه	۶۳
۲-۴ مجموعه داده	۶۳
۳-۴ ارائه روش پیشنهادی	۶۴
۱-۳-۴ روش کاملاً متصل	۶۵
۲-۳-۴ روش کانولوشن	۷۰
۳-۳-۴ روش کانولوشن-پولینگ	۷۰
۴-۳-۴ روش کانولوشن - پولینگ Dropout	۷۱
۴-۴ جمع بندی.....	۷۳
فصل پنجم: ارزیابی و مقایسه روش پیشنهادی.....	۷۵
۱-۵ مقدمه.....	۷۵
۲-۵ ارزیابی بهترین روش مورد مطالعه در این پژوهش.....	۷۵
۳-۵ نوآوری های روش پیشنهادی.....	۷۸
۴-۵ مقایسه روش پیشنهادی در این پژوهش با تعدادی از روش های قبلی روی مجموعه داده	۷۸
۵-۵ جمع بندی.....	۸۰
فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات.....	۸۱
۱-۶ مقدمه.....	۸۱
۲-۶ نتیجه گیری.....	۸۱
۳-۶ پیشنهادات آینده.....	۸۳
۱-۳-۶ پیشنهادات تئوری پژوهش	۸۳
۲-۳-۶ پیشنهادات کاربردی پژوهش	۸۳
منابع.....	۸۵

فهرست شکل ها

شکل ۱-۲: ساختار نورو	۲۶
----------------------	----

شکل ۲-۲: شمای یک نرون	۲۷
شکل ۳-۲: نقش تابع فعال‌سازی در عملکرد شبکه عصبی	۲۸
شکل ۴-۲: تابع Sigmoid	۲۸
شکل ۵-۲: تابع ReLU	۲۹
شکل ۶-۲: تابع Softmax	۳۰
شکل ۷-۲: شمایی از لایه‌های ورودی، خروجی و مخفی	۳۰
شکل ۸-۲: نرون بازگشتی	۳۲
شکل ۹-۲: شبکه عصبی کانولوشن	۳۳
شکل ۱۰-۲: نحوه عملکرد فیلترها در شبکه کانولوشن	۳۴
شکل ۱۱-۲: نحوه عملکرد Pooling	۳۵
شکل ۱۲-۲: لایه‌سازی در تصویر	۳۶
شکل ۱۳-۲: تقویت داده با چرخش ۹۰ درجه	۳۶
شکل ۱۴-۲: انواع روش‌های یادگیری عمیق	۳۷
شکل ۱۵-۲: عملیات لایه کانولوشن	۳۹
شکل ۱۶-۲: عملیات max pooling	۴۰
شکل ۱۷-۲: عملیات لایه‌های تماماً متصل	۴۱
شکل ۱۸-۲: ترکیب ساختارهای عمیق به صورت آبشاری	۴۴
شکل ۱۹-۲: ترکیب نتایج حاصل از چند شبکه	۴۶
شکل ۲۰-۲: ترکیب یک شبکه عمیق با منابع اطلاعاتی دیگر	۴۷
شکل ۲۱-۲: نمونه‌ای از دسته‌بندی تصاویر توسط AlexNet	۴۸
شکل ۲۲-۲: شناسایی اشیاء توسط RCNN	۴۸
شکل ۲۳-۲: بازیابی تصاویر	۴۹
شکل ۲۴-۲: برآورد ژست انسانی	۵۰
شکل ۱-۴: مجموعه داده Fashion MNIST	۶۴
شکل ۲-۴: روش کانولوشن - پولینگ - Dropout	۷۲

شکل ۵-۱: میزان زیان طی ۵۰ دوره بر روی مجموعه آموزش و اعتبارسنجی ۷۶

شکل ۵-۲: میزان دقت طبقه بندی طی ۵۰ دوره بر روی مجموعه آموزش و اعتبارسنجی ۷۶

فهرست جدول‌ها

جدول ۲-۱: مدل‌های مطرح CNN به همراه پیکربندی و دستاوردهای هر یک در مسابقات ۴۳

جدول ۳-۱: مقایسه روش‌های طبقه‌بندی تصاویر به کمک یادگیری عمیق ۵۶

جدول ۳-۲: پژوهش‌های انجام شده در حوزه‌های یادگیری عمیق ۶۲

جدول ۴-۱: اطاعات مربوط به ۳۹ اجرا با معماری‌های متفاوت کاملاً متصل ۶۶

جدول ۴-۲: شبکه کاملاً متصل با تابع زیان hinge ۶۹

جدول ۴-۳: چهار اجرای متفاوت از شبکه کانولوشن با چهار لایه ۷۰

جدول ۴-۴: تعدادی از پارامترهای مربوط به روش کانولوشن - پولینگ ۷۱

جدول ۴-۵: تعدادی از پارامترهای مربوط به روش کانولوشن پولینگ Dropout ۷۳

جدول ۵-۱: تعداد و نوع پارامترهای استفاده شده در روش پیشنهادی ۷۷

جدول ۵-۲: مقایسه تعدادی از روش‌های قبلی بر روی مجموعه داده Fashion MNIST ۷۹

جدول ۶-۱: معماری مربوط به بهترین اجرا از روش کاملاً متصل ۸۱

جدول ۶-۲: معماری مربوط به بهترین اجرا از روش کانولوشن ۸۲

جدول ۶-۳: معماری مربوط به بهترین روش اجرا شده ۸۳

فصل اول

کلیات

۱-۱ مقدمه

در سال ۲۰۰۶ میلادی روش یادگیری ساختار یافته عمیق یا به طور معمول یادگیری عمیق یا یادگیری سلسله مراتبی به عنوان یک شاخه جدید از علم بینایی ماشین پدیدار شد. (زربنی ۱۳۹۷) در طی سال‌های گذشته، تکنیک‌های تعمیم یافته از روش یادگیری عمیق، تحت تاثیر طیف وسیعی از شاخه‌های علم پردازش اطلاعات و سیگنال مانند: هوش مصنوعی، یادگیری ماشین و همچنین پوشش رسانه‌ای بوده است. در سال‌های اخیر کارگاه‌ها، آموزش‌ها، نشریات یا جلسات خاص کنفرانس‌های متعددی به طور گسترده‌ای به زمینه یادگیری عمیق و کاربردهای آن در شاخه‌های مختلف علم پردازش اطلاعات و سیگنال پرداخته‌اند. این فرآیند در بسیاری از حالات شبکه‌های عصبی برای بهبود رفتارهایی از ماشین مانند پرازش تصویر، تشخیص گفتار، بینایی کامپیوتر و پردازش زبان طبیعی استفاده می‌کند.

یادگیری عمیق زیر مجموعه‌ای از یادگیری ماشین به حساب می‌آید که در آن براساس یادگیری چند سطحی در یک ساختار سلسله مراتبی از ویژگی‌ها یا مفاهیم سطوح بالاتر مفاهیم و ویژگی‌های سطوح پایین‌تر تعریف شده و همچنین مفاهیم سطح پایین نیز می‌توانند به تعریف مفاهیم سطح بالاتر کمک کنند. به زبان ساده‌تر هدف اصلی یادگیری عمیق استخراج ویژگی‌ها به صورت هوشمند طی چند مرحله یادگیری است. به طور خلاصه یادگیری عمیق را می‌توان به این صورت معرفی کرد: یادگیری عمیق شاخه‌ای از یادگیری ماشین و مجموعه‌ای از

الگوریتم‌ها است که تلاش می‌کنند مفاهیم انتزاعی سطح بالا را با استفاده یادگیری در سطوح و لایه‌های مختلف مدل کند. یادگیری عمیق نقطه مقابل مفهومی به نام یادگیری کم‌عمق است. یادگیری کم‌عمق همان روش‌های معروف یادگیری ماشین است که در اغلب روش‌های پردازشی استفاده می‌شوند. یادگیری عمیق اغلب از شبکه‌های عصبی برای بهبود رفتارهای ماشین مانند تشخیص گفتار، بینایی کامپیوتر و پردازش زبان طبیعی استفاده می‌کند. اولین مراحل معرفی و به کارگیری یادگیری عمیق در حوزه پردازش تصویر و با عنوان شبکه‌های عصبی کانولوشنی در سال ۱۹۹۸ انجام شد. در این روش سعی شد که عمل یادگیری و درک تصویر مانند مغز انسان و به صورت چند سطحی انجام شود.

در این پژوهش سعی می‌شود از روش یادگیری عمیق که یک روش به روز و کاربردی است، در زمینه پردازش تصویر استفاده شود. به همین منظور مجموعه داده پوشاک که شامل ده کلاس مختلف است، انتخاب و بررسی شده است.

۲-۱ اهمیت موضوع

هوش مصنوعی فناوری جدیدی نیست و سابقه آن به دهه ۵۰ میلادی بر می‌گردد. اما حالا قدرت پردازشی بیشتری در دسترس افراد واقع شده است و این قدرت فزاینده قابلیت‌هایی از هوش مصنوعی را عملی نموده که تا همین چند سال پیش امکان پذیر نبوده است. بخش زیادی از این امکان، به بهبود قدرت پردازشی سرویس‌های ابری بر می‌گردد و بخشی از آن هم از طریق پیشرفت‌های پژوهشی حاصل در زمینه تراشه‌ها است. به همین خاطر روز به روز به تعداد شرکت‌هایی که به ساخت و بهره‌گیری از قطعات اختصاصی مربوط به هوش مصنوعی روی می‌آورند، افزوده می‌گردد.

هوش مصنوعی برای اینکه بتواند عملکرد قابل توجهی داشته باشد، به قدرت پردازشی بسیار زیادی احتیاج دارد که حالا این امر امکان پذیر گردیده است. در درجه اول، هوش مصنوعی یعنی پردازش حجم زیادی از داده و در دو سال اخیر این فناوری حجم انبوهی از داده‌های جدید را فراوری نموده است. در دنیای هوش مصنوعی، داده طلا است، نفت است، جنس با

ارزشی است که جایگزین ندارد. دلیل این موضوع به عملکرد یادگیری ماشینی برمی گردد، برای اینکه هوش مصنوعی بتواند کار خود را به درستی انجام دهد، باید داده های صحیح و مناسب برای آن فراهم شود که بخش اعظم این کار مستلزم حضور متخصصین است. این فرایند به شدت وقت گیر و پرهزینه است و همین موضوع یکی از دلایل ارزشمند بودن داده محسوب می گردد.

مهم ترین بخش یادگیری عمیق همین داده است. از جمله مهمترین نوع داده هایی که در سال های اخیر جهت پردازش مورد توجه بسیار زیادی قرار گرفته، تصویر است. از آنجایی که چشم به عنوان یکی از حیاتی ترین حسگرهای انسان نقش بسزایی در زندگی انسان ها دارد، امروزه این امکان برای انسان ها فراهم شده تا در ساخت ربات ها و سیستم های کنترلی از دوربین به عنوان یک چشم مصنوعی استفاده گردد. پنج کاربرد عمده پردازش تصویر را می توان رباتیک، سیستم های دفاعی، مهندسی پزشکی، کنترل صنعتی و گرافیک کامپیوتری عنوان کرد. در سیستم های رباتیک معمولاً از پردازش تصویر برای هدایت ربات و تشخیص اشیاء استفاده می شود. در سیستم های دفاعی برای یافتن هدف و یا رهگیری یک هدف متحرک پردازش تصویر یکی از قابل اعتمادترین روش های موجود می باشد.

در مورد کاربردهای گرافیکی نیز یکی از معروفترین نرم افزارهای مبتنی بر پردازش تصویر فتوشاپ می باشد که همه با کاربردهای این نرم افزار آشنا هستند. تشخیص نوع بیماری نیز رایج ترین کاربرد پردازش تصاویر پزشکی است. در نهایت، امروزه خطوط تولید صنعتی برای کنترل کیفیت محصولات تولید شده و همچنین کنترل حرکات خط تولید از سیستم های مبتنی بر پردازش تصویر بهره جسته اند.

به دلیل اهمیت پردازش تصویر و بینایی ماشین و همچنین تاثیر بسزای آن در تولید ابزارهای جدید و کمک به رشد و تکامل ابزارهای قدیمی و نیز به دلیل جایگاه ویژه آن در اکثر علوم مهندسی، هر ساله تحقیقات بسیار زیادی در سراسر جهان انجام می شود. تحقیق حاضر سعی دارد از یادگیری عمیق به عنوان جدیدترین روش یادگیری ماشین برای پردازش تصاویر که یکی از کاربردی ترین و پراستفاده ترین ابزارهای علمی است، استفاده کن

۳-۱ اهداف پژوهش

اهداف این پژوهش به تفصیل در دو قسمت هدف اصلی و اهداف فرعی در ادامه آورده شده است.

۳-۱-۱ اهداف اصلی

اصلی‌ترین هدف پژوهش حاضر ارائه یک روش جدید مبتنی بر یادگیری عمیق به‌عنوان یکی از به‌روزترین روش‌های یادگیری ماشین در زمینه پردازش تصویر است. نظر به پیشرفت‌های سریع علمی و لزوم دستیابی به بالاترین دقت، این نیاز هر روز بیش از پیش احساس می‌شود.

۳-۱-۲ اهداف فرعی

اهداف فرعی این پژوهش شامل مواردی است که در ادامه آمده است.

۱- کسب دقت بالای طبقه‌بندی نسبت به روش‌های مشابه.

۲- جستجوی روشی با زمان محاسباتی کوتاه‌تر.

۳- انتخاب شبکه‌ای با معماری مناسب.

۴-۱ ساختار پژوهش

ساختار پایان‌نامه حاضر به‌طور خلاصه به شرح آنچه در ادامه آمده است، می‌باشد. در فصل اول کلیات پژوهش، اهمیت و اهداف آنها بیان شده است. فصل دوم به معرفی تکنیک‌ها و ابزارهای لازم برای استفاده از روش‌های یادگیری عمیق خصوصاً در پردازش تصویر پرداخته است. در فصل سوم پژوهش‌های پیشین چه در داخل و چه در خارج از کشور بررسی و مقایسه شده‌اند. این پژوهش‌ها عمدتاً کاربردهای یادگیری عمیق در زمینه‌های مختلف و به‌طور ویژه در زمینه پردازش تصویر هستند. روش و ایده پیشنهادی به تفصیل در فصل چهارم ارائه شده است. فصل پنجم به ارزیابی روش پیشنهاد شده و مقایسه راهکارهای مختلف که در طی اجرای پروژه پیشنهاد شده‌اند، اختصاص یافته است. همچنین مقایسه این روش با روش‌های سایر منابع نیز با

ذکر منبع آورده شده است. در نهایت، در آخرین فصل نتایج و خلاصه پایان نامه به همراه پیشنهاداتی جهت ادامه کار و بهبود روش های قبلی ذکر شده است.

فصل دوم

مفاهیم و ادبیات مرتبط با موضوع پژوهش

۱-۲ مقدمه

الگوریتم‌های یادگیری عمیق^۱ زیرمجموعه‌ای از الگوریتم‌های یادگیری ماشین^۲ هستند که هدف آن‌ها کشف چندین سطح از نمایش‌های توزیع شده از داده ورودی است. اخیراً الگوریتم‌های یادگیری عمیق زیادی برای حل مسائل هوش مصنوعی سنتی ارائه شده‌اند. در این فصل مروری بر بعضی از الگوریتم‌های به‌روز این مبحث در حوزه بینایی کامپیوتر انجام شده است. در ابتدا به مقدمه‌ای از شبکه‌های عصبی و تعریف تعدادی از اصطلاحات رایج و کاربردی در این زمینه و همین‌طور یادگیری عمیق پرداخته می‌شود. سپس خلاصه‌ای از چندین روش یادگیری عمیق متفاوت و پیشرفت‌های اخیر آن‌ها ارائه شده و سپس به‌صورت خلاصه کاربردهای هر یک در زمینه‌های مختلف بینایی همانند دسته‌بندی تصاویر^۳، شناسایی اشیاء، استخراج تصاویر، قطعه‌بندی معنایی^۴ و برآورد ژست انسان^۵ توضیح داده می‌شود. در انتهای این بخش نیز گرایش‌ات و مشکلات آینده در طراحی و آموزش شبکه‌های عصبی عمیق به‌صورت خلاصه ارائه می‌شود. (حسن‌پور کلاتی ۲۰۱۶)

۲-۲ مقدمات شبکه‌های عصبی و تعاریف اولیه

اصطلاحاتی که در این بخش بیان شده‌اند عبارتند از: نورون، Bias، Sigmoid، ReLU، Softmax، لایه‌های ورودی، خروجی و مخفی.

¹ Deep learning

² Machine learning

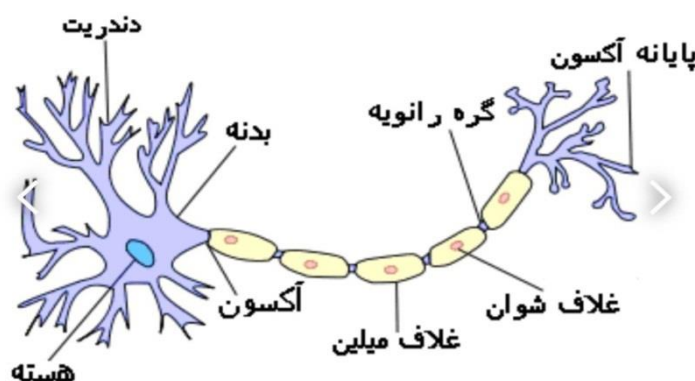
³ Image classification

⁴ Semantic segmentation

⁵ Human pose estimation

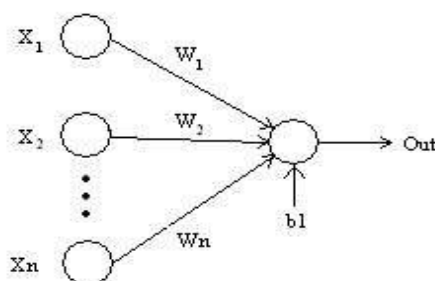
۲-۱-۲ نورون

همان‌طور که عناصر اصلی مغز انسان‌ها از نورون‌ها تشکیل شده‌اند، ساختار پایه شبکه‌های عصبی نیز نورون‌ها هستند. فقط کافی است به این فکر شود که وقتی افراد اطلاعات جدیدی دریافت می‌کنند، چکار می‌کنند. وقتی اطلاعات را دریافت می‌کنند، ابتدا آن را پردازش می‌کنند و سپس یک خروجی بر اساس آن می‌سازند. در زمینه شبکه‌های عصبی نیز به همین شکل است که در شکل ۱-۲ نشان داده شده است. یک نورون یک ورودی را می‌گیرد، آن را پردازش می‌کند و سپس یک خروجی تولید می‌کند که آن را برای پردازش بیشتر به سایر نورون‌ها ارسال می‌کند و یا خودش خروجی پایانی است. [هانس آیزنک ۱۹۸۹]



شکل ۱-۲: ساختار نورون (هانس آیزنک ۱۹۸۹)

هنگامی که یک ورودی وارد نورون می‌شود، توسط وزن بخش‌بندی می‌شود. برای مثال، اگر یک نورون دو ورودی داشته باشد، هر ورودی یک وزن مربوط به خود را دارد. مقداردهی اولیه این وزن‌ها به صورت شانسی صورت می‌گیرد و آن‌ها در هنگام پروسه یادگیری، به‌روزرسانی می‌شوند. پس از شروع فرآیند یادگیری، شبکه عصبی به ورودی‌هایی که از نظرش مهم‌تر هستند، وزن بیشتری را اختصاص می‌دهد. داشتن وزن صفر نشان‌دهنده بی‌اهمیت بودن است. فرض می‌شود که «a» ورودی، و « w_1 » وزن اختصاص داده شده به آن است. پس از عبور ورودی از گره، تبدیل به $a \times w_1$ می‌شود. شمای یک نورون در شکل ۲-۲ نشان داده شده است.



شکل ۲-۲: شمای یک نورون (کوهونن ۱۹۶۲)

Bias ۲-۲-۲

علاوه بر وزن، یکی دیگر از اجزای خطی که روی ورودی تأثیر می‌گذارد، «Bias» نام دارد. Bias به حاصل ضرب وزن در ورودی اضافه می‌شود. درواقع به مقدار اضافه می‌شود تا محدوده مقدار حاصل شده از ضرب وزن در ورودی را تغییر دهد. پس از اینکه Bias اضافه می‌شود، مقدار به $a \times w_1 + \text{Bias}$ تغییر پیدا می‌کند. Bias آخرین جزء خطی است که به تبدیل ورودی کمک می‌کند.

۳-۲-۲ تابع فعال‌سازی

زمانی که کار اجزای خطی با ورودی تمام می‌شود، یک تابع غیرخطی به آن اعمال می‌شود. در این مرحله، تابع فعال‌سازی^۱ کار خود را بر روی حاصلی که از اجزای خطی به دست آمده است، انجام می‌دهد. این تابع سیگنال‌های ورودی را به سیگنال‌های خروجی تبدیل می‌کند. مقدار خروجی پس از اعمال تابع فعال‌سازی، چیزی شبیه به $f(a \times w_1 + \text{Bias})$ می‌شود که f تابع فعال‌سازی است. در نمودار شکل ۳-۲، n ورودی به صورت x_1 تا x_n به وزن‌های مربوطه از wk_1 تا wk_n داده شده‌اند. ابتدا وزن‌ها در ورودی‌های خودشان ضرب و سپس با مقدار Bias جمع می‌شوند که حاصل u نامیده می‌شود $u = \sum w \times x + b$. سپس تابع فعال‌سازی بر روی u اعمال

^۱Activation function