به نام همه خوبی ها

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و

نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه

متعلق به دانشگاه رازی است.

دانشکده فنی مهندسی

گروه مهندسی شیمی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته ی مهندسی شیمی گرایش طراحی فرایندها

پیش بینی دراز مدت میزان مصرف انرژی برق و گاز با استفاده از روش Neuro-Fuzzy

استاد راهنما:

دکترغلامرضا زاهدی

نگارش:

سعید عزیزی

شهریور ماه ۱۳۸۸

تقدیم این اثر تشکری کوچک است از بزرگواری هایتان،

پدر و مادر عزیزم

چکیده

در تحقیق انجام شده پیش رو، میزان مصرف انرژی در «آنتاریو»، به کمک یک سیستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی (ANFIS) با استفاده از داده های سالانه مربوط به سال های 1976 تا 2005 مدل شده است. اطلاعات مربوط به 9 متغیر برای استفاده به عنوان ورودی شبکه در دسترس بودند که از این میان فقط 6 متغیر به کار رفته است. این داده ها شامل متغیر اشتغال، تولید ناخالص داخلی، جمعیت، تعداد خانوار و دو پارامتر تعریف شده نشان دهنده میزان گرما یا سرمای هر سال ، بوده اند. این داده ها به کمک یک تحلیل آماری با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون برای بررسی میزان همبستگی هرکدام از آنها با میزان مصرف انرژی، انتخاب گردیده اند. بعد از یافتن مدل مناسب با میزان خطای پایین در پیش بینی میزان مصرف انرژی، مصرف انرژی تا سال 2015 پیش بینی گردید و حساسیت شبکه در پیش بینی نسبت به هر یک از پارامتر های ورودی، بررسی و تحلیل گریده است. با انجام این تحلیل، مشخص شد که متغیر اشتغال بیشترین تاثیر را در میزان مصرف انرژی خواهد داشت.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

پیشگفتار ۱

فصل اول : شبکه های عصبی

۱-۱- مقدمه ۴

۱-۲- شبکه عصبی چیست؟ ۷

۱-۲-۱- نرون، سنگ بنای یک شبکه عصبی ۷

۱-۲-۲- توابع فعالیت ۱۰

۱-۳- شبکه های عصبی بیولوژیکی ۱۴

۱-۴- برخی از کاربردهای شبکه های عصبی ۱۶

۱-۵- ساختار شبکه های عصبی ۱۷

۱-۶- آموزش شبکه عصبی مصنوعی ۲۰

۱-۶-۱- تنظیم وزن ها ۲۰

۱-۶-۲- الگوریتم های آموزش شبکه های عصبی مصنوعی ۲۱

۱-۷- تاریخچه شبکه های عصبی ۲۳

فصل دوم: منطق فازی

۲-۱- مقدمه ۲۹

۲-۲- پیدایش منطق فازی ۳۰

۲-۳- تفاوت میان نظریه احتمالات و منطق فازی ۳۲

۲-۴- ساختار سیستم های فازی ۳۴

۲-۴-۱ مجموعه های فازی ۳۵

۲-۴-۲- قواعد فازی ۳۹

۲-۵- سیستم های استنباط فازی ۴۴

۲-۵-۱- مدل فازی ممدانی ۴۵

۲-۵-۲- مدل فازی سوگنو ۴۶

۲-۵-۳- مدل فازی تسو کاموتو ۴۸

۲-۶- کاربرد های منطق فازی ۴۹

فصل سوم: سیستم های Neuro – Fuzzy

۳-۱- مقدمه ۵۱

۳-۲- سیستم استنتاج فازی عصبی تطبیقی (ANFIS) ۵۲

فصل چهارم: طراحی مدل

۴-۱- مقدمه ۵۵

عنوان **صفحه**

۴-۲- داده های مدل ۵۶
۴-۳- تحلیل آماری داده ها با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون ۵۷
۴-۴- طراحی سیستم ANFIS ۶۰

فصل پنجم: پیش بینی به کمک مدل، آنالیز حساسیت، بحث و نتیجه گیری

۵-۱- مقدمه ۷۳
۵-۲- پیش بینی میزان مصرف انرژی تا سال ۲۰۱۵ ۷۳
۵-۳- آنالیز حساسیت مدل ۸۱
۵-۳-۱- روش بررسی ۸۱
۵-۳-۲- اشتغال ۸۲
۵-۳-۳- تولید ناخالص داخلی ۸۳
۵-۳-۴- جمعیت ۸۴
۵-۳-۵- تعداد خانوار ۸۵
۵-۳-۶- نتیجه گیری ۸۶
۵-۴- بحث و نتیجه گیری ۸۷

منابع و مآخذ ۸۹

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- یک نرون مصنوعی ساده ۹
شکل ۱-۲- یک شبکه مصنوعی خیلی ساده ۹
شکل ۱-۳- یک نرون تک ورودی ۱۰
شکل ۱-۴- تابع فعالیت پله ای ۱۱
شکل ۱-۵- تابع فعالیت خطی ۱۲
شکل ۱-۶-تابع فعالیت log_sigmoid ۱۳
شکل ۱-۷- نروون بیولوزیکی ۱۵
شکل ۱-۸- یک شبکه عصبی یک لایه ۱۸
شکل ۱-۹- یک شبکه عصبی چند لایه ۱۹
شکل ۱-۱۰– شمای شبکه عصبی Elman ۲۰
شکل ۲-۱– وضعیت اعضای مجموعه A در رابطه با عضویت در زیر مجموعه B ۳۶
شکل ۲-۲- تابع عضویت اعداد مجموعه A در مجموعه اعداد بزرگ ۳۷
شکل ۲-۳- تابع عضویت اعداد مجموعه A در مجموعه اعداد کوچک ۳۷
شکل ۲-۴- تابع عضویت اعداد مجموعه A در مجموعه اعداد متوسط ۳۸
شکل ۲-۵- توابع عضویت بزرگ(آبی رنگ)، متوسط(سیاه رنگ)وکوچک(قرمز رنگ)برای اعداد مجموعه A ۳۸
شکل ۲-۶– توابع عضویت (الف) ذوزنقه ای، (ب) گوسین و (ج) زنگوله ای شکل ۳۹
شکل ۲-۷- توابع عضویت برای سیستم کنترل دمای اتاق ۴۰
شکل ۲-۸- مقادیر μ_1 و μ_2 برای دمای هوای Tx_1 ..... ۴۲
شکل ۲-۹- غیر فازی سازی به روش مرکز سطح ۴۳
شکل ۲-۱۰- روش های متداول برای غیر فازی سازی ۴۴
شکل ۲-۱۱- نمونه ای از مدل فازی ممدانی با دو ورودی و دو قانون ۴۵
شکل ۲-۱۲- نمونه ای ازیک مدل فازی سوگنو با دو ورودی و دو قانون ۴۷
شکل ۲-۱۳- نمونه ای از یک مدل فازی تسوکاموتو با دو ورودی و دو قانون ۴۸
شکل ۳-۱- یک مدل ANFIS با دو ورودی و یک خروجی ۵۲
شکل ۴-۱- داده های آموزش و امتحان شبکه، متغیر اشتغال ۶۲
شکل ۴-۲- داده های آموزش و امتحان شبکه، متغیر تولید ناخالص داخلی ۶۲
شکل ۴-۳- داده های آموزش و امتحان شبکه، متغیر جمعیت ۶۳
شکل ۴-۴- داده های آموزش و امتحان شبکه، متغیر تعداد خانوار ۶۳
شکل ۴-۵- داده های آموزش و امتحان شبکه، متغیر HDD ۶۴
شکل ۴-۶- داده های آموزش و امتحان شبکه متغیر CDD ۶۴

عنوان **صفحه**

شکل ۴-۷- داده های آموزش و امتحان شبکه، متغیر میزان مصرف انرژی ۶۵
شکل ۴-۸- توابع عضویت متغیر اشتغال ۶۶
شکل ۴-۹- توابع عضویت متغیر تولید ناخالص داخلی 66
شکل ۴-۱۰- توابع عضویت متغیر جمعیت 67
شکل ۴-۱۱- توابع عضویت متغیر تعداد خانوار 67
شکل ۴-۱۲- توابع عضویت متغیر HDD 68
شکل ۴-۱۳- توابع عضویت متغیر CDD 68
شکل ۴-۱۴- نتایج بدست آمده از مدل در مقابل مقادیر واقعی برای داده های آموزش 69
شکل ۴-۱۵- نتایج بدست آمده از مدل در مقابل مقادیر واقعی برای داده های امتحان 70
شکل ۴-۱۶- نتایج بدست آمده از مدل در مقابل مقادیر واقعی برای کل داده ها 71
شکل ۵-۱- روند تغییرات متغیر اشتغال در فاصله سال های ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۵ 74
شکل ۵-۲- روند تغییرات متغیر تولید ناخالص داخلی در فاصله سال های ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۵ 74
شکل ۵-۳- روند تغییرات متغیر جمعیت در فاصله سال های ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۵ 75
شکل ۵-۴- روند تغییرات متغیر تعداد خانوار در فاصله سال های ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۵ 75
شکل ۵-۵- روند تغییرات متغیر HDD در فاصله سال های ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۵ 76
شکل ۵-۶- روند تغییرات متغیر CDD در فاصله سال های ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۵ 77
شکل ۵-۷- روندتغییرات میانگین های دوره های۵ساله درفاصله سال های۱۹۷۶تا۲۰۰۵برای متغیر HDD .. 78
شکل ۵-۸- روندتغییرات میانگین های دوره های۵ساله درفاصله سال های۱۹۷۶تا۲۰۰۵برای متغیر CDD .. 78
شکل ۵-۹- انرژی مصرفی، ۱۹۷۶ تا ۲۰۱۵ 79
شکل ۵-۱۰- روند تغییرات مصرف انرژی در اثر تغییر در میزان اشتغال بدون تغییر در دیگر متغیر ها 82
شکل ۵-۱۱- روند تغییرات مصرف انرژی در اثر تغییر در تولید ناخالص داخلی بدون تغییر در دیگر متغیرها.. 83
شکل ۵-۱۲- روند تغییرات مصرف انرژی در اثر تغییر در میزان جمعیت بدون تغییر در دیگر متغیر ها 84
شکل ۵-۱۳- روند تغییرات مصرف انرژی در اثر تغییر در تعداد خانوار بدون تغییر در دیگر متغیر ها 85
شکل ۵-۱۴- مقایسه تاثیر تغییرات در متغیرهای مختلف برروی مصرف انرژی 86

فهرست جدول ها

عنوان **صفحه**

جدول ۴-۱- ضریب همبستگی پیرسون بین میزان مصرف انرژی و پارامترهای مختلف..... ۵۸
جدول ۵-۱- انرژی مصرفی، سال های ۱۹۷۶ تا ۲۰۱۵..... ۸۰
جدول ۵-۲- شیب تغییرات میزان مصرف الکتریسیته نسبت به متغیرهای مختلف..... ۸۷

پیشگفتار

انرژی و پارامترهای مربوط به آن، امروزه به یکی از مهمترین مسائل در تصمیم گیری های کلان مدیریتی جهان تبدیل شده اند. میزان تولید و مصرف انرژی صرفا یک مسئله اقتصادی به حساب نمی آید، بلکه مسائل سیاسی و اجتماعی فراوانی به آن وابسته شده و با آن در آمیخته است. از این رو در بسیاری از نقاط جهان تلاش شده است که به نحوی از میزان تقاضای انرژی در سال های پیش رو اطلاع یابند تا در جهت تامین ابزار لازم برای تولید آن تلاش کنند. این آگاهی به مدیران و تصمیم گیران در این زمینه، کمک می کند تا با اتخاذ تصمیمات و سیاست های کاهشی مناسب، میزان مصرف را کاهش دهند و حرکت جامعه را هدایت کنند تا الگوی رفتاری خود را به نوعی که صرفه اقتصادی بیشتری برای آن منطقه در بر داشته باشد، تغییر دهند. مطالعات گسترده ای انجام شده است تا دریابند که چه عامل یا عواملی در انجام این امور بیشترین تاثیر را خواهند داشت و یا نحوه تاثیر گذاری آنها به چه صورتی می باشد. در این میان پارامترهای اقتصادی نظیر تولید ناخالص داخلی، درآمد سرانه، نرخ اشتغال یا نرخ بیکاری و بسیاری پارامترهای دیگر بیشتر از سایر متغیرها مورد توجه قرار گرفته اند. به عنوان نمونه، «رمضان سری[1]» و همکارانش [1] رابطه بین مصرف انواع مختلف انرژی و نرخ اشتغال و رشد درآمد سرانه را در کشور ترکیه بررسی کردند. مطالعات مشابهی نیز در کشور استرالیا توسط «نرایان[2]» و همکارانش [2] انجام شد. آنها، هم رابطه دراز مدت و هم رابطه کوتاه مدت میزان مصرف الکتریسیته با نرخ اشتغال و درآمد را مورد بررسی قرار دادند. مطالعه رابطه بین میزان مصرف الکتریسیته و تولید ناخالص داخلی در10 کشورصنعتی آسیایی (چین، هنگ کنگ، اندونزی، هند، کره، مالزی، فیلیپین، سنگاپور، تایوان و تایلند) توسط «چن[3]» و همکارانش [3] نیز نمونه ای دیگر از کارهای انجام شده است. در تحقیق دیگری، موسسه آلمانی «تحقیقات اقتصادی (DIW)» توسط «گروه مشاوره آلمانی مشاوره در امور اصلاح اقتصادی دراوکراین[4]» در سال1998 جهت پیش بینی میزان مصرف انرژی تا سال2010 در اوکراین ماموریت یافت. این پروژه در سال1999 موضوع تحقیق «مانفرد هورن» قرار گرفت [4]. «جیمز ای پین[5]» نیز در سال2009، با استفاده از داده های سالانه 2006-1949مقایسه ای بین رابطه میزان مصرف انرژی های تجدید ناپذیر و تجدید پذیر با تولید ناخالص داخلی در کشور آمریکا نجام داد [5]. همچنین در کشور پاکستان، «انجوم عاقل[6]» در تحقیق خود [6] تاثیر رشد اقتصادی را بر مصرف انرژی مورد مطالعه قرار داده است. مطالعه انجام شده توسط «جی دی ویتا[7]» و همکارانش [7] نیز که با استفاده از داده های بین سال های1980 -2002 در نامیبیا انجام شد، به این نتیجه رسید که تولید ناخالص داخلی تاثیر مستقیم و قیمت انرژی و دمای هوا تاثیر غیر مستقیم در میزان مصرف انرژی خواهند داشت.

برخی مقالات و مطالعات نیز پارامترها و عوامل دیگری غیر از موارد اقتصادی را مورد بررسی قرار داده و نحوه تاثیر گذاری یا تاثیر پذیری آنها را در رابطه با میزان مصرف انرژی تحقیق کرده اند. نظیر کاری که «ویلر [8]» و همکارانش انجام داده [8]. آنها تلاش کردند تا رابطه بین میزان مصرف انرژی و دمای روزانه هوا را در کشور اسپانیا تحلیل کنند.

---

[1] - Ramazan Sari
[2] - Narayan
[3] - Chen
[4] - Advisory Group on Economic Reform in Ukraine
[5] - James E. Pane
[6] - Anjum Aqeel
[7] - G. De Vita
[8] - Valor

در تمامی این تحقیقات اشاره شده، روش ها و تکنیک های آماری نظیر رگرسیون و سری های زمانی جهت پیش بینی و یافتن مدل مناسب به کار رفته بودند. امروزه با بوجود آمدن روشهای نوین هوش مصنوعی در کنار پیشرفت های نرم افزاری و سخت افزاری که همه روزه شاهد افزایش آنها هستیم، برخی از محققین، این شیوه های نوین محاسباتی را در مطالعات خود بکار برده اند. به عنوان مثال «آجیت آبراهام [1]» و همکارانش [9] یک روش فازی-عصبی را برای مدل سازی الگوی مصرف الکتریسیته در «ویکتوریا» به کار بردند. در مقاله دیگری نیز که حاصل کار «بکالی[2]» و همکارانش [10] بوده است یک شبکه عصبی مصنوعی ارائه شده است که میزان مصرف کوتاه مدت الکتریسیته در «پالرمو» را پیش بینی می کند. در این مقاله اشاره شده که دلیل استفاده از شبکه های عصبی به جای روش های آماری، نقصان اطلاعات در مورد میزان مصرف الکتریسیته در منطقه مورد مطالعه بوده است. توانایی روش های نوین هوش مصنوعی در پوشش چنین مشکلاتی که روش های قدیمی همواره با آنها مواجه بوده اند، محققان زیادی را ترغیب کرده است تا در پژوهش های خود از آنها استفاده کنند.

در تحقیق انجام شده در این پایان نامه نیز یک مدل فازی-عصبی برای پیش بینی میزان مصرف الکتریسیته در «آنتاریو» در کشور کانادا با استفاده از شش متغیر ورودی میزان اشتغال، تولید ناخالص داخلی، میزان جمعیت، تعداد خانوار و دو متغیر دمایی ارائه شده است. در ادامه، نحوه بکار گیری داده ها، ساختار مدل طراحی شده و نتایج حاصل از آن به طور کامل توضیح داده شده اند. البته از آنجا که مدل های فازی عصبی تلفیقی از دومدل شبکه های عصبی و سیستم های منطق فازی هستند، قبل از تشریح ابتدایی مدل های فازی عصبی، این دو مدل و جزئیات مربوط به آنها در فصل های جداگانه ایی معرفی شده اند. در انتها نیز با استفاده از مدل بدست آمده میزان تاثیر گذاری هر یک از متغیر ها بر روی مصرف انرژی تحلیل شده که نتایج آن در فصل انتهایی آورده شده است.

[1] - Ajit Abraham
[2] - Beccali

فصل اول

شبکه های عصبی

1-1- مقدمه

شبکه‌های عصبی را می‌توان با اغماض زیاد، مدل‌های الکترونیکی از ساختار عصبی مغز انسان نامید. مکانیسم فراگیری و آموزش مغز اساساً بر تجربه استوار است. مدل‌های الکترونیکی شبکه‌های عصبی طبیعی نیز بر اساس همین الگو بنا شده‌اند و روش برخورد چنین مدل‌هایی با مسائل، با روش‌های محاسباتی که به‌طور معمول توسط سیستم‌های کامپیوتری در پیش گرفته شده‌اند، تفاوت دارد. می‌دانیم که حتی ساده‌ترین مغزهای جانوری هم قادر به حل مسائلی هستند که اگر نگوییم که کامپیوترهای امروزی از حل آنها عاجز هستند، حداقل در حل آنها دچار مشکل می‌شوند. به عنوان مثال، مسائل مختلف شناسایی الگو، نمونه‌ای از مواردی هستند که روش‌های معمول محاسباتی برای حل آنها به نتیجه مطلوب نمی‌رسند. درحالی‌که مغز ساده‌ترین جانوران به راحتی از عهده چنین مسائلی بر می‌آید. تصور عموم کارشناسان فناوری اطلاعات بر آن است که مدل‌های جدید محاسباتی که بر اساس شبکه‌های عصبی بنا می‌شوند، جهش بعدی صنعت فناوری اطلاعات را شکل می‌دهند. تحقیقات در این زمینه نشان داده است که مغز، اطلاعات را همانند الگوها[1] ذخیره می‌کند. فرآیند ذخیره‌سازی اطلاعات به‌صورت الگو و تجزیه و تحلیل آن الگو، اساس روش نوین محاسباتی را تشکیل می‌دهند. این حوزه از دانش محاسباتی به هیچ وجه از روش‌های برنامه‌نویسی سنتی استفاده نمی‌کند و به‌جای آن از شبکه‌های بزرگی که به‌صورت موازی آرایش شده‌اند و تعلیم یافته‌اند، بهره می‌جوید.

توسعه شبکه های عصبی مصنوعی قریب به60 سال پیش آغاز شد و در این مدت فراز ونشیب های زیادی را پشت سر گذاشته است. امروزه کامپیوتر هایی با قابلیت های محاسباتی بالا ، فرایند های شبیه سازی عصبی را راحت تر ساخته اند.

زمینه های کاربرد شبکه های عصبی بسیار متفاوت است و می توان گفت در اکثر زمینه های علوم وارد شده است . به عنوان مثال مهندسان الکترونیک کاربردهای زیادی در پردازش سیگنال [2] ها و تئوری کنترل یافته اند. مهندسان کامپیوتر شبکه های عصبی را در ساخت سخت افزارهای جدید و از جمله در رباتیک به

[1] - Pattern
[2] -Signal processing

کار گرفته اند . در دانش ریاضی ، شبکه های عصبی برای مدل سازی مسائلی که یک فرم واضح [1] برای بیان رابطه مشخص بین متغیر ها شناخته نشده باشد به کار رفته است.

دیدگاه های متفاوتی درباره طبیعت شبکه های عصبی وجود دارد.از جمله اینکه آیا یک شبکه عصبی یک قطعه سخت افزاری از کامپیوتر است یا یک برنامه کامپیوتری ؟ آنچه باید گفت این است که شبکه های عصبی اساسا مدل های ریاضی پردازش اطلاعات هستند.آنها یک روش برای بیان روابطی بسیار متفاوت تر از آنچه در قبل می دانستیم (بین متغیر ها) معرفی می کنند. همچون سایر روش ها ی محاسباتی ، قابلیت های منابع کامپیوتری ،چه سخت افزاری و چه نرم افزاری ، کاربردهای این روش را به ویژه در حل مسائل پیچده به شدت افزایش داده اند.

به نظر می آید شبیه سازی های شبکه عصبی یکی از پیشرفت های اخیر باشد . اگرچه این موضوع پیش از ظهور کامپیوتر ها بنیان گذاری شده و حداقل یک مانع بزرگ تاریخی و چندین دوره مختلف را پشت سر گذاشته است . خیلی از پیشرفت های مهم با تقلید ها وشبیه سازی های ساده و ارزان کامپیوتری بدست آمده است. در پی یک دوره ابتدائی اشتیاق و فعالیت در این زمینه ، یک دوره ی بی میلی و بدنامی راهم پشت سر گذاشته است . در طول این دوره سرمایه گذاری و پشتیبانی حرفه ای از این موضوع در پایین ترین حد خود بود ، پیشرفت های مهمی به نسبت تحقیقات محدود در این زمینه صورت گرفت . که بدین وسیله پیشگامان قادر شدند تا به گسترش تکنولوژی متقاعد کننده ای بپردازند که خیلی برجسته تر از محدودیت هایی بود که توسط «مینسکی[2]» و«پیپرت[3]» شناسانده شد. آنها در سال1969 کتابی را منتشر کردند که در آن عقیده عمومی را جع به میزان محرومیت شبکه های عصبی را در میان محققان معین کرده بود و بدین صورت این عقیده بدون تجزیه و تحلیل های بیشتر پذیرفته شد. هم اکنون ، زمینه تحقیق شبکه های عصبی از تجدید حیات علایق و متناطر با آن افزایش سرمایه گذاری لذت می برد.

اولین سلول عصبی مصنوعی در سال1943 بوسیله یک نوروفیزیولوژیست[4] به نام «وارن کوخ[5]» ویک منطق دان به نام «والتر پیتز[6]» ساخته شد . اما محدودیتهای تکنولوژی در آن زمان اجازه کار بیشتر به آنها نداد. در سال ۱۹۴۹ یک مدل خطی ساده از شبکه های عصبی مصنوعی توسط مک کوخ و پیتز مطرح شد. سپس پرسپترون الگوریتمهای یادگیری را ارائه نمود . سال ۱۹۶۹ آغاز افول موقت شبکه های عصبی شد . زیرا عدم توانایی شبکه های عصبی در حل مسائل غیر خطی آشکار شد. شبکه های عصبی مصنوعی آن زمان فقط قادر به حل مسائلی بودند که می توانستیم پاسخهای آن مسئله را توسط یک خط در محور مختصات از هم

[1] -Explicit
[2] - Minsky
[3] - Papert
[4] - neurophysiologist
[5] - Warren McCulloch
[6] - Walter Pitts

جدا کنیم. در ۱۹۸۲ هاپفیلد با معرفی شبکه های چند لایه و الگوریتمهای یادگیری دارای پس خور[1] ، راه حلی برای حل موارد غیر خطی ارائه کرد .در این زمان بود که شبکه های بازگشتی[2] ، خودسازمانده[3] و روش یادگیری هیبیان مطرح شد .از نیمه دهه نود ، نسل سوم شبکه های عصبی مطرح شدند که عبارت بودند از تعیین محدودیتهای تئوری و عملی شبکه، عمومیت و حدود آن، شبکه عصبی ترکیب و الگوریتمهای ژنتیکی و منطق فازی . در نهایت، امروزه استفاده عملی و پیاده سازی تجاری و سخت افزار شبکه های عصبی ممکن شده است . در بخش انتهایی همین فصل تحت عنوان «تاریخچه شبکه های عصبی » روند تغییرات بوجود آمده بر روی ساختارها وروش های آموزش در شبکه های عصبی توسط افراد مختلف بیان شده است.

برخی از کاربردهایی را که برای شبکه های عصبی امروزه مطالعه شده و عملی گشته است می توان سیستم آنالیز ریسک، کنترل هواپیما بدون خلبان، ردیابی انحراف هواپیما، شبیه سازی مسیر، سیستم راهنمایی اتوماتیک اتومبیل، سیستمهای بازرسی کیفیت، آنالیز کیفیت جوشکاری، پیش بینی کیفیت، آنالیز کیفیت کامپیوتر، آنالیز عملیاتهای آسیاب، آنالیز طراحی محصول شیمیایی، آنالیز نگهداری ماشین، پیشنهاد پروژه، مدیریت و برنامه ریزی، کنترل سیستم فرایند شیمیایی و دینامیکی، طراحی اعضای مصنوعی، به‌ینه سازی زمان پیمایش اعضا، کاهش هزینه بیمارستان، بهبود کیفیت بیمارستان، آزمایش اتاق اورژانس، اکتشاف روغن و گاز، کنترل مسیر در دستگاههای خودکار و ربات و جراثقال، سیستمهای بصری، تشخیص صدا، اختصار سخن، کلاسه بندی صوتی، آنالیز بازار، سیستمهای مشاوره ای محاسبه هزینه موجودی، اختصار اطلاعات و تصاویر، خدمات اطلاعاتی اتوماتیک، مترجم لحظه ای زبان، سیستمهای پردازش وجه مشتری، سیستمهای تشخیص ترمز کامیون، زمانبندی وسیله نقلیه، سیستمهای مسیریابی، کلاسه بندی نمودارهای مشتری/ بازار، تشخیص دارو، بازبینی امضا، تخمین ریسک وام، شناسایی طیفی، ارزیابی سرمایه، کلاسه بندی انواع سلولها ، میکروبها و نمونه ها، پیش بینی فروشهای آینده، پیش بینی ویژگیهای محصول، پیش بینی وضعیت بازار، پیش بینی شاخصهای اقتصادی، پیش بینی ملزومات انرژی، پیش بینی واکنشهای دارویی، پیش بینی بازتاب محصولات شیمیایی، پیش بینی هوا، پیش بینی محصول، پیش بینی ریسک محیطی، پیش بینی جداول داوری، مدل کردن کنترل فرآیند، آنالیز فعالیت گارانتی، بازرسی اسناد، تشخیص هدف، تشخیص چهره، انواع جدید سنسورها، دستگاه کاشف زیر دریایی بوسیله امواج صوتی ، رادار، پردازش سیگنالهای تصویری شامل مقایسه اطلاعات، پیگیری هدف، هدایت جنگ افزارها، تعیین قیمت وضعیت فعلی، جلوگیری از پارازیت، شناسایی تصویر / سیگنال، چیدمان یک مدار کامل، بینایی ماشین، مدل کردن غیر خطی، ترکیب صدا، کنترل فرآیند ساخت، آنالیز مالی، پیش بینی فرآیندهای تولید، ارزیابی بکارگیری یک سیاست، به‌ینه

[1] - Feedback
[2] - RBF
[3] - Autoregressive

سازی محصول، تشخیص ماشین و فرآیند، مدل کردن کنترل سیستمها، مدل کردن ساختارهای شیمیایی، مدل کردن سیستمهای دینامیکی، مدل کردن سیگنال تراکم، مدل کردن قالبسازی پلاستیکی، مدیریت قراردادهای سهام، مدیریت وجوه بیمه، مدیریت سهام، تصویب چک بانکی، اکتشاف تقلب در کارت اعتباری و ثبت نسبی عنوان کرد.

1-2- شبکه عصبی چیست؟

1-2-1- نرون، سنگ بنای یک شبکه عصبی

یک شبکه مصنوعی ، یک سیستم پردازش اطلاعات [1] است که کاراکترهای عملیاتی مشابه شبکه های عصبی بیولوژیکی [2] دارند.شبکه های عصبی به عنوان مدل های ریاضی از ذهن بشر بر پایه ریاضیات زیر توسعه یافته اند :

1- پردازش اطلاعات در واحد های ساده بسیاری به نام نرون انجام می شود.

2- سیگنال ها بین نرون ها از طریق خطوط ارتباطی [3] عبور می کنند .

3- هر خط ارتباطی یک پارامتر وزن اختصاصی [4] دارد که در یک شبکه عصبی کلی ، در سیگنال های منتقل شده ضرب می شود.

4- هر نرون یک تابع فعالیت [5] خاص (معمولا غیر خطی) را روی ورودی خود (مجموع سیگنال های ورودی وزن داده شده) اعمال می کند و از این طریق سیگنال خروجی خود را تعیین می کند.

یک شبکه عصبی بوسیله سه مشخصه از سایر شبکه ها متمایز می گردد : 1- الگوی اتصالات بین نرون ها (که به آن ساختار شبکه [6] گفته می شود) 2- روش تعیین وزن هر یک از اتصالات (که به آن الگوریتم آموزش [7] گفته می شود) 3- توابع فعالیت آن .

[1] -Information processing system
[2] -Biological neural networks
[3] -Connection links
[4] -Associated weight
[5] -Activation function
[6] -Network structure
[7] -Training or learning algorithm

یک شبکه عصبی از تعداد بسیار زیادی عناصر پردازش تحت عناوینی چون نرون[1] ،واحد[2]،سلول[3] یا گره[4] گره[4] ساخته شده است .هر نرون بوسیله یک اتصال مستقیم به نرون های دیگر ارتباط می یابد که هر یک از این اتصالات وزن مخصوص خود را دارند.این وزن ها میزان بکار گیری اطلاعات را در شبکه برای حل مسئله مشخص می کنند . شبکه های عصبی می توانند در دامنه گسترده ایی از مسائل به کار روند از جمله ،ذخیره سازی و پیاده سازی داده ها،الگوهای طبقه بندی [5] ، اعمال یک ارتباط کلی از ورودی ها به خروجی ها و یا پیدا کردن راه حل برای حل مسائل بهینه سازی[6].

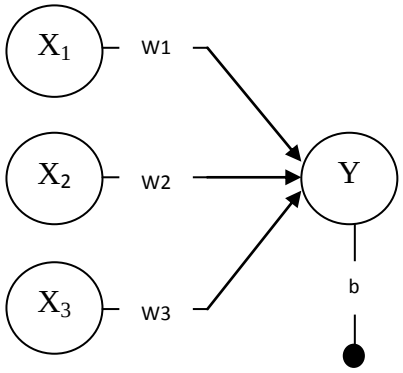
هر نرون یک وضعیت درونی دارد که به آن سطح فعالیت یا فعال سازی نرون گفته می شود و در واقع یک تابع ریاضی از ورودی است . عموما یک نرون خروجی خود را به صورت یک سیگنال به چندین نرون دیگر می فرستد. به این نکته مهم باید توجه داشت که یک نرون فقط می تواند در یک زمان یک سیگنال داشته باشد،هر چند که این سیگنال به چندین نرون دیگر انتشار می یابد.

به عنوان مثال، نرون Y در شکل 1-1 را در نظر بگیرید که از نرون های X_1 ، X_2 و X_3 ورودی هایی دریافت می کند .فعالیت این نرون ها (سیگنال های خروجی) به ترتیب x_1 ،x_2 و x_3 هستند. وزن های مربوط به اتصالات از X_1 ،X_2 و X_3 به Y به ترتیب W_1 ،W_2 و W_3 هستند. ورودی نهایی به نرون Y ،y_{in} ، حاصل جمع سیگنال های وزن دهی شده از نرون های X_1 ،X_2 و X_3 هستند. یعنی :

$$Yin = W1\,x1 + W2\,x2 + W3\,x3 + b \qquad (1\text{-}1)$$

b در رابطه (1-1) تحت عنوان بایاس [7] شناخته می شود که در واقع وزن مربوط به یک ورودی است که همواره مقدار آن برابر 1 است . بایاس در ساختا ر شبکه قابل حذف است و می توان از آن صرف نظر کرد.

[1] -Neuron
[2] -Unit
[3] -Cell
[4] -Node
[5] -Classification patterns
[6] -Optimization problems
[7] -Bias

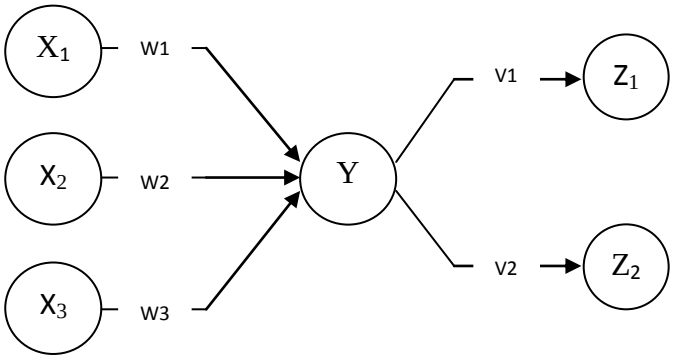


شکل 1-1- یک نرون مصنوعی ساده .

فعالیت نرون Y ، یعنی y ، با استفاده از برخی توابع بر روی ورودی نهایی آن بدست می آید ، $y=f(y_{in})$. به عنوان مثال تابع logistic sigmoid که یک منحنی S شکل است به صورت زیر بر روی این ورودی اعمال می شود .

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \qquad (۲-۱)$$

یا هر تابع فعالیت دیگری را می توان برای نرون بکار برد (چند تابع فعالیت معمول در ادامه ارائه شده است). حال تصور کنید که نرون Y به نرون های Z_1 و Z_2 با وزن های v_1 و v_2 وصل است . همانطور که در شکل 1-2 نشان داده شده است. نرون Y سیگنال خود ،y ، را به هر یک از این واحد ها ارسال می کند. اگر چه در حالت کلی مقدار ریاضی توسط نرون Z_1 با نرون Z_2 متفاوت است ، چرا که هر سیگنال با وزن خود ، v_1 یا v_2 ، تغییر می کند . در یک شبکه در حالت کلی فعالیت های z_1 و z_2 از نرون های Z_1 و Z_2 به ورودی هایی از چند نرون بستگی دارند نه فقط به یک نرون ، مانند آنچه که در این شکل ساده دیده می شود.

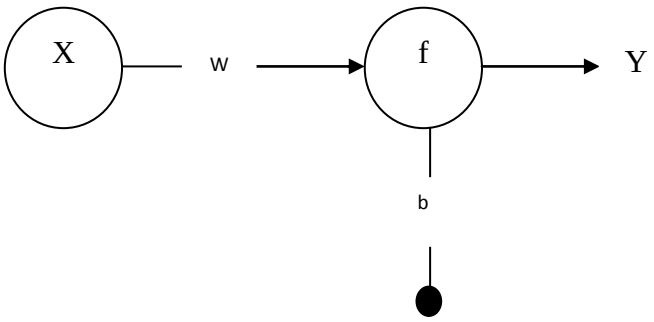


شکل 1-2- یک شبکه مصنوعی خیلی ساده .

اگر چه شبکه عصبی شکل 1-2 خیلی ساده است ، وجود یک واحد پنهان به همراه یک تابع فعالیت غیر خطی ، این امکان را به آن می دهد تا مسائل بسیار بیشتری نسبت به یک شبکه با واحد های ورودی و خروجی را حل کند. البته آموزش یک شبکه با واحد های پنهان (یعنی پیدا کردن مقادیر بهینه وزن ها) بسیار مشکل تر است .

1-2-2- توابع فعالیت

تابع فعالیت نشان داده شده در شکل 1-3 ممکن است یک تابع خطی یا غیر خطی از n باشد . نوع تابع فعالیت بر اساس نوع مسئله ایی که شبکه عصبی مورد نظر با آن درگیر است تعیین و مشخص می گردد. انواع بسیار گسترده ایی از توابع فعالیت برای نرون ها قابل تعریف است .در این جا سه تابع فعالیت که بیشتر مورد استفاده قرار می گیرد شرح داده می شوند



$$Y = f(WX + b)$$

شکل 1-3- یک نرون تک ورودی .

تابع فعالیت پله ای[1] ، در شکل 1-4-الف نشان داده شده است ، خروجی نرون را برابر صفر قرار میدهد ، اگر ورودی تابع کمتر از صفر است و برابر یک ایجاد می کند اگر ورودی آن بزرگتر یا مساوی صفر باشد . این تابع فعالیت در ساخت نرون هایی که ورودی ها را در دو دسته جدا گانه طبقه بندی می کنند بکار می رود .

[1] - hard limit