دانشگاه تربیت معلم سبزوار
دانشکده علوم پایه
گروه ریاضی

پایان نامه ارائه شده به تحصیلات تکمیلی
جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی

شبکه عصبی بازگشتی برای حل مسائل

بهینه سازی غیر خطی

استاد راهنما:

دکتر سید ابوالفضل علوی

استاد مشاور:

دکتر سلیمانی

نگارش:

سعیده زنوزی زاده

مهر ماه ۸۸

فهرست مندرجات

۱ پیشنیازها ۱

۱—۱ مقدمه و تاریخچه ۱

۱—۱—۱ تاریخچه شبکه‌های عصبی ۲

۱—۱—۲ شبکه‌های عصبی در مغز ۵

۱—۱—۳ نورون‌ها و سیناپس‌ها ۵

۱—۱—۴ یادگیری سیناپسی ۶

۱—۱—۵ شبکه‌های عصبی مصنوعی ۷

۱—۱—۶ مدلسازی شبکه عصبی ۱۰

۱—۱—۷ طرز کار مدل سلول عصبی ۱۱

۱—۱—۸ طرز کار شبکه عصبی ۱۳

۱—۱—۹ خصوصیات شبکه عصبی ۱۷

۱—۲ تاریخچه‌ی کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی در حل مسائل بهینه‌سازی ۱۹

۱–۳ تعاریف و قضایا ۲۱

۲ پایداری نمایی سراسری مدل شبکه عصبی برای حل مسائل بهینه سازی ۴۳

۲–۱ مقدمه ۴۴

۲–۲ پایداری نمایی سراسری شبکه عصبی یگان–دوگان برای برنامه ریزی خطی ۴۵

۲–۳ بررسی پایداری نمایی سراسری شبکه عصبی برنامه ریزی محدب با قیدهای بازه‌ای ۴۸

۲–۴ بررسی پایدار نمایی سراسری شبکه عصبی کندی–چاو برای برنامه ریزی محدب ۵۲

۲–۵ بررسی پایداری نمایی سراسری مدل شبکه عصبی برای حل نامساوی وردشی یکنواخت ۵۴

۲–٦ نتیجه گیری ۵٦

۳ شبکه عصبی تصویری و کاربردهای آن در مسائل بهینه سازی مقید ۵۷

۳–۱ مقدمه ۵۸

۳–۲ مدل شبکه عصبی ۶۰
۳–۲–۱ پایداری سراسری ۶۲

۳–۳ کاربرد در مسائل بهینه سازی مقید ۷۰
۳–۳–۱ مسائل مکمل غیر خطی ۷۰
۳–۳–۲ مسائل بهینه سازی غیر خطی مقید ۷۲

۳–۴ مثال های عددی ۷۳

۴ شبکه عصبی بازگشتی برای بهینه سازی محدب غیر خطی با قیدهای نامساوی غیر خطی ۷۹

۴–۱ مسائل و فرمول بندی ۸۰

۴–۲ مدل شبکه عصبی ۸۳

۴–۳ بررسی پایداری ۸۷

۴–۴ مثال ها ۹۵

۴–۵ نتیجه گیری ۱۰۰

A برنامه‌های مثال ها ۱۰۱

B منابع و مأ خذ ۱۱۲

پیشگفتار

برای حل مسائل بهینه سازی روشهای عددی فراوانی وجود دارد،اما هنگامی که بعد و ساختار مسائل بهینه سازی افزایش می یابند، بیشتر این روشها کارایی خود را از دست می دهند. در این حالت یک رهیافت امیدوار کننده استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی می باشد.

این پایان نامه شامل چهار فصل است. در فصل اول، مفاهیم اولیه شبکه های عصبی به طور مختصر توضیح داده‌می شود.

در فصل دوم مفهوم پایداری نمایی سراسری ارائه شده است و سپس پایداری نمایی سراسری چندین مدل شبکه عصبی مورد بررسی قرار گرفته است.

فصل سوم شامل معرفی یک مدل شبکهٔ عصبی برای حل معادلات تصویر غیر خطی می باشد که پایداری این مدل نیز به اثبات رسیده است. در این فصل با استفاده از مثالهای عددی، کارایی مدل معرفی شده، نشان داده می شود.

در فصل چهارم یک مدل شبکه عصبی بازگشتی برای حلمسائل بهینه سازی محدب غیر خطی با قیدهای نامساوی غیر خطی معرفی می شود و کارایی این مدل و مقایسهٔ آن با مدلهای قبلی با استفاده از مثالهای عددی نشان داده می شود.

این پایان نامه همچنین شامل برنامه های کامپیوتری برای حل مثال های فصل ۳ و ۴ می باشد.

فصل ۱

پیشنیازها

۱—۱ مقدمه و تاریخچه

در سالیان اخیر شاهد حرکتی مستمراز تحقیقات صرفا تئوری به تحقیقات کاربردی بخصوص در زمینه‌پردازش اطلاعات برای مسائلی که راه حلی موجود نیست و یا براحتی قابل حل نیستند بوده‌ایم. باعنایت به این امر علاقه فزاینده‌ای در توسعه تئوریک سیستم‌های دینامیکی هوشمند مدل آزاد— که مبتنی بر داده‌های تجربی هستند ایجاد شده است. شبکه‌های عصبی مصنوعی [۱] جزٔ این دسته از سیستم‌های دینامیکی قراردارند که با پردازش روی داده‌های تجربی دانش یا قانون نهفته در ورای داده‌ها را به ساختار شبکه منتقل می‌کنند. به همین خاطر به این سیستم‌ها هوشمند [۲] گویند. چرا که براساس محاسبات روی داده‌های عددی یا مثال‌ها قوانین کلی را فرا می‌گیرند. این سیستم‌ها در

[۱] Artificial Neural Networks(ANN)

[۲] Intelligent

مدلسازی ساختار نروسیناپتیکی [۳] مغز بشر می‌کوشند. پیاده سازی ویژگی‌های شگفت انگیز مغز در یک سیستم مصنوعی (سیستم دینامیک ساخته دست بشر) همیشه وسوسه انگیز و مطلوب بوده است. محققینی که طی سال‌ها در این زمینه فعالیت کرده اند بسیارند، لیکن نتیجه این تلاش‌ها صرف نظر از یافته های ارزشمند باور هر چه بیشتر این اصل بوده است که مغز بشر دست یافتنی است.

باتاکید براین نکته که گذشته از متافیزیک، دور از دسترس بودن ایده آل « هوش طبیعی » را میتوان با عدم کفایت دانش موجود بشر از فیزیولوژی عصبی پذیرفت، باید اذعان داشت که عالی بودن هدف کافی نبودن دانش موجود خود سبب انگیزش پژوهش‌هایی در این زمینه بوده وخواهند بود. همچنان که امروزه شاهد بروز چنین فعالیت‌هایی در قالب شبکه‌های عصبی مصنوعی هستیم، اغلب آن‌هایی که با چنین سیستم‌هایی آشنایی دارند، به اغراق آمیز بودن نام آن‌ها معترفند، اگر چه این اغراق بیانگر مطلوبیت و نیز بعضی شباهت‌های این گونه سیستم‌ها با سیستم‌های طبیعی‌است ولی می‌تواند تا حدی بین آن چه که سیستم‌های عصبی مصنوعی در اختیار قرار می دهد و آن چه که از نامشان بر می آید تناقض ایجاد نماید.

۱—۱—۱ تاریخچه شبکه‌های عصبی

بعضی از پیش زمینه‌های شبکه‌های عصبی را می توان به اوایل قرن بیستم و اواخر قرن نوزدهم برگرداند. در این دوره کارهای اساسی در فیزیک، روانشناسی و نروفیزیولوژی [۴] توسط علمایی چون هرمان فون هلمهلتز[۵] ارنست ماخ [۶] و ایوان پاولف [۷] صورت پذیرفت. این کارهای اولیه عموماً بر تئوری‌های کلی یادگیری بینایی و شرطی تأکید داشتند و اصلاً به مدل‌های مشخص ریاضی عملکرد نرون ها اشاره‌ای نداشتند. دیدگاه جدید شبکه‌های عصبی دردهه ۴۰ قرن بیستم آغاز

[۳] Neuro-Synaptic
[۴] Neuro-Physiology
[۵] Hermann von Helmlots
[۶] Ernest mach
[۷] Ivan pavlov

شد زمانی که وارن مک کلوث [۸] و والترپیتز [۹] نشان دادند که شبکه‌های عصبی می‌توانند هر تابع حسابی و منطقی [۱۰] را محاسبه نمایند. کار این‌افراد را می‌توان نقطه شروع حوزه علمی شبکه های عصبی مصنوعی نامید و این موضوع با دونالدهب [۱۱]ادامه یافت، شخصی که عمل شرط گذاری [۱۲] کلاسیک را که توسط پاولف مطرح شده بود به عنوان خواص نرون‌ها معرفی نمود و سپس مکانیسمی را جهت یادگیری نرون‌ها بیولوژیکی ارائه داد.نخستین کاربرد شبکه‌های عصبی در اواخر دهۀ ۵۰ قرن بیستم مطرح شد زمانی که فرانک روز نبلات درسال ۱۹۵۸ شبکۀ پرسپترون را معرفی نمود. روز نبلات و همکارانش شبکه ای ساختند که قادر بود الگوها را از هم شناسایی نماید. در همین زمان بود که برناردویدرو[۱۳] در سال ۱۹۶۰ شبکه عصبی تطبیقی خطی آدلاین را با قانون یادگیری جدید مطرح نمود که از لحاظ ساختار، شبیه شبکه پرسپترون بود. پیشرفت شبکه‌های عصبی تا دهۀ ۷۰ قرن بیستم ادامه یافت. در سال ۱۹۷۲ تئوکوهونن [۱۴]، جیمزاندراسون [۱۵]، بطور مستقل و بدون اطلاع از هم، شبکه‌های عصبی جدیدی را معرفی کردند که قادر بودند به عنوان عناصر ذخیره ساز عمل نمایند. استفان گروسبرگ [۱۶] در این دهه روی شبکه‌های خود سازمانده [۱۷] فعالیت می‌کرد. فعالیت درزمینۀ شبکه‌های در دهۀ ۶۰ قرن بیستم در قیاس با دهه ۸۰ به علت عدم بروز ایده‌های جدید و نبود کامپیوترهای سریع ـجهت پیاده سازی ـکمرنگ می‌نمود. لکن در خلال دهه ۸۰، رشد تکنولوژی میکروپروسسورها روند صعودی داشت و تحقیقات روی شبکه‌های

[۸] Warren mculloch
[۹] Walted Pitts
[۱۰] Arithmetic & Logical Function
[۱۱] Donald hebb
[۱۲] Conditioning
[۱۳] Bernurd Widrow
[۱۴] Teo Kohokek
[۱۵] James Anderson
[۱۶] Stefan Grossberg
[۱۷] Self-organizing

عصبی فزونی یافت و ایده های بسیار جدیدی مطرح شدند. ایده‌های نو و تکنولوژی بالا برای رونسانس دوباره در شبکه‌های عصبی کافی به نظرمی رسید.

در این زایش دوباره شبکه‌های عصبی جدید قابل تأمّل می‌باشد. استفاده از مکانیسم تصادفی جهت توضیح عملکرد یک طبقه وسیع از شبکه‌های بازگشتی[۱۸] است که می‌توان آنها را جهت ذخیره‌سازی اطلاعات استفاده نمود. این ایده توسط جان هاپفیلد[۱۹]، فیزیکدان آمریکایی در سال ۱۹۸۲ مطرح شد. دومین ایده مهم که کلید توسعه شبکه‌های عصبی در دهۀ ۸۰ شد، الگوریتم «پس انتشار خطا» [۲۰]» دیوید رامل هارت [۲۱] و جیمز مکلند[۲۲] در سال ۱۹۸٦ مطرح گردید. با بروز این دو ایده شبکه‌های عصبی متحول شدند. در ده سال اخیر هزاران مقاله نوشته شده است و شبکه‌های عصبی کاربرد زیادی دررشته‌های مختلف علوم پیدا کردند. شبکه‌های عصبی در هر دو جهت توسعه تئوریک عملی در حال رشد می‌باشند اما این روند رشد، آهسته و مطمئن نبوده، دوره‌هایی بسیار سریع و دوره‌های کند مشاهده شده است. بیشتر پیشرفتها درشبکه‌های عصبی به ساختارهای نوین و روشهای یادگیری جدید مربوط می‌شود.

حال صرفنظر از اینکه آیا شبکه‌های عصبی جایگاه گسترده‌ای ، به عنوان یک ابزار علمی ـمهندسی، در آینده پیدا می‌کنند یا اینکه دچار کمرنگی می‌شوند، می‌توان در حال حاضر بطور قاطع بیان کرد که شبکه های عصبی جایگاه مهمی خواهند داشت البته نه به عنوان یک جواب و راه حل برای هر مسئله بلکه به عنوان یک ابزار علمی که بتواند برای راه حل‌های خاص و مناسب مورد استفاده قرار گیرد. باید توجه داشت که در حال حاضر اطلاعات موجود درباره نحوه عملکرد مغز بسیار محدود است و مهمترین پیشرفت‌ها درشبکه‌های عصبی در آینده مطرح خواهند شد، زمانی

---

[۱۸] Feed back(Recurrent)

[۱۹] John Hopfeld

[۲۰] Error Back-Propagation

[۲۱] Daivid Rummehlhart

[۲۲] James mcland

که اطلاعات بیشتری از چگونگی عملکرد مغز و نرون‌های بیولوژیک در دست باشد. شبکه‌های عصبی چه در بعد آنالیز و ساختاری و چه در بعد پیاده سازی سخت افزاری از نظر کمی، کیفی و توانایی، در حال رشد و پیشرفت می‌باشد و تکنیک‌های مختلف محاسبات عصبی از لحاظ تعداد همچنان در حال افزایش است. فعالیت علمی و کاربردی در مسائل فنی ـمهندسی از قبیل سیستم‌های کنترلی، پردازش سیگنال‌ها و شناسایی الگو گسترش یافته است. با توجه به این مسائل، در این قسمت قصد داریم به توضیحی در مورد شبکه‌های عصبی در مغز و شبکه‌های عصبی مصنوعی و طرز کار آنها را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

۱ـ۱ـ۲ شبکه‌های عصبی در مغز

مغز یک شئ همگن نمی‌باشد در کالبدشناسی مغز تا کنون لایه‌های بیرونی، لایه‌های میانی،مخچه شناسایی شده است که هر یک از آنها می‌توانند به زیر ناحیه‌های دیگری تقسیم شوند که یا با ساختار تشریحی شبکه‌های عصبی داخل آن مطابقند و یا با توابعی که به وسیله آنها انجام می‌شوند.

دسته شبکه‌های عصبی بین نواحی خیلی پیچیده هستند و فقط به صورت جزئی قابل شناسایی می‌باشند. بزرگترین سیستم نگاشته شده در مغز بشر سیستم دیداری می‌باشد که در آن ۷ الی ۸ مرحله پردازش مشخص شده است و الگوهای پیشروی از مرحله پردازش اولیه (نزدیک سنسور ورودی) به مرحله پردازش بعدی (نزدیک موتور خروجی) تعیین شده است.

علاوه بر این اتصالات وسیع، نرون هاهمچنین به هزاران همسایه خود متصل هستند و بدین صورت این شبکه، شبکه‌های محلی و چگالی را تشکیل می‌دهند.

۱ـ۱ـ۳ نورون‌ها و سیناپس‌ها

واحد محاسباتی اصلی در سیستم های عصبی سلول عصبی یا نورون می‌باشد، یک نورون شامل:

۱) دندریت [۲۳] (ورودی)؛

۲) بدنه سلول؛

۳) آکسون [۲۴] (خروجی).

یک نورون ورودی خود را از نورون‌های دیگر دریافت و جمع می‌نماید هنگامی ورودی از حد بحرانی خارج شد نورون دشارژ شده و یک پالس الکتریکی کوتاه مدت خارج می‌کند و از طریق آکسون به نورون‌ها منتقل می‌کند. انتهای آکسون (قلمرو خروجی) تقریباً متصل به دندریت یا بدنه نورون دیگر می‌باشد. انتقال یک سیگنال الکترونیکی از یک نورون به نورون دیگر به وسیله یک انتقال دهنده نورون صورت می‌گیرد که یک ماده شیمیایی می‌باشد که از نورون اولیه خارج می‌شود و جذب نورون دیگر می‌گردد، این ارتباط یک سیناپس نامیده می‌شود. اندازه‌ای را که یک سیگنال از یک نورون به نورون دیگر طی می‌کند به عوامل بسیاری بستگی دارد از جمله مقدار انتقال دهنده نورون، تعداد و ترتیب نورون‌های گیرنده، مقداری که انتقال دهنده نورون دوباره جذب می‌شود.

۱—۱—۴ یادگیری سیناپسی

مغز می‌تواند یاد بگیرد، بر طبق ساختارهای عصبی، یک روش که مغز می‌تواند یاد بگیرد این است که مغز استحکام بین اتصالات را با استفاده از اضافه و کم کردن اتصالات بین نورون ها تغییر می‌دهد به علاوه آن ها به صورت مستقیم بر اساس تجربیات یاد می‌گیرند.

---

[۲۳] Dendrites

[۲۴] Axon

۱–۱–۵ شبکه‌های عصبی مصنوعی

تجسم کنید که شما روی موضوع فرمولاسیون یک شکل دارویی خاص کار می‌کنید. فرض کنید که اطلاعات مربوط به چندین نمونه فرمول شناخته شده از قبیل غلظت اجزاء، زمان فرآیندهای مختلف فرمولاسیون و پارامترهای فیزیکی از قبیل دما و PH را به یک برنامه کامپیوتر می‌دهید. سپس زمان پایداری اندازه گیری شده برای نمونه‌هارا هم به این برنامه می‌دهید. شما هیچ اطلاع یا فرضیه‌ای در مورد نحوه‌ی تاثیر اطلاعات و پارامترهای داده شده بر روی پایداری اندازه‌گیری شده ندارید. برنامه مذکور مدتی " فکر می‌کند "، داده‌های سیستم شما را تجزیه و تحلیل می‌کند، روابط پیچیده

بین پارامترها را یافته و مدل ریاضی آن‌ها را می سازد به طوری که شما می‌توانید اطلاعات مربوط به یک نمونه جدید را به آن وارد کنید و برنامه پایداری آن را با دقت قابل قبولی برای شما پیش بینی کند.

چه اتفاقی افتاد؟

برنامه کامپیوتری مذکور روابط پیچیده میان چند عامل مختلف را با پایداری محصول " حس " و " کشف " کرد، بدون اینکه شما حدس یا فرضیه‌ای در مورد ماهیت این روابط داشته باشید. هیچ اثری از تست های پیچیده آماری نیست، حتی مجبور نشده اید از داده های ورودی میانگین بگیرید. تجسم شما یک واقعیّت است، که به سادگی قابل تجزیه و در دسترس شما است. پیش از این که بیشتر درباره جزئیات این قبیل برنامه ها بدانید نام آن ها را به خاطر بسپارید نام این سیستم شبکه‌های عصبی مصنوعی [۲۵] است.

از حدود سال ۱۹۴۰ به طور همزمان اما جداگانه، از سوی نوروفیزیولوژیست‌ها سعی می‌کردند سیستم یادگیری و تجزیه و تحلیل مغز را کشف کنند و از سوی ریاضیدانان تلاش می‌کردند تا مدل ریاضی بسازند که قابلیت فراگیری و تجزیه تحلیل عمومی مسائل را دارا باشد از آن زمان بار ها این اتفاق افتاد که ریاضیدانان یافته‌های نوروفیزیولوژیست‌ها را پیاده سازی کردند بدون این که بداند چرا، و در عمل مشاهده کردند که سیستم پیاده شده کارایی شگفت انگیز سیستم طبیعی را دارد پس از آن توانستند منطق زیر بنای سیستم طبیعی را درک کنند.

اگر چه از همان ابتدا ریاضیدانان توانسته بودند مدل ریاضی یک سلول عصبی یا نورون را بسازند اما تا حدود ۱۹۷۴ دانش مربوط به نوع اتصال این واحدهای شبه نورونی به یکدیگر تکامل لازم را نیافته بود. امروزه برنامه‌های کاربردی متعدد در دسترس هستند که با این روش کار می‌کنند. اگر چه کاربرد این برنامه به ویژه برای افراد عادی کمی مشکل است، اما محققین روز به روز بیشتر آن‌ها را به کار می‌گیرند. برای تجزیه و تحلیل یک سیستم پیچیده به وسیله روش شبکه‌های

[۲۵] Artificial neural networks

عصبی، نیاز به دانش زیادی درباره سیستم مورد مطالعه نمی‌باشد، چون عمل تجزیه و تحلیل و یادگیری در مغز شبکه اتفاق می‌افتد نه در مغز محقق، اما به هر حال بهره گیری از دانش کلی درباره طرز کار این شبکه ها برای کاربران آن ضروری است چرا که تنظیمات ساده و کلی در این برنامه ها وجود دارند که آگاهی از آن‌ها برای ساختن یک مدل موفق ضروری است.

شبکه‌های عصبی مصنوعی در واقع مثلثی هستند که سه ضلع دارند:

۱) سیستم تجزیه و تحلیل داده‌ها؛

۲) نورون یا سلول عصبی؛

۳) شبکه یا قانون کار گروهی نورون‌ها.

در یک تعریف کلاسیک، هاپکین می‌گوید: شبکه عصبی عبارت است از مجموعه ای عظیم از پردازشگرهای موازی که استعداد ذاتی برای ذخیره اطلاعات تجربی و بکارگیری آن دارند و این شبکه دست کم از دو بابت شبیه مغز است:

۱) مرحله‌ای موسوم به یادگیری دارد؛

۲) وزن‌های سیناپسی جهت ذخیره دانش به کار می‌روند.

وظیفه شبکه‌های عصبی یادگیری است. تقریباً چیزی شبیه یادگیری یک کودک خردسال، یادگیری در شبکه های عصبی رایج به شکل یادگیری تحت نظارت است. والدین تصاویر حیوانات مختلف را به کودک نشان می‌دهند و نام هر کدام را به کودک می‌گویند. ما روی یک حیوان مثل سگ تمرکز می‌کنیم کودک تصاویر انواع مختلف سگ را می‌بیند و در کنار اطلاعات ورودی (تصاویر و صدا) برای هر نمونه، به او گفته می‌شود که این اطلاعات مربوط به یک نوع سگ هست یا خیر. بدون این که به او گفته شود سیستم مغز او اطلاعات ورودی را تجزیه و تحلیل می‌کند و به یافته هایی در زمینه هر یک از پارامتر های ورودی از قبیل " رنگ، اندازه، صدا، داشتن پنجه یا سم

یا شاخ " می‌رسد. پس مدتی او قادر خواهد بود یک نوع جدید از سگ را که هرگز ندیده است شناسایی کند از آنجایی که مورد هر نمونه جانور در مرحله یادگیری به کودک گفته شده که آیا سگ هست یا خیر. این نوع یادگیری، تحت نظارت نامیده می‌شود. نوع دیگر یادگیری یعنی یادگیری بدون نظارت هم توسط شبکه‌های عصبی شبیه سازی شده است و کاربردهای کمتری دارد.

۱—۱—٦ مدلسازی شبکه عصبی

در یک شبکه عصبی مدل، (شکل ۳) اطلاعات و پارامترهای ورودی هر کدام به شکل یک سیگنال الکتریکی تحریک به کانال های ورودی مدل ریاضی سلول عصبی وارد می‌شوند. مدل ریاضی یک سلول عصبی را یک پرسپترون [۲٦] می‌نامند هر یک از کانال‌های ورودی (شبیه اتصالات دندریت‌ها) دارای یک ضریب عددی هستند که وزن سیناپسی نامیده می‌شود. شدت تحریک الکتریکی در این ضریب ضرب می‌شود و به جسم سلولی می‌رسد. اگر مجموع تحریکات رسیده شده به جسم سلولی کافی باشد، نورون شلیک می‌کند و در مسیرهای خروجی (شبیه آکسون‌ها) جریان الکتریکی ثابتی را ایجاب می‌کند. تحریکات لایه ورودی سلول‌ها به یک یا چند لایه واسط می‌رود که به لایه‌های مخفی [۲۷] موسوم هستند. ادامه جریانات تحریکات در این لایه‌ها (توسط همان وزن‌های سیناپسی) طوری هدایت می‌شود که پیچیدگی های تأ ثیرات جریان ورودی را شبیه سازی می‌کند. سپس تحریکات به لایه خروجی می‌روند که هدف نهایی ما است. اگر هدف شبکه عصبی پیشگویی کمی باشد مجموع شدت تحریکات آخرین عصب خروجی، آن عدد خواهد بود. اگر هدف شبکه عصبی طبقه بندی [۲۸] باشد، فعالیت یا خاموش بودن نرون های لایه آخر نماینگر این امر خواهند بود، مثلاً شلیک نرون خروجی نشان دهنده حضور بیماری و خاموش بودن آن نشانه سلامت است. سیستم شبکه عصبی در فرآیندهای یادگیری طول وزن‌های سیناپسی را تغییر

[۲٦] Perceptron
[۲۷] Hidden layers
[۲۸] Classification

می‌دهد که بتواند با هر سری تحریکات ورودی (یعنی داده‌های هر نمونه) جریان خروجی مناسب (یعنی همان پاسخ R) را ایجاد کند. چگونگی ریاضی این تغییر وزن‌ها ظریفترین بخش مکانیسم عملکرد شبکه است.

۱–۱–۷ طرز کار مدل سلول عصبی

نمونه یک سلول عصبی در شکل (۴) نمایش داده شده است. خطوط ورودی، سیگنال‌های تحریکی یا مهاری را به جسم سلولی می‌آورند که همان پارامترهای تعریف کننده سیستم هستند. مثلاً فرض کنیم غلظت یک ماده mol/lit ٦/. است، این عدد یکی از پارامترهای تعریف کننده نمونه دارویی ما است، پس این پارامتر به عنوان یک سیگنال الکتریکی با شدت ٦/. به یک کانال ورودی می‌رود. در ابتدای هر کانال ورودی یک ضریب عددی وجود دارد که شدت تحریک در این عدد ضرب می‌شوند و حاصل آن یک وزن ورودی [۲۹] نامیده می‌شود اگر مثبت باشد یک سیگنال تحریکی و اگر منفی باشد یک سیگنال مهاری بر جسم سلولی است. میزان کلیه این

[۲۹] Weighted input

سیگنال‌های تحریکی یا مهاری که از ورودی‌های مختلف به جسم سلولی می‌رسند با هم به صورت خطی جمع می‌شوند. اگر این حاصل جمع از میزان آستانه [۳۰] کمتر باشد سلول عصبی خاموش می‌ماند، و در غیر این صورت سلول شلیک [۳۱] می‌کند و جریان الکتریکی ثابتی در خروجی (یا خروجی ها) ایجاد می‌کند. در واقع خروجی پرسپترون توسط معادله ریاضی زیر تعیین می‌شود:

$$\begin{aligned} \sum x_i \times w_i &> Threshold \Rightarrow outpute = ۱ \\ \sum x_i \times w_i &< Threshold \Rightarrow outpute = ۰ \end{aligned}$$

که در آن x_i سیگنال ورودی شماره i و w_i وزن سیناپسی مربوط به آن ورودی است.

در عمل تابع ریاضی جسم سلولی نرون تابع کاملاً دیجیتال با خروجی ۰ یا ۱ نیست، بلکه تابعی عددی است. این تابع می‌تواند سیگموئید یا تابع تانژانت هایپربولیک باشد، و عملاً ثابت شده که هر تابع غیر خطی دیگری می‌تواند کم وبیش جایگزین آن شود، از این رو برنامه‌های شبیه سازی ANN [۳۲] معمولاً انتخاب آن را بر عهده کاربر می‌گذارند. از این تابع با

[۳۰] Threshold

[۳۱] Fire

[۳۲] Artificial neural network

نام‌های تابع گره ای [۳۳]، تابع پله ای [۳۴]، تابع فعال ساز [۳۵] نیز یاد می‌شود.

۱–۱–۸ طرز کار شبکه عصبی

از به هم پیوستن سلول های مدل عصبی مدل شبکه‌ی عصبی به وجود می آید. وضعیت نسبی سلول‌ها در شبکه(تعداد و گروه بندی و نوع اتصالات آن‌ها) را توپولوژی شبکه می‌گویند. توپولوژی در واقع سیستم اتصال سخت افزار نورون‌ها به یکدیگر است که توام با نرم‌افزار مربوطه (یعنی روش ریاضی جریان اطلاعات و محاسبه‌ی وزن‌ها) نوع عملکرد شبکه عصبی را تعیین می‌کنند.ساده ترین و معمولی‌ترین توپولوژی شبکه عصبی در شکل (۵) نمایش داده شده است. در این توپولوژی یک لایه ورودی وجود دارد که اطلاعات را دریافت می‌کند، تعدادی لایه مخفی وجود دارند که اطلاعات را از لایه‌های قبلی می‌گیرند و در نهایت یک لایه‌ی خروجی وجود دارد که نتیجه محاسبات به آنها می‌رود و جواب‌ها در آن‌ها قرار می‌گیرند. هر سلول در هر لایه به کلیه سلول‌های لایه‌ی مجاور بعدی متصل می‌شود.اتصال به خود سلول‌ها، به لایه‌ی قبلی، و پرش اتصالات در طول لایه‌ها مجاز نمی‌باشد. این توپولوژی به نام **Feedforward** معروف است زیرا جریان اطلاعات همیشه از ورودی به سمت خروجی است. بین ۹۰ تا ۹۵ درصد کاربردهای شبکه‌های عصبی امروزی مربوط به این توپولوژی است .در ابتدا، وزنهای سیناپسی، مقادیر اتفاقی (رندم) هستند. علت این مسأله به روش محاسبه ی وزن‌ها در سیستم ANN بر می‌گردد، که یک روش مبتنی بر تکرار است . فرض کنیم که می‌خواهیم معادله‌ی زیر را حل کنیم :

$$x^۴ + x^۳ + ۱۵.۵x^۲ + e^x + ۲Sin(x) = ۲.۷۰$$

---

[۳۳] Nodal function

[۳۴] Step function

[۳۵] Active function

زمانی که سرعت محاسبات بالا است، می‌توانیم یک راه حل کلی و ساده برای حل این معادله یا هر معادله‌ی دیگری پیدا کنیم به طوری که هیچ کاری با حل جبری این معادله یا هر معادله دیگری نداشته باشیم. کافی است یک مقدار دلخواه برای x فرض کنیم و آن رادر معادله قرار دهیم و جواب معادله را حساب کنیم. اگر تساوی بر قرار بود، مقدار فرض شده پاسخ مساله است. در غیر اینصورت آنقدر آن را کم و زیاد می‌کنیم تا تساوی برقرار شود یا اینکه با خطای قابل قبولی به جواب نزدیک شویم. این روش حل معادله را روش مبتنی بر تکرار می‌گویند. همان طور که دیدیم در این روش به یک مقدار حدسی اولیه نیاز داریم. این همان وزن‌های اتفاقی سیناپسی هستند که در ابتدای کار با سیستم ANN استفاده می‌شوند.

در شروع مرحله یادگیری [۳۶] اطلاعات مربوط به نمونه‌ها یکی به شبکه داده می‌شود. به طور مثال از طرفی غلظت‌های شیمیایی و پارامترهای فیزیکی فرمولاسیون تک تک نمونه‌ها به لایه ورودی داده شده است و از سوی دیگر مقدار تجربی واندازه گیری شده پایداری آن‌ها نیز به حافظه شبکه داده می‌شود (به عنوان متغیری در حافظه کامپیوتر و خارج از توپولوژی شبکه نکهداری

[۳۶] Learning