بسم الله الرحمن الرحيم

مراجع شبکه های عصبی مصنوعی

1. S. Haykin, Neural Networks and Learning Machines, Third Edition, Printice-Hall, 2008.
2. J. M. Zurada, Introduction to Artificial Neural Systems, West Publishing Company, 1992.
3. L. Fausett, Fundamentals of Neural Networks, Prentice-Hall New Jersey, 1994.
4. K. Mehrotra, C. K. Mohan and S. Ranka. Preface, Elements of artificial neural networks, MIT Press, 1997.

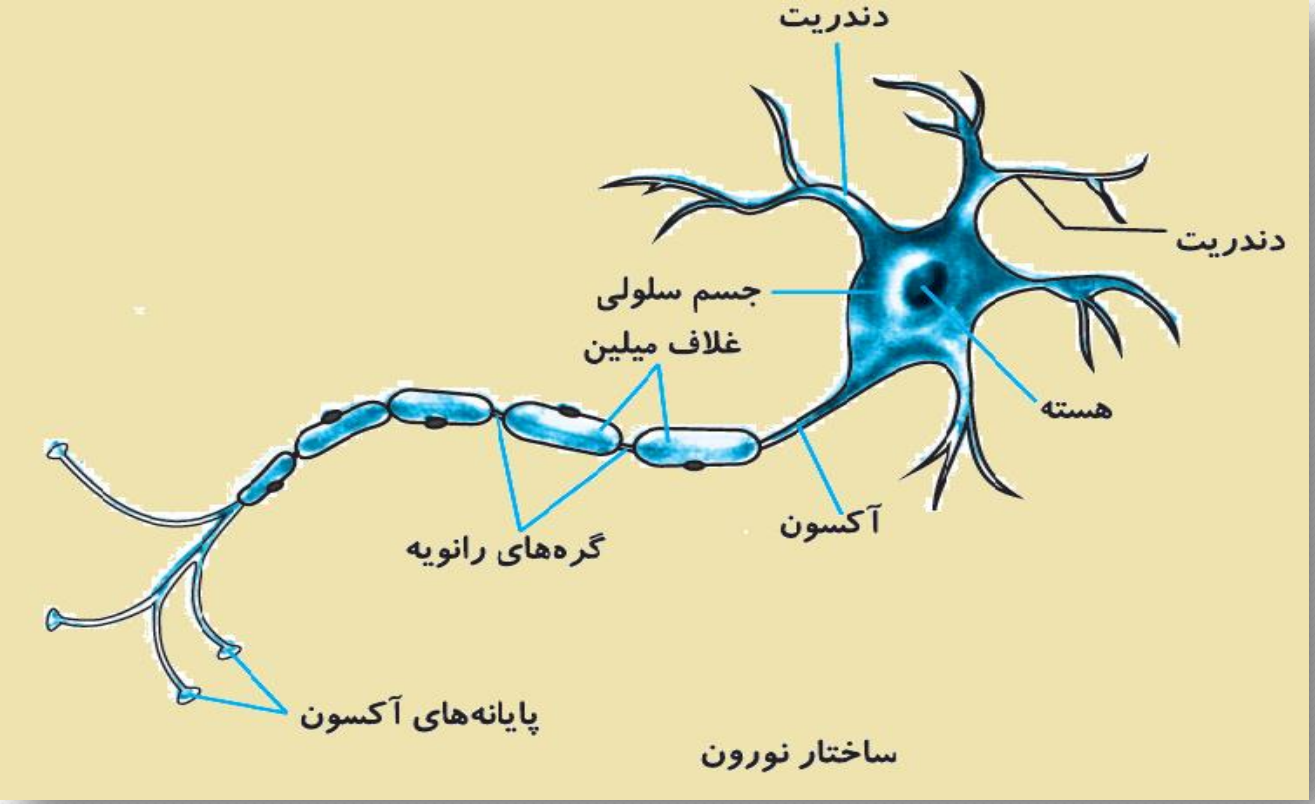
ارزیابی کلاس

- ارائه شفاهی : 1.5 نمره
- پروژه و تکلیف : 2.5 نمره
- امتحان میان ترم : 6 نمره
- امتحان پایان ترم : 10 نمره

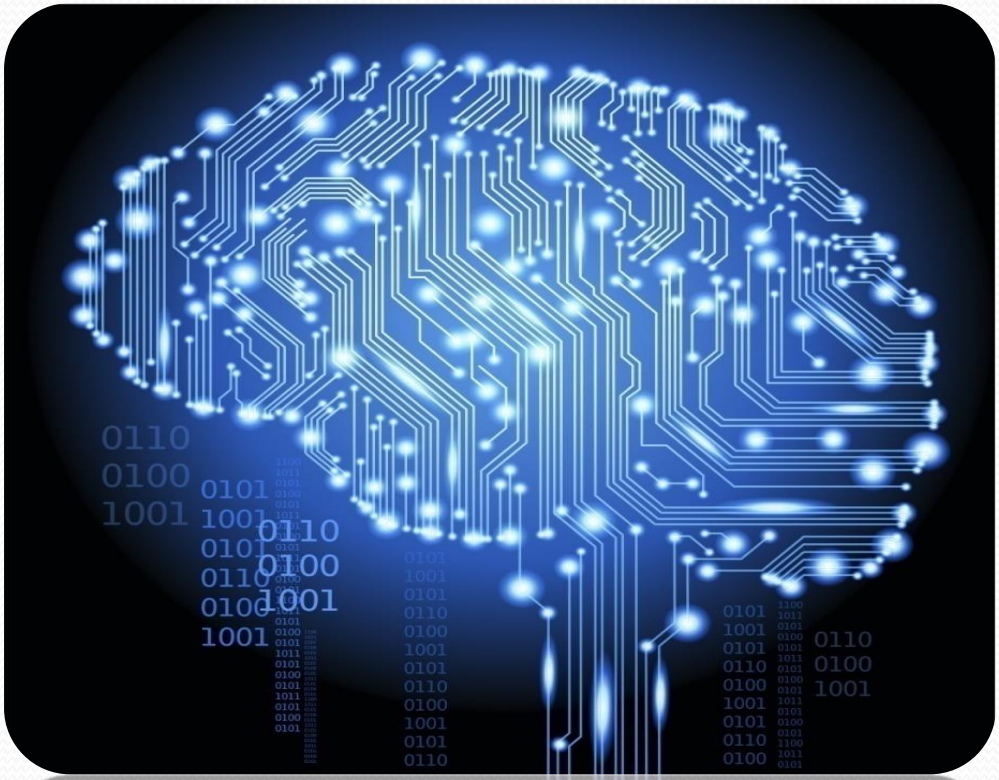
فهرست:

- شبکه عصبی چیست؟
  - شبکه‌های عصبی طبیعی
- کاربردهای شبکه‌های عصبی مصنوعی
- تاریخچه شبکه‌های عصبی مصنوعی
- تعاریف

شبکه های عصبی مصنوعی: یک سیستم پردازشی داده ها که از مغز انسان ایده گرفته و پردازش داده ها را به عهده ی پردازنده های کوچک و بسیار زیادی سپرده که به صورت شبکه ای به هم پیوسته و موازی با یکدیگر رفتار می کنند تا یک مسأله را حل کنند.

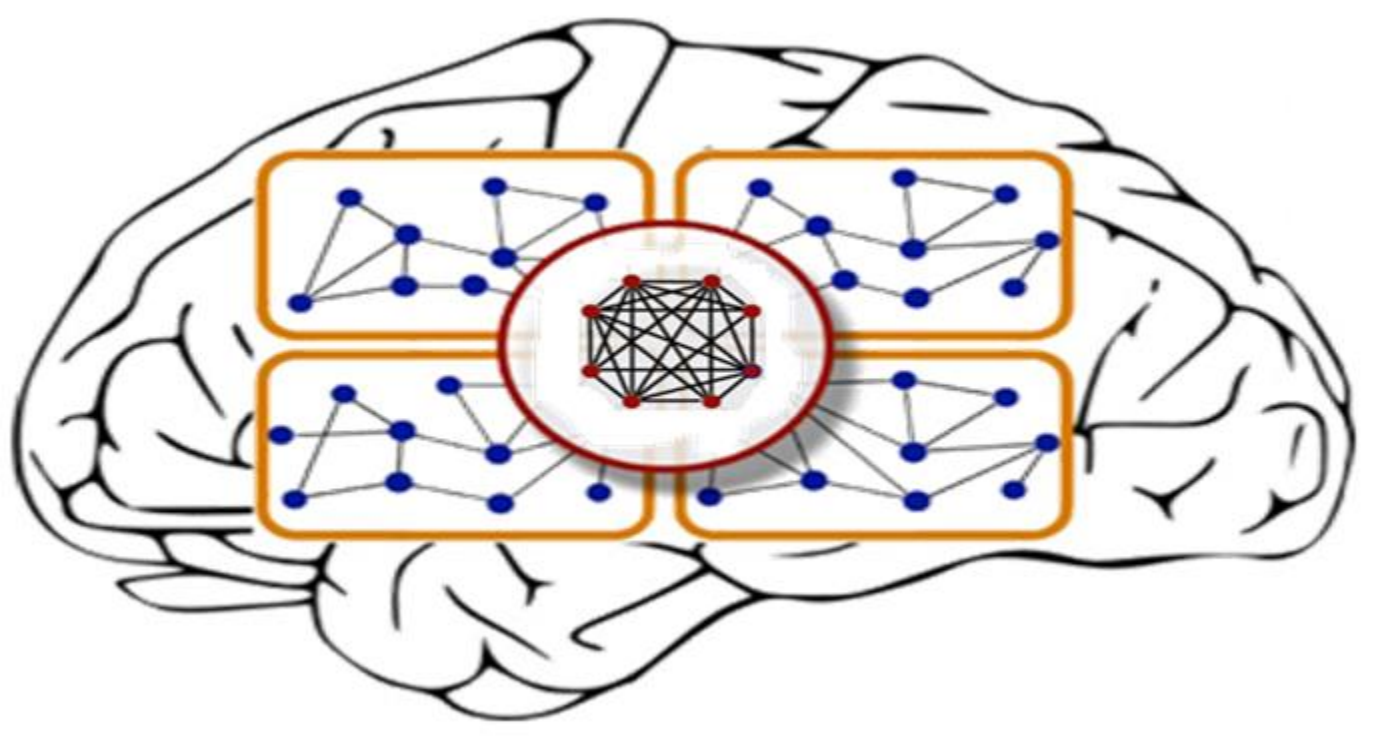


Artificial Neural Network



در این شبکه ها به کمک دانش برنامه نویسی ، ساختا ر داده ای طراحی می شود که می تواند هما نند نرون عمل کند.

Artificial Neural Network

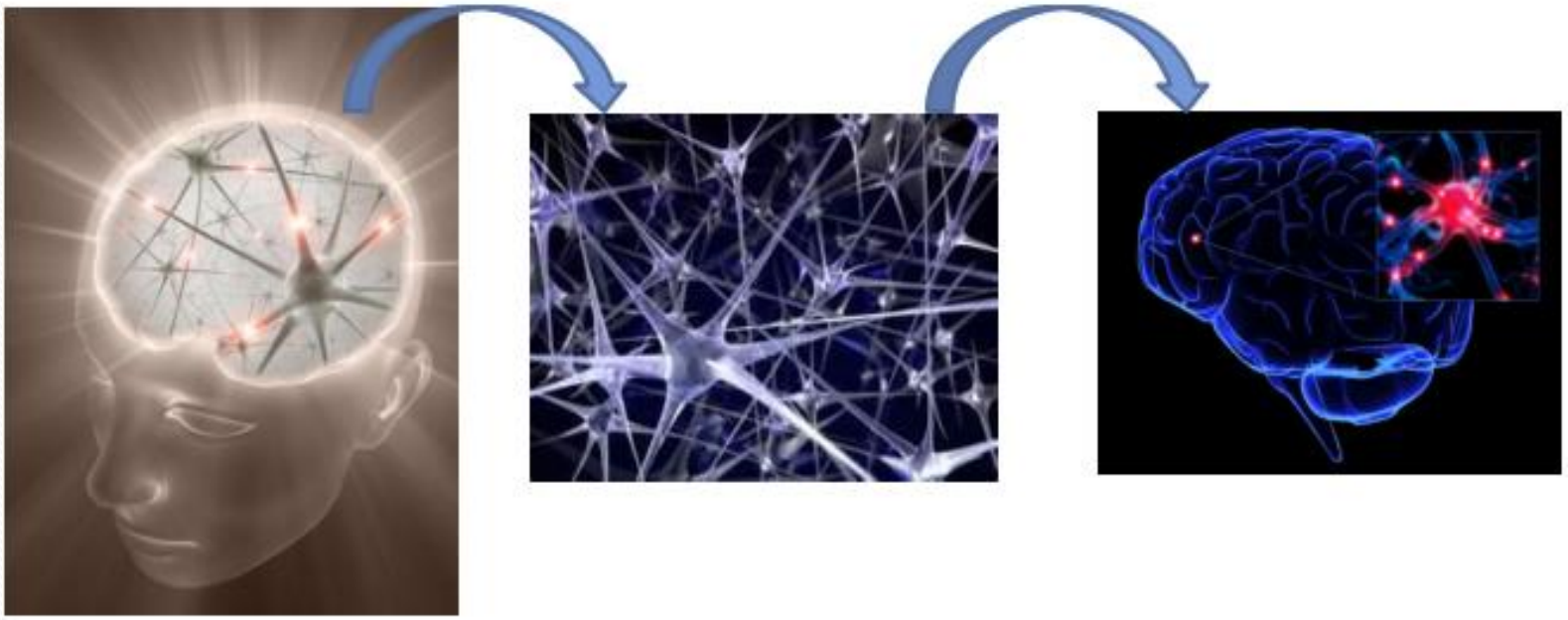


شبکه های عصبی به طور کلی **سیستم های ریاضی یادگیر غیر خطی** هستند.

مغز

- کارهایی که مغز انسان انجام می‌دهد
  - یادگیری (تشخیص چهره)
  - ذخیره‌سازی اطلاعات
  - تصمیم‌گیری
  - پیش‌بینی
  - محاسبه
  - ...

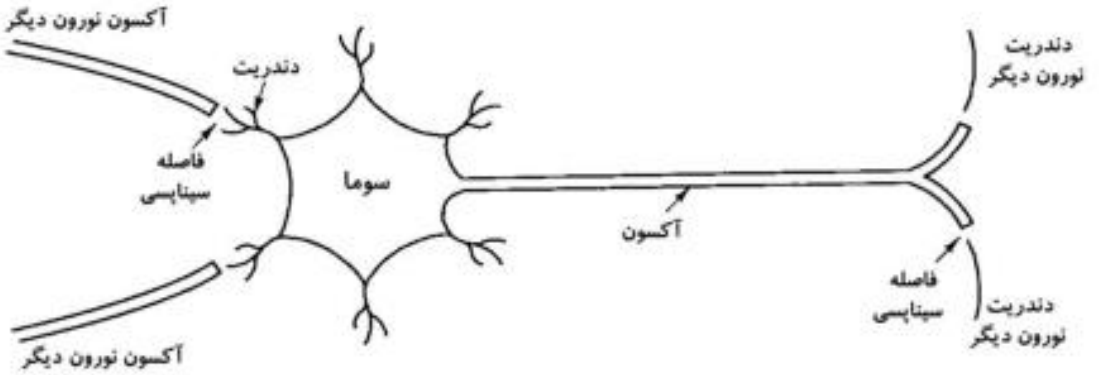
- مغز = شبکه‌ای بسیار بزرگ از عصب‌ها (نرون‌ها)
  - ۱۰۰.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰ نرون : 10^{11} نرون
  - ۱۰.۰۰۰ اتصال برای هر نرون
- شبکه عصبی مصنوعی = شبیه‌سازی شبکه عصبی طبیعی

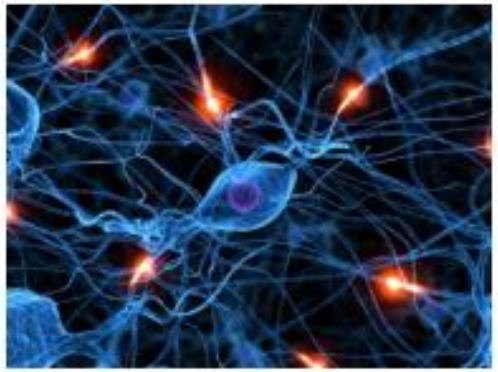


شبکه عصبی طبیعی

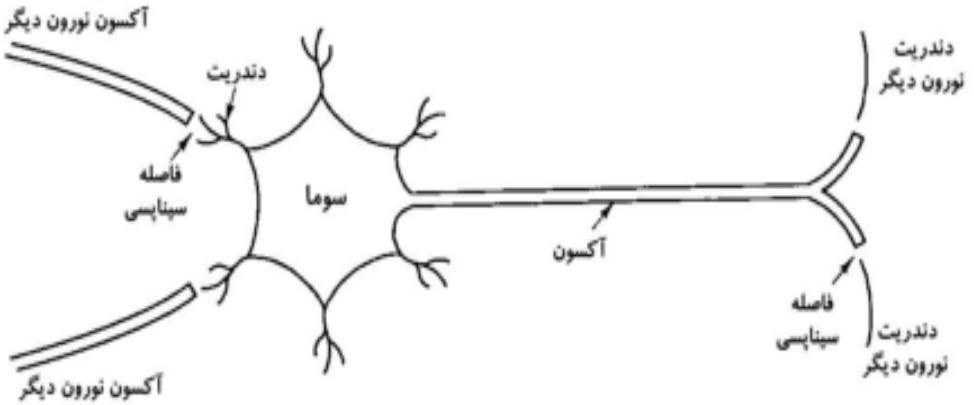
- عنصر پردازشگر تشکیل‌دهنده یک شبکه عصبی مصنوعی
  - نرون (Neuron) = عصب طبیعی (سلول مغزی)

- سه جزء تشکیل دهنده یک نرون طبیعی
  - دندریت‌ها (Dendrite): دریافت سیگنال از سایر نرون‌ها
  - سوما (Soma) = بدنهٔ سلول: سیگنال‌های ورودی به سلول را جمع می‌بندد
  - آکسون (Axon): ارسال سیگنال به نرون(های) دیگر





شبکه عصبی طبیعی



عملکرد نرون طبیعی

- دریافت سیگنال از سایر نرون‌ها توسط دندریت‌ها
- عبور سیگنال‌ها با یک فرآیند شیمیایی از فاصلهٔ سیناپسی (Synaptic Gap)
- عمل شیمیایی انتقال دهنده، سیگنال ورودی را تغییر می‌دهند (تضعیف/تقویت سیگنال)
- سوما سیگنال‌های ورودی به سلول را جمع می‌بندد
- زمانی‌که یک سلول به اندازه کافی ورودی دریافت نماید، برانگیخته می‌شود و سیگنالی را از آکسون خود به سلول‌های دیگر می‌فرستد.
- انتقال سیگنال از یک نرون خاص نتیجهٔ غلظت‌های مختلف یون‌ها در اطراف پوشش آکسون نرون («مادهٔ سفید» مغز) می‌باشد.
  - یون‌ها = پتاسیم، سدیم و کلرید
- سیگنال‌ها به صورت ضربه‌های الکتریکی هستند

خلاصه ویژگی‌ها و خصوصیات نرون‌های طبیعی

- جزء پردازشگر (نرون) سیگنال‌های فراوانی را دریافت می‌کند.
- سیگنال‌های ورودی ممکن است با یک وزن در سیناپس سلول دریافت کننده، تغییر کند.
- جزء پردازشگر ورودی‌های وزن‌دار را جمع می‌بندد.
- نرون در شرایط مناسب (ورودی کافی)، یک سیگنال را به عنوان خروجی انتقال می‌دهد.
- خروجی یک نرون ممکن است به بسیاری از نرون‌های دیگر (شاخه‌های آکسون) برود.
- پردازش اطلاعات به صورت محلی صورت می‌گیرد.
- مفهوم حافظه در اجزای مختلف سلول توزیع می‌شود:
  - حافظهٔ بلند مدت در سیناپس‌ها یا وزن‌های نرون قرار می‌گیرد.
  - حافظهٔ کوتاه مدت با سیگنال‌های فرستاده شده توسط نرون‌ها مطابقت دارد.
- توانایی سیناپس می‌تواند با آزمایش و کسب تجربه تغییر کند.
- انتقال دهنده‌های عصبی برای سیناپس‌ها می‌توانند تحریک‌کننده (Excitatory) یا بازدارنده (Inhibitory) باشند.

قابلیت های شبکه های عصبی

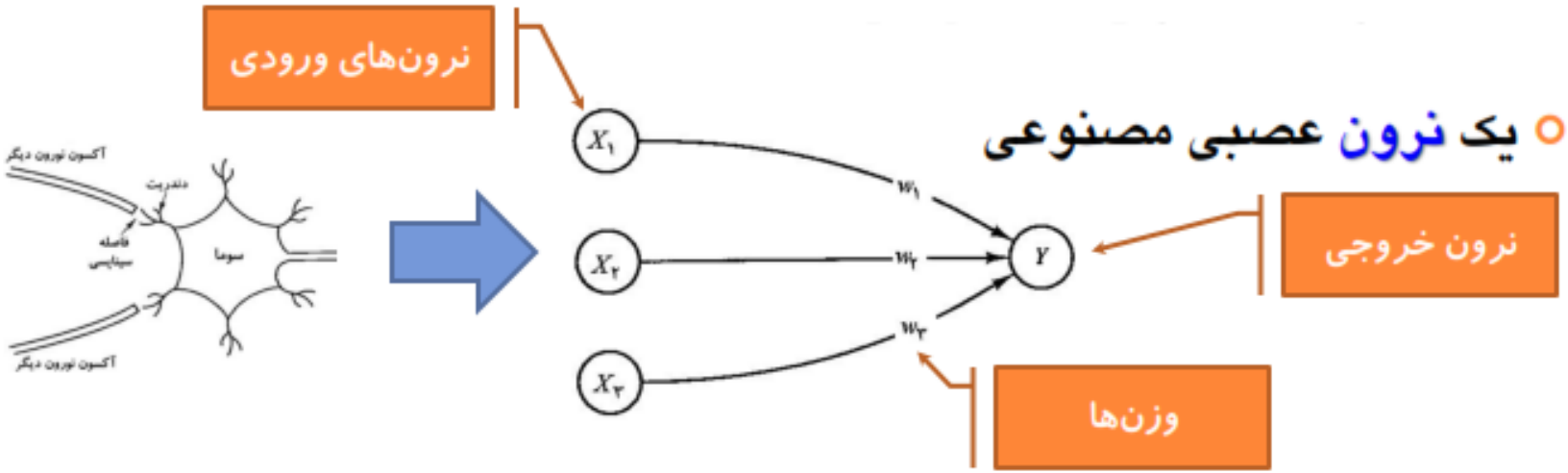
- مدل سازی و تقریب توابع
- انتخاب ویژگی ها
- پردازش سیگنال
- یادگیری
- طبقه و خوشه بندی

شبکه عصبی مصنوعی

- شبکهٔ عصبی مصنوعی [Artificial Neural Network]
  - یک سیستم پردازش اطلاعات با ویژگی‌های مشترکی با شبکه‌های عصبی طبیعی
  - تعمیم یافتهٔ مدل‌های ریاضی تشخیص انسان بر اساس زیست‌شناسی عصبی

- فرضیات پایهٔ شبکهٔ عصبی مصنوعی
  - پردازش اطلاعات در اجزای ساده‌ای با تعداد فراوان، به نام نرون‌ها صورت می‌گیرد.
  - سیگنال‌ها در بین نرون‌های شبکه از طریق پیوندها یا اتصالات (Connections) آنها منتقل می‌شوند.
  - هر پیوند، وزن (Weight) مربوط به خود را دارد که در شبکه‌های عصبی رایج در سیگنال‌های انتقال یافته از آن پیوند ضرب می‌شود.
  - هر نرون یک تابع فعال‌سازی (Activation Function) را بر روی ورودی‌های خود اعمال می‌کند تا سیگنال خروجی خود را تولید نماید.
    - تابع معمولاً غیرخطی است

یک نرون عصبی مصنوعی



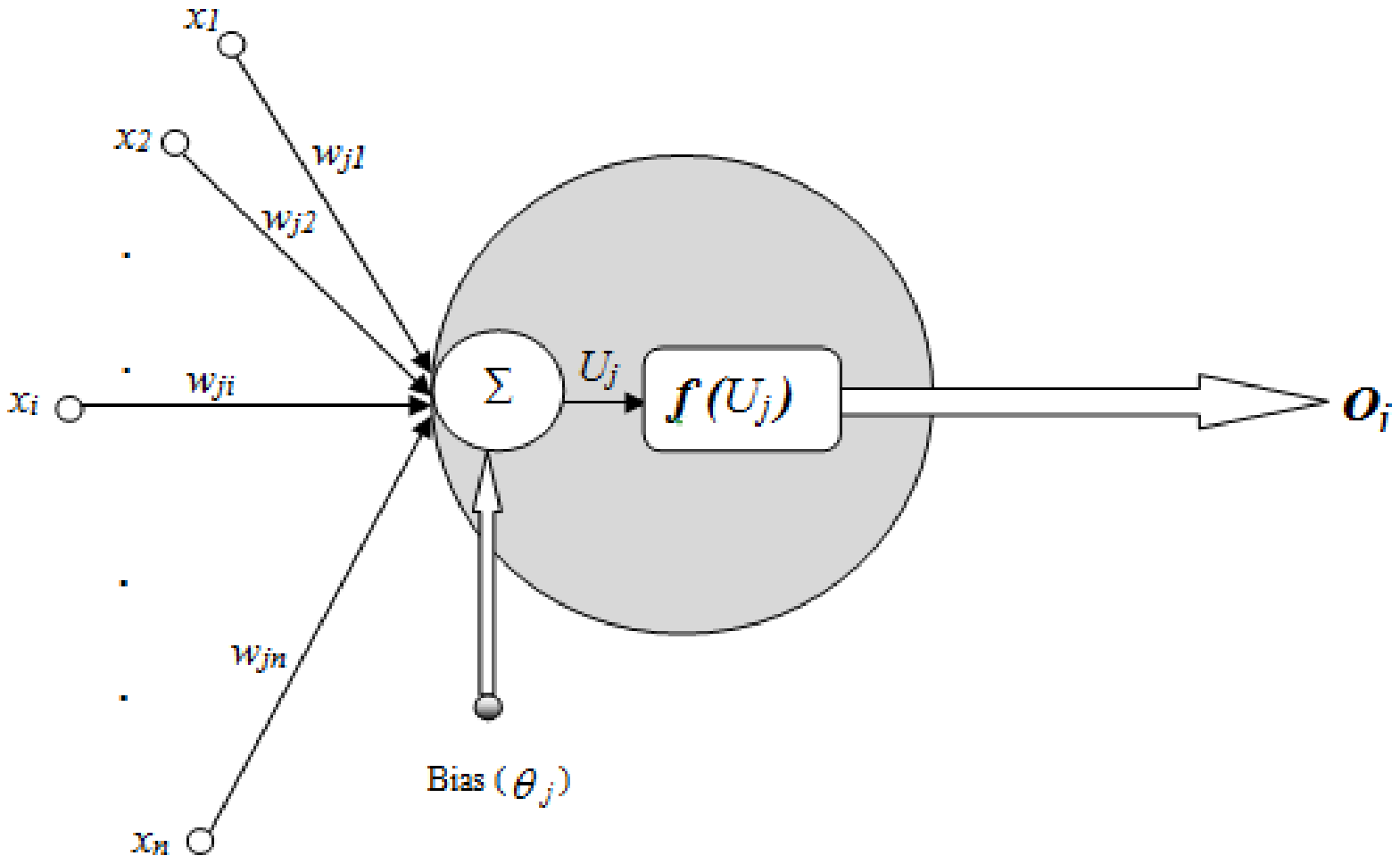
- فعال‌سازی‌ها یا سیگنال‌های خروجی نرون‌های ورودی به ترتیب x1، x2 و x3 هستند
- ورودی شبکه به نرون Y، حاصل‌جمع وزن‌دار سیگنال‌های ورودی و وزن‌هاست:

$$y_in = w_1 x_1 + w_2 x_2 + w_3 x_3 = \sum_i w_i x_i$$

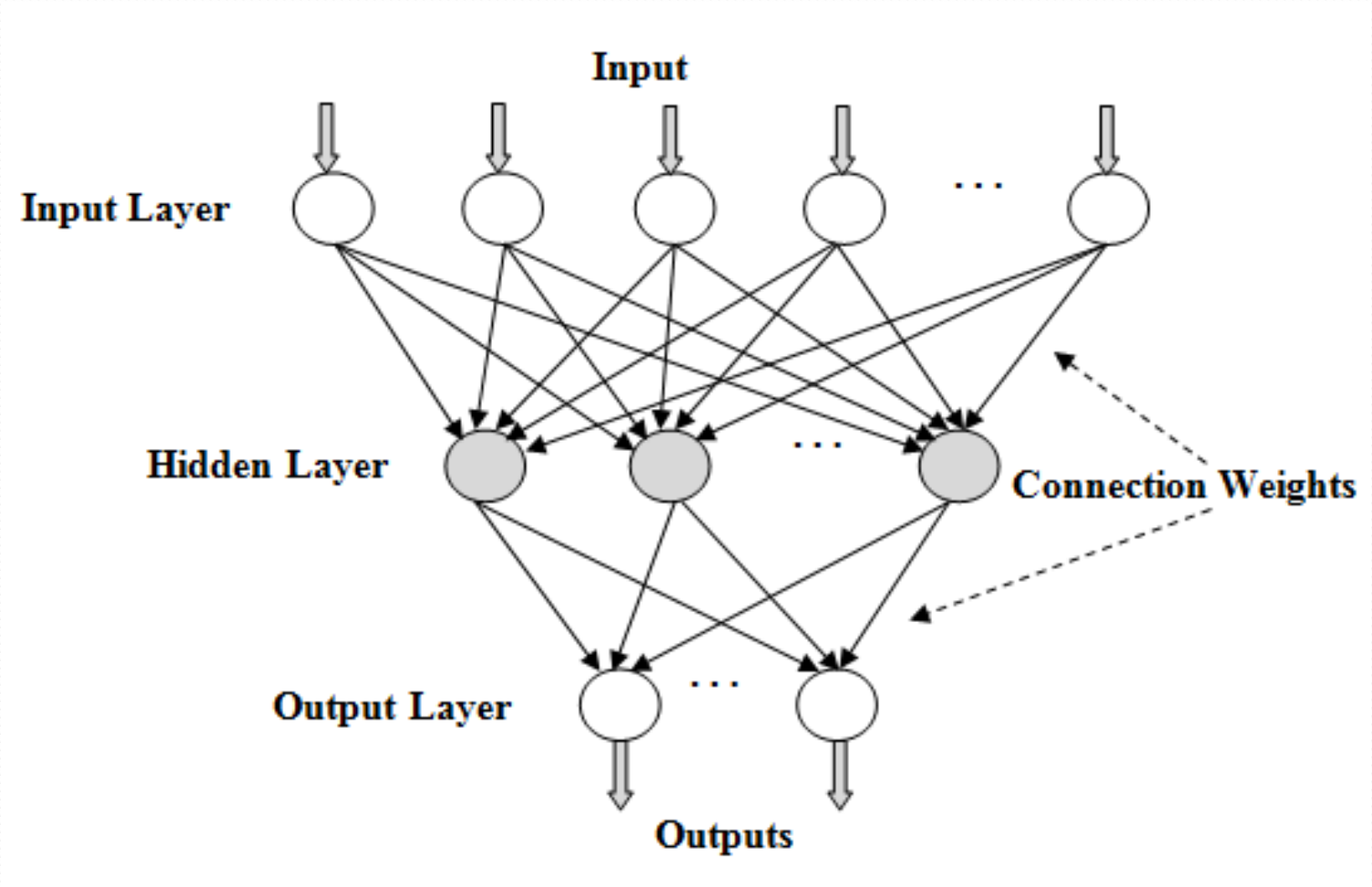
- فعال‌سازی نرون Y با اعمال تابع فعال‌سازی f روی ورودی آن به دست می‌آید
  - تابع سیگموید (Sigmoid)

$$y = f(y_in) \qquad f(x) = \frac{1}{1+\exp(-x)}$$

یک نرون عصبی مصنوعی

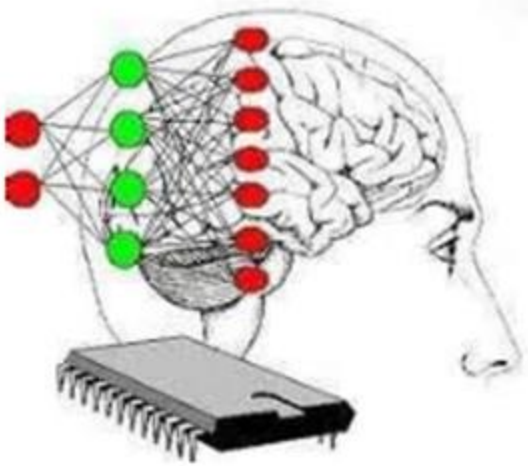


شبکه عصبی مصنوعی

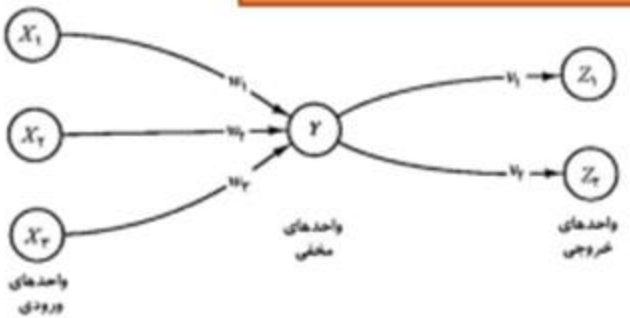


ویژگی‌های مشخص کننده یک شبکهٔ عصبی مصنوعی

- ساختار یا معماری شبکه (Architecture): الگوی پیوندهای بین نرون‌های مختلف
- الگوریتم آموزش یا یادگیری (Training or Learning Algorithm): روش تعیین وزن‌های روی پیوندهای شبکه
- تابع فعال‌سازی شبکه (Activation Function) که هر نرون روی ورودی‌های خود اعمال می‌کند

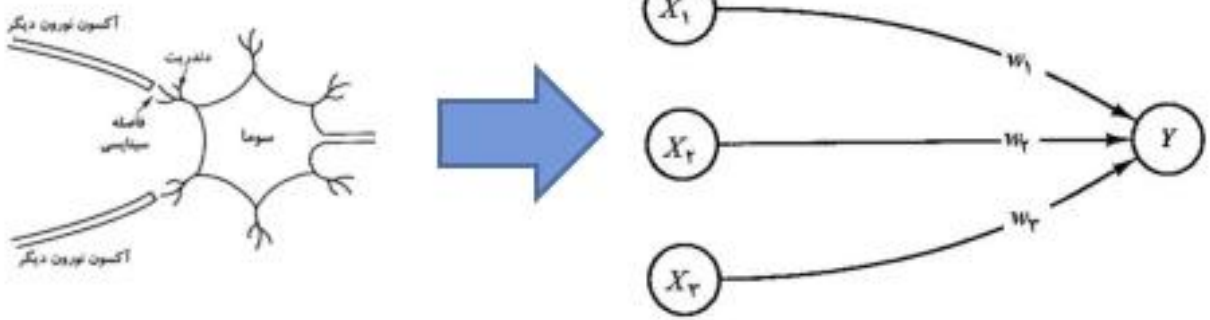


- معماری ۲ لایه
- وزن‌های W و V
- تابع فعال‌سازی برای Y و Z1 و Z2



شباهت شبکه عصبی طبیعی و مصنوعی

شبکه عصبی طبیعی	شبکه عصبی مصنوعی
دندریت	اتصالات بین نرون‌ها
تغییر سیگنال ورودی هنگام عبور از فاصله سیناپسی	وزن‌های شبکه
جمع بستن سیگنال‌های ورودی در سوما	جمع وزن‌دار سیگنال‌های ورودی و وزن در نرون
برانگیخته شدن سلول و ارسال سیگنال از آکسون	تابع فعال‌سازی



شباهت شبکه عصبی طبیعی و مصنوعی

- **ویژگی‌های مهم مشترک**
  - **تحمل‌پذیری در برابر خطا** (Fault Tolerance)
    - از بین رفتن تعداد زیادی از نرون‌های طبیعی در طول زمان اما یادگیری ادامه می‌یابد
  - **تعمیم‌پذیری** (Generalization) **و مقاوم بودن در برابر نویز**
    - تشخیص سیگنال‌های ورودی که با سیگنال قبلاً مشاهده شده تا حدودی متفاوت است
      - تشخیص چهره ، تشخیص دستخط و ...
  - **پردازش‌های موازی با تعداد زیادی از واحدهای پردازشگر**

کاربردهای شبکه عصبی مصنوعی

- **پزشکی**
  - **ذخیره‌سازی حجم زیادی از اطلاعات پزشکی**
    - ورودی مجموعه‌ای از علائم یک بیماری خاص
    - خروجی: پیدا کردن «بهترین» تشخیص و نحوه درمان آن با استفاده از الگوی ذخیره شدهٔ متناسب با علائم آن بیماری
    - شبکهٔ عصبی حافظهٔ خودانجمنی
- **تولید گفتار (خواندن متن)**
  - **تبدیل متن به گفتار برای خواندن متن**
    - سیستم NETtalk
    - ورودی: حروف متن (هر حرف به همراه سه حرف قبل و بعد از آن)
    - خروجی: صدای مربوط به آن حرف
    - شبکهٔ عصبی چندلایه

کاربردهای شبکه عصبی مصنوعی

- **پردازش سیگنال**
  - **حذف نویز در سیگنال صدا (مکالمه تلفن)**
    - حذف نویز به صورت وفقی - Adaptive Noise Cancellation (ANC)
    - شبکهٔ عصبی آدالاین
  - **حذف انعکاس صدا (اِکو)**
- **کنترل**
  - **کنترل دمای اتاق**
  - **مسیر حرکت ضد موشک**
  - **دنده عقب رفتن کامیون**
    - شبکه پس‌انتشار بازگشتی

کاربردهای شبکه عصبی مصنوعی

- بازشناسی الگو (تشخیص الگو) . . .
  - بازشناسی خودکار دست‌خط
    - شبکه‌های پس‌انتشار چندلایه

- بازشناسی نویسه‌های نوری (Optical Character Recognition: OCR)
  - شبکه Neocognitron

کاربردهای شبکه عصبی مصنوعی

- بازشناسی الگو (تشخیص الگو)
  - بازشناسی خودکار گفتار (Automatic Speech Recognition: ASR)
    - شبکه‌های چندلایه با اتصالات بازگشتی
    - نگاشت خودسازمانده کوهونن
  - بازشناسی چهره (Face Recognition)

کاربردهای شبکه عصبی مصنوعی

- تجارت
  - ارزیابی میزان خطرپذیری وام‌دهی
    - ورودی: سال‌های اشتغال متقاضی، تعداد افراد تحت تکفل، درآمد فعلی و ویژگی‌های خود وام (مثل مبلغ، نرخ سود و ...)
    - خروجی: پاسخ «قبول» یا «رد» برای دادن وام

- پیش‌بینی
  - مصرف برق کشور در سه ماه آینده
  - وضعیت آب و هوا
  - سود سهام

کاربردهای شبکه عصبی مصنوعی

زمینه کلی	کاربرد
علوم کامپیوتر	• طبقه بندی اسناد و اطلاعات در شبکه های کامپیوتری و اینترنت • توسعه نرم افزارهای نظارتی و ویروس کش ها
علوم فنی و مهندسی	• مهندسی معکوس و مدل سازی سیستم ها • پیش بینی مصرف بار الکتریکی • عیب یابی سیستم های صنعتی و فنی • طراحی انواع سیستم های کنترل • طراحی و بهینه سازی سیستم های فنی و مهندسی • تصمیم گیری بهینه در پروژه های مهندسی
علوم پایه و نجوم	• پیش بینی نتایج آزمایش ها • ارزیابی و تخمین صحت فرضیه ها و نظریه ها • مدل سازی پدیده های فیزیکی پیچیده

کاربردهای شبکه عصبی مصنوعی

زمینه کلی	کاربرد
علوم پزشکی	• مدل سازی فرایندهای زیست-پزشکی • تشخیص بیماری ها با توجه به نتایج آزمایش پزشکی و تصویر برداری • پیش بینی نتایج درمان و عمل جراحی • پیاده سازی ادوات و الگوهای درمانی اختصاصی بیمار
علوم تجربی و زیستی	• مدل سازی و پیش بینی پدیده های زیستی و محیطی • پیش بینی سری های زمانی با کاربرد در علوم زیست-محیطی • طبقه بندی یافته های ناشی از مشاهدات تجربی • شناسایی الگوهای مخفی و تکرار شونده در طبیعت
علوم اقتصادی و مالی	• پیش بینی قیمت سهام و شاخص بورس • طبقه بندی علایم و نمادهای بورس • تحلیل و ارزیابی ریسک • تخصیص سرمایه و اعتبار

کاربردهای شبکه عصبی مصنوعی

زمینه کلی	کاربرد
علوم اجتماعی و روانشناسی	• طبقه بندی و خوشه بندی افراد و گروه ها • مدل سازی و پیش بینی رفتارهای فردی و اجتماعی
هنر و ادبیات	• پیش بینی موفقیت و مقبولیت عمومی آثار هنری • استخراج مولفه های اساسی از متون ادبی و آثار هنری • طبقه بندی و کاوش متون ادبی
علوم نظامی	• هدف گیری و تعقیب در سلاح های موشکی • پیاده سازی سیستم های دفاعی و پدافند هوشمند • پیش بینی رفتار نیروی مهاجم و دشمن • پیاده سازی حملات و سیستم های دفاعی در جنگ الکترونیک (جنگال)

برخی از انواع شبکه‌های عصبی مصنوعی

- مک‌کلاچ–پیتز (اولین شبکه عصبی مصنوعی) – ۱۹۴۳
- شبکه هب- ۱۹۴۹
- پرسپترون – ۱۹۵۸
- شبکه آدالاین - ۱۹۶۰
- شبکه هاپفیلد – ۱۹۸۲
- نگاشت‌های خودسازمانده کوهونن (SOM)- ۱۹۸۲
- الگوریتم پس‌انتشار خطا برای شبکه‌های پرسپترون چندلایه (MLP) - ۱۹۸۵
- شبکه‌های نظریهٔ نوسان وفقی (ART)- ۱۹۸۷
- توسعه شبکه توابع پایه شعاعی (RBF) - ۱۹۸۸
- یادگیری عمیق (Deep Learning)- ۲۰۰۶

تاریخچه شبکه عصبی مصنوعی

- دهه ۴۰ – اولین شبکه‌های عصبی مصنوعی
  - ۱۹۴۳- معرفی نرون مک‌کلاچ–پیتز (اولین شبکه عصبی مصنوعی)
    - توسط وارن مک‌کلاچ و والتر پیتز در ۱۹۴۳ و توسعه در ۱۹۴۷
  - ۱۹۴۹- شبکه هب
    - توسط دونالد هب، یکی از روانشناسان دانشگاه McGill
    - ایده: اگر دو نرون به طور هم‌زمان فعال شوند، استحکام اتصال بین آنها باید افزایش یابد
    - اولین قانون یادگیری
- دهه ۵۰ – پرسپترون
  - معرفی توسط فرانک روزنبلات در سال ۱۹۵۸ و بهبود در ۱۳۵۹ و ۱۳۶۲
  - شبکه لایه با الهام از شبکیه چشم
  - قانون یادگیری قوی‌تر از قانون هب، مبتنی بر روشی تکرار شونده برای تنظیم وزن

تاریخچه شبکه عصبی مصنوعی

- **دهه ۶۰ – گسترش پرسپترون + آدالاین**
  - **۱۹۶۰ – شبکه آدالاین**
    - آدالاین (ADALINE) = نرون خطی وفقی (ADAptive LInear NEuron) یا سیستم خطی وفقی (ADAptive LINEar System)
    - توسط برنارد ویدرو و دانشجوی وی مارسیان (تد) هاف
    - ارائه یک قانون یادگیری با نام قانون ویدرو-هاف (Widrow-Hoff Rule) یا میانگین مربعات کمینه (LMS)) و یا قانون دلتا (Delta Rule)
    - شباهت زیاد قانون یادگیری دلتا (مهندسی) با قانون پرسپترون (روانشناسی)
      - تفاوت: در پرسپترون برای هر واحدی که پاسخ نادرست دارد ، وزن‌هاي اتصال آن واحد تنظیم مي‌شود ، اما قانون دلتا وزن‌ها را طوری تنظیم مي‌کند تا اختلاف بین خروجی شبکه و خروجي مطلوب کمینه کند
    - مادالاین: شکل توسعه یافته و چندلایهٔ آدالاین
    - قانون دلتا منجر به افزایش قابلیت تعمیم می‌شود
    - قانون دلتا مبنای قانون پس‌انتشار (Backpropagation) برای یادگیری شبکه‌های چندلایه است
  - **۱۹۶۹ - تشریح کامل پرسپترون توسط مینسکی و پاپرت**

تاریخچه شبکه عصبی مصنوعی

- دهۀ ۷۰- سال‌های خاموش
  - عدم موفقیت پرسپترون‌های یک لایه در حل مسائل ساده‌ای (مانند تابع XOR)
  - عدم وجود روشی کلی برای آموزش شبکه‌های چندلایه

- ۱۹۷۲- اولین کار کوهونن از دانشگاه هلسینکی، روی شبکه‌های عصبی حافظۀ پیوندی
- ۱۹۷۷- تحقیقات آندرسن از دانشگاه براون در زمینۀ شبکه‌هایی عصبی حافظۀ انجمنی و انتشار نظریاتش با نام «حالت مغز در یک جعبه» (Brain-State-in-a-Box)

تاریخچه شبکه عصبی مصنوعی

- دهه ۸۰- شکوفایی شبکه‌های عصبی . . .
  - الگوریتم پس‌انتشار خطا برای آموزش شبکه‌های چندلایه
    - توسط پارکر در سال ۱۹۸۵ و لوکان در سال ۱۹۸۶
  - شبکه‌های هاپفیلد
    - توسط هاپفیلد برندهٔ جایزهٔ نوبل در رشتهٔ فیزیک و عضو مؤسسهٔ فن‌آوری کالیفرنیا
      - به همراه دیوید تانک ، محقق AT&T
    - شبکهٔ عصبی با وزن‌های ثبات و فعال‌سازی وفقی (جزو شبکه‌های حافظهٔ انجمنی)
    - حل مسائل ارضای محدودیت مانند «مسئلهٔ فروشندهٔ دوره‌گرد»
  - نگاشت‌های خودسازمانده کوهونن (SOM)
    - توسط کوهونن از دانشگاه هلسینکی
    - استفاده در بازشناسی گفتار کلمات فنلاندی و ژاپنی ، حل «مسئلهٔ فروشندهٔ دوره‌گرد» و آهنگ‌سازی

تاریخچه شبکه عصبی مصنوعی

- **دهه ۸۰- شکوفایی شبکه‌های عصبی . . .**
  - **شبکه‌های نظریهٔ نوسان وفقی (ART)**
    - توسط کارپنز و با همکاری گراس‌برگ
    - نظریه‌ای برای شبکه‌های عصبی خودسازمانده
  - **شبکه Neocognitron**
    - توسط فوکوشیما و همکارانش در آزمایشگاه‌های NHK در توکیو
    - شبکهٔ عصبی خاص منظوره برای بازشناسی نویسه‌ها
    - بهبود یافته شبکهٔ خودسازمانده قدیمی‌تر با نام Cognitron (۱۹۷۵)
  - **ماشین بولتزمن**
    - تغییر وزن‌ها یا فعال‌سازی براساس تابع تراکم احتمال
    - استفاده از ایده‌های کلاسیک شبیه‌سازی سردشدن تدریجی (Simulated Annealing)و تئوری تصمیم‌گیری بیز (Bayesian Decision Theory)

تاریخچه شبکه عصبی مصنوعی

- دهه ۸۰- شکوفایی شبکه‌های عصبی . . .
  - مطالعات ریاضیاتی و زیست‌شناختی
    - گراس‌برگ (مدیر مرکز سیستم‌های وفقی در دانشگاه بوستون)
  - پیاده‌سازی سخت‌افزاری
    - افزایش قابلیت‌های محاسباتی کامپیوترها و ساخت VLSIبرای شبکه‌های عصبی
    - ایجاد شرکت‌های مبتنی بر شبکه عصبی

تاریخچه شبکه عصبی مصنوعی

- دهه ۹۰ – دهه کاربرد
  - به کار گیری شبکه‌های عصبی در کاربردهای مختلف
  - توسعه شبکه توابع پایه شعاعی (RBF)
  - ماشین بردار پشتیبان (SVM)
- ۲۰۰۰ به بعد
  - یادگیری عمیق (Deep Learning)
  - ترکیب با سایر روش‌ها