



مرکز آموزش‌های الکترونیکی دانشگاه شهید بهشتی

شبکه‌های عصبی مصنوعی

Artificial Neural Networks

Ali Katanforoush*

* Department of Data and Computer Sciences, Shahid Beheshti University

1 / 20



1

Introduction

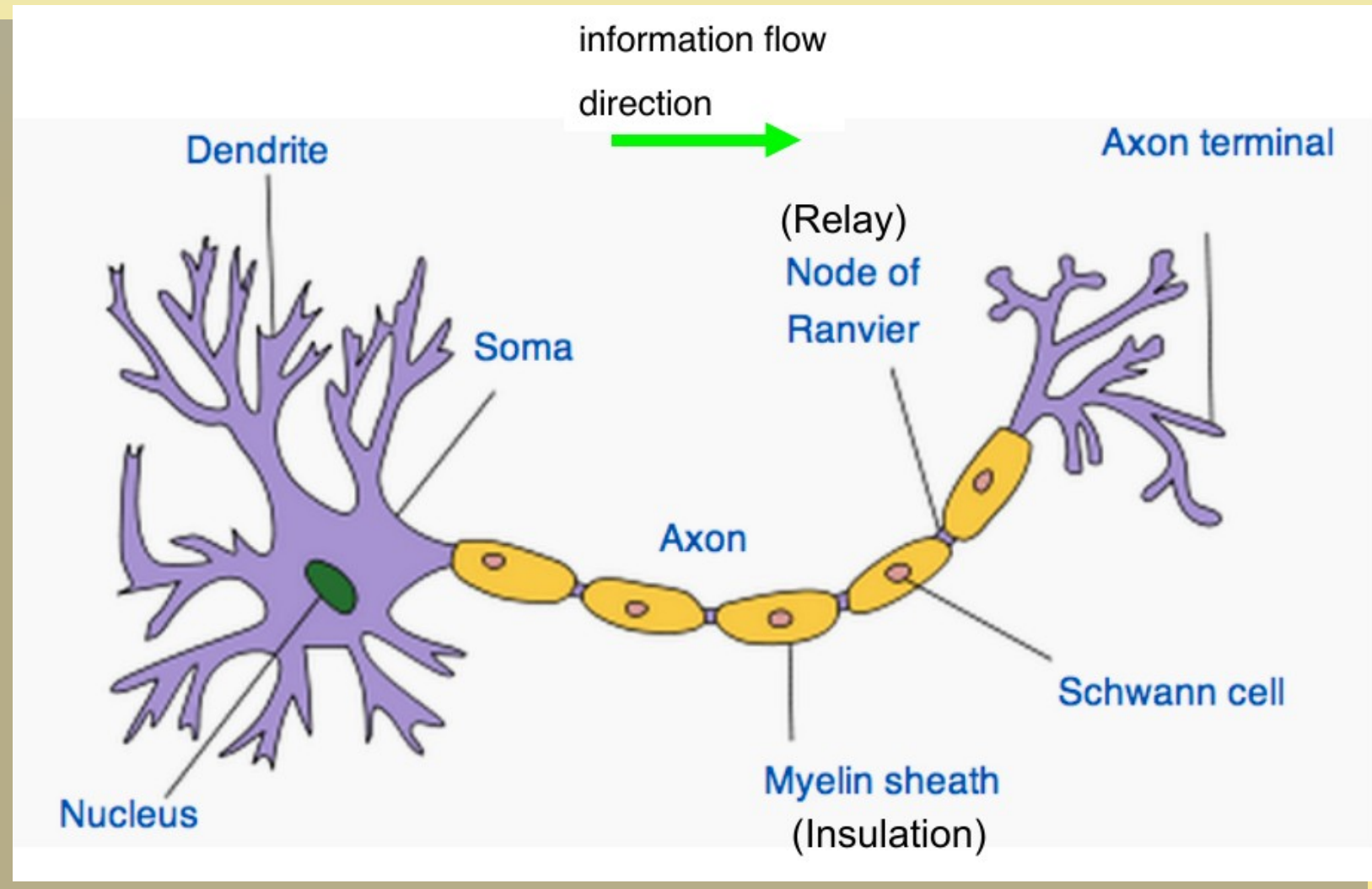
اهداف درس

- آشنائی با انواع مقدماتی معماری شبکه‌های عصبی مصنوعی
- قواعد یادگیری شبکه‌های عصبی مصنوعی
 - 📌 تعریف شبکه‌های عصبی در قالب روابط ریاضی
 - 📌 همگرایی روش‌های یادگیری
- یادگیری ژرف و شبکه‌های عصبی مصنوعی با معماری ژرف
- آشنائی با برخی کاربردهای شبکه‌های عصبی مصنوعی در بازشناسی الگو، پردازش زبان، پردازش سیگنال و ...
- ✗ در این درس به موضوعات زیر (هرچند مرتبط) نمی‌پردازیم:
 - ✗ شبکه‌های عصبی از منظر زیست‌شناسی و علوم اعصاب
 - ✗ پیاده‌سازی شبکه‌های عصبی با استفاده از مدارات الکترونیک و VLSI

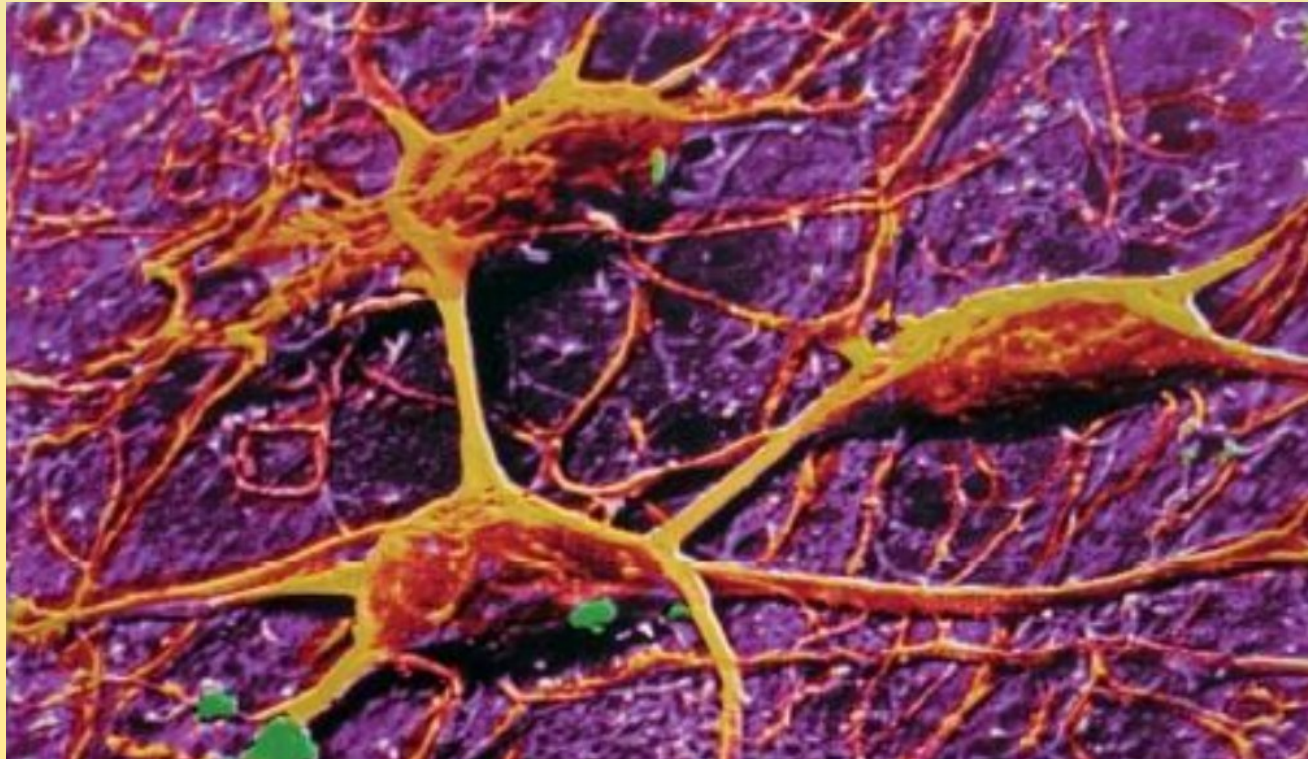
شبکه عصبی چیست؟

- مجموعه‌ای از واحدهای ساده محاسباتی که در شبکه‌ای از پیوندها به تبادل اطلاعات با یکدیگر می‌پردازند.
 - واحد ساده محاسباتی - > نورون
- تحقق محاسبات پیچیده توسط شبکه‌های عصبی به واسطه
 - تعداد بالای نورونها
 - پردازش موازی
 - پردازش ناهمزمان
 - ارتباطات انعطاف‌پذیر: ایجاد پیوند، تقویت و مهار

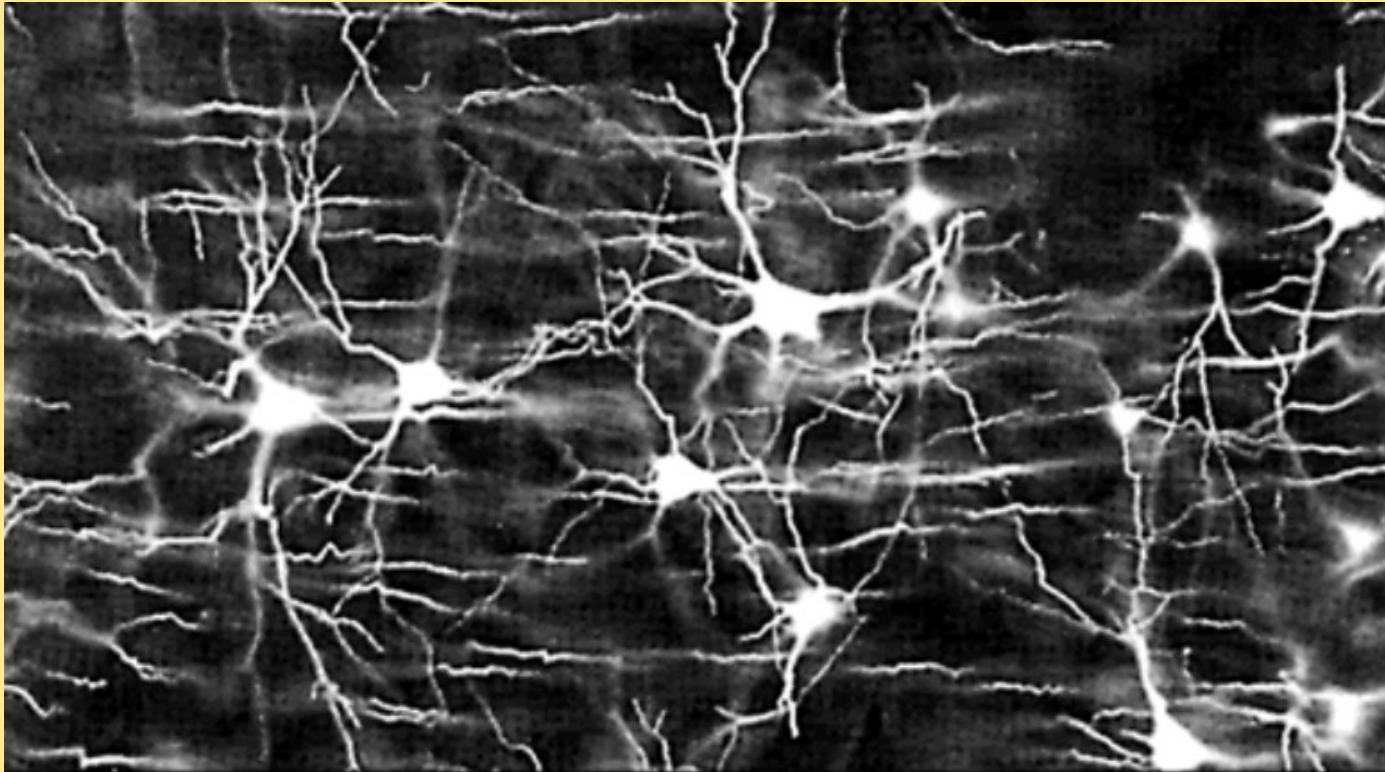
شمای یک نورون زیستی



تصویری از نورون‌های زیستی



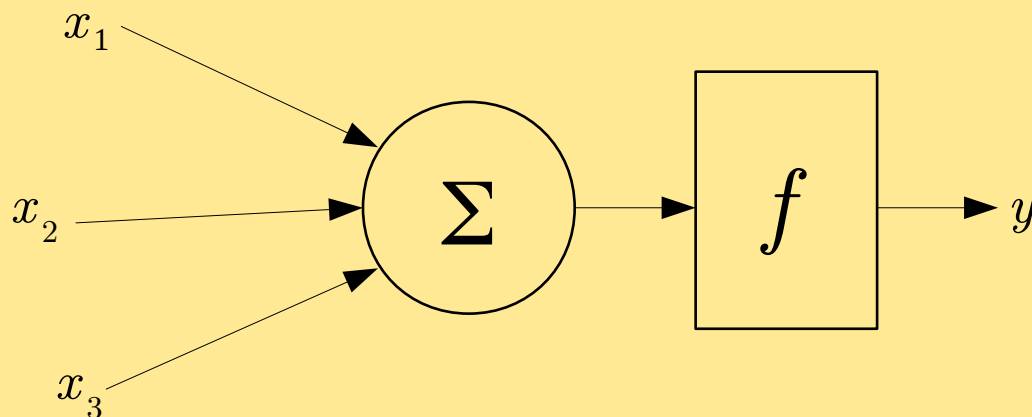
شبکه نورونی



مدل نورونی مصنوعی

در یک مدل نورونی مصنوعی، در ساده‌ترین شکل ممکن، حداقل سه مؤلفه مورد توجه قرار می‌گیرند:

- (۱) مجموعه اطلاعات **ورودی** دریافت شده از دیگر نورونها
- (۲) نحوه تغییر حالت درونی نورون (**فعال‌سازی**)، پس از دریافت ورودی
- (۳) گسیل **یک سیگنال خروجی** از نورون فعال شده به مجموعه‌ای از دیگر نورون‌ها که می‌تواند شامل خود نورون شلیک‌کننده و نورون‌های ورودی نیز باشد (شبکه بازگشتی).



سطوح مطالعه / طراحی شبکه‌های عصبی

از دیدگاه مهندسی و ریاضی

- نورونی
- لایه
- شبکه 

از دیدگاه علوم اعصاب

- سیناپسی
- نورونی
- مدارات (عمل کرد معین)
- نقشه‌ها
- زیر سیستم‌ها

چرا شبکه‌های عصبی مصنوعی را مطالعه می‌کنیم؟

(۱) به نظر می‌رسد با استفاده از مدل‌های الهام گرفته از شبکه‌های عصبی زیستی بتوان به قدرت بالای این شبکه‌ها در مسائل دشوار هوش مصنوعی مانند بازشناسی الگو، پردازش متن و ... دست یافت.

(۲) از سوی دیگر، مطالعه ویژگی‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌تواند به فهم بهتر چگونگی پردازش اطلاعات در شبکه‌های عصبی زیستی همچون مغز کمک نماید.

مباحث سرفصل

در این درس، شبکه‌های عصبی مصنوعی در دو بخش مورد بررسی قرار می‌گیرند:

(۱) شبکه‌های عصبی مصنوعی با یادگیری تطبیقی وزن (Adaptive weight learning)

- مدل نورونی مک‌کالوک-پیتز McCulloch-Pitts
- یادگیری هب Hebbian learning
- شبکه‌های پرسپترون Perceptron، آدالین Adaline و پایه شعاعی Radial basis
- یادگیری کوهونن Kohonen و شبکه‌های LVQ و SOM
- شبکه هاپفیلد Hopfield

مباحث سرفصل

در این درس، شبکه‌های عصبی مصنوعی در دو بخش مورد بررسی قرار می‌گیرند:

(۱) شبکه‌های عصبی مصنوعی با یادگیری تطبیقی وزن (Adaptive weight learning)

(۲) شبکه‌های عصبی با یادگیری پس‌انتشار خطا (Error back propagation)

- پرسپترون چندلایه Multi Layer Percptron

- شبکه‌های عصبی ژرف Deep Neural Networks

- شبکه‌های عصبی کانولوشن Convolutional Neural Networks

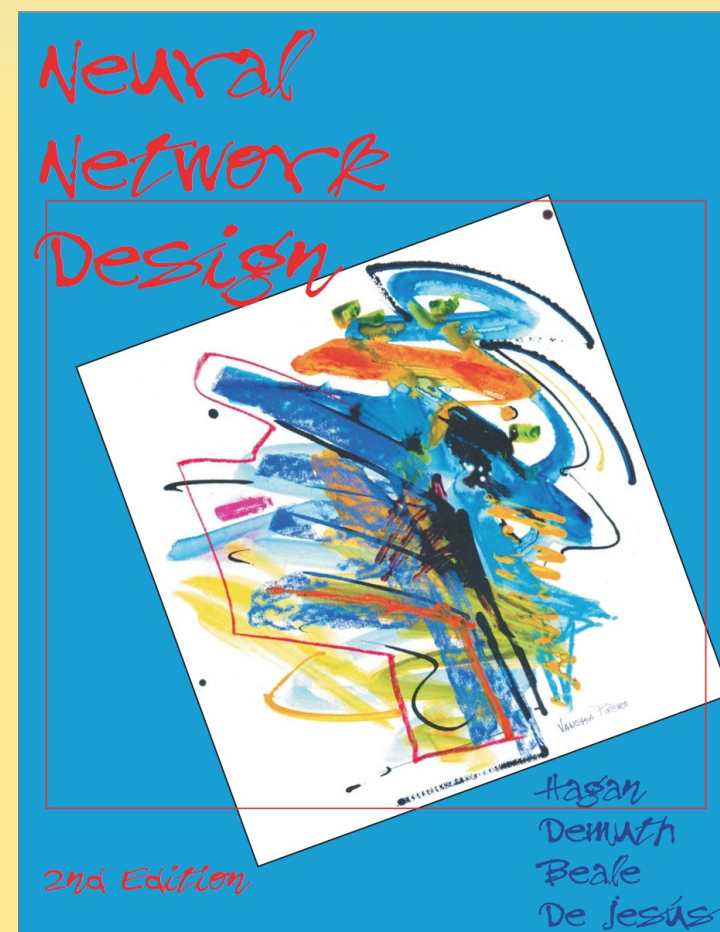
- شبکه‌های عصبی بازگشتی Recurrent Neural Networks

- شبکه‌های خود-کدگذار Auto Encoders

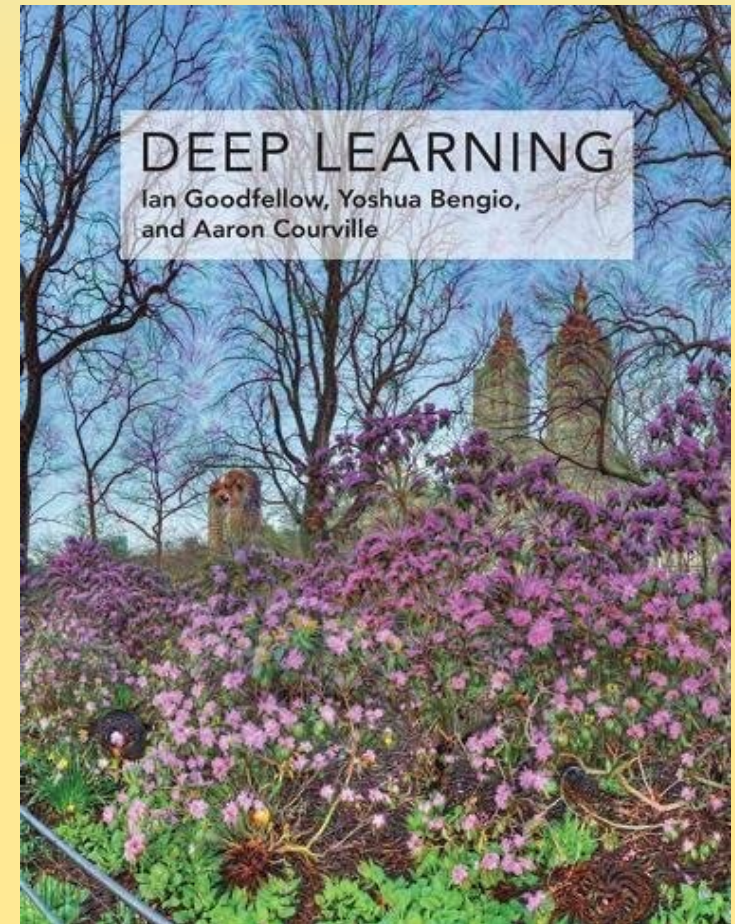
- مباحثی در طراحی شبکه‌های عصبی ژرف؛

- روش‌های کاهش گرایان تصادفی • منظم‌سازی • ریزش • نرمال‌سازی دسته‌ای • توابع زیان

- *Neural Network Design*, 2nd Ed
Hagan, M.,
Demuth, H.,
Hudson Beale, M.,
De Jesus, O.
- Chapters 1-7, 10, (11), 15-17, 21
- hagan.okstate.edu/NNDesign.pdf



- *Deep Learning*
Goodfellow, I.,
Bengio, Y.,
Courville, A.
- Chapters 4-10
- www.deeplearningbook.org



پیش‌نیازها

- ریاضیات عمومی
 - قواعد مشتق‌گیری
 - قضایای اساسی در بهینه‌سازی
- جبر خطی
 - روابط ریاضی در فرم‌های ماتریسی
 - حل دستگاه معادلات خطی
 - مقادیر ویژه و بردارهای ویژه ماتریس
- آمار و احتمال (مقدمات)
- مبانی برنامه‌نویسی

کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی

- صنایع هوایی. سامانه پرواز خودکار (اتوپایلوت)، شبیه‌ساز ناوبری پرواز
- صنایع خودروئی. اتومبیل خودران، عیب‌یاب هوشمند
- بانکداری. خوانش چک و اسناد، رتبه‌بندی اعتبار
- صنایع دفاعی. تشخیص موانع، تشخیص چهره، پردازش و فشرده‌سازی تصاویر و سیگنال رادار
- الکترونیک. پیشگوئی دنباله کد، طراحی مدار، عیب‌یابی مدار، بینائی ماشین، تولید گفتار
- پزشکی. آنالیز تصاویر پزشکی و تشخیص تومور، آنالیز و دسته‌بندی سیگنال‌های EEG و ...
- رباتیک. کنترل مسیر حرکت، کنترلرهای بالابر، سیستم‌های بینائی و ...
- صدا و گفتار. تشخیص صوت، فشرده‌سازی صوت، دسته‌بندی مصوت‌ها، تبدیل متن به گفتار
- مخابرات. فشرده‌سازی تصویر و داده، ترجمه در لحظه زبان گفتاری و ...

تاریخچه شبکه‌های عصبی

- 1938, Rashevsky describes neural activation dynamics by means of **differential equations**
- 1943, McCulloch & Pitts propose the **first mathematical model for biological neurons**
- 1949, Hebb proposes his **learning rule**: Repeated activation of one neuron by another strengthens their connection
- 1958, Rosenblatt invents the **perceptron** by basically adding a learning algorithm to the McCulloch & Pitts model

تاریخچه شبکه‌های عصبی

- 1960, Widrow & Hoff introduce the **Adaline**, a simple network trained through **gradient descent**
- 1962, Hubel & Wiesel discover properties of visual cortex motivating **self-organizing neural network models**
- 1964, Taylor builds first **winner-take-all neural circuit** with inhibitions among output units
- 1969, Minsky & Papert show that **perceptrons are not computationally universal**; *interest in neural network decreases*

تاریخچه شبکه‌های عصبی

- 1982, Hopfield develops his **auto-association network**
Kohonen proposes the **self-organizing map**
- 1986, Rumelhart, Hinton & Williams provide the **backpropagation algorithm** in its modern form
- 1989, LeCun et al. Introduce and apply **convolutional neural networks** to handwriting zip code recognition
- 1997, Hochreiter and Schmidhuber introduce the **Long short-term memory**; the most successful model for the **recurrent neural network** units.
- 2012, AlexNet won the ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge by utilizing GPU computing on a **Deep CNN**

ویژگی‌های دستگاه عصبی و مغز انسان در مقایسه با CPU

- دستگاه عصبی هر انسان، در بدو تولد نزدیک به ۱۰۰ میلیارد نورون دارد.
- هر نورون به طور میانگین با ۱۰ تا ۱۵ هزار نورون دیگر در ارتباط است.
- حدود ۲۰ میلیارد نورون در قشر خاکستری مغز قرار دارند و مجموعاً شبکه‌ای با 10^{13} پیوند را تشکیل می‌دهند.
- متوسط زمان سوئیچینگ در نورون‌های زیستی در محدوده میلی‌ثانیه است
- در حالیکه در کامپیوترها این محدوده نانو ثانیه است. 🖱️ یک میلیون برابر سریعتر!
- سرعت انتقال اطلاعات، در امتداد آکسون حدود ۱۰۰ متر بر ثانیه
- و مدارات الکترونیکی نزدیک به سرعت نور، ۳۰۰ میلیون متر بر ثانیه است.
- برتری مغز نسبت به کامپیوتر، در تعداد بسیار بالای اتصالات بین نورونی و نیز مزیتی مشابه پردازش موازی است چرا که میلیون‌ها نورون می‌توانند به طور همزمان شلیک کنند.