



UNAMA

UNIVERSIDADE
DA AMAZÔNIA



Redes Neurais Artificiais

Introdução à Redes Neurais

Prof. Filipe C Fernandes

040602182@prof.unama.br

GitHub: FilipeCFernandes

Sumário

1. Função de Ativação do Neurônio

- O que é e para que serve
- Função Degrau
- Função Degrau Bipolar
- Função Rampa Simétrica
- Outras funções importantes
- Exercícios

2. Arquitetura de Redes Neurais

- Feedforward de camada simples
- Feedforward de múltiplas camadas
- Redes neurais recorrentes (RNN)
- Estruturas reticuladas
- Exercícios

3. Rede Perceptron Simples

- Histórico
- Princípio de funcionamento
- Análise matemática
- Processo de treinamento
- Exemplo prático
- Exercícios



Funções de Ativação



UNAMA

A vibrant red macaw is shown in flight, its wings spread wide, against a blurred background of lush green foliage. The bird is positioned on the right side of the image, moving towards the left.

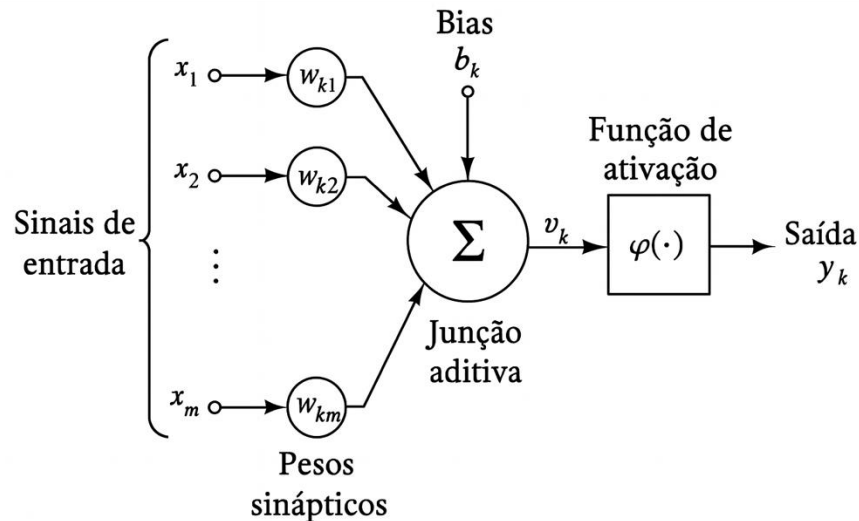
Função de Ativação do Neurônio

O que é a função de ativação?

- Componente matemático que determina a saída de um neurônio artificial
- Transforma a soma ponderada das entradas em um valor de saída

Para que serve?

- Introduce não-linearidade no modelo, permitindo aprender padrões complexos
- Limita a amplitude do sinal de saída (normalização)
- Determina se o neurônio será "ativado" ou não



Modelo de neurônio artificial com função de ativação

Função Degrau

Definição Matemática

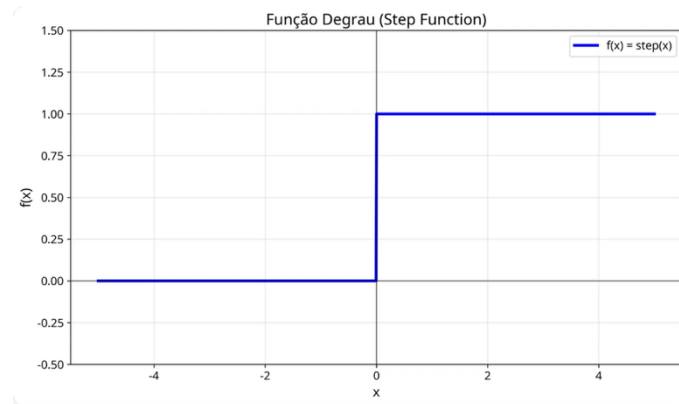
$$f(x) = \begin{cases} 1, & \text{sex} \geq 0 \\ 0, & \text{sex} < 0 \end{cases}$$

Comportamento

- Saída binária: 0 ou 1
- Transição abrupta no limiar ($x = 0$)
- Não é diferenciável no ponto de transição

Aplicações

- Classificação binária simples
- Perceptron original (modelo McCulloch-Pitts)
- Problemas de decisão do tipo "sim/não"



Função Degrau: Domínio \mathbb{R} , Imagem $\{0,1\}$

Função Degrau Bipolar

Definição Matemática

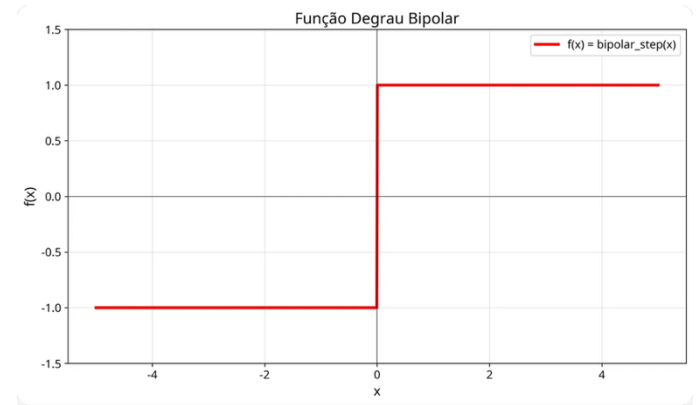
$$f(x) = \begin{cases} 1, & \text{sex} \geq 0 \\ -1, & \text{sex} < 0 \end{cases}$$

Características

- Saída binária: -1 ou 1
- Domínio: \mathbb{R} (todos os números reais)
- Imagem: $\{-1, 1\}$ (conjunto com dois valores)

Aplicações

- Classificação binária com saídas simétricas
- Redes Hopfield e modelos de memória associativa



Função Degrau Bipolar: saída 1 para $x \geq 0$ e -1 para $x < 0$

Função Rampa Simétrica

Definição Matemática

$$f(x) = \begin{cases} -1, & \text{se } x \leq -1 \\ x, & \text{se } -1 < x < 1 \\ 1, & \text{se } x \geq 1 \end{cases}$$

Características

- Também conhecida como função de saturação linear
- Combina comportamento linear na região central com saturação nos extremos
- Domínio: \mathbb{R} e Imagem: $[-1, 1]$

Aplicações

- Redes neurais de múltiplas camadas
- Sistemas de controle com limitação de amplitude

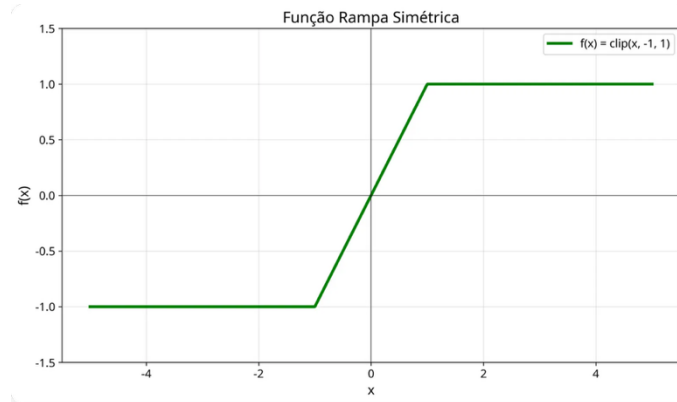


Gráfico da função rampa simétrica com saturação em -1 e 1

Outras Funções de Ativação

Tangente Hiperbólica (Tanh)

$$f(x) = \tanh(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$$

Saída entre -1 e 1, simétrica em torno da origem. Usada em redes recorrentes e camadas ocultas.

Linear

$$f(x) = x$$

Mantém proporcionalidade entre entrada e saída. Usada em camadas de saída para regressão.

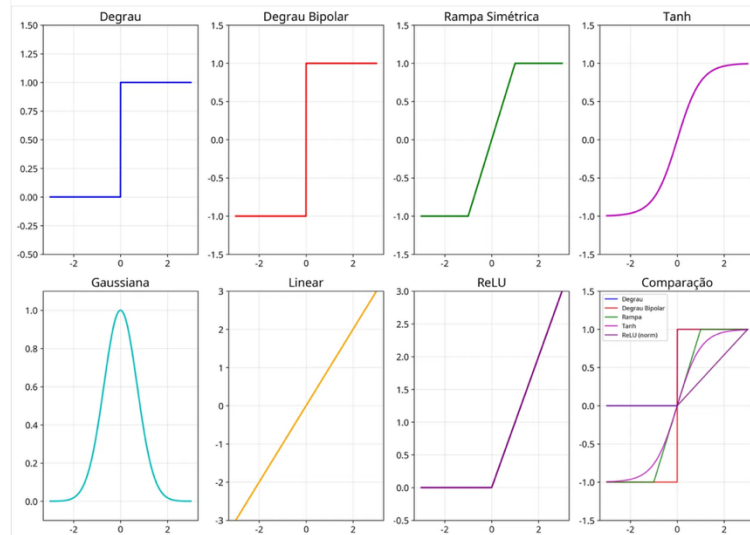
Gaussiana

Forma de sino com valor máximo em $x=0$. Aplicada em redes de base radial (RBF).

ReLU

$$f(x) = \max(0, x)$$

Zero para entradas negativas, identidade para positivas. Padrão em redes convolucionais modernas.



Comparação visual das diferentes funções de ativação

Exercícios - Funções de Ativação

1. Qual é o principal objetivo da função de ativação em uma rede neural?

- a)** Apenas normalizar os valores de entrada
- b)** Introduzir não-linearidade ao modelo
- d)** Reduzir o número de parâmetros da rede
- c)** Acelerar o processo de treinamento

Exercícios - Funções de Ativação

1. Qual é o principal objetivo da função de ativação em uma rede neural?

- a) Apenas normalizar os valores de entrada
- b) Introduzir não-linearidade ao modelo**
- d) Reduzir o número de parâmetros da rede
- c) Acelerar o processo de treinamento

Exercícios - Funções de Ativação

2. A função degrau bipolar possui qual intervalo de saída?

a) $[0, 1]$

b) $[-1, 1]$

c) $[0, \infty)$

d) $(-\infty, \infty)$

Exercícios - Funções de Ativação

2. A função degrau bipolar possui qual intervalo de saída?

a) $[0, 1]$

b) $[-1, 1]$

c) $[0, \infty)$

d) $(-\infty, \infty)$



Arquitetura de Redes Neurais



UNAMA



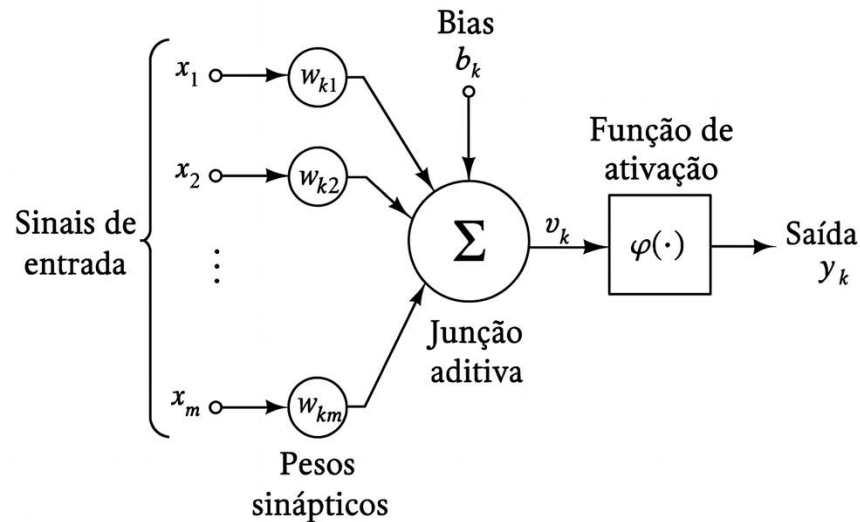
Arquitetura de Redes Neurais

O que é a arquitetura de uma rede neural?

- Estrutura organizacional dos neurônios e suas conexões
- Define como os neurônios são agrupados em camadas
- Estabelece os padrões de conexão entre as camadas

Principais tipos de arquiteturas:

- Feedforward de camada simples
- Feedforward de múltiplas camadas (MLP)
- Redes neurais recorrentes (RNN)
- Estruturas reticuladas



Feedforward de Camada Simples

Definição

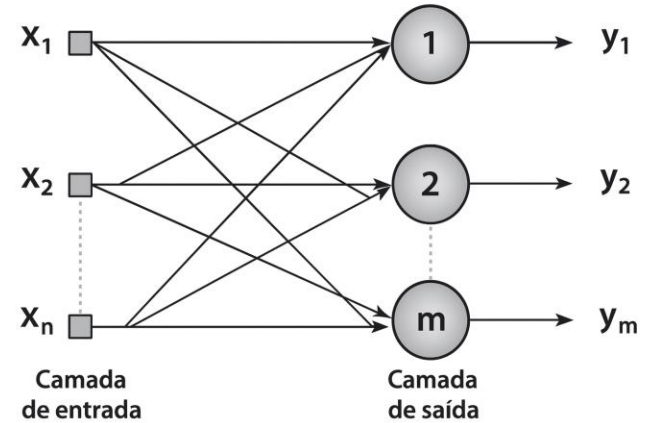
- Rede neural com apenas duas camadas: entrada e saída (sem camadas ocultas)
- Fluxo de informação unidirecional: da entrada para a saída

Características

- Cada neurônio de saída conecta-se a todos os neurônios de entrada
- Cada conexão possui um peso associado (parâmetro ajustável)

Aplicações

- Classificação de padrões linearmente separáveis
- Reconhecimento de padrões simples
- Exemplo: Perceptron para operações lógicas AND e OR



Arquitetura de rede feedforward com uma camada de entrada e uma camada de saída

Feedforward de Múltiplas Camadas

Definição

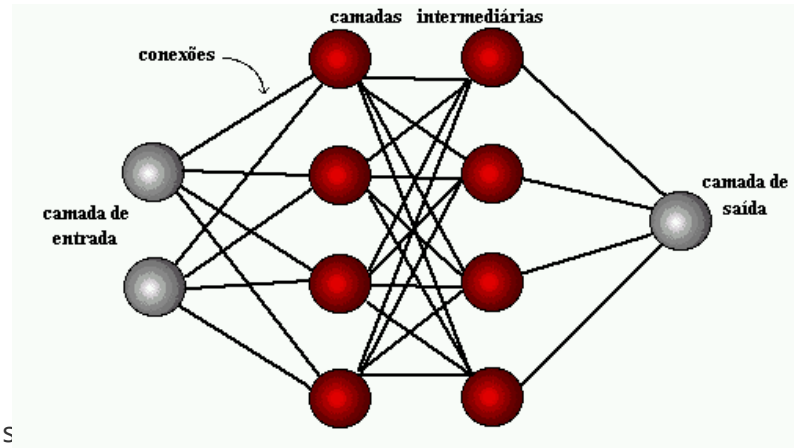
- Rede neural com uma ou mais camadas ocultas entre a entrada e a saída
- Fluxo de informação unidirecional: da entrada para a saída

Características

- Cada neurônio conecta-se a todos os neurônios da camada seguinte

Vantagens e Aplicações

- Capacidade de resolver problemas não-linearmente separáveis
- Reconhecimento de padrões complexos e aproximação de funções



Arquitetura feedforward com duas camadas ocultas entre a entrada e a saída

Redes Neurais Recorrentes (RNN)

Definição

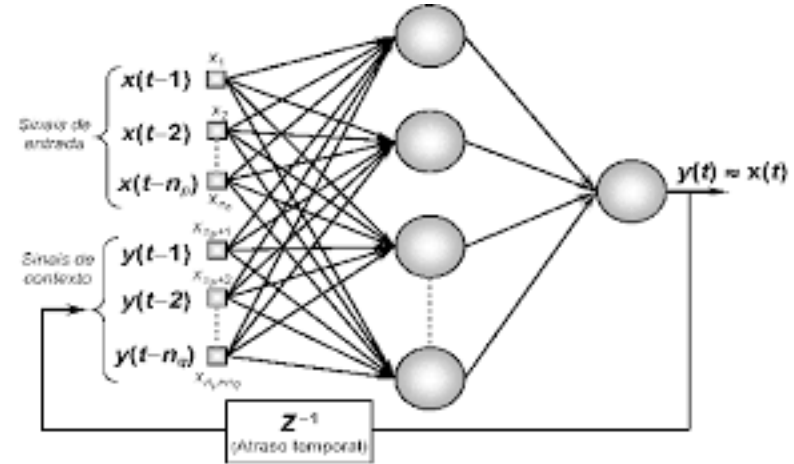
- Redes neurais com conexões de feedback (retroalimentação)
- Possuem "memória" de estados anteriores através de conexões temporais

Características

- Neurônios podem se conectar a si mesmos ou a neurônios da mesma camada

Aplicações

- Processamento de linguagem natural e tradução automática
- Reconhecimento de fala e previsão de séries temporais



Arquitetura de rede neural recorrente com conexões temporais (em vermelho)

Estruturas Reticuladas

Definição

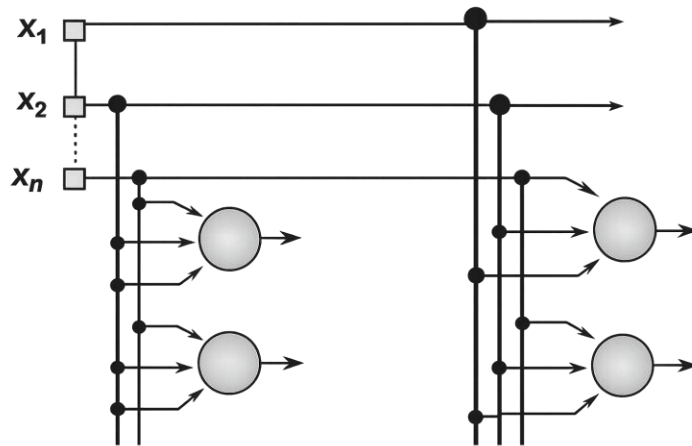
- Redes neurais organizadas em formato de grade ou malha bidimensional
- Neurônios dispostos em arranjo regular com conexões locais

Características

- Cada neurônio conecta-se principalmente aos seus vizinhos próximos
- Preserva relações espaciais ou topológicas dos dados
- Processamento paralelo e distribuído da informação

Aplicações

- Mapas auto-organizáveis (SOM - Self-Organizing Maps)
- Processamento de imagens e visão computacional
- Reconhecimento de padrões espaciais e temporais



Arquitetura reticulada com neurônios organizados em grade bidimensional



Rede Perceptron Simples



UNAMA

The background of the slide features a blurred image of a red macaw in flight, with its wings spread, against a backdrop of green foliage.

Rede Perceptron Simples

O que é o Perceptron?

- Modelo mais simples de neurônio artificial capaz de aprendizado
- Classificador linear binário: separa dados em duas categorias
- Base fundamental para redes neurais mais complexas

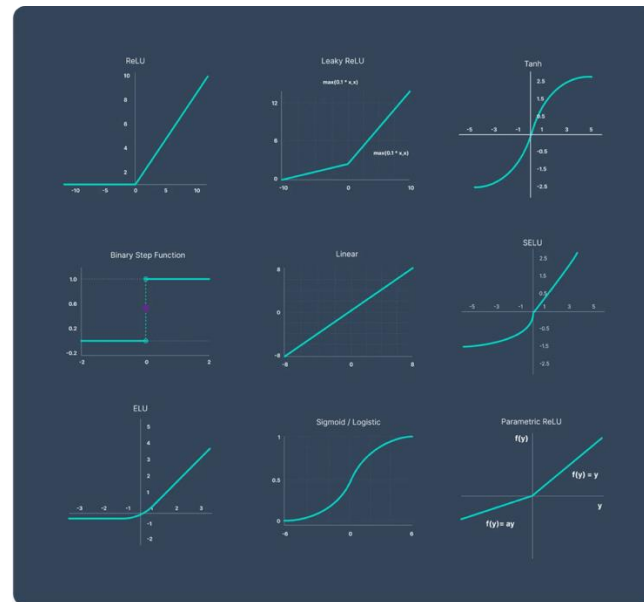
Histórico

1943: Modelo de McCulloch-Pitts (primeiro modelo matemático de neurônio)

1958: Frank Rosenblatt desenvolve o Perceptron como algoritmo de aprendizado

1969: Minsky e Papert publicam "Perceptrons", destacando limitações (problema XOR)

1986: Algoritmo de retropropagação supera limitações com redes multicamadas



Estrutura básica do Perceptron com entradas, pesos, soma ponderada e função de ativação

Princípio de Funcionamento do Perceptron

Componentes Básicos

- Entradas (x_1, x_2, \dots, x_n): sinais ou características
- Pesos sinápticos (w_1, w_2, \dots, w_n): importância de cada entrada

Processamento

- 1. Soma ponderada:
- 2. Função de ativação:

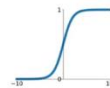
Interpretação Geométrica

- O Perceptron define um hiperplano que separa o espaço de entrada em duas regiões

Activation Functions

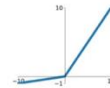
Sigmoid

$$\sigma(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$$



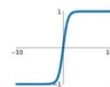
Leaky ReLU

$$\max(0.1x, x)$$



tanh

$$\tanh(x)$$



Maxout

$$\max(w_1^T x + b_1, w_2^T x + b_2)$$

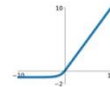
ReLU

$$\max(0, x)$$



ELU

$$\begin{cases} x & x \geq 0 \\ \alpha(e^x - 1) & x < 0 \end{cases}$$



Fluxo de processamento do Perceptron: entradas, pesos, soma ponderada e função de ativação

Análise Matemática do Perceptron

Modelo Linear

- O Perceptron implementa um modelo linear de separação

Soma Ponderada (Net Input)

$$z = \sum_{i=1}^n w_i x_i + b = \mathbf{w}^T \mathbf{x} + b$$

Função de Ativação

$$y = f(z) = \begin{cases} 1, & \text{se } z \geq 0 \\ 0, & \text{se } z < 0 \end{cases}$$

- A função degrau transforma a soma ponderada em uma saída binária

Processo de Treinamento do Perceptron

Algoritmo de Treinamento

- Inicialização aleatória dos pesos e bias
- Apresentação iterativa dos exemplos de treinamento

Regra de Aprendizado

$$w_i(t+1) = w_i(t) + \eta \cdot (d - y) \cdot x_i$$

$$b(t+1) = b(t) + \eta \cdot (d - y)$$

Convergência

- Garantia de convergência apenas para problemas linearmente separáveis

Exemplo Prático do Perceptron

Implementação da Função Lógica OR

```
# Dataset da função OR
X = np.array([
    [0, 0], # 0 OR 0 = 0
    [0, 1], # 0 OR 1 = 1
    [1, 0], # 1 OR 0 = 1
    [1, 1] # 1 OR 1 = 1
])
y = np.array([0, 1, 1, 1])

# Criar e treinar o Perceptron
perceptron = Perceptron(taxa_aprendizado=0.1,
                        max_iteracoes=10)
perceptron.treinar(X, y)

# Pesos finais: w = [0.13, 0.23], b = -0.07
```

Resultados

- Convergência rápida (menos de 10 épocas)
- Fronteira de decisão linear separa corretamente as classes

Exercícios - Perceptron

1. Qual é a principal limitação do Perceptron simples?

- a) Não consegue resolver problemas linearmente separáveis
- b) Não pode utilizar função de ativação degrau
- c) Não consegue resolver problemas não-linearmente separáveis
- d) Não permite ajuste de pesos

Exercícios - Perceptron

1. Qual é a principal limitação do Perceptron simples?

- a) Não consegue resolver problemas linearmente separáveis
- b) Não pode utilizar função de ativação degrau
- c) **Não consegue resolver problemas não-linearmente separáveis**
- d) Não permite ajuste de pesos

Exercícios - Perceptron

2. Na regra de aprendizado do Perceptron, o que representa o termo $(d - y)$?

- a) A taxa de aprendizado
- b) O erro de predição
- c) O valor do bias
- d) O valor do peso sináptico

Exercícios - Perceptron

2. Na regra de aprendizado do Perceptron, o que representa o termo $(d - y)$?

- a) A taxa de aprendizado
- b) O erro de predição**
- c) O valor do bias
- d) O valor do peso sináptico

Conclusão

Principais Conceitos Abordados

- ✓ Funções de ativação: papel fundamental na introdução de não-linearidade
- ✓ Perceptron: modelo fundamental para redes neurais mais avançadas
- ✓ Arquiteturas de redes neurais: estruturas para diferentes tipos de problemas
- 💡 A escolha adequada de funções e arquiteturas é essencial para o sucesso

Referências Recomendadas

- Haykin, S. (2009). Neural Networks and Learning Machines. Pearson.
- Bishop, C. M. (2006). Pattern Recognition and Machine Learning. Springer.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press.