

Definições de Aprendizado de Máquina

Prof. Jefferson T. Oliva

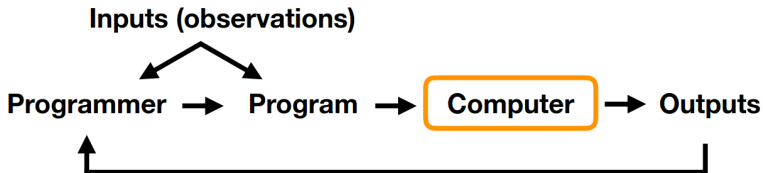
Aprendizado de Máquina e Reconhecimento de Padrões (AM28CP)
Engenharia de Computação
Departamento Acadêmico de Informática (Dainf)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Campus Pato Branco

- Aprendizado de Máquina
- Aprendizado Supervisionado

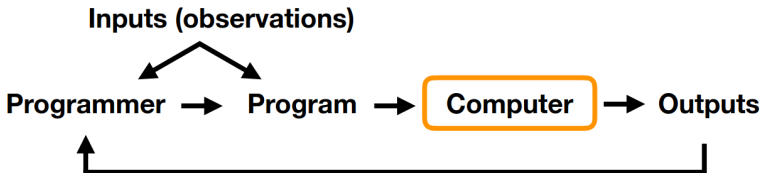
- O que é aprendizado de máquina?

- "O aprendizado de máquina é a novidade da moda" – John L. Hennessy, Universidade de Stanford
- "Um avanço na aprendizagem de máquina valeria dez Microsofts" – Bill Gates, co-fundador da Microsoft
- "Aprendizado de máquina é o campo de estudo que dá aos computadores a capacidade de aprender sem serem explicitamente programados" – Arthur L. Samuel, Pioneiro em Inteligência Artificial

- Paradigma de programação tradicional

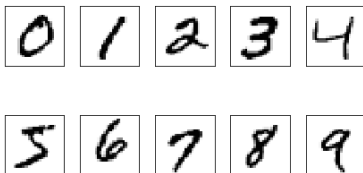


- "Aprendizado de máquina é o campo de estudo que dá aos computadores a capacidade de aprender sem serem explicitamente programados" – Arthur L. Samuel, Pioneiro em Inteligência Artificial



- O aprendizado é a chave da superioridade da Inteligência Humana
- Os humanos estão "pré-programados" para o aprendizado
 - Ampliação do conhecimento prévio
- Para que uma máquina tenha comportamento inteligente, deve-se aumentar a capacidade de aprendizado
- O computador não possui programa para encontrar informações e realizar aprendizado em geral
- Paradigmas e técnicas de AM possuem um alvo bem mais limitado do que o aprendizado humano

- "Diz-se que um programa de computador aprende a partir da experiência E com alguma classe de tarefas T e medida de desempenho P , se seu desempenho em tarefas em T , conforme medido por P , melhora com a experiência E " – Tom Mitchel, Universidade Carnegie Mellon
- Exemplo: reconhecimento de dígitos manuscritos



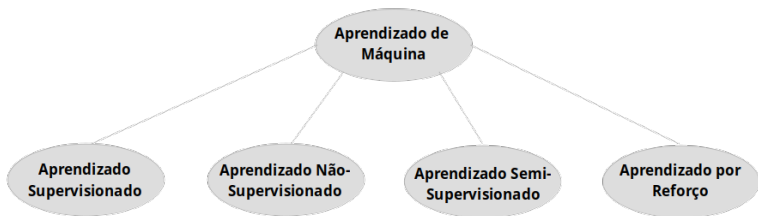
- Tarefa T : ?
- Medida de desempenho P : ?
- Experiência de treinamento E : ?

- Exemplos de aplicações de aprendizado de máquina
 - Análise de sentimentos
 - Auxílio no diagnóstico médico
 - Detecção de fraudes
 - Logística
 - Monitoramento de atletas
 - Processamento de língua natural
 - Sistemas de recomendação
 - Robótica
 - ...

Aprendizado de Máquina

Aprendizado de Máquina

- O aprendizado de máquina é uma subárea da inteligência artificial concentrada no desenvolvimento de métodos computacionais para a aquisição de conhecimento a partir de dados
- Hierarquia do aprendizado de máquina

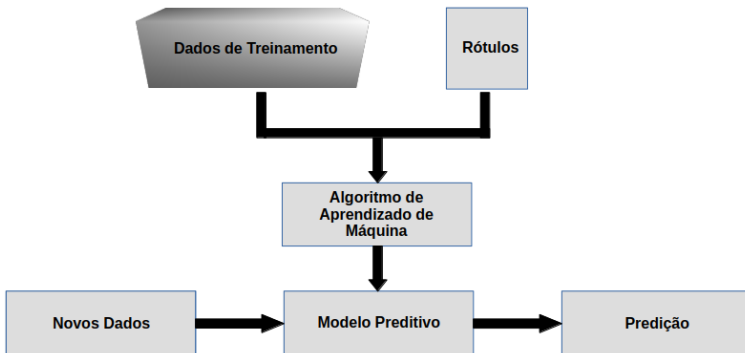


- O aprendizado é feito usando um conjunto de dados rotulados
 - Durante o processo de construção do modelo, para cada entrada (conjunto de características), já existe uma saída (rótulo/classe) conhecida
 - O objetivo do modelo é aprender uma função que mapeie as entradas (reconhecimento de padrões) de acordo com as possíveis saídas para que, quando novos dados (entradas) sejam fornecidos, o modelo seja capaz de prever a saída correta

Aprendizado de Máquina

Aprendizado supervisionado

- O aprendizado é feito usando um conjunto de dados rotulados

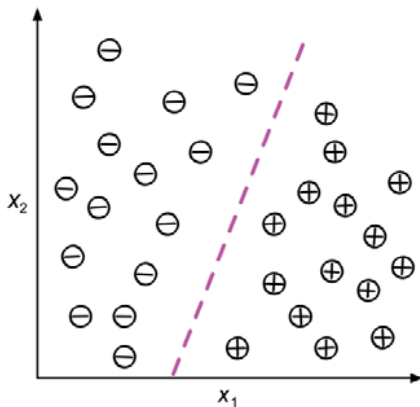


Aprendizado de Máquina

Aprendizado supervisionado

- O aprendizado supervisionado é dividido em duas abordagens:
 - Classificação: a predição é realizada dentro de um conjunto limitado de classes (e.g. positivo, negativo), ou seja, os valores preditos são categóricos
 - Regressão: os modelos predizem valores numéricos

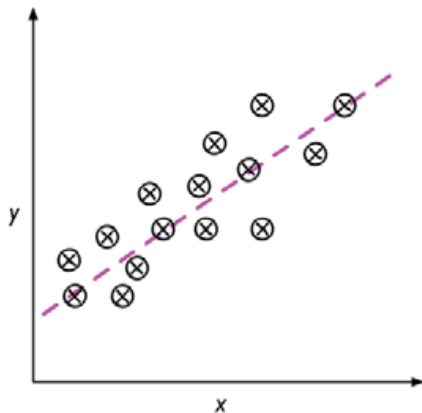
- Classificação



Aprendizado de Máquina

Aprendizado supervisionado

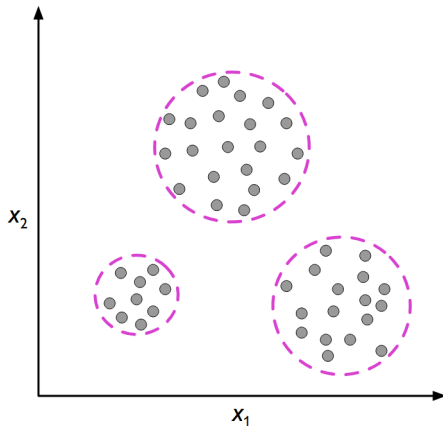
- Regressão



- Nessa abordagem de aprendizado, não há rótulos vinculados à entrada
- O objetivo é encontrar estruturas ocultas nos conjuntos de dados
- Enquanto no aprendizado supervisionado são construídos modelos preditivos, no não-supervisionado são gerados modelos descritivos
- Modelos descritivos têm a finalidade de sugerir partições nos conjuntos, conforme critérios de similaridade
- Também comumente aplicada na análise exploratória dos dados

- Exemplos de abordagens relacionados ao aprendizado não supervisionado
 - Agrupamento
 - Redução de dimensionalidade
 - Regras de associação

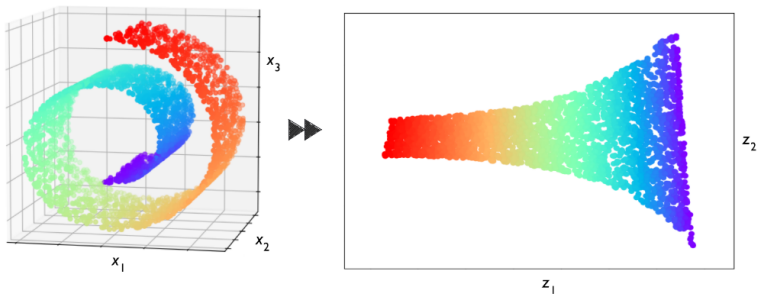
- Agrupamento



Aprendizado de Máquina

Aprendizado não-supervisionado

- Redução de dimensionalidade



- Regras de associação

Se a pessoa comprar

Leite, fralda

Fralda, cerveja

Cerveja, leite

Também comprará

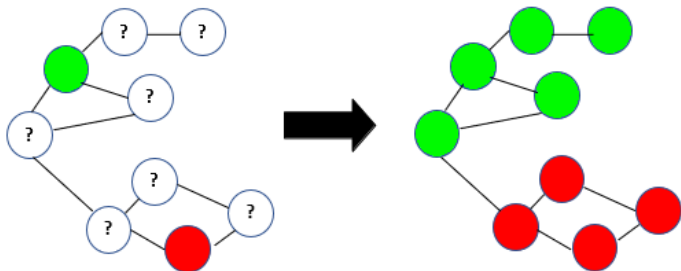
Cerveja

Leite

Fralda

- Nessa abordagem, há tanto dados com rótulos quanto sem rótulos
 - Em outras palavras, os dados estão parcialmente rotulados
- O aprendizado semi-supervisionado é relevante quando a obtenção de dados rotulados suficientes, para o treinamento de modelos, é considerada uma tarefa muito difícil ou cara, mas dados não rotulados são considerados fáceis de serem obtidos
 - Nesse cenário, tanto métodos supervisionados quanto não-supervisionados podem não oferecer uma solução adequada

- Método propagação de rótulo



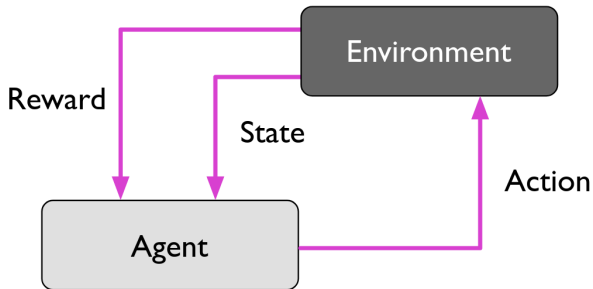
Aprendizado de Máquina

Aprendizado por reforço

- Tem a finalidade de desenvolver um sistema (agente) cujo desempenho deve ser melhorado com base nas interações com o ambiente
 - Aplicado em tomadas de decisões por agentes autônomos
- Implementa mecanismos de recompensa e punição no processamento de dados

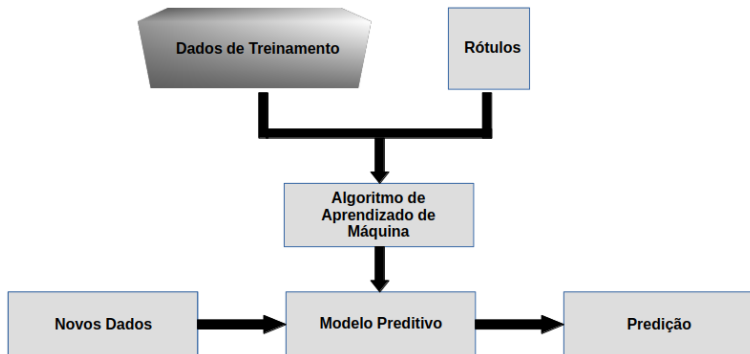
Aprendizado de Máquina

Aprendizado por reforço



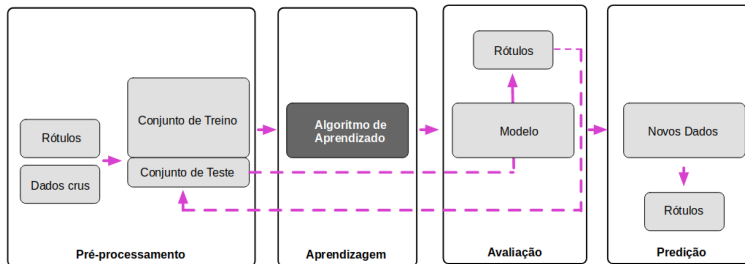
Aprendizado Supervisionado

Aprendizado Supervisionado



Aprendizado Supervisionado

- Processo de aprendizado



- Pré-processamento
 - Extração de características
 - Tratamento para dados faltantes e outliers
 - Reescala, padronização, ...
 - Seleção de características
 - Redução de dimensionalidade
 - Amostragem

- Aprendizagem
 - Escolha de algoritmos de aprendizado de máquina
 - Validação-cruzada
 - Treinamento de modelos
 - Otimização de hiper-parâmetros
 - Medidas de avaliação
- Avaliação
 - Matriz de confusão
 - Acurácia, sensibilidade (revocação), especificidade, f1-score, ...
 - Erro médio quadrático, raiz do erro médio quadrado, coeficiente de determinação, ...

- Vetor de características

$$x^i = [x_1^i, x_2^i, x_3^i, x_4^i, \dots, x_n^i]$$

onde: x^i é o i -ésimo vetor de características (ou linha de um conjunto de entrada), x_r^i é a r -ésima característica e n é a quantidade de características

- Dessa forma, o conjunto de dados (*dataset*) pode ser representado por uma matriz com m linhas (vetores de características):

$$X = \begin{bmatrix} x_1^1 & x_2^1 & x_3^1 & \dots & x_n^1 \\ x_1^2 & x_2^2 & x_3^2 & \dots & x_n^2 \\ x_1^3 & x_2^3 & x_3^3 & \dots & x_n^3 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_1^m & x_2^m & x_3^m & \dots & x_n^m \end{bmatrix}$$

- Variáveis alvos (classes ou rótulos) do conjunto de dados X

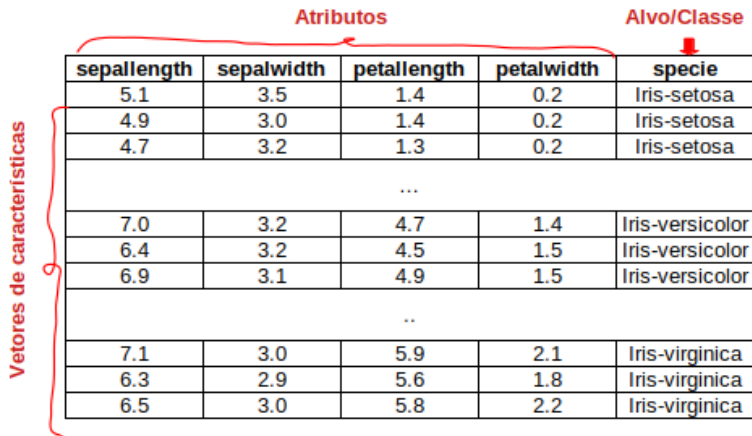
$$y = \begin{bmatrix} y^1 \\ y^2 \\ y^3 \\ \dots \\ y^m \end{bmatrix}$$

- onde: $y \in \{c_1, c_2, \dots, c_p\}$ e c_i é a i -ésima classe

Aprendizado Supervisionado

Algumas definições

- Exemplo:



The diagram shows a table with 5 columns and 12 rows. The first four columns are labeled 'Atributos' (Attributes) and the fifth is 'Alvo/Classe' (Target/Class). A red bracket on the left groups the first four columns as 'Vetores de características' (Feature vectors). A red arrow points to the 'Alvo/Classe' column.

| Atributos | | | | Alvo/Classe |
|------------|------------|-------------|------------|-----------------|
| sepalength | sepalwidth | petallength | petalwidth | specie |
| 5.1 | 3.5 | 1.4 | 0.2 | Iris-setosa |
| 4.9 | 3.0 | 1.4 | 0.2 | Iris-setosa |
| 4.7 | 3.2 | 1.3 | 0.2 | Iris-setosa |
| ... | | | | |
| 7.0 | 3.2 | 4.7 | 1.4 | Iris-versicolor |
| 6.4 | 3.2 | 4.5 | 1.5 | Iris-versicolor |
| 6.9 | 3.1 | 4.9 | 1.5 | Iris-versicolor |
| .. | | | | |
| 7.1 | 3.0 | 5.9 | 2.1 | Iris-virginica |
| 6.3 | 2.9 | 5.6 | 1.8 | Iris-virginica |
| 6.5 | 3.0 | 5.8 | 2.2 | Iris-virginica |

Aprendizado Supervisionado

Algumas definições

- Exemplo de treinamento: é uma linha da tabela X que representa uma observação (e.g. medidas extraídas em uma imagem)
- Característica: é a coluna da tabela X que representa, por exemplo, uma medida (e.g. média, desvio-padrão, etc) extraída no conjunto de dados crus
- Alvo: é a classe (ou rótulo) de um exemplo de treinamento
 - Representa o que desejamos prever em uma tarefa de aprendizado supervisionado
- Saída/predição: é o resultado do processamento da entrada pelo modelo treinado
 - Essa saída é então comparada com o *alvo*

Aprendizado Supervisionado

Algumas definições

- Exemplos de métodos de aprendizado supervisionado
 - Árvores de decisão
 - Floresta randômica
 - Máquinas de vetores de suporte
 - Naïve Bayes
 - Redes neurais artificiais
 - Regressão linear
 - Regressão logística
 - Vizinhos mais próximos
 - ...

Aprendizado Supervisionado

Algumas definições

- Passos para construção de modelos utilizando aprendizado de máquina supervisionado
 - ① Definição do problema a ser resolvido
 - ② Coleta de dados rotulados
 - ③ Escolha de algoritmos de aprendizado
 - ④ Escolha de um método de otimização de parâmetros do algoritmo de aprendizado
 - ⑤ Escolha de pelo menos uma métrica para a avaliação do modelo

- Funções objetivas
 - Maximizar probabilidades posteriori (e.g. naïve Bayes)
 - Maximizar a função de recompensa (aprendizado por reforço)
 - Maximizar o ganho de informação e minimizar impurezas (e.g. árvores de decisão)
 - Minimizar a raiz do erro médio quadrático (e.g. regressão linear)
 - Minimização da entropia-cruzada (função de custo/perda)
 - ...

- Métricas
 - Acurácia
 - Precisão
 - Revocação
 - Erro médio quadrado
 - Coeficiente de determinação
 - ...

Aprendizado Supervisionado

Algumas definições

- Categorização de algoritmos de aprendizado de máquina
 - Gulosos vs Preguiçosos
 - Lote (*batch*) vs online
 - Paramétrico vs não-paramétrico
 - Discriminativo vs generativo



BISHOP, C. M.

Pattern Recognition and Machine Learning.

Springer, 2006.



DUDA, Richard O.; HART, Peter E.; STORK, David G.

Pattern classification.

2nd ed. New York, NY: J. Wiley & Sons, 2001.



RASCHKA, S.; MIRJALILI, V.

Python Machine Learning.

Packt, 2017.