

Aprendizado de Máquina (*machine learning*)

Roteiro

- Introdução
 - abordagens
 - técnicas
- Arquitetura

Introdução

- Dificuldade
 - classificação
 - síntese
 - aprendizado de máquina (simbólico)
- Definição: “Learning denotes changes in the system that are adaptive in the sense that they enable the system to do the same tasks or tasks drawn from the same population more effectively the next time” (H. Simon, 1983. *Mach. Learn. I*)

Introdução

- Porque máquinas devem aprender?
 - simular e ajudar a entender o processo de aprendizado humano
 - *automatic programming*: programação a partir de instruções incompletas
 - entendimento de linguagem natural
 - descoberta de novas coisas
 - ...

Introdução

- Aprendizado = representação do conhecimento + inferência
- Tipos
 - Indução: dado KB, observado K, conclua P (observação falsa, indução falsa de P)
 - Dedução: dado KB, observado P, concluir K (se KB é correta, dedução é correta)

Abordagens

- 2 abordagens:
 - métodos numéricos: reconhecimento de padrões, etc. (dec. 60 e 70)
 - métodos simbólicos: preferidos pela comunidade de Inteligência Artificial (dec. 60 a 80); mais próximo ao modo humano de aprender; mais flexível e robusto

Abordagem Simbólica

- aprendizado de conceitos
- base em testes para crianças (o que figuras tem em comum? esta figura pertence ao grupo?)
- idéia do tutor para instruir deriva a área de STI
- gradualmente idéia do tutor é abandonada: aprendizado no contexto de resolução de problemas; aprendizado baseado em observação; por analogia

Aprendizado de máquina

Ana Lúcia C. Bazzan

Técnicas de Aprendizado

- *rote learning* (aquisição direta de novo conhecimento; memorização)
- Aprendizado por Descoberta
- Aprendizado baseado em Explicação (EBL)
- Generalização por Indução / Aprendizado por exemplos
- Aprendizado por Analogia

Aprendizado de máquina

Ana Lúcia C. Bazzan

Técnicas baseada em Indução

- Aprendizado a partir de exemplos
- Aprendizado baseado em explicação
- Métodos de classificação

Aprendizado de máquina

Ana Lúcia C. Bazzan

Aprendizado a Partir de Exemplos

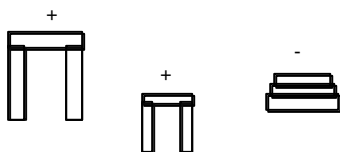
- aprendizado de conceitos a partir de exemplos
 - dados: conjunto de instâncias (positivas e negativas)
 - gerar: regra(s) da descrição correta (a fim de identificar outros exemplos e contra-exemplos)
 - exemplo de implementação: ARCH

Aprendizado de máquina

Ana Lúcia C. Bazzan

ARCH

- descrição simbólica dos elementos de uma figura:



Aprendizado de máquina

Ana Lúcia C. Bazzan

ARCH

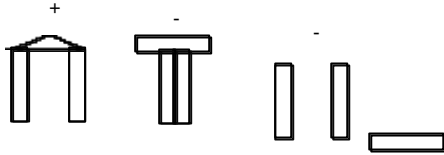
- conclusão 1:
“um arco consiste de dois blocos verticais e um horizontal” (qual a representação simbólica necessária para se atingir tal conclusão??)

Aprendizado de máquina

Ana Lúcia C. Bazzan

ARCH

- mais figuras são apresentadas:



Aprendizado de máquina

Ana Lúcia C. Bazzan

ARCH

- conclusão 2 (considerando exemplo à esquerda):
“um arco consiste de dois blocos verticais e um objeto horizontal”
- conclusão 3 (considerando exemplos à direita e central):
“um arco consiste de dois blocos verticais que não se tocam e um objeto horizontal colocado sobre os verticais” (que mais é necessário para se atingir tais conclusões??)

Aprendizado de máquina

Ana Lúcia C. Bazzan

ARCH

- quando um conceito formulado não cobre novas instâncias positivas, o conceito é dito muito específico
- quando descreve instâncias negativas, o conceito é dito muito geral

Aprendizado de máquina

Ana Lúcia C. Bazzan

Aprendizado a Partir de Exemplos

- como problema de busca:
 - busca no espaço de todos conceitos possíveis
 - espaço parcialmente ordenado (*branching*)
- dimensões associadas ao aprendizado por exemplos como problema de busca
 - direção da busca
 - inicia com conceito mais geral e segue restringindo
 - inicia com conceito mais específico e segue generalizando

Aprendizado de máquina

Ana Lúcia C. Bazzan

Aprendizado a Partir de Exemplos

- dimensões (cont.)
 - controle da busca
 - *depth-first*: uma hipótese por vez
 - *breadth-first*: várias hipóteses simultaneamente
 - manuseio da busca
 - todas instâncias são apresentadas de uma vez
 - processo incremental

Aprendizado de máquina

Ana Lúcia C. Bazzan

Aprendizado por Indução - Árvores de Decisão

- Indução de uma regra geral a partir de exemplos (supervisionado)
- Entrada: instâncias de treinamento (exemplos), função f
- Saída: classificação dos exemplos, função h (hipótese)
- Generalização não é correta
- PAC (probably approximately correct) learning

Aprendizado de máquina

Ana Lúcia C. Bazzan

Árvores de Decisão - ID3

- Aprendizagem de um conceito
- Conceito expresso através de uma árvore de decisão
- Nós: decisão sim/não ou outra variável discreta
- Folhas: valor booleano
- Objetivo: aprender um conceito-alvo (conjunção de predicados)

large ^ yellow → poisonous
¬large ^ ¬spotted → poisonous

Aprendizado de máquina

Ana Lúcia C. Bazzan

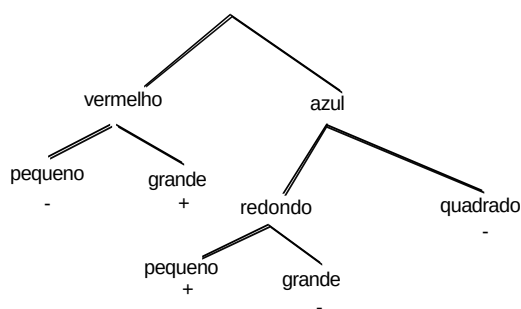
ID3

- Quinlan, 1993
- rede discriminatória / conceitos disjuntivos do tipo ((grande & vermelho) v (azul & redondo & pequeno))
- gerar a árvore !

Aprendizado de máquina

Ana Lúcia C. Bazzan

ID3



Aprendizado de máquina

Ana Lúcia C. Bazzan

Exemplo: Negociação Trabalhista

- Conceito a aprender: qualidade de uma negociação (boa / ruim)
- Atributos e valores
 - aumento por mérito no próximo ano ($\leq 3\%$ / $> 3\%$)

Exemplo	Aumento	Não demissão	Plano de saúde	Plano de saúde na demissão	Jornada	Classificação
X1	2	1	S	6	-	B
X2	1	1	S	3	-	B
X3	1.5	N	S	N	40	R
X4	3	N	S	N	36	B
X5	4	N	S	N	40	B
X6	3.8	N	N	N	37	B
X7	3	1/4	S	4	-	B
X8	1.8	1/2	N	N	-	R
X9	2.5	1/2	S	1	-	R
X10	2	1	S	N	40	B

Aprendizado de máquina

Ana Lúcia C. Bazzan

Exercício

- achar uma árvore ou
- instalar uma implementação do ID3 ou sucessora deste (C4.5, weka) e rodar o exemplo

Aprendizado de máquina

Ana Lúcia C. Bazzan

ID3

- problemas
 - hipótese "no-noise" (todas instâncias são classificadas corretamente)
 - representação é correta e adequada
 - uma instância ou é um exemplo ou é um contra-exemplo
 - encontrar a árvore ótima é um problema NP-completo

Aprendizado de máquina

Ana Lúcia C. Bazzan

Aprendizado por Indução - Version Spaces

- Algoritmo para encontrar a regra de classificação
- Ordenação parcial dos objetos de acordo com a especificidade
- Introdução dos exemplos de forma incremental
- Generalização ou particularização da regra de classificação

Aprendizado por Indução - Version Spaces

- Exemplo: dados os objetos (cartas de baralho) e seus atributos e valores
- Pertence ou não ao conjunto-alvo?
- Conceito a aprender: conjunção de atributos
- Atributos: preta, vermelha, ás, oito preto, ímpar, espada, nove de ouro, ...

Version Spaces

Carta	Pertence ao conjunto-alvo?
As espadas	S
Sete paus	S
Oito copas	N
Nove paus	S
Cinco copas	N
Rei ouro	N
Seis ouro	N
Sete espadas	S

- Carta-exemplo dois de paus é par e preta, então conceito mais específico consistente com esse exemplo é **par $\wedge$ preta**

Version Spaces

- Conjunto de treinamento:

Cartas apresentadas	+ específico	- específico
{}	{}	Todas cartas
{ás espadas}	As espadas	Todas cartas
{ás espadas, sete paus}	Pretas ímpares	Todas cartas
{..., oito copas}	Pretas ímpares	Pretas, Ímpares
{..., seis paus}	Pretas	Pretas, Ímpares
{..., cinco copas}	Pretas	Pretas
...		

Version Spaces

- Instâncias positivas: generalização do conceito mais específico
- Instâncias negativas: especialização do menos específico
- Conceito-alvo final: mais específico = menos específico

Aprendizado Baseado em Explicação

- EBL: aprendizado de definições de conceitos / predicados sobre um universo
- Dado: conceito e sua descrição, conjunto de treinamento (exemplos), teoria (regras e fatos)
- Obter: generalização do exemplo (uma definição do conceito)

Aprendizado Baseado em Explicação

- Método:
 - obter uma explicação para o conceito representado pelo exemplo usando a teoria
 - generalizar a explicação para concordar com a teoria

Técnicas Baseadas em Dedução

- Aprendizado por descoberta

Aprendizado por Descoberta

- Necessita uma teoria (*deep knowledge*)
- Exemplo: AM (Davis and Lenat, 1982)
 - descoberta científica de novos conceitos
 - busca no espaço de conceitos já definidos
 - heurísticas para guiar a busca de conceitos em teoria dos conjuntos
 - conceitos conhecidos: operações, funções, conjunto vazio, ...
 - informações sobre como resolver problemas em matemática

Aprendizado por Descoberta

- AM:
 - conceitos encontrados: números inteiros, adição, teoremas
 - associação entre código LISP e matemática
 - AM não descobriu mais do que já se sabia
 - AM tem dificuldades de descobrir algo fora do domínio da matemática

Aprendizado por Descoberta

- Eurisko
 - tentativa de endereçar o principal problema do AM (domínio)
 - objetivo é descobrir novas heurísticas (nível meta)
 - dados: heurísticas em um domínio
 - encontrar: meta heurísticas
 - sucesso relativo em algumas áreas: biological evolution, naval fleet design, game-playing etc.

Arquitetura do Componente de Aprendizado

- Elemento de aprendizado
- Avaliação de desempenho e seleção de ações externas
- Crítica
- Gerador de problemas
- Feedback: reinforcement, supervisão

Bibliografia Básica

- R. S. Michalsky, J.G. Carbonell, T.M. Mitchell (1983). Machine learning: an artificial intelligence approach, Springer-Verlag.
- D. Lenat (1983). Learning by discovery. In: Michalsky et al. (1983)
- Carbonell, J. G. (1992). Machine learning: paradigms and methods.
- Langley, P. (1984). Approaches to machine learning.

Aprendizado de máquina

Ana Lúcia C. Bazzan

Bibliografia Complementar

- Quinlan, R. (1993). *C4.5: programs for machine learning*.
- conferências sobre Machine Learning e Data Mining
- site weka: www.cs.waikako.ac.nz/~ml/weka

Aprendizado de máquina

Ana Lúcia C. Bazzan