

Inteligência Artificial

Tópico 02

Agentes Inteligentes

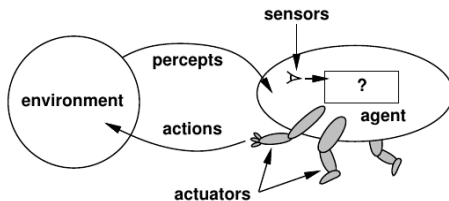
Profa. Dra. Priscila Tiemi Maeda Saito
✉ priscilasaito@ufscar.br

1 Agentes Inteligentes

- Agentes Racionais
- Natureza do Ambiente
- Propriedades do Ambiente
- Tipos de Agentes

Agentes

- Um **agente** é algo capaz de perceber seu ambiente por meio de **sensores** e de agir sobre esse ambiente por meio de **atuadores**



Agentes - Exemplos

Agente humano

- sensores: olhos, ouvidos e outros órgãos
- atuadores: mãos, pernas, boca e outras partes do corpo

Agente robótico

- sensores: câmeras e detectores de infravermelho
- atuadores: vários motores

Agente de software

- sensores: entrada do teclado, conteúdo de arquivos e pacotes vindos da rede
- atuadores: tela, disco, envio de pacotes pela rede

Agentes - mapeando percepções em ações

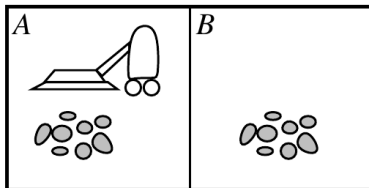
- Sequência de percepções: história completa de tudo que o agente percebeu
- O comportamento do agente é dado abstratamente pela **função do agente**

$$[f : \mathcal{P}^* \rightarrow \mathcal{A}]$$

- onde \mathcal{P}^* é uma sequência de percepções e \mathcal{A} é uma ação
- O **programa do agente** executa em uma arquitetura física para produzir f
- Agente = arquitetura + programa

Agentes - Exemplo

O mundo do aspirador de pó



- **Percepções:**

- ▶ local e conteúdo
- ▶ exemplo: [A, sujo]

- **Ações:**

- ▶ esquerda, direita, aspirar, noOp

Agentes - Exemplo

Sequência de percepções	Ação
[A, limpo]	direita
[A, sujo]	aspirar
[B, limpo]	esquerda
[B, sujo]	aspirar
[A, limpo], [A, limpo]	direita
[A, limpo], [A, sujo]	aspirar
...	
[A, limpo], [A, limpo], [A, limpo]	direita
[A, limpo], [A, limpo], [A, sujo]	aspirar
...	

Função AGENTE-ASPIRADOR-DE-PÓ-REATIVO([posição, estado])

retorna uma ação

se estado = sujo **então retorna** Aspirar

senão se posição = A **então retorna** Direita

senão se posição = B **então retorna** Esquerda

Agentes Racionais

- Como preencher corretamente a tabela de ações do agente para cada situação?
- Agente **racional** → tomar a ação “correta” baseado no que ele percebe para ter sucesso
 - ▶ o conceito de sucesso do agente depende de uma **medida de desempenho** objetiva
 - ▶ não há uma medida de desempenho fixa para todas as tarefas e agentes
 - ★ projetista desenvolve uma **adequada às circunstâncias**

Agentes Racionais

- Para cada sequência de percepções possíveis deve selecionar uma ação que se espera que venha a **maximizar a medida de desempenho**
 - ▶ dada a evidência fornecida pela sequência de percepções e por qualquer conhecimento interno do agente

Para que medida de desempenho o agente aspirador de pó é racional?

- quantidade de sujeira aspirada?
- gasto de energia?
- gasto de tempo?
- quantidade de barulho gerado?
- limpeza média ao longo de um tempo?

Medida de desempenho

- Não deve refletir o comportamento esperado do agente
- Deve refletir o resultado realmente desejado

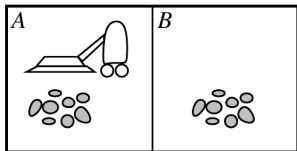
Agentes Racionais

Um agente racional **escolhe uma ação** que maximiza o valor esperado de uma medida de desempenho **levando em conta o histórico de percepções** até o momento

Exemplo de medida de desempenho

+1 ponto por quadrado limpo/unidade de tempo

-1 ponto por movimento realizado/unidade de tempo



[right, suck, left, suck] \rightarrow desempenho = 0

[suck, right, suck] \rightarrow desempenho = 1

Agentes Racionais

- **Racionalidade** → fatores:

- ▶ medida de desempenho que define o critério de sucesso
- ▶ conhecimento prévio que o agente tem do ambiente
- ▶ ações que o agente pode executar
- ▶ sequência de percepções do agente até o momento

Agente racional?

- Agente aspirador de pó simples

- ▶ limpa um quadrado se ele estiver sujo
- ▶ passa para outro quadrado se o primeiro não estiver sujo

- É necessário especificar:

- ▶ medida de desempenho
- ▶ o que se conhece sobre o ambiente
- ▶ quais são os sensores e atuadores do agente

Agentes Racionais

- **Racionalidade é diferente de perfeição**

- ▶ a escolha racional só depende das percepções até o momento
- ▶ percepções podem não retratar fielmente o ambiente
- ▶ resultados das ações podem divergir do esperado

Racionalidade envolve exploração, autonomia e aprendizado

- Agentes podem (e devem!) executar ações para coleta de informações
 - ▶ um tipo importante de coleta de informação é a **exploração de um ambiente desconhecido**
- O agente também pode (e deve!) **aprender**, ou seja, modificar seu comportamento dependendo do que ele percebe ao longo do tempo
 - ▶ nesse caso, o agente é chamado de **autônomo**
 - ▶ um agente que aprende pode ter sucesso em uma ampla variedade de ambientes

- Ao projetar um agente, a primeira etapa deve ser sempre especificar o ambiente de tarefa
 - ▶ Performance = medida de desempenho
 - ▶ Environment = ambiente
 - ▶ Actuators = atuadores
 - ▶ Sensors = sensores

Agentes - Exemplos de PEAS

Motorista de Táxi Automatizado

- **Medida de desempenho:**

- ▶ custo da viagem, viagem segura, rápida, sem violações às leis de trânsito, confortável para os passageiros, consumo de combustível e desgaste, maximizando os lucros
- ▶ necessidade de escolha em caso de objetivos conflitantes

- **Ambiente:**

- ▶ tráfego, ruas, estradas, outros veículos, pedestres, clientes, polícia, trabalhadores na pista, animais perdidos, buracos, poças

- **Atuadores:**

- ▶ direção, acelerador, freio, embreagem, marcha, seta, buzina

- **Sensores:**

- ▶ câmera, sonar, velocímetro, GPS, motor, teclado ou microfone

Sistema de Diagnóstico Médico

- **Medida de desempenho:**

- ▶ paciente saudável, minimizar custos, processos judiciais

- **Ambiente:**

- ▶ paciente, hospital, equipe

- **Atuadores:**

- ▶ exibir na tela perguntas, testes, diagnósticos, tratamentos

- **Sensores:**

- ▶ entrada pelo teclado para sintomas, descobertas, respostas do paciente

Agentes - Exemplos de PEAS

Robô de Seleção de Peças

- **Medida de desempenho:**

- ▶ porcentagem de peças em bandejas corretas

- **Ambiente:**

- ▶ correia transportadora com peças (como esteira), bandejas

- **Atuadores:**

- ▶ braço e mão articulados

- **Sensores:**

- ▶ câmera, sensores angulares articulados

Agentes - Exemplos de PEAS

Instrutor de Inglês Interativo

- **Medida de desempenho:**
 - ▶ maximizar nota de aluno em teste
- **Ambiente:**
 - ▶ conjunto de alunos
- **Atuadores:**
 - ▶ exibir exercícios, sugestões, correções
- **Sensores:**
 - ▶ entrada pelo teclado

Agentes - Propriedades de Ambientes de Tarefa

Completamente observável x parcialmente observável

- **Completamente observável**

- ▶ sensores do agente dão acesso ao estado completo do ambiente em cada instante
- ▶ todos os aspectos relevantes do ambiente são acessíveis
- ▶ agente não precisa manter estado interno, i.e. representação interna do que observa

- **Parcialmente observável**

- ▶ somente parte ou nenhuma das informações que descrevem o estado atual são observáveis e acessíveis
- ▶ devido ao ruído, sensores imprecisos ou partes do estado estão ausentes nos dados do sensor
- ▶ e.g. táxi automatizado (não tem conhecimento sobre outros motoristas) e aspirador de pó (com problemas em algum sensor)

Determinístico x estocástico

● Determinístico

- ▶ o próximo estado do ambiente é completamente determinado pelo estado atual e pela ação executada pelo agente
- ▶ e.g. aspirador de pó (embora algumas variações podem incluir elementos estocásticos, como aparecimento de sujeira e um mecanismo de sucção não confiável)

● Estocástico

- ▶ o próximo estado do ambiente é desconhecido
- ▶ e.g. motorista de táxi (comportamento do tráfego, estouro do pneu, falha de motor podem ocorrer sem aviso prévio)

Episódico x sequencial

● Episódico

- ▶ a experiência do agente pode ser dividida em episódios (percepção e execução de uma única ação)
- ▶ a escolha da ação em cada episódio só depende do próprio episódio
- ▶ e.g. em algumas tarefas de classificação

● Sequencial

- ▶ decisão atual pode afetar todas as decisões futuras
- ▶ ações em curto prazo podem ter consequências a longo prazo
- ▶ e.g. táxi automatizado, jogador de xadrez

Agentes - Propriedades de Ambientes de Tarefa

Estático x dinâmico

● Estático

- ▶ o ambiente não muda enquanto o agente pensa
- ▶ e.g. jogo de palavras cruzadas
- ▶ o ambiente é semidinâmico se ele não muda com a passagem do tempo, mas o nível de desempenho do agente se altera (e.g. jogo de xadrez se o tempo expira, o jogador perde a vez)

● Dinâmico

- ▶ ambiente pode mudar enquanto o agente pensa ou está executando uma ação
- ▶ e.g. táxi automatizado

Discreto x contínuo

• Discreto

- ▶ um número limitado e claramente definido de percepções, ações e estados
- ▶ e.g. jogo de xadrez (excluindo o relógio)

• Contínuo

- ▶ um número possivelmente infinito (grandezas contínuas) de percepções, ações e estados
- ▶ e.g. táxi automatizado

Agente único x multi-agente

- **Agente único**

- ▶ um único agente operando sozinho no ambiente
- ▶ e.g. jogo de palavras cruzadas

- **Multi-agente**

- ▶ vários agentes interagindo no ambiente
 - ★ multi-agente cooperativo
 - ★ multi-agente competitivo
- ▶ e.g. jogo de xadrez, táxi automatizado

Agentes - Exemplo

taxista
completamente observável
determinístico
episódico
estático
discreto
agente único

- O tipo de ambiente de tarefa determina em grande parte o projeto do agente
- O mundo real é parcialmente observável, estocástico, sequencial, dinâmico, contínuo, multi-agente

Agentes - Exemplo

	taxista
completamente observável	não
determinístico	não
episódico	não
estático	não
discreto	não
agente único	não

- O tipo de ambiente de tarefa determina em grande parte o projeto do agente
- O mundo real é parcialmente observável, estocástico, sequencial, dinâmico, contínuo, multi-agente

Tipos Básicos de Agentes

- Quatro tipos básicos, do mais simples ao mais geral
 - ▶ agentes reativos simples
 - ▶ agentes reativos baseados em modelos
 - ▶ agentes baseados em objetivos
 - ▶ agentes baseados na utilidade

Agentes Reativos Simples

- Seleccionam ações baseadas na percepção atual

Função AGENTE-REATIVO-SIMPLES(percepção) retorna uma ação

Variáveis estáticas:

regras, um conjunto de regras condição-ação

estado \leftarrow INTERPRETAR-ENTRADA(percepção)

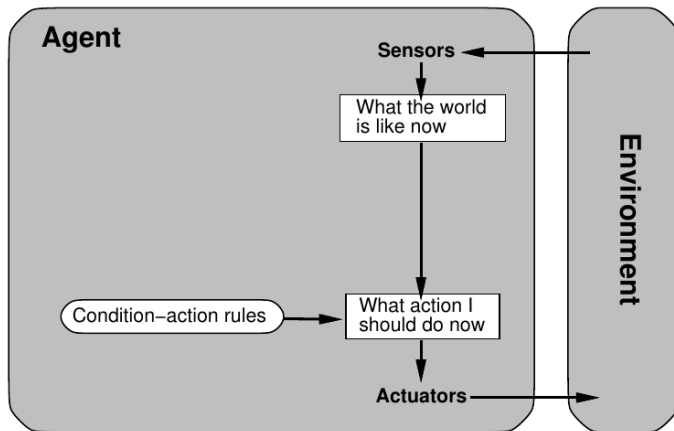
regra \leftarrow REGRA-CORRESPONDENTE(estado, regras)

ação \leftarrow AÇÃO-DA-REGRA[regra]

retornar ação

Agentes Reativos Simples

- Seleciona ações baseadas na percepção atual



Agentes Reativos Simples - Exemplo

Função AGENTE-ASPIRADOR-DE-PÓ-REATIVO([posição, estado])

retorna uma ação

se estado = sujo **então retorna** Aspirar

senão se posição = A **então retorna** Direita

senão se posição = B **então retorna** Esquerda

- Regras condição-ação (regras se-então) fazem uma ligação direta entre a percepção atual e a ação
- Simples x limitações
- Tabela de regras pode tornar-se muito grande em problemas complexos
- O agente funciona apenas se a decisão correta puder ser tomada com base apenas na percepção atual
- Ambiente completamente observável

Agentes Reativos Baseados em Modelos

- Pode lidar com **ambientes parcialmente observáveis**
 - ▶ agente deve controlar as partes do mundo que ele não pode ver
- Deve manter um estado interno que dependa do histórico de percepções e reflita os aspectos não observados no estado atual
- Utiliza um modelo de mundo
 - ▶ como o ambiente evolui independentemente do agente?
 - ▶ como as ações do próprio agente afetam o mundo?

Agentes Reativos Baseados em Modelo

Função AGENTE-REATIVO-BASEADOS-EM-MODELOS(percepção)
retorna uma ação

Variáveis estáticas:

estado, uma descrição do estado atual do mundo

modelo, uma descrição de como o próximo estado depende do estado atual e da ação

regras, um conjunto de regras condição-ação

ação, a ação mais recente, inicialmente nenhuma

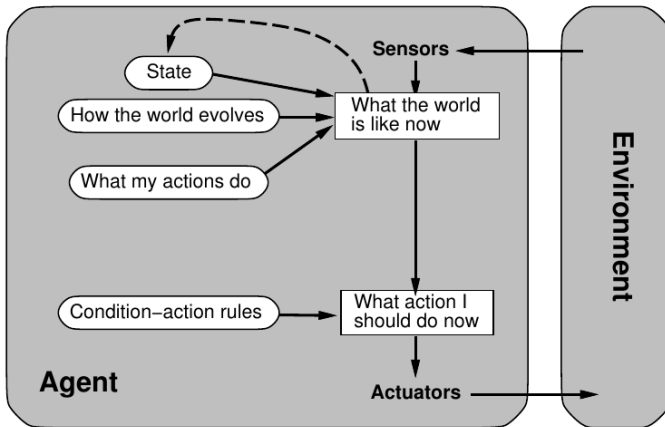
estado \leftarrow ATUALIZA-ESTADO(estado, ação, percepção, modelo)

regra \leftarrow REGRA-CORRESPONDENTE(estado, regras)

ação \leftarrow AÇÃO-DA-REGRA[regra]

retornar ação

Agentes Reativos Baseados em Modelos



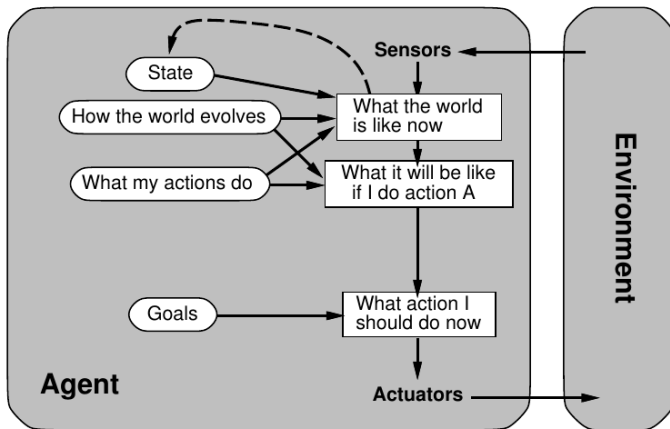
Agentes Reativos Baseados em Modelos

- Conhecer um modelo do mundo nem sempre é suficiente para tomar uma boa decisão
- Exemplo: um agente motorista de táxi chega a um cruzamento com três caminhos, qual direção tomar?
 - ▶ simplesmente reagir? mas existem três reações possíveis
 - ▶ examinar o modelo de mundo? não ajuda a decidir qual o caminho
 - ▶ decisão depende de onde o táxi está tentando chegar

Agentes Baseados em Objetivos

- Expandem as capacidades dos agentes baseados em modelos por meio de um “objetivo”
- Os objetivos descrevem situações desejáveis
 - ▶ Exemplo: estar no destino do passageiro
- Seleção da ação baseada em objetivo pode ser:
 - ▶ direta: quando o resultado de uma única ação atinge o objetivo
 - ▶ mais complexa: quando serão necessárias longas sequências de ações para atingir o objetivo

Agentes Baseados em Objetivos



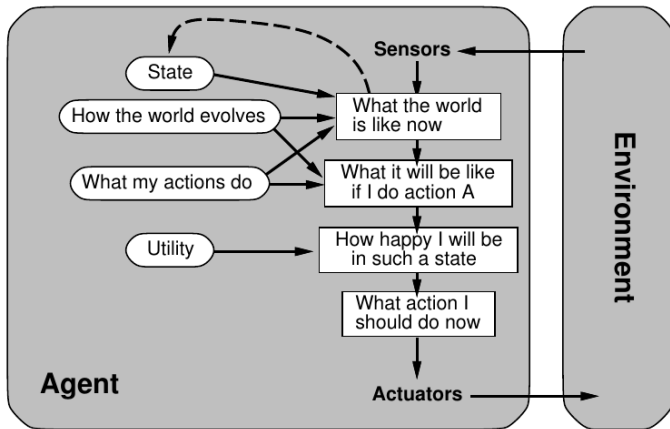
Agentes Baseados em Objetivos

- Para encontrar sequências de ações que alcançam os objetivos são utilizados algoritmos de **Busca** e **Planejamento**
- Tomada de decisão envolve a **consideração do futuro**, o que não acontece com o uso de regras de condição-ação
 - ▶ “o que acontecerá se eu fizer isso ou aquilo?”
 - ▶ “o quanto isso me ajudará a atingir o objetivo?”
- O agente que funciona orientado a objetivos é **flexível** do que um agente reativo
- Objetivo **não garante o melhor** comportamento para o agente, apenas a distinção entre **estados objetivos** e **não objetivos**

Agentes Baseados na Utilidade

- Buscam definir um grau de satisfação com os estados
 - ▶ o quão “bom” é para o agente um determinado estado
- Se um estado do mundo é mais desejável que outro, então ele terá maior utilidade para o agente
- Utilidade é uma **função que mapeia um estado para um número real** que representa o grau de satisfação com este estado
- Escolha apropriada quando houver objetivos conflitantes, apenas alguns podem ser alcançados

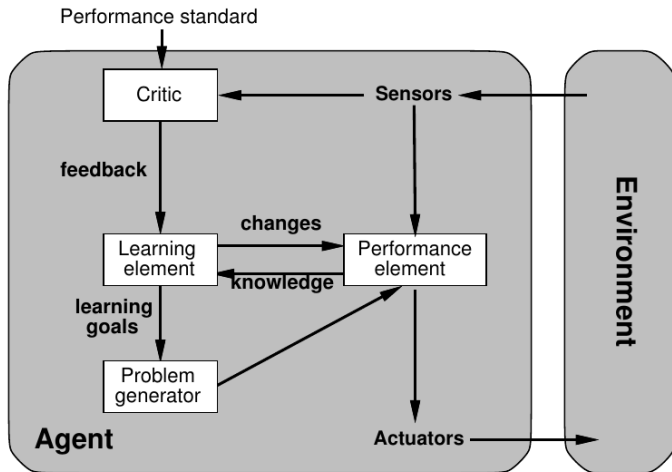
Agentes Baseados na Utilidade



Agentes com Aprendizagem

- Podem atuar em ambientes totalmente desconhecidos e se tornar mais eficientes do que seu conhecimento inicial poderia permitir
- Em agentes sem aprendizagem, tudo o que o agente sabe foi acrescentado nele pelo projetista

Agentes com Aprendizagem



Agentes - Resumo

- Agentes interagem com ambientes por meio de atuadores e sensores
- A função do agente descreve o que o agente faz em todas as circunstâncias
- A medida de desempenho avalia a sequência do ambiente
- O agente perfeitamente racional maximiza o desempenho esperado
- Programas de agente implementam algumas funções de agente
- Descrições PEAS definem ambientes de tarefa
- Ambientes são classificados como: observáveis? determinísticos? episódicos? estáticos? discretos? agente único?
- Arquiteturas de agentes básicos: reativos simples, reativos baseados em modelos, baseados em objetivos, baseados na utilidade

Referências e Leituras Complementares

- Cap. 02 - livro Russel e Norvig
- Cap. 19 - livro Ben Coppin