

Agentes inteligentes

Emílio Bergamim Júnior

Instituto de Geociências e Ciências Exatas - UNESP

2024

- Agentes racionais
- Ambientes e suas propriedades
- A estrutura dos agentes racionais

Definições

Denomina-se **agente** qualquer coisa que perceba seu **ambiente** através de **sensores** e atue sobre o mesmo através de **atuadores**.

- Um ser humano, por exemplo, pode estar em diversos ambientes, como um quarto, uma cidade, uma floresta. Seus sensores são os órgãos como olhos, pelo, ouvidos, enquanto mãos, pernas e voz são exemplo de atuadores.
- Um agente robótico pode incluir sensores como câmeras e um motor como atuador.
- Um agente de software tem como sensores os dispositivo de entrada de um computador, tais como mouse e teclado. Já seus atuadores são os dispositivos de saída como impressoras e monitores.

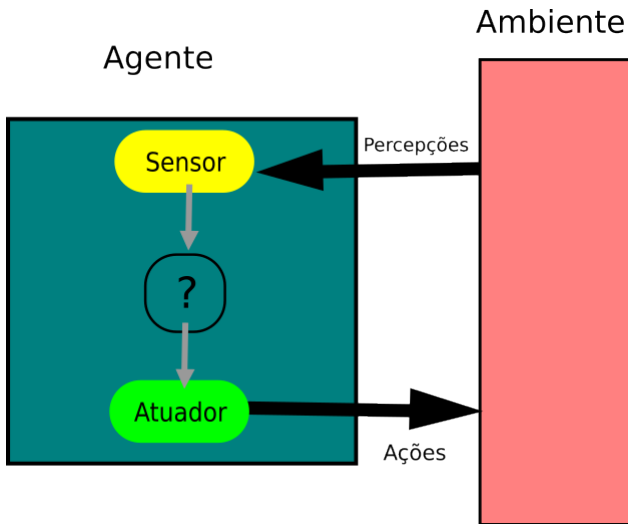


Figura: Diagrama da interação entre agente e ambiente.

- As percepções do agente são suas **entradas sensoriais** e denomina-se a sequência de percepções como o histórico de percepções do agente.
- Uma sequência de percepções é transformada em ação quando passa pelo sensor e é então processada pela **função agente**, que indicará aos atuadores do agente quais ações devem ser executadas sobre o ambiente.
- No nosso caso, a função agente é, na verdade, um programa agente.

O aspirador de pó

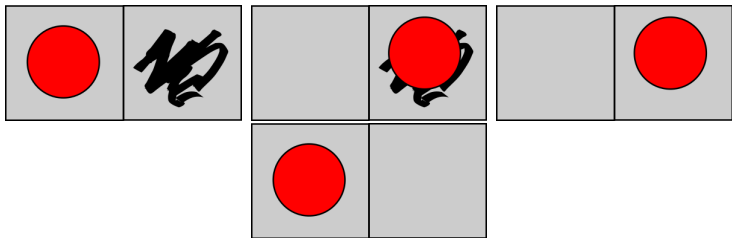


Figura: Exemplo de operação do aspirador de pó robótico em um ambiente de duas salas. O aspirador começa em uma sala e desloca-se para a outra. O aspirador identifica a sujeira e limpa a sala. O aspirador então retorna para a sala inicial.

- Racionalidade não é uma propriedade universal independente de outras propriedades.
- Há sempre (mesmo que subentendida) uma **métrica** de performance que julga o êxito de um agente na tarefa a qual foi designado.
- Portanto, a racionalidade de um agente é julgada de acordo com essa métrica, que depende exclusivamente do ambiente e não do agente.
Note que, se o segundo caso fosse verdadeiro, um agente poderia julgar seu sucesso na tarefa em questão a partir de seu próprio estado interior, mesmo não obtendo nenhum sucesso na tarefa que deseja-se realizar sobre o ambiente.

Agentes racionais

Para cada sequência de percepções, um **agente racional** deve escolher uma ação cujo resultado esperado seja a maximização de sua métrica de performance dada a evidência provida pelas percepções e as **crenças internas** do agente.

Assim, a racionalidade depende de

- Uma métrica de performance
- Conhecimento *a priori* do agente (crenças)
- As ações possíveis ao agente
- A sequência de percepções do agente

- Veja que racionalidade é diferente de perfeição: uma ação racional maximiza a performance esperada, enquanto a perfeição maximiza a performance real da atividade.
- No entanto, ter conhecimento exato do impacto de suas ações é, para qualquer agente situado no mundo real, impossível.
- Isso se dá principalmente porque a sequência de percepções corresponde às observações até o instante presente e não todas as observações possíveis.
- O conhecimento exato de todas as possibilidades é denominado onisciência e certamente é algo plausível apenas para entidades metafísicas.

- **Totalmente observável vs. parcialmente observável:** os sensores do agente podem ser capazes de obter toda informação necessária à realização da tarefa ou apenas uma parte destas. Em alguns casos, é possível inclusive que um agente sem sensores possa atingir performance optimal.
- **Agente único vs. multiagente:** como o nome já diz, um ambiente pode ter um único ou vários agentes. Em cenários com múltiplos agente, pode-se classificar o comportamento destes como competitivo ou cooperativo, a depender da atividade almejada.
- **Determinístico vs. estocástico:** um ambiente é determinístico caso o estado seguinte deste for unicamente determinado pelo seu estado presente e pelas ações do agente. Do contrário, o ambiente é dito incerto, já que *estocástico* geralmente designa o uso de probabilidades para tratar de tal incerteza.

- **Episódico vs. sequencial:** um ambiente é episódico caso um grupo de percepções possa ser agrupada e a ação do agente dependa única e exclusivamente deste grupo (um episódio). Isso significa que as ações dependem apenas deste grupo e não dos anteriores. Já em um ambiente sequencial, a ação presente impactará o estado futuro do ambiente. Um exemplo é um robô de linha de montagem: ao receber determinados componentes, o mesmo age somente com base nesse estado presente, sem considerar o passado ou impacto futuro de suas ações. Tornando-o episódico.
- **Estático vs. dinâmico:** um ambiente é estático caso seu estado não seja alterado durante o processo de decisão do agente. Caso contrário, o mesmo é dito dinâmico.

- **Discreto vs. contínuo:** essa propriedade diz respeito aos estados do ambiente, à passagem do tempo, e aos sensores e atuadores do agente. Por exemplo: o estado do ambiente pode ser contínuo, mas os sensores do agente podem ser capazes de detectar apenas entradas discretas. Em geral, continuidade nada mais é do que uma aproximação (computadores são máquinas discretas), mas no limite em que um número de estados discretos é suficientemente denso, pode-se aproximar o mesmo por um conjunto contínuo.
- **Conhecido vs. desconhecido:** aqui refere-se ao conhecimento do agente sobre as leis de transformação do ambiente. Em um ambiente conhecido, o agente sabe como suas ações impactam o ambiente, já em um ambiente desconhecido o mesmo precisa aprender a como interagir com o ambiente de forma a tomar decisões racionais.

A estrutura dos agentes

- Os agentes são categorizados de acordo com sua forma de processar suas percepções e convertê-las em ações
- Serão discutidos a seguir quatro tipos distintos:
 - Agentes de reflexo simples
 - Agentes de reflexo baseados em modelos
 - Agentes baseados em objetivos
 - Agentes baseados em utilidades

Agentes de reflexo simples

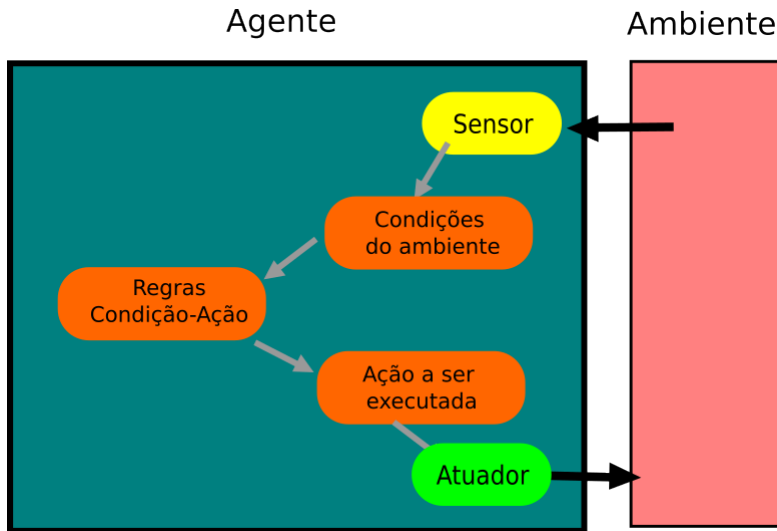


Figura: A estrutura do programa agente de reflexo simples.

Agentes de reflexo baseados em modelos

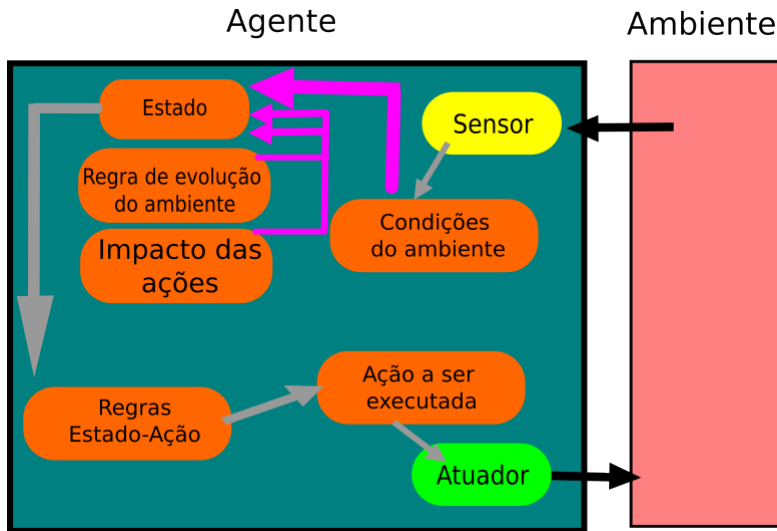


Figura: A estrutura do programa agente de reflexo baseado em modelos.

- O modelo em questão pode ser útil como uma descrição das partes não observadas do ambiente. Assim, em posse de uma observação parcial, há uma descrição total do ambiente.
- O Estado do modelo consiste de uma abstração para representar o estado presente do ambiente. Sua regra de atualização é da forma

$$\text{Estado} \leftarrow \textit{AtualizadaEstado}(\text{Estado}, \text{Ação}, \text{Percepção}, \text{Modelo}) \quad (1)$$

- Assim, uma vez determinado o estado do ambiente, a ação a ser executada é escolhida de acordo uma tabela Estado-Ação.

Agentes baseados em objetivos

- Por vezes, conhecer o ambiente por completo não é suficiente para determinar o que fazer. Exemplo: ao chegar em uma encruzilhada, pode-se seguir pela direita, pela esquerda, ou subir um barranco. A escolha de qual ação a ser tomada depende do objetivo a ser alcançado.
- Os agentes descritos até agora não possuem nenhuma forma de raciocínio. Isto é: os agentes não possuem uma etapa na qual refletem sobre as consequências das próprias ações, mas agem de acordo com uma tabela Condição-Ação ou Estado-Ação.
- Para um agente baseado em modelo com objetivos, antes de decidir qual ação executar, há então uma etapa na qual o mesmo pergunta-se "qual será a consequência da minha ação" e, se esta é optimal dentro das expectativas de atingir o objeto almejado, é executada.

- Exemplo: se o aspirador de pó sabe quais lugares precisam ser limpos, pode-se demandar que o mesmo o faça da forma mais rápida possível. Assim, escolher o que limpar está condicionado não apenas à condição de haver sujeira, mas de otimizar este estado interno que é o tempo de operação.
- Utilidade é, portanto, uma métrica de performance interna do agente, enquanto um objetivo diz respeito a uma condição específica do ambiente.

- Programar um agente à mão para tratar toda a possível complexidade de um ambiente é uma tarefa rigorosamente infactível. Ainda mais quando um ambiente é dotado de situações que podem não ser facilmente expressas na forma de código ou matemática.
- Nesse cenário, agentes capazes de aprender com suas ações e melhorar suas métricas de performance conforme interagem com um ambiente são objetos de desejo e, hoje, com o poder proporcionado por algoritmos de aprendizado de máquina e redes neurais, são uma realidade.
- A questão de como aprender enquanto executa-se uma tarefa também não é um problema simples e pode ser tratado de diversas maneiras como, por exemplo, Aprendizado Online e Aprendizado por Reforço.

Um exemplo mais complexo: aspirador de pó bidimensional

- Vamos considerar um ambiente bidimensional que possa ser representado como um *grid* retangular de pontos: um ambiente é designado por h linhas e w colunas, tal como uma matriz. Cada entrada corresponde então a um lugar que pode estar sujo ou limpo.
- Espalhando um conjunto de sujeiras pelo ambiente, insere-se um agente aspirador de pó que deve limpar o ambiente. Considere que a sala é totalmente conhecida, mas a localização da sujeira não é.
- Além disso, pode-se inserir uma dificuldade adicional: o aspirador é dotado de uma bateria que precisa ser recarregada de tempos e tempos. Andar pela sala e limpar um local consomem a bateria do mesmo.
- Qual estratégia torna possível limpar toda a sala? Quais as condições de bateria para limpar uma sala?

Categorização do aspirador de pó bidimensional

- Como o agente não sabe onde está a sujeira previamente, mas apenas quando chega a um local, este é parcialmente observável. Além disso, há um único agente, tornando-o, portanto, de agente único.
- A sujeira é depositada aleatoriamente na geração do ambiente, mas esta não é alterada exceto pelo agente. Logo, o ambiente é determinístico.
- O ambiente é sequencial pois a ação de limpar o ambiente altera o estado futuro do mesmo. Além disso, este é estático pois, enquanto o agente toma sua decisão, o ambiente não é alterado.
- O ambiente é discreto devido ao seu número finito de estados.
- O ambiente é conhecido pois sabe-se que a ação de limpeza torna um local limpo.

Entendendo o aspirador de pó bidimensional

- O agente é claramente de reflexo, pois suas ações são tabeladas de acordo com suas ações. Aqui, como o ambiente é artificial e obedece a regras determinadas por quem o programou, o mesmo é totalmente conhecido e, portanto, uma descrição por um modelo não é cabível.
- Note que a estratégia proposta para o agente é percorrer toda a sala e certificar-se de que todos os lugares pelos quais passa são limpos. Em outras condições, outras estratégias podem ser melhor adaptadas à solução do problema.
- Sendo B a quantidade de bateria do aspirador, note que o maior caminho possível em uma sala é $h + w - 1$. Como o aspirador deve ser capaz de ir e voltar para qualquer localidade, para terminar a tarefa é suficiente que $B > 2(h + w - 1)$. A quantidade de sujeira impacta na análise?

Sensor de sujeira (ou aspirador guloso)

- Implemente um sensor no aspirador que permita identificar a sujeira mais próxima e então desloca-se até ela para realizar a limpeza.
- Esse sensor opera da localização do agente até os limites da sala: primeiro são avaliadas as localidades que são acessíveis com um único movimento do agente, depois aquelas acessíveis com dois movimentos, depois aquelas acessíveis com três movimentos e assim por diante.
- Dessa forma, a primeira sujeira a ser encontrada torna-se o alvo e o agente move-se até ela. No meio do caminho, o sensor é desligado e outras sujeiras não são identificadas até que a limpeza do alvo atual seja feita.
- Cuidado com a bateria!!

É claro que, quando a quantidade sujeira é pouca, é muito melhor possuir um sensor em termos de minimizar o deslocamento. Porém, se a quantidade de sujeira for muito grande, o benefício do sensor pode desaparecer. Será que conseguimos pensar em um modelo simples para determinar quão melhor é possuir um sensor em função da quantidade de sujeira? Talvez pensando em um espaço contínuo?

Ambientes dinâmicos, defeitos e transições de fase

- 1 Implemente um ambiente no qual, a cada movimento do aspirador, uma nova sujeira é criada com probabilidade p em um local limpo escolhido aleatoriamente.
- 2 Implemente um aspirador que possui um defeito e, com probabilidade p , deposite uma sujeira na sua localização atual caso esta esteja limpa.
- 3 Agora que a quantidade de sujeira é alterada dinamicamente, seu aspirador deve operar em um modo de patrulha. Utilize o aspirador com sensor em ambas as situações para tentar limpar totalmente a sala.
- 4 A depender do valor escolhido de p , pode ser impossível limpar totalmente a sala, o que faria seu programa rodar infinitamente. Implemente um limite de $5hw$ movimentos para o aspirador, de forma que, se ainda houver sujeira após este limite, a sala é considerada impossível de limpar.

- Deve haver um valor crítico p_c tal que, se $p > p_c$, será sempre impossível limpar a sala.
- Para identificar esse comportamento, uma boa estratégia pode ser variar p exponencialmente, fazendo, por exemplo,

$$p = 10^{-t}, t \in [-3, 0]. \quad (2)$$

- Isto é apenas uma sugestão. Faça experimentos e teste diferentes intervalos para ver como o aspirador se comporta.
- Se for fazer gráficos com p no eixo das abscissas, utilize a escala logarítmica para este eixo.

- Escolha 5 dimensões para a sala com $h > 5$ e $w > 5$.
- Para cada dimensão, identifique uma faixa de valores de p onde seja possível ver a transição de limpeza possível para limpeza impossível em cada uma das duas situações propostas. Para cada valor de p e tamanho de sala, realize 10 experimentos e calcule a média e desvio padrão dos seus resultados. Utilize no mínimo 10 valores distintos de p para ilustrar suas conclusões.
- Você pode observar essa transição também analisando quantos movimentos o aspirador leva para limpar totalmente a sala (ou encerrar a execução) em função de p , caso tenha dificuldade em visualizar a transição de comportamento.
- Apresente seus resultados na forma de gráficos e/ou tabelas.
- Compare o desempenho do aspirador nas duas situações.

- Escreva pseudocódigos para os quatro programas de agentes discutidos na aula. Ver livro de Russel e Norvig.
- Suponha um termostato que ligue um forno quando a temperatura está abaixo de um dado limite e desligue o mesmo quando a temperatura está acima de um outro limite. Este dispositivo é um exemplo de agente como discutido na aula de hoje? Justifique e, se positivo, compare com os tipos de agentes discutidos.