



**Data Science  
Academy**

[www.datascienceacademy.com.br](http://www.datascienceacademy.com.br)

Introdução à Inteligência Artificial

Função de Custo do Caminho



É dito que um agente baseado em utilidade se distingue de um agente baseado em objetivo pelo fato de empregar uma noção de "satisfação" (ou "utilidade", "desejabilidade", etc), que na prática seria uma função que mapeia cada estado a uma pontuação numérica. Isso então permitiria ao agente comparar estados e se comportar de maneira a não apenas chegar a um estado objetivo, mas também fazê-lo de maneira mais desejável (por exemplo, obtendo a solução com menor custo).

Mais à frente no capítulo, os agentes de resolução de problemas são descritos como agentes baseados em objetivo. Mas vemos que, durante o processo de busca informada, eles também fazem uso de uma função que avalia o quão "desejável" é cada uma das suas possíveis escolhas de próximo estado em relação ao estado atual e ao objetivo, e essa função também é usada para guiar o processo de busca de maneira a se obter uma solução de menor custo. A minha dúvida então é: como isso se difere da noção de "satisfação" dos agentes baseados em utilidade, justificando assim a classificação de um agente de resolução de problemas como um agente baseado em objetivo e não em utilidade?

Talvez a resposta esteja na distinção entre "medida interna de utilidade" e "medida externa de desempenho", conceitos mencionados bem brevemente no vídeo sobre agentes baseados em utilidade, mas cuja distinção (em termos práticos) não ficou muito clara. Poderiam falar um pouco mais a respeito?

Conhecer algo sobre o estado atual do ambiente nem sempre é suficiente para decidir o que fazer. Da mesma forma que o agente precisa de uma descrição do estado atual, ele também precisa de alguma espécie de informação sobre objetivos que descreva situações desejáveis. O programa de agente pode combinar isso com o modelo (as mesmas informações que foram usadas no agente reativo baseado em modelo), a fim de escolher ações que alcancem o objetivo.

Às vezes, a seleção da ação baseada em objetivos é direta — por exemplo, quando a satisfação do objetivo resulta de imediato de uma única ação. Outras vezes ela será mais complicada — por exemplo, quando o agente tiver de considerar longas sequências de ações até encontrar um meio de atingir o objetivo. Busca e planejamento são as subáreas da IA dedicadas a encontrar sequências de ações que alcançam os objetivos do agente. Note que a tomada de decisões desse tipo é fundamentalmente distinta das regras condição-ação descritas anteriormente, pelo fato de envolver consideração do futuro, tanto de “O que acontecerá se eu fizer isso e aquilo?” e “Isso me fará feliz?”. Nos projetos de agentes reativos, essas informações não são representadas de forma explícita porque as regras internas fazem o mapeamento direto de percepções para ações. O agente reativo freia quando vê luzes de freio. Em princípio, um agente baseado em objetivos poderia raciocinar que, se o carro da frente tem suas luzes de freio acesas, ele diminuirá a velocidade. Dada a forma como o mundo costuma evoluir, a única ação que alcançará o objetivo de não atingir outros carros é frear.

Sozinhos, os objetivos não são realmente suficientes para gerar um comportamento de alta qualidade na maioria dos ambientes. Por exemplo, existem muitas sequências de ações



que levarão o táxi até seu destino (alcançando assim o objetivo), mas algumas são mais rápidas, mais seguras, mais confiáveis ou mais econômicas que outras. Os objetivos simplesmente permitem uma distinção binária crua entre “estados felizes” e “infelizes”, enquanto uma medida de desempenho mais geral deve permitir uma comparação entre diferentes estados do mundo, de acordo com o grau exato de felicidade que proporcionariam ao agente. Tendo em vista que “feliz” não soa muito científico, em vez disso, economistas e cientistas da computação usam o termo utilidade.

Uma medida de desempenho atribui uma pontuação para qualquer sequência de estados do ambiente, e assim ela pode distinguir facilmente entre formas mais e menos desejáveis de chegar ao destino do táxi. A função utilidade do agente é essencialmente uma internalização da medida de desempenho. Se a função utilidade interna e a medida externa de desempenho estiverem em acordo, um agente que escolhe ações que maximizem a sua utilidade será racional de acordo com a medida de desempenho externa. Vamos enfatizar novamente que essa não é a única maneira de ser racional — já vimos um programa de agente racional para o mundo do aspirador de pó que não tem ideia de qual seja sua função utilidade, mas, como os agentes baseados em objetivos, um agente baseado em utilidade tem muitas vantagens em termos de flexibilidade e de aprendizagem. Além disso, em dois tipos de casos, os objetivos são inadequados, mas um agente baseado em utilidade ainda pode tomar decisões racionais. Primeiro, quando houver objetivos conflitantes, apenas alguns dos quais podem ser alcançados (por exemplo, velocidade e segurança), a função utilidade especifica a escolha apropriada. Segundo, quando há vários objetivos que o agente pode visar e nenhum dos quais pode ser alcançado com certeza, a utilidade proporciona uma maneira em que a probabilidade de sucesso pode ser pesada em relação à importância dos objetivos.

Nós já vimos que uma medida de desempenho atribui uma pontuação para qualquer sequência de estados do ambiente, e assim ela pode distinguir facilmente entre formas mais e menos desejáveis de chegar ao destino do táxi. A função utilidade do agente é essencialmente uma internalização da medida de desempenho. Se a função utilidade interna e a medida externa de desempenho estiverem em acordo, um agente que escolhe ações que maximizem a sua utilidade será racional de acordo com a medida de desempenho externa.

“É assim tão simples? Construimos agentes que maximizam a utilidade esperada e pronto?” É verdade que tais agentes são inteligentes, mas não é simples. Um agente baseado em utilidade tem de modelar e monitorar seu ambiente, tarefas que envolvem grande quantidade de pesquisas sobre percepção, representação, raciocínio e aprendizagem. Os resultados dessa pesquisa preencheram muitos capítulos deste livro. A escolha da maximização de utilidade do curso da ação também é uma tarefa difícil, exigindo algoritmos engenhosos que preencheram outros vários capítulos. Mesmo com esses algoritmos, geralmente o raciocínio perfeito é inatingível na prática por causa da complexidade computacional.

Já os agentes de resolução de problemas utilizam representações atômicas, ou seja, os estados do mundo são considerados como um todo, sem estrutura interna visível para os algoritmos de resolução de problemas. Os agentes baseados em objetivos que utilizam

representações fatoradas ou estruturadas mais avançadas, geralmente são chamados de agentes de planejamento.

Essa discussão sobre a resolução de problemas começa com uma definição precisa dos problemas e de suas soluções e fornece vários exemplos para ilustrar essas definições. Vários algoritmos de busca de propósito geral que podem ser utilizados para resolver esses problemas. Diversos algoritmos de busca sem informação — algoritmos para os quais não se fornece nenhuma informação sobre o problema a não ser sua definição. Embora alguns desses algoritmos possam resolver qualquer problema solucionável, nenhum deles pode fazê-lo de forma eficiente. Os algoritmos de busca informada, por outro lado, podem ter sucesso a partir de alguma orientação sobre onde procurar soluções.

Um problema pode ser definido formalmente por cinco componentes:

- O estado inicial.
- Uma descrição das ações possíveis que estão disponíveis para o agente.
- Uma descrição do que cada ação faz; o nome formal é modelo de transição, especificado por uma função `RESULTADO(s, a)` que devolve o estado que resulta de executar uma ação `a` em estado `s`. Usamos também o termo sucessor para nos referirmos a qualquer estado acessível a partir de determinado estado por uma única ação
- O teste de objetivo, que determina se um estado é um estado objetivo. Às vezes existe um conjunto explícito de estados objetivo possíveis, e o teste simplesmente verifica se o estado dado é um deles.
- Uma função de custo de caminho que atribui um custo numérico a cada caminho. O **agente de resolução de problemas** escolhe uma função de custo que reflete sua própria medida de desempenho.

Os elementos precedentes definem um problema e podem ser reunidos em uma única estrutura de dados que é fornecida como entrada para um algoritmo de resolução de problemas. Uma solução para um problema é um caminho desde o estado inicial até um estado objetivo. **A qualidade da solução é medida pela função de custo de caminho, e uma solução ótima tem o menor custo de caminho entre todas as soluções.**



```
função AGENTE-DE RESOLUÇÃO-DE-PROBLEMAS-SIMPLES(percepção) retorna uma ação  
persistente: seq, uma sequência de ações, inicialmente vazia  
               estado, alguma descrição do estado atual do mundo  
               objetivo, um objetivo, inicialmente nulo  
               problema, uma formulação de problema  
estado ← ATUALIZAR-ESTADO(estado, percepção)  
se seq está vazia então faça  
    objetivo ← FORMULAR-OBJETIVO(estado)  
    problema ← FORMULAR-PROBLEMA(estado, objetivo)  
    seq ← BUSCA(problema)  
    se seq = falhar então retorne uma ação nula  
ação ← PRIMEIRO(seq)  
seq ← RESTO(seq)  
retornar ação
```

Exemplo de algoritmo de um agente de resolução de problemas

Referências:

Livro: Inteligência Artificial

Autor: Peter Norvig