

<p>Inteligência Artificial</p> <p>Luís A. Alexandre</p> <p>UBI</p> <p>Ano lectivo 2019-20</p>		<p>Luís A. Alexandre (UBI)</p> <p>Inteligência Artificial</p> <p>Ano lectivo 2019-20</p> <p>1 / 50</p>
---	--	--

<p>Conteúdo</p> <p>Funcionamento da disciplina</p> <p>Objetivo</p> <p>Programa</p> <p>Competências</p> <p>Avaliação</p> <p>Bibliografia</p> <p>Questões práticas</p> <p>Introdução à IA</p> <p>História da IA</p> <p>Agentes inteligentes</p> <p>Agentes e ambientes</p> <p>Racionalidade</p> <p>Ambientes</p> <p>Agente reflexivo</p> <p>Agente reflexivo baseado em modelo</p> <p>Agente com objetivo</p> <p>Agente com utilidade</p> <p>Agente que aprende</p> <p>Leitura recomendada</p>		<p>Luís A. Alexandre (UBI)</p> <p>Inteligência Artificial</p> <p>Ano lectivo 2019-20</p> <p>2 / 50</p>
--	--	--

<p>Objetivo</p> <p>Introduzir os conceitos, modelos e linguagem adequados à resolução de problemas usando as técnicas da Inteligência Artificial (IA).</p>		<p>Luís A. Alexandre (UBI)</p> <p>Inteligência Artificial</p> <p>Ano lectivo 2019-20</p> <p>3 / 50</p>
--	--	--

<p>Conteúdos programáticos mínimos</p> <p>1. Introdução à IA</p> <p>2. Resolução de problemas</p> <p>3. Representação de conhecimento</p> <p>4. Conhecimento incerto e raciocínio</p> <p>5. Aprendizagem</p> <p>6. Aplicações: percepção, robótica e PLN.</p>		<p>Luís A. Alexandre (UBI)</p> <p>Inteligência Artificial</p> <p>Ano lectivo 2019-20</p> <p>4 / 50</p>
---	--	--

<p>Competências</p> <p>No final da disciplina os alunos devem ser capazes de</p> <ul style="list-style-type: none"> Compreender os sistemas baseados em IA Implementar o código da maioria dos assuntos estudados Aplicar os conhecimentos adquiridos na resolução de problemas 		<p>Luís A. Alexandre (UBI)</p> <p>Inteligência Artificial</p> <p>Ano lectivo 2019-20</p> <p>5 / 50</p>
--	--	--

<p>Avaliação</p> <ul style="list-style-type: none"> A avaliação é feita com recurso a um trabalho prático obrigatório e 2 frequências. Datas das frequências (a realizar nas aulas teóricas): <ul style="list-style-type: none"> Frequência 1: 2019-10-28 Frequência 2: 2020-01-06 O trabalho prático inclui: 1 relatório (2 valores), uma apresentação do trabalho (1 valor) e uma aplicação (3 valores). Os restantes 14 valores são obtidos com a média das frequências ou com o exame. Os trabalhos são em grupos de 2 alunos mas a nota é individual. 		<p>Luís A. Alexandre (UBI)</p> <p>Inteligência Artificial</p> <p>Ano lectivo 2019-20</p> <p>6 / 50</p>
--	--	--

Avaliação

- ▶ Os alunos devem frequentar 80% das aulas.
- ▶ Trabalhadores-estudante: não precisam de frequentar as aulas mas têm ainda de fazer o trabalho. Devem identificar-se junto do docente.
- ▶ Existe nota mínima para se ir a exame e vale 6 valores.
- ▶ Qualquer tipo de fraude implica reprovação na disciplina.

Bibliografia

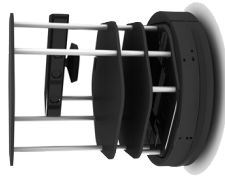
- ▶ PDFs das aulas teóricas;
- ▶ *Artificial Intelligence - A Modern Approach*, S. Russell, P. Norvig, 3ªEd., 2010.

Questões práticas

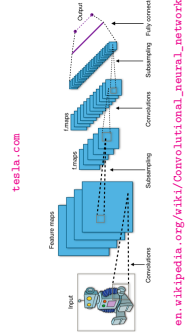
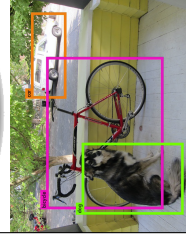
- ▶ Os slides das teóricas, as fichas práticas e o resultado das avaliações ficam disponíveis no Moodle.
- ▶ O enunciado do trabalho prático será apresentado na semana da primeira frequência.
- ▶ Horário de atendimento das aulas teóricas: marcar.

Conteúdo

A



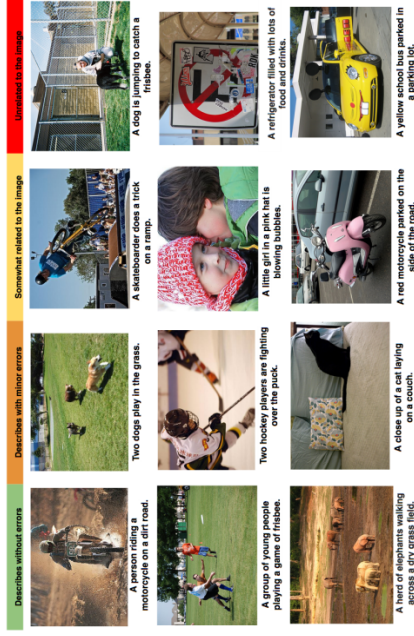
"Hey Siri, what's the best sushi place in town?"



"DeepMind AI Reduces Google Data Centre Cooling Bill by 40%"

en.wikipedia.org/wiki/Convolutional_neural_network

A



techcrunch.com/2014/11/18/new-google-research-project-can-auto-caption-complex-images

O que é a IA ?

- ▶ Não existe uma definição consensual do que é a IA.
- ▶ De facto podem-se organizar as definições segundo a seguinte tabela:

	Humanos		Racionalmente	
Agir	1	2	3	4
Pensar				

- 1. Sistemas que agem como os humanos
- 2. Sistemas que pensam como os humanos
- 3. Sistemas que agem racionalmente
- 4. Sistemas que pensam racionalmente
- ▶ Mas os humanos não são racionais ?!

Agir como um humano

- ▶ Em 1950 Alan Turing propôs o teste de **Turing** com o objetivo de obter uma definição operacional de inteligência.
- ▶ Uma máquina passa no teste se, após responder a questões colocadas por escrito, o interrogador não souber se as respostas foram dadas por um humano ou não.
- ▶ Para uma máquina passar no teste precisa das seguintes capacidades:
 - ▶ **processamento de linguagem natural**: para poder comunicar na linguagem humana;
 - ▶ **representação do conhecimento**: para permitir armazenar o que sabe ou ouve;
 - ▶ **raciocínio automático**: para poder usar a informação armazenada para responder a perguntas e chegar a conclusões
 - ▶ **aprendizagem automática**: para poder adaptar-se a novas circunstâncias e detectar e extrapolar padrões.

Agir como um humano

- ▶ O teste de Turing evita o contacto directo entre o interrogador e o interrogado, pois nesse caso a máquina teria de ter a aparência física de um humano, o que não é necessário para exibir um comportamento inteligente.
- ▶ No entanto existe o teste de **Turing total** em que se usa também um sinal de vídeo o que permite ao interrogador testar as capacidades perceptuais do candidato e inclui ainda uma janela que permite que o interrogador passe objectos ao candidato.
- ▶ Neste caso a máquina necessita, além das capacidades já enunciadas, das seguintes:
 - ▶ **visão computacional**: para permitir reconhecer objectos
 - ▶ **robótica**: para permitir manipular objectos e deslocar-se
- ▶ Estas 6 disciplinas compõem a maior parte da IA.

Agir como um humano

- ▶ Será necessário agir como um humano para se ser inteligente? Não.
- ▶ Como analogia podemos pensar no que foi preciso para construir máquinas voadoras: aerodinâmica.
- ▶ Os aviões não voam exactamente como os pombos, mas voam!
- ▶ Da mesma forma, na IA, não se tem tentado passar o teste de Turing mas sim estudar os princípios por detrás da inteligência.
- ▶ Desta forma julga-se que será possível criar máquinas que pensam, mesmo que não o façam da mesma forma que os humanos.

Pensar como um humano

- ▶ Para podermos afirmar que um dado programa pensa como um humano temos de poder dizer como é que um humano pensa.
- ▶ Há duas formas de tentar **perceber como é que os humanos pensam**: por introspecção, tentando analisar os nossos próprios pensamentos enquanto eles ocorrem; ou por experiências psicológicas.
- ▶ Se tivermos uma teoria da mente suficientemente precisa podemos criar programas que a simulem.
- ▶ As ciências cognitivas são uma área científica onde se estudam modelos que consigam aproximar os comportamentos da mente humana.
- ▶ Nesta área as experiências requerem sujeitos humanos ou animais.
- ▶ Actualmente é bem clara a distinção entre IA e ciências cognitivas, sendo que muitas vezes se usam descobertas numa delas para ajudar a avançar o conhecimento na outra.

Pensar racionalmente

- ▶ Aristóteles foi um dos primeiros a tentar codificar o que se entende por pensar correctamente.
- ▶ Os seus silogismos forneciam padrões para a argumentação que levavam sempre a conclusões correctas, desde que as premissas também o fossem: "Sócrates é um homem", "Todos os homens são mortais", logo "Sócrates é mortal".
- ▶ Estas leis do pensamento deram início o que hoje se chama o campo da lógica.
- ▶ Os matemáticos do século 19 desenvolveram uma notação precisa para as afirmações relativas a todo o tipo de coisas e relações entre elas.
- ▶ Já em 1965 existiam programas que, em princípio, conseguiriam resolver qualquer problema descrito em notação lógica.

Pensar racionalmente

- ▶ A abordagem à IA com base na lógica enfrenta no entanto dois obstáculos importantes:
 - ▶ não é fácil pegar em conhecimento informal e escrevê-lo sob a forma de notação lógica;
 - ▶ existe uma grande diferença entre ser capaz de resolver problemas em princípio e na prática: até problemas que envolvem algumas dúzias de factos podem esgotar os recursos computacionais disponíveis se não existir uma forma de escolher qual a ordem pela qual se deve tentar processar os factos.

Agir racionalmente

- ▶ Um agente é algo que age. Os programas computacionais chamados **agentes** distinguem-se dos restantes programas pelo facto de:
 - ▶ poderem agir de forma autónoma
 - ▶ terem a capacidade de obter dados do ambiente (terem sensores)
 - ▶ estarem em funcionamento durante um período de tempo longo
 - ▶ adaptarem-se a mudanças
 - ▶ serem capazes de atingir determinados objetivos.
- ▶ Um **agente racional** é um que age de forma a alcançar o melhor resultado, ou, em caso de existir incerteza, o melhor resultado esperado.

Agir racionalmente

- ▶ O estudo da IA em termos de agentes racionais tem pelo menos duas vantagens:
 - ▶ é mais geral que a abordagem do pensamento racional pois a inferência é apenas um dos mecanismos que permite chegar ao comportamento racional;
 - ▶ é mais adaptado ao desenvolvimento científico que as abordagens baseadas no comportamento ou pensamento humano pois usa uma definição de racionalidade clara e geral.
- ▶ Nesta disciplina iremos estudar os princípios gerais dos agentes racionais e os componentes que os permitem construir.
- ▶ Veremos que muitas vezes não é possível fazer o mais correcto (tomar a ação ótima) devido à complexidade dos ambientes em que o agente se insere.

Conteúdo

Funcionamento da disciplina
 Objetivo
 Programa
 Competências
 Avaliação
 Bibliografia
 Questões práticas
 Introdução à IA
História da IA
 Agentes inteligentes
 Leitura recomendada

Agentes e ambientes
 Racionalidade
 Ambientes
 Agente reflexivo
 Agente reflexivo baseado em modelo
 Agente com objetivo
 Agente com utilidade
 Agente que aprende
 Leitura recomendada

Alguns marcos na história da IA

- ▶ 1943: McCulloch e Pitts propõem um modelo do cérebro capaz de implementar as funções booleanas baseados num modelo dum neurónio.
- ▶ 1950: Turing publica paper “Computing Machinery and Intelligence” onde introduz o teste de Turing, aprendizagem automática, algoritmos genéticos e aprendizagem por reforço.
- ▶ 1956: Reunião de Dartmouth: criação do nome Artificial Intelligence
- ▶ 1950s : Primeiros programas de IA: damas, Logic Theorist, Geometry Engine
- ▶ 1966-74: IA descobre a complexidade computacional. Declínio das redes neuronais.
- ▶ 1969-79: Desenvolvimento dos sistemas periciais
- ▶ 1980-88: Explosão dos sistemas periciais
- ▶ 1988-93: Declínio dos sistemas periciais
- ▶ 1985-95: Regresso da popularidade das redes neuronais
- ▶ 1988- : Nova IA: vida artificial, algoritmos genéticos, soft computing
- ▶ 1995- : Agentes
- ▶ 1997: Deep Blue vence Kasparov
- ▶ 2001- : Grandes conjuntos de dados
- ▶ 2006- : Deep learning
- ▶ 2011: Watson vence os campeões do Jeopardy
- ▶ 2015: Tesla autopilot
- ▶ 2016: IA vence campeão do Go

Alguns marcos na história da IA

Teste de Turing

- ▶ O TT foi batido em 2014: Eugene Goosterman (chatbot). “Artificial stupidity”.
- ▶ Novas propostas:
 - ▶ Winograd Schema Challenge: Paul tried to call George on the phone, but **he** was not [successful/available]
 - ▶ Compreensão de novos média. Ex.: ver um vídeo e ser capaz de responder a questões relacionadas com o que acabou de ver. “Porque é que a Rússia invadiu a Crimeia?”.

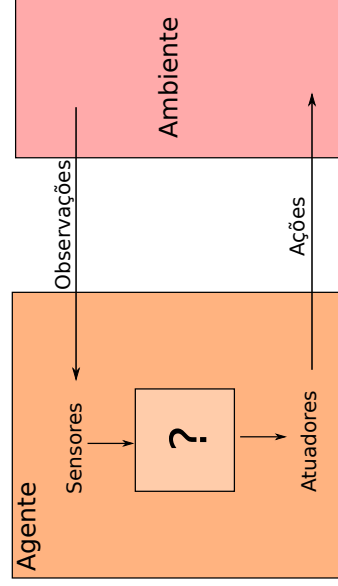
Conteúdo

Funcionamento da disciplina
Objetivo
Programa
Competências
Avaliação
Bibliografia
Questões práticas
Introdução à IA
História da IA
Agentes inteligentes
Leitura recomendada

Agentes e ambientes
Racionalidade
Ambientes
Agente reflexivo
Agente reflexivo baseado em modelo
Agente com objetivo
Agente com utilidade
Agente que aprende
Leitura recomendada

Agentes e ambientes

- ▶ Um **agente** é algo que tem perceção do ambiente através de sensores e que pode agir sobre esse ambiente através de atuadores.



Agentes e ambientes

- ▶ Um agente **humano** tem órgãos sensoriais para se aperceber do ambiente e mãos pernas e outras partes do corpo que lhe permitem agir sobre o ambiente.
- ▶ Um **robot** pode ter câmaras, sensores de proximidade ou outros e braços mecânicos para interagir com o ambiente.
- ▶ Um agente de **software** recebe input do teclado, de ficheiros ou de pacotes da rede (sensores) e age no ambiente através do ecrã, escrevendo em ficheiros ou enviando pacotes pela rede.
- ▶ Iremos assumir que todos os agentes se conseguem aperceber das suas próprias ações, mas nem sempre dos efeitos dessas ações.

Medida de desempenho

- ▶ Um **agente racional** é aquele que toma a decisão correcta.
- ▶ Tomar a decisão correcta significa que o seu desempenho, na tarefa que está a levar a cabo, melhora.
- ▶ Assim, para se avaliar a racionalidade é necessário possuir uma medida de desempenho do agente.
- ▶ Uma **medida de desempenho** contém o critério de sucesso relativo ao comportamento de um agente.
- ▶ Em geral é melhor desenhar medidas de desempenho de acordo com o que se pretende que **aconteça no ambiente** do que desenhá-las de acordo com o que pensamos ser o melhor **comportamento do agente**.
- ▶ Ex.: agente aspirador, se a medida for a quantidade de pó aspirado ele pode ficar parado num local e passar todo o tempo a aspirar e voltar a deitar fora o mesmo pó; se a medida for inversamente proporcional à quantidade de pó no chão o seu comportamento será diferente.

Racionalidade

- ▶ O que é uma **decisão racional** num dado instante depende das seguintes quatro coisas:
 - ▶ a medida de desempenho que define o critério de sucesso
 - ▶ o conhecimento que o agente tem do ambiente
 - ▶ as ações que o agente pode executar
 - ▶ a sequência de observações realizadas pelos sensores do agente até ao instante actual
- ▶ Estas considerações levam à seguinte definição de **agente racional**: para cada sequência de observações possível, um agente racional deve escolher a ação que se espera que maximize a sua medida de desempenho, dadas as observações realizadas e o conhecimento adquirido pelo agente.

Especificação de ambientes de tarefa

- ▶ Para especificarmos ambientes de tarefas temos de indicar: a medida de desempenho, o ambiente em que a tarefa se leva a cabo, os atuadores e os sensores do agente.
- ▶ Consideremos como problema a resolver o da condução automática dum táxi.
- ▶ Primeiro: qual será a medida de desempenho mais adequada?
- ▶ Algumas propriedades desejáveis são:
 - ▶ chegar ao destino desejado
 - ▶ minimizar o consumo de combustível
 - ▶ minimizar o desgaste do táxi
 - ▶ minimizar o tempo das viagens
 - ▶ minimizar as infrações de trânsito
 - ▶ minimizar o incómodo causado aos restantes condutores
 - ▶ maximizar a segurança e o conforto dos passageiros
 - ▶ maximizar os lucros
- ▶ Alguns destes objetivos são contraditórios, logo terão de existir compromissos.

Especificação de ambientes

- ▶ De seguida devemos considerar qual será o ambiente que o táxi irá encontrar?
- ▶ Qualquer táxi tem de ser capaz de lidar com uma variedade de estradas (auto-estradas, estradas municipais, caminhos rurais, de sentido único, etc.) e elementos nessas mesmas estradas (peões, animais, outros carros, carros avariados, buracos no asfalto, etc.)
- ▶ O táxi tem ainda de ser capaz de interagir com os passageiros.
- ▶ Fazem ainda parte do ambiente as condições climáticas sob as quais tem de conduzir: pode encontrar neve, chuva, muito calor, etc.
- ▶ Ainda podemos considerar as possibilidades que resultam de se conduzir em diferentes países com regras de condução diferentes e nalguns casos em que a condução se faz pela faixa da esquerda e noutros pela da direita.
- ▶ Quanto mais restrito for o ambiente de actuação mais fácil é o problema.

Especificação de ambientes

- ▶ Os atuadores disponíveis para o táxi são os mesmos que existem para um condutor humano: acelerador, travão e embraiagem.
- ▶ Terá ainda de possuir um ecrã ou sintetizador de voz para comunicar com os passageiros.
- ▶ Do ponto de vista dos sensores, precisa de uma ou mais câmaras de vídeo, medidor de velocidade e de distância percorrida. Um acelerómetro para ajudar a fazer as curvas mais suaves evitando acelerações exageradas. Um GPS e sensores de proximidade.
- ▶ Finalmente precisa de ter um microfone ou um teclado para poder receber informação dos passageiros.

Exemplos de ambientes de tarefas

Tipo de agente	Medida de desempenho	Ambiente	atuadores	Sensores
Diagnóstico médico	saúde dos doentes, minimizar custos e processos legais	paciente, hospital, funcionários	ecrã para perguntas, diagnósticos, tratamentos	teclado para receber sintomas, análises e respostas dos pacientes
Robot manipulador de objectos	Percentagem de obj. corretamente colocados	correia transportadora e calças	braço e mão	câmara e sensores de posição
Táxi automático				
Explicador de matemática				

Propriedades dos ambientes

- ▶ Totalmente **observável** versus parcialmente observável: se os sensores do agente tiverem acesso a todo o estado do ambiente em cada instante dizemos que o ambiente é totalmente observável. Um ambiente pode ser parcialmente observável devido à existência de ruído ou mau funcionamento dos sensores, ou por não possuir um determinado sensor. Ex.: o nosso táxi não tem forma de saber o que os outros condutores estão a pensar
- ▶ **Determinístico** versus **estocástico**: se o estado do ambiente no instante seguinte for determinado pelo estado actual e pela ação do agente então temos um ambiente determinístico. Caso contrario é estocástico.

Propriedades dos ambientes

- ▶ **Episódico** versus **sequencial**: num ambiente episódico a experiência do agente é dividida em episódios. As ações do agente num episódio não influenciam as ação que deverá efetuar noutro. Pelo contrário, num ambiente sequencial todas as ações influenciam o estado (ex.: guiar táxi).
- ▶ **Estático** versus **dinâmico**: se o ambiente mudar enquanto o agente está a decidir o que irá fazer, temos um ambiente dinâmico. Caso contrário é estático.
- ▶ **Discreto** versus **contínuo**: se o problema tem estados discretos (ex.: xadrez) dizemos que o ambiente é discreto, senão é contínuo (ex.: táxi).
- ▶ **Agente único** versus **multi-agente**: auto-explicativo.

Propriedades dos ambientes

- ▶ Completar a tabela seguinte:

Problema	Tot. ob.	Deter.	Epis.	Estático	Discreto	Ag. único
pal. cruzadas	S					
robot peças						
táxi automático						
xadrez						
monopólio						

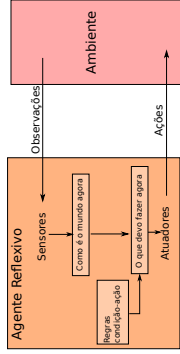
Propriedades dos ambientes

- ▶ Completar a tabela seguinte:

Problema	Tot. ob.	Deter.	Epis.	Estático	Discreto	Ag. único
pal. cruzadas	S	S	N	S	S	S
robot peças	N	N	S	N	N	S
táxi automático	N	N	N	N	N	N
xadrez	S	S	N	S	S	N
monopólio	S	N	N	S	S	N

Agente reflexivo

- ▶ Estes agentes escolhem a ação a executar tendo com base a observação actual, ignorando todas as outras observações feitas anteriormente.
- ▶ Ex.: um condutor quando vê o carro da frente a travar, trava também. Este tipo de regras são chamadas de **regras condição-ação**:
Se o-carro-à-frente-trava **então** travar

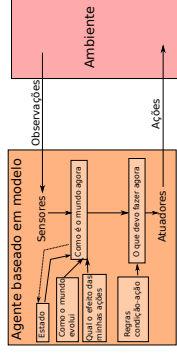


Agente reflexivo

- ▶ Este tipo de agente lida bem com problemas totalmente observáveis.
- ▶ Mas se o carro da frente não tiver a luz de travagem central pode ser complicado olhando apenas para uma imagem saber se está a travar ou não.

Agente reflexivo baseado em modelo

- ▶ Quando o problema não é totalmente observável podemos tentar guardar informação da parte do mundo que não está visível actualmente.
- ▶ Para isso o agente deve manter um **estado interno** onde armazene informação dependente das observações passadas.
- ▶ Para resolver o problema da detecção de travagem do veículo da frente bastaria guardar a imagem anterior e verificar se a intensidade das luzes de travagem tinha aumentado.
- ▶ Para poder mudar de faixa o nosso táxi teria de ir guardando a posição dos outros veículos à volta para que, mesmo que não estivessem visíveis num dado instante, nunca corresse o risco de chocar contra eles.



Agente reflexivo baseado em modelo

- ▶ Para manter esta informação actualizada são precisas duas coisas:
 - ▶ como é que o mundo funciona independentemente das observações;
 - ▶ como é que as ações do agente influenciam o mundo.
- ▶ Esta informação de como é que o mundo funciona é um **modelo** do mundo.
- ▶ Os agentes que os usam são **agentes baseados em modelos**.

Agente com objetivo

- ▶ Saber o estado actual do ambiente não chega muitas vezes para decidir o que fazer.
- ▶ Por exemplo, chegado a um cruzamento o táxi pode seguir em 3 direções: qual escolher?
- ▶ A resposta depende de onde o táxi pretende ir. Isto significa que os agentes precisam de um **objetivo**, neste caso, o local para onde o passageiro pretende ir.
- ▶ O agente neste caso combina a informação acerca das suas possíveis ações com o seu objetivo para decidir qual a ação a tomar.
- ▶ Por vezes o agente pode ter de executar uma longa sequência de ações até atingir o seu objetivo.

Luís A. Alexandre (UBI)

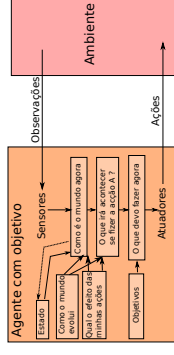
Inteligência Artificial

Ano lectivo 2019-20

43 / 50

Agente com objetivo

- ▶ Este tipo de tomada de decisão é bastante diferente do caso reflexivo: aqui o agente tem de se confrontar com questões do género: “o que acontecerá se eu fizer isto?”
- ▶ De notar que o agente neste caso também poderia chegar à conclusão que deveria travar quando o carro da frente travasse sem ser necessário introduzir essa regra explicitamente: basta que soubesse como o mundo funciona (o modelo) e que observasse que quando o carro da frente trava, abranda, logo para não lhe bater terá que travar.



Luís A. Alexandre (UBI)

Inteligência Artificial

Ano lectivo 2019-20

44 / 50

Agente com utilidade

- ▶ Os objetivos normalmente não são suficientes para se ter um comportamento de qualidade na maioria dos ambientes.
- ▶ Por ex.: existem muitas ações que podem levar o táxi ao seu destino (objetivo) algumas são mais rápidas, outras mais seguras outras mais baratas.
- ▶ Para dizer que um estado é preferível a outro dizemos que tem mais **utilidade** para o agente (o agente fica mais “feliz”).
- ▶ Uma função de utilidade faz corresponder a um estado (ou a uma sequência de estados) um número real que indica o respectivo grau de utilidade.

Luís A. Alexandre (UBI)

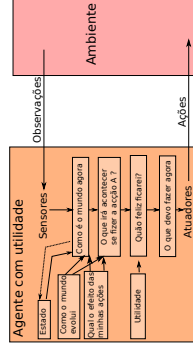
Inteligência Artificial

Ano lectivo 2019-20

45 / 50

Agente com utilidade

- ▶ Existem dois casos em que é necessária esta função:
 - ▶ quando existem objetivos contraditórios (p.ex., chegar rapidamente e da forma mais segura) a função utilidade ajuda a encontrar o equilíbrio entre eles
 - ▶ quando existem vários objetivos e não se sabe se será possível atingi-los, a função de utilidade ajuda a pesar a probabilidade de sucesso face à importância de cada objetivo.



Luís A. Alexandre (UBI)

Inteligência Artificial

Ano lectivo 2019-20

46 / 50

Agente que aprende

- ▶ Já descrevemos vários tipos de agente.
- ▶ Partimos do princípio que as regras são programadas, no entanto existe outra possibilidade: é que o agente aprenda por si só quais as melhores ações a tomar.
- ▶ Isto, além de facilitar a vida ao criador do agente, permite que este trabalhe em ambientes que desconhece inicialmente, de forma a que se torna mais competente do que o seu conhecimento inicial poderia permitir.

Luís A. Alexandre (UBI)

Inteligência Artificial

Ano lectivo 2019-20

47 / 50

Agente que aprende

- ▶ Um agente que aprende tem vários componentes:
 - ▶ **elemento de aprendizagem**: que leva a que existam melhoramentos no comportamento do agente.
 - ▶ **elemento de desempenho**: que é usado para seleccionar quais as ações a tomar.
 - ▶ o elemento de aprendizagem usa informação de um **crítico** que indica como é que o agente se está a comportar e como é que deve ser alterado o elemento de desempenho.
 - ▶ o último componente é o **gerador de problemas** que sugere ações (exploração do espaço de estados) e permite que o agente se comporte de forma sub-óptima por vezes com o intuito de poder, a médio prazo, obter melhores resultados.

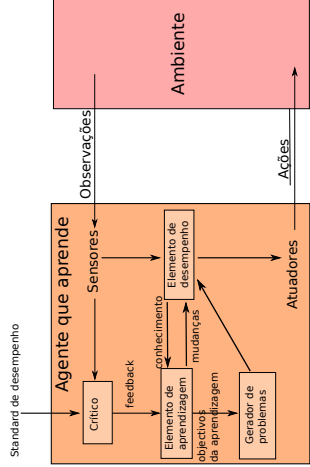
Luís A. Alexandre (UBI)

Inteligência Artificial

Ano lectivo 2019-20

48 / 50

Agente que aprende



Leitura recomendada

- ▶ Russell e Norvig, cap. 1 e 2.