

# INTRODUÇÃO À INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL 22-23

## CAP. 2 AGENTES RACIONAIS

Carlos Pereira  
ISEC

### Índice

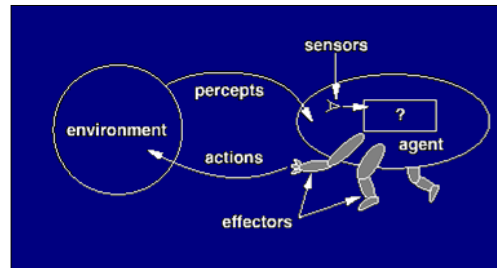
2

- Índice
  - ▣ Conceito de agente
  - ▣ Agente Racional
  - ▣ Estrutura Interna de um Agente
  - ▣ Tipos de Agentes
  - ▣ O Ambiente
  - ▣ Agentes Aprendizes

# Conceito de Agente

3

- Um **Agente** é uma entidade que habita um denominado ambiente e é capaz de:
  - ▣ Percepcionar
    - Recebe informação do ambiente que a rodeia através de **sensores**
  - ▣ Agir
    - Actuar sobre o ambiente através de **actuadores**



# Conceito de Agente

4

- ...
  - ▣ Exemplos de Agentes
    - Um ser humano
      - Possui sensores (olhos, ouvidos, ...) e actuadores (braços, pernas, ...)
    - Um robot
      - Possui sensores (câmaras, sensores de infra-vermelhos, de pressão, ... ) e actuadores (motores, braços mecânicos, ...)
    - Sistema de pesquisas autónomas na internet
    - Filtro de correio electrónico
      - Nas aplicações de software, a informação sobre o ambiente e acções, são representadas por informação (estruturas de dados) que o agente manipula.

# Conceito de Agente

5

## □ ...

- Jogos
  - Shopbots
    - comparar preços na internet
  - Assistentes Virtuais
    - Chatterbots, seres virtuais, ...
  - E muitos outros...
- [www.agentland.com](http://www.agentland.com)
  - [www.trsoccerbots.org](http://www.trsoccerbots.org)
  - <http://ccl.northwestern.edu/netlogo>



# Conceito de Agente

6

## □ Virtual Assistants

- [http://www.chatbots.org/virtual\\_assistant/](http://www.chatbots.org/virtual_assistant/)
- Ask Anna from IKEA
  - *"Created in 2003 by Artificial Solutions, she remains one of the largest implementations of a Virtual Assistant worldwide. Anna resides in 20 countries, being able to communicate in 18 languages via all IKEA's country websites"*
  - [http://www.ikea.com/ms/en\\_GB/customer\\_service/contact\\_us/contact.html](http://www.ikea.com/ms/en_GB/customer_service/contact_us/contact.html)
  - <http://www.buscas.pt/index.html>

# Conceito de Agente

7

□ ...

| Agent Type                      | Performance Measure                 | Environment                      | Actuators   | Sensors   |
|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---|---|
| Medical diagnosis system        | Healthy patient, reduced costs      | Patient, hospital, staff         | Display of questions, tests, diagnoses, treatments, referrals | Keyboard entry of symptoms, findings, patient's answers |
| Satellite image analysis system | Correct image categorization        | Downlink from orbiting satellite | Display of scene categorization                               | Color pixel arrays                                      |
| Part-picking robot              | Percentage of parts in correct bins | Conveyor belt with parts; bins   | Jointed arm and hand  | Camera, joint angle sensors                             |
| Refinery controller             | Purity, yield, safety               | Refinery, operators              | Valves, pumps, heaters, displays                              | Temperature, pressure, chemical sensors                 |
| Interactive English tutor       | Student's score on test             | Set of students, testing agency  | Display of exercises, suggestions, corrections                | Keyboard entry  |

## Agente Racional

8

### □ Agente Racional

- Um Agente que escolhe a ação correta, isto é, aquela ação que leva o agente a atingir o maior sucesso.
- É assim necessário avaliar o sucesso (Como e Quando?)
  - Não existe uma única função de avaliação.
    - Por exemplo, para um “agente de limpeza”, pode avaliar-se: A qualidade da limpeza, a eletricidade consumida, o ruído gerado e/ou o tempo despendido.

# Agente Racional

9

□ ...

## ■ Quando?

- Poderemos considerar de melhor performance os agentes que agirem mais rapidamente.

## ■ Exemplo: O Robot Aspirador

- **Ambiente:** Área dividida em células
- **Objetivo:** aspirar todo o lixo minimizando o consumo de energia
- **Percepções:** Conteúdos da célula em que se encontra e célula em frente
- **Ações:** Mover-se para a frente, virar à esquerda, virar à direita, aspirar



# Agente Racional

10

□ ...

## ■ O nível de racionalidade depende de quatro factores:

- **Conhecimento inicial** (à partida) do ambiente
- **Sequência de percepção** (tudo aquilo que já apercebeu)
- **Ações** que pode tomar
- Função usada para **avaliação** do sucesso

## □ O Agente Racional Ideal

- Para uma dada sequência de percepção, **toma a acção que espera vir a maximizar a função de medida do seu sucesso**, baseando-se na sequência de percepção e conhecimento inicial do ambiente

# Agente Racional

11

□ ...

- Mapeamento Percepção-Ação

- O projecto de um Agente Racional Ideal consiste em mapear sequências de percepção em acções óptimas.

- Agentes Autónomos

- Se o comportamento do agente for determinado pela sua experiência, diz-se que o agente é autónomo.

- Um agente que baseie o seu comportamento no conhecimento prévio do ambiente (conhecimento embutido) pode ser considerado autónomo?

# Agente Racional

12

□ ...

- Outras características de uma agente autónomo

- Deve conseguir **operar em ambientes diversos**, dado o tempo necessário para se adaptar.
- Um agente autónomo deve possuir capacidade de **aprendizagem**.
- Contudo, algum conhecimento embutido é ainda necessário, para que o agente não tenha de agir aleatoriamente no início (tal como acontece com os reflexos inatos no mundo animal...)

## Estrutura Interna de um Agente

13

- Agente = Arquitectura + Programa
  - ▣ No projecto de agentes racionais, na IA pretendemos implementar funções ou programas que mapeiam percepções em acções
  - ▣ Os programas executam num contexto (hardware, plataforma de programação) designado por arquitectura
    - A arquitectura inclui as componentes físicas do agente: um computador e eventualmente câmaras, sensores diversos, filtros, dispositivos electro-mecânicos, etc.

## Estrutura Interna de um Agente

14

- Programa de um agente racional: Tarefa principal da IA
  - ▣ O Agente como forma genérica de um Programa
  - ▣ O Agente necessita de registar as sequências de percepções, dado receber uma percepção de cada vez.
    - Recurso a estruturas de dados. Estas estruturas devem ser:
      - Actualizadas pelas novas percepções
      - Manipuladas pelo agente através dos seus procedimentos de tomada de decisão, com vista à escolha de uma acção

# Estrutura Interna de um Agente

15

□ ...

## ■ Esqueleto de um programa

Modelo do mundo

```
Function Skeleton-Agent(percept) returns action
  static: memory    /* A memória que o agente tem do ambiente */
  memory ← Update-Memory (memory, percept)
  action  ← Choose-Best-Action (memory)
  memory ← Update-Memory (memory, percept)
  return action
```

# Estrutura Interna de um Agente

16

□ ...

## ■ Exemplos para o robot aspirador

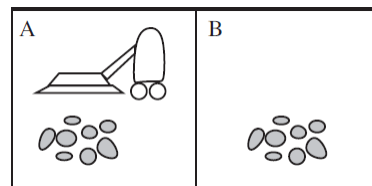
### ■ Mundo: apenas duas posições (células A e B)

### ■ Percepções:

- A célula onde está.
- Se a célula contém lixo.

### ■ Ações

- Mover esquerda; Mover direita; aspirar; fazer nada





# Estrutura Interna de um Agente

17

□ ...

- Se tem lixo na posição atual, Então Aspira; Senão, move para outra posição
  - Implementação

```
If Célula_Actual(Lixo) Then Aspirar  
Elseif Posição_Atual(A) Then Direita  
Elseif Posição_Atual(B) Then Esquerda
```

Agente meramente reativo. Seleciona a ação a efetuar apenas com base na percepção atual.

- Suponha que falhou um sensor e o agente não deteta a localização. Qual o melhor comportamento? Determinístico ou randomizado?

# Estrutura Interna de um Agente

18

□ ...

## ■ Exemplos para o robot aspirador

### ■ Exemplo A:

```
If Célula_Actual(Lixo) Then Aspirar  
If Célula_Frente(Fronteira) Then Rodar_Esquerda  
If Célula_Frente(Lixo) Then Avançar  
If True Then Rodar_Direita
```



- Que problemas identifica no agente descrito?

## Estrutura Interna de um Agente

19

□ ...

■ Exemplo B

If Célula\_Frente(Fronteira) Then Rodar\_Direita

If Célula\_Frente(Vazio) Then Avançar

If True Then Aspirar

■ Que problemas identifica no agentes descritos?

■ Qual seria um bom agente?

## Tipos de Agentes

20

□ Podemos considerar quatro tipos de Agentes

□ Agentes Reactivos

□ Agentes Reactivos com Estado Interno

□ Agentes Guiados por Objectivos

□ Agentes Baseados em Funções de Utilidade

## Tipos de Agentes

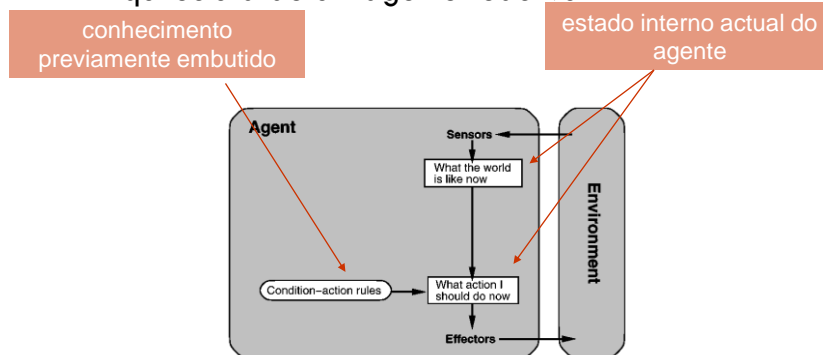
21

- Agentes Reactivos
  - ▣ **Respondem** a cada percepção **sempre da mesma forma**, tomando em linha de conta apenas a percepção mais recente.
  - ▣ Funcionam como um simples reflexo, traduzível por uma regra do tipo “if...then...”
  - ▣ Simulam reflexos adquiridos ou inatos.

## Tipos de Agentes

22

- ...
  - ▣ **Arquitectura de um agente reactivo**



## Tipos de Agentes

23

□ ...

- Possui um interpretador de regras
- Aplicabilidade reduzida

Function Simple-Reflex-Agent(percept) returns action

static: rules /\* Um conjunto de regras percepção-acção \*/

state ← Interpret-Input (percept)

rule ← Rule-Match (state, rules)

action ← Rule-Action (rule)

return action

**Interpret-Input** cria (em *state*) uma representação abstracta da percepção actual

**Rule-Match** identifica a regra cujo antecedente é mais semelhante ao estado actual, *state*

## Tipos de Agentes

24

- Agentes Reactivos com Estado Interno (memória)
  - Respondem à mesma percepção de forma eventualmente diferente, **combinando a percepção mais recente com informação acerca do estado anterior do ambiente.**
  - A sua actualização requer conhecimento sobre:
    - Como se modifica o mundo ao longo do tempo
    - Efeito que as acções têm no estado do mundo

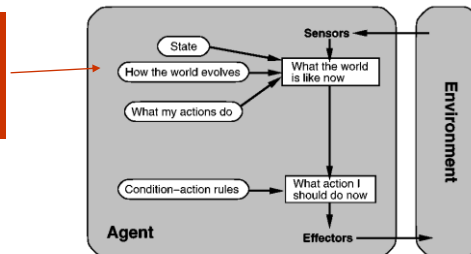
# Tipos de Agentes

25

□ ...

## □ Arquitectura

As percepções são combinadas com o estado interno e conhecimento



# Tipos de Agentes

26

□ ...

## □ Programa

```

Function Reflex-Agent-with-Internal-State(percept) returns action
    static:  state      /* Uma descrição do estado do ambiente */
            rules      /* Um conjunto de regras percepção-ação */

    state ← Update-State (state, percept)
    rule  ← Rule-Match (state, rules)
    action ← Rule-Action (rule)
    state ← Update-State (state, action)
    return action

```

## Tipos de Agentes

27

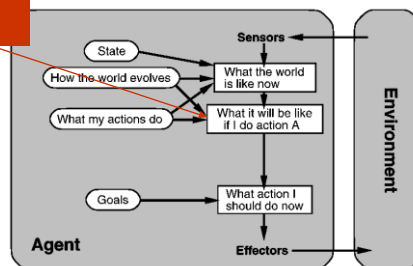
- Agentes Guiados por Objectivos
  - ▣ É também importante **considerar os objectivos** a atingir
    - Este agentes respondem a uma percepção de forma a atingirem um dado objectivo e combinam essa percepção com informação acerca do estado anterior do ambiente.
    - Uma decisão deste tipo **considera o resultado futuro**: O que acontece se virar à esquerda? E à direita? Isso será bom para o meu objectivo ?
  - ▣ **Se o objectivo for alterado**, o agente altera o seu comportamento (nos modelos anteriores, isto implicaria a escrita de novas regras if...then...).

## Tipos de Agentes

28

- ...
  - ▣ Arquitectura

Raciocínio para  
Previsão de um  
Estado Futuro.



## Tipos de Agentes

29

□ ...

**função agente\_guiado\_por\_objectivos(percepção): acção**

estado: modelo do estado actual do ambiente

descritor\_de\_acções: descreve o efeito das acções no estado do mundo

objectivo: estado que o agente deseja atingir

estado ← Actualiza\_estado (estado, percepção)

acção ← Avaliador (estado, descritor\_de\_acções, objectivo)

estado ← Actualiza\_estado (estado, acção)

**fim\_de\_função**

## Tipos de Agentes

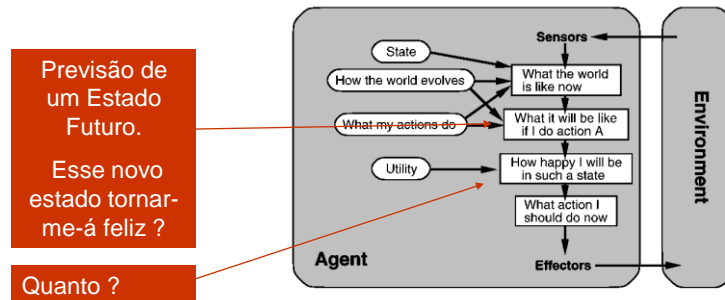
30

- Agentes Baseados em Funções de Utilidade
  - ▣ Respondem a uma percepção de forma a atingirem um dado objectivo **maximizando o grau de sucesso** obtido na prossecução desse objectivo.
  - ▣ A Função Utilidade:
    - Associa valores numéricos a estados, representando o grau de satisfação
    - Permite **optar pela melhor solução** de entre várias
      - Pode ponderar factores contraditórios (distância/estado da estrada)
      - Permite medir o grau de sucesso obtido quando um objectivo é atingido

# Tipos de Agentes

31

□ ...



- Uma Função Utilidade mapeia um estado ou conjunto de estados num número real, que mede o grau de sucesso obtido pelo agente se optar por determinada acção.

## ○ Ambiente

32

- Os agentes estão inseridos num ambiente:
  - ▣ A resolução do problema depende das características do ambiente
  - ▣ Tal como os agentes, também os ambientes podem classificar-se em vários tipos:
    - Acessível
    - Determinístico
    - Episódico
    - Dinâmico
    - Discreto



## ○ Ambiente

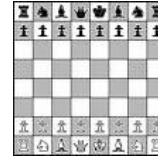
33

### □ Ambientes Acessíveis/Não Acessíveis

- Se o conjunto de sensores do agente lhe der **acesso ao estado completo do ambiente**.  
Caso contrário diz-se não acessível.

#### □ Exemplo:

- Jogo de Xadrez
  - O agente consegue obter toda a informação relevante para a tomada de decisão?
- Jogo de Poker
  - Acessível ou não acessível?
- Robot aspirador com sensor local - parcialmente (não) acessível



## ○ Ambiente

34

### □ Ambientes Determinísticos/Estocásticos

- O ambiente é determinístico se o seu próximo estado puder ser completamente determinado a partir do seu estado actual e da acção a executar. Caso contrário diz-se estocástico.
- Exemplos
  - Jogo de xadrez. Determinístico ou estocástico?
  - Condutor autónomo de um veículo. Determinístico ou estocástico?



## ○ Ambiente

35

### □ Ambientes Episódicos/Não episódicos

#### □ Se a experiência do agente for dividida em episódios (atômicos). É não-episódico no caso contrário.

- Cada episódio consiste numa percepção seguida de uma ação.
- O sucesso dessa ação depende apenas do episódio atual.
- Os ambientes episódicos tendem a gerar agentes mais simples, porque estes não precisam de “pensar no futuro”.

#### □ Exemplo

- Robot selecionando peças. É relevante considerar o que aconteceu anteriormente para escolher a Ação atual?
- Condução autónoma – não episódicos (sequencial).



## ○ Ambiente

36

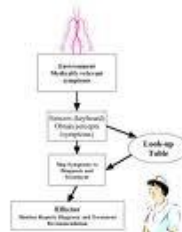
### □ Ambientes Dinâmicos/Estáticos

#### □ O ambiente diz-se **dinâmico** se puder mudar enquanto o agente se encontra a decidir. Caso contrário, diz-se **estático**.

- Se o ambiente não mudar com o tempo mas o desempenho do agente sim, o ambiente diz-se semi-dinâmico (xadrez com tempo controlado).

#### ■ Exemplos:

- Sistema de diagnóstico médico.  
Dinâmico ou estático?



## ○ Ambiente

37

### □ Ambientes Discretos/Contínuos

■ Diz-se discreto quando origina séries de percepções e acções perfeitamente distintas umas das outras. Caso contrário, diz-se contínuo.

■ Existe um número finito de estados ou de percepções/acções?

■ Exemplos:

- Jogo de Poker: Discreto
- Condução de um veículo: Contínuo

## ○ Ambiente

38

### □ Exemplos de Ambientes

| Task Environment          | Observable | Agents | Deterministic | Episodic   | Static  | Discrete   |
|---------------------------|------------|--------|---------------|------------|---------|------------|
| Crossword puzzle          | Fully      | Single | Deterministic | Sequential | Static  | Discrete   |
| Chess with a clock        | Fully      | Multi  | Deterministic | Sequential | Semi    | Discrete   |
| Poker                     | Partially  | Multi  | Stochastic    | Sequential | Static  | Discrete   |
| Backgammon                | Fully      | Multi  | Stochastic    | Sequential | Static  | Discrete   |
| Taxi driving              | Partially  | Multi  | Stochastic    | Sequential | Dynamic | Continuous |
| Medical diagnosis         | Partially  | Single | Stochastic    | Sequential | Dynamic | Continuous |
| Image analysis            | Fully      | Single | Deterministic | Episodic   | Semi    | Continuous |
| Part-picking robot        | Partially  | Single | Stochastic    | Episodic   | Dynamic | Continuous |
| Refinery controller       | Partially  | Single | Stochastic    | Sequential | Dynamic | Continuous |
| Interactive English tutor | Partially  | Multi  | Stochastic    | Sequential | Dynamic | Discrete   |

- A definição do ambiente depende de como a “tarefa” é definida.
- Os ambientes mais complexos são os ambientes inacessíveis, não-determinísticos, não-episódicos, dinâmicos, contínuos e multi-agente.

# Agentes Aprendizes

39

- Os agentes racionais apresentados anteriormente mostram como escolher ações em função das circunstâncias do ambiente.
  - ▣ Mas quem implementa os programas?
  - ▣ Como se garante que os mapeamentos condição/ação são adequados?
  - ▣ **E se o ambiente mudar?**

# Agentes Aprendizes

40

- ...
  - ▣ A solução consiste em construir sistemas que tenham capacidade de **aprendizagem**



# Agentes Aprendizes

41

□ ...

