

Inteligência Artificial

Resumo

Rafael Rodrigues

LEIC
Instituto Superior Técnico
2022/2023

CONTENTS

1	Introduction	3
1.1	Acting humanly: The Turing Test approach	3
1.2	Thinking Humanly: The Cognitive Modeling Approach	3
1.3	Thinking Rationally: The “laws of thought” approach	3
1.4	Acting Rationally: The rational agent approach	3
2	Intelligent Agents	4
2.1	Agents and Environments	4
2.2	Good Behavior: The Concept of Rationality	4
2.3	The Nature of Environments	4
2.3.1	Tipos de Ambientes	4
2.4	The Structure of Agents	5
3	Solving Problems By Searching	6
3.1	Problem-Solving Agents	6
3.2	Procura não Informada	6
3.2.1	Breadth-First Search	6
3.2.2	Uniform-Cost Search	6
3.2.3	Depth-First Search	6
3.2.4	Depth-Limited Search	6
3.2.5	Iterative Deepening Search	6
3.2.6	Bidirectional Search	6
3.3	Procura Informada	7
3.3.1	Greedy Best-First Search	7
3.3.2	A* Search	7
3.3.3	Iterative Deepening A* Search (IDA*)	7
3.3.4	Recursive Best-First Search (RBFS)	7
3.4	Funções Heurísticas	8
4	Beyond Classical Search	9
4.1	Local Search Algorithms And Optimization Problems	9
4.1.1	Hill-climbing search	9
4.1.2	Simulated annealing	9
4.1.3	Local beam search	9
4.1.4	Genetic algorithms	9
4.2	Local Search in Continuous Spaces	9
4.3	Searching with Nondeterministic Actions	9
4.3.1	AND-OR search trees	9
4.3.2	Try, try again	9
4.4	Searching with Partial Observations	9
4.4.1	Searching with no observation	9
4.4.2	Searching with observations	9
4.5	Online Search Agents and Unknown Environments	9
4.5.1	Online search problems	9
4.5.2	Online search agents	9
4.5.3	Online local search	9
4.5.4	Learning in online search	9

5	Adversarial Search	10
5.1	Games	10
5.2	Optimal Decisions in Games	10
5.2.1	The minimax algorithm	10
5.2.2	Optimal decisions in multiplayer games	10
5.3	Alpha-Beta Pruning	10
5.3.1	Move ordering	10
5.4	Imperfect Real-Time Decisions	10
5.4.1	Evaluation functions	10
5.4.2	Cutting off search	10
6	Constraint Satisfaction Problems	11
6.1	Defining Constraint Satisfaction Problems	11
6.1.1	Variations on the CSP formalism	11
6.2	Constraint Propagation: Inference in CSPs	11
6.2.1	Node consistency	11
6.2.2	Arc consistency	11
6.2.3	Path consistency	11
6.2.4	K-consistency	11
6.2.5	Global constraints	11
6.3	Backtracking Search for CSPs	11
6.3.1	Variable and value ordering	11
6.3.2	Interleaving search and inference	11
6.3.3	Intelligent backtracking: Looking backward	11
6.4	Local Search for CSPs	11
6.5	The Structure of Problems	11
10	Classical Planning	12
10.1	Definition of Classical Planning	12
10.2	Algorithms for Planning as State-Space Search	12
10.2.1	Forward (progression) state-space search	12
10.2.2	Backward (regression) relevant-states search	12
10.2.3	Heuristics for planning	12
10.3	Planning Graphs	12
10.3.1	Planning graphs for heuristic estimation	12
10.3.2	The GRAPHPLAN algorithm	12
10.3.3	Termination of GRAPHPLAN	12
10.4	12
21	Reinforcement Learning	13
21.1	Introduction	13
21.2	Passive Reinforcement Learning	13
21.2.1	Direct utility estimation	13
21.2.2	Adaptive dynamic programming	13
21.2.3	Temporal-difference learning	13
21.3	Active Reinforcement Learning	13
21.3.1	Exploration	13
21.3.2	Learning an action-utility function	13

1 INTRODUCTION

A Inteligência Artificial pode ser vista de 4 perspetivas diferentes, como ilustradas abaixo:

	Desempenho Humano	Racionalidade
Processos e Raciocínio	Pensar como os humanos	Pensar racionalmente
Comportamento	Atuar como os humanos	Atuar racionalmente

A perspetiva seguida na cadeira é a última apresentada, focando-se no estudo de agentes racionais capazes de, tal como o nome sugere, **atuar racionalmente**.

1.1 Acting humanly: The Turing Test approach

Esta abordagem é baseada nos pressupostos do **Testes de Turing**, o teste é passado se um humano não conseguir distinguir se está a responder a perguntas (ou a interagir) com um humano ou computador.

Um computador, para passar a este teste teria de ter as seguintes capacidades:

- **Capacidade de processar língua natural** - comunicar
- **Representação de conhecimento** - guardar conhecimento
- **Raciocínio automático** - usar o conhecimento para responder
- **Aprendizagem** - adaptar-se

1.2 Thinking Humanly: The Cognitive Modeling Approach

Para esta abordagem é necessário compreender como é que os humanos pensam e não só o que pensam. Existem 2 formas de fazer isto:

- **Introspeção**
- **Experiências psicológicas**

O campo da ciência cognitiva junta os modelos computacionais de IA com as técnicas experimentais de psicologia para criar teorias precisas e testáveis da mente humana. Quando se tem uma teoria precisa sobre o funcionamento da mente, podemos implementá-la e testar.

1.3 Thinking Rationally: The “laws of thought” approach

Esta abordagem é baseada em **lógica** - que faz uso de regras e notação específicas para traduzir conhecimento.

Existem algumas barreiras a esta abordagem como:

- É difícil traduzir conhecimento informal e codificá-lo em lógica.
- É fácil esgotar os recursos computacionais se não existir nenhum guia da resolução do problema.

1.4 Acting Rationally: The rational agent approach

O **comportamento racional** é traduzido em tomar a decisão correta - definida como aquela que maximiza a expectativa de alcançar um objetivo.

2 INTELLIGENT AGENTS

2.1 Agents and Environments

Um **agente** é tudo o que é capaz de captar/perceber o **ambiente** onde se encontra através de **sensores** e atuar nesse ambiente através de **atuadores**. Deve ser **autônomo**, ou seja, capaz de agir de forma independente de outros agentes e do utilizador.

Uma **sequência de percepções** é a história completa de tudo o que agente alguma vez percebeu.

Em geral, a escolha de ação de um agente a qualquer instante pode depender de toda a sequência de percepções observada até a data, mas não de algo que ele ainda não percecionou.

Matematicamente, dizemos que o comportamento de um agente é descrito como a **função agente** que mapeia uma sequência de percepções numa ação. O **programa agente** é uma implementação concreta executada num sistema físico.

2.2 Good Behavior: The Concept of Rationality

Por cada sequência de percepções possível, um **agente racional** deve selecionar uma ação que é suposto **maximizar a sua medida de desempenho**, dada a informação disponibilizada pela sequência de percepções e eventualmente pelo conhecimento que o agente possui.

Medida de desempenho: critério objetivo que mede o sucesso do comportamento do agente.

A escolha da ação dependerá do conhecimento adquirido até à data, e não do conhecimento do resultado da ação à priori. Diz-se por isso que um agente deve aprender e ser **autônomo**.

2.3 The Nature of Environments

Os ambientes são os problemas para os quais agentes racionais são a solução.

Um agente pode ser caracterizado pelo acrónimo PEAS:

- Performance
- Environment
- Atuadores
- Sensores

2.3.1 Tipos de Ambientes

- **Observável vs Parcialmente Observável**

Os sensores do agente dão acesso ao estado completo do ambiente em cada instante de tempo, pelo que não é necessário manter um estado interno sobre o mundo. Quanto mais observável é um ambiente mais fácil a criação de agentes que nele operem.

- **Determinístico vs Estocástico**

Se o próprio estado do ambiente é completamente determinado pelo estado atual e da ação do agente, então estamos num ambiente determinístico. Num ambiente estocástico há uma probabilidade de incerteza associada. Se um ambiente é sempre determinístico exceto para ações de outros agentes, então o ambiente é **estratégico**.

- **Episódico vs Sequencial**

A experiência do agente está dividida em episódio atômicos. Em cada episódio o agente percebe e depois executa uma ação. O próximo episódio não depende no anterior. Em ambientes sequenciais, a decisão atual pode afetar as próximas.

- **Estático vs Dinâmico**

Um ambiente estático é aquele em que o ambiente não é alterado enquanto o agente decide que a ação vai tomar. Um ambiente semi-dinâmico permanece inalterado com a passagem do tempo mas a qualidade do desempenho do agente é alterada. Um ambiente dinâmico está em constante alteração pelo que as ações dos agentes podem falhar frequentemente.

- **Discreto vs Contínuo**

Num ambiente discreto há um número restrito de estados, ações e percepções enquanto que num agente contínuo o ambiente está em constante mudança.

- **Agente único vs Multi-agente**

Só existe um agente no ambiente.

2.4 The Structure of Agents

- **Agentes de Reflexos Simples**

Estes agentes atuam com base na sua **percepção atual**. Não operam bem em ambientes parcialmente observáveis.

- **Agentes de Reflexos baseados em Modelos**

O agente tem um estado interno, que depende do seu histórico de percepções, manter informações do ambiente que não consegue perceber atualmente.

- **Agentes baseados em Objetivos**

O agente atua para atingir o seu objetivo.

- **Agentes baseados em Utilidade**

Os agentes baseados em utilidade têm uma função de utilidade que permite estabelecer preferências entre sequências de estados que permitem atingir os mesmos objetivos. Este agente toma as decisões baseadas na utilidade esperada dos resultados esperados.

- **Agentes com Aprendizagem**

A aprendizagem permite um agente operar num ambiente inicialmente desconhecido e tornar-se mais competente.

Um agente com aprendizagem pode ser dividido em 4 componentes conceituais:

- **Elemento de aprendizagem:** torna o agente mais eficiente.
- **Elemento de desempenho:** seleciona as ações do agente.
- **Elemento de crítica:** dá feedback ao elemento de aprendizagem e determina se o elemento de performance deve ser modificado no futuro.
- **Elemento de geração de problemas:** sugere ações experimentais que podem trazer informação útil.

3 SOLVING PROBLEMS BY SEARCHING

3.1 Problem-Solving Agents

3.2 Procura não Informada

3.2.1 Breadth-First Search

3.2.2 Uniform-Cost Search

3.2.3 Depth-First Search

3.2.4 Depth-Limited Search

3.2.5 Iterative Deepening Search

3.2.6 Bidirectional Search

Resumo dos Algoritmos

3.3 Procura Informada

3.3.1 Greedy Best-First Search

$$f(n) = h(n)$$

3.3.2 A* Search

3.3.3 Iterative Deepening A* Search (IDA*)

3.3.4 Recursive Best-First Search (RBFS)

3.4 Funções Heurísticas

Heurística Admissível - para qualquer estado n pertencente ao espaço de estados, o valor da função heurística, $h(n)$, não é superior ao custo mínimo desde esse estado até uma solução, $h^*(n)$, isto é, a heurística nunca sobrestima o custo. $h(n) \leq h^*(n)$

4 BEYOND CLASSICAL SEARCH

4.1 Local Search Algorithms And Optimization Problems

4.1.1 Hill-climbing search

4.1.2 Simulated annealing

4.1.3 Local beam search

4.1.4 Genetic algorithms

4.2 Local Search in Continuous Spaces

4.3 Searching with Nondeterministic Actions

4.3.1 AND-OR search trees

4.3.2 Try, try again

4.4 Searching with Partial Observations

4.4.1 Searching with no observation

4.4.2 Searching with observations

4.5 Online Search Agents and Unknown Environments

4.5.1 Online search problems

4.5.2 Online search agents

4.5.3 Online local search

4.5.4 Learning in online search

5 ADVERSARIAL SEARCH

5.1 Games

5.2 Optimal Decisions in Games

5.2.1 The minimax algorithm

5.2.2 Optimal decisions in multiplayer games

5.3 Alpha-Beta Pruning

5.3.1 Move ordering

5.4 Imperfect Real-Time Decisions

5.4.1 Evaluation functions

5.4.2 Cutting off search

6 CONSTRAINT SATISFACTION PROBLEMS

6.1 Defining Constraint Satisfaction Problems

6.1.1 Variations on the CSP formalism

6.2 Constraint Propagation: Inference in CSPs

6.2.1 Node consistency

6.2.2 Arc consistency

6.2.3 Path consistency

6.2.4 K-consistency

6.2.5 Global constraints

6.3 Backtracking Search for CSPs

6.3.1 Variable and value ordering

6.3.2 Interleaving search and inference

6.3.3 Intelligent backtracking: Looking backward

6.4 Local Search for CSPs

6.5 The Structure of Problems

10 CLASSICAL PLANNING

10.1 Definition of Classical Planning

10.2 Algorithms for Planning as State-Space Search

10.2.1 Forward (progression) state-space search

10.2.2 Backward (regression) relevant-states search

10.2.3 Heuristics for planning

10.3 Planning Graphs

10.3.1 Planning graphs for heuristic estimation

10.3.2 The GRAPHPLAN algorithm

10.3.3 Termination of GRAPHPLAN

10.4

21 REINFORCEMENT LEARNING

21.1 Introduction

21.2 Passive Reinforcement Learning

21.2.1 Direct utility estimation

21.2.2 Adaptive dynamic programming

21.2.3 Temporal-difference learning

21.3 Active Reinforcement Learning

21.3.1 Exploration

21.3.2 Learning an action-utility function