



Universidade de Coimbra
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Departamento de Engenharia Informática

Introdução à Inteligência Artificial
2015/2016 - 2º Semestre

Trabalho Prático Nº3: *Curva Braquistócrona*

Nota 2: A fraude denota uma grave falta de ética e constitui um comportamento inadmissível num estudante do ensino superior e futuro profissional licenciado. Qualquer tentativa de fraude levará à anulação da componente prática tanto do facilitador como do prevaricador, independentemente de acções disciplinares adicionais a que haja lugar nos termos da legislação em vigor. Caso haja recurso a material não original as **fontes** devem estar explicitamente indicadas.

1 Introdução

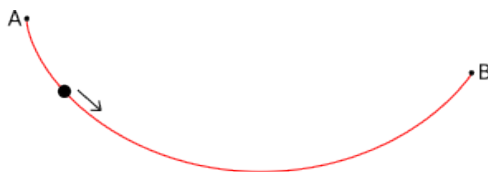
braquistócrona

nome feminino

Física, Matemática – curva que une dois pontos, de tal modo que um ponto material, deslizando sem atrito sobre essa curva, sujeito apenas à gravidade, a percorra num tempo mínimo.

(Do gr. brakhystós, «o mais curto» + khrónos, «tempo») (infopédia)

O problema da curva braquistócrona foi apresentado por Johann Bernoulli em 1696 na *Acta Eruditorum* de Leipzig como um desafio matemático dirigido a outros cientistas. Em Janeiro de 1697 Bernoulli informa que apenas Leibniz teria apresentado uma solução, embora também tivesse pedido um alargamento do prazo para a resolução do problema. Nas actas de 1697 acabaram por ser publicadas cinco soluções, a de Bernoulli, a do seu tio Jacob, a de Leibniz, a de Hôpital e a de Newton (esta publicada anonimamente).



Neste trabalho prático irá explorar o uso de uma abordagem evolucionária para encontrar uma aproximação da curva braquistócrona que une dois pontos.

2 Objectivos Genéricos

O presente trabalho prático tem como objectivos genéricos:

1. A aquisição de competências de modelação de um problema como uma pesquisa em um espaço de estados
2. A aquisição de competências relacionadas com a análise, desenvolvimento, implementação e teste de agentes adaptativos

Estes objectivos genéricos serão alcançados através do trabalho em grupo e da experimentação, promovendo-se, assim, estas capacidades.

3 Enunciado

Pretende-se desenvolver uma abordagem evolucionária para o problema da curva braquistócrona. De entre as diversas abordagens evolucionárias deve optar pelo uso de algoritmos genéricos

O presente trabalho prático encontra-se dividido em 2 metas distintas:

1. Meta 1 – Modelação e desenvolvimento do algoritmo genético
2. Meta 2 – Experimentação e análise

3.1 Meta 1 – Modelação e desenvolvimento do algoritmo genético

A representação escolhida, os operadores genéticos, o mecanismo de selecção, de atribuição de fitness, etc. são componentes essenciais para o bom funcionamento de um algoritmo evolucionário. Desta forma, a etapa de **modelação** desempenha um papel fundamental no sucesso do seu algoritmo.

Nesta fase deverá desenvolver as funcionalidades básicas do motor evolucionário. Os requisitos mínimos são os seguintes:

Representação Deve considerar, pelo menos, duas representações alternativas. Deve ter o cuidado de garantir que os indivíduos são válidos. P.ex. uma curva que passe por um

ponto situado a uma altura superior à do ponto original não é válida.

Aptidão A aptidão de um indivíduo varia no sentido inverso ao tempo que uma esfera demora a percorrer a curva associada ao indivíduo.

Recombinação Deve desenvolver um operador de recombinação de N-pontos. Poderá, caso ache adequado, desenvolver outros operadores.

Mutação Deve desenvolver um operador de mutação que substitui o valor do gene em que a mutação ocorre por outro gerado aleatoriamente. Caso ache adequado poderá desenvolver outros operadores de mutação (p.ex. perturbações gaussianas)

Seleção Deve implementar o mecanismo de selecção por torneio. Lembre-se que é um problema de minimização.

Elitismo Deve ser possível especificar o número de indivíduos que são preservados de uma geração para a seguinte.

Parametrização Deve ser possível alterar facilmente os parâmetros do algoritmo evolucionário – p.ex. especificar a probabilidade de mutação por gene, probabilidade de recombinação, tamanho do torneio, coordenadas dos pontos de partida e de chegadas, etc – sem que seja necessário alterar o código.

Recolha de dados A sua aplicação deve recolher (e armazenar em ficheiro) os dados necessários para analisar a performance do algoritmo evolucionário. Entre outros, para cada geração interessa recolher a aptidão média da população, do melhor indivíduo, do pior e o desvio padrão da aptidão.

Após implementadas, é vital testar as funcionalidades do algoritmo evolucionário por forma a garantir o seu bom funcionamento. Pode, caso deseje, desenvolver uma GUI que permita visualizar o processo evolutivo e as soluções encontradas, por forma a facilitar o processo de validação. No entanto, tal não é um requisito.

3.2 Meta 2 – Experimentação e análise

Nesta meta deve utilizar a aplicação desenvolvida para encontrar uma aproximação da curva braquistócrona para vários pares de

pontos. A experimentação tem por objectivo comparar em termos de eficácia, eficiência e robustez as diferentes representações, operadores, mecanismos de substituição e parâmetros.

Dada a natureza estocástica das abordagens evolucionárias não é possível tirar conclusões a partir de uma execução. Para cada combinação de parâmetros deverá realizar, pelo menos, 30 repetições da experiência para que a comparação efectuada tenha significado estatístico. Desta forma, é importante reservar o tempo adequado para esta meta.

Deve conduzir um conjunto alargado de experiências considerando, de forma sistemática, diferentes combinações de parâmetros. Tenha em conta que as posições de partida e de chegada podem ter influência nos resultados. Ou seja, determinada combinação de parâmetros pode ser óptima para um par de coordenadas, mas medíocre para outras. Como tal, a sua análise deve também ter em conta a robustez da parametrização.

Não basta enumerar resultados experimentais, deve fazer uma análise dos mesmos procurando explicar as diferenças encontradas e os comportamentos apresentados.

4 Datas e Modo de Entrega

Os grupos têm uma dimensão máxima de 3 alunos. A defesa é obrigatória, bem como a presença de todos os elementos do grupo na mesma.

A entrega da meta 1 é opcional, chama-se no entanto a atenção dos alunos para a importância de concluir atempadamente esta meta. Para efeitos de nota apenas será considerada a entrega final e a defesa.

4.1 Meta 1 – Modelação e desenvolvimento

Material a entregar:

- O código desenvolvido, devidamente comentado;
- Um breve documento (max. 3 páginas), em formato pdf, com a seguinte informação:
 - Identificação dos elementos do grupo (Nomes, Números de Estudante, e-mails, Turma(s) Prática(s))
 - Informação pertinente relativamente a esta meta

Modo de Entrega:

Entrega electrónica através do Inforestudante.

Data Limite: 22 de Maio de 2016

4.2 Meta 2 – Experimentação e análise

Tal como indicado anteriormente, esta entrega será a única que tem um impacto directo na nota. O relatório deve conter informação relativa a **todo** o trabalho realizado. Ou seja, o trabalho realizado no âmbito das metas 1 e 2 deve ser **inteiramente descrito**, por forma a possibilitar a avaliação.

Material a entregar:

- O código desenvolvido, devidamente comentado, para cada uma das metas;
- Um relatório (max. 20 páginas), em formato pdf, com a seguinte informação:
 - Identificação dos elementos do grupo (Nomes, Números de Estudante, e-mails, Turma(s) Prática(s))
 - Informação pertinente relativamente à globalidade do trabalho realizado

Num trabalho desta natureza o relatório assume um papel importante. Deve ter o cuidado de descrever detalhadamente todas as funcionalidades implementadas, dando particular destaque aos problemas e soluções encontradas. Deve ser fácil ao leitor compreender o que foi feito e ter por isso capacidade de adaptar / modificar o código.

Conforme pode depreender do enunciado, **experimentação** e análise são parte fundamental deste trabalho prático. Assim, deve descrever de forma sucinta mas detalhada as experiências realizadas, os resultados obtidos, analisar os resultados e extrair conclusões.

O relatório deve conter informação relevante tanto da perspectiva do utilizador como do programador. Não deve ultrapassar as 20 páginas, formato A4. Todas as opções tomadas deverão ser devidamente justificadas e explicadas.

Modo de Entrega:

Entrega electrónica através do Inforestudante.

Data Limite: 29 de Maio de 2016

5 Checklist

Nest a secção fornece-se uma breve checklist que visa minimizar as probabilidades de lacunas graves no trabalho e relatório. Importa no entanto salientar que esta checklist **não substitui** a validação das opções tomadas, que deverá ser efectuada preferencialmente durante as aulas Práticas laboratoriais, **nem garante** a obtenção de uma classificação final positiva.

- Implementação:
 - Explorou várias representações?
 - As representações garantem a validade dos indivíduos?
 - Implementou operador(es) de recombinação?
 - Implementou um operador(es) de mutação?
 - Os operadores de variação preservam a validade dos indivíduos?
 - O operador de mutação torna o espaço de procura conexo? I.e. através de aplicações sucessivas do operador de mutação é possível transitar entre qualquer par de pontos do espaço de procura?
 - Implementou mecanismos de selecção por torneio e roleta?
 - Teve em conta o facto de ser um problema de minimização?
 - Implementou mecanismos de elitismo?
 - É possível parametrizar o algoritmo sem recorrer a alterações de código?
 - É possível recolher os resultados experimentais de forma eficiente?
- Experimentação:
 - As experiências realizadas têm em conta a natureza estocástica da abordagem (i.e. efectua várias repetições da experiência usando os mesmos parâmetros e seeds aleatórias distintas)?
 - Tendo em conta as opções implementadas, os resultados realizadas permitem indicar:
 - * A melhor representação?
 - * O melhor operador de mutação e respectiva taxa?

- * O melhor operador de recombinação e respectiva taxa?
- * A melhor estratégia de substituição?
- * A melhor combinação de representação, operadores, parâmetros e estratégias de substituição?
- As respostas as perguntas anteriores constam do relatório? Estão devidamente justificadas e suportadas em resultados experimentais?

6 Bibliografia

- **Inteligência Artificial: Fundamentos e Aplicações**
Ernesto Costa, Anabela Simões

Penousal Machado, Tiago Baptista e António Leitão –
2015/2016