



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

Introdução à Inteligência Artificial  
2017/2018 - 2º Semestre

Trabalho Prático N°3  
*Mad AI: Fury Evolution*

**Nota:** 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

Neste trabalho prático iremos desenvolver um controlador para um carro de corridas. O controlador tem acesso a um conjunto de informações acerca do ambiente através de 3 sensores colocados na frente do carro. O principal objectivo é que o controlador seja capaz de conduzir o carro com sucesso numa pista, sem nunca sair do limites da mesma. O controlador pode acelerar, travar, virar à esquerda e virar à direita. Pode ainda deslocar-se em marcha atrás. A Figura 1 mostra um exemplo do ambiente com o qual o controlador terá de lidar.

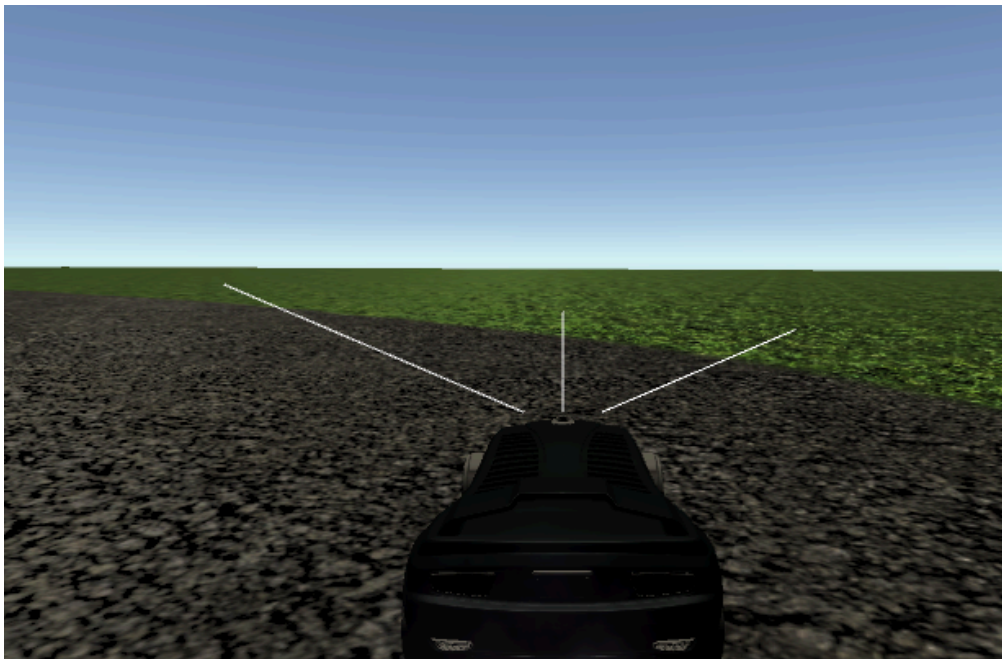


Figura 1: Exemplo do ambiente onde será inserido o controlador. As linhas brancas representam a distância entre os sensores do carro e a borda da estrada.

## 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 um controlador para um carro de corridas. Para isso irão ser utilizadas redes neuronais e algoritmos genéticos. A rede neuronal será responsável por, dado um conjunto de informação acerca do ambiente, tomar decisões no que toca à condução do carro. O algoritmo genético irá tentar aperfeiçoar a rede, para que esta consiga melhorar a sua performance. Deverá assumir que a rede neuronal tem sempre:

1. **3 inputs** - Sensors colocados à esquerda, direita, e frente do carro;
2. **2 outputs**:
  - (a) Intensidade de aceleração no intervalo  $[-1.0, 1.0]$ , onde  $-1.0$  significa intensidade máxima em marcha atrás e  $1.0$  significa acelerar ao máximo em frente.
  - (b) Ângulo de viragem a aplicar ao volante no intervalo de  $[-1.0, 1.0]$ . Note que  $-1.0$  significa virar tudo para a esquerda, e  $1.0$  significa virar tudo para a direita.

Deverá garantir que, qualquer que seja a topologia da sua rede, tenha pelo menos as entradas e saídas acima referidas.

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, a atribuição de aptidão (*fitness*), são componentes essenciais para o bom funcionamento de um algoritmo genético. Desta forma, a etapa de **modelação** desempenha um papel fundamental no sucesso do seu algoritmo. Nesta primeira fase do trabalho, deverá fixar a topologia da rede neural. Por exemplo, poderá considerar a seguinte arquitectura:

1. **Camada de Entrada** - 3 Nós
2. **Camada Escondida** - 10 Nós
3. **Camada de Saída** - 2 Nós

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

**Representação** - De que maneira deve ser codificada a rede neuronal no algoritmo genético.

**Aptidão** A aptidão de um indivíduo está relacionada com a capacidade do carro andar o mais tempo possível numa pista sem sair dos limites. É por isso um **componente essencial** ao sucesso do algoritmo. Devem ser exploradas várias funções de aptidão, tendo em conta o conjunto de informações do ambiente.

**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.

**Seleccção** Deve implementar o mecanismo de **selecção por torneio**. **Lembre-se que é um problema de maximização.**

**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, 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.

### 3.2 Meta 2 – Experimentação e análise

Nesta meta deve utilizar a aplicação desenvolvida para encontrar uma solução para os circuitos fornecido. A experimentação tem por objectivo comparar em termos de eficácia, eficiência e robustez a representação, operadores, mecanismos de substituição e parâmetros (do algoritmo evolucionário e de topologia da rede neuronal).

Dada a natureza estocástica das abordagens evolucionárias não é possível tirar conclusões a partir de uma única 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.

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 (projecto completo do Unity), 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: 13 de Maio de 2018**

## 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 (projecto completo do Unity), devidamente comentado;
- 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: 20 de Maio de 2018**

## 5 Checklist

Nesta 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:
  - Que representação escolheu e implementou?
  - Implementou operador(es) de recombinação?
  - Implementou operador(es) de mutação?
  - 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 o mecanismo de selecção por torneio?
  - Teve em conta o facto de ser um problema de maximização?
  - 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 Rede Neuronal para o problema?
  - \* 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 às perguntas anteriores constam do relatório? Estão devidamente justificadas e suportadas em resultados experimentais?

## 6 Bibliografia

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