

Inteligência Artificial para Robótica – IAR (2024/2025)

Enunciado do projeto prático – Parte 1 (v1.0)

Informações gerais

- Este documento apresenta um conjunto de instruções relativas à realização da Parte 1 do Projeto Prático sob a forma de trabalho autónomo, por grupos de 3 ou 4 alunos, grupos esses definidos de acordo com as regras indicadas nas aulas.
- Apesar do enunciado do projeto ser disponibilizado por partes, o projeto será entregue como um todo pelo grupo num momento único.
- O Projeto Prático como um todo terá de ser defendido numa sessão de discussões orais, onde todos os elementos do grupo terão de estar presentes; todos os elementos do grupo terão de ser capazes de explicar todos os elementos entregues pelo grupo.
- Sempre que se considerar necessário, serão adicionadas dicas no Moodle junto a este documento, sendo que a realização e análise cuidada dos vários laboratórios é essencial para a realização deste trabalho.
- Algumas dicas poderão ser fornecidas durante as aulas teóricas, práticas e laboratoriais, pelo que se torna essencial que pelo menos um dos elementos do grupo esteja sempre presente em todas as aulas.
- Fontes disponíveis na internet (e.g., manuais, tutoriais, vídeos Youtube, ChatGPT) podem ser consultadas como fonte de aprendizagem e inspiração, mas todo o projeto (análise, desenho e implementação) terá de ser da autoria do grupo.
- Todo o projeto, desde a sua conceção, implementação, validação e reporte terá de ser realizado única e exclusivamente pelos elementos do grupo, ou seja, sem qualquer tipo de recurso a outras pessoas ou serviços.
- De forma a maximizar o processo de aprendizagem e a garantir que o grupo está a dirigir-se na direção certa, aconselha-se que os estudantes procurem obter feedback dos docentes durante o desenvolvimento do projeto, recorrendo às aulas e aos horários de dúvidas, mas não por e-mail.

Objetivos

Desenvolver três controladores para um robô Thymio, com complexidade crescente, capazes de:

1. Seguir uma linha preta.
2. Evitar obstáculos (apenas na Fase 3).

Fases do Projeto

Fase 1: Máquina de Braitenberg Evolutiva

- Objetivo: Criar um controlador reativo básico com pesos otimizados através de um Algoritmo Evolutivo (AE).
- Estrutura:
 - Inputs: 2 sensores de chão (*ground sensors*).
 - Saídas: Velocidades dos motores esquerdo/direito.
 - Equações (por motor):
$$\text{Motor_esquerdo} = (P_{1E} \cdot S_E) + (P_{2E} \cdot S_D) + P_{3E}$$
$$\text{Motor_direito} = (P_{1D} \cdot S_E) + (P_{2D} \cdot S_D) + P_{3D}$$
 - S_E, S_D : Leituras dos sensores esquerdo/direito do chão.
 - 6 parâmetros para evoluir:
 P_{1E}, P_{2E}, P_{3E} (motor esquerdo) + P_{1D}, P_{2D}, P_{3D} (motor direito).

Fase 2: ANN Simples (Apenas Sensores de Chão)

- Objetivo: Evoluir uma rede neuronal minimalista para seguimento de linha, usando apenas 2 sensores de chão.
- Arquitetura:
 - Inputs: 2 sensores de chão (valores normalizados)
 - Camada Oculta: 4 neurónios (tanh)
 - Outputs: 2 neurónios (velocidades dos motores, tanh)

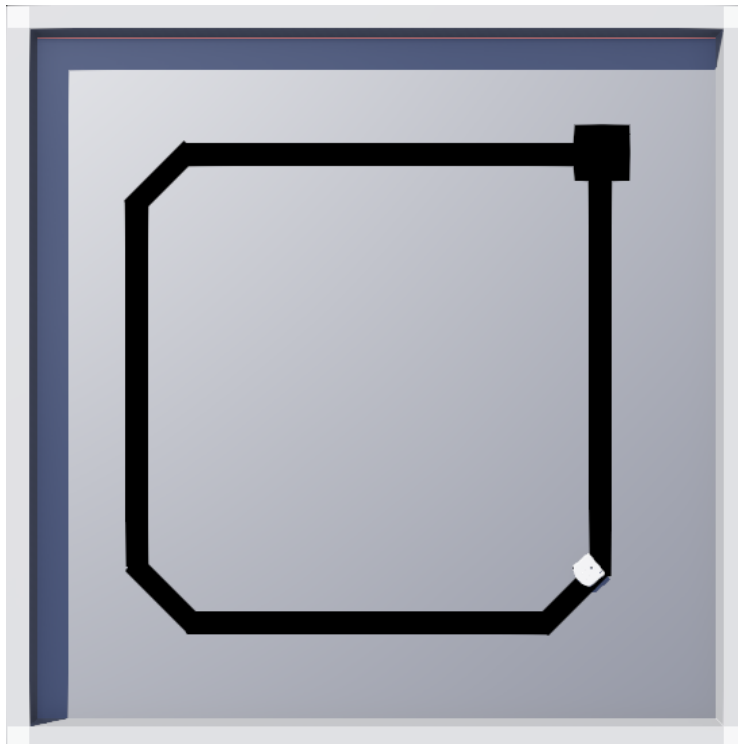
- Parâmetros Evolutivos:
 - pesos(2×4)+pesos(4×2)+bias(4+2) = 8 + 8 + 6 = 22

Fase 3: ANN Avançada (Sensores de Chão + Obstáculos)

- Objetivo: Evoluir uma rede neuronal para seguimento de linha evitando obstáculos no meio da linha.
 - Inputs: 2 sensores de chão + 3 sensores de proximidade frontais (total: 5 entradas).

Requisitos Técnicos:

1. Controladores
 - Máquinas de Braitenberg
 - Evoluir os 6 parâmetros das equações da máquina.
 - Redes Neurais:
 - Evoluir os parâmetros das ANN (pesos, bias).
2. Algoritmo Evolucionário (AE):
 - Definir uma função de fitness única para ambas as arquiteturas, priorizando:
 - Área linha percorrida.
 - Tempo sem colisões.
 - Critérios de paragem: Nº de gerações (ex: 1000) ou estagnação da fitness (ex: 10 gerações sem melhoria).
3. Integração com o Thymio no Webots:
 - Usar sensores do Thymio como entrada das redes (ex: 3 sensores de proximidade + 2 de solo).
 - Mapear saídas das redes para controle dos motores (velocidade esquerda/direita).
 - Garantir tempo real: decisões devem ser tomadas a cada passo de simulação (≈ 64 ms).



4. Ambiente de Simulação:

- Deve ser usado o ambiente de simulação fornecido.
 - Circuito Circular: Linha preta com 15 cm de largura.
 - Fase 3: Obstáculos móveis (ex: blocos deslizantes) colocados aleatoriamente.

Entregáveis obrigatórios para projeto ser aceite para avaliação

1. Código Fonte:

- Evolução de Braitenberg + ANNs.
- Scripts para treino/teste no Webots.

2. Relatório Técnico (máx. 8 páginas), contendo:

- Descrição detalhada da implementação da maquina de braitenberg e AE e arquiteturas das redes.
- Análise comparativa (quantitativa e qualitativa) entre Braitenberg e ANNs.
- Gráficos de convergência da fitness (Braitenberg vs. ANNs) e métricas de exploração.
- Vídeo demonstrativo (link) com trajectórias do robô nos 2/3 cenários.

Critérios de avaliação

- Desempenho Geral (40%):
 - Média de área coberta nos mapas de teste.
 - Nº de colisões/quedas por simulação.
- Eficácia da Evolução (30%):
 - Melhoria da fitness ao longo das gerações.
 - Originalidade dos operadores genéticos e função de fitness.
- Análise Crítica (20%): Discussão das vantagens/limitações.
- Qualidade do Código (10%): Modularidade, documentação e reprodutibilidade.

Data-limite para entrega final

- Os entregáveis obrigatórios terão de ser enviados por e-mail para sancho.oliveira@iscte-iul.pt até aproximadamente uma semana antes da data definida para as discussões orais (data concreta definida no enunciado da 2ª parte do projeto prático).
- As discussões orais decorrerão na data atribuída para avaliação de 1ª época, a definir pelos serviços do Iscte.
- Assim que os serviços do Iscte definam a data de avaliação de 1ª época, será produzida uma nova versão deste documento com a respetiva informação.

Prática de plágio

- O projeto é para ser desenvolvido na sua totalidade pelos elementos do grupo, sem acesso ou partilha de informação específica ao projeto com elementos externos ao grupo, com exceção do docente;
- A deteção da prática de plágio resultará no desencadear de um processo disciplinar, como recomendado pelo Conselho Pedagógico do ISCTE-IUL.