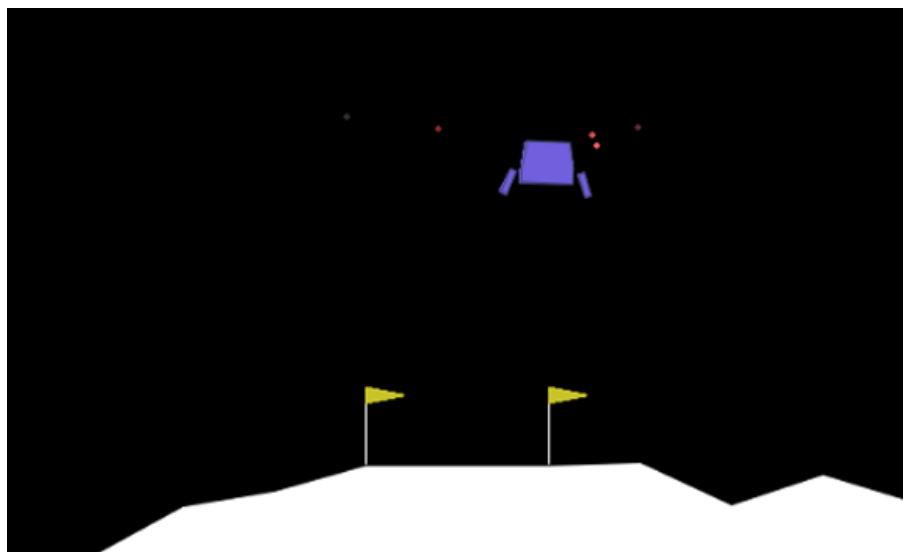


Fundamentos de Inteligência Artificial

2024/2025 • 2º Semestre

Meta 1 : **Lunar Lander**



Elementos do Grupo (PL4)

Daniel Pereira • 2021237092 • danielpereira@student.dei.uc.pt

Eduardo Marques • 2022231584 • eduardomarques@student.dei.uc.pt

Introdução

O presente relatório descreve o desenvolvimento e implementação de um agente reativo no ambiente Lunar Lander, no âmbito da disciplina de Fundamentos de Inteligência Artificial. O principal objetivo foi criar sistemas de produções capazes de controlar a nave e garantir uma aterragem segura para duas situações: com e sem vento. O projeto envolveu a identificação de um conjunto de perceções e ações, apresentadas a seguir.

Modelação e desenvolvimento do Sistema de Produções

- **Perceções**

PX - Coordenada horizontal da nave
PY - Coordenada vertical da nave
VX - Componente horizontal da velocidade da nave
VY - Componente vertical da velocidade da nave
V θ - Velocidade angular da nave
 θ - Orientação da nave (Inclinação)
PE - Perna esquerda em contacto com o solo
PD - Perna direita em contacto com o solo

- **Ações**

MP - Ativar motor principal - [1.0,0.0]
ME - Ativar motor esquerdo - [0.0,-1.0]
MD - Ativar motor direito - [0.0,1.0]

- **Sistema de Produções**

- **Agente sem vento**

- $B1 < PX$, $PX \leq B2$, $VX \approx 0$, $VY \approx 0$, PE, PD \rightarrow nil
- $VX > 0.1 \rightarrow$ ME
- $VX < -0.1 \rightarrow$ MD
- $VY < -0.3 \rightarrow$ MP
- $VY < -0.1$, $PY < 0.3 \rightarrow$ MP
- $\theta > 3^\circ \rightarrow$ MD
- $\theta < -3^\circ \rightarrow$ ME
- $V\theta > 0.2 \rightarrow$ MD
- $V\theta < -0.2 \rightarrow$ ME
- $PX < -0.2 \rightarrow$ MD
- $PX > 0.2 \rightarrow$ ME
- $\neg(B1 < PX)$, $\neg(PX \leq B2)$, $VX = 0$, $VY = 0 \rightarrow$ nil

- Agente com vento

- $B1 < PX$, $PX \leq B2$, $VX \approx 0$, $VY \approx 0$, PE , $PD \rightarrow \text{nil}$
- $VX > 0.05 \rightarrow \text{ME}$
- $VX < -0.05 \rightarrow \text{MD}$
- $VY < -0.3 \rightarrow \text{MP}$
- $VY < -0.3$, $PY < 0.3 \rightarrow \text{MP}$
- $\theta > 5^\circ \rightarrow \text{MD}$
- $\theta < 5^\circ \rightarrow \text{ME}$
- $V\theta > 0.2 \rightarrow \text{MD}$
- $V\theta < -0.2 \rightarrow \text{ME}$
- $PX < -0.2 \rightarrow \text{MD}$
- $PX > 0.2 \rightarrow \text{ME}$
- $\neg(B1 < PX)$, $\neg(PX \leq B2)$, $VX = 0$, $VY = 0 \rightarrow \text{nil}$

Implementação

O agente reativo foi implementado utilizando *Python 3.12* e a *framework Gymnasium*. O código base fornecido foi modificado para incluir um sistema de produções. Para isso, foram implementadas várias funcionalidades.

Percepções

A definição das percepções baseia-se nos valores retornados pelo vetor *observation* fornecido pelo ambiente do Lunar Lander. Este vetor contém os valores de diferentes aspetos da posição, movimento e estado da nave:

```
x, y, vx, vy, theta, v_theta, left_leg, right_leg = observation
```

As coordenadas permitem determinar a posição da nave em relação à plataforma de aterragem:

- **Posição horizontal da nave:** `def px(observation): return observation[0]`
- **Posição vertical da nave:** `def py(observation): return observation[1]`

A velocidade da nave influencia a sua estabilidade e o controlo durante a aterragem:

- **Velocidade horizontal da nave:** `def vx(observation): return observation[2]`
- **Velocidade vertical da nave:** `def vy(observation): return observation[3]`

A inclinação da nave deve ser corrigida para garantir uma aterragem segura:

- **Orientação:** `def theta(observation): return observation[4]` (Negativa quando está inclinada para a direita; positiva quando está inclinada para a esquerda)
- **Velocidade angular da nave:** `def vtheta(observation): return observation[5]` (Negativa quando roda no sentido horário; positiva quando roda no sentido anti-horário)

Os booleanos *left_leg_touching* e *right_left_touching* indicam se a nave aterrou corretamente:

- **Perna esquerda:** `def pe(observation): return observation[6]`
- **Perna direita:** `def pd(observation): return observation[7]`

Ações

A definição das ações passa pelo controlo dos três motores da nave: motores principal, esquerdo e direito sendo que cada um desempenha um papel fundamental na estabilização e aterragem segura da nave.

- O **motor principal** é responsável por gerar um impulso vertical e reduzir a velocidade de descida da nave. A função *main_engine()* ativa este motor, retornando `[1.0, 0.0]`, onde 1.0 representa a potência máxima do mesmo.

```
def main_engine():  
    return [1.0, 0.0]
```

- O **motor secundário esquerdo** permite que a nave rode para a direita, corrigindo a sua orientação quando necessário. A função *left_engine()* retorna `[0.0, -1.0]`, onde -1.0 indica a ativação do motor esquerdo, inclinando a nave para a direita.

```
def left_engine():  
    return [0.0, -1.0]
```

- O **motor secundário direito** realiza a rotação oposta, inclinando a nave para a esquerda. A função *right_engine()* retorna `[0.0, 1.0]`, onde 1.0 ativa o motor direito, inclinando a nave para a esquerda.

```
def right_engine():  
    return [0.0, 1.0]
```

Sistema de Produções

1. Sem vento

- **Aterragem segura:** Se ambas as pernas da nave estiverem em contacto com o solo dentro das coordenadas X das bandeiras, com velocidade e orientação estáveis, nenhuma ação é tomada (nil).
- **Correção da velocidade horizontal:** Se a componente horizontal da velocidade for superior a 0.1, o motor esquerdo é ativado. Se for inferior a -0.1, o motor direito é acionado.
- **Correção da velocidade vertical:** Se a componente vertical da velocidade for inferior a -0.3, o motor principal é ativado. Ao aproximar do solo o motor é novamente ativado com o intuito de amortecer a queda.
- **Correção da orientação angular:** Se a orientação da nave for superior a 3° , ativa-se o motor direito. Se for inferior a -3° , ativa-se o motor esquerdo para estabilizar a nave. Se a velocidade angular for superior a 0.2, ativa-se o motor direito para reduzir a rotação. Caso seja inferior a -0.2, ativa-se o motor esquerdo.
- **Correção da posição horizontal:** Se a nave estiver fora da área de aterragem formada pelas bandeiras, o motor esquerdo ou direito é ativado para ajustar a sua posição.
- **Aterragem perigosa:** Se a nave aterrar fora dos limites B1 e B2, sem velocidade, nenhuma ação é tomada (nil).

2. Com vento

Se o vento estiver ligado, a correção da orientação angular começa a 5° e a correção da velocidade horizontal é efetuada ligando o motor esquerdo para valores superiores a 0.05 e ligando o motor direito para valores inferiores a -0.05.

Análise de Resultados

A seguinte tabela apresenta os resultados obtidos para 1000 simulações:

	Taxa de Sucesso (%)	Média de Passos
Sem vento	90.0%	34798
Com vento	70.3%	22717

Sem vento, o agente alcançou uma taxa de sucesso de 90.0%. No entanto, é evidente que a presença de vento prejudicou o comportamento do agente, apresentando uma taxa de

sucesso de 70.3%. Ao contrário do que era esperado, o número médio de passos das aterragens bem sucedidas sem vento foi superior do que com vento, apresentando no primeiro caso 34798 passos e no segundo 22717 passos. Isto pode dever-se aos valores utilizados na implementação do sistema de produções como é o caso da orientação.

Conclusão

O desenvolvimento deste agente reativo permitiu uma melhor compreensão dos sistemas de produções e a sua aplicação em ambientes dinâmicos. O agente foi exposto a duas experiências distintas, com e sem vento, e em ambas, os sistemas de produções mostraram-se bastante eficazes.