

# MAC0425/5739 - Inteligência Artificial

## Exercício-Programa 2 - Planejamento

### 1 Introdução

Neste exercício-programa estudaremos a abordagem baseada em modelos para o problema de tomada de decisão sequencial em ambientes totalmente observáveis e determinísticos. Para isso desenvolveremos resolvedores automáticos de planejamento clássico baseados na linguagem STRIPS.

Os objetivos deste exercício-programa são:

- (i) compreender a abordagem geral de problemas de planejamento clássico;
- (ii) familiarizar-se com a linguagem de representação PDDL/STRIPS;
- (iii) implementar um planejador automático baseado em busca heurística no espaço de estados;
- (iv) implementar heurísticas independentes de domínio;
- (v) comparar os resultados obtidos em problemas da competição de planejamento (IPC).

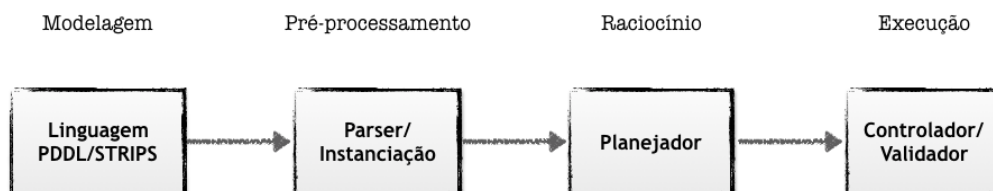


Figura 1: Esquema geral de um planejador clássico

#### 1.1 Instalação

Para a realização deste EP será necessário ter instalado em sua máquina a **versão 3 do Python**.

**Observação:** você precisará ter instalado o **pacote ply** <sup>1</sup> que é necessário para automatizar a etapa de análise léxica-sintática (*parser*) dos arquivos de entrada PDDL/STRIPS.

Descompacte o arquivo **ep2.zip** e rode no diretório **pystrips/** o seguinte comando para testar a instalação:

```
$ python3 pystrips.py --help
$ python3 pystrips.py show pddl/robot/domain.pddl pddl/robot/boxes/problem02.pddl
```

<sup>1</sup><http://www.dabeaz.com/ply/>

## 2 Planejamento clássico

Nesse exercício-programa você implementará um resolvidor automático para problemas de planejamento clássico. Os domínios e problemas de planejamento serão dados na linguagem PDDL/STRIPS conforme exemplos a seguir.

```
(define (domain robot)
  (:requirements :strips :equality :typing)

  (:types room box arm)

  (:predicates
    (robot-at ?x - room)
    (box-at ?x - box ?y - room)
    (free ?x - arm)
    (carry ?x - box ?y - arm))

  (:action move
    :parameters (?x ?y - room)
    :precondition (and (robot-at ?x) (not (= ?x ?y)))
    :effect (and (robot-at ?y) (not (robot-at ?x))))

  (:action pickup
    :parameters (?x - box ?y - arm ?w - room)
    :precondition (and (free ?y) (robot-at ?w) (box-at ?x ?w))
    :effect (and (carry ?x ?y) (not (box-at ?x ?w)) (not (free ?y))))

  (:action putdown
    :parameters (?x - box ?y - arm ?w - room)
    :precondition (and (carry ?x ?y) (robot-at ?w))
    :effect (and (not(carry ?x ?y)) (box-at ?x ?w) (free ?y))))
```

```
(define (problem box02)
  (:domain robot)

  (:objects
    room1 room2 - room
    box1 box2 - box
    left right - arm)

  (:init
    (robot-at room1)
    (box-at box1 room1) (box-at box2 room1)
    (free left) (free right))

  (:goal
    (and (box-at box1 room2) (box-at box2 room2))))
```

## 3 Implementação

Arquivos que você precisará editar:

- **planner.py** onde os algoritmos de planejamento serão implementados;
- **heuristics.py** onde as heurísticas independentes de domínio serão implementadas;
- **validator.py** onde a rotina de validação de plano será implementada.

Arquivos que você precisará ler e entender:

- **domain.py** onde é definida a classe **Domain** que representa um domínio de planejamento;
- **problem.py** onde é definida a classe **Problem** que representa um problema de planejamento;
- **node.py** onde é definida a classe **Node** que representa um nó de problema de busca;
- **state.py** onde é definida a classe **State** que representa um estado do problema de planejamento;
- **util.py** onde estruturas de dados estão definidas para facilitar a implementação.

### 3.1 Parte I - Modelagem

A fim de se familiarizar com a modelagem de problemas de planejamento clássico na linguagem PDDL/STRIPS você deverá completar a especificação dos operadores STRIPS do domínio **gitplanner**<sup>2</sup> disponível no arquivo `pddl/gitplanner/domain.py`. Esse domínio é uma versão bastante simplificada (repositório com único *branch*, comandos simples sem opções, *commit* por arquivo, ...) do *workflow* da ferramenta de controle de versão de código-aberto *git*.

Os detalhes do domínio `gitplanner` estão no próprio arquivo `domain.pddl` e nos arquivos de instâncias de problemas disponíveis no diretório `pddl/gitplanner/problems/`. Você deverá usar exclusivamente os predicados listados no arquivo `domain.pddl` na construção dos operadores.

```
(:predicates
;; file exists in workspace but has never been source-controlled
(untracked ?f - file)

;; a file modification has been added to the staging area but not committed
(staged ?f - file)

;; all changes were added to the staging area and then committed.
(committed ?f - file)

;; already tracked file has no modifications in workspace
(clean ?f - file)

;; file has been modified but this change has not been staged
(modified-in-workspace ?f - file)

;; file has been deleted but this change has not been staged
(deleted-in-workspace ?f - file))
```

<sup>2</sup>Esse exercício é baseado na proposta de problema disponível em <http://modelai.gettysburg.edu/2017/gitplanner/assignment.htm>. No entanto, note que para simplificar o problema diversas modificações foram feitas.

Você deverá completar as listas de precondições e efeitos dos seguintes operadores (que implementam os comandos em comentários logo acima):

```
;; git add <new-file>
(:action git-add-new ... )

;; git add <old-file>
(:action git-add ... )

;; git rm <old-file>
(:action git-rm ... )

;; git checkout -- <old-file>
(:action git-checkout ... )

;; git reset -- <old-file>
(:action git-reset ... )

;; git reset -- <new-file>
(:action git-reset-new ... )

;; git commit <staged-file>
(:action git-commit ... )
```

**Observação:** Se você não tem nenhuma experiência com a ferramenta *git* sugerimos os tutoriais *on-line* disponíveis em <https://learnxinyminutes.com/docs/git/> e <https://try.github.io/>.

Para facilitar essa parte do EP, você poderá utilizar o editor *on-line* de arquivos PDDL que está disponível em <http://editor.planning.domains/>. Uma vez modelado o domínio do problema, você poderá resolver cada problema usando o *solver* disponível no próprio site. O objetivo desse exercício é verificar se você entendeu a sintaxe e semântica dos operadores STRIPS. Esse conhecimento será necessário nas próximas partes do EP.

### 3.2 Parte II - Planejamento

Nessa parte do EP vamos implementar um **planejador automático baseado em busca heurística progressiva**. Em particular, vocês deverão implementar a busca **Weighted A\* (WA\*)** que é similar a busca informada A\* mas com a função de avaliação de nós dada por:  $f(n) = g(n) + W \cdot h(n)$ , onde  $W$  é um parâmetro do algoritmo. Dessa forma, será possível ponderar a importância da heurística na avaliação dos nós da fronteira, o que por sua vez acabará influenciando no comportamento da busca. Note que se  $W = 1$  o algoritmo se reduz ao A\* tradicional, e se  $W = 0$  o algoritmo se reduz a uma busca de custo uniforme.

Você deverá completar a definição das seguintes classes e funções:

- classe `ProgressionPlanning` no arquivo `planner.py`;
- funções heurísticas `h_add` e `h_max` no arquivo `heuristics.py`;
- função heurística `h_ff` (obrigatório **APENAS** para alunos da pós-graduação).

Para testar sua implementação separamos 3 conjuntos de problemas:

- `test0.sh` problemas triviais para *debug* e verificação de erros;
- `test1.sh` problemas fáceis (podem ser resolvidos sem heurística);
- `test2.sh` problemas difíceis (necessitam de heurísticas);
- `test3.sh` problemas BÔNUS

Para testar seu planejador, rode o seguinte comando (com os parâmetros desejados):

```
# ./test[0,1,2,3].sh <heuristic> <weight>
# <heuristic>: naive, max, add, ff
# <weight> heuristic weight (WA*)

# (0) debug
$ ./test0.sh naive 0
$ ./test0.sh max 1

# (1) busca não-informada
$ ./test1.sh naive 0

# (2) busca WA* com h_add
$ ./test2.sh add 1
$ ./test2.sh add 3

# (3) busca WA* com h_ff
$ ./test3.sh ff 1
$ ./test3.sh ff 3
```

**Observação:** você deverá conseguir resolver (pelo menos) todos os problemas do `test0.sh` e `test1.sh` sem heurística e também todos os problemas do `test2.sh` com heurística `h_add`.

### 3.3 Parte III - Validação

Nessa parte do EP vamos implementar um **validador automático de planos**. Complete a implementação da função `validate` no arquivo `validation.py`.

## 4 Relatório

**Observação: a entrega do relatório é obrigatória APENAS para alunos de pós-graduação.**

Após o desenvolvimento da parte prática, você deverá testar seus algoritmos e redigir um relatório claro e sucinto (máximo de 4 páginas). Assim, você deverá:

- (a) compilar em tabelas os resultados obtidos para as diversas heurísticas implementadas em termos de **tempo de execução, tamanho da solução, número de nós explorados e visitados, e fator de ramificação médio**;
- (b) discutir os méritos e desvantagens de cada heurística, no contexto dos dados obtidos;
- (c) sugerir possíveis melhorias e relatar dificuldades.

## 5 Entrega

Você deve entregar um arquivo `EP2-NUSP-NOME-COMPLETO.zip` contendo todos os arquivos do projeto em Python3 juntamente com o relatório em PDF (para os alunos de pós-graduação).

**Não esqueça de identificar cada arquivo com seu nome e número USP! No código coloque um cabeçalho em forma de comentário.**

## 6 Critério de avaliação

### 6.1 Parte prática

O critério de avaliação será da seguinte forma:

- Parte I (Modelagem): 4 pontos
- Parte II (Planejamento): 20 pontos (graduação); 28 pontos (pós-graduação)
  - `./test0.sh naive 0`: 2 pontos
  - `./test1.sh naive 0`: 4 pontos
  - `./test1.sh add 3`: 6 pontos
  - `./test2.sh add 3`: 8 pontos
  - `./test2.sh ff 3`: 8 pontos (obrigatório **APENAS** para pós-graduação)
  - `./test3.sh`: 8 pontos (**BÔNUS** para todos os alunos)
- Parte III (Validação): 2 pontos

**Observação:** para os itens da Parte II você deverá ser capaz de resolver todos os problemas com as heurísticas pedidas para receber crédito total.

### 6.2 Parte teórica

#### Relatório (20 pontos)

- Compilação de Resultados: 5 pontos
- Comparação e Discussão: 15 pontos

**Observação:** O relatório será avaliado principalmente pela sua forma de interpretar comparativamente os desempenhos de cada heurística. Não é necessário discutir detalhes de implementação, mas deve ficar claro que você compreendeu os resultados obtidos conforme as características teóricas de cada heurística.