人工智能实验报告

实验5　PDDL 实验

陳日康　信息与计算科学　22336049

一、实验内容

1. Blocks world

- 补全动作前提和效果（blocks.pddl）。

2. 15 puzzle

- 从 A* 和 IDA* 中 ppt 上的四个 15 数码问题中任选一个。补全完整 domain 文件（puzzle.pddl）和一个 PPTx.pddl 文件，只允许有 slide 这一个动作，其他自行定义。

- 不需要考虑解的最优性。

需要写清论域和问题的定义。可参考理论课件，如果和课件有出入的要描述清楚，在实验结果中展示使用规划器求解的结果。

二、算法原理

PDDL = **P**lanning **D**omain **D**efinition **L**anguage 是对人工智能规划语言进行标准化的一种尝试。PDDL 提供了标准化，好处是能使研究更易于重用和比较。与针对特定论域的系统相比，这要付出一些表达能力的代价。

三、流程图

1. Blocks world

1. 定义领域 `blocks`，包含谓词和行动。
2. 行动 `move` 接受两个参数 `?x` 和 `?y`，前提条件是 `?x` 和 `?y` 必须都是可移动的，且它们不相同。
3. 行动 `move` 的效果是将所有在 `?x` 下方的物体 `?z` 都标记为可移动且不在 `?x` 上方，然后将 `?x` 放在 `?y` 上方，同时将 `?y` 标记为不可移动，将 `?x` 标记为不在桌面上。
4. 行动 `moveToTable` 接受一个参数 `?x`，前提条件是 `?x` 不在桌面上且是可移动的。
5. 行动 `moveToTable` 的效果是将所有在 `?x` 上方的物体 `?y` 都标记为可移动且不在 `?x` 上方，然后将 `?x` 移动到桌面上。

2. 15 puzzle

1. 定义领域 `puzzle`，其中包含谓词和行动。
2. 定义类型 `num` 和 `loc`，表示数字和位置。

3. 定义谓词 `neighbor`，表示位置 `?x` 和位置 `?y` 是相邻的。

4. 定义谓词 `at`，表示数字 `?x` 在位置 `?y`。

5. 定义谓词 `zero_at`，表示数字 0 的位置在 `?x`。

6. 定义行动 `slide`，接受参数 `?n`、`?x` 和 `?y`，前提条件是数字 `?n` 在位置 `?x`，位置 `?y` 是位置 `?x` 的相邻位置，并且数字 0 的位置在位置 `?y`。

7. 行动 `slide` 的效果是将数字 `?n` 的位置从 `?x` 移动到 `?y`，同时将数字 0 的位置从 `?y` 移动到 `?x`。

四、关键代码展示

1. Blocks world

`move` 是将积木 `x` 移到 `y` 上，`moveToTable` 将 `x` 放在桌上。（x、y 是参数）

```
(define (domain blocks)
  (:requirements :strips :typing :equality
                 :universal-preconditions
                 :conditional-effects)
  (:types physob)
  (:predicates
      (ontable ?x - physob) ;物体?x是否在桌面上
      (clear ?x - physob)    ;物体?x是否没有被其他物体覆盖
      (on ?x ?y - physob))   ;物体?x是否在物体?y上方

  (:action move
    :parameters (?x ?y - physob)
    :precondition (and (clear ?x) (clear ?y) (not (= ?x ?y))) ; 前提条件：物体?x和物
体?y必须都是可移动的，且它们不相同。
    :effect (and
              (forall (?z - physob)
                (when (on ?x ?z)            ;对于所有在物体?x下方的物体?z
                  (and (clear ?z) (not (on ?x ?z)))))) ;将它们都标记为可移动且不在物体?
x上方
              (on ?x ?y)                    ;将物体?x放在物体?y上方
              (not (clear ?y))              ;物体?y不再是可移动的
              (not (ontable ?x))))          ;物体?x不再在桌面上

  (:action moveToTable
    :parameters (?x - physob)
    :precondition (and (not (ontable ?x)) (clear ?x)) ;前提条件：物体?x不在桌面上且是
可移动的
    :effect (and
              (forall (?y - physob)
                (when (on ?x ?y)      ;对于所有在物体 ?x 上方的物体 ?y
                  (and (clear ?y) (not (on ?x ?y))))) ;将它们都标记为可移动且不在物体?
x上方
              (ontable ?x)))                ; 将物体?x移动到桌面上
)
```

2. 15 puzzle

- 谓词和类的定义，`slide` 动作。

```
(define (domain puzzle)
  (:requirements :strips :equality
                 :typing:universal-preconditions
                 :conditional-effects)
  (:types num loc)
  (:predicates  (neighbor ?x ?y - loc)    ;x、y相邻
                (at ?x - num ?y - loc)    ;数字x在位置y上
                (zero_at ?x - loc)        ;数字0在位置x上


  )


(:action slide          ;slide(n,x,y) 将数字n从位置x移动到位置y上
          :parameters (?n - num ?x ?y -loc)   ;n为数字，x、y为位置
          :precondition (and(zero_at ?y)(at ?n ?x)(neighbor ?x ?y))
      ;前提(都是合取):(1) 0在位置y上 (2) n在位置x上 (3) 位置x、y相邻
          :effect (and(not(zero_at ?y))(zero_at ?x)(at ?n ?y)(not (at ?n ?x)))
;效果(都是合取):(1) 0不在位置y上 (2) 0在位置x上 (3) 数字n在位置y上 (4) 数字n不在位置x上
 )
)
```

- 初始状态定义和目标状态定义

```
(define (problem PPT1)
 (:domain puzzle)
 (:objects num_1 num_2 num_3 num_4 num_5 num_6 num_7 num_8 num_9 num_10 num_11
num_12 num_13 num_14 num_15 - num
         p_1 p_2 p_3 p_4 p_5 p_6 p_7 p_8 p_9 p_10 p_11 p_12 p_13 p_14 p_15 p_16
- loc
 )
 (:init (neighbor p_1 p_2)(neighbor p_1 p_5)
        (neighbor p_2 p_1)(neighbor p_2 p_3)(neighbor p_2 p_6)
        (neighbor p_3 p_2)(neighbor p_3 p_4)(neighbor p_3 p_7)
        (neighbor p_4 p_8)(neighbor p_4 p_3)
        (neighbor p_5 p_1)(neighbor p_5 p_6)(neighbor p_5 p_9)
        (neighbor p_6 p_5)(neighbor p_6 p_7)(neighbor p_6 p_2)(neighbor p_6 p_10)
        (neighbor p_7 p_6)(neighbor p_7 p_8)(neighbor p_7 p_3)(neighbor p_7 p_11)
        (neighbor p_8 p_7)(neighbor p_8 p_4)(neighbor p_8 p_12)
        (neighbor p_9 p_5)(neighbor p_9 p_10)(neighbor p_9 p_13)
        (neighbor p_10 p_9)(neighbor p_10 p_11)(neighbor p_10 p_14)(neighbor p_10
p_6)
        (neighbor p_11 p_10)(neighbor p_11 p_12)(neighbor p_11 p_7)(neighbor p_11
p_15)
        (neighbor p_12 p_11)(neighbor p_12 p_8)(neighbor p_12 p_16)
        (neighbor p_13 p_9)(neighbor p_13 p_14)
        (neighbor p_14 p_13)(neighbor p_14 p_15)(neighbor p_14 p_10)
        (neighbor p_15 p_14)(neighbor p_15 p_16)(neighbor p_15 p_11)
        (neighbor p_16 p_15)(neighbor p_16 p_12)

        (at num_14 p_1)
```

```
            (at num_10 p_2)
            (at num_6 p_3)
            (at num_4 p_5)
            (at num_9 p_6)
            (at num_1 p_7)
            (at num_8 p_8)
            (at num_2 p_9)
            (at num_3 p_10)
            (at num_5 p_11)
            (at num_11 p_12)
            (at num_12 p_13)
            (at num_13 p_14)
            (at num_7 p_15)
            (at num_15 p_16)
            (zero_at  p_4)
    )

  (:goal (and(at num_1 p_1)(at num_2 p_2)(at num_3 p_3)    ;目标
            (at num_4 p_4)
            (at num_5 p_5)
            (at num_6 p_6)
            (at num_7 p_7)
            (at num_8 p_8)
            (at num_9 p_9)
            (at num_10 p_10)
            (at num_11 p_11)
            (at num_12 p_12)
            (at num_13 p_13)
            (at num_14 p_14)
            (at num_15 p_15)
            (zero_at  p_16)))
 )
```
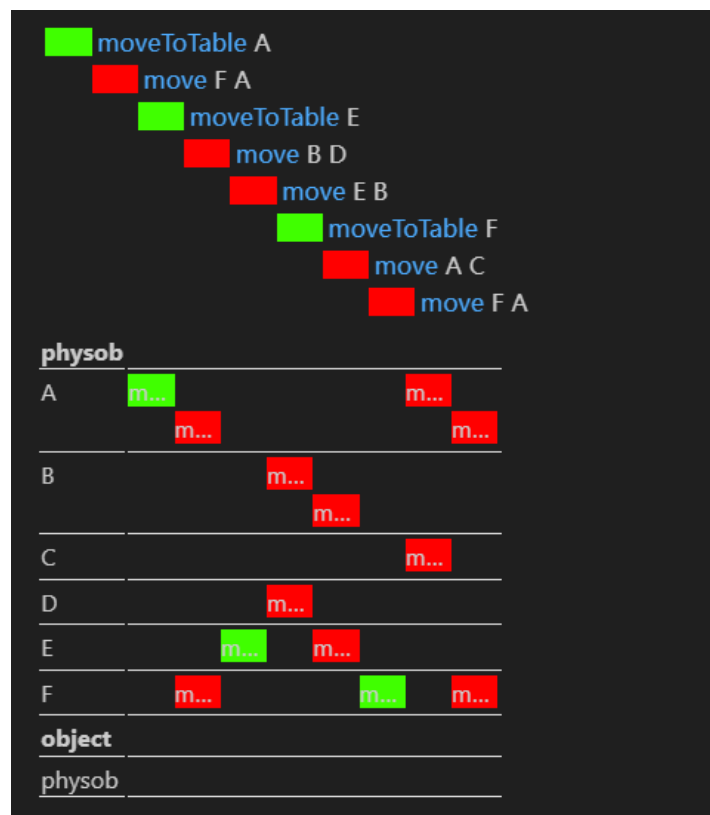
五、实验结果展示

1. Block world

```
 --- OK.
 Match tree built with 36 nodes.

PDDL problem description loaded:
    Domain: BLOCKS
    Problem: PROB
    #Actions: 36
    #Fluents: 48
Goals found: 8
Goals_Edges found: 8
Starting search with 1-BFWS...
```

```
Plan found:
0.00000: (MOVETOTABLE A)
0.00100: (MOVE F A)
0.00200: (MOVETOTABLE E)
0.00300: (MOVE B D)
0.00400: (MOVE E B)
0.00500: (MOVETOTABLE F)
0.00600: (MOVE A C)
0.00700: (MOVE F A)
Metric: 0.007
Makespan: 0.007
States evaluated: undefined
☑ problem.pddl (3.265 sec)
Planner found 1 plan(s) in 3.267secs.
```

2. 15 puzzle

得出详细解法可见压缩包内 `plan` 文件。

```
Domain: puzzle, Problem: PPT1
 --- OK.
 Match tree built with 720 nodes.

PDDL problem description loaded:
    Domain: PUZZLE
    Problem: PPT1
    #Actions: 720
    #Fluents: 256
Goals found: 16
Goals_Edges found: 16
Starting search with 1-BFWS...
--[15 / 0]--
--[15 / 2]--
```

```
Plan found:
0.00000: (SLIDE N_6 P_3 P_4)
0.00100: (SLIDE N_10 P_2 P_3)
0.00200: (SLIDE N_14 P_1 P_2)
0.00300: (SLIDE N_4 P_5 P_1)
0.00400: (SLIDE N_9 P_6 P_5)
0.00500: (SLIDE N_1 P_7 P_6)
0.00600: (SLIDE N_5 P_11 P_7)
0.00700: (SLIDE N_11 P_12 P_11)
0.00800: (SLIDE N_15 P_16 P_12)
0.00900: (SLIDE N_7 P_15 P_16)
0.01000: (SLIDE N_13 P_14 P_15)
```

```
0.23300: (SLIDE N_9 P_15 P_14)
0.23400: (SLIDE N_11 P_11 P_15)
0.23500: (SLIDE N_10 P_10 P_11)
0.23600: (SLIDE N_9 P_14 P_10)
0.23700: (SLIDE N_14 P_13 P_14)
0.23800: (SLIDE N_13 P_9 P_13)
0.23900: (SLIDE N_9 P_10 P_9)
0.24000: (SLIDE N_10 P_11 P_10)
0.24100: (SLIDE N_11 P_15 P_11)
0.24200: (SLIDE N_15 P_16 P_15)
Metric: 0.2420000000000002
Makespan: 0.2420000000000002
States evaluated: undefined
☑ PPT1.pddl (3.098 sec)
Planner found 1 plan(s) in 3.099secs.
```

六、参考资料

1. 实验课 ppt。

2. https://blog.csdn.net/Eastmount/article/details/125299411?
ops_request_misc=%257B%2522request%255Fid%2522%253A%25221714471901168002551
6550%2522%252C%2522scm%2522%253A%252220140713.130102334..%2522%257D&reque
st_id=17144719011680022551655&biz_id=0&utm_medium=distribute.pc_search_result.non
e-task-blog-2~all~top_click~default-2-125299411-null-
null.142^v100^pc_search_result_base8&utm_term=pddl&spm=1018.2226.3001.4187