中山大学计算机学院

人工智能

本科生实验报告

（2023 学年春季学期）

一、 实验题目

PDDL 实验

二、 实验内容

1. 算法原理

PDDL 规划

PDDL 规划涉及定义一个规划问题，这包括两个关键组件：领域（domain）和问题（problem）。领域定义了规划语言的语法规则，它包括可用的操作（动作）、这些动作的参数、以及动作执行的前提条件和效果。此外，领域还定义了问题中涉及的对象类型和谓词。问题定义则具体化了规划任务，它描述了规划的起始状态和目标状态。起始状态列出了所有对象的初始情况，而目标状态则描述了规划成功完成后所期望达到的状态。

定义好规划问题后，接下来是求解过程。这个阶段通常由 PDDL 规划器来执行，它使用搜索算法来寻找从起始状态到目标状态的路径。规划器会尝试执行一系列动作，每个动作都满足其前提条件，并且将起始状态转换为一个新的状态。这个过程会持续进行，直到达到目标状态或者确定不存在解决方案。在搜索过程中，规划器会利用领域定义中的逻辑规则来推理状态的变迁，确保每个中间状态都是合法的。此外，为了提高效率，现代规划器通常会采用启发式搜索策略，如 A*搜索或基于 SAT 的规划，来减少需要探索的状态空间。找到解决方案后，规划器会生成一个计划，该计划是一系列有序的动作，按照这个顺序执行可以完成规划任务。

2. 论域和问题的定义

1）block

只定义物体这一种类型的数据；定义两种动作，move 表示将 x 移动到 y 上，moveToTable 表示将物体 x 移动到桌子上；定义三种谓词，clear 表示 x 物体上面没有其他物体，ontable 表示物体 x 在桌子上面，on 表示物体 x 在 y 上面。

动作序列 move，将 x 移动到 y 物体上时需要考虑三个物体的状态，物体 x 是否为空，物体 y 是否为空，如果物体 x 下面本来有物体 z，如何更新物体 z 的状态。

动作序列 moveTotable，将 x 移动到桌子上需要考虑两个物体的状态，物体 x 是否为空，以及如果物体 x 下面本来有物体 z，如何更新物体 z 的状态。

2）15-puzzle

定义两种类型的数据，num 表示数字（位置可变），loc 表示网格（位置不可变）；定义三种谓词，at 表示数字 n 是否在网格 l 上，adjacent 表示网格 l1 和 l2 是否相邻，这决定了他们上面的数字是否可以交换，在动作序列的过程中，**网格 li 和 lj 的相对位置保持不变**；定义一种动作 slide，表示数字和空格进行交换。

动作序列 slide，将网格 l1 上的数字 n 和网格 l2 上的空格进行交换，交换的前提条件为 l2 是空格，l1 上面存在数字，并且网格 l1 和 l2 相邻，交换后注意更新数字在网格上位置的变化，以及网格 l1 置空。

3. 关键代码展示（带注释）

Blocks

```
(:action move              ; move 动作
    :parameters (?x ?y - physob)
    :precondition (and
        (clear ?x)
        (clear ?y)
        (not (on ?x ?y))
        (not (= ?x ?y)))
    :effect (and
        (not (clear ?y))
        (on ?x ?y)
        (not (ontable ?x))
        (forall (?z - physob)
            (when (on ?x ?z) (and
                (clear ?z)
```

```
                        (not (on ?x ?z)))))
        )
    )


    (:action moveToTable          ; 移动到桌子上
        :parameters (?x - physob)
        :precondition (and
            (clear ?x)
            (not (ontable ?x)))
        :effect (and
            (ontable ?x)
            (forall (?z - physob)
                (when (on ?x ?z) (and
                    (clear ?z)
                    (not (on ?x ?z)))))
        )
    )
```

15-puzzle

```
(:types num loc)
    ; num 表示数字，loc 表示网格，网格在移动过程中相对位置不变，改变数字在网格
上的状态
    (:predicates
        (at ?n - num ?l - loc)    ; 判断数字在网格上
        (adjacent ?l1 ?l2 - loc) ; 判断是否相邻，在求解过程中，该值保持不变
        (empty ?l - loc))         ; 判断网格是否为空

    (:action slide
        :parameters (?n - num ?l1 ?l2 - loc)
        :precondition (and
            (empty ?l2)
            (not (empty ?l1))
            (at ?n ?l1)
            (adjacent ?l1 ?l2)
            (not (= ?l1 ?l2)))
        :effect (and
            (empty ?l1)
            (at ?n ?l2)
            (not (at ?n ?l1))
            (not (empty ?l2)))
    )
```

三、 实验结果及分析

2. 实验结果展示示例（可图可表可文字，尽量可视化）

Blocks

15-puzzle

Planner output | PPT3.plan × | (a) PPT3.pddl | PPT1.plan | Planner output | PPT4.plan × | (a) PPT3.pddl | PPT1.plan

domains > puzzle > PPT3.plan

```
1   ;;!domain: puzzle
2   ;;!problem: PPT3
3
4   0.00000: (SLIDE N13 L12 L16)
5   0.00100: (SLIDE N2 L8 L12)
6   0.00200: (SLIDE N8 L7 L8)
7   0.00300: (SLIDE N10 L11 L7)
8   0.00400: (SLIDE N9 L10 L11)
9   0.00500: (SLIDE N12 L14 L10)
10  0.00600: (SLIDE N14 L13 L14)
11  0.00700: (SLIDE N15 L9 L13)
12  0.00800: (SLIDE N12 L10 L9)
13  0.00900: (SLIDE N9 L11 L10)
14  0.01000: (SLIDE N10 L7 L11)
15  0.01100: (SLIDE N1 L3 L7)
```

问题 输出 调试控制台 终端 端口

```
Checking next happening (time 0.525)
Deleting (at n11 l15)
Deleting (empty l11)
Adding (empty l15)
Adding (at n11 l11)

Checking next happening (time 0.527)
Deleting (at n15 l16)
Deleting (empty l15)
Adding (empty l16)
Adding (at n15 l15)
Plan executed successfully - checking goal
Plan valid
Final value: 528

Successful plans:
Value: 528
C:\Users\hp\AppData\Local\Temp\plan--6668-IZCv2gDRIlRR-.pddl 528
```

domains > puzzle > PPT4.plan

```
1   ;;!domain: puzzle
2   ;;!problem: PPT4
3
4   0.00000: (SLIDE N5 L2 L1)
5   0.00100: (SLIDE N15 L3 L2)
6   0.00200: (SLIDE N14 L4 L3)
7   0.00300: (SLIDE N13 L8 L4)
8   0.00400: (SLIDE N6 L7 L8)
9   0.00500: (SLIDE N9 L6 L7)
10  0.00600: (SLIDE N2 L10 L6)
11  0.00700: (SLIDE N12 L11 L10)
12  0.00800: (SLIDE N9 L7 L11)
13  0.00900: (SLIDE N2 L6 L7)
14  0.01000: (SLIDE N7 L5 L6)
15  0.01100: (SLIDE N5 L1 L5)
```

问题 输出 调试控制台 终端 端口

```
Deleting (empty l11)
Deleting (empty l11)
Adding (empty l12)
Adding (at n11 l11)

Checking next happening (time 0.283)
Deleting (at n12 l16)
Deleting (empty l12)
Adding (empty l16)
Adding (at n12 l12)
Plan executed successfully - checking goal
Plan valid
Final value: 284

Successful plans:
V
Error:/nalue: 284
C:\Users\hp\AppData\Local\Temp\plan--6668-YYtmNnORUqko-.pddl 284
```