

《人工智能导论》 2025

智能科学与技术学院

第四次作业-推理与规划

1. 逻辑语言[15pt]

使用一阶逻辑公式形式化以下句子

1. All Students are smart.
2. There exists a student.
3. There exists a smart student.
4. Every student loves some student.
5. Every student loves some other student.
6. There is a student who is loved by every other student.
7. Bill is a student.
8. Bill takes either Analysis or Geometry (but not both).
9. Bill takes Analysis and Geometry.
10. Bill doesn't take Analysis.
11. No students love Bill.

2. 定义一个合适的语言，给出所有的常量、谓词，并把下面语句形式

化为一阶逻辑（FOL） [15pt]

1. A 在 C 之上，D 在 E 上并且在 F 之上。’
2. A 是绿色的，而 C 不是绿色的。
3. 一切东西都在某物上。

4. 凡是空闲的物体，其上没有别的物体。
5. 凡是绿色的东西是空闲的。
6. 存在某物，它是红色并且不是空闲的。
7. 凡是不绿色并且在 B 之上的东西，都是红色的。

3. 归结算法[30pt]

以下是两条用一阶逻辑语言表示的语句：

$$(A): \forall x \exists y (x \geq y)$$

$$(B): \forall y \exists x (x \geq y)$$

- (a) 假设变量的值域是自然数 $0, 1, 2, \dots$ ，谓词 \geq 表示大于等于，在这一解释下，请把(A)和(B)翻译成自然语言。
- (b) 在这一解释下，(A)是否为真？
- (c) 在这一解释下，(B)是否为真？
- (d) (A)是否逻辑蕴含(B)
- (e) (B)是否逻辑蕴含(A)
- (f) 使用归结算法，证明由(B)可以推导出(A)，即使你认为(B)并不逻辑蕴含(A)也试着做，直到证明中断或者你不能进行下去，写入每一个归结步骤的合一置换，如果证明失败了，请解释在哪里、如何、为什么中断的。
- (g) 现在，试着去证明(A)可推导出(B)。

4. Neuro-Symbolic AI[40pt]

考虑如下这个模拟的小镇，你要操作一辆汽车在小镇的道路上行驶，路上可能会有救护车、警车、行人、十字路口等。



- 1) [5pt] 请你给出一个停车规则 $\text{Stop}(X)$ ，你可以定义出所需的谓词，比如 $\text{IsAmbulance}(X)$ 表示 X 是救护车、 $\text{IsAtInter}(X)$ 表示 X 在十字路口旁、 $\text{IsInInter}(X)$ 表示 X 在十字路口内、 $\text{IsAt}(x, \text{loc})$ 表示 x 在 loc 等等，然后给出自然语言描述的规则及对应的一阶逻辑表示。
- 2) [5pt] 假设你现在操作的是红色框的小车，针对下面的三个状态，根据你所定义的规则库，给出相应的推理过程以及推理结果。



- 3) [10pt]请你设计一套强化学习的方法来训练 Agent 能够操作小车在上述小镇中运行，请写出如何设计动作空间、状态空间、状态转移、奖励函数。
- 4) [5pt]除了是否停车之外，如果还想做更精细化的控制，比如 fast 或者 slow，你觉得还需要定义哪些规则？
- 5) [10pt]请你尝试设计一套神经符号融合的方法去训练上述的 Agent，描述想法即可，思路不唯一。
- 6) [附加题]如果你有兴趣，可以进一步基于该论文所给出的环境中实现你所设计的方法，<https://arxiv.org/pdf/2411.00773>，如果能完成可直接将报告发送到我的邮箱(guolz@nju.edu.cn)与我交流。