

人工智能原理作业 1

学号：_____

姓名：_____

提交时间：本次作业于2024.04.18(周四)上午8点前提交，无合理理由逾期者按逾期天数每天扣20%（即周四晚23:59前算一天，周五晚23:59前算两天...）。本次作业满分100分，占期末总评10%。

提交方式：对分易电子版提交，把作业扫描pdf文件命名为“学号_名字_作业_1.pdf”上传到对分易第一次理论课作业处。请在作业上写上你的学号和姓名，以及在你的每条答案前标明题号。

注：查出作弊的情况（e.g., 非选择题的答案完全一样），作弊人与被作弊人本次作业都判为0分。

Q1 无信息搜索策略（16分）

Pacman买了一辆车，在Pac-City超速行驶，SpongeBob无法抓住他。现在Pacman已经没油了，他的车停下来了，目前正在不为人知的地方躲藏。在这个问题中，你站在SpongeBob这边，试图抓住Pacman！

在大小为 $m \times n$ 个格子的Pac-city中有 p 辆SpongeBob的汽车。在这个问题中，所有SpongeBob的汽车都可以移动，并具有两个不同的整数控制：油门和转向，但是Pacman必须保持静止。SpongeBob的汽车可以为每一步控制油门和转向。一旦其中一辆SpongeBob汽车采取行动并落入与Pacman相同网格，则Pacman就会被捕并结束游戏。

油门： $t_i \in \{1, 0, -1\}$ ，对应于{加速、滑行、刹车}。通过确定汽车的加速度来控制汽车的速度。所选择的整数将添加到下一个状态的速度上。例如，如果某辆SpongeBob汽车当前以5格/秒行驶，并选择加速（1），则它将在下一个回合以6格/秒行驶。

转向： $s_i \in \{1, 0, -1\}$ ，对应于{左转、直走、右转}。这控制汽车的方向。例如，如果某辆SpongeBob汽车面朝北方并选择左转，则它将在下一个回合面朝西方。

(a) 假设只能控制1辆SpongeBob汽车，并且完全不知道其余 $p-1$ 辆汽车的信息，也不知道Pacman停在哪里躲藏。此外，SpongeBob汽车可以以最高 6 个网格/秒的速度行驶，因此始终满足 $0 \leq v \leq 6$ 。

(i) 如果你的目标是使用搜索规划一系列动作，无论Pacman躲在哪里或其他SpongeBob汽车采取什么行动都保证捕捉到他，请问状态空间大小的上限是多少(请以 mn 表示)？请注意，状态空间表示必须能够表示搜索空间中的所有状态。（3分；最后结果正确即得满分，结果错误但有合理表示过程也适当给分）

(ii) 搜索树中最大分支因子是多少？_____（2分）

(iii) 如果存在路径通过网格上所有位置，则下面哪些算法保证返回该路径？（多选，3分）

☐ 深度优先树搜索 ☐ 广度优先树搜索

☐ 深度优先图搜索 ☐ 广度优先图搜索

(iv) 广度优先图搜索是否保证返回找到pacman所需时间步数最短的路径？（2分）

☐ 是 ☐ 否

(b) 现在假设你可以同时控制所有的 p 个汽车（并知道它们的位置），但仍然不知道Pacman躲藏起来的地方。

(i) 现在，你仍然想要搜索一系列动作，使得 p 个汽车的路径组合通过所有 $m \times n$ 网格位置。请问此时状态空间大小的上限是多少？_____（3分）

(ii) 假设(a)中最大分支因子是 b_1 ，而此部分最大分支因子是 b_p ，请写出 b_1 和 b_p 之间的关系。

_____（3分）

Q2 启发式搜索（20分）

(a) 令 $h_1(s)$ 是一个可采纳的 A^* 启发式。令 $h_2(s) = 2h_1(s)$ 。判断以下语句的 true or false：

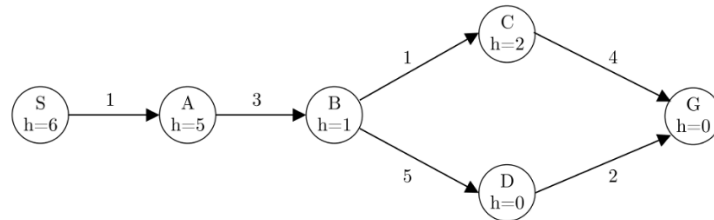
(i) A^* 树搜索用 $h_2(s)$ 找到的解保证是最优解。_____ [true or false]（4分）

(ii) A* 树搜索用 $h_2(s)$ 找到的解的代价保证最多是最优路径的代价的两倍。_____ [true or false] (4分)

(iii) A* 图搜索用 $h_2(s)$ 找到的解保证是最优解。_____ [true or false] (4分)

(b) 下图的启发式值是不正确的。请通过更改其中一个状态 (S、A、B、C、D 或 G) 的启发式值以使所有启发式值都可采纳且一致，该状态的启发式值可以改为多少？

应更改启发式值的一个状态：_____ (4分)；该状态的启发式值可以改为：_____ (4分)。



Q3 局部搜索 (20分)

(a) Hill Climbing 爬山法 (4分)

(i) 爬山法是完备的。 ☐ 对 ☐ 错

(ii) 爬山法是最优的。 ☐ 对 ☐ 错

(b) Simulated Annealing 模拟退火 (4分)

(i) 温度 T 越高，随机选择的状态越有可能被扩展。

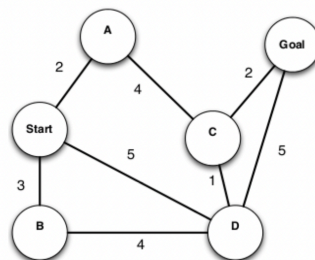
☐ 对 ☐ 错

(ii) 在无向图上，如果 T 减小得足够慢，模拟退火可以保证以指数方式缓慢收敛到最优状态。

☐ 对 ☐ 错

(c) Local Beam Search 局部束搜索 (3分)

假设我们使用 2-beam 图搜索探索以下状态图。一个状态的分值是它到起始状态的累积距离，分数越低越好。以下哪些选项是正确的？(单选)



☐ 状态 A 和 B 将在 C 和 D 之前被扩展。

☐ 状态 A 和 D 将在 B 和 C 之前被扩展。

☐ 状态 B 和 D 将在 A 和 C 之前被扩展。

☐ 以上都不对

(d) Genetic Algorithm 遗传算法 (4分)

(i) 在遗传算法中，交叉(cross-over)结合两个父母的遗传信息产生新的后代。 ☐ 对 ☐ 错

(ii) 在遗传算法中，变异(mutation)涉及遗传序列中某些任意位将从其原始状态翻转的概率。

☐ 对 ☐ 错

(e) Gradient Descent 梯度下降法 (5分)

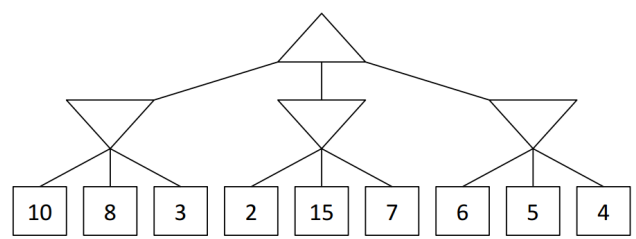
(i) 梯度下降是最优的。 ☐ 对 ☐ 错

(ii) 对于导数为 $f'(x)$ 的函数 $f(x)$ ，请写出从 x_t 到 x_{t+1} 的梯度下降更新。学习率为 α 。

_____。

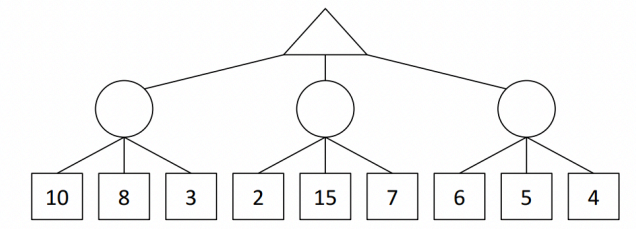
Q4 博弈游戏树 (18分)

(a) 考虑下图所示的零和博弈树。指向上方的三角形，例如顶部结点（根），代表最大化玩家(Max)的选择；向下的三角形结点代表最小化玩家(Min)的选择。假设两个玩家都采取最佳行动，请在图中填写每个结点的极小最大值。(4分)



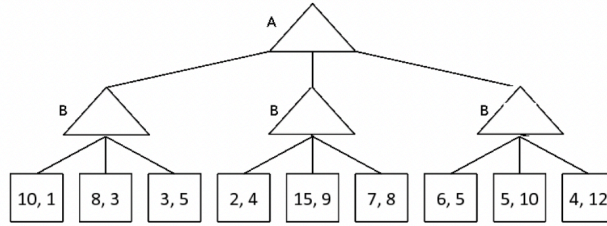
(b) 假设搜索从左到右进行。可以剪掉任何结点吗？如果可以，请列出这些结点并进行解释。如果不可以，请解释。(2分)

(c) 考虑跟图一相同的零和博弈树，只是现在，没有最小化玩家(Min)的结点，取而代之的是机会结点(Chance)，它将随机均匀地选择一个值。填写每个结点的expectimax值。(4分)



(d) 假设搜索从左到右进行。可以剪掉问题(c)中的任何结点吗？如果可以，请列出这些结点并进行解释。如果不可以，请解释。(2分)

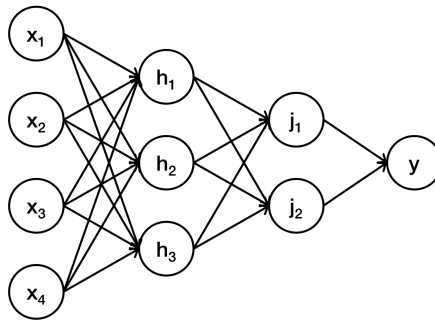
(e) 让我们看一下游戏的非零和版本。在这个版本中，玩家 A 的效用将表示为包含两个值的状态向量中的第一个值，玩家 B 的效用将表示为包含两个值的状态向量中的第二个值。假设每个玩家都是理性的，请填写这个非零博弈树。(4分)



(f) 假设搜索从左到右进行。可以剪掉问题(e)中的任何结点吗？如果可以，请列出这些结点并进行解释。如果不可以，请解释。(2分)

Q5 Neural Network Data Sufficiency (12分)

接下来的几个小问使用下面的神经网络作为参考。神经元 h_{1-3} 和 j_{1-2} 都使用 ReLU 激活函数。神经元 y 使用恒等激活函数： $f(x) = x$ 。在下面的问题中，让 $w_{a,b}$ 表示连接神经元 a 和 b 的权重。另外，让 o_a 表示神经元 a 输出到下一层的值。



给定这个网络，在以下几个问题中，你必须决定给出的数据是否足以回答问题（单选）。

(a) 问题：给定上述神经网络， o_y 的值是多少？_____（4分）

数据项1：网络中所有权重的值

o_{h_1} ， o_{h_2} ， o_{h_3}

数据项2：网络中所有权重的值

o_{j_1} ， o_{j_2}

- A. 每个单独的数据项就足以回答问题。
- B. 仅数据项（1）就足够了，但仅数据项（2）不足以回答问题。
- C. 仅数据项（2）就足够了，但仅数据项（1）不足以回答问题。
- D. 两个数据项放在一起就足够了，但单独的数据项都不够。
- E. 两个数据项放在一起还是不够的，需要额外的数据来回答这个问题。

(b) 问题：给定上述神经网络， o_{h_1} 的值是多少？_____（4分）

数据项 1：神经元输入值，即

o_{x_1} 到 o_{x_4}

数据项 2：值

o_{j_1} ， o_{j_2}

- A. 每个单独的数据项就足以回答问题。
- B. 仅数据项（1）就足够了，但仅数据项（2）不足以回答问题。
- C. 仅数据项（2）就足够了，但仅数据项（1）不足以回答问题。

- D. 两个数据项放在一起就足够了，但单独的数据项都不够。
- E. 两个数据项放在一起还是不够的，需要额外的数据来回答这个问题。

(c) 问题：给定上述神经网络， o_{j_1} 的值是多少？_____（4分）

数据项1：连接神经元

h_1 、 h_2 、 h_3 到 j_1 、 j_2 的所有权重值

数据项 2：值

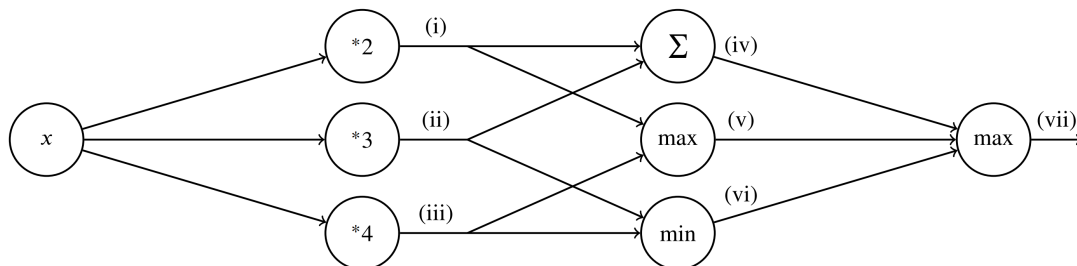
o_{h_1} ， o_{h_2} ， o_{h_3}

- A. 每个单独的数据项就足以回答问题。
- B. 仅数据项（1）就足够了，但仅数据项（2）不足以回答问题。
- C. 仅数据项（2）就足够了，但仅数据项（1）不足以回答问题。
- D. 两个数据项放在一起就足够了，但单独的数据项都不够。
- E. 两个数据项放在一起还是不够的，需要额外的数据来回答这个问题。

Q6 Deep Learning (24分)

(a) 对于 $x = 1$ ，通过填写表格中的值，在下面的神经网络上执行前向传播（forward propagation）。注意 (i), ..., (vii) 是执行节点中指示的运算操作后的输出。（7分）

(i)	(ii)	(iii)	(iv)	(v)	(vi)	(vii)



(b) 下面是一个权重为 a 、 b 、 c 、 d 、 e 、 f 的神经网络。输入是 x_1 和 x_2 。

第一个隐藏层计算

$r_1 = \max(c \cdot x_1 + e \cdot x_2, 0)$ 和 $r_2 = \max(d \cdot x_1 + f \cdot x_2, 0)$ 。

第二个隐藏层计算

$s_1 = \frac{1}{1 + \exp(-a \cdot r_1)}$ 和 $s_2 = \frac{1}{1 + \exp(-b \cdot r_2)}$ 。

输出层计算

$y = s_1 + s_2$ 。请注意，权重 a 、 b 、 c 、 d 、 e 、 f 对应着下面神经网络的边。

假设网络有输入

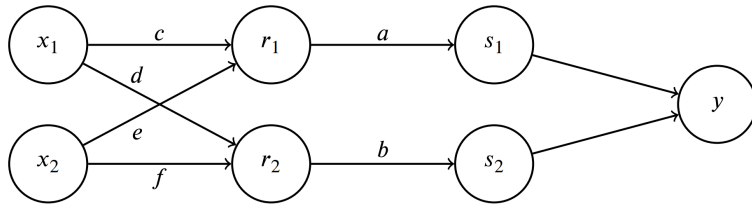
$x_1 = 1$ ， $x_2 = -1$ 。

权重值为

$a = 1$ ， $b = 1$ ， $c = 4$ ， $d = 1$ ， $e = 2$ ， $f = 2$ 。

然后前向传播计算

$r_1 = 2$ ， $r_2 = 0$ ， $s_1 = 0.9$ ， $s_2 = 0.5$ ， $y = 1.4$ 。注意：某些值是四舍五入的。



使用前向传播计算的值，使用反向传播数值计算以下偏导数。在表格处将你的答案写成一个数字，同时在空白处写下你的求解过程（含表达式）。(12分)

提示：对于

$$g(z) = \frac{1}{1+\exp(-z)}, \text{ 导数是 } \frac{\partial g(z)}{\partial z} = g(z)(1 - g(z))。$$

$\frac{\partial y}{\partial a}$	$\frac{\partial y}{\partial b}$	$\frac{\partial y}{\partial c}$	$\frac{\partial y}{\partial d}$	$\frac{\partial y}{\partial e}$	$\frac{\partial y}{\partial f}$

每个偏导数的求解过程：

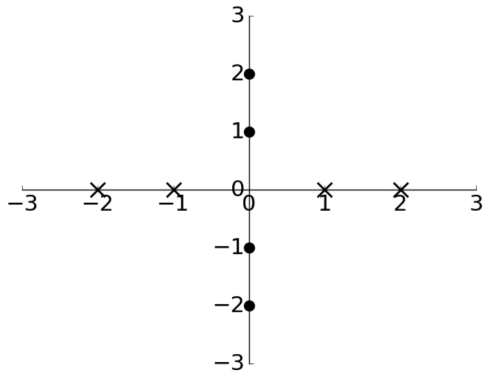
(c) 下面是两个图，水平轴 x_1 和垂直轴 x_2 包含标记为 \times 和 \bullet 的数据。对于每个图，我们希望

找到一个函数

$f(x_1, x_2)$ 使得对于所有标记为 \times 的数据有 $f(x_1, x_2) \geq 0$ 和对于所有标记为 \bullet 的数据有 $f(x_1, x_2) < 0$ 。

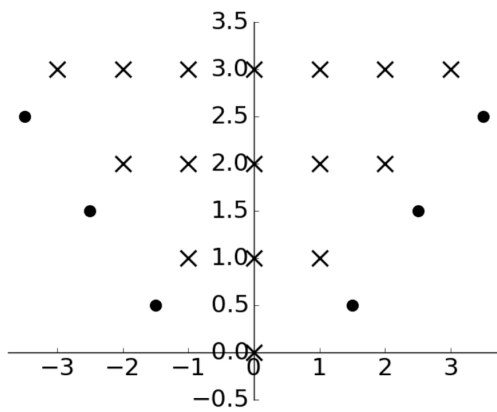
完成每个图右边的

$f(x_1, x_2)$ 表达式，以便图中所有数据标记正确。如果不存在这样的表达式，请标记“No valid combination”。(5分)



$$f(x_1, x_2) = \max(\underline{\text{(i)}} + \underline{\text{(ii)}} , \underline{\text{(iii)}} + \underline{\text{(iv)}}) + \underline{\text{(v)}}$$

- (i) ☐ x_1 ☐ $-x_1$ ☐ 0
 (ii) ☐ x_2 ☐ $-x_2$ ☐ 0
 (iii) ☐ x_1 ☐ $-x_1$ ☐ 0
 (iv) ☐ x_2 ☐ $-x_2$ ☐ 0
 (v) ☐ 1 ☐ -1 ☐ 0
☐ No valid combination



$$f(x_1, x_2) = \underline{\text{(vi)}} - \max(\underline{\text{(vii)}} + \underline{\text{(viii)}} , \underline{\text{(ix)}} + \underline{\text{(x)}})$$

- (vi) ☐ x_2 ☐ $-x_2$ ☐ 0
 (vii) ☐ x_1 ☐ $-x_1$ ☐ 0
 (viii) ☐ x_2 ☐ $-x_2$ ☐ 0
 (ix) ☐ x_1 ☐ $-x_1$ ☐ 0
 (x) ☐ x_2 ☐ $-x_2$ ☐ 0
☐ No valid combination