



《人工智能数学原理与算法》

第1章：人工智能概述

1.2 人工智能代表性技术选讲

周熠

yi_zhou@ustc.edu.cn

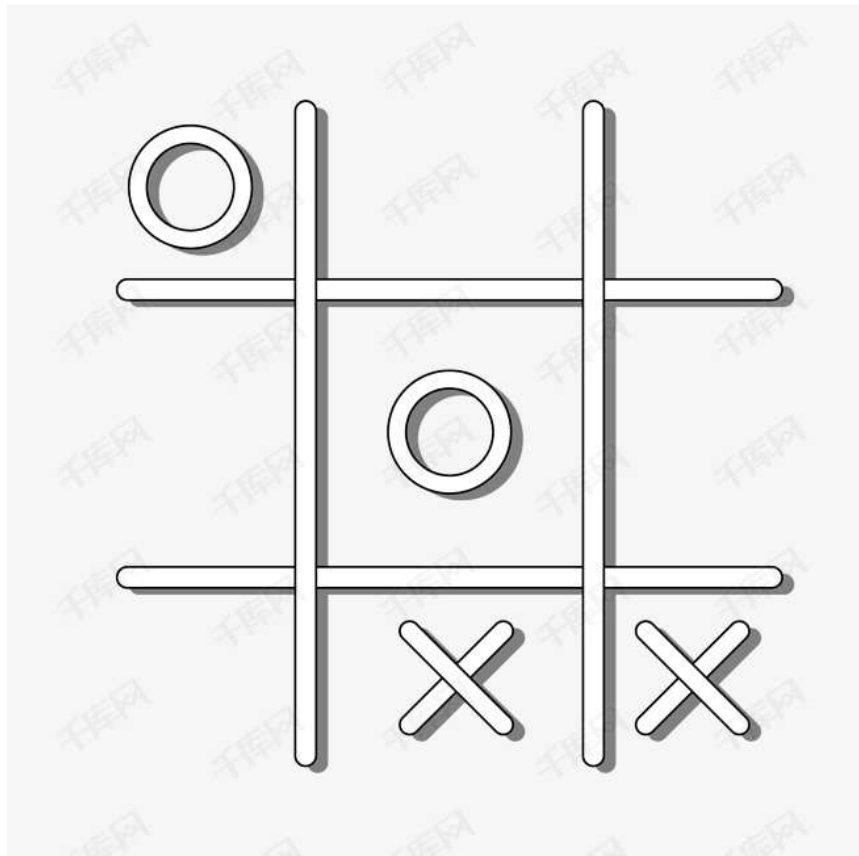
- 01 井字棋：介绍
- 02 井字棋：符号流派的规则系统方案
- 03 井字棋：符号流派的搜索方案
- 04 井字棋：统计流派的蒙特卡洛方案
- 05 井字棋：连接流派的神经网络方案

目录

- 01 井字棋：介绍
- 02 井字棋：符号流派的规则系统方案
- 03 井字棋：符号流派的搜索方案
- 04 井字棋：统计流派的蒙特卡洛方案
- 05 井字棋：连接流派的神经网络方案

目录

井字棋



井字棋规则说明：

1. 棋盘为九宫格。
2. 两方对弈，一方执○子，另一方执×子。
3. 任何一方每次落子都在棋盘的空白处，即没有被任何棋子落下的格子。
4. ○方先下。
5. 先连成（横、竖、斜）直线的那方获胜。

方案1：随机落子

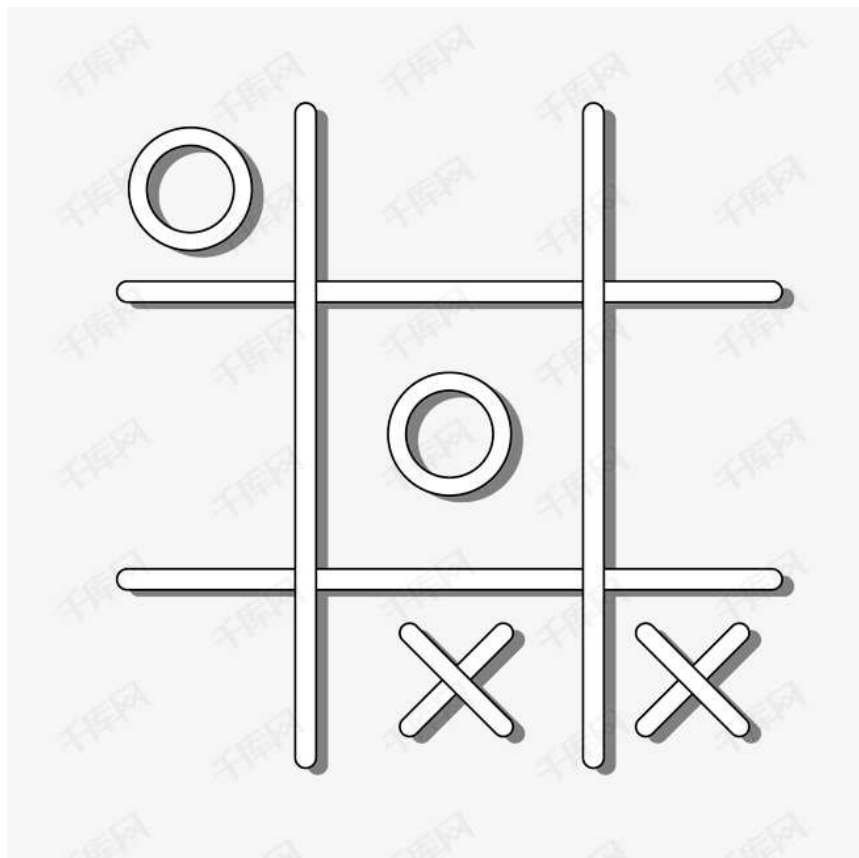


- 01 井字棋：介绍
- 02 井字棋：符号流派的规则系统方案
- 03 井字棋：符号流派的搜索方案
- 04 井字棋：统计流派的蒙特卡洛方案
- 05 井字棋：连接流派的神经网络方案

目录

井字棋：一个简单的规则方案（方案2）

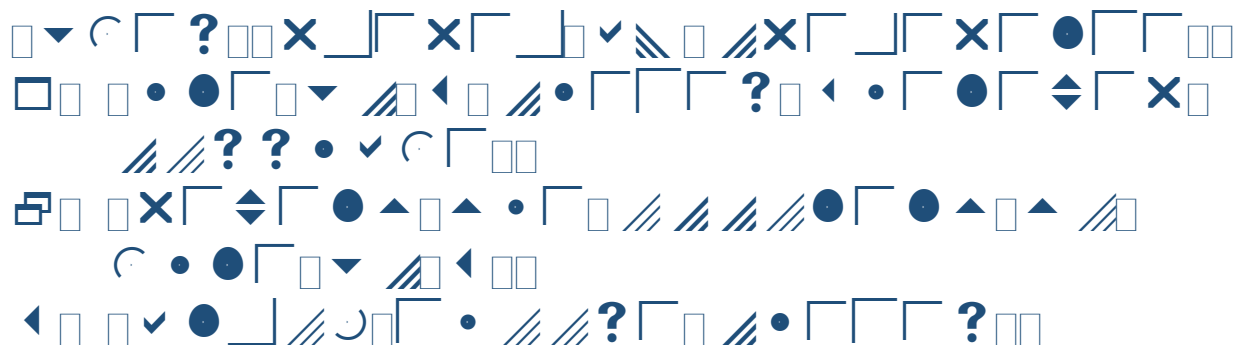
□ 人是怎么下棋的



以下规则按照优先级排列

1. 能冲三就冲三（即可以连成一条线）。
2. 防住对方下一步可能的冲三。
3. 随机落子。

如何让机器实现上述方案？



人 vs 机器

井字棋：游戏规则符号逻辑表征/建模

井字棋规则说明：

1. 棋盘为九宫格。
2. 两方对弈，一方执○子，另一方执×子。
3. 任何一方每次落子都在棋盘的空白处，即没有被任何棋子落下的格子。
4. ○方先下。
5. 先连成（横、竖、斜）直线的那方获胜。

建模方式并不唯一

棋盘格子： $Cell(i, j), 1 \leq i, j \leq 3$ 。

棋盘状态： $TTT(n): Cell(i, j) \rightarrow \{1, 0, -1\}$ 。

○： $Cell(i, j) = 1$ ；

×： $Cell(i, j) = -1$ ；

空白： $Cell(i, j) = 0$ 。

初态： $\forall i, j, TTT(0)(Cell(i, j)) = 0$ 。

落子： $\forall n, \exists i, j, \text{such that}$
 $TTT(n-1)(Cell(i, j)) = 0 \text{ and}$
 $TTT(n)(Cell(i, j)) = 1 \text{ or } -1$ 。

先下： $\exists i, j, TTT(1)(Cell(i, j)) = 1$ 。

胜负判定： $\forall n, \text{if } \exists i, \text{such that}$
 $\forall j, TTT(n)(Cell(i, j)) = 1, \text{then}$
 $winner(TTT(n)) = \bigcirc \text{ and } HALT(TTT(n))$ 。

（其它几条胜负判定规则类似）

井字棋：方案2的符号逻辑表征/建模

以下规则按照优先级排列

1. 能冲三就冲三。
2. 防住对方下一步可能的冲三。
3. 随机落子。

○方，第n+1步时的策略：

1. 能冲三就冲三。

$$\exists i, TTT(n)(Cell(i, 1)) = TTT(n)(Cell(i, 2)) = 1 \text{ and } TTT(n)(Cell(i, 3)) = 0, \text{ set } TTT(n+1)(Cell(i, 3)) = 1.$$

(其它情形类似)

2. 防住对方下一步可能的冲三。

$$\exists i, TTT(n)(Cell(i, 1)) = TTT(n)(Cell(i, 2)) = -1 \text{ and } TTT(n)(Cell(i, 3)) = 0, \text{ set } TTT(n+1)(Cell(i, 3)) = 1.$$

(其它情形类似)

3. 随机落子。

$$Rand(i, j), \text{ set } TTT(n+1)(Cell(i, j)) = 1.$$

井字棋：更多的方案

方案3

1. 按直觉落子。

方案4

1. 能冲三就冲三。
2. 防住对方下一步可能的冲三。
3. 按直觉落子。

方案5 (课后作业)

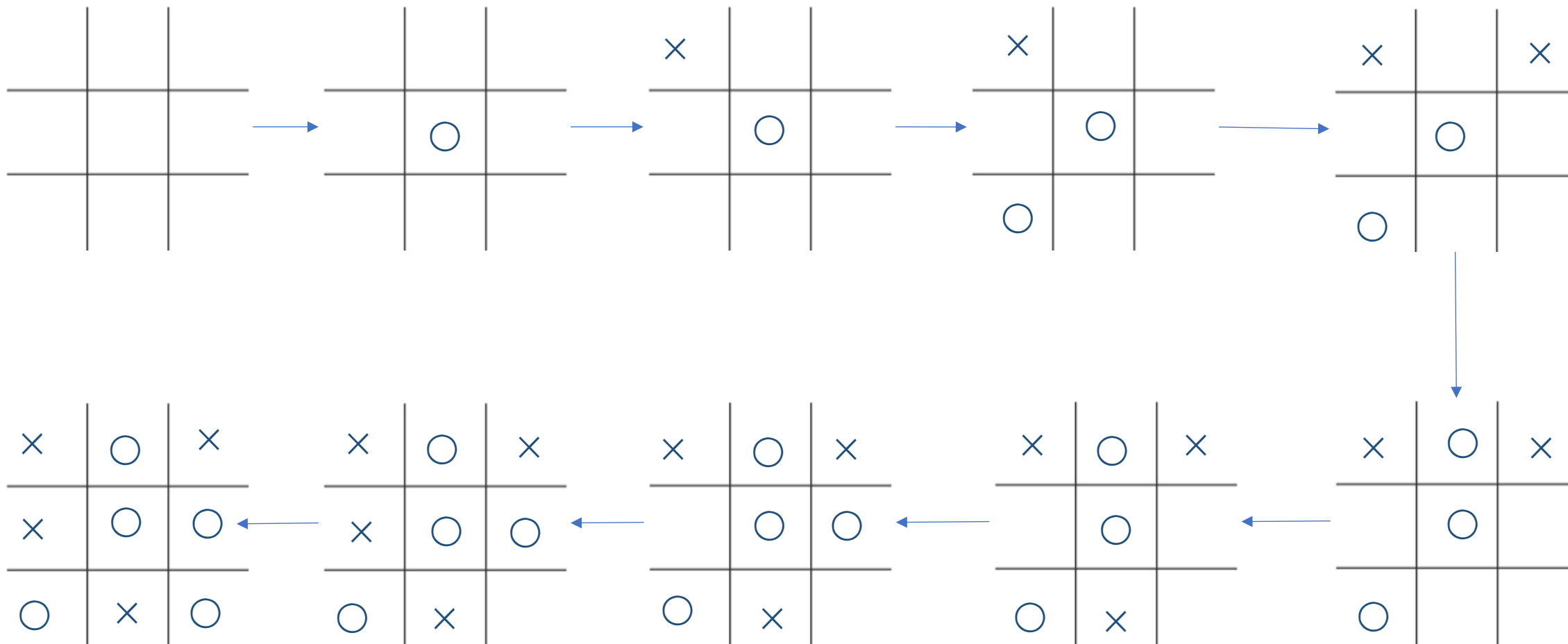
1. 能冲三就冲三。
2. 防住对方下一步可能的冲三。
3. 尽量选取占更多可赢连线与堵住会输连线的格子。

方案6

1. 能冲三就冲三。
2. 防住对方下一步可能的冲三。
3. 能做二二局就做。
4. 能防二二局就防。
5. 尽可能促成更多的己方的有效连二和阻止对方的有效连二。
6. 按直觉落子。



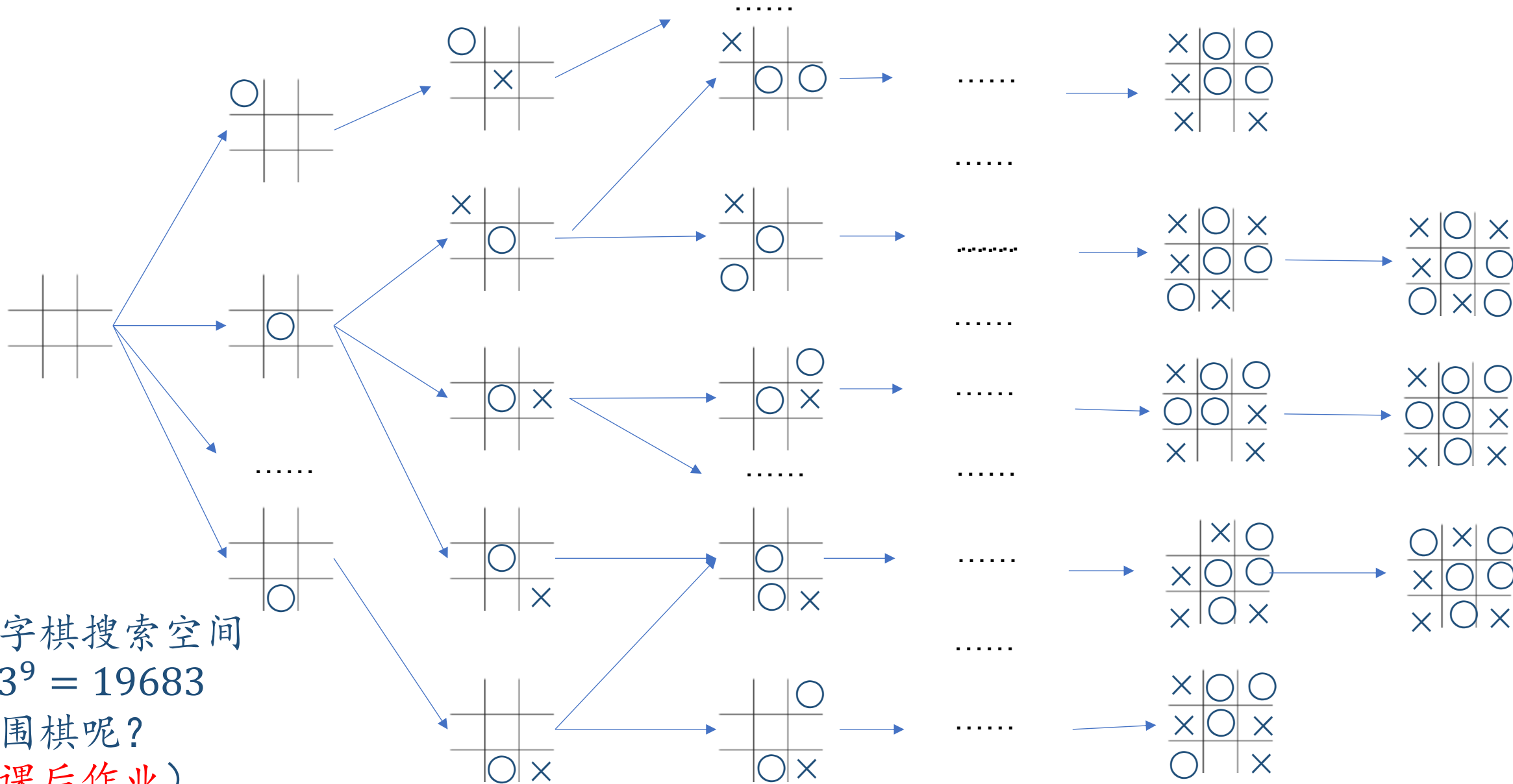
井字棋：方案5实战



- 01 井字棋：介绍
- 02 井字棋：符号流派的规则系统方案
- 03 井字棋：符号流派的搜索方案
- 04 井字棋：统计流派的蒙特卡洛方案
- 05 井字棋：连接流派的神经网络方案

目录

井字棋：搜索树与搜索空间



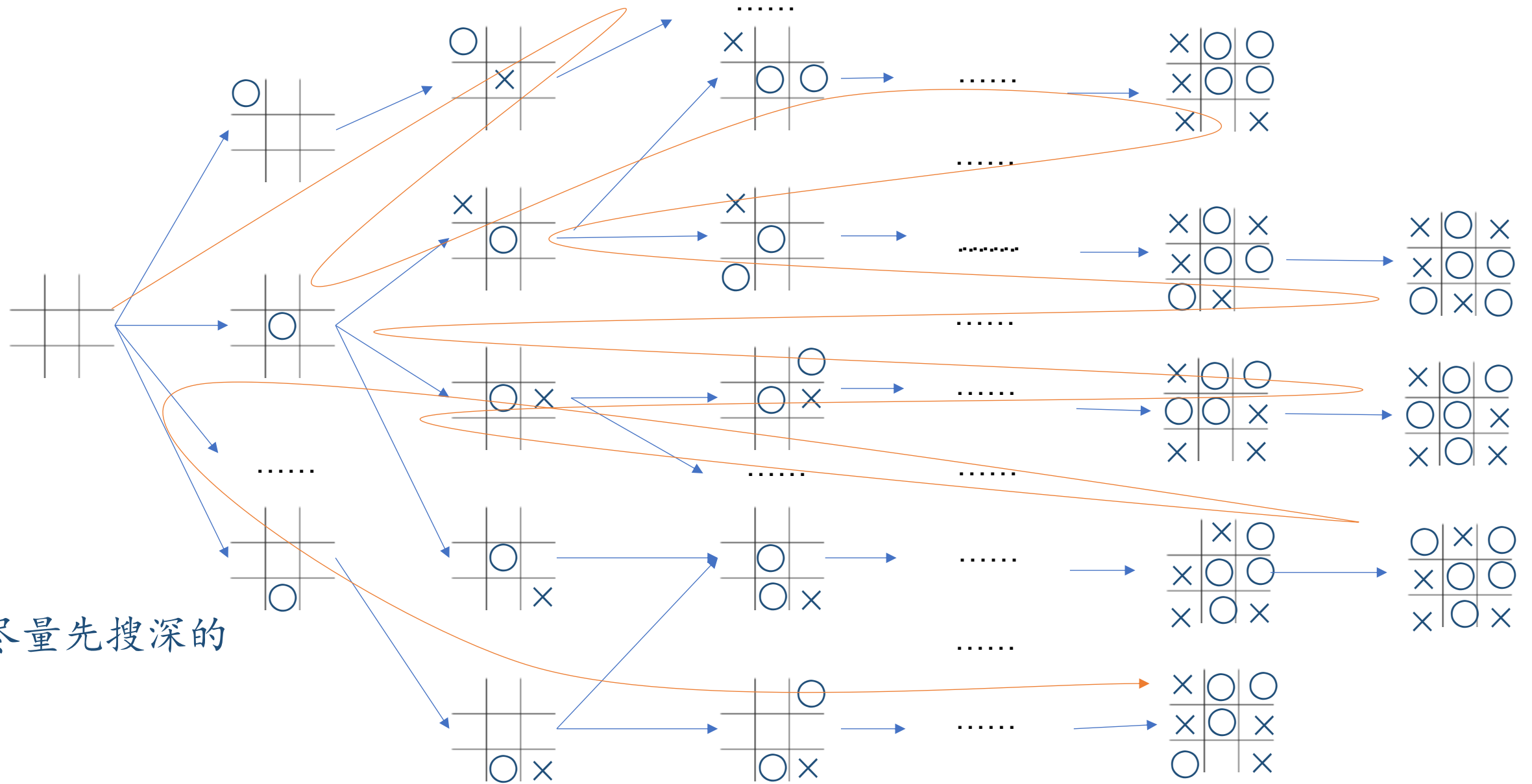
井字棋搜索空间

$$3^9 = 19683$$

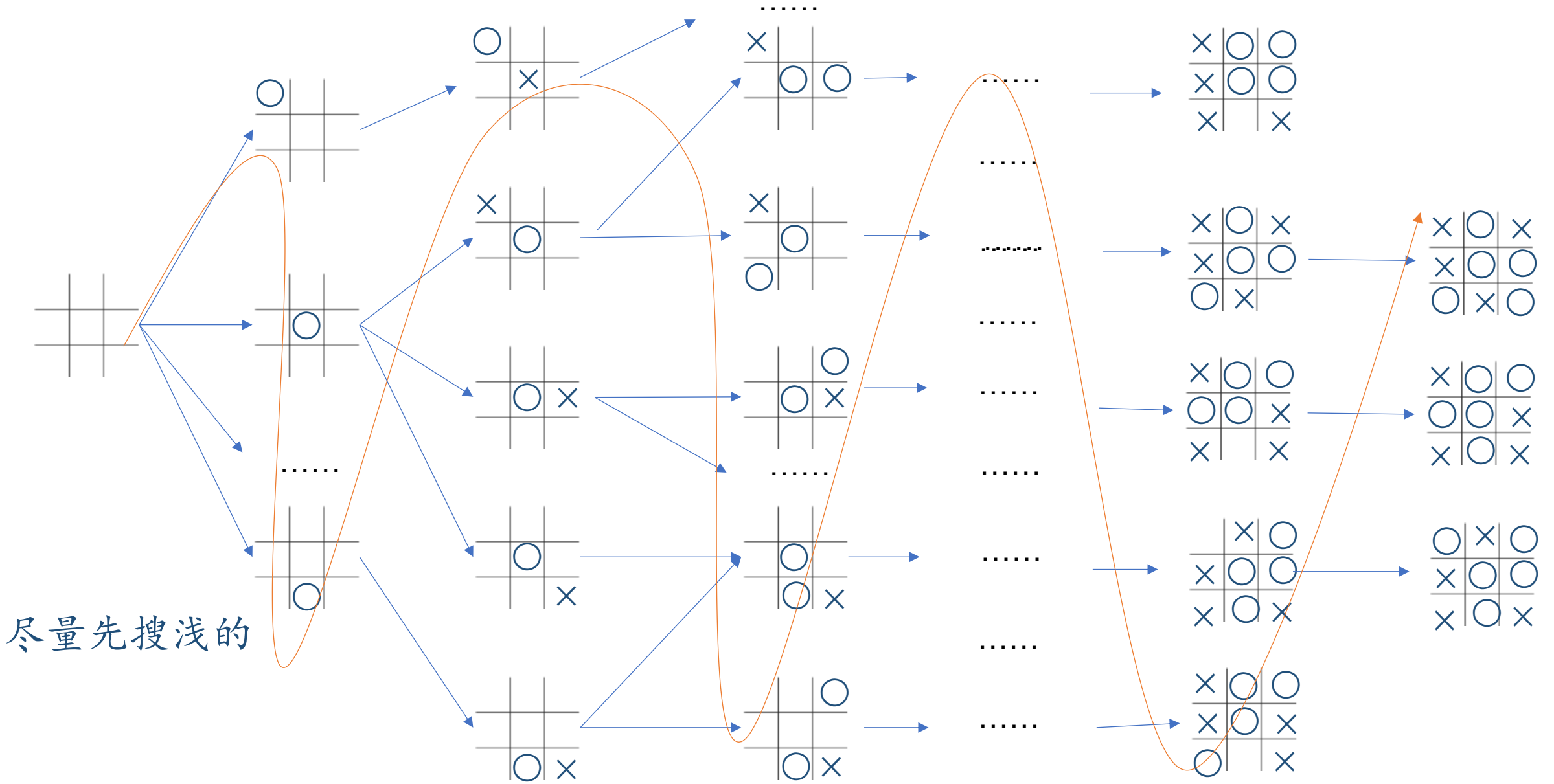
围棋呢？

(课后作业)

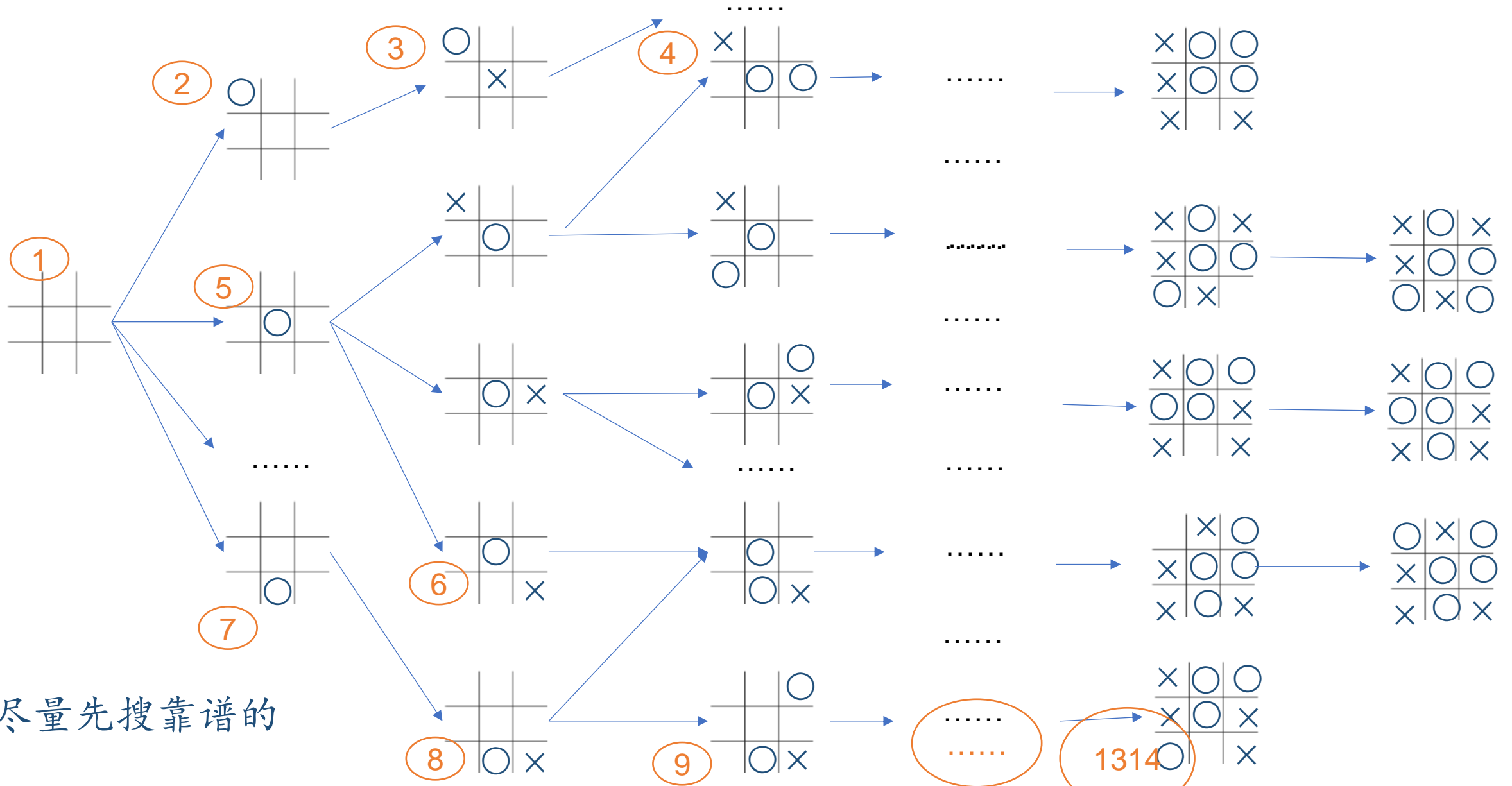
井字棋：深度优先搜索



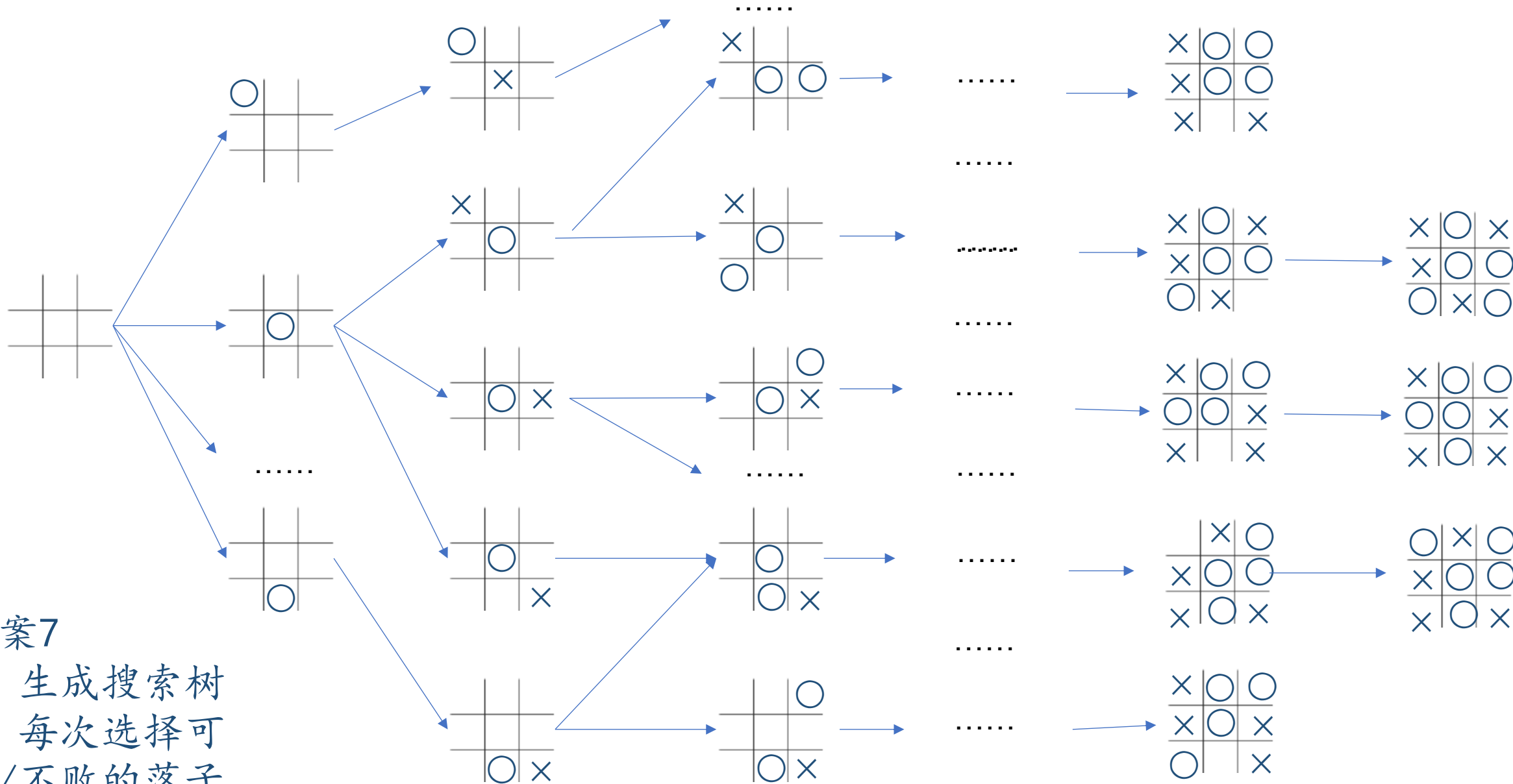
井字棋：广度优先搜索



井字棋：启发式搜索



井字棋：基于搜索的方案7



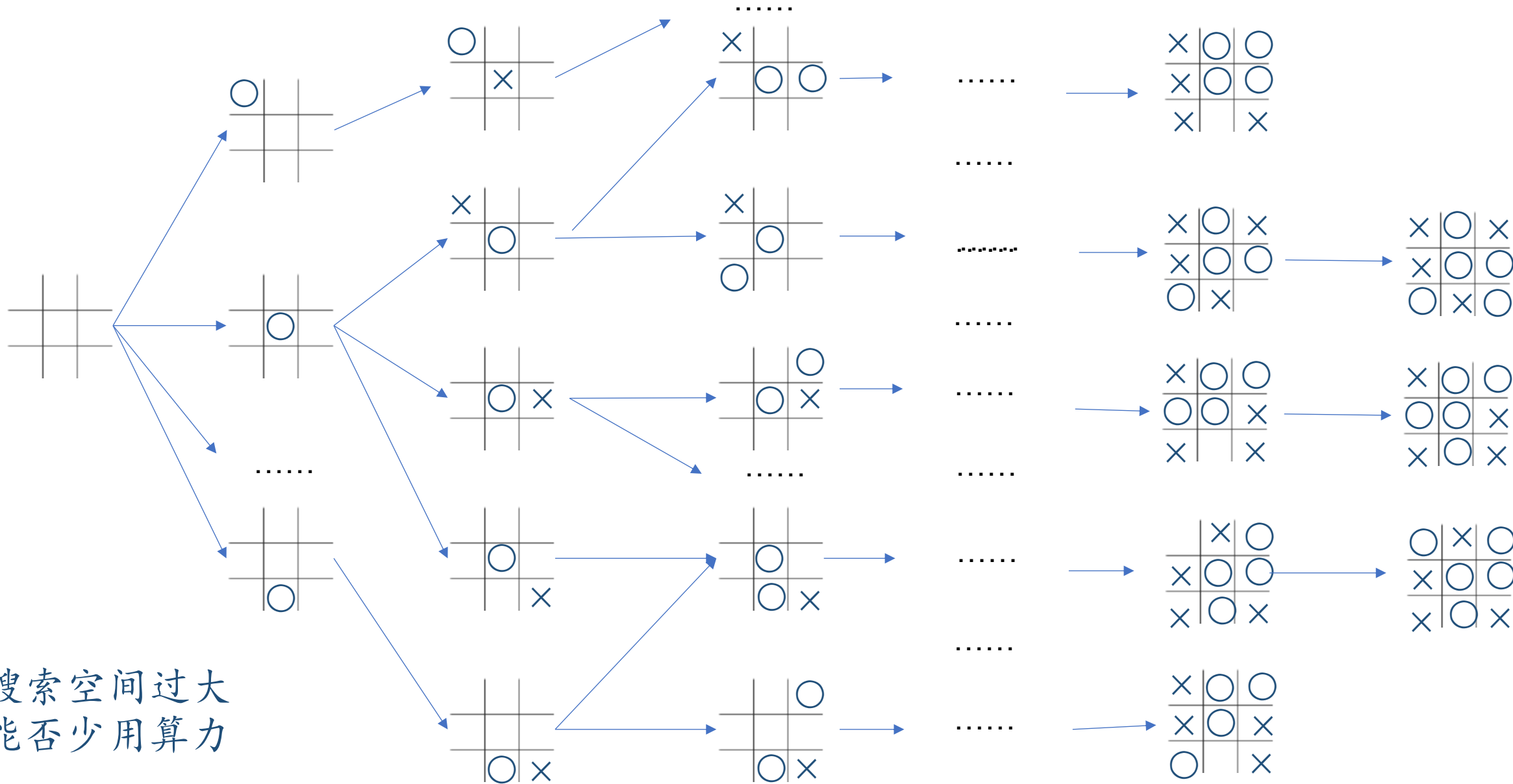
方案7

1. 生成搜索树
2. 每次选择可胜/不败的落子

- 01 井字棋：介绍
- 02 井字棋：符号流派的规则系统方案
- 03 井字棋：符号流派的搜索方案
- 04 井字棋：统计流派的蒙特卡洛方案
- 05 井字棋：连接流派的神经网络方案

目录

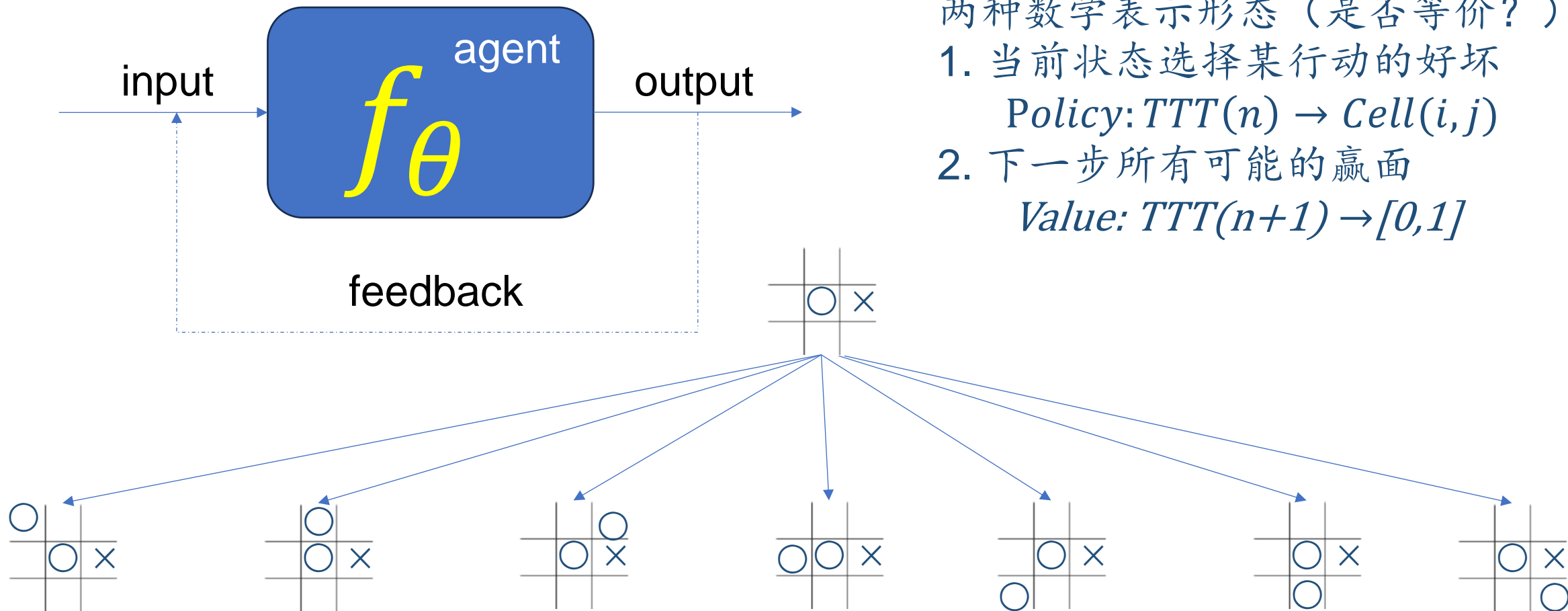
井字棋：搜索树与搜索空间



搜索空间过大
能否少用算力

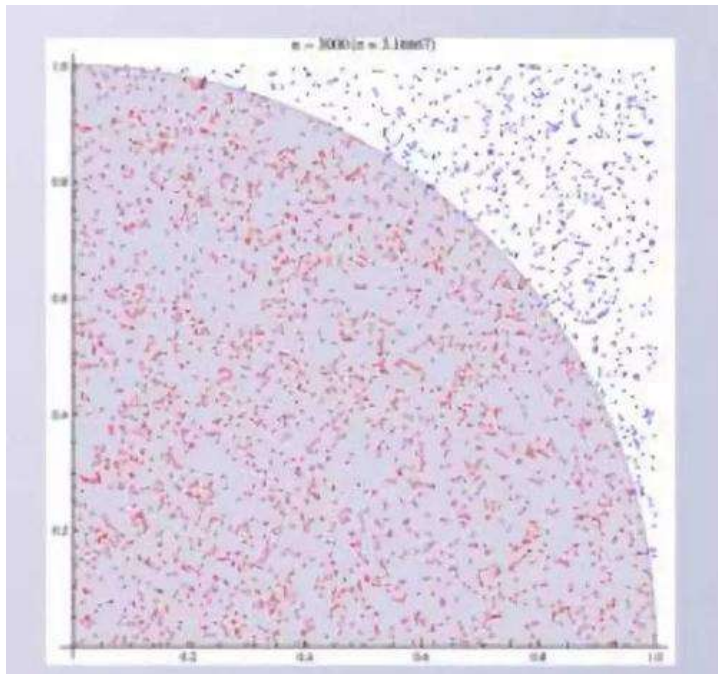
井字棋：状态—行动选择

□ 与很多决策问题一样，井字棋的关键在于在当前状态下，如何选择下一步行动



蒙特卡洛方法

□ 用多次（随机）采样，模拟和近似整个空间



正方形边长为2，求阴影部分面积。

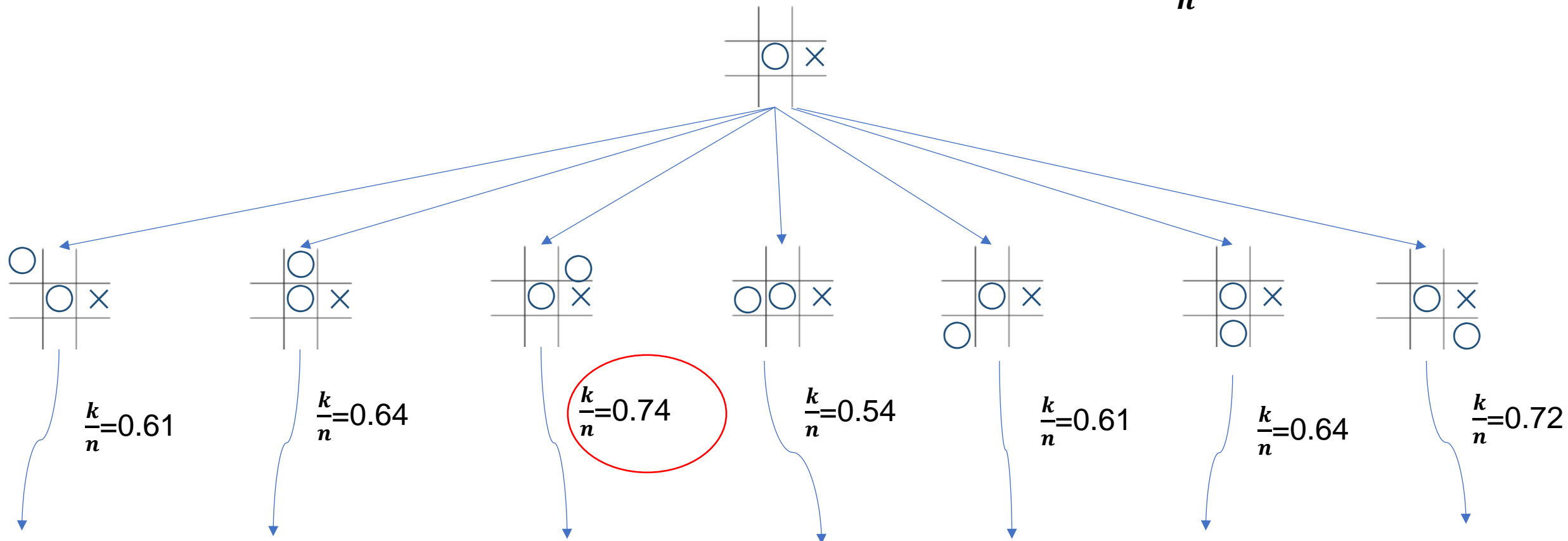
1. 随机选择 n （10000）个点；
2. 判断有 k 个点在阴影部分；
3. 阴影部分面积略等于

$$2^2 \times \frac{k}{n}$$

- 近似解
- n 越大越准确

井字棋：蒙特卡洛方法（方案8）

□ 在当前状态 s 下，随机选择 n 局游戏， k 局赢，则 $Value(s) \approx \frac{k}{n}$ 。



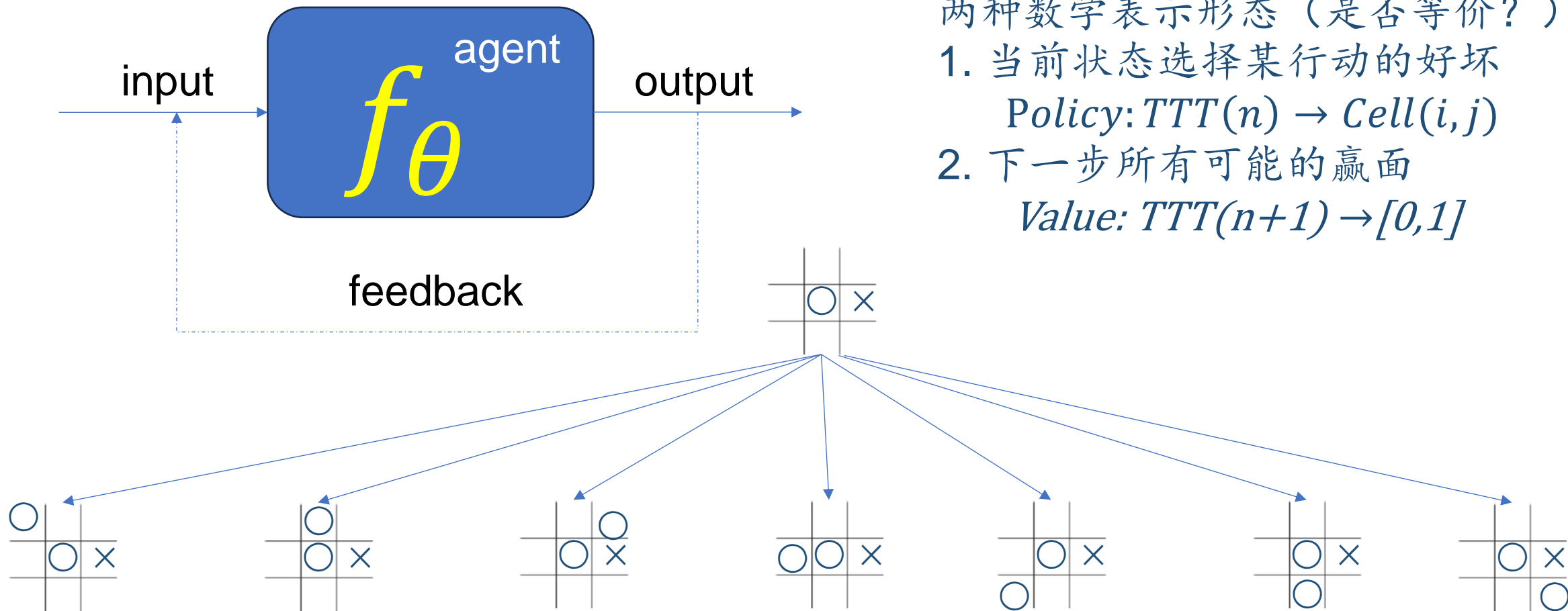
建议作为Python实验课作业

- 01 井字棋：介绍
- 02 井字棋：符号流派的规则系统方案
- 03 井字棋：符号流派的搜索方案
- 04 井字棋：统计流派的蒙特卡洛方案
- 05 井字棋：连接流派的神经网络方案

目录

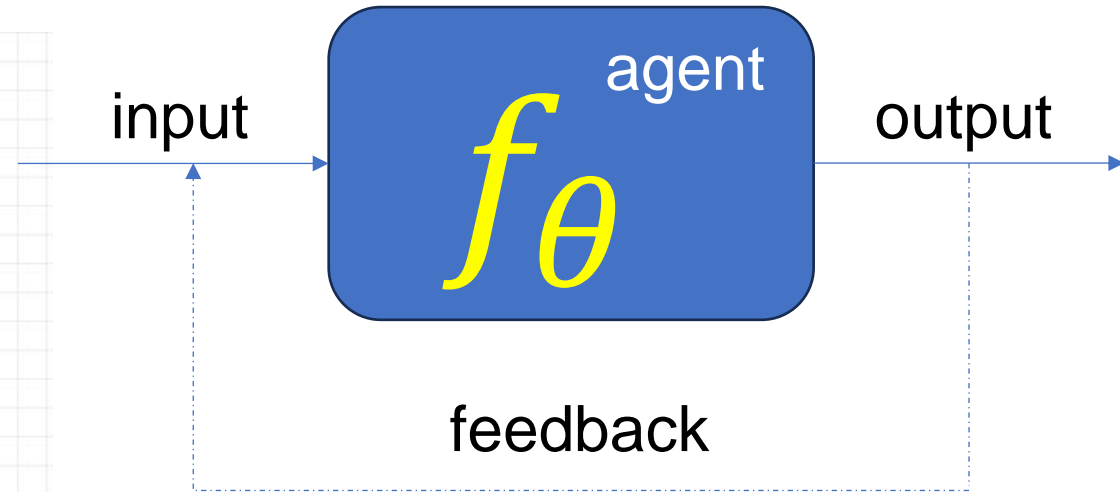
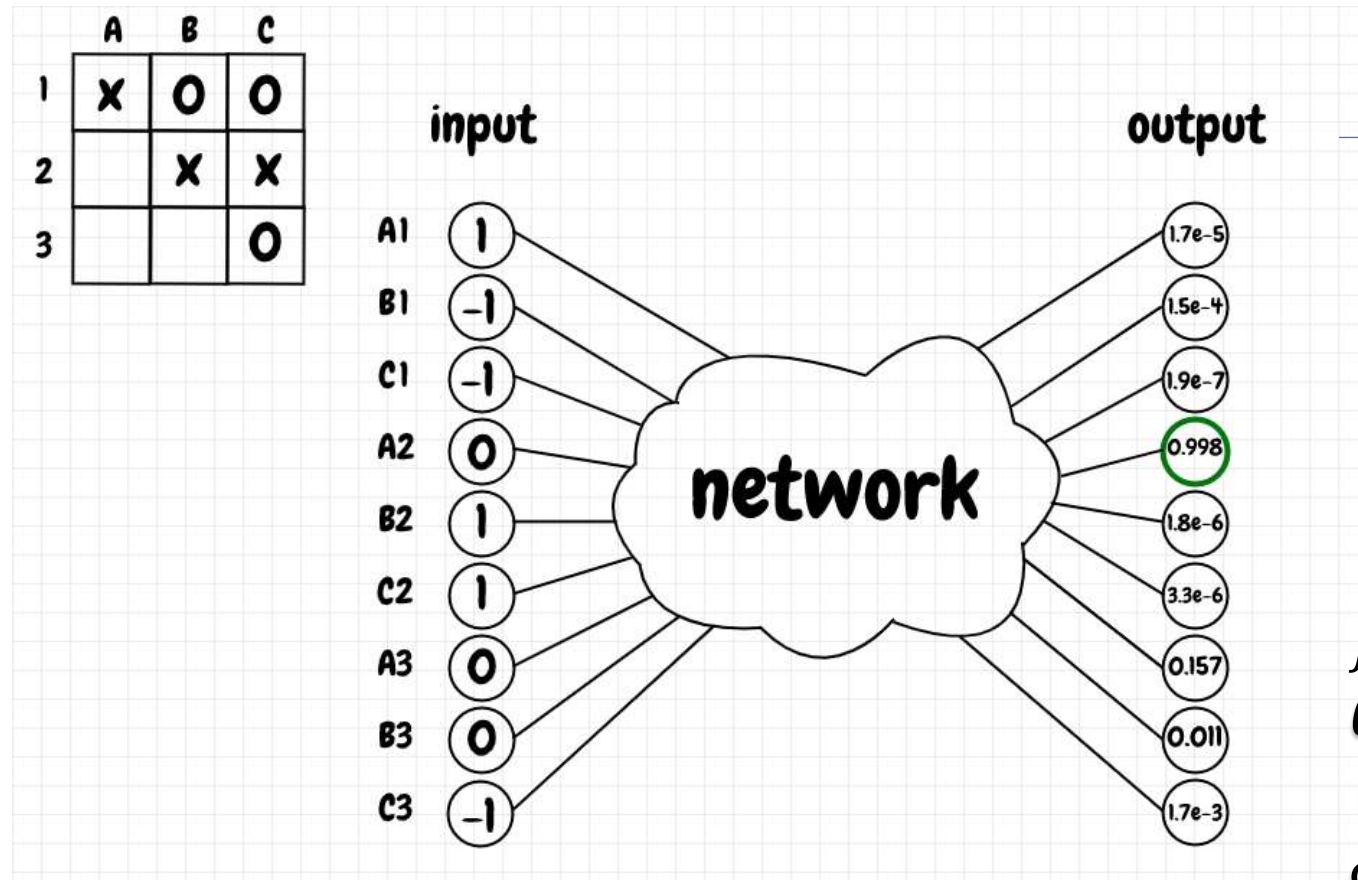
井字棋：状态—行动选择

□ 与很多决策问题一样，井字棋的关键在于在当前状态下，如何选择下一步行动



井字棋：策略神经网络的表征/建模（方案9）

□ 使用神经网络学习策略 $Policy: TTT(n) \rightarrow Cell(i, j)$



f : 左图神经网络（需要细化）

θ : 神经网络的参数

input: 棋盘状态 $TTT(n)$

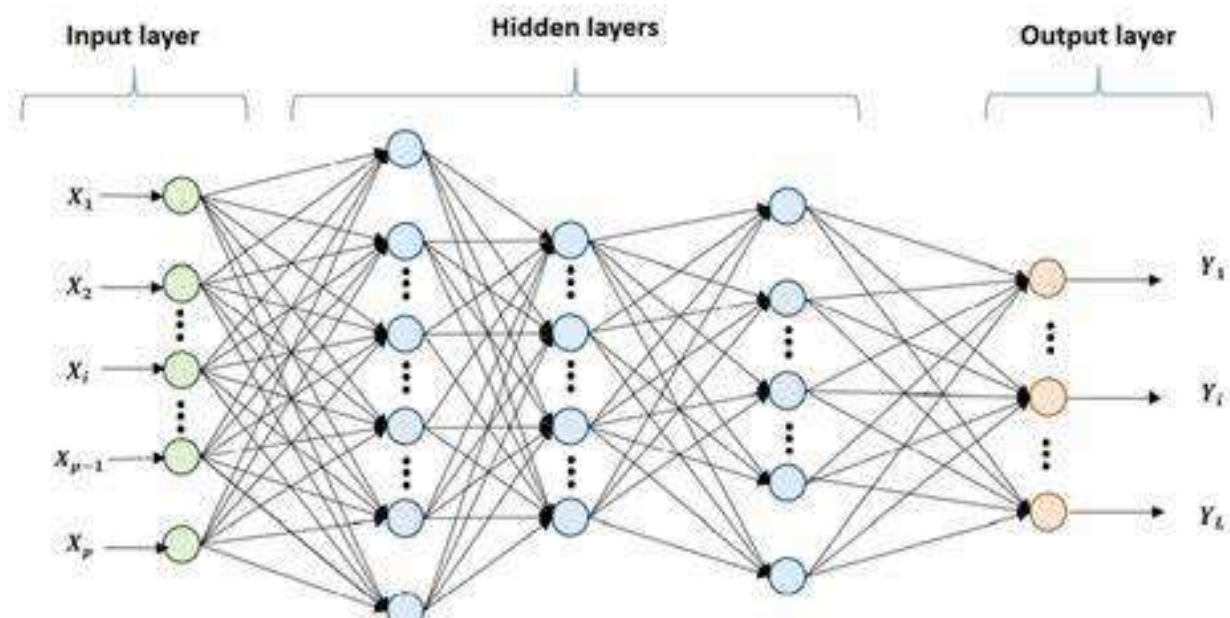
output: 每一个可能落子的好坏值

Feedback: ?

井字棋：策略神经网络的模型及有监督数据（方案9）

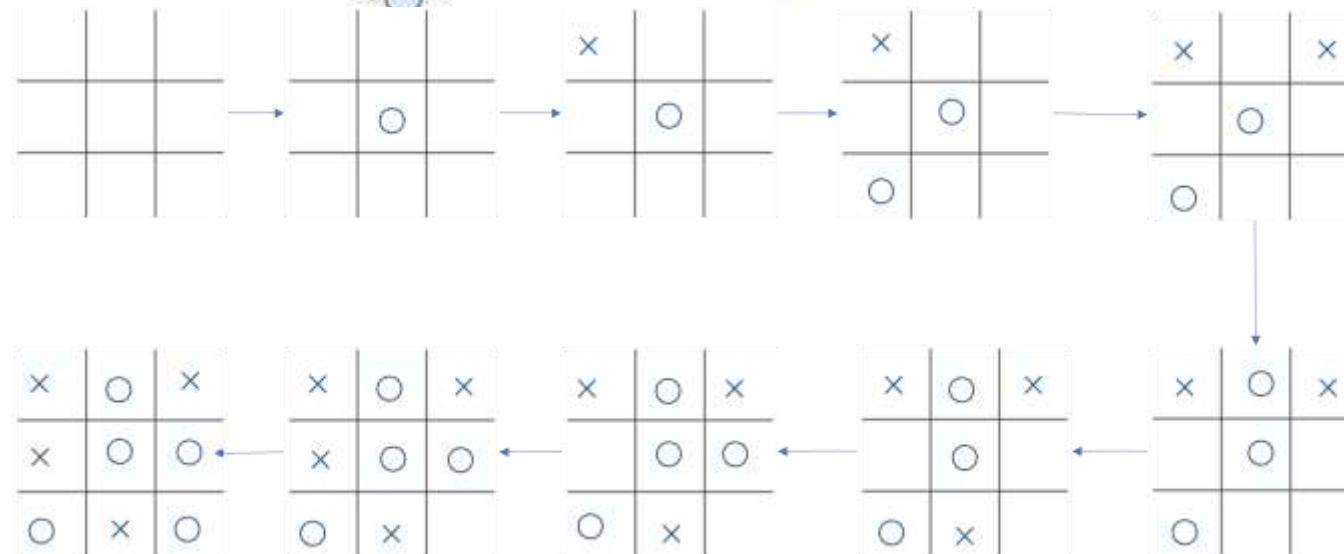
网络模型（不唯一）

- 如右图多层感知机



数据<input, output, feedback>

- 有监督，棋谱（如右图）

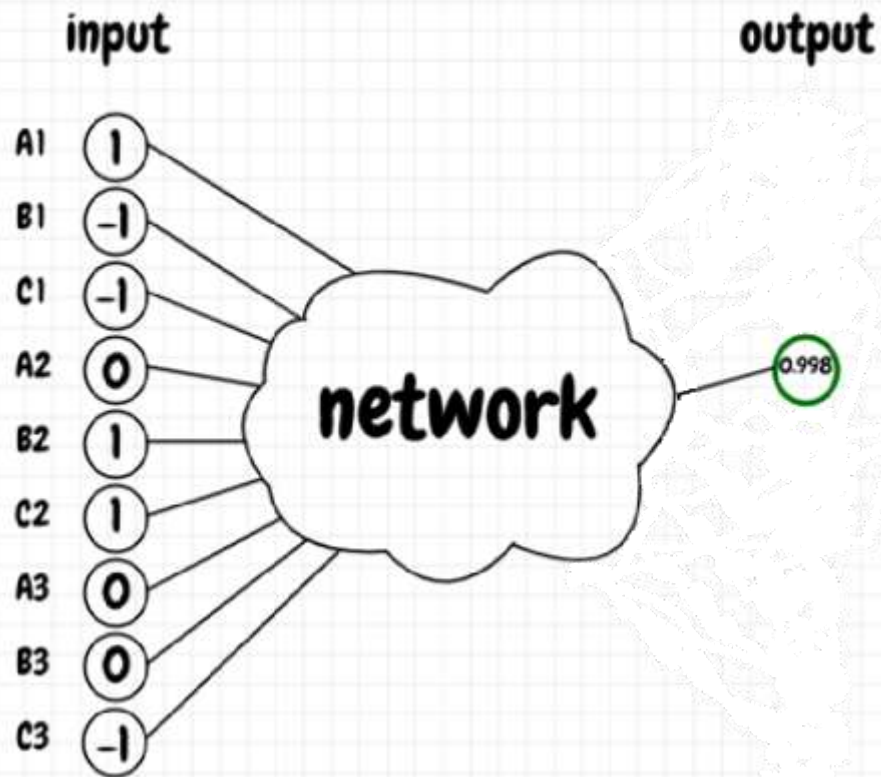


学习方法在后续课程中

井字棋：估值神经网络的表征/建模 (方案10)

□ 使用神经网络学习策略 $Value: TTT(n+1) \rightarrow [0,1]$

	A	B	C
1	X	O	O
2		X	X
3			O



f : 左图神经网络 (需要细化)

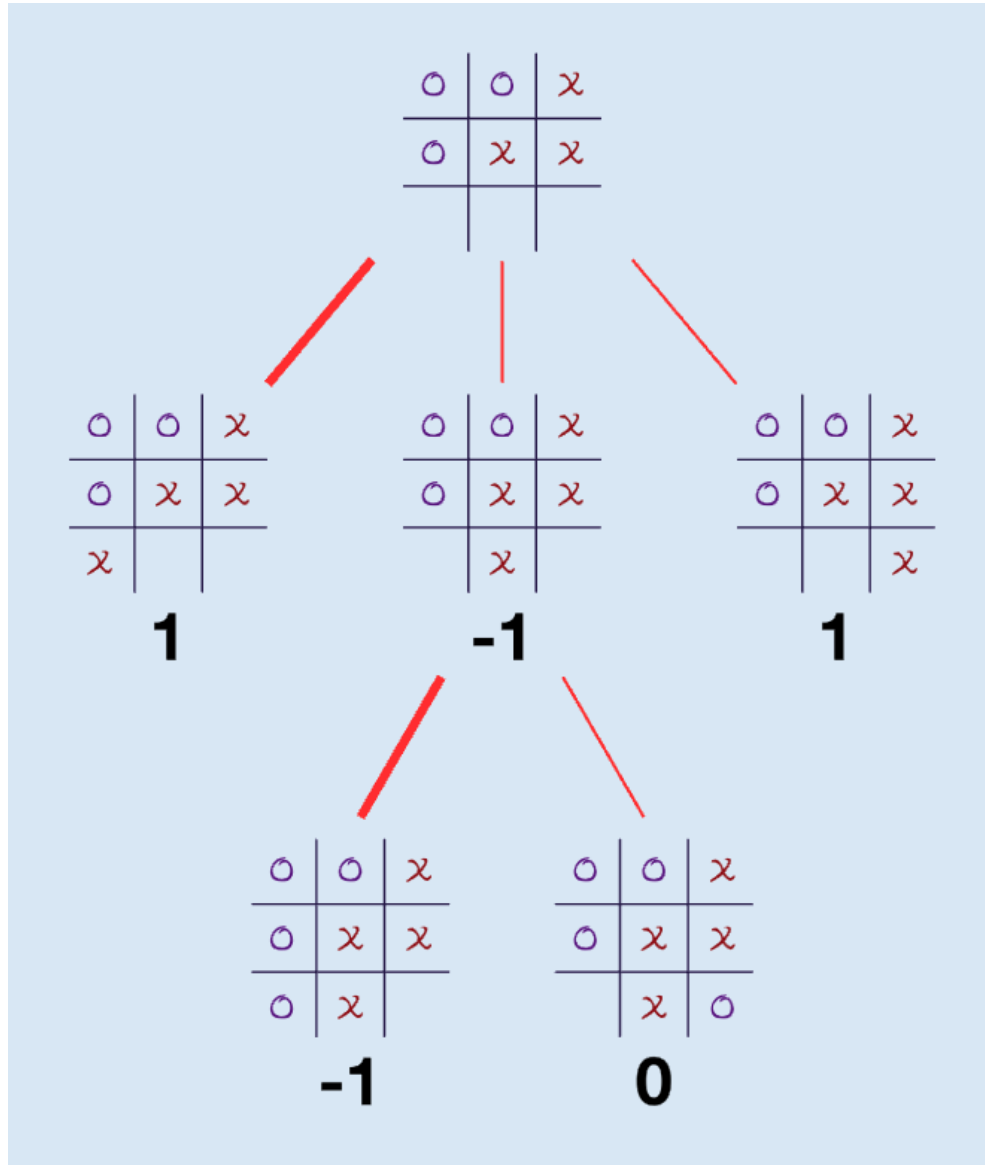
θ : 神经网络的参数

input: 棋盘状态 $TTT(n)$

output: 该状态的胜率

Feedback: ?

井字棋：估值神经网络的强化学习（方案9）



核心难点：

- 如何将多步的反馈传到当前步骤？

学习方法在后续课程中

井字棋：不同方案对比（表示/建模、推理、学习）（重点）

	方案1-6	方案7	方案8	方案9	方案10
input	棋盘状态	棋盘状态	棋盘状态	棋盘状态	棋盘状态
output	落子	落子	赢面/落子	落子	赢面
feedback	N/A	N/A	胜率	棋谱	多步输赢
f	符号推理	搜索空间	蒙特卡洛	神经网络	神经网络
θ	规则	搜索策略	采样方法	网络参数	网络参数
推理	规则选取	搜索	采样	网络前向推理	网络前向推理
学习	弱	弱	弱	有监督	强化

课后作业（参考资料非强制）

1. 理论：用符号方法表示方案5。
2. 理论：估算围棋的搜索空间。
3. （参考资料）助教提供的视频链接



中国科学技术大学

University of Science and Technology of China

谢谢!