|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 本项目使用了SVM（支持向量机）帮助AI进行一些重要的经验性判断。SVM是一种很成熟的分类器，它很早就被很多学者研究和使用。传统的SVM可以通过对多组有类别标签样本的监督学习，以预测的方式把未知类别的数据点分为两类（或多类）。下图为游戏开始界面：  1  SVM用在游戏中的AI上，这样就能避免使用传统的复杂估值算法和状态机。通过监督学习，游戏AI就能使用以往的经验（样本数据）帮助自己做出相对正确的决策，这样不但可以节省决策时间，而且随着游戏的进行，AI也会更快成长，有更强的决策能力，结合机器学习和游戏，这样就更能体现两者的魅力。  在监督学习这一分支，如果想把机器学习应用于游戏中，分类器需要我们把游戏机制、游戏目的和游戏策略这些特质进行抽象，得出一些可被明显分类的AI行为出来。在游戏的诸多种类中，卡牌游戏的这些特征最为明显，因此我们选择卡牌游戏AI作为研究的对象，在游戏规则中，我们也使用了主流而且常规的卡牌游戏规则作为学习背景。  在描述卡牌游戏规则之前，首先要列举一些卡牌游戏中的一些基本概念：  2回合：用于描述游戏流程，游戏控制权从一个玩家的阶段（抽牌，出牌 和 使用牌阶段）转移到另一个玩家时，称为一个回合。下图为游戏中的界面：  卡牌：初始情况每个人共有30张卡牌，每次抽牌都会从牌库里拿出卡牌到手牌中，只有在手牌里的牌才可以打出。每个回合只有一个抽牌阶段，每个抽牌阶段玩家会从牌库里抽到一张牌。游戏中一共有两种卡牌，随从卡牌和法术卡牌。法术卡牌是一次性卡牌，从手牌中打出法术卡牌，就会触发法术卡牌对应的一次性效果，具体的效果每张法术卡牌都是不同的。随从卡牌被从手牌中打出后会被移动到己方场上。己方场上的随从卡牌只能用来攻击对方的随从卡牌和对方英雄。场上最多有8个随从。  牌库：牌库是抽牌行为所需要的，随着抽卡，牌库的牌会越来越少，当一个玩家牌库没有牌而且进行了抽牌行为，这个玩家控制的英雄的生命值就会降低N点。N为玩家尝试抽牌的次数。下图是手牌展示：  5  生命值：随从卡牌和英雄都有生命值。当生命值降低到0，这个随从/英雄就会从这局游戏中消失。随从卡牌都有攻击力，尽管生命值会随着被攻击而降低，攻击力是永远不变的。一次攻击行为发生后，攻击方随从的生命值为它的原生命值和被攻击方随从的攻击力的差。被攻击方随从的生命值也是它的原生命值和攻击方随从的攻击力的差。  生命值为负，这个随从也会死亡并从这局游戏中消失。  随从牌和法术牌的区别在于随从牌上有攻击力/防御力标记而法术牌上没有.  英雄：具有30点生命值，不在场上，是可以被随从攻击的人物。英雄死亡之后操控这个英雄的玩家就输了这一局游戏。  水晶：游戏一开始双方都只有一个水晶石，随着游戏推进，水晶每回合都会比上一回合开始时增加一个，直到玩家有10个水晶，这时他的水晶数量就停止上涨。每回合结束时水晶会补充到这个玩家这回合开始的状态。  把卡牌从手牌转移到场上或者使用法术牌都要消耗一定数量的水晶，具体消耗水晶的数量取决于你想出的那张卡牌需要消耗几个水晶，每个卡牌都会标记自己需要消耗的水晶数。在玩家的出牌阶段玩家可以出一张或多张卡牌，不过前提是有足够的水晶可以出那张牌。  随从技能：随从除了可以攻击之外，有的随从还有一些技能。以下是几个重要技能的说明：1.冲锋：普通随从到场上的第二回合才能进行攻击，不过带有冲锋技能的随从刚到场上就可以进行攻击了。2.嘲讽：我方场上有嘲讽技能的随从时，对方随从只能先攻击带有嘲讽技能的随从。3.战吼：当具有战吼技能的随从被放到场上时，将会在上场的一瞬间发挥战吼的特效。  除了这些常见技能，随从还可能有别的技能。  游戏流程概述：  1.新开局：决定出牌顺序。随机决定两个玩家的出牌顺序。先出牌的玩家将获得3 张牌，后出牌的玩家将会获得4张牌。双方获得牌后两名玩家都可以选择把两张牌放回牌库重新抽牌。  2.一名玩家回合开始，水晶比上回合开始时增加一个。  3.抽牌阶段：这个玩家从牌库里抽牌，前10回合抽到的牌所要耗费的水晶与目前  水晶数相同，之后的回合抽到的牌是完全随机的。若牌库空了，对玩家造成伤  害并计算伤害。  4.出牌阶段：玩家把牌从手牌堆转移到场上。转移到场上的随从如果有战吼技能，  触发技能效果。玩家打出的法术牌也会立即触发效果。玩家也可以主动跳过这个  阶段。这个阶段玩家也可以操控场上随从攻击对方随从或英雄。  5.回合结束：控制权转移到另外玩家，如此重复。  基于以上概念，我们设计和实现的卡牌游戏有两个模式，首先是训练模式，它提供给AI训练的样本数据，一般用于对AI的样本库进行填充，样本库用文件的方式存储，因此它可以比较容易地手动修改和重置。其次是对战模式，这个模式中，AI将会使用它掌握的训练集和玩家进行对战。  上述训练集和AI主要通过多核函数级联分类器和深度估值网络实现。在训练样本达到一定数量的时候，分类器就足够通过现有的核函数和支持向量机寻找一个满足分类要求的最优分类超平面，使得该超平面在保证分类精度的同时，能够使超平面两侧的空白区域最大化。理论上，支持向量机能够实现对线性可分数据的最优分类。学习之后，这个超平面可以用来分割多个抽象数据点样本的特征。  卡牌游戏场上的样本包括双方英雄血量，随从状态、技能、攻击力方差、数量，卡牌数量等等不同维度的抽象数据。在训练时由玩家点击按钮帮助AI分析目前的策略和情况产生的这些样本数据可以帮助SVM组成更高效的超平面。在对战模式时AI通过超平面把现在AI面临的处境划归为其中的一类，并自动地使用这个类别对应的局面处理方式处理场上的局面，这个过程中估值网络就发挥了作用，它通过卡牌种类等特征店计算完成对具体处理方案的决策。  为了优化计算性能，减少计算上的压力，在计算超平面的过程中我们也使用了随机梯度下降算法，该由于使用简单、收敛速度快、效果可靠等优点得到了普遍应用，但是它也需要在训练数据上不断迭代，遍历多遍数据来提高其收敛速度和性能，具有重要的应用价值。在多个模型上执行随机梯度下降方法，将得到的不同的结果，如果合并它们作为最终的模型或者下一次迭代的初始模型，就能够提高精度，节省时间，实践中这种策略取得了很好的效果。  游戏中设计的30张牌库卡牌数值详述如下：   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 编号 | 名称 | 费用 | 类型 | 攻击力 | 防御力 | 效果描述 | 战术能力 | | | | | | 解场 | 治疗 | 抽牌 | 嘲讽 | 抢脸 | | 1 | 大名 | 1 | 随从 | 1 | 2 | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 | | 2 | 圣战士 | 1 | 随从 | 1 | 1 | 战吼-对一指定英雄或随从造成**1**点伤害 | 有 | 无 | 无 | 无 | 有 | | 3 | 吃瓜姐妹 | 1 | 随从 | 2 | 1 | 嘲讽 | 无 | 无 | 无 | 有 | 无 | | 4 | 人鱼公主 | 2 | 随从 | 2 | 1 | 冲锋 | 有 | 无 | 无 | 无 | 有 | | 5 | 幻界 | 2 | 法术 | 无 | 无 | 对一个指定的英雄或随从造成**2**点伤害 | 有 | 无 | 无 | 无 | 有 | | 6 | C.VA | 2 | 随从 | 2 | 3 | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 | | 7 | 爱的战士 | 3 | 随从 | 3 | 3 | 战吼-为一个指定随从回复**2**点生命值 | 无 | 有 | 无 | 无 | 无 | | 8 | 初夏 | 3 | 法术 | 无 | 无 | 抽2张牌 | 无 | 无 | 有 | 无 | 无 | | 9 | 明星球员 | 3 | 随从 | 1 | 3 | 战吼-对一个指定随从造成**3**点伤害。 | 有 | 无 | 无 | 无 | 无 | | 10 | 高中生  漫画家 | 4 | 随从 | 2 | 4 | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 | | 11 | 衰老之地 | 4 | 法术 | 无 | 无 | 对敌方场上随从和英雄都造成**2**点伤害 | 有 | 无 | 无 | 无 | 有 | | 12 | 瓦尔基里 | 4 | 随从 | 3 | 3 | 嘲讽 | 无 | 无 | 无 | 有 | 无 | | 13 | 校园偶像 | 5 | 随从 | 5 | 5 | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 | | 14 | 夜刀刺客 | 5 | 随从 | 4 | 4 | 战吼-对敌方英  雄造成**3**点伤害 | 无 | 无 | 无 | 无 | 有 | | 15 | 中庭之蛇 | 5 | 随从 | 3 | 3 | 战吼-对场上所有  随从造成**2**点伤害 | 有 | 无 | 无 | 无 | 无 | | 16 | 钉宫香菜 | 6 | 随从 | 3 | 2 | 战吼-消灭**1**个  指定敌方随从 | 有 | 无 | 无 | 无 | 无 | | 17 | 不死鸟 | 6 | 随从 | 4 | 6 | 战吼-回复我方  英雄**3**点生命值 | 无 | 有 | 无 | 无 | 无 | | 18 | 原初  守护者 | 6 | 随从 | 3 | 8 | 嘲讽 | 无 | 无 | 无 | 有 | 无 | | 19 | 大剑士 | 7 | 随从 | 7 | 7 | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 | | 20 | 镜止世界 | 7 | 法术 | 无 | 无 | 对敌随从造成**4**伤害 | 有 | 无 | 无 | 无 | 无 | | 21 | 云中仙人 | 7 | 随从 | 6 | 2 | 冲锋 | 有 | 无 | 无 | 无 | 有 | | 22 | 未来少女 | 8 | 随从 | 8 | 8 | 嘲讽 | 无 | 无 | 无 | 有 | 无 | | 23 | 圆环之理 | 8 | 法术 | 无 | 无 | 对一个指定的随从或英雄造成**8**点伤害 | 有 | 无 | 无 | 无 | 有 | | 24 | 少女杀手 | 8 | 随从 | 10 | 5 | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 | | 25 | 享乐园 | 9 | 法术 | 无 | 无 | 为一个指定的随  从或英雄回复8点  生命，并抽2张牌 | 无 | 有 | 有 | 无 | 无 | | 26 | 冰龙 | 9 | 随从 | 7 | 6 | 战吼-对敌方英  雄造成**5**点伤害 | 无 | 无 | 无 | 无 | 有 | | 27 | 皇家骑士 | 9 | 随从 | 4 | 12 | 嘲讽 | 无 | 无 | 无 | 有 | 无 | | 28 | 爱神  芙蕾雅 | 10 | 随从 | 3 | 7 | 战吼-使场上随  从攻击力都变为1 | 有 | 无 | 无 | 无 | 无 | | 29 | 诸神  的黄昏 | 10 | 法术 | 无 | 无 | 消灭场上所有随从 | 有 | 无 | 无 | 无 | 无 | | 30 | 灭世之龙 | 10 | 随从 | 10 | 10 | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 | |