



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106022479 A

(43)申请公布日 2016. 10. 12

(21)申请号 201610370040.4

(22)申请日 2016.05.30

(71)申请人 北京理工大学

地址 100081 北京市海淀区中关村南大街5号

(72)发明人 赵崇 赵峻瑶 陈丽凤 张秋鸿

(51)Int.Cl.

G06N 5/02(2006.01)

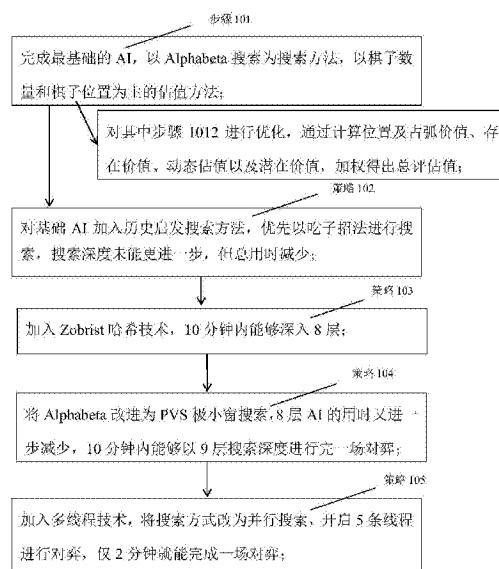
权利要求书4页 说明书9页 附图9页

## (54)发明名称

一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法

## (57)摘要

一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法,包括一种基于多种优化方法的多线程并行搜索方法(简称搜索)和一种基于关键位置估值的局面评估方法(简称估值);其核心在于:在搜索方面,从策略101至策略105中依次加入历史启发, PVS极小窗搜索, Zobrist哈希和多线程优化方法提升Alphabeta搜索的搜索效率;即:结合了多种优化方法,尽可能地提升搜索深度,并使这些优化方法相互配合,达到效率上的大幅度提升;在估值方面,在不同阶段采用的不同估值;与此同时,作为先后手的不同角色角度也应该有不同的对应参数,用于进攻和防守等不同目的。总之,通过多方面考虑,使得估值更加精确,棋力也更加强大。



1. 一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法,其特征在于:

一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法包括一种基于多种优化方法的多线程并行搜索方法(简称搜索),和一种基于关键位置估值的局面评估方法(简称估值);

一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法,其核心在于:在搜索方面,从策略101至策略105中依次加入历史启发,PVS极小窗搜索,Zobrist哈希和多线程优化方法提升Alphabeta搜索的搜索效率;即:结合了多种优化方法,尽可能地提升搜索深度,并使这些优化方法相互配合,达到效率上的大幅度提升;在估值方面,随着敌我双方的互相吃子,总棋子数不断减少,每个棋子对应的各个价值权重和位置参数也在不断地动态改变,在不同阶段采用的不同估值方法;与此同时,作为先后手的不同角色角度也应该有不同的对应参数,用于进攻和防守等不同目的;总之,通过多方面的考虑应对不同的局面,使得我们的估值更加精确,棋力也更加强大。

2. 如权利要求1所述的一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法,其特征还在于:

所述的搜索包括如下几方面优化:

1. Alphabeta搜索的优化:PVS极小窗搜索;
2. 以吃子招法为优先搜索的历史启发方法;
3. Zobrist哈希技术;
4. 多线程技术实现并发搜索;
5. 估值的多方面深层次考虑;

其中,5. 中所述的估值的多方面深层次考虑,又包括以下几个方面:

- 1) 棋子价值;
- 2) 棋子位置价值;
- 3) 棋子的占弧价值;
- 4) 对轨道交点的深入估值;
- 5) 估值价值1-4的权值都随局面分为残局和非残局以及先手和后手两种方案。

3. 如权利要求1所述的一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法,其特征还在于:

所述的搜索,具体包括如下步骤和策略:

步骤100: 设定定时器限度为T分钟,并启动定时器开始计时;

优选的定时器限度T范围为大于等于8分钟,小于等于15分钟;

步骤101: 运行基础AI算法,具体为:

步骤1011以Alphabeta搜索方法进行搜索招法,直至搜索深度达到S层,其中,优选的搜索深度范围为6到10层;

其中,搜索深度用S表示,其含义为招法路径能够搜索到S层;

步骤1012根据步骤1011延某一个招法路径一直搜索到S层得到一个局面,以棋子数量和棋子位置为主对该局面进行估值,具体步骤为:

步骤10131计算双方存活棋子数量差detaSum,乘以单个棋子价值V得到棋子存在价值extentVal;

步骤10132设定对应棋盘上各个位置的价值矩阵P,某一颗棋子的位置价值即其位置处

对应的 $P_{i,j}$ 值,以我方棋子所在位置价值总和减去对方棋子所在位置价值总和得到位置价值 $positionVal$ ;

策略102:对策略101中的基础AI算法中引入历史启发搜索方法:即优先以吃子招法进行搜索;即:步骤1011中对每一层招法的顺序进行调整,将吃子的招法放在不吃子的招法之前优先搜索;

策略103:在策略102基础上,引入Zobrist哈希技术,生成哈希表,即在基础AI的步骤10131中,首先差哈希表中该局面是否已经估值完成,如果估值完成则返回该局面的估值,不进行10131以及10132的操作,如果哈希表中估值没有完成,则正常进行10131和10132的估值操作,并将估值结果和对应的局面存入哈希表,得到策略103,此策略能够实现定时器限度T在设定的8到15分钟内,搜索深度S达到8层;

策略104:在策略103基础上,将Alphabeta改进为PVS极小窗搜索;

策略105:引入多线程技术,即将搜索方式改为并行搜索,并处理好与已使用的搜索策略的配合,加入互斥锁防止哈希表的读写冲突,当使用N条线程时,即在基础AI的步骤1011中进行Alphabeta搜索时,给每条线程分配一个子树进行搜索,搜索完当前子树后由主线程继续分配新的子树,每条线程的子树搜索过程中共用一个哈希表,能够实现搜索用时的最大M倍提升,即为策略105;

所述的估值,具体包括如下步骤:

步骤106对步骤1012的估值方法进行优化,并将此优化替换步骤1013的估值方法后,由于估值复杂度有所提升,在规定定时器T内搜索层数S回到了9层,但棋力比S为10层时还要强;

至此,从步骤101、步骤106、再经策略102、策略103、策略104以及策略106共同构成了一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法,能够达到在定时器限度T分钟内搜索深度S达到10层。

4.如权利要求3所述的一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法,其特征还在于:

步骤10131中的棋子存在价值 $extentVal$ ,具体根据公式(1)计算出 $extentVal$ :

$$extentVal = detaSum * V; \quad (1)$$

其中,公式(1)中的棋子单个价值V的范围为80到200,优选的V值为100。

5.如权利要求3所述的一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法,其特征还在于:

步骤10132中优选的矩阵P如下:

$P = \begin{bmatrix} 5 & 20 & 20 & 20 & 20 & 5 \\ 20 & 30 & 50 & 50 & 30 & 20 \\ 20 & 50 & 40 & 40 & 50 & 20 \\ 20 & 50 & 40 & 40 & 50 & 20 \\ 20 & 30 & 50 & 50 & 30 & 20 \\ 5 & 20 & 20 & 20 & 20 & 5 \end{bmatrix}$

6.如权利要求3所述的一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法,其特征还在于:

策略104在策略103基础上,将Alphabeta改进为PVS极小窗搜索,具体为:在步骤1011中每次用Alphabeta递归搜索以极小窗(alpha,alpha+1)来搜索,如果搜索命中,则返回该估值,如果未命中,继续搜索(alpha+1,beta),得到搜索深度S达到9层的策略104。

7.如权利要求3所述的一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法,其特征还在于:

策略105中所述的 $M < N$ ,当N取5时,搜索深度S在定时器限度T的时间范围内能够达到10层。

8.如权利要求3所述的一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法,其特征还在于:

所述的策略102,其搜索深度S在保证定时器限度T为15分钟时,取值最大能达到7层。

9.如权利要求3所述的一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法,其特征还在于:

一种关键位置估值的局面评估方法,即对步骤1012的估值方法进行优化:,具体为:

步骤1061、定义位置参数和占弧参数,并计算位置及占弧价值positionVal;

具体而言,根据需要估值的局面中的棋子位置选择当前局面的位置参数posPara[6]和占弧参数arcPara,计算出我方和对方占弧棋子数差arcDeta,并计算出位置及占弧价值,记为positionVal,公式如下:

$$\text{positionVal} = \sum_{\text{每一个我方棋子所占弧}}^{\text{我方所有棋子}} \text{posPara}[\text{posPara}] - \sum_{\text{每一个对方棋子所占弧}}^{\text{对方所有棋子}} \text{posPara}[\text{posPara}] + \text{arcDeta} * \text{arcPara} \quad (2);$$

步骤1062、计算存在价值extentVal;

具体为:计算棋盘上我方和对方的棋子数量差countDeta,乘以对应残局和非残局的棋子存在价值eachVal,计算存在价值extentVal,公式如下:

$$\text{extentVal} = \text{countDeta} * \text{eachVal}; \quad (3);$$

步骤1063、对外轨道交点进行动态估值,得出动态价值dynamicVal;

定义在外轨道交点上棋子如果满足一定的加分条件,对该点棋子进行加分,该点加分参数成为额外加分,记为anotherMark;

所述的加分条件为:一共4个外轨道交点,我方棋子占据其中一个外轨道交点,同时对方2颗棋子在与我方该棋子相邻的非外轨道交点位置;

动态价值dynamicVal的具体计算过程为:

步骤10631计算我方的额外加分后,同时也计算对方的额外加分;

步骤10632将步骤10631计算的我方额外加分与对方额外加分做差,得到我方的dynamicVal;

步骤1064、计算潜在价值potentialVal;

定义一个包含16种奖惩分数greenPotential[16]的数组,用于下文所述的棋盘关键位置内轨道交点16种情况对应的加减分奖惩;

1064A当内轨道交点是我方棋子时,对greenPotential进行加减分奖惩,具体为:

1064A.1如果与轨道相邻并且靠棋盘边界的两个点(下文中均简称为相邻两点),没有我方和对方棋子,对此进行greenPotential[0]分值的奖惩;

1064A.2如果两点是对方棋子,对此进行greenPotential[1]分值的奖惩;

1064A.3如果两点上一点为空一点为我方棋子,对此进行greenPotential[2]即greenPotential[3]分值的奖惩;

1064A.4如果两点上均有我方棋子,对此进行greenPotential[4]分值的奖惩。

1064B当内轨道交点无棋子时,对greenPotential进行加减分奖惩,具体为:

1064B.1如果两点上均有我方棋子,对此进行greenPotential[5]分值的奖惩;

1064B.2如果两点上均有对方棋子,对此进行greenPotential[6]分值的奖惩;

1064B.3如果两点上一点为空,一点为我方棋子,对此进行greenPotential[7]分值的奖惩;

1064B.4如果两点上一点为空,一点为对方棋子,对此进行greenPotential[9]分值的奖惩;

1064C当内轨道交点是对方棋子时,对greenPotential进行加减分奖惩,具体为:

1064C.1如果两点上均无棋子,对此进行greenPotential[11]分值的奖惩;1064C.2如果两点上均为对方棋子,对此进行greenPotential[12]分值的奖惩;

1064C.3如果两点上均为我方棋子,对此进行greenPotential[13]分值的奖惩;

1064C.4如果两点上一点为空,一点为对方棋子,对此进行greenPotential[14]分值的奖惩;

经过以上策略1064A、1064B以及1064C来考察4个内轨道交点的奖惩,累加得到潜在估值potentialVal;

步骤1065、对步骤1061输出的位置和占弧价值、步骤1062输出的存在价值、步骤1063输出的动态价值以及步骤1064输出的潜在价值进行加权求和;

至此,从步骤1061至步骤1065,完成了一种关键位置估值的局面评估方法。

10.如权利要求9所述的一种关键位置估值的局面评估方法,其特征还在于:

步骤1065、对步骤1061输出的位置和占弧价值、步骤1062输出的存在价值、步骤1063输出的动态价值以及步骤1064输出的潜在价值进行加权求和,具体为:

根据公式(4)计算出当前局面的总的评估值;

$$\text{WholeVal} = \text{extentVal} * k_1 + \text{positionVal} * k_2 + \text{dynamicVal} * k_3 + \text{potentialVal} * k_4; \quad (4);$$

其中,系数 $k_1, k_2, k_3, k_4$ 会随先后手不同以及局势不同有所变化。

## 一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法,属于人工智能和机器博弈领域。

### 背景技术

[0002] 1997年5月11日,由IBM开发的电脑系统深蓝击败了国际象棋世界冠军卡斯巴罗夫。机器的胜利在引发一系列争议的同时,也标志着人工智能发展更进一步。从阿兰·图灵出版《计算机与智能》到第一台电脑控制的自动行走器“斯坦福车”诞生,再到互动机械宠物面世,人工智能一步步向人类智慧逼近。而被认为是人工智能领域最具挑战性的研究方向之一的计算机博弈经过前人的不断摸索,总结出一套过程建模、状态表示、着法生成、棋局评估、博弈树搜索、开局库与残局库开发、系统测试与参数优化等核心技术要点。

[0003] 苏拉卡塔棋是一种两人玩的吃子类游戏,源自印尼爪哇岛的苏拉卡尔塔(Surakarta)。

[0004] 棋盘:由 $6 \times 6$ 正方形网络与角落上的8个圆弧所组成,如图2所示。

[0005] 棋子:在游戏开始时,黑白方各12个棋子排成两行(图2)。

[0006] 棋规:

[0007] 1.参赛者掷硬币决定由谁先开始,每次只能移动一个棋子,两人轮流走棋;

[0008] 2.每个棋子可以向8个方向(上、下、左、右、左上、左下、右上、右下)移动一格(当所去的方向无棋子时);

[0009] 3.若要吃掉对方棋子,必须经过至少一个完整的弧线,并且移动路径中不可以有本方棋子阻挡;

[0010] 4.黑子可以吃掉白子,同样白子沿同一路径的相反方向也可以吃掉黑子;

[0011] 5.当一方棋子全部被吃掉时棋局结束,有剩余棋子方获胜;

[0012] 6.当双方都不能再吃掉对方棋子时,剩余棋子多的一方获胜。

[0013] 首先,针对苏拉卡尔塔棋的估值函数和搜索算法方面,经过资料检索,大致有如下几类:

[0014] (a)北京信息科技大学学报,文章编号:1674—6864(2012)06—0042—04,题目为“苏拉卡尔塔博弈系统中的评估函数研究”文章中,提出的估值包含:棋盘位置价值,棋子移动范围,棋子攻击范围,棋子攻击力,盘面价值,占弧价值。该评估函数看似周全,但我们实验后发现以上几种元素并不能准确地描述棋局的优劣势,并且该棋先后手行棋思路并不完全一致,因此有着估值不准确,棋力不强的缺陷。

[0015] (b)题目“PC游戏编程(人机博弈)”文章中,系统地提出了机器博弈中所要用到的搜索算法及优化方法,但是各种优化方法并没有结合起来去具体实现,对于多线程并行搜索方面也只是一带而过,没有具体地去讲解和实现,缺陷是未加入多线程并行搜索的搜索方法效率依然很低。此处引用用于便于读者领会本发明技术背景。

[0016] 上述两篇文章中,现有的估值方法并不精确,没有考虑先后手不同的下棋策略,也

没有考虑关键棋盘位置的精准评估,因此局面估值不够准确,同时搜索算法也依然有优化的空间,所以AI搜索效率和棋力并不理想。本发明的目的是在于结合现有的搜索算法和优化方法,加入多线程技术进行并行搜索,同时多方面考虑先后手下棋策略和关键位置,改进现有的估值函数。使得AI棋力有所提升。

[0017] 本申请致力于克服上述方法无法解决的估值粗糙问题和搜索效率不高的问题,旨在提出一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法。

## 发明内容

[0018] 本发明的目的是在于针对传统的估值方法估值粗糙,未考虑先后手不同的下棋策略和棋盘关键点位置的问题,以及在如今多核cpu盛行,搜索算法未加入多线程技术,以致搜索效率低下的问题,提出一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法。

[0019] 一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法,包括一种基于多种优化方法的多线程并行搜索方法和一种基于关键位置估值的局面评估方法;

[0020] 其中,一种基于多种优化方法的多线程并行搜索方法,简称搜索;一种基于关键位置估值的局面评估方法,简称估值;

[0021] 一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法,其核心在于:在搜索方面,从策略101至策略105中依次加入历史启发,PVS极小窗搜索,Zobrist哈希和多线程优化方法提升Alphabeta搜索的搜索效率;即:结合了多种优化方法,尽可能地提升搜索深度,并使这些优化方法相互配合,达到效率上的大幅度提升;在估值方面,随着敌我双方的互相吃子,总棋子数不断减少,每个棋子对应的各个价值权重和位置参数也在不断地动态改变,在不同阶段采用的不同估值方法;与此同时,作为先后手的不同角色角度也应该有不同的对应参数,用于进攻和防守等不同目的;总之,通过多方面的考虑应对不同的局面,使得我们的估值更加精确,棋力也更加强大。

[0022] 具体来说,所述的搜索包括如下几方面优化:

[0023] 1.Alphabeta搜索的优化:PVS极小窗搜索;

[0024] 2.以吃子招法为优先搜索的历史启发方法;

[0025] 3.Zobrist哈希技术;

[0026] 4.多线程技术实现并发搜索;

[0027] 5.估值的多方面深层次考虑;

[0028] 其中,5.中所述的估值的多方面深层次考虑,又包括以下几个方面:

[0029] 1)棋子价值;

[0030] 2)棋子位置价值;

[0031] 3)棋子的占弧价值;

[0032] 4)对轨道交点的深入估值;

[0033] 5)估值价值1-4的权值都随局面分为残局和非残局以及先手和后手两种方案;

[0034] 其中,所述的搜索,具体包括如下步骤和策略:

[0035] 步骤100:设定定时器限度为T分钟,并启动定时器开始计时;

[0036] 优选的定时器限度T范围为大于等于8分钟,小于等于15分钟;

[0037] 步骤101:运行基础AI算法,具体为:

[0038] 步骤1011以Alphabeta搜索方法进行搜索招法,直至搜索深度达到S层,其中,优选的搜索深度范围为6到10层;

[0039] 其中,搜索深度用S表示,其含义为招法路径能够搜索到S层;

[0040] 步骤1012根据步骤1011延某一个招法路径一直搜索到S层得到一个局面,以棋子数量和棋子位置为主对该局面进行估值,具体步骤为:

[0041] 步骤10131计算双方存活棋子数量差detaSum,乘以单个棋子价值V得到棋子存在价值extentVal,即根据公式(1)计算出extentVal:

[0042] 
$$\text{extentVal} = \text{detaSum} * V; \quad (1)$$

[0043] 其中,公式(1)中的棋子单个价值V的范围为80到200,优选的V值为100;

[0044] 步骤10132设定对应棋盘上各个位置的价值矩阵P,某一颗棋子的位置价值即其位置处对应的 $P_{i,j}$ 值,以我方棋子所在位置价值总和减去对方棋子所在位置价值总和得到位置价值positionVal,优选的矩阵P如下:

[0045]  $P = 5, 20, 20, 20, 20, 5,$

[0046]  $20, 30, 50, 50, 30, 20,$

[0047]  $20, 50, 40, 40, 50, 20,$

[0048]  $20, 50, 40, 40, 50, 20,$

[0049]  $20, 30, 50, 50, 30, 20,$

[0050]  $5, 20, 20, 20, 20, 5;$

[0051] 策略102:对策略101中的基础AI算法中引入历史启发搜索方法:即优先以吃子招法进行搜索;即:步骤1011中对每一层招法的顺序进行调整,将吃子的招法放在不吃子的招法之前优先搜索;

[0052] 所述的策略102,其搜索深度S在保证定时器限度T为15分钟时,取值最大能达到7层;

[0053] 策略103:在策略102基础上,引入Zobrist哈希技术,生成哈希表,即在基础AI的步骤10131中,首先差哈希表中该局面是否已经估值完成,如果估值完成则返回该局面的估值,不进行10131以及10132的操作,如果哈希表中估值没有完成,则正常进行10131和10132的估值操作,并将估值结果和对应的局面存入哈希表,得到策略103,此策略能够实现定时器限度T在设定的8到15分钟内,搜索深度S达到8层;

[0054] 策略104:在策略103基础上,将Alphabeta改进为PVS极小窗搜索,即在步骤1011中每次用Alphabeta递归搜索以极小窗( $\alpha, \alpha+1$ )来搜索,如果搜索命中,则返回该估值,如果未命中,继续搜索( $\alpha+1, \beta$ ),得到搜索深度S达到9层的策略104;

[0055] 策略105:引入多线程技术,即将搜索方式改为并行搜索,并处理好与已使用的搜索策略的配合,加入互斥锁防止哈希表的读写冲突,当使用N条线程时,即在基础AI的步骤1011中进行Alphabeta搜索时,给每条线程分配一个子树进行搜索,搜索完当前子树后由主线程继续分配新的子树,每条线程的子树搜索过程中共用一个哈希表,能够实现搜索用时的最大M倍提升,即为策略105;

[0056] 所述的 $M < N$ ,当N取5时,搜索深度S在定时器限度T的时间范围内能够达到10层;

[0057] 所述的估值,具体包括如下步骤:

[0058] 步骤106对步骤1012的估值方法进行优化,具体为:



[0059] 步骤1061、定义位置参数和占弧参数,并计算位置及占弧价值positionVal;

[0060] 具体而言,根据需要估值的局面中的棋子位置选择当前局面的位置参数posPara[6][6]和占弧参数arcPara,计算出我方和对方占弧棋子数差arcDeta,并计算出位置及占弧价值,记为positionVal,公式如下:

$$[0061] \quad positionVal = \sum_{\substack{\text{我方所有棋子} \\ \text{每一个我方棋子所在}i,j}} posPara[i][j] - \sum_{\substack{\text{对方所有棋子} \\ \text{每一个对方棋子所在}i,j}} posPara[i][j] + arcDeta * arcPara \quad (2);$$

[0062] 步骤1062、计算存在价值extentVal;

[0063] 具体为:计算棋盘上我方和对方的棋子数量差countDeta,乘以对应残局和非残局的棋子存在价值eachVal,计算存在价值extentVal,公式如下:

$$[0064] \quad extentVal = countDeta * eachVal; \quad (3);$$

[0065] 步骤1063、对外轨道交点进行动态估值,得出动态价值dynamicVal;

[0066] 定义在外轨道交点上棋子如果满足一定的加分条件,对该点棋子进行加分,该点加分参数成为额外加分,记为anotherMark;

[0067] 所述的加分条件为:一共4个外轨道交点,我方棋子占据其中一个外轨道交点,同时对方2颗棋子在与我方该棋子相邻的非外轨道交点位置;

[0068] 动态价值dynamicVal的具体计算过程为:

[0069] 步骤10631计算我方的额外加分后,同时也计算对方的额外加分;

[0070] 步骤10632将步骤10631计算的我方额外加分与对方额外加分做差,得到我方的dynamicVal;

[0071] 步骤1064、计算潜在价值potentialVal;

[0072] 定义一个包含16种奖惩分数greenPotential[16]的数组,用于下文所述的棋盘关键位置内轨道交点16种情况对应的加减分奖惩;

[0073] 1064A当内轨道交点是我方棋子时,对greenPotential进行加减分奖惩,具体为:

[0074] 1064A.1如果与轨道相邻并且靠棋盘边界的两个点(下文中均简称为相邻两点),没有我方和对方棋子,对此进行greenPotential[0]分值的奖惩;

[0075] 1064A.2如果两点是对方棋子,对此进行greenPotential[1]分值的奖惩;

[0076] 1064A.3如果两点上一点为空一点为我方棋子,对此进行greenPotential[2]即greenPotential[3]分值的奖惩;

[0077] 1064A.4如果两点上均有我方棋子,对此进行greenPotential[4]分值的奖惩。

[0078] 1064B当内轨道交点无棋子时,对greenPotential进行加减分奖惩,具体为:

[0079] 1064B.1如果两点上均有我方棋子,对此进行greenPotential[5]分值的奖惩;

[0080] 1064B.2如果两点上均有对方棋子,对此进行greenPotential[6]分值的奖惩;

[0081] 1064B.3如果两点上一点为空,一点为我方棋子,对此进行greenPotential[7]分值的奖惩;

[0082] 1064B.4如果两点上一点为空,一点为对方棋子,对此进行greenPotential[9]分值的奖惩;

[0083] 1064C当内轨道交点是对方棋子时,对greenPotential进行加减分奖惩,具体为:

[0084] 1064C.1如果两点上均无棋子,对此进行greenPotential[11]分值的奖惩;

1064C.2如果两点上均为对方棋子,对此进行greenPotential[12]分值的奖惩;

- [0085] 1064C.3如果两点上均为我方棋子,对此进行greenPotential[13]分值的奖惩;
- [0086] 1064C.4如果两点上一点为空,一点为对方棋子,对此进行greenPotential[14]分值的奖惩;
- [0087] 经过以上策略1064A、1064B以及1064C来考察4个内轨道交点的奖惩,累加得到潜在估值potentialVal;
- [0088] 步骤1065、对步骤1061输出的位置和占弧价值、步骤1062输出的存在价值、步骤1063输出的动态价值以及步骤1064输出的潜在价值进行加权求和,根据公式(4)计算出当前局面的总的评估值;
- [0089]  $WholeVal = extentVal * k1 + positionVal * k2 + dynamicVal * k3 + potentialVal * k4$ ; (4);
- [0090] 其中,系数 $k1, k2, k3, k4$ 会随先后手不同以及局势不同有所变化;
- [0091] 至此,从步骤1061至步骤1065,完成了一种关键位置估值的局面评估方法,并将此从步骤1061至步骤1065的优化,替换步骤1013的估值方法后,由于估值复杂度有所提升,在规规定定时器T内搜索层数S回到了9层,但棋力比S为10层时还要强;
- [0092] 至此,从步骤101、步骤106、再经策略102、策略103、策略104以及策略106共同构成了一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法,能够达到在定时器限度T分钟内搜索深度S达到10层。
- [0093] 有益效果
- [0094] 本发明一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法,与现有AI算法相比,具有如下有益效果:
- [0095] 1.本发明实现了更高效率的搜索,具体体现在:基本AI算法在规定时间内仅能达到7层搜索,本发明所提算法能够达到9层搜索深度;
- [0096] 2.本发明实现了更精确的估值棋力更强,具体体现在:
- [0097] 与网站<http://lwh.free.fr/shareware/surakarta/surakarta.htm>上提供的AI程序对弈,本发明赢得的棋子数更多;
- [0098] 3.本发明由于采用多线程,使得虽然复杂度增加,但仍能实现了更快时间内的对弈,具体体现在:
- [0099] 在处理器:Intel®Core™i7-4712HQ CPU@2.30GHZ的电脑上开5条线程运行,一局对弈仅需2分钟;
- [0100] 4.本发明一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法能够达到在规规定定时器T内搜索深度达S到10层。

## 附图说明

- [0101] 图1为本发明一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法的实施流程图;
- [0102] 图2为本发明一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法及实施例中苏拉卡尔塔棋的初始棋局图;
- [0103] 图3为本发明一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法及实施例中Zobrist哈希技术的原理示意图;
- [0104] 图4为本发明一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法及实施例中多

线程并发搜索原理示意图；

[0105] 图5为本发明一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法及实施例中综合多种策略的具体应用流程图；

[0106] 图6为本发明一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法及实施例中估值的原理示意图；

[0107] 图7为本发明一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法及实施例中的估值流程图；

[0108] 图8为本发明一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法及实施例中估值过程中计算动态价值的流程图；

[0109] 图9为本发明一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法及实施例中估值过程中计算潜在价值的流程图；

[0110] 图10为本发明一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法及实施例中估值部分详解示意图。

[0111] 实施方式

[0112] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整的描述，显然，所描述的实施例是本发明的一部分实施例，而不是全部实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明的保护范围。

[0113] 实施例1

[0114] 图1为本发明一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法的实施流程图；由图中可以看出，本发明一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法实施时，首先通过步骤101，完成最基础的AI，即以Alphabeta搜索为搜索方法，以棋子数量和棋子位置为主的估值方法；具体的，其中对步骤1012的优化即对应一种基于关键位置估值的局面评估方法，简称估值，具体通过计算位置及占弧价值、存在价值、动态估值以及潜在价值，加权得出总评估值；

[0115] 进一步的，对基础AI加入历史启发搜索方法，优先以吃子招法进行搜索，搜索深度未能更进一步，但总用时减少，即对应策略102；进一步的，在策略102基础上，加入Zobrist哈希技术，10分钟内能够深入8层，即为策略103；在策略103基础上，将Alphabeta改进为PVS极小窗搜索，8层AI的用时又进一步减少，10分钟内能够以9层搜索深度进行完一场对弈，即为策略104；在策略104基础上，加入多线程技术，将搜索方式改为并行搜索，开启5条线程进行对弈，仅2分钟就能完成一场对弈；即为策略105。

[0116] 图2为本发明一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法及本实施例中苏拉卡尔塔棋的初始棋局图，从由图中可见，内轨道转弯处在内侧，外轨道转弯处在外侧；图3为本发明所用到的Zobrist哈希技术原理图，从图中可见，对应棋盘每个点2种情况（我方棋子和对方棋子）随机生成两个32位随机数和两个64位随机数，每一个局面的状态值为棋盘每一个非空点64位随机数异或得到，该局面的索引值则是由每一个非空点32位随机数异或得到，如果2个局面索引值相同且状态值也相同，则说明这2个局面完全相同。

[0117] 图4为本发明一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法及实施例中多线程并发搜索原理示意图，从图中可见，当线程数为2时，在Alphabeta搜索依次分配第一层

招法时,为2条线程按先到先得分配招法,即某条线程空闲时即可获得当前需要搜索的招法,获得该招法后,该条线程完成该子树的搜索,最后返回该子树上的alpha值,更新全局的alpha值,多线程搜索不同子树过程中,任何公共资源必须互斥访问,保证资源的正确修改。

[0118] 本实施例的开发过程中策略102到策略105的所有工作都是优化搜索,提高效率,因此在估值函数没有修改的情况下,其中每一步骤完成的AI自己与自己对弈的每一步招法以及局面都是与101步骤完成的基础AI所得到的招法和局面完全相同的,这说明这些优化的加入完全正确,不影响棋力,当这些搜索方面的优化都正确加入后,再进行估值方面的完善;

[0119] 图5为本发明一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法及实施例中综合多种策略的具体应用流程图;

[0120] 现给出一种目前我们所使用的估值方法的一种具体实施方案,针对于本发明中最重要部分106步骤的具体参数及思路详解。

[0121] 实施例2

[0122] 首先,定义位置价值参数和占弧价值参数;

[0123] 位置价值我们定义了四种不同局面的位置价值,分别为先手非残局位置价值,先手残局位置价值,后手非残局位置价值,后手残局位置价值;

[0124] 具体对应的位置价值见说明书附图10中1061步骤图片;先手注重进攻,后手注重防守。先手残局注重内外轨道交点,后手残局注重防守住某单一轨道交点;

[0125] 对于残局的定义:敌我双方棋子数目一共不超过10颗;

[0126] 关于内外轨道的定义:如说明书附图2中所示;由图中可见,内轨道转弯处在内侧,外轨道转弯处在外侧;

[0127] 占弧价值的参数:我们也分先后手定义了不同的mark以及特殊情况下共用的mark。具体如下:

[0128] 先手参数:frontblueMark=50,frontgreenMark=120;对应我方先手时外轨道和内轨道上一颗棋子的价值;

[0129] 后手参数:backblueMark=73,backgreenMark=114;对应我方后手时外轨道和内轨道上一颗棋子的价值。

[0130] 共用参数:anotherBlueMark=90,anotherGreenMark=90;当四个非轨道点,即棋盘的四角上没有任何一方的棋子时,将内外轨道上的棋子价值固定为90。

[0131] 通过上述方法计算我方位置价值与对方位置价值做差得到位置价值positionVal。

[0132] 其次,计算存在价值;

[0133] 具体为:每一颗棋子的存在价值我们根据残局和非残局定义参数如下:

[0134] value[2]={400,900};非残局每颗棋子400分,残局900分

[0135] 计算我方棋子数量减去对方棋子数量乘以对应的局面参数,得到存在价值extentVal。

[0136] 第三,进行对外轨道交点进行动态估值;

[0137] 图7为本发明一种基于棋盘关键位置估值的苏拉卡尔塔棋的AI算法及实施例中估值的原理示意图;从图中可以看出,外轨道交点是机动性较高的点,也有很大的占领价值,

能够阻挡对方的进攻路线,因此在估值函数中加入对外轨道交点的考虑;

[0138] 定义在外轨道交点上棋子如果满足一定的加分条件,对该点棋子进行加分。该点加分参数,称为额外加分,记为anotherMark=80;

[0139] 所述的加分条件如说明书附图8中所示,由图中可见:一共4个外轨道交点,我方棋子占据其中一个外轨道交点,同时对方2颗棋子在与我方该棋子相邻的非外轨道交点位置,满足该条件后获得anotherMark的额外加分;

[0140] 计算我方的额外加分后也计算对方的额外加分进行做差得到我方的dynamicVal;

[0141] 第四,计算潜在估值;

[0142] 如说明书附图6中所示,内轨道交点是进攻点,占领对方该点则能够压制对方的边界棋子,因此在估值函数中加入对内轨道交点的考虑;

[0143] 先定义一个数组包含16种奖惩分数数组,greenPotential[16]={84,91,35,35,-20,25,-25,45,45,-45,-45,-84,20,-91,-35,-35};

[0144] 再将用于下文所述的棋盘关键位置内轨道交点16种情况对应的加减分奖惩。

[0145] 如说明书附图9,我们将具体情况分以下3种情况进行计算,具体为:

[0146] 1.当内轨道交点是我方棋子

[0147] a)如果与轨道相邻并且靠棋盘边界的两个点(下文中均简称为相邻两点),没有我方和对方棋子,对此进行greenPotential[0]分值的奖惩。

[0148] b)如果两点是对方棋子,对此进行greenPotential[1]分值的奖惩;

[0149] c)如果两点上一点为空一点为我方棋子,对此进行greenPotential[2]即greenPotential[3]分值的奖惩;

[0150] d)如果两点上均有我方棋子,对此进行greenPotential[4]分值的奖惩。

[0151] 2.当内轨道交点无棋子

[0152] a)如果两点上均有我方棋子,对此进行greenPotential[5]分值的奖惩。

[0153] b)如果两点上均有对方棋子,对此进行greenPotential[6]分值的奖惩。

[0154] c)如果两点上一点为空,一点为我方棋子,对此进行greenPotential[7]分值的奖惩;

[0155] d)如果两点上一点为空,一点为对方棋子,对此进行greenPotential[9]分值的奖惩;

[0156] 3.当内轨道交点是对方棋子:

[0157] a)如果两点上均无棋子,对此进行greenPotential[11]分值的奖惩。

[0158] b)如果两点上均为对方棋子,对此进行greenPotential[12]分值的奖惩。

[0159] c)如果两点上均为我方棋子,对此进行greenPotential[13]分值的奖惩

[0160] d)如果两点上一点为空,一点为对方棋子,对此进行greenPotential[14]分值的奖惩。

[0161] 经过对4个内轨道交点进行考察,累加每一个交点情况对应的奖惩分数greenPotential[i],得到潜在估值potentialVal:如何得到,文字描述;

[0162] 第五,进行各价值的加权求和;

[0163] 如说明书附图7中,将已经计算得到的位置价值、存在价值、动态价值和潜在价值进行加权求和,得到该局面的估值;

- [0164] 本实施例中,我们定义如下局面权值参数:
- [0165] 非残局: $k_1=1, k_2=3, k_3=2, k_4=2$ ;
- [0166] 残局: $k_1=2, k_2=3, k_3=1, k_4=1$ ;
- [0167] 最后得到整体估值:
- [0168]  $\text{WholeVal} = \text{extentVal} * k_1 + \text{positionVal} * k_2 + \text{dynamicVal} * k_3 + \text{potentialVal} * k_4$ ;
- [0169] 给出本实施例中的具体参数的值;
- [0170] 非残局: $k_1=1, k_2=3, k_3=2, k_4=2$ ;
- [0171] 残局: $k_1=2, k_2=3, k_3=1, k_4=1$ ;
- [0172] 先手参数: $\text{frontblueMark}=50, \text{frontgreenMark}=120$ ;对应我方先手时外轨道和内轨道上一颗棋子的价值;
- [0173] 后手参数: $\text{backblueMark}=73, \text{backgreenMark}=114$ ;对应我方后手时外轨道和内轨道上一颗棋子的价值。
- [0174] 共用参数: $\text{anotherBlueMark}=90, \text{anotherGreenMark}=90$ ;
- [0175]  $\text{value}[2] = \{400, 900\}$ ;非残局每颗棋子400分,残局900分
- [0176]  $\text{anotherMark}=80$ ;
- [0177]  $\text{greenPotential}[16] = \{84, 91, 35, 35, -20, 25, -25, 45, 45, -45, -45, -84, 20, -91, -35, -35\}$ ;
- [0178] 以上则是本实施例的全部参数。
- [0179] 以上所述为本发明的较佳实施例而已,本发明不应该局限于该实施例和附图所公开的内容。凡是不脱离本发明所公开的精神下完成的等效或修改,都落入本发明保护的范围。

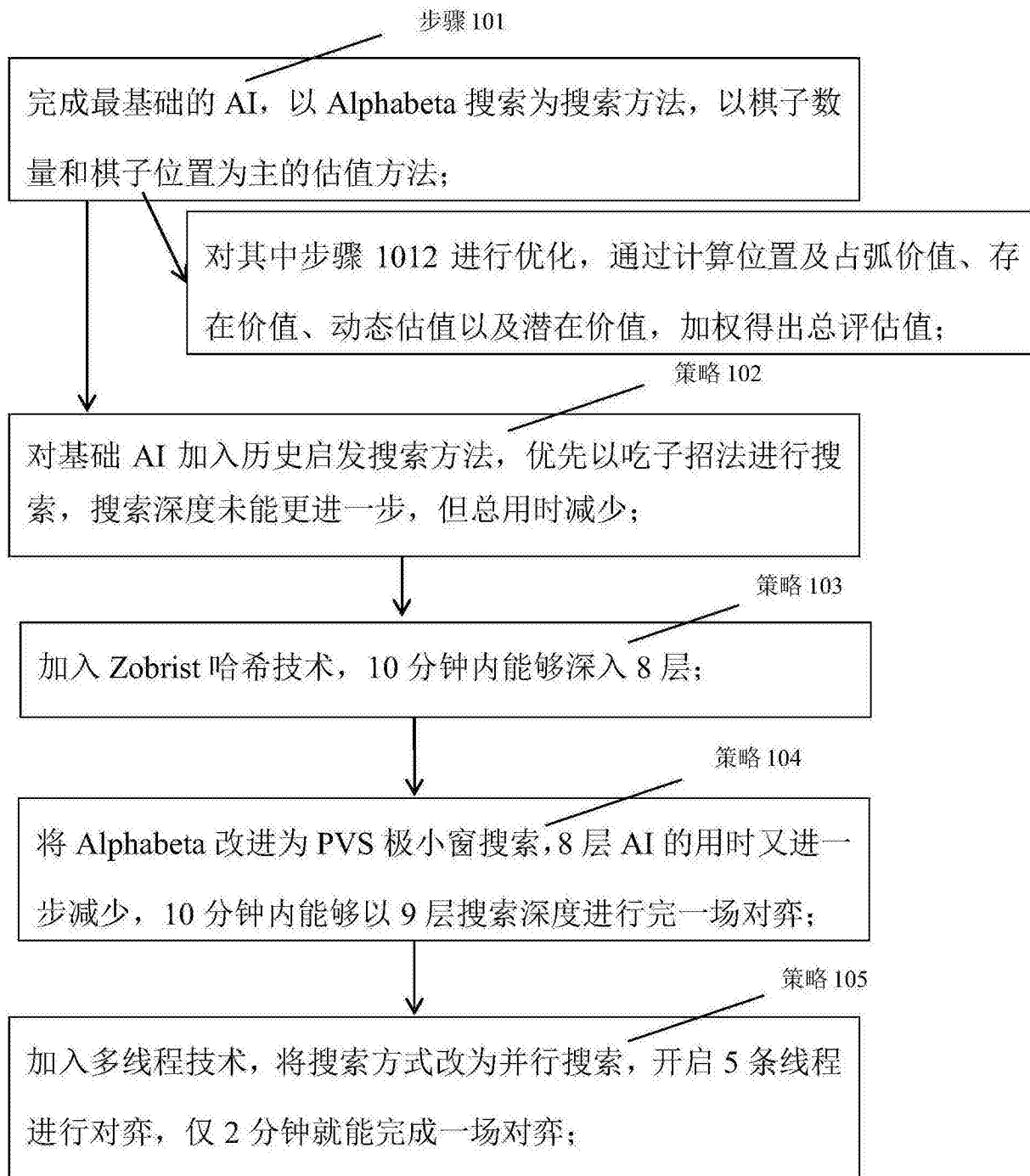


图1

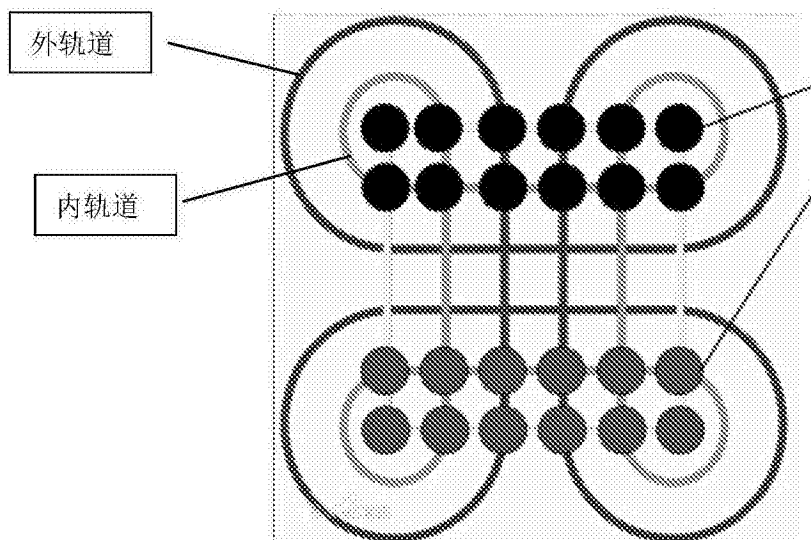


图2

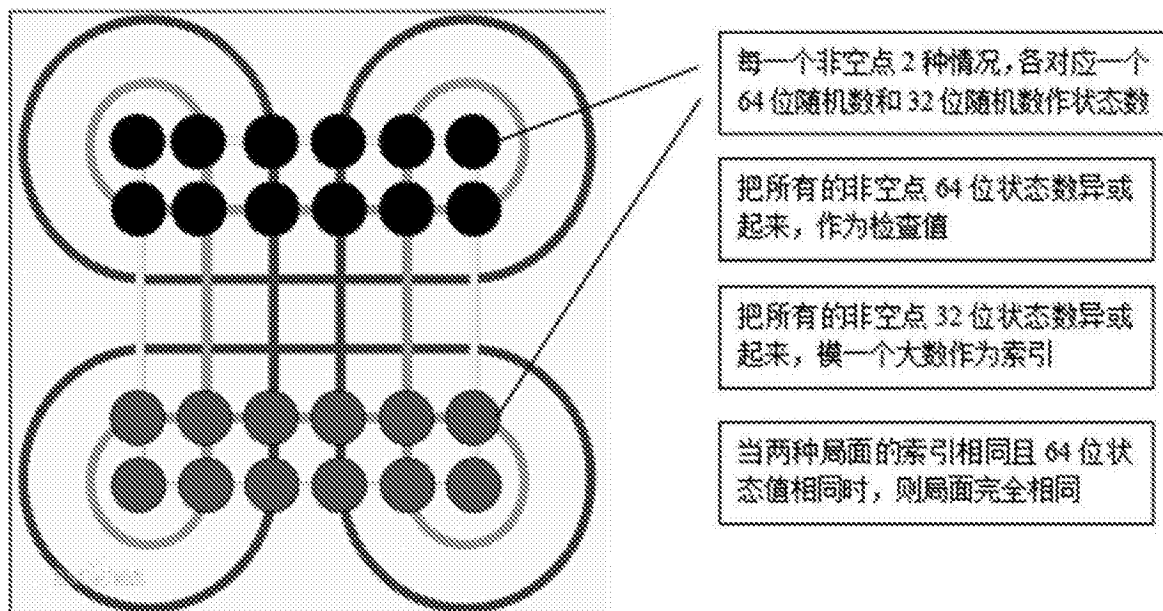


图3



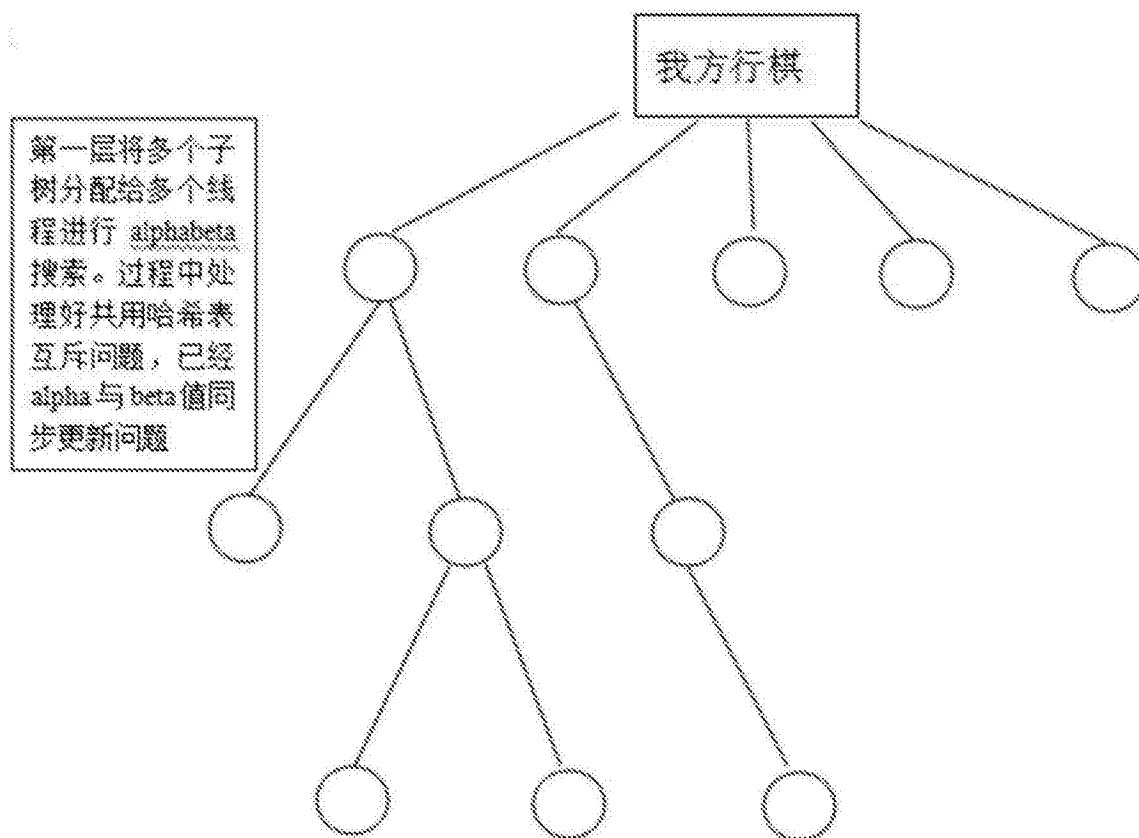


图4

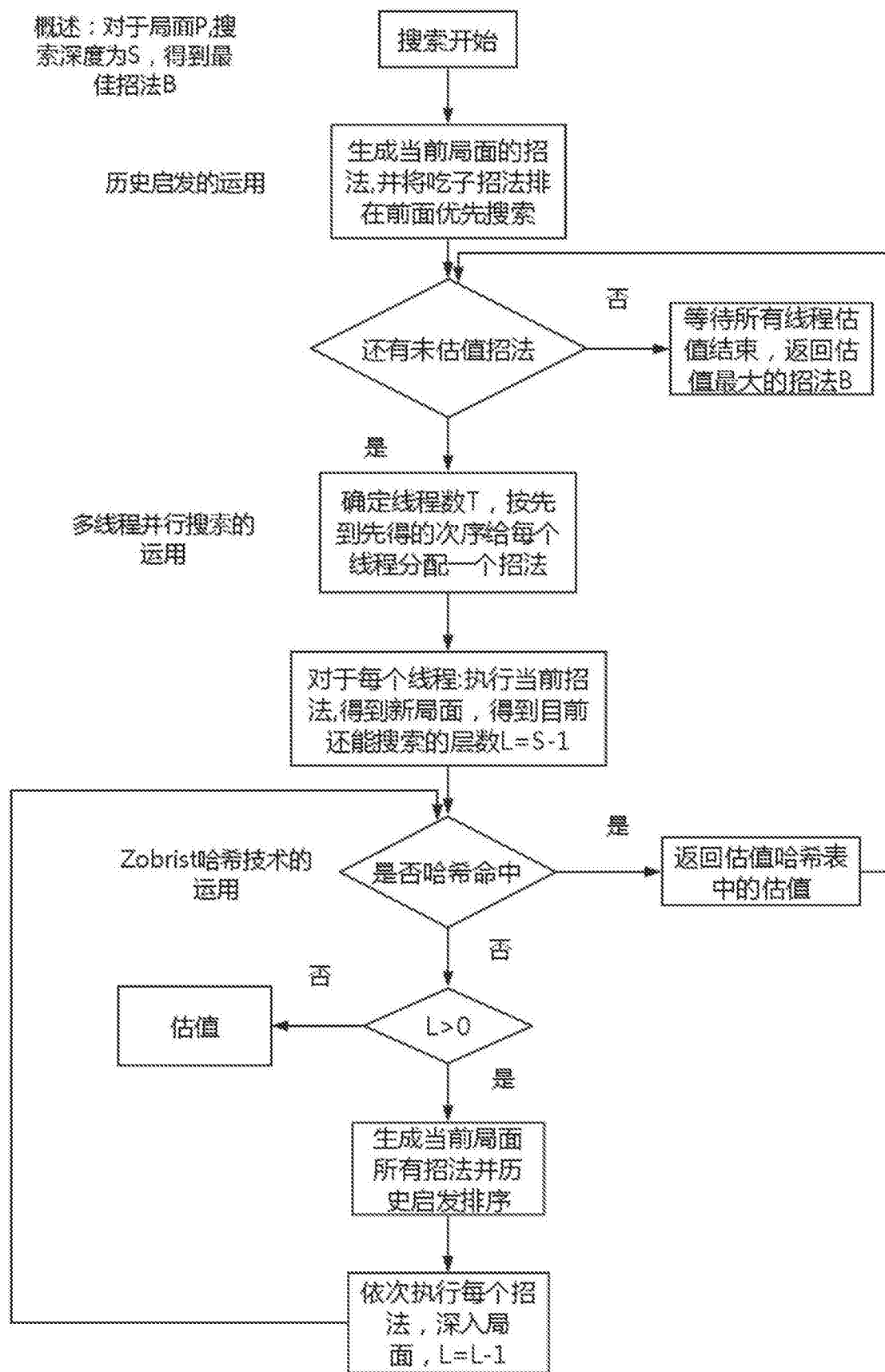
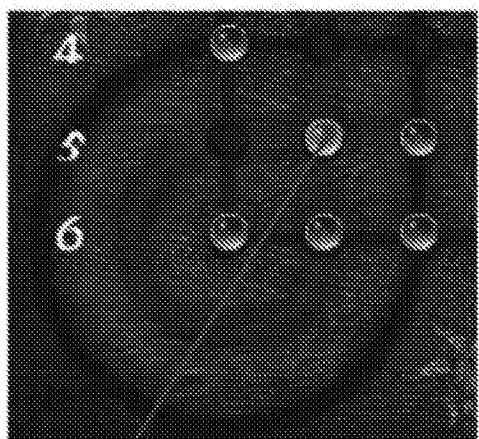


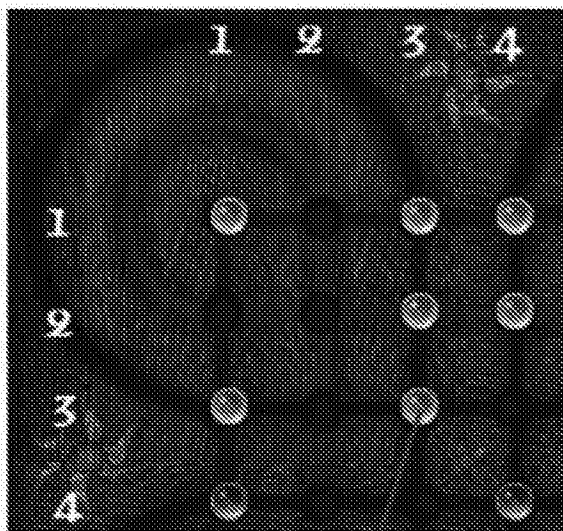
图5

|    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|
| 20 | 30 | 50 | 50 | 30 | 20 |
| 20 | 50 | 40 | 40 | 50 | 20 |
| 20 | 50 | 40 | 40 | 50 | 20 |
| 20 | 30 | 50 | 50 | 30 | 20 |
| 5  | 20 | 20 | 20 | 20 | 5  |

棋子位置价值示意图(不同时期具体价值不同),此取值只为样例



内轨交点作为潜在估值考虑,根据周边敌我双方棋子数量和位置深入考虑



外轨交点是机动性极高的点,因此也需要深入考虑,作为棋子的动态估值部分

图6

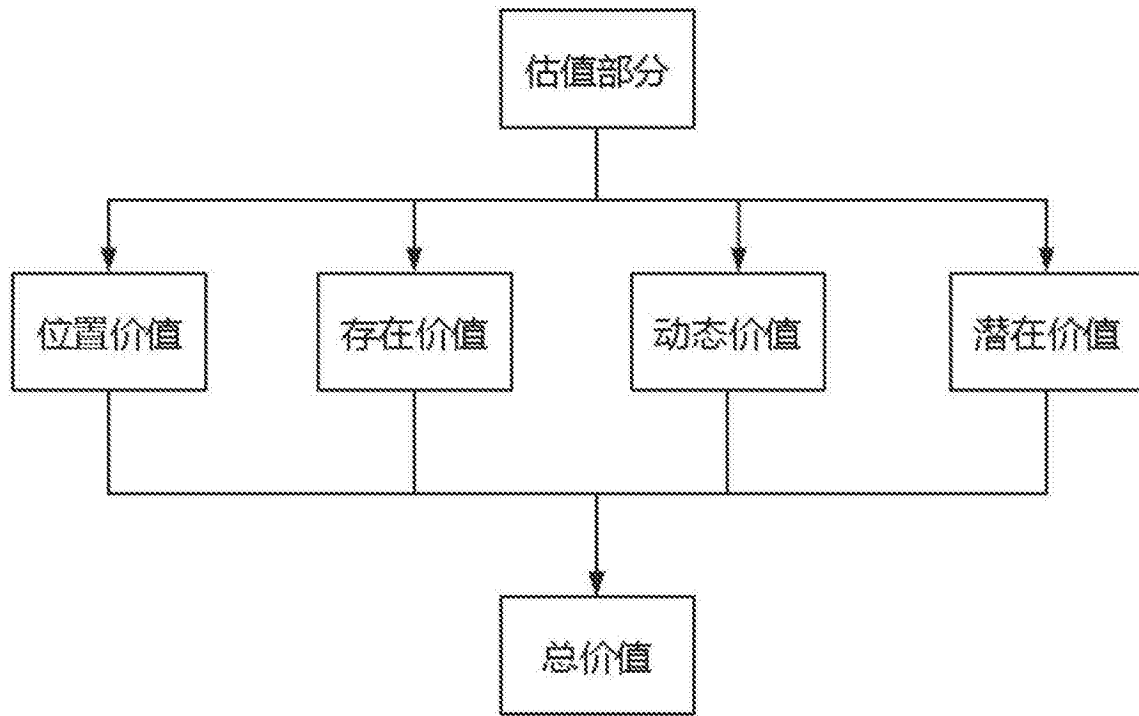


图7

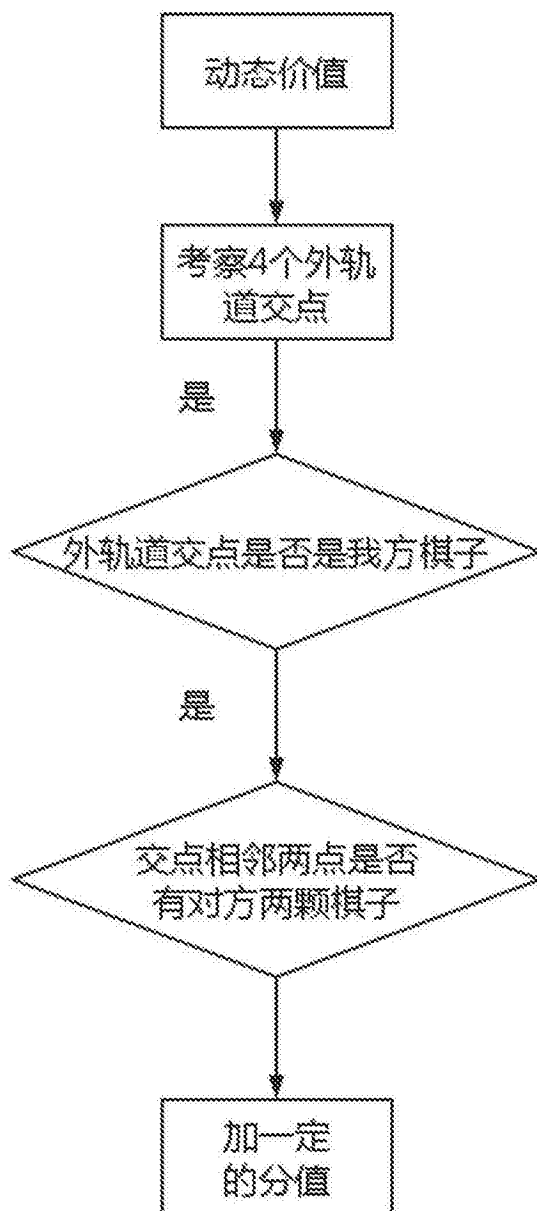


图8

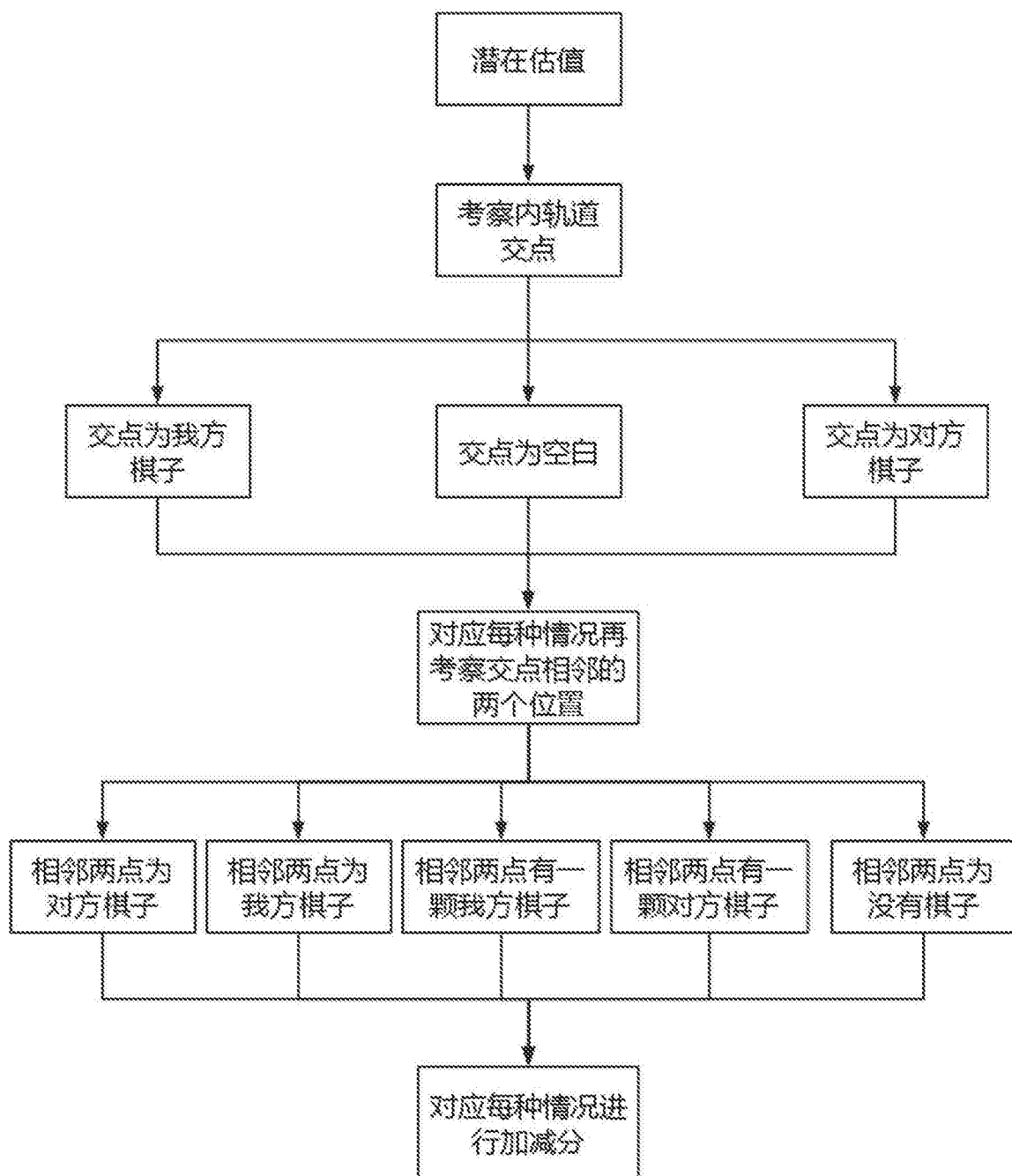


图9

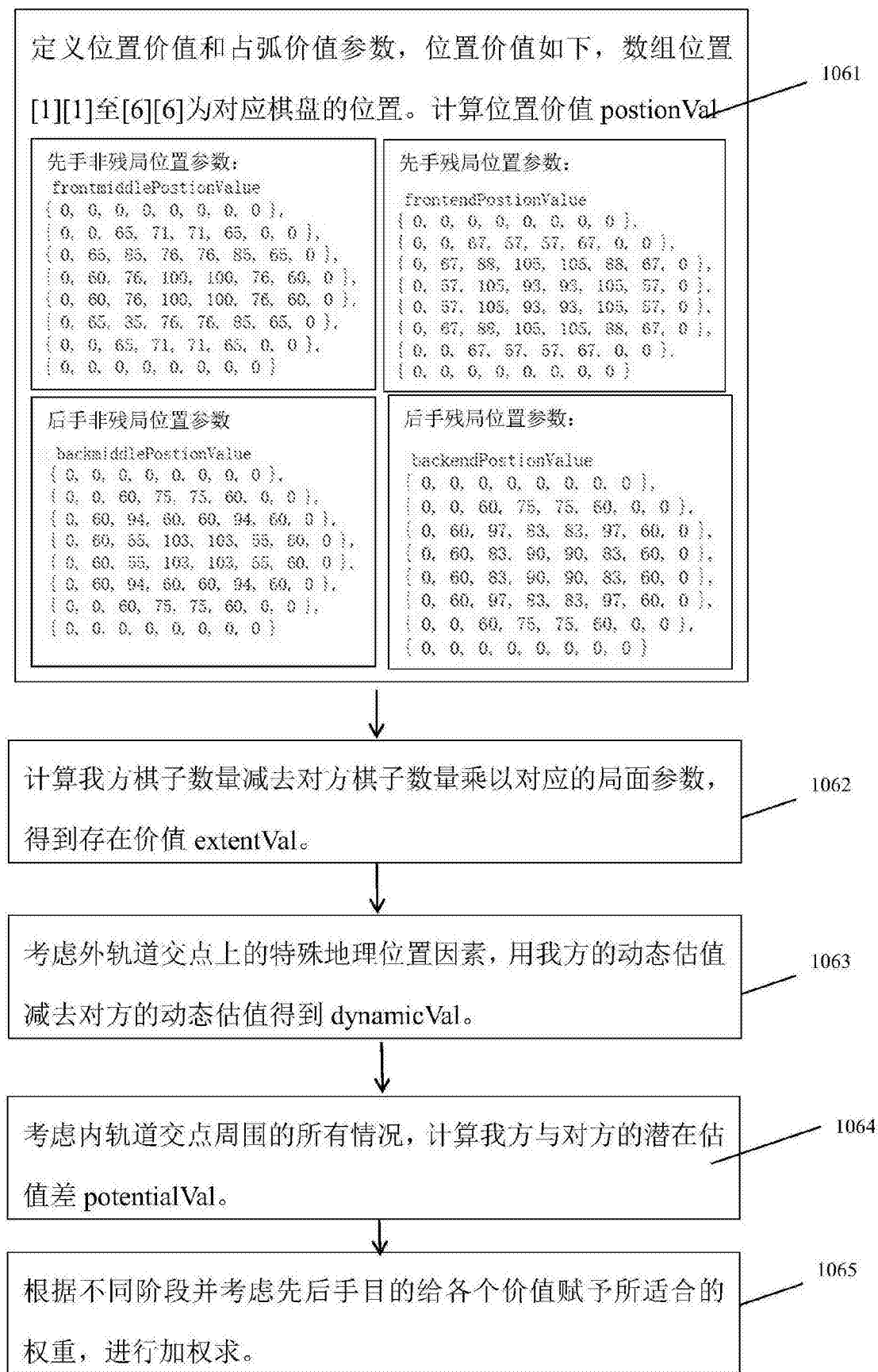


图10