

游戏搜索算法中估价函数的构造策略

The Strategy for Constructing Evaluation Functions in the Algorithm of Game Searches

游贵荣*

(福建商业高等专科学校计算机系 福建福州 350012)

内容提要 估价函数是游戏搜索算法中的核心函数,构造一个好的估价函数非常困难,需要对求解问题领域知识有很深的认识和丰富的编程经验和技巧。本文提出了一个通用的构造估价函数的基本方法,并给出了一个实用的五子棋人机对弈程序的估价函数。

关键词 估价函数;五子棋;人工智能

中图分类号:TP346 **文献标识码**:A **文章编号**:1008-4940(2005)06-0082-05

1. 概述

(1) 游戏搜索算法简介

众所周知,人工智能系统可以看成是对某个问题的求解系统。问题求解空间中每一个节点对应于一个子目标,当解决每个子目标有多种方法可以选择时,往往采取某种搜索算法以提高问题求解的效率。搜索是人工智能中最基本的问题之一,许多问题的求解都可归结为对状态空间的搜索。

能用计算机人工智能进行求解的游戏主要有两类:一类是游戏目标状态已经确定,搜索的目的就是如何快速地将经过打乱的初始状态按某种规则转换到目标状态,如:8数码问题、推箱子、魔方、华荣道和伤脑筋十二块等等;另一类是类似棋类游戏游戏中的博弈游戏,通过构造一个博弈树(类似于状态图和问题求解搜索中使用的搜索树,不过状态图搜索是纯粹的“或树”,而博弈树搜索是“与或树”),该博弈树的结点对应于某一个棋局,其分支表示走一步棋,搜索的目的就是找到一步比较有利于本方棋手的一步棋。如:五子棋、黑白棋、象棋、国际象棋和围棋等等。

搜索方法主要有两种:一种是盲目搜索,如:宽度优先搜索和深度优先搜索;另一种是启发式搜索,它是利用与问题有关的启发信息来进行搜索,以达到减少搜索量和提高搜索效率的目的,如:A*算法、最大最小值算法及其改进算法(Alpha-Beta搜索、Transposition Table、迭代深化、空窗搜索、历史/杀手启发等[2](P.133))。

(2) 估价函数的定义

估价函数(有的文章翻译为评价函数、评估函数或估值函数)主要用来在游戏搜索算法中对当前局面的优劣

程度进行估值,确定估价函数值所依据的知识通常是该游戏领域的经验值和直观判断的知识,这类知识称为启发式知识,所以估价函数也叫启发式估价函数。在其它人工智能领域,如:机器学习、遗传算法、人工神经网络中,当解决每个子目标问题有多种选择时,估价函数用来根据某种规则选择一个较好的求解办法。

在游戏搜索算法中,估价函数是一个核心函数,该函数的好坏直接影响到程序的搜索速度和人工智能水平的高低。在实际的游戏搜索算法中,由于涉及的问题往往比较困难和复杂(如围棋),所以构造一个好的估价函数通常是很困难的,需要对该领域知识有很深的认识和丰富的编程经验和技巧,并需要经过多次改进才能正常工作。如:打败国际象棋世界冠军的深蓝计算机,它取胜的原因除了因为它有巨大的计算能力以外,很重要的一点还在于它的开发小组中有一个国际象棋特级大师加盟,他设计了一套优秀的局面估价函数,使得深蓝可以评价各种局面下自己的得失,并据此指导下一步棋的走法。

(3) 估价函数的分类

在具体的游戏中,由于涉及的内容和知识不同,一般情况可能有多个估价函数,据说深蓝中有几千个估价函数。根据估价函数的应用范围,可分为全局估价函数和局部估价函数;另外,常见的局面估价函数设计时,考虑到速度的因素,该函数只对当前位置的下法进行估值,而不是对所有可能的下法进行估值(事实上,大多数游戏搜索由于组合爆炸,不可能对所有可能的下法进行估值),所以也叫静态估价函数,动态估价函数在游戏搜索算法中很少见。

* 收稿日期:2005-4-20

作者简介:(1974-)男 福建商业高等专科学校 讲师

2. 估价函数的构造策略

(1) 估价函数的构造方法

设计一个好的估价函数主要从下面几个方面考虑:

1) 选择一系列能够衡量当前游戏局面优劣的一个或多个特征,影响这些特征的因素应该比较简单且容易用数值进行表示,一般可以请教该游戏领域的高手或专家进行选择;

2) 将这些特征进行量化分级,在进行量化分级时,根据该游戏领域的知识加上一些可以进行调整的权值系数;

3) 根据预期目标,对估价函数进行测试,可以根据实战或已有的走法,利用统计工具进行分析,不断调整权值系数,直到游戏程序的表现令自己满意为止。

(2) 估价函数的一般形式

估价函数形式一般可以分为基于局面特征的简单线性组合形式和复杂非线性函数形式(如:可利用人工神经网络进行构造)。有研究表明,简单线性组合函数带来的计算速度上的优势足可抵消复杂非线性函数在精确性上的点滴优势并在整体性能上超越之。简单线性组合函数在对局面估值的过程中可以节省大量的运算时间,提高游戏的人工智能水平可以通过更深层的搜索进行弥补。

下面给出简单线性组合估价函数的一般形式。

$$ef(p) = g\left(\sum_{i=1}^n w_i \cdot f_i(p)\right)$$

其中, p 表示处在游戏中的某个局面, $f(p)$ 表示反映该游戏局面好坏的局面特征值, w 表示权值系数,用来通过训练该估价函数时调整权值。函数 g 表示一个单调递增的连接函数,用来对求和的结果再进行一次变换,当然,若某些 $f(p)$ 函数本身比较简单,也可以完全不必要再计算函数 g 。 w 权值系数的调整可以根据组合优化理论,如最小平方差。先根据事先设定好的权值系数,计算游戏局面中各个可选目标点的估价函数值,然后根据专家对这些可选目标点的评分值,利用下面的公式,使得 $E(w)$ 最小。

$$E(w) = \sum_{i=1}^n (r_i - ef_w(p_i))^2$$

其 r 表示专家对可选目标点的实际评分值, $ef(p)$ 是根据事先设定好的权值由估价函数计算出的评分值。

(3) 估价函数的特点

根据以上方法构造的估价函数,一般而言,必须具备以下特点:一是要易于计算和表达,在估价函数的正确性与时间成本之间必须要协调;二是估价函数必须要能够正确反映出游戏获胜的机会。

3. 五子棋中的估价函数

(1) 五子棋概述

五子棋又称连珠,是中国的传统棋种之一。据文献记载,它起源于四千多年前的尧舜时期,比围棋的历史还要悠久。目前,五子棋这项兼具东方的神秘和西方的直观的棋类运动已迅速在许多国家发展起来,并成为国际棋类竞技项目[5]。同时,由于五子棋的规则简单,而且胜负定义明确,棋盘上的棋子位置只有黑子、白子、空这三种状态,程序实现起来比较容易,但其博弈树搜索分枝系数较大,因此,在人工智能领域五子棋博弈程序常常用来检验程序的人工智能水平;在“国际奥林匹克电脑程序大赛”中,五子棋和中国象棋、围棋、国际象棋、中国象棋、扑克等一道作为大赛的比赛项目。

目前在网络上有众多五子棋人机对弈程序,但多数属于入门级程序,其中“黑石(BlackStone)”是目前专业规则五子棋棋力比较强的程序,最高棋力大约在初段以上。

(2) 五子棋的局面特征

五子棋虽然规则简单,形式上简明、平和,实际上却是非常困难的数学造型游戏[6]。根据五子棋规则和理论,双方的棋子并无等级之分,局面的好坏只和棋子所处位置和周围棋子的配置及发展潜力有关。为此,可以从下面二个方面考虑:一方面是棋子所在棋盘中的位置,一般来说棋盘中间的价值比较大(发展的空间比较大),越往外价值越低,但并不一定是递减。因为,下五子棋在“前进无路”时,常可用“跳”来打开局面,连珠格言中也有“跳三、跳四出妙手”之说,所以,可用下面的两维数组表示棋子所在棋盘位置的重要性:

```
int PositionValue[15][15] = {
    {0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0},
    {0,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,0},
    {0,1,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,0},
    {0,1,2,4,4,4,4,4,4,4,4,4,2,1,0},
    {0,1,2,4,4,4,4,4,4,4,4,4,2,1,0},
    {0,1,2,4,4,7,7,7,7,7,7,4,4,2,1,0},
    {0,1,2,4,4,7,7,7,7,7,7,4,4,2,1,0},
    {0,1,2,4,4,7,7,9,7,7,7,4,4,2,1,0},
    {0,1,2,4,4,7,7,7,7,7,7,4,4,2,1,0},
    {0,1,2,4,4,7,7,7,7,7,7,4,4,2,1,0},
    {0,1,2,4,4,4,4,4,4,4,4,4,2,1,0},
    {0,1,2,4,4,4,4,4,4,4,4,4,2,1,0},
    {0,1,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,1,0},
    {0,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,0},
    {0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0}};
```

另一方面就是棋形,五子棋中的棋形主要有:连二、跳二、活三、跳三、眠三、活四、跳四、眠四、五连和长连等等,考虑到专业规则中的禁手问题,还有三三禁手、四四

禁手、四三三禁手和长连禁手等。另外,考虑到某些开局定式将导致先手必胜(如浦月和花月的开局,但光靠搜索技术不借助专家知识库,要实现先手必胜难度也很大),专业规则中还有“三手可交换,五手两打”等规则。

(3)五子棋中估价函数的构造

根据五子棋的局面特征,影响五子棋局面优劣的因素主要是当前局面中己方和对方的不同棋形的数量和组合以及棋子所在棋盘中的位置。在程序设计时,先对下每一手棋之前进行胜负判断,即黑白双方的五连和白方的长连(黑棋的长连是禁手)棋形,然后在拟下的下一手

棋位置分别以黑白双方的角色进行试下并估值。根据五子棋专家知识,对于有些可直接导致胜负分晓的棋形,如:活四、冲四、双活三等,估价函数应返回极值,其权值应根据实际当前下一手棋是白棋还是黑棋进行调整。

假设先按如下表 1 和表 2 对当前局面中拟下的一手棋位置所构成棋形的数量和组合进行评分(假定下一手棋为黑方,并考虑黑棋的禁手,实际估价函数返回值应是黑方的评分减去白方的评分,若下一手棋为白方时,估价函数的评分需异号处理),然后根据实际情况调整权值系数。

表 1 下一手棋为黑方时的估值表(返回极值情况)

试下的棋所构成的棋形或组合	棋形数量	估价函数的评分	权值系数
黑棋长连	$> = 1$	- 20000	0.99
白棋长连	$> = 1$	- 20000	1
黑棋五连	$> = 1$	20000	1
白棋五连	$> = 1$	- 20000	0.99
黑棋活四	1	20000	0.98
白棋活四	$> = 1$	- 20000	0.97
黑棋活四	$> = 1$	- 20000	0.96
白棋冲四/跳四	$> = 2$	- 20000	0.95
黑棋冲四/跳四	$> = 2$	- 20000	0.94
黑棋冲四/跳四加活三	1	20000	0.975
白棋冲四/跳四加活三	$> = 1$	- 20000	0.93
黑棋活三、白棋无四	1	20000	0.92
黑棋活三	$> = 2$	- 20000	0.92
白棋活三、黑棋无四	$> = 2$	20000	0.92

表 2 下一手棋为黑方时的估值表(返回非极值情况,需将每一项再累加起来)

试下的棋所构成的棋形或组合	棋形数量	估价函数的评分	权值系数
黑棋冲四/跳四	1	8000	1
白棋冲四/跳四	1	- 8000	1
黑棋活三/跳三	1	5000	1
白棋活三/跳三	1	- 5000	1
黑棋眠三	N 个	$500 * N$	1
白棋眠三	N 个	$- 500 * N$	1
黑棋活二/跳二	N 个	$200 * N$	1
白棋活二/跳二	N 个	$- 200 * N$	1
黑棋眠二	N 个	$50 * N$	1
白棋眠二	N 个	$- 50 * N$	1

下面按图 1 的局面实例,来检验估价函数的值和五子棋专家的看法是否一致。图 1 的局面中,白方有 A、B、

C、D、E、F、G、H、I 等 9 个点可供选择。按五子棋专家的观点,此局面白方的最佳防守点应是 B。原因是:白方选 A

点,可直接占黑方冲四活三的叫杀点;选择 B 点除阻断黑方冲四叫杀外,可同时形成一个活三反先棋;选 C、D、E、F 点时,若黑方继续在 A 点冲四活三,那么白方应棋后将形

成反冲四;选 G、H 点,是阻止黑方的活三;而选 I 点,则使黑方可冲四而不能“活”三。

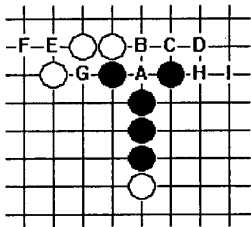


图 1 白方防守点的选择

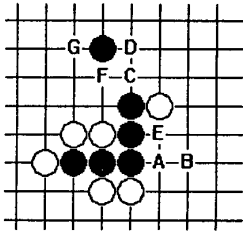


图 2 黑方攻击点的选择

按上面事先假定的估值表,图 1 中 A 到 I 点白黑双方的棋形和估值如下表 3 所示:

表 3 黑白双方各点的估值得分表

下棋点	白方棋形及组合	白方估值得分	黑方棋形及组合	黑方估值得分
A	三个活二	600	一个冲四、一个活三	- 9750
B	一个活三、一个活二	5200	一个冲四、四个活二	- 8800
C	一个跳三、一个活二	5200	一个眠三、二个活二、一个眠二	- 950
D	二个活二	400	一个活三、一个眠三、一个眠二	- 5550
E	一个活三、二个活二	5400	一个眠三、一个活二、一个眠二	- 750
F	一个跳三、二个活二	5400	一个眠三、一个活二、一个眠二	- 750
G	四个活二、一个眠二	900	二个眠三、一个活二、一个眠二	- 1250
H	二个活二	400	一个跳三、眠三、活二、跳二、一个眠二	- 5950
I	二个活二	400	一个跳三、眠三、活二、一个眠二	- 5790

从表 3 可以看出,当下一手为白方时,B 点的白方估值得分减去黑方估值得分最大,这和五子棋专家的观点是一致的。

在图 2 的局面实例中,假设黑方有 A、B、C、D、E、F、G 等 7 个点可供选择。按五子棋专家的观点,此局面白方

的最佳攻击点应是 F。因为,如果黑方简单地在 A、B、C、D 点位冲四,那么将很快就会被白方堵死,只有 F 点,不管白方如何防守,都是黑胜。然而,按上面事先假定的估值表,图 2 中 A 到 G 点白黑双方的棋形和估值如下表 4 所示:

表 4 黑白双方各点的估值得分表

下棋点	黑方棋形及组合	黑方估值得分	白方棋形及组合	白方估值得分
A	一个冲四、眠三、活二、眠二	8750	三个活二、一个跳二、眠二	- 850
B	一个跳四、眠三、跳二、眠二	8750	二个活二、一个眠二	- 450
C	一个冲四、眠三、二个眠二	8600	一个跳三、活二、二个眠二	- 5300
D	一个跳四、眠三、活二、眠二	8750	二个活二、一个眠二	- 450
E	二个眠三、一个活二、三个眠二	1350	三个活二、一个眠二	- 650
F	二个眠三、二个活二、一个眠二	1450	二个活二、一个眠二	- 450
G	二个眠三、一个活二、跳二、眠二	1450	二个活二、一个眠二	- 450

从表 4 可以看出,当下一手为黑方时,并不是 F 点的得分最大,这是因为这步棋需要再深入几步搜索才会发现其价值所在,读者可以验证随后三手棋的估值情况。

以上估值示例并没有考虑棋子所在棋盘位置的价值

信息,在实际应用中,当搜索算法根据估价函数返回各点值比较接近时,可以考虑加上棋子所在棋盘位置的价值信息,不过各项影响五子棋胜负因素的权值系数调整需

(下转第 88 页)

法,可以对任意长度的数据运算生成一个 160 位的数值;

③MAC(Message Authentication Code):消息认证代码,是一种使用密钥的单向函数,可以用它们在系统上或用户之间认证文件或消息。HMAC(用于消息认证的密钥散列法)就是这种函数的一个例子。④CRC(Cyclic Redundancy Check):循环冗余校验码,CRC 校验由于实现简单,检错能力强,被广泛使用在各种数据校验应用中。占用系统资源少,用软硬件均能实现,是进行数据传输差错检测地一种很好的手段(CRC 并不是严格意义上的散列算法,但它的作用与散列算法大致相同,所以归于此类)。

3、其它数据算法

其它数据算法包括一些常用编码算法及其与明文(ASCII、Unicode 等)转换等,如 Base 64、Quoted Printable、EBCDIC 等。

三、加密技术的发展

1、密码专用芯片集成

密码技术是信息安全的核心技术,无处不在,目前已经渗透到大部分安全产品之中,正向芯片化方向发展。在芯片设计制造方面,目前微电子水平已经发展到 0.1 微米工艺以下,芯片设计的水平很高。我国在密码专用芯片领域的研究起步落后于国外,近年来我国集成电路产业技术的创新和自我开发能力得到了提高,微电子工业得到了发展,从而推动了密码专用芯片的发展。加快密码专用芯片的研制将会推动我国信息安全系统的

完善。

2、量子加密技术的研究

量子技术在密码学上的应用分为两类:一是利用量子计算机对传统密码体制的分析;二是利用单光子的测不准原理在光纤级实现密钥管理和信息加密,取出量子密码学。量子计算机是一种传统意义上的超大规模并行计算系统,利用量子计算机可以在几秒钟内分解 RSA129 的公钥。

信息安全问题涉及到国家安全、社会公共安全,世界各国已经认识到信息安全涉及重大国家利益,是互联网经济的制高点,也是推动互联网发展、电子政务和电子商务的关键,发展信息安全技术是目前面临的迫切要求。

参 考 文 献

[1]冯登国,网络安全原理与技术[M].北京:科学出版社 2003

[2]冯登国,计算机通信网络安全[M].北京:清华大学出版社 2001

[3]王育民,刘建伟,通信网的安全—理论与技术[M].西安:西安电子科技大学出版社 1999,

[4]戴英侠,王航,连一峰,系统安全与入侵检测[M].北京:清华大学出版社 2002

(上接第 85 页)

通过大量的实战棋谱或专家知识进行修正,在调整权值系数的过程中也可能发现一些新的棋形组合需要单独处理。五子棋中进攻和防守之间转换很微妙,从图 2 也可以体会到五子棋格言中的“不可盲目冲四”之说。

4.结束语

目前,鉴于博弈树搜索算法已经比较成熟,提高计算机博弈的人工智能的关键技术是构造有效的估价函数,降低算法的搜索空间,进而提高算法的效率。由于本人的五子棋水平不高,构造出来的估价函数可能不是很精确,但和目前网络上多数入门级的五子棋程序比较,在速度和棋力还是有一定的优势。

参 考 文 献

[1]傅清祥,王晓东.算法与数据结构[M].北京:电子工业出版社.1998

[2]王小春.PC 游戏编程(人机博弈)[M].重庆:重庆

大学出版社.2002

[3]David Eppstein.Strategy and board game programming [EB/OL]. <http://www.ics.uci.edu/eppstein/180a/990114.html>.1997

[4]Michael Buro.From Simple Features to Sophisticated Evaluation Functions[J/OL]

[5][日]新井华石.五子连珠必胜法[M].北京:人民体育出版社.1997

[6]那威.五子棋规范教程[M].北京:人民体育出版社.1999

[7]J. Lieberum.AN EVALUATION FUNCTION FOR THE GAME OF AMAZONS[J/OL]

[8]Paul E. Utgoff.Feature Construction for Game Playing [J/OL]

[9]Bruno Bouzy.A small Go board Study of metric and dimensional Evaluation Functions[J/OL]