

基于数学形态学的围棋棋群聚类算法

岳鹏 刘洪涛 邱玉辉

(西南大学智能软件与软件工程重点实验室 重庆 400715)

摘要 计算机围棋可以模拟人类棋手的棋群聚类能力以提高搜索效率。本研究以数学形态学为工具,在形式化基础上采用带有限制条件的膨胀运算进行棋群的初步聚类,结合其它一些启发式搜索方法完成棋群最终聚类,并结合实战对局评价了此算法的性能,指出了此算法的应用价值。

关键词 数学形态学,计算机围棋,聚类

Cluster Algorithm of Go Groups Based on Mathematical Morphology

YUE Peng LIU Hong-Tao QIU Yu-Hui

(The Key Laboratory of Intelligent Software and Software Project, Southwest University, Chongqing 400715)

Abstract The computer go can simulate human player's go group clustering ability to improve its searching efficiency. This study, taking mathematical morphology as a tool, based on the formalization, adopts constrained dilating operation to undergo preliminary clustering on go groups, and combines with some other heuristic searching methods to complete the final clustering on go groups. This paper, by linking with actual combat, also evaluates the algorithm's capability, and at the same time points out its application value.

Keywords Mathematical morphology, Computer go, Cluster

1 引言

围棋是一门形象思维和逻辑思维兼备的艺术,也是人工智能领域的难题之一。因为棋局状态的搜索空间巨大,类似于国际象棋程序中普遍采用的穷举式搜索难以奏效,目前比较优秀的计算机围棋的棋力都只处在“级”的阶段^[1],不及人类棋手学棋一年的水平。所以,借鉴人类棋手的思维特点设计相应的启发式算法是提高计算机围棋棋力的可能途径之一。数学形态学(Mathematical morphology)自20世纪60年代兴起以来,已广泛应用于图像处理如边缘提取、骨架提取及图像分割等各方面^[2],它形象直观,简化了图像处理,量化并保持了物体的主要形状特征;在围棋领域也有应用^[5]。

2 棋局的表示、棋块与棋群

棋局状态包括轮下方,棋子分布和劫点,劫点即为了防止全局同形再现而规定的禁着点。特定棋局状态的棋子分布可以分解为两个二值图像的组合^[3],以19路盘为例,即为两个 19×19 大小的二值图像,称为黑盘面(blackboard, B)和白盘面(whiteboard, W)。棋局上的棋子可以分解为棋块的组合,棋块指彼此直连的同色棋子。棋盘上与棋块直连的空白交叉点称为气,围棋规则规定“气尽棋亡”,所以同一棋块内的棋子同生同死。如图1中的●组成一个棋块,⊙组成另一个棋块。

人类棋手对棋局的感知是以棋群为基础的。棋群有别于棋块,指的是由一个或多个棋块组成的功能集合体,常常作为一个整体参与战斗,也可能包括内部的对方死子。孤子可以看作特殊的棋群。如图1中的棋块①、棋块②和棋块③组成

一个棋群,而棋块④和棋块⑤组成另一个棋群。棋块是一个客观概念,而棋群是一个主观概念,在不同棋力的棋手眼中,同一个盘面状态下的棋群构成方式可能是不一样的。

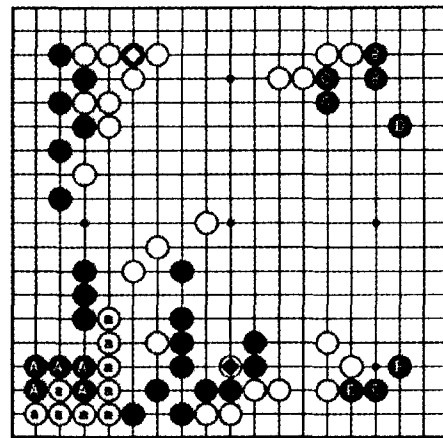


图1 棋块与棋群

计算机围棋因其搜索空间巨大,有必要模仿人类棋手思维将盘面上的棋块聚类为棋群^[4]。无疑,划分良好的棋群可以极大限制搜索空间,改善搜索方向,从宏观上保证搜索结果的合理性。组成棋群的各棋块在空间上相近,这提示可以利用数学形态学方法进行聚类。

3 数学形态学

二维欧氏空间 ϵ^2 上的二值图像中属于物体的像素构成了一个集合 X ,原点的坐标为 $(0,0)$, X 中的任一点都可以看成是一个关于原点的向量。一个数学形态学变换由原始图像

和另一个称为结构元素(structuring element, S)的小点集之间的关系定义, S 表示为一个关于基准点的区域, 此基准点可以不属于 S。如图 2 所示即为三个结构元素, 标有□处为基准点, 其中第三个结构元素的基准点不属于此结构元素。

数学形态学有膨胀、腐蚀等基本运算, 这些运算的定义尚不完全一致^[5]。这里, 膨胀运算 \oplus 采用向量加法对两个集合进行合并, 如 $(a, b) + (c, d) = (a + c, b + d)$ 。膨胀 $X \oplus S$ 是所有可能向量加之和的集合, 即

$$X \oplus S = \{p \in \epsilon^2 : i = x + s, x \in X, s \in S\} \quad (1)$$

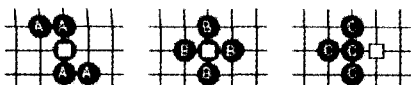


图 2 结构元素

采用各向同性的结构元素进行膨胀运算可以描述为一个将所有与物体邻近的背景像素变为物体像素的变换。它可以用来填补物体中小的空洞和缝隙, 改变了原来集合的连通性。

4 利用受限膨胀运算进行棋群聚类

利用上述膨胀运算可以求得某棋子所属的棋块。这里, 结构元素 S 为各向同性的 4-邻域结构如图 2 居中所示, 基准点为中心点。以某方盘面上包含于某个棋块的一个或几个点为原始图像进行膨胀运算后, 若棋盘上该处实际有同色子, 则纳入所属棋块, 否则不纳入, 以此为基础进行下一次膨胀运算, 直至结果无变化为止。这实际上等同于广度搜索。

利用有限制的分步膨胀运算可达到棋群聚类的目的。这里, 结构元素亦如图 2 居中所示。算法开始时, 分别以黑、白盘面上的所有实子为原始图像, 同时膨胀, 第一次膨胀运算结束后进入第二次膨胀运算。限制条件是当棋盘某交叉点上已有对方膨胀点到达时则不予膨胀。即

$$B^n = B^{n-1} \oplus S = \{p \in \epsilon^2 : p = b + s, p \notin W^{n-1}, b \in B, s \in S\} \quad (2)$$

$$W^n = W^{n-1} \oplus S = \{p \in \epsilon^2 : p = b + s, p \notin B^{n-1}, b \in W, s \in S\} \quad (3)$$

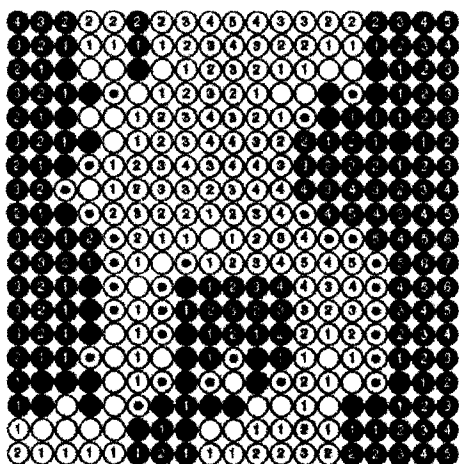


图 3 7 次膨胀运算后

n 为膨胀次数。如图 3, 每次膨胀运算后新膨胀点标以相应次数, 同时到达处标以 \odot , 如此继续, 膨胀 7 次后直至全盘无可膨胀之处。将经膨胀运算出来的棋块称为色域。对于 \odot 处, 可以采用启发式判断决定所属色域。如其大小超过 2×2 可以置为背景, 否则根据其于黑、白双方相邻的实子数决定归

属: 属于相邻的实子数多的一方, 相等时置为背景。同一色域的棋子在空间上相近, 初步聚类为同一棋群。这样, 根据图 3 可以得到如图 4 所示的初步聚类结果, 图中标以相同字母的棋子属于同一棋群。

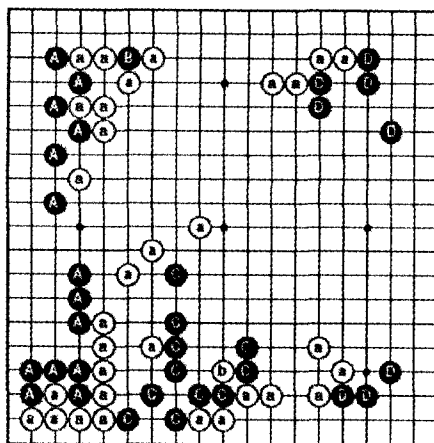


图 4 初步聚类

5 棋群聚类算法的完善

初步聚类后的棋群有时并不完善。如图 4 所示, 对应于图 1 中的 \odot 和 \ominus 分别被聚类成了两个单独的棋群 $\textcircled{1}$ 和 $\textcircled{2}$, 这不符合人类棋手的判断。这种被对方棋群包围的棋子一般个数很少, 相应的色域也小, 它们是一个独立的棋群还是属于被包围的对方棋群应进一步判断。以待考察的棋群的棋子数量为序, 少者优先, 因为一般来说, 棋子数量越少实际为死子的可能越大。如果某棋群经搜索确认已活(假设周边棋子已活)则可确认为独立棋群, 否则属于周边棋群。若疑为死棋群, 但当继续考察其周边异色棋群时如果也不活, 即可将此二者结合起来考察, 转化为对杀问题。如此依次考察, 直至判断结果稳定为止。

如果初步聚类的棋群过大, 应该进行分割。如图 4 所示, 对应于图 1 中的棋块 $\textcircled{1}$ 、棋块 $\textcircled{2}$ 、棋块 $\textcircled{3}$ 、棋块 $\textcircled{4}$ 和棋块 $\textcircled{5}$ 被聚类为一个棋群, 而人类棋手因为它们之间的空旷区域较大倾向于分割为两个棋群, 即棋群 $\textcircled{1} \textcircled{2} \textcircled{3}$ 和棋群 $\textcircled{4} \textcircled{5}$ 。减小膨胀次数, 导致色域分离即可实现棋群分割。经验表明, 膨胀次数取为 3 比较合适。

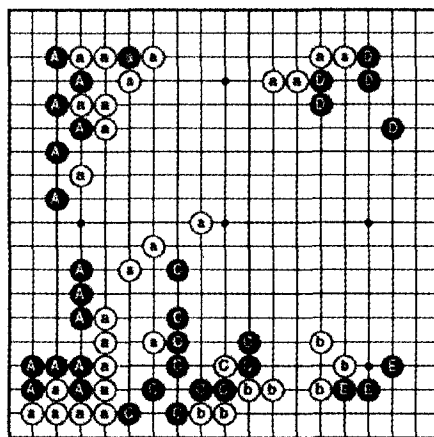


图 5 最终聚类

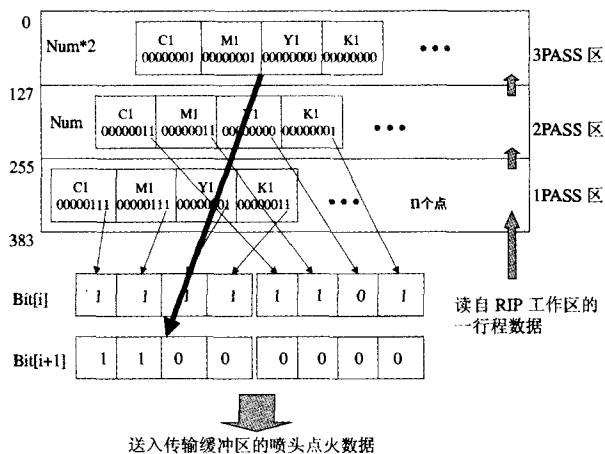


图3 3PASS 喷印工作区的数据存取

为了保证喷印工作速度,在喷印工作区采取4灰度数据移位递减处理方法。将每像素4灰度数据以一个全字节方式放入喷印工作区,0级用全0表示,1级用00000001,2级用00000011,3级用00000111。组织当前点点火数据时,对喷印工作区中所有数据只取最低位,之后将所有数据右移1位并滚动到下一PASS区中。一个行程中,3PASS同时喷印;行程结束后,喷头组前进128个喷嘴距离。按上述方式存储虽然浪费一些喷印工作区空间,但组织当前点点火数据和处理灰度数据递减操作的时间效率明显提高。

3.3 算法

4级半色调3PASS喷印主算法:

- (1) 读入图像文件首2行数据到RIP工作区;
- (2) 对当前行程调用单行程RIP算法;
- (3) 根据3组喷头的偏移位置,把RIP工作区中的数据按每像素一字节形式映射到喷印工作区的1PASS区;
- (4) 对整个喷印工作区,提取一行程各点的点火驱动数据并送至传输缓冲区;
 - (4.1) 取1PASS区当前第*i*个喷嘴CMYK数据4byte的最低位各1bit,按照CMYK顺序写入BIT[*i*]的高4位;
 - 取2PASS区当前第*i*个喷嘴CMYK数据4byte的最低位各1bit,按照CMYK顺序写入BIT[*i*]的低4位;
 - 取3PASS区当前第*i*个喷嘴CMYK数据4byte的最低

位各1bit,按照CMYK顺序写入BIT[*i*+1]的高4位;

- (4.2) 重复(4.1)直到128个喷嘴数据提取完转3.3;
- (4.3) 重复(4.1)、(4.2)直到一行程的点火驱动数据提取完;
- (5) 通过USB口发送传输缓冲区中的喷头点火数据;
- (6) 对喷印工作区中的数据全部右移一位,向上滚动喷印工作区中数据到下一PASS区;
- (7) 如完成最后一行程,结束,否则转1。

单行程RIP算法:

- (1) 读入图像文件中一行程数据M行到RIP工作区第2至M+2行;
- (2) 执行多阈值调制4级误差扩散算法生成4灰度级别喷印数据;
- (3) 按喷头的4色距离重新组合4色数据,并按喷头摆放位置装配好;
- (4) 加入喷嘴自动清洗条控制数据;
- (5) 将RIP工作区最后两行移到首2行;
- (6) 结束。

结论 基于多级半色调技术的二级多遍喷墨输出方法已经在AMPLE3200平板式喷墨印刷机上使用,设备印刷输出速度保持在25m²/h,画面质量明显改善,消除了半色调多遍喷印产生的粗糙纹理,说明二级多遍输出是提高大幅度二级喷墨打印设备输出画面质量的有效方法。AMPLE3200平板式喷墨印刷机是我们2004年开发的新机型,目前正在广东顺德宏垒皮革制造有限公司试运行,主要用于皮革花纹和图案印刷。

参考文献

- 1 Lee Je-ho, Allebach J P. Inkjet Printer Model-Based Halftoning [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2005, 14(5): 674~688
- 2 Lau D L, Arce G R, Gallagher N C. Green-noise digital halftoning [A]. International Conference on Image Processing [C]. Proceedings of the IEEE, 1998, 86(12): 2424~2444
- 3 Yu Qing, Parker K J, Spaulding K, et al. Improved digital multi-toning with over-modulation scheme [A]. Color Imaging: Device-Independent Color, Color Hardcopy and Graphic Arts III [C]. SPIE, 1998, 3300: 362~373
- 4 Ostromoukhov V, Hersch R D. Structure artifact free multi-level error diffusion algorithm [A]. International Symposium on Electronic Image Capture and Publishing [C]. SPIE, 1998, 3409
- 5 Eschbach R, Fan Zhigang, Knox K T, et al. Threshold modulation and stability in error diffusion [J]. IEEE Signal Processing Magazine, 2003, 20(4): 39~50
- 6 Zhou Bingfeng, Fang Xifeng. Improving mid-tone quality of variable-coefficient error diffusion using threshold modulation [J]. ACM Transactions on Graphics, 2003, 22(3): 437~444

(上接第174页)

还可以进行某些特殊棋形的模式匹配,加入启发式判断以使聚类结果更合理。综合采用这些措施后,棋群的最终聚类结果如图5所示,比初步聚类结果更符合人类棋手的判断。此例为专业棋手实战对局。

结果及讨论 以专业棋手实战对局250谱检测此算法,聚类结果符合业余二段棋手的判断的占72%,说明此算法是行之有效的。

这种基于数学形态学的棋群聚类算法运算简单,如果初步聚类结果不合适时还需结合某些搜索算法,但这是在棋群初步确定的基础上进行的,搜索空间已大大减小。

该算法尚未考虑劫对棋群聚类的影响。劫是一个非常复杂的问题,因为涉及到劫材的多少,而这其实是一个全局性问题。轮下方不同,棋群聚类结果也可能不同,实战中这种局面常常出现,所以在实际聚类时必须考虑到这一点,这样,棋群聚类结果具有一定动态性,需进一步结合局面评价函数完成选点任务。此算法对于不同棋手的对局的聚类效果可能不一样,如棋风飘逸型较棋风稳重型的棋手的棋群聚类动态性

大,可以结合聚类结果的历史进行判断以求聚类结果的合理。

有些研究尽管没有提到数学形态学,但其采用的方法实属于数学形态学方法,如估计棋群外势的影响时的距离算法^[6]。这些启发式算法受启发于围棋概念如“气”的概念本身,若进一步和数学形态学的概念结合,并充分利用数学形态学在图像处理领域已有的研究成果,可发现更多的可调节因素,设计出更多有弹性的启发式算法。

参考文献

- 1 Müller M. Computer Go. Artificial Intelligence, 1992, 134: 145~179
- 2 Sonka M, 等著. 图像处理、分析与机器视觉. 艾海舟, 等译. 北京: 人民邮电出版社, 2003
- 3 Zobrist A. A model of visual organization for game of Go. In: proc. of the spring joint computer conference, 1969, 34: 103~112
- 4 Smith C. A Computer-Go board evaluation function. [PhD Thesis]. Department of Computer Science at Trinity University, 2004
- 5 Bouzy B. Mathematical morphology applied to computer Go. International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence, 2003 17(2), 257~268
- 6 van der Werf E. AI techniques for the game of Go. [PhD thesis]. Universiteit Maastricht, Maastricht, The Netherlands, 2004