

基于 LabVIEW 的五子棋博弈算法

毛丽民^{1*}, 朱培逸¹, 卢振利^{1,2}, 彭伟伟¹

(1. 常熟理工学院 电气与自动化工程学院, 江苏 常熟 215500;

2. 机器人学国家重点实验室(中国科学院 沈阳自动化研究所) 沈阳 110014)

(* 通信作者电子邮箱 maolimin_1981@163.com)

摘要: 针对目前五子棋人机对弈多数基于电脑、手机, 缺少真实环境的问题, 提出一种基于 LabVIEW 的博弈算法, 并运用于真实的五子棋人机对弈。首先通过图像采集系统获取当前状态下棋盘及人机双方棋子的位置信息; 然后对棋局的局势进行分析; 同时为了提高下棋的效率, 对棋型进行了分类, 并对原有的博弈算法进行改进, 采用进攻和防守两个权值简化决策过程。通过真实的对弈测试表明, 基于 LabVIEW 的五子棋博弈算法能快速、准确地实现五子棋的人机对弈。

关键词: 五子棋; 博弈; LabVIEW; 人机对弈; 机器人

中图分类号: TP242.6 **文献标志码:** A

Gobang game algorithm based on LabVIEW

MAO Limin^{1*}, ZHU Peiyi¹, LU Zhenli^{1,2}, PENG Weiwei¹

(1. School of Electric and Automatic Engineering, Changshu Institute of Technology, Changshu Jiangsu 215500, China;

2. State Key Laboratory of Robotics (Shenyang Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences), Shenyang Liaoning 110014, China)

Abstract: The current researches of Gobang man-machine game are mostly based on the computer, mobile phone, which are lacking real environments. In order to solve the problem, a game algorithm based on Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench (LabVIEW) was proposed, and was applied to Gobang man-machine game in real environment. Firstly, the state information of the chess board and the man-machine chess pieces location on both sides in the current state were obtained by the image acquisition system. Then the game situation was analyzed. In order to improve the efficiency of chess, the chess type was classified, and the original game algorithm was improved by using two weights of attack and defense to simplify the decision-making process. The experimental results of real game tests prove that the proposed algorithm based on LabVIEW can realize the Gobang man-machine chess fast and accurately.

Key words: Gobang; game; Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench (LabVIEW); man-machine game; robot

0 引言

据国际机器人联盟 (International Federation of Robotics, IFR) 预测 2017 年娱乐机器人销售预计为 800 万台, 销售额达 21 亿美元。现阶段我国的娱乐机器人产业正处于起步状态, 研究与设计还停留在实验室研发阶段^[1], 而对棋类机器人的研发相对较少, 制造一种能满足大众、性价比高的五子棋人机对弈机器人显得非常有必要。

实验虚拟仪器工程平台 (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench, LabVIEW) 是美国国家仪器公司研制的一种基于图形化编程语言的开发系统, 提供了丰富的数据采集、存储的库函数, 使用图形化的设计方法, 便捷有效^[2]。基于 LabVIEW 的图像处理通常是采用视觉开发模块, 该模块由美国国家仪器视觉开发环境 (National Instruments NI Vision Builder, NI Vision Builder) 和 IMAQ Vision 组成。IMAQ Vision 工具包中图像处理功能和机器视觉功能, 用户只需按照自己的设计连接相应模块, 修改参数就可以完成对获得图

像的处理, 实现机器视觉。该方法与传统的语言开发方式相比, 大幅度地降低了难度, 缩短了开发周期^[3]。

本文将传统的五子棋游戏与现代的机器人技术相结合, 以 LabVIEW 为开发平台, 通过采集棋盘信息、分析棋势、判断棋型、进行估分, 并最终实现人机对弈。不仅可以解决老年群体的娱乐问题, 也会让青少年群体喜欢。而未来的娱乐机器人也将朝着灵巧化、智能化方向发展, 多传感器、人机交互、人工智能等技术将扮演着重要角色。

1 对弈机器人的系统方案设计

1.1 五子棋棋盘

本文采用自制的五子棋棋盘, 整个棋盘为标准的正方形, 由纵横各 15 条等距离、垂直交叉的平行线构成, 形成 225 个交叉点, 作为棋盘落子点^[4], 邻近两个交叉点的距离略大于棋子的直径。棋盘的底色选用黄色, 格线为黑色。

棋盘上的纵线从右到左用英文大写字母 A~O 顺序标记, 横线从上到下用阿拉伯数字 1~15 顺序标记, 如图 1 所

收稿日期: 2015-10-29; 修回日期: 2016-02-01。 基金项目: 苏州市科技计划项目 (SYG201504)。

作者简介: 毛丽民 (1981—) 男, 江苏常熟人, 讲师, 硕士, 主要研究方向: 机器人控制、目标跟踪; 朱培逸 (1980—) 男, 安徽安庆人, 讲师, 博士, CCF 会员, 主要研究方向: 智能控制、数据融合; 卢振利 (1974—) 男, 沈阳辽宁人, 讲师, 博士, CCF 会员, 主要研究方向: 智能控制、机器视觉; 彭伟伟 (1993—) 男, 江苏盐城人, 工程师, 主要研究方向: 数据采集、信号处理。

示。由于每条纵线都对应着一个大写英文字母, 每条横线对应一个阿拉伯数字, 棋盘上的每一个交叉点用大写英文字母和阿拉伯数字的组合来表示出来, 英文字母在前, 阿拉伯数字在后。如正中间的天元星为“H8”, 不可写为“8H”。

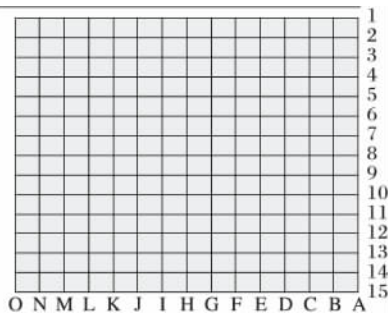


图 1 棋盘示意图

1.2 五子棋游戏规则

五子棋有很多游戏规则, 如禁手规则、无禁手规则、规则交换格式 (Rule Interchange Format, RIF) 正式规则等。相对而言, “有禁手”的游戏规则多用于专业比赛, 而“无禁手”的游戏规则更为大众些。本文以无禁手规则作为对弈机器人的游戏规则^[5]。游戏规则如下:

黑白双方依次落子, 由玩家确定棋子颜色和落子顺序, 若先由机器人开始下棋, 则机器人在天元位置 (H8) 放第一颗棋子, 若由玩家先开始下棋, 玩家可以放在棋盘的任意格点上, 机器人无条件接受, 接下来双方交替。在游戏过程中双方可以选择放弃下子机会, 若任一方先在棋盘上形成竖向、横向或斜向的连续五个 (含五个以上) 相同颜色的棋子为胜, 下棋过程中不可以悔棋。

2 五子棋博弈算法设计

五子棋博弈算法体现了五子棋机器人的棋艺水平, 主要包括对棋局的棋势分析, 判断自己与对手的模型, 然后根据模型对棋盘上的空点进行估分, 本着对自己更有利的原则, 选择分值最高的空点下子^[6]。本文涉及的算法函数包括搜索函数、模型判断、估值函数和胜负判断, 算法系统函数分类及关系如图 2 所示。

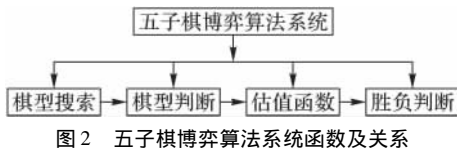


图 2 五子棋博弈算法系统函数及关系

2.1 五子棋棋盘信息存储

本文使用二维数组来储存棋盘的信息。首先以 15*15 的二维数组为整个棋盘建立一张用来记录棋子信息的表格 (其中 15*15 表示棋盘的大小), 用“0”表示当前该格点无棋子, “1”表示当前该格点有对方棋子, “2”表示当前该格点有己方棋子^[7]。

2.2 模型分类

为了更好地简化五子棋算法, 提高开发效率, 本文对五子棋的模型进行了分类, 具体模型如表 1 所示。模型分析程序如图 3 所示。注: (1) 举例图形中, ⊗ 代表需要估分的空位, ○ 代表白子, ● 代表黑子; (2) 此分类只是针对模型, 不包括具体模型中的不同棋子情况。

2.3 模型搜索与判断函数的设计

模型搜索的方法有很多, 可根据算法的要求, 选择具有不

同广度和深度的方法, 进行搜索。

本文对整个棋盘上的空点进行遍历式分析, 主要以待分析的空点为中心, 对空点的 8 个方向依次进行搜索, 其中以右方向为起始方向, 标为 1, 如图 4 所示。

表 1 模型分类表

模型	模型描述	举例
空	从空位出发沿任意方向搜索, 连续有 2 个空位	
边界冲	从空位出发沿任意方向搜索, 直接出边界	
边界空冲	从空位出发沿任意方向搜索, 经过 1 个空位后出边界	
活	从空位出发沿任意方向搜索, 某一方形成 4 个、3 个或 2 个相同颜色的棋子相连, 或只有 1 个棋子, 并且其两端为空位	
冲	从空位出发沿任意方向搜索, 某一方形成 4 个、3 个或 2 个相同颜色的棋子相连, 或只有 1 个棋子, 并且有一端有对方棋子或者边界, 另一端为空位	
空活	从空位出发沿任意方向搜索, 经过 1 个空位后, 遇到活模型	
空冲	从空位出发沿任意方向搜索, 经过 1 个空位后, 遇到冲模型	
五子	某一方形成五个 (或五个以上) 相同颜色的棋子	

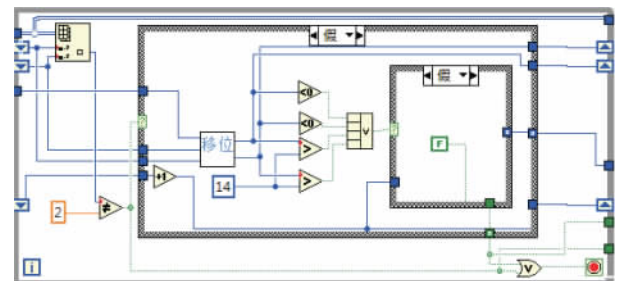


图 3 模型分析程序

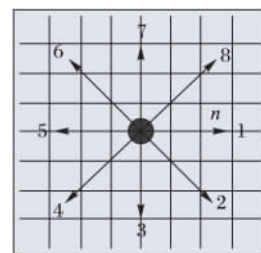


图 4 搜索方向示意图

在搜索的同时, 在每个方向上进行移动, 移动方向与搜索方向一致, 每次移动距离为 1 个格点, 若首次移动时连续遇到两个

空点或者边界则停止该方向上的搜索;若首次遇到黑子或白子后,再次遇到与上次颜色相反的棋子、空点或边界则该方向上的搜索结束。每次棋子移动后,记录该点上的棋子类型^[8]。

如上所述,在 8 个方向上搜索所记录的是不完整的模型。将两个搜索方向相反的记录组合为一组模型,可以得到四组完整的模型信息,然后参考表 1 进行模型分类。AI (Artificial Intelligence) 程序如图 5 所示,移位程序如图 6 所示。

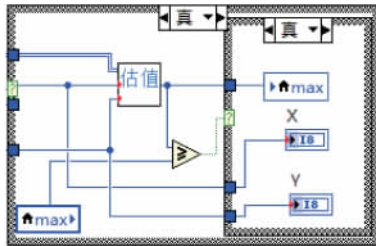


图 5 AI 主程序

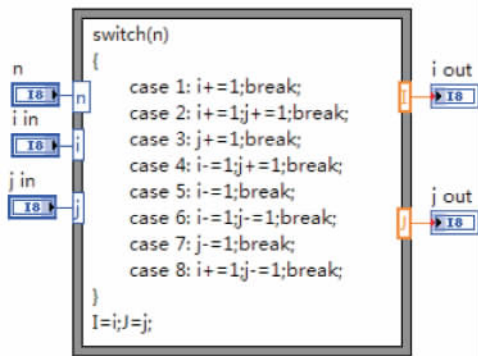


图 6 移位程序

2.4 估值函数

在对弈过程中,机器人首先需要对棋盘上每一个空位进行估值,根据空位分值的大小,选择合适的落子位置。通常使用的估值方法有两种:

1) 模板估值法。模板估值法首先将各种模型做成对应的模板,并确定好分值,然后将棋局拆解成多种模板的组合,再根据模板对棋局进行估算。该估值方法最大的优点在于实战效果好,但需要做大量的实验训练,根据实战效果不断调整模板的估值,耗费很多时间^[9]。

2) 加权估值法。加权估值法通常需要考虑双方当前攻击力差值 A_1 、潜在攻击力差值 A_2 、棋子的紧密度差值 A_3 和棋子的位置价值 A_4 等,最终的估值为:

$$F(n) = \sum_{i=1}^n (Q_i \times A_i) \tag{1}$$

其中: Q_i 是各因素的权值,其值可根据逻辑分析推理得出。该方法的优点在于权值的确定不需做大量的实验,但缺点是考虑的因素越多,分析的难度越大^[10]。

本文在加权估值法的基础上结合了模板估值方法的优点,对加权估值法加以改进,使其更适合本机器人的设计。首先建立一个三维数组 $value[2][4][4]$ 来为每一种模型确定分值,然后对空位周围的 4 个模型进行分类和模板匹配,自己的模型分值分别为 A_i , 对手的模型分值分别为 B_i , 然后通过加权求和,实现对不同组合的复杂模型进行估值。其估值函数如公式(2)所示。

$$F(n) = \sum_{i=1}^n [(Q_i \times A_i) + (P_i \times B_i)] \tag{2}$$

其中: Q_i 为进攻权值, P_i 为防守权值,不同类型的模型对应有

不同的权值。

该估值方法将模板估值和加权估值相结合,只有进攻和防守两个权值,当对手的分值超过自己的分值则采取防守策略,当自己的分值超过对手的分值则采取进攻策略。首先根据每种模型的优先级给出粗略的评分值,然后通过大量实验找出最佳的权值,权值确定后,再通过调试对各种模型的分值进行调整,以得到合适的分值。该方法既考虑到自己的进攻,又考虑到对对手的防守,估值的准确程度可以达到五子棋初级水平。模型分值表如表 2 所示,共存储了 32 种模型的值^[11]。

表 2 各类模型评分规则

模型	棋子数			
	1 个	2 个	3 个	4 个
己活	40	400	300	10000
己冲	6	10	600	10000
己空活	20	120	200	0
己空冲	6	10	500	0
对活	30	300	2500	5000
对冲	2	8	300	8000
对空活	26	160	0	0
对空冲	4	20	300	0

本文以博弈过程中具有代表性的步骤作示范,其中机器人选用白色棋子,玩家选用黑色棋子。由机器人先开始下棋,机器人则选择 H8 (天元位置) 下第一颗白子,然后玩家在 I9 下第一颗黑子,经过几步后模型如图 7 所示,接下来由机器人下第六颗棋子,调用五子棋 AI 算法对棋局进行分析,分析结果如表 3 所示(只选取这些棋子周边紧邻的几个紧要空位作分析,图中 \emptyset 表示空位)。

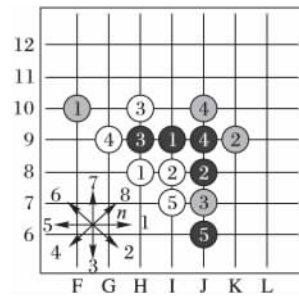


图 7 模型分析示意图

表 3 空位估分汇总

方向 (n)	1		2		3		4	
	模型	分值	模型	分值	模型	分值	模型	分值
1	己空活 1	20	空	0	空	0	空	0
2	己冲 3	600	空	0	空	0	空	0
3	空	0	空	0	对活 1	30	对活 2	300
4	空	0	对冲 1	2	空	0	对冲 1	2
5	空	0	对冲 3	300	己活 1	40	己空活 1	20
6	空	0	空	0	对空活 1	26	空	0
7	空	0	空	0	对活 2	300	空	0
8	空	0	空	0	空	0	空	0
总分值	630		312		2256		337	

由表 3 的分析结果可知,棋盘上其他空位分值均没有空位 3 的分值高,故选择空位 3 下第六颗棋子进行防守,图 8 为机器人下的第六颗棋子。

事实证明,空位 3 为机器人最好的走棋路线,估值程序如图 9 所示。

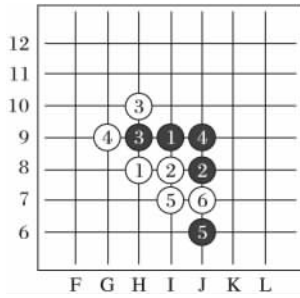


图 8 机器人第六步落子

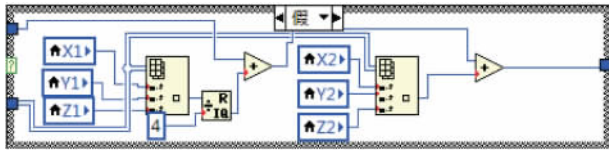


图 9 估值程序

2.5 胜负判断

每下一步棋都需进行胜负判断,需要对每个方向上相同颜色棋子进行统计,大于等于 5 颗棋子则就已分胜负^[12]。胜负判断的流程如图 10 所示,胜负判断程序如图 11 所示。

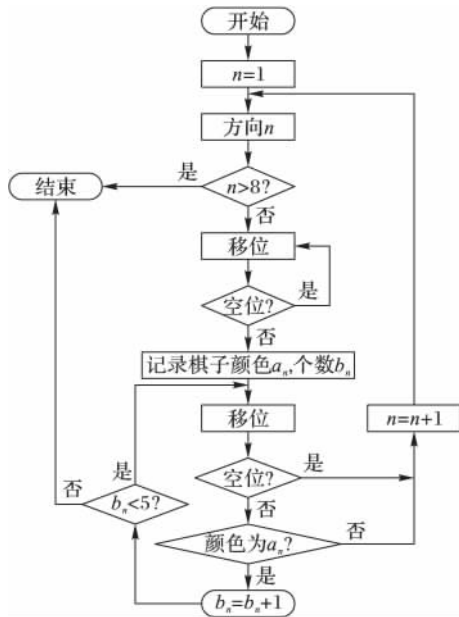


图 10 胜负判断流程

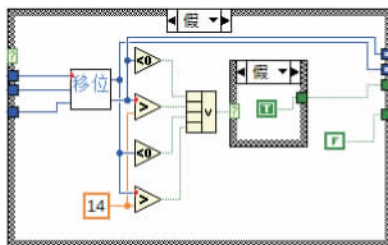


图 11 胜负判断程序

3 对弈机器人的调试

机器人选取白色棋子,玩家选取黑色棋子,由于下棋步数较多,本文选取部分棋局作演示。本次棋局由机器人先下棋,下棋坐标为 H8,五子棋实物如图 12 所示,下棋过程如图 13 所示。由图 13(b)可知,机器人落在 H6 位置,选择防守策略;图 13(c)中机器人落在 I7 位置,既进行了防守也参与进攻;而图 13(d)中机器人落在 G9 位置,选择进攻策略;图

13(e)中落在 F9 位置,选择防守策略;图 13(f)、图 13(g)和图 13(h)、图 13(i)中机器人分别落在 J6、I6、I8 和 J8 位置,选择了连续进攻的策略。由于玩家的疏漏,机器人经过多次进攻后最终取得了胜利,如图 13(g)所示。

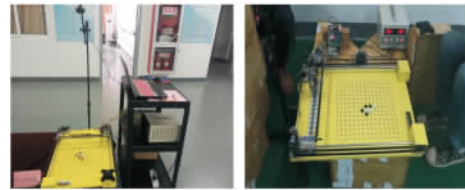


图 12 五子棋实物

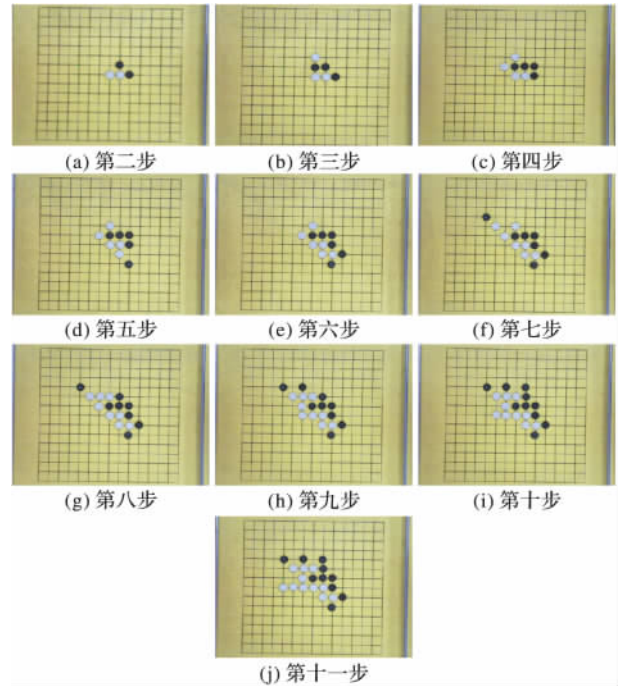


图 13 博弈测试

4 结语

本文以 LabVIEW 为开发工具,从棋型分类入手,对棋型进行了研究,对整个棋盘上的空点进行遍历式分析,在加权估值法的基础上结合了模板估值方法的优点,对加权估值方法加以改进,并给出了空位估值表,结合实例对棋局进行分析。该方法既考虑到自己的进攻,又考虑到对对手的防守,从机器人的走棋路线分析可知,本文的博弈算法是可行的。

参考文献:

- [1] 谭民,王硕. 机器人技术研究进展[J]. 自动化学报, 2013, 39 (7): 963 - 972. (TAN M, WANG S. Research progress on robotics [J]. Acta Automatica Sinica, 2013, 39 (7): 963 - 972.)
- [2] 刘春英,吴德华. 基于 LabVIEW 的车牌图像识别技术研究与应用[J]. 廊坊师范学院学报(自然科学版) 2010, 10(2): 45 - 47. (LIU C Y, WU D H. A research on vehicle license plate image recognition technology based on LabVIEW and its application [J]. Journal of Langfang Teachers College (Natural Science Edition), 2010, 10 (2): 45 - 47.)
- [3] 丁晟,蒋晓瑜,汪熙. 基于 LabVIEW 的图像处理技术研究[J]. 微计算机信息 2010, 26(10-2): 204 - 205. (DING S, JIANG X Y, WANG X. Study on the image processing technology based on LabVIEW [J]. Control and Automation, 2010, 26(10-2): 204 - 205.)

(下转第 1638 页)

- maties, 2001, 15(1): 89–92.)
- [4] DUDOIT S, FRIDLAND J. A prediction-based resampling method for estimating the number of clusters in a dataset [J]. *Genome Biology*, 2002, 3(7): 1–21.
- [5] HALKIDI M, BATISTAKIS Y, VAZIRGIANNIS M. Clustering validity checking methods: part II [J]. *ACM SIGMOD Record*, 2002, 31(3): 19–27.
- [6] 范九伦, 吴成茂. 可能性划分系数和模糊变差相结合的聚类有效性函数[J]. *电子与信息学报*, 2002, 24(8): 1017–1021. (FAN J L, WU C M. Clustering validity function based on possibilistic partition coefficient combined with fuzzy variation [J]. *Journal of Electronics and Information Technology*, 2002, 24(8): 1017–1021.)
- [7] YU J, CHENG G. Search range of the optimal number of clusters in fuzzy clustering [J]. *Science in China (Series E)*, 2002, 32(2): 274–280.
- [8] SUN H, WANG S, JIANG Q. FCM-based model selection algorithms for determining the number of clusters [J]. *Pattern Recognition*, 2004, 37(10): 2027–2037.
- [9] BOUGUessa M, WANG S, SUN H. An objective approach to cluster validation [J]. *Pattern Recognition Letters*, 2006, 27(13): 1419–1430.
- [10] 孙吉贵, 刘杰, 赵连宇. 聚类算法研究[J]. *软件学报*, 2008, 19(1): 48–61. (SUN J G, LIU J, ZHAO L Y. Clustering algorithms research [J]. *Journal of Software*, 2008, 19(1): 48–61.)
- [11] CELEBI M E, KINGRAVI H A, VELA P A. A comparative study of efficient initialization methods for the *k*-means clustering algorithm [J]. *Expert Systems with Applications*, 2013, 40(1): 200–210.
- [12] 陈黎飞, 姜青山, 王声瑞. 基于层次划分的最佳聚类数确定方法[J]. *软件学报*, 2008, 19(1): 62–72. (CHEN L F, JIANG Q S, WANG S R. A hierarchical method for determining the number of clusters [J]. *Journal of Software*, 2008, 19(1): 62–72.)
- [13] PAKHIRA M K, BANDYOPADHYAY S, MAULIK U. A study of some fuzzy cluster validity indices, genetic clustering and application to pixel classification [J]. *Fuzzy Sets and Systems*, 2005, 155(2): 191–214.
- [14] WANG W, ZHANG Y. On fuzzy cluster validity indices [J]. *Fuzzy Sets and Systems*, 2007, 158(19): 2095–2117.
- [15] REZAEI B. A cluster validity index for fuzzy clustering [J]. *Fuzzy Sets and Systems*, 2010, 161(23): 3014–3025.
- [16] ALEX R, ALESSANDRO L. Machine learning. Clustering by fast search and find of density peaks [J]. *Science*, 2014, 344(6191): 1492–1496.
- [17] AGRAWAL R, GEHRKE J, GUNOPULOS D, et al. Automatic subspace clustering of high dimensional data [J]. *Data Mining & Knowledge Discovery*, 2005, 11(1): 5–33.
- [18] MEDEIROS C M S, BARRETO G A. A novel weight pruning method for MLP classifiers based on the MAXCORE principle [J]. *Neural Computing & Applications*, 2013, 22(1): 71–84.

Background

This work is partially supported by the National Natural Science Foundation of China (61572301, 90612003), the Shandong Provincial Natural Science Foundation (ZR2013FM008).

PANG Lin, born in 1991, M. S. candidate. Her research interests include data mining, big data analysis.

LIU Fang'ai, born in 1962, Ph. D., professor. His research interests include wireless network, distributed computation.

(上接第 1633 页)

- [4] 张明亮, 吴俊, 李凡长. 五子棋机器博弈系统评估函数的设计[J]. *计算机应用*, 2012, 32(7): 1969–1972, 1990. (ZHANG M L, WU J, LI F C. Design of evaluation-function for computer gobang game system [J]. *Journal of Computer Applications*, 2012, 32(7): 1969–1972, 1990.)
- [5] 朱全民, 陈松乔. 五子棋算法的研究与思考[J]. *计算技术与自动化*, 2006, 25(2): 71–74. (ZHU Q M, CHEN S Q. Gobang algorithm research and think [J]. *Computing Technology and Automation*, 2006, 25(2): 71–74.)
- [6] 张小川, 候鑫磊, 涂飞. 博弈机器人的行为规划[J]. *重庆理工大学学报(自然科学版)*, 2014, 28(4): 99–103. (ZHANG X C, HOU X L, TU F. Behavior planning for the game robot [J]. *Journal of Chongqing University of Technology (Natural Science Edition)*, 2014, 28(4): 99–103.)
- [7] 蒋加伏, 陈蔼祥, 唐贤英. 基于知识推理的博弈树搜索算法[J]. *计算机工程与应用*, 2004, 40(1): 74–76. (JIANG J F, CHEN A X, TANG X Y. Search algorithm for game of checkers based on knowledge inference [J]. *Computer Engineering and Applications*, 2004, 40(1): 74–76.)
- [8] 杨云强, 吴姣. 一种改进的基于博弈树模型的五子棋系统[J]. *科学技术与工程*, 2012, 12(5): 1052–1055, 1060. (YANG Y Q, WU J. An Improved Gobang system based on game-playing tree [J]. *Science Technology and Engineering*, 2012, 12(5): 1052–1055, 1060.)
- [9] 张海峰, 白振兴, 张登福. 五子棋中的博弈智能设计[J]. *现代电子技术*, 2004, 27(7): 25–27. (ZHANG H F, BAI Z X, ZHANG D F. Design of playgame intelligence in Gobang [J]. *Modern Electronics Technique*, 2004, 27(7): 25–27.)
- [10] 金元郁, 李新, 刘国建. 基于图像处理的人和机械手象棋对弈系统实现[J]. *青岛科技大学学报(自然科学版)*, 2007, 28(1): 73–75, 93. (JIN Y Y, LI X, LIU G J. Development of man and manipulator's chess-playing system based on image processing [J]. *Journal of Qingdao University of Science and Technology (Natural Science Edition)*, 2007, 28(1): 73–75, 93.)
- [11] 黄立波, 夏庭锴, 王春香, 等. 实时环境下的对弈机器人控制系统设计与分析[J]. *机械*, 2004, 31(6): 50–52. (HUANG L B, XIA T K, WANG C X, et al. Design and analysis of the Chinese-chess robot in real time environment [J]. *Machinery*, 2004, 31(6): 50–52.)
- [12] 吕艳辉, 宫瑞敏. 计算机博弈中估值算法与博弈训练的研究[J]. *计算机工程*, 2012, 38(11): 163–166. (LYU Y H, GONG R M. Study on valuation algorithm and game training in computer game [J]. *Computer Engineering*, 2012, 38(11): 163–166.)

Background

This work is partially supported by the Suzhou Science and Technology Project (SYG201504).

MAO Limin, born in 1981, M. S., lecturer. His research interests include robot control, target tracking.

ZHU Peiyi, born in 1980, Ph. D., lecturer. His research interests include intelligent control, data fusion.

LU Zhenli, born in 1974, Ph. D., lecturer. His research interests include intelligent control, machine vision.

PENG Weiwei, born in 1993, engineer. His research interests include data acquisition, signal processing.