

1-3-2019

## Mining and Validation of Attacking Behavior in the Robocup 2D Simulation

Chen Bing

*1. Information Engineering University, ZhengZhou 450001, China; ;*

Zhang Heng

*1. Information Engineering University, ZhengZhou 450001, China; ;*

Zekai Cheng

*2. Anhui University of Technology, Maanshan 230009, China;*

Dong Peng

*1. Information Engineering University, ZhengZhou 450001, China; ;*

*See next page for additional authors*

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the Artificial Intelligence and Robotics Commons, Computer Engineering Commons, Numerical Analysis and Scientific Computing Commons, Operations Research, Systems Engineering and Industrial Engineering Commons, and the Systems Science Commons

---

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

---

## Mining and Validation of Attacking Behavior in the Robocup 2D Simulation

### Abstract

**Abstract:** Robocup is an international academic competition which focuses on artificial intelligence and robotics. The 2D simulation is one of the earliest and most influential projects in Robocup. Attacking is the core behaviour of the simulated football game, as well as the attack recognition is considered as an important part in team-confrontations. *This paper selects some active and contribution index of attacking, extracts lots of attacking behaviour data of the key agents, proposes two kinds of attacking patterns of 2D simulation, as 'separate attack' and 'cooperative attack', according to the human-player actions.* The following simulation tests give the accuracy of 'separate attack' behaviour detection as 93%, while the 'cooperative attack' behaviour detection as 80%, which proves the existence of two attacking behaviour model and the rationality of the key parameters threshold setting.

### Keywords

Robocup, simulation, model, data mining, behaviour detection

### Authors

Chen Bing, Zhang Heng, Zekai Cheng, Dong Peng, and Lin Chao

### Recommended Citation

Chen Bing, Zhang Heng, Cheng Zekai, Dong Peng, Lin Chao. Mining and Validation of Attacking Behavior in the Robocup 2D Simulation[J]. Journal of System Simulation, 2018, 30(12): 4718-4726.

# Robocup2D 仿真对抗中进攻行为的挖掘与验证

陈冰<sup>1</sup>, 张亨<sup>1</sup>, 程泽凯<sup>2</sup>, 董鹏<sup>1</sup>, 林超<sup>1</sup>

(1.信息工程大学, 郑州 450001; 2.安徽工业大学, 马鞍山 230009)

**摘要:** Robocup (机器人足球世界杯) 是一项针对人工智能、机器人等领域的国际性学术竞赛。其中的 2D 仿真项目起步最早、影响最广。进攻是仿真足球比赛的核心行为, 识别对方的进攻行为十分重要。本文通过进攻活跃度和贡献度指标的筛选, 提取了关键球员的进攻行为数据, 比照人类球员进攻模式提出了“单独进攻”和“合作进攻”两种仿真足球进攻模式。仿真试验, 验证了两种进攻行为的模式的存在性及关键参数阈值设定的合理性, 其中“单独进攻”模式的检验成功率为 93%, “合作进攻”模式的检验成功率为 80%。

**关键词:** Robocup; 仿真; 模式; 数据挖掘; 行为判定

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1004-731X (2018) 12-4718-09

DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.201812028

## Mining and Validation of Attacking Behavior in the Robocup 2D Simulation

Chen Bing<sup>1</sup>, Zhang Heng<sup>1</sup>, Cheng Zekai<sup>2</sup>, Dong Peng<sup>1</sup>, Lin Chao<sup>1</sup>

(1.Information Engineering University, ZhengZhou 450001, China; 2. Anhui University of Technology, Maanshan 230009, China)

**Abstract:** Robocup is an international academic competition which focuses on artificial intelligence and robotics. The 2D simulation is one of the earliest and most influential projects in Robocup. Attacking is the core behaviour of the simulated football game, as well as the attack recognition is considered as an important part in team-confrontations. *This paper selects some active and contribution index of attacking, extracts lots of attacking behaviour data of the key agents, proposes two kinds of attacking patterns of 2D simulation, as 'separate attack' and 'cooperative attack', according to the human-player actions. The following simulation tests give the accuracy of 'separate attack' behaviour detection as 93%, while the 'cooperative attack' behaviour detection as 80%, which proves the existence of two attacking behaviour model and the rationality of the key parameters threshold setting.*

**Keywords:** Robocup; simulation; model; data mining; behaviour detection

## 引言

Robocup (机器人足球世界杯), 由加拿大英属哥伦比亚大学的 Mackworth 教授于 1992 年发起。

其目的是以竞赛对抗的形式, 促进智能机器人技术的发展和人工智能的研究。随着智能技术的进步和快速发展, 该赛事现已成为全球性机器人比赛中学术氛围最浓厚的赛事之一。仅 2017 年, 就有来自 50 多个国家与区域的 500 支队伍参与其中。

RoboCup2D 仿真作为 Robocup 经典的项目之一, 是由开发者指派 Agent 球员组成的球队在一个标准比赛软件平台上进行足球对抗。仿真比赛的优势之一就是可以进行过程行为的复现, 便于人类总



收稿日期: 2018-04-20 修回日期: 2018-07-16;  
基金项目: 国家自然科学基金(11673076, 41604011);  
作者简介: 陈冰(1982-), 男, 湖北孝感, 博士生, 副教授, 研究方向为复杂系统仿真, 天文导航; 张亨(1996-), 男, 河北石家庄, 学士, 研究方向为机器人仿真, 数据挖掘; 程泽凯(1975-), 男, 安徽巢湖, 硕士, 副教授, 研究方向为多智能体复杂系统。

<http://www.china-simulation.com>

• 4718 •

结规律。Robocup2D 仿真比赛,会产生记录比赛信息的详细日志数据文件(下文简称“日志”)。日志中全面记录了对抗双方的各种信息,包括:双方球员信息、队伍配置、球员执行命令情况、球的状态、教练信息、球场参数等<sup>[1]</sup>。日志数据内容详尽,但之前研究者对日志研究的关注度低。近年来随着数据挖掘技术的发展,对于日志挖掘涌现了大量成果。

德克萨斯大学奥斯汀分校的 Gregory Kuhlmann 为推测对方的进攻跑位坐标,假设本位点和吸引力模型是线性模型( $p_x = a_x \times b_x + h_x$ ),离线分析数据,得出线性模型参数,从而求解进攻坐标<sup>[2]</sup>。蒙特雷科技大学的 Aram Baruch 为预测球员跑位区域,将球场分为 60 个长方形区域,以日志为数据源,根据球和球员的所处区域建立搜索树,根据搜索树和球位置对进攻跑位区域进行预测<sup>[3]</sup>。国内的学者宋园为探究球员进攻跑位规律,通过对球场分区,分析日志文件,得到球员的进攻跑位区的频繁项集<sup>[4]</sup>。中国科技大学、安徽工业大学的专家学者也做过类似的研究。

他们的研究普遍侧重于通过数据总结球员在进攻跑位坐标上的规律,根据规律预测进攻跑位的坐标,得到的目标值离散度大,预测结果解释困难。参照人类真实比赛的规律可知,一次有效的进攻不仅受进攻跑位影响,还受到进攻发起区域、进攻方式、射门方式等多重因素影响<sup>[5-7]</sup>,从单一数据指标或局部上研究分析,往往难以全面总结进攻的规律。

本文参照人类真实比赛中关于进攻分析的指标,结合仿真足球的特点,提出仿真足球比赛的进攻模式,确定关键指标及阈值参数,提供更加准确的进攻行为判断方法,以定性的状态判断支撑后续定量研究。该方法应用于 2018 年 RoboCup 机器人世界杯中国赛的赛程中,所在球队获得该项目第 4 名。

## 1 基本概念与方法

### 1.1 球场定义

在 Agent 协调过程中,需要对环境进行分析建模。Robocup 仿真比赛过程中,场上情况复杂多变,在制定应对场上不断变化情况的策略时,无法考虑到所有情况。因此,需要将场上情况进行分类模糊处理。根据球位置进行阵型选择时,将比赛场地划分为射杀区、进攻区、防守区、危险区<sup>[8]</sup>,如图 1 所示。

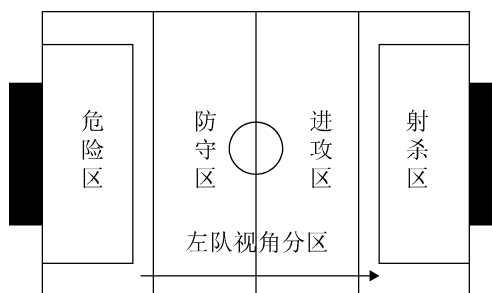


图 1 左队视角下的球场区域划分  
Fig. 1 Field division from the left side of the team

### 1.2 进攻模式的定义

模式,是人们在生产生活实践中经过积累的经验抽象和升华,从不断重复出现的事件中发现和抽象出的规律,是解决问题形成经验的高度归纳总结<sup>[9]</sup>。

足球比赛的进攻模式,是指在足球比赛中,从进攻中总结出来的规律。现代足球发展至今,学者们对体现进攻技战术特征的指标进行了总结和研究,其中有控球率、传球率、射门情况、进攻的传球次数、进攻的传球性质、进攻前的传球方式、进攻前的传球距离、进攻前的传球区域、利用频繁项集的方法分析球队的传球组合等指标<sup>[10-11]</sup>。基于这些指标,可以总结和刻画各支球队的“风格打法”<sup>[12]</sup>。

### 1.3 统计检验方法

#### 1.3.1 数据获取

选择实验球队,令此球队与其他球队循环进行

多场比赛，生成比赛日志。在 Robocup 仿真日志中，除守门员外，踢球(kick)是其他球员除铲球(tackle)外唯一触球动作。根据满足模式起始条件到完成射门动作的周期内，进行过踢球(kick)行为的己方球员数目。如果上述数目为 1 则将其归入单独进攻样本，上述数目大于 1 则将其归入合作进攻样本。对单独进攻样本，提取球到越位线距离小于球到越位线安全阈值的时刻，合作进攻样本，提取球到球门底线距离小于球到球门底线距离安全阈值的时刻。从上述时刻起，向后选择 5 个仿真周期，提取出来日志内容并进行转存，利用其进行后续的状态判别。

### 1.3.2 卡方检验

卡方检验是用途非常广的一种假设检验算法，可以用来度量特征  $t$  和类标  $c$  之间的相关程度。假设  $t$  和  $c$  之间符合具有一阶自由度的  $CHI$  分布。 $t$  和  $c$  的  $CHI$  值由式(1)计算。

$$\chi^2(t,c) = \frac{N(AD - BC)^2}{(A + C)(B + D)(A + B)(C + D)} \quad (1)$$

式(1)中： $\chi^2$  值表示  $CHI$  值； $N$  表示数据集中样本的总个数； $A$  表示包含  $t$  且属于分类  $c$  的样本数； $B$  为包含  $t$  但是不属于  $c$  类的样本数； $C$  表示属于  $c$  类但是不包含  $t$  的样本数； $D$  表示既不属于  $c$  也不包含  $t$  的样本数。 $\chi^2$  的值越大，特征  $t$  和类标  $c$  越相关<sup>[13]</sup>。

## 2 进攻模型判定模型

### 2.1 仿真比赛进攻的关键指标与结构

常见的人类足球数据分析中按照事件<sup>[14]</sup>重要性和出现频率，分为基础数据、发展统计数据、轨迹跟踪数据三大类 7 个等级指标<sup>[14]</sup>。后续学者据此，提出了有效进攻从发起到结束的数据指标<sup>[5]</sup>。根据之前对 Robocup2D 日志数据分析经验，这里选择了其中部分指标。根据指标计算对象不同，指标可分为“球员指标”和“球的指标”两类，如图 2 所示。

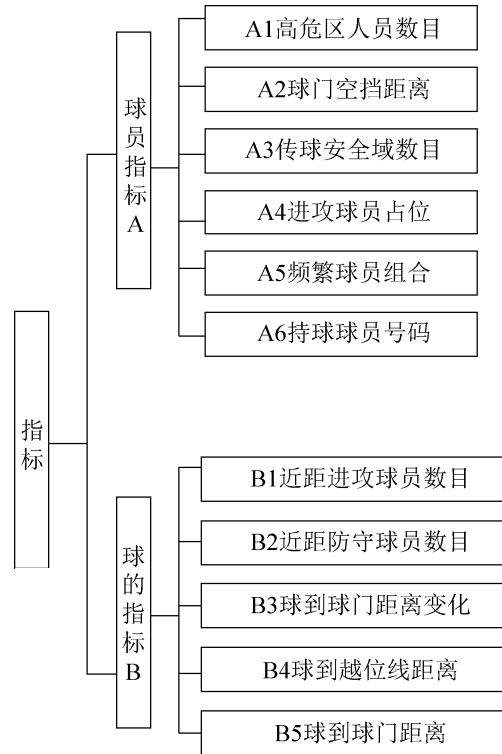


图 2 指标体系图  
Fig. 2 Index system

其中，A1 指标为“高危”区人群数目，用  $N_{da}$  描述。“高危区”具体范围是从球门中心向外 20 米，画两条垂直于球门线的线段，伸向比赛场地 30 米，两端由一条平行于球门线的线段相连。由这些线与球门线围成的区域就是“高危区”。此区域中的人员数目，即为高危区人群数目。如图 3，矩形区域即为高危区，其中人员数目即为高危区人群数目。

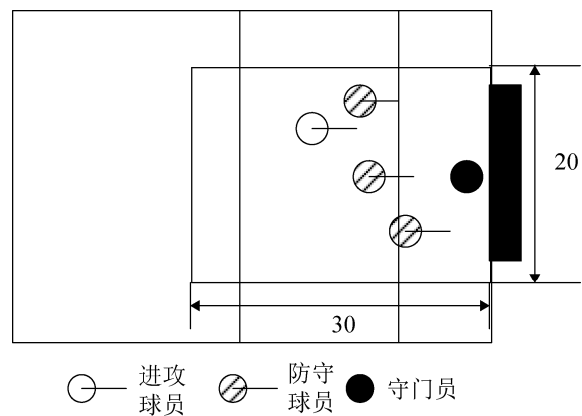


图 3 高危区示意图  
Fig. 3 High-risk area

A2 为球门空挡距离, 用  $d_{nt}$  描述: 进攻球员可以选择的射门目标点, 用  $P_{aim}$  描述, 所有的点组成线段  $l_{aim}$ , 线段长度为球门空挡距离  $d_{nt}$ 。如图 4 所示, ntb1、ntb2、ntb3 三条实线为球门空挡, 其长度之和为球门空挡距离。

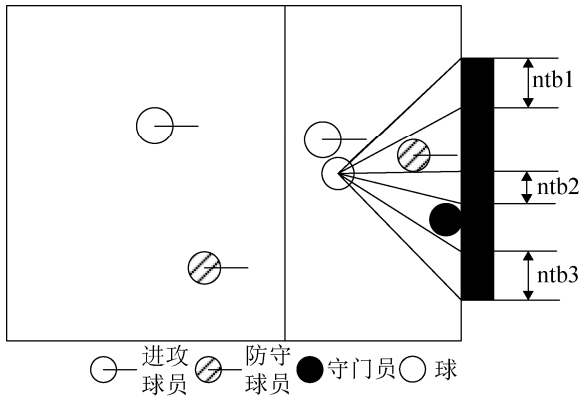


图 4 球门空挡距离示意图  
Fig. 4 Goal space distance

A3 为传球安全区域数目, 用  $N_{ps}$  描述: 将与球的距离小于 10 米的进攻球员组成一个集合  $S$ , 选择集合  $S$  中的一个球员的坐标和球的坐标, 为平行四边形的两点, 以这两点沿水平方向, 向右找出距离两点距离为 5 米的两个点, 这四个点围成的平行四边形中不存在防守球员, 则认为存在前向安全传球域。反之, 以这两点沿水平方向, 向左找出距离两点距离为 5 米的两个点, 这四个点围成的平行四边形中不存在防守球员, 则认为存在后向安全传球域, 每拥有一个安全传球域,  $N_{ps}$  加 1。如图 5 围成的两个平行四边形为前向、后向传球安全域。

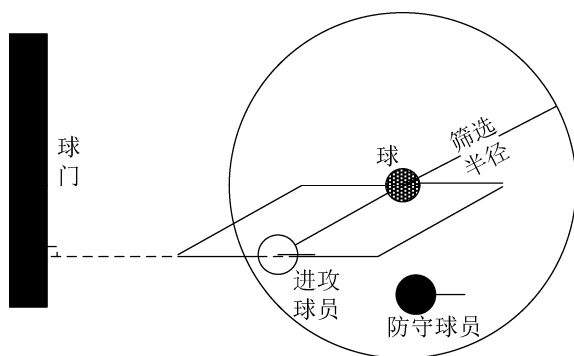


图 5 安全传球域示意图  
Fig. 5 Safe pass filed figure

A4 整体进攻球员的占位: 进攻过程中, 进攻球员坐标, 可组成锐角三角形数目, 用  $N_{tra}$  描述。

A5 频繁球员组合  $S_{att} = \{a, b, c, \dots\}$ : 进攻中, 频繁发生传球配合的球员组合。

A6 持球球员的号码。用  $N_{hb}$  描述: 进攻过程中, 持球球员号码。

B1 近距离进攻方球员数目, 用  $N_{att}$  描述: 以球为圆心, 半径为  $R_{att}$  米做圆, 己方球员在上述圆内的数目。

B2 近距离防守方球员数目, 用  $N_{def}$  描述: 以球为圆心, 半径为  $R_{def}$  米做圆, 防守方球员在上述圆内的数目。

B3 球到球门距离变化速度, 用  $V_{dtg}$  描述: 每周期球到球门中心距离的变化量, 在这里设定变小为正, 变大为负。

B4 球到越位线距离, 用  $d_{ofs}$  描述。

B5 球到球门距离, 用  $d_{goal}$  描述。

## 2.2 仿真比赛进攻状态的判据与判定方法

仿真比赛进攻模式, 即大量仿真比赛数据, 体现出来的进攻规律。单纯研究模式, 多用于赛后复盘分析, 对于实时比赛指导性不强。本文根据模式特性, 提出对于球队进攻状态的判别方法, 将事后时序动作解读, 变为同步状态判断。进攻状态判别可概括为, 若当前位置符合进攻模式初始条件, 并且在多个指标项上的观测值进入阈值范围, 即进入进攻状态。

参考人类足球, 可依据进攻完成是否存在配合, 将仿真进攻状态分为: 未进攻、单独进攻、合作进攻 3 种状态。分别记为 0、1、2, 则进攻状态集合  $S$  满足  $S = \{0, 1, 2\}$ 。

根据之前对球场定义, 如果球进入进攻区就进行进攻状态识别, 对方进攻状态不稳定, 识别意义不高, 同时会消耗有限的计算资源。当球进入射杀区前一定距离, 识别对方进攻状态形式更有益, 选择球到球门距离大于安全阈值为进攻识别起点。但是在研究单独进攻情况时, 经过统计分析发现当球

进入上述区域，一般都经由完成射门球员持球，对于后续防守策略指导性不高。在设计单独进攻跑位时，一般会采取压越位线的策略。统计单独进攻样本，完成射门动作球员，射门前得球位置，发现其位置一般在越位线附近。认定球到越位线距离小于安全距离，为单独进攻起点。足球比赛中，当球到球门或越位线大于安全阈值时，短时间内不会发生进球，顾可认为处于“未进攻”状态，记作

$$S = 0, \text{ if } \begin{cases} d_{ofs} > ofsMin \\ d_{goal} > GoalMin \end{cases} \quad (2)$$

式中： $d_{ofs}$  为球到越位线距离； $ofsMin$  表示设定的球到越位线的安全阈值； $d_{goal}$  为球到球门底线距离； $GoalMin$  表示设定的球到球门的安全阈值。

当球到越位线很近，同时球快速靠近球门，而且球的周围除控球人员外，双方球员数量都较少时，若控球者又是进攻型重点球员。则认为将发生“单独进攻”。记做

$$S = 1, \text{ if } \begin{cases} d_{ofs} < ofsmin \\ N_{hb} \in S_{acc} \\ N_{at} \leq AttplayerMax \\ N_{def} \leq DefplayerMax \\ V_{dtg} \geq 0 \end{cases} \quad (3)$$

式中： $S_{acc}$  表示设定的重点球员号码集合； $AttplayerMax$  表示每支球队最大近距进攻人员数目； $DefplayerMax$  表示每支球队最大近距防守人员数目。

当球到球门底线距离已经很近，同时高危区存在多名球员，且其整体球员站位，均匀度高，易于形成安全传球配合和进攻射门时，认为其“合作进攻”可能性高。具体的进攻方球员站位均匀度，由球门空挡距离、安全传球域数目和锐角三角形数目来表示。公式化描述如式(4)。

$$S = 1, \text{ if } \begin{cases} d_{goal} < Goalmin \\ N_{da} < DaMax \\ \exists i, N_{ips} > psMin \\ \exists j, d_{jnt} > NtMin \end{cases} \quad (4)$$

式中： $DaMax$  表示设定的最大高危区人员数目；

$NtMin$  表示设定的空挡距离最小值； $psMin$  表示设定的安全传球域数目最小值； $N_{ips}$  为第  $i$  名球员的安全传球域数目  $d_{jnt}$  为第  $j$  名球员的空挡距离。 $i, j$  可以不相同。

进攻行为的判定方法可概括为：假设各个模式存在，分析其各个状态，选择可能相关的指标，根据卡方检验判断指标与各个进攻状态相关与否。定义其各个状态的相关指标和对应阈值，之后通过试验来验证上述假设是否正确以及阈值设定合理性。

### 3 仿真试验与验证

#### 3.1 试验设计

试验目的是检验上述假设是否成立。利用指定的 Ubuntu 系统，搭建本地测试环境。Robocup2D 仿真，是对抗类项目，在两方球队的对抗中，才会生成数据。为减少对抗对研究的影响，令一支球队与不同球队进行多场比赛，获得球队遇到不同对手时产生的大量数据，以此来减弱对抗对数据的干扰。

#### 3.2 数据采集与分析

选取 Miracle2D 为分析对象，令其与 Apollo2D、nanqiang、YuShan、BITCS、yunlu 等球队，循环进行多场比赛。将 Miracle2D 每次进攻中，从越过对方半场起到得分的日志内容转存，得到破门得分的进攻样本 8 013 个。

Robocup 仿真中日志中，除守门员外，踢球(kick)是其他球员除铲球(tackle)外唯一触球动作。根据上述模式描述的起始条件，对所有的进攻样本，统计从球到球门底线距离小于 22.5 到成功射门的时间段内，进行过踢球(kick)行为的己方球员数目。如果上述数目为 1 则将其归入单独进攻样本，上述数目大于 1 则将其归入合作进攻样本，按照上述方法得到单独进攻样本 2005 个，合作进攻样本 6 008 个。之后分析样本，对单独进攻样本，提取球到越位线距离小于球到越位线安全阈值的时刻，合作进攻样本，提取球到球门底线距离小于

球到球门底线距离安全阈值的时刻。从上述时刻起, 向后选择 5 个仿真周期, 提取出来日志内容并进行转存, 利用其进行后续的状态判别。以期用短时间数据判别状态。

### 3.3 相关性检验

公式(3)~(4)给出了单独进攻行为、合作进攻行为的判别条件, 这些条件的相关性应在实验数据中得到检验。依据公式(3)中所列除单独进攻行为起点, 需要对其他条件进行对单独进攻的相关性检验。随机选择上述单独进攻状态样本 100 个, 随机选取除单独进攻周期外随机连续 5 周期样本 800 个, 重复进行 4 次特征检测, 计算其各个特征的检测平均值(向下取整), 用于之后的卡方检验。

单独进攻样本中, 持球球员号码属于{11,10,9}的样本数目为 99 个, 不属于的数目为 1 个。非单独进攻样本中, 持球球员号码属于{11,10,9}的样本数目为 306 个, 不属于的数目为 494 个。列联表如表 1 所示。

表 1 球员号码列联表

Tab. 1 Relationship of player's number

球员号码分类	单独进攻状态	非单独进攻状态
球员号码属于{11,10,9}	99	306
球员号码不属于{11,10,9}	1	494

假设持球球员号码与单独进攻状态无关。计算上述列联表的卡方统计量。卡方统计量是 130, 具有 1 个自由度, 给出的 p 值小于 0.001, 拒绝独立性假设, 断定持球球员和单独进攻状态相关。

其余各个数据的统计量如表 2 所示。

分别计算其对应不同条件的卡方检验值, 统计结果以及结论如表 3 所示。

依据公式(4)中所列除合作进攻行为起点, 需要对其他条件进行对单独进攻的相关性检验。随机选择合作进攻样本 100 个, 随机选取除合作进攻周期外随机连续 5 周期样本 800 个, 重复进行 4 次特征检测, 计算其各个特征的检测平均值(向下取整), 用于之后的卡方检验。

表 2 单独进攻条件样本统计表

Tab. 2 Sample statistics of separate attack status

条件	统计类别	单独进攻状态	非单独进攻状态
1	近距离防守球员数目大于 1	98	664
	近距离防守球员数目小于 1	2	136
2	球到球门距离变化大于 0	98	503
	球到球门距离变化小于 0	2	297
3	近距离进攻球员数目大于 1	96	712
	近距离进攻球员数目小于 1	4	88

表 3 单独进攻条件相关性判断表

Tab. 3 Correlation of separate attack status

条件	$\chi^2$	结论
1	14	大于 p 值 0.001 对应卡方值, 拒绝独立性假设, 断定近距离防守球员数目和单独进攻状态相关。
2	4.5	允许错误率大于 4.5% 的情况下, 认定近距离进攻球员数目与单独进攻状态相关。
3	47	大于 p 值 0.001 对应卡方值, 拒绝独立性假设, 断定球到球门距离变化和单独进攻状态相关。

合作进攻各个数据的统计结果如表 4 所示:

表 4 合作进攻条件样本统计表

Tab. 4 Sample statistics of cooperative attack status

条件	统计类别	合作进攻状态	非合作进攻状态
1	存在球员传球安全域数目大于 1	82	211
	不存在球员传球安全域数目大于 1	18	589
2	高危区人员数目大于等于 4	90	213
	高危区人员数目小于 4	10	587
3	存在球员球门空挡距离大于 10	93	179
	不存在球员球门空挡距离大于 10	7	621

分别计算其对应不同条件的卡方检验值, 统计



结果以及结论如表 5 所示。

表 5 合作进攻条件相关性判断表  
Tab. 5 Correlation of cooperative attack status

条件	$\chi^2$	结论
1	122	大于 p 值 0.001 对应卡方值, 拒绝独立性假设, 断定存在安全传球域数目大于 1 的球员和合作进攻状态相关。
2	157	大于 p 值 0.001 对应卡方值, 拒绝独立性假设, 断定高危区人员数目和合作进攻状态相关。
3	206	大于 p 值 0.001 对应卡方值, 拒绝独立性假设, 断定是否存在球门空挡距离大于 10 的球员和合作进攻状态相关。

### 3.4 有效性分析

如前所述, 本文拟采用如下参数作为单独进攻状态的判定依据: 球到越位线距离最小值  $ofsMin$ , 重点球员号码集合  $S_{acc}$ 。每支球队最大近距进攻人员数目  $AttplayerMax$ , 每支球队最大近距防守人员数目  $DefplayerMax$ , 近距进攻球员数目统计中半径  $R_{att}$ , 近距防守球员数目统计中半径  $R_{def}$  等参数。在此设定 4 种阈值组合如表 6。选择一个单独进攻状态样本, 根据表 6 单独进攻状态条件设定表中设置的阈值组合, 利用公式进行判别, 记录其判别成功与否。

表 6 单独进攻状态条件设定表  
Tab. 6 Conditions of single attack status

阈值组合	$ofsMin$	$S_{acc}$	$R_{att}$	$AttplayerMax$	$R_{def}$	$DefplayerMax$
组合 1	5	{11, 10, 9}	5	1	5	1
组合 2	3	{11, 10, 9}	5	1	5	1
组合 3	5	{11, 10}	5	1	5	1
组合 4	5	{11, 10, 9}	7	1	7	1

在表 6 设置的 4 种的阈值组合下, 记录其检验 100、200、300、400、500、1 000、2 000 个样本下的判别成功率, 图 6 为 4 种条件下判别成功率图。表 7 为其统计结果。

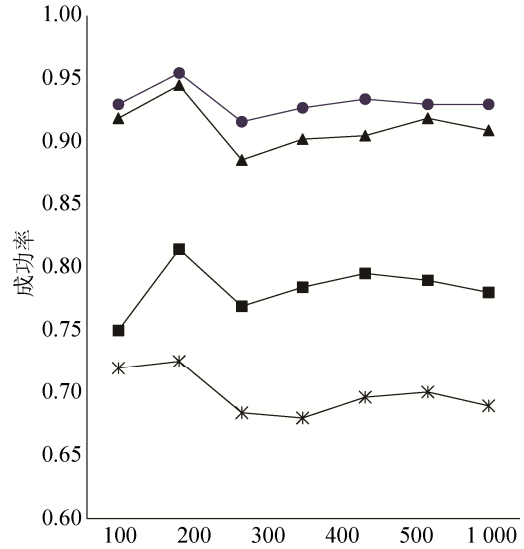


图 6 单独进攻状态判别成功率图

Fig. 6 Success rate of single attack status

表 7 单独进攻状态判别统计表

Tab. 7 Statistical table of single attack status

条件编号	样本数目						
	100	200	300	400	500	1 000	2 000
组合 1	0.93	0.96	0.92	0.93	0.93	0.93	0.93
组合 2	0.92	0.95	0.89	0.90	0.91	0.92	0.91
组合 3	0.72	0.73	0.68	0.68	0.70	0.70	0.69
组合 4	0.75	0.82	0.77	0.79	0.80	0.79	0.78

采用如下参数作为合作进攻状态的判定依据: 球到球门距离的最小值  $goalMin$ , 高危区人群数目最小值  $DaMax$ , 球门空挡距离最小值  $NtMin$ , 安全传球域最小值  $psMin$ 。在此设定 5 种阈值组合如表 3。选择一个合作进攻状态样本, 根据表 3 合作进攻状态条件设定表中设置的阈值组合, 利用公式进行判别, 记录其判别成功与否。

在表 8 五种不同的阈值组合下, 记录其检验 400、800、1 200、1 600、3 000、5 000 个样本下的成功率, 图 7 为 5 种条件下, 判别成功率图。表 9 为其统计结果。

对上述试验结果进行分析, 单独进攻样本中, 在符合第一种阈值组合时, 判别成功率最高, 成功判定其进入单独进攻状态的有 93%; 合作进攻样本中, 符合第一种阈值组合时, 判别成功率最高, 成

功判别其进入合作进攻状态的有 80%。综上所述, 上述假设合理, 进攻模式客观存在, 在所给的阈值下, 可以得到较高的检验成功率。

表 8 合作进攻状态条件设定表

Tab. 8 Conditions of cooperative attack status

阈值组合	goalMin	DaMax	NtMin	psMin
组合 1	17.5	4	10	1
组合 2	17.5	5	10	1
组合 3	17.5	4	12	1
组合 4	17.5	4	10	2

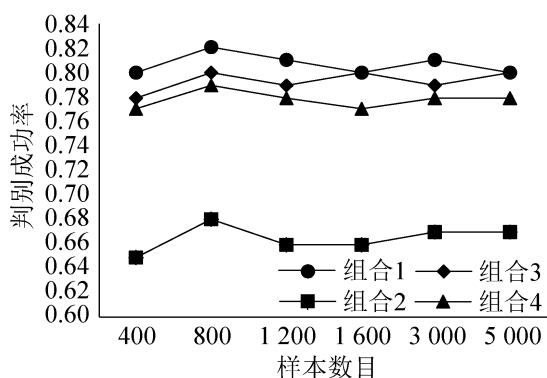


图 7 合作进攻模式判别成功率图

Fig. 7 Success rate of cooperative attack status

表 9 合作进攻状态判别统计表

Tab. 9 Statistical table of cooperative attack status

条件编号	样本数目					
	400	800	1200	1600	3000	5000
组合 1	0.80	0.82	0.81	0.80	0.81	0.80
组合 2	0.65	0.68	0.66	0.66	0.67	0.67
组合 3	0.78	0.80	0.79	0.80	0.79	0.80
组合 4	0.77	0.79	0.78	0.77	0.78	0.78

## 4 结论

Robocup2D 仿真比赛中, 进攻是其核心, 总结对方的进攻规律十分重要, 将利于后续的防守行为。本文总结了“单独进攻”和“合作进攻”两种仿真足球进攻模式, 并提出了“未进攻”、“合作进攻”、“单独进攻”3种进攻状态判别方法。试验中利用卡方检验对状态判别用指标进行了相关性检验。论文进行了大批次对抗仿真试验, 得出两种状

态成功率较高的阈值组合, 使得“单独进攻”和“合作进攻”行为的检验成功率达到 93%和 80%, 初步验证了进攻状态判别方法的有效性。

上述方法是一种研究、判定对方进攻状态的策略, 一旦发现对方进入了进攻状态, 就可针对对方重要进攻球员和重要指标进行干扰, 破坏对方进攻行为。因资源有限, 设计的试验只针对 Miracle 的数据进行了分析, 得到了对其有效阈值组合, 后续的工作中, 需要确定上述阈值组合对其他队伍是否同样有效, 同时还应关注指标结构和阈值在之后的防守中的后续作用。

该方法在 2018 年国赛中得到初步应用, 但目前版本中指标和阈值均为人工设定的, 后续拟结合机器学习的算法, 从大量的比赛数据中自动提取特定球队的指标和阈值组合, 以期得到更具有通用性的技术成果和实现工具。

## 参考文献

- [1] 金文文. 基于球员协作关系的RoboCup仿真2D阵型学习[D]. 马鞍山: 安徽工业大学, 2015: 17-24.  
Jin Wenwen. Formation Learning of RoboCup Simulation2D Bases on Player Cooperative[D]. Maanshan: Anhui University Of Technology, 2015: 17-24.
- [2] Kuhlmann G, Knox W B, Stone P. Know thine enemy: a champion robocup coach agent[C]// National Conference on Artificial Intelligence. AAAI Press, 2006: 1463-1468.
- [3] Perez A B G, Uresti J A R. STRATEGY PATTERNS PREDICTION MODEL[J]. Journal of Computer Science (S1549-3636), 2014, 10(1): 73-84.
- [4] 宋园, 刘乾, 王灿, 等. RoboCup2D日志文件数据挖掘研究及应用[J]. 大庆师范学院学报, 2015(6): 31-34.  
SONG Yuan, LIU Qian, WANG Can, et al. Research and Application on RoboCup2D Log Data Digging[J]. JOURNAL OF DAQING NORMAL UNIVERSITY, 2015(6): 31-34.
- [5] 王默. 2016年欧洲杯四强球队有效进攻特征及比较研究[D]. 太原: 太原理工大学, 2017: 3-9.  
Wang Mo. The Research on the Chareristics and Companison of the Effective Offensive in the European Cup Semi-Finals in 2016[D]. Taiyuan: Taiyuan University of Technology, 2017: 3-9.

- [6] 张军骑, 江金安. 第20届世界杯足球赛冠军德国队有效进攻特征分析[J]. 安徽体育科技, 2015(4): 21-24.  
Zhang Junqi, Jiang Jinan. Analysis of the Effective Offensive Characteristics of Germany the 20th World cup champion[J]. Journal of Anhui Sports Science, 2015(4): 21-24.
- [7] 陈冰, 许非凡, 徐涵延, 等. Robocup2D项目中Agent2D底层动作链机制的分析优化[J]. 系统仿真学报, 2017, 29(11): 2782-2787.  
Chen Bing, Xu Feifan, Xu Hanyan, et al. Analysis and Optimization of the Action Chain Mechanism in Agent2D Underlying in RoboCup2D Soccer League[J]. Journal of System Simulation, 2017, 29(11): 2782-2787.
- [8] 刘安芳. 足球机器人决策系统研究[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2009: 6-27.  
Liu Anfang. The Research of Strategy System of soccer robot[D]. Hefei: University of Science and Technology of China, 2009: 6-27.
- [9] 模式\_互动百科 [EB/OL]. [2018-03-31]. <http://www.baike.com/wiki/模式>.  
Mode\_Interactive Encyclopedia [EB/OL]. [2018-03-31]. <http://www.baike.com/wiki/模式>.
- [10] 王凯, 刘玲. 关于当今足球进攻组织特点的数据统计与分析[J]. 当代体育科技, 2011(2): 26-27.  
Wang Kai, Liu Ling. Data Statistics and Analysis on the Characteristics of Today's Football Attack Organizations[J]. Contemporary Sports Technology, 2011(2): 26-27.
- [11] 刘天彪, Hohmann Andreas, 陈丘, 等. 基于Apriori算法的高水平女足比赛进攻模式——以2012年“阿尔加夫杯”决赛为例[J]. 上海体育学院学报, 2017(1): 77-82.  
Liu Tianbiao, Hohmann Andreas, Chen Qiu, et al. Apriori-Bases Performance Analysis on offense Models of Elite Women's Football Games:A Case Study of Algarve Cup 2012[J]. Journal of shanghai university of sport, 2017(1): 77-82.
- [12] 黄明昊. 第二十届世界杯足球赛八强进攻技术分析[D]. 兰州: 西北师范大学, 2015: 11-26.  
Huang Minghao. The 20th Session of World cup Quarterfinals attack Technical Analysis[D]. Lanzhou: Northwest Normal University, 2015: 11-26.
- [13] 郭雨萌, 李国正. 一种多标记数据的过滤式特征选择框架[J]. 智能系统学报, 2014(3): 292-297.  
Guo Yumeng, Li Guozheng. A filtering framework for the multi-label feature selection[J]. CAAI Transactions on Intelligent Systems, 2014(3): 292-297.
- [14] 刘乐. 比赛数据采集分析技术在中超联赛的应用现状与发展趋势[D]. 石家庄: 河北师范大学, 2014: 6-8.  
Liu le. Current Situation and Development Trend of Chinese football Association Super League Match Analysis[D]. Shijiazhuang: Hebei Normal University, 2014: 6-8.