

基于模糊决策的足球机器人守门员出击策略

陆叶, 石颖, 刘宏

北京大学视觉与听觉信息处理国家重点实验室, 北京, 100871
北京大学深圳研究生院 Human Robot Interaction 开放实验室, 深圳, 518055

摘要: 模糊决策在人工智能领域被广泛应用, 也是机器人足球决策中常使用的一种方法; 但是将其使用到守门员出击决策上, 是一个新的探索。常见的守门员算法多是从几何算法的角度上考虑守门员的运动轨迹, 而本文选择了一个特殊点入手, 即考虑守门员是否出击, 何时出击, 再利用模糊决策的智能性, 将两者结合到一起, 并将系统予以实现。实验结果显示: 在实战比赛中, 改进后的算法明显比改进前的算法胜出。

关键词: 守门策略 模糊决策 反击策略

Fuzzy Decision based Goal Keeping Strategy for Soccer Robot Games

Ye Lu, Ying Shi, Hong Liu

National Lab on Machine Perception, Peking University, Beijing, 100821
Open Lab on Human Robot Interaction, Shenzhen Graduate School, Peking University, Shenzhen,
518055

Abstract: Fuzzy decision is widely used in artificial intelligence including soccer robot games. However, it is a new attempt to take advantage of fuzzy decision for goalkeepers, counterpunch. Different from general methods based on geometrical features, whether and when counterpunch should be taken by goalkeepers are considered simultaneously by using fuzzy strategies. Experiments show that the new method is more efficient than traditional ones.

Keywords: Goalkeeper Strategy; Fuzzy Decision; Counterpunch Strategy

1 模糊数学基础

1.1 模糊集基本定义与表示方法

定义 1 设 X 是一个经典集合, 称为论域, 其一般元素用 x 来表示。 x 在 X 的经典子集 A 中的隶属度, 通常用 X 到 $\{0, 1\}$ 的特征函数 μ_A 表示, 即

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases} \quad (1)$$

$\{0, 1\}$ 称为值集。

若值集是实数区间 $[0, 1]$, 则称 A 为模糊集, μ_A 叫做 A 的隶属度函数, $\mu_A(x)$ 表示 x 隶属于 A 的程度。

1.2 模糊关系的合成^[16]

定义2 称直积 $U \times V$ 的一个模糊子集 R 为 U 到 V 的一个模糊关系。若 (u, v)

$\in U \times V$, 则称 $\mu_R(u, v)$ 为 u, v 具有关系 R 的程度。 $\mu_R(u, v)$ 也可记为 $R(u, v)$, 当 $U=V$ 时, 称 R 为 V 中的模糊关系。

定义3 当 U, V 为有限集时, 模糊关系 R 可以用一个矩阵 (仍记做 R) 来表示:

$$R = (r_{ij})_{m \times n}$$

这里 $|U|=m, |V|=n, r_{ij} = \mu_R(u_i, v_j), r_{ij} \in [0, 1], i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$ 。称这样的矩阵为模糊关系矩阵, 简称模糊矩阵。

定义4 设 $R \in \Gamma(U \times V), S \in \Gamma(V \times W)$, 则 $R \cdot S \in \Gamma(U \times W)$, 满足

$$\mu_{R \cdot S}(u, w) = \sup_{v \in V} [\mu_R(u, v) \wedge \mu_S(v, w)] \quad (2)$$
$$\forall u \in U, \forall w \in W$$

当 U, V, W 是有限集时, 设 $R \in \mu_{m \times n}, S \in \mu_{n \times l}$, 则 $R \cdot S \in \mu_{m \times l}$ 。另 $R \cdot S = T = (t_{ij})_{m \times l}$, 则

$$t_{ij} = \bigvee_{k=1}^n (r_{ik} \wedge s_{kj}) \quad (3)$$

这里的 \bigvee, \wedge 分别是 \max, \min 运算。

2 基于模糊决策的足球机器人控制

柳长安等人在《基于模糊综合决策的足球机器人策略子系统》中研究模糊综合决策在足球机器人策略子系统中的应用, 其使用从因素集通过模糊评判矩阵映射到备择集的方法, 该方法与本文算法的基本原理相同。

3 守门员出击策略

3.1 出击问题概述

本文通过学习和总结前面提到的现有防守算法和模糊理论, 并结合实际比赛实验的效果, 有所创新改进, 形成了一套自成体系的守门员算法, 也就是基于模糊策略的守门员出击系统。本文需要解决的问题是如何在守门员策略中加进出击的成分。

人类守门员通常是根据场上的各方面因素做出一个综合判断, 然后决定自己下一步的行为。这一套思考过程类似于模糊决策的方法, 在足球机器人决策中也经常使用到这一方法, 本文首创地将其应用于守门员出击决策领域上。可以把这些判断因素抽象为场上的信息无量, 在其中选择合适的分量构成因素集, 再通过模糊决策来得出备择集中的结论, 继而控制仿真比赛中守门员的行为。

3.2 因素集确定

所谓因素集, 是指体现场面局势的各种具体条件。在本文所采用的算法中, 因素集 u 由以下几个条件构成:

$$u = \{u_1, u_2, u_3, u_4, u_5\} \quad (4)$$

其中 u_1, u_2, u_3, u_4, u_5 分别代表守门员与球的距离, 球与球门中心点的距离, 小球速度, 小球是否处在正对球门的位置, 以及禁区内对方球员的人数。因素集的各分量具体意义解释如下:

u_1 代表守门员和球之间的距离, 当两者的距离大于一个给定值时, 应采取偏向于留守的

策略。

u_2 代表小球和球门中心点的距离, 当两者的距离小于一个给定值时, 守门员若采用出击的策略。

u_3 代表球速的大小, 当球速大于一个给定值时, 由于球运动的不稳定性, 可以认为此时的局面是不利于出击的。

u_4 代表小球是否处在正对球门的位置。当小球的 y 坐标介于球门上下两端点之间时, 此时应该采取偏向留守的策略。

u_5 代表己方禁区内对方球员的人数。当己方禁区内只有 1 个或者没有对方球员时, 则我方守门员应采取偏向出击的策略。

3.3 备择集确定

所谓备择集, 是指在一次调用程序的全过程中, 通过算法所做出的最终决策所来源的备选集合, 在本文算法所研究的守门员出击问题上, 备择集是这样构成的:

$$V = \{v_1, v_2, v_3\} \quad (5)$$

其中 v_1, v_2, v_3 分别代表守门员留守, 守门员在门区内防守, 和守门员进行直击小球的防守。

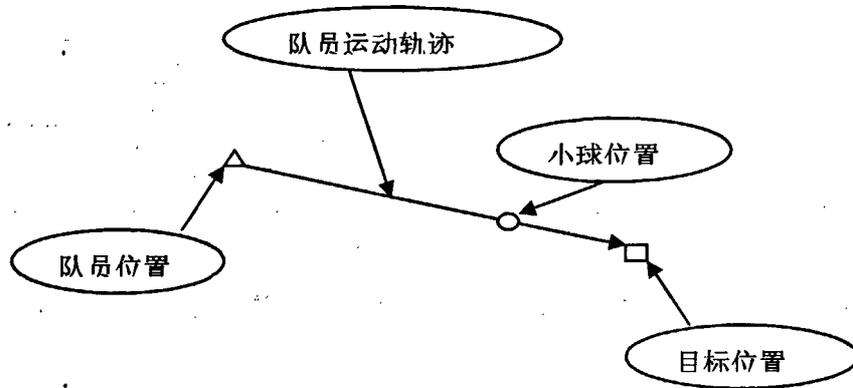


图 1 踢球动作示意图

如图 1 所示是踢球动作的示意图。

3.4 模糊映射与评判矩阵

本文算法采用单因素评判, 下面构造模糊映射:

$$f: U \rightarrow V$$

$$u_i \mapsto f(u_i) = (r_{i1}, r_{i2}, r_{i3}) \quad (6)$$

$f(u_i)$ 代表 u_i 关于守门员出击策略选择的模糊评判集, r_{ij} ($i=1,2,3,4,5; j=1,2,3$) 表示其关于 v_j 的隶属程度, 下面具体介绍为 r_{ij} 赋值的模糊评判矩阵。模糊评判矩阵可以由上面定义的模糊评判集组成如公式(7)。

$$R = \begin{bmatrix} f(u_1) \\ f(u_2) \\ f(u_3) \\ f(u_4) \\ f(u_5) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \\ r_{41} & r_{42} & r_{43} \\ r_{51} & r_{52} & r_{53} \end{bmatrix} \quad (7)$$

通过查询表 1, 可知对于因素集中的每一个元素, 都有两种不同的情况供选择, 因此可以构造出涵盖场上所有局面的 32 个 (2 的 5 次方) 模糊评判矩阵, 限于篇幅, 这里只详细介绍其中的一个。当守门员与球距离大于 150 个单位长度, 球与球门中心点距离大于 75 个

单位长度，球速大于给定标准值，球正对球门，且禁区内对方人数超过 1 时，评判矩阵如下：

$$R = \begin{bmatrix} 0.25 & 0.05 & 0.05 \\ 0.05 & 0.1 & 0.1 \\ 0.05 & 0.2 & 0.05 \\ 0.2 & 0.05 & 0.05 \\ 0.2 & 0.05 & 0.05 \end{bmatrix} \quad (8)$$

表 1 隶属度

因素等级	隶属度(r_{ij})		
	留守	门区内出击	直击小球出击
守门员与球距离>150	0.25	0.05	0.05
守门员与球距离<150	0.05	0.1	0.1
球与球门中心点距离>75	0.05	0.1	0.1
球与球门中心点距离<75	0.35	0.05	0.05
球速大	0.05	0.2	0.05
球速小	0.05	0.05	0.2
球正对球门	0.2	0.05	0.05
球不正对球门	0.05	0.12	0.12
禁区内对方人数超过 1	0.2	0.05	0.05
禁区内对方人数不超过 1	0.05	0.12	0.12

3.5 权重集与模糊综合评判

在本文算法中，因素集的 5 个参量所应体现的作用大小是不同的。因此，需要在算法中添加权重集来体现这个不同。

$$W = \{w_1, w_2, w_3, w_4, w_5\} \quad (9)$$

根据权重集的性质，它应该符合以下两个条件：

$$\sum_{i=1}^5 w_i = 1 \quad (10)$$

$$w_i \geq 0 \quad (11)$$

算法的最后部分是实现模糊综合评判，遵循下面的公式：

$$B = W \circ R = (b_1, b_2, b_3) \quad (12)$$

其分解式为：

$$b_j = \bigvee_{i=1}^5 (w_i \wedge r_{ij}) \quad j=1,2,3 \quad (13)$$

可以看到，上面的公式就是我们在前文模糊数学理论中介绍过的模糊关系合成公式，所求得的 B 即为模糊综合评判集。 B 的分量 $b_j (j=1,2,3)$ 称作模糊评判指标。按照最大隶属原则，算法选择最大的 b_j 对应的备择元素 v_j 作为我们最终求得的指导比赛策略中守门员出击决策的结果。得到这个选定的 v_j 之后，我们就可以在算法中调用相应的守门员策略予以最终实现。

4 实验结果

下面首先给出在实际比赛中所截的一些图片。

由于我们的球队还没有设置与进攻相关的算法，所以基本不具备进球能力，因此，对于改进算法的检验是通过在半场比赛（5 分钟）内被进球次数来表现的：经算法改进前和改进

后，我方球队跟同一只球队分别进行 10 场比赛的比赛结果对比如表 2 和图 6。

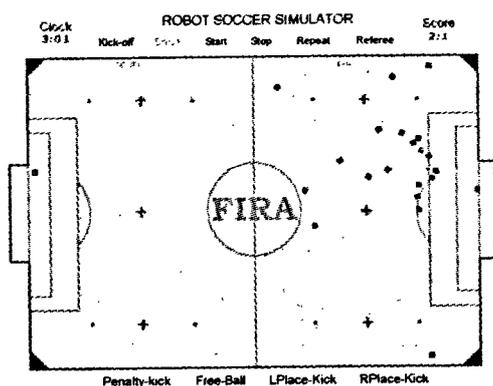


图 2 后卫正面防守

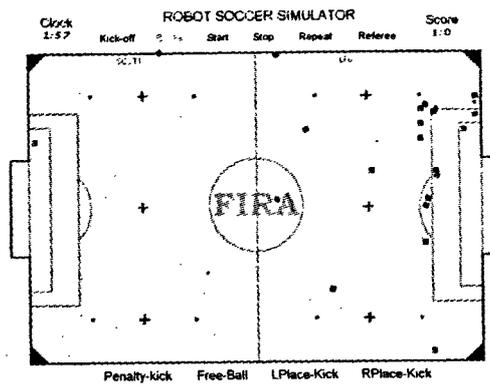


图 3 后卫侧面防守

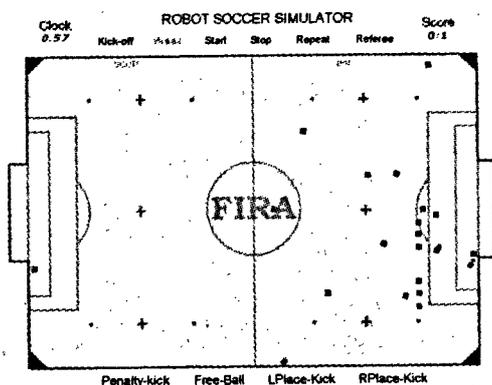


图 4 守门员留守防守 1

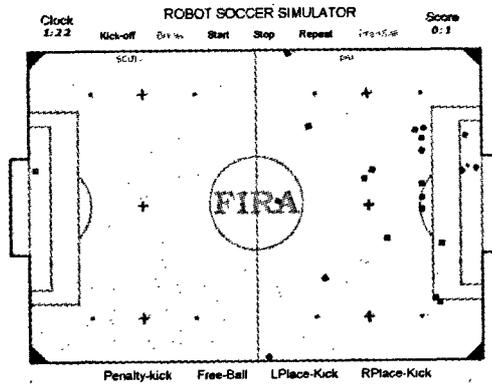


图 5 守门员留守防守 2

表 2 实验结果总结

次数	单次被进球次数	
	改进前	改进后
1	9	5
2	4	6
3	3	2
4	6	5
5	7	5
6	8	5
7	1	4
8	4	4
9	4	0
10	4	6
10 场比赛共被进球次数	50	42

5 结果分析

上节中的一组比赛截图分别显示了我们设计的多层防守体系实战效果，不同层次的防守角色功能已经在前文一一详细介绍过，现在总结如下：

多层防守体系包括：后卫正面防守；后卫侧面防守；守门员留守防守；守门员门区内

出击防守；守门员直接定点出击防守等。而从对比实验中又可以看到，在随机进行的一组比赛中，改进后的算法比起改进前的算法，有更好的比赛结果。

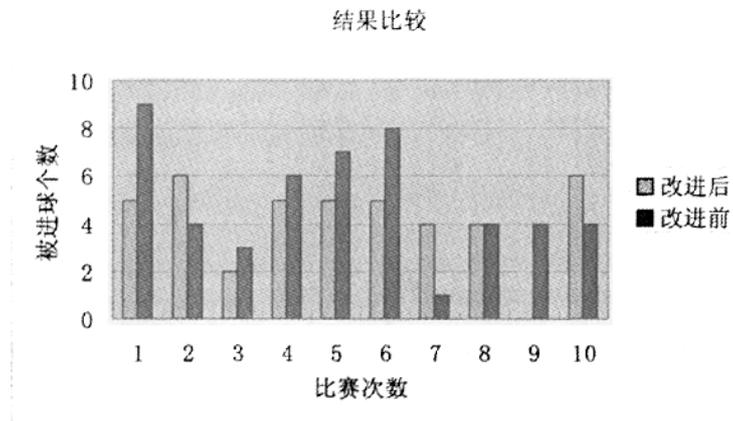


图 6 结果比较

致谢：本文研究工作得到国家 863 计划支持（课题编号：2006AA04Z247）

参考文献

- [1] Jarrod Bassan, Joshua Pettitt, and Thomas Bräunl, "Clips Glory: a Visual Servoing Approach within a Behavior Based Framework for Soccer Robots", In Proceedings of FIRA Robot World Congress, 2003.
- [2] Mohan Sridharan, Gregory Kuhlmann, and Peter Stone, "Practical Vision-Based Monte Carlo Localization on a Legged Robot", In Proceedings of ICRA, 2005.
- [3] Brett Browning, and Manuela Veloso, "Real-Time, Adaptive Color-based Robot Vision", In Proceedings of IROS, 2005.
- [4] James Bruce, Tucker Balch, and Manuela Veloso, "Fast and Cheap Color Image Segmentation for Interactive Robots", In Proceedings of IROS, 2000.
- [5] Mohan Sridharan, and Peter Stone, "Real-Time Vision on a Mobile Robot Platform", In Proceedings of IROS, 2005.
- [6] 柳长安, 刘春阳, 李国栋. 基于模糊综合决策的足球机器人策略子系统. 哈尔滨工业大学学报, 2004.
- [7] 柳长安, 刘刚, 刘春阳. 机器人足球防守算法研究. 哈尔滨工业大学学报, 2004.
- [8] 汤兵勇, 路林吉, 王文杰编著. 模糊控制理论与应用技术. 清华大学出版社, 2002.
- [9] 王进戈, 王强, 姚进. 基于模糊评判的机器人足球比赛策略研究. 哈尔滨工业大学学报, 2005.
- [10] 瓮松峰, 赵臣, 王华, 王红宝. 基于模糊逻辑的机器人足球比赛策略. 哈尔滨工业大学学报, 2004.
- [11] Sven Behnke, Jürgen Müller, and Michael Schreiber, "Toni: A Soccer Playing Humanoid Robot", In Proceedings of The 9th RoboCup International Symposium, 2005.