

# 仿真机器人足球比赛中的射门策略

张彦铎<sup>1,2</sup>,王朝亮<sup>1,2</sup>,闵 锋<sup>1,2</sup>,李 迅<sup>1,2</sup>

(1. 武汉工程大学计算机科学与工程学院,湖北 武汉 430074;

2. 智能机器人湖北省重点实验室,湖北 武汉 430074)

**摘 要:**针对机器人足球传统射门策略存在射门成功率不高的情形,对 FIRA 机器人足球五对五仿真平台(SimuroSot 5vs5)中实体的运动规律进行了分析,提出了预测法射门策略.首先建立了机器人的变速运动模型和球在碰撞之后的运动模型,然后根据这些运动模型,实时地对机器人和球的速度及位置进行分析预测,寻找对方守门员的死角,确定最佳的射门区域.通过仿真实验,预测法射门策略与多人协作射门策略、死角法射门策略、基于艾米特插值(Hermite)曲线射门策略相比,明显提高射门的成功率和比赛进球数.

**关键词:**仿真平台;运动模型;射门策略;机器人足球

**中图分类号:**TP391.9

**文献标识码:**A

**doi:**10.3969/j.issn.1674-2869.2012.10.015

## 0 引 言

机器人足球是一个新兴的人工智能研究领域,它融合了实时视觉系统、机器人控制、无线通讯、多机器人控制等多个领域的技术<sup>[1]</sup>.一场完整的机器人足球比赛是由若干基本动作组合完成的,其中最重要的就是射门动作<sup>[2]</sup>.因此,如何快速、准确地并且动作连贯地完成射门动作就成为了进球的关键<sup>[3-4]</sup>.

针对射门策略有不少的研究,韩学东等<sup>[5]</sup>在传统射门的基础上,引入了射门区的概念,合理的选择射门点,并优化射门机器人的运动路径,但是没有考虑其他机器人对射门的影响,容易导致被截球.柯文德<sup>[6]</sup>、马刚等<sup>[7]</sup>提出了多人协作射门的方法,提高了射门的成功率,然而此方法对计算的精度和实时性要求很高.练家乐等<sup>[8]</sup>分析了机器人射门成功率的主要因素:kick\_rand 属性,提高射门成功率,但是忽略了其它防守球员对射门的影响.范宗涛<sup>[9]</sup>、柳在鑫等<sup>[10]</sup>分别提出了利用 Hermite 曲线和渐开线来优化射门路径,可以比较连贯的完成射门动作和避障.郝宗波等<sup>[11]</sup>提出了利用对方守门员防守死角的方法,在一定程度上增加了进球数.王牛等<sup>[12]</sup>提出了抢点射门策略,对球的位置进行简单的预测,确保机器人能够踢到球,进而射门.

本文主要以 FIRA 5V5 仿真平台<sup>[13]</sup>为背景,研究机器人和小球的离散变速运动模型<sup>[14-16]</sup>,在此基础上对它们的位置、速度等进行预测分析,寻

找最佳射门区域,提高射门的成功率.

## 1 实体的运动模型

FIRA SimuroSot 5V5 机器人仿真平台在计算机上建立逼真的足球比赛场地和机器人模型,同时建立机器人和球在场地上的运动学和动力学模型.仿真平台还是一个服务程序,它将实时处理决策系统发出来的决策命令,并及时将各个机器人与球的位置和角度反馈给决策系统.

### 1.1 机器人的运动模型

本文主要讨论机器人位置靠近对方球门进行射门,因此假设机器人在射门之前进行直线运动,并且踢球时不加旋转角度,所以踢球之后小球也将进行直线运动,考虑到守门员一般都不会冲出守门区去截球,因此假定守门员也在防区内做直线运动.

在仿真平台上对机器人进行直线运动测试,然后将测试数据导入 MATLAB 中,如图 1 所示的图形是在机器人左轮速和右轮速都为 50 下的测试数据,可以看出机器人在一定推力的作用下刚开始做加速运动,然后逐渐趋近该推力下的最大速度.假设机器人的推力为  $F$ ,所受的阻力为  $f$ ,机器人的速度  $v$  在最后趋于稳定说明  $f$  和  $v$  之间成正比关系: $f=Cv$ ( $C$  为常量),分析机器人在某一个周期内的受力情况有:

$$F-f=ma \quad (1)$$

式(1)中, $m$  为机器人的质量, $a$  为加速度.

$$F-Cv=m \frac{dv}{dt} \quad (2)$$

收稿日期:2012-09-14

作者简介:张彦铎(1971-),男,黑龙江肇东人,教授,博士.研究方向:人工智能.

对式(2)中  $v$  和  $t$  进行积分得到  $t$  时刻的速度:

$$v_t = \frac{F}{C} - e^{-\frac{t}{m}} \left( \frac{F}{C} - v_0 \right) \quad (3)$$

在式(3)中令  $\tau = \frac{m}{C}$ ,  $A = e^{-\frac{1}{\tau}}$ ,  $A_0 = e^{-\frac{1}{\tau_0}}$ ,  $B = \frac{F}{C}$  则式(3)变换为

$$v_t = B + (v_0 - B)A^t \quad (4)$$

式(4)就是机器人直线运动中速度  $v$  和时间  $t$  的关系,其中  $A$  和  $B$  都为常量系数,需要通过大量测试数据拟合出来。

如图 2 所示,机器人在时间  $t$  内的路程是离散的,阴影部分的面积表示机器人  $t=5$  时的路程,因此总路程等于每一段路程之和。

$$S_r = \sum_{i=1}^t v_i = B \cdot t + (v_0 - B) \sum_{i=1}^t A^i = B \cdot t + \frac{A \cdot (v_0 - B) \cdot (1 - A^t)}{1 - A} \quad (5)$$

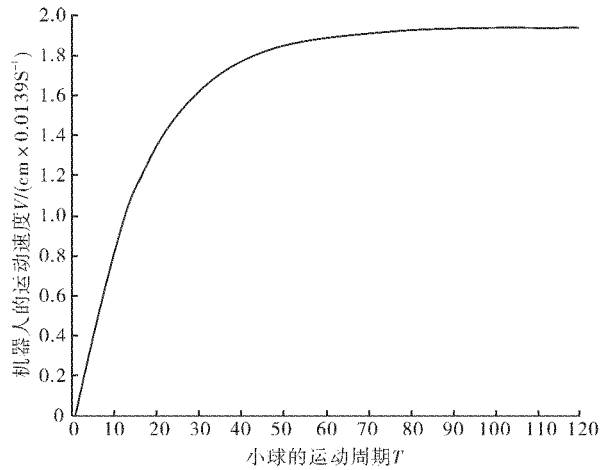


图 1 机器人速度曲线

Fig. 1 The speed curve of robot

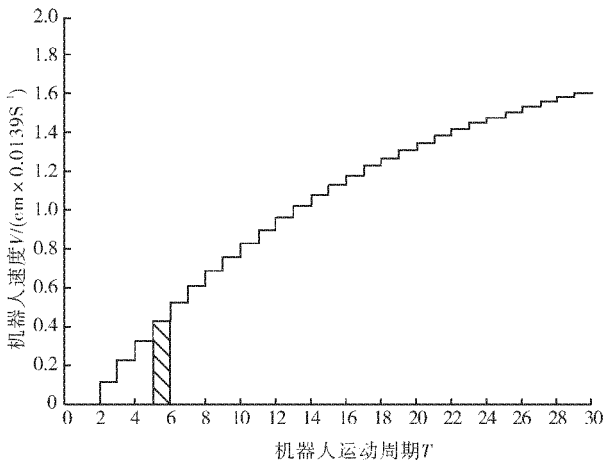


图 2 机器人离散路程曲线

Fig. 2 The discrete distance curve of robot

## 1.2 小球的运动模型

小球以初速度  $V_b$  运动,机器人以速度  $V_r$  撞击小球,碰撞后的速度分别为  $V'_b$ 、 $V'_r$ ,在碰撞的瞬间符合动量守恒和能量守恒。

$$m_b V_b + m_r V_r = m_b V'_b + m_r V'_r \quad (6)$$

$$\frac{1}{2} m_b V_b^2 + \frac{1}{2} m_r V_r^2 = \frac{1}{2} m_b V'^2_b + \frac{1}{2} m_r V'^2_r \quad (7)$$

经过式(6)和式(7)求出碰撞后小球的速度:

$$V'_b = \frac{V_b(m_b - m_r) + 2m_r V_r}{m_b + m_r} \quad (8)$$

如图 3 所示,机器人在第 15 个周期时与小球发生碰撞,小球速度猛增至  $P_1$  点,然后做减速运动到  $P_2$  点,此后速度趋于稳定。因此小球在时间  $t$  内的路程为每个周期下的路程之和。

$$S_b = B_b \cdot t + \frac{A_b \cdot (V'_b - B_b) \cdot (1 - A_b^t)}{1 - A_b} \quad (9)$$

式(9)中  $A_b$  和  $B_b$  为常量系数。

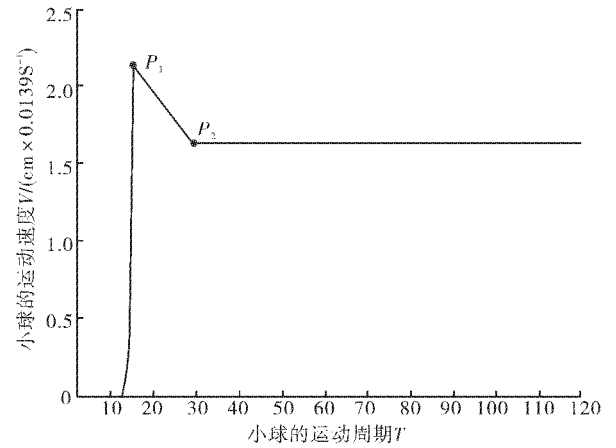


图 3 小球受到撞击后的速度曲线

Fig. 3 The speed curve of ball after impact

## 2 预测法射门

设球门线的横坐标为  $X$ ,小球的坐标为  $(x_b, y_b)$ ,  $BM$  为球门线的垂线,  $BQ$  为射门时球的运动轨迹,与  $x$  轴的夹角为  $\alpha$ ,如图 4 所示,机器人  $H$  可以向上或者向下射门,现仅讨论向上射门的情况,射门的距离  $S_b$  为:

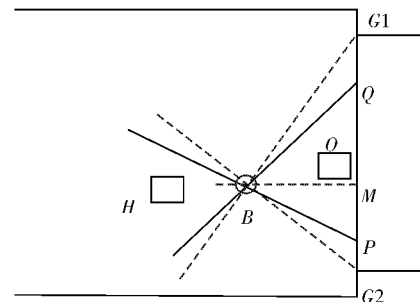


图 4 射门示意图

Fig. 4 Schematic diagram of shooting

$$S_b = BQ = \frac{X - x_b}{\cos \alpha} \quad (10)$$

根据图 3 小球的速度曲线可以得到, 小球在碰撞之后的若干周期内做变速运动, 然后近似匀速直线运动, 并且射门位置离球门比较近, 球在变速运动的过程中可能已经越过了球门线, 所以根据公式(9)得出射门时间  $T$  为:

$$T = \frac{1}{\ln A_b} - \frac{(A_b - 1)S_b - (B_b - V'_b)A_b}{B_b} \quad (11)$$

在此时间内, 对方守门员运动的距离为  $S_r$ , 要保证小球在时间  $T$  内越过球门线, 必须满足:

$$S_r \leq MQ = (X - x_b) \tan \alpha = S_b \sin \alpha \quad (12)$$

$$\frac{A-1}{B} \sin \alpha - \frac{A_b-1}{B_b} S_b \leq \frac{1}{\ln A} - \frac{1}{\ln A_b} + \frac{(V'_b - B_b)A_b - (V_0 - B)A}{b_b B} \quad (13)$$

令

$$C = \frac{1}{\ln A} - \frac{1}{\ln A_b} + \frac{(V'_b - B_b)A_b - (V_0 - B)A}{b_b B} \quad (14)$$

则

$$\alpha \geq \arcsin \left[ \frac{B_b(A-1)}{\sqrt{(B(A_b-1))^2 + (BB_bC)^2}} \right] - \beta \quad (15)$$

式(15)中  $\beta = \arctan \left[ \frac{BB_bC}{B(A_b-1)} \right]$

为了使射门有效, 必须满足  $BQ < BG_1$ , 即:

$$\frac{BM}{\cos \alpha} < \frac{BM}{\cos \varphi} \quad (16)$$

式(16)中  $\varphi = \arctan \frac{MG_1}{BM} = \arctan \frac{y_{G_1} - y_r}{X - x_b}$

则

$$\alpha < \arctan \frac{MG_1}{BM} = \arctan \frac{y_{G_1} - y_r}{X - x_b} \quad (17)$$

当  $\alpha$  同时满足式(15)和式(17)时, 就可以向上射门, 否则采用相同的方法预测向下射门是否可行, 若角度仍不合适, 则放弃射门, 寻找下一次射门机会。

### 3 实验结果对比与分析

实验是在 FIRA SimuroSot 5V5 平台上, 实验中采用相同的守门员策略, 除射门机器人外, 其它机器人都摆在后方静止不动, 以防止无关机器人对射门机器人和小球的干扰。实验的目的是测试多人协作射门策略、死角法射门策略、基于 Hermite 曲线的射门策略和本文预测法射门策略的射门成功率, 每一种策略各射门 200 次。

由表 1 可以看出, 预测法在射门成功率上比

其他算法优越, 并且对方守门员截球的次数比死角法射门更少, 说明它对机器人和小球的位置等的预测更加准确, 由于存在守门员可以到达球门任意位置的可能, 从而导致机器人暂时放弃射门, 寻找下一次射门机会。同时受守门员初速度、角度误差等一些因素的影响, 导致某些球被守门员截住。

表 1 实验数据统计表

Table 1 Statistical table of experimental data

射门策略	多人协作 射门策略	死角法 射门策略	Her mite 射门策略	预测法 射门
射门次数	200	200	200	200
射门进球次数	76	87	57	98
射门成功率/%	38.0	43.5	28.5	49.0
守门员截球次数	74	65	77	42
守门员截球率/%	37.0	32.5	38.5	21.0
射门丢球次数	50	48	66	60
射门丢球率/%	25.0	24.0	33.0	30.0

### 4 结 语

通过实际实验和比赛表明, 应用上述的预测法射门策略在进攻中, 尤其进攻位置靠近对方球门时的成功率比较高。该策略能够比较准确的预测某个时刻小球越过球门线的时间和此时守门员的位置, 从而决策是否射门。但该策略也有不足之处, 其公式太复杂, 时间复杂度比其他策略高, 并且没有考虑其他的机器人对射门的影响, 这些将在下一步的研究中改进。

#### 参考文献:

- [1] Kim J-H, Shim H-S, Kim H-S, et al. Cooperative multi-agent system and its real time application to robot soccer[C] // Proceedings-IEEE International Conference on Robotics and Automation. Albuquerque, USA; IEEE Piscataway NJ, United States, 1997; 638-643.
- [2] Jung M-J, Kim H-S, Shim H-S, et al. Fuzzy rule extraction for shooting action controller of soccer robot[C] // IEEE International Conference on Fuzzy Systems. Seoul, South Korea; IEEE Piscataway NJ, United States, 1999; 556-561.
- [3] Kok, Jelle, De Boer, Remco, Vlassis, Nikos, et al. Towards an optimal scoring policy for simulated soccer agents [C] // Lecture Notes in Artificial Intelligence (Subseries of Lecture Notes in Computer Science). Japan; Fukuoka, 2003; 296-303.
- [4] Erus, Guray, Polat, et al. A layered approach to

- learning coordination knowledge in multiagent environments [J]. Kluwer Academic Publishers, 2007:249-267.
- [5] 韩学东,洪炳熔,孟伟. 机器人足球射门算法研究 [J]. 哈尔滨工业大学学报,2003,35(9):1064-1066.
- [6] 柯文德,刘刚. 一种高效的足球机器人配合射门方法 [J]. 茂名学院学报,2007,17(3):42-44.
- [7] 马刚,刘天时,韩家新,等. MiroSot 机器人足球比赛中的多人协作射门策略 [J]. 西安石油大学学报,2008,23(4):89-92.
- [8] 练家乐,杨宜民,张棋. 仿真足球比赛中的射门策略研究 [J]. 华中科技大学学报,2008,36(S1):217-219.
- [9] 范宗涛,许东来. 基于 Her mite 曲线的机器人足球射门算法 [J]. 计算机与现代化,2008(8):55-61.
- [10] 柳在鑫,王进戈,王强,等. 利用渐开线的足球机器人射门算法研究 [J]. 西安交通大学学报,2009,43(1):95-98.
- [11] 郝宗波,洪炳熔. 仿真机器人足球射门动作研究 [J]. 哈尔滨工业大学学报,2003,35(9):1102-1104.
- [12] 王牛,李祖扭,潘娅,等. 基于预测的足球机器人抢点射门动作实现研究 [J]. 华中科技大学学报,2004,32(S1):143-145.
- [13] 陈婷婷,张彦铎. 机器人足球仿真比赛平台中网络通信问题研究 [J]. 武汉工程大学学报,2009,31(3):70-73.
- [14] 张春辉,侯祥林,徐心和,等. 足球机器人系统仿真中的数学模型 [J]. 东北大学学报,2001,22(5):493-496.
- [15] 张慧勇,赵曜,兰杰,等. 足球机器人的数学模型及最优控制方法 [J]. 云南大学学报,2009,31(S2):187-191.
- [16] 王洪瑞,张永兴. 改进模糊聚类在机器人系统建模中的应用 [J]. 武汉理工大学学报,2010,32(12):105-108.

## Shooting strategy of simulation robot soccer

ZHANG Yan-duo<sup>1,2</sup>, WANG Chao-liang<sup>1,2</sup>, MING Feng<sup>1,2</sup>, LI Xun<sup>1,2</sup>

(1. School of computer science and engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China;

2. Hubei Province key Laboratory of Intelligent Robot, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** To improve the successful rate of soccer robot shooting in a robot soccer match, a predictive shooting strategy was proposed on the basis of analyzing the motion law of the entity in the FIRA SimuroSot 5vs5 simulation platform. First, a variable motion model and a motion model after the ball collision of robot were established. Then according to these motion models, we had a forecast about the speed and position between the robot and the ball in real-time, and looked for the dead angle of the other goalkeeper to determine the best shooting area. The result of simulation indicates the predictive shooting strategy obviously increase the successful rate of shooting and game goals compared with the cooperation shoot strategies, the shot dead angle strategy and the shooting strategy based on the Her mite curve.

**Key words:** simulation platform; motion model; shooting strategy; robot soccer

本文编辑:陈小平