

基于赛场态势的群体智能决策技术

屠雄刚

(浙江工业职业技术学院计算机学院, 绍兴 312000)

摘要: 复杂环境下态势的正确评估是开发高水平决策系统所必需解决的关键问题。为了对机器人足球赛场态势进行精确的评估, 结合专家经验和对实际比赛的分析, 提炼影响赛场态势的几个关键因素, 在此基础上提出一个全新的态势决策模型。该模型中机器人集合构成一个决策群体, 智能群体决策的结果使得足球机器人系统具有很强的战斗力, 其有效性已在实验及比赛中得到验证。

关键词: 态势评估; 模糊评估; 三角分析; 群体决策

Group Intelligent Decision Technology Based on Athletic Field Situation

TU Xiong-gang

(School of Computer Science, Zhejiang Industry Polytechnic College, Shaoxing 312000)

【Abstract】 To assess situation precisely is a key technology to develop advanced decision support system. To improve precision of situation assessment in robot soccer match, this paper concludes the key factors affecting match situation and develops a new situation decision model based on expertise and case study of many matches. In the model, the soccer robots consist of a decision group, which has better decision performance with high intelligence. The model proves to be effective and has high efficiency in simulation experiments and actual soccer matches.

【Key words】 situation assessment; fuzzy assessment; triangle analysis; group decision

态势评估的应用目前主要集中在军事领域, 把基于赛场态势^[1]的群体智能决策技术引入到足球机器人比赛, 是一个崭新的研究方向。

1 影响赛场态势评估的因素

1.1 球的运动方向和位置

球在场上的不同位置, 对球门的威胁程度是不同的。当小球处于不同位置时, 要相应采用不同的攻防策略, 小球越接近对方球门, 越要加强进攻; 反之, 要加强防守。球的运动方向与球和对方球门中点连线的夹角越小, 对对方的球门的威胁越大, 越要加强进攻; 反之, 要加强防守。

如果只考虑球的位置而不考虑其运动方向, 在某些时刻将会贻误战机或做出错误的判断。如图1为比赛过程中某时刻的态势分析图, 其中, O_j 为在某时刻离小球最近的对方第 j 号球员, γ 为对方机器人 O_j 前进方向对球的偏角; H_i 为在某时刻离小球最近的我方第 i 号球员, α 为我方机器人 H_i 前进方向对球的偏角。 β 为球的运动方向与对方球门中点连线的夹角。这时球虽然在我方半场, 但是其运动方向是朝对方球门的, 且我方机器人较对方机器人更容易获得控球权。这种情况下就应该考虑分配给我方球员加强进攻的角色而不是偏重防守的角色。

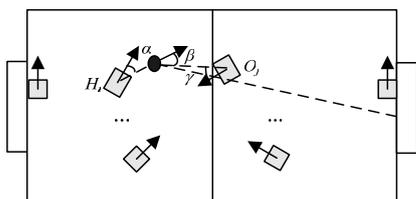


图1 某时刻球场态势分析

1.2 角色队员控球率

为了确定机器人对球的控制, 可以为我方的每个机器人设计一个控球域, 控球域的设计如式(1)和式(2)所示。

$$\sqrt{(x_i - x_q)^2 + (y_i - y_q)^2} < R \quad (1 \leq i \leq 11) \quad (1)$$

$$f(x_i, x_q, y_i, y_q) = \begin{cases} 1 & \sqrt{(x_i - x_q)^2 + (y_i - y_q)^2} < R \\ 0 & \sqrt{(x_i - x_q)^2 + (y_i - y_q)^2} \geq R \end{cases} \quad (1 \leq i \leq 11) \quad (2)$$

其中, (x_i, y_i) 表示第 i 个机器人的坐标; (x_q, y_q) 表示小球的坐标; R 是球和球员的距离临界值, 该区域是以机器人的中心为圆心的一个圆形区域, R 的大小可以根据比赛中机器人的速度设定, 在程序中给以适当调整(一般设定为机器人小车边长的 1.5 倍左右)。 f 为 1 表示该球员控球, 反之表示没控球。

SimuroSot11v11 系统运行一拍的时间为 t s, 设每运行 50 拍采样一次信息, 一个评估周期为 T , 则 T 时间段内采集信息的次数为 $n(T/(50t)=n)$ 次。根据 T 时间段内角色机器人控球次数的统计可以确定每个角色机器人的控球度。评估周期的选择, 一般可以选为采样时间间隔的整数倍, 其值可以根据实际情况调整。

角色机器人的控球度从一定意义上反映了场上对方球员对我方的威胁度。球场上每支球队都有阵型, 每个球员都有自己的角色, 足球机器人也不例外。对 SimuroSot11v11 足球机器人比赛来讲, 双方都有 11 个机器人, 对应了 11 种角色, 如主攻队员、次攻队员、左前卫队员、左中场队员、右中场

作者简介: 屠雄刚(1977—), 男, 讲师, 主研方向: 智能决策系统

收稿日期: 2009-03-28 **E-mail:** znutuxg@zjnu.cn

队员、右后卫队员、左后卫队员、左中卫队员、右中卫队员、右后卫队员、守门员。如果场上守门员的控球时间比较长,则说明了对方对我方进攻猛烈,而我方的防守也有疏忽之处。如果场上主攻队员的控球时间比较长,则说明我方正在进行强烈进攻,对方的防守比较吃紧。因此,设置角色队员的控球率可从球队的整体攻守能力上来判定当前策略的稳定性。

1.3 双方进球比数和比赛时间

比数和比赛时间也是影响态势分析的关键因素。同人类足球一样,比数往往是反映一个球队策略成效的最有效因素。定义变量 s_o, s_h , 它们分别代表每次信息采集时双方各自的得分。为了更好地反映比数变化,设计以下数学关系:

$$s = s_h - s_o \quad (3)$$

其中, s 为比分差; s_i 表示 T 时间内第 i 次信息采集时的比分差。通过对变量 s 的统计分析(s 的数学期望和方差)可以验证当前策略在对抗中的有效性和稳定性。

比赛时间也是影响当前决策的重要因素。如:比赛时间剩余不多,而我方还处于落后的状态,这时就应该调整我方的策略和战术,以提高进攻的能力;如果比赛时间不多,但是我方处于较大的领先优势,则可以调整我方的战术,以加强防守保持优势。

1.4 双方球员位置

场上球员的位置,定义如下:

$$at_m = \sum_{j=1}^n (\sum_{i=1}^{11} x_i) \quad \text{我方11个球员} \quad (4)$$

$$at_e = \sum_{j=1}^n (\sum_{i=1}^{11} x_i) \quad \text{对方11个球员}$$

其中, at_m 为一个评估周期内我方球员在场上的总坐标和; at_e 表示对方球员在场上的总坐标和。当 $at_m < C$ 时表示我方处于被压制状态,拼抢集中在我方半场;当 $at_e > C$ 时表示对方处于被压制状态,拼抢集中在对方半场。

1.5 威胁度

为了更加全面综合地了解场上态势,建立下列数学模型,如图2所示。

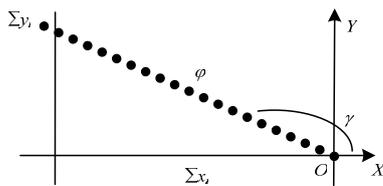


图2 威胁度数学模型

在此模型中,分别以球队所有球员坐标横向和、纵向和的绝对值作为直角三角形的直角边。斜边长度 $\varphi(\sum x_i, \sum y_i)$ 、正弦值 $\sin \gamma = \frac{|\sum y_i|}{\sum x_i}$ 作为对球队整体能力的综合评估。通过这个三角函数可以知道球队现在所处的位置——是中路还是边路。现分几种情况作简略的解释:

情况 A: 角度 $\gamma \geq 135^\circ$, 球队处于攻击状态^[2], 攻击主要在中路,斜边长度表明我对对方球门的威胁度较大。情况 B: 角度 $90^\circ \leq \gamma < 135^\circ$, 虽然我队仍处于优势但对球门威胁度不够,破门得分机会不多。情况 C: 角度 $45^\circ \leq \gamma < 90^\circ$, 拼抢主要集中于我方半场,但不至于在短时间被攻破球门,我方的被威胁度较小。情况 D: 角度 $\gamma < 45^\circ$, 攻击在禁区,

随时有被破门的危险,我方的被威胁度较大。

2 群体综合决策

综合评估系统的因素集 $V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5\}$, 其中, v_1, v_2, v_3, v_4, v_5 分别对应比分、比赛进行时间、机器人控球度、球员位置、威胁度。评估集 $U = \{u_1, u_2, u_3, u_4, u_5\}$, 其中, u_1, u_2, u_3, u_4, u_5 分别对应全力进攻、全力防守、全攻全守、偏于进攻、偏于防守5种阵型(根据需要也可以进行扩充)^[3]。

(1)构造模糊映射,进行单因素评估。

进行单因素评估需要构造模糊映射:

$$f: V \rightarrow U, v_i \mapsto f(v_i) \Leftrightarrow (r_{i1}, r_{i2}, r_{i3}, r_{i4}, r_{i5}) \quad (5)$$

其中, $f(v_i)$ 是因素 v_i 的关于阵型选择的模糊评估集, $r_{ij} (i=1,2,3,4,5; j=1,2,3,4,5)$ 表示关于阵型的隶属程度。

(2)构造模糊关系矩阵。

将5个模糊评估集组成一个模糊关系矩阵 R , 即模糊评估矩阵。

$$R = \begin{matrix} f(v_1) \\ f(v_2) \\ f(v_3) \\ f(v_4) \\ f(v_5) \end{matrix} = \begin{bmatrix} r_{11}, r_{12}, r_{13}, r_{14}, r_{15} \\ r_{21}, r_{22}, r_{23}, r_{24}, r_{25} \\ r_{31}, r_{32}, r_{33}, r_{34}, r_{35} \\ r_{41}, r_{42}, r_{43}, r_{44}, r_{45} \\ r_{51}, r_{52}, r_{53}, r_{54}, r_{55} \end{bmatrix} \quad (6)$$

如果因素集中的 v_1, v_2, v_3, v_4, v_5 分别有 m, n, o, p, q 个因素等级,那么要涵盖场上所有的态势总共需要构造 $(m \times n \times o \times p \times q)$ 个模糊评估矩阵。在本系统中,比数有比分落后、平分、比分领先3个等级;比赛进行时间有上半场开始阶段、上半场结束阶段、下半场开始阶段、下半场结束阶段4个等级;机器人控球度分为控球度高、适中、低3个等级;球员位置根据球场坐标依次划分为4个等级;威胁度根据1.4节分析分为4个等级。由此要涵盖场上所有态势须构造 $3 \times 4 \times 3 \times 4 \times 4 = 576$ 个模糊评估矩阵。

(3)构造因素及决策者的权重集。

为反映各个因素的重要程度,对各个因素 v_i 赋予一定的权重 w_i 。由各权重所组合成的集合为 $W = (w_1, w_2, w_3, w_4, w_5)$, 称为权重集。各权重 w_i 应该归一化和满足非负条件,即 $\sum_{i=1}^5 w_i = 1$, 且 $0 \leq w_i \leq 1$ 。同理,每个机器人对场上态势的决策也有一个权重问题,假设对每个机器人的决策意见有优先权重 λ_i , 权重 λ_i 也应该归一化和满足非负条件,即 $\sum_{i=1}^{11} \lambda_i = 1$, 且 $0 \leq \lambda_i \leq 1$ 。

权重的确定是模糊综合评估系统的关键步骤。在系统中为了简化模型的复杂度采用了指定权重的方法,5个因素的权重分别为0.5, 0.1, 0.1, 0.1, 0.2, 根据不同的对手策略可以对权重进行适当的调整。

(4)决策表的生成。

机器人的集合构成了决策群体,每个子决策群体对备选方案的评估值作为属性值,由于每个子决策大群体对待决策问题的着眼点不同,他们的评估值具有不可公度性,甚至是矛盾的特点。在本系统中,11个机器人构成了决策群体,它们对场上的特定态势分别有自己的决策评分表。如:第 k 个决策者对第 i 个方案,就第 j 个因素的效用值评分为 u_{ij}^k , 针对一种态势可以列出11个决策表,每张表为一个 5×5 的矩阵。其中, $1 \leq i \leq 5, 1 \leq j \leq 5, 1 \leq k \leq 11$ 。

(5)分别计算每个方案的算术加权平均分和几何加权平均分。

$$P_i^k = \sum_{j=1}^5 u_{ij}^k w_j \quad i=1,2,\dots,5; k=1,2,\dots,11 \quad (7)$$

$$Q_i^k = \prod_{j=1}^5 u_{ij}^k w_j \quad i=1,2,\dots,5; k=1,2,\dots,11 \quad (8)$$

(6)计算各个方案的混合平均分。

$$T_i^k = (P_i^k + Q_i^k)/2 \quad i=1,2,\dots,5; k=1,2,\dots,11 \quad (9)$$

(7)计算各个方案的总体平均分。

$$V_i = \sum_{k=1}^{11} \lambda_k T_i^k \quad i=1,2,\dots,5; k=1,2,\dots,11 \quad (10)$$

(8)计算各个方案的评价系数。

$$S_i = V_i / \sum_{i=1}^5 V_i \quad (11)$$

通过这样的计算,按照评价系数 S_i 的值,排列方案的优先序,排在最前面的方案就是本文的最优选择。

系统以每 T 时间段为评估周期,每经过 T 时间评估一次,排列优先级,根据不同的优先级别调用不同的策略,从而实现面向赛场态势的群体智能决策系统。

3 实验分析

实验平台:哈尔滨工业大学开发的 SimuroSot11v11 仿真平台。测试方法^[4]:用本系统设计的基于赛场态势分析的智能决策系统策略和原策略进行 50 场比赛,比赛按照正常参赛规则进行。在实验过程中,测试平台收集了这 50 场比赛的数据,实验数据如表 1 所示。

表 1 实验测试数据表

策略	进球数	失球数	球队控球率/(%)	犯规次数	抢断次数	射门次数	射门成功率/(%)
原策略	42	97	30	152	502	206	20.4
新策略	97	42	70	53	862	256	37.9

新旧系统性能分析如图 3 所示,从图中可以看出加入群体智能决策技术后的策略明显增强了球队的战斗能力,攻防两端都体现了相当高的水准,场均进球数提高了 1.1 个/场,控球率由原来的 30.0% 提高到 70.0%,犯规率下降为 65.1%,抢断率提高 71.7%,射门成功率更是上升 17.5%。这些数据提高足以说明本球队从一个弱队到一个强队质的飞跃。由此可见,面向赛场态势的群体智能决策技术的重要性。

不仅如此,新集成的策略在国内外比赛中均取得了优秀的战绩,多次战胜国内外强队。这再次印证本系统设计的基于模糊评判的群体智能决策技术的合理性,从而也说明本文

所设计的系统具有广泛的应用价值和实际意义。

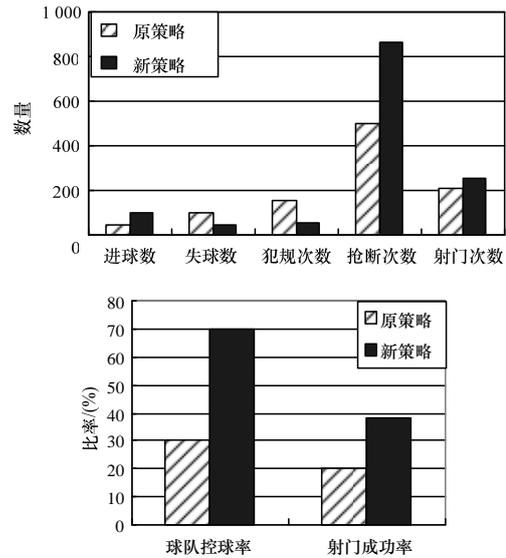


图 3 新旧系统性能比较图

4 结束语

本文提出了仿真足球机器人 SimuroSot11v11 平台中的一种基于模糊评判的智能群体决策技术,该技术能够综合赛场上所有的信息,具有决策精确、实时性好的特点。实验表明,这种办法对场上威胁度的作用具有较为明显的优势。下一步的工作是对面向赛场态势的智能决策技术不断加以改进,并将其应用于实物机器人的智能化发展研究。

参考文献

- [1] Kitano H, Asada M, Osawa E, et al. RoboCup: A Challenge Problem for AI[J]. AI Magazine, 1997, 18(1): 73-85.
- [2] Boer R D, Kok J. The Incremental Development of a Synthetic Multi-agent System: The UvA Trilearn 2001 Robotic Soccer Simulation Team[D]. Amsterdam, Netherlands: University of Amsterdam, 2002.
- [3] 张伯泉, 杨宜民. 青少年机器人足球比赛系统决策编程的可视化[J]. 计算机工程, 2006, 32(24): 172-174.
- [4] 王 斌. 机器人足球比赛态势分析与性能评测系统研究[D]. 西安: 西北工业大学, 2006.

编辑 任吉慧

(上接第 189 页)

参考文献

- [1] Tang Y Y, Lee S W, Suen C Y. Automatic Document Processing: A Survey[J]. Pattern Recognition, 1996, 29(12): 1931-1952.
- [2] 孙丰荣, 刘积仁. 快速霍夫变换算法[J]. 计算机学报, 2001, 24(10): 1102-1109.
- [3] Liu Jinhui, Ding Xiaoqing, Wu Youshou. Description and Recognition of Form and Automated Form Data Entry[C]//Proc. of

the 3rd International Conference on Document Analysis and Recognition. Montreal, Canada: [s. n.], 1995: 579-582.

- [4] 郑治枫, 刘长松, 丁晓青. 基于有向单连通链的表格框线检测算法[J]. 软件学报, 2002, 13(4): 790-796.
- [5] 管继斌, 明德烈. 基于游程的倾斜表格图像的快速检测和校正[J]. 华中科技大学学报: 自然科学版, 2005, 33(8): 69-71.

编辑 顾逸斐