

## 基于模糊一致关系的机器人足球角色分配

符海东,雷大江

(武汉科技大学 计算机科学与技术学院,湖北 武汉 430081)

(leidajiangwut@tom.com)

**摘要:**研究了基于模糊一致关系(FCR)的综合决策方法在机器人足球策略子系统中的应用。指出了比赛现场对球场态势有影响的主要决策因素,选取对角色分配有影响的决策因素作为评价因子,对这些评价因子建立基于FCR的角色分配系统模型,并给出了角色分配算法,最后通过角色分配系统的综合决策建立从角色集合到机器人集合的映射,完成一次角色分配。计算机仿真结果证明了该角色分配系统的可行性与有效性。

**关键词:**机器人足球;角色分配;模糊一致关系;综合决策

**中图分类号:** TP242 **文献标识码:** A

## Robot soccer role assignment system based on fuzzy consistent relation

FU Hai-dong, LEI Da-jiang

(College of Computer Science & Technology, Wuhan University of Science & Technology, Wuhan Hubei 430081, China)

**Abstract:** To study the application of synthesis decision-making based on fuzzy consistent relation (FCR) in robot soccer strategy subsystem. The main decision-making factors influencing the field situation were presented. The role assignment system model based on FCR was proposed, and the role assignment algorithm was produced. The influential decision-making factors to role assignment were selected to take the appraisal factor. The decision-making model based on FCR was established according to these appraisal factors. The mapping from the role set to the robot set through the role assignment system synthesis decision-making was established, completing a time of role assignment. Finally the feasibility and validity of system were confirmed with the computer simulation. The role assignment system is simple and excellent.

**Key words:** robot soccer; role assignment; fuzzy consistent relation; synthesis decision-making

### 0 引言

机器人足球系统的整个水平主要取决于策略子系统<sup>[1,2]</sup>,为了有效进行决策,众多学者提出了一些有用的推理模型,如六步推理模型<sup>[3]</sup>、四层推理模型<sup>[2]</sup>、三层决策模型<sup>[4]</sup>,每种模型中角色分配对策略子系统来说都非常重要<sup>[5]</sup>,目前单独对角色分配进行研究的文献比较少,还没有简单、有效的角色分配算法。

对于多机器人足球比赛模型,四层决策推理模型得到广泛的应用,即环境感知、队形选择、角色分配、动作选择。本文在四层决策推理模型下单独对角色分配进行了研究,提出了利用模糊一致关系进行综合决策的机器人足球的角色分配系统。

### 1 场上决策因素的选取

对于策略子系统而言,准确、合适的决策因素十分重要,选取的决策因素不能正确反映决策目标,可能做出错误的决策;选取的决策因素过多,会使策略子系统所处理的信息量呈几何级数增长。机器人足球的场上环境是连续、动态的,要想找出所有的决策因素从理论上说是不可能的。所以在进行建模时,要选取能够影响、反映局势的主要决策因素。在当前比赛现场,可供选择的主要决策因素有:球的位置、球的运动方向、球的运动速率、双方球员的位置、双方球员的运动方向、双

方球员的运动速率、双方球员的正面朝向、当前场上的比分和剩余时间等。

选择恰当、有效的主要决策因素作为角色分配系统的输入,通过本文提出的角色分配算法,就可以得出当前队形我方机器人对当前待分配角色的适合程度排序向量,选择适合程度最大的机器人充当此角色。

### 2 基于FCR的角色分配系统模型

决策一般是指事件、对策和效果的总称。解决某个事件采用何种对策,其效果如何是决策问题的实质。然而模糊性是人类思维和客观事物普遍存在的属性之一。模糊一致关系(FCR)具有许多优良的特性,特别是中分传递,使得模糊一致关系符合人类决策思维的心理特性,从而可以作为方案优选的理论基础。依靠模糊一致关系建立起来的模糊一致矩阵为优选的实现提供了现实性<sup>[6]</sup>。

机器人足球策略子系统处理场上的信息量表面上是离散、静态的,但实际上是实时、动态、连续的,设计者对场上数据的理解不可能是精确数量化的,策略子系统进行角色分配所处理的信息是模糊信息,而利用FCR建模恰好能够处理模糊信息,实际上进行角色分配的过程是个模糊决策过程<sup>[7]</sup>。利用FCR进行建模简单、结构清晰,能够综合考虑多因素对场上态势的影响,决策的过程符合人类真实足球比赛时决策思维的心理特性。针对角色分配的过程,本文提出如下的角

色分配系统模型:

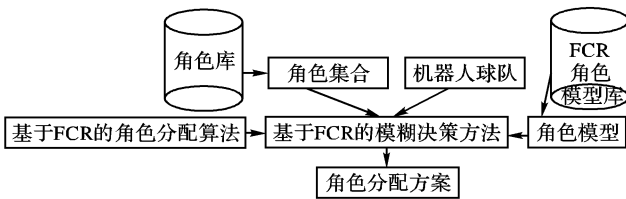


图1 角色分配系统模型

依据四层推理模型,在完成态势分析后就要进行队形选择并进行角色分配,角色的分配随着场上态势的变化而发生变化。在每种队形中定义角色集合,队形用角色集合来表示<sup>[8]</sup>,图1中的角色库即队形的集合,由四层推理模型的队形选择层确定;图1中FCR角色模型库是依据具体角色集合中待分配的角色构造的基于FCR的决策模型的集合,建模方法在下一节中给出;至于我方哪个机器人充当哪个角色,要用特定的角色分配算法来确定,例如文献[5],本文利用基于FCR的角色分配算法来实现具体的角色分配;最后建立角色集合到机器人球队的一个映射即得到一个角色分配方案。

### 3 角色分配系统的实现

#### 3.1 角色分配系统的构建

影响角色分配的主要因素是场上的决策因素,选出对角色分配有影响的决策因素作为评价因子,设比赛现场所有选到的评价因子集合为  $O_{all} = \{o_1, o_2, \dots, o_m\}$ , 机器人球队机器人集合设为  $ROBOT = \{robot_1, robot_2, \dots, robot_n\}$ , 待分配的角色集合为  $ROLE = \{role_1, role_2, \dots, role_n\}$ 。机器人角色分配系统要确定从角色集合到机器人集合的一个映射  $ROLE \rightarrow ROBOT$ , 即在机器人足球策略子系统的一个系统周期内将映射具体化,按照特定队形将本队形对应的角色分配到具体的机器人。在设计中,对角色集合按队形的策略排序,例如全攻队形,角色集合排序为{守门员, 主前锋, 协前锋, 左边锋, 右边锋};对全防队形,排序为{守门员, 主防, 协防, 左后防, 右后防};对机器人角色采取逐个分配的方案,并且守门员角色固定,即  $role_1 \rightarrow robot_1$ 。称这种规则为先主后协规则,即先确定主攻(或主防)队员,再确定协防与后卫队员。角色分配系统的具体过程如下:

1) 依据四层推理模型确定的队形,从角色库中选择相应的角色集合  $ROLE$ ,并按队形体现的策略(如全攻策略、全防策略、攻守兼备策略等)将角色集合进行排序,排序的规则按照先主后协规则,初始化为  $ROLE = \{role_1, role_2, \dots, role_n\}$ 。

2) 确定守门员角色,即建立  $role_1 \rightarrow robot_1$  的对应关系,并从角色集合和机器人集合中删除相应的元素,  $ROLE = \{role_2, role_3, \dots, role_n\}$ ,  $ROBOT = \{robot_2, robot_3, \dots, robot_n\}$ ;

3) 从集合  $ROLE$  中依次取出下一个元素  $role_i$ ,并从FCR角色模型库中选择该角色对应的角色模型,依据角色分配算法进行角色分配,设分配到的机器人为  $robot_j$ ,则从角色集合和机器人集合中分别删除相应的元素。

4) 如果集合  $ROLE \neq \emptyset$  则转到2)执行,否则结束角色分配过程。

5) 依据决策结果建立映射  $ROLE \rightarrow ROBOT$ ,即选择角色分配方案。

6) 在机器人策略子系统中实施此角色分配方案。

#### 3.2 FCR角色模型库

假设待分配的角色为  $role_i$ ,且  $role_i \in ROLE$ ,选定评价因

子集合  $O = \{o_1, o_2, \dots, o_m\}$  且  $O \subseteq O_{all}$ ,根据专家意见或者实际设计经验,确定出各个评价因子与待分配角色之间的关系,即每个评价因子对角色  $role_i$  贡献度,例如对于前锋角色来说,那么将球与机器人的距离作为评价因子,则会建立对当前机器人承担前锋角色的贡献度,反之则贡献度小的关系,我们称选定的评价因子集合与待分配角色以及它们之间的关系为FCR角色模型,记为  $Model_{role_i} := \langle role_i, O, Relation(role_i, O) \rangle$ 。从而将角色库中不同的角色都建立各自的FCR角色模型,形成FCR角色模型库。

#### 3.3 角色分配算法

第三步中具体的角色分配算法实现如下:

假设待分配角色为  $role$ ,且  $role \in ROLE$ ,机器人集合为  $ROBOT = \{robot_1, robot_2, \dots, robot_n\}$ ,此时选择相应的角色模型  $Model_{role} := \langle role, O, Relation(role, O) \rangle$ ,其中  $O = \{o_1, o_2, \dots, o_m\}$ 。

1) 依据每一周期从赛场上获取的环境信息,根据专家意见或者实际设计经验数据,确定针对于评价因子  $O = \{o_1, o_2, \dots, o_m\}$ ,各个机器人适合角色  $role$  的相对优先关系  $R$ ,再根据确定的优先关系以及比赛现场获取的环境信息建立  $m$  个优先关系矩阵:  $B_k = (b_{ij}^k)_{n \times n}$  ( $k = 1, 2, \dots, m$ ),其中  $b_{ij}^k$  的确定方法如下:

$b_{ij}^k = 1.0$ ,如果在目标  $O_k$  下,依据优先关系  $R$ ,  $robot_i$  优于  $robot_j$ ;

$b_{ij}^k = 0.5$ ,如果在目标  $O_k$  下,依据优先关系  $R$ ,  $robot_i$  与  $robot_j$  等优;

$b_{ij}^k = 0.0$ ,如果在目标  $O_k$  下,依据优先关系  $R$ ,  $robot_j$  优于  $robot_i$ 。

2) 通过数学变换,将模糊优先关系矩阵  $B_k = (b_{ij}^k)_{n \times n}$ , ( $k = 1, 2, \dots, m$ ),改造成模糊一致矩阵  $C_k = (c_{ij}^k)_{n \times n}$ ,其中变换函数为:

$$r_{ij}^k = \frac{r_i - r_j}{2n} + 0.5 \quad (1)$$

其中:

$$r_i = \sum_{j=1}^n b_{ij}^k \quad (2)$$

3) 运用方根法计算各个备选机器人  $robot_i$  在目标  $O_k$  下的优度值  $s_i^k, s_i^k$  的计算方法如下:

$$r_i = \frac{s_i}{\sum_{j=1}^n s_j} \quad (3)$$

其中:

$$s_i = \left( \prod_{j=1}^n r_{ij}^k \right)^{1/n} \quad (4)$$

将  $s_i^k$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) 从小到大排列就得到了诸备选机器人在目标  $O_k$  下对待分配角色适合程度大小次序。

4) 对诸评价因子进行分析,依据专家意见或者实际设计经验确定评价因子集合中各评价因子对角色的相对优先关系,建立各个评价因子间的模糊优先关系矩阵,再用同上面相同的数学变换将模糊优先关系矩阵变换成模糊一致矩阵,运用方根法计算诸评价因子对角色分配的贡献,即确定诸评价因子对角色分配的权值  $w_k$  ( $k = 1, 2, \dots, m$ )。称  $W = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$  为权重分配阵,其满足  $\sum_{k=1}^m w_k = 1$ 。

5) 在3)和4)的基础上,计算待分配角色机器人对角色

适合程度的优度值  $T_i$ , 其中  $T_i = \sum_{k=1}^m w_k \cdot s_i^k$

然后按照  $T_i$  的大小排序, 即如果有  $T_{i_1} \geq T_{i_2} \geq \dots \geq T_{i_n}$ , 则机器人对角色承担适合度大小排序  $robot_{i_1} \geq robot_{i_2} \geq \dots \geq robot_{i_n}$ , 从而可以确定各个机器人对某一角色的适合度, 选择最适合承担此角色的机器人, 并将这一角色分配给  $robot_{i_1}$ , 完成对角色集合中某一个具体角色的分配。

#### 4 仿真实例

以 FIRA(5VS5) 机器人足球比赛作为实验。现假设我方处于左半场, 处于进攻态势, 某一周期时选择队形为进攻队形, 角色集合  $ROLE = \{\text{守门员, 主前锋, 协前锋, 中卫, 后卫}\}$ , 机器人集合  $ROBOT = \{robot_0, robot_1, robot_2, robot_3, robot_4\}$ 。从场地传来环境信息, 包括  $ROBOT_i$  的位置  $(X_i, Y_i)$  与角度  $(A_i)$ , 表示成  $robot_i = \{(X_i, Y_i, A_i), i = 0, 1, 2, 3, 4\}^T$ 。Ball 的位置  $Ball(X_b, Y_b)$ 。环境信息表示成  $E = \{ROBOT_0, ROBOT_1, ROBOT_2, ROBOT_3, ROBOT_4, Ball\}^T$ 。

从实验场地获得以下信息:

$ROBOT_0$ : (10.661302, 42.274818, 54.025784)

$ROBOT_1$ : (33.339508, 53.563919, 0.642543)

$ROBOT_2$ : (27.546658, 28.819582, 11.145736)

$ROBOT_3$ : (56.887867, 64.385658, 9.513366)

$ROBOT_4$ : (51.028740, 35.811844, 38.507683)

$BALL$ : (66.203316, 59.916004)

选择四个评价因子:

$O_1$ : 机器人的位置;

$O_2$ : 机器人距离球的距离;

$O_3$ : 机器人的姿态 (即机器人的方向与机器人和球的连线的夹角);

$O_4$ : 机器人与球之间是否有障碍物;

依据本文提出的角色分配系统建立 FIRA 的角色分配系统, 将环境信息预处理成能够由评价因子比较的信息, 经过角

色分配系统的综合决策, 对机器人球队进行如下角色分配:  $robot_0 \rightarrow$  守门员,  $robot_1 \rightarrow$  协前锋,  $robot_2 \rightarrow$  后卫,  $robot_3 \rightarrow$  主前锋,  $robot_4 \rightarrow$  中卫, 可以看到仿真结果与预想的结果一致。在 FIRA 仿真系统中运用了本角色分配系统的队, 成绩有明显提高, 机器人跑位灵活, 抢球准确、及时, 出现了不少配合进球。

#### 5 结语

本文通过引进模糊一致关系, 建立基于模糊一致关系的机器人角色分配系统, 分配时综合考虑了比赛现场各方面的因素, 得到的分配结果与预想结果的符合度很高, 且角色分配算法随队形的变化是动态的, 提高了机器人球队的灵活性。本文中模型的建立依赖于手工确定, 不能根据比赛自主学习, 在实际设计角色分配系统时决策因素的选择也依据经验, 下一步要增加球队自主学习的能力。

#### 参考文献:

- [1] 洪炳熔. 机器人足球比赛——发展人工智能的里程碑[J]. 电子世界, 2000, 247(4): 4-5.
- [2] 吴丽娟, 张春晖, 徐心和. 足球机器人决策系统推理模型[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2001, 22(6): 597-599.
- [3] 徐心和. 足球机器人六步推理模型研究[A]. 机器人足球研讨班论文集[C]. 东北大学, 沈阳: 东北大学出版社, 1998. 42-46.
- [4] ASADA M, KITANO H. The Robocup challenge[J]. Robotics and Autonomous System, 1999, 29(1): 3-12.
- [5] 吴丽娟, 翟玉人, 徐心和. 足球机器人系统中角色分配策略的设计[J]. 基础自动化, 2000, 7(1): 4-6.
- [6] 姚敏. 计算机模糊信息处理技术[M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1996.
- [7] 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[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2004, 36(7): 857, 858, 873.
- [8] 符海东, 雷大江. 基于 Vague 集的机器人足球比赛策略[J]. 控制理论与应用, 2004, 21(S): 24-28.

(上接第 501 页)

坐标分别为  $(x1, y1, z1)$ 、 $(x2, y2, z2)$ 。如果 A、B 间满足以下关系式:

$$\begin{aligned} &(|x1 - x2| < (a + d)/2) \&\& (|y1 - y2| < (b + e)/2) \\ &\&\& (|z1 - z2| < (c + f)/2) \end{aligned} \quad (1)$$

则这两个长方体必然发生碰撞。

在本算法中, 由于已获取当前物体和目标物体的广义包围盒, 不妨设当前物体的最大最小坐标点分别为 SrcMax、SrcMin, 目标物体的最大最小坐标值分别为 DestMax、DestMin, 则当前对象的边长为  $\{\text{SrcMax.x} - \text{SrcMin.x}, \text{SrcMax.y} - \text{SrcMin.y}, \text{SrcMax.z} - \text{SrcMin.z}\}$ , 目标对象的边长为  $\{\text{DestMax.x} - \text{DestMin.x}, \text{DestMax.y} - \text{DestMin.y}, \text{DestMax.z} - \text{DestMin.z}\}$ , 再把这些值代入(1)式则可以判断当前物体与目标物体之间的位置关系。

#### 3.3 交互操作运行实例

在已开发的一个仿真程序中, 应用该方法进行物体拾取和模型碰撞检测, 操作判断准确。图 2 是仿真程序运行时仿真界面的一个局部截图, 红色外框表示管道物体已经被选中, 红色和绿色表示小球通过管道物体时二者相碰撞。

#### 4 结语

本文针对 Vega 在场景操作功能方面的局限性, 定义了一种广义包围盒, 提出基于广义包围盒的场景交互操作方法, 并将该方法应用在场景物体拾取和碰撞检测等场合, 解决了实际问题。该算法可以推广应用在虚拟场景操作其他场合。

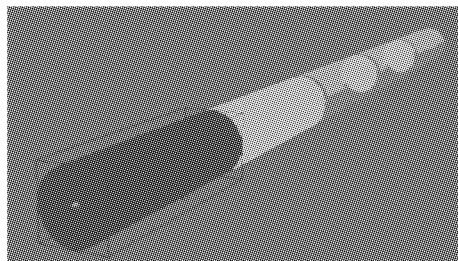


图2 程序运行截图

#### 参考文献:

- [1] 章勤, 黄琨, 李光明. 一种基于 OBB 的碰撞检测算法的改进[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2003, 31(1): 46-48.
- [2] 魏迎梅, 吴泉源, 石教英. 虚拟环境中的碰撞检测方法[J]. 计算机工程与科学, 2001, 23(2): 44-47.
- [3] Vega Programmer's Guide. Version 3.7 for Windows [Z]. U. S. A: MultiGen-Paradigm Inc, March 2001.