

解决足球机器人运动死锁问题的模糊决策方法

刘宏, 林飞, 查红彬

(北京大学 视觉与听觉信息处理国家重点实验室, 100871, E-mail: liuhong, linfei, zha@cis.pku.edu.cn)

摘要: 在分析足球机器人比赛中常见的机器人运动死锁现象的基础上, 采用双层模糊控制器判断本方机器人是否需要退让, 从而主动解决运动死锁问题. 通过本方机器人、对方机器人和球的位置关系建立了一系列模糊规则, 并通过实验检验了该方法的有效性.

关键词: 足球机器人; 模糊决策; 运动死锁

中图分类号: TP242

文献标识码: A

文章编号: 0367-6234(2004)07-0851-03

A new fuzzy decision method for solving soccer robots' motion deadlock

LIU Hong, LIN Fei, ZHA Hong-bin

(National Lab. on Machine Perception, Peking University, Beijing 100871, China, E-mail: liuhong, linfei, zha@cis.pku.edu.cn)

Abstract: Based on the analysis of frequent motion deadlock of robots in soccer robot games, a new method of two-layer fuzzy controller is proposed to solve the motion deadlock by active retreating. A series of fuzzy rules are established by the configurations of robots and positions of the ball. Experiments show that the proposed method is practical and efficient.

Key words: Soccer Robots; Fuzzy Decision; Motion Deadlock

机器人足球是近几年发展起来的机器人研究和竞赛项目, RoboCup 和 FIRA 等国际组织每年都举办国际性和区域性比赛, 已经吸引了世界各地几百所大学的参加. 在目前的自主型和半自主型比赛中, 都存在着双方机器人人员发生碰撞后难以快速分离的现象, 即出现了“运动死锁”. 这类现象暴露了策略的局限性, 也严重地影响了比赛的观赏性. 为解决上述问题, 本文提出了基于模糊决策的机器人运动死锁解决方法.

1 运动死锁与模糊策略

出现运动死锁的主要原因如下.

1) 与对方机器人争球. 双方的策略都是围绕球的位置而制定的, 多数的策略系统是先将球场分为若干区域, 然后根据球的不同位置规划机器人的动作. 如果对方的机器人也采取类似的策略, 双方

很容易在边路、四个角落等球场位置发生争球.

2) 策略掩护. 当本方主要进攻队员处于进攻状态时, 另一个本方机器人可能去干扰对方球员而导致二者纠缠在一起, 导致长时间的死锁.

3) 路径规划的问题. 策略系统给主进攻机器人的动作一般以机器人的左右轮速形式给出, 在机器人四周有物体时, 如果规划不当, 则很容易出现机器人无法运动的情况.

4) 策略因素. 在本方半场的退让可能会造成对敌方有利的进攻形式, 因此, 发生死锁的双方机器人各不相让, 影响了比赛进程.

解决运动死锁问题的关键在于决策死锁时是否应该退让, 而如何退让的问题与是否应该退让是密切相关的. 例如, 若死锁的机器人在对方半场, 后面有队友防守, 即使退让也不会对本方造成很大威胁, 反而有利于局面的流畅、能量的节省和策略上的主动, 此时可以考虑退让. 但影响退让的因素是多方面的, 是否应该退让的决策也是相对的, 包含很多不确定的因素, 处理这些不确定因素的一种有力工具就是模糊控制方法.

收稿日期: 2004-04-12.

基金项目: 国家高技术研究发展计划资助项目(2001AA422200); 国家自然科学基金项目(60175025).

作者简介: 刘宏(1967-), 男, 副教授.

模糊控制系统以模糊数学为基础,模拟人的思维方法,客观地反映了复杂问题中各种因素的相对性,已经在足球机器人策略研究中发挥了重要作用^[1-5]。但是,专门针对运动死锁问题的研究还很少见,采用模糊决策解决运动死锁的研究还没有展开。

2 解决运动死锁的模糊决策系统

构造模糊决策系统需要解决下面三个重要问题:模糊规则的获取问题、多变量导致的模糊规则“爆炸”问题、隶属度函数的确定问题。关于模糊规则的获取,主要有以下几类方法:Wang - Mendel 方法^[6],模糊神经网络,基于遗传算法的模糊系统等。多变量导致的模糊规则爆炸可采用分层模糊控制器的方法解决。当前的分层模糊控制器主要有以下几种:把多维模糊规则分解为一维规则的集合;多阶段模糊推理;两层模糊系统。关于隶属度函数,采用了三角形成员函数;关于模糊规则的确定,采用了 Wang - Mendel 方法,同时使用了双层模糊控制器来解决模糊规则爆炸的问题。下面是建立模糊控制器的步骤:

1) 确定输入输出变量。为了比较完备地处理死锁的问题,总共用了8个输入变量:死锁的机器人距离球的距离 DistToBall;球的坐标 Ballx, Bally;最近的队友离球的距离 DistTeamToBall(不包括本方守门员);距离球最近的对方球员(NOpp)离球的距离 DistToNOpp;死锁的机器人与球之间的角度 Arb;NOpp 与球的角度 Aro;球和最近的队友的角度 Aot;两层的输出变量 Out 是该机器人是否要改变当前状态的必要性的大小。第一层输出是0时,表示不需要解锁;为1时,表示需要解锁;为0.5时,采用第二层模糊控制器,其输出为0或1。

2) 将输入和输出空间划分为模糊空间。在每个输入变量的取值区间 $[a, b]$ 上定义 N_i 个模糊集 A_i^j ,且 A_i^j 在 $[\alpha, \beta]$ 上是完备模糊集。为每个输入变量都选取了三角形隶属函数,这也是现在最常用的隶属函数。类似的,定义 N_y 个模糊集 B^l ,它们在 $[\alpha, \beta]$ 上也是完备模糊集。对于 DistToBall, DistToNOpp 和 DistTeamToBall,其取值区间为 $[7, 198]$,对每个变量都定义了3个模糊子集,分别为近,中,远。

为了减少模糊规则,根据能减则减的原则对输入变量进行划分,通过实验来验证精简后的控制是否有效。因此,对于 Ballx 和 Bally,其取值区间分别是 $[0, 150]$ 和 $[0, 130]$,分别为其划分了2个子集, Ballx 的模糊子集为安全,危险, Bally 的模糊子集为左和右。对于 Arb 和 Aro,其取值区间确定为 $[-$

$180, +180]$,分别为其划分了4个模糊子集 A_1, A_2, A_3, A_4 ,而对于 Aot,其取值区间为 $[-180, +180]$,为其划分2个区间,分别为后、前。对于第一层控制器 Out,为其划分了3个模糊子集,分别是撤退、不确定、不撤退。对于第二层的 Out,为其划分两个模糊子集,分别为撤退、不撤退。

3) 根据输入和输出数据对产生规则。在通过全局视觉反馈获得的机器人比赛数据中直接检索运动死锁的比赛数据,作为输入输出数据。然后,选取一些输入输出数据对,根据每个输入输出数据对 $(x_{01}^p, \dots, x_{0n}^p; y_0^p)$ 确定 $x_{0i}^p (i = 1, 2, \dots, N_i)$ 隶属于模糊集 $A_i^j (j = 1, 2, \dots, N_i)$ 的隶属度值和 y_0^p 隶属于模糊集 $B^l (l = 1, 2, \dots, N_y)$ 的隶属度值,即计算 $\mu_{A_i^j}(x_{0i}^p) (j = 1, 2, \dots, N_i, i = 1, 2, \dots, n)$ 和 $\mu_{B^l}(y_0^p)$,然后,对每个输入变量 $x_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 确定使 x_{0i}^p 有最大隶属度值的模糊集,类似地确定 B^{l^*} 使得 $\mu_{B^{l^*}}(y_0^p) \geq \mu_{B^l}(y_0^p) (l = 1, 2, \dots, N_y)$ 。最后,可以得到下面的模糊 IF - THEN 规则:如果 x_i 为 $A_i^{j^*}$,且 x_n 为 $A_n^{j^*}$,则 y 为 B^{l^*} 。

4) 对步骤3)中的每条规则赋予一个权值。由于输入输出对的数量通常都比较大,且每个数据对都会产生一条规则,所以很可能有冲突的规则。为了解决冲突,给步骤3)中每条规则赋予一个权值,从而使得一个冲突群中仅有一条规则具有最大权值。这样,不仅冲突问题解决了,规则的数量也大大减少。

如果一个输入输出数据对具有不同的可靠性且能用一个数值来评价,则将这一信息也合并到规则权值中。具体来说,假定输入输出数据对的可靠程度为 μ^p ,其规则强度定义为

$$D(\text{rule}) = \prod_{i=1}^n \mu_{A_i^j}(x_{0i}^p) \mu_{B^{l^*}}(y_0^p) \mu^p.$$

如果输入输出数据对数目较小,可让专家评价其可靠程度。如果不能知道输入输出数据对之间的差异,可简单令所有的 $\mu^p = 1$ 。

5) 创建模糊规则库。模糊规则库由下面三种集合组成:前面步骤中产生的与其他规则不发生冲突的规则;一个冲突规则群体中具有最大权值的规则,其中冲突规则群体指的是那些具有相同 IF 部分和不同 THEN 部分的规则;来自于专家的语言规则(主要指专家的显性知识)。可见,关于解锁的最终规则库是由显性知识和隐性知识组成的。

6) 基于模糊规则库构造模糊系统。这里,选择了带有乘积推理机,单值模糊器、中心平均解模糊器和三角形成员函数的模糊控制系统,最终的

模糊系统形式为

$$f(x) = \sum_{j=1}^M y^j \left(\prod_{i=1}^n \mu_{A_i^j}(x_i) \right) / \sum_{j=1}^M \left(\prod_{i=1}^n \mu_{A_i^j}(x_i) \right).$$

上面介绍了模糊控制器的构造过程,下一步是确定双层模糊控制器的组成. 双层模糊控制器的主要思想是找出多输入变量中相对重要的一组变量组成第一层控制器,其余的构成第二层控制器. 考虑到距离在解决死锁时的重要性,在第一层设置了3个变量:死锁的机器人与球的距离 DistToBall;最近的队友离球的距离 DistToTeam(不考虑本方守门员);距离球最近的对方球员(Nopp)离球的距离 DistToNopp;如图1所示,剩下的5个变量构成第二层控制器,如图2所示.

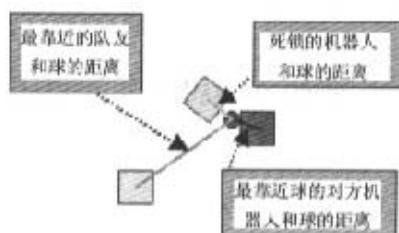


图1 第一控制器的变量

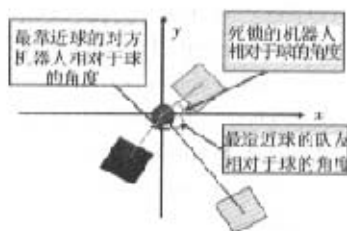


图2 第二层控制器的变量

这样,就通过输入输出产生了模糊规则. 利用数据分析系统检测到死锁场景得到死锁对应的数据输入,将其可视化后利用专家投票的方法得到输出. 在得到输入输出数据对后,形成模糊规则库. 并在此基础上建立起一个基于单值模糊器,乘积推理机,中心平均解模糊器和三角形成员函数的解决死锁问题的模糊控制器.

3 实验

实验中使用的10场比赛数据中包含了102个死锁场景. 比赛数据主要来源于全国性的机器人足球比赛、兄弟学校之间的一些邀请赛和队内训练比赛等. 为了更充分地验证解锁模糊决策方法的有效性,还利用自己开发的仿真平台进行了模拟在线实验. 为了检验该死锁模糊决策的有效性,采用了专家投票法,邀请5名从事机器人足球

研究的人员,通过观看比赛数据分析系统中死锁数据的可视化仿真界面,进行专家投票. 实验结果是65种情况撤退,37种情况不撤退,根据投票得出该结果共有97种情形合理,合理率为95.1%. 控制器的第一层使用了27条规则,第二层使用了128条规则,整个模糊控制器使用了155条规则. 假如采用传统的算法,将用到3456条规则,对于一个输入会激活256条规则,这样将很难建立模糊控制器. 而使用分层控制器后对一个输入最多只会激活40条规则. 实验表明,比赛中有很多情景只需要激活8条规则. 实验中对有些场景解锁的判断是不合理的,原因在于为了简化模糊规则,模糊集合的划分比较简单. 这类问题可以通过适当增加规则数量来尝试解决.

4 结语

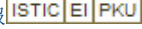
本文提出了一种基于模糊决策解决足球机器人运动死锁的方法,采用双层模糊控制器处理不同层次的比赛数据,简化了模糊规则. 实验表明提出的模糊决策方法与传统的方法相比,减少了模糊规则的数量,在解决足球机器人运动死锁问题中具有比较满意的效果.

参考文献:

- [1] HYBG M J, KIM H S, SHIM H S, KIM J H. Fuzzy rule extraction for shooting action controller of soccer robot [A]. Proceedings of IEEE International Fuzzy Systems Conference[C]. Seoul: 1999.
- [2] SNG H L, GUPTA G S, MEASSOM C H. Strategy for collaboration in robot soccer [A]. Proceedings of the First IEEE International Workshop on Electronic Design, Test and Applications[C]. 2002.
- [3] WONG C C, CHOU M F, HWANG C P, et al. A method for obstacle avoidance and shooting action of the robot soccer [A]. Proceedings of 2001 IEEE International Conference on Robotics & Automation[C]. Seoul: 2001.
- [4] DADIOS E P, MARAVILLAS O A. Fuzzy logic controller for micro-robot soccer game [A]. The 27th Annual Conference of IEEE Industrial Electrical Society [C]. 2001.
- [5] MAKITA Y, HAGIWARE M, NAKAGAWA M. A simple path planning system using fuzzy rules and a potential field [A]. Proceedings of the Third IEEE Conference on Fuzzy Systems[C]. 1994.
- [6] WANG L X, MENDAL J M. Generating fuzzy rules by learning from examples [J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 1992, 22(6): 1414 - 1427.

(编辑 王小唯)

解决足球机器人运动死锁问题的模糊决策方法

作者: 刘宏, 林飞, 查红彬
作者单位: 北京大学, 视觉与听觉信息处理国家重点实验室, 100871
刊名: 哈尔滨工业大学学报 
英文刊名: JOURNAL OF HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY
年, 卷(期): 2004, 36(7)
被引用次数: 5次

参考文献(6条)

1. HYBG M J, KIM H S, SHIM H S, KIM J H [Fuzzy rule extraction for shooting action controller of soccer robot](#) 1999
2. SNG H L, GUPTA G S, MEASSOM C H [Strategy for collaboration in robot soccer](#) 2002
3. WONG C C, CHOU M F, HWANG C P A [method for obstacle avoidance and shooting action of the robot soccer](#) 2001
4. DADIOS E P, MARAVILLAS O A [Fuzzy logic controller for micro-robot soccer game](#) 2001
5. MAKITA Y, HAGIWARE M, NAKAGAWA M A [simple path planning system using fuzzy rules and a potential field](#) 1994
6. Wang L X, MENDAL J M [Generating fuzzy rules by learning from examples](#) 1992(06)

相似文献(7条)

1. 会议论文 陆叶, 石颖, 刘宏 基于模糊决策的足球机器人守门员出击策略 2007

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,将两者结合起来,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。

2. 学位论文 余倩 基于全局视觉的类人型足球机器人系统构建 2009

足球机器人作为人工智能与机器人学科实验研究的载体已受到国内外学者的普遍关注,其研究目标是到2050年类人型足球机器人队能战胜当时的人类足球队。类人机器人是机器人中一个重要分支,机器人研究者一直把类人机器人的研究作为机器人研究的最高境界。近几年来,国际上对类人足球机器人的研究取得了迅速的发展。本文基于全局视觉构建了类人型足球机器人系统,系统主要包括四部分:视觉子系统、决策子系统、无线通讯子系统以及类人机器人子系统。其中,决策子系统可看作系统控制器,类人机器人子系统可看作执行机构或控制对象,视觉子系统可看作系统的检测环节,而无线通讯子系统则为决策系统和类人机器人子系统之间的信息桥梁。本文主要从以上四个子方面构建系统并解决机器人行走过程中晃动难以定位和机器人步态规划的难题。

基于全局视觉设计视觉系统。通过基于颜色的目标识别算法对目标机器人和球进行识别定位,采用小波分析对图像消噪。针对机器人行走中晃动难以精确定位的特点,提出基于边缘检测的机器人精确定位方案。通过将场地分区排除较大范围内的晃动,通过边缘检测得到机器人倾斜角度并校正机器人小范围倾斜。

基于模糊评判算法设计决策系统。提出基于环境感知/队形确定/角色分配/动作选择的四层决策推理模型,并针对足球机器人比赛环境的实时性、动态性,以及场上情况多种多样,难以建立归一化模型的特点,提出基于模糊决策算法的决策方法。球队的队形以及机器人队员的角色都能根据现场情况,进行动态切换,从而完成特征状态空间到动作空间的映射。

采用蓝牙通信技术设计通信子系统。蓝牙发射器首先通过RS232串口通讯从主机接收各个机器人运动控制指令数据,然后按照预定的传输协议进行调制,然后将数据发射出去。机器人接收到信号后,按照XMI00传输协议解调后获得机器人运动控制指令,最后通过电机控制模块驱动电机转动。

对机器人进行步态规划,设计机器人动作库。选用韩国minirobot公司的ROBONOVA-1型类人机器人作为队员。分析ROBONOVA-1类人足球机器人的结构,介绍其所使用的软件开发语言robo-Basic编程语言及编程环境。在构建的数学模型基础上,对ROBONOVA-1类人足球机器人的步态规划进行研究。基于ZMP详细设计机器人前向行走,得到关节转角轨迹,并对机器人的动作库设计进行设计。

最后应用本系统参加了FIRA第十三界足球机器人世界杯取得了AndroSot3vs3的亚军,证明了系统的可行性,可靠性。

3. 学位论文 雷大江 基于模糊技术的机器人足球策略研究 2005

机器人足球是近几年发展起来的机器人研究和竞赛项目,融合了人工智能、智能控制、实时视觉、无线通讯、机电一体化等多学科知识。机器人足球本身是一个典型的多智能体系统,同时也为多智能体系统的理论研究和模型测试提供了一个标准的实验平台。从系统的整个结构来看,系统分为四个子系统:小车、视觉、策略和通信子系统,其中策略子系统相当于现代真实足球比赛中的教练员,直接影响比赛的成败,能够体现出机器人足球系统的智能性,对策略系统的深入研究有重大的理论意义和现实应用价值。

分析了现有策略系统采用的递阶分层模型框架,指出策略系统因为影响因素多、决策信息量大、决策量不容易描述等特点,难以建立归一的决策模型,提出利用模糊集来描述足球机器人的姿态以及场上的态势,利用模糊逻辑和模糊决策方法进行建模。采用四层决策推理模型作为策略框架,利用模糊技术对策略系统的态势分析、队形选择、角色分配主要模块进行研究。

构建基于经典模糊集的机器人足球策略系统,分别实现了态势分析:利用Fuzzy集构造反映攻防态势的模糊集,接着Fuzzy逻辑决定采用攻防的策略;队形选择:利用态势分析的结果选择队形;角色分配:由于角色分配在整个策略系统中的重要性,分别提出利用模糊一致关系和模糊层次分析两种模糊决策方法进行角色分配。最后用机器人足球比赛仿真平台进行仿真,对算法和策略进行验证。

在分析Fuzzy集和Fuzzy逻辑在进行态势分析不能反映出反面信息的缺点的基础上,提出利用Vague集及其逻辑构建机器人足球策略系统,并结合态势分析结果,针对队形选择和角色分配提出新的模糊决策算法。

4. 期刊论文 梅传根, 刘存时, 童俊华 Robocup中模糊阵型策略的实现 -工业控制计算机2008, 21(12)

Robocup中型组足球机器人比赛是典型的多智能体系统,在特定的环境和约束下,多个机器人通过协调协作的阵型策略完成同一个防守或进攻任务。为

了满足机器人足球比赛对阵型分配的实时性、快速性合理性的要求,通过分析几个重要的赛场态势特征因素,建立了从赛场状态到阵型决策的模糊映射,很好地解决了机器人足球比赛中阵型分配和转换问题。

5. 学位论文 [刘山荣 Robocup决策系统中多智能体技术研究](#) 2009

Robocup(机器人世界杯),是一项国际广泛参与的研究活动,它旨在为人工智能和智能机器人的研究提供开放统一的平台。在该平台上,各种各样的智能体技术被有效整合、应用、并得到检验。足球机器人系统是一个典型的多智能体系统,决策系统作为整个足球机器人系统的核心,决定机器人的协调协作,是机器人的“大脑”。因此,决策系统的研究在多智能体领域具有十分重要的意义。

本文以Robocup2D11vs11仿真比赛为研究对象,对多智能体技术在Robocup决策系统中的应用进行研究。首先介绍Robocup仿真比赛的运行机理;其次分析足球机器人比赛中传统的决策模型的缺点,介绍一种新的两层(决策层和动作层)决策模型—Apollo队的决策模型;再次描述专家系统在两层决策模型的动作层的应用;接着介绍决策树算法的理论推导及其在Robocup比赛中的应用;最后是本文的核心,深入研究通过样本训练模糊决策树在两层决策模型的上层中的应用,提出通过智能体技术进行射门决策的新方法,并进行智能体技术中模糊ID3算法和Min-Ambiguity算法与传统决策方法的比较,大量仿真数据和比赛结果表明通过智能体技术进行决策的新方法相对传统决策方法具有更高进球率。

6. 会议论文 [雷大江,符海东,陈建勋 基于FAHP的机器人足球角色分配系统](#) 2005

本文研究了模糊层次分析法(FAHP)在机器人足球策略系统中的应用,提出了将多种角色分配策略综合考虑的角色分配系统。首先构造角色分配的模糊决策系统,然后在该角色分配系统中采用了基于FAHP的角色分配算法,给出了该算法的应用条件以及算法的实现过程,通过对足球机器人球队进行多因素综合决策,得到足球机器人相对于当前分配角色的适合程度排序向量,确定承担角色的足球机器人。最后本文用计算机仿真验证该系统的可行性和正确性。

7. 学位论文 [庄晓东 多移动机器人运动控制策略的强化学习研究](#) 2005

多移动机器人是机器人研究的主要内容之一,路径规划、运动控制是移动机器人完成各种任务的关键。采用机器学习特别是强化学习方法实现多机器人环境中路径规划和运动控制,是近年来机器人研究的热点。本论文研究了多机器人环境中运动控制策略的强化学习,本文的研究工作主要从四个方面展开:动态环境中的建模规划、多障碍环境中的运动控制策略学习和优化、强化学习方法的改进研究、基于多机器人仿真实验平台的策略强化学习研究。

在动态环境中的机器人控制研究中,提出了一种基于模糊概念和可能性理论的环境建模方法,在此基础上进行模糊决策,有效的实现动态运动控制,获得高效的实时、避障规划效果。

在多障碍环境中的移动机器人路径规划方面,提出了人工势场法和蚁群优化算法相结合的路径规划方法,将人工势场作为先验知识,对蚁群优化算法进行初始化,和已有的蚁群路径规划算法相比,显著提高了规划速度。

在对强化学习方法的改进方面,针对传统算法在大状态空间中学习效率低的问题,提出针对模糊状态的强化学习算法(FSRL),并基于模糊状态实现离散状态空间中的多尺度学习;考察蚁群优化算法的状态相关性特点,在时间学习尺度上对传统算法进行改进,提出蚁群强化学习算法(RAL)和延迟优化学习算法(DORL);并应用于多障碍环境路径规划,和基于传统强化学习的路径规划方法相比,显著提高了规划性能。

根据实际应用时环境状态的不确定性、学习过程中策略的不确定性,在随机变量熵的概念下,提出强化学习中的决策熵,来定量度量学习过程中策略的不确定性(即策略收敛程度);提出强化学习中的状态熵,来描述观测状态信息不完整引起的不确定性;基于决策熵,提出具有自适应学习率的学习算法,通过多障碍环境路径规划仿真实验,表明自适应学习率有效的提高了学习性能。

基于TeamBots多机器人仿真实验平台,进行了多机器人目标搜索和机器人足球的策略学习实验,应用改进的自适应学习率方法成功实现多移动机器人环境中的控制策略学习,并且足球机器人仿真实验中,通过强化学习实现了机器人之间的协作分工。

引证文献(5条)

1. 覃杨森,屈四宝,娄云峰,史豪斌,于竹君 [基于蚁群算法的SimuroSot中场队形转换技术](#)[期刊论文]-[计算机应用研究](#) 2009(7)
2. 符海东,王中伟 [实用的机器人足球角色分配算法设计](#)[期刊论文]-[计算机工程与设计](#) 2006(8)
3. 符海东,王中伟,陈建勋 [一种基于势场理论的机器人足球决策系统的研究](#)[期刊论文]-[武汉科技大学学报\(自然科学版\)](#) 2005(1)
4. 刘中华 [RoboCup小型足球机器人运动控制研究](#)[学位论文]硕士 2005
5. 杨帆 [基于MAS的多机器人足球仿真平台的实现与协作战术策略的研究](#)[学位论文]硕士 2005

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hebgdxxb200407001.aspx

授权使用: 深圳大学城图书馆(szxdc), 授权号: b69c32f6-b3bb-468f-8eed-9dbc01588d4a

下载时间: 2010年7月23日