

doi:10.16104/j.issn.1673-1891.2021.04.017

# 基于蚁群算法的篮球运动员远距离投篮轨迹跟踪方法

程翔<sup>1</sup>, 张燕中<sup>2</sup>

(1. 铜陵学院体育部, 安徽 铜陵 244000; 2. 安徽农业大学体育部, 安徽 合肥 230036)

**摘要:**为了提高篮球运动员远距离投篮轨迹跟踪识别能力,提出基于蚁群算法的轨迹跟踪识别方法。采用动力传感敏感跟踪元件实现投篮轨迹数据采集,构建篮球运动员远距离投篮轨迹数据特征分析模型;结合运动学参数融合和动态识别方法进行远距离投篮轨迹数据的分类检测,构建远距离投篮轨迹的运动力学耦合控制模型;采用蚁群个体寻优跟踪方法,构建篮球运动员远距离投篮轨迹数据的聚类参数演化分布集;通过动力传感敏感跟踪元件融合方法,进行篮球运动员远距离投篮轨迹数据感知过程中的自适应学习,构建篮球运动员远距离投篮轨迹分布的信息融合模型;通过级联滤波和联合特征分析方法,实现对篮球运动员远距离投篮轨迹跟踪和特征识别;通过蚁群寻优结果,实现对篮球运动员远距离投篮轨迹信息跟踪识别。仿真结果表明:采用该方法实现篮球运动员远距离投篮轨迹跟踪识别的精度较高,误差较小。

**关键词:**蚁群算法;篮球;运动员;远距离投篮;轨迹跟踪

中图分类号:TP391.41;G841 文献标志码:A 文章编号:1673-1891(2021)04-0093-05

## Tracking Method of Basketball Payers' Long-distance Shooting Trajectory Based on Ant Colony Optimization Algorithms

CHENG Xiang<sup>1</sup>, ZHANG Yanzhong<sup>2</sup>

(1. Sports Department, Tongling University, Tongling, Anhui 244000, China;

2. Sports Department, Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230036, China)

**Abstract:** In order to improve basketball players' ability of tracking and identifying long-distance shooting trajectory, a method of tracking and identifying basketball players' long-distance shooting trajectory based on ant colony algorithm is proposed. In this tracking method, we adopt dynamic sensing sensitive tracking elements to collect data of basketball players' long-distance shooting trajectory and construct a characteristic analysis model of basketball players' long-distance shooting trajectory data; classify and detect basketball players' long-distance shooting trajectory data by combining kinematic parameter fusion and dynamic recognition methods to construct a kinematic mechanics coupling control model of basketball players' long-distance shooting trajectory; adopt the ant colony individual optimization tracking method to construct the cluster parameter evolution distribution set of basketball players' long-distance shooting trajectory data; adopt the fusion method of dynamic sensing sensitive tracking elements to carry out the adaptive learning of basketball players' long-distance shooting trajectory data sensing process; use cascade filtering and joint feature analysis methods to conduct the long-distance shooting trajectory tracking and feature recognition of basketball players; track and identify the information of basketball players' long-distance shooting trajectory through the results of ant colony optimization algorithms. The simulation results show this method has high accuracy and slight deviations in tracking and identifying basketball players' long-distance shooting trajectory.

**Keywords:** ant colony optimization algorithms; basketball; athletes; long-distance shooting; trajectory tracking

## 0 引言

随着智能仿生群算法的发展,引入智能的仿生

算法和人工智能算法并应用在体育运动训练中,比如将仿生智能算法应用在篮球投篮的轨迹跟踪识别中,可提高篮球投篮的训练水平和准确度水平。

收稿日期:2021-05-19

基金项目:安徽省教育厅教学研究重点项目(2019jyxm0105)。

作者简介:程翔(1987—),男,安徽铜陵人,讲师,硕士,研究方向:篮球运动训练。

利用大数据统计和信息处理技术,通过传感器和机器视觉分析方法,结合机器视觉的演化跟踪识别,可实现对篮球运动员远距离投篮轨迹跟踪识别<sup>[1]</sup>,提高篮球运动员远距离投篮的精度。相关的篮球运动员远距离投篮轨迹跟踪方法研究在智能机器学习算法中受到人们的关注<sup>[2]</sup>。

远距离投篮轨迹跟踪识别方法主要采用大数据特征分析方法,建立与远距离投篮轨迹数据相关的特征分析模型,结合远距离投篮轨迹跟踪分析结果<sup>[3]</sup>,采用多传感信息跟踪识别,实现远距离投篮轨迹的特征分析,指导篮球运动员远距离投篮的训练行为<sup>[4]</sup>。研究远距离投篮轨迹数据感知方法,通过机器视觉分析和仿生算法识别,采用描述性统计分析方法,进行远距离投篮轨迹数据特征分析和挖掘<sup>[5]</sup>。本文提出基于蚁群算法的篮球运动员远距离投篮轨迹跟踪识别方法,首先采用动力传感敏感跟踪元件实现篮球运动员远距离投篮轨迹数据采集,然后采用蚁群个体寻优跟踪方法,构建远距离投篮轨迹数据的聚类参数演化分布集,通过动力传感敏感跟踪元件融合方法,进行远距离投篮轨迹数据感知过程中的自适应学习,构建篮球运动员远距离投篮轨迹分布的信息融合模型,通过级联滤波和联合特征分析方法,实现对篮球运动员远距离投篮轨迹跟踪和特征识别,并通过仿真测试进行轨迹跟踪识别的性能验算。

## 1 运动学模型和参数分析

### 1.1 篮球运动员远距离投篮轨迹的运动学模型

为了实现基于蚁群算法的篮球运动员远距离投篮轨迹数据感知,首先需要构建远距离投篮轨迹数据特征分析模型,结合运动学参数融合和视觉特征分析,通过远距离投篮轨迹的视觉参数分析,建立远距离投篮轨迹的动态视觉参数识别模型,根据远距离投篮轨迹的运动学参数分析结果,采用蚁群算法,实现对篮球运动员远距离投篮轨迹跟踪<sup>[6]</sup>,实现总体结构如图 1 所示。

构建远距离投篮轨迹规划的参数融合跟踪控制模型,结合远距离投篮的被控参数分析<sup>[7]</sup>,实现远距离投篮轨迹数据融合和特征分析,得到远距离投篮轨迹的运动学模型为:

$$G = \left\{ a(t) + b(t) \mid c(t) \mid \frac{p}{a(t) + b(t)} \right\} \quad (1)$$

式中: $G$  为远距离投篮轨迹的运动学函数; $a(t)$  为初始运动速度; $b(t)$  为时间采样延迟; $c(t)$  为环境误差; $p$  为空间分布维数。

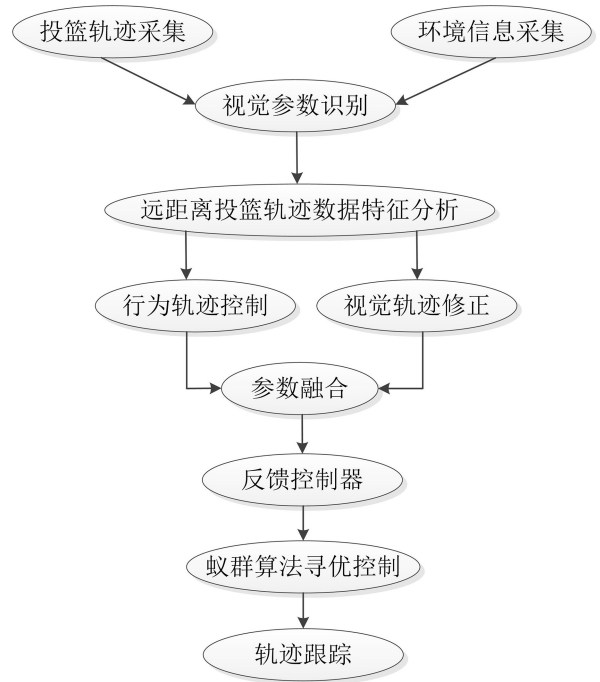


图 1 篮球运动员远距离投篮轨迹跟踪的总体实现结构

根据高维矩阵特征分解方法建立篮球运动员远距离投篮轨迹运动学 D-H 运动学数据特征分解模型,在邻近点中进行篮球运动员远距离投篮轨迹感知<sup>[8]</sup>。

### 1.2 运动学参数分析

采用动力传感敏感跟踪元件实现篮球运动员远距离投篮轨迹数据采集,构建篮球运动员远距离投篮轨迹数据特征分析模型<sup>[9]</sup>,得到建立篮球运动员远距离投篮轨迹的传感数据序列分布矩阵为:

$$jh = \frac{(d+e)^2}{g} \quad (2)$$

式中: $j$  代表传感数据序列; $h$  代表分布矩阵; $d$  为投篮角度; $e$  为运动学方差; $g$  代表远距离篮球运行轨迹特征量化值。

由此得到力学惯性参数分布为:

$$s = c(t) + (d+e) \quad (3)$$

式中: $s$  代表力学惯性参数分布的最终结果。

建立篮球运动员远距离投篮轨迹的模糊状态参数解析模型,得到篮球运动员远距离投篮的轨迹运动学参数分布序列  $l = -1, 0, 1, \dots, n$ , 结合分区块调度,根据特征向量(观测序列),进行篮球运动员远距离投篮轨迹运动学数据分析,得到融合参数:

$$R = f \frac{c(t)}{s} + \frac{(d+e)^l}{\Delta k} \quad (4)$$

式中: $R$  代表篮球运动员远距离投篮轨迹动力数据融合后的结果; $\Delta k$  为输出梯度函数; $f$  为轨迹分布序

列长度。通过模糊度识别方法,进行篮球运动员远距离投篮轨迹学特征模型构造,建立篮球运动员远距离投篮轨迹跟踪的观测误差序列为:

$$U=R(i)+\frac{(y \times 2n)^l}{\Delta k} \quad (5)$$

式中: $U$ 代表篮球运动员远距离投篮轨迹跟踪的观测误差序列结果; $i$ 代表误差干扰因子; $y$ 和 $n$ 分别表示篮球运动员远距离投篮轨迹的关联分布和惯性力矩。

## 2 篮球运动员远距离投篮轨迹跟踪优化

### 2.1 篮球运动员远距离投篮轨迹跟踪的蚁群算法

根据高维矩阵特征分解方法建立篮球运动员远距离投篮轨迹运动学D-H运动学模型,实现对篮球运动员远距离投篮轨迹多传感跟踪识别<sup>[10]</sup>,采用蚁群寻优算法,得到篮球运动员远距离投篮轨迹的蚁群个体分布集 $q$ ,通过统计分析得到篮球运动员远距离投篮轨迹寻优的蚁群个体差异度为:

$$Z=(r+i)\frac{v}{q^2} \quad (6)$$

式中: $Z$ 代表蚁群个体差异度; $r$ 表示篮球运动员远距离投篮轨迹寻优的蚁群个数; $v$ 为计算状态下的蚁群变异数目。

在篮球运动员远距离投篮轨迹分布训练集 $A=|Z|^2$ 的引导下,结合模糊参数识别方法进行篮球运动员远距离投篮训练的蚁群寻优,得到寻优控制函数为:

$$M(x)=\frac{A}{(r+i)}-\frac{v}{q^2} \quad (7)$$

式中: $M(x)$ 代表最优控制函数。

篮球运动员远距离投篮上肢分布空间为 $E$ ,采用MUSIC算法进行篮球运动员远距离投篮轨迹化运动模型辨识<sup>[11]</sup>,得到篮球运动员远距离投篮轨迹分布蚁群变异参数为 $\varphi$ ,由此构建篮球运动员远距离投篮轨迹寻优的联合特征函数为:

$$Y=E(|\varphi|+\sigma) \quad (8)$$

式中: $Y$ 代表联合特征函数; $\sigma$ 表示蚁群寻优的个体参数。

构建篮球运动员远距离投篮轨迹的运动力学解析模型,基于运动学特征分析方法进行篮球运动员远距离投篮轨迹寻优规划<sup>[12]</sup>,得到篮球运动员远距离投篮轨迹跟踪的蚁群跟踪模型为:

$$Q=M(x)\frac{A(F-\mu)}{(\|\varphi\|+y)}Y+E \quad (9)$$

式中: $Q$ 代表篮球运动员远距离投篮轨迹跟踪的蚁

群跟踪模型; $f_i$ ;  $F$ 为方位函数; $\mu$ 为蚁群寻优的信息素浓度。

### 2.2 篮球运动员远距离投篮训练轨迹跟踪

对篮球运动员远距离投篮轨迹多传感信息数据序列检测的节点为 $l_1$ ,建立篮球运动员远距离投篮轨迹分布的寻优约束参数,基于运动学特征分析方法进行篮球运动员远距离投篮轨迹寻优,得到分段样本检验模型:

$$O=\frac{l[\varepsilon+\bar{\omega}]}{Z}Q \quad (10)$$

式中: $O$ 代表分段样本检验模型; $\varepsilon$ 表示核函数; $\bar{\omega}$ 为轨迹寻优的联合度函数。

通过动力传感敏感跟踪,构建篮球运动员远距离投篮轨迹数据感知的自适应学习模型,得到学习函数:

$$H=v-\frac{j[\varepsilon+\bar{\omega}]}{O+2\eta} \quad (11)$$

式中: $v$ 为篮球运动员远距离投篮绕体坐标系各轴的惯性损耗; $j$ 表示方位误差; $\eta$ 表示蚁群寻优的变异度。假设 $v=\frac{j}{2\eta}$ ,构建篮球运动员远距离投篮训练的量化参数分布集,进行篮球运动员远距离投篮训练参数识别,得到:

$$t=v-\frac{v+\zeta}{O+2\eta} \quad (12)$$

式中: $\zeta$ 表示篮球运动员远距离投篮轨迹的信息传导系数。假设 $v=1$ 时,得到量化分布模型函数为:

$$\psi=\frac{v+\zeta}{p+\gamma}-v \quad (13)$$

式中: $\tau$ 为蚁群个体差异度函数; $\gamma$ 为轨迹指数分布集。采用蚁群个体寻优跟踪方法,构建篮球运动员远距离投篮轨迹数据的聚类参数演化分布集,通过动力传感敏感跟踪元件融合方法,得到轨迹跟踪模糊度函数 $v=0.1$ ,根据篮球运动员远距离投篮轨迹信息挖掘结果,得到轨迹跟踪检测输出:

$$(\chi+|\delta|+\vartheta)=\frac{\tau}{v} \quad (14)$$

式中: $\chi$ 为篮球运动员远距离投篮轨迹的模板的平衡因子, $\delta$ 为篮球运动员远距离投篮轨迹的解析因子, $\vartheta$ 为篮球运动员远距离投篮轨迹融合的多传感信息跟踪函数,输出为:

$$\zeta=\frac{(\chi+\delta)+(\chi+\vartheta)}{|\delta|\tau} \quad (15)$$

综上分析,采用蚁群算法寻优,可实现篮球运动员远距离投篮轨迹跟踪识别<sup>[13]</sup>。改进算法的优

化实现流程如图 2 所示。

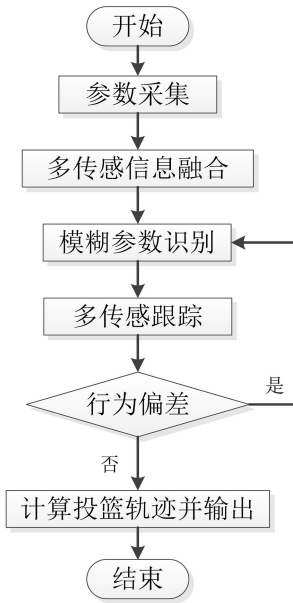


图 2 实现流程

### 3 仿真测试与结果分析

为了验证本文方法在实现篮球运动员远距离投篮轨迹数据感知中的应用性能,进行实验测试分析,结合 MATLAB 仿真工具,进行篮球运动员远距离投篮轨迹参数融合,设定篮球运动员远距离投篮轨迹参数的视觉信息采集节点数为 600,投篮距离为三分线周边,蚁群个体数设定为 4 500,变异度为 0.103,相关参数设定如表 1 所示。

表 1 篮球运动员远距离投篮轨迹参数设定

投篮次数	命中概率初值	偏移率	修正偏差/mm
10	0.888	0.676	5.028
15	0.809	0.616	4.896
20	0.819	0.624	4.835
25	0.837	0.637	4.936
30	0.849	0.646	5.125
35	0.803	0.612	5.075
40	0.870	0.663	5.151
45	0.847	0.645	4.965
50	0.754	0.575	5.019
55	0.819	0.624	4.969
60	0.841	0.640	5.052
65	0.819	0.624	5.167
70	0.737	0.561	4.908
75	0.715	0.545	4.951
80	0.870	0.663	5.127
85	0.792	0.603	4.673

根据表 1 的参数设定,进行投篮轨迹跟踪测试,得到初试轨迹的视觉采样结果如图 3 所示。



图 3 初试轨迹的视觉采样

以图 3 的篮球投篮轨迹数据为对象,实现轨迹跟踪,得到轨迹跟踪曲线如图 4 所示。

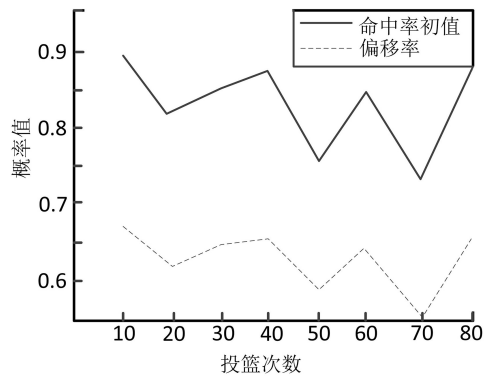


图 4 轨迹跟踪曲线

分析图 4 得知,采用本文方法进行篮球投篮轨迹跟踪的拟合性能较好。测试采用不同方法进行远距离投篮轨迹跟踪的精度,得到对比结果见表 2,分析表 2 得知,采用本文方法进行远距离投篮轨迹数据感知的精度较高,提高了篮球运动员远距离投篮轨迹分析和训练指导能力。

表 2 跟踪精度对比结果

测试次数	本文方法	文献[3]	文献[5]
75	0.815	0.533	0.516
70	0.837	0.549	0.512
50	0.854	0.562	0.523
85	0.892	0.590	0.487
35	0.903	0.599	0.529
15	0.909	0.603	0.511
20	0.919	0.610	0.504
55	0.919	0.610	0.518
65	0.919	0.610	0.539
25	0.937	0.623	0.515
60	0.941	0.626	0.527
45	0.947	0.631	0.518
30	0.949	0.632	0.534
40	0.970	0.648	0.537
80	0.970	0.648	0.535

## 4 结语

通过传感器和机器视觉分析方法,结合机器视觉的演化跟踪识别,实现对篮球运动员远距离投篮轨迹跟踪识别,提高篮球运动员远距离投篮的精度。本文提出基于蚁群算法的篮球运动员远距离投篮轨迹跟踪识别方法,采用动力传感敏感跟踪元

件实现篮球运动员远距离投篮轨迹数据采集,根据高维矩阵特征分解方法建立篮球运动员远距离投篮轨迹运动学 D-H 运动学模型,实现对篮球运动员远距离投篮轨迹多传感跟踪识别,采用蚁群算法寻优,实现篮球运动员远距离投篮轨迹跟踪识别。研究得知,采用本文方法进行篮球运动员远距离投篮轨迹跟踪的精度较高。

### 参考文献:

- [1] 何波. 篮球投射过程中的角度智能视觉图像分解判断方法[J]. 现代电子技术, 2018, 41(10): 175-178.
- [2] 崔丽群, 张平, 贺情杰, 等. 对比度和细节增强显著性检测方法研究[J]. 计算机工程与应用, 2019, 55(23): 200-208.
- [3] 苗俊. 篮球手臂投篮视频图像跟踪提取仿真[J]. 计算机仿真, 2017, 34(11): 224-227.
- [4] 杨杨, 刘佳. 基于量子搜索算法的篮球图像分割研究[J]. 计量学报, 2015, 36(5): 464-468.
- [5] 荀盛龙, 康文峰. 篮球运动快速位移图像自适应定位方法[J]. 沈阳工业大学学报, 2019, 41(2): 179-183.
- [6] 李钢, 李海芳, 尚方信, 等. 结合局部灰度差异的噪声图像分割模型[J]. 计算机应用, 2018, 38(3): 842-847.
- [7] 陈超. 多阈值优化的运动图像轮廓特征提取方法[J]. 沈阳工业大学学报, 2019, 41(3): 315-319.
- [8] 刘屿, 孙坤, 谢宏威, 等. 基于形状上下文特征和 ICP 的高精度轮廓视觉检测算法[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2018, 46(1): 131-138+144.
- [9] 司幸伟. 基于多尺度形态学图像的屈肘角度检测方法与实践[J]. 河南师范大学学报(自然科学版), 2017, 45(5): 60-67.
- [10] 尹杰. 基于篮球课体能训练的虚拟仿真系统的设计与实现[J]. 内蒙古师范大学学报(自然科学汉文版), 2018, 47(4): 307-311.
- [11] 康文峰. 低比特率下篮球视频图像自适应监测技术[J]. 科学技术与工程, 2019, 19(12): 237-241.
- [12] 马明兵, 黄婧. 基于光流法的篮球图像运动块差异自主检测方法[J]. 科学技术与工程, 2019, 19(11): 224-229.
- [13] 宋香君. 基于背景差法的篮球投篮轨迹自动捕捉方法研究[J]. 自动化与仪器仪表, 2020(7): 42-45.