

# 基于混合智能算法的彩色图像 模糊颜色聚类分割方法研究

夏培容, 许晓飞

(北京信息科技大学 自动化学院, 北京 100101)

**摘要:** 结合模糊技术较好地表达和处理了不确定性问题的特点, 提出了一种新的彩色图像模糊聚类分割方法。对于信息量大的彩色图像, 提出了采用灰度图像处理在 RGB 颜色空间的应用的分割方法。在足球机器人视觉系统的软件中, 设计模糊聚类混合智能算法 (包括遗传算法和蚁群算法) 进行图像信息处理。实验结果表明: 这种方法能有效提高足球机器人视觉系统的识别与跟踪性能。

**关键词:** 彩色图像分割; 颜色空间; 模糊聚类; 混合智能算法

中图分类号: TP391.4

文献标识码: A

文章编号: 1673-9833(2008)04-0044-04

## Research on Fuzzy Cluster Color Image Segmentation Method Based on Hybrid Intelligent Computing

Xia Peirong, Xu Xiaofei

(School of Automation, Beijing Information Science and Technology University, Beijing 100101, China)

**Abstract:** In view of the characteristics of fuzzy technology of well expression and uncertainty treatment, a new color image fuzzy cluster segmentation method on fuzzy technology is presented. Aiming at color image with quantity information, it also put forward the practical segmentation techniques to deal with RGB color spaces. We use fuzzy cluster image segmentation method to deal with image information on the football robot vision system. Test show that the method can improve the identification and tracing property for football robot vision system.

**Key words:** color image segmentation; color space; fuzzy cluster; hybrid intelligent computing

### 0 引言

彩色图像分割是实现图像处理和模式识别的关键, 也是实现足球机器人准确实时跟踪运动目标的关键。视觉系统是足球机器人的眼睛, 本文研究的足球机器人视觉系统工作过程是由悬挂在球场中圈上空 2 m 的 BASLER A312fc 1394 数字摄像头摄取比赛现场图像, 采用 IEEE 1394 总线进行图像传输, 送入主机内存, 再由人机交互软件对图像进行理解。首先, 计算机需要通过选择颜色模型进行颜色分割, 在颜色分割的基

础上, 对图像进行分割, 由此可以获得多个二值化图像结果, 再通过相应辨识算法辨识出目标球的位置, 然后通过视觉系统实现机器人跟踪目标, 其工作原理如图 1 所示。

机器人视觉系统<sup>[1]</sup>彩色图像分割的关键在于选择合适的颜色空间和恰当的分割方法, 其中, 颜色特征空间的选择要根据具体的图像和分割方法而定。目前, 还没有一种颜色空间可以替代其它的空间而适用于所有彩色图像分割; 至于分割方法, 虽然模糊运算要占用一定的时间, 但模糊方法是处理图像不确定性

收稿日期: 2008-06-15

基金项目: 北京信息科技大学科研基金资助项目 (5029323301)

作者简介: 夏培容 (1974-), 女, 重庆江津人, 北京信息科技大学讲师, 博士生, 主要从事图像处理技术和机器人研究。

的一种有效方法, 其不仅可以为更高层的处理图像分析、图像理解、模式识别保留更多的信息, 而且模糊推理还可以部分模拟人的推理能力。

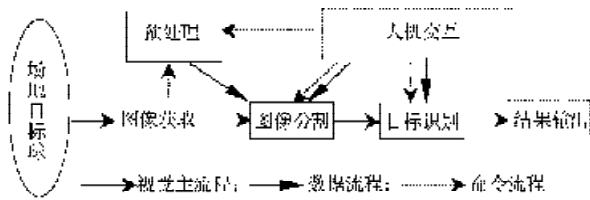


图1 智能机器人视觉系统工作原理流程图  
Fig. 1 The vision working flow of intelligent robot

足球机器人视觉系统进行目标球识别的主要依据是目标球的主色调信息。然而, 在实际成像过程中, 由于各种环境因素(如光照条件的变化, 景物中物体的反射, 视角的变化, 以及目标球的材质的不一致性)的影响, 使得图像存在不确定性和模糊性, 进而造成对原始图像的错误分割。为此, 本文提出了一种基于智能算法的模糊颜色聚类彩色图像分割方法, 采用遗传算法和蚁群聚类融合的方法, 分层次地分割图像, 实现足球机器人视觉系统特定感知特性的丰富信息彩色图像有效分割速度和鲁棒性。

## 1 模糊聚类

在图像处理<sup>[2]</sup>和图像分析的每一级别上都会出现不确定性, 这种不确定性会在底层传感器输出端产生, 并沿着计算机视觉的处理顺序逐级延伸, 不确定性处理过程如图2所示。

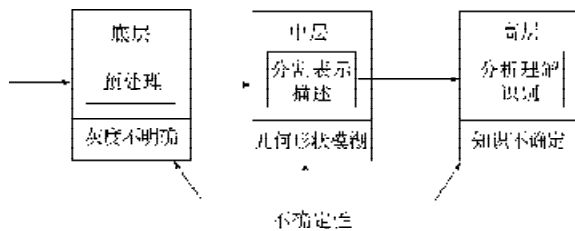


图2 图像处理中的不确定性  
Fig. 2 The uncertainty of image processing

由于每一级的决策都是基于前一级的处理结果, 因而其处理结果同样会影响到更高层的处理。计算机视觉系统应该有足够的处理能力处理每一层的不确定性, 并且使其处理结果能够保留尽可能多的信息, 以确保视觉系统的最终输出不会产生太大的偏差。

聚类分析是把给定的样本集合按照某种准则分割成几个不相交的子集, 通过对所考察的对象或样本按一定要求进行合理的分类, 将所考察的模式进行合理分类的数学方法。为了确定各样本之间的关系, 常用相似系数和距离来衡量样本间的接近程度。相似系数越接近, 样本越接近; 距离越小, 样本也越接近。

聚类法的基本原理是将一幅彩色图像聚为直方图中的几簇, 每一簇都对应着图像中的目标。聚类时, 首先应得到图像中各点的颜色值, 然后将点分配到与之颜色最近似的簇中去。聚类法本质上是递归或迭代的, 大多可以产生较光滑的区域边界, 而且不易受到噪声和局部边界变化的影响, 但是聚类法也带来一些问题, 即相邻簇常常重叠, 引起像素分类错误, 簇的总量确定较困难。由于现实的分类问题多伴随着模糊性, 模糊集合理论能够较好地表述和处理不确定性问题, 故模糊测度、模糊集合理论、模糊推理在图像分割领域获得广泛应用。因此, 在聚类分析中引入模糊方法更加合理。

模糊聚类具体分析过程为: 设  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  是需要被分类的样本集, 其中每个元素为 1 个样本, 每个样本为一个  $m$  维的向量:  $X_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}\}^T (i=1, 2, \dots, n)$ , 建立  $X$  上的模糊相似关系  $R$ , 表示为模糊相似矩阵  $R = (r_{ij})_{m \times n}$ ,  $\mu R(x_i, x_j)$  表示  $x_i$  和  $x_j$  按给定性质相似的程度,  $r_{ij} = \mu R(x_i, x_j)$  有很多方法来确定, 可根据实际情况选择合适的表达式。

根据已建立的模糊相似关系矩阵, 选用一种算法进行聚类。常用的算法有: 基于模糊等价关系的聚类方法, 模糊  $K$ ——均值算法, 最大树法等。本文采用  $K$ ——均值聚类算法, 是一种基于目标函数的聚类方法, 它把聚类归结成一个带约束的非线性规划问题, 通过优化求解, 获得数据集的划分和聚类。模糊  $K$ ——平均聚类算法设计如下:

1) 初始化: 设给定样本空间的聚类中心类别数为  $K$ ,  $K$  个初始中心为  $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_k\}$ ;  $X' = \{x^{(1)}, x^{(2)}, \dots, x^{(n)}\}$  表示所有输入的样本矢量;  $S_i = \{x | x \text{ 最接近于类别 } i\}$ , 表示所有属于第  $i$  个聚类中心的样本集合; 设定迭代停止阈值为  $\varepsilon$ ;

2) 样本划分:  $x^{(p)} \in S_i$ , 如果

$$\|x^{(p)} - z_i\| < \|x^{(p)} - z_j\|, j=1, 2, \dots, k, i \neq j;$$

3) 计算新的聚类中心:  $z_i^* = \frac{1}{N_i} \sum_{x^{(p)} \in S_i} x^{(p)}$ ,  $N_i$  是属于  $S_i$  的样本个数;

4) 检查收敛, 如果  $\|z_i^* - z_i\| < \varepsilon, i=1, 2, \dots, k$ , 则算法终止, 否则转向 2)。

从某一意义上来说, 彩色图像分割的本质就是对各像素的颜色进行聚类, 而颜色聚类就是颜色空间的分割。根据颜色空间理论, 任何一种颜色都是颜色空间的一个点, 或说一个矢量。感觉相近的颜色在颜色空间中是用颜色矢量间的相对距离来判定的。这说明在均匀色差的色彩空间, 感觉相近的颜色在空间位置

上也相近。然而,在非均匀色差的颜色空间中,各物体点的RGB值在RG、RB、GB平面投影都呈不规则形状,但是相对集中,构成了在RGB空间里一个密集的点簇。也就是说这些点在颜色空间中虽然不是均匀分布,但却都集中在一个封闭区域内,这种在非均匀色差的颜色空间的相近颜色集中分布的特性是与在均匀色差的颜色空间的相近颜色的分布特性相类似的。颜色聚类的过程就是在颜色空间中寻找一些封闭区域的过程,在这些区域里,颜色相近点相对集中,只要找到一种方法,能够恰当的分割颜色空间,把颜色相近点划分在一起,就实现了颜色的聚类。

## 2 基于模糊聚类的混合智能彩色图像分割方法

对于彩色图像<sup>[3]</sup>而言,一般情况下,在颜色空间中出现频率较高的像素,它们的颜色分量在各分量轴上的投影也比较大。因此,各颜色分量直方图能够大致反映图像中颜色的分布情况。基于此,彩色图像采用颜色空间,对彩色图像的颜色分量直方图,采用模糊聚类分割算法确定初始聚类中心及聚类数目,可取各分割区域颜色的平均值作为聚类中心颜色值,然后对各颜色分量的聚类中心进行组合。但是,只要任何维颜色分量的类中心取值不合适,使用这些组合的聚类中心对原图像进行分割就都会造成目标被过度分割,使得同一聚类错分为不同的类。针对此问题,本文利用遗传算法和蚁群模糊聚类对彩色图像进行多阈值自适应搜寻。

遗传算法<sup>[4]</sup>的基本操作主要包括随机产生代表问题的 $n$ 个可行解的 $n$ 个染色体 $x$ 构成的初始种群,计算种群中每一个染色体的适应值;按适应值越大,概率越大的原则从种群中选择2个父辈染色体,以一定的交叉概率交叉父辈染色体来形成新的后代染色体,以一定的变异概率变异新产生的后代染色体,直到产生新的种群;最后检验终止条件,如果满足则停止进化,返回当前种群的最优解。对于彩色图像复杂的问题,将其解编码成染色体,即把多个阈值表示成染色体,同时构造一个适应度函数来评价每个染色体的适应度,即实现评价每组阈值的分割效果。无需建模和进行复杂的运算,不要求目标函数可导,只用遗传算子操作即可寻找到优化问题的解。

蚁群聚类<sup>[5]</sup>主要是利用蚁堆形成当中对于单只蚂蚁拾起、放下物体的行为方式进行建模,可以将数据视为具有不同属性的蚂蚁,聚类中心看作是蚂蚁所要寻找的“蚂蚁堆”。所以,数据聚类过程就看作是蚂蚁寻找不同蚂蚁堆的过程。基于蚁群颜色聚类算法流程是基于对单只蚂蚁拾起、放下物体的行为方式进行建

模。1只随机移动的无负载蚂蚁在遇到1个物体时,周围与这个物体相同的物体越少,则拾起这个物体的概率越大;1只随机移动的有负载蚂蚁,如果周围具有的与所背负物体相同的物体越多,则放下这个物体的概率越大。这样可以保证不破坏大堆的物体,并且能够收集小堆的物体。其基本原理是:假设蚂蚁在一个随机散布了数据对象的二维平面内随机地移动,初始蚂蚁随机选择一个数据对象,根据该对象在局部区域的相似性而得到的概率,决定蚂蚁是否“拾起”或“放下”该对象。经过有限次迭代,平面上的数据对象按其相似性而聚集,最后得到聚类结构和聚类数目。蚂蚁“拾起”对象的概率是由与当前邻域对象的相似度决定的。相似度低,“拾起”概率高;相似度高,“拾起”概率低。蚂蚁“放下”对象的概率则与此相反。

遗传算法具有大范围快速全局搜索能力,在搜索初期有较高收敛速度,但当求解到一定程度时,往往做大量的冗余迭代,对系统中的反馈信息利用不够,求解效率明显降低;而蚁群聚类算法在搜索初期由于数据及自身运动的随机性,蚂蚁“拾起”、“放下”对象随机运动,形成有效聚类时间较长,使得搜索速度缓慢,但当运动到一定时间后,效果显著提升。遗传算法与蚁群聚类算法融合的基本思想是基于遗传算法的快速全局搜索能力和蚁群算法的正反馈收敛机制,初期采用遗传算法过程生成数据对象的初始聚类中心,后期利用蚁群算法正反馈完善聚类结构,优势互补。本文设计的遗传算法与蚁群算法融合方法如下<sup>[6]</sup>:

- 1) 根据实际情况设置初始聚类中心数 $P$ (主要是根据经验或具体需求选择若干个代表点,将这些代表点作为初始的聚类中心),该参数决定了遗传聚类在从解的染色体往解的物理值映射过程的复杂度;
- 2) 设置最小和最大遗传迭代次数 $G_{\min}$ 、 $G_{\max}$ ;
- 3) 遗传算法迭代过程中统计子代群体的进化率,并以此设置子代群体的最小进化率 $G_{\min\_ratio}$ ;
- 4) 在设定的迭代次数范围内,如果子代群体的进化率都小于 $G_{\min\_ratio}$ ,说明此时遗传算法优化速度较低,迭代过程可以终止,进入蚁群算法。

## 3 实验结果与分析

本文采用如图3所示 $768 \times 1024$ 的24位真彩色图像作为实验分析对象,用MATLAB实现仿真实验结果,如图4所示。

结果表明,基于遗传算法和蚁群算法的模糊均值聚类融合方法处理结果轮廓较明显,细节较为清晰,分割的效果良好。

随着聚类个数的增多,更细微的边缘信息也可以被检测出来。采用前面所述的遗传算法与蚁群算法融合方法,本实验参数取值为:聚类数目为3, $G_{\max}=400$ ,

$G_{\min}=0$ 。从实验结果来看, 基于遗传算法和蚁群算法的模糊均值聚类融合方法在优化性能和时间性能上有一定的优势, 仿真实验用时大约 300 s, 极大降低了计算量, 加速了进化过程; 而且, 该算法能使聚类的数目减少到最少, 对于图像中灰度较低部分也能被较好检测出来, 且能减少纹理和细节, 这有利于分割部分的边缘提取。

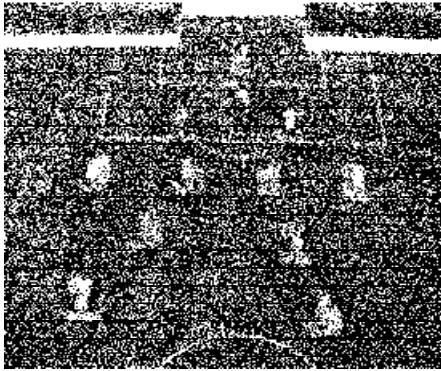


图3 足球机器人比赛现场  
Fig. 3 Robot soccer match spot

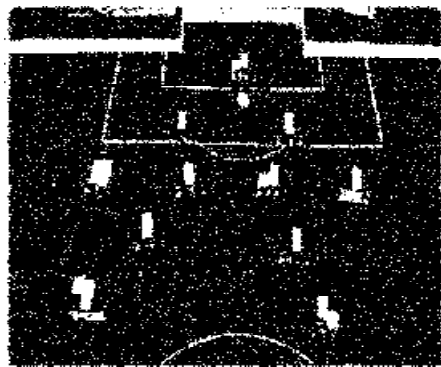


图4 对比赛现场分割的结果  
Fig. 4 Segmentation result of match spot

## 4 结语

针对足球机器人视觉系统中的彩色图像处理问题, 本文研究了遗传算法和蚁群算法, 并结合两者的特点, 设计出了混合智能算法, 完成了足球机器人比赛现场彩色图像的模糊颜色聚类分割, 实现了足球机器人比赛现场目标图像的轮廓检测和边缘提取。然而, 遗传算法和蚁群算法的基础理论还需进一步完善; 而模糊聚类分析也是一门处于发展中的学科, 如何促进两者的发展, 并将两者的最新理论结合起来应用于彩色图像处理将是本人未来研究的重要方向。

### 参考文献:

- [1] 曹莉华, 柳伟. 基于多种主色调的图像检索方法研究与实现[J]. 计算机研究与发展, 1999, 36(1): 96-100.
- [2] 钟玉琢, 乔秉新, 李树青. 机器人视觉技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 1994.
- [3] 林开颜, 吴军辉, 徐立鸿. 彩色图像分割方法综述[J]. 中国图象图形学报, 2005, 10(1): 1-5.
- [4] 陈鹏, 丁晓青. 复杂车辆图像中的车牌定位与字符分割方法[J]. 红外与激光工程, 2004, 33(1): 29-33.
- [5] 陈桂明, 张明照, 戚红雨. 应用MATLAB语言处理数字信号与数字图像[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [6] 丁建立, 陈增强, 袁著社. 遗传算法与蚂蚁算法的融合[J]. 计算机研究与发展, 2003, 40(9): 1351-1356.

(责任编辑: 张亦静)