**北京航空航天大学计算机学院**

**硕士学位论文开题报告**

**论文题目**：示温漆的温度识别

**专 业**：计算机技术

**研究方向**：计算机图形学

**研 究 生**：胡昊

**学 号**：ZY1206243

**指导教师**：吴壮志

**北京航空航天大学计算机学院**

2013年12月6日

目 录

[1 选题的背景与意义 1](#_Toc374211173)

[1.1 选题背景 1](#_Toc374211174)

[1.2 选题意义 1](#_Toc374211175)

[2 国内外研究现状及发展动态 1](#_Toc374211176)

[2.1 示温漆图像识别系统发展现状研究 2](#_Toc374211177)

[2.2 色彩量化发展 2](#_Toc374211178)

[2.3 彩色图像分割发展 3](#_Toc374211179)

[2.4 图像识别发展概况 4](#_Toc374211180)

[3 论文的研究内容及拟采取的技术方案 4](#_Toc374211181)

[3.1 目标及研究内容 5](#_Toc374211182)

[3.2 拟采取的技术方案 5](#_Toc374211183)

[3.2.1 图像处理模块 5](#_Toc374211184)

[3.2.2 温度识别模块 6](#_Toc374211185)

[3.2.3 数据管理模块 6](#_Toc374211186)

[4 关键技术或难点 6](#_Toc374211187)

[4.1 基于标记的区域生长理论 6](#_Toc374211188)

[4.2 基于聚类的量化算法 8](#_Toc374211189)

[4.3 基于温度特性曲线的温度识别 9](#_Toc374211190)

[4.4 主要难点 10](#_Toc374211191)

[5 论文研究计划 11](#_Toc374211192)

[6 主要参考文献 11](#_Toc374211193)

**示温漆的温度识别**

# 1 选题的背景与意义

## 选题背景

现代航空技术经过一个多世纪的发展已经成为社会生活和科学技术的重要组成部分，而航空发动机的设计与创新则推动着航空技术的不断突破与进步。其中，发动机的温度测量实验是发动机设计实验中的重要内容。

常规的温度测量方法包括：热电偶测温法、示温片测量法、示温漆测量法[[[1]](#endnote-2)]。

传统测量方法存在三大缺陷：第一，只能测量物体表面一点或者多点的温度值，无法的测量到发动机表面的温度场；第二，由于物体表面复杂、容易受到污染等干扰因素多，造成测量产生误差；第三，传统方法采用人工读数的方法，温度测量达不到精度要求。同时由于航空发动机高温、高压、高转速的特点，因此,传统的测量方法需要通过改进以满足现代航空发动机的需要。

近年来，由于计算机科学技术的快速发展，运用色度学和计算机图像处理、模式识别技术研究示温漆的颜色特性，并进行温度的自动识别，已经逐渐成为航空工业表面测温技术的一条新途径。

## 选题意义

根据示温漆图像的特点，利用计算机彩色图像图像处理技术设计示温漆温度自动识别系统，可以大大的提高测量精度，提高工作效率，解决航空发动机温度测量中存在的诸多问题。

同时将此技术在民用领域也有很广阔的应用前景，对于汽车发动机、大型发电机的生产以及生物信息、电子电气、材料、光电科学等行业的发展有重要的帮助作用。

因此，本课题的研究具有重大的现实意义，对关于高温物体表面温度测量的行业提供了理论和技术方面的支持，具有实际的应用价值。

# 国内外研究现状及发展动态

## 示温漆图像识别系统发展现状研究

示温漆是热敏涂料中的一种。当涂层被加热到一定的温度而发生颜色变化或其他现象变化来指示物体表面温度及温度分布的涂料被称为示温涂料，通常也成为变色涂料或者热敏涂料。在第二次世界大战前后,一些国家对示温涂料就进行了研究和生产。最早出现的示温涂料是1938年德国的I.G法贝宁达斯公司的热色线(Thermcolorline)。20世纪40到70年代,示温涂料的研究和应用有了很大的发展,其间也出现了易于使用和灵敏变色的示温片和可逆示温涂料。70年代以后,则逐渐转向低温及可逆示温涂料的研究。在国内,北方涂料工业研究设计院从20世纪60年代开始了对示温涂料的研究。所研制的示温涂料在航空、国防和民用设备上广泛应用。其主要产品有SW-S单变色不可逆示温涂料系列25个品种;SW-M多变色不可逆示温涂料系列7个品种;示温贴片系列及超温报警漆等其它示温涂料。近年来,我国一些高校及科研单位(如浙江大学、复旦大学等)也开始研制可逆型示温涂料,其产品正在应用推广之中[[[2]](#endnote-3)][[[3]](#endnote-4)]。

使用示温漆测量物体表面温度，具有测量范围宽、不受物体结构限制、比较直观的反映物体温度信息、可以提供温度场的信息等优点。

但是目前根据示温漆颜色测量温度主要是依靠人工读数的方法，该方法测量精度有限(误差达到±50℃以上)，同时容易受到物体表面结构、光照等条件的污染，另外要求读数的工作人员需要有丰富的工作经验才能保证准确。

为了克服以上缺点，少数西方发达国家已经研发了专用的示温漆图像温度识别系统。计算机进行自动识别，可以避免人为因素的影响，同时利用图像处理技术，可以消除光照、物体表面结构等的影响，判读精度达到±20℃左右，英、美、德等国已经建立了若干示温漆在不同温度下的色谱数据库。示温漆图像的温度识别已经逐渐进入了自动化和数字化的轨道。而我国在该领域的研究还处于初始阶段，部分航空部门的判读精度达到±50℃左右，这显然不能令人满意[[[4]](#endnote-5)]。

## 色彩量化发展

彩色图像每个像素有24位(8-red,8-green,8-blue)，对传输和存储来说代价太大，也大大高于人的视觉分辨率。

图像色彩量化(Color Quantization)是指在不显著降低图像质量的情况下，抽取一些有代表性的颜色表示图像，从而达到降低存储空间、提高处理速度、提高传输效率的目的。通常是将24-bits彩色转化为8-bits的索引图像，好的色彩量化对既快又好的分析图像内容是非常重要的[[[5]](#endnote-6)]。

目前常用的一些色彩量化方法大概有一下几种：

统一量化法[[[6]](#endnote-7)]，直接对色彩空间进行划分，挑选一组红绿蓝颜色分量分布均匀的色彩表为调色板颜色，然后将个像素按照颜色最相近原则，用调色板中的颜色代替。

频度序列法[[[7]](#endnote-8)]，以图像色彩直方图为基础。首先选择图像中使用频率最高的K种色彩作为调色板，然后再把其余颜色按最小距离准则映射到调色板中。

中位切割法[[[8]](#endnote-9)]简称中分法，基本思想是把色彩空间正方体分成K个包含相等数量像素的长方体，选择每个长方体的中心作为调色板。

中值裂分法[[[9]](#endnote-10)]是在像素集合中选取红绿蓝分量中方差最大的那个分量的中值作为裂分标准，不断地把颜色空间裂分成越来越小的区域，直至最终得到K个集合，各个集合中心点的颜色即为调色板的色彩。

八叉树量化法[[[10]](#endnote-11)]是顺序读入图像文件中的像素，并以先被读入的前K种不同的色彩作为初值，一旦不同颜色的数量超过K时，则将出现频率最小的颜色同相近的颜色归并，以保证色彩数目不超过K。

聚类方法[[[11]](#endnote-12)]一般可以分为两类。第一类是选取若干样本，然后按照准则函数逐步聚合，直到适合的分类为止；另外一类是动态聚类，选取若干样本点向各个聚类中心聚合，得到新的分类，若新的分类不满足要求，则进行修改直到满足要求。动态聚类主要有K均值算法[[[12]](#endnote-13)]、模糊C-均值[[[13]](#endnote-14)]等。

## 彩色图像分割发展

图像分割是把图像分成若干个特定具有独特性质的区域并提出感兴趣目标的一项技术，它是由图像处理到图像分析的关键步骤。现有的图像分割方法主要分为以下几类：基于阀值的分割方法、基于区域的分割方法、基于边界检测的分割方法以及基于特定理论的分割方法。

阀值分割方法[[[14]](#endnote-15)]实际上是将输入图像f到输出图像g作如下变换:  
 (2.1)

阈值分割法可以分为局部阈值分割、全局阈值分割、自适应阀值分割等。局部阈值分割时根据图像中的不同区域获得对应的不同区域的阈值，利用这些阈值对各个区域进行分割，即一个阈值对应相应的一个子区域。而全局阈值分割时利用整幅图像的信息来得到分割后的阈值，并根据该阈值对整幅图像进行分割。自适应阀值分割是动态的根据一定的邻域范围选择每个点的阀值。阈值分割法是一种比较简单的图像分割方法，容易实现，但它只考虑像素本身的值，一般都不考虑图像的空间特性，也没有考虑图像的纹理信息等有用信息，分割效果有时不能尽如人意。在彩色空间要实现彩色图像的分割，需要绘制一个三维柱状图。Celenk等建立了基于RGB彩色坐标的三个独立的阀值柱状图[[[15]](#endnote-16)]。Guo等在彩色空间建立了基于熵的阀值法[[[16]](#endnote-17)]。阀值法特点是计算简单、运行效率高、速度快。在实际应用中, 阀值法通常与其他方法结合使用。

Lim[[[17]](#endnote-18)]等把直方图和阈值化相结合用于彩色图像分割，并分为粗分和细分两个阶段。Lopes[[[18]](#endnote-19)]等针对Lim的方法提出了进一步改进，其分割效果有效的提升。

基于区域的分割方法主要分为区域生长和分裂合并两种技术。区域生长法的基本思想是先选择种子区域，然后扩展到所有的同质邻域，不断地重复，直至图像内的全部像素都被分类为止。该方法的关键是种子区域的同质标准和测试区域像素的次序。Tremeau等提出了一种利用RGB颜色空间的欧式距离定义同质准则的方法[[[19]](#endnote-20)]。分裂合并法中，对于分裂法，初始种子区域就是整个图像，如果种子区域不同质，则将其分为四个子区域，并作为新的种子区域。重复分裂种子区域，直到所有种子区域同质为止。合并法就是把分裂过碎的同质区域合并在一起，使得同质区域尽量不被分裂，Horowitz[[[20]](#endnote-21)]首次将分裂合并思想用于图像分割。

基于边界检测的分割方法[[[21]](#endnote-22)]主要是利用不同区域间像素灰度不连续的特点，检测出不同质区域间的边缘，再结合区域分割方法实现图像的分割。微分算子法是经典的边界检测方法，它是根据边界处像素的灰度等特征值的不连续性,通过计算一阶或二阶导数来检测边界，常用的一阶微分算子有Robterts、Prewitt、Sobel算子等。二阶算子有Laplace、Kirsh算子等。近几年来，利用小波变换和神经网络结合边缘检测提出了多种新的分割方法[[[22]](#endnote-23)][[[23]](#endnote-24)]。

基于RGB模型颜色相似性的分割[[[24]](#endnote-25)][[[25]](#endnote-26)]，首先比较各种颜色模型的优势与不足, 然后根据RGB颜色空间的颜色信息和亮度信息提出一种计算在RGB空间下颜色相似性的方法。

## 图像识别发展概况

图像识别是模式识别的一种，是近二十年来发展起来的一门新型技术科学，它以研究某些对象或过程(统计图像)的分类与描述为主要内容。图像模式识别的应用广泛，目前己经在天气预报、卫星航空图片解释、工业产品检测、人脸和指纹识别、字符识别(Character Recognition)[[[26]](#endnote-27)]、医学诊断(Medical Diagnosis)和考古(Archaeology)等许多重要领域取得了成功应用。数字图像识别的过程，一般需要三个阶段：

第一阶段为图像分割或分离阶段，该阶段将从图中检测出每个物体，并将每个物体图像从其余图像中分离出来。

第二阶段为特征提取阶段。该阶段中对物体进行度量。一个度量是指一个物体某个可度量的度量值，而特征可以是一个或多个度量的函数。

第三个阶段是分类，它的输出仅仅是一种决策，确定每一个物体应该归属的类别，每一个物体被识别为某一特定类型，它是通过一个分类过程加以实现的[[[27]](#endnote-28)]。

# 论文的研究内容及拟采取的技术方案

## 目标及研究内容

对于高精度测量温度的需求日益增加，开发精确、快速、高效的测量方法具有十分重要的意义。本文的研究目的是开发基于彩色图像分割和识别的示温漆温度识别系统，通过用户输入图像，在数据库中与标准比色卡相比较，识别出温度数据。在此研究中，主要的内容包括分割前图像的初步处理，图像的量化和分割，以及最后的图像识别过程。

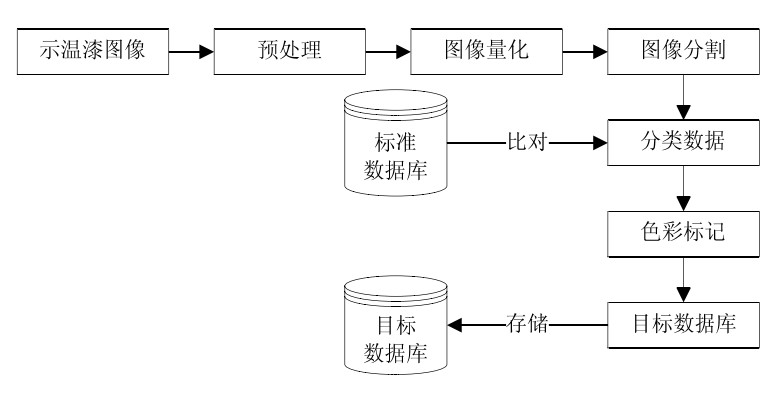


图3.1 示温漆温度识别系统数据处理流程

## 拟采取的技术方案

### 图像处理模块

（1）图像预处理

在获取示温漆图像的同时会不同程度的受到噪声“污染”。主要来源于环境光干扰引起的光子噪声、CCD 摄像器件、视频采集卡等电子设备引起的电子噪声、及数字化过程产生的量化噪声等等。所以对图像进行平滑处理很有必要。

此过程中，需要对于色彩空间[[[28]](#endnote-29)][[[29]](#endnote-30)]进行转换，同时根据示温漆图像的特点，进行图像滤波[[[30]](#endnote-31)][[[31]](#endnote-32)][[[32]](#endnote-33)]、阴影处理[[[33]](#endnote-34)][[[34]](#endnote-35)][[[35]](#endnote-36)][[[36]](#endnote-37)]以及高光处理[[[37]](#endnote-38)][[[38]](#endnote-39)][[[39]](#endnote-40)]。

（2）色彩量化

由于彩色图像包含颜色种类较多，将相似的颜色归为一类并不影响分割的结果。色彩量化的目的就是要把24位真彩色变成伪彩色(8-255)，从而达到降低存储空间和提高处理速度的目的。量化算法是本文的重点之一。

（3）彩色图像分割

设计特定图像的分割算法是图像处理是本论文的主要工作。图像分割的好坏会直接影响下一步温度识别的精度，根据示温漆图像的特征，综合考虑比较了多种图像分割技术。

### 温度识别模块

（1）等温线图

温度的分布情况用等温线来描述。经过图像分割后，各个区域的颜色变化比较明显，图像边缘基本上为阶跃状边缘，故容易提取各个区域的边界线，并形成示温漆图像温度分布图。

（2）温度识别

温度识别主要是根据部件表面示温漆的颜色来判读温度，经过图像处理后，示温漆图像由各个不同颜色的区域所组成，如何将这些区域的温度识别出来，也是本论文的主要工作。温度识别是系统实现的最终目的，根据示温漆颜色和温度对应关系，在颜色空间模型上构建出一条光滑的颜色温度曲线进行识别[[[40]](#endnote-41)]。

利用三次样条插值曲线的构造方法，根据示温漆温度样本值在 LUV(或者HSI) 空间构造示温漆颜色温度特性曲线。

### 数据管理模块

（1）建立色谱数据库

为了有效的检测温度，需根据实验建立样本示温漆在不同温度下的标准色谱数据库，色谱数据库简单的反映了示温漆颜色和温度的对应关系。建立关系表，关系表中的字段包括示温漆的型号参数、样本数据颜色空间的颜色值和对应颜色的温度值。

（2）数据报表

根据温度识别产生的结果，到处样本的数据报表，保存到数据库中。

# 关键技术或难点

## 基于标记的区域生长理论

经过色彩量化后，图像颜色远远少于真彩色颜色的数量，边缘之间的变化更为明显，但在颜色空间内被划分在同一类别的像素并不一定属于同一个区域，这些经过了颜色分类的像素还需要结合空间信息才能够形成有意义的分割区域。首先，定义符合以下条件的像素形成种子或种子区域：

(1)颜色量化以后的颜色相同；

(2)空间上四邻域连通。

区域生长[[[41]](#endnote-42)]的基本思想是将具有相似性质的像素集合起来构成区域，而判断一个像素是否属于某个区域的距离度量有多种方法，在 HSI 颜色空间中，可表示为：

R(i,j)=(w1|Hi-Hj|2+w2|Si-Sj|2+w3|Ii-Ij|2)1/2 (4.1)

其中R(i,j)表示像素i和像素j的相似度，w1，w2，w3为加权系数按照色彩

分量在像素生长过程中所起到的作用。

相似度确定后，需要给定一个阈值作为判断准则。这里可以采取自适应阈值首先在区域生长之前，将图像上每个像素标记区域序号Rgn，初始化为0。若第i个种子进行生长，则将属于这个区域的像素Rgn设为I，并计算已经归并该种子区域像素个数N，N即为像素Rgn等于i的个数。则阈值Thd 计算公式如下：

2，Thd=w (4.2)

其中，α为方差，x(pj)为区域内第j个像素的颜色值，||•||表示欧式距离。为当前区域颜色均值，xi为第i个种子的颜色值，w为图像分割的不同精度(高、中、低)，可取2.0，1.0 和 0.5。当 R (i ,j)<Thd时进行归并，反之，则对下一个点进行检测。如果新生长进来的像素满足以下条件：

(1)像素在空间上四邻域连通。

(2)像素 Rgn为 0。

(3)像素与种子像素的相似度 R (i,j)小于阈值Thd。

则将该像素进行归并。分割完成后还需知道区域的颜色值(用于识别温度)、区域序号(用于查找颜色温度关系表)和区域的中心坐标(用于温度标注)。

算法描述

(1)根据三阶平均颜色矩来确定颜色量化数目，并用矢量量化算法进行颜色量化。

(2)获取种子点并初始化图像：将图像所有像素保存于一个结构体数组，结构体包括颜色值(HSI)、区域序号(Rgn)和坐标(X,Y)，初始化 Rgn为0。

(3)假设对种子i进行生长，设置堆栈计数器 n=1，在空间上采用四邻域连通方案对邻接的相似像素根据区域生长条件进行搜索，将符合条件的像素归并到区域中，同时该像素的 Rgn设为i，计数器n设为 n+1；若不符合条件则将n设为n-1，直到n=0 时，则进行下一个种子点的生长。

(4)直到所有种子点生长完成，算法结束。修改像素结构体为区域结构体：颜色值(HSI)为区域内所有像素的均值颜色、区域序号(Rgn)不变、坐标(X,Y)为区域内所有像素的均值坐标。

## 基于聚类的量化算法

K-Means 算法是一种迭代算法。首先在颜色空间选定任意的 K 个像素值组成初始聚类中心。在第t次迭代后，所有颜色c∈C都根据距离最近准则映射到一个聚类Sk中去。

K-means算法主要思想如下：

Step1 在原图像中选取Ｋ个色彩作为初始的聚类中心。

Step2 根据色彩相似准则（如在ＲＧＢ色彩空间中，两个色彩的欧式距离越近，它们就越相似）将原图像中的色彩进行归类，即划到不同的子聚类族中。

Step3 重新计算各子聚类族的聚类中心，此处可用各子聚类族中色彩的均值来表示新的聚类中心。

Step4 检查各子聚类中心是否发生变化，如果所有的聚类中心不再发生变化，则完成聚类过程。否则将重复Step2、Step3，直到所有的聚类中心不再发生改变为止。

模糊C均值聚类(Fuzzy C Mean-FCM)算法[[[42]](#endnote-43)]是一种基于划分的聚类算法，FCM聚类算法把n个向量xi(i=1,2,……,n)分为c个模糊组，并求每组的聚类中心，使得非相似性指标的价值函数达到最小。

FCM 用模糊划分，使得每个给定数据点用值在[0,1]间的隶属度来确定其属

于各个组的程度。隶属矩阵U允许有取值在0到1间的元素，一个数据集的隶属度的和总等于1。

(4.3)

FCM算法主要思想如下：

Step1 确定聚类类别数c，,n是数据个数；确定加权数m，，计算欧式距离dik。

Step2 随机初始化模糊分类矩阵U(0),是其满足上式中的约束条件。

Step3 根据下式计算聚类中心：

(4.4)

Step4 根据下式计算价值函数。如果它小于某个确定的阈值，或它相对

上次价值函数值的改变量小于某个阈值，则算法停止：

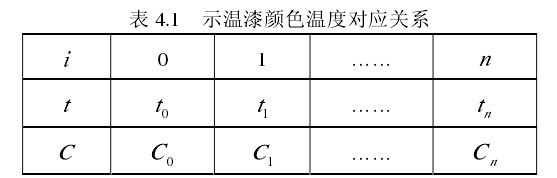
(4.5)

Step5 用下式计算新的U矩阵，返回Step3：

(4.6)

## 基于温度特性曲线的温度识别

假设一组样本示温片包括n+1个颜色样品，其温度表示为T1,T2,……,Tn，颜色数据表示为C1，C2，……，Cn。我们采用RGB颜色空间表示颜色，则Ci=[Ri,Gi,Bi]，i=0,1,……，n。



RGB空间中不考虑R、G、B分量之间的相关性，设想各颜色分量值分别是温度T的函数。根据表4.1中的数据能够得到示温漆图像数据的颜色温度特性曲线[[[43]](#endnote-44)]。我们一般选择三次样条插值法进行曲线拟合，该方法比较稳定，适用于等距和非等距插值节点的情况，所形成的插值曲线比较光滑[[[44]](#endnote-45)]。

一条三次参数曲线是把x，y，z 分别表示成某个参数 t 的三次多项式。为了不失一般性，可令 0≤t≤1。用矢量形式表示成：

p(t)=at3+bt2+ct+d 0≤t≤1 (4.7)

对于给定的一组控制点Q0,Q1,……,Qn,寻找到n段如上式所示形式的三次曲线并拼接起来，求出n组如上式所示方程系数。

样条插值是用低次分段多项式去逼近被插值函数，能够满足对光滑性的要求，又无需给出每个节点处的导数值，除了要给出各节点处的函数值外，只需再提供两个边界点处的导数值。图 4.1对给定的n+1个离散点，绘制出n段三次参数样条曲线，并且连接成一条光滑曲线的实例。

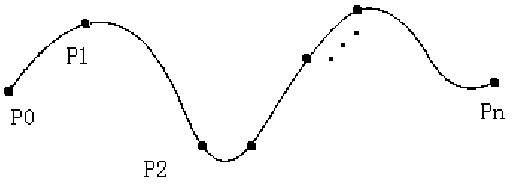


图4.1 三次样条插值曲线

利用三次样条插值曲线的构造方法，根据示温漆温度样本值在 LUV(或者HSI) 空间构造示温漆颜色温度特性曲线。

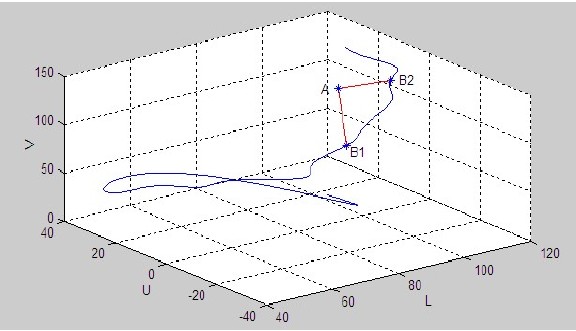


图4.2 温度特性曲线

对于空间中任意一点 A和曲线上的两点B1、B2，若AB1 < AB2，则认为A点的颜色与B1点的颜色接近。在整个空间曲线上寻找与A点距离最近的一点B\*，可以认为B\*点对应的温度值t\*即为 A点所反应的温度。此种温度判别方法按照距离最小原则进行判断。这个判断的准确性可以用AB\*的长度来表示：AB\*越小，说明A与B\*的颜色越接近，从而说明判断结果越精确。

## 主要难点

(1) 量化分割精确度：对于温度识别来说，最重要的前提就是图像量化分割的精确度。寻找一种合适的量化分割方法，使得达到的效果最优，这事本文的重点。

(2) 温度特性曲线能够达到较好的识别效果，但是在参考以往的资料来看，识别精度仍然有很大的提升空间。

(3) 示温漆的温度识别要对大量图像数据进行处理，系统处理数据的能力要得到大批量样本的验证，因此要提高算法的计算速率。

# 论文研究计划

|  |  |
| --- | --- |
| **时间** | **工作内容** |
| 2013.8 – 2013.9 | 查阅文献，确定研究方向 |
| 2013.10 – 2013.11 | 研究技术路线 |
| 2013.12 | 解决方案整体设计 |
| 2014.01 | 示温漆数据库建立 |
| 2014.02-2014.05 | 量化分割算法研究 |
| 2014.06-2014.07 | 编码及系统实现 |
| 2014.08 – 2014.09 | 系统测试 |
| 2014.10 – 2014.12 | 撰写论文 |

# 主要参考文献

1. [] 于霄. 先进计测技术在航空发动机温度分析中的应用[J]. 第三届民用飞机先进制造技术及装备论坛论文汇编, 2011.03.07. [↑](#endnote-ref-2)
2. [] 示温涂料<http://baike.baidu.com/view/2696854.htm> , 2013.11.10. [↑](#endnote-ref-3)
3. [] 刘正堂. 示温涂料的应用与发展[J]. 精细与专用化学品, 2004, 12(21): 1-4. [↑](#endnote-ref-4)
4. [] 张兴，薛秀生. 示温漆在发动机测试中的应用与研究[J]. 测控技术,2008,27(1): 21-23, 41. [↑](#endnote-ref-5)
5. [] 周兵. 一种基于颜色聚类特征的色彩量化算法[J]. 小型微型计算机系统,2004,25(11): 1998-2001. [↑](#endnote-ref-6)
6. [] Heckbert P. Color imagequantization for framebuffered display [J]. Computer Graphics, 1982, 16(2): 297-307. [↑](#endnote-ref-7)
7. [] Geng Guo-hua, Zhou Ming-quan. Analyzing the quality of some common used algorithms of color quantization[J]. Mini-Micro Systems, 1998, 19(9): 46-49. [↑](#endnote-ref-8)
8. [] Andread, Browne M. A. Image pixel classification by chromatic-ity analysis[J]. Pattern Recognition Letters. 1990, (11): 52-58. [↑](#endnote-ref-9)
9. [] Orchard MT, Bouman C A. Color quantization of image[J]. IEEETrans Signal Processing, 1991, 39(12): 2677-2690. [↑](#endnote-ref-10)
10. [] Gerrautz M, Purgathofer W. A simple method for color quantization: octree quantization[C]. Proceedings of CG International 88, 219-230. [↑](#endnote-ref-11)
11. [] Ling Ling. Research on color image quantization methodes[J] . Journal of South China University of Technology ( Natural Science Edition ), 2000, 28(1): 81-85. [↑](#endnote-ref-12)
12. [] Yining Deng, Charles Kenney, Michael S etc. Peer Group Filtering and Perceptual Color Image Quantization[J]. IEEE Circuits and Systems, 1999, 14(9): 879-883. [↑](#endnote-ref-13)
13. [] Yang J.F. , Hao S.S., Chung P.C. Color image segmentation using fuzzy C-means and eigenspace projections[J]. Signal Proeessing 2002,1:461-472. [↑](#endnote-ref-14)
14. [] Underwood S A，Aggarwal J K. Interactive computer analysis of aerial color infrared photographs[J]. Computer Graphics and Image Processing, 1977,6(1):1-24. [↑](#endnote-ref-15)
15. [] Celenk M. , Haag M . U. Optimal Thresholding. For Color Images[C]. Proc. Of the SPIE - The Int’1 Soe . for. Optical Eng. , Nonlinear Image Proeessing IX. , San Cose. 1998: 250-259. [↑](#endnote-ref-16)
16. [] Guo G. , Ma S. Unsupervised Segmentation of Color Images[C]. International Conference on Image Processing (ICIP’98), Chieago, Illinois, 1998:299-302. [↑](#endnote-ref-17)
17. [] Lim Y W, Lee S U. On the color image segmentation algorithm based on the thresholding and fuzzy c-mean techniques[J]. Patter Recognition,1990(23): 935-952. [↑](#endnote-ref-18)
18. [] Lopes NV, Bustince H, Melo-Pinto P, Pedro AM. Automatic histogram threshold using fuzzy measures. Image Processing, 2010,19(1):199-204. [↑](#endnote-ref-19)
19. [] Tremeau A, Borel N. A region growing and merging algorithm to color segmentation[J]. Pattern Recognition, 1997,30(7) :1191-1203. [↑](#endnote-ref-20)
20. [] Horowitz S, Pavlidis T, Picture segmentation by a tree travers alalgorithm[J]. JACM, 1976, 23(2):368-388. [↑](#endnote-ref-21)
21. [] Gonzalez Rafael C, Woods Richard E. Digital Image Processing(Second Edition) [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2003: 581~585. [↑](#endnote-ref-22)
22. [] Tab FA, Naghdy G, Mertins A. Scalable multiresolution color image segementation [J]. Signal Processing 86, 2006: 1670-1687. [↑](#endnote-ref-23)
23. [] Vesanto J. , Alhoniemi E. Clustering of the self-organizing map[J]. IEEE Trans. Neural Networks. 2000, Vol. 11 No.3: 586-600. [↑](#endnote-ref-24)
24. [] Wang S. Color image segmentation based on color similarity. American: IEEE, 2009:1-4. [↑](#endnote-ref-25)
25. [] 杨康叶, 邬春学. 基于RGB模型颜色相似性的彩色图像分割. 计算机系统应用, 2013, 22(3): 128-131. [↑](#endnote-ref-26)
26. [] 王慧. 基于模板匹配的手写体字符识别算法研究[D]. 北京：北京交通大学，2012. [↑](#endnote-ref-27)
27. [] Gevers Theo, Adaptive image segmentation by combining photometric invariant region and edge information[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2002, 24(6):848-852. [↑](#endnote-ref-28)
28. [] Liu J Q, Yang Y H. Multiresolution Color Image Segmentation. IEEE Transactionson Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2004, 16(7): 689–700 . [↑](#endnote-ref-29)
29. [] 王美玲. 基于彩色图像处理的示温漆温度识别系统[D]. 南京：南京航空航天大学，2009. [↑](#endnote-ref-30)
30. [] Ko S J, Lee Y H. Center Weight Median Filter and their Application to Image Enhancement[J]. IEEE Trans circ Syst, 1991,38(9):984-993. [↑](#endnote-ref-31)
31. [] 杨立瑞，周济. 二值图像的多结构元数学形态学滤波[J]. 信号处理，1996, 12（2）: 215-222. [↑](#endnote-ref-32)
32. [] Loupas T. An adaptive weighted median filter for speckle suppression in medical Ultrasonic image[J]. IEEE Trans on Circuits System, 1989, CAS-36(1): 129-135. [↑](#endnote-ref-33)
33. [] 王济国，林茂松. 示温漆图像阴影去除算法的研究与实现[J]. 计算机工程与设计，2010, 31(20): 4430-4433. [↑](#endnote-ref-34)
34. [] 杨俊，赵忠明. 基于归一化RGB色彩模型的阴影处理方法[J]. 光电工程， 2007，34(12): 92-94. [↑](#endnote-ref-35)
35. [] Salvador E, Cavallaro A, Ebrahimi T. Cast shadow segmentation using invariant color features[J]. Computer Vision and Image Understanding, 2004, 95(2):238-259. [↑](#endnote-ref-36)
36. [] Tsai V J D. A comparative study on shadow compensation of color aerial images in invariant color models[J]. IEEE Trans. On Geoscience and Remote Sensing，2006，44(6): 1661-1671. [↑](#endnote-ref-37)
37. [] 谭平，杨杰，雷蓓，Steve Lin. 用于去除单张图像高光的色彩约束补色[J]. 软件学报，2004, 15(1): 33-40. [↑](#endnote-ref-38)
38. [] Tan R, Ikeuchi K. Separating reflection components of textured surfaces using a single image[J]. IEEE Trans PAMI, 2005, 27(2): 178-193. [↑](#endnote-ref-39)
39. [] 周伟，张明敏. 实时单幅图片高光去除算法[J]. 计算机工程与应用，2011, 47(26): 200-202. [↑](#endnote-ref-40)
40. [] 张志龙，曹承倜．示温漆颜色温度特性分析与温度识别系统．计算机自动测量与控制，2001，9 (3)：20-24． [↑](#endnote-ref-41)
41. [] Peng B, Zhang L, Zhang D. Automatic image segmentation by dynamic region merging. Image Processing, 2011,20(12):3592-3605. [↑](#endnote-ref-42)
42. []Liew A W C, Yan H, Law N F. Image segmentation based on adaptive clusterprototype estimation[J]. IEEE Trans on Fuzzy Systems, 2005, 3(14): 444-451. [↑](#endnote-ref-43)
43. [] Wang Ronghua, Du Pingan. Automatic recognition algorithm for temperature sensitive paint’s temperature based on isotherm temperature identification[J]. Journal of electronic measurement and instrument, 2010, 24(6):542-547. [↑](#endnote-ref-44)
44. [] Peng Xia, Tatsuki Tahara. Performance comparison of bilinear interpolation, bicubic interpolation, and B-spline interpolation in parallel phase-shifting digital holography[J]. Springer, 2013-2. [↑](#endnote-ref-45)