

# 视觉导航中的图像分割算法研究

梁海文<sup>1</sup>, 张文革<sup>2</sup>

(1. 大连电视台, 辽宁 大连 116002; 2. 西安职业技术学院, 陕西 西安 710077)

**摘要:**选取自动阈值分割法对图像进行分割, 采用最大面积法选取初始阈值, 运用最大类间、类内方差比法对图像进行分割。考虑到户外路面区域容易受阴影干扰的情况, 选取了三个颜色空间, 首先在亮度空间对道路进行初始分割, 然后, 在另外两个空间根据阴影的特点进行阴影检测, 再利用基于边缘的分割对图像进行分割, 找出道路的可行驶区域。

**关键词:**机器视觉; 图像分割; 道路识别

**中图分类号:** TP242.6+2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8365(2009)05-0682-04

## Research on Image Segmentation Algorithm for Vision Navigation

LIANG Hai-wen<sup>1</sup>, ZHANG Wen-ge<sup>2</sup>

(1. Dalian Television Station, Dailian 116002, China; 2. Xi'an Occupational Technology College, Xi'an 710077, China)

**Abstract:** The image is divided utilizing the auto-threshold segmentation method, in which the maximum area method is adopted to determine the initial threshold, and the maximum interclass variance and minimum internalclass variance are applied for the initial segmentation. Considering that road identification are easily interfered by shadow, three special color spaces are designed. Firstly, the initial segmentation is carried out in a bright space, followed by detecting shadow according to the characteristics of the shadow in the other spaces, then then image is divided based on the edge segmentation, and finally the running region of the automobile can be obtained.

**Key words:** Machine vision; Image segmentation; Road identification

图像分割和道路识别是视觉导航的基础, 由于户外环境复杂, 不同的路面往往具有不同的颜色特征, 并且有时差别很大<sup>[1]</sup>。已有学者从颜色特征的角度入手做了许多研究工作, Bertozzi<sup>[2]</sup>和 Crisman<sup>[3]</sup>等采用彩色模型库的方法进行了基于视觉的道路识别研究, 但没有涉及路面上阴影的影响和阴影的消除问题。文献[4]和[5]对阴影进行了研究, 但采用的算法比较复杂。本文在考虑路面颜色主要特征的基础上, 进行了道路分割和阴影检测, 以及算法策略研究, 包括阈值选择算法、各个颜色空间中的灰度直方图统计和可分性分析, 为了保证算法的精确性和鲁棒性, 在主要利用颜色特征获取道路区域的前提下, 使用了图像边缘的特征, 找出道路的可行驶区域。

### 1 图像分割算法

#### (1) 自动阈值选取方法

对导航中拍摄的实际图像进行分析发现, 通常在所拍摄的道路图像中, 道路占据了绝大多数像素, 根据这

一先验知识可以认为, 在两个波谷值之间像素面积最大的为道路, 由此提出如下初始阈值的选取方法, 假设图像中的灰度范围是  $G = \{0, 1, \dots, L-1\}$ , 假设通过计算处理得到图像有  $n$  个波谷, 图像被分成  $n-1$  个区域, 每个区域所占的面积为

$$S_j = \sum_{i=i_j}^{i_{j+1}} T_i \quad (1)$$

式中的  $i_j$  指第  $j$  个谷点的灰度值,  $T_i$  为像素值为  $i$  的个数, 如求出  $S_i$  的值最大, 则选取  $i_{j-1}$ 、 $i_j$  和  $i_{j+1}$  的值作为最大类间、类内方差比法的初始阈值来进行分割, 得出一个最佳阈值。

#### (2) 二值化后道路图像的修正

经过二值化后的道路分割图像, 路和非路由于一定量的随机噪声, 不一定连通。为利于障碍物和道路边缘位置的计算, 去除道路区域中的非路噪声点和非路中的噪声点, 用膨胀运算来对道路分割图像处理, 把相关的区域点连通起来, 然后用腐蚀处理使目标物还原。

#### (3) 图像特征选择

在图像中目标和背景的差别越大, 则分割和分析

收稿日期: 2009-03-09; 修订日期: 2009-04-12

作者简介: 梁海文(1966-), 辽宁大连人, 学士, 工程师, 研究方向: 图像处理, 电视播控, 计算机技术。

图像越容易,分析结果越精确。机器人在一般道路上行驶时,影响分割效果最主要的因素是路面上的阴影和障碍物。户外道路在颜色上比较均匀,可利用颜色特征作为道路判断的主要依据,但是由于道路颜色受到道路上反光、阴影、水迹、灰尘、光照方向以及时间等的影响会发生变化,在实验中发现彩色变换的效果会随之变差。通过阴影的分析以及实地采样验证得到的阴影特征,得出以下3个特征量能有效地反映道路和阴影特征:

$$\left\{ \begin{array}{l} I_1 = (R+G+B)/3 \\ I_2 = B-R \\ I_3 = B-G \end{array} \right\} \quad (2)$$

其中第一个特征空间  $I_1$  为亮度信息,它是区分道路和非道路的最主要特征,一般情况下在图像中道路和非道路在亮度上差别最大,因此作为直方图分割的主要特征来得到图像的初步分割; $I_2$  和  $I_3$  反映颜色偏蓝的程度,通过对大量道路场景图象的观察和分析发现,对于水泥或沥青材料的道路,阴影的主要特征是  $B$  分量的值大于  $R$  分量的值。其主要原因是:阴影部分的光源主要来自天空的反射光,光线要偏蓝一些,而对于组成非道路的植物、泥上等往往是偏绿、偏红或偏黄,可作为分类器层进一步细分图像所依据的特征。构成阴影物体的背光部分,也存在  $I_2$  和  $I_3$  分割的像素区域,若仅靠  $I_2$  空间和  $I_3$  空间,阴影和物体的背光部分就混淆在一起。通过对图像进一步分析和分割实验,发现物体背光部分的  $B$  分量一般低于阴影部分的  $B$  分量,即阴影部分的  $B$  分量应大于1个阈值  $T$ ,通常取  $T = (I(i,j,1) + I(i,j,2) + I(i,j,3))/3$ ,阴影部分的灰度值小于道路的平均灰度值减去一个动态变量。因此,道路上阴影和水迹的特征为:

$$\left\{ \begin{array}{l} I(i,j,3) > \frac{1}{3}(I(i,j,1) + I(i,j,2) + I(i,j,3)) \\ I_1(i,j) < I_{\text{road, average}} - 2\sigma_{\text{road}} \end{array} \right\} \quad (3)$$

式中  $I_{\text{road, average}}$ ——道路图像在特征空间中的平均灰度值;

$\sigma_{\text{road}}$ ——一个动态变化量。

#### (4) 直方图可分性分析

对图像按照颜色特征进行分割时,灰度直方图分析是一种非常有效的方法,对灰度直方图进行观察和分析,可以清楚地发现图像颜色的聚类特征:在目标颜色较统一的情况下,目标和背景之间的差别越大,表现在相对应的直方图上波峰越高,波谷越深,其可分性越好。直方图一般是很不规则的(如图1),直接找波峰、波谷比较困难,但相邻像素点之间都有一定的关联,如果用式(4)对直方图进行平滑处理,得到图2所示的直

方图,就能够容易的找出波峰、波谷点,选取波谷点的值作为阈值来进行图像分割,根据式(1)计算出初始阈值。

$$F(i) = 0.6 \times f(i) + 0.15 \times (f(i-1) + f(i+1)) + 0.05 \times (f(i-2) + f(i+2)) \quad (4)$$

式中  $f(i)$ ——像素值为  $i$  的点的个数;

$F(i)$ ——平滑后像素值为  $i$  的点的个数。

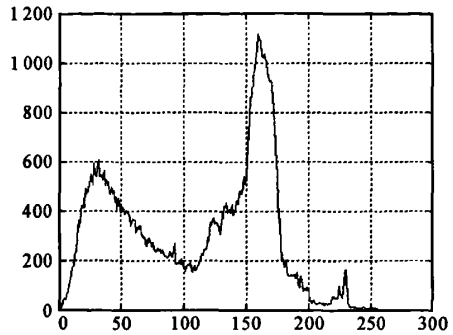


图1 未平滑的直方图

Fig. 1 Histogram before flowing

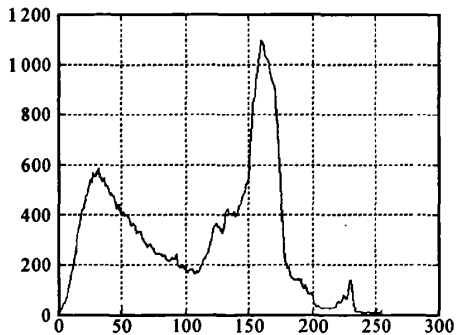


图2 平滑后的直方图

Fig. 2 Histogram after flowing

## 2 道路分割算法流程

在道路分割算法中,第一步分割非常重要,如果阈值选取得当,就可以准确的分割出道路、非道路区域。通常情况下,第一步分割定在  $I_1$  空间,这是由于在  $I_1$  空间包含的颜色信息最丰富,这也是区别道路和非道路的主要特征空间;如果在  $I_1$  空间直方图成双峰状态,则只需要在此空间进行图像分割就可以得到路及非路;如果  $I_1$  空间直方图成多峰状态,则由第一步得到的分割结果中可能阴影被分割到非路中,需继续对图像在  $I_2$  和  $I_3$  空间进行分割,找出阴影。按照前面的分割算法,总结出本文的道路分割算法流程如图3所示。

## 3 道路、阴影检测

### (1) 道路检测

通常情况下,对于规则道路,或者光照比较好的情

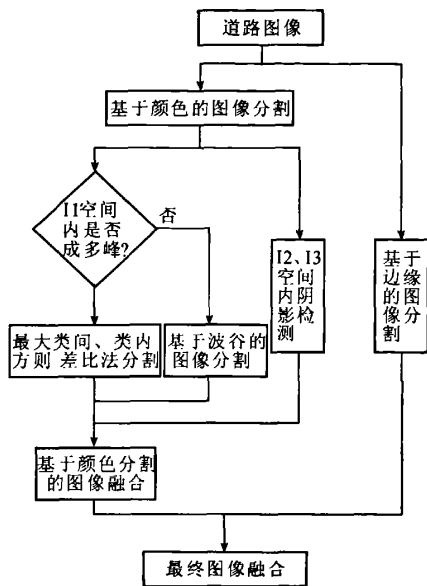


图3 道路图像分割流程图

Fig. 3 Flow chart of road image segmentation

况下,路面和背景在颜色上有很大差别,采用直方图对图像进行分割,往往能取得比较好的效果。只需要对图像在  $I_1$  空间进行图像分割,就可以得到很好的效果。图 4a 是一幅规则道路,图 5a 是一幅含有阴影的校园道路图像,图 4b、5b 是采用最大类间、类内方差比法分割得到的结果,图 4c、5c 是采用在基于最大面积法选取初始阈值的最大类间、类内方差比法分割得到的结果。由图对比可以看出,采用的基于最大面积法选取初始阈值的最大类间、类内方差比法分割的方法能够区分出路与非路,比直接运用最大类间、类内方差比分割的效果好。

## (2) 阴影检测

水泥或沥青材料的道路阴影的主要特征是  $B$  分量的值大于  $R$  分量的值,在进行阴影检测时首选  $I_2$  空间,选用  $I_3$  空间进行验证;在  $I_2$  空间进行图像分割时,可以先认为值大于 0 的为阴影部分,小于 0 的为非阴影部分。但构成阴影物体的背光部分也存在  $I_2$  分割的阴影区域,若仅靠  $I_2$  空间,阴影和物体的背光部

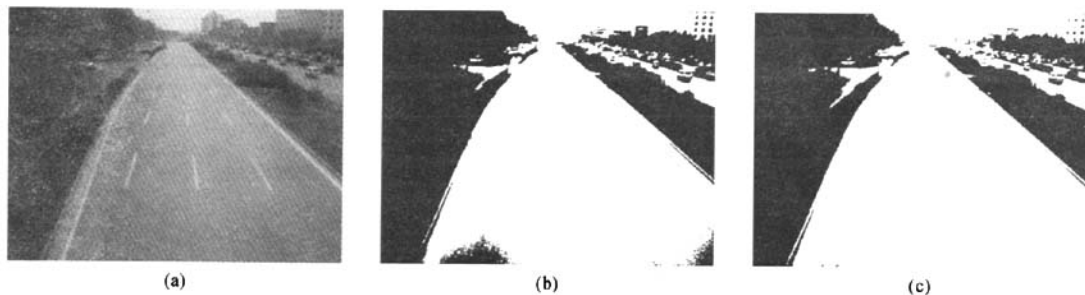


图4 道路图像分割(不含阴影)

Fig. 4 Image segmentation of road without shadow

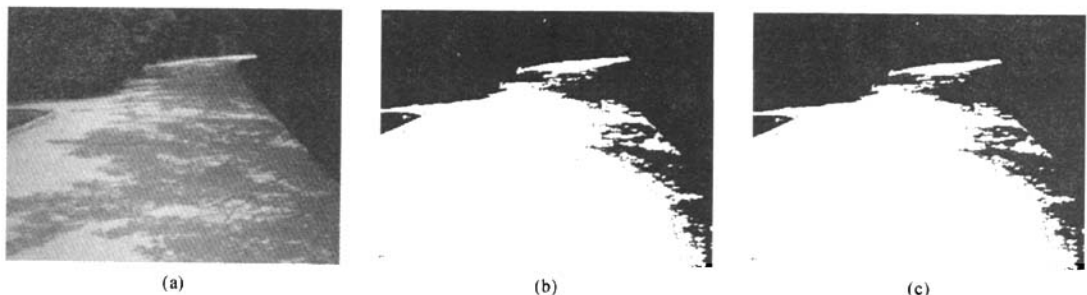


图5 道路图像分割(含阴影)

Fig. 5 Image segmentation of road with shadow

分就会混淆在一起。通过对图像进一步分析和分割实验,发现物体背光部分的  $B$  分量一般低于阴影部分的  $B$  分量,即阴影部分的  $B$  分量应大于 1 个阈值  $T$ ,通常取  $T = (R + G + B) / 3$ 。另外阴影部分的灰度值小于道路的平均灰度值减去一个动态变量。图 6 中根据含有阴影的校园道路图,检测道路中的阴影的实例。图

6d、e、f 中的白色区域是采用上面的约束条件得到的阴影部分,可以看出,道路中的阴影检测比较理想。

## 4 结论

讨论了道路图像分割,采用基于颜色的分割和基于边缘分割相结合的图像分割算法。在进行基于颜色分割时,选取自动阈值分割法,采用基于最大面积选

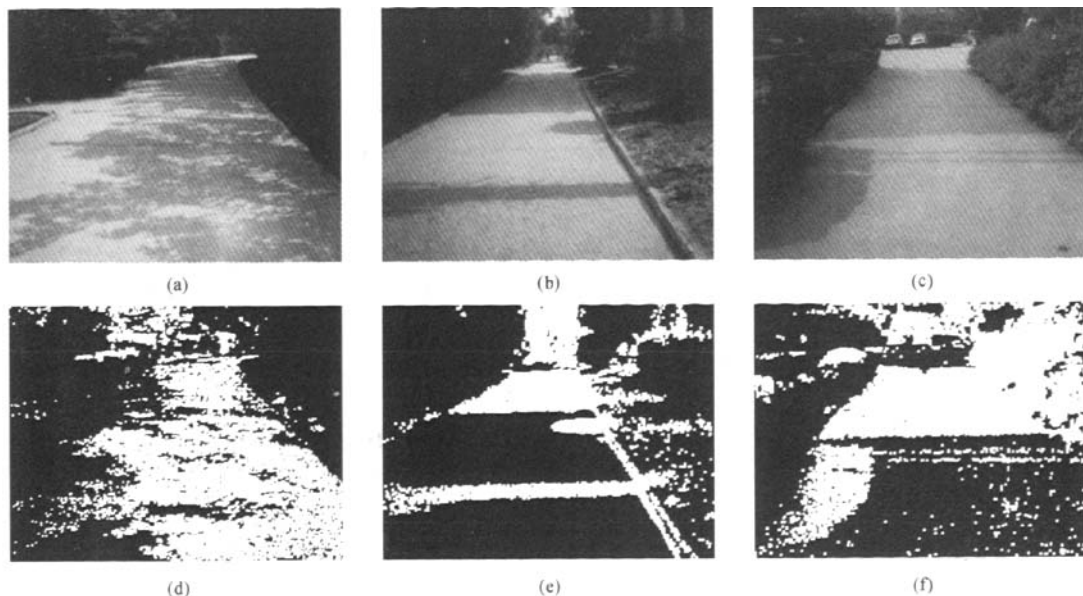


图6 阴影检测

Fig. 6 Shadow detection

取初始阈值的最大类间、类内方差比法对道路图像进行初始分割;在进行阴影检测时,根据阴影的特点,使检测更加准确;实验证明该方法可行。

## 参考文献

- [1] 单丽杰,刘铁军,朱 丹,等.一种新的结合区域与边缘特征的目标提取方法[J].计算机工程与应用.2004,21:98-100.
- [2] Bertozzi, Massimo Broggi, Alberto Vision-based intelligent vehicles[J];State of the art and perspective, 2000,1(32):

1-16.

- [3] Crisman J. D, Thorpe C. E. Color Vision for Road Following [R]. Proceedings of the SPIE (International Society for Optical Engineering) Conference on Mobile Robots III. 1988;175-184.
- [4] 吴树锋,傅卫平,杨 静.基于核心区域信息和经验知识的道路理解算法[J].机器人,2005,27(4):296-300.
- [5] 刘加海,白洪欢,黄微凹.基于彩色和边缘信息融合的道路分割算法[J].浙江大学学报,2006,40(1):29-32.

技术资料邮购

## 铸造实用生产技术集锦

由沈阳铸造研究所李德臣教授级高级工程师编著。作者积几十年科研与生产成果,现场经验与心得,对铸造实际问题,生产技术分析和论述,具有直接实用价值。全书共7章:1.重大铸件生产技术;2.耐热耐磨产品生产技术;3.耐蚀耐磨产品生产技术;4.耐磨产品生产技术;5.铸造工艺设计;6.铸造用辅助产品生产技术;7.铸造与哲学。全书154页,16K本,邮购价97元。

作者李德臣咨询电话:13940015628

邮购地址:邮编:710048 西安理工大学608信箱 铸造技术杂志社

电话传真:029-82312140 029-82312421 13609155628