

汽车牌照自动识别中的目标与背景的快速分割

张西宁 郑南宁

(西安交通大学人工智能与机器人研究所)

摘要 图象分割是图象理解的一个关键性环节。本文针对动态汽车牌照目标与汽车背景的分割问题提出了一种有效的快速算法。该算法简洁,可用硬件实现实时处理。它的基本思想是多层次分割,每次分割时尽量减少分析的范围。该算法基于人识别牌照的过程,具有一定的智能性。这种多层次图象目标与背景快速分割的思想也可用于其它类似场合。

关键词: 图象识别,自动分割,汽车牌照识别

1 前言

所谓图象分割技术(Image Segmentation)即将所需要的有一定意义的目标图象从其背景图象中分离出来。它是图象理解的关键性环节。这种技术广泛用于文字处理、医学图象、遥感图象、机器视觉系统等等。其主要方法为根据区域的均匀性用区域扩展方法^[1-3]或用直方图域值法^[4-6,15]来分割目标与背景;利用边界灰度变化信息^[7-14,18]来进行分割。

由于上述方法的算法比较复杂,难于满足实时处理要求较高的场合,用硬件实现较困难。本文针对汽车牌照目标与汽车背景图象的分割提出了一种多层次快速分割算法。该方法的思想也可用于其它类似的目标与背景的分割。

在汽车牌照识别过程中,第一步要进行牌照区域与背景的分割。面对行驶的汽车进行图象输入,要保证牌照上汉字省名及数字号码的正确识别,则必须使得所输入的图象有足够的分辨率。又因为汽车在道路上位置的不确定性,为此我们采用 1024×512 或 1024×1024 高分辨率的摄像机输入景物图象。对于这样庞大的图象阵列,分割是非常困难的,主要是因为速度慢,内存占用太大。为了提高分割速度,本文在分析了人识别牌照过程的基础上,提出了三步分割方法,即多层次快速分割方法:

(1) 将高分辨率图象变换成低分辨率图象,并对低分辨率图象进行横向灰度统计得到投影表 $T(i)$ 。根据投影表 $T(i)$ 的波峰波谷比值

定出牌照的大致所在区域 $W(i_1, i_2)$ 。

(2) 在区域 $W(i_1, i_2)$ 上进行纵向边界提取后得到纵向纹理图,并由此定出牌照的可能位置 $NP(i, K_i^?)$ 。

(3) 在所定出的可能牌照位置 $NP(i, K_i^?)$ 上进行纹理分析判定出最有可能是牌照的位置且令此位置为牌照的位置。

这种方法的实质是一种多层次启发式搜索分割,它基于一定的句法思想,各个步骤所采用的计算简洁、速度快,易于用硬件实现,可达到实时的要求。

2 目标与背景的多层次快速分割

2.1 第一次分割(缓冲器位置查找)

汽车本身具有一定的特点,一般情况下,牌照都挂在缓冲器上或附近,本次分割的主要意图是大致确定出缓冲器的位置。

将输入的 512×512 或 $512 \times 1024 \dots$ 高分辨率的图象划分成一系列大小相同的子图象。子图象的大小可根据计算机的处理速度而定,处理速度低者子图象可大些,如 $8 \times 4, 16 \times 8, \dots$;处理速度高者可采用较小的子图象 $2 \times 2, 4 \times 4, \dots$ 。

下面举一实例加以说明。由于图象尺寸及打印纸的限制,假设 128×128 图象为原高分辨率图象,见图1。

收到本文的时间是1987年3月2日。

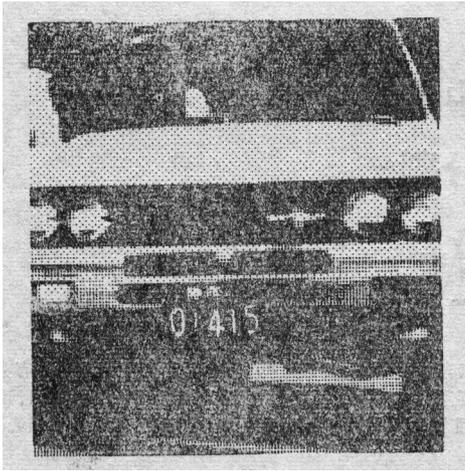


图1 高分辨率图象 $I_{n_1 \times n_2}$

求所划分的每个子图象的灰度均值

$$a(\xi, \eta) = \left[\sum_{j=1}^{k_2} \sum_{i=1}^{k_1} S(i, j) \right] / (k_1 \times k_2)$$

$$k_1 = 4, 8, 16, \dots$$

$$k_2 = 4, 8, 16, \dots$$

这样便可把高分辨率图象 $I_{n_1 \times n_2}$ 变换成低分辨率图象 $I_{\bar{n}_1 \times \bar{n}_2}$ ，如图2所示。 $a(\xi, \eta)$ 为子图象的灰度均值，也为低分辨率图象 $I_{\bar{n}_1 \times \bar{n}_2}$ 的象素。其中 $n_1, n_2, \bar{n}_1, \bar{n}_2$ 为图象的尺寸。 $\bar{n}_1 < n_1, \bar{n}_2 < n_2$ 。

图2为 128×128 的原高分辨率图象 $I_{n_1 \times n_2}$ 经过划分，得到 16×16 的子图象，并对子图象求灰度均值后用均值代替原子图象的每个象素后得到的新低分辨率图象 $I_{\bar{n}_1 \times \bar{n}_2}$ 。

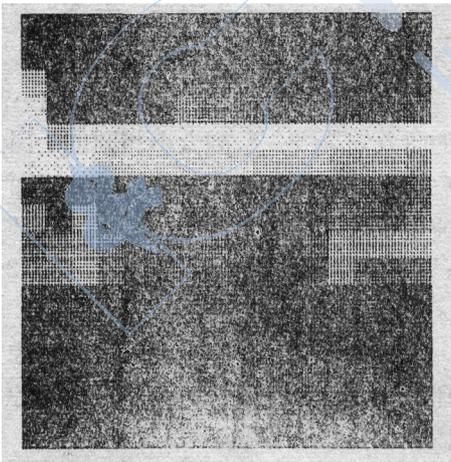


图2 低分辨率图象 $I_{\bar{n}_1 \times \bar{n}_2}$

对低分辨率图象 $I_{\bar{n}_1 \times \bar{n}_2}$ 的象素沿水平方向累加产生一个投影表 $T(i)$ ，如图3所示。

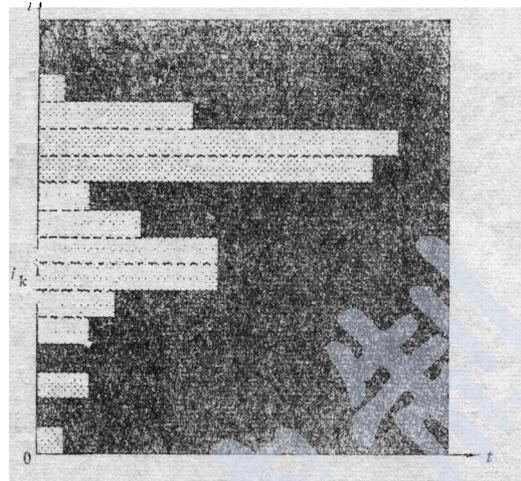


图3 水平方向统计降投影表 $T(i)$

$$T(i) = \sum_{j=1}^{n_2} a(i, j) \quad i = 1, \dots, \bar{n}_1$$

我们知道，汽车的缓冲器在车轮的上方。由于光线的照射，无论是散射光，还是直射光，缓冲器至车轮底部这部分的平均灰度比缓冲器至缓冲器以上这部分的平均灰度要暗一些。这样就会在图象中呈现出一条明显的边界。在投影表 $T(i)$ 中反映为陡变的边沿。因此，只要能从 $T(i)$ 表中找到这样的一个边沿，便可定出缓冲器的位置。

程序中自动检测投影表 $T(i)$ 的波峰 $T(M)$ 和波谷 $T(m)$ 。当第一次出现

$$\frac{T(M) - T(m)}{M - m} \geq \mu_1 \text{ 且 } T(M) - T(m) \geq \mu_2$$

$$(M > m)$$

则认为查到缓冲器，其中 μ_1, μ_2 为设定的经验域值。通过实验证明，该方法是有效的。当然这样的边沿还有许多种其它形式的搜索方法。

当找到这样的边沿后，便可在低分辨率图象中对应地给出一适当宽度条形区域 $W(i_1, i_2)$ 。

$$i_1 = i_k + W$$

$$i_2 = i_k - W/2$$

其中 W 为牌照的图象宽度。

在此条域 $W(i_1, i_2)$ 做纵向边界提取，即使用纵向边界抽取模板：

$$\begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

便可得到图 4 所示的条域 $W(i_1, i_2)$ 内的纵向边界纹理图。

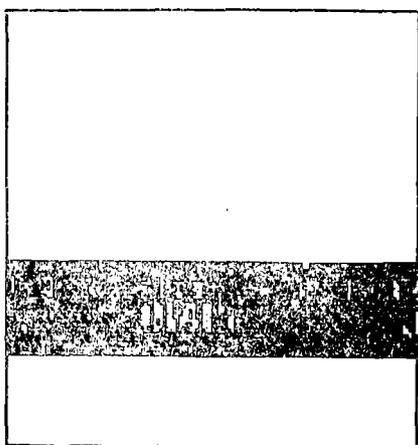


图 4 条域 $W(i_1, i_2)$ 内的纵向边界纹理图

之所以采取纵向边界提取算法提取边界是因为在该条域 $W(i_1, i_2)$ 中唯有牌照区域具有较多和较密集的纵向边界。有了这样的纹理差异, 便可根据纹理分割的方法容易地分割出牌照。

本次分割中, 我们仅仅采用了简单的平均, 投影, 求投影表 $T(i)$ 的第一个上升边沿, 条域 $W(i_1, i_2)$ 内的边界提取, 算法简捷, 使硬件设计容易, 用硬件可以达到实时处理的要求。

2.2 第二次分割 (牌照可能位置的确定)

前面已述, 牌照的纵向边界纹理与条域 $W(i_1, i_2)$ 中其它纹理结构存在明显的差异。因此下面的任务是如何根据纹理结构的差异定出牌照的位置。

Felicia M^[17] 综述了纹理分析的一般性方法。为了提高速度, 我们将牌照的纹理分析分为两步, 首先要查到密集纹理的位置, 这样的位置可能多于一个, 并定义此位置为可能牌照位置; 其次, 再在这些可能牌照位置处匹配整个牌照区域或类牌照区域的纹理特征, 定出最有可能是牌照的位置。

从条域 $W(i_1, i_2)$ 中根据纵向边界轮廓由下至上逐行查找, 若某行中有较密集的变化序列且序长又符合要求, 初步定义为牌照的可能位置。

为便于分析问题, 我们定义了牌照基元, 即牌照经纵向边界抽取后某一行上的行纹理基元。

牌照基元即一序列, 该序列由“0”和“1”组成,

$$P_i^q = \{p_i\} = 1, 0, 0, \dots, 0, 1$$

该序列的特点是中间为“0”, 两个端点为“1”。“0”和“1”是在纵向边界提取时被定义的, 当经边界模板运算后值大于某一设定域值时为“1”, 否则为“0”。

该序列具有一定的长度 l_i^q , 当 l_i^q 小于给定的某域值时, 就认为是牌照基元, 反之, 为非牌照基元。

仅仅定义牌照基元和非牌照基元, 是无法获得牌照的可能位置。因为该行中或该条域 $W(i_1, i_2)$ 的其它行上, 有的基元虽符合牌照基元定义, 但它在比此基元稍长的一段内再无或出现间断的牌照基元。此时, 若认为它是牌照的可能位置, 将会得到许多不正确的分割结果, 而且会增添后面的区域纹理匹配时的不必要的负担。为此, 我们认为牌照基元必须有一定的连续性, 方可认为是牌照可能位置。牌照的可能位置可由下述方法确定。

$$P_i^q = \{I(i, j) | j = k_i^q, \dots, (k_{i+1}^q - 1)\} \text{ and } \\ \{I(i, j) = 1, j = k_i^q, j = (k_{i+1}^q - 1)\} \text{ and } \\ \{I(i, j) = 0, j \neq k_i^q, j \neq (k_{i+1}^q - 1)\}$$

$$l_i^q = k_{i+1}^q - k_i^q$$

$$L^q = \sum_{i=1}^n l_i^q$$

当 $L^q \geq c$ 时, 则认为它是牌照的可能位置, 可表示为

$$NP = (i, k_i^q)$$

当 $L^q < c$ 时, 则认为非牌照可能位置。

第二次分割的过程可见图 5 示出的流程图。

2.3 第三次分割 (区域纹理匹配)

本次分割是继上次分割后, 在牌照可能位置 $NP(i, k_i^q) (k = 1, \dots, w)$ 选取和牌照大小一致区域, 利用和牌照区域大小一样区域内的整个纹理及其它一些特征进行区域纹理匹配, 否定掉假区域, 定出真正的牌照区域。其过程见图

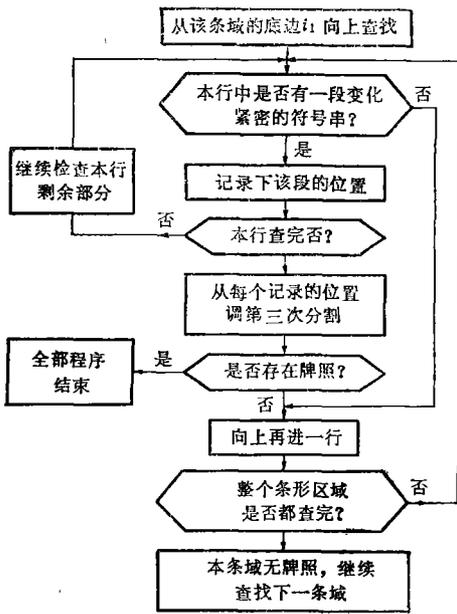


图5 牌照行纹理的分割及分析流程图

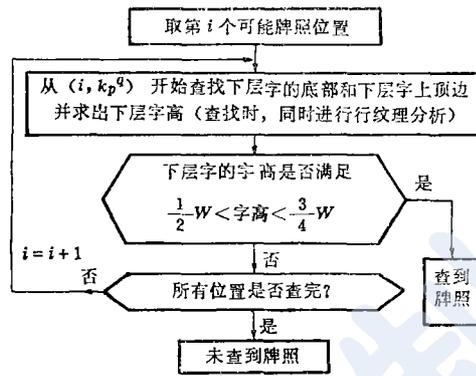


图6 区域纹理及特征匹配流程图



图7 新型牌照

6 所示的流程图。

我们匹配时所用的是模板的几何特征。由于在实际摄取图象时, 摄象机的位置是固定的, 而且拍摄点是固定的。因此, 所摄入的牌照大小不会有很大的变化。可用牌照的统计字长及统计字高作为特征值。新牌照 (图7) 由两层字符组成。上层字 (汉字省名和两个数字) 和下层字 (5个数字)。上层字和下层字分别都具有一定的字高和字长, 由此可设定牌照轮廓的特征矢量为

$$\vec{f}_i = \begin{pmatrix} \text{上层字高} \\ \text{下层字高} \\ \text{上层字长} \\ \text{下层字长} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \\ f_4 \end{pmatrix}$$

令 \vec{f}_g 为模板特征矢量

当 $\|\vec{f}_i - \vec{f}_g\| = c$ 时, NP 为真正牌照位置

当 $\|\vec{f}_i - \vec{f}_g\| > c$ 时, NP 为假牌照位置

其中 $c = \min\{\|\vec{f}_g - \vec{f}_i\|\} \quad i = 1, 2, \dots$

到此, 汽车牌照便从其汽车背景中分割出来了。结果见图8。

3 结 论

本文提出了一种有效的牌照目标与汽车背景的快速分割方法。该方法的特点是逐层尽量



图8 牌照分割结果

缩小分割范围以提高分割的准确性。应用了智能性搜索和句法识别的基本思想。它的另一特点是运算速度快, 算法简洁, 可用硬件实现, 满足实时处理的要求。计算机给出的分割结果证明这种方法是有效的和精确的, 分割准确率达90%以上。本方法的思想可用于其它类似的场合。

参 考 文 献

- 1 Brice C R, Fennema C L, Scene Analysis Using Regions Artificial Intelligence, 1970, 205—226
- 2 Yakimovsky Y, Feldman J A. A Semantics-based Decision Theory Region Analyzer, In, Proceeding 3rd Int Conf on Artificial Intelligence, 1973, 580—588
- 3 Horowitz S L, Pavlidis T, Picture Segmentation by a Tree Traversal Algorithm, In, J Ass Comput Mach, 1976, 23, 368—388
- 4 Ohlander R B, Analysis of Natural Scenes, In, Ph D Dissertation, Carnegie-Mellon University, Pittsburgh, 1975
- 5 Schacter B J et al, Scene Segmentation by Cluster Detection in Color Spaces, In, SIGART Newsletter 1976, 58, 16—17
- 6 Pride K E, Change Detection and Analysis in Multi-spectral Images, In, Ph D Dissertation, Carnegie-Mellon University, Pittsburgh, 1976
- 7 Mckee W J et al, Finding the Edges of the Surfaces of 3-D Curved Objects by Computer, In, Pattern Recognition, 1975, 7, 25—52
- 8 Ramer E U, The Transformation of Photographic Images into Stroke Arrays, In, IEEE Trans, Circuits and Systems, 1975, CAS-22, 363—374
- 9 Nevatia R, Locating Object Boundaries in Textured Environments, In, IEEE Trans, Computer, 1978, C-25, P1170—1175
- 10 Perkins W A, A Model-based Vision System for Industrial Parts, In, IEEE Trans, Computer, 1978, C-27, 126—143
- 11 Baird M L, Image Segmentation Technique for Locating Automotive Parts on Belt Conveyors, In, Proceeding, 5th Int Joint Conf on Artificial Intelligence, 1977, 594—695
- 12 Jacobus C et al, Variable Neighborhood Computation in Scene Analysis, In, CSL Report, University of Illinois, Urbana, 1978, T-60
- 13 Rosenfeld A et al, Distance Function on Digital Picture, In, EASCON, Rec, 1969, 264—273
- 14 Kelly M D, Visual Identification of People by Computer, In, Stanford Artificial Intelligence Project, 1970, AIM-130, 54—55
- 15 Kittler J, Threshold Selection Based on a Simple Image Statistic, In, CVGIP, 1985, 30, 125—147
- 16 Perkins W A, Area Segmentation of Image Using Edge Points, In, IEEE Trans, PAMI, 1980, 2(1), 8—15
- 17 Felicia M, Structural Analysis of Natural Textures, In, IEEE Trans, PAMI 1986, 8(1), 76—89

A NEW METHOD FOR FAST SEGMENTATION OF TARGET AND BACKGROUND IN VEHICLE LICENSE PLATE RECOGNITION

ZHANG Xining ZHENG Nanning

(Institute of Artificial Intelligence and Robot, Xi'an Jiaotong University)

ABSTRACT

A fast algorithm for automatic segmentation of vehicle license plate and background is presented in this paper. The algorithm can be performed by certain hardware for real-time processing. The proposed method is based on intelligent multi-step segmentation, quite similar to human recognition process.

The effectiveness and accurateness of this method have been proved by experimental results.

Keywords: image recognition, automatic segmentation, license plate recognition