

文章编号: 1001-0920(2004)05-0586-03

基于超级连通的图像分割方法及其应用

史延科, 史忠科

(西北工业大学 空中交通管理研究所, 陕西 西安 710072)

摘要: 由于同一车辆的色彩多样, 不同车辆的外形、色彩完全一致以及色彩相近的车辆并行等原因, 将给图像分割造成困难: 一方面可能把一个车辆目标分割为几个, 另一方面可能把几个车辆目标合为一个。为此, 充分考虑分割后的图像目标同时具备独立性和完整性, 提出了基于模糊数学理论的图像区域超级连通的定义, 构造了图像目标的超级分割算法。将该算法应用于车流量检测系统进行实际测试, 实测结果表明, 新算法提高了统计精度, 是可行的。

关键词: 超级连通; 图像目标; 模糊评价; 车流量

中图分类号: TP202.7

文献标识码: A

Image separation method base on super connection and its application

SHI Yan-ke, SHI Zhong-ke

(Institute of Air Traffic Management, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

Correspondent: SHI Yan-ke, E-mail: syk@xd.com.cn)

Abstract: The phenomenon that a vehicle has more than one color, different vehicles have the same color and similar color vehicles run side by side will bring difficulties on separation of image objects. A object can be separated into some subobjects, on the other hand some objects can be merged into one object. In accordance with the special condition and after the fully thinking account the segmented objects with its own independency and completeness, the definition of super connected regions of image is presented based on fuzzy mathematics theory, and the super algorithm of image segmentation is constructed. Through the rate measurement of traffic flow by applying the algorithm to the flow rate measurement system, the simulation result shows that the method is feasible and accuracy of statistics is improved.

Key words: super connection; image object; fuzzy evaluation; rate of traffic flow

1 引言

基于数字视频图像处理技术的车流量检测的基础是图像分割。普通的图像分割定义通常可以满足目标分割的要求。由于车辆各个部分的颜色等特性不尽相同, 如果按现有的图像分割定义分离车辆图像, 就有可能将一辆车分为几个目标, 从而破坏了车辆目标的整体性。为避免这种情况出现, 需要进行目标合并。当行进中的车辆间有一定距离时, 不同

的车辆就分属于不同的矩形区域。当距离镜头较近的车辆较大时, 可能在成像后与并行的、距离镜头较远的车辆的图像有重叠部分, 出现车辆目标粘连, 把几个车辆目标合为一个目标, 从而破坏了车辆目标的独立性。一辆车可以有多种的颜色, 不同车辆可以具有完全相同的外形和颜色, 人们区分车辆目标时并不将颜色当作唯一的依据, 所以颜色也不是车辆图像目标分离的唯一判据, 整体性则

收稿日期: 2003-04-11; 修回日期: 2003-06-12.

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目(60134010).

作者简介: 史延科(1961—), 男, 陕西岐山人, 博士生, 从事大系统理论与应用的研究; 史忠科(1956—), 男, 陕西岐山人, 教授, 博士生导师, 从事交通控制的研究。

是车辆目标分离的重要判据之一。

迄今为止, 已出现上千种图像分割的方法, 但尚未见到完全满足上述问题、能够保证目标独立性和整体性且快速的方法。为了适应车流量检测的特殊性, 有必要对图像区域的连通性和图像目标的分割等提出新的定义, 进而构造出新的图像目标分割方法。本文的目的正在于此。

2 图像目标的超级连通与超级分割的定义

如果存在一个矩形区域 R , R 内的像素个数为 N , $r \in R$, 定义隶属函数 $f(r)$, $\epsilon > 0$, 使得

$$\frac{N - \sum_{r \in R} f(r)}{N} < \epsilon$$

则 R 内的目标图像是连通的。这里, ϵ 是用来反映整体运动特性的指标, 利用目标的运动整体性来限定目标图像的像素个数与矩形域总像素个数之比。 ϵ 与目标图像在矩形域内所占比重成反比。当满足 $0 < \epsilon < 1/N$ 时, 超级连通的定义便退化为普通意义的连通定义。

梯度算子

$$\nabla f(x, y) = [G_x, G_y]^T = \left[\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y} \right]^T$$

矢量的幅度

$$\text{mag}(\nabla f) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

方向角

$$\varphi(x, y) = \text{arctg}(G_y/G_x)$$

ϵ 用矢量的幅度和方向角的泛函表示为 $\epsilon = \alpha \text{mag} + \beta \varphi$, 取

$$\epsilon = \frac{1}{\alpha \text{mag} + \beta \varphi}$$

其中: $\alpha > 0, \beta > 0, \alpha \text{mag} + \beta \varphi > 0$

令集合 R 代表整个图像区域, 对 R 的分割可看成将 R 分成若干个非空子集(即子区域) $R_1, R_2, \dots, R_n, R_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 为矩形区域, 且满足下列条件:

$$\bigcup_{i=1}^n R_i = R;$$

$$\forall i, j, i \neq j, 1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq n, R_i \cap R_j = \Phi,$$

$R_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 是超级连通域。

3 基于超级连通定义的图像目标超级分割方法

3.1 邻接矩形域的合并

取包含图像目标的最小矩形为初始矩形域, 用

左上角和右下角的坐标向量表示一个矩形域, 则邻接矩形域 R_1 和 R_2 可表示为 (u_1, v_1, x_1, y_1) 和 (u_2, v_2, x_2, y_2) , 合并后的新矩形域 R 表示为 (u, v, x, y) , 其中

$$u = \begin{cases} u_1, & u_1 < u_2 \\ u_2, & u_1 > u_2 \end{cases}, v = \begin{cases} v_1, & v_1 < v_2 \\ v_2, & v_1 > v_2 \end{cases}, x = \begin{cases} x_1, & x_1 < x_2 \\ x_2, & x_1 > x_2 \end{cases}, y = \begin{cases} y_1, & y_1 < y_2 \\ y_2, & y_1 > y_2 \end{cases}$$

3.2 图像目标的超级分割方法

超级分割方法由两部分构成: 一部分是用普通意义下的边界检测方法检测边界; 另一部分是在超级连通意义下实现区域合并以保证目标的整体性不被破坏。在车流量检测中, 目标是车辆图像, 其特征就是超级连通域。设整幅图像共有 n 个目标, 这些目标在超级分割意义下是可分割的, 包含第 i 个目标的矩形区域的左上角坐标为 (u_i, v_i) , 右下角坐标为 $(x_i, y_i), i = 1, 2, \dots, n$ 。

基于超级连通定义的图像分割方法的框图如图 1 所示, 其中 j 代表目标编号。

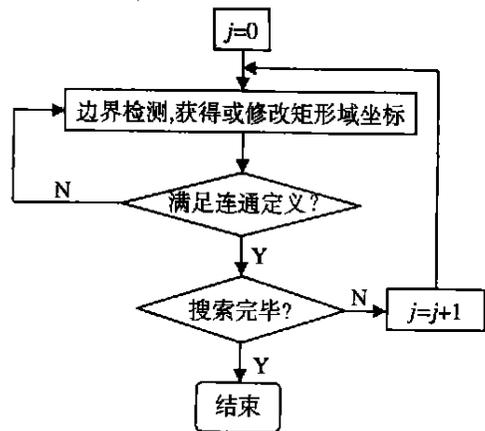


图 1 图像目标的超级分割方法

4 实测结果及结论

将基于超级连通的图像分割方法用于交通流量及车流密度检测系统, 车流量的统计时间间隔为 1 min, 实际测试中得到的部分交通流量数据如表 1 所示。

由测试知, 将基于超级连通的图像分割方法用于车流量检测系统, 在检测过程中可有效保证具有不同色彩的一个车辆图像目标和具有相同色彩特征的不同车辆图像目标的完整性和独立性。测试结果显示统计准确, 检测通过实测区域的车辆准确率高于 99%。从而表明, 基于超级连通的图像分割算法提高了车流量检测系统的检测精度, 说明该方法是

表1 交通流量实测数据

		车 流 量																																
一 车 道	24	25	17	12	14	7	16	20	8	8	6	23	5	11	35	15	12	11	9	13	13	4	9	24	11	14	14	6	33	10	6	10	29	25
	26	27	15	10	20	27	19	25	12	27	23	27	24	16	29	19	24	30	29	27	21	24	9	24	21	26	30	30	21	19	15	27		
	15	14	23	30	17	28	22	22	28	12	20	14	27	23	21	24	15	24	25	22	11	25	24	18	25	24	18	33	30	34	18	37		
	34	32	31	24	40	25	31	30	40	35	33	25	35	38	37	38	38	23	33	34	21	25	34	28	37	32	35	38	36	22	39	21		
	37	35	27	40	39	27	32	28	31	30	34	39	23	22	40	40	32	31	34	24	38	31	40	27	34	21	32	34	20	29	32	18		
	28	40	23	32	29	35	23	35	23	35	24	36	35	34	21	39	36	29	28	33	40	29	39	15	31	28	18	21	17	31	31	41		
	33	36	33	23	30	36	35	36	31	38	15	36	38	27	40	38	24	40	39	26	19	41	38	35	33	15	36	36	40	27	32	18		
	18	21	28	29	27	35	39	25	36	34	20	32	17	21	36	36	34	34	29	38	31	32	40	21	19	13	13	35	36	40	36	25		
二 车 道	21	17	16	10	13	8	10	23	6	6	6	21	4	12	31	17	12	8	12	11	11	4	8	21	10	9	10	7	30	8	3	8	20	
	21	13	8	11	8	20	12	10	13	12	12	18	15	14	9	19	17	10	19	9	21	12	22	7	7	11	22	8	16	10	11	10	10	
	12	12	16	10	12	10	20	8	12	11	18	12	10	16	13	14	9	7	23	18	10	21	23	13	21	15	18	22	24	15	16	34		
	13	22	22	18	16	13	18	27	34	23	13	21	18	14	17	20	25	22	13	22	20	20	16	20	36	13	20	27	32	19	35	15		
	22	22	23	20	15	25	24	27	18	27	20	37	22	20	13	20	25	13	17	17	29	30	19	17	32	16	22	21	18	28	15	13		
	21	24	19	29	15	26	15	22	15	22	13	14	16	34	19	16	28	24	24	29	20	28	35	13	23	19	12	13	12	27	16	34		
	12	20	30	21	17	29	35	24	15	13	14	35	33	14	29	24	22	18	32	14	17	11	17	21	16	15	22	22	29	20	29	15		
	17	17	27	10	12	30	12	21	31	29	17	15	10	16	18	18	17	17	25	14	22	31	15	19	13	11	11	13	18	14	29	17		

可行的。

需要指出, 由于照度和镜头光圈会影响成像效果, 进而影响 ϵ 的取值, 在选取 ϵ 时应考虑检测系统的使用情况. α 和 β 依赖于环境因素, 通过引入学习机制使 α 和 β 的取值具有自适应能力, 即 ϵ 的选择应具有对环境及系统参数的自适应性.

参考文献(References):

- [1] Shi Y K, Shi Z K. Compression-coded genetic algorithms and its application in traffic control [A]. *Proc of the 1st Int Conf on Machine Learning and Cybernetics*[C]. Beijing, 2002 906-909.

(上接第 585 页)

参考文献(References):

- [1] Chatree H, Sastri T. Adaptive forecasting of hourly municipal water consumption [J]. *J of Water Resource Planning and Management*, 1994, 120(6): 888-905.
- [2] Thomas Walski. Development of water resources planning and management [J]. *J of Water Resources Planning and Management*, 2001, 126(4): 203-205.
- [3] Pezeshk S, Heweg O J, Oliver K E. Optimal operation of ground-water supply distribution systems [J]. *J of Water Resources Planning and Management*, 1994, 120(5): 573-586.
- [4] Om sbee L, Lansey K. Optimal control of water supply pumping system [J]. *J of Water Resources Planning and Management*, 1994, 120(2): 237-253.
- [5] Cohen G. Optimal control of water supply networks [A]. *Optimization and Control of Dynamic Operational Research Models* [C]. North Holland: Cliffee Press, 1992 128-138.
- [6] 张承慧. 变频调速系统效率优化控制: 理论及应用 [D]. 济南: 山东大学, 2000.