

文章编号:1001-9081(2010)02-0364-03

一种低照度视频序列增强算法

印 勇,金宪刚,王建东

(重庆大学 通信工程学院,重庆 400044)

(yongyin@cqu.edu.cn)

摘 要:为了提高低照度视频的视觉效果,提出一种基于对数图像处理(LIP)的增强算法和改进的双向均衡算法相结合的方法,并运用帧间互相关信息,在保证视觉效果的前提下,减少了处理的帧数,提高了处理的速度。实验结果表明,该方法简单、实用,能够得到较理想的效果。

关键词:视频增强;对比度增强;低照度;互相关

中图分类号:TP391.41 **文献标志码:**A

Hybrid algorithm for low illumination video enhancement

YIN Yong, JIN Xian-gang, WANG Jian-dong

(College of Communication Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: In order to improve the visual effect of low illumination video, a hybrid algorithm was proposed, which included the Logarithmic Image Processing (LIP)-based enhancement algorithm and the improved bi-direction balancing algorithm. The number of processing frames was reduced by using the inter-frame cross-correlation to improve the processing speed. Experimental results show that the proposed algorithm can obtain more satisfactory results.

Key words: video enhancement; contrast enhancement; low illumination; cross-correlation

0 引言

在计算机视觉中,视频增强是一种重要的处理技术,越来越受到重视。在低照度环境下(如夜间、阴天等)所获得的视频序列,由于噪声大、对比度低、颜色信息少,往往很难达到较好的视觉效果,需要进行增强处理。

到目前为止,国内外对低照度视频序列增强的算法还很少,Mittal等人^[1]提出了在亮度级归一化后再做直方图均衡化处理的方法。然而该算法并不具有很好的适应性,因为直方图均衡算法在本质上是选择性地增强图像中的某些信息(占较多像素的灰度)而抑制另一些信息(占较少像素的灰度),占有较少像素的灰度细节不可避免地合并,其灰度范围被缩小^[2],这样就会使低照度图像所含的信息进一步减少,不利于增强。另外,直方图均衡的累积特性会造成整幅图像偏亮甚至过饱和,不会从根本上增加对比度。Deng等人提出了一种基于对数图像处理(Logarithmic Image Processing, LIP)的算法。该算法在增强过程中能够很好地保护暗处的细节信息,并且采用一套特殊的加、减、数乘法则,所以不会出现灰度过饱和的情况^[3-4]。但是该算法在增强图像细节的同时不能很好地扩展整体的灰度级动态范围。为此,本文采用改进的双向均衡算法,改进上述缺陷,从而很好地扩展了灰度级的动态范围,提高了适应性,实验表明具有很好的视觉效果。

1 对数图像处理增强算法

对数图像处理(LIP)增强算法的基本思想是:采用一套特殊的运算法则,在做各种图像处理的时候不至于出现过饱和的情况,对在此套法则上定义的灰度色调函数的高频、低频部分各自赋予不同的加权系数,从而实现了对各部分的

增强处理^[3]。

$$f(x, y) = M - F(x, y) \quad (1)$$

其中: $F(x, y)$ 为通常的灰度图像; $f(x, y)$ 称为灰度色调函数; M 在8位图像中等于256。

在LIP模型中所定义的运算法则(加、数乘、减)如下:

$$f \oplus g = f + g - fg/M \quad (2)$$

$$\alpha \otimes f = M - M(1 - f/M)^\alpha \quad (3)$$

$$f \ominus g = M(f - g)/(M - g) \quad (4)$$

由基本思想可得增强公式:

$$f'(x, y) = \alpha \otimes A(x, y) \oplus \beta \otimes [f(x, y) \ominus A(x, y)] \quad (5)$$

其中 $f(x, y)$ 和 $f'(x, y)$ 分别为原始的和处理后的灰度色调函数, α, β 为两个实数参数, $A(x, y)$ 为中心像素在 (x, y) 的 $n \times n$ 窗口的灰度色调函数的平均值,即:

$$A(x, y) = \frac{1}{n \times n} \otimes \left(\bigoplus_{p=x-n/2}^{x+n/2} \bigoplus_{q=y-n/2}^{y+n/2} f(p, q) \right) \quad (6)$$

其中 $\bigoplus_{p=x-n/2}^{x+n/2}$ 和 $\bigoplus_{q=y-n/2}^{y+n/2}$ 表示按式(2)法则下的累加计算。

为了便于计算在此可定义“归一化取反运算”,即:

$$\bar{f} = 1 - f/M \quad (7)$$

运用以上规则可以很容易得到:

$$\overline{f \oplus g} = \bar{f} \times \bar{g}, \quad \overline{\alpha \otimes f} = \bar{f}^\alpha, \quad \overline{f \ominus g} = \bar{f}/\bar{g} \quad (8)$$

运用式(8),对式(5)进行归一化取反操作,并对其取对数,即可化为常规的运算,得到:

$$\log(\bar{f}(x, y)) = \alpha \log(\bar{A}(x, y)) + \beta [\log(\bar{f}(x, y)) - \log(\bar{A}(x, y))] \quad (9)$$

其中 $\log(\bar{A}(x, y)) = \frac{1}{n \times n} \left(\sum_{p=x-n/2}^{x+n/2} \sum_{q=y-n/2}^{y+n/2} \log(\bar{f}(p, q)) \right)$ 。

式(5)中,对于 $\alpha \otimes A(x, y)$,当 $\alpha < 1$ 时能够有效地扩展

收稿日期:2009-07-22;修回日期:2009-09-11。 基金项目:重庆大学“211工程”三期创新人才培养计划建设项目(S09102)。

作者简介:印勇(1963-),男,重庆人,副教授,博士,主要研究方向:视频处理与分析;金宪刚(1983-),男,山东人,硕士研究生,主要研究方向:视频处理与分析。

昏暗区域的动态范围,根据经验, $\alpha \in [0.3, 0.5]$ 时效果较好;对于 $\beta \otimes [f(x, y) \ominus A(x, y)]$,可以起到一定的锐化作用,保持高频细节。

然而,该算法的不足之处是在足够保持暗区细节的情况下,对整幅图像的动态范围不能有效地扩展。为此,本文引入了双向均衡算法来扩展动态范围。

2 改进的双向均衡算法

陈钱等人^[5]提出的双向均衡算法是针对灰度级分布不均匀的问题提出的。双向均衡的本质特点是可以把像素级均匀地在 $[0, 255]$ 上展开,所以采用该算法对 LIP 算法进行改进是可行的。其基本思想是统计由 LIP 增强算法得到的灰度直方图中的非零的灰度级,得到实际有效的灰度级数 N_e ,然后对此灰度级排序,再在 $[0, 255]$ 范围内等间隔排列,此变换函数容易得到:

$$T_k = j \times \frac{255}{N_e}; j = 0, 1, 2, \dots, k \quad (10)$$

然而,双向均衡的缺陷是统计非零的灰度级数目时,只要各个 n_i (第 i 个灰度级的数目) 不为零 (即使为 1) 也要统计在内,这样当灰度级范围相对较宽时,不能在整个灰度范围内很好地等间隔排列,适应性不好。鉴于此,本文在统计非零数目时,设定了一个小的阈值 N_T ,只统计 $n_i > N_T$ 的灰度级,小于该阈值的可以舍去,同时在一定程度上也会滤去一定的噪声点。

3 帧间互相关

因为处理的是视频序列,除了可以利用各帧内的信息,还可以利用帧间信息。在实际的视频序列处理中,并不需要对每一帧都必须处理,因为在一般情况下相邻连续两帧的相关性很强。在此基础上,为了实时性处理,本文引入了帧间互相关^[6]的概念:

$$R = \frac{\sum_m \sum_n (I_{i_{mn}} - \bar{I}_i)(I_{j_{mn}} - \bar{I}_j)}{(\sum_m \sum_n (I_{i_{mn}} - \bar{I}_i)^2)(\sum_m \sum_n (I_{j_{mn}} - \bar{I}_j)^2)^{1/2}} \quad (11)$$

其中: $\bar{I}$ 是各帧的均值, I_i 和 I_j 是两帧不同的图像。

当相邻两帧的 $R(I_i, I_j) \geq T_R$,说明相邻两帧极其相似,当前帧可以不进行增强处理,用前一帧的处理结果作为当前帧的结果,并继续比较下一帧。如果 $R(I_i, I_j) < T_R$,说明两帧的差异较大,当前帧需进行增强处理。阈值 T_R 要根据运动目标移动的速度来适当地选取,一般为保证相邻帧具有较高的相似性, T_R 应取得较大,一般而言 T_R 在 $[0.85, 0.95]$ 范围内选取。

4 算法流程

本文算法流程如图 1 所示。

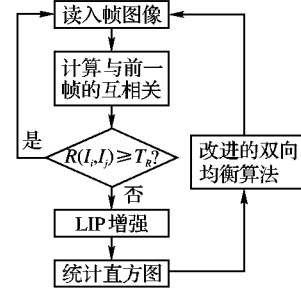


图1 本文算法流程

步骤 1 读入第 1 帧图像。

步骤 2 进行 LIP 增强,统计 LIP 增强后图像的直方图。

步骤 3 用改进的双向均衡算法进行修正。

步骤 4 读入后续图像帧,与前一帧进行互相关计算。

如果大于给定的阈值,重复步骤 4;否则重复步骤 2 ~ 步骤 4。

5 实验结果及分析

运用本文提出的混合算法对室内和室外环境拍摄的两段视频进行了实验,并与 Gaurav Mittal^[1]算法、LIP 增强算法进行了比较分析。在本文实验中,所涉及的参数取为: $\alpha = 0.4$, $\beta = 5.0$, $N_T = 5$, $T_R = 0.92$ 。

对室内环境下拍摄的低照度视频增强处理结果如图 2 所示。对室外环境下拍摄的低照度视频增强处理结果如图 3 所示。

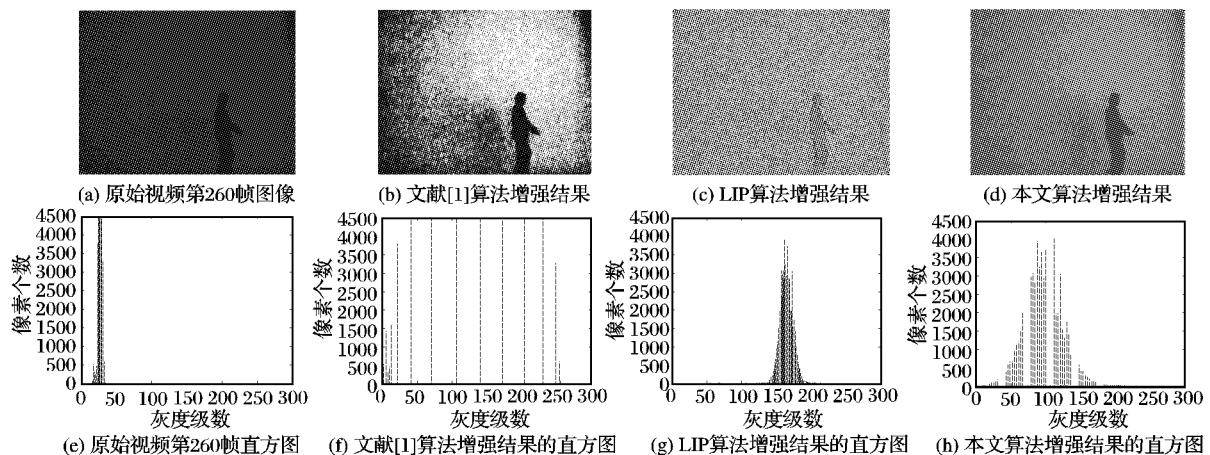


图2 对室内环境下拍摄的低照度视频增强处理结果

从图 2(b)(f)、图 3(b)(f) 可以看出, Gaurav Mittal 算法^[1]存在大量的灰度级合并问题,也会使图像出现过饱和现象;从图 3(b) 也可以看到对室外环境并没有很好的增强效果。从图 2(c)(g)、图 3(c)(g) 中可以看到, LIP 增强算法可以增强暗区的对比度,但是整体的对比度并没有很大的改善,而从图 2(d)、图 3(d) 可以看到本文的算法具有很好的效果,在充分保

护细节的前提下,整体对比度得到了改进。另外,引入了帧间互相关信息,并未对每一帧都进行增强处理,处理的速度得到了很大的提高,且在实验中不会造成视觉上的间断性。

6 结语

本文在分析了文献[1]和 LIP 增强算法的基础上,采用

改进的双向均衡算法,对 LIP 算法的缺陷进行改进,并在处理过程中引入了帧间互相关的概念,从实验结果中可以看到对

低照度视频序列达到了很好的增强效果,处理速度也得到了提高。

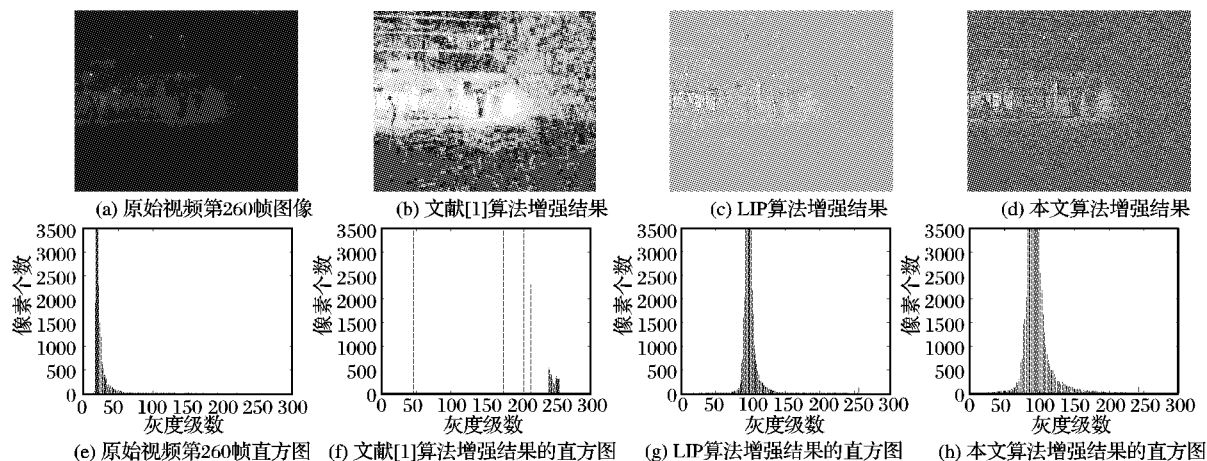


图3 对室外环境下拍摄的低照度视频增强处理结果

参考文献:

- [1] MITTAL G, LOCHARAM S, SARI S. An efficient video enhancement method using LA * B * analysis [C]// Proceedings of IEEE International Conference on Video and signal Based Surveillance. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2006: 66 - 70.
- [2] 曹聚亮, 吕海宝, 李冠章. 基于自适应局部灰度修正的直方图均衡化算法[J]. 红外与激光工程, 2004, 33(5): 513 - 515.
- [3] DENG G, CAHILL L W, TOBIN G R. The study of logarithmic image processing model and its application to image enhancement[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 1995, 4(4): 506 - 512.
- [4] CAHILL L W, DENG G. An overview of logarithm-based image processing techniques for biomedical applications [C]// International Conference on Digital Signal Processing. New York: IEEE, 1997, 1: 93 - 96.
- [5] 陈钱, 柏连发, 张保民. 红外直方图双向均衡技术研究[J]. 红外与毫米波学报, 2003, 22(6): 428 - 430.
- [6] HUANG KAIQI, WANG LIANGSHENG, TAN TIENIU. A real-time object detecting and tracking system for outdoor night surveillance[J]. Pattern Recognition, 2008, 41(1): 432 - 444.

(上接第361页)

表2 Lena 角点提取实验结果

错误角点坐标(x, y)	位置偏移量/像素	重定位后坐标(x, y)
(63, 36)	2	(64, 34)
(64, 79)	1	(65, 79)
(82, 33)	1	(83, 34)
(98, 32)	2	(99, 35)
(30, 87)	1	(31, 88)
(117, 46)	2	(117, 45)

表3 算法效率分析结果

总角点数	错误角点数	总执行时间	本文算法执行时间
30	5	25	371
43	7	36	500
63	12	51	613
65	17	66	629
71	20	73	650

5 结语

从上面的实验结果我们可以看到,因为对角点进行了新的定位,那些原本在背景上的角点得到了重新的定位,由于新的角点在原来角点的邻域内,因此新的角点包含了原角点的信息,没有损失图像信息。但是我们从整个重定位过程可以看出,新的方法有自身的缺陷,那就是要判断物体像素点和背景像素点的灰度大小关系,因此不能适用所有的图像的角点的重定位。但是新的方法仍有很广的使用范围,比如对农产

品和工业产品的检测方面。因为这些领域的产品,比如肉制品和机械等,这些产品的采集到的图片的各部分之间不会出现大小关系不一致。只要确定物体和背景或物体不同部分间的灰度值的大小关系,就能通过该算法重新定位正确的角点。

参考文献:

- [1] GONZALEZ R C, WOODS R E. Digital Image Processing [M]. 2nd ed. 北京: 电子工业出版社, 2006.
- [2] 王晖, 高建波, 黄芬. 基于宽度细化的图像过渡区提取[J]. 深圳大学学报: 理工版, 2005, 22(1): 7 - 10.
- [3] 陆宗骥, 梁斌. 用 Sobel 算子细化边缘[J]. 中国图象图形学报, 2000, 5(6): 516 - 520.
- [4] 孙达, 刘家峰, 唐降龙. 基于概率密度的边缘检测[J]. 计算机学报, 2009, 32(6): 301 - 306.
- [5] 赵万金, 龚声蓉, 刘纯平, 等. 一种自适应的 Harris 角点检测算法[J]. 计算机工程, 2008, 34(10): 212 - 214.
- [6] HOU Z J, WEI G W. A new approach to edge detection[J]. Pattern Recognition, 2002, 35(7): 1559 - 1570.
- [7] DEMIGNY D. On optimal linear filtering for edge detection[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2002, 11(7): 728 - 737.
- [8] BAO P, ZHANG LEI, WU XIAOLIN. Canny edge detection enhancement by scale multiplication[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2005, 27(9): 1485 - 1490.
- [9] COMANICIU D, MEER P. Mean shift: A robust approach toward feature space analysis[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2002, 24(5): 603 - 609.
- [10] 赵茂程, 郑加强, 凌小静. 一种基于小波变换的图像过渡区提取及分割方法[J]. 农业工程学报, 2005, 21(11): 103 - 107.