

暗区分割算法在夜间图像增强中的应用

黄 华¹, 王孝通¹, 蒋永馨¹, 徐晓刚²

(1. 海军大连舰艇学院航海系, 辽宁 大连 116018; 2. 海军大连舰艇学院装备系统与自动化系, 辽宁 大连 116018)

摘 要:着眼于夜间图像中存在着大量黑暗连通区域的情况,通过设置合理的上限灰度,将夜间灰度图像中灰度值小于这个上限灰度的像素分割出来,再结合局部对比度增强以及直方图均衡化方法对夜间图像进行增强。这种分割算法的重点在于对黑暗区域搜索、分割策略的制定和有效黑暗连通区域的判别。实验结果显示,基于暗区分割算法的增强处理能够使夜间场景中的主要景物有较为突出的表现,轮廓清晰。

关键词:黑暗区域;有效连通集;分割;增强

中图分类号:TN911.73 **文献标识码:**A

Application of Dark Area Segmentation in Night Image Enhancing

HUANG Hua¹, WANG Xiao-tong¹, JIANG Yong-xin¹, XU Xiao-gang²

(1. Department of Navigation, Dalian Naval Academy, Dalian 116018, China;

2. Department of Automatization, Dalian Naval Academy, Dalian 116018, China)

Abstract: There always exist lots of dark pixels in a night image and the dark pixels are irregularly connected. With this algorithm we can segment out several dark areas from a night image by setting an upper limit of the dark area's gray-level. After the image has been segmented with forging algorithm, we do the enhancement work with traditional methods such as partial contrast enhancement & histogram equalization. By enhancing several night images, the algorithm is proved to be efficient.

Key words: dark area; useful connected set; segmentation; enhancement

1 引 言

夜间图像的主要特点是微光,暗色区域占据了画面的主要部分,相应的直方图也集中分布于坐标系的左侧,因此,夜间图像的主要增强工作在于将较暗处的细节表达清楚,但又不能过亮,丢失过多的细节信息。直方图均衡化这种经典的增强算法也存在以下不足之处:

(1)输出图像的实际灰度变化范围很难达到图像格式所允许的最大灰度变化范围;

(2)输出图像的灰度分布直方图虽然接近均匀分布,但其值与理想值还有较大差异,并非最佳值;

(3)输出图像的灰度级有可能被过多地合并,容易造成图像信息的丢失。

针对上述存在的问题,沈嘉励^[1]和危疆树^[2]对经典增强算法进行了局部改进,Ardely^[3]在CSDN上提出夜间图像有较大的连通区域是黑暗区,可以将这些黑暗的区域分割出来,做忽略处理,将分割后剩下的部分进行直方图均化等增强处理,是对危疆树和沈嘉励等人算法的再次改进。本文认为,Ardely的算法中仅仅以设置的黑暗区域的灰度上限值为界的分割算法依然存在局限,因为夜间图像中有许多夹杂在明亮区域内,但本身较暗的细节信息,Ardely的方法将许多这样的信息做粗略处理,造成

作者简介:黄 华(1979-),男,博士生,主要研究方向为视频实时处理关键理论与技术。E-mail:ich_liebe_dichh@hotmail.com

收稿日期:2008-09-18

大量有用的细节信息丢失,因此,本文在 Ardely 的基础上,做了两个方面的改进。

2 Ardely 分割算法的介绍

该算法的想法是基于夜间图像有较大的连通区域是暗区得出的,并指出所谓暗区,是指某幅图像中最暗的那些像素(灰度小于一个上限灰度值)组成的一个视觉上比较暗的区域,一般来讲,在夜间图像中,这样的区域是连通的,称为黑暗连通区。该算法为了确定上限灰度值,人为地确定一个 P :

$$\begin{cases} P = \sum_{N=0}^i \frac{\text{像素值为 } i \text{ 的像素的个数}}{\text{总像素的个数}} \leq 15\% \\ P = \sum_{N=0}^i \frac{\text{像素值为 } (i+1) \text{ 的像素的个数}}{\text{总像素的个数}} \geq 15\% \end{cases} \quad (i \in [0, 255])$$

满足以上条件的 i 即为上限灰度值。

根据上一步确定的上限灰度值 i ,将夜间图像中,像素值低于 i 的像素分割出来,做忽略处理,将剩下的图像采用文献[2]中的方法进行增强,最后将分割出来的黑暗区域与增强后的图像合并,得到整幅图像的增强效果。但这样的算法存在着两个方面的明显不足:

(1) P 值的确定直接关系到 i 的确定,而该算法中 P 的确定是根据作者的经验,人为确定的单一值,并不能适应大多数的夜间图像,应为不同的夜间图像,黑暗区域占到整幅图像的比例是不同的。

(2) 该算法只是简单地将像素值低于上限灰度的像素全部从原始图像中剔除,而忽略了有些较亮区域中夹杂着一些较暗的细节,这些细节往往不是连通的黑暗区域,却被当作黑暗区域而剔除了,容易造成图像细节的丢失。

3 对 Ardely 分割算法的改进

3.1 对 P 值确定上的改善

Ardely 分割算法中 P 为固定单一值,但对不同亮度的夜间图像中黑暗区域占整幅图像的比例是不同的,单一的 P 值对大多数夜间图像存在着不适应性。为了克服这个缺点,可以在算法实现的过程中,以图像的平均亮度为参照,将 P 值设定为一个动态可调的参数,这样对于不同的夜间图像可以尝试使用不同的 P 值,来达到最佳的分割效果。

3.2 对分割算法的改进

本文对 Ardely 分割算法的改进主要着眼于黑暗连通区搜索和分割算法上,不采取简单的将像素值低于上限灰度的像素全部从原始图像中剔除的分割算法,而是在确定了上限灰度 i 之后,对于低于这个门限的灰度做两个判断,一是确定这些低于上限灰度的像素是否是相连的,二是相连的黑暗像素的

个数是否达到整幅图像像素个数的 2%。我们把满足上述两个条件的黑暗区域叫做有效黑暗连通区。这样做就克服了原算法将一些夹杂在较亮区域的黑暗细节当作黑暗连通区而做了粗略处理,造成图像细节的丢失的缺点。

为了说明有效黑暗连通区的搜索和分割算法,我们假设一幅灰度矩阵为 5×5 的夜间图像,如图 1 所示,假设计算得到的上限灰度值为 15,并将需要分割的黑暗连通区用浅灰色标示出来,如图 2 所示。同时建立一个与灰度矩阵一一对应的属性矩阵,如图 2 所示,用来标记夜间图像中每个像素点的属性值。其中, A 表示初始属性; B 表示该像素点属于非黑暗连通区; C 表示该像素点属于黑暗区域,但是所在区域不是连通集; D 表示在搜索过程中被新收受的可接纳点; ①②③④……表示搜索到的黑暗区域的序列号。

	0	1	2	3	4	5
0	78A	24	35	22	35	24
1	25	4	2	18	77	72
2	36	8	15	6	45	14
3	42	88	9	65	18	32
4	78	69	10	45	50	51
5	45	56	55	35	40	1

图1 原始图像矩阵(上限灰度为 15)

	0	1	2	3	4	5
0	78A	24	35	22	35	24
1	25	4A	2A	18	77	72
2	36	8A	15A	6A	45	14
3	42	88	9A	65	18	32
4	78	69	10	45	50	51
5	45	56	55	35	40	1

图2 原始图像对应的属性矩阵(符号代表属性)

下面具体说明黑暗连通区搜索分割策略:

(1) 从图像的原点(0,0)开始搜索,我们把灰度值大于上限 15 的像素点的属性标识为 B。当搜索遇到像素值小于等于 15 的像素点时,我们将这样的点称为可接纳点,并将第一个这样的点的属性标识为 ①,同时将该点的坐标记录到暗区序列表的第一个位置。一旦遇到可接纳点,搜索该点的四邻域,将四邻

域中的可接纳点的属性标识为 D,同时将这些点的位置坐标记录到搜索序列表的第二、三……个位置,如图 3 所示,图中用深浅两种灰色表示搜索进程。

	0	1	2	3	4	5	(1,1)
0	78B	24B	35B	22B	35B	24B	(2,1)
1	20B	4①	2D	18A	77A	72A	(1,2)
2	36A	8D	15A	6A	45A	14A	
3	42A	88A	9A	65A	18A	32A	
4	78A	69A	17A	45A	50A	51A	
5	45A	56A	55A	35A	40A	1A	

图 3 暗区搜索进程 1

(2)当第一个可接纳点(本例中的位置坐标为(1,1)的像素点)的四邻域搜索完毕,则搜索暗区序列表中第二个可接纳点的四邻域,此时将第二个可接纳点的属性改为①,意为和点(1,1)同属于第一个黑暗连通区;第二个坐标点(2,1)的下邻域为可接纳点,将其属性标识为 D,同时将可接纳点的位置坐标记录到暗区序列表的后续位置。其上、左邻域为已经搜索过的像素点,跳过,右邻域为未搜索过的非黑暗连通区点,将其属性表示为 B。如图 4 所示。

	0	1	2	3	4	5	(1,1)
0	78B	24B	35B	22B	35B	24B	(2,1)
1	20B	4①	2①	18A	77A	72A	(1,2)
2	36A	8D	15D	6A	45A	14A	(2,2)
3	42A	88A	9A	65A	18A	32A	
4	78A	69A	17A	45A	50A	51A	
5	45A	56A	55A	35A	40A	1A	

图 4 暗区搜索进程 2

(3)暗区序列表中第三个坐标点(1,2)的上邻域点和右邻域点为已经搜索过并记录了的可接纳点,不做再次记录,左邻域点和下邻域点为非黑暗连通区点,将其属性标识为 B,其位置不录入暗区序列表,在搜索下个点前,将自身属性改为①,如图 5 所示。

	0	1	2	3	4	5	(1,1)
0	78B	24B	35B	22B	35B	24B	(2,1)
1	20B	4①	2D	18B	77A	72A	(1,2)
2	36B	8①	15D	6A	45A	14A	(2,2)
3	42A	88B	9A	65A	18A	32A	
4	78A	69A	17A	45A	50A	51A	
5	45A	56A	55A	35A	40A	1A	

图 5 暗区搜索进程 3

(4)暗区序列表中第四个坐标点(2,2)的上、左邻域点为已经搜索过的像素点,不做再次记录,跳过;下、右邻域点为未搜索过的可接纳点,将其属性值标识为 D,并将其位置坐标记录在暗区序列表中,同时将(2,2)点的属性改为①。如图 6 所示。

	0	1	2	3	4	5	(1,1)
0	78B	24B	35B	22B	35B	24B	(2,1)
1	20B	4①	2①	18B	77A	72A	(1,2)
2	36B	8D	15①	6D	45A	14A	(2,2)
3	42A	88B	9D	65A	18A	32A	(3,2)
4	78A	69A	17A	45A	50A	51A	
5	45A	56A	55A	35A	40A	1A	

图 6 暗区搜索进程 4

(5)暗区序列表中第五个坐标点(3,2)的上、左邻域点为已经搜索过的像素点,不做再次记录,跳过;下、右邻域点为未搜索过的非黑暗连通区点,将其属性值标识为 B,同时将(3,2)点的属性改为①。如图 7 所示。

	0	1	2	3	4	5	(1,1)
0	78B	24B	35B	22B	35B	24B	(2,1)
1	20B	4①	2①	18B	77B	72A	(1,2)
2	36B	8①	15①	6①	45B	14A	(2,2)
3	42A	88B	9D	65B	18A	32A	(3,2)
4	78A	69A	17A	45A	50A	51A	(2,3)
5	45A	56A	55A	35A	40A	1A	

图 7 暗区搜索进程 5

(6)暗区序列表中第七个坐标点(2,3)的上邻域点为已经搜索过并记录了的可接纳点,不做再次记录;左、右邻域点为已经搜索过的非黑暗连通区点,下邻域点为未搜索的非黑暗连通区点,将其属性标识为 B,其位置不录入暗区序列表。最后将(2,3)点的属性改为①。如图 8 所示。

	0	1	2	3	4	5	(1,1)
0	78B	24B	35B	22B	35B	24B	(2,1)
1	20B	4①	2①	18B	77B	72A	(1,2)
2	36B	8①	15①	6①	45B	14A	(2,2)
3	42A	88B	9①	65B	18A	32A	(3,2)
4	78A	69A	17A	45A	50A	51A	(2,3)
5	45A	56A	55A	35A	40A	1A	

图 8 暗区搜索进程 6

(7)通过以上搜索过程,我们得到了第一个黑暗连通区,即图像的属性矩阵中,由属性为“①”的六个连通的像素点构成的区域。再重复上述搜索过程,我们可以原始图像中其他的黑暗连通区,这些黑暗连通区的属性分别标识为②,③,④……这样,我们就完成了对整幅图像的搜索,并得到了数量不等的黑暗连通区,为进行下一步工作做好了准备。

得到了黑暗连通区后,为了防止将一些孤立的暗点或小块黑暗区域也当作黑暗连通区域做相同的粗略处理,导致细节的丢失,需要再对得到的连通区域做一个判别,从而确定有效地黑暗连通区,我们把这个判别条件设定为:当黑暗连通区的像素个数大于等于图像总像素的2%时,称这个黑暗连通区为有效地黑暗连通区。

4 算法计算机仿真比较结果

为了直观地表现本文算法的改进之处,测试比较实验在 VC++6.0 平台进行,使用的是作者宿舍前后的夜间景观图像,尺寸为 256×256 。我们分别用 Ardely 方法和本文改进后的方法进行了测试,实验结果如图9所示。

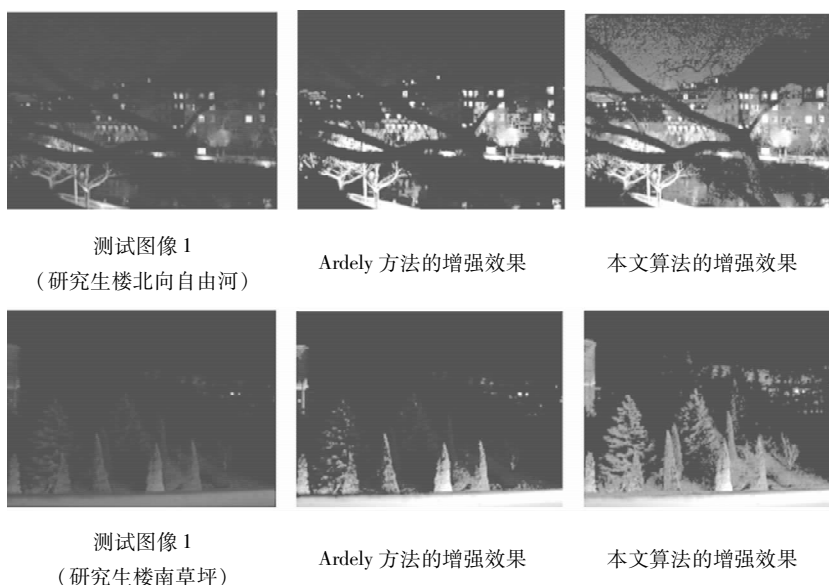


图9 本文算法与 Ardely 算法增强效果的比较

对于测试图像,我们选定的 P 值为 16%,从测试结果来看,改进算法增强后的图像,还原出了更多的图像细节,解决了 Ardely 方法容易造成图像细节丢失的问题,图像增强效果得到大幅提升。为了定

量地评价图像质量,我们引入“清晰度指标”^[4]:

$$F_B = \frac{1}{MN} \sum_i \sum_j \min[P(i, j), 1 - P(i, j)]$$

式中, $P(i, j) = \sin[0.5\pi(1 - I(i, j)/I_{\max})]$; $I(i, j)$, I_{\max} 分别为图像中 (i, j) 位置处灰度和最大灰度。根据清晰度指标的定义可知,图像清晰度会随清晰度指标的减小而增大。表1给出上述增强方法处理后图像的清晰度指标。显然,本文改进的算法清晰度指标明显小于原算法,图像会更加清晰。

表1 增强前后图像清晰度指标对比

清晰度指标	原图	Ardely 算法	本文算法
FB	0.2376	0.1397	0.0756

5 结论

计算机仿真对比试验证明,本文提出的基于“动态确定上限灰度值 i ”和“有效黑暗连通区分割判据”的增强算法比文献[3]图像增强算法有明显的改进,文献[3]的方法会使一些夹杂在较亮区域的黑暗细节当作黑暗连通区而做了粗略处理,造成图像细节的丢失。而本文算法的试验结果具有对比明显、重点突出、图像细节信息还原充分等优点。

参考文献:

- [1] 沈嘉励,张宇,王秀坛.一种夜视图像处理的新算法[J].中国图形图像学报,2000,5(6):480-483.
- [2] 危疆树.结合局部对比度增强的直方图均衡化图像增强算法[J].计算机与信息技术,2005,(10):23-25.
- [3] Ardely.夜间图像增强[OL].<http://blog.csdn.net/EmailMathew/archive/2006/09/27/1290589.aspx>.
- [4] 舒金龙,于振红,朱振福.一种改进的红外图像模糊增强方法[J].系统工程与电子技术,2005,27(6):957-959.
- [5] 刘祖军,刘纯亮,梁志虎,等.基于动态直方图均衡化的对比度增强方法[J].光学技术,2005,31(3):376-379.