

视觉对比度分辨率补偿的底层图像挖掘^{*}

郭艳荣¹, 谢正祥², 鲜继清¹, 吕霞付¹, 陈勇¹

(1. 重庆邮电大学 自动化学院, 重庆 400065;

2. 重庆医科大学 生物医学工程研究室, 重庆 400016)

摘要: 介绍了用于底层图像挖掘的视觉对比度分辨率补偿的方法。由于人类视觉对比度分辨率限制,不能清楚分辨在微光(暗视觉)环境下获取的图像。用视觉对比度分辨率补偿的方法进行底层图像(像素级)挖掘,就可获得视觉清晰可见的图像。首先搜索图像的有效灰度宽,接着用每一灰度级所对应的 JND 进行视觉对比度分辨率补偿,这样就挖掘出了正常视觉不能清楚分辨的图像。

关键词: 对比度; 分辨率; 补偿; 暗视觉; 图像挖掘

中图分类号: TN911.73

文献标识码: A

Lower layer image mining based on the compensation for visual contrast resolution

GUO Yan Rong¹, XIE Zheng Xiang², XIAN Ji Qing¹, LV Xia Fu¹, CHEN Yong¹

(1. Automation Institute of Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China;

2. Department of Biomedical Engineering, Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China)

Abstract: This article describes a method of the compensation for visual contrast resolution used to the lower layer image mining. The image taken from lower light level (scotopic vision condition) can not be resolved clearly due to the limitation of human vision contrast resolution. Using a method for visual contrast resolution compensation to realize a lower layer image mining, a clear image can be obtained. The method firstly searches the effective gray width, and then the vision contrast resolution is compensated by means of JND (just noticeable difference) corresponding to each gray level. So, an image that can not be resolved clearly by normal vision can be mined out.

Key words: contrast; resolution; compensation; scotopic vision; image mining

由于受暗光线的影响,人类视觉获得的图像很模糊,因此挖掘被暗视觉隐藏的图像信息已逐渐成为图像挖掘领域探讨的热点。

本文根据现代数字图像处理技术的需要研究了显示在屏幕上的图像的不同像素点间的对比度表示法,以及人类视觉恰可分辨的灰度差异(MRC或JND)与背景灰度的函数关系;推导了在暗视觉下对人类视觉的对比度分辨率进行非线性补偿可大大扩展人类对比度分辨能力的假设。最后通过实验挖掘出了暗视觉下丰富的图像信息,从而验证了假设结论的正确性。

1 人类视觉对比度分辨率与背景灰度关系

1.1 关于对比度分辨率(限制或阈值)

人类视觉对比度分辨率指人类视觉分辨来源于物体光线的微小差别的能力或是指人类视觉能分辨的最小灰度/色度差(对比度)。在研究成像物理系统,包括各种CT系统的对比度分辨率时,多被称之为最小可分辨对比度MRC(Minimum Resolvable Contrast)^[1-3]。在研究物理对比度与心理对比度的关系时,称为恰能察知的差异JND(Just Noticeable Difference)^[4]。本文研究的是与现代数字图像处理有关的(工业标准)同时对对比度分辨率(即以物理对比度表示的MRC或JND)与背景灰度的关系。

^{*} 基金项目:国家自然科学基金(60975008)

图形、图像与多媒体

1.2 分辨率阈值(JND)与背景灰度(X)的关系

在参考文献[5]中已经明确给出了分辨率阈值与背景灰度的测试结果和数学模型。测量的人类视觉的灰度对比度分辨率随背景灰度的变化对明视觉和暗视觉是不同的,如式(1)所示,变化曲线如图1所示。

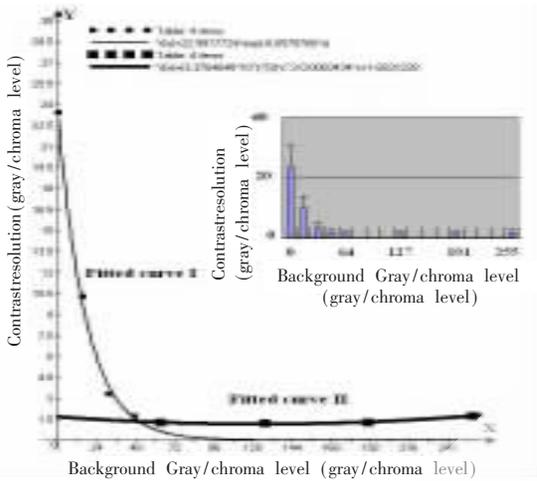


图1 人类视觉对比度分辨率随背景灰度变化

$$JND(x) = \begin{cases} 229818 \times e^{-0.0571x} & (0 \leq x \leq 47) \\ 2.1298 \times 10^{-0.01376x} + 0.4851 \times 10^{-5} \times x^2 & (47 \leq x \leq 255) \end{cases} \quad (1)$$

式中, $JND(x)$ 表示人类视觉对比度分辨率, x 为背景灰度。当 $0 \leq x \leq 47$ 为暗视觉, $47 \leq x \leq 255$ 为明视觉。

图1中曲线I对应的是暗视觉($0 \leq x \leq 47$),曲线II对应的是明视觉($47 \leq x \leq 255$),可以看出,不管是明视觉还是暗视觉,人类视觉对比度分辨率随背景灰度 x 的变化为非线性关系。暗视觉环境为负指数函数,明视觉为抛物线函数。如果能对人类视觉的对比度分辨率的这种非线性限制(阈值缺陷)进行补偿,则可大大扩展人类的对比度分辨能力,特别是暗视野环境的对比度分辨能力。

2 有效灰度宽

由于人类的视觉对比度分辨率是在低照度条件下获得的,而人类视觉却不能分辨。为此首先要了解对象的(灰度)信息分布(像素数按灰度的分布),以便确定是否有图像结构的信息可以挖掘以及确定挖掘参数。用视觉对比度补偿方法进行底层图像挖掘之前采用灰度谱非线性分级平坦化变换^[6]来探测待挖掘图像的灰度分布及有效灰度宽度。变换公式如式(2)所示:

$$T(g) = \frac{O_m^{-\frac{1}{m}}(g)}{\sum_{g=0}^{255} O_m^{-\frac{1}{m}}(g)} \sum_{g=0}^{255} O(g) \quad (2)$$

式中, $O(g)$ 、 $T(g)$ 分别表示原始图像和目标图像中灰度级 g 的像素数。 m 为正整数,称为平坦化级。式(2)具有强有力的底层图像信息挖掘功能,具有一个像素点的可视化精度,是一般灰度直方图和对数灰度直方图不能比拟的。

3 对比度分辨率补偿

人类视觉分辨所能分辨的一幅图像中两点的最小灰度差异称为 JND(Just Noticeable Difference)。由式(1)和图1可知,在暗视觉条件下,人类视觉的对比度分辨率 JND 是很低的。在灰度级 30 以内,虽有不同图像灰度,但人类视觉不能分辨,也就是说,这部分信息不能为人类视觉所察觉。如果将原始的灰度差为 1 的相邻两灰度级的差异放到 JND 上,则就对视觉分辨率进行了补偿,使原来不能分辨的两种灰度差,变成了恰可分辨。根据式(1)属于暗视觉范围($X \leq 47$),各背景灰度下的累积灰度距离按式(3)计算:

$$TG(i) = k \sum_{i=0}^{OG(i)} JND(i) \quad (3)$$

式中, $TG(i)$ 表示对应于原始灰度 i 的补偿后目标灰度; $JND(i)$ 即为式(1)中的 JND,表示各级背景灰度 i 上的恰可分辨距离。 $OG(i)=i$,即背景灰度(在一幅图像中仅具有相对意义),变化范围 0~255。 k 为补偿深度。假定 $k=2$,则表示一幅图像中相邻两灰度的差异为 $2JND$ 。

4 图像挖掘实现

本文的变换平台的实现基于 Delphi7 编程环境,使用的是 Pascal 语言。图2为暗视觉条件下基于对比度补偿的图像挖掘算法流程图。

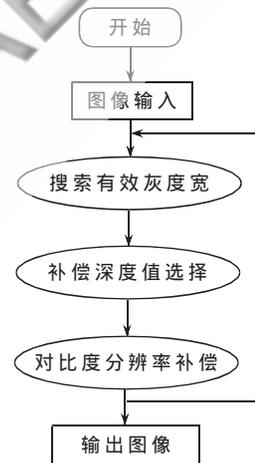


图2 图像挖掘算法流程图

视觉对比度分辨率补偿的图像挖掘实现的关键代码如下:

```

image1:Timage //输入原始图像
image2:Timage //输出挖掘后的目标图像
ComboBox1: TComboBox; //补偿深度 K 值输入
//有效灰度宽
NewGrayClass [i]:=TotalGray*power (GrayClass[i],1/m)/TotalGray1;
NewTotalGray:=NewTotalGray+NewGrayClass[i];
//图像挖掘
NewJND:=22.9818*Exp(-0.057*X);
    
```

图形、图像与多媒体

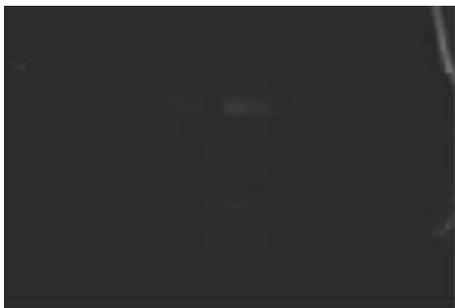
Image Processing and Multimedia Technology

//X 灰度级所对应的分辨率阈值

JND:= JND+NewJND;

Gray:= k* JND; //对比度补偿

图 3(a)是原始图像,图 3(b)是在暗视觉环境下对视觉对比度分辨率补偿进行图像挖掘的结果,补偿深度 $k=0.7$ 。可以看出补偿效果明显,特别是车牌“渝 B 35955”和徽标清晰可见。



(a) 原始图像



(b) $k=0.7$ 的挖掘图像

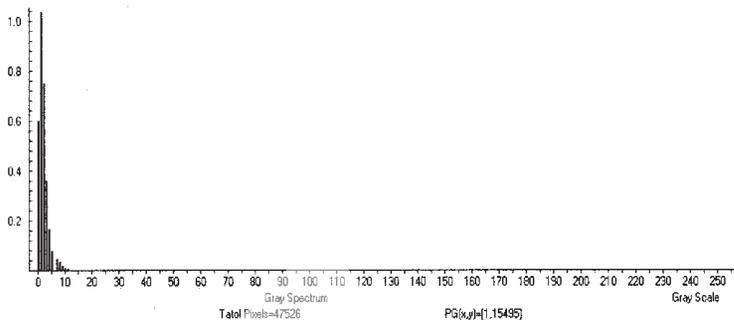
图 3 原始和补偿 ($k=0.7$) 后图像比较

图 3 中两幅图像的灰度谱分别如图 4(a)和图 4(b)所示。可以看出,原始图像图 3(a)的灰度谱处于低端的窄带内。图 4(b)是补偿后图像图 3(b)的灰度谱,可以看出,灰度谱带明显增宽。因此对比度分辨率补偿相当于用对比度拉伸法的图像增强。从式(2)知道,这种拉伸是非线性拉伸。从图 3 还可看出,(b)图比(a)图的亮度增加了,因此这种补偿相当于灰度增强器,有类似于微光夜视仪的功能。

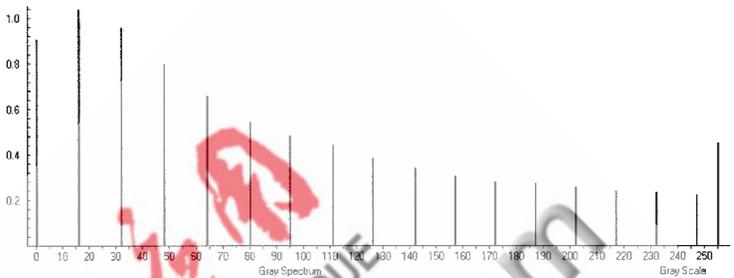
图 5 所示为 $k=5$ 的补偿结果。与图 3(a)的原始图像相比,虽然图像的清晰度明显改善,但亮度过亮,信噪比明显降低。

图 6 是图 5 的补偿后图像的灰度谱,可以看出,谱线数比图 4(b)明显减少(18/4),提示信息丢失太多。

本文提出了一种基于视觉对比度分辨率补偿的图像挖掘的方法。在暗视觉下(灰度级小于或等于 47)由于视觉分辨率受到限制而无法看清楚,甚至看不到图像,本文采用对对比度分辨率进行补偿从而挖掘出了暗视觉下的信息(图像结构)。当然,应用适当的 k 值,才能获得好的挖掘结果。用面向对象的 Delphi 语言编写的开发平台进行实验,实现了用对比度分辨率补偿的方法进行



(a) 原始图像灰度谱



(b) 补偿 ($k=0.7$) 后图像灰度谱

图 4 原始和补偿 ($k=0.7$) 后图像灰度谱比较



图 5 过补偿 ($k=0.7$) 的图像

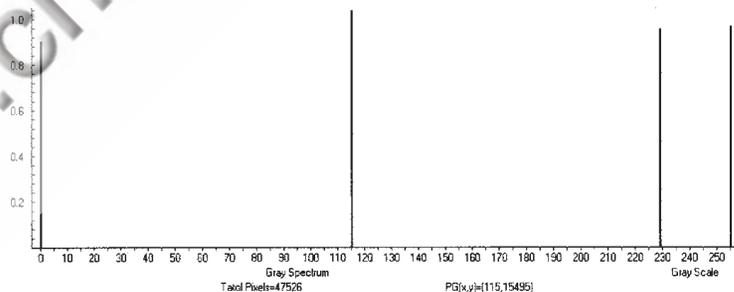


图 6 过补偿 $k=0.7$ 的灰度谱

暗视觉下的底层(像素操作)图像挖掘,实验结果充分证明了该方法的可行性和有效性。

参考文献

- [1] 李文娟,张元,戴景民,等.可见光成像系统 MRC 研究[J]. 计量学报, 2006,27(1):32-5.
- [2] BIJL P, VALETON J M. Triangle orientation discrimination: the alternative to minimum resolvable temperature difference and minimum resolvable contrast. opt Eng, 1998, 37(7): 1976-83.

- [3] BIJL P, VALETON J M. Bias-free procedure for the measurement of the minimum resolvable temperature difference and minimum resolvable contrast. *opt Eng*, 1999, 38(10): 1735-42.
- [4] JOHNSON K O, HSIAO S S, YOSHIOKA T. Neural coding and the basic law of Psychophysics. *Neuroscientist*. 2002, 8(2): 111-121.
- [5] 王志芳, 刘玉红, 谢正祥, 等. 基于数字图像处理的人类视觉对比度分辨率限制测定[J]. *生物医学工程学杂志*, 2008, 25(5): 998-1002.
- [6] 谢正祥, 王志芳, 刘燕欢, 等. 灰度谱分级平坦化理论[J].

中国医学物理学杂志, 2006, 23(6): 15-17, 36.

(收稿日期: 2009-12-20)

作者简介:

郭艳荣, 女, 1983年生, 硕士研究生, 主要研究方向: 网络控制与视频图像处理。

谢正祥, 男, 1938年生, 博士生导师, 主要研究方向: 信号与图像处理。

鲜继清, 男, 1945年生, 博士生导师, 主要研究方向: 通信技术与网络控制。

