

·信号与信息处理·

多源图像彩色融合效果评价研究

荆绍威, 杨风暴, 李申燕

(中北大学, 山西 太原 030051)

摘要:通过采用简单、基于增强处理和 HSV 变换、基于人眼视觉特性及 YIQ 变换的彩色融合得到 4 幅图像, 分别对其进行主观和客观评价. 主观评价实验对同一场景的可见光、中波红外和长波红外图像进行了不同的算法处理, 将获取结果用于直方图统计对比分析. 客观评价采用基于 YIQ 变换及加权平均的方法进行图像比较, 并直接用对比度 R 、粗糙度 G 和熵 B 比较融合结果, 提出应采用主、客观结合的评价方法.

关键词:多源图像; 彩色融合; 主观评价; 客观评价

中图分类号: TN911.73

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2009)02-0075-05

Effect Evaluation of Multi-Source Image Color Fusion

JING Shao-wei, Yang Feng-bao, LI Shen-yan

(North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: Four color fusion images are subjectively and objectively evaluated. The images are obtained from the simple color fusions based on enhanced treatment and HSV transform, human visual characteristics and YIQ transform. In the Subjective evaluation test, the visible image, medium-wave image and long-wave image in the same scene are processed according to different algorithms. The results are used to analyze comparatively statistically the histograms. In the objective evaluation test, the images are compared through ways of YIQ transform and averaging, and then the fusion results are compared using directly contrast degree of R channel, rough degree of G channel and entropy of B channel. Conclusion is that the combination of subjective evaluation and objective evaluation can effectively evaluate the color fusion images.

Key words: multi-source images; color fusion; subjective evaluation; objective evaluation

通过人类视觉特性的研究, 人们认识到颜色向人眼提供了比灰色更多的信息. 彩色融合图像既保留了各幅源图像的有用信息又表明了各个细节信息的来源, 还使目标识别的速度和准确性有了较大提高.

多源图像彩色融合是通过有效的算法将 2 幅以上的灰度图像融合为一幅彩色图像, 目的是从不同色彩表示的各种信息中快速、准确地识别目标和定位目标. 融合图像的质量是融合技术的关键, 目前国际上对彩色融合图像质量主要采用主观评价^[1]. 随着彩色融合技术的不断发展和广泛应用, 客观评价图像质量也成为重要的研究内容.

在给出了 4 种不同的彩色融合算法的基础上, 对这 4 种彩色融合结果进行主观和客观评价. 通过对评价方法的对比讨论, 总结出一种较好的评价方法, 对彩色融合结果评价具有参考和指导意义.

1 彩色融合算法

文中提到的多源彩色融合是指将可见光、中波红外和长波红外图像通过特定的算法融合为一幅彩色图像.

收稿日期: 2009-02-09

作者简介: 荆绍威(1981-), 男, 山西省襄汾县人, 硕士研究生, 研究方向为信号与信息处理.

1.1 简单彩色融合

图像的简单彩色融合方法不对参加融合的源图像进行任何变换或分解,而是直接将3幅源图像分别映射到 R 、 G 、 B 通道,合成一幅彩色图像。

大量的试验表明,人眼最易辨认的颜色是红色。因此将目标背景对比度大的中波红外图像映射到 R 通道,以便快速准确地从复杂背景中识别出目标。

由于人眼对于相同亮度单色光的主观亮度不同,在相同亮度的三基色光谱中,人的主观感觉认为绿色是三基色中最亮的。所以将包含细节信息多的长波红外图像映射到 G 通道。

蓝色属于冷色,给人以宁静、轻松的感觉。将背景信息丰富的可见光图像映射到 B 通道,有利于长时间的跟踪观察,减轻人眼的疲劳感。

1.2 基于增强处理和HSV变换的彩色融合

在分析可见光、中波红外和长波红外图像特性的基础上,将3幅源图像进行增强处理。根据冷暖色调对人眼不同的舒适度,确定合理的彩色融合算法。利用HSV彩色空间变换,优化融合结果。

可见光图像提供了丰富的背景信息,层次分明。用可见光图像的低频部分作为融合结果的背景,可使融合图像的彩色比较自然;中波红外图像具有目标背景对比度高的特点,目标比较明显。但是目标与背景中的景物细节比较模糊;长波红外图像整体偏亮,目标背景对比度低,细节信息比较清晰。

HSV模型是面向用户的,比RGB色彩模型具有更好的视觉效果。 H 对应色调(Hue), S 对应饱和度(Saturation), V 对应亮度(Value)。通过合理调节 H 、 S 、 V 三分量,来改善融合结果的质量。

1.3 基于人眼视觉特性的彩色融合

由于观测者可能是信息处理链上的最后一环,因此利用人类视觉特性原理来指导图像的彩色融合具有重要的意义。人类眼睛的视网膜上存在大量的杆细胞和锥细胞,其中锥体细胞能够在适光亮度环境中为眼睛提供彩色视觉感知。锥细胞与神经节细胞连接所构成的受域是中心-环绕的结构,ON/OFF通道分别意味着ON-center/OFF-surround以及OFF-center/OFF-surround。对于ON-center/OFF-surround系统而言,中心细胞的兴奋刺激导致的细胞响应将被周围环绕细胞所产生的响应所抑制;而对于OFF-center/ON-

surround系统,细胞响应则相反。

首先用ON和OFF通道分别对3幅源图像进行增强,然后将ON和OFF合理组合成神经网络。通过神经网络和RGB通道的映射对增强后的3幅源图像进行彩色融合,最终生成便于人眼观察的近自然彩色融合图像。

1.4 基于人眼视觉特性和YIQ变换的彩色融合

YIQ颜色空间将亮度和颜色分开,其中 Y 代表亮度通道, I 和 Q 代表颜色通道。 I 分量代表从橙红色到青蓝色的颜色变化, Q 分量则代表从紫色到黄绿色的颜色变化。人眼的彩色视觉特征表明,人眼分辨红、黄之间颜色变化的能力最强,所以人眼对于处在 I 轴附近的红、黄、青等颜色具有最大的彩色分辨力。 I 轴表示人眼最敏感的色轴,因此将细节信息多的部分映射到 I 通道。而 Q 轴表示人眼最不敏感的色轴,因此将背景信息映射到 Q 通道。

在人眼神经网络指导的彩色融合的基础上加入YIQ彩色空间变换,用不同的信息分别驱动 I 分量和 Q 分量的色彩。进一步优化彩色融合结果,有利于目标的识别、定位和跟踪。

2 主观评价

这种评价方法主观性比较强,可以定性地讨论融合结果,具有直观、快捷、方便的特点。下面给出了主观评价的指标,通过这些指标对融合结果进行综合评价,并且利用直方图对评价数据进行整理统计。

2.1 主观评价的指标

评价一幅彩色融合图像的优劣,主要从目标识别、细节信息和背景色彩3个方面考虑。所以将这3个因素作为彩色融合结果主观评价的指标,通过它们对融合结果进行综合评价。

目标识别的要求是准确、快速。彩色融合结果的目标背景对比度越大、目标和背景的色差越明显,目标就越突出,识别的速度就越快、准确性就越高。所以目标的突出性将称为评价的重要因素。

图像的细节信息没有明确的定义,但是经常使用在感知评价图像质量中^[2]。细节与图像的边缘、对比度、锐化程度和纹理等相关。融合系统的分辨力和噪声是影响图像细节的主要因素。

背景色彩的好坏主要从颜色的自然程度和视觉

舒适度两方面来评价.颜色的自然程度是人对颜色复制物体颜色逼真度的主观印象,反映了与记忆现实对应程度.任何通过显示器或硬拷贝设备再现真实世界景物的图像,视觉系统对图像中颜色属性的感觉与大脑记忆景物中的物体类颜色属性进行比较,两者的相似程度就是视觉感觉图像的自然程度.视觉舒适度受许多因素的影响,其中颜色协调性是影响视觉舒适度最重要的因素.由于多数彩色融合结果的自然程度不是很理想,所以视觉舒适度在背景色彩评价中的地位比自然程度要重要些.

2.2 主观评价实验

要求测试者从总体质量、目标识别、细节信息和背景色彩 4 个方面给彩色融合图像打分.实验采用同一场景的可见光、中波红外和长波红外图像作为源图像,通过不同的算法得到 4 幅彩色融合图像,见图 1.选取视觉正常、了解图像和颜色知识的 7 个研究生为测试对象.

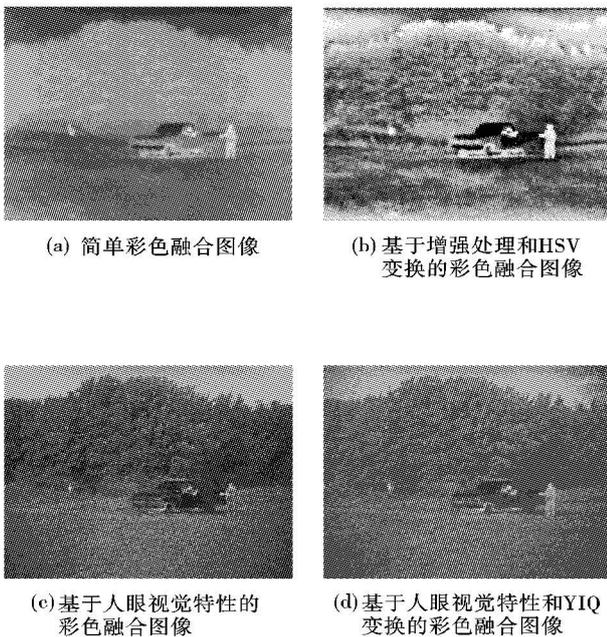


图 1 4 幅彩色融合图像

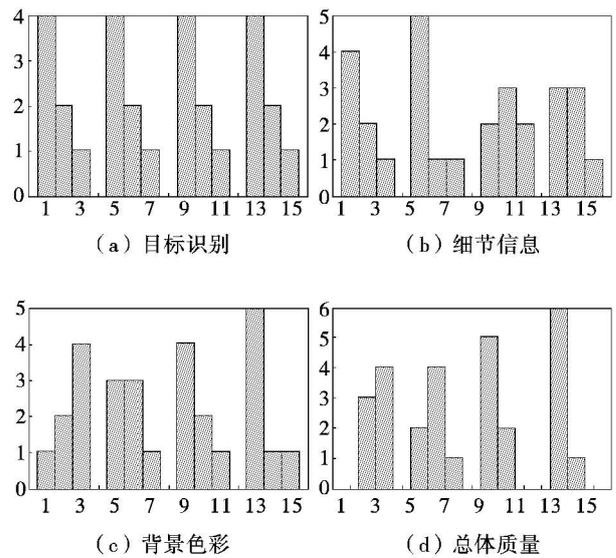
主观评价给出 3 个度量等级(见表 1),分别对彩色融合图像的目标识别、细节信息、背景色彩和总体质量进行评价.其中,总体质量是综合目标识别、细节信息和背景色彩 3 个因素对彩色融合图像的总

体评价.

表 1 主观评价度量等级

评 价 等 级			
目标识别	突出	明显	不明显
细节信息	好	一般	差
背景色彩	好	一般	差
总体质量	好	一般	差

图 2 给出了 4 幅彩色融合图像的目标识别、细节信息、背景色彩和总体质量的评价结果.其中,图 2a 是对 4 幅彩色融合图像目标识别的评价,图 2b 是细节信息的评价,图 2c 是背景色彩的评价,图 2d 是总体质量的评价.



纵坐标表示人数;横坐标表示评价等级(1、2、3 分别表示图 1a 的 3 个评价等级;5、6、7 分别表示图 1b 的 3 个评价等级;9、10、11 分别表示图 1c 的 3 个评价等级;13、14、15 分别表示图 1d 的 3 个评价等级)

图 2 对 4 幅彩色融合图像评价的统计直方图

分析图 2 的评价结果可知:4 幅彩色融合图像的目标识别是一样的,而且识别效果较为理想;图 1b 的细节信息较多,其他 3 幅相差不大;从背景色彩来分析,图 1d 比其他 3 个都要好;图 1c 和图 1d 的总体质量明显比图 1a 和图 1b 要好得多.从图 2d

中可看出,图 1d 比图 1c 的总体质量要好一些。

3 客观评价

客观评价从两方面来比较:彩色融合图像与源图像的比较;彩色融合图像之间的比较。

3.1 彩色融合图像与源图像比较评价

目前,彩色融合图像与源灰度图像之间还没有理想的评价指标,因此本节将用彩色融合图像的灰度信息与源灰度图像进行比较,分别计算融合图像和源图像的熵、平均目标背景对比度和粗糙度,熵越大说明图像包含的信息量越大;平均目标背景对比度越大说明目标越明显;图像的粗糙度的值越大,说明图像的细节信息越多^[3]。

3.1.1 基于 YIQ 变换的评价方法

YIQ 变换能够很好地将一幅彩色图像的亮度部分和颜色部分分离^[4],RGB 彩色空间到 YIQ 彩色空间的具体变换过程如下:

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.275 & -0.321 \\ 0.212 & -0.523 & -0.311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

因此

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (2)$$

利用 YIQ 变换分离出图 1 中 4 幅彩色融合图像的亮度信息,与源图像做客观比较,参数如表 2 所示。表 2 中的融合结果 1、2、3、4 分别为图 1 中的 a、b、c、d。

表 2 源图像与 YIQ 变换的彩色融合图像的灰度信息的比较

	熵	平均目标背景对比度	粗糙度
可见光图像	7.022 9	0.352	9.941 2
中波红外图像	6.844 4	5.217	5.764 2
长波红外图像	7.220 7	2.021	7.827 4
融合结果 1 的亮度部分	6.869 8	3.213	8.427 3
融合结果 2 的亮度部分	7.733 2	5.156	9.878 6
融合结果 3 的亮度部分	7.007 1	1.336	8.012 9
融合结果 4 的亮度部分	6.476 5	0.892	7.923 5

分析表 2 中的数据可知,融合图像和源图像的熵相差不大,即信息量相当;融合结果 2 的平均目标背景对比度跟中波红外图像差不多,比可见光和长

波红外都好,说明目标比较明显。其他 3 个融合结果的对比度跟长波红外差不多,目标突显效果不是很好;融合结果 2 的粗糙度接近于可见光的粗糙度,比中波和长波红外都大,说明融合结果 2 的细节信息较为丰富。其他 3 个融合结果的粗糙度跟长波红外相差不大。

3.1.2 基于加权平均的评价方法

将彩色融合图像的 R、G、B 三通道做加权平均处理,用处理结果跟源图像进行客观比较^[5]。具体处理过程如下:

$$RGB = (R + G + B) / 3 \quad (3)$$

表 3 中的 RGB1、RGB2、RGB3、RGB4 分别表示 4 幅彩色融合图像的 R、G、B 三通道做加权平均处理后的图像。

表 3 源图像与平均加权处理后结果的比较

	熵	平均目标背景对比度	粗糙度
可见光图像	7.022 9	0.352	9.941 2
中波红外图像	6.844 4	5.217	5.764 2
长波红外图像	7.220 7	2.021	7.827 4
RGB1	1.378 3	2.534	9.024 8
RGB2	2.564 3	5.028	9.763 1
RGB3	5.282 2	1.636	8.463 3
RGB4	5.091 6	0.713	8.212 6

由表 3 知,4 个融合结果的熵比源图像都要小,信息量在不同程度上都有损失;RGB2 的平均目标背景对比度与中波红外相近,目标比较明显。RGB1 与长波红外的对比度相近,RGB3 和 RGB4 介于可见光和长波红外之间,目标不太明显;RGB2 的粗糙度接近于可见光图像,细节较丰富。

3.2 彩色融合图像之间的评价方法

3.1 节中的 2 种方法都是将彩色融合图像变换为灰度图像,然后与源灰度图像进行比较。本节的方法是,不对彩色融合结果进行任何处理,直接比较 4 个彩色融合图像。

根据 1.1 节中的赋值原理可知,红色通道主要显示目标信息,绿色通道主要显示细节信息,蓝色通道主要显示背景信息。因此,分别计算 R 分量的平均目标背景对比度来比较目标是否明显、计算 G 分量的粗糙度来说明细节信息的多少、计算 B 分量的

熵来说明背景是否丰富.

表 4 彩色融合结果之间的比较

	R	G	B
融合结果 1	5.217	7.827 4	7.022 9
融合结果 2	5.302	9.714 2	7.318 7
融合结果 3	2.243	8.521 9	6.527 3
融合结果 4	1.176	7.733 6	4.150 8

表 4 中的 R 、 G 、 B 列的数据分别表示 R 、 G 、 B 三通道的平均目标背景对比度、粗糙度、熵. 综合对比度、粗糙度和熵考虑, 融合结果 2 的各个分量都比其他 3 个大, 效果较理想. 比较剩下的 3 个融合结果, 融合结果 1 的目标较为明显, 背景也较丰富. 融合结果 3 的细节信息较多, 融合结果 4 最差.

4 结 束 语

对彩色融合图像从主观和客观两方面进行评价. 主观评价主要从目标、细节、背景色彩等方面评

价, 客观评价利用平均目标背景对比度、粗糙度、熵等参量进行评价. 主观评价的人为因素较多, 主要从人的视觉舒适度和目标识别等方面考虑. 客观评价能够客观地说明目标识别和细节信息的情况, 但是背景色彩无法体现. 客观评价中的 YIQ 变换法较好. 要想很好地评价一幅彩色融合图像质量的好坏, 应该把主观评价和客观评价相结合, 方能得到理想的效果.

参考文献

- [1] 石俊生, 金伟其, 王岭雪. 视觉评价夜视彩色融合图像质量的试验研究[J]. 红外与毫米波学报, 2005, 24(3): 236-240.
- [2] 邵桂芳, 李祖枢, 成卫, 等. 基于视觉感知的融合图像质量评价[J]. 计算机应用, 2004, 24(5): 69-75.
- [3] 荆绍威, 杨风暴, 李申燕. 基于增强处理和 HSV 变换的多源图像彩色融合及评价[J]. 光电技术应用, 2008, 23(4): 57-61.
- [4] 杨风暴. 多波段红外图像目标特征分析与融合方法研究[M]. 北京: 北京理工大学, 2006: 46-51.
- [5] 石俊生, 金伟其. 彩色夜视融合图像熵评价研究[J]. 兵工学报, 2006, 27(6): 1039-1042.
- [6] 付强, 王春平, 姚志刚. 基于 TMS320DM642 的电视跟踪系统设计[J]. 军械工程学院学报, 2005, 17(5): 68-71.
- [7] Texas Instruments. TMS320DM642 Video/Imaging Fixed-Point Digital Signal Processor[R]. Revised August, 2005: 70-71.
- [8] Texas Instruments. TPS54310 Datasheet[R], 2002: 1-1.
- [9] Texas Instruments. TL16C752B 3.3-V DUAL UART WITH 64-BYTE FIFO[R], 2003: 2-2.
- [10] SST. SST39VF800A Datasheet[R], 2001: 1-1.
- [11] 周润景, 袁伟亭. Cadence 高速电路板设计与仿真[M], 北京: 电子工业出版社, 2006: 456-457.

(上接第 70 页)

本 刊 声 明

本刊已成为《中国核心期刊(遴选)数据库》收录期刊;《中文科技期刊数据库》收录期刊;《中国期刊全文数据库》全文收录期刊;《中国学术期刊综合评价数据库》统计源期刊;《电子科技文摘》数据库收录源之数据期刊. 本期刊所刊载的文章在国内外数据库检索机构(包括纸版、光盘版、网络版)报道时, 不再征求作者意见. 文稿刊登录用后作者著作权使用费与本刊稿酬一次性付给, 并赠送当期样刊一份.