

基于视觉感知特性的多聚焦图像融合技术^{*}

位耀光¹ 王剑秦¹ 李道亮¹ 涂序彦²

(1. 中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083; 2. 北京科技大学信息工程学院, 北京 100083)

【摘要】 针对多聚焦图像融合问题, 借鉴生物视觉特性和相关图像处理理论, 提出了一种基于视觉感知特性的多聚焦图像融合算法。该算法在对待融合的多聚焦图像进行 RGB 分块分解的基础上, 采用视觉对比度模型以确定融合后图像的选取准则。为了获得最佳图像融合效果, 采用免疫遗传算法以指导图像分块, 标准熵和标准偏差作为评价图像融合质量的标准。实验表明, 该算法具有较好的效果, 能够解决多聚焦图像融合问题。

关键词: 视觉感知 图像融合 优化

中图分类号: TN911.73

文献标识码: A

Research of Image Fusion Algorithm Based on Human Visual Perception Feature

Wei Yaoguang¹ Wang Jianqin¹ Li Daoliang¹ Tu Xuyan²

(1. College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China

2. College of Information and Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)

Abstract

To solve the problem of multi-focus image fusion, a new multi-focus image fusion algorithm based on the visual perception feature was proposed. Because the threshold of human visual contrast sensitivity was proportional to the image background brightness, the visual uniform parameter was adopted to separate clear objects from fuzzy objects obtained by different image sensors. Firstly, the image was decomposed at RGB level separately. Secondly, the R, G, B single gray image was divided into sub-blocks. Thirdly, the sub-blocks with higher uniform value were selected as the corresponding sub-blocks of fusion image. Then, the retained sub-blocks were reconstructed to compose the fusion image. The immune genetic algorithm was applied to calculate the optimal number of sub-blocks, and the image quality criterion data, root-mean-square error and image entropy, were chosen as the affinity function of the optimal algorithm. The results have shown that the image fusion algorithm proposed was suitable to multi-focus image fusion and easy to realize.

Key words Visual perception, Image fusion, Optimization

引言

图像融合^[1]技术是在 20 世纪 70 年代末提出的信息融合技术基础上发展起来的图像处理新技术。利用图像融合技术, 可以克服单一图像在几何、光谱和空间分辨率等方面存在的局限性和差异性^[2], 增

加置信度、减少模糊性、增加可靠性、改善分类性能等, 从而获取对目标场景的更精确、更全面、更可靠的图像描述, 以实现物理现象和事件进行识别、定位和解释^[3]。图像融合系统具有突出的探测优越性, 使得图像融合成为计算机视觉、人脸识别、无损检测、遥感图像处理以及军事等方面的重要研究方

收稿日期: 2009-07-10 修回日期: 2009-07-30

^{*} “十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAD10A02-05)

作者简介: 位耀光, 讲师, 主要从事智能控制研究, E-mail: weiyaoguang@gmail.com

通讯作者: 王剑秦, 副教授, 主要从事农业信息化研究, E-mail: wjqcad@126.com

向^[4~5]。

近 20 年来,国际上在图像信息融合的不同层次上开展了大量的模型与算法研究^[6~7],出现了时域、频域、空间域等各种图像融合方法。自从 Burt 等人提出基于多分辨率框架的图像融合技术以来,多分辨率分析已经历了拉普拉斯金字塔、比率低通金字塔、梯度金字塔、形态学金字塔、离散小波变换、离散小波框架、可变方向多分辨率分析等技术阶段^[7]。但是总的来说,图像融合技术的研究尚未成熟,有许多问题急需解决。多分辨率融合方法接近于人眼视觉系统对图像信息的处理过程,但由于要对整幅图像的各层分解系数进行处理,运算复杂,难以满足监视等任务的实时性要求。同时用小波变换或金字塔变换进行信号或图像处理时,在边界处都会因截断误差而产生边界效应。本文提出一种基于生物视觉识别特性的图像融合算法,实现对图像的快速、高效融合,获得较高质量的融合图像,以满足实际生产需要。

1 基于视觉识别特性的图像融合算法原理

图像质量以及与之有关的成像系统的性能和图像处理的效果等通常都要靠视觉系统来评判,如果在图像融合等图像处理技术中考虑视觉特性,势必会大大提高图像处理的效率,改善图像的主观视觉质量。人眼对于图像的对比度变化十分敏感,因此根据对比度敏感门限与背景亮度成正比这一关系,提出了一种衡量图像块均匀度的测度,作为判决目标清晰的依据,以有助于分析目标聚焦模糊与目标聚焦清晰之间的成像差异。对于大小为 $m \times n$ 的单色图像 M ,其均匀度参数为

$$\sigma_M = \frac{1}{mn} \sum_{i,j \in M} \frac{|I(i,j) - \mu|}{\mu} \quad (1)$$

式中 μ —— M 灰度的均值

$I(i,j)$ ——第 (i,j) 像素位的灰度值

该均匀度参数模拟人眼的视觉特性,突出了图像的对比度信息,以达到良好的视觉效果。它利用视觉敏感度来测量图像子块内信号变化的可见度,提高了分割过程与视觉系统的匹配程度。根据上述人眼视觉特性中定义的均匀度参数,就可以比较准确地判定多聚焦图像中的清晰目标和模糊目标。

基于视觉对比度算法的关键是确定合适的分块数目,以获取最佳融合效果,本文选取免疫遗传算法以确定最佳图像分块。生物免疫系统的主要作用是产生抗体用于对付和消除外来抗原。对于基于视觉感知特性的图像融合问题来说,最佳抗体对应于图像最佳分块数,获取最佳融合图像的过程对应于免

疫系统寻找最佳抗体的过程。本文分别选取图像标准熵与标准偏差作为免疫遗传算法的亲密度函数,将随机选取的初始分块值作为抗原,利用免疫遗传算法可以确定最佳分块数。免疫遗传算法的主要步骤如图 1 所示。

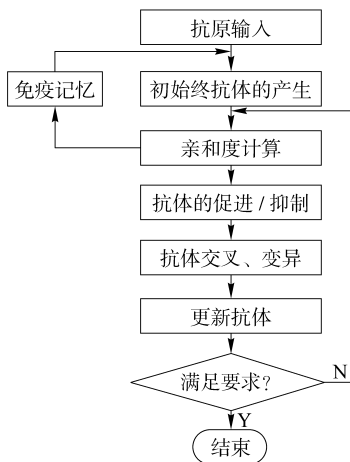


图 1 免疫遗传算法

Fig. 1 Immune genetic algorithm

(1) 信息熵

1948 年 Shannon 提出了信息熵的概念,解决了对信息的量化度量问题。图像的熵值是衡量图像信息丰富程度的一个重要指标,熵值表示图像所包含的平均信息量。根据 Shannon 信息论的原理,一幅图像的信息熵为

$$E = - \sum_{i=1}^t P_i \log P_i \quad (2)$$

式中 t ——图像总的灰度级数

P_i ——灰度值为 i 的像素数与图像总像素数之比

(2) 标准偏差

局部区域的标准偏差(standard deviation)反映了各像素灰度相对于该区域灰度均值的偏离幅度。标准偏差越小,图像的灰度变化就越小;反之灰度变化就越大。标准偏差越大,则灰度级分布越分散,而灰度级的起伏和梯度反映了图像的细节、纹理和边缘信息。图像的标准偏差定义为

$$S = \sqrt{\frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^k (X_i - \bar{X})^2} \quad (3)$$

式中 k ——图像的像素总数

X_i ——单个像素点的灰度值

\bar{X} ——图像灰度的平均值

2 多聚焦图像融合算法

如图 2 所示,多聚焦图像融合算法步骤为:

(1) 将 2 幅严格配准的彩色三维多聚焦图像 C

和 D 分别按 R 、 G 、 B 三通道分解成若干大小为 $m \times n$ 的像素子块。设 C_N 和 D_N 分别表示单色图像 C 和 D 的第 N 个子块。

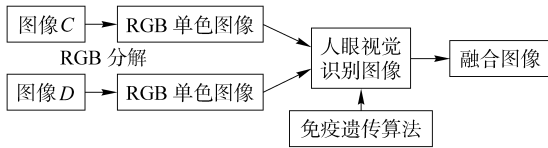


图2 基于视觉识别特性的图像融合算法

Fig.2 Image fusion algorithm which based on visual perception

(2)按照式(1)计算出每个彩色通道中每个子块的均匀度参数。设 σ_C 和 σ_D 分别为子块 C_N 和 D_N 的均匀度参数。

(3)比较 2 幅图像中对应子块间的均匀度参数,均匀度参数值较大的子块被保留作为融合图像相应子块

$$F_N = \begin{cases} C_N & (\sigma_{C_N} \geq \sigma_{D_N}) \\ D_N & (\sigma_{C_N} < \sigma_{D_N}) \end{cases} \quad (4)$$

式中 F_N ——融合图像第 N 个子块

(4)对所有的图像子块按 R 、 G 、 B 三通道进行上述合并操作,即在彩色空间中叠加后就得到了一

幅彩色融合图。

实验中分别选取如图3所示的经过严格配准的左聚焦图像 C 和右聚焦图像 D 作为待融合图像。利用免疫遗传算法得到当分块数目为 4×4 时,具有融合图像的熵和标准偏差最小。

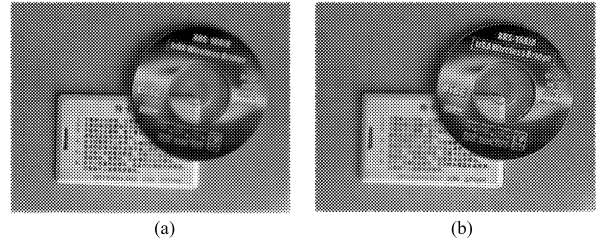


图3 原始图像

Fig.3 Original image

(a) 左聚焦图像 (b) 右聚焦图像

图像融合实验结果如图4所示。从图像看,采用 2×2 分块进行图像融合时,由于选取分块太小,按公式计算的个别值与实际情况不符,结果不太好; 8×8 分块融合结果较为粗糙; 4×4 分块融合结果比较完美。所以选取适当的分块大小对于融合效果起着很大的作用。分别采用熵和标准偏差作为图像质量的评价标准,结果如表1所示。

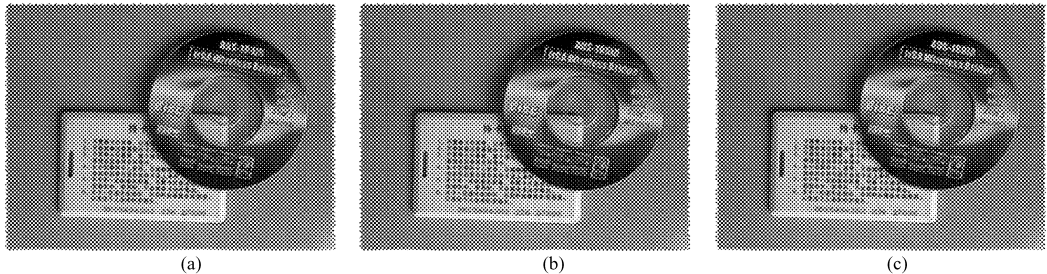


图4 图像融合结果

Fig.4 Results of image fusion

(a) 2×2 分块 (b) 4×4 分块 (c) 8×8 分块

表1 试验结果

Tab.1 Experiment results

| 亲和度函数 | 左聚焦图像 | 右聚焦图像 | 2×2 分块 | 4×4 分块 | 8×8 分块 |
|-------|----------|----------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 标准偏差 | 46.288 9 | 43.631 8 | 49.248 2 | 49.769 04 | 49.249 3 |
| 熵 | 7.347 4 | 7.279 6 | 7.441 4 | 7.490 0 | 7.450 4 |

3 结束语

提出了一种基于视觉感知特性的多聚焦图像融合算法。利用视觉识别系统对对比度大的图像敏感的特性,选用视觉对比度作为选择待融合图像子块的依据。同时利用免疫遗传算法适于快速寻优的特

性,分别选用标准熵和标准偏差作为免疫遗传算法的亲和度函数。利用免疫遗传算法很好地解决了融合图像子块寻优的问题,而后将所获得的图像子块进行重构以获得最佳融合图像。从实验效果看,本文所提出的融合算法能够达到快速融合的目的,适用于解决多聚焦图像快速融合问题。

参 考 文 献

684~690.

Hong Richang, Wu Xiuqing, Yuan Xun. Fusion of multispectral and panchromatic images based on biorthogonal multi-wavelet transform[J]. Journal of Image and Graphics, 2007,12(4):684~690. (in Chinese)

- 2 徐冠雷,王孝通,徐晓刚,等. 基于视觉特性的多聚焦图像融合新算法[J]. 中国图象图形学报,2007,12(2):330~335.

Xu Guanlei, Wang Xiaotong, Xu Xiaogang, et al. New multi-focus image fusion algorithm using feature of human vision [J]. Journal of Image and Graphics, 2007,12(2):330~335. (in Chinese)

- 3 戴光智,陈铁群,薛家祥,等. 一种基于图像融合的综合无损检测系统[J]. 科学技术与工程, 2007, 23(7): 6 229~6 234.

Dai Guangzhi, Chen Tiequn, Xue Jiexiang, et al. Comprehensive nondestructive testing system based on image fusion[J]. Science Technology and Engineering, 2007,23(7): 6 229~6 234. (in Chinese)

- 4 邢帅,谭兵,徐青,等. 基于复数小波变换的遥感图像融合新算法[J]. 武汉大学学报:信息科学版, 2007, 32(1): 75~77.

Xing Shuai, Tan Bing, Xu Qing, et al. A new algorithm for remote sensing image fusion using complex wavelet transform [J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2007, 32(1):75~77. (in Chinese)

- 5 Mitianoudis N, Stathaki T. Pixel-based and region-based image fusion schemes using ICA bases [J]. Information Fusion, 2007,8(2):131~142.

- 6 Burt P J, Adelson E H. The Laplacian pyramid as a compact image code[J]. IEEE Trans. on Communications, 1983, 31(4):532~540.

- 7 金海燕,刘芳,焦李成. 基于多尺度对比度塔和方向滤波器组的图像融合[J]. 电子学报,2007,35(7):1 295~1 300.

Jin Haiyan, Liu Fang, Jiao Licheng. A method of image fusion based on multi-scale contrast pyramid and directional filter banks[J]. Acta Electronica Sinica,2007,35(7):1 295~1 300. (in Chinese)

- 8 李明喜,毛罕平,张艳诚. 基于提升小波和分形的苹果树多源图像融合算法[J]. 农业机械学报,2007,38(10):91~93, 121.

Li Mingxi, Mao Hanping, Zhang Yancheng. Fusion algorithm for multi-sensor images based on lifting wavelet transform and fractal theory[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007,38(10):91~93,121. (in Chinese)

(上接第 172 页)

- 2 方慧,何勇. 基于 Windows CE 的农田信息快速采集技术[J]. 农业机械学报, 2005, 36(1):92~96.

Fang Hui, He Yong. Fast collection technology of field information based on Windows CE[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 36(1):92~96. (in Chinese)

- 3 孟志军,赵春江,王秀. 基于 GPS 的农田多源信息采集系统的研究与开发[J]. 农业工程学报, 2003, 19(4):13~19.

Meng Zhijun, Zhao Chunjiang, Wang Xiu. Field multi-source information collection system based on GPS for precision agriculture[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2003, 19(4):13~19. (in Chinese)

- 4 吴文波,张书慧,李雪飞,等. 基于 PDA/GPS/GIS 的精确农业空间信息采集方法及其数据应用[J]. 吉林大学学报:工学版, 2005, 35(3):323~328.

Wu Wenbo, Zhang Shuhui, Li Xuefei, et al. Spatial information collecting methods and its data application for precision agriculture based on PDA, GPS and GIS[J]. Journal of Jilin University: Engineering and Technology Edition, 2005, 35(3): 323~328. (in Chinese)

- 5 Jensen A L, Thysen I, Høstgaard M B. Management in fruit and vegetable production with mobile Internet[C]//Vila Real: 2005 EFITA/WCCA Joint Congress on II in Agriculture, 2005: 484~489.

- 6 Li Lin, Shen Mingxia, Guo Cuixia. Design of mobile farmland information monitoring terminal based on GPS and embedded GIS technology [C] // 2008 3rd IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, Singapore: ICIEA, 2008: 2 173~2 177.

- 7 孙敏,陈秀万,张飞舟,等. 增强现实地理信息系统[J]. 北京大学学报:自然科学版,2004, 40(6):906~913.

Sun Min, Chen Xiawan, Zhang Feizhou, et al. Augment reality geographical information system[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2004, 40(6):906~913. (in Chinese)