

基于伪彩色融合图像聚类的夜视图像上色算法

马 爽 方建安 孙韶媛 谷小婧

(东华大学信息科学与技术学院, 上海 201620)

摘要 提出一种将小波融合和基于伪彩色融合图像的 C 均值聚类用于图像色彩传递算法中的彩色夜视方法。在色彩传递前将可见光和红外图像进行小波融合得到灰度融合图像作为目标图像,保持了较好的纹理信息和目标信息;再对彩色源图像进行基于连接相对熵的彩色阈值分割;然后针对灰度融合图像的特点,根据一种基于伪彩色融合图像的 C 均值聚类方法,将伪彩色融合图像的色彩信息作为特征向量应用在夜视图像的分类当中,得到较好的分类效果,并基于此分类结果再进行色彩传递,得到更为自然的彩色夜视图像。实现了对夜视图像的自动色彩传递,得到的图像色彩较真实,纹理清晰,将有利于人眼的目标识别。

关键词 图像处理;伪彩色聚类;色彩传递;夜视图像;小波融合

中图分类号 TP391 文献标识码 A doi: 10.3788/AOS20092906.1502

Colorizing Algorithm of Night-Vision Image Based on Clustering of False Color Fused Image

Ma Shuang Fang Jian'an Sun Shaoyuan Gu Xiaojing

(College of Information Science and Technology, Donghua University, Shanghai 201620, China)

Abstract Using wavelet fusion and C -means clustering of false color fusion image, a color night-vision method for color transfer algorithm of image is presented. Firstly, before transferring color to the night vision image, the fusion of visible image and infrared image based on wavelet transformation leads to the gray fused image as target image, which keeps texture information and target information well. Secondly, the source color image using color threshold segmentation based on joint relative entropy is segmented. Finally, a C -means clustering algorithm based on the false color fused image is proposed, according to the characteristics of the gray fused image. In this algorithm, the color information of the false color fused image is used for the night vision image clustering as feature data vectors, and the segmentation result is good. Then, transferring color to the night vision image based on the clustering results is carried out and natural colour night vision image is obtained. The automatic color transfer of the night vision images is realized. The color appearance of the obtained image is natural and its texture is also clear. These results indicate that the proposed method will benefit the target identification for human eyes.

Key words image processing; false color clustering; color transfer; night-vision image; wavelet fusion

1 引 言

夜视技术包括微光夜视和红外夜视两方面,由于微光图像和红外图像都是单色图像,其最大的缺陷是低信噪比且图像缺乏深度感,不利于对目标的探测。如果利用人眼彩色视觉的高分辨率和高灵敏

度的特性实现彩色夜视图像,则可增强场景理解、突出目标,有利于在隐藏、伪装和迷惑的军用背景下更快更精确地探测和识别目标,并且可减小观察者的疲劳感。最初实现彩色夜视的主要方法有基于图像灰度彩色编码的假彩色融合方法^[1]和彩色空间映射

收稿日期: 2008-08-06; 收到修改稿日期: 2008-08-09

基金项目: 国家自然科学基金(60502042)和上海市启明星基金(06QA14003)资助项目。

作者简介: 马 爽(1984—),女,硕士研究生,主要从事遥感图像处理 and 彩色夜视图像方面的研究。

E-mail: mas1984@yahoo.cn

导师简介: 方建安(1966—),男,教授,博士生导师,主要从事智能控制与系统,模式识别与智能系统,混沌控制与同步,复杂系统建模与仿真等方面的研究。E-mail: jafang@dhu.edu.cn

法^[2]。彩色编码方法以像素的灰度为基础,通过查找表(LUT)给不同的灰度赋予不同的彩色值;彩色空间映射法是在三原色(RGB)或饱和色图(HSV)彩色空间中,组合多个单色波段图像信号为彩色图像信号并显示在显示器上。但用上述假彩色方法处理后图像得到的假彩色不能达到期望的自然彩色效果,常常影响对目标的准确识别。

色彩传递是近年来兴起的一种图像色彩处理方法,经过色彩传递的图像色彩接近自然色。Ruderman^[3]基于对于人视觉系统的研究,通过自然图像的统计试验得到了彩色空间 $l\alpha\beta$ 。Erik^[4]利用 Ruderman 提出的 $l\alpha\beta$ 空间进行了彩色图像之间的色彩传递,进一步证实了不相关的 $l\alpha\beta$ 空间在色彩传递中是非常有效的工具。Welsh^[5]基于 $l\alpha\beta$ 空间变换给出了对灰度图像进行色彩传递的一般方法,Toet^[6]对单通道可见光图像进行了色彩传递实验,Sun 等^[7]运用纹理信息对夜视图像进行了色彩传递,显示出此算法的有效性。但大多对夜视图像进行色彩传递的算法存在如下问题:(1)只对一类夜视图像进行色彩传递,夜视图像分可见光图像和红外图像两大类,可见光图像目标物体不够突出,红外图像细节不明显,单独对任何一类图像进行色彩传递,都得不到既目标突出又细节明显的效果图;(2)对伪彩色融合图像进行色彩传递时得到的图像不能达到期望的自然彩色效果;(3)进行色彩传递之前需要适当的用户交互,如选取样本块或调整图像的域值等;(4)交互式操作虽然在一定程度上能够提高色彩传递的准确性,但是其执行效率太低,而且还受到主观因素的影响。

本文将小波融合^[8]和基于伪彩色融合图像的 C 均值聚类应用于夜视图像色彩传递算法。仿真实验发现,经过小波融合的灰度图像包含了红外图像的目标特征和可见光图像的纹理特征;基于伪彩色融合图像的 C 均值聚类方法分类效果更为合理自然,将二者应用到夜视图像的色彩传递,不仅可实现自动的色彩传递过程,而且得到的图像具有较真实色彩,有利于人眼对目标的判断与识别。

2 基于小波变换的可见光与红外图像融合

在色彩传递之前将可见光与红外图像进行小波融合,能够保持较好的纹理信息和目标信息。然而不同传感器或同一传感器在不同时间、不同视点获

得的图像往往会存在差异。为保证两个图像源的一致性,在由红外与微光摄像机分别独立获取信号时要尽可能保证空间对准,对获取的两类图像也要再进行后期配准处理后才可进行融合^[9]。本文采用荷兰 TNO 研究所已配准好的微光和红外源图像。该研究所学者主要基于基准图像仿射方法进行配准^[10]。

由于小波变换有着非常好的时频局部化特征、尺度变化特征和方向性特征,近年来在图像融合领域得到了快速应用^[8]。基于小波变换,图像可由低频信息和水平、垂直及对角线三方向高频信息来表示,在小波变换域,高频系数反映的是细节特征,低频系数反映的是近似特征。对分解得到的小波系数通过不同的融合规则进行处理得到融合系数,再经过小波重构可得到融合图像。其中融合算子的选择是关键内容,本文首先对红外图像和可见光图像进行小波变换,再对变换后的高频系数和低频系数采用不同的融合规则^[11]。

1) 高频融合规则

对高频系数的融合采取基于区域方差的融合规则,区域方差反映了区域内像素灰度值与其平均值的偏离程度,方差越大,说明区域内各个像素的差别越大,该区域包含的信息量就越大,也就越可能是图像中目标的边缘或者是感兴趣的图像内容。因此方差完全可以作为衡量一个区域目标特征显著性的度量值。区域方差可表示为

$$\sigma_{A,l}^2(i,j) = \frac{1}{(2d+1)^2} \sum_{m=-d}^d \sum_{n=-d}^d [L_{A,l}(i+m,j+n) - \bar{L}_{A,l}(i,j)]^2, \quad (1)$$

$$\sigma_{B,l}^2(i,j) = \frac{1}{(2d+1)^2} \sum_{m=-d}^d \sum_{n=-d}^d [L_{B,l}(i+m,j+n) - \bar{L}_{B,l}(i,j)]^2, \quad (2)$$

式中 $L_{A,l}(i,j)$ 和 $L_{B,l}(i,j)$ 为源图像 A 和 B 对应的小波变换的第 l 层图像的第 (i,j) 个像素, $d=1, 2, 3$ 分别表示 $3 \times 3, 5 \times 5$ 或 7×7 的邻域,文中取 $d=1$, $\bar{L}_{A,l}(i,j)$ 和 $\bar{L}_{B,l}(i,j)$ 为两对应区域中像素的灰度平均值,融合规则是选用区域方差中较大者的中心像素灰度平均值作为融合图像对应像素的灰度值 $L_{F,l}(i,j)$,即

$$L_{F,l}(i,j) = \begin{cases} L_{A,l}(i,j) & \text{if} \\ \sigma_{A,l}^2(i,j) \geq \sigma_{B,l}^2(i,j) \\ L_{B,l}(i,j) & \text{if} \\ \sigma_{A,l}^2(i,j) < \sigma_{B,l}^2(i,j) \end{cases}. \quad (3)$$

考虑到噪声影响,对融合结果进行了一致性检验。一致性检验的思想是“少数服从多数”原则,即

如果中心融合像素点来自源图像 A, 而其周围像素点绝大多数来自源图像 B, 那么中心融合像素点将改为图像 B 像素点。采用一致性检验后的基于绝对值取大的图像融合规则具有较强的抗噪声干扰能力。

2) 低频融合规则

低频融合系数由红外和可见光的低频系数加权重和取得, 权值这里取 (1/2), 融合系数 L_f 计算公式为

$$L_f = \frac{1}{2}L_{vis} + \frac{1}{2}L_{ir}, \quad (4)$$

式中 L_{vis} 和 L_{ir} 分别为可见光和红外图像的低频系数, 这样既能使色彩传递后得到的图像色彩较自然, 又能使目标物体正确显示。

3 基于伪彩色融合图像的 C 均值聚类

3.1 图像聚类

进行色彩传递前先对图像进行分割, 然后进行对应子块间的色彩传递, 能够达到更好的色彩传递效果和自动上色。为达到自适应分割效果, 同时使两幅图像分割为相同数目的类别, 本文针对源图和目标图像的不同特点采用不同的分割方法。因为源图和目标图像的分割是完全不同的问题域, 一个是彩色图像的分割而另一个是灰度图像的分割, 如果用同一个方法对它们同时进行分割, 显然不能够使它们各自达到最好的分割效果的, 必将严重影响后面的色彩传递效果。以往的一些算法为了实现自动分割, 对源图和目标图采用相同的自适应分割算法, 这样既不能使二者同时达到很好的分割效果, 而且可能将他们分割为不同数目的类别, 还要对聚类结果进行修正使两幅图像子块数目一致, 一定程度上影响了运算速度。

本文采取的是在选择好适当的彩色源图像之后, 把图像里的不同颜色划分成不同子块。不同彩色源图像的颜色数不同, 所以分割的块数由一幅图像中的颜色数决定, 没有预先设定一个确定的分割数目。将其分割的子块个数作为输入参数对夜视图像进行基于伪彩色融合目标图像的模糊 C 均值^[13] (FCM) 聚类。这样实现了自动分割过程, 保证两类图像的分割块数是相同的, 同时达到很好的分割效果。

在对彩色参考图像进行分割之前先对图像进行小波平滑, 用于改善分割性能。接着在对彩色参考图像进行分割时, 为充分利用参考图像的色彩信息并保证一定的运算速度, 这里采用不需先验信息且

计算量较小的基于连接相对熵 (JRE)^[12] 的彩色阈值分割法分别对彩色图像 R、G、B 三个通道进行分割, 然后对三个分割后的二值图像进行融合, 得到彩色图像分割效果图以及分割子块个数, 子块数目用于接下来的模糊 C 均值聚类。

模糊 C 均值聚类是一种应用较为广泛的聚类方法, 但在对夜视图像进行 FCM 聚类时, 仅用其亮度特征进行分类效果不是很好, 亮度值相近而纹理不同的对象常被分成一类。故本文在聚类前先将夜视图像变换成伪彩色图像^[14], 将红外图像送入 R 通道, 可见光图像送入 G、B 通道, 将得到的 RGB 伪彩色图像变换到 IUUV 空间, 再用灰度融合图像替换 IUUV 空间的 I 通道, 变换回 RGB 空间, 得到纹理信息较好的伪彩色图像, 用该伪彩色图像 R、G、B 三个彩色通道作为特征数据向量来进行分类能充分利用彩色图像的颜色信息和亮度信息, 将亮度相同而纹理不同的对象分割开来, 达到更好的分割效果。本文将彩色源图像和伪彩色图像 R、G、B 三通道数据作为特征数据向量分别对两幅图像进行聚类分割。

FCM 方法就是求使聚类目标函数 J 最小的模糊划分矩阵 $U = [u_{ij}]_{C \times N}$ 以及类别中心 V :

$$J = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^C (u_{ij})^m \|x_j - v_i\|^2, \quad (5)$$

其中 v_i 表示第 i 个聚类中心, $i = 1, 2, \dots, C$, $j = 1, 2, \dots, N$, m 是加权指数 ($m \in (1, \infty)$), 目标函数表示了各类数据到相应聚类中心的加权距离平方和。具体算法如下^[12] :

1) 确定聚类数目 C , 初始化 m 及聚类中 v_i ;

2) 对第 t 次迭代, 根据式 $u_{ij} = 1 / \sum_{i=1}^C [d_{ij} / d_{ij}^2]^{m-1}$

和 $v_i = \sum_{j=1}^N u_{ij}^m x_j / \sum_{j=1}^N u_{ij}^m$, 计算新的隶属度函数和 C 个聚类中心;

3) 若 $|J^{(t)} - J^{(t-1)}| \leq \epsilon$, 则停止, 否则返回 2) 继续迭代。

3.2 聚类结果分析

接下来对聚类结果进行分析, 进行子块纹理特征提取。在不同的颜色空间表示中, $l\alpha\beta$ 空间最符合人的视觉感知 (l 表示亮度值, α 和 β 分别定义颜色的饱满程度), 并且各通道几乎完全独立, 改变任一通道的值, 对另两个通道值的影响最小。因此, 分别将各子块由 RGB 空间转换到 $l\alpha\beta$ 空间。其转换过程参见文献^[14]。将子块纹理特征作为子块特征向量分量, 用于建立后续子块对应关系。具体算法

如下:

子块纹理特征的提取以灰度共生矩阵为基础,灰度共生矩阵的各种统计量可作为子块纹理特征的度量^[15]。在通常的图像中,灰度级数大小为 256,为了减少在特征向量计算上花费的时间,常常在求灰度共生矩阵之前,根据直方图的平坦化等灰度分布的标准化,事先把图像的灰度级变换成 16 级或 64 级。构造各子块 4 个方向的共生矩阵,即 $\mathbf{M}(1,0)$, $\mathbf{M}(0,1)$, $\mathbf{M}(1,1)$, $\mathbf{M}(1,-1)$ (共生矩阵 $\mathbf{M}_{(\Delta x, \Delta y)}(h, k)$ 中位于 (h, k) 的元素值 m_{hk} , 表示一个灰度为 h 而另一个灰度为 k 的两个相距为 $(\Delta x, \Delta y)$ 的像素对出现的次数), 然后分别计算这 4 个共生矩阵的纹理参数反差、能量、熵、相关的均值和标准差, 及子块亮度均值和标准差作为最终 10 维纹理特征, 计算共生矩阵纹理参数的具体公式如下:

$$1) \text{ 反差: } G = \sum_h \sum_k (h - k)^2 m_{hk}, \quad (6)$$

对于粗纹理, 由于 m_{hk} 的数值较集中于主对角线附近, 此时 $(h - k)$ 值较小, 所以相应 G 值也较小; 相反对于细纹理, 则相应 G 值较大。

$$2) \text{ 能量: } E = \sum_h \sum_k m_{hk}^2, \quad (7)$$

E 是一种对图像灰度分布均匀性的度量。当 m_{hk} 的数值分布较集中于主对角线附近时, 其相应的 E 值较大; 反之, E 值则较小。

$$3) \text{ 熵: } S = - \sum_h \sum_k m_{hk} \lg m_{hk}, \quad (8)$$

当灰度共生矩阵中各 m_{hk} 数值相差不大且较分散时, S 值较大; 反之, 若 m_{hk} 数值较集中时, S 值较小。

$$4) \text{ 相关: } P = \frac{[\sum_h \sum_k hkm_{hk} - \mu_x \mu_y]}{\sigma_x \sigma_y}, \quad (9)$$

其中 μ_x, μ_y 和 σ_x, σ_y 分别为 m_x, m_y 的均值和标准差, $m_x = \sum_k m_{hk}$ 是矩阵 M 中每列元素和, $m_y = \sum_h m_{hk}$ 是矩阵 M 中每行元素和。相关量 P 是灰度线性关系的度量, 用来描述矩阵中行或列元素之间相似程度。

4 色彩传递

4.1 建立子块对应关系

在交互式图像色彩传递中, 子块间对应关系是由用户指定。虽然用户指定对应关系相对灵活, 可

得到各种效果, 但是用户交互受到主观因素的影响, 不同用户或选择不同的子块得到的色彩传递结果都将不同, 而且图像由多个颜色和亮度分类组成时, 用户交互选取子块就有一定难度, 故本文利用上节计算得到的各子块纹理特征向量的欧式距离来建立子块间对应关系。

首先计算彩色图像与灰度融合图像各子块间纹理特征向量的欧式距离, 即

$$D_{ij} = \sqrt{\sum (A_m - B_{jn})^2}, \quad (10)$$

式中 D_{ij} 为彩色图像第 i 个子块特征向量与灰度融合图像第 j 个子块特征向量的欧氏距离, n 表示子块特征向量的维数 ($n=1, 2, \dots, 10$)。用排列组合方法找出各种排列方案中子块对距离和最小的对应关系^[15], 即为两幅图像子块间的最佳对应关系。假设彩色图像第 i 个子块对应灰度融合图像第 j 个子块, $\tau = \sum_C D_{ij}$ 最小时为子块最佳对应关系, 式中 C 为彩色图像和灰度融合图像聚类后子块数目。

4.2 色彩传递

进行色彩传递前先对彩色图像各子块的 l 分量进行亮度调整, 使其和灰度融合图像对应子块具有相似的亮度分布区间^[3]:

$$L(p) = \frac{\sigma_T}{\sigma_S} [L(p) - \mu_S] + \mu_T, \quad (11)$$

式中 p 是彩色图像子块中一个像素点, $L(p)$ 是彩色图像子块中像素的亮度值, μ_S 和 σ_S 是彩色图像子块的亮度均值和标准差, μ_T 和 σ_T 是灰度融合图像中与其对应的子块的亮度均值和标准差。

在彩色图像各子块中随机挑选若干样本点, 对灰度融合图像中与其对应的子块像素进行色彩传递。色彩传递主要通过查找最佳匹配像素进行色彩传递, 具体算法如下:

1) 在彩色图像子块样本点中依次查找灰度融合图像对应子块各像素的最佳匹配像素。最佳匹配原则为彩色图像样本点与灰度融合图像对应子块像素的亮度值和邻域亮度标准差加权和距离最小。邻域亮度标准差是当前像素邻域亮度标准差, 邻域大小取 5×5 。像素亮度值和邻域亮度标准差权值各为 50%。像素距离最小的彩色图像样本点为其最佳匹配像素, 将最佳匹配像素的颜色值, 即 α, β 值传给目标像素, 保持 l 值不变^[3]。

2) 将色彩传递后的图像由 $l\alpha\beta$ 空间转换到 RGB 空间。

5 实验结果及分析

目前定量评价夜视彩色图像质量存在困难,主要表现在现有的定量评价方法无法与夜视主观评价或实际视觉任务相匹配。故本文进行主观感知评价。如图 1 所示(a)和(b)为荷兰 TNO 研究所提供的已配准好的微光和红外源图像;(c)为应用基于小波变换融合算法得到的灰度融合图像,和(a)、(b)相比,它融合了红外图像的目标信息和可见光图像的纹理信息;(d)所示为与原夜视图像具有相似内容的真彩色图像;(e)所示为本文利用(d)作为彩色源图对(a)进行色彩传递得到的效果图像,很明显,可见光图像中的纹理特征没有体现出来,而且影响了色彩的正确传递,使颜色失真;

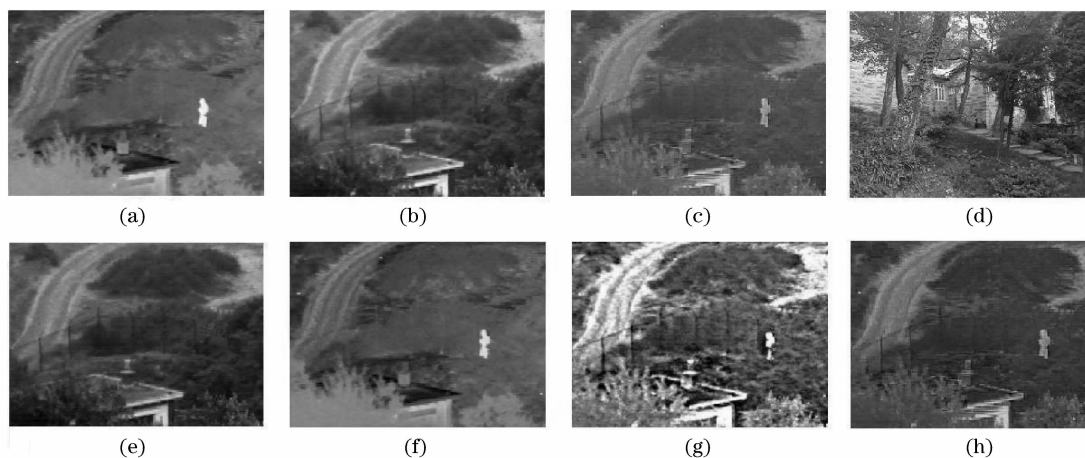


图 1 不同方法结果比较 (a)红外图像;(b)可见光图像;(c)灰度融合图像;(d)真彩色图像;(e)可见光图像色彩传递结果;(f)红外图像色彩传递结果;(g)伪彩色图像色彩传递结果;(h)本文算法结果图

Fig. 1 Comparison of results by different methods (a) infrared image; (b) visible image; (c) fused greyscale image; (d) natural color image; (e) color transfer result of visible image; (f) color transfer result of infrared image; (g) color transfer result of false color image; (h) result by the proposed method

6 结 论

本文实现了基于伪彩色融合图像聚类的夜视图像自动上色算法。实验结果显示经过融合后的图像包含了红外图像的目标特征和可见光图像的纹理特征,经过自动色彩传递得到的图像具有较真实的色彩,纹理特征较为清晰,目标物体突出,有利于人眼对目标的判断与识别。但该方法对用于色彩传递的彩色图像和夜视图像的相似性仍有一定要求,接下来将针对这一不足展开进一步研究。

参 考 文 献

1 NiGuoqiang, Xiao Manjun, Qin Qingwang *et al.*. Development of near natural color image fusion algorithms and real-time image fusion system [J]. *Acta Optica Sinica*, 2007, **27**(12): 2101~

(f)所示为本文利用(d)作为彩色源图对(b)进行色彩传递得到的效果图像,虽然图像纹理信息较明显,颜色传递也基本正确,但红外图像中目标人物却未体现出来,严重影响了目标识别;(g)所示为Li等^[14]将(a)送入R通道,(b)送入G、B通道得到伪彩色图像,将RGB空间变换到IUV空间,并用(c)替换I通道^[10],再将其变换回RGB空间得到伪彩色融合图像,应用Welsh整体颜色迁移算法对其进行色彩传递得到的效果图像,其纹理信息和目标信息尚可,但图像自然彩色效果欠佳,颜色失真;(h)为本文算法得到的效果图像,图中纹理清晰,色彩传递基本正确,较为真实,目标人物也完全体现出来,有利于人眼对目标的识别。

2109

倪国强,肖蔓君,秦庆旺等.近自然彩色图像融合算法及其实时处理系统的发展[J]. *光学学报*, 2007, **27**(12): 2101~2109

2 WangLingxue, Jin Weiqi, Liu Guangrong *et al.*. Overview of color fusion schemes for night viewing image [J]. *Infrared Technology*, 2002, **24**(2): 9~13

王岭雪,金伟其,刘广荣等.夜视图像的色彩融合方法综述 [J]. *红外技术*, 2002, **24**(2): 9~13

3 D. L. Ruderman, T. W. Cronin, C. C. Chiao. Statistics of cone responses to natural images; implications for visual coding [J]. *J. Opt. Soc. Am. A*, 1998, **15**(8): 2036~2045

4 E. Reinhard, M. Ashikhmin, B. Gooch, *et al.*. Color transfer between images [J] *IEEE Computer Graphics and Applications*, 2001, **21**(5): 34~40

5 T. Welsh, M. Ashikhmin, K. . Mueller. Transferring color to greyscale Images [C]. *Proc. ACM SIGGRAPH 2002 - ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 2002, **21**(3): 277~280

6 A. Toet. Colorizing Single band intensified nightvision images [J]. *Displays*, 2005, **26**(1): 15~21

7 Shaoyuan Sun, Zhongliang Jing, Gang Liu *et al.*. Transfer color

- to night vision images [J]. *Chin. Opt. Lett.*, 2005, **3**(8): 448~450
- 8 A. Toet, J. Walraven. New false color mapping for imagefusion [J]. *Opt. Eng.*, 1996, **35**(3): 650~658
- 9 Yongqing Qi, Zhongliang Jing, Shiqiang Hu. Modified maximum likelihood registration based on information fusion [J]. *Chin. Opt. Lett.*, 2007, **5**(11): 639~641
- 10 A. Toet. Natural colour mapping for multibandnightvision imagery [J]. *Information Fusion*, 2003, **4**(3):155~166
- 11 Liu Songtao, Shen Tongsheng, Yang Shaoqing. Multi-resolution image fusion algorithm based on self-adaptation fusion rules [J]. *Laser & Infrared*, 2007, **37**(8): 788~791
刘松涛,沈同圣,杨绍清. 基于自适应融合规则的多分辨率图像融合算法 [J]. *激光与红外*, 2007, **37**(8):788~791
- 12 Wu Panlong, Li Yanjun. Mathematical morphology enhancement of joint relative entropy for automatic target detection [J]. *Infrared Technology*, 2006, **28**(5):275~279
吴盘龙,李言俊. 形态学增强的连接相对熵在自动目标检测中的应用 [J]. *红外技术*, 2006, **28**(5): 275~279
- 13 Lin Kaiyan, Xu Lihong, Wu Junhui. A fast fuzzy C-Means clustering for color image segmentation [J]. *J. Image and Graphics*, 2004, **9**(2):159~163
林开颜,徐立鸿,吴军辉. 快速模糊 C 均值聚类彩色图像分割方法 [J]. *中国图象图形学报*, 2004, **9**(2):159~163
- 14 Guangxin Li, Ke Wang. Applying daytime colors to night-time imagery with an efficient color transfer method [C]. *Proc. SPIE*, 2007, 6559: 65590L
- 15 Zhang Yin, Ye Xiuzhen, Rao Na *et al.*. Image color transformation algorithm of automatic sample collection [J]. *J. Image and Graphics*, 2005, **10**(10): 1258~1263
张引,叶修梓,饶娜等. 自动采集样本的图像色彩传递算法 [J]. *中国图象图形学报*, 2005, **10**(10):1258~1263