

煤矿复杂环境视频拼接技术

厉丹^{1,2} 钱建生¹ 刘增宝³ 杨澎³

(1. 中国矿业大学 信息与电气工程学院, 江苏 徐州 221008; 2. 中国矿业大学 徐海学院, 江苏 徐州 221008; 3. 兖矿集团 东滩煤矿, 山东 济宁 273500)

摘要:针对煤矿井下噪声大、光照不均等复杂环境传统拼接算法并不适用的问题,提出新的拼接算法。算法采用拼接帧抽取方式提取部分关键帧进行视频拼接,根据相位相关冲激函数能量高效检测重叠区域并对乱序帧排序,将统计分析中样本主成分分析引入 SIFT 特征向量降维中,用互不相关的新样本信息来描述原样本信息,降低了特征向量生成时间,通过结合多频带提升小波,定义融合规则并选择合适的融合策略,实现平滑拼接。实验表明,此算法提高了匹配效率,无需人工排序,解决了复杂环境容易误匹配、接缝明显等现象,拼接效果平滑自然,适合煤矿环境。

关键词:煤矿; 拼接; 主成分分析; 相位相关; 提升小波

中图分类号: TD672

文献标志码: A

Stitching technology of coal mine video with complex environment

LI Dan^{1,2}, QIAN Jian-sheng¹, LIU Zeng-bao³, YANG Peng³

(1. School of Information and Electric Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China; 2. School of Xuhai, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China; 3. Dongtan Coal Mine, Yanzhou Coal Mining Group Co., Ltd., Jining 273500, China)

Abstract: Proposed a new stitching algorithm to suit for noisy, uneven illumination complex environment of coal mine which traditional stitching algorithm does not apply. Key frames were abstract to stitch video images. Overlapping regions and frames in confusion were checked and ordered by phase correlation impulse function energy. Statistical sample principal component analysis was brought to SIFT feature vector dimension reduction with new samples of unrelated information to describe the original sample information, so feature vector generation time could be reduced. Multi-band lifting wavelet transform scheme was used to achieve smooth stitching by defining the fusion rules and selecting the right fusion strategy. Experiments show that the new algorithm improves the matching efficiency under no manual sorting, solves the problems of false matching easily and stitching juncture obviously phenomena. Smooth and natural stitching result is suit for coal mine environment.

Key words: coal mine; stitching; principal component analysis; phase correlation; lifting wavelet transform

为了保障煤矿安全生产顺利进行,视频监控系统发挥着重要的作用^[1-2]。由于鱼镜头、全景环形透镜价格昂贵,因此可以通过拼接技术扩大视野区域,以获取宽视角信息。图像拼接目前在地理信息系统、视频检索、医学图像分析、图像合成、三维重建等领域有着广泛的应用^[3-5]。然而井下特定环境决定了图像存在着人工照明光照不均、粉尘多、噪声大、可分变性差的特点,给图像拼接带来了难度,因此有必要对

煤矿井下视频图像拼接进行研究。

图像拼接是指根据图像重叠部分,将2张或多张图像拼合成一张全景图。为了解决现有算法多图需要人工排序、复杂环境容易误匹配、接缝明显等现象,提出针对井下复杂环境的新算法。算法对视频提取部分关键帧用于匹配,利用相位相关法实现自动排序,并利用降维后的尺度不变特征向量进行特征匹配,结合提升小波实现多频带融合,适应井下广泛存

在的噪声大、光线变化、模糊以及旋转等情况,在保证匹配精度的同时保证了拼接效率。

1 匹配预处理

由于相邻帧重叠率极高,视频帧拼接时如直接运用拼接技术,会导致计算量严重增加。而实际只需满足一定重叠率即可,因此通过提取部分重要拼接帧可减少帧数,提高拼接速度。文献[6-7]通过计算相邻两帧重叠区域或匹配特征点个数检测重叠率决定是否抛弃该帧,但此方法采样严重耗费了计算时间,因为大部分检测帧都是无效的。

煤矿相机运动主要是平移、摇动和俯仰运动形式的线性叠加。在短时间内,可以用分段线性模型描述重叠率和帧的关系。假设帧长宽各为 L 、 W 。为了自适应图像旋转缩放,对于重叠率的计算本文不选用基于全局运动矢量的块搜索方法,而是采用基于特征点的方法。

(1) 平移运动。设帧 F_p 和 F_q 为两拼接帧,前后两帧时间间隔为 Δt ,待拼接帧之间间隔 N 帧,则平移运动中短时间内,可以看做以速率 V 进行匀速运动,假设运动方向和水平面夹角是 θ ,令 $S = VN\Delta t$,则重叠区域比率为

$$R_{\text{atio}} = (LW - WS|\cos\theta| - LS|\sin\theta| + S|\sin\theta||S|\cos\theta|) / A_{\text{REA}}(F_p) \quad (1)$$

由于时间间隔 $N\Delta t$ 取值很小,因此 $N\Delta t$ 远小于帧的长和宽。

$$R_{\text{atio}} \approx (LW - WS|\cos\theta| - LS|\sin\theta|) / A_{\text{REA}}(F_p) = 1 - (W|\cos\theta| + L|\sin\theta|)S / (LW) \quad (2)$$

在短时间 $N\Delta t$ 内, θ 和 V 可认为不变,帧间隔 N 不断增加时,重叠率 R_{atio} 均匀减少,是 N 的线性函数。

(2) 摇动或俯仰运动。假设相机摇动角速度为 ω ,图像长和摄像机形成的视角大小为 α ,则两待拼接帧重叠比率为

$$R_{\text{atio}} = 1 - \omega N\Delta t / 2\sin(\alpha/2) \quad (3)$$

同理,在短时间 $N\Delta t$ 内, ω 和 α 可以认为不变,因此帧 F_p 和 F_q 重叠比率 R_{atio} 也是 N 的线性函数。俯仰运动类似摇动,本文不再复述。当 R_{atio} 在范围 $[0.2, 0.6]$ 内并且两帧匹配点数满足阈值大于30时,可以认为该帧是有效拼接帧,否则要抛弃该帧。

2 自动排序

当待拼接图像为乱序图像时,为了避免拼接时手工排序易错且耗时的问題,文献[8-9]提出解决的方法,但前者要求图像大小一致,后者需要人工选择阈值来判断图像是否重叠,不具备自适应性。本文利

用每幅图与其余图像的归一化功率谱大小作为相关度多少,将逆傅里叶变换后的冲激函数^[10]峰值大小作为相关度的多少实现自动排序。设 $P_1(u, v)$ 、 $P_2(u, v)$ 为图像 $p_1(x, y)$ 、 $p_2(x, y)$ 傅里叶变换的结果, Δx 、 Δy 为平移变量。根据位移特性可得

$$p_2(x, y) = e^{-j2\pi(u\Delta x + v\Delta y)} p_1(x, y) \quad (4)$$

归一化的互功率谱定义为

$$\frac{P_1^*(u, v) P_2(u, v)}{|P_1^*(u, v) P_2(u, v)|} = e^{-j2\pi(u\Delta x + v\Delta y)} \quad (5)$$

通过反傅里叶变换得到冲激函数为

$$F^{-1}[e^{-j2\pi(u\Delta x + v\Delta y)}] = \delta(x - \Delta x, y - \Delta y) \quad (6)$$

实验数据采集自淮北桃园煤矿监控视频,使用带云台转动KBA6矿用本安型网络摄像机和KJF37矿用本安型网络视频服务器。实验环境为2 Gb内存、2.4 GHz CPU、Windows XP SP2计算机,编程环境为Matlab 7.1。

图1(a)和(b)为井下巷道视频中两帧,图1(d)为其归一化冲激函数能量分布,为图1(a)、(b)图像之间的平移运动参数决定峰值的位置,重叠区域的多少决定峰值的大小。图1(c)对图1(b)增加了光照、噪声并旋转较小角度,图1(e)为图1(a)、(c)的冲激函数能量分布,由图1(e)可见,图1(d)中单一峰值转换成了分布开的小峰值,但图1(e)中峰值位置仍易判断出,即容易判断重叠区域位置。

用冲激函数峰值描述图像相关度,自动排序过程为:设有 N 个乱序图像,计算两两图像的互功率谱,反傅里叶变换得到冲激函数,峰值大小作为相关度存储于构造的 $N \times N$ 二维数组中,数组元素为两两图像相关度,大小范围 $[0, 1]$,从行列方向求对角线之外的最大两个相关度,因为图像会与两个相关度对应的至少一幅相邻。若求交后有2个同时满足最大相关度的则对应图像相邻,且该图为中间图,若只有1个值满足则为首图或尾图。效果如图2所示。

如图2所示的4幅乱序胶带图像,由于图像近似,人眼排序非常困难。根据本文算法,求两两图像的冲激函数峰值。表1中 ∇ 、*标记的字体分别表示从行、列方向选择2个最大峰值,●标记的字体表示行列均为最大值。因此可判断出图2(a)、(d)为中间图,相交后只有一个值的为首图或者尾图,即图2(c)、(b)为首尾图,并根据图2(c)、(b)和图2(a)、(b)之间相关度判断出图2(c)为首图,图2(b)为尾图。排序结果为:(c)、(a)、(d)、(b),如图3所示。

3 特征检测

SIFT^[11]尺度不变特征算法通过Laplace金字塔

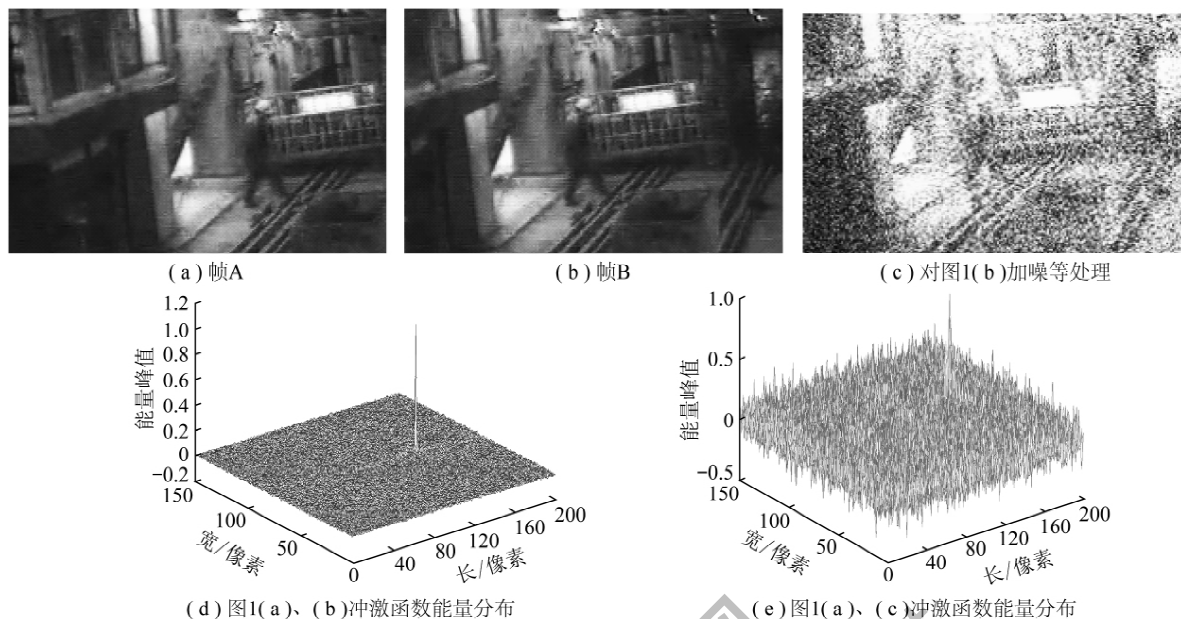


图1 冲激函数能量分布

Fig. 1 Impulse function energy distribution

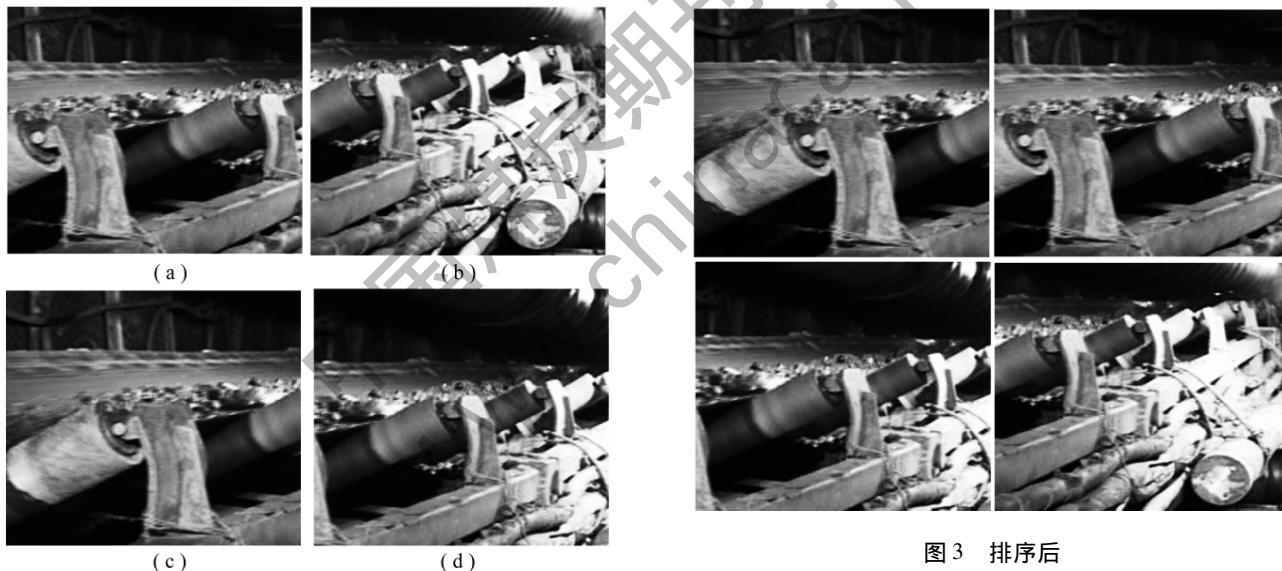


图2 排序前

Fig. 2 Before ordering

表1 图像间峰值大小

Table 1 Peak value of images

峰值	图 2(a)	图 2(b)	图 2(c)	图 2(d)
图 2(a)		0. 328*	0. 823 •	0. 643 •
图 2(b)	0. 328 ▽		0. 107	0. 705 •
图 2(c)	0. 823 •	0. 107		0. 321 ▽
图 2(d)	0. 643 •	0. 705 •	0. 321*	

图3 排序后

Fig. 3 After ordering

成分分析^[12]用特征点周围矩阵区域内的点来描述该特征点,使样本 PCA 降维改进后的 SIFT 特征向量维数大幅度减少,在确保不损失原变量过多信息的前提下,尽可能降低变量维数,减少计算复杂性,避免信息的重叠。

分析过程如下:

设 $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip})^T (i = 1, 2, \dots, n)$ 为 $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)^T$ 的一个容量为 n 的样本,则样本协方差矩阵为

$$\Sigma = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})(x_k - \bar{x})^T \quad (7)$$

式中, $\bar{x} = (\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_p)^T$; p 为特征点特征描述向量个数。

消除尺度改变的影响,并对噪声、光线变化、仿射变化具有一定鲁棒性。但 128 维的特征向量的生成耗时过长,影响了其使用范围。本文引入统计分析中的主

$$x_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, p) \quad (8)$$

协方差矩阵 Σ 特征值为 $\hat{\lambda}_1 \geq \hat{\lambda}_2 \geq \dots \geq \hat{\lambda}_p \geq 0$, 正交单位化特征向量为 $\hat{e}_1, \hat{e}_2, \dots, \hat{e}_p$, $\hat{e}_i = (\hat{e}_{i1}, \hat{e}_{i2}, \dots, \hat{e}_{ip})$, $\hat{e}_i \hat{e}_i^T = 1 (i = 1, 2, \dots, p)$ 。第 i 个样本主成分为

$$y_i = \hat{e}_{i1}x_1 + \hat{e}_{i2}x_2 + \dots + \hat{e}_{ip}x_p \quad (i = 1, 2, \dots, p) \quad (9)$$

代入 X 的 n 个观测值, $x_k = (x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{kp})^T$ ($k = 1, 2, \dots, n$) 得到第 i 个样本主成分 y_i 的 n 个观测值 y_{ki} ($k = 1, 2, \dots, n$), 即为第 i 个主成分的得分。

y_i 与 y_j 的样本总方差为 $\sum_{i=1}^p \hat{\lambda}_i$, X 的第 i 个样本主成分贡献率为 $\hat{\lambda}_i / \sum_{i=1}^p \hat{\lambda}_i$ ($i = 1, 2, \dots, p$), 前 m 个样本主成分累计贡献率为 $\sum_{i=1}^m \hat{\lambda}_i / \sum_{k=1}^p \hat{\lambda}_k$ 。

实验选取 320×240 图像, 11×11 区域内的点描述特征点, 将灰度化后的区域像素灰度值作为样本特征描述向量进行样本主成分分析, 结果如图 4 所示。



图4 提取特征点

Fig. 4 Extraction of feature points

由表 2 可见, 降维前特征向量维数高达 121 维, 前 7 个样本主成分累计贡献率高达 96.67%, 因此这些主成分已经覆盖特征向量绝大部分信息资源。实验可知, 将 SIFT 和样本主成分结合, 可以大幅度减少特征向量维数, 提高匹配效率。图 5 是量煤器中降维

后特征向量匹配结果, 可见在提高匹配速度的同时, 匹配准确度并无影响。

表 2 主成分贡献率

Table 2 Contribution of principal components

主成分	特征值	主成分贡献率/%	累计贡献率/%
1	6.418 537 42	0.583 5	0.583 5
2	1.441 657 12	0.131 1	0.714 6
3	1.265 999 57	0.115 1	0.829 7
4	0.638 049 75	0.058 0	0.887 7
5	0.364 887 95	0.033 2	0.920 8
6	0.292 848 84	0.026 6	0.947 5
7	0.211 360 39	0.019 2	0.966 7



图5 特征向量匹配

Fig. 5 Feature vector matching

4 无缝拼接

煤矿井下环境特殊, 成像质量差, 光照分布不均匀现象广泛存在, 因此拼接后的图像会产生明显接缝, 严重影响拼接效果。Mallat 在小波变换多频带分析理论和图像处理应用研究中受塔式算法启发, 提出信号的塔式多频带分析分解与重构的快速算法, 可以得到原图在不同方向和尺度上的分量。本文将提升小波变换^[13-15]算法引入多频带融合中, 解决 Mallat 算法存在的计算量大、复杂度高的问题。使用多项式插补获取信号高频分量, 通过构建尺度函数获取信号低频分量, 分解现有小波滤波器, 分步完成小波变换。提升方法使用不同长度的低通和高通分解滤波器进行小波变换, 偶数序列 s_{i-1} 表示分解的低频分量, 奇数序列 d_{i-1} 表示高频分量。变换过程包括分解、预测和更新 3 个阶段。

(1) 分解。将输入信号 s_i 分为 2 个较小的子集 s_{i-1} 、 d_{i-1} 。分解过程为 $F(s_i) = (s_{i-1}, d_{i-1})$ 。

(2) 预测。用偶数序列 s_{i-1} 的预测值 $P(s_{i-1})$ 去

预测奇数序列 d_{i-1} , 即将滤波器 P 对偶信号作用之后作为奇信号预测值, 用 $P(s_{i-1})$ 和 d_{i-1} 的差代替原 d_{i-1} , $d_{i-1} = d_{i-1} - P(s_{i-1})$, 用更小子集 s_{i-1} 和小波子集 d_{i-1} 代替原信号集 s_i 。重复分解预测过程 n 步后原信号集可用 $\{s_n, d_n, \dots, s_1, d_1\}$ 来表示。

(3) 更新。找一个更好的子集 s_{i-1} , 保持原图的某一标量特性 $Q(x)$, 即 $Q(s_{i-1}) = Q(s_i)$ 。通过构造算子 U 利用已经计算的小波子集 d_{i-1} 更新 s_{i-1} , $s_{i-1} = s_{i-1} + U(d_{i-1})$ 。

设 $x = \{x_0, x_1, \dots, x_{N-1}\}$ 是长度为 N 的一个信号, s^0 和 d^0 表示它的偶序列和奇序列。由于提升因子 $u_i(z)$ 和 $p_i(z)$ 都是单项式, 则

$$u_i(z) = u^i z^{-u_i} \quad (10)$$

$$p_i(z) = p^i z^{-p_i} \quad (i = 1, 2, \dots, m-1) \quad (11)$$

$$u_m(z) = \sum_k u_k^m z^{-k} \quad (12)$$

若记 $s_i(z)$, $d_i(z)$ 分别表示 $s^i = \{s_l^i\}$, $d^i = \{d_l^i\}$ ($i = 1, 2, \dots, m-1$) 的 z 变换, 且

$$\begin{bmatrix} s_i(z) \\ d_i(z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -p_i(z) & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & -u_i(z) \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_{i-1}(z) \\ d_{i-1}(z) \end{bmatrix} \quad (13)$$

则

$$\begin{cases} s_i(z) = s_i(z) - u_i(z) d_{i-1}(z) \\ d_i(z) = d_i(z) - p_i(z) s_{i-1}(z) \end{cases} \quad (14)$$

式中 $i = 1, 2, \dots, m-1$ 。

用序列卷积可以表示为

$$\begin{cases} s_l^i = s_l^{i-1} - (u^i * d_{l+u_i}^{i-1}) = s_l^{i-1} - u^i * d_{l+u_i}^{i-1} \\ d_l^i = d_l^{i-1} - (p^i * s_l^{i-1}) = d_l^{i-1} - p^i s_{l+p_i}^{i-1} \end{cases} \quad (15)$$

式中 $i = 1, 2, \dots, m-1$ 。

$$s_l^m(z) = s_l^{m-1}(z) - (u^m * d_{l+u_m}^{m-1}) = s_l^{m-1}(z) - \sum_k u_k^m d_{l-k}^{m-1} \quad (16)$$

由于数字图像用整数来表示像素值, 而小波滤波器却具有浮点数系数, 提升算法可以方便构造整数到整数的小波变换。在忽略归一化因子情况下, 将算子 $\lfloor x + 1/2 \rfloor$ 作用于每一个提升步骤中的算子 $u_i(z)$, $p_i(z)$ 实现。算法形式为

$$\begin{aligned} s_l^{(0)} &= x_{2l}, d_l^{(0)} = x_{2l+1} \\ d_l^{(1)} &= d_l^{(0)} + \lfloor \alpha s_{l+1}^{(0)} + 1/2 \rfloor \\ s_l^{(1)} &= s_l^{(0)} + \lfloor \beta d_l^{(0)} + 1/2 \rfloor \\ d_l^{(2)} &= d_l^{(1)} + \lfloor \gamma s_{l+1}^{(1)} + 1/2 \rfloor \\ s_l^{(2)} &= s_l^{(1)} + \lfloor \delta d_l^{(2)} + 1/2 \rfloor \\ d_l^{(3)} &= d_l^{(2)} + \lfloor \varepsilon s_{l+1}^{(2)} + 1/2 \rfloor \\ s_l^{(3)} &= s_l^{(2)} + \lfloor \eta d_l^{(3)} + 1/2 \rfloor \end{aligned}$$

$$d_l^{(4)} = d_l^{(3)} + \lfloor \sigma s_{l+1}^{(3)} + 1/2 \rfloor$$

$$s_l^{(4)} = s_l^{(3)} + \lfloor \tau d_l^{(4)} + 1/2 \rfloor$$

$$d_l^{(5)} = d_l^{(4)} + \lfloor \lambda s_l^{(4)} + 1/2 \rfloor$$

$$s_l = \zeta s_l^{(5)}, d_l = d_l^{(5)} / \zeta$$

其中 s_l 和 d_l 分别为高频、低频分量; 且

$$\alpha = -1.586\ 134\ 342\ 059\ 42$$

$$\beta = -0.048\ 873\ 133\ 896\ 66$$

$$\gamma = 1.088\ 448\ 301\ 619\ 63$$

$$\delta = -0.581\ 590\ 486\ 670\ 07$$

$$\varepsilon = 0.127\ 053\ 752\ 619\ 88$$

$$\eta = -1.149\ 825\ 130\ 398\ 96$$

$$\sigma = -0.114\ 393\ 531\ 083\ 48$$

$$\tau = 2.159\ 041\ 257\ 761\ 03$$

$$\lambda = -0.463\ 14$$

$$\zeta = 1.048\ 423\ 892\ 330\ 12$$

与经典 Mallat 算法比较, 其运算量减少一半, 节省了存储单元, 逆小波变换的实现也简单快速, 将正向小波变换步骤求反步骤, 同时改变正负号, 即得到逆变换。对图像进行 N 层整数小波提升分解变换, 得到不同尺度下的 $3N$ 个高频和 1 个低频分量。图像数据之间的相关性为

$$M_{D_k} = 2 \sum_{i=1}^M \sum_{j=i}^N [d_k(A)(x+i, y+i) \times d_k(B)(x+i, y+i)] / [E_k(A) + E_k(B)]$$

式中 $E(A)$ 、 $E(B)$ 为两图在 (x, y) 处的区域能量, $k = 1, 2, 3$ 分别对应水平、垂直和对角 3 个方向。

定义融合规则: 低频小波系数求取时选择小波系数绝对值较大的像素作为融合后的像素。高频小波系数求取时, 当相关度 $M_D > \alpha$ 时, $\alpha \in (0.5, 1)$, 图像相关性很大, 要充分考虑各源图对融合图的影响, 不能单独选取某个源图作为融合图像信息, 需要采用加权平均策略融合; 当相关度 $M_D < \alpha$ 时, 说明图像相关性小, 选择局部能量较大区域中心像素值。

图 6 是两幅井下变电所图像, 拼接前的图像为图 6(a) ~ (d), 由于不同的曝光度, 直接拼接会导致颜色明暗差异。图 6(e) 为图 6(a) 低频和水平、垂直、对角高频分解的结果。通过提升小波多频带融合方法进行图像无缝拼接融合, 拼接图像过渡平滑, 亮度均匀, 效果自然, 如图 6(f) 所示。而图 6(g)、(h) 的效果存在颜色不均、接缝明显的问题。

如图 7 所示, 同一场景由于聚焦不同, 前两幅分别为远处、近处模糊图像, 通过本文多频带提升小波融合技术, 可以获得图 7(c) 所示的效果, 使各个位置图像信息清晰显示。

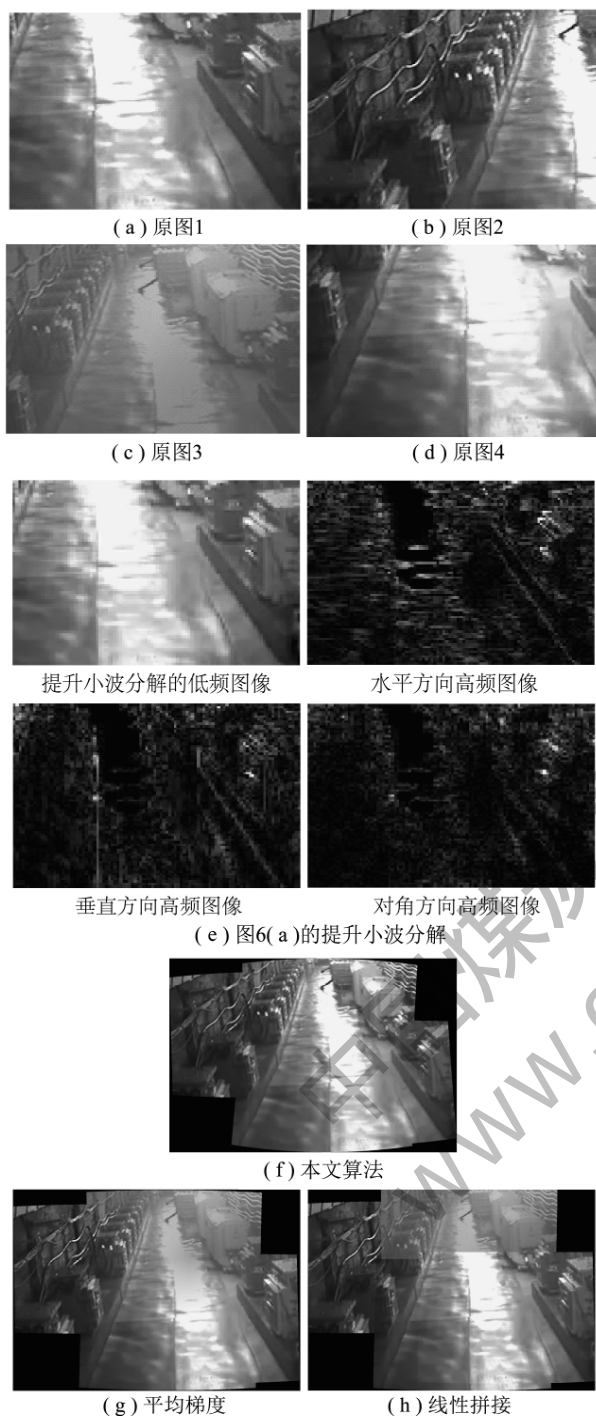


图6 多频带提升小波融合拼接

Fig. 6 Multi-band lifting wavelet transform fusion stitching

本文提出的拼接方法实施简单,不需重新部署新的智能摄像机,由矿用本安型光纤摄像机获取图像信息,摄像机可以和视频服务器相互通信,由后台服务器检测和匹配,不需添加或更换现有设备。

5 结 语

由于煤矿井下环境复杂,常用匹配拼接算法并不适用,本文提出的拼接系统采用拼接帧抽取方式提取部分关键帧进行视频拼接,根据相位相关冲激函数能

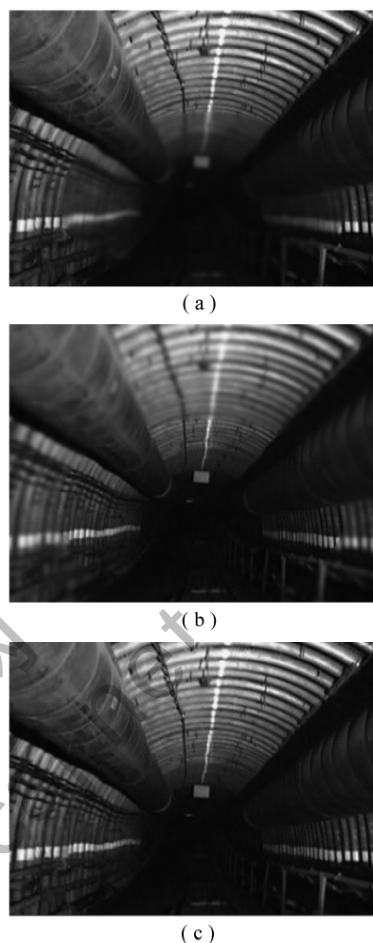


图7 图像融合

Fig. 7 Image fusion

量分布快速检测重叠区域,减少匹配范围,并将峰值大小作为匹配度多少进行排序,减少人工排序易错、效率低的问题,利用统计分析中样本主成分对 SIFT 高维特征向量降维后匹配,提高匹配效率,并结合多频带提升小波实现平滑拼接。实验证明,本文方法拼接效果良好、算法稳健,适合煤矿环境,有助于煤矿安全生产的顺利开展,有较好应用前景。

参考文献:

- [1] 卢倩,朱真才,陈光柱,等. 矿井工业以太网大流量负载实时调度策略[J]. 煤炭学报, 2009, 34(10): 1430-1434.
Lu Qian, Zhu Zhencai, Chen Guangzhu, et al. Real-time load scheduling strategy of mine industrial Ethernet based on massive data flow load[J]. Journal of China Coal Society, 2009, 34(10): 1430-1434.
- [2] 陆阳,郭智奇,韩江洪,等. 矿井机车运输监控系统调度联锁过程的 Petri 网建模[J]. 煤炭学报, 2007, 32(11): 1216-1223.
Lu Yang, Guo Zhiqi, Han Jianghong, et al. Dispatching and interlocking modeling of locomotive transportation control system in mine based on Petri net[J]. Journal of China Coal Society, 2007, 32(11): 1216-1223.
- [3] Zhu Yunfang. Video editing based on mosaic[D]. Hangzhou: Zhe-

- jiang University 2006.
- [4] Yingen Xiong ,Pulli K. Sequential image stitching for mobile panoramas [A]. ICICS 2009 [C]. 2009: 1 - 5.
- [5] Hua Zhen ,Li Yewei ,Li Jinjiang. Image stitch algorithm based on SIFT and MVSC [A]. Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD) [C]. 2010: 2 628 - 2 632.
- [6] Li J ,Pan Q ,Yang T ,et al. Automated features points management for video mosaic construction [A]. Information Technology and Applications(ICITA) [C]. Sydney Australia 2005: 760 - 763.
- [7] Steedly D ,Pal C ,Szeliski R. Efficiently registering video into panoramic mosaics [A]. Tenth International Conference on Computer Vision(ICCV) [C]. Washington ,DC ,USA: IEEE Computer Society , 2005: 1 300 - 1 307.
- [8] Zhao Wanjin ,Gong Shengrong ,Liu Quan ,et al. An auto sorting arithmetic for image sequence used in image mosaics [J]. Journal of Image and Graphics 2007 ,12(10) : 1 861 - 1 864.
- [9] Zhao Hui ,Chen Hui ,Yu Hong. An improved fully-automatic image mosaic algorithm [J]. Journal of Image and Graphics 2007 ,12(2) : 336 - 342.
- [10] Song R ,Szymanski J. Auto-sorting scheme for image ordering applications in image mosaicing [J]. Electronics Letters 2008 44(13) : 798 - 799.
- [11] Lowe D G. Distinctive image features from scale invariant key points [J]. International Journal of Computer Vision 2004 60(2) : 91 - 110.
- [12] Qiu B ,Prinet V ,Perrier E ,et al. Multi-block PCA method for image change detection [A]. International Journal of Image Analysis and Processing [C]. 2003: 385 - 390.
- [13] Lu Jian ,Zou Yuru ,Ye Zhongxing. Enhanced fractal-wavelet image denoising [A]. International Conference on Computing ,Communication ,Control and Management [C]. 2008: 115 - 119.
- [14] Unser M ,Van De Ville D. The pairing of a wavelet basis with a mildly redundant analysis via subband regression [A]. Image Processing ,IEEE Transactions [C]. 2008: 2 040 - 2 052.
- [15] Brechet L ,Lucas M F ,Doncarli C ,et al. Compression of biomedical signals with mother wavelet optimization and best-basis wavelet packet selection [A]. Biomedical Engineering ,IEEE Transactions [C]. 2007: 2 186 - 2 192.

十二五规划纲要节选

第二十一章 积极应对全球气候变化

坚持减缓和适应气候变化并重 ,充分发挥技术进步的作用 ,完善体制机制和政策体系 ,提高应对气候变化能力。

第一节 控制温室气体排放

综合运用调整产业结构和能源结构、节约能源和提高能效、增加森林碳汇等多种手段 ,大幅度降低能源消耗强度和二氧化碳排放强度 ,有效控制温室气体排放。合理控制能源消费总量 ,严格用能管理 ,加快制定能源发展规划 ,明确总量控制目标和分解落实机制。推进植树造林 ,新增森林面积 1 250 万公顷。加快低碳技术研发应用 ,控制工业、建筑、交通和农业等领域温室气体排放。探索建立低碳产品标准、标识和认证制度 ,建立完善温室气体排放统计核算制度 ,逐步建立碳排放交易市场。推进低碳试点示范。

摘自“中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要”