

Application of Hyperspectral Data Fusion Technology in Evidence Examination

Changliang Wang¹, Xiaochun Huang¹, Xuejun Zhao^{2*}, Nengbin Cai^{1*}, Lu Yin³, Yuxian Lu³, Mingzhong Pan^{3,4}

¹Shanghai Institute of Forensic Science, Public Security Bureau, Shanghai Key Laboratory of Crime Scene Evidence, Shanghai

²Shanghai Research Institute of Criminal Science and Technology, Shanghai Key Laboratory of Crime Scene Evidence, Shanghai

³Hangzhou Academy of Spatial Information Technology, Shanghai Institute of Technical Physics, Chinese Academy of Sciences, Hangzhou Zhejiang

⁴Shanghai Institute of Technical Physics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai

Email: *xjzhao1201@163.com, *13162056906@163.com

Received: Jan. 28th, 2019; accepted: Feb. 8th, 2019; published: Feb. 15th, 2019

Abstract

Hyperspectral imaging technology can record not only the spatial information but also the spectral information of the evidence. The combination of atlas plays an important role in evidence examination. Due to the optical structure of the hyperspectral imager, the spatial resolution of the evidence is low. In this paper, a fusion method of high spatial resolution image and hyperspectral data is proposed. An interpolation algorithm is used to make each spatial point of high spatial resolution image correspond to a spectral curve. In the experiment, the high-definition images of 20.2 million pixels taken by the camera and the hyperspectral data of 400 - 1700 nm hyperspectral imager were collected. The hyperspectral data cube with spatial resolution of 20.2 million pixels and spectral range of 400 - 1700 nm is obtained by the interpolation fusion algorithm. The results show that hyperspectral data fusion technology can acquire not only the high spatial resolution images, but also the spectral curves of each spatial point, which solves the problem of low spatial resolution of hyperspectral imager in the process of the evidence examination.

Keywords

Hyperspectral Imaging, Data Fusion, High Spatial Resolution, Image Fusion, Evidence Examination

高光谱数据融合技术在物证检验中的应用

王长亮¹, 黄晓春¹, 赵雪璐^{2*}, 蔡能斌^{1*}, 尹禄³, 卢禹先³, 潘明忠^{3,4}

*通讯作者。

文章引用: 王长亮, 黄晓春, 赵雪璐, 蔡能斌, 尹禄, 卢禹先, 潘明忠. 高光谱数据融合技术在物证检验中的应用[J]. 光电子, 2019, 9(1): 13-19. DOI: 10.12677/oe.2019.91003

¹上海市公安局物证鉴定中心, 上海市现场物证重点实验室, 上海

²上海市刑事科学技术研究院, 上海市现场物证重点实验室, 上海

³中国科学院上海技术物理研究所杭州大江东空间信息技术研究院, 浙江 杭州

⁴中国科学院上海技术物理研究所, 上海

Email: *xjzhao1201@163.com, *13162056906@163.com

收稿日期: 2019年1月28日; 录用日期: 2019年2月8日; 发布日期: 2019年2月15日

摘要

高光谱成像技术不仅可以记录物证的空间信息, 还可以记录物证的光谱信息, 图谱合一的特点在物证检验中发挥着重要的作用。由于高光谱成像仪的光学结构特点, 导致高光谱成像仪获得物证的空间分辨率较低。本文提出高空间分辨率图像与高光谱数据融合的方法, 通过插值算法使高空间分辨率图像的每个空间点对应一条光谱曲线。实验采用相机拍摄的2020万像素的高清图片与400~1700 nm高光谱成像仪采集的高光谱数据, 通过插值融合算法获得空间分辨率2020万像素、光谱范围400~1700 nm的高光谱数据立方。结果表明, 高光谱数据融合技术不仅能够获取高空间分辨率的空间图像而且能够获取每个空间点的光谱曲线, 解决了高光谱成像仪在物证检验过程中空间分辨率低的问题。

关键词

高光谱成像, 数据融合, 高空间分辨率, 图像融合, 物证探测

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

以高光谱成像技术为代表的光谱影像技术在物证发现、记录、提取、检验、鉴定和保全等方面具有十分重大的应用潜力[1] [2] [3], 其通过图谱合一特性深入挖掘物证影像及物证物质成分, 能够根据不同物质光谱特征准确记录其空间分布状态, 为物证鉴定光学检验提供了形态检验和成分检验[3] [4]。

由于高光谱成像仪的光学结构特点, 导致高光谱成像仪的空间分辨率较低[5] [6]。若提高高光谱成像仪的空间分辨率, 需要减小狭缝尺寸并增加探测器的像素数, 减小狭缝尺寸将降低进入高光谱成像仪的总光强值, 而增加探测器的像素数会降低探测器的灵敏度, 因此高光谱成像仪的空间分辨率不能做的很高, 一般约在十几万像素[7] [8]。而较低的空间分辨率会导致物证空间信息的提取模糊, 影响物证检验结果, 制约高光谱成像技术在物证检验中的发展。

本文结合相机拍摄的高分辨率图像与高光谱成像仪采集的高光谱数据, 采用插值方法将高分辨率图像与高光谱数据融合[9] [10] [11], 获取高空间分辨率的空间图像和每个空间点的光谱曲线。实验采用相机拍摄的2020万像素的高清图片与400~1700 nm高光谱成像仪采集的高光谱数据, 通过图像融合算法计算得到高空间分辨率的高光谱数据立方体。图像融合算法获得波段范围是400~1700 nm, 空间分辨率是2020万像素的高光谱数据立方体, 融合图像的每一个像元都对应一条400~1700 nm的光谱曲线。高光谱数据融合技术在物证检验中的应用, 能够获取高空间分辨率的高光谱数据立方, 使高光谱物证检验更有意义。

2. 高光谱成像仪光学结构

高光谱成像仪的光学结构如图 1 所示。入射光经过成像透镜，成像至入射狭缝处，再经过准直透镜获得平行光束，经过分光模块后将平行光束色散，最后由汇聚透镜汇聚至 CCD 探测器上。

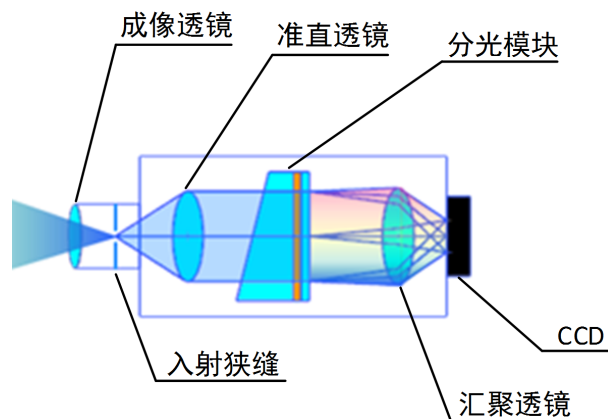


Figure 1. The optical structure of hyperspectral imager

图 1. 高光谱成像仪的光学结构

高光谱成像仪的空间性能参数主要包括总视场(FOV)和瞬时视场(IFOV), 瞬时视场(IFOV)决定了高光谱成像仪的空间分辨率 GR, 如图 2 所示。

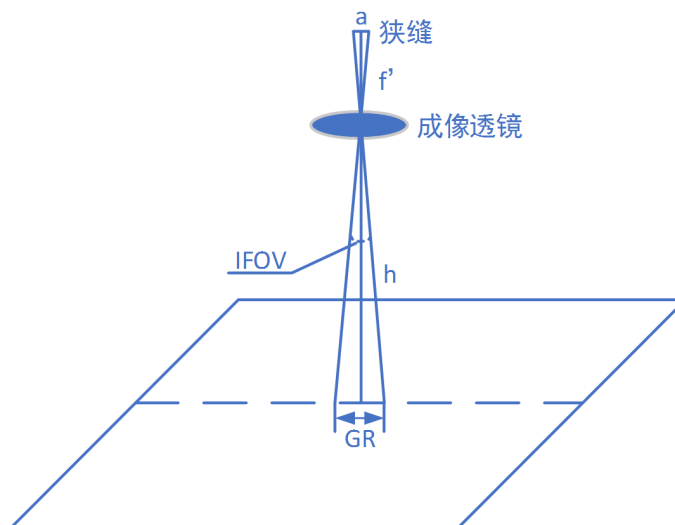


Figure 2. The spatial performance parameters of hyperspectral imager

图 2. 高光谱成像仪的空间性能参数

若狭缝宽度为 a , 成像透镜焦距为 f' , 成像透镜与探测目标的距离为 h , 则高光谱成像仪的空间分辨率 GR 可以表示为:

$$GR = \frac{ah}{f'} \quad (1)$$

由公式(1)可知, 空间分辨率 GR 与狭缝尺寸 a 成正比, 狭缝尺寸 a 越小, GR 值越小, 空间分辨率越高。狭缝尺寸越小, CCD 的像素尺寸越小, 同样的 CCD 靶面尺寸, 像素数越多, 而增加探测器的像素

数会降低探测器的灵敏度。同时狭缝尺寸越小，进入高光谱成像仪的能量越弱。以上两点原因导致高光谱成像仪的空间分辨率不能做的很高，一般约在十几万像素。

3. 高光谱数据融合方法

低空间分辨率的物证图像，会导致物证信息搜集模糊，限制了高光谱成像仪在物证检验中的应用。因此，采用高光谱数据融合的方法，通过拍摄的高清图片与高光谱数据相结合的方法，获取高清图片中每个像素点对应的光谱曲线。

高光谱成像仪获取的数据形式是如图 3 所示的数据立方：

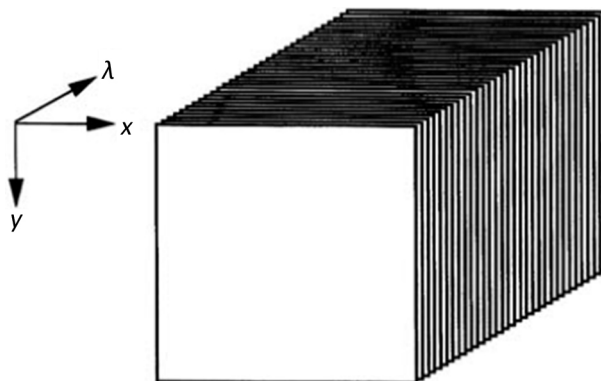


Figure 3. Data cube acquired by hyperspectral imager

图 3. 高光谱成像仪获取的数据立方

数据立方由空间维 x 和 y 及光谱维 λ 组成，数据立方的空间维中任意一点 (x, y) 均可沿光谱维提取完整的光谱曲线。数据融合过程如图 4 所示。

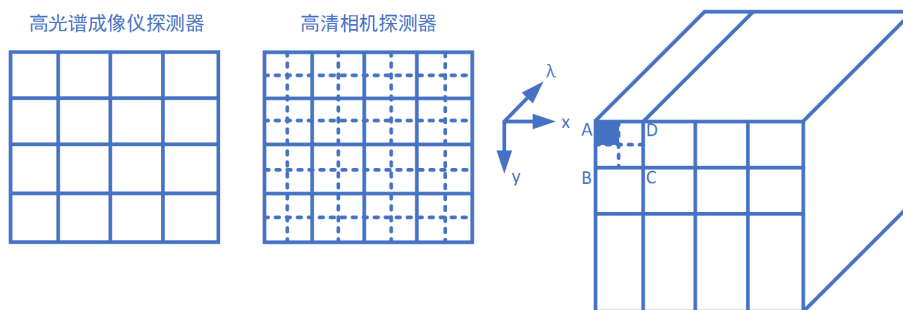


Figure 4. Hyperspectral data fusion process

图 4. 高光谱数据融合过程

假设高清相机探测器的像素数是高光谱成像仪探测器像素数的 4 倍，高光谱成像仪探测器的每个像素均对应一条光谱曲线，高清相机图片与高光谱成像仪的数据融合后的，需要满足高清相机探测器的每个像素也对应一条光谱曲线。而高清相机探测器的像素数大于高光谱成像仪探测器的像素数，数据融合后高清相机探测器像素的若干点无光谱曲线对应。将无光谱曲线对应的像素点采用插值的方法获取光谱数据，由于高光谱数据量大，如果插值算法速度慢，则会影响高光谱数据的获取速度，因此采用最近邻域插值算法进行插值。这种方法不需要计算，将距离待求像素最近的临像素灰度赋给待求像素。

假设原探测器的像素数是 $a \times b$ ，新探测器的像素数是 $c \times d$ ，原探测器的坐标为 i, j (i, j 为整数)，对

应的光强值为 $f(i, j)$ ，新探测器的坐标为 u, v (u, v 为整数)，对应的光强值为 $g(u, v)$ ，则新探测器每个像素点的光强值为：

$$\begin{cases} i = u \times a/c \\ j = v \times b/d \\ g(u, v) = f(i, j) \end{cases} \quad (2)$$

下面举例说明最近邻域插值算法的原理，若原探测器获取的是 3×3 的 256 级灰度图，像素矩阵如公式(3)所示：

$$\begin{matrix} 234 & 38 & 22 \\ 67 & 44 & 12 \\ 89 & 65 & 63 \end{matrix} \quad (3)$$

若新探测器获取的是 4×4 的 256 级灰度图，则新探测器根据原探测器能量值插值的计算过程套用公式(2)，即可得出新探测器各个像素的能量值。新探测器的(0,0)像素点对应原探测器的像素点为： $(0 \times (3/4), 0 \times (3/4)) = (0,0)$ ，即新探测器的(0,0)像素点与原探测器的(0,0)像素点的光强值相对应，新探测器的(1,0)像素点对应原探测器的像素点为： $(1 \times (3/4), 0 \times (3/4)) = (0.75,0)$ ，坐标像素值计算出为小数，采用四舍五入的方法就得到坐标(1,0)，即新探测器的(1,0)像素点与原探测器的(1,0)像素点的光强值相对应，按照这样的插值方式，计算出新探测器的每个像素点的光强值如公式(4)所示：

$$\begin{matrix} 234 & 38 & 22 & 22 \\ 67 & 44 & 12 & 12 \\ 89 & 65 & 63 & 63 \\ 89 & 65 & 63 & 63 \end{matrix} \quad (4)$$

根据公式(2)的插值方法，由原探测器像素的光强值即可计算出任意像素数的新探测器的光强值。

4. 实验验证

高光谱成像仪拍摄的图像如图 5 所示，由图 5 中可以看出，图像的空间分辨率较低，若所测试的物证尺寸较小，几乎不能通过物证的图像判断物证的空间分布特征。



Figure 5. Spatial image taken by hyperspectral imager
图 5. 高光谱成像仪拍摄的空间图像

实验采用相机拍摄的 2020 万像素的高清图片与 400~1700 nm 高光谱成像仪采集的高光谱数据，通过插值融合算法获得空间分辨率 2020 万像素、光谱范围 400~1700 nm 的高光谱数据立方。采用 LabView 平台编写图像融合软件，融合后的数据结果如图 6 所示。

图 6 的左图为高清相机拍摄的图片，右图为图片中的每个像素点对应的的光谱曲线。图中共有 4 种笔迹，测量的 4 条光谱曲线恰好反应出 4 种笔迹，因此通过高光谱数据融合算法，既可以得到高空间分辨率的图像，同时可以得到每个空间点与之对应的的光谱信息。

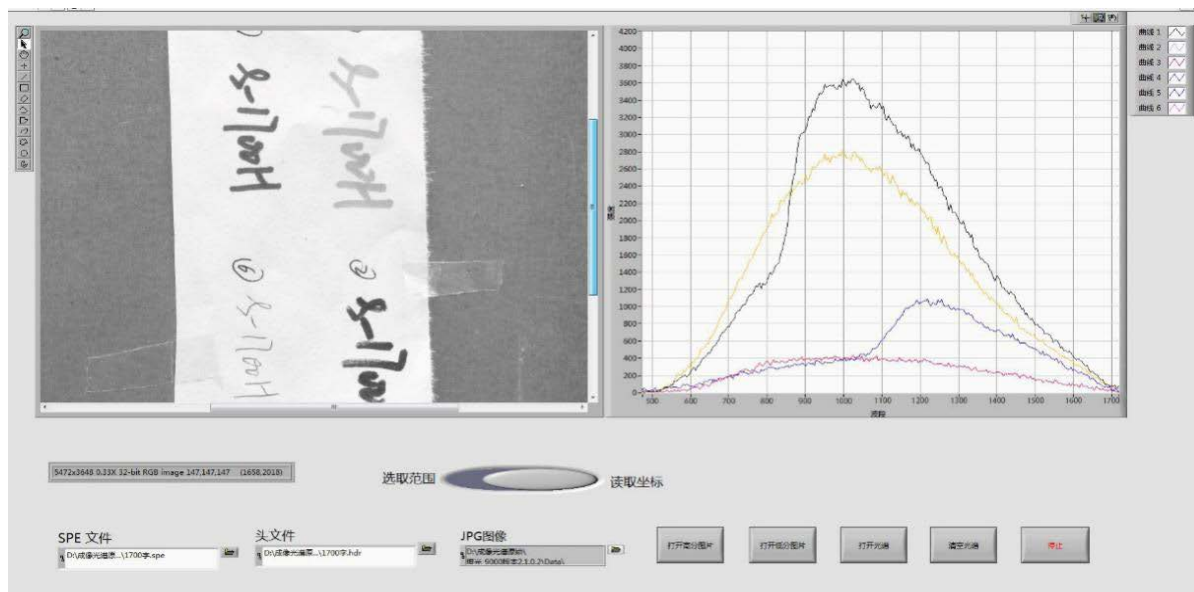


Figure 6. Image fusion

图 6. 图像融合

5. 结论

本文通过结合高空间分辨率的相机与高光谱成像仪的光谱数据，通过最近邻域插值融合算法，实现了高空间分辨率的高光谱数据立方的获取。实验采用 2020 万像素的图片与 400~1700 nm 高光谱成像仪的数据立方相结合，插值融合后得到 2020 万像素的高空间分辨率图像，同时得到与每个像素点对应的的光谱曲线。解决了高光谱成像仪空间分辨率低的问题，使高光谱成像仪在物证鉴定领域中的应用更有价值。

基金项目

国家重点研发计划(2017YFC0803806)、上海市科学技术委员会科研项目(15GJ0500100)。

参考文献

- [1] 黄威, 许小京, 俞涛, 等. 应用光谱成像技术消除捺印指印下签字笔背景实验[J]. 吉林大学学报(理学版), 2008, 46(6): 1164-1170.
- [2] 黄威, 罗旭东. 应用光谱成像技术显现和增强指纹的研究[J]. 警察技术, 2014(6): 41-43.
- [3] Huang, W. (2010) Forensic Inspection of Document Using Visible and Near-Infrared Spectral Imaging. *Proceedings of SPIE, The International Society for Optical Engineering*, 7850, 24.
- [4] 成诚. 高光谱成像技术在公安业务中的应用展望[C]//2017 年光学技术研讨会暨交叉学科论坛论文集. 2017.
- [5] 杨增鹏. 棱镜—光栅型高光谱成像光谱仪优化设计及集成技术研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国科学院研究生院(长春光学精密机械与物理研究所), 2015.
- [6] 孙慈. 成像光谱仪全视场自动化光谱定标技术研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国科学院研究生院(长春光学精密机械与物理研究所), 2013.
- [7] 贾敏. 高光谱成像系统的设计与实验研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 电子科技大学, 2018.
- [8] 杨暄, 亓洪兴, 刘敏, 等. 机载摆扫式宽幅高光谱成像技术研究[C]//2016 年红外、遥感技术与应用研讨会暨交叉学科论坛论文集. 2016.
- [9] 马书红. 几种经典插值算法的放大结果比较[J]. 信息通信, 2014(5): 34.

-
- [10] 王永林. 基于插值和拟合技术的过热汽温非线性控制研究[J]. 热能动力工程, 2018, 33(5): 21-25.
- [11] 董志南, 郑拴宁, 赵会兵, 等. 基于空间插值的风场模拟方法比较分析[J]. 地球信息科学学报, 2015, 17(1): 37-44.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2164-5450, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: oe@hanspub.org