

基于高光谱成像技术鉴别血痕种属的实验研究

庄园¹, 高树辉^{1*}, 谢菲¹, 黄威², 蔡能斌³¹中国人民公安大学侦查学院, 北京 100038;²公安部物证鉴定中心, 北京 100038;³上海市现场物证重点实验室, 上海 200083

摘要 刑事技术领域血痕的种属鉴定在判断案件性质、确定侦查方向等方面有重要作用, 探索用光谱无损的方法进行种属鉴定。使用 CRi Nuance 光谱成像仪搭载 MISytem 3.0 光谱影像分析软件在 450 nm~950 nm 波段范围内对 30 种载体上的人血痕迹样本、动物血痕迹样本、人血动物血混合血痕迹样本 3 类共计 180 组对象进行光谱成像分析, 并用样本中两种物质的斜率之差分析实验结果。高光谱成像技术鉴别不同载体上人血和动物血及其混合血的实验结果表明, 三种血痕在大多数载体上可被区分, 区分率均在 70% 以上, 为确定或排除嫌疑提供了参考。所提方法补充了血痕种属鉴定的方法体系, 可在血痕鉴定领域进一步推广使用。

关键词 光谱学; 高光谱成像; 鉴别; 血痕; 种属鉴定

中图分类号 TP391.4 文献标志码 A

DOI: 10.3788/LOP202259.1630001

Identifying Bloodstain Species Using Hyperspectral Imaging

Zhuang Yuan¹, Gao Shuhui^{1*}, Xie Fei¹, Huang Wei², Cai Nengbin³¹School of Investigation, People's Public Security University of China, Beijing 100038, China;²Institute of Forensic Science, Ministry of Public Security, Beijing 100038, China;³Shanghai Key Laboratory of Crime Scene Evidence, Shanghai 200083, China

Abstract In criminal technology, identifying bloodstain species is essential in determining the nature of a case and investigation direction. This study explores spectral nondestructive species identification method. Using CRI Nuance spectral imager to carry MISytem 3.0 spectral image analysis software, in the spectrum range of 450 nm–950 nm, 180 groups of objects including human blood trace samples, animal blood trace samples, and mixed human and animal blood trace samples on 30 carriers were analyzed by spectral image analysis. Results were analyzed using the slope difference between the samples' two substances. The hyperspectral imaging revealed that the three types of bloodstains could be distinguished on most carriers, with discrimination rate exceeding 70%. This study supplements the bloodstains species identification method and serves as a reference for an optical nondestructive bloodstain examination.

Key words spectroscopy; hyperspectral imaging; identification; blood species; species identification

1 引言

现场的血痕迹对研究犯罪行为具有重要意义, 但是血痕迹属于间接证据, 需要证据链的支持。因为很多物种都有血液, 所以现场血痕迹也复杂多样, 有的是与犯罪行为有关的人血痕迹, 有的是沾染动物血迹后形成的血痕迹, 有的是沾染油漆、红墨水等红色液体后形成的混合血痕迹, 所以需进一步证实。在鉴定疑似

血痕中, 血痕种属鉴定可以区分血迹是人血还是动物血, 如有需要, 也可以确定是何种动物的血液, 并可以区分血迹是人血或是混有人血的红色液体。传统的血液种属鉴定方法有免疫学方法、生物化学方法、分子生物学方法, 这些方法结果精准但是都属于有损检验。

光谱成像技术因具有快速无损检验的特点, 成为了公安业务、生物医药、文档保密等领域中首选的鉴别技术。该技术使用光谱记录装置记录被测物体在一定

收稿日期: 2021-05-25; 修回日期: 2021-06-19; 录用日期: 2021-06-27

基金项目: 中国人民公安大学公共安全行为科学实验室开放课题基金(2020SYS18)、上海市现场物证重点实验室开放课题基金(2021XCWZK07)。

通信作者: *gaoshuhui@ppsuc.edu.cn

光谱范围内分布的、多个窄波段单色光的反射亮度,然后通过光谱成像技术将这些反射光或者荧光进行成像处理,形成光谱影像集^[1]。通过不同的波段、不同种类光谱成像技术的特点和性能,为各领域的疑难问题提供快速无损的解决方法。作为一种将传统的空间成像分析技术和光谱分析技术融为一体的光学检验技术,高光谱成像技术拥有更高光谱分辨率、更广光谱波段范围、更丰富数据信息。高光谱成像技术在医学定量检测^[2]、鉴别生物物质成分中应用广泛,例如在鹿茸真伪识别^[3]、牛肉品种识别^[4]、进口冰鲜牛肉新鲜度指标检测^[5]、五花肉的过氧化值检测^[6]、冷鲜鸡肉热杀索丝菌含量预测^[7]、红肉食用品质检测^[8]等方面,高光谱成像技术都发挥了重要的作用。

在法庭科学领域,高光谱成像技术已在光学无损鉴定方面发挥了重要作用,如文件检验、痕迹检验、人脸识别、生物物证检验、药物检验等^[9]。在血迹检测^[10]中,高光谱成像技术已应用于潜在血迹显现、血迹组分分析、血迹分类识别、血迹陈旧度预测^[11]等方面。在血迹分类识别中,已有多名学者对人、鸡、兔、犬、猫等血迹进行识别^[12-13],但都仅对某物种的全血进行实验,并未对混合血样进行探究。

本文运用高光谱成像技术研究血痕种属,对一些



图1 成像光谱仪的工作流程

Fig. 1 Workflow of imaging spectrometer

高光谱成像仪对待测样本成像时,在一定的波长范围内,由计算机控制的LCFT对待测样本上的一条线进行成像,随后使用分光仪器对该线阵上的每一个像素点进行分光,记录待测样本在每个波长的亮度分布,并在空间成像的同时记录下连续的窄波段光谱通道,获取各个像素点相对应的光谱成分,最终得到一个完整、连续的成百上千个波长段的单色图像组合形成的光谱影像集(cube),即包含目标光谱信息分布情况和目标空间信息分布情况的三维高光谱数据立方体。因此,高光谱图像数据不仅含有常规图像数据的二维空间维信息,还同时拥有数十、成百、上千连续波段的光谱维信息。这种独特的数据表达方式可以从目标图像的对应像元中提取出对应目标物的光谱曲线,这也使得高光谱数据所含有的信息量远远大于常规光学图像数据,这种海量信息内涵的高光谱数据记录了目标物的更多样更细致的理化特性,对目标物的识别提供了更大的帮助^[17]。

2.2 血痕种属鉴定的理论依据

血痕是血液在纺织品、皮革、纸张等载体上凝固而成的,其主要识别成分是血红蛋白,血红蛋白通常以两种方式存在,一种是脱氧血红蛋白(HB),另一种是与氧元素结合,形成的氧合血红蛋白(HBOa)。血液中

疑似血痕迹展开了实验探究,对人血、动物血及其混合血在不同载体上的区分质量进行了等级划分,丰富了血痕种属鉴定的方法体系,也为高光谱成像技术的高效应用提供了参考。

2 实验原理

2.1 高光谱成像系统运行原理

液晶可调波长滤光镜(LCTF)、光学镜头和CCD照相机是成像光谱仪的主要组成部分,由计算机控制的LCTF是成像光谱仪的核心部分,主要用于获取不同波段下待测样本的光谱信息和影像信息,并由此形成三维数据立方体的高光谱图像。CCD相机中的电荷耦合元件是一种敏感度较高的光电转换元件,电荷耦合元件由数百万计的光电二极管紧密排列组成,一般通过半导体进行图像传感,其优势为性能优良,可以完成入射光子的光电信号转换^[14-15]。

成像光谱仪的工作流程如图1所示,光与待测样品相互作用后进入光谱成像仪,通过前置光学系统被光谱分光系统分解成不同波长的近乎连续的谱信号,由对应的光电探测器接收并转换成电信号,实现光电转换,然后通过模数转换,成像光谱仪最终获取到检测样本的原始遥感影像像元亮度(DN)信号值^[16]。

含有一些血红蛋白衍生物,因此可以对其进行光谱分析,分析结果显示,血液在红外区域可呈现出比较完整的吸收带系统^[18]。

血液的颜色(即血红程度)与血红蛋白承载氧气的方式、时间、环境等因素有关,当血红蛋白在空气中发生化学反应时,随着时间推移,血液的颜色由新鲜血痕的鲜红色逐渐变成暗红色、褐色和灰褐色,并在承痕载体上形成陈旧血痕;高温、太阳光照射、沾染灰尘等因素会使血液中的血红蛋白腐败,变成硫化血红蛋白,使血痕迹在承痕载体上呈现淡绿色、墨绿色或者灰褐色。物质光谱曲线是对物质内部成分的可视化,血迹光谱曲线由血迹中各种成分的比重决定,即各种成分依据自身的光谱比重拟合而成的^[19-20],是血红蛋白及其衍生物质的体现。因此不同物种之间的血液内部成分不同,相应的光谱表现就不同。

3 实验研究

3.1 实验材料

选用新鲜的人血若干毫升,针对动物血种类,选取了生活中常见的鸡血和牛血,血液样本来自公安部物证鉴定中心实验用检材,如图2所示。

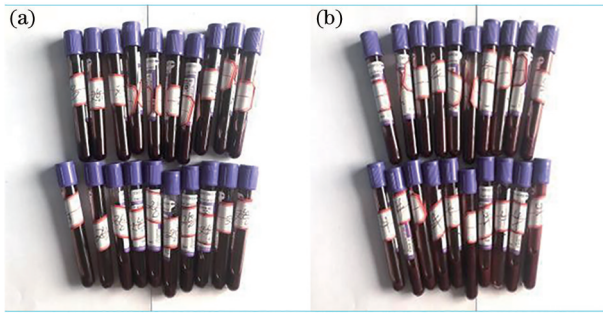


图 2 实验所用材料鸡血和牛血。(a)鸡血;(b)牛血

Fig. 2 Chicken blood and bovine blood used in experiment.
(a) Chicken blood; (b) bovine blood

本实验中,承载血痕的载体选取了暗红色棉麻、黑色麂皮、绿色帆布、棕色皮革、大红色卡纸、信封等 30 种材料,并将其用阿拉伯数字 1~30 按照从小到大的顺序进行编号,具体如表 1 所示。

表 1 实验所用载体信息及编号

Table 1 Information and serial number of carriers used in experiment

Number	Carrier	Color	Number	Carrier	Color
1#	Canvas	Dard Red	16#	Leather	Black
2#	Canvas	White	17#	Leather	Brown
3#	Canvas	Bright Red	18#	Leather	Green
4#	Canvas	Black	19#	Chamois	Dard Red
5#	Canvas	Brown	20#	Chamois	White
6#	Canvas	Green	21#	Chamois	Bright Red
7#	Cotton	Dard Red	22#	Chamois	Black
8#	Cotton	White	23#	Chamois	Brown
9#	Cotton	Bright Red	24#	Chamois	Green
10#	Cotton	Black	25#	Paperboard	Pink
11#	Cotton	Brown	26#	Paperboard	Bright Red
12#	Cotton	Green	27#	Paperboard	Yellow
13#	Leather	Dard Red	28#	Paperboard	Blue
14#	Leather	White	29#	Invoice	White
15#	Leather	Bright Red	30#	Envelope	Brown

3.2 样本制作

在室温下,将人血、鸡血、人鸡混合血分别涂抹在上述 30 种载体上,在每种载体上两两区分人血痕迹与鸡血痕迹、人血痕迹与人鸡混合血痕、鸡血痕迹与人鸡混合血迹,共制备了 90 份比较样本。

3.3 实验方法

实验仪器为搭载 MISystem 3.0 物证鉴定成像光谱影像分析软件的 CRi Nuance 光谱成像仪。对样本中每一种物质赋予伪彩色,每一种取若干像素点进行区域标记,将人血痕迹标记为“红色”,动物血痕迹标记为“绿色”,人血与动物血的混合血痕迹标记为“蓝色”。物距为 82 cm,光圈大小为 f8。自动曝光模式下,在 450 nm~950 nm 波长范围内,步进 1 nm 采集样本光谱

影像集(cube)、光谱曲线图及其对应的光谱数据。

4 实验结果与分析

在光谱曲线图中,两条曲线的相对距离越大,光谱曲线斜率差别越大,两者的亮度值区别越大,对光的反射强度区别越大。传统的质量评估方法通过肉眼观察光谱曲线图中两条曲线的相对距离,人为判断两种物质的区分效果,进而对两种物质的区分效果进行质量评估。这种质量评估方法由于缺乏具体的数值依据,人为的主观因素较强,存在较大误差,因此本实验组基于传统评估方法进一步提取了每一张光谱曲线图的光谱数据,运用统计产品与服务解决方案(SPSS)软件对每一份光谱数据进行 Wilcoxon 秩和检验,得到两种物质的秩均值之差(a),并制作质量评估标准检验两条曲线的差异性,具体如表 2 所示。

表 2 质量评估依据

Table 2 Basis of quality assessment

Degree	Difference of rank mean (a)	Result of assessment
1	$a \leq 15$	-
2	$15 < a \leq 30$	+
3	$a > 30$	++

表 2 将实验结果的区分质量分为 3 个等级:3 级(++)表示某载体上两种血痕迹易于区分,区分能力强,其光谱曲线图中的两条曲线的相对距离大,斜率差异大,亮度值之差大;2 级(+)表示某载体上两种血痕迹可以被区分,但区分能力较弱,其光谱曲线图中的两条曲线的相对距离小,斜率差异小,亮度值之差小;1 级(-)表示某载体上两种血痕迹难以被区分,其光谱曲线图中的两条曲线交叉重叠或相对距离极小,斜率差异极小或无差异,亮度值之差极小。

4.1 鉴别人血、鸡血及其混合血的实验结果

基于高光谱成像技术对人血痕迹、鸡血痕迹、人鸡混合痕迹在每一种载体上均进行两两比较,得到 30 种载体上 90 份待测样本的 90 张光谱曲线图。选取了 5 种载体上的 15 张光谱曲线图进行展示,具体如图 3、表 3、表 4 所示。

在暗红色帆布上两两比较人血痕迹、鸡血痕迹和人鸡混合血痕迹,三份比较性样本的光谱曲线图中曲线间的相对距离极小,曲线交叉重合,秩均值之差皆小于 15,表示三种血痕迹在此种载体上的亮度值之差极小或无差异,质量评估结果均为“-”,区分质量差,难以被区分。

而在棕色棉麻上,人血痕迹与鸡血痕迹、人血痕迹与人鸡混合血痕迹以及鸡血痕迹与人鸡混合血痕迹的光谱曲线图中每两条曲线间的相对距离大,表示光谱斜率差异大,亮度值之差大,秩均值之差均大于 30,质量评估结果均为“++”,三者的区分效果好且直观。

在大红色麂皮上,鸡血痕迹与人鸡混合血痕迹的

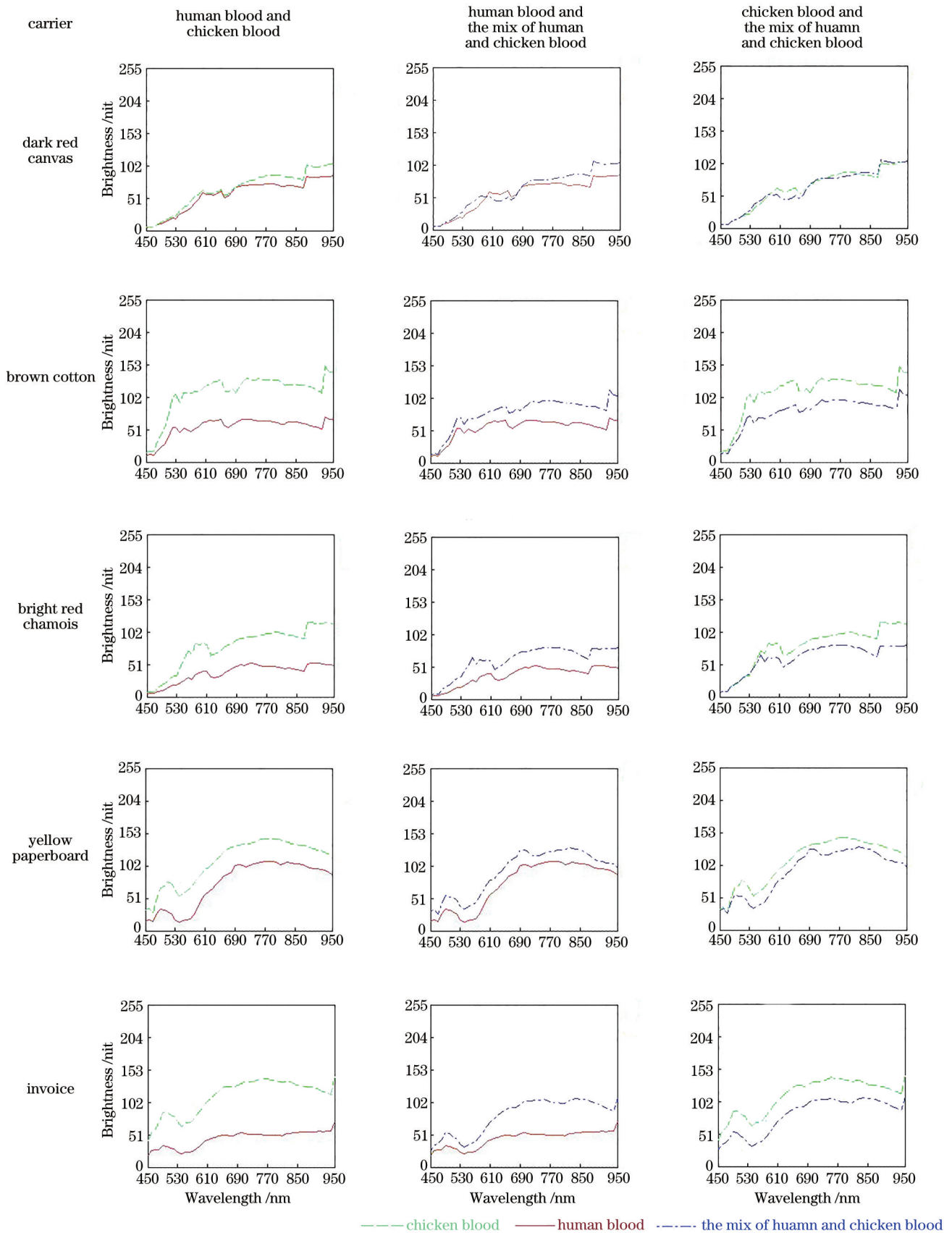


图 3 人血、鸡血及人鸡混合血在五种载体上的光谱曲线图

Fig. 3 Spectral curves of human blood, chicken blood, and mixed human and chicken blood on five carriers

光谱曲线图中曲线间存在一定的相对距离,其秩均值之差为 25.04,小于人血痕迹与鸡血痕迹、人鸡混合血

痕迹的秩均值之差,因此前者的区分质量评估结果为“+”,后两者的结果为“++”,即人血与鸡血、人鸡混

表 3 人血、鸡血以及人鸡混合血在五种载体上的秩均值之差

Table 3 Rank mean difference of human blood, chicken blood, and mixed blood of human and chicken on five vectors

Number	Carrier	Human blood and chicken blood	Human blood and the mix of human and chicken blood	Chicken blood and the mix of human and chicken blood
1	Dark red canvas	10.84	9.16	1.44
2	Brown cotton	40.60	37.36	37.50
3	Bright red chamois	35.36	34.18	25.04
4	Yellow paperboard	27.90	21.24	18.76
5	Invoice	49.00	32.52	29.44

表 4 人血、鸡血及人鸡混合血在五种载体上的质量评估结果

Table 4 Quality assessment results of human blood, chicken blood, and mixed human and chicken blood on five carriers

Number	Carrier	Human blood and chicken blood	Human blood and the mix of human and chicken blood	Chicken blood and the mix of human and chicken blood
1	Dark red canvas	—	—	—
2	Brown cotton	++	++	++
3	Bright red chamois	++	++	+
4	Yellow paperboard	+	+	+
5	Invoice	++	++	+

合血在大红色麂皮上的区分能力强于鸡血与人鸡混合血。

人血痕迹、鸡血痕迹和人鸡混合血痕迹在黄色卡纸上两两比较的秩均值之差及鸡血痕迹与人鸡混合血痕迹在发票纸上的秩均值之差均大于 15 且小于 30, 区分结果均为“+”, 结合图 3 中对应的四张光谱曲线图, 虽曲线间的相对距离较小, 光谱斜率差异小, 亮度值差别较小, 但均可被区分, 区分能力弱于人血痕迹与鸡血痕迹、人鸡混合血痕迹在发票纸上的区分能力(质量评估结果为“++”)。

4.2 基于高光谱成像技术鉴别人血、牛血及其混合血的实验结果

在 30 种在载体上对人血痕迹、牛血痕迹和人牛混合血痕迹这三种血痕迹进行两两比较与区分, 每种载体上制作了三种比较性样本, 共计 90 份实验样本。运用高光谱成像技术鉴定不同血痕、分析实验结果, 并总结区分规律。选取了 5 种载体上 15 份比较性样本的实验结果进行展示与分析, 具体如图 4、表 5、表 6 所示。

人血痕迹与牛血痕迹在大红色帆布等 5 种载体上、人血痕迹与人牛混合血痕迹在大红色帆布和大红色麂皮、牛血痕迹与人牛混合血痕迹在黑色棉麻上的光谱曲线图中, 光谱曲线间的相对距离较于其他曲线图明显较大, 表示这些样本中两种血痕迹的区分效果好, 区分质量较高, 秩均值之差均大于 30, 质量评估结果均为“++”, 它们的光谱斜率之差和亮度值之差均差异较大。

人血痕迹与人牛混合血痕迹在绿色皮革和信封上的光谱曲线图、牛血痕迹与人牛混合血痕迹在大红色帆布、绿色皮革、大红色麂皮和信封上的光谱曲线图中, 光谱曲线间均存在一定的相对距离, 但小于区分质

量评估结果为“++”的实验结果, 它们的秩均值之差均在 15~30 之间, 质量评估结果均为“+”, 表示这些样本中的两种血痕迹可以被区分, 但血痕间的光谱斜率和亮度值差异较小, 区分能力和区分效果均弱于前者所述的。

而人血痕迹与人牛混合血痕迹在黑色棉麻上的光谱曲线图中, 两条光谱曲线交叉重合, 表示两种血痕迹的光谱斜率和亮度值差异极小或无差异, 此实验样本的实验结果不理想, 人血与人牛混合血在此样本上无法被区分, 秩均值之差为 13.04, 小于 15, 质量评估结果为“—”。

4.3 分析

4.3.1 质量评估统计分析

30 种载体上的质量评估统计表如表 7 所示, 人血痕迹和鸡血痕迹在大多数载体上可以被区分, 而在暗红色麂皮、黑色棉麻的质量评估结果为“—”, 光谱曲线图中的两条光谱曲线相对距离极小或重合, 两种血痕迹在上述载体上难以被区分; 人血痕迹与人鸡混合血痕迹在暗红色、白色和绿色帆布、黑色棉麻、暗红色麂皮和粉红色卡纸上难以被区分, 其质量评估结果为“—”; 鸡血痕迹与人鸡混合血痕迹这一比较性样本种类相对前两者区分效果较差, 在暗红色、黑色和棕色帆布、暗红色和黑色棉麻、大红色和黑色皮革、大红色卡纸上均难以被区分。除上述列举的难以被区分的样本情况, 其余样本的区分效果虽有不等, 根据光谱曲线图的相对距离大小可分为“++”“+”两种质量评估结果, 均可以被区分。

人血痕迹与牛血痕迹在 30 种载体上均可以被区分; 人血痕迹与人牛混合血痕迹在大多数载体上可以被区分, 在大红色和黑色棉麻、白色皮革、黑色、棕色和

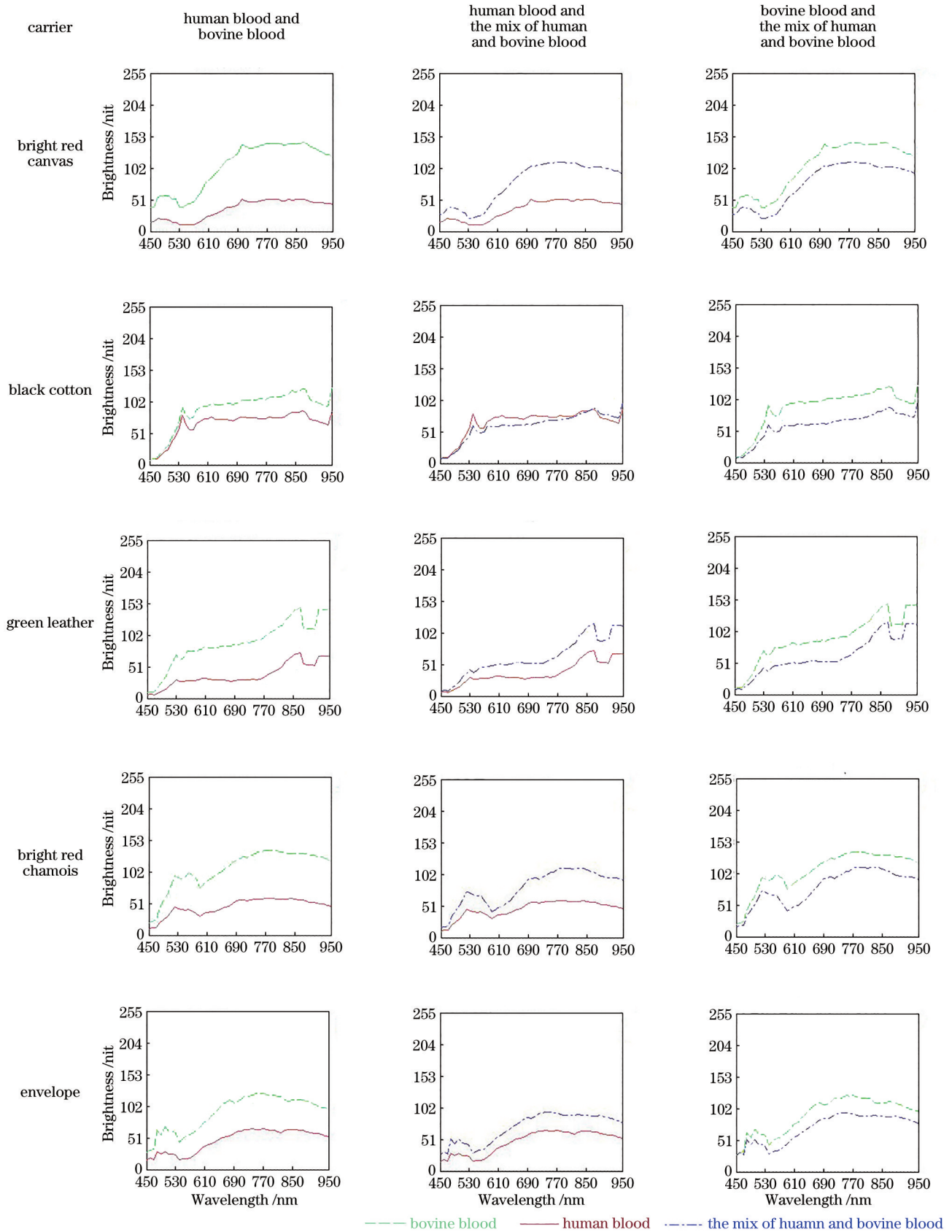


图 4 人血、牛血及人牛混合血在五种载体上的光谱曲线图

Fig. 4 Spectral curves of human blood, bovine blood, and mixed human and bovine blood on five carriers

绿色麂皮上的区分效果差,质量评估结果为“一”;在暗红色帆布、大红色棉麻、黑色和绿色麂皮和蓝色卡纸上,牛血痕迹和人牛混合血痕迹难以被区分,其余载体上均可呈现直观优良的区别效果。

表 5 人血、牛血以及人牛混合血在五种载体上的秩均值之差

Table 5 Rank mean difference of human blood, bovine blood, and mixed human and bovine blood on five vectors

Number	Carrier	Human blood and bovine blood	Human blood and the mix of human and bovine blood	Bovine blood and the mix of human and bovine blood
1	Bright red canvas	43.70	30.14	24.10
2	Black cotton	33.44	13.04	34.30
3	Green leather	39.78	25.74	22.72
4	Bright red chamois	43.50	35.28	26.26
5	Envelope	37.68	27.62	24.84

表 6 人血、牛血及人牛混合血在五种载体上的质量评估结果

Table 6 Quality evaluation results of human blood, bovine blood, and mixed human and bovine blood on five vectors

Number	Carrier	Human blood and bovine blood	Human blood and the mix of human and bovine blood	Bovine blood and the mix of human and bovine blood
1	Bright red canvas	++	++	+
2	Black cotton	++	-	++
3	Green leather	++	+	+
4	Bright red chamois	++	++	+
5	Envelope	++	+	+

表 7 30 种载体上 6 种比较性样本质量评估结果统计表

Table 7 Statistics of quality assessment results of 6 samples on 30 carriers

Number	Human blood and chicken blood	Human blood and the mix of human and chicken blood	Chicken blood and the mix of human and chicken blood	Human blood and bovine blood	Human blood and the mix of human and bovine blood	Bovine blood and the mix of human and bovine blood
1#	-	-	-	++	++	-
2#	++	-	+	++	+	+
3#	+	+	+	++	++	+
4#	+	+	-	++	++	++
5#	+	+	-	++	+	+
6#	+	-	+	++	++	+
7#	++	++	-	++	+	++
8#	++	+	+	++	+	+
9#	++	++	+	+	-	-
10#	-	-	-	++	-	++
11#	++	++	++	++	+	+
12#	++	+	+	++	+	+
13#	++	++	+	++	+	++
14#	++	+	+	+	-	+
15#	++	+	-	++	++	+
16#	+	+	-	++	+	+
17#	++	+	+	++	+	++
18#	++	+	+	++	+	+
19#	++	-	+	++	++	+
20#	++	+	+	++	+	+
21#	++	++	+	++	++	+
22#	++	+	++	+	-	-
23#	++	+	++	+	-	+
24#	++	++	++	+	-	-
25#	+	-	+	++	+	++
26#	+	+	-	++	+	+
27#	+	+	+	++	++	++
28#	++	+	+	+	+	-
29#	++	+	++	++	++	++
30#	++	+	+	+	+	+

根据以上实验结果统可知:在 60 种不同种类不同颜色的载体上,人血迹和鸡血迹的区分率约为 93.33%,人血迹和人鸡混合血迹的区分率约为 80.00%,鸡血迹和人鸡混合血迹的区分率约为 73.33%,如图 5 所示。人血迹和牛血迹的区分率为 100.00%,人血迹和人牛混合血迹的区分率为 80.00%,牛血迹和人牛混合血迹的区分率约为 83.33%,如图 6 所示。

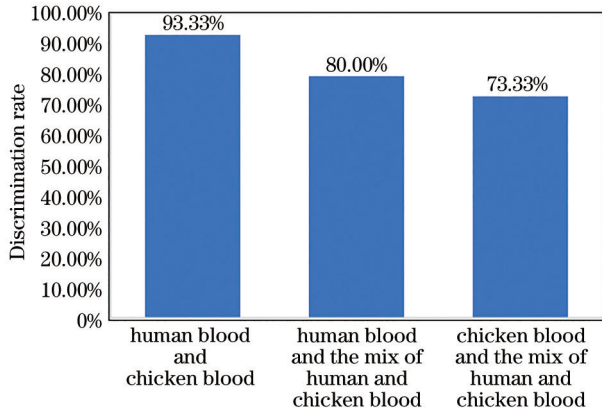


图 5 三种比较性样本在 30 种载体上的区分率

Fig. 5 Differentiation of three comparative samples on 30 vectors

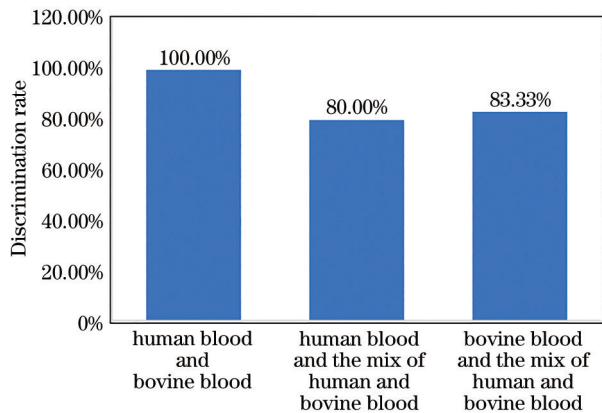


图 6 三种比较性样本在 30 种载体上的区分率

Fig. 6 Differentiation of three comparative samples on 30 vectors

4.3.2 各载体上不同血痕种属的分析

根据各载体的光谱曲线图以及质量评估分析结果可知:

1) 在同一颜色的载体上,两种纯血的秩均值之差大于纯血与混合血的秩均值之差。不同物种的血液内部成分及其比重不同,在光谱曲线图中呈现出的反射率亦不同,即亮度值亦不同。对于两纯种血迹的亮度差明显,而对于纯种血与含有该纯种血的混合血的亮度差会降低,原因在于两纯种血混合后,血液成分被平均,致使混合血的血液成分趋于两纯种血之间,则其反射率曲线(亮度值曲线)也在两纯种血之间,纯种血与混合血的曲线间距小于两纯种血之间的曲线间距,则二者秩均值之差降低。

2) 在控制变量实验中,同源血迹、同一载体、不同载体颜色秩均值之差不同;同源血迹、同一载体颜色、不同载体秩均值之差不同;同一载体、同一载体颜色、不同源血迹秩均值之差不同。

不同物质对光的反射能力是不同的,某一变量发生改变都会使光谱曲线走势发生变化。在不同颜色的同一载体上,同源血迹的反射光曲线不同,是由于不同颜色对光的吸收波段不同。在同一颜色的同一载体上,不同源血迹的反射光亮度值走势相似,仅反射或者吸收的程度有差异;在同一颜色的不同载体上,同源血迹的反射光亮度值不同,这是由于高光谱成像所呈现的光谱曲线图是对样本区域成分组成的反映,其成分必包含载体的成分,因此不同源血迹的反射光亮度值曲线必不同,不同载体也会影响血迹光谱曲线图。由于存在载体、载体颜色、血源三个变量,所得到的高光谱曲线图是对以上三个变量的光谱综合信息,所以对血迹高光谱进行图像解混分析是进一步量化标准的研究重点。

5 结 论

刑事案件中,最常见的物证是血迹,血迹作为犯罪现场中的重要物证,具有稳定客观的信息表达能力,同时也易受到外界因素的干扰。本实验组选取了人血、鸡血及其混合血在 5 种载体上的 15 张光谱曲线图和人血、牛血及其混合血在 5 种载体上的 15 张光谱曲线图,运用光谱曲线间的秩均值之差和质量评估结果结合光谱曲线图进行综合分析论证,实验结果表明了所使用的质量评估依据的准确性。并进一步分析人血、鸡血及其混合血和人血、牛血及其混合血这六种比较性样本在 30 种载体上的实验结果,统计区分率、总结规律。并在以上分析的基础上增添了对数据的进一步的分析,包含了对不同载体、不同载体的颜色、不同源血迹其秩均值之差的总结以及其原因。基于高光谱成像技术鉴别人血和动物血及其混合血的实验有较为理想的实验结果,三种血痕在大多数载体上均可被区分,且区分率均在 70% 以上,且同一载体上的曲线相似,对血迹高光谱进行图像解混分析是下一步量化标准的研究重点。此研究方法可在血迹鉴定领域进一步推广使用。

但本实验也存在如对某种血痕本身的识别和鉴定的数据支撑不够充分、存在主观判断等局限性,后续可对数据进一步分析,找出可以明显区分的每个谱线,以更加科学合理的数据支撑总结运用高光谱成像技术鉴定血痕的规律;也可提取样本的光谱数据结合主成分分析(PCA)等技术探究鉴定规律。

参 考 文 献

[1] 庄园,高树辉,黄威,等.基于高光谱成像技术的血迹检测及血指印可视化研究[J].中国人民公安大学学报(自然科学版),2021,27(1):1-9.
Zhuang Y, Gao S H, Huang W, et al. Search on blood

- stain detection and blood fingerprints visualization based on hyper-spectral imaging technology[J]. Journal of People's Public Security University of China (Science and Technology), 2021, 27(1): 1-9.
- [2] Willenbacher E, Brunner A, Willenbacher W, et al. Visible and near-infrared hyperspectral imaging techniques allow the reliable quantification of prognostic markers in lymphomas: a pilot study using the Ki67 proliferation index as an example[J]. Experimental Hematology, 2020, 91: 55-64.
- [3] 胡翠英, 刘传明, 孟庆霞, 等. 光谱成像法鉴别鹿茸真伪的研究[J]. 中国医院药学杂志, 2014, 34(20): 1751-1753, 1784.
Hu C Y, Liu C M, Meng Q X, et al. Identification of pilose antler by spectral imaging technology[J]. Chinese Journal of Hospital Pharmacy, 2014, 34(20): 1751-1753, 1784.
- [4] 王彩霞, 王松磊, 贺晓光, 等. 高光谱技术融合图像信息的牛肉品种识别方法研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2020, 40(3): 911-916.
Wang C X, Wang S L, He X G, et al. The identification of beef varieties by fusing image information based on hyperspectral image technology[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2020, 40(3): 911-916.
- [5] 孙宗保, 梁黎明, 闫晓静, 等. 基于高光谱成像技术的进口冰鲜牛肉新鲜度指标检测[J]. 食品科学, 2020, 41(22): 315-323.
Sun Z B, Liang L M, Yan X J, et al. Detection of freshness indexes of imported chilled beef using hyperspectral imaging technology[J]. Food Science, 2020, 41(22): 315-323.
- [6] 何鸿举, 王洋洋, 王魏, 等. NIR 高光谱成像技术联用 SPA 算法快速检测五花肉的过氧化值[J]. 食品工业科技, 2020, 41(8): 236-241.
He H J, Wang Y Y, Wang W, et al. NIR hyperspectral imaging combined with SPA algorithm for the rapid detection of peroxidation value of pork belly[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(8): 236-241.
- [7] 何鸿举, 蒋圣启, 马汉军, 等. 基于 NIR 高光谱技术快速预测冷鲜鸡肉热杀索丝菌含量[J]. 食品工业科技, 2020, 41(13): 241-246, 252.
He H J, Jiang S Q, Ma H J, et al. NIR hyperspectral imaging technology for rapid prediction of brochothrix thermosphacta in fresh chilled chicken[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(13): 241-246, 252.
- [8] 崔莹莹, 杨铭铎, 方伟佳, 等. 高光谱成像技术在红肉食用品质检测中的应用研究进展[J]. 肉类研究, 2019, 33(6): 70-76.
Cui Y Y, Yang M D, Fang W J, et al. A review of application of hyperspectral imaging technology in quality detection of red meat[J]. Meat Research, 2019, 33(6): 70-76.
- [9] 孟海洋, 赵森, 杨志超. 基于高光谱成像技术下的物证鉴定领域的研究综述[J]. 科教文汇(上旬刊), 2019(11): 97-99.
Meng H Y, Zhao S, Yang Z C. Review of research on the field of evidence identification based on hyperspectral imaging technology[J]. The Science Education Article Collects, 2019(11): 97-99.
- [10] Zhao Y F, Hu N N, Wang Y N, et al. The application of near-infrared reflectance hyperspectral imaging for the detection and extraction of bloodstains[J]. Cluster Computing, 2019, 22(4): 8453-8461.
- [11] 孙威, 陈蕊丽, 骆建新. 应用于血迹检测的高光谱成像技术研究综述[J]. 激光与光电子学进展, 2021, 58(6): 0600007.
Sun W, Chen R L, Luo J X. Review of research on hyperspectral imaging technology applied to bloodstain detection applications[J]. Laser & Optoelectronics Progress, 2021, 58(6): 0600007.
- [12] 万雄, 王建, 刘鹏希, 等. 近红外透射光谱的动物全血鉴别[J]. 光谱学与光谱分析, 2016, 36(1): 80-83.
Wan X, Wang J, Liu P X, et al. Identification of animal whole blood based on near infrared transmission spectroscopy[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2016, 36(1): 80-83.
- [13] 李成成, 赵明富, 汤斌, 等. 高光谱技术在血迹分类识别中的应用[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2019, 17(3): 489-494.
Li C C, Zhao M F, Tang B, et al. Application of hyperspectral technology in classification and recognition of bloodstains[J]. Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology, 2019, 17(3): 489-494.
- [14] 冯迪, 纪建伟, 张莉, 等. 苹果品质高光谱成像检测技术研究进展[J]. 食品工业科技, 2017, 38(10): 389-394, 399.
Feng D, Ji J W, Zhang L, et al. Progress of hyperspectral imaging detection technology in apple quality[J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(10): 389-394, 399.
- [15] 陈锦伟, 冯华君, 徐之海. CCD 彩色插值的 MTF 退化研究[J]. 浙江大学学报(工学版), 2011, 45(11): 2063-2067.
Chen J W, Feng H J, Xu Z H. MTF degeneration research of color CCD interpolation[J]. Journal of Zhejiang University (Engineering Science), 2011, 45(11): 2063-2067.
- [16] Duchateau N J. A comparative study of oxyhemoglobin and cyanmethemoglobin determinations by photometric and spectrophotometric methods[J]. The American Journal of Medical Technology, 1957, 23(1): 17-26.
- [17] 胡楠楠. 基于高光谱成像技术的血迹检测研究[D]. 济南: 山东师范大学, 2019.
Hu N N. Research on blood stain detection based on hyper-spectral imaging technology[D]. Jinan: Shandong Normal University, 2019.
- [18] Bremmer R H, de Bruin D M, de Joode M, et al. Biphasic oxidation of oxy-hemoglobin in bloodstains[J]. PLoS One, 2011, 6(7): e21845.
- [19] Bremmer R H, Kanick S C, Laan N, et al. Non-contact spectroscopic determination of large blood volume fractions in turbid media[J]. Biomedical Optics Express, 2011, 2(2): 396-407.
- [20] Edelman G J, Gaston E, van Leeuwen T G, et al. Hyperspectral imaging for non-contact analysis of forensic traces[J]. Forensic Science International, 2012, 223(1/2/3): 28-39.