

图像清晰度计算结果与人眼的主观感受的图像清晰度变化一致, 满足无偏性要求; 除 Tenengrad 算法外, 其余算法计算结果均不相同, 且区分度较好, 满足灵敏性要求; 表 1 为 5 种清晰度评价函数在 5 个聚焦位置进行 50 组实验的平均运行时间, 从表 1 可以看出每个算法对单张图片的运算时间都控制在 1 秒以内, 所以能够满足实时性要求。

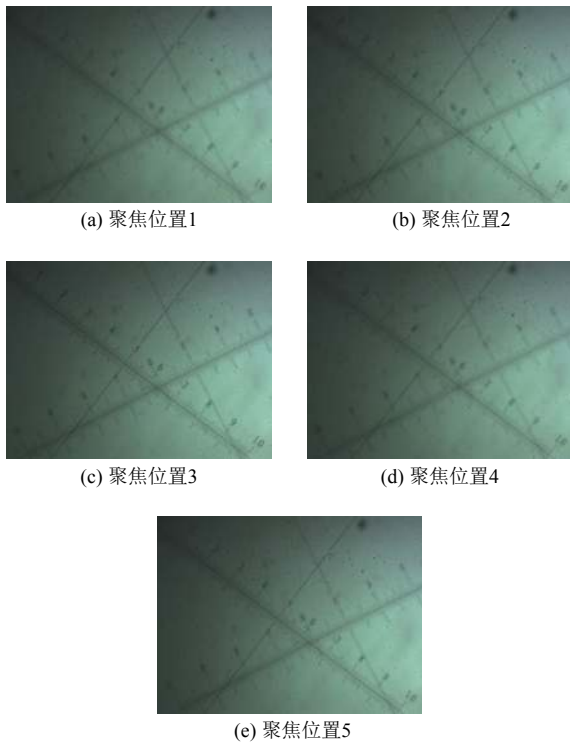


图 6 不同焦距图像

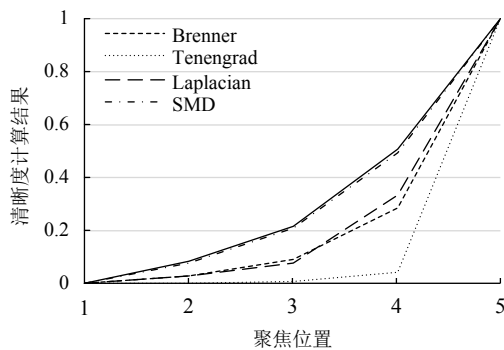


图 7 不同焦距图像计算结果

2.3 实验 2. 算法与放大倍率的无关性

为了比较 5 种算法计算结果与图像放大倍率的无关性, 实验 2 为: 在同一光照条件下, 改变裂隙灯转鼓的放大倍率并保持不变, 重复实验 1 中 5 个焦距位置,

得到不同清晰度的图像, 如图 8。然后运行程序对 5 幅图像进行单独评价, 将 5 种算法计算得出的结果在不同尺度下进行归一化, 如图 9。

表 1 不同算法单次运行时间 (单位: ms)

算法	焦距位置					均值
	1	2	3	4	5	
Brenner	105	105	105	102	109	105
Tenengrad	471	478	475	454	482	472
Laplacian	36	37	37	41	39	38
SMD	143	144	149	145	146	145
EVA	605	601	603	605	611	605

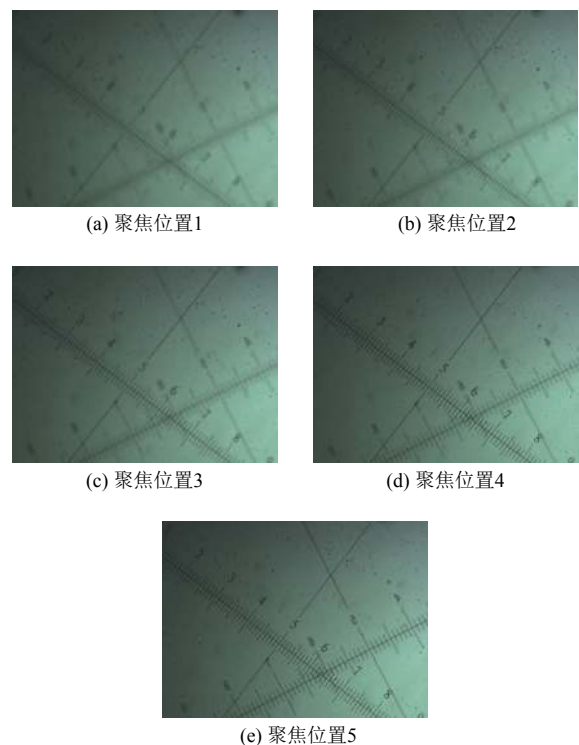


图 8 放大图像

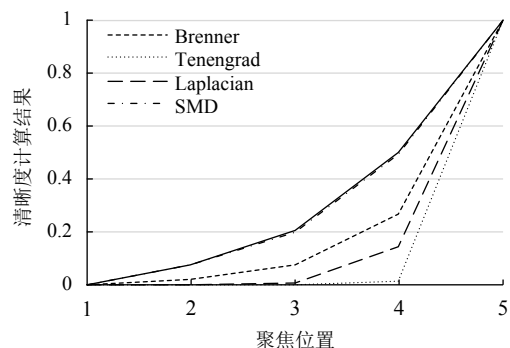


图 9 放大图像计算结果

对于实验 2, 人眼的主观感受由聚焦位置 1 到聚焦位置 5, 清晰度依次上升. 实验所选取的 5 种清晰度算

法的计算结果都只在聚焦位置 5 处达到极值, 满足单峰性要求; 转鼓图像清晰度计算结果与人眼的主观感受的图像清晰度变化一致, 满足无偏性要求; 除 Tenengrad 算法外, 其余算法计算结果均不相同, 且区分度较好, 满足灵敏性要求; 单次运行时间与表 1 相差不大, 每个算法对单张图片的运算时间都控制在 1 秒以内, 所以能够满足实时性要求。

2.4 实验 3. 算法与光照条件的无关性

为了比较 5 种算法计算结果与图像的光照条件, 即图像亮度的无关性, 实验 3 为: 在同一放大倍率下, 将光源亮度改变并保持不变, 重复实验 1 中 5 个焦距位置, 得到不同清晰度的图像, 如图 10。然后将计算得出的结果在不同尺度下进行归一化, 如图 11。

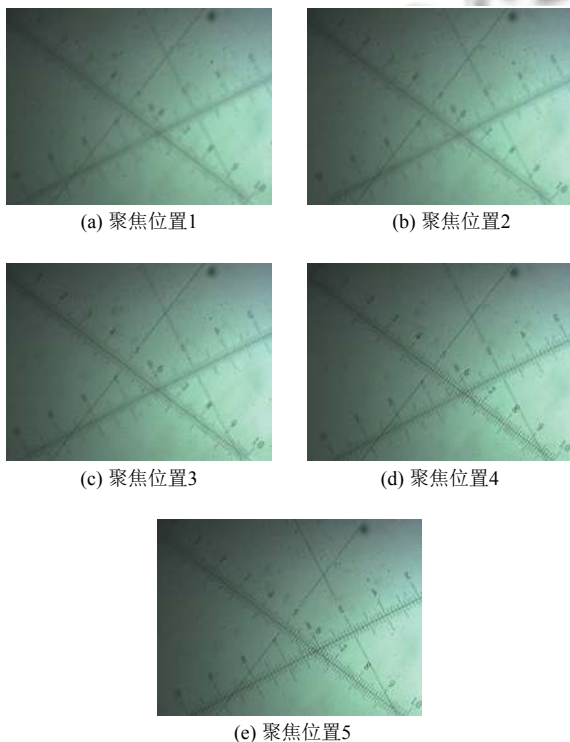


图 10 亮度增强图像

对于实验 3, 人眼的主观感受由聚焦位置 1 到聚焦位置 5, 清晰度依次上升。实验结果表明选取的算法都只在聚焦位置 5 处达到极值, 满足单峰性要求; 转鼓图像清晰度计算结果与人眼的主观感受的图像清晰度变化一致, 满足无偏性要求; 除 Tenengrad 算法外, 其余算法计算结果均不相同, 且区分度较好, 满足灵敏性要求; 单次运行时间与表 1 相差不大, 每个算法对单张图片的运算时间都控制在 1 秒以内, 所以能够满足实时性要求。

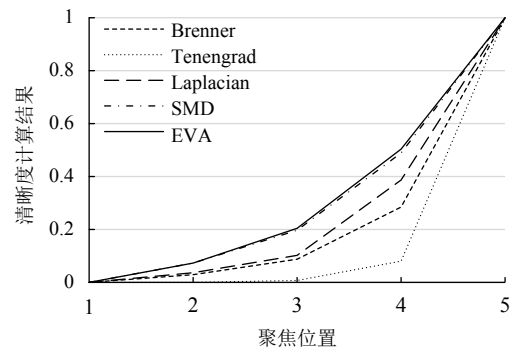


图 11 亮度增强图像计算结果

3 结语

本文为了解决在传统裂隙灯转鼓装校生产线上, 由于人眼评价存在主观性和随机性等问题, 对当前较为常用的、具有代表性的几种基于空域的清晰度评价算法的原理定义和特点进行了详细的描述, 并搭建实验平台, 设计图像处理软件, 通过 3 组实验综合分析和对比了这算法对实际生产线上转鼓图像的适用情况。结果表明除 Tenengrad 算法在灵敏性方面不能满足实际要求外, 其余 4 种算法都能满足要求。而 4 种满足要求的算法当中, 又因为 EVA 算法在不同光照条件、不同放大倍率条件下所表现出更高的灵敏性, 能够区分轻微离焦状态, 更适合作为转鼓数字化装校系统图像清晰度评价算法而采用。本文的研究可运用于实际的裂隙灯转鼓装校生产线, 以提高转鼓的装校质量。

参考文献

- Li YK, Yu TS, Li BX. Simultaneous event localization and recognition in surveillance video. 2018 15th IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance. Auckland, New Zealand. 2018. 1-6.
- Chandler DM. Seven challenges in image quality assessment: Past, present, and future research. ISRN Signal Processing, 2013, 2013: 905685.
- 褚江, 陈强, 杨曦晨. 全参考图像质量评价综述. 计算机应用研究, 2014, 31(1): 13-22. [doi: 10.3969/j.issn.1001-3695.2014.01.003]
- 赵旦峰, 王博, 李明. 基于空域特征的无参考图像质量评价算法. 计算机工程与应用, 2016, 52(12): 216-220. [doi: 10.3778/j.issn.1002-8331.1409-0232]
- Chen LL, Han M, Wan HL. The fast iris image clarity evaluation based on Brenner. 20132nd International Symposium on Instrumentation and Measurement, Sensor

- Network and Automation. Toronto, ON, Canada. 2013.
- 6 李祚林, 李晓辉, 马灵玲, 等. 面向无参考图像的清晰度评价方法研究. 遥感技术与应用, 2011, 26(2): 239–246.
 - 7 王健, 陈洪斌, 周国忠, 等. 改进的 Brenner 图像清晰度评价算法. 光子学报, 2012, 41(7): 855–858.
 - 8 Redondo R, Bueno G, Valdiviezo JC, *et al.* Autofocus evaluation for brightfield microscopy pathology. *Journal of Biomedical Optics*, 2012, 17(3): 036008. [doi: 10.1117/1.JBO.17.3.036008]
 - 9 陈亮, 李卫军, 湛琛, 等. 数字图像清晰度评价函数的通用评价能力研究. 计算机工程与应用, 2013, 49(14): 152–155, 235. [doi: 10.3778/j.issn.1002-8331.1202-0442]
 - 10 朱晨旭. DNA 芯片电泳检测中的自动对焦和定位研究[硕士学位论文]. 南京: 东南大学, 2015.
 - 11 崔作龙, 徐长松. 图像清晰度的量化测量探究. 实验技术与管理, 2012, 29(5): 49–51. [doi: 10.3969/j.issn.1002-4956.2012.05.014]
 - 12 Trent1985. 无参考图像清晰度评价. <https://blog.csdn.net/Trent1985/article/details/50904173>. [2016-03-16].
 - 13 王昕, 刘畅. 基于提升小波变换的图像清晰度评价算法. 东北师大学报: 自然科学版, 2009, 41(4): 52–57.
 - 14 潘雪娟, 朱尤攀, 浦恩昌, 等. 基于熵的自动聚焦图像清晰度评价函数仿真分析. 红外技术, 2016, 38(10): 838–844. [doi: 10.11846/j.issn.1001_8891.201610005]
 - 15 徐贵力, 刘小霞, 田裕鹏, 等. 一种图像清晰度评价方法. 红外与激光工程, 2009, 38(1): 180–184. [doi: 10.3969/j.issn.1007-2276.2009.01.039]
 - 16 王鸿南, 钟文, 汪静, 等. 图像清晰度评价方法研究. 中国图象图形学报, 2004, 9(7): 828–831. [doi: 10.3969/j.issn.1006-8961.2004.07.011]
 - 17 魏红生, 何建农. 基于点锐度法和小波变换的图像融合方法. 计算机工程, 2010, 36(23): 204–206. [doi: 10.3969/j.issn.1000-3428.2010.23.068]
 - 18 袁珂, 徐蔚鸿. 基于图像清晰度评价的摄像头辅助调焦系统. 光电工程, 2006, 33(1): 141–144. [doi: 10.3969/j.issn.1003-501X.2006.01.034]
 - 19 范媛媛. 光测设备电视图像无参考质量评价方法的研究[博士学位论文]. 长春: 中国科学院研究生院(长春光学精密机械与物理研究所), 2011.