

The Automatic Extraction Method of the Pore of the Rock Casting Body Image

He Dai¹, Qizhi Teng¹, Zengmin Lun²

¹Institute of Image Information, College of Electronics and Information Engineer, Sichuan University, Chengdu Sichuan

²State Key Laboratory of Shale Oil and Gas Enrichment Mechanisms and Effective Development, Research Institute of Petroleum Exploration and Production, Sinopec, Beijing
Email: 923613093@qq.com

Received: Dec. 3rd, 2016; accepted: Dec. 17th, 2016; published: Dec. 22nd, 2016

Copyright © 2017 by authors 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

Abstract

To solve the problems of time consuming and low efficiency in the traditional extraction of pore analysis from rock casting body image, an entirely new method of extraction of pore analysis from rock casting body image was proposed. Firstly, the rock casting body, which is produced by the pigmented resin or liquid glue, has a certain color, such as dark blue, light blue, dark red, light red and so on. The different characteristic regions have a certain concentration of H components by the analysis of the characteristic region. Secondly, using sample training, that is to say, the threshold value of the H components of the sample characteristic region is calculated. Finally, by using the threshold value of the H components, the same batch of rock casting body image can be extracted directly. In this way, we can realize the automatic extraction of the pore of the rock casting body image.

Keywords

Rock Casting Body, H Components, Sample Training, Automatic Extraction

岩石铸体薄片图像孔隙自动提取方法

代 贺¹, 滕奇志¹, 伦增珉²

¹四川大学电子信息学院, 图像信息研究所, 四川 成都

²中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院, 页岩油气富集机理与有效开发国家重点实验室, 北京

文章引用: 代贺, 滕奇志, 伦增珉. 岩石铸体薄片图像孔隙自动提取方法[J]. 图像与信号处理, 2017, 6(1): 17-28.
<http://dx.doi.org/10.12677/jisp.2017.61003>

摘 要

针对传统岩石铸体薄片图像孔隙提取耗时、效率低的问题,提出了一种自动快速提取方法。首先,由于采用染色树脂或液态胶加工生成的铸体薄片其特征区域均有一定的颜色,例如:深蓝、浅蓝、深红、浅红等,通过对铸体薄片特征区域颜色的分析发现不同颜色的铸体薄片其彩色空间H(色调)分量分布具有一定的集中性;其次,采用样本训练,即计算出样本特征区域的H分量的阈值;最后,利用该阈值对同批铸体薄片图像进行直接提取即可。这样就实现了岩石铸体薄片图像的孔隙自动提取。

关键词

岩石铸体薄片, H分量, 样本训练, 自动提取

1. 引言

孔隙结构特征(如:孔隙度、孔径分布、喉道宽度、配位数等)是评价储层质量和特性的重要参数,对于这个参数的确定是在进行储量计算、编制开发方案过程中的重要一环。随着科技的进步,评价一个地区的石油储层质量与特性,已不再是依赖通过将标本切割成薄片然后进行镜下鉴定,而是使用铸体偏光图像为基础的图像分析技术,在铸体图像的基础上准确的获得孔隙度的决定性条件是准确的进行孔隙提取。孔隙提取是孔隙分析与识别的首要问题,决定最终的孔隙分析质量和孔隙识别的判别结果,因此对岩石铸体薄片图像孔隙区域的快速、有效的提取具有十分重要的意义。

对岩石铸体薄片图像进行孔隙提取,也即对该图像进行分割。常用的图像分割算法包括:阈值分割、区域生长、边缘检测。其中阈值分割法是针对图像彩色空间找出图像的阈值范围进行分割,主要包括双峰法[1][2]、Otsu 算法[3][4],前者是针对图像中目标与背景的灰度级有较大差别,而对有些岩石铸体薄片图像而言的其差别不是很明显,后者对噪声和目标大小十分敏感,它仅对类间方差为单峰的图像产生较好的分割效果,而有的岩石铸体薄片图像目标与背景的大小比例悬殊,类间方差准则函数呈现为双峰或多峰;区域生长法[5]是通过选取种子点,将与每个种子点有相似属性的灰度级、纹理等相邻像素合并到此区域,但是该方法的计算量大,而且有些岩石铸体薄片图像的噪声和灰度分布不均,这样会导致空洞和过分割;边缘检测法[6][7][8]通过检测灰度级或者结构具有突变的地方,表明一个区域的终结,也即是另一个区域的开始,利用此特性进行图像分割,但是对去除噪声和边缘定位精度不能同时兼顾。

针对以上问题,同时由于同一批样本薄片的孔隙区域的颜色是相同的这一共性,本文提出了岩石铸体薄片图像的孔隙自动提取方法,从微观层面对同一批样本岩石薄片进行研究,找到共有特征,然后通过这种共有特征对铸体图像进行快速、有效的提取,提高工作效率。

2. 薄片图像颜色特征分析

2.1. RGB 彩色空间分割

利用 RGB 彩色空间分割是一种普遍适用的方法,在分割时首先选定具有代表性的彩色样点集(即 RGB 各分量的范围),然后图片中属于该范围的像素点即为要提取的像素点(如图 1)。

图 1 中阴影部分即为选定的代表性的彩色样点集，通过 RGB 彩色模型空间对图 2 进行孔隙提取。

针对图 2 首先提取孔隙特征区域样本观察各个样本 R 分量、G 分量、B 分量分布范围，然后用该范围适用于整张图片进行孔隙特征区域提取。因此首先得到图 3 四个样本区域。

然后得到图 3 中每个样本区域的 R 分量、G 分量、B 分量的直方图，如图 4。

观察图 4 各个样本区域的直方图，四个样本区域的 R 分量、G 分量、B 分量各自比较集中，具体分析得到各个分量的范围：R 分量为[199,246]、G 分量为[129,162]、B 分量为[128,165]。

图 5 中(1)是指的原图，(2)表示运用得到的 RGB 分量范围分割后的二值化图，(3)表示在第一次分割的基础上对剩余的目标区域进行二次样本提取、分析得到的 RGB 分量范围，然后在(2)的基础上进行分割的图片。观察(1)与(2)，虽然一部分目标区域被提取出来，但是有很多还没有被提取到。(3)中虽然将目标区域基本提取出来，但是很多非目标区域也被提取在内，分析二次提取时提取到的目标区域与被提取到的非目标区域，得到样本。

通过分析图 6 中(1)非样本区域与(2)样本区域，虽然通过肉眼观察其颜色相差但是其 RGB 各分量范围却十分相近，因此在岩石铸体图片提取分割过程中不适用 RGB 模型空间的分割方法。

2.2. 薄片图像的 HLS 彩色模型

HLS 颜色空间是基于人的心里感知角度建立的[9]，它是用色调(Hue)、亮度(Intensity)、以及饱和度

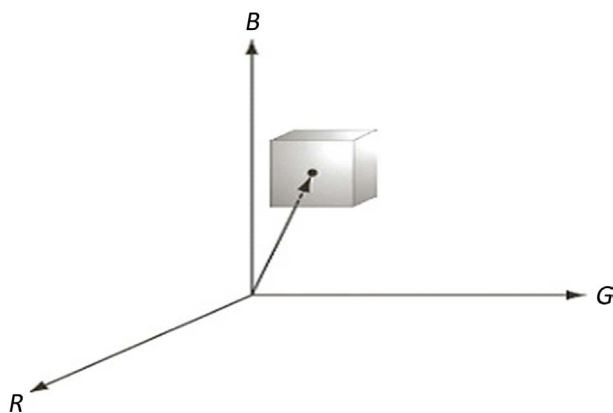


Figure 1. Pixel points in the coordinate system to meet the range of RGB components

图 1. 坐标系中满足 RGB 各分量范围的像素点

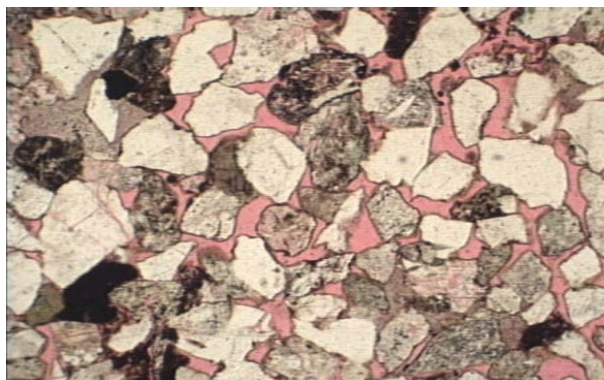


Figure 2. Casting sheet image

图 2. 铸体薄片图像

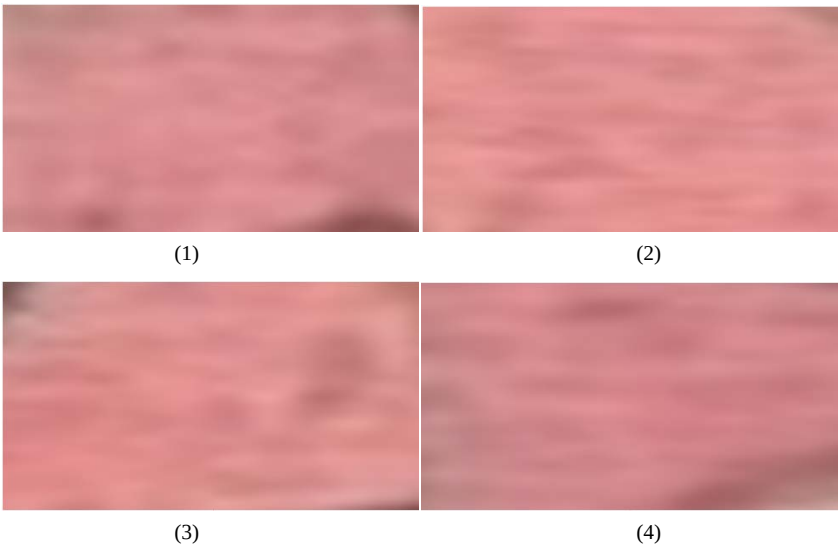


Figure 3. Sample region of casting sheet image
图 3. 铸体薄片图像的样本区域

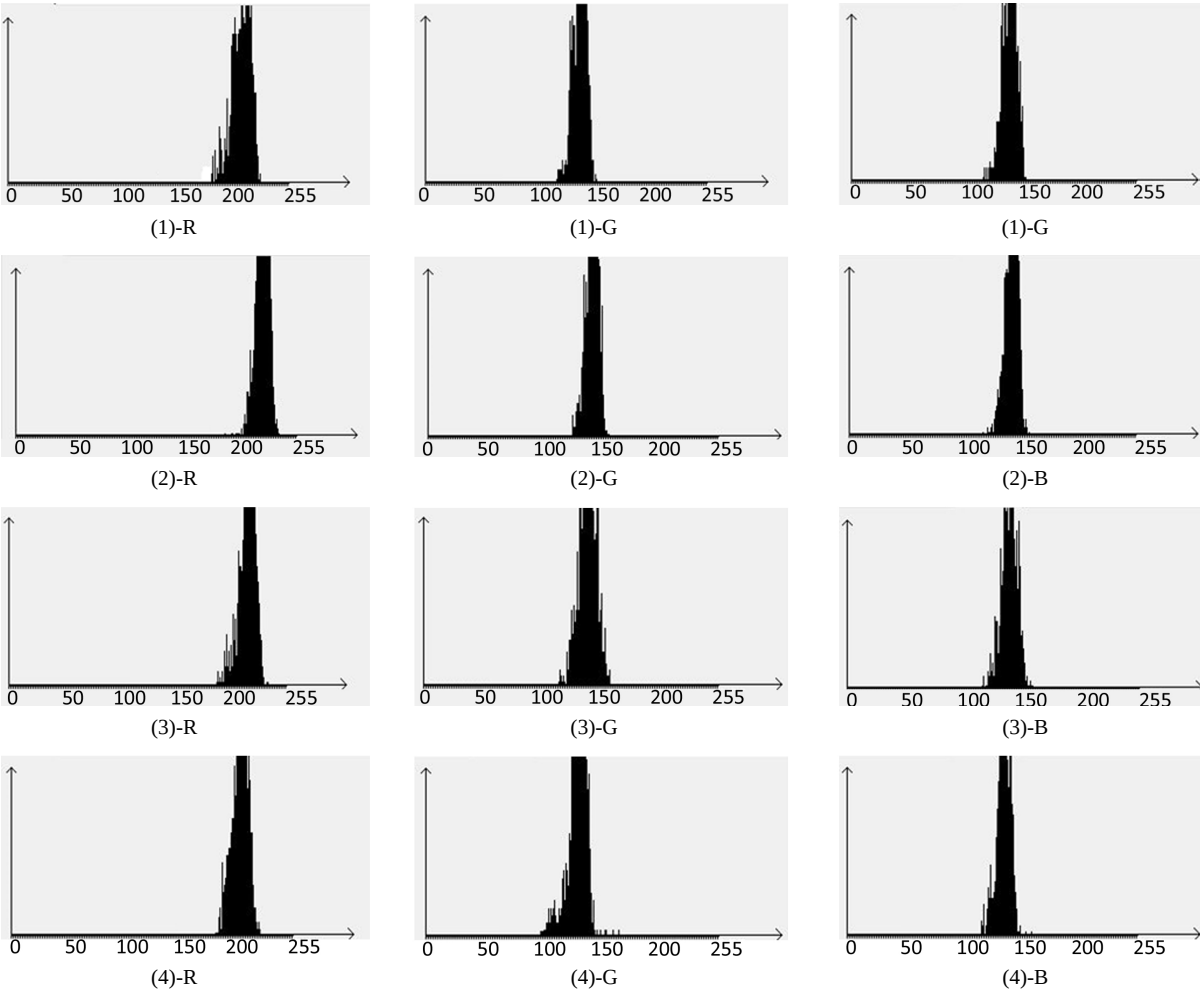


Figure 4. Histogram distribution sample region
图 4. 样本区域直方图分布

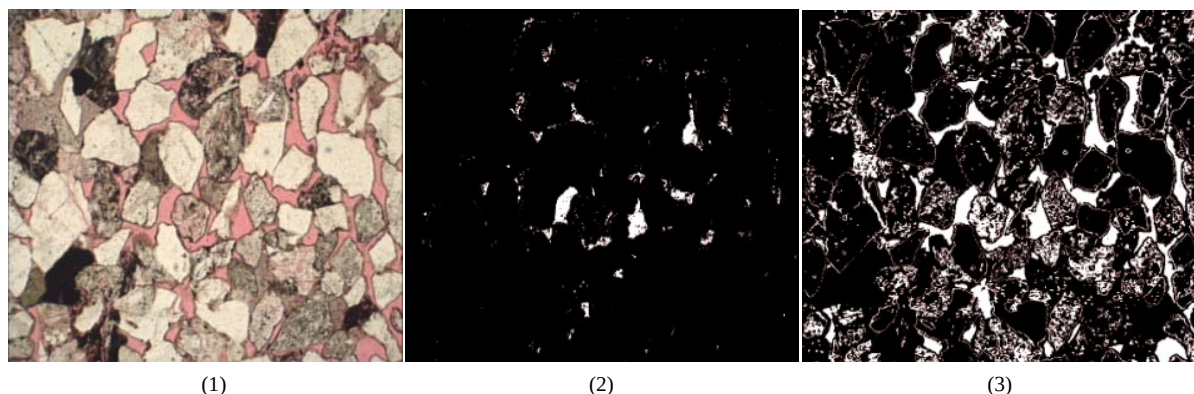


Figure 5. Comparison of split effect of casting thin sheet

图 5. 铸体薄片分割效果对比图



Figure 6. Cast sheet image sample and non sample region

图 6. 铸体薄片图像样本与非样本区域

(Saturation)来描述色彩。通过圆锥空间模型来描述，它可以很好地把色调、亮度和饱和度的变化情形表现得很清楚，并且在图像处理中可以更好的描述一种颜色。

2.2.1. 色度分量特征

H 通道是色调分量，描述一种纯色的颜色属性[10]，根据 H 的变化可以快速的锁定颜色相似的区域，即可以通过该通道找到特定颜色的区域。因此首先针对岩石铸体薄片图像的特征区域进行直方图分析，找到 H 分量的分布、变化情况。

通过对类似于图 7 中同一批样、不同拍照环境下的岩石铸体薄片图像进行孔隙区域的样本提取。

得到孔隙区域的八个矩形样本(图 8)。

对这八个孔隙区域矩形样本进行直方图分析，得到 H 分量的直方图如图 9。

图 9 中各个直方图中 H 分量分布范围已经归一化到[0~255]区间，分析这八个直方图得到八个矩形样本的 H 分量分布比较集中，并且主要集中分布在[125~150]的大体范围内，因此同一批样的岩石铸体薄片图像的孔隙区域 H 分量分布范围是比较集中的。

2.2.2. 亮度、饱和度分量

在 HLS 颜色空间中，L 通道是亮度分量，体现了无色的强度概念[10]，并且是描述色彩感觉的关键因子之一；S 通道是饱和度分量，是一种纯色被白光的稀释程度的度量[10]，标定了颜色的鲜明与否。因此有必要对孔隙区域的 L、S 分量进行直方图分析，观察其分布情况。

再次分析图 9 中八个孔隙区域，得到 L、S 分量的直方图如图 10、图 11。

图 10 中(1)、(2)的 L 分量变化范围比较相似主要集中在[25,75]区间，(3)、(6)变化范围比较相似主要集中在[100,150]区间，(4)、(7)、(8)变化范围比较相似主要集中在[50,150]区间，(5)变化范围集中在[50,100]区间；图 11 中(1)、(2)的 S 分量的变化范围比较相似主要集中在[150,200]区间，(3)、(6)变化范围比较相

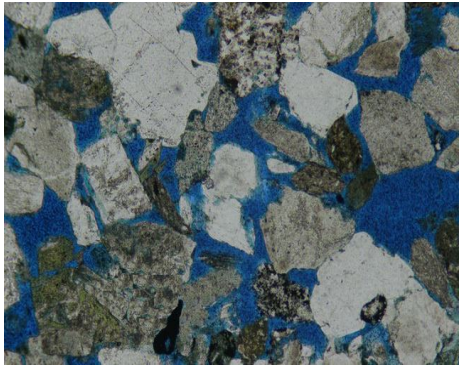


Figure 7. Casting sheet image
图 7. 岩石铸体薄片图像

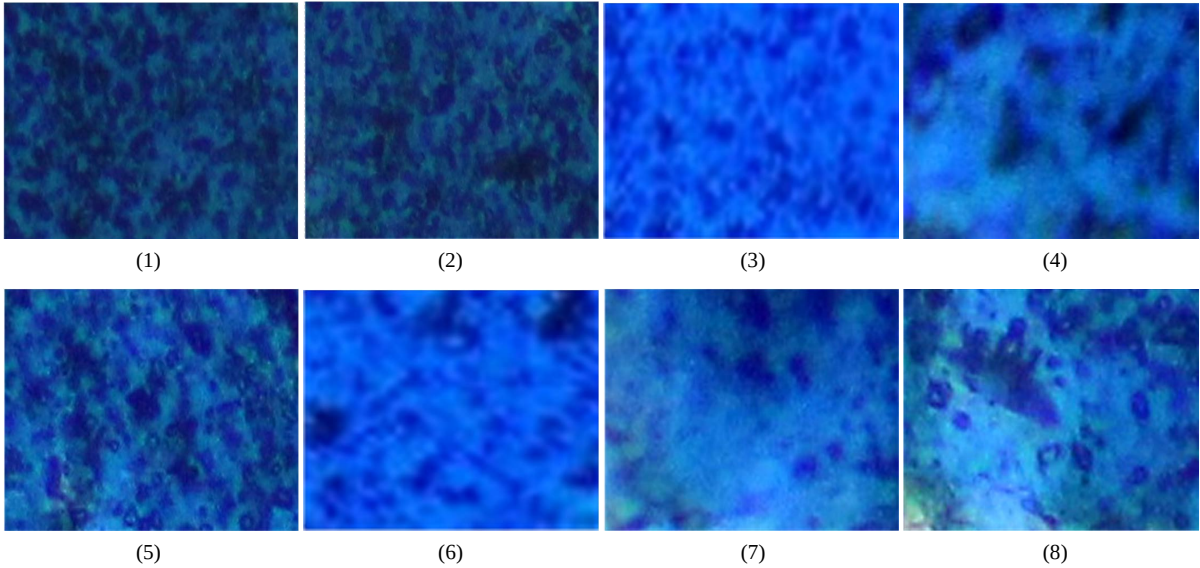


Figure 8. Sample region of casting sheet image
图 8. 孔隙区域样本

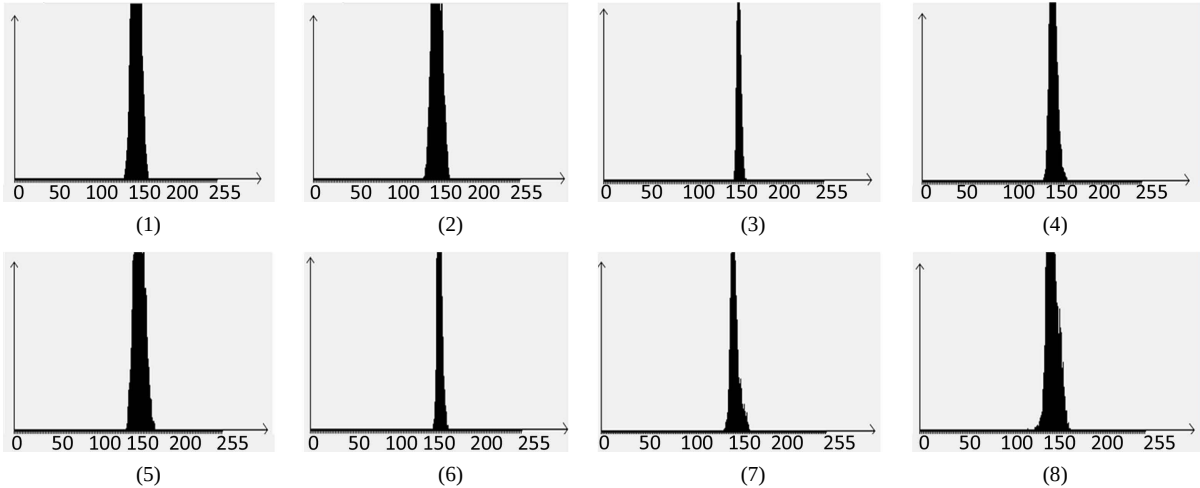


Figure 9. Histogram distribution sample region of H components
图 9. 孔隙区域样本 H 分量的直方图

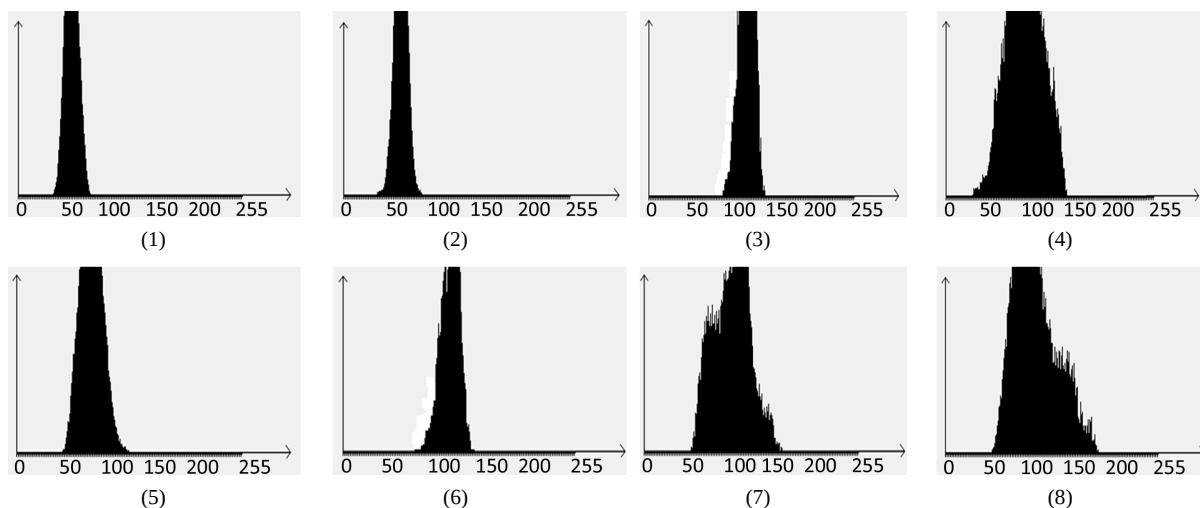


Figure 10. Histogram distribution sample region of L components

图 10. 孔隙区域样本 L 分量的直方图

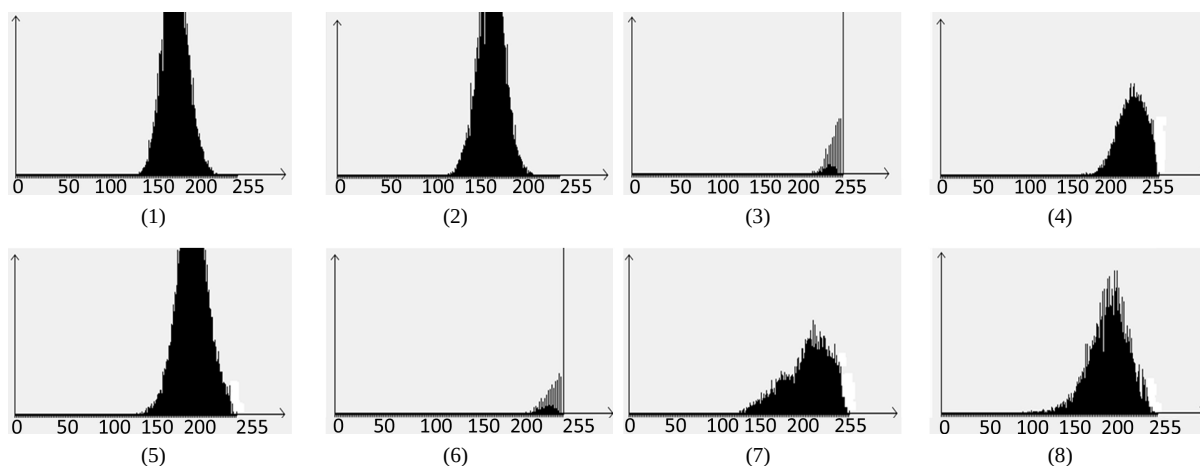


Figure 11. Histogram distribution sample region of S components

图 11. 孔隙区域样本 S 分量的直方图

区域 L 分量和 S 分量分布范围是比较分散的。

2.2.3. 不属于同一批样的相近岩石铸体薄片图像

分析图 12 中不属于同一批样的岩石铸体薄片图像。

得到(1)中 H 分量的变化范围为[142,165], (2)中 H 分量的变化范围为[162,178]。因此,同属于蓝色的岩石铸体薄片图像其目标区域 H 分量的变化范围同样也是不同的。

2.3. 其它颜色的岩石铸体薄片图像

用同样的方法,对另外一种颜色的同属一批样的岩石铸体薄片图像进行孔隙区域 H、L、S 分量的分析,对类似于图 13 中同一批样、不同拍照环境下的岩石铸体薄片图像进行样本提取。

得到孔隙区域的八个矩形样本(图 14)。

对这八个孔隙区域矩形样本进行直方图分析,得到 H、L、S 分量的直方图。

通过对图 15、图 16、图 17 中的直方图进行分析,再次得到同一批样的岩石铸体薄片图像的孔隙区

似主要集中在[200,255]区间,其中很多分布在 255 这个点上,(4)、(5)变化范围比较相似主要集中在[150,255]区间,(7)、(8)变化范围比较相似主要集中在[100,255]区间。因此,同一批样的岩石铸体薄片图像的孔隙域 H 分量分布范围是比较集中的,而 L、S 分量分布范围比较分散。

因此同一批样的岩石铸体薄片图像的孔隙区域 H 分量的分布范围比较集中,而 L、S 分量的分布范围比较分散,从而得到同一批样的岩石铸体薄片图像孔隙区域的共性是在 HLS 颜色空间中,其 H 分量分

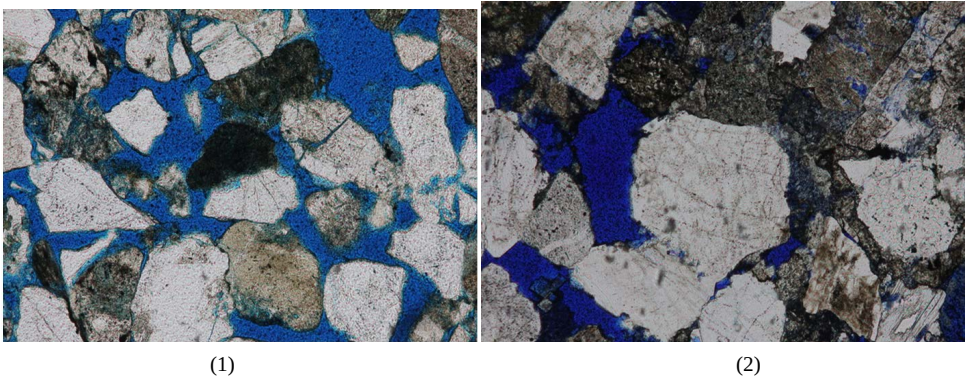


Figure 12. Non identical samples are blue rock cast sheet image
图 12. 非同批样的均属蓝色的岩石铸体薄片图像

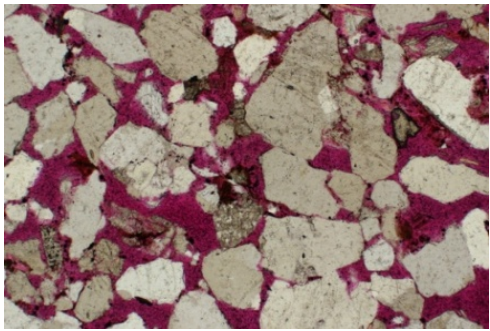


Figure 13. Red casting sheet image
图 13. 红色岩石铸体薄片图像

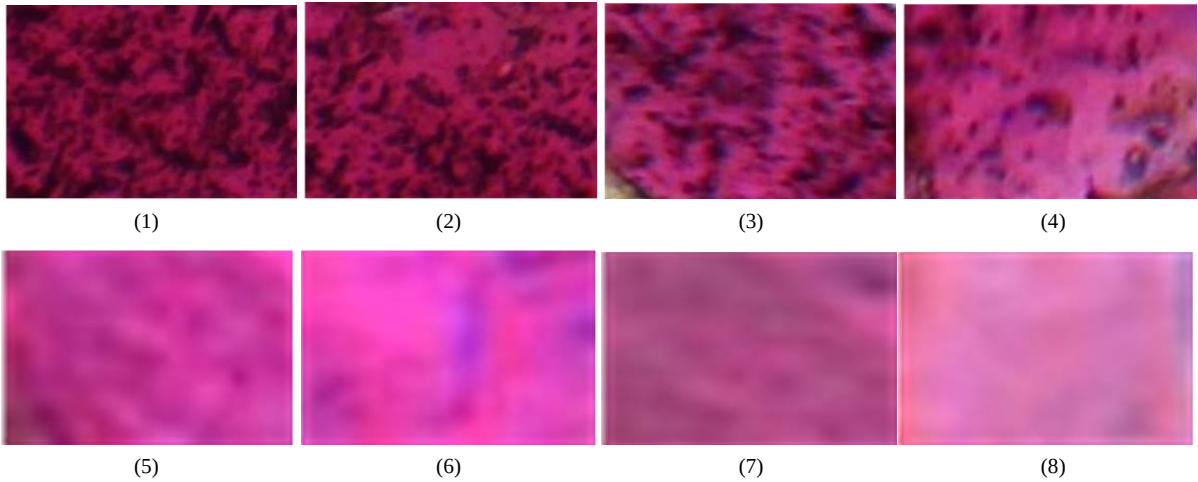


Figure 14. Sample region of red casting sheet image
图 14. 红色孔隙区域样本

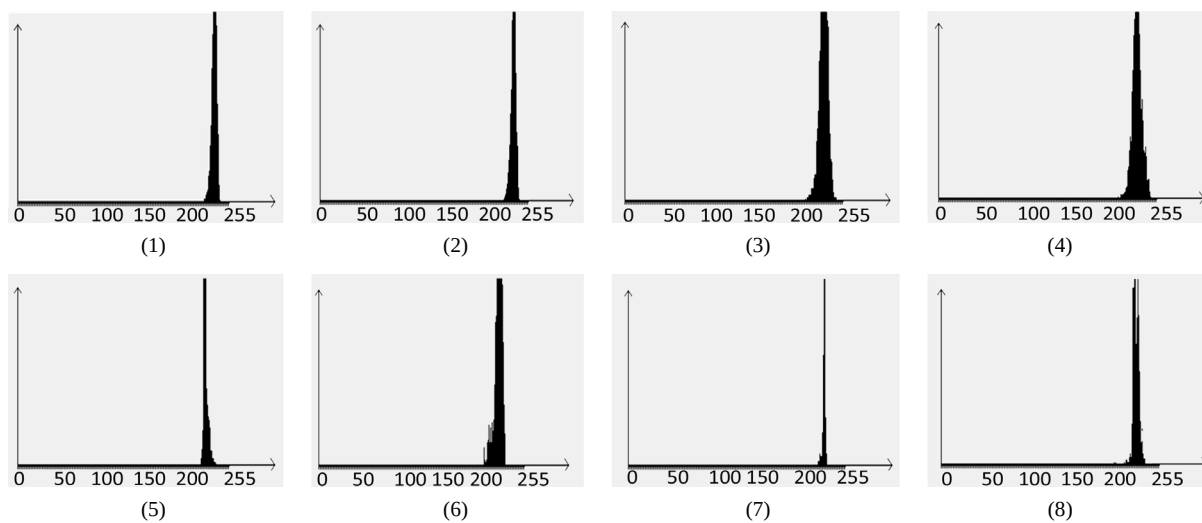


Figure 15. Histogram distribution red sample region of H components

图 15. 红色孔隙区域样本 H 分量的直方图

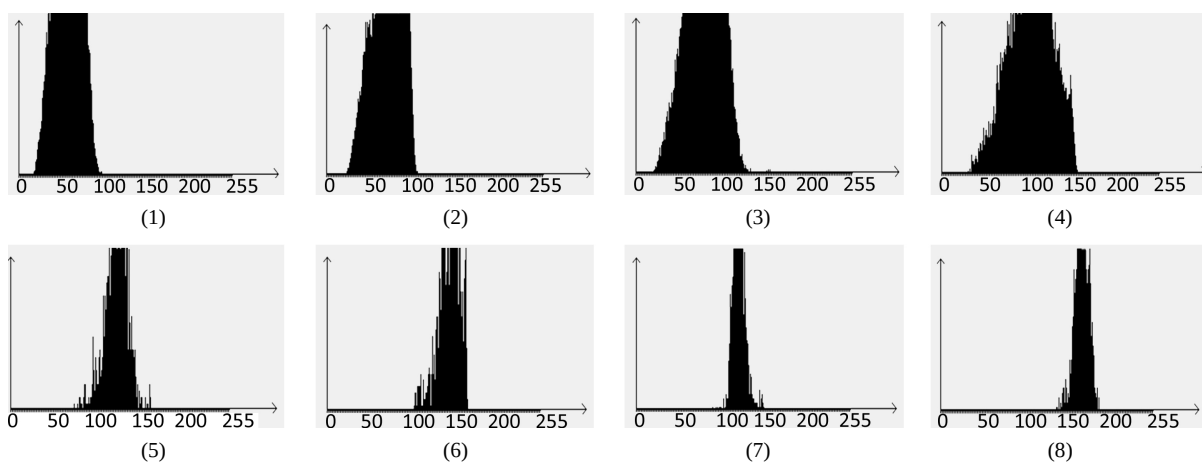


Figure 16. Histogram distribution red sample region of L components

图 16. 红色孔隙区域样本 L 分量的直方图

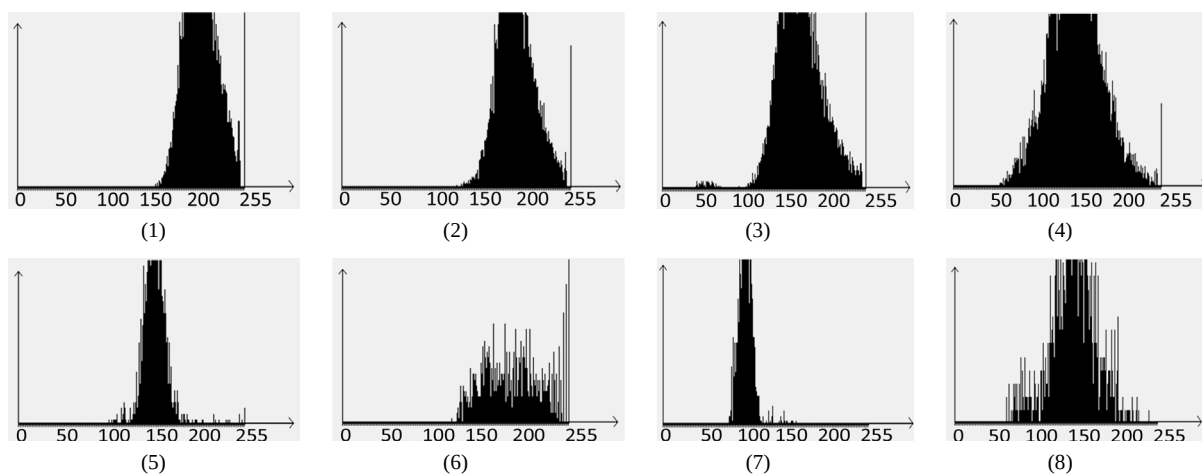


Figure 17. Histogram distribution red sample region of S components

图 17. 红色孔隙区域样本 S 分量的直方图

布范围比较集中。

3. 样本训练

以上实验表明同一批样的岩石铸体薄片图像的共性是孔隙区域的 H 分量的分布范围比较集中, 因此在对同一批样的岩石铸体薄片图像进行孔隙区域提取时, 首先求出同一批样中一部分图像孔隙区域的 H 分量的阈值范围。

3.1. 单个矩形样本 H 分量范围的确定

分析图 9 与图 15 中 H 分量的直方图, 总结出 H 分量分布范围不但集中, 而且纵坐标值在其分布范围内呈现先增长后下降的趋势。假设个整形数组 Histogram [256], 数组中每一个元素值即为 H 分量归一化到[0,255]区间后每个灰度级的概率与加权系数的乘积, 也就是直方图中纵坐标所对应的值。

首先找到 Histogram [256]中的最大值, 然后该值对应的 x 轴坐标向左减小 5 的范围大小, 统计 Histogram [256]数组的值在该小范围内其递减的次数与递增的次数, 通过判断这两种次数, 得到 H 分量是否还处于下降趋势。然后在此基础上继续向左减少 5 的范围大小, 直至不处于下降趋势为止。用同样的方法向右操作, 最终得到 H 分量的阈值范围。

3.2. H 分量变化范围的确定

通过以上方法得到图 10 H 分量的阈值范围为: [136,172]、[128,172]、[150,164]、[139,172]、[135,174]、[148,165]、[131,173]、[132,171], 其中每一个范围只是样本区域 H 分量的分布变化情况, 但是对整个岩石铸体薄片图像的提取以及为了适用于同一批样的其它岩石铸体薄片图像, 必须取这些范围的并集, 才能将整批样的岩石铸体薄片图像孔隙区域有效的提取。通过下面的实验证明也可说明这一点:

首先取上面八个区间的交集为[150,164], 取其交集为[128,174], 然后分别对图 7 进行孔隙提取。

图 18 中(1)表示图 7, (2)表示用 H 分量的交集区间的提取结果的分割二值化图, (3)表示并集区间的得到的效果图, (2)中一部分孔隙区域没有被提取到, 而(3)的提取结果较为理想。对(2)中没有被提取到的区域进行采样得到四个样本区域, 分析样本区域得到 H 分量的分布范围为[161,172]、[163,174]、[129,152]、[130,151], 将这些范围与原先的交集区间进行合并即为[129,174], 该范围也即是蓝色铸体孔隙区域图 8 的八个直方图 H 分量的并集。因此无论从实验效果图, 还是从(2)中未被提取的孔隙区域的 H 分量分布范围进行的分析得到的结论是: 针对孔隙区域矩形样本的 H 分量范围区间, 应该取其并集。

用同样的方法针对图 14 的红色岩石铸体图像进行孔隙提取, 首先是得到图 15 中每个矩形样本所对应的 H 分量的分布范围: [218,247]、[220,247]、[209,249]、[205,246]、[221,235]、[208,237]、[222,235]、[223,242], 取其并集为[205,249]; 然后进行孔隙提取得到图 19。

因此, 对于孔隙样本区域可以通过 2.1 提出的试验方法确定 H 分量的阈值范围, 并且对这些样本区域的 H 分量范围取并集。这样不但可以在孔隙提取方面使得提取效果精确、有效, 而且可以弥补样本训练时不能完全有效的提取孔隙区域的情况。

最后将该实验结果适用于图 2, 并得到如图 20 原图与较为理想的分割效果对比。

4. 测试与分析

以上的分析实验得到了非常好的分割效果, 下面将 H 分量的分布范围用于和实验图片同属一批样的其它薄片, 得到了分割效果图(如图 21)。

图 21 中(1)、(2)分别表示与图 7、图 14 同属于同一批样的岩石铸体薄片的原图与分割效果图。因此得到同一批样的岩石铸体薄片图像的孔隙区域的 H 分量的分布范围是一致的, 在孔隙提取时可以先通过一部

分图像获得孔隙区域 H 分量的分布范围,然后将这一范围适用于同一批的岩石铸体薄片图像的孔隙提取中。

5. 总结

通过以上实验得到：同一批样的岩石铸体薄片图像孔隙区域 H 分量的分布范围比较集中，而 S、L

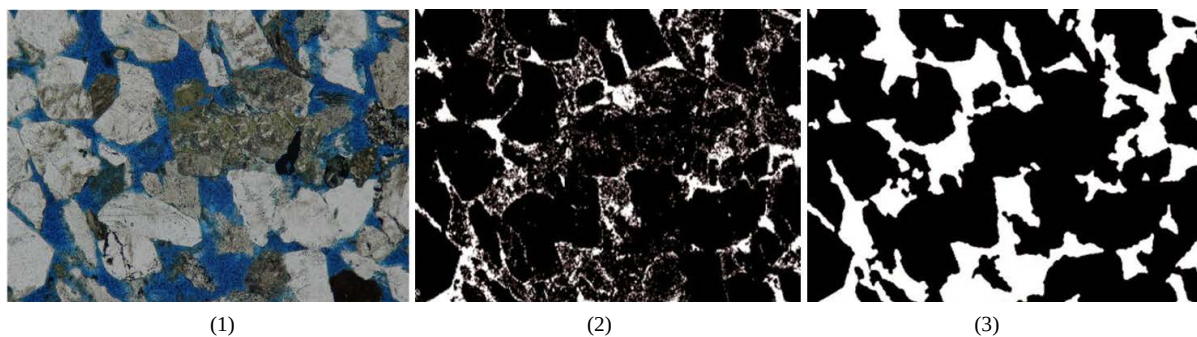


Figure 18. Comparison of split effect of casting thin sheet

图 18. 孔隙区域提取原图片与分割图片

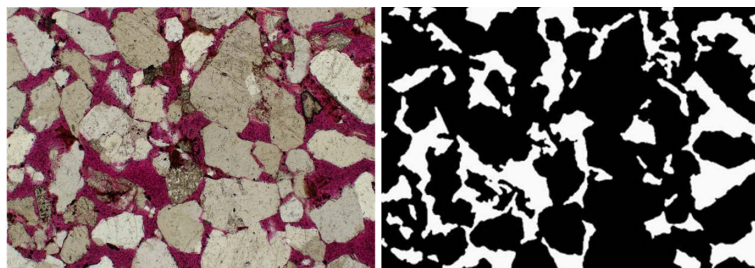


Figure 19. Comparison of split effect of red casting thin sheet

图 19. 红色铸体孔隙区域原图与分割图片

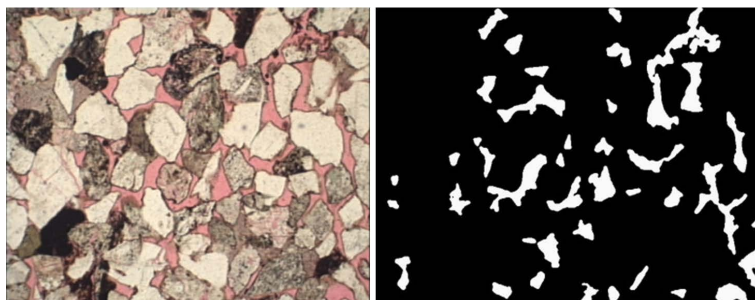
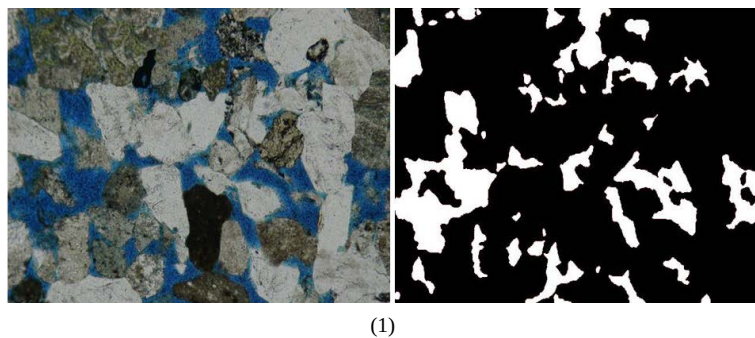
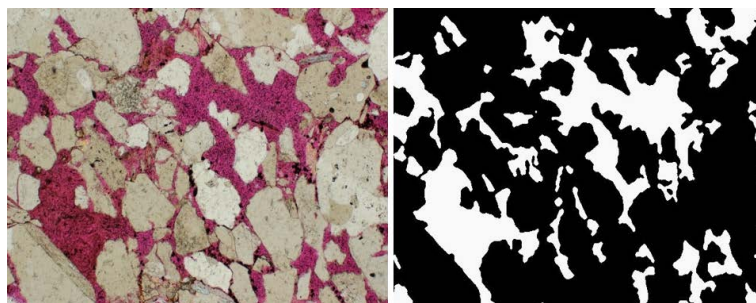


Figure 20. Comparison of split effect of Figure 2

图 20. 图 2 的原图与分割效果图



(1)



(2)

Figure 21. Comparison of split effect of casting thin sheet**图 21.** 原图与分割效果图

分量的分布范围比较分散；通过对孔隙区域矩形样本各个 H 分量的值采用并集的形式求出孔隙区域 H 分量的变化范围；将求得的 H 分量的变化范围适用于同一批样的其它岩石铸体薄片图像得到较好的提取结果。

因此在对岩石铸体薄片孔隙区域进行提取时首先针对同一批样的岩石铸体薄片图像进行矩形样本采集并计算得到孔隙区域 H 分量的变化范围，然后将此范围适用于同一批样的其它岩石铸体薄片图像即完成孔隙区域的提取。这种方法充分利用同一批岩石铸体薄片图像的 H 分量的共性，使得孔隙区域提取效果更精确、有效，并且在孔隙提取时只针对一个分量进行分析、计算，大大提高了运算速度，提高了工作效率。

参考文献 (References)

- [1] 杨修国. 关于直方图双峰法的研究与改进[J]. 电子设计工程, 2012, 20(12): 176-179.
- [2] Li, X.C., Zhao, L. and Zhao, S.H. (2010) The Establishment and Application of Based on DSP Image Processing Dynamic Multi-Threshold Template. 2010 2nd International Conference on Future Computer and Communication (ICFCC), 21-24 May 2010, V2-828-V2-832.
- [3] 陈琪, 熊博莅, 陆军, 等. 改进的二维 Otsu 图像分割方法及其快速实现[J]. 电子与信息学报, 2010, 32(5): 1100-1104.
- [4] Alsaeed, D.H., Bouridane, A., Elzaart, A., et al. (2012) Two Modified Otsu Image Segmentation Methods Based on Lognormal and Gamma Distribution Models. *International Conference on Information Technology and E-Services*, Sousse, 24-26 March 2012, 1-5. <https://doi.org/10.1109/icit.2012.6216680>
- [5] 张爱华. 一种基于熵优化的区域生长图像分割方法[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2004, 32(7): 40-42.
- [6] Gorsevski, P.V., Onasch, C.M., Farver, J.R., et al. (2002) Detecting Grain Boundaries in Deformed Rocks Using a Cellular Automata Approach. *Computers & Geosciences*, **42**, 136-142. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2011.09.008>
- [7] Zhou, Y., Starkey, J. and Mansinha, L. (2004) Segmentation of Petrographic Images by Integrating Edge Detection and Region Growing. *Computers & Geosciences*, **30**, 817-831. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2004.05.002>
- [8] Heilbronner, R. (2000) Automatic. Grain Boundary Detection and Grain Size Analysis Using Polarization Micrographs or Orientation Images. *Journal of Structural Geology*, **22**, 969-981. [https://doi.org/10.1016/S0191-8141\(00\)00014-6](https://doi.org/10.1016/S0191-8141(00)00014-6)
- [9] Liu, M.S., Li, J. and Liu, H. (2013) The Colour and Texture—A Novel Image Retrieval Technology Based on Human Vision. *International Journal of Innovative Computing & Applications*, **5**, 47-56. <https://doi.org/10.1504/IJICA.2013.052354>
- [10] Gonzalez, R.C., Woods, R.E. and Masters, B.R. (2009) Digital Image Processing, Third Edition. *Journal of Biomedical Optics*, **14**, 257-262. <https://doi.org/10.1117/1.3115362>

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：jisp@hanspub.org