

紫色土彩色图像的H阈值分割*

程蓉^{1,2}, 曾绍华^{1,2}, 罗保桐^{1,2}, 付登伟³, 王帅⁴, 杨圣明^{1,2}

(1. 重庆师范大学 计算机与信息科学学院, 重庆 401331; 2. 重庆市数字农业服务工程技术研究中心, 重庆 401331;
3. 重庆市南川农业技术推广中心, 重庆 南川 408400; 4. 重庆市农业技术推广总站, 重庆 400121)

摘要:【目的】将研究对象紫色土自然断面图像从复杂背景中分割出来,以消除复杂背景的影响,为对紫色土视觉图像进一步分析处理、识别打下基础。【方法】通过对紫色土自然断面图像统计分析,证明它的H域有良好的聚集特征,且在95%和97%置信点近似于正态分布;因此,根据正态分布确定紫色土壤自然断面的H阈值,分割紫色土壤自然断面图像。【结果】用获得的二值分割图像与原图像计算哈达玛积,分割提取出了完整的紫色土自然断面区域图像。【结论】算法分析及仿真实验显示:相对于对比算法,新的算法分割速度更快,分割提取出的紫色土自然断面图像更完整;该算法有效。

关键词:紫色土图像;彩色图像分割;H域阈值

中图分类号:TP391.41

文献标志码:A

文章编号:1672-6693(2019)02-0084-10

由于在水平和垂直带上受光、热、水、气的影响,自然界中土壤呈现有规律的分布,其中地理分布和成土母(岩)质是影响土壤分布最主要的因素。在局部地域,地貌类型、地形部位对光、热、水、气分配产生重大的影响,影响成土母质的堆积、热熔、淋溶,进而影响土壤的颜色、质地和结构。因此,土壤的分类常依据土壤的地理分布、成土母(岩)质、土壤颜色、质地和结构等基本特征^[1-3];而土壤颜色是其中不可或缺的分类因子。

随着智能技术的发展,在野外应用机器视觉识别土壤成为可能,并成为现代农业发展的迫切要求。由于表土受日晒雨淋、附着的地衣、苔藓及杂草等因素影响,颜色不稳定,土壤结构被破坏,所以通常用心土自然断口来辨识土壤种类。由于心土自然断口没有受到铁锹、锄头等工具的破坏,它的图像也能最大限度地保持了土壤的自然信息。因此,心土自然断面图像成为机器视觉识别土壤的理想图像信息载体。

为了方便在野外获得土壤机器视觉图像,不可避免地在图像中会包含心土自然断口外的杂质背景,因此从复杂背景中将土壤自然断口图像分割出来是必不可少的重要预处理工作,它有助于移动设备野外在线识别土壤。紫色土是中国西南地区最主要的耕地土壤,所以它目前也成为机器视觉土壤识别的研究重点。

1 相关问题研究进展

颜色是土壤分类的重要因子^[1],也是紫色土的一个重要特征。为了避免信息损失,一般对紫色土视觉图像会采用彩色图像分割的办法。前人在彩色图像分割中已作了大量的工作,主要是采用颜色与灰度融合^[4],多个颜色空间联合^[5]或局限于某个颜色空间^[6-7]的分割方法。在土壤图像的相关研究中,Srunitha等人^[8]通过土壤的颜色、纹理、形状等对黄壤、紫色土等大类土壤进行有限的识别,但研究不够深入,没有实现基于土壤分类系统的土种识别;Sofou等人^[9]中研究了土壤剖面图像的微形态学等特征,对土壤剖面进行分割;华珊等人^[10]研究了土壤切片图像,提取和统计土壤的空隙信息等。目前,未检索到基于土壤分类系统的土壤图像分割、识别的权威参考文献。

已有文献^[4-10]显示,颜色空间分割^[11-19]是彩色图像分割的重要手段。部分学者在彩色图像分割中采用HSV、HIS等颜色空间^[11-16]。Li等人^[14]采用HIS空间的H域的极小值点分割原始图像,并用形态学的膨胀和腐蚀对初分割后的图像进行去空洞;吴露露等人^[15]用阈值对原始图像初分割,并使用形态学的方法进行边缘检

* 收稿日期:2017-12-30 修回日期:2019-01-31 网络出版时间:2019-03-15 07:00

资助项目:重庆市教育委员会科学技术研究项目(No. KJ1751484;No. KJ1500321);重庆市研究生科研创新项目(No. CYS17185)

第一作者简介:程蓉,女,研究方向为数字图像处理,E-mail: 1147672659@qq.com;通信作者:曾绍华,男,教授,博士 E-mail: zsh_cqu@126.com

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20190315.0056.008.html>

测与填充;梁喜凤等人^[16]采用阈值分割和灰度均衡化提取边缘。Li 等人^[14]采用极小值分割图像,遇到图像极小值不止 1 个的问题;而使用膨胀与腐蚀^[6-7,14]去空洞,难以确定处理完成的终止条件;同时,应用形态学^[15]方法提取边界并对其区域填充效率不高。上述方法均非基于土壤识别或土壤图像研究,对于野外复杂背景下的紫色土彩色图像分割而言,不能获得满意的效果。

2 紫色土 H 域阈值分割算法

2.1 紫色土在不同颜色空间的聚集度分析

为了方便叙述,本研究对紫色土 4 种土属(分别为暗紫泥、红棕紫泥、灰棕紫泥、黄棕紫泥)的 20 个土种,总共 60 张紫色土彩色图像随机选取 1 张作为分析范例,并给出了它关于 HSV 颜色空间的聚集分析。在实际分析中,对每张图像人工提取 3 个 100×100 像素正常紫色土和 3 个 100×100 像素背景杂质图像分别在 RGB、HSV 等颜色空间,进行直方图聚集度分析。图 1 中为随机选取的分析范例,即 18# 图像样本(暗紫泥土属黄沙土,自然雨水淋浴+苔藓杂草背景)在 HSV 颜色空间的分析结果。

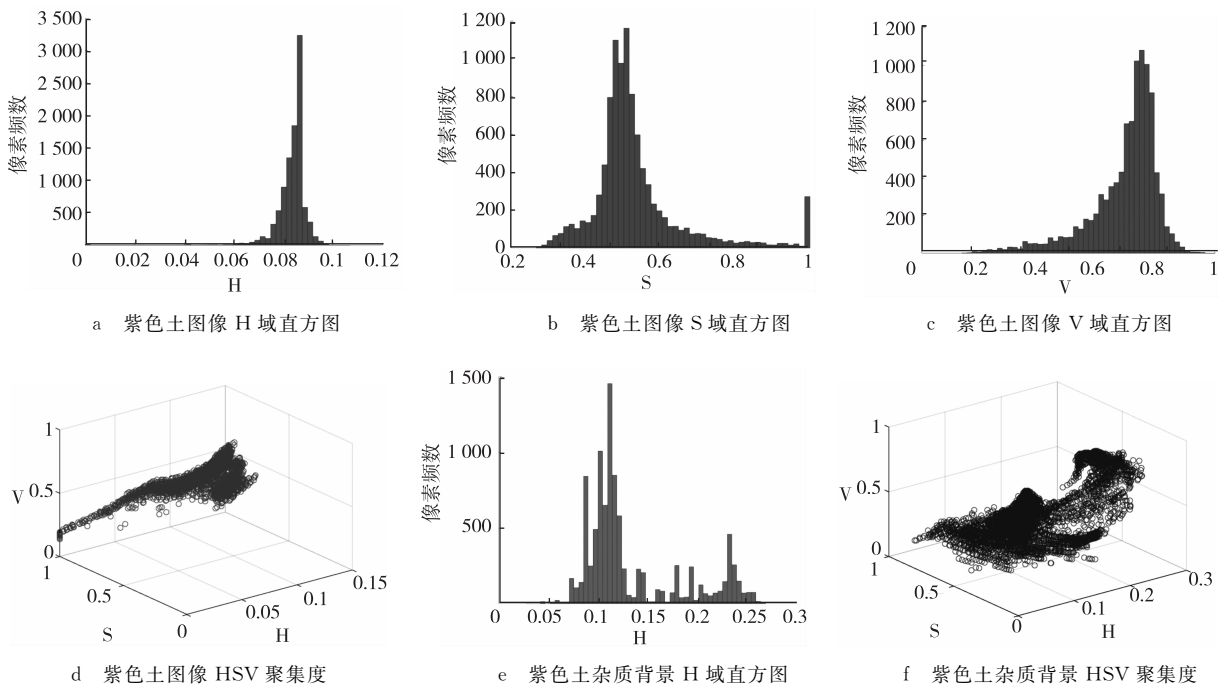


图 1 紫色土自然断面图像和背景杂质图像 HSV 颜色空间聚集度分析

Fig. 1 The aggregation analysis of HSV color space based on the image of the purple soil natural cross-section with the background impurity

图 1 显示:紫色土彩色图像在 HSV 颜色空间 H 域有良好的聚集特性,并与背景有显著差异。其他 59 张紫色土图像也有相似的特性。

2.2 紫色土 H 域近似正态分布分割阈值获取

鉴于在 HSV 颜色空间中,紫色土自然断面图像在 H 域具有最佳聚集特性,且具有对光照不均和阴影敏感度小的特征,因此选择 HSV 空间的 H 阈值分割紫色土自然断面图像。

在自然界中,土壤并不是 100%原生矿物风化形成的土壤,还包含有肥料、秸秆等植物的残留物及其他生物体腐质物等杂质,对分割 H 阈值的确定产生影响。对分布于重庆市璧山区暗紫泥、红棕紫泥、灰棕紫泥、黄棕紫泥等 4 种土属 20 个土种的 60 张紫色土图像样本进行分析,具体分析方法为:在每个土种中随机选取 1 张图像,并人工随机提取 3,5 个 100×100 像素正常的紫色土区域,从中选取 H 域阈值最为接近的 2,3 个区块作为样本,在正态分布 95%和 97%置信度上进行差异显著性检验,即在正态分布区间里统计实际像素点数,与置信度上理论像素点数。分析结果显示:95%和 97%置信度上实际像素点数与理论值无差异(表 2)。

因此,可用紫色土 H 域近似正态分布特性确定分割紫色土自然断面图像 H 阈值:

Repeat{

第 2 步,将 I_{bi} 与边界识别模板(图 3)进行卷积,并计算其值;

第 3 步,根据第 2 步的卷积值和表 1 规则,为 E_{edge} 的元素赋相应的值;

}

直到二值图像 I_{bi} 被遍历。

输出:边界点矩阵 E_{edge} 。

对图 2b 进行边界识别和处理,如图 4 所示。

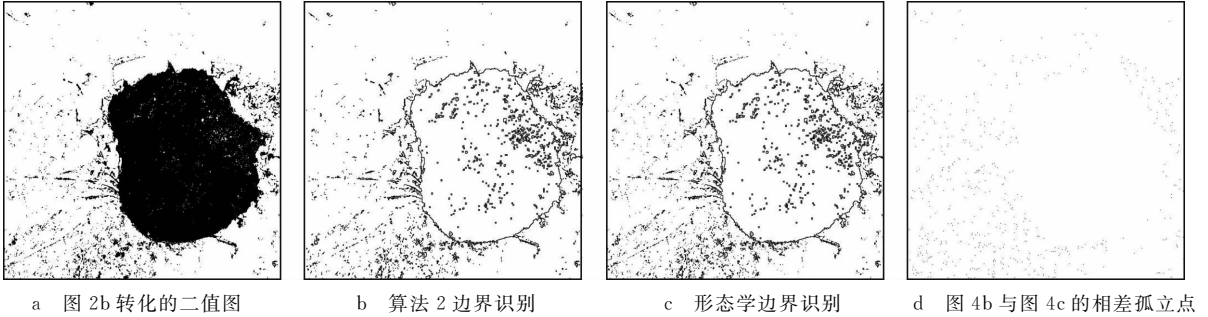


图 4 边界识别

Fig. 4 Boundary recognition

图 4 显示:采用算法 2 进行边界识别,能准确识别边界点,同步剔除孤立点。

经分析可知:如果采用形态学方法进行边界识别,虽然耗时与算法 2 基本相同,但后续处理中需对孤立点进行单独处理,增加了总的时间花销。同理,就识别二值图像的边界而言,还可采用 2×2 , 3×3 或更大的模板识别,判断方式与算法 2 基本相似,但 2×2 模板不能有效剔除孤立点,比 3×3 更大的模板将以 $O(n^2)$ 时间复杂度增大了时间花销,而 3×3 全 1 模板比算法 2 判断边界点更复杂。

3.2 土壤自然断面图像区域边界提取

计算卷积结果矩阵的中心点位置(M_{med} , N_{med}):

$$\begin{cases} M_{med} = \frac{M+1}{2}, \\ N_{med} = \frac{N+1}{2}. \end{cases} \quad (4)$$

其中, M, N 分别是图像的高度和宽度。

在矩阵 E_{edge} 中,从左到右,从上到下搜索没有被搜索过的边界点(该点像素值为 1),记录当前搜索到的未被搜索过的边界点坐标,然后由该点开始用图 5 所示的 4-邻域按①②③④顺序搜索^[20],直到一条完整边界被搜索出来。再用下式进行判断:

$$\begin{cases} i_{min} < M_{med} < i_{max}, \\ j_{min} < N_{med} < j_{max}. \end{cases} \quad (5)$$

其中, M_{med} 为行中心点, N_{med} 为列中心点, i_{min} , i_{max} 分别为所搜索的边界所在行的最小值和最大值, j_{min} , j_{max} 分别为所搜索的边界所在列的最小值和最大值。如果(5)式成立,即所搜到的边界包含中心点,该边界为土壤自然断面图像区域边界,搜索结束;否则,从记录坐标出发,进行新的边界搜索。

获得土壤自然断面图像区域边界提取算法如下:

算法 3 输入:1. 边界识别矩阵 E_{edge} ;

2. 初始化图像的大小为(M, N);用(4)式初始化图像的中心点(M_{med} , N_{med});

3. 初始化栈 seek_stack。

过程:Repeat{

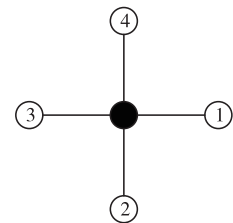


图 5 4-邻域搜索方向及搜索顺序

Fig. 5 The searching directions and orders of the 4-neighborhood

第 1 步,在矩阵 E_{edge} 中,从左到右,从上到下搜索没有被搜索过的边界点(像素值为 1 的点),一旦搜索到的没有被搜索过的边界点 (i, j) ,将其压入栈 seek_stack ,初始化与矩阵 E_{edge} 相同大小的 0 矩阵 T_{trace} ;同时,令 $(k, p) = (i, j)$, $i_{\min} = i_{\max} = i$, $j_{\min} = j_{\max} = j$,将矩阵 E_{edge} 对应元素置 0,矩阵 T_{trace} 对应元素置 1;

Repeat{

第 2 步,按图 5 所示的 4-邻域按①②③④顺序搜索下一个边界点;

步骤 2-1 do{

按①方向搜索,若有边界点,则 $p = p + 1$,当 $p > j_{\max}$,令 $j_{\max} = p$,且将新所得的 (k, p) 压入栈中,矩阵 E_{edge} 对应下标为 (k, p) 的元素置 0,矩阵 T_{trace} 对应下标为 (k, p) 的元素置 1;}

while (①方向有边界点);

步骤 2-2 do{

按②方向搜索矩阵 E_{edge} ,若有边界点,则 $k = k + 1$,当 $k > i_{\max}$,令 $i_{\max} = k$,且将新所得的 (k, p) 压入栈中,矩阵 E_{edge} 对应下标为 (k, p) 的元素置 0,矩阵 T_{trace} 对应下标为 (k, p) 的元素置 1;}

while (②方向有边界点)

步骤 2-3 do{

按③方向搜索矩阵 E_{edge} ,若有边界点,则 $p = p - 1$,当 $p < j_{\min}$,令 $j_{\min} = p$,且将新所得的 (k, p) 压入栈中,矩阵 E_{edge} 对应下标为 (k, p) 的元素置 0,矩阵 T_{trace} 对应下标为 (k, p) 的元素置 1;}

while (③方向有边界点)

步骤 2-4 do{

按④方向搜索矩阵 E_{edge} ,若有边界点,则 $k = k - 1$,当 $k < i_{\min}$,令 $i_{\min} = k$,且将新所得的 (k, p) 压入栈,矩阵 E_{edge} 对应下标为 (k, p) 的元素置 0,矩阵 T_{trace} 对应下标为 (k, p) 的元素置 1;}

while (④方向有边界点)

步骤 2-5 搜索当前点 (k, p) 按图 5 所示的①②③④顺序搜索都无没有搜索过的新的边界点,则从栈中出栈一个元素赋值给 (k, p) ;

}

until $(k! = i \& \& p! = j)$ 成立,完成单条边界搜索

第 3 步,判断(5)式是否成立,不成立,重复第 1 步(即从 (i, j) 出发进行新的搜索);

}

直到(5)式成立,结束循环。

输出:土壤区域边界矩阵 T_{trace} 。

3.3 土壤自然断面图像区域填充

紫色土自然断面图像的区域填充是在提取土壤自然断面图像区域边界之后。首先选取图像中心点为种子,采用图 5 所示的 4-邻域搜索方式依次按①②③④顺序^[20]遍历;当遍历点非边界且没有遍历过则填充,否则回溯;直到全部填充完成为止^[21]。紫色土区域填充算法描述如下。

算法 4 输入:1. 土壤边界矩阵 T_{trace} ;

2. (4)式计算图像的中心点 $(M_{\text{med}}, N_{\text{med}})$;

3. 初始化栈 filled_stack 。

过程:第 1 步,将中心点赋值给 (k, p) ,同时压入栈 filled_stack 中;并将矩阵 T_{trace} 对应元素置 1;

Repeat{

第 2 步,从 (k, p) 出发,在矩阵 T_{trace} 中按图 5 所示的 4-邻域①②③④顺序搜索待填充点;

步骤 2-1 do{

按①方向搜索,若 (k, p) 领域点既没有填充也不为边界点,则 $p = p + 1$,将新 (k, p) 压入栈 filled_stack ;

while (①方向领域点是未填充点,也不为边界点);

步骤 2-2 do{

按②方向搜索,若 (k, p) 领域点既没有填充也不为边界点,则 $k = k + 1$,将新 (k, p) 压入栈 filled_stack ;

while (②方向领域点是未填充点,也不为边界点)


```
步骤 2-3 do{
按③方向搜索,若 $(k, p)$ 领域点既没有填充也不为边界点,则  $p = p - 1$ ,将新 $(k, p)$ 压入栈 filled_stack;}
while (③方向领域点是未填充点,也不为边界点)
步骤 2-4 do{
按④方向搜索,若 $(k, p)$ 领域点既没有填充也不为边界点,则  $k = k - 1$ ,将新 $(k, p)$ 压入栈 filled_stack;}
while(④方向领域点是未填充点,也不为边界点)
步骤 2-5 搜索当前点 $(k, p)$ 按图 5 所示的①②③④顺序搜索,都无待填充点,则从栈中出栈一个元素赋值给 $(k, p)$ ;
}
直到 (栈 filled_stack 为空,且  $k = M_{med} \& \& p = N_{med}$ ) 结束。
第 3 步,将填充矩阵  $T_{trace}$  与紫色土原图像进行哈达玛积,获得完整的紫色土自然断面图像。
输出:紫色土自然断面图像。
土壤自然断面图像区域边界提取与填充结果如图 6 所示。
```

3.4 算法分析

经分析可知,文献[14]极小值阈值和算法 1 的时间复杂度均为 $O(m \cdot n)$ (m 和 n 是图像的行数和列数),但算法 1 能有效避免可能出现的多峰困扰问题。

与文献[6-7, 14]比较,算法 2、算法 3 和算法 4 有明确的运算终止条件,对背景离散小土清除及空洞填充也更好;三者的时间复杂度分别是 $O(m \cdot n)$, $O(m \cdot n/4 + l_1)$ 和 $O(2t)$ (l_1 是边界像素的总个数,且 $l_1 \ll m \cdot n, t < m \cdot n$ 为土壤区域的像素个数)。文献[15]分割算法中形态学区域填充的时间花销是 $O(l_2 \cdot m \cdot n)$, 其中 l_2 为膨胀次数 ($l_2 \leq 5$ 不能完成)。



a 对图 4b 的区域边界提取 b 对图 6a 的区域填充

图 6 土壤自然断面区域边界提取与填充

Fig. 6 The results of the boundary extraction and the image filling of the soil natural cross-section region

4 仿真实验与结果分析

4.1 实验图像采集

实验图像样本拍摄于无积水、无污染和无客土混杂的自然紫色土耕作层土壤。在非雨天,野外采取人工用铁锹开深度为 15~20 cm 的耕作层,取它的自然断面,将土种的分类名称标签置于断面边缘,在无特殊增光或遮阳的完全自然条件下采集实验图像。人工拍摄实验图像时。将土壤自然断面置为所拍摄图像的中心位置,图像拍摄距离 35~50 cm。

4.2 实验环境

仿真实验环境: Intel (R) Core (TM) i3-2310M CPU, 主频 2.10 GHz, 板载 Intel (R) HD Graphics Family 显卡, Win7 (64 bit) 操作系统, 8.00 Gb 内存, MATLAB R2015b (64 bit)。

4.3 实验流程

仿真实验流程如图 7 所示。

4.4 仿真实验结果

4.4.1 紫色土 H 域阈值近似正态分

布检验 在紫色土图像中心区域分别取 3, 5 个 $m \times n$ 像素的区域(区域可重叠), 对应分别取 H 域均值最接近的 2, 3 个区块中像素样本; 分别以 95% 和 97% 为置信度, 按照 (1) 和 (2) 式计算 H 域阈值。统计区间内像素点数, 与置信区间的理论点数进行差异显著性检验, 结果如表 2 所示。

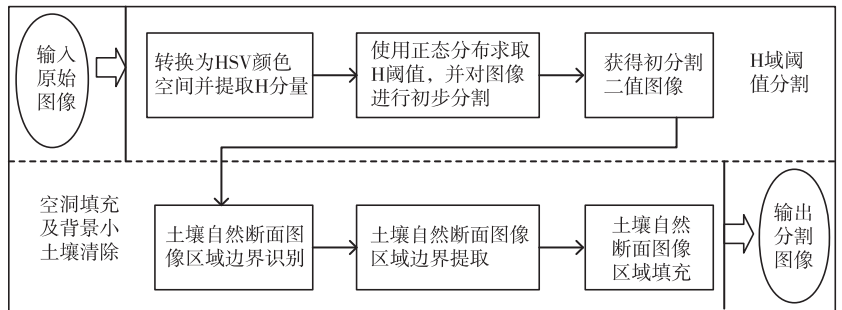


图 7 实验流程图

Fig. 7 The experimental process

表 2 紫色土 H 阈值区间理论与实际像素点数差异显著性检验

Tab. 2 The significance test of difference with purple soil H threshold interval's theoretical and actual pixels

差异显著性检验样本	置信度	样本个数	理论-实际像素 点数均值	自由度	方差	计算 <i>t</i> 值	理论 <i>t</i> 值	差异显著性
3 个 100×100 像素 区域,取 H 域均值 最接近的 2 个区块 为样本	95%	40	−7.05	39	$1.608\ 9\times10^4$	−0.351 5	1.684 9	无差异
	97%	40	−3.48	39	$7.849\ 5\times10^3$	−0.248 1	1.937 1	无差异
5 个 100×100 像素 区域,取 H 域均值 最接近的 3 个区块 为样本	95%	60	−11.03	59	$1.893\ 6\times10^4$	−0.621 1	1.671 1	无差异
	97%	60	−7.10	59	$1.004\ 4\times10^4$	−0.548 8	1.917 7	无差异

注:璧山区分布的 4 种土属(暗紫泥、红棕紫泥、灰棕紫泥和黄棕紫泥)20 土种 60 张紫色土彩色图像,每土种随机抽取 1 张,每张图像人工提取 3,5 个 100×100 像素正常土壤区块,取 H 域均值最接近的 2,3 个区块为样本;样本值为 H 域阈值区间内理论-实际像素点数,进行均值为 0 的差异显著性检验

4.4.2 算法效率实验 随机抽取了 20 张图像作为分割样本。便于仿真实验的观察与计算,选取的图像大小为 501×501。分别采样文献[14]算法、算法 1 结合形态学去空洞、算法 1~3 分别结合形态学填充和本研究综合算法即算法 1~4 的综合对比实验。本研究所采用的所有形态学的 3×3 全 1 模板。上述算法 10 次运算结果如表 3 所示:

表 3 相关算法的仿真实验时间花销

Tab. 3 The time cost of the simulation with the related algorithms

s

算法	初分割时间	去空洞时间				总时间
		边界识别时间	边界提取时间	区域填充时间	去空洞 总时间	
文献[14]算法	0.482 064				0.210 601	0.692 665
本研究算法 1 结合形态学去空洞	0.552 063				0.232 484	0.784 547
本研究算法 1~3 分别结合形态学填充	0.552 063	0.015 813	0.005 387	5.262 009 0	5.283 209	5.835 272
本研究综合算法	0.552 063	0.015 813	0.005 387	0.019 441 5	0.040 642	0.592 705

注:本研究形态学去空洞均采用 5 次膨胀和 7 次腐蚀的方式;选取图像中心点为形态学区域填充起始点;总计 20 张紫色土图像,每张分割 10 次的时间花销均值;本研究综合算法即为算法 1~4 的综合;置信度为 95%

紫色土自然断面图像分割结果如图 8 所示。

4.5 实验结果分析

仿真实验结果显示,紫色土彩色图像的 H 域阈值在 95%和 97%置信度点近似正态分布,可以用正态分布确定 H 域分割阈值(表 2)。

同时,仿真实验结果还显示,本研究综合算法具有最少总时间花销,比文献[14]算法快 10%,比算法 1 结合形态学去空洞算法快 30%,比算法 1~3 结合形态学填充算法快 10 倍;同时,该综合算法的时间复杂度较低,分别优于文献[14]和算法 1 结合形态学去空洞算法 51 倍和 57 倍,优于算法 1 结合形态学填充算法近 130 倍(表 3)。

紫色土自然断面图像分割仿真结果显示:算法 1 的初分割图像(图 8c)明显优于文献[14]算法(图 8b),且产生少而小的图像空洞;图 8d 中用形态学去空洞之后仍存在少量空洞;图 8e 相对于图 8d 空洞点要少一些,但不能完整去除;本研究综合算法分割得到的图 8g 分割效果最好,分割出完整的紫色土自然断面图像。

从算法 3~4 可知,本研究土壤自然断面图像区域边界提取与填充算法有明确的完成终止条件,而形态学膨胀腐蚀算法则无此条件,自然体现为正态分布阈值的紫色土彩色图像分割的时间花销少,且对完整的紫色土自然断面图像进行分割提取,证明了算法的有效性。

5 结论

本研究通过算法分析和仿真实验,结论如下:

1) 紫色土自然断面图像在 HSV 颜色空间 H 域有区别背景不同的聚集特性,经检验在 95%和 97%置信度点与正态分布无显著差异,可用正态分布确定 H 域阈值分割紫色土自然断面图像。

2) 紫色土彩色图像 H 阈值分割算法(算法 1~4 构成的边界提取和填充算法)的时间复杂度总和约为 $O(5 \times m \times n)$ 。

3) 算法 2~4 构成的边界提取和填充算法有明确的结束条件,算法是完备的。形态学膨胀腐蚀算法清除空洞没有明确的终止条件。本研究综合算法能完整分割紫色土自然断面图像,而形态学算法分割自然断面图像有空洞。

4) 理论分析和仿真结果显示:本研究采用的算法分割步骤速度更快,算法有效。

此外,在正态分布阈值的紫色土彩色图像分割算法研究中,仅以像素为研究对象,HSV 颜色空间 H 域的取值范围 $[0, 360]$,是否存在像素块为研究对象的更优算法,H 在交界过渡处是否对分割产生影响,以及阴影或不同光照对分割产生的影响,都将在后续研究中进一步研究。

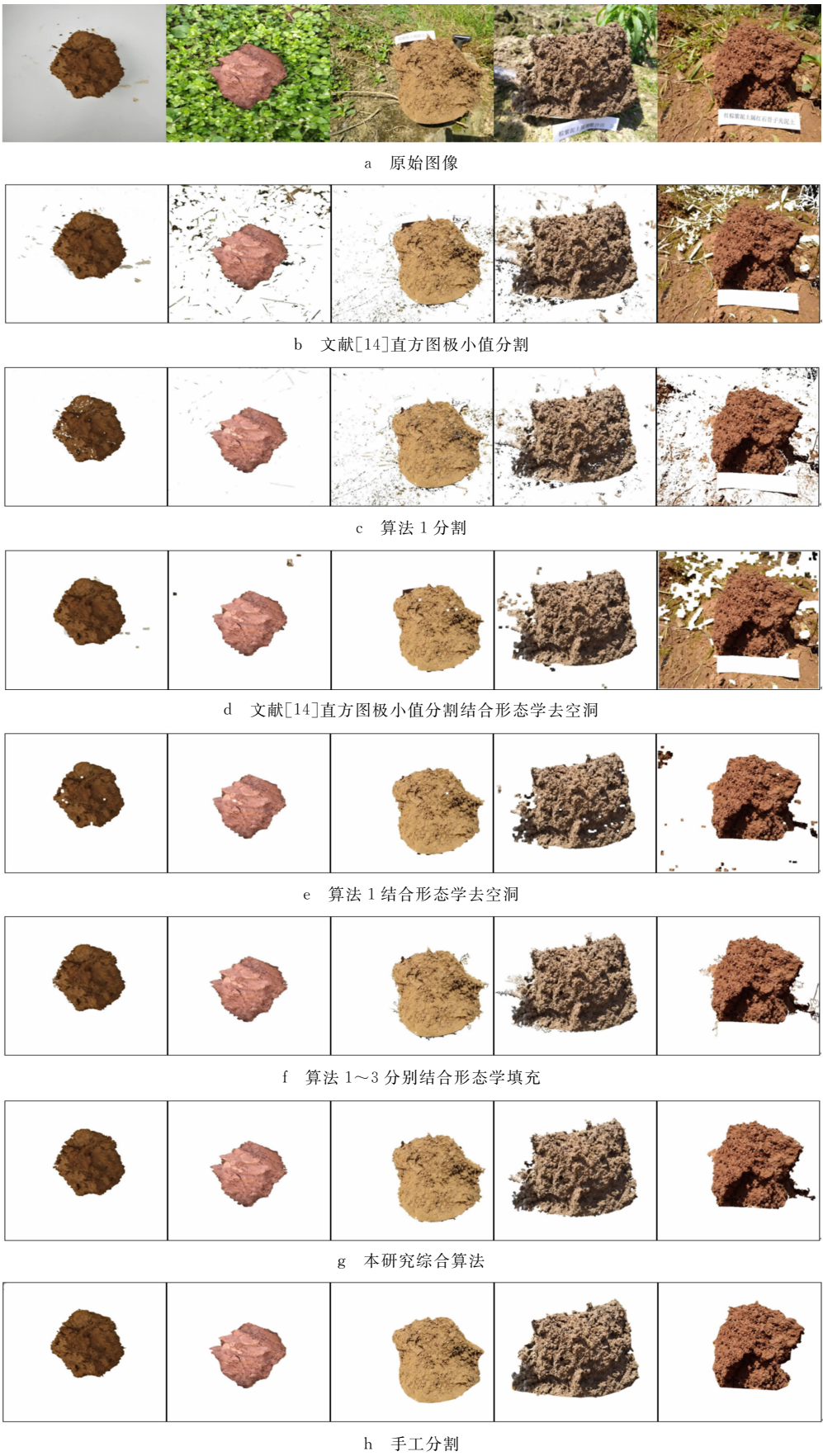


图 8 紫色土自然断面图像分割仿真结果

Fig. 8 The simulation results of the segmentation of purple soil natural cross-section image

参考文献:

- [1] 全国信息技术标准化技术委员会. 中国土壤分类与代码: GB/T 17296—2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
China National Information Technology Standardization. Chinese soil classification and code: GB/T 17296—2009 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2009.
- [2] 百度文库. 四川省土壤分类代码与中国土壤分类代码对照表 2009[EB/OL]. [2017-12-30]. https://wenku.baidu.com/view/39b258b3b84ae45c3a358c87.html?mark_pay_doc=2&mark_rec_page=1&mark_rec_position=2&clear_uda_param=1.
Baidu Wenku. The comparison table of Sichuan soil classification code and soil classification code, 2009 [EB/OL]. [2017-12-30]. https://wenku.baidu.com/view/39b258b3b84ae45c3a358c87.html?mark_pay_doc=2&mark_rec_page=1&mark_rec_position=2&clear_uda_param=1.
- [3] 重庆市质量技术监督局. 重庆土壤分类与代码: DB50/T 796—2017[EB/OL]. (2017-09-01) [2017-12-30]. <https://www.docin.com/p-2097485454.html>.
Chongqing Municipal Bureau of Quality and Technical Supervision. Chongqing soil classification and code: DB50/T 796—2017[EB/OL]. (2017-09-01) [2017-12-30]. <https://www.docin.com/p-2097485454.html>.
- [4] 张海涛, 李雅男. 阈值标记的分水岭彩色图像分割[J]. 中国图象图形学报, 2015, 20(12): 1602-1611.
ZHANG H T, LI Y N. Watershed algorithm with threshold mark for color image segmentation[J]. Journal of Image and Graphics, 2015, 20(12): 1602-1611.
- [5] 徐黎明, 吕继东. 基于同态滤波和 K 均值聚类算法的杨梅图像分割[J]. 农业工程学报, 2015, 31(14): 202-208.
XU L M, LÜ J D. Bayberry image segmentation based on homomorphic filtering and K-means clustering algorithm [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2015, 31(14): 202-208.
- [6] 覃磊, 孙开琼, 李诗高, 等. 基于 RGB 颜色相似度的成熟草莓图像分割[J]. 浙江农业学报, 2016, 28(2): 330-337.
QIN L, SUN K Q, LI S G, et al. Image segmentation of ripe strawberry based on RGB color similarity[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2016, 28(2): 330-337.
- [7] DAI Y P, WANG Y T, XUE J R, et al. Research of segmentation method on image of Lingwu long jujubes based on a new extraction model of Hue[J]. IEEE Sensors Journal, 2017, 17(18): 6029-6036.
- [8] SRUNITHA K, PADMAVATHI S. Performance of SVM classifier for image based soil classification[C]//2016 international conference on signal processing, communication, power and embedded system. Paralakhemundi, India: IEEE, 2016: 411-415.
- [9] SOFOU A, EVANGELOPOULOS G, MARAGOS P. Soil image segmentation and texture analysis: a computer vision approach[J]. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 2005, 2(4): 394-398.
- [10] 华珊, 陈研, 梁露焄, 等. 利用基于偏微分方程的图像滤波技术研究土壤孔隙结构[J]. 农业工程学报, 2014, 30(3): 78-85.
HUA S, CHEN Y, LIANG L T, et al. Studying soil pore structure by using image filtering technology based on partial differential equation model[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2014, 30(3): 78-85.
- [11] 张凯兵, 章爱群, 李春生. 基于 HSV 空间颜色直方图的油菜叶片缺失诊断[J]. 农业工程学报, 2016, 32(19): 179-187.
ZHANG K B, ZHANG A Q, LI C S. Nutrient deficiency diagnosis method for rape leaves using color histogram on HSV space[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2016, 32(19): 179-187.
- [12] 柯道, 杜明智. 多尺度特征融合与极限学习机的玉米种子检测[J]. 中国图象图形学报, 2016, 21(1): 24-38.
KE X, DU M Z. Detection of maize seeds based on multi-scale feature fusion and extreme learning machine [J]. Journal of Image and Graphics, 2016, 21(1): 24-38.
- [13] 秦绪佳, 王慧玲, 杜轶诚, 等. HSV 色彩空间的 Retinex 结构光图像增强算法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2013, 25(4): 488-493.
QIN X J, WANG H L, DU Y C, et al. Structured light image enhancement algorithm based on retinex in HSV color space[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2013, 25(4): 488-493.
- [14] LID M, WANG Y Z, DU B. Research on segmentation methods of weed and soil background under HSI color model [C]//2009 second international workshop on knowledge discovery and data mining. Washington D C: IEEE, 2009: 628-631.
- [15] 吴露露, 马旭, 齐龙, 等. 基于叶片形态的田间植物检测方法[J]. 农业机械学报, 2013, 44(11): 241-246.
WU L L, MA X, QI L, et al. Field plants detection based on leaf morphology[J]. Transactions of The Chinese Society of Agricultural Machinery, 2013, 44(11): 241-246.
- [16] 梁喜凤, 章艳. 串番茄采摘点的识别方法[J]. 中国农机化学报, 2016, 37(11): 131-134.
LIANG X F, ZHANG Y. Recognition method of picking point for tomato cluster[J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2016, 37(11): 131-134.
- [17] SHIH H C, LIU E R. Automatic reference color selection for adaptive mathematical morphology and application in image segment action[J]. IEEE Transactions on Image

- Processing, 2016, 25(10): 4665-4676.
- [18] 袁媛, 李森, 陈晟, 等. 复杂背景黄瓜叶部病害图像分割方法[J]. 农业机械学报, 2013, 44(10): 233-237.
YUAN Y, LI M, CHEN S, et al. Segmentation of cucumber leaf disease images with complex background [J]. Transactions of The Chinese Society of Agricultural Machinery, 2013, 44(10): 233-237.
- [19] SAWICKI D J, MIZIOLEK W. Human colour skin detection in CMYK colour space[J]. IET Image Processing, 2015, 9(9): 751-757.
- [20] 沙莎, 刘金珠, 闵乐泉. 复合 4 邻域圈提取 CNN 的鲁棒性设计[J]. 计算机工程与应用, 2011, 47(2): 197-199.
SHA S, LIU J Z, MIN L Q. Robust designs for compound 4 adjoining points circle detection[J]. Computer Engineering and Applications, 2011, 47(2): 197-199.
- [21] 徐胜攀, 刘正军, 左志权, 等. 一种改进的活性边表区域填充算法[J]. 计算机工程与应用, 2014, 50(17): 178-181.
XU S P, LIU Z J, ZUO Z Q, et al. Improved active-edge-table area filling algorithm[J]. Computer Engineering and Applications, 2014, 50(17): 178-181.

The Color Image Segmentation of Purple Soil with Its H Threshold

CHENG Rong^{1,2}, ZENG Shaohua^{1,2}, LUO Yutong^{1,2}, FU Dengwei³, WANG Shuai⁴, YANG Shengming^{1,2}

(1. College of Computer and Information Science, Chongqing Normal University, Chongqing 401331;

2. The Engineering & Technology Research Center of Digital Agriculture Service, Chongqing 401331;

3. The Center of Agriculture Technology Promotion, Nanchuan Chongqing, 408400;

4. The Master Station of Agricultural Technology Promotion, Chongqing 400121, China)

Abstract: [Purposes]The first job is to separate out the natural cross-section image of purple soil from the chaotic background in the purple soil images because it is a base of the processing in future. [Methods]It displays the clustering property which is palpable in the H values of the HSV color space to study the natural cross-section image of purple soil. The distribution of the pixel number in the H values is closer to a normal distribution at the points that confidence level is 95% or 97%. So it is feasible to compute the H threshold with the normal distribution and to separate out the natural cross-section image of purple soil with it. [Findings]The segmentation image of the purple soil is obtained by calculating the Hadamard product with the binary image that eliminates the discrete small and small holes and the original image. [Conclusions]Theoretical analysis and simulation experiments show that the algorithm is effective, and its computing speed is faster and it improves the image segmentation effect compared with the contrast algorithms.

Keywords: purple soil image; color image segmentation; H threshold

(责任编辑 许 甲)