

基于区域跟踪的交互式图案分割算法^①

侯小刚¹, 李艳红¹, 赵海英²

¹(新疆师范大学 地理科学与旅游学院, 乌鲁木齐 830054)

²(北京邮电大学 世纪学院数字文化与新媒体技术研究中心, 北京 102613)

摘要: 传统图案包含着许多具有一定特征的纹样元素, 而现有的基于边缘与区域的分割算法难以获得图案的纹样元素及分布等信息. 本文以新疆栽绒毯为例, 提出一种基于区域跟踪的交互式图案分割算法. 首先定义模板算子, 通过调整模板算子的参数, 标识图案元素, 并引入图案元素对称性判据, 解决图案分割冗余与重叠问题. 实验仿真表明该方法可以满足具有对称性的织物图案的分割与提取.

关键词: 图案分割; 模板匹配; 纹样基元; 对称

An Interactive Segmentation Algorithm Based on a Regional Tracking

HOU Xiao-Gang¹, LI Yan-Hong¹, ZHAO Hai-Ying²

¹(School of Geographic Sciences and Tourist Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China)

²(Digital culture and new media technology research center Century college, BUPT, Beijing 102613, China)

Abstract: There are many motif elements containing certain features in traditional pattern which are useful to generation style pattern. It is difficult for the present method based on the edge and regional segmentation algorithm to obtain there elements and distribution information. Taking Xinjiang pile blanket for example, an interactive segmentation algorithm is proposed based on a regional tracking. First, template operator is defined, and motif elements are selected, through adjusting the parameter of template operator. Then, by introducing the symmetrical criterion of motif element, the problem of elements redundancy and overlapping is solved. The simulation results show that the proposed algorithm can satisfy the symmetrical fabric design segmentation and extraction.

Key words: design segmentation; template matching; motif element; symmetry

1 引言

图案分割是分离背景, 提取具有特殊意义的目标区域, 这是图像处理的经典难题之一^[1]. 常用图像分割方法主要有以下三类: 一是区域增长法, 通过寻找与用户输入种子点相似属性的像素来得到一个分割区域, 最简单方法是从一个像素出发, 检查其领域中是否存在与种子点具有相似属性的像素来得到一个区域^[2]; 二是基于边界分割, 它是借助于各种边界算子对图像处理得到边界, 从而提取用户感兴趣区域, 其主要问题是如何组合分散的边界, 得到闭合边界, 进而得到待分割区域^[3]; 三是阈值分割, 借助于图像整体信息, 如直方图决定阈值选取, 根据阈值决定目标对象的区域^[4]. 由

于传统图案包含着许多具有一定特征的纹样元素, 必须完整分离才能具有使用价值, 但是由于背景跨边缘、跨区域, 使得常用分割算法难以获得完整纹样元素及分布等信息.

新疆栽绒毯图像是一种富含艺术性的纺织产品, 在图案中通常包含不同规则的几何图形、近似于对称的纹样元素. 因此如何获取风格元素并应用于民间艺术图案的创新设计中, 对新疆栽绒毯的文化保护、传承发扬, 具有重要意义^[5]. 论文提出一种基于模板匹配的简单可行的图像分割算法. 首先定义模板算子, 借助于图像信息设置合理分割阈值, 通过调整模板算子参数, 标识图案元素, 分割出有意义的基元, 并通

① 基金项目: 新疆自然科学基金项目(2010211a19); 国家自然科学基金项目(61163044); 973 前期计划专项课题项目(2010CB334709)

收稿时间: 2012-08-26; 收到修改稿时间: 2013-01-29

过图案元素的对称性判据,解决图案分割冗余与重叠问题,仿真实验达到预期分割目标。

2 相关工作

图像分割一直是计算机视觉处理中至今尚未解决的难题,许多学者针对不同问题提出了大量图像分割算法,解决边缘模糊分割、自适应分割等难点,但仍然不存在一个普遍适用的理论和方法^[6,7],不同的问题仍然需要不同的算法来解决。文献[8]提出的基于模糊连接度的图像分割算法,该算法在模糊连接度分割的基础上增加了最优路径(即与种子点的所有路径中连接度最大的路径)上各点相对于种子点的属性相似度的检验,使之能在待分割对象边界比较模糊的情况下取得理想的分割结果。该算法是典型的区域增长算法,算法中的难点是对分割种子点的选取与阈值的设定,它将直接影响着分割的效果。文献[9]提出一种提花织物图像的有限元分割算法。算法结合有限元法和拟牛顿法的MS模型数值求解法,首先定义了自适应三角剖分空间上的离散MS模型,并在每次迭代前对有限元网格进行自适应调整,以提高迭代的性能,接着采用拟牛顿最小化方法,通过收敛意义上的离散有限元逼近得到离散MS模型的最小值。该算法被用到含噪提花织物图像的分割中,取得了良好的效果,但权值参数和阈值参数对分割算法效果的影响及分割算法的运行速度是该算法没有解决的难点。文献[10]提出的图像的自适应模糊阈值分割法针对用模糊阈值方法难于分割的具有单峰或双峰差别很大的直方图的图像,提出了一种直方图变换方法,对变换后的直方图,利用自适应模糊阈值分割法可以获取有效的分割。该方法克服了目前方法所存在的窗口宽度自动选取困难的问题,但对于图像中含有复杂的颜色与纹理特征的基元分割不是很理想,会把图像中完整基元进行分割。本文针对新疆栽绒毯图案的对称特性设计算法,尝试了一种新的针对此类图案的区域跟踪交互式图案分割算法,实验仿真表明该方法可以满足具有对称性织物图案的分割。

3 算法过程

3.1 图案预处理

STEP1: 灰度化

对于采集的新疆栽绒毯图像采用RGB色彩空间表

示,它有较强的相关性,不适合对图像分割和分析^[11],因此首先需要将彩色图像转化为灰度级图像。灰度级转化的计算公式为:

$$Gray = \alpha * R + \beta * G + \gamma * B \quad (1)$$

其中 α, β, γ 为转化权重系数, R, G, B 为彩色图像上各点的RGB值。常用公式: $Y=0.299R+0.587G+0.114B$ 进行转换。

STEP2: 边缘化

本文算法是在灰度化图像的基础上,对图像边缘提取,图像边缘提取的好坏直接影响着本文算法的效果。新疆栽绒毯图案的基元有相对明确的边缘,但图像中一部分基元与背景的灰度区分度较小,需要选择适合弱边缘的提取算法,而且待分割图像的噪声较小,当边缘提取选取适当的阈值时不会产生较多的孤点,因此选用Canny算法进行边缘提取^[12,13]。

3.2 模板算设计

通过观察一类新疆栽绒毯图像基元的形状,发现反映图案内涵的基元是有规则几何形状,主要表现为圆形,少数为正方形、长方形和菱形,如图一中的A、B和C分别是正方形、菱形和圆形。论文依此设计一种基于区域跟踪的交互式图案分割算法,根据待分割图案几何形状,定义特定模板算子,提取该类基元。



图1 新疆栽绒毯图像

模板算子的提出:首先对图像灰度化,然后边缘化,如图2所示。观察图2(c)边缘化后的图像数据(如图3所示),可以比较清晰的看到数据“1”组成的轮廓是图2中的图像,从整幅图像边缘化后的图像(如图4所示)可以看出,数字“1”构成的基元轮廓保持了原真彩图像基元的轮廓,分析发现,在一个完整基元内部,是由数字“1”和数字“0”两种数字混合组成,从基元中心向外扩大,当扩大到一个完整基元边缘部分时,数字“1”会全部消失,因为一个完整基元周围全部是数字

“0”，如果在向外扩大，则又会出现数字“1”，但这已经是其他基元内部的数字“1”了。为此可以设计某种分割模板，让其从某个基元中心逐渐向外扩大，在扩大的过程中检测模板边缘的数字“1”，当可以确定在扩大过程中模板边缘数字“1”首次消失时，就可以初步断定为分割模板已经得到了一个完整基元，并记录其位置，就可以分割出独立的基元。

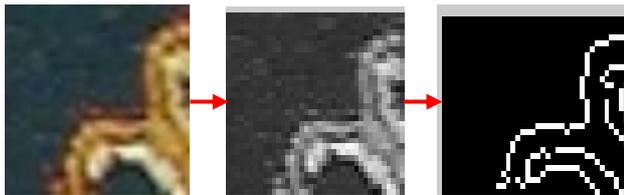


图 2 提取边缘过程(取图 1 基元左上部)

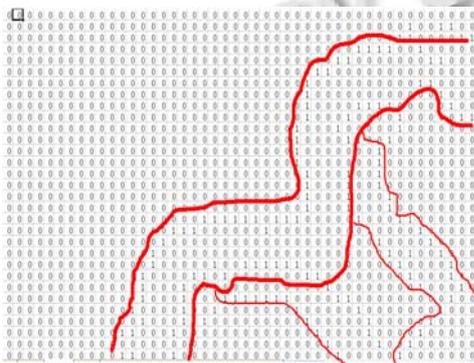


图 3 边缘图像数据表示(红色是手工勾勒的边缘)

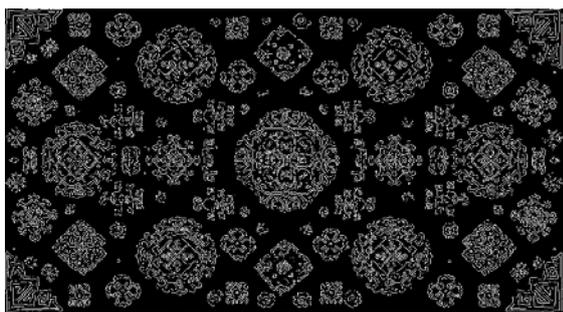


图 4 新疆栽绒毯边缘化后的图像

区域跟踪原理: 如果待分割图案中基元是圆形及类似圆形形状, 设计一个圆形模板, 在边缘化后的栽绒毯图像上进行模板匹配, 圆形模板的函数为:

$$(a-x)^2 + (b-y)^2 = r^2 \quad (2)$$

其中, (a,b) 为圆心坐标点, (x,y) 为模板圆上图像某个基元所在图像中的位置, r 为圆心到圆周像素的个数。

如果待分割图案基元是菱形及类似菱形, 就设计一个菱形的模板, 在边缘化后的栽绒毯图像上进行模板匹配, 菱形模板的函数为:

$$\begin{cases} y-b \leq -kx \leq y+b \\ y-b \leq kx \leq y+b \end{cases} \quad (3)$$

其中 $k = \frac{x_1 - x_2}{y_1 - y_2}$, (x_1, y_1) 菱形边上的一点, (x_2, y_2)

为菱形边上的另一点, (x_2, y_2) 为菱形中心坐标, b 为 (x_2, y_2) 到菱形边的距离。

如果待分割图案中具有正方形及类似正方形的基元, 就设计一个正方形的模板, 在边缘化后的栽绒毯图像上进行模板匹配, 正方形模板的函数为:

$$\begin{cases} -a \leq x \leq a \\ -b \leq y \leq b \end{cases} \quad (4)$$

其中 (x,y) 为正方形中心的坐标, b 为 (x,y) 到左右边的距离, a 为 (x,y) 到上下边的距离。

基于圆形模板分割的过程: 现以圆形模板为例进行模板分割过程的说明, 设初始圆的中心为 (a,b) (某个基元在图像中的位置), 半径为 r (其值为像素的个数), 遍历整个图像, 给定 (a,b) 与 r , 扫描一个 x 值, 通过(2)式求出 y 的值, (x,y) 就可以确定一个基元所在的位置。进行图案分割时首先定义一个初始半径为 r 的圆, 在待分割的边缘化图案上进行区域跟踪。开始时在边缘化的图像左上角用半径为 r 的模板进行匹配, 统计圆周上的所有像素点的个数, 即圆周上所有“1”和“0”的个数和, 同时单独统计圆周上“1”的个数, 如果“1”的个数与“1”“0”个数和的比小于一个给定的阈值 M 且模板圆内无数据“1”, 表示模板圆处在无基元区, 圆心下移, 如图 5(a),(b)所示。如果模板圆内有基元像数据且圆周上的“1”的比例个数大于一个阈值 M , 扩大半径 r , 直到模板圆上“1”的比例个数首次小于一个阈值 M , 则记录这个圆在边缘化图案中的 (a,b) 与 r , 然后在原真彩色图像中分割出满足条件的基元, 如图 5(c),(d)所示。图 5(a)→(d)表示区域跟踪法通过圆心下移, 分割出了理想基元。

统计模板圆周上“1”的个数与“1”“0”和的比, 如果这个比值小于 M , 且圆内没基元数据“1”, 表示模板圆此时在图像无基元区域, 圆心下移, 如图 6 (a),(b)所示。下移之后, 再次统计模板圆周上“1”的个数与“1”“0”和的比比值, 如果比值小于 M , 且圆周内有基元

数据“1”，表示模板圆少部分覆盖在基元区域，则扩大模板圆半径 r ，再次统计模板圆周上“1”的个数与“1”“0”和的比，如果比值大于 M ，则表示模板圆的圆周处在基元上，再继续扩大模板圆半径，如图 6(c),(d). 扩大模板圆半径 r 之后，如果半径超出最大半径 R ，则认为匹配失败，圆心下移，继续找下一个基元，如图 6(a)→(d)所示，表示区域跟踪法未分割出基元，圆心下移。

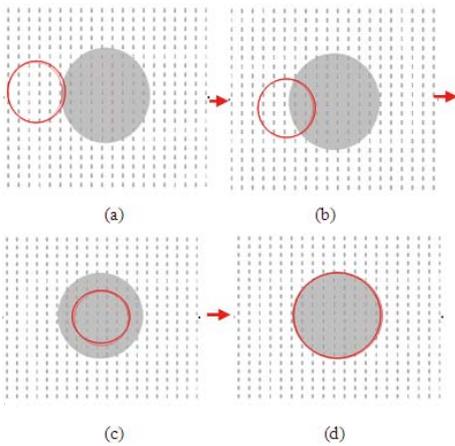


图 5 区域跟踪法分割出基元圆心下移

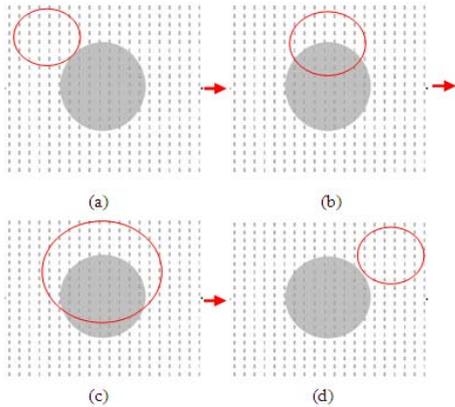


图 6 区域跟踪法未分割出基元圆心下移

3.3 分割算法优化

在进行模板匹配的过程中，会出现较多的不完整基元，这是由于在圆心下移中，个别模板圆周正好穿过基元的部分边缘，正好符合阈值 M 的范围。为了解决此类问题，本文提出了对称修正法优化改进方法，再结合文献[12]提出图像尺寸调整的方法解决此问题。

对称修正改进算法的基本思想是：当模板圆检查到一个认为是满足基元之后阈值 M 的基元后，引入

对称修正算法对此算法进行改进。具体就是对满足 M 基元进行平均 4 分法分割，其中每一部分别记为左上(UL)、右上(TR)、左下(LL)、右下(LR)，统计每块的“1”的个数，分别记为： $N_{UL}, N_{TR}, N_{LL}, N_{LR}$ ，如果每块中“1”的个数满足：

$$M_l \leq \frac{|N_{UL} - N_{LL}| + 1}{|N_{TR} - N_{LR}| + 1} \leq M_r \quad (5)$$

就认为此基元是满足阈值 M 的基元，需要进行保存分割，如果 $M_l \geq \frac{|N_{UL} - N_{LL}| + 1}{|N_{TR} - N_{LR}| + 1}$ ，则说明模板圆在左边覆盖不完全，如果 $\frac{|N_{UL} - N_{LL}| + 1}{|N_{TR} - N_{LR}| + 1} \geq M_r$ ，则说明模板圆在右边覆盖不完全，这两种情况都不能进行基元的保存分割，式(5)中 M_l 为阈值下限， M_r 为阈值上限。

当模板圆覆盖在基元上进行匹配时，由于基元边缘化致使部分边缘太弱，甚至发生了缺失的现象，在进行模板匹配统计时会发生假满足阈值 M 现象，为了避免这种情况，本文采用文献[12]提出的方法进行图像尺度的调整。目的有两个：一是使后续边缘检测处理中获得的边缘宽度相对原图比例变小；二是防止边缘检测后的膨胀腐蚀算法对边缘表示的结果产生影响。图 7 是本文算法流程图。

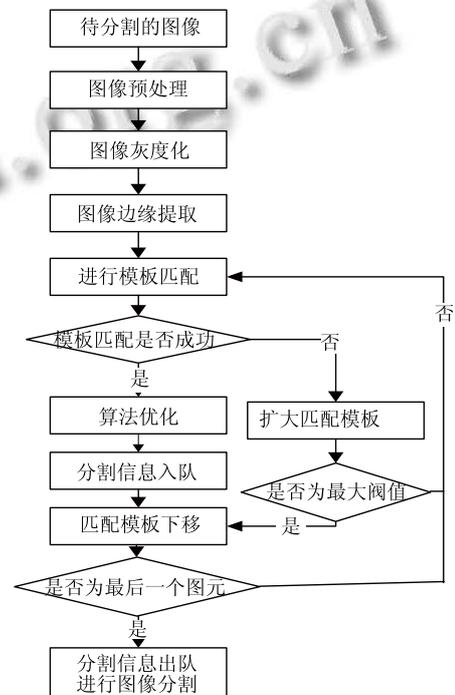


图 7 基于区域跟踪的交互式图案分割算法流程图

4 仿真与分析

4.1 仿真实验

STEP1: 用(1)式对图 8 进行图像的灰度化. 本文选取的灰度化系数为 $Gray = 0.30 * R + 0.59 * G + 0.11 * B$, 灰度级为 256, 并对灰度化图像进行尺寸调整, 结果如图 9 所示.

STEP2: 对图 9 采用本文所分析过的 canny 算子进行边缘提取, 结果如图 10 所示.

STEP3: 基于本文所提算法对边缘图交互式分割.

其中 M_r 取值为 0.91, M_c 值为 1.15, 初始半径 r 为 10, 最大半径 R 为 50. 分割结果如图 12 所示. 其中图 11 表示分割出的基元在原图中相应的位置, 图 12 为分割基元.



图 8 实验数据图(254×199) 图 9 灰度化图像

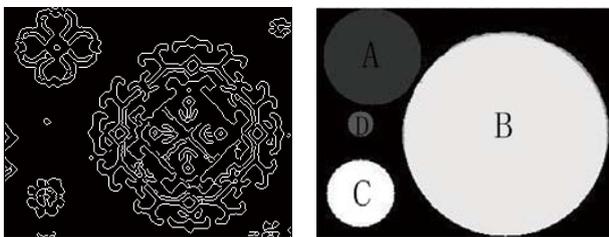


图 10 边缘提取图像 图 11 基于模板匹配的轨迹图



(a) 基元 A (b) 基元 B (c) 基元 C (d) 基元 D

图 12 基于模板匹配的分割基元

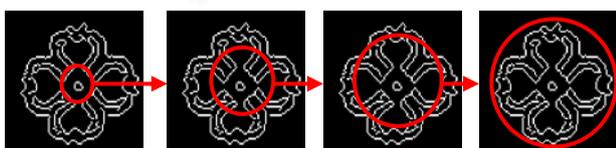


图 13 基于模板匹配的图像分割过程示意图

图 13 是对图 1 中左上角一个基元 C 具体分割过程, 当初始模板检测到模板内有基元数据时, 就扩大匹配模板, 再次检查是否符合阈值 M , 如果不符合, 再次

扩大匹配模板, 直到符合阈值 M , 就停止扩大, 保存分割基元. 图 14 是分割图 1 中得到的部分基元; 图 15 是基于模板匹配的图像分割系统界面, 用户可对初始形状和阈值等参数进行调整.

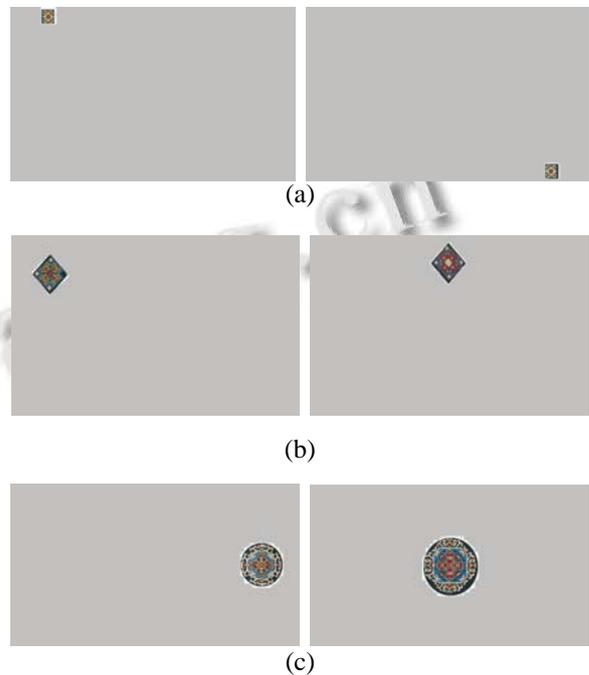


图 14 图 1 中分割出来的部分实验数据



图 15 基于模板匹配的图像分割界面

4.2 结果分析

在图像分割中, 阈值的选取将直接决定着本算法的准确程度, 所以阈值的估计是本文所提算法的关键. 以图 1 中基元 C 为例说明, 如果阈值 M 选择太大, 即放宽门限, 就会出现基元过分割现象, 如图 16 所示, 都是满足阈值 M , 但不是所要分割的理想基元. 随着 M 增大, 分割时间也会明显上升, 如果阈值 M 选择太小, 部分边缘比较紧密两基元之间就会出现漏分割现象. 图 17 显示了阈值 M 与分割出的基元数量之间的

关系,其中曲线 A、B、C、D 分别对应图 11 中的基元 A、B、C、D 分割数量与直接的关系.从图上可以看出,当 M 的值超过 0.05 时,分割出的基元数量呈现比较快的上升, M 在 0.03 之间与 0.05 之间时,各大小基元都有一定的数量,因此这是一段比较理想的取值区间.

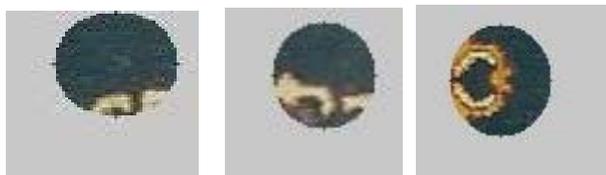


图 16 基于模板匹配的分割基元过分割现象

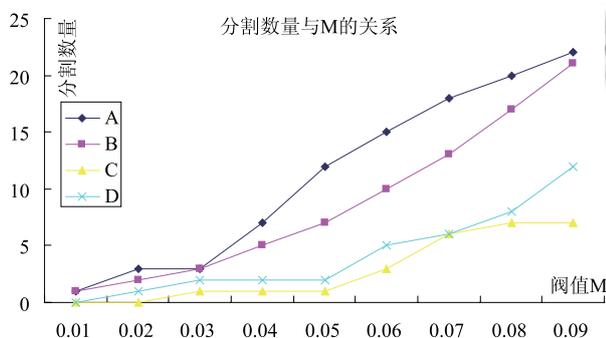


图 17 阈值 M 与分割出的基元数量关系

分割初始半径 r 与最大半径 R 也对分割效果产生影响,当 r 的初始值太小时,分割时间就会上升,当 r 太大时,就会就会丢弃一些小基元,比如图 11 中的 D 基元.当最大半径 R 定义太小时,当整幅图像中出现比较大的基元时,就会发生漏分割现象,当 R 取值太大时,直接影响着分割效率.图 18 给出了最大半径 R 与分割出的基元数量之间的关系,其中曲线 A、B、C、D 分别对应图 11 中的基元 A、B、C、D 分割数量与 R 直接的关系,从曲线可以看出,当 R 取值在 45 附近的时候,各个基元在可以接受的数量范围之内,本文取 R 的值为 50,分割出的 A、B、C、D 基元个数分别是 8、5、3、2.

为此通过交互式的设置合理分割阈值,调整模板算子参数,获得较为理想的分割目标.

5 结论

本文以新疆栽绒毯为例,提出一种基于区域跟踪的交互式图案分割算法,有效的提取出了织物图像中的完整基元.由于算法是针对一类具有特殊形状的图像考虑的,因此算法仍然具有一定的局限性,并且缺少自动化,为此,课题组的下一步研究工作是进行模

块算子的训练和算法交互式的改进,提高的普适性,并为不同类别的栽绒毯图像的分割与生成奠定基础.

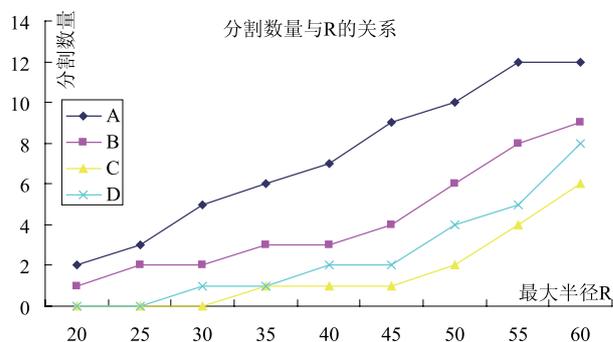


图 18 最大半径与分割出的基元数量关系

参考文献

- Giardina C Dougherty E. Morphological Methods in Image and Signal Processing[M]. Englewood Cliffs, NL: Prentice-Hall, 1998: 80-89.
- J.M. Coggins, A.K. Jain. A spatial filtering approach to texture analysis. Pattern Recognition Letters, 1985, 3, 3(3): 195-203.
- Vemis M, Ecobomor G, Fotopoulos S. The use of boolean functions and local operations for edge detection in images. Signal Processing, 1995(45): 161-172.
- 刘芳, 刘文学, 焦李成. 基于复小波邻域隐马尔科夫模型的图像去噪. 电子学报, 2005, 33(7): 1284-1287.
- 赵海英, 惠雯, 徐光美. 一种新的图案纹样生成方法. 计算机系统应用, 2011, 20(3).
- Elfadel I, MGibbs. Random fields, cooccurrences and texture modeling. Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, 1994, 16: 24-37.
- Sezgin M, Sankur B. Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation. Journal of Electronic Imaging, 2004, 13(1): 146-165.
- 潘建江, 杨勋年, 汪国昭. 基于模糊连接度的图像分割及算法. 软件学报, 2005, 16(6).
- 冯志林, 尹建伟, 陈刚, 董金祥. 一种提花织物图像的有限元分割算法. 软件学报, 2005, 16(1).
- 陈果, 左洪福. 图像的自适应模糊阈值分割法. 自动化学报, 2003, 29(5).
- 赵海英, 徐正光, 张彩明. 一类新疆民族风格的织物图案生成方法. 图学学报, 2012, 33(2): 1-8.
- 赵海英, 彭宏, 杨一帆. 基于边缘形态变换的彩色织物图像分割算法. 中国体视学与图形分析, 2011, 16(1).
- 王志衡, 吴福朝. 内积能量与边缘检测. 计算机学报, 2009, 11.