

电路板红外图像多目标提取算法^①

王 力, 曾佩佩, 郝建新

(中国民航大学 模式识别与智能系统, 天津 300300)

摘 要: 电路板红外图像芯片提取是电路板红外图像故障检测系统中的重要环节, 传统的芯片发热区域提取方法或多或少需要人工干预, 在芯片较多和热辐射情况复杂电路板中人工参与效果不是很理想. 基于电路板红外图像特征提出了一种自适应多目标区域增长算法, 将该多目标区域增长算法与 GVF-Snake 模型相结合用于电路板红外图像芯片提取. 利用多目标区域增长算法将每一块芯片的发热区域和辐射区域一并提取, 再利用区域增长确定 GVF-Snake 模型初始轮廓, 利用 GVF 模型进行芯片发热区域提取. 实验表明, 这种算法能够无人工干预的准确提取电路板红外图像所有芯片发热区域, 具有一定的实用性和鲁棒性.

关键词: 红外图像; 多目标提取; 芯片发热区域; 区域增长; GVF-Snake 模型

Multi-Target Extraction Algorithm of Circuit Board Infrared Image

WANG Li, ZENG Pei-Pei, HAO Jian-Xin

(Pattern recognition and intelligent system, Civil aviation university of China, Tianjin 300300, China)

Abstract: Extracting the infrared image chip exothermic area at a circuit board is an important part of the fault detection system. The traditional extraction methods to exothermic area of chip need manual intervention more or less, and the effects of artificial participation aren't ideal at these circuit boards such as the more chips and complex heat radiation. this algorithm put forward a multi-objective region growing arithmetic according to the features of infrared images of a circuit board, which combine with GVF-Snake model to extract infrared image of circuit board. this algorithm can ensure original outline of GVF-Snake model by using the growing area and draw the exothermic area of chips by GVF model. The experiment results show that we can extract accurately exothermic areas of all circuit board chips without manual intervention. And the algorithm have practical and robust traits.

Key words: infrared image; multi-objective region extraction; chip exothermic area; region growing; GVF-Snake model

1 引言

随着红外检测技术和计算机图像处理技术的发展, 基于红外技术的电路板故障诊断方法以检测速度快, 费用低, 通用性强以及易于为基层修理人员所掌握等优点, 逐渐引起广大科研人员的重视^[1]. 电路板红外图像芯片提取是电路板红外热成像故障检测的重要环节. 电路板红外图像由三个部分构成: 芯片发热区域, 芯片辐射区域, 背景区域. 芯片发热区域指的是芯片工作时温度上升所辐射的热量. 芯片辐射区域指的是

芯片工作时, 由于热传导使周围空气或者电路板发热, 也会辐射热量. 背景区域指的是不发热而且没有热传导区域. 红外图像有如下三个特点: (1)背景部分信息量少. (2)芯片发热部分边缘粗糙. (3)发热芯片辐射热量, 造成辐射区域与芯片区域互相干扰. 这些都给芯片提取工作带来很大难度^[2].

传统的图像提取方法可以大致分为两类: 基于区域的提取方法和基于轮廓的提取方法, 基于区域的图像提取方法主要有阈值分割法, 区域增长法, 聚类法

^① 基金项目:中央高校基本科研业务项目(ZXB2011A003);中国民航大学科技基金项目(2010kyE07);中国民航大学校级科研项目号(2011kyE01);

中国民航机务维修科研基地资助

收稿时间:2013-07-08;收到修改稿时间:2013-09-09

等, 此类方法通过搜索满足同一属性的像素点来分割区域, 优点是抗噪性能强, 缺点是提取的区域边界精度不高^[3-5]; 基于轮廓的图像提取方法依赖于图像的边、角、纹理等特征, 通过各类边缘检测算子来得到边缘, 缺点是轮廓提取受到边缘检测算子精度限制, 伪边, 断边较多^[6,7]. 主动轮廓模型(又称 Snake 模型)是 Kass 于 1987 年提出的^[7], 至今它已被越来越广泛的应用于数字图像分析和计算机视觉领域. 简单的讲, Snake 模型就是一条可变形的参数曲线及其相应的能量函数, 以最小化能量为目标, 控制参数曲线变形, 具有最小能量的闭合曲线就是目标轮廓.

传统的 Snake 模型存在着不足之处: 首先, 由于 Snake 模型的非凹性, 它有可能收敛到局部极值点, 甚至发散; 其次, 它要求动态轮廓的初始位置要放在非常靠近物体轮廓的位置处, 但这是一个非常困难的任务. 为解决这些问题, 近年来, 大量的学者在这两方面做了大量的工作以改进 Snake 模型, 例如压力法、多尺度、距离势能外力、GVF 等方法^[8-12], 其中 GVF 是解决以上两个问题的最好方法, GVF 模型从两个方向捕获图像边缘的外部力场, 在图像力强的地方具有和原图像力相近的图像力场分布, 但在图像力弱的地方, 可以使图像力的作用范围向外平滑的扩展, 扩大 Snake 的捕获区, 加强了对目标凹轮廓边缘的吸引力, 提高了传统 Snake 的性能.

尽管 GVF 模型相比传统 Snake 模型在提取精度上有很大提升, 但 GVF 模型还存在两方面问题, 一是初始轮廓问题, 李一波等人研究得出远近初始轮廓对最终提取的轮廓影响较大^[13]; 二是多目标提取问题, 谢珊珊等人的研究表明 GVF 模型在多目标提取上有很大的局限^[14]. 这两方面缺陷使得 GVF 模型在工程应用上受到诸多限制. 本文提出一种改进的 GVF 模型的多目标提取算法, 充分利用红外图像特点, 结合区域增长和 GVF 模型, 能够在无人工干预下自动确定多目标初始轮廓, 再利用 GVF 模型进行目标轮廓精提取, 准确提取电路板上芯片区域, 且提取效果不受目标个数影响.

2 传统Snake模型与GVF-Snake模型

2.1 传统 Snake 模型

传统 Snake 模型是在图像目标附近定义一条具有能量的曲线:

$$X(s) = (x(s), y(s)) \quad s \in [0, 1] \quad (1)^{[13]}$$

其能量函数为:

$$E(X) = \int_0^1 \frac{1}{2} [\alpha(s) \cdot |X'(s)|^2 + \beta(s) \cdot |X''(s)|^2 + E_{ext}(X)] \quad (2)^{[13]}$$

其中 $X'(s)$ 和 $X''(s)$ 分别是 $X(s)$ 的一阶和二阶导数; $\alpha(s)$ 和 $\beta(s)$ 分别为控制 Snake 张紧和刚性的权值, E_{ext} 为外部能量项, 由图像的灰度、边缘等特征获得, 定义为:

$$E_{ext} = -|\nabla[G_0(x, y) * I(x, y)]|^2 \quad (3)^{[13]}$$

其中 $G_0(x, y)$ 为均值为 0, 方差为 σ 的高斯函数, $*$ 为卷积.

为使 Snake 能量函数去最小值, 必须满足如下 Euler 方程:

$$-\alpha(s) \cdot X''(s) + \beta(s) \cdot X'''(s) + \nabla E_{ext}(X) = 0 \quad (4)^{[13]}$$

上式可以看做是曲线内部力和外部力不断作用达到平衡的过程, 其中, 内部力和外部力如下:

$$\begin{cases} F_{int} = -\alpha(s) \cdot X''(s) + \beta(s) \cdot X'''(s) \\ F_{ext} = \nabla E_{ext}(X) \end{cases} \quad (5)^{[13]}$$

通过外部力和内部力的不断作用, 当 $X(s)$ 区域稳定时即可求的方程的解.

设 $f_x(i) = \frac{\partial E_{ext}}{\partial x_i}$, $f_y(i) = \frac{\partial E_{ext}}{\partial y_i}$ 对应的离散 Euler 公

式为:

$$\begin{aligned} & \alpha_i(V_i - V_{i-1}) - \alpha_{i+1}(V_{i+1} - V_i) + \beta_{i-1}(V_{i-2} - 2V_{i-1} + V_i) - \\ & 2\beta_i(V_{i-1} - 2V_i + V_{i+1}) + \beta_{i+1}(V_i - 2V_{i+1} + V_{i+2}) + (f_x(i), f_y(i)) = 0 \end{aligned} \quad (6)^{[13]}$$

2.2 GVF-Snake 模型

传统 Snake 模型存在缺陷的原因很大程度上是由于外部力场的性能较差, Xu^[12]等人提出的 GVF 模型有效弥补传统 Snake 的不足, 该方法的特点是引入了一个新的静态外力场:

$$F_{ext} = V(x, y) = [\mu(x, y), \nu(x, y)] \quad (7)^{[14]}$$

图像边缘轮廓的能量函数相应变为:

$$E = \iint \mu \nabla^2 V + |\nabla f|^2 |V - \nabla f|^2 dx dy \quad (8)^{[14]}$$

其中: $f(x, y)$ 为原图像 $I(x, y)$ 的边缘映射图像, (x, y) 为图像上任意像素点处的坐标, ∇f 为点 (x, y) 处的梯度, μ 为调节因子.

根据变分原理, GVF 满足如下 Euler 方程:

$$\mu \nabla^2 V - (V - \nabla f) |\nabla f|^2 = 0 \quad (9)^{[14]}$$

为拉布拉斯算子, 其分解形式为:

$$\begin{cases} \mu \nabla u - (u - f)(f + f) = 0 \\ \mu \nabla v - (u - f)(f + f) = 0 \end{cases} \quad (10)^{[14]}$$

离散形式为:

$$\begin{cases} u_n(x, y, n) = \mu \nabla^2 u(x, y, n) - [u(x, y, n) - f_x(x, y, n)] \cdot (f_x^2 + f_y^2) \\ v_n(x, y, n) = \mu \nabla^2 v(x, y, n) - [v(x, y, n) - f_x(x, y, n)] \cdot (f_x^2 + f_y^2) \end{cases} \quad (11)^{[14]}$$

其中 n 为迭代次数, 通过上式可求得 GVF 模型中的 $V(x, y)$, 即求的外力(外部力公式), 将其带入公式 2 中求解曲线 X , 求解过程即为轮廓曲线逼近目标边缘过程。

GVF Snake 将传统 Snake 的图像力用扩散方程进行处理, 得到整幅图像域的梯度向量场作为外部力, 经过扩散方程处理后的 GVF 比图像力更加有序、更能体现物体边界的宏观走势。GVF Snake 具有更大的搜索范围, 降低对活动轮廓初始位置的敏感性, 可分割凹陷的边界, 对梯度绝对值的大小乃至噪声具有更好的鲁棒性。而且它还不必预先知道轮廓线是要膨胀还是收缩, 从而获得较好的分割效果。

2.3 本文改进算法

通过研究电路板红外图像, 芯片发热区域温度相差不大, 在外围辐射区域中, 随着与芯片发热区域距离不断扩大, 温度逐渐减小, 因此, 利用区域增长算法可以很容易的将芯片发热区域和芯片辐射区域进行提取。本文算法改进主要集中在自动多目标区域增长算法设计。根据电路板红外图像的特点, 自动确定多个种子点, 分割出多块芯片发热区域和芯片辐射区域, 用于后期 GVF-Snake 模型处理提取芯片。该算法流程如下:

步骤一: 扫描全图 I , 找到温度最高的点作为初始种子点, 记为 $P:(x, y)$;

步骤二: 确定种子生长规则: (1) 设定阈值 H_dist , 若 $I(x_1, y_1) - I(x, y) < H_dist$, 则生长, 反之, 则停止生长。 (2) 若 $I(x, y) < I(x_1, y_1)$, 则生长, 反之不生长。 (3) 定义环境温度为 E_temp , 设定阈值 L_dist , 若 $I(x, y) > E_temp - L_dist$, 则生长, 反之不生长。其中 H_dist 和 L_dist 都随着红外图像种子点自适应变化。

$$H_dist = \frac{(E_temp + I(x_1, y_1))}{I(x_1, y_1)} \quad (12)^{[14]}$$

$$L_dist = \frac{E_temp + I(x, y)}{E_temp} \quad (13)^{[14]}$$

按照种子生长规则进行区域增长, 增长范围为种子点周围 3×3 领域像素, 选择符合种子生长规则的新

像素点作为新的种子点。

步骤三: 按照步骤二重复进行区域增长, 直到没有新的种子点为止, 将生长的区域记为 M_1 , M_1 中包含了一块芯片的发热区域和辐射区域。在图像 I 中将 M_1 区域像素置零, 得到新的红外图像 I_1 。重复步骤一和步骤二, 得到新的生长区域 M_2 。

步骤四: 重复步骤三, 设定阈值 D_temp , 当扫描全图得到的温度最高点 $I(x, y) - D_temp \leq E_temp$ 时, 认定完成所有芯片发热区域和辐射区域 $M_1 \sim M_n$ 提取。

步骤五: 扫描第一块区域 M_1 , 得到温度最高 P_1 , 确定区域生长规则: 若 $I(x_1, y_1) - I(x, y) < H_dist$, 则生长, 反之, 则停止生长。其中 H_dist 为前文中定义变量。区域生长完成后得出芯片大致发热区域 $N_1 \sim N_n$ 。

步骤六: 提取生长完成区域的最外层像素点, 令这些像素点集合为 GVF-Snake 模型初始轮廓。

步骤七: 由初始轮廓进行 GVF-Snake 模型求解, 得到芯片区域轮廓。

步骤八: 扫描下一块区域 M_n , 重复上述步骤。直到 $n=N$ 时, 芯片提取完成。

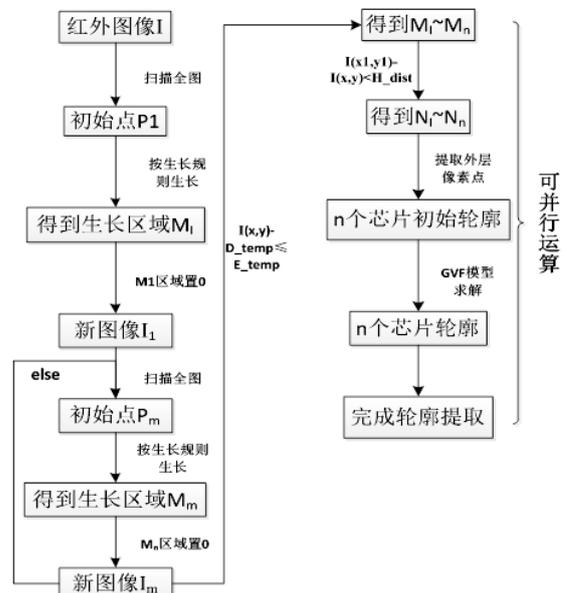


图 1 基于 GVF-Snake 模型的芯片区域提取算法

3 实验结果及分析

为了验证本文算法的有效性, 图 IntraTec 第一代 ImageIR 高端制冷型红外热成像系统拍摄一块实验电路板红外图像, 在 MatlabR2009a 环境下对此电路板红外图像用本文算法进行处理, 并给出了算法中间步骤

效果图, 方便读者观察.

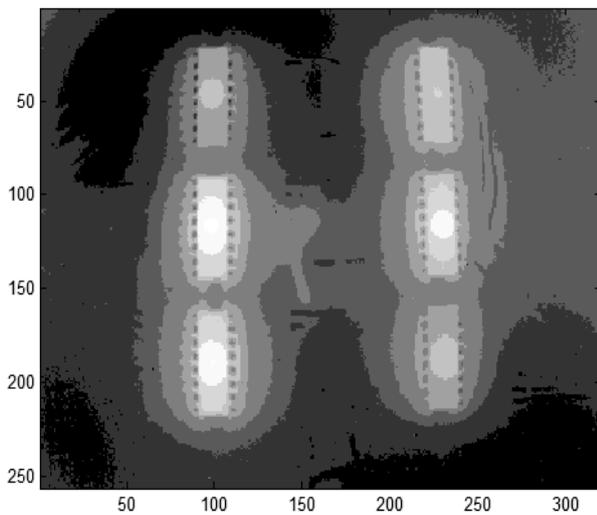


图 2 电路板红外图像原图

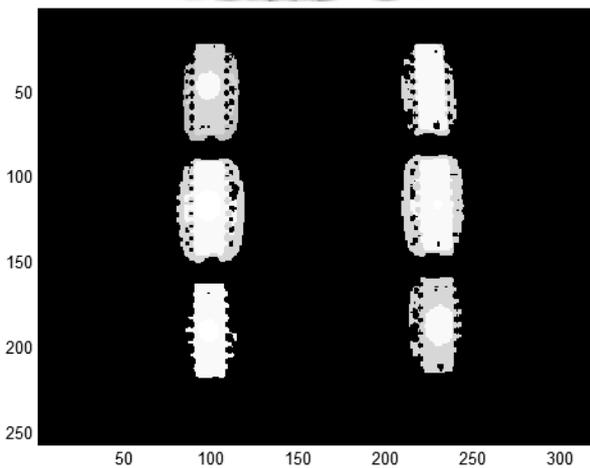


图 3 步骤五提取的发热区域

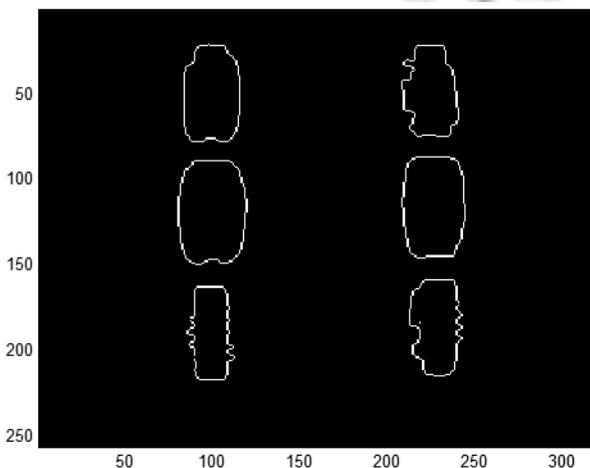


图 4 初始轮廓

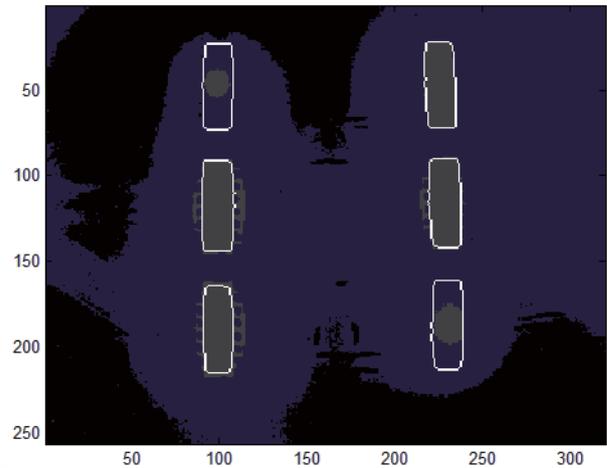


图 5 GVF 模型得出的轮廓

从实验结果可以得出, 由于电路板红外图像芯片发热区域具有核心区—辐射区—背景区层次环绕特点, 利用上文步骤一~步骤五能够大致分离出所有芯片核心发热区, 再利用步骤六即得到可确定所有芯片初始轮廓, 利用步骤七中 GVF 模型轮廓不断逼近芯片核心区域, 最终精确提取芯片核心发热区域.

步骤五~步骤八可进行并行运算提高效率, 鉴于本文篇幅, 留作日后研究, 在此不作详述.

4 结语

(1) 电路板红外图像芯片区域提取是电路板故障检测的基础, 提取精准度直接影响故障检测效果. 电路板红外图像与医学图像, 可见光图像, 遥感图像有很大差异, 在充分研究电路板红外图像基础上, 本文算法在图像提取流程上进行了创新, 巧妙的将提取过程分两步走, 解决了多目标分割和自适应分割的难题, 算法易于实现, 在工程应用上有很大优势.

(2) 本算法提出了一种电路板红外图像多目标芯片提取的新思路, 本算法在步骤五的区域增长、步骤六的提取初始轮廓以及 GVF 模型解算时可进行并行计算, 因此后续可以在并行加速运算上对算法进行优化, 提高本算法的运行效率.

参考文献

- 1 崔伟. 电路板故障红外热像检测关键技术研究[硕士学位论文]. 南京: 南京航空航天大学, 2011.
- 2 戴文远. 基于红外热图像的故障诊断方法综述. 红外, 2013,

(下转第 85 页)

4 结语

本文设计了一种面向无线传感网的社区远程医疗实时生理参数监测系统,在充分考虑无线传感网络生理参数采集系统中的无线传感节点、中继路由端工作基础上,将社区生理参数实时监测系统设计为系统界面、业务逻辑层、数据交互层、数据库、系统前置接入服务、无线传感网络六层架构,有效整合实时采集生理参数,将人体重要生理特征及时、准确地提取出来进行处理、分析,为社区医疗中心医护人员准确监测社区人员健康状况提供可靠依据。

参考文献

- 1 Reza S, Dilmaghani, Hossein B, et al. Wireless sensor networks for monitoring physiological signals of multiple patients. *IEEE Trans. on biomedical circuits and system*, 2011, 5(4): 347–356.
- 2 褚航,曾碧,非接触式心跳监控系统——面向社区医疗服务的物联网应用系统研究与开发. *计算机系统应用*, 2012, 21(8):233–235.
- 3 张菊梅,吴效明.社区数字监护系统的设计. *微计算机信息*, 2009, 25(3):12–13.
- 4 吴昭,刘雷红.基于健康物联网的社区卫生服务系统设计. *中国医药导报*, 2012, 9(22):166–168.
- 5 European Observatory on Health Systems and Policies. Health care outside hospital, accessing generalist and specialist-care- ineight-countries. <http://www.euro.who.int/Document/E89259.pdf>.
- 6 王明宇,杨吉江,陈昊.基于体域网和云平台的远程数字健康系统发展的研究. *计算机科学*, 2012, 39(6A):195–200.
- 7 陈苏蓉,王杰华,朱晓辉.远程实时健康监护系统呼叫中心关键技术研究. *计算机工程与设计*, 2012, 33(11):4386–4391.
- 8 陈海金,张跃.远程多参数动态实时监护仪设计. *计算机工程与设计*, 2012, 33(12):4501–4508.
- 9 刘雪梅,葛宝丰.应用于医疗的无线人体传感网络媒体接入层设计研究. *生物医学工程学杂志*, 2012, 29(2):379–381.
- 10 艾朱斯特. *C++Qt 设计模式*. 北京:电子工业出版社, 2012:156–167.
- 11 邱铁,周玉,张民奎. *Linux 环境下 Qt4 图形界面与 MySQL 编程*. 北京:机械工业出版社, 2012:99–213.
- 12 Xu CY, Prince JL. Snakes, shapes, and gradient vector flow. *IEEE Trans. on Image Processing*, 1998, 7(3): 359–369.
- 13 李一波, 黄增喜, 张海军等.一种基于改进 GVF Snake 的自动人耳检测方法. *模式识别与人工智能*, 2010, 123(4): 552–559.
- 14 谢珊珊,马社祥.基于 GVF 模型的多目标边缘提取. *光电工程*, 2010, 37(12):35–45.
- 15 肖斌,汪敏.基于主动轮廓模型的交通场景运动目标提取算法. *计算机系统应用*, 2012, 21(1):168–171.
- 16 Li XY, Ni GQ. An automatic active contour algorithm forextracting object. *Acta Photonica Sinica*, 2002, 31(5): 606–610.
- 17 Zhou JP, Geng GH, Zhou MQ. A new active count-ermodel. *Computer Research & Development*, 1998, 35(8): 734–738.
- 18 任守纲,马超,徐焕良.基于改进主动轮廓模型的图像分割方法研究. *计算机科学*, 2013, 40(7), 289–292.
- 19 张健.基于聚类的图像分割方法的研究[硕士学位论文].济南:山东大学, 2011.
- 20 徐蔚钦,许雪梅,黄帅.结合聚类与改进分水岭算法的彩色图像分割. *计算机系统应用*, 2011, 20(7):53–57.
- 21 吴伟文.基于计算机视觉的目标图像检索相关技术的研究[博士学位论文].广州:华南理工大学, 2012.
- 22 胡先荧.基于主动轮廓的图像分割技术研究[硕士学位论文].西安:西安电子科技大学, 2012.
- 23 杨丽萍,邹琪.基于先验形状信息的水平集图像分割. *计算机科学*, 2012, 39(8):288–291.

(上接第 145 页)

34(2):16–21.

- 3 张健.基于聚类的图像分割方法的研究[硕士学位论文].济南:山东大学, 2011.
- 4 徐蔚钦,许雪梅,黄帅.结合聚类与改进分水岭算法的彩色图像分割. *计算机系统应用*, 2011, 20(7):53–57.
- 5 吴伟文.基于计算机视觉的目标图像检索相关技术的研究[博士学位论文].广州:华南理工大学, 2012.
- 6 胡先荧.基于主动轮廓的图像分割技术研究[硕士学位论文].西安:西安电子科技大学, 2012.
- 7 杨丽萍,邹琪.基于先验形状信息的水平集图像分割. *计算机科学*, 2012, 39(8):288–291.
- 8 Zhou JP, Geng GH, Zhou MQ. A new active count-ermodel. *Computer Research & Development*, 1998, 35(8): 734–738.
- 9 任守纲,马超,徐焕良.基于改进主动轮廓模型的图像分割方