

УДК 681.3

МОДИФИКАЦИЯ АЛГОРИТМА АКТИВНЫХ КОНТУРОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ИНТЕРАКТИВНОЙ СЕГМЕНТАЦИИ РАСТРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЕФЕКТОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОТЛИВОК

Петров В.О., Привалов О.О.

Камышинский технологический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета, Камышин

Подробная информация об авторах размещена на сайте

«Учёные России» - <http://www.famous-scientists.ru>

Разработан модифицированный метод сегментации объектов на растровом изображении бракованной металлической отливки на базе алгоритма активных контуров. Метод реализован в базовом наборе функций интерактивной сегментации программного комплекса «Система распознавания и классификации дефектов металлических отливок по растровому изображению». Входной информацией является фотография бракованной металлической отливки. Выходная информация - растровый сегмент, содержащий изображение дефекта металлической отливки.

Задача корректного выделения объектов интереса на растровом изображении является одной из важных составляющих автоматизированных систем распознавания и анализа образов. Универсальных способов выделить интересующий фрагмент изображения, без знания особенностей прикладной задачи, до настоящего момента не выявлено. Поэтому разработано множество алгоритмов сегментации растровых изображений, позволяющих с определённой степенью качества решить задачу интерактивного выделения объектов на изображении. Следует отметить, что каждый из этих алгоритмов качественно решает задачу только для определённо-

го класса изображений, поэтому автоматизированный анализ нового класса изображений диктует необходимость разработки новых или модернизации существующих алгоритмов сегментации.

В качестве одного из алгоритмов авторами предлагается модернизированный метод активных контуров [1].

Суть классического алгоритма заключается в нахождении оптимума между «силами», «сдавливающими» и «распирающими» искомый контур, ограничивающий сегмент растрового изображения.

Под активным контуром понимается изменяемый контур, который состоит из n точек в двумерном пространстве:

$$V = \{v_1, \dots, v_n\}, \text{ где } v_i = (x_i, y_i), i = \{1, \dots, n\}$$

Каждая точка контура итеративно подходит к границе объекта, решая задачу минимизации критерия. Для каждой точки, близкой к вершине v_i считается значение E_i :

$$E_i = a \cdot E_{\text{int}}(v_i) + b \cdot E_{\text{ext}}(v_i)$$

где $E_{\text{int}}(v_i)$ – энергетическая составляющая, зависящая от формы контура

$E_{\text{ext}}(v_i)$ – энергетическая составляющая от свойств изображения, таких как градиент

a, b – весовые коэффициенты, обеспечивающие вклад каждой из энергий в общее уравнение критерия.

$E_i, E_{\text{int}}, E_{\text{ext}}$ – квадратные матрицы. Значение в центре каждой из матриц энергии

соответствует энергии в точке v_i (i-й вершины контура). Остальные значения в матрицах энергии соответствуют энергии в каждой точке, находящейся в окружении v_i .

Каждая вершина v_i потенциально может перейти в любую точку v_i' , соответ-

ствующей минимальным значением энергии E_i . Этот процесс изображен на рисунке 1. Если энергетическая функция настроена корректно, вершины контура V итеративно перемещаются и останавливаются вблизи границ объекта.

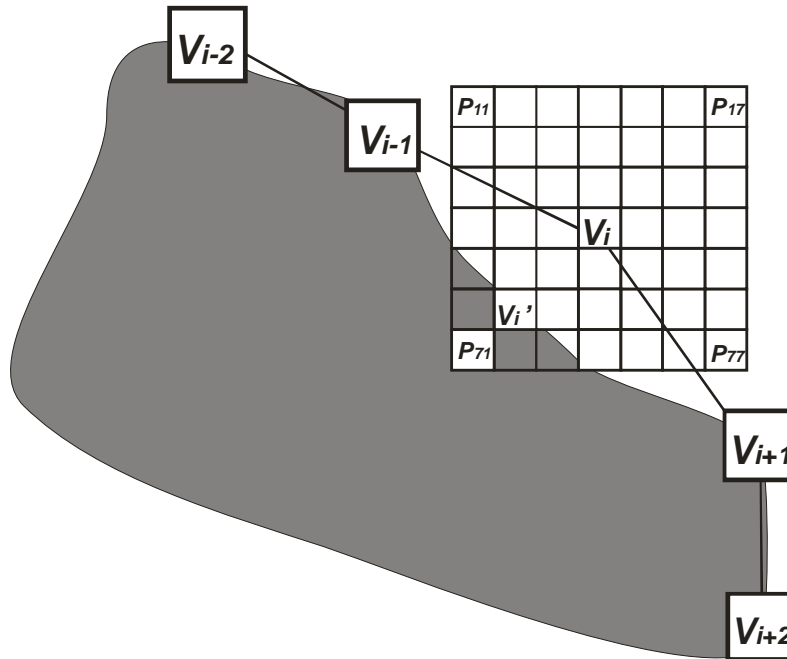


Рис. 1. Визуализация эффекта выбора оптимальной точки на текущем шаге итерации из множества точек E

Внутренняя энергия E_{int} рассчитывается по формуле:

$$a \cdot E_{int}(v_i) = c \cdot E_{con}(v_i) + d \cdot E_{bal}(v_i)$$

где: a, c, d – весовые коэффициенты

Внутренняя энергия $E_{int}(v_i)$ состоит из двух составляющих: энергии контура $E_{con}(v_i)$ (сглаживающая составляющая) и распирающей контур энергии $E_{bal}(v_i)$.

Сглаживающую энергию замкнутого контура ($E_{con}(v_i)$) можно вычислить:

$$e_{jk}(v_i) = \frac{1}{l(V)} \left\| p_{jk}(v_i) - \gamma(v_{i-1} + v_{i+1}) \right\|^2$$

$$\gamma = \frac{1}{2 \cos\left(\frac{2\pi}{n}\right)}$$

$$l(V) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left\| v_{i+1} - v_i \right\|^2$$

где: $p_{jk}(v_i)$ – точки (x, y) , которые соответствуют точкам на изображении в матрице энергии.

n – число точек в контуре
 e_{jk} – элементы матрицы энергии

Данная составляющая (E_{con}) стягивает контур и не позволяет отдельным вершинам сильно отделяться от остальных. Если объект выделения округлый, то весовой коэффициент при этой энергии следует сделать увеличивать относительно значений других коэффициентов.

Минимальное значение в матрице сглаживающей энергии $E_{\text{con}}(v_i)$ будет соответствовать значению $p_{jk}(v_i)$, максимально близкой к идеальной окружности, проходящей через две соседние вершины контура v_{i-1} и v_{i+1} (рисунок 2).

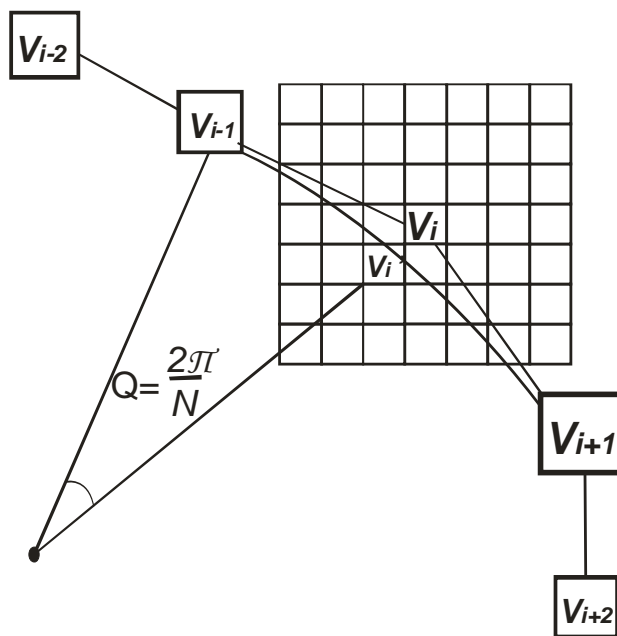


Рис. 2. Сглаживающая составляющая

Распирающая энергия ($E_{\text{bal}}(v_i)$) заставляет контур деформироваться в одном направлении. На рисунке 3 изображено влияние энергии $E_{\text{bal}}(v_i)$.

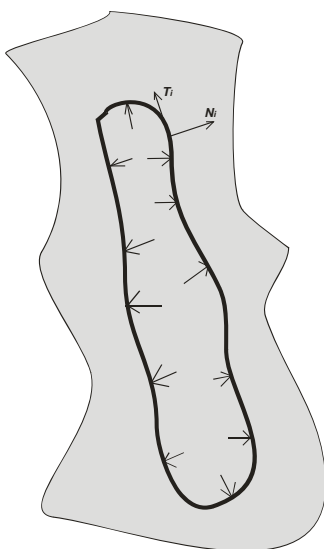


Рис. 3. Энергия, деформирующая контур в одном направлении.

Элементы матрицы данной энергии рассчитываются по формуле:

$$e_{jk}(v_i) = n_i \cdot (v_i - p_{jk}(v_i))$$

где n_i – единичный вектор нормали к контуру V

$p_{jk}(v_i)$ – точки (x,y) , которые соответствуют точкам на изображении в матрице энергии.

e_{jk} – элементы матрицы энергии

Вектор n_i может быть найден поворотом вектора t_i на 90 градусов:

$$t_i = \frac{v_i - v_{i-1}}{\|v_i - v_{i-1}\|} + \frac{v_{i+1} - v_i}{\|v_{i+1} - v_i\|}$$

Внешняя энергия рассчитывается по формуле:

$$b \cdot E_{ext}(v_i) = m \cdot E_{mag}(v_i) + g \cdot E_{grad}(v_i)$$

где: b, m, g – весовые коэффициенты

Внешняя энергия $E_{ext}(v_i)$ также состоит из двух составляющих: энергии изображения и энергии градиента.

Матрица энергии изображения состоит из значений яркости изображения:

$$e_{jk} = I(p_{jk}(v_i))$$

где $I(p_{jk}(v_i))$ – функция яркости в точке $p_{jk}(v_i)$.

Матрица энергии градиента вычисляется по формуле:

$$e_{jk}(v_i) = -\left| \frac{\partial I(p_{jk}(v_i))}{\partial x} \right|$$

где $\frac{\partial I(p_{jk}(v_i))}{\partial x}$ – функция градиента изображения (первой производной по яркости).

Использование предлагаемого алгоритма при решении задачи сегментации растровых изображений дефектов металлических отливок выявили ряд ограничений накладываемых на анализируемое изображение. К примеру, если объект не имеет четких границ, или площадь не однородна и содержит плавные градиенты, то алгоритм не решит задачу сегментации корректно, что приведёт к невозможности дальнейшего автоматизированного анализа. К тому же дискретная структура исходных данных (растровое изображение) искажает значение энергии разнота (E_{bal}) в случае значительных изменений. Нормаль вектора касательной у точки может сильно изменяться в направлении, что может повлечь слияние точек. От этого контур может получиться грубым и сильно отличаться от границ выделяемого объекта.

Предлагается способ модификации алгоритма активных контуров для задачи сегментации изображения дефектов металлических отливок.

Выделим некоторые особенности прикладной задачи. Во-первых, объекты интереса на изображении могут и не иметь ярко выраженных границ. Во-вторых, преобладает монотонная текстура, что позволяет использовать статистические характеристики при выделении. К другим особенностям прикладной задачи можно отнести: объекты достаточно рассредоточены по растровой поверхности (обособлены), отличны по цветояркостным характеристикам и, как правило, имеют округлые формы.

В качестве основы модифицированного метода активных контуров выступает классический вариант алгоритма[1]. Для устранения проблемы выделения объектов с нечетким контуром вводится новая энергия (E_{bright}), которая не дает разрастись контуру за границы, превышающих сред-

ную яркость выделенной поверхности. С каждым следующим шагом итерации значение средней яркости пересчитывается. Максимальное значение в матрице энергии E_{bright} присваивается точке, схожей по яркости со средним значением.

Для более качественного и равномерного выделения объекта предлагается перераспределять позиции вершин контура V после каждого шага итерации.

В качестве альтернативы энергии разноса контура, расчет которого основывается на повороте вектора касательной на 90 градусов, вводится энергия E_{bomb} . Максимальное значение в матрице энергии соответствует максимальному расстоянию точки $p_{jk}(v_i)$ от центра масс фигуры (рис. 4).

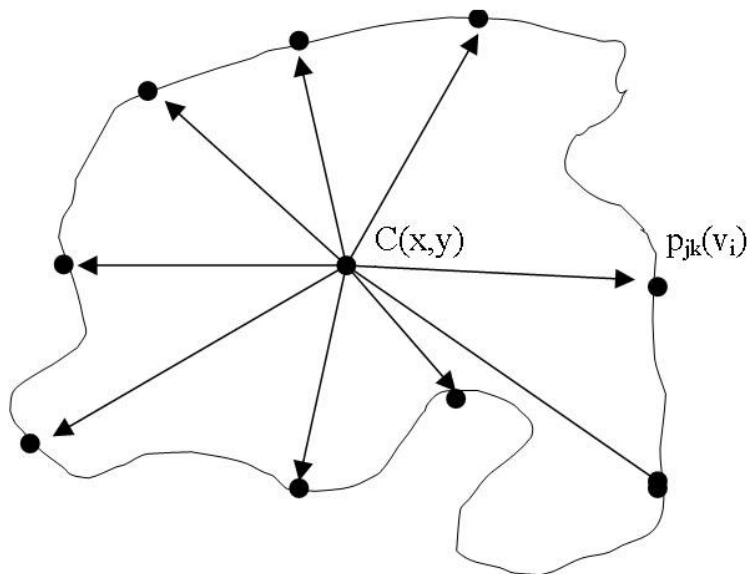


Рис. 4. Энергия разноса контура E_{bomb}

Эксперименты показали, что классический алгоритм активных контуров менее подходит под особенности текущей прикладной задачи, описанные выше.

Дефекты могут иметь сложные цветояростные характеристики. Это провалы (тени), блики и не четкости границ. Модифицированный метод активных контуров позволяет выделить интересующие области.

Таким образом, предлагается модернизированный метод активных контуров для решения задачи сегментации растровых изображений дефектов металлических отливок. Суть модернизации заключается в том, что авторами были предложены новые «энергии», влияющие на деформацию контура. Это «энергия» разрастания контура в одном направлении E_{bomb} и «энергия» E_{bright} , которая не дает разрастись кон-

туру за границы, превышающих среднюю яркость выделенной поверхности. Также предложено перераспределять позиции вершин контура для равномерного разрастания и принятия формы выделяемого объекта.

Метод реализован в базовом наборе функций интерактивной сегментации программного комплекса «Система распознавания и классификации дефектов металлических отливок по растровому изображению».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Kaas M., Witkin A., Terzopoulos D. Snakes: Active Contour Models. // Int. Journal of Computer Vision. - 1987, N1, p.312-331.

**THE MODIFICATION OF ACTIVE CONTOUR ALGORITHM FOR THE
INTERACTIVE SEGMENTATION OF THE RASTER IMAGES OF FOUNDRY
DEFECTS**

Petrov V.O., Privalov O.O.

Kamyshin technological institute (branch) of Volgograd state technical university, Kamyshin

Modified method of segmentation of objects on the raster image of foundry defects on the basis of the active contour algorithm is developed. The method is developed in a base set of functions of interactive segmentation of a programming complex "The System of foundry defects discerning on raster image". The entrance information is the photo of foundry defect. The output information is a raster segment containing the image of foundry defect.