

Федотов Н.Г., Крючкова Е.А., Моисеев А.В., Семов А.А.
Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия
ec@pnzgu.ru

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТРЕЙС-ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

Аннотация.

В статье описывается применение трейс-преобразования, введенного авторами ранее с целью получения признаков распознавания нового класса, для реализации предварительной обработки изображений. Показано преимущество использования данного метода предобработки в системах распознавания образов.

Fedotov N.G., Kryuchkova E.A., Moiseev A.V., Semov A.A.

Image preprocessing based on trace-transformation

The article describes how to apply trace-transformation, early introduced by authors, for image preprocessing. The advantages of using of this image preprocessing technique in pattern recognition systems are shown.

Ключевые слова.

Трейс-преобразование, двойственное трейс-преобразование, распознавание образов, триплетные признаки распознавания, предварительная обработка изображений, сегментация, определение числа объектов, геометрические параметры объектов.

Trace-transform, dual trace-transform, pattern recognition, image preprocessing, features forming, triple features, segmentation, definition of number of objects, geometrical parameters of objects.

ВВЕДЕНИЕ

При решении задач распознавания образов, в особенности на графических изображениях, этапам формирования признаков и применению решающей процедуры предшествует подготовительный этап, заключающийся в предварительной обработке изображений. Задачи предварительной обработки – по возможности, устранить на изображении помехи, внесенные регистрирующим устройством, выделить области, соответствующие распознаваемым объектам (т.е. сегментировать изображение), а также выполнить другие виды обработки, облегчающие измерение значений признаков распознавания. Существенным преимуществом будет осуществление этого этапа в той же технике, что и формирование признаков изображения. Использование трейс-преобразования в формировании признаков изображений показано в [2], [3]. В данной статье показывается применение трейс-преобразования в предварительной обработке изображений. Рассматриваются следующие задачи: сегментация, определение

числа объектов, определение метрических характеристик. В результате подготовки изображения к распознаванию мы получаем необходимый материал для дальнейшего формирования признаков изображений. Тем самым, предлагается выполнение предобработки изображения и формирование признаков изображения в одной технике, что до настоящего момента практически не встречалось.

ТРЕЙС-ПРЕОБРАЗОВАНИЕ

Пусть $F(x, y)$ функция изображения на плоскости (x, y) . Определим на плоскости прямую $l(\varphi, \rho, t)$, которая определяется параметрами φ и ρ : $x \cdot \cos \varphi + y \cdot \sin \varphi = \rho$, параметр t определяет точку на прямой. Определим функцию двух аргументов $g(\varphi, \rho) = \mathbf{T}(F \cap l(\varphi, \rho, t))$ как результат действия функционала \mathbf{T} при фиксированных значениях переменных φ и ρ .

Первоначальному изображению F соответствует новое изображение (можно трактовать результат действия функционала \mathbf{T} как изображение, характеристики которого в точке (φ, ρ) — его трейс-образ). К этому промежуточному образу можно вновь применить трейс-преобразование [5, 6].

Признак (триплетный признак) получается путем преобразования полученного трейс-образа двумя функционалами, которые действуют на переменные ρ и φ . Таким образом, признак есть композиция трех функционалов $\mathbf{P}(F) = \Phi \circ \mathbf{P} \circ \mathbf{T}(F \cap l(\varphi, \rho))$, где φ, ρ — нормальные координаты сканирующей прямой $l(\varphi, \rho)$, а F — функция изображения распознаваемого объекта, функционалы Φ, \mathbf{P} и \mathbf{T} действуют по переменным φ, ρ, t соответственно. Триплетные признаки широко применялись в задачах биологии, биометрии, технической дефектоскопии.

НЕЛИНЕЙНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТРЕЙС-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

С помощью трейс-преобразования можно выполнить нелинейную фильтрацию изображений с целью уменьшения зашумленности, сегментации, квантования и получение геометрических характеристик на основе триплетных признаков [7].

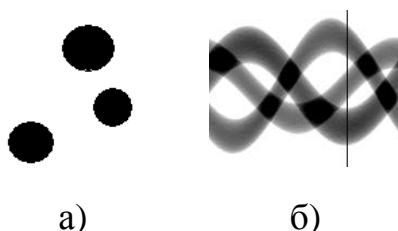


Рис. 1. Изображение нескольких объектов: а) исходное изображение; б) трейс-образ.

Сегментация и определение числа объектов. Трейс-преобразование является эффективным методом сегментации объектов на изображении и определения числа объектов. На рис. 1, а приведено изображение, состоящее из трех

объектов. Трейс-матрица изображения, содержащего несколько объектов, имеет характерный вид, показанный на рис. 1, б.

Каждому объекту на изображении соответствует отдельная «волна» трейс-матрицы. Соответственно, число объектов на изображении будет равно максимальному числу отрезков, высекаемых из трейс-матрицы прямой, параллельной оси $O\rho$.

Пусть $n(\varphi_0)$ есть функция числа пересечений изображения $g(\varphi, \rho)$ прямой $\varphi = \varphi_0$. Тогда функционал \mathbf{P} можно задать следующим образом:

$$\mathbf{P}(g(\varphi, \rho)) = n(\varphi). \quad (1)$$

Функционал Φ найдем как максимум функционала \mathbf{P} по переменной φ :

$$\Pi(F) = \hat{O}(\mathbf{P}(g(\varphi, \rho))) = \max_{\varphi} \mathbf{P}(g(\varphi, \rho)). \quad (2)$$

Полученное значение $\Pi(F)$ есть признак, определяющий число объектов на изображении.

Сегментация осуществляется путем проведения линий, разделяющих сегменты изображения. В частном случае сегментация может быть выполнена с помощью прямых.

Рассмотрим замкнутые внутренние области трейс-матрицы $g(\varphi, \rho)$, в которых значения ее элементов равны нулю. Любой элемент из такой области, имеющий координаты (φ, ρ) , восстанавливает некоторую сегментирующую прямую l с нормальными координатами (φ, ρ) :

$$l = \{(x, y) : x \cos \varphi + y \sin \varphi = \rho\}.$$

Проведя по одной прямой из каждой внутренней области нулевых значений трейс-матрицы, получим разбиение изображения на множество изображений, каждое из которых содержит не более одного объекта.

Обычно решение задач сегментации и нахождения числа объектов требует привлечения структурных методов распознавания. Авторы успешно применили интегральный метод триплетных признаков и трейс-преобразование для решения подобных задач при создании системы автоматического распознавания дефектов сварных соединений. Согласно нормативным документам на проведение сварочных работ, в частности ГОСТ 23055-78 «Классификация сварных соединений по результатам радиографического контроля», выделяется класс дефектных сварных швов, на рентгеновском изображении которых присутствует несколько произвольно расположенных дефектов, и в ходе контроля определяется количество дефектов. Представленная формулой (2) цепочка функционалов (где функционал \mathbf{T}' произвольный, но не тождественный нулю) и рассмотренный выше алгоритм сегментации позволяют распознать этот класс объектов.

Определение метрических характеристик объектов. Построим ряд триплетных признаков, которые имеют конкретный геометрический смысл и могут рассматриваться как предварительная информация об объекте распознавания.

Пусть $n(\varphi, \rho)$ – функция числа пересечений изображения F прямой $l(\varphi, \rho)$. Запишем функционал

$$\mathbf{T}(F \cap l) = n(\varphi, \rho). \quad (3)$$

Функционал \mathbf{P} определим как интеграл по переменной ρ в пределах ее изменения: $\mathbf{P}(\mathbf{T}(F \cap l)) = \int_{-R}^R \mathbf{T}(F \cap l) d\rho$.

Найдя функционал Φ по (2), получим диаметр объекта на изображении.

Если заменить в рассмотренной трехзвенной структуре функционал \mathbf{T} на следующий:

$$\mathbf{T}(F \cap l) = \int_{F \cap l \neq \emptyset} f(\varphi, \rho, t) dt, \quad (4)$$

а функционал Φ взять как первый момент, то имеем площадь исследуемого объекта.

Рассмотрение функционалов (3), (1) и в качестве Φ – минимума функции позволяет определить расположение объектов на одной прямой. Если триплетный признак равен 1, то объекты расположены вдоль одной прямой.

Данные метрические характеристики использованы при создании системы автоматического распознавания дефектов сварных соединений, поскольку в упомянутых выше нормативных документах предписано их определение при контроле. В частности, выявление дефектов, лежащих на одной прямой, важно с точки зрения сохранения механической прочности сварных швов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренная в статье техника имеет неоспоримое преимущество перед имеющимися методами. Предварительная обработка выполняется в той же технике, что и получение признака изображения. Богатство реализаций трасе-преобразований позволяет добиваться решения самых разнообразных задач предварительной обработки изображений.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки, АЦВП «Разработка теории анализа и распознавания изображений на основе стохастической геометрии и функционального анализа».

ЛИТЕРАТУРА

1. Федотов Н. Г. Методы стохастической геометрии в распознавании образов. – М.: Радио и связь, 1990.
2. Fedotov N. G. . The Theory of Image Recognition Features Based on Stochastic Geometry // Pattern Recognition and Image Analysis. – 1998. – V. 8. – N. 2. – P. 264.
3. Fedotov N. G., Kadyrov A. A. . Image Scanning in Machine Vision Leads to New Understanding of Image // Proc. 5th Int. Workshop of Digital Image Proc. and Computer Graphics. – Samara, Russia: Held by the Int. Society for Optical Engineering (DIP'94), SPIE. – 1994. – V. 2363.
4. Fedotov N. G., Shulga L. A. Enhancing Intellectual Power of Recognition Systems Based on New Pattern Recognition Theory // Proc. IEEE Int. Conf. on

Artificial Intelligence Systems (ICAIS-2002): IEEE Computer Soc. – Los Alamos, California, 2002. – P. 192.

5. Fedotov N. G., Shulga L. A. New Geometric Transform Based on Stochastic Geometry in the Context of Pattern Recognition // Proc. 13th Scandinavian Conf. on Image Analysis (SCIA'2003). – Geteborg: Springer, 2003. – P. 148.

6. Fedotov N. G., Shulga L. A., Moiseev A. V. Feature Generation and Stochastic Geometry // Proc. 4th Int. Workshop on Pattern Recognition in Information Systems (PRIS 2004). – Porto, Portugal, 2004. – P. 169.

7. Fedotov N.G., Shulga L.A., Moiseev A.V., Kolchugin A.S. Pattern Recognition Feature and Image Processing Theory on the Basis of Stochastic Geometry // Proc. of the 2nd Int. Conf. on Informatics in Control, Automation and Robotics, ICINCO 2005, Barcelona, Spain, September 2005. — Vol. III, p. 187—192.