

PATTERN RECOGNITION

Kamalova Yu.B.

DEVELOPMENT OF A METHODS OF ACTIVE FORMS WITH MISSING DATA AND OF ADAPTIVE WEIGHTS RESPECTIVELY FOR CLASSIFICATION OF PRE-SEGMENTED DEFECTS OF THE SAMPLES DURING THE RECOGNITION OF IMAGES OF POLLEN GRAINS OBTAINED FROM A SCANNING ELECTRON MICROSCOPE

Kamalova Yu.B., Russia, Engineer of department “Devices and methods of measurement, control and diagnosis”, Kalashnikov Izhevsk State technical University, post-graduate student, Kalashnikov Izhevsk State technical University

Abstract

Apply multi-class support vector machines, and justified its application. Built according to this scheme, the classifier of defects proved to be effective when it is used in automated software analysis of defects in materials. It emphasizes the relevance of flaw detection control of biological objects. Low-level and high-level image processing techniques. Describes the stages of automation of methods of flaw detection control. To address the shortcomings of the classical methods of active forms in the work developed a method of active forms with missing data and the method of active forms of adaptive weights.

7th International Conference «Recent trend in Science and Technology management» 2017, V.2

Keywords: methods of active forms, the radiographic control of biological objects, images of pollen grains, the automation of flaw detection control, image segmentation.

Введение

Существующие на сегодня задачи и проблемы автоматической обработки изображений требуют создания эффективных методов их высокоуровневой обработки и анализа. К таким методам обработки можно отнести сегментацию изображений, поиск и распознавание объектов на изображениях, и тому подобное. Анализируя разработанные на сегодняшний день подходы, которые решают упомянутые задачи, можно сделать вывод, что практически для каждого отдельного класса задач и изображений существует отдельный набор средств для их решения и обработки. Одной из основных проблем поиска и распознавания объектов изображений, как в задачах автоматического контроля, так и в других областях компьютерного зрения, является проблема инвариантности. Существующие на сегодня методы поиска и распознавания объектов на изображениях хорошо работают при их незначительных искажениях/преобразованиях (масштаб, поворот, частичное затенение, шум, геометрические искажения и т.д.). Поиск же объектов на изображениях с учетом данных значительных преобразований/искажений является сложной задачей, как в отношении алгоритмической реализации, так и в отношении необходимых вычислительных затрат. Одним из примеров является дефектоскопические диагностические изображения.

Поддержка принятия решений в задачах дефектоскопического контроля биологических объектов становится все более актуальной. От результатов дефектоскопического контроля биологических объектов зависит не только надежность тех или иных изделий и конструкций, но и безопасность и жизнь людей. В таких случаях задачи автоматизации контроля позволяют значительно ускорить обработку данных контроля и минимизировать влияние человеческого субъективизма на процессы принятия решений. Поэтому, одной из наиболее масштабных областей обработки данных, которая используется для автоматизации и поддержки принятия решений в различных прикладных задачах, является область обработки, анализа и распознавания изображений.

Различные аспекты области обработки изображений освещены во многих научных трудах отечественных и зарубежных авторов, среди которых следует назвать Воробель Г.А., Шлезингер М.И., Русин Бы.П., Путятин Является.П., Лукин В.В., Крылов В.М., Машталир В.П., Гороховатский В. А., Крак Ю.В, Smith S. M, Brady J. M., Cootes G. J., J. Malik, Lowe D. G., V. Kolmogorov, Viola P., Jones M. и других.

7th International Conference «Recent trend in Science and Technology management» 2017, V.2

Анализ литературных источников показал существование чрезвычайно большого количества методов обработки и анализа изображений и их модификаций, в частности, в области поиска и сегментации объектов. Такое разнообразие подходов обусловлено отсутствием универсального аппарата применимого в той или иной области обработки изображений. В частности, многие из существующих подходов к инвариантному поиску объектов страдают от недостатка фундаментальной всеобщности их решений. В подавляющем большинстве, существующие развязки разработаны специально для определенного типа инвариантности, которые не могут быть применены к преобразованиям, которые имеют другую природу. Как результат, отсутствие общего подхода ведет к постоянному росту решений, применимых только для узкого набора преобразований и классов объектов.

Таким образом, необходимость внедрения в практику технологий автоматического анализа диагностических изображений и необходимость принятия быстрых, достоверных и обоснованных решений делают тему исследований актуальной.

Материалы и методы исследования

Цель и задачи исследования. Целью работы является разработка методов поиска объектов на основе метода активных форм.

Для достижения поставленной цели в работе необходимо было решить следующие задачи:

- провести анализ комплекса известных методов обработки изображений;
- провести анализ пригодности и эффективности существующих методов обработки изображений к построению на их основе систем автоматизированного/автоматического анализа изображений;
- проанализировать методы поиска и сегментации объектов на цифровых изображениях;
- построить методы инвариантного поиска объектов на входных изображениях;
- провести анализ методов предварительной обработки изображений зёрен пыльцы;
- определить перечень этапов дефектоскопического контроля биологических объектов, которые могут быть автоматизированы;
- усовершенствовать и разработать новые методы, которые обеспечат автоматизацию и повышение эффективности дефектоскопического контроля биологических объектов по их изображениями;

7th International Conference «Recent trend in Science and Technology management» 2017, V.2

– разработать эффективные методы сегментации объектов на изображениях биологических объектов;

– разработать методы автоматического поиска объектов на изображении, инвариантные к заданному набору преобразований аффинных, а также до возможных вариаций формы объектов;

– программно реализовать полученные результаты в системе автоматического анализа изображений биологических объектов на предмет их дефектности.

Объектом исследования являются процессы преобразования, распознавания и анализа цифровых изображений.

Предметом исследования являются методы низко- и высокоуровневой обработки цифровых изображений, включающих методы предварительной обработки, методы поиска и сегментации объектов на изображениях.

Методы исследований включают в себя теорию распознавания образов, методы интегрального исчисления и теории специальных функций, теорию вероятностей, комбинаторику, теорию нечетких множеств, методы численных вычислений.

Одной из самых трудных задач в области автоматизированной обработки и анализа изображений является задача сегментации изображений. С точки зрения сегментации объектов в работе рассматриваются такие, которые имеют четко определенную форму и не относятся к объектам, форма которых носит эвристический характер. Для локализации таких объектов использован подход, разработанный в работе Кутса (Cootes, 1995 [1]). Идея метода заключалась в построении на основе обучающей выборки статистической модели формы x объекта в виде набора координат ключевых точек $\{v_1, \dots, v_n, u_1, \dots, u_n\}$ где n – количество

ключевых точек. Эти координаты определяются соотношением

$$x = \bar{x} + P b \quad (1)$$

где \bar{x} – усредненная по обучающей выборке форма, P – матрица, составленная из t наибольших собственных векторов (векторов с наибольшими собственными числами) ковариационной матрицы, вычисленной на основе обучающей выборки типовых форм объекта моделирования, a b – вектор параметров модели. Каждой ключевой точке соответствует определенный эталонный вектор описания текстуры, характерный для ее положения. Под сегментацией на входном изображении I объекта будем понимать определение таких параметров модели b (1) и параметров аффинных преобразований, обеспечивающих соответствие формы x , полученной с помощью линейной модели (1), входному изображению объекта I :

$$\hat{b} = P^{-1}(x - z) \quad (2)$$

Процедура сегментации изображений с помощью моделей активных форм заключается в задании начального вектора параметров b , положение (t_x, t_y) , масштаба s и поворота θ и дальнейшей минимизации соотношения

$$E = (x_1 - M(s, \theta) | x_2 | t)^T W (x_1 - M(s, \theta) | x_2 | t) \quad (3)$$

где x_1 и x_2 – форма, сгенерированная соотношением (1), на предыдущей и текущей итерации соответственно, $M(s, \theta)$ – оператор поворота и масштабирования, s, θ – масштаб и поворот соответственно, t – вектор сдвига, а W – диагональная матрица весов, значения элементов которой соответствуют значимости каждой отдельной ключевой точки.

Применение классического метода активных форм (МАФ, Active Shape Models) в изображениях во многих случаях является малоэффективным. Это объясняется тем, что в классическом варианте МАФ не учитывают всех особенностей изображений зёрен пылицы. Проблема заключается в том, что некоторые части объекта на изображении могут быть очень размыты или мало чем отличаться от фона. При таких условиях в результате процедуры оптимизации модели некоторые метки на изображении будут размещены далеко от их истинных позиций. Соответственно вся модель может показываться ненадлежащим образом, особенно в случае когда расположение меток с большими весами определено неточно. Это связано с тем, что весовая матрица W побуждает к отысканию таких значений параметров модели, которые максимально сближают контрольные точки с большими значениями весов w_k (через w_k обозначим k -й диагональный элемент матрицы W). Поэтому, даже при условии верной локализации подавляющего количества контрольных точек с малыми значениями весов, обусловленной наличием надлежащего качества соответствующих областей изображения объекта, можно получить неверную сходимость модели.

Для устранения недостатков классических МАФ в работе разработан МАФ с недостающими данными и МАФ с адаптивными весами.

Идея метода МАФ с недостающими данными заключается в том, что значения компонентов матрицы весов становятся адаптивными благодаря их взвешиванию. Величина коэффициента веса w_k для k -й ключевой точки зависит от величины совпадения текстурных характеристик входного изображения в окрестности текущего

**7th International Conference «Recent trend in
Science and Technology management» 2017, V.2**

местоположения ключевой точки на входном изображении и текстурных характеристик этой ключевой точки, которые содержатся в модели

$$W_k = w_k F_k \quad (4)$$

Где F_k является величиной совпадения между текстурными характеристиками k -й ключевой точки эталона и текстурными характеристиками k -й ключевой точки в окрестности нового положения модели

$$F_k = (f_k - f_k^1) \Sigma_k^{-1} (f_k - f_k^1)^T \quad (5)$$

Σ_k^{-1} – ковариационная матрица векторов признаков k -й ключевой точки исчисленная на основе обучающего набора изображений моделируемого объекта, а f_k – вектор признаков присущ k -й ключевой точке модели и f_k^1 – вектор признаков k -й ключевой точки на входном изображении.

С использованием адаптивных весов w_k , модель становится менее чувствительной к неверно локализованным во время процедуры оптимизации меток. Даже в случае, когда некоторые метки имеют большие значения весов w_k и отдалены от своих истинных положений, дальнейшее масштабирование выражением (4) уменьшит их величину по отношению ко всем остальным весам, предотвращая сходимости модели к ложной конечной форме. Такое масштабирование весовой матрицы, также, дает возможность увеличить область возможных значений начальных условий модели, при которых конечный результат сегментации будет удовлетворительным.

Второй проблемой при использовании МАФ есть частичное затенение объекта на входном изображении. В таком случае процедура сравнения текстурных характеристик входного изображения в окрестности текущего местоположения ключевой точки на входном изображении и текстурных характеристик этой ключевой точки является неопределенной. Для решения этой проблемы в работе разработана модификация классических МАФ – МАФ с недостающими данными. Контрольные точки, для которых мера совпадения F_k с ее эталонным значением текстуры меньше за некоторый порог T , считаются отсутствующими

$$x \in \{x | F_k < T\} \quad (6)$$

Результаты и обсуждения

7th International Conference «Recent trend in Science and Technology management» 2017, V.2

В таком случае производится переформулирование операций, необходимых для выполнения минимизации выражения (4), для возможности проведения вычислений с учетом отсутствующих данных. Такая модификация классических МАФ позволила значительно эффективнее классической схемы МАФ сегментировать частично затененные объекты на входных изображениях.

Выводы

Таким образом, для классификации предварительно сегментированных дефектов образцов при распознавании изображений зёрен пыли, полученных с помощью растрового электронного микроскопа, возможно использовать классическую схему, которая используется в большинстве работ связанных с классификацией дефектов. Используемая схема заключается в последовательном выполнении трех этапов. На первом этапе проходит выделения признаков (предварительно сегментированных) бинарных дефектов и соответствии их формирования векторов признаков. Второй этап заключается в уменьшении размерности вектора признаков. Уменьшение размерности проводилось с помощью метода главных компонент, который позволяет получать вектор признаков меньшей размерности и компоненты которого являются максимально декоррелированными между собой. Завершающим, третьим этапом, является непосредственная классификация вектора признаков. Для данного типа объектов классификатор был избран многоклассовый метод опорных векторов. Построенный по такой схеме классификатор типов дефектов оказался эффективным средством при его использовании в системе автоматизированного программного обеспечения анализа дефектности материалов.

References:

- [1] Cootes T.F., Taylor C.J., Cooper D.H., and J. Graham. Active shape models – their training and application // Computer Vision and Image Understanding, 61, 1995. P. 38–59.