

изменению единичных оценок очень высокая; благодаря этому малые значения одних показателей не могут быть перекрыты высокими значениями других показателей качества.

Литература

1. Подстригаев, А. С. Классификация и способы устранения аномальных ошибок измерения частотно-временных параметров сигналов в широкополосных приемниках / А.С. Подстригаев // Журнал Сиб. фед. университета. Техника и технологии. – 2022. – № 15 (2). – С. 223–237.
2. Dunning, T. Practical Machine Learning: A New Look at Anomaly Detection / T. Dunning, E. Friedman. – Sebastopol (California): O'Reilly, 2014. – 66 p.

3. Гундина, М. А. Особенности процесса определения количества аномальных значений при обработке измерительной информации / М. А. Гундина, П. С. Богдан, О. В. Юхновская. // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2024. – № 2 (77). – С. 96–103.

3. Юхновская, О. В. Определение аномальных значений при анализе измерительных данных / О. В. Юхновская, К. В. Пантелеев, М. А. Гундина // Новые направления развития приборостроения : материалы 17-й Международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов, Минск, 17–19 апреля 2024 г. / Белорусский национальный технический университет ; редкол.: О. К. Гусев (пред. редкол.) [и др.]. – Минск : БНТУ, 2024. – С. 220.

УДК 681+004

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРОМЫШЛЕННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Юхновская О. В., Гундина М. А., Пантелеев К. В.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. В работе представлено исследование методов автоматической обработки изображений с аномальными значениями. Целью исследования является разработка алгоритма локализации областей интереса на промышленных изображениях с последующим их распознаванием. Основное внимание уделено анализу различных алгоритмов выделения контуров, фильтрации и сегментации, таких как проекционный метод, нейронные сети, а также комбинированные подходы, использующие медианную фильтрацию и бинаризацию. Алгоритм реализован в системе Wolfram Mathematica и предназначен для обработки изображений, получаемых с промышленного оборудования. Предлагаемое решение позволяет улучшить четкость контуров и повысить точность распознавания, что подтверждается экспериментальными результатами.

Ключевые слова: промышленное изображение, аномальные значения, область интереса, бинаризация, компьютерная система Wolfram Mathematica.

APPLICATION OF COMBINED ALGORITHMS FOR AUTOMATED ANALYSIS OF INDUSTRIAL IMAGES

Юхновская О.В., Hundzina M., Pantsialeu K.

*Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus*

Abstract. This study presents an investigation of automatic image processing methods for detecting anomalous values in instrumentation systems. The research aims to develop an algorithm for localizing regions of interest in industrial images, followed by their recognition. Special attention is given to analyzing various contour detection, filtering, and segmentation algorithms, such as projection methods, neural networks, and combined approaches using median filtering and binarization. The algorithm is implemented in Wolfram Mathematica and is designed to process images obtained from industrial equipment. The proposed solution improves contour clarity and enhances recognition accuracy, as confirmed by experimental results.

Key words: industrial image, anomalous values, region of interest, binarization, computer system Wolfram Mathematica.

*Адрес для переписки: Гундина М. А., пр. Независимости, 65, г. Минск 220013, Республика Беларусь
e-mail: hundzina@bntu.by*

Автоматическая обработка изображений с аномальными значениями является актуальной задачей в приборостроении, поскольку может использоваться для автоматического выделения областей интереса и сжатия исходных данных [1]. Устройства, работающие с такими алгоритмами, представляют собой программно-аппаратные комплексы. Стандартный комплекс включает

четыре модуля: получение изображения, извлечение области интереса, сегментацию и распознавание для дальнейшей обработки. Эффективность и точность системы в значительной мере зависят от второго модуля, для которого применяются различные подходы. Так, алгоритм с использованием проекции и евклидова расстояния достигает 87 % производительности [2]. Алгоритм на основе

скользящих концентрических окон и вероятностной нейронной сети – 86 % [3]. Использование фильтрации и шаблонного сопоставления увеличивает производительность до 91 % [4]. Алгоритм, использующий анализ краев и нейронную сеть с прямой связью, достигает 92,3 % скорости распознавания символов [5]. В данной работе ставится цель разработки и применения алгоритма, объединяющего эти подходы для выявления аномальных значений на изображениях, полученных с промышленного оборудования.

Цель исследования – разработка алгоритма в системе Wolfram Mathematica для локализации области интереса с целью последующего распознавания. Алгоритм основан на фильтрации и анализе краев изображения.

Согласно требованиям к промышленным изображениям, они должны быть четкими, на нейтральном фоне и не содержать посторонних объектов, позволяя однозначно идентифицировать элементы внешнего вида изделия при разном освещении.

В качестве изображения для анализа используется карта распределения поверхностного электростатического потенциала полимерного композиционного материала на основе Полиэфирэфиркетон (ПЕЕК). Изображение получено при сканировании поверхности образца бесконтактным зарядочувствительным зондом [6] с шагом сканирования 2 мм по квадрату и последующей бикубической интерполяцией измерительных данных. Областью интереса являлась непосредственно поверхность образца, представляющая собой круг диаметром 5 см, для последующего статистического анализа особенностей распределения поверхностного потенциала.

На рисунке 1, *a* представлено исходное изображение, на основе которого проводится анализ. Для правильного анализа контраста и яркости в изображении гистограмма исходного изображения представлена на рисунке 1, *б*.

Гистограмма отражает степень контраста, измеряемую как разницу яркостей между светлыми и темными областями. Широкие гистограммы указывают на высококонтрастные сцены, в то время как узкие гистограммы свидетельствуют о пониженном контрасте и возможной малоинформативности изображения. Выравнивание гистограммы помогает улучшить визуальную информативность (рисунок 2).

Далее изображение преобразуется в полутоновое, и незначительные компоненты удаляются. В системах технического зрения широко применяются медианные фильтры, которые эффективно сглаживают импульсные шумы. Применение медианного фильтра к изображению устраняет артефакты, оставляя четкие границы (окно обычно охватывает три элемента и увеличивается до пяти при необходимости).

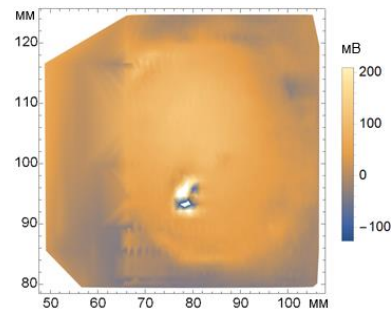
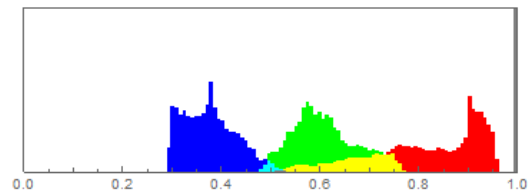
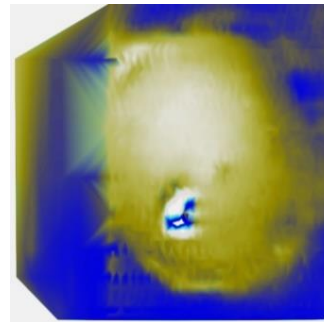
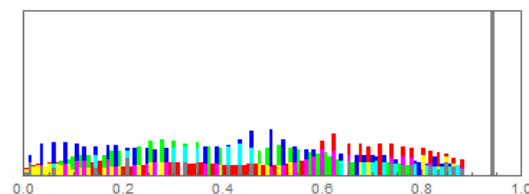
*a**б*Рисунок 1 – Исходное изображение (*a*) и гистограмма исходного изображения (*б*)*a**б*Рисунок 2 – Изображение с выровненной гистограммой (*a*) и гистограмма (*б*)

Рисунок 3 – Бинарное изображение после обработки

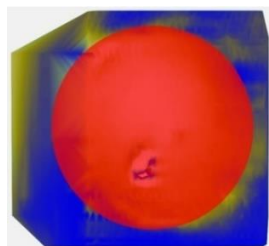


Рисунок 4 – Автоматически выделенная область интереса

Для выделения контуров необходимо, чтобы границы изображения были четкими, тонкими и без разрывов, что достигается бинаризацией изображения с правильно подобранным порогом. Процесс медианной фильтрации, эрозии и дилатации показан на рисунок 3.

Границы выделяются на основе резких изменений яркости, указывающих на перепады, связанные с формой, ориентацией или материалом объектов. В идеале результат выделения – это набор кривых, определяющих границы и другие значимые области.

На завершающем этапе определяется прямоугольная область интереса, координаты которой представлены на рисунке 4.

Литература

1. Weihua, W. License Plate Recognition Algorithm Based on Radial Basis Function Neural Networks // Intelligent Ubiquitous Computing and Education, International Symposium. – 2009. P. 38–41.
2. Hegt, H. A. A high performance license plate recognition system / H. A. Hegt, R. J. Dela Haye, N. A. Khan // Proc. IEEE Int. Conf. Syst., Man, Cybern. – 1988. – V. 5. – P. 4357–4362.
3. A license plate-recognition algorithm for intelligent transportation system applications / C. Anagnostopoulos [et al.] // IEEE Trans. Intell. Transp. Syst. – 2006. – V. 7, № 3. – P. 377–392.
4. Optical recognition of motor vehicle license plates / P. Comelli [et al.] // IEEE Trans. Veh. Technol. – 1995. – V. 44, № 4. – P. 790–799.
5. Jiao, J. B. A configurable method for multi-style license plate recognition / J. B. Jiao, Q. X. Ye, Q. M. Huang // Pattern Recognit. – 2009. – V. 42, № 3. – P. 358–369.
6. Универсальный цифровой зондовый электрометр для контроля полупроводниковых пластин / А.Л. Жарин [и др.] // Приборы и методы измерений. – 2023. – Т. 14, № 3. – С. 161–172.
7. Digital contact potential probe in studying the deformation of dielectric materials / K. Pansialeyeu [et al.] // Informatics, Control, Measurement in Economy and Environmental Protection. – 2020. – V. 4, № 10. – P. 57–60.