

Рис. 1. Графический интерфейс приложения

Результатом выполнения работы является программа компьютерного моделирования процесса сушки песка в потоке отходящих газов. Программа позволяет построить модель сушки песка на основе трех различных видов топлива. Пользователь имеет возможность вводить значения параметров различных объектов, участвующих в процессе сушки, и получать результаты расчета для их последующего изучения. Программа помогает вводить начальную влажность песка в виде динамической переменной с нормальным законом распределения, и на выходе появляется график расхода условного топлива на сушку песка. У пользователя появляется возможность изменять коэффициент масштабирования процесса сушки по времени.

Литература

1. Лыков, А. В. Теория сушки / А. В. Лыков. – Москва : Энергия, 1968. – 472 с.
2. Зализняк, В. Е. Введение в математическое моделирование : учеб. пособие для вузов / В. Е. Зализняк, О. А. Золотов. – Москва : Юрайт, 2023. – 133 с.
3. Албахари, Дж. С# 9.0. Справочник. Полное описание языка / Дж. Албахари. – Санкт-Петербург : Диалектика, 2021. – 1056 с.

УДК 004.89

АДАПТАЦИЯ МЕТОДА ГРАНИЦ КАННИ ДЛЯ ПОДСЧЕТА КОЛИЧЕСТВА БАКТЕРИЙ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ, ПОЛУЧАЕМЫХ С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВОГО МИКРОСКОПА

К. С. Курочка, Ю. С. Башаримов

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Предложен модифицированный алгоритм Канни для обнаружения и подсчета бактерий на микроскопических изображениях. Подход включает предварительную обработку с контрастной адаптивной эквализацией гистограммы, применение алгоритма Канни, морфологические операции для удаления шумов и артефактов, а также поиск замкнутых

контуров и вычисление центров бактерий для их подсчета. На основе предложенного метода продемонстрирована улучшенная точность обнаружения и подсчета бактерий.

Ключевые слова: обработка изображений, алгоритм Канни, обнаружение границ, подсчет бактерий, микроскопические изображения, CLAHE, морфологические операции, поиск контуров.

ADAPTATION OF THE CANNY BOUNDARY METHOD FOR BACTERIAL COUNTS IN DIGITAL MICROSCOPE IMAGES

K. S. Kurochka, Yu. S. Basharymau

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

A modified Canny algorithm is proposed for detecting and counting bacteria in microscopic images. The approach includes preprocessing with contrast limited adaptive histogram equalization, applying the Canny algorithm, morphological operations for noise and artifact removal, as well as finding closed contours and calculating bacteria centers for counting. The proposed method demonstrates improved accuracy in detecting and counting bacteria.

Keywords: image processing, Canny algorithm, edge detection, bacterial counting, microscopic images, CLAHE, morphological operations, contour detection.

При производстве сельскохозяйственных культур необходима обработка бактериальными препаратами, что требует значительных финансовых затрат. Неэффективная обработка, например, использование неверной концентрации бактерий, может привести к потере урожая и необходимости повторной обработки, что влечет дополнительные расходы и временные потери. Для предотвращения таких ситуаций крайне важно иметь методику для экспресс-оценки эффективности препаратов в полевых условиях без привлечения специалистов.

Автоматизация процесса подсчета бактерий с помощью современных цифровых технологий позволит быстро и точно оценивать концентрацию жизнеспособных бактерий в препарате перед обработкой. Это обеспечит правильное применение бактерий, максимизирует их положительное влияние на урожай и минимизирует риски, связанные с неэффективной обработкой [1].

Для автоматизации предлагается использовать метод на основе сегментации изображений, получаемых с помощью цифрового микроскопа. Сегментация – это процесс разделения изображения (рис. 1) на несколько сегментов или областей, каждая из которых представляет отдельный объект или часть объекта [2]. Это важный шаг в различных приложениях, таких как распознавание объектов, отслеживание объектов, анализ медицинских изображений [3] и многих других.

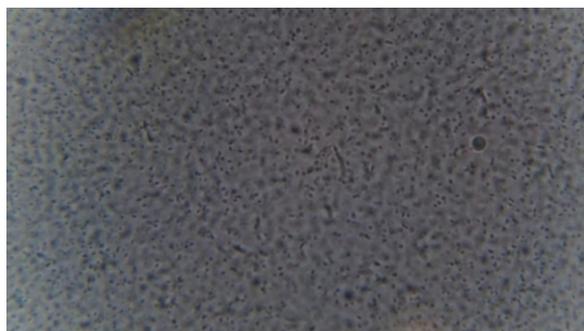


Рис. 1. Исходное изображение

Сегментаторы на основе контуров выделяют границы или контура объектов на изображении, используя операторы обнаружения контуров, затем границы связываются для формирования замкнутых областей, представляющих объекты.

Детекторы контуров (Edge detectors) – одни из самых ранних и широко используемых методов сегментации изображений [4]. Они основаны на поиске резких перепадов интенсивности пикселей, которые могут соответствовать границам объектов.

Алгоритм Канни состоит из следующих основных шагов:

- сглаживание изображения с помощью фильтра Гаусса $G(x, y)$ в точке (x, y) ;
- вычисление градиентов яркости по горизонтали и вертикали с помощью оператора Собеля, G_x и G_y – градиенты по осям x и y соответственно;
- вычисление модуля градиента G и направления градиента θ .

Подавление немаксимумов: для каждого пикселя (x, y) проверяется, является ли его значение модуля градиента $G(x, y)$ максимальным вдоль направления градиента $\theta(x, y)$. Если это не так, то значение $G(x, y)$ обнуляется.

Для повышения эффективности метода границ Канни для подсчета бактерий были внесены соответствующие доработки алгоритма, которые обозначены светлым цветом на рис. 2.

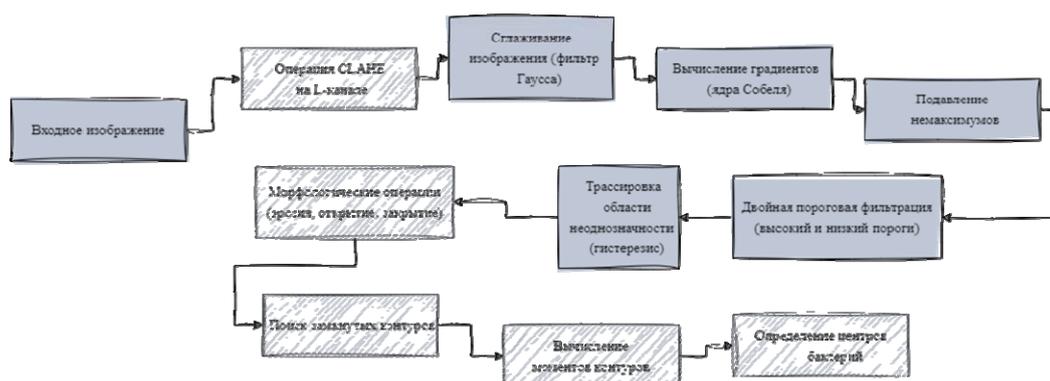


Рис. 2. Доработанный алгоритм Канни

Двойная пороговая фильтрация использует два порога (T_{high}) и (T_{low}) ($T_{high} > T_{low}$). Пиксели с градиентом выше (T_{high}) считаются границами, ниже (T_{low}) – отбрасываются. Пиксели между порогами сохраняются, если связаны с пикселями выше.

Перед применением алгоритма Канни исходное RGB изображение преобразовывалось в LAB пространство для улучшения контраста. На L-канале применялась CLAHE для локального увеличения контраста.

Затем использовался алгоритм Канни: изображение сглаживалось, вычислялись градиенты, применялось подавление немаксимумов и двойная пороговая фильтрация для выделения границ.

Далее бинарное изображение обрабатывалось морфологическими операциями (эрозия, открытие, закрытие) для устранения шумов и заполнения разрывов.

После этого находились замкнутые контуры, вычислялись их центры масс и определялось количество бактерий. На рис. 3 показано сравнение стандартного и доработанного алгоритма Канни.

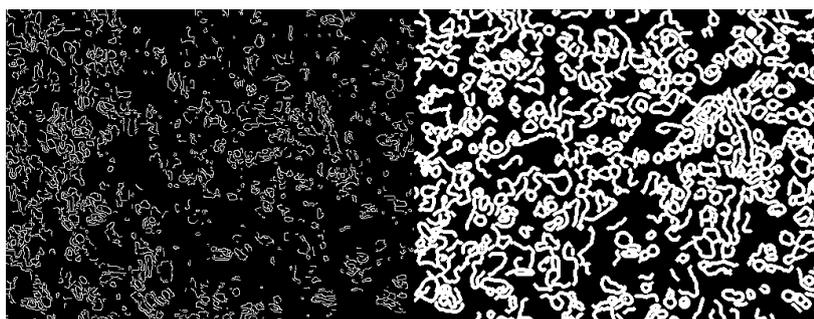


Рис. 3. Сравнение стандартного и доработанного алгоритма Канни

Таким образом, предобработка, алгоритм Канни, морфологические операции и поиск контуров позволили повысить качество выделения границ, убрать шумы и артефакты, а также точно подсчитать число бактерий на изображении.

Литература

1. Определение количества бактерий *Bacillus thuringiensis* на изображениях, полученных с помощью цифрового микроскопа / Современные проблемы математики и вычислительной техники : сб. материалов XIII Республ. науч. конф. молодых ученых и студентов, Брест, 23–24 нояб. 2023 г. / Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: В. А. Головки (гл. ред.) [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2023. – 126 с.
2. Романов, С. А. Анализ методов сегментации изображений / С. А. Романов, О. М. Лепешкин, Ю. П. Стоянов // Молодой ученый. – 2010. – № 6 (17). – С. 26–28.
3. Kurochka, K. S. An algorithm of segmentation of a human spine X-ray image with the help of Mask R-CNN neural network for the purpose of vertebrae localization / K. S. Kurochka, K. A. Panarin // 56th International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies, Sozopol, Bulgaria, 2021. – Sozopol, 2021. – P. 55–58. – DOI 10.1109/ICEST52640.2021.9483467
4. Метод обнаружения контуров на основе весовой модели изображения / З. М. Гизатуллин, С. А. Ляшева, О. Г. Морозов, М. П. Шлеймович // Компьютерная оптика. – 2020. – Т. 44, № 3. – С. 393–400.

УДК 004.925.84:62-33

СТАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НА ПРОЧНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОТОТИПА РЕГУЛИРУЮЩЕГО КЛАПАНА «ШТОК» И «ПЛУНЖЕР»

А. Д. Лёвкина

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

В связи с введением на современном этапе развития инженерии и технологий термина системной инженерии, обозначающего направление создания неразборных узловых соединений, предложено использование программного обеспечения SolidWorks, его модулей Simulation, отвечающего за создания файлов анализа, и PropertyManager, предназначенного для определения видов контактов между моделями, для решения статического анализа сборочного узла на примере связи компонентов «шток» и «плунжер» прототипа регулирующего клапана. Отмечено, что полученные в ходе изучения вопросы показатели являются удовлетворительными для исследуемых деталей. Сделан вывод о том, что сложный статический анализ для комплекса деталей можно проводить при помощи используемого в работе программного обеспечения.

Ключевые слова: SolidWorks, статический анализ, компоненты узла, Simulation, PropertyManager.