

## СОЗДАНИЕ «УНИВЕРСАЛЬНОГО» АЛГОРИТМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ В РАЗЛИЧНЫХ СФЕРАХ

*И. М. Ольховская, Д. Э. Атрохов, С. А. Вабищевич*

*Учреждение образование «Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой», г. Новополоцк, Витебская область, Республика Беларусь*

Для улучшения качества преподавания технических дисциплин, таких как «материаловедение» и «физика твердого тела», нужно изучить потребности производств, в основе которых лежат указанные науки. Современная промышленность представляет собой сложный технологический процесс, на каждом этапе которого требуется контроль определенных параметров изделий.

Наиболее важной характеристикой является отсутствие дефектов, ввиду того, что при их наличии продукция не может отправиться потребителю. В зависимости от характера производства методы выявления дефектов отличаются. Для автоматизации определения дефектной продукции во всех сферах, кроме пищевой (если дело касается качества продукта питания) можно использовать видеокамеры. В случае работы с маленькими деталями камеру можно подключить к микроскопу. Видео, полученное с камеры, – это набор множества фотографий, обработкой которых занимается программное обеспечение (далее ПО) с определенным алгоритмом работы. Алгоритмы могут быть разработаны строго под один вид производства и быть «жесткими», или их можно адаптировать под определенные потребности, тогда они являются «гибкими», универсальными. Использование «адаптируемых» ПО в современной промышленности позволит соответствовать динамически развивающимся технологиям с возможностью в короткие сроки изменять направление развития без потери объемов производства.

Целью работы является создание «универсального» алгоритма с использованием компьютерного зрения на примере выявления дефектов с помощью анализа изображений с фигурами травления типа «дефекты упаковки» на поверхности кремния и анализа поврежденных деталей мебели.

Для обработки изображений используем язык программирования Python. В качестве модуля компьютерного зрения была выбрана библиотека OpenCV (Open Source Computer Vision Library) – открытая библиотека для работы с алгоритмами компьютерного зрения, обработкой изображений и машинным обучением [1].

Алгоритм работы программы включает в себя следующие этапы:

- получение изображения;
- предварительная обработка (цветовая коррекция изображения);
- выделение контуров дефектов;
- определение характеристик дефектов;
- вывод результата обработки.

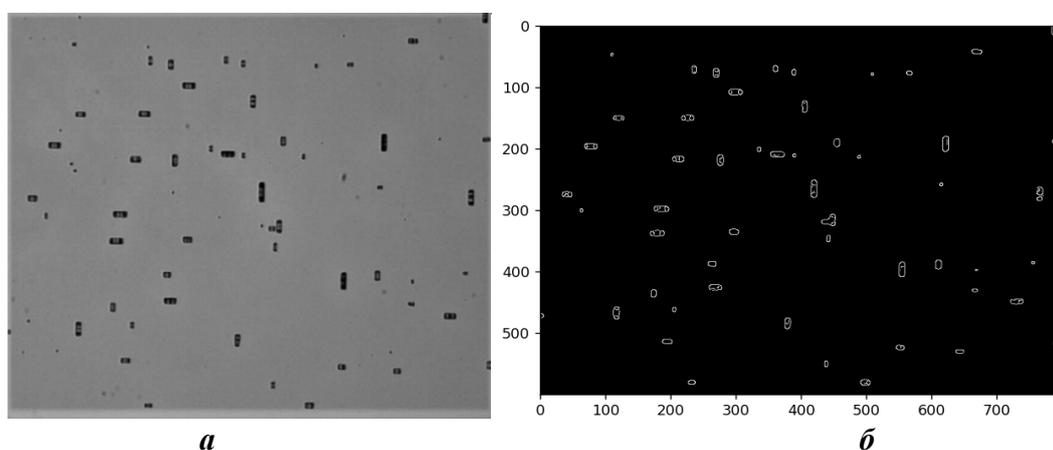
### СЕКЦИЯ 3

Современные научные исследования в области физико-математических и технических дисциплин

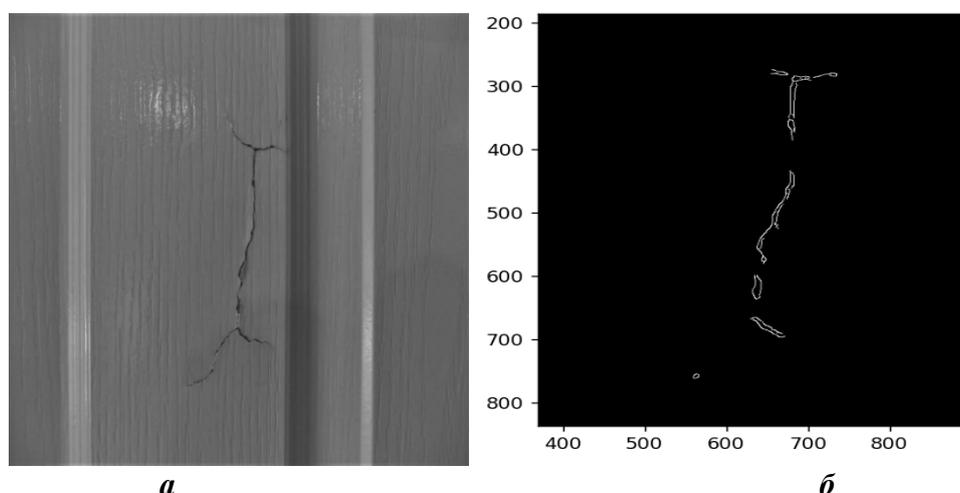
Фотографии, отправляемые в программу для обработки, относятся к растровому типу изображений, то есть состоят из сетки цветных пикселей. Пиксель – объект, характеризующийся определенной яркостью, цветом и прозрачностью [2].

Начальные изображения находятся в цветовом пространстве RGB. Это означает, что цветовоспроизведение происходит с использованием трёх цветов: красного, синего, зелёного. В случае, когда дефект «существенно» отличается от общего фона, тогда для удобства изображение переводят в серое цветовое пространство с помощью функции `cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)`. Это позволяет исключить нежелательные блики и тени. После, для того, чтобы убрать шумы, не затрагивая края объектов, настраиваем медианное сглаживание изображения с помощью функции `cv2.medianBlur`.

После предварительной обработки контуры дефектов на черно-белом изображении будут выделены белым цветом. Для дальнейшей работы с ними требуется их обвести (найти контуры выделенных фигур) с помощью функции `cv2.FindContours` [3].



**Рисунок 1 – а) входное цветное изображение с фигурами травления типа «дефекты упаковки» на поверхности кремния (увеличение  $\times 20$ ); б) изображение после обработки «фильтром» с выделенными контурами дефектов «упаковки»**



**Рисунок 2 – а) входное цветное изображение дверцы тумбочки с дефектом поверхностного слоя; б) изображение после обработки «фильтром» с выделенными контурами дефекта**

После полной обработки изображения и выделения контуров «дефектов» (рисунки 1 и 2) можно добавить дополнительные функции в зависимости от требуемых характеристик (нахождение площади, плотности дефектов). Например, для полупроводника можно найти площадь каждого дефекта, для дальнейшего анализа изменения структуры кристалла (cv2.contourArea – функция расчета площади). После соотношения реального размера изображения и количества пикселей можно перевести площадь из «компьютерных единиц» в систему СИ (пример представлен в таблице).

Таблица – Площади «дефектов упаковки», выраженные в пикселях и СИ

№	S, пкс	S, мкм <sup>2</sup>	№	S, пкс	S, мкм <sup>2</sup>	№	S, пкс	S, мкм <sup>2</sup>
1	220.0	31.24	16	129.5	18.39	31	90.0	12.78
2	211.0	29.96	17	129.0	18.32	32	88.5	12.57
3	202.5	28.75	18	128.0	18.17	33	88.0	12.49
4	200.5	28.47	19	125.5	17.82	34	87.5	12.43
5	195.0	27.69	20	121.5	17.69	35	81.5	11.57
6	174.5	22.78	21	118.0	16.76	36	81.0	11.50
7	168.0	23.86	22	112.5	15.98	37	81.0	11.50
8	159.0	22.58	23	112.5	15.98	38	72.0	10.22
9	152.0	21.58	24	105.0	14.91	39	70.5	10.01
10	139.0	19.74	25	101.0	14.34	40	67.0	9.51
11	138.0	19.59	26	97.5	13.85	41	66.0	9.37
12	138.0	19.59	27	97.5	13.85	42	63.0	8.94
13	136.0	19.31	28	96.5	13.70	43	62.5	8.88
14	135.0	19.17	29	96.5	13.70	44	60.0	8.52
15	129.5	18.39	30	90.5	12.85	45	54.5	7.74

Рассмотренный выше алгоритм обработки изображения возможно применить не только в физическом материаловедении, но и в промышленном производстве, где необходима автоматизация поиска дефектов с помощью камеры. Компьютерное зрение позволит расширить возможности компьютерной дефектоскопии, повысит производительность производства продукции. Внедрение изучения обработки изображений при изучении дисциплин «материаловедение» и «физика твердого тела» повысит уровень подготовки учащихся.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. OpenCV [Электронный ресурс] / Википедия. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/OpenCV>. – Дата доступа: 04.09.2023.
2. Пиксель [Электронный ресурс] / Википедия. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Пиксель>. – Дата доступа: 04.09.2023.
3. Ольховская, И. М. Создание алгоритма для определения размеров и плотности дефектов с использованием технологии компьютерного зрения / И. М. Ольховская // Электронный сборник трудов молодых специалистов Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой. – Новополоцк : Полоцкий государственный университет, 2022. – Вып. 45 (115). Промышленность. – С. 58–60.