

2019-2021, международный проект БРФФИ № Ф19МС-032 «Разработка нечетких методов и алгоритмов оптического контроля топологии слоев интегральных микросхем» (н. рук. Дудкин А.А., отв. исп. Инютин А.В.).

Зарубежный партнер – Университет Париж-Эст Кретьей, Campus de Senart, Bat.A GEH, LISSI Lab – 36-37 Rue Charpak – 77127 Lieusaint – France. Tel/fax: 00 331 6413 4685 / 00 331 6413 4507.

Координатор – руководитель лаборатории изображений, сигналов и интеллектуальных систем проф. Курош Мадани, Head of SYNAPSE research division at LISSI Lab, prof. Rurosh Madani, madani@u-pec.fr

Ключевые слова (словосочетания), наиболее полно отражающие содержание проекта
Интегральная микросхема, фотошаблон, информативный признак, распознавание, нечеткая математическая морфология, искусственная нейронная сеть

Цель работы

состоит в повышении достоверности распознавания топологических объектов на изображениях на основе комбинирования нечеткой математической морфологии и машинного обучения нейросетевых методов обработки изображений и геометрических преобразований нечетких структурных составляющих топологии для систем технического зрения контроля (ИС).

Научная идея (гипотеза) авторов

заключается в создании адаптивных к нечетким информационным признакам методов и алгоритмов обработки и анализа изображений слоев ИС, основанных на использовании нечетких морфологических операций и глубинного обучения нейросетевых моделей распознавания, что в итоге позволит создать новую технологию контроля ИС.

Основные планируемые результаты, их научная и практическая значимость

В результате выполнения работ по проекту будут созданы:

- алгоритмы предварительной обработки изображений слоев ИС методами нечеткой математической морфологии;
- методика выбора параметров нечетких морфологических операторов для обработки изображений слоев ИС;
- алгоритмы идентификации объектов интереса, анализа и поиска дефектов на изображениях слоев ИС на базе нечеткой математической морфологии и глубоких нейронных сетей;
- технология и экспериментальные программные средства оптического контроля топологии слоев ИС на основе нечеткой морфологической обработки и глубоких нейронных сетей.

Научная значимость результатов работы состоит в создании новых методов и алгоритмов распознавания изображений, которые позволят повысить качество оптического контроля топологии ИС и фотошаблонов. Практическая значимость заключается в том, что применение разработанных методов и алгоритмов позволит существенно повысить качество и функциональность систем технического зрения оптического контроля изготовления ИС и фотошаблонов.

В 2019 году разработаны:

- базовые операторы нечеткой математической морфологии – нечеткая эрозия и дилатация, основанные на нечеткой степени подобия структурирующего элемента изображению. Предложенные операторы являются основой специализированных операций для обработки изображений топологии слоев интегральных микросхем;
- алгоритмы предварительной обработки изображений, основанные на использовании операций сегментации, нечеткой математической морфологии и семантической фильтрации. Алгоритмы предназначены для удаления шума с цветных и полутоновых изображений слоев интегральных микросхем и имеют набор параметров для гибкой настройки под конкретные условия работы;
- методика выбора параметров морфологических операций, основанная на интегральной оценке качества фильтрации с учетом критериев эффективности, быстродействия и минимизации количества искажений топологии, которые возникают в процессе её работы; разработана методика конфигурации глубоких нейронных сетей для обработки изображений слоев интегральных микросхем, основанная на случайном поиске в пространстве определенных гиперпараметров.

Оценка научной значимости результата и практической направленности:

Научная значимость результатов работы состоит в создании новых методов и алгоритмов распознавания изображений, которые позволят повысить качество оптического контроля топологии ИС и фотошаблонов. Практическая значимость заключается в том, что применение разработанных методов и алгоритмов позволит существенно повысить качество и функциональность систем технического зрения оптического контроля изготовления ИС и фотошаблонов.

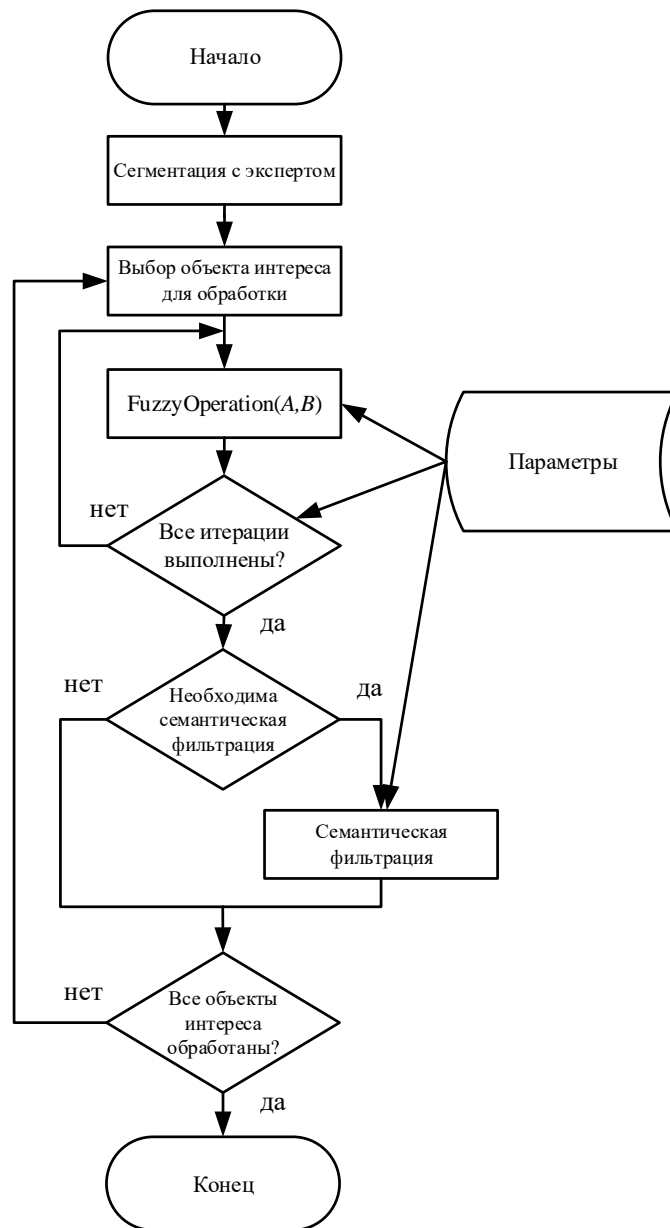


Рисунок – Алгоритм предварительной обработки низкокачественных изображений слоев интегральных микросхем

Зачастую изображения слоев интегральных микросхем имеют низкое качество, например:

- 1) гистограмма изображения в градациях серого имеет два плохо разделимых пика, границная линия объектов изъедена, сегменты имеют большое количество отверстий;
- 2) изображения слоя, для которых на гистограмме не возможно выделить пики цвета объекта и/или фона, границная линия объектов изъедена, сегменты объектов имеют неравномерную окраску, а сегменты фона имеют равномерную окраску;

При этом на изображении присутствует большое количество элементов топологии соседних слоев, искажающих его вид. Для предварительной обработки изображений слоев интегральных микросхем низкого качества с присутствием элементов топологии соседних слоев предлагается использовать алгоритм, изображённый на рисунке.

Для сегментации используется экспертная классификация результатов k-means кластеризации в пространстве RGB. Для каждого выделенного объекта интереса формируется отдельное изображение, с которого потом удаляется шум операциями нечеткой математической морфологии и, при необходимости, семантической фильтрации.

Результат работы алгоритма – набор бинарных изображений.