

2016-2018, проект БРФФИ Ф16-070 «Разработка адаптивных методов и алгоритмов контроля топологии на изображениях печатных плат» (н. рук. Дудкин А.А., отв. исп. Инютин А.В.)

Разработана технология распознавания топологических образов, основанная на декомпозиции изображения топологии на элементарные фрагменты и дальнейшем их анализе. Технология включает:

- построение модели топологии, которая описывает проводники, контактные площадки и дефекты печатной платы набором элементарных фрагментов, их характеристик и связей;

- метод и алгоритм выделения информативных признаков, базирующийся на декомпозиции топологии печатной платы на фрагменты;

- алгоритм формирования нечеткого описания дефектов топологии печатных плат, основанный на вычислении его информативных параметров и представлении их в виде интервально-значного нечеткого множества;

- метод повышения точности сегментации изображений печатных плат, основанный на экспертной классификации результатов кластеризации по k -средним в пространстве RGB;

- нейросетевой метод поиска и классификации дефектов топологии печатных плат, основанный на использовании нечеткого описания объектов и предложенного алгоритма его формирования;

- алгоритм обучения ансамбля нейронных сетей для классификации дефектов топологии на изображениях печатных плат;

- гибридный алгоритм контроля топологии печатной платы, основанный на анализе формы и координат ее элементарных фрагментов – контактных площадок и прямоугольных фрагментов дорожек, и проверке соответствия их связей соответствующим связям эталонной печатной платы;

- алгоритм поиска макродефектов топологии печатной платы, основанный на объединении методом морфологического замыкания локальных множеств дефектов топологии, найденных на предварительных этапах её контроля;

- алгоритм поиска макродефектов подложки печатной платы, основанный на анализе цветовых и яркостных характеристик изображения подложки.

Предложенная технология реализована в виде экспериментальной программной системы поиска и классификации дефектов топологии печатных плат.

Научная значимость результатов работы состоит в разработке создании методов и алгоритмов распознавания изображений, которые повышают достоверность идентификации и распознавания дефектов топологии печатных плат.

Практическая значимость заключается в том, что применение разработанных методов и алгоритмов в системах контроля топологии печатных плат существенно повышает выход годных при изготовлении печатных плат.

Иллюстративный материал, относящийся к важнейшему результату:

Технология основывается на следующей модели топологии печатной платы: топология представляет собой совокупность дорожек, где дорожка – это набор контактных площадок (КП), связанных проводниками. Разные дорожки не имеют контакта между собой, кроме короткого замыкания между ними.

Проверка топологии заключается в проверке формы, координат и связей проводников и КП:

- проверке соответствия дорожек тестируемой печатной платы (ТПП) конструкторской документации (проверке связей между КП);

- проверке отдельных элементов топологии (проводники, КП).

Алгоритм состоит из следующих шагов.

Шаг 1. Предварительная обработка изображения ТПП.

Шаг 2. Поиск и выделение непроверенной ранее дорожки.

Шаг 3. Обработка всех КП одной дорожки: поиск КП на выделенной дорожке, анализ КП для обнаружения дефектов топологии КП, маркировка всех КП.

Шаг 4. Трассировка найденной дорожки и разбиение ее на элементарные прямоугольные фрагменты дорожки (ЭПФД).

Шаг 5. Анализ ЭПФД согласно конструкторской документации для обнаружения дефектов топологии проводников. Если не все дорожки проверены, то переход на шаг 2.

Шаг 6. Сравнение таблиц связей эталонной печатной платы (ЭПП) и ТПП для проверки логической структуры печатной платы.

Шаг 7. Классификация найденных дефектов и занесение их в ведомость дефектов.

Блок-схема алгоритма представлена на рисунке1. На нем потоки данных изображены в виде пунктирной линии. Данными для проверки являются изображение ТПП, параметры предварительной обработки, параметры КП и проводников из конструкторской документации, таблица связей ЭПП. Результатом обработки является ведомость дефектов. При необходимости каждый дефект сохраняется в отдельный графический файл.

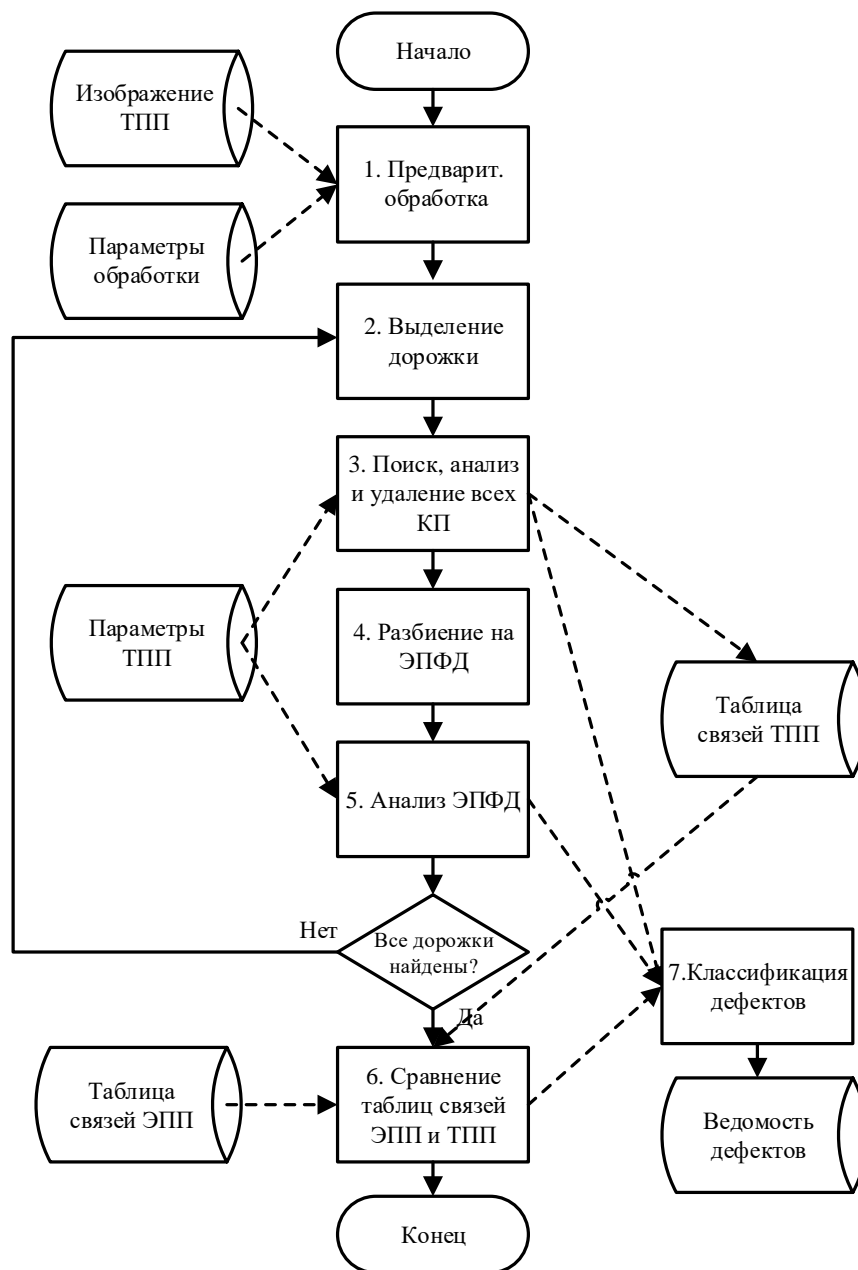


Рисунок 1 – Алгоритм контроля топологии печатных плат на основе декомпозиции изображения на элементарные фрагменты

В процессе обработки проводится поиск дефектов на печатной плате как на уровне анализа логической структуры топологии, так и на уровне анализа геометрических характеристик элементарных объектов. Все виды дефектов, определяемых системой контроля топологии, показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Виды дефектов, определяемых системой контроля топологии

Вид дефекта топологии	Метод локализации (шаг алгоритма)
1 Неправильный размер КП	Анализ КП (шаг 3)
2 Неправильный размер отверстия в КП	
3 Смещение отверстия в КП	
4 Прокол	Анализ ЭПФД (шаг 5)
5 Недопустимая минимальная ширина проводника	
6 Недопустимое минимальное расстояние между проводниками	
7 Выступ	
8 Вырыв	
9 Обрыв	Сравнение таблиц связи ЭПП и ТПП (шаг 6)
10 Короткое замыкание	
11 Островок	
12 Лишний проводник	
13 Отсутствие проводника	
14 Смещение проводника	
15 Смещение КП	

В рамках данной технологии можно находить и классифицировать все перечисленные виды дефектов, что позволяет контролировать топологию печатной платы любой сложности.