

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

совета по защите диссертаций Д 01.04.01 при ОИПИ НАН Беларуси по диссертационной работе Инютина Александра Владимировича «Алгоритмы обработки изображений печатных плат и автоматического контроля их дефектов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации»

### **Специальность и отрасль науки, по которой присуждается ученая степень.**

Диссертация Инютина А.В. является законченной научно-исследовательской работой и соответствует требованиям ВАК Республики Беларусь, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации» (технические науки).

**Научный вклад соискателя состоит** в совершенствовании операций нечеткой математической морфологии, позволяющих адаптивно управлять степенью совпадения структурирующего элемента с фрагментами изображения печатной платы при сохранении ее топологии; разработке нового алгоритма фильтрации изображений печатных плат, включающего предложенные операции, и гибридного алгоритма контроля топологии печатных плат.

Основные положения содержат новые (теоретические и практические) обоснованные результаты, применяемые для решения задач контроля топологии печатных плат и фотошаблонов.

Практическая значимость исследований заключается в разработке алгоритмов и программного обеспечения, повышающих точность контроля печатных плат и фотошаблонов в процессе их изготовления.

**Научные результаты, за которые может быть присуждена ученая степень.** Ученая степень кандидата технических наук может быть присуждена за новые научно обоснованные результаты, повышающие точность контроля качества печатных плат и фотошаблонов, включающие:

1. Нечеткие морфологические операторы эрозии и дилатации, отличающиеся применением параметра, который позволяет изменять степень сходства структурирующего элемента с фрагментами изображения платы, а также итерационные алгоритмы фильтрации на их основе, обеспечивающие по сравнению с известными аналогами снижение уровня шума на 48,2 % на тестовых изображениях.

2. Алгоритм предварительной обработки цифровых изображений, реализующий их бинаризацию, нечеткую морфологическую фильтрацию и удаление артефактов, который в отличие от аналогов не искажает топологию печатных плат и фотошаблонов и позволяет повысить точность локализации дефектов при сравнении с эталоном при последующем контроле.

3. Гибридный алгоритм контроля топологии печатных плат, основанный на совместном использовании результатов сравнения с эталоном и нейросетевых моделей семейства YOLOv8, обеспечивающий локализацию и классификацию дефектов шести основных классов с точностью по метрике mAP50 до 99,0 % на тестовых данных, а также позволяющий находить дефекты, недостаточно представленные в обучающей выборке.

### **Рекомендации по практическому использованию результатов исследования.**

Результаты диссертационного исследования могут быть использованы при разработке систем автоматического контроля качества печатных плат, интегральных микросхем и их фотошаблонов, в аппаратно-программных комплексах контроля изделий микроэлектронной промышленности.

Результаты переданы в виде алгоритмов и программных модулей в ОАО «Планар», где используются при разработке установок автоматического контроля топологии интегральных микросхем.

Председатель совета  
по защите диссертаций Д 01.04.01  
член-корреспондент Национальной академии  
наук Беларуси,  
доктор физико-математических наук, профессор

Ученый секретарь совета  
по защите диссертаций Д 01.04.01,  
кандидат технических наук

А.В. Тузиков

Э.В. Снежко



*Ученый секретарь*

*О.В. Горюх*