

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.3.049.77-047.44+004.42+004.032.26

Канаш
Владислав Николаевич

Программное средство анализа изображений топологий микросхем на основе
нейронных сетей

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра информатики и вычислительной техники
по специальности 1-40 81 02 Технологии виртуализации и облачных
вычислений

Научный руководитель
Воронов А.А.
кандидат технических наук, доцент

Минск 2019

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день технология машинного обучения обладает огромным потенциалом для решения прикладных задач, поскольку может быть задействована для преодоления проблем с большими объемами данных и для улучшения хранения данных. Существуют целые категории задач, в которых алгоритмы машинного обучения показывают лучшие результаты чем люди. Кроме того, растущая потребность в человеческом и машинном взаимодействии предлагает новые задачи, которые наиболее эффективно можно решить с помощью машинного обучения.

Самой популярной задачей для нейронных сетей является обнаружение и классификация различных объектов на изображениях. В 2018 году сегмент распознавания образов на изображениях доминировал в отрасли. Для решения подобных задач машинное обучение применяется в совокупности с алгоритмами машинного зрения, которые позволяют произвести предобработку изображения до применения нейронных сетей (например выделять координаты конкретных объектов на изображении).

Важной частью процесса производства интегральных микросхем являются процессы контроля качества формируемых топологических структур и соответствия топологии элементов проектной документации. Сложность процесса контроля связана с большим количеством очень маленьких элементов на фотошаблоне и нечетким изображением элементов, сформированном в системе автоматического контроля.

Вследствие искажений объект имеет нечеткое описание как его яркостных характеристик, так и расположения. Поэтому перспективным направлением является разработка методов интеллектуального анализа данных с применением нейронных сетей, которые позволяют сделать систему распознавания инвариантной к различного рода искажениям входных данных.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

В процессе производства интегральных микросхем важным этапом является контроль качества и соответствия проектной документации продукции. Решение данной задачи связано с определенными трудностями из-за свойств входных данных для системы контроля (множество мелких объектов на изображении, шумы и искажения объектов).

В настоящее время все чаще на производстве для решения таких задач применяются системы машинного зрения с использованием алгоритмов машинного обучения.

При проектировании системы контроля важной задачей является выбор правильной архитектуры сети. Неправильные решения, принятые на данном этапе могут привести к значительным материальным и временным затратам в будущем. Существует большое количество архитектур нейронных сетей, каждая из которых имеет как определенные преимущества, так и свои недостатки, поэтому не существует «идеального» решения, которое можно было бы применять для любых типов задач. В некоторых случаях необходимо достичь максимальной точности, в других есть ограничения по скорости работы. Поэтому всегда требуется произвести предварительный анализ проблемы для того чтобы выбрать подходящий алгоритм.

На сегодняшний день темы искусственного интеллекта и машинного обучения активно развивается, каждый год выходит множество публикаций, существующие алгоритмы и методы постоянно совершенствуются. Необходимость разработки новых решений с применением современных алгоритмов машинного обучения для решения задач анализа изображений делает тему представленной диссертации актуальной.

Степень разработанности проблемы

Исследование существующих методов использования глубоких нейронных сетей для решения задач анализа изображений осуществлялось на основе работ Y. LeCun, A. Ng, Min Lin, I. Goodfellow.

Также стоит отметить работы J.R.R. Uijlings, K.E.A. van de Sande, T. Gevers, И A.W.M. Smeulders посвященные анализу изображений, а именно сегментации изображений и детекции объектов на изображениях (без применения методов машинного обучения).

Среди исследований, в которых рассматриваются проблемы анализа изображений топологий микросхем стоит отметить работы Дудкина А. А., Садыхова Р.Х.

Цель и задачи исследования

Целью исследования является разработка программного средства анализа изображений топологий микросхем на основе нейронных сетей.

Для выполнения поставленной цели в работе были сформулированы следующие задачи:

- Провести исследование существующих алгоритмов анализа изображений, а именно методов сегментации и детекции объектов на изображении и определить наиболее эффективные методы, которые можно применять при анализе изображений топологий интегральных микросхем;

- Провести исследование существующих подходов к анализу изображений с применением нейронных сетей, сравнить существующие подходы, архитектуры и выделить те методы, которые показывают себя наиболее эффективно при решении задач анализа изображений топологий интегральных микросхем;

- При обучении модели нейронной сети использовать выборки изображений фрагментов микросхем;

- Модуль анализа должен принимать в качестве входных данных полутоновые изображения микросхем в большом разрешении;

Объектом исследования являются методы и алгоритмы анализа изображений с применением нейронных сетей.

Предметом исследования является задача повышения эффективности анализа изображений топологий микросхем с использованием нейронных сетей.

Область исследования. Содержание диссертационной работы соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) специальности 1-40 81 02 «Технологии виртуализации и облачных вычислений».

Теоретическая и методологическая основа исследования

В основу диссертации легли результаты исследования зарубежных авторов в области машинного обучения и анализа изображений с применением глубоких нейронных сетей, методов сегментации и поиска объектов на изображениях с применением нейронных сетей.

Для построения моделей нейронных сетей и получения экспериментальных результатов исследования были использованы различные пакеты разработки, а именно Matlab и DL4J.

Информационная база для проведения исследований сформирована на основе примеров изображений топологий микросхем, полученных при увеличении.

Научная новизна диссертационной работы заключается в разработке программного средства для анализа изображений топологий интегральных микросхем с применением современных алгоритмов обработки изображений на основе нейронных сетей.

Практическая значимость диссертации состоит в том, что разработанное программное средство можно использовать в процессе производства интегральных микросхем, при этом повысив скорость и эффективность контроля качества продукции.

Апробация и внедрение результатов исследования

Результаты исследований были представлены на следующих конференциях: РИНТИ-2018, 55-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Изучение основные современных подходов интеллектуального анализа изображений с применением нейронных сетей. Принципы работы моделей глубинного обучения.
2. Алгоритмы сегментации изображений и их применение для решения задач анализа изображений. Использование алгоритмов сегментации в качестве подготовки изображения перед применением нейросетевых моделей.
3. Применение методов алгоритма сегментации Selective Search и нейросетевой архитектуры R-CNN для решения задач анализа изображений топологий микросхем.

Структура и объем работы.

Структура диссертационной работы обусловлена целью, задачами и логикой исследования. Работа состоит из введения, трёх глав и заключения, библиографического списка и приложений. Общий объем диссертации – 79 страниц. Работа содержит 2 таблицы, 32 рисунка. Библиографический список включает 32 наименования.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрено современное состояние проблемы анализа изображений с применением машинного обучения, определены основные направления исследований, а также дается обоснование актуальности темы диссертационной работы.

В **общей характеристике работы** сформулированы ее цель и задачи, показана связь с научными программами и проектами, даны сведения об объекте исследования и обоснован его выбор, представлены положения, выносимые на защиту, приведены сведения о личном вкладе соискателя, апробации результатов диссертации и их опубликованность, а также, структура и объем диссертации.

В **первой главе** рассмотрены современные подходы к анализу изображений, приведен обзор современных методов анализа изображений с применением нейронных сетей, перечислены варианты архитектур нейронных сетей, которые используются для решения задач анализа изображений. Рассмотрены различные методы детекции объектов на изображениях, методы сегментации изображений. Приведен краткий обзор инструментов для разработки решений в области машинного обучения.

Во **второй главе** приведены теоретические сведения о работе алгоритмов машинного обучения и сверточных нейронных сетей. Описаны основные свойства сверточных нейронных сетей глубокого обучения и их преимущество перед другими нейросетевыми моделями при решении задач обработки изображений. Рассмотрен процесс обучения нейронной сети, описан алгоритм градиентного спуска его наиболее популярные модификации, применяемые в настоящее время для обучения сверточных нейронных сетей. Описан принцип работы алгоритма обратного распространения ошибки, который позволяет производить обучение глубоких нейронных сетей.

В **третьей главе** описаны структурные модули прототипа программного средства для обработки изображений топологий микросхем, представлены результаты экспериментов с целью определить наиболее эффективный метод для решения данной задачи, произведено сравнение различных методологий анализа изображений с целью детектирования и распознавания объектов на изображении.

В **приложениях** приведен исходный код прототипа программного средства анализа изображений топологий микросхем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты исследования делают возможным разработку программного средства, предназначенного для использования в системах контроля качества при процессе производства интегральных микросхем.

Использование методов машинного обучения, а именно глубинных нейронных сетей позволяет достичь высокой точности и сделать систему инвариантной относительно различных шумов, трансформаций исходных данных, которые могут возникать в процессе получения изображений.

Из-за специфики входных данных, с которыми должна работать система, а именно крайне маленьких размеров объектов на изображениях топологий микросхем, их близкого расположения друг к другу, шумов и искажений исходных изображений многие существующие алгоритмы анализа, которые показывают хорошие результаты для других категорий изображений, становятся неэффективными.

К примеру, метод гистограмм направленных градиентов показывает неудовлетворительные результаты при попытке распознавания множества мелких объектов на изображении.

Использование алгоритмов сегментации на основе графов позволило выделить на изображении фрагменты, соответствующие отдельным элементам топологии с достаточно высокой точностью. Алгоритмы распознавания изображений, основанные на сегментации (например, Selective Search), также показали удовлетворительные результаты.

Для классификации объектов с применением машинного обучения использовались модели глубинных нейронных сетей, инвариантные к искажениям и шумам, присутствующим во входных данных. Стоит отметить архитектуру нейронной сети NiN (Network-in-Network). Идеи, лежащие в ее основе позволяют не только добиться более высокой инвариантности к входным данным, но и значительно уменьшить количество нейронов в слоях нейронной сети, что позволит уменьшить объем машинных мощностей, необходимый для обучения и работы системы.

Кроме этого, хорошие результаты показали нейросетевые модели R-CNN и fast R-CNN, которые работают вместе с алгоритмами сегментации изображений и направленные на ускорение процесса детекции объектов, так как в них нейронная сеть обрабатывает все изображение полностью за один подход, вместо последовательной обработки отдельных участков.

Дальнейшее развитие системы предполагает добавление новых модулей и оптимизацию существующих алгоритмов, например реализация вычислений при помощи GPU.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Канаш, В.Н. Применение нейросети «Network-in-Network» для анализа изображений интегральных микросхем / Аваков С. М., Воронов А. А., Дедков А. И., Канаш В. Н., Шоломицкий В. Г. // РИНТИ-2018
2. Канаш, В.Н. Применение алгоритма сегментации на основе графов для анализа изображений топологий интегральных микросхем. // 55-ая научно-техническая конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР – Минск, 2019