

## **ОТЗЫВ** **официального оппонента**

доктора технических наук Ромащенко Михаила Александровича  
на диссертационную работу Зарубы Дарьи Викторовны  
«БИОИНСПИРИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ РАЗБИЕНИЯ СХЕМ  
ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ СБИС»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности

2.3.7 – Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования

### **1. Актуальность темы диссертационной работы**

Современные сверхбольшие интегральные схемы (СБИС) могут содержать более сотни миллионов транзисторов, и примерно такое же количество соединений между ними. Процесс подготовки производства современной СБИС стоит очень дорого: только изготовление набора фотошаблонов требует затрат в несколько миллионов долларов. С увеличением сложности СБИС растет сложность задач их проектирования и верификации. Проектирование цифровых систем на микроэлектронной базе СБИС представляет собой сложнейшую научно-техническую проблему в связи с постоянно уменьшающимися проектными технологическими нормами и увеличивающимися требованиями к их надежности и функционалу.

Проектирование современных СБИС в силу его сложности возможно только с использованием современных систем автоматизированного проектирования (САПР). Одной из наиболее значимых стадий при разработке СБИС можно считать стадию конструкторского проектирования, на которой выполняются такие проектные процедуры, как разбиение СБИС, планирование кристалла, размещение элементов на кристалле, трассировка соединений, упаковка и верификация. Реализация данных проектных процедур относится к задачам комбинаторно-логического типа, которые принадлежат к классу NP-полных задач, поиск точного решения которых возможно выполнить только полным перебором.

Таким образом, с целью повышения качества проектирования, сокращения общей трудоемкости процесса и временных затрат, важным является создание и разработка новых методов компьютерного моделирования, направленных на повышение эффективности автоматизированного проектирования СБИС.

В диссертационной работе рассматривается комплекс вопросов связанных с разработкой методов, алгоритмов и моделей для разбиения схем на этапе конструкторского проектирования СБИС, основывающихся на подходах инспирированных живой природой.

В связи с указанным, актуальность исследований, результаты которых представлены в диссертационной работе, не вызывает сомнений.

## **2. Оценка достоверности полученных результатов и новизны диссертационного исследования**

Обоснованность и достоверность большинства полученных автором научных и практических результатов и сделанных по ним выводов обеспечивается применением положений теории графов, методов и алгоритмов математического и компьютерного моделирования, оптимизационных методов инспирированных природными системами, принципов и методов конструкторского проектирования.

Основные положения диссертационной работы являются обоснованными, базируются на концептуальном подходе к решению поставленной проблемы и имеют научную новизну. В качестве основы для исследования автор опирается на труды отечественных и зарубежных учёных в области конструкторского проектирования и биоинспирированной оптимизации. Полученные научные результаты и выводы диссертационной работы являются логическим завершением разработанных теоретических положений, а также экспериментально подтверждены путем проведения большого числа тестовых задач. Достоверность полученных результатов подтверждается апробацией работы рядом публикаций в различных научных изданиях и выступлениях с докладами на научных конференциях различного уровня, а также их внедрением в научно-исследовательские работы кафедры и учебный процесс.

**Научная новизна** работы заключается в разработке методов и алгоритмов для эффективного решения задачи разбиения схем при проектировании СБИС. К основным научным результатам, полученным автором в диссертационном исследовании, можно отнести следующее:

- построена комбинированная архитектура поиска и на ее основе создан многоуровневый алгоритм разбиения схем;
- разработаны модифицированные методы оптимизации, инспирированные природными системами (бактериальный, светлячковый и генетический) и модифицированные генетические операторы, позволяющие сократить время поиска;
- предложен унифицированный механизм кодирования и декодирования решений при разбиении схем, отличающийся организацией единого подхода к представлению данных;
- разработаны модифицированные бактериальный, светлячковый и генетический алгоритмы разбиения схем, позволяющие выходить из локальных оптимумов и получать наборы эффективных решений за счет использования новых процедур и механизмов поиска.

**Практическая значимость** работы обусловлена созданием программной подсистемы, реализующей разработанные архитектуры, методы и алгоритмы биоинспирированной оптимизации. Подтверждением практической значимости работы является наличие у соискателя свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ, а также использование разработанного программного продукта для выполнения ряда научно-исследовательских работ и внедрение результатов в ООО «Научно-исследовательская лаборатория

автоматизации проектирования RealLab», о чем свидетельствуют представленные акты о внедрении.

### **3. Оценка содержания диссертации, степени ее завершенности, подтверждение публикаций автора**

Структура диссертации соответствует теме и цели исследования. Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 122 наименований, двух приложений. Диссертация изложена на 156 страницах машинописного текста, содержит 72 рисунка и 13 таблиц. Работа имеет логичную структуру, поясняющие рисунки и таблицы оформлены в соответствии с действующими требованиями ГОСТ.

Во **введении** приведены основные причины обуславливающие актуальность проведения научных исследований в выбранной предметной области, определена цель работы и поставлены задачи которые необходимо решить для ее достижения, сформулированы результаты имеющие научную новизну и практическую значимость, а также данные об их внедрении и апробации.

В **первой** главе диссертационной работы на основе анализа состояния современных проблем проектирования СБИС выявлено, что проектная процедура разбиения является одной из наиболее важных при проектировании СБИС. В качестве математической модели для решения данной задачи автор использовал гиперграф, что позволяет адекватно отобразить СБИС с точки зрения полноты информации. Представлена постановка задачи разбиения СБИС, а также выбран способ расчета целевой функции на основе комплексного критерия, учитывающего количество разрезов цепей в схеме и оценку временной задержки прохождения сигнала в схеме.

Проведен обзор и анализ классических методов и алгоритмов для решения задачи разбиения схем, а также определены их сильные и слабые стороны. С учетом проведенного анализа обоснована целесообразность разработки новых комбинированных архитектур, в основе которых лежат современные параллельные и параллельно-последовательные алгоритмы, учитывающие все преимущества методов биоинспирированного поиска.

Во **второй** главе приведены основные характеристики биоинспирированных методов оптимизации, а также основные характеристики и свойства популяционных алгоритмов. В силу их модульной структуры предлагается использовать принципы комбинирования, гибридизации и интеграции для разработки новых эффективных многоуровневых подходов к решению разбиения схем. Целесообразность использования многоуровневого подхода обусловлена его способностью адаптироваться к внешним условиям за счет возможности внедрения различных эвристических поисковых процедур.

В связи с тем, что все биоинспирированные алгоритмы нуждаются в строгой формализации входных данных, предлагается единый подход к представлению данных, описанный в **третьей** главе диссертационной работы. В основе данного подхода лежит унифицированный механизм кодирования и

декодирования альтернативных решений в виде последовательности обработки элементов схемы. Такой подход позволяет сократить потери процессорного времени при передаче данных в различных биоинспирированных алгоритмах.

В **четвертой** главе приведена цель разработки программного комплекса для разбиения схем и на ее основе сформулированы задачи, решаемые при его создании. Приводится описание экспериментальных исследований предложенных методов и алгоритмов.

В **заключении** сформулированы основные результаты, полученные автором в процессе исследования.

Судя по содержанию работы, задачи, поставленные автором исследования, полностью решены, а цель работы достигнута. Диссертация обладает научной новизной, теоретической и практической значимостью, является **завершенным научным исследованием..**

Результаты диссертационного исследования, выводы и сформулированные положения изложены в 28 печатных работах, 6 из которых опубликованы в журналах входящих в Перечень ВАК, 12 в журналах индексируемых в Scopus и Web of Science.

#### **4. Соответствие содержания автореферата диссертации**

Автореферат удовлетворяет требованиям положения ВАК, так как отражает основные положения, результаты и выводы диссертации, новизну и значимость результатов исследований, показывает структуру диссертации.

#### **5. Замечания по диссертационной работе**

При изучении материалов диссертации отмечены следующие недостатки:

1. При описании целевой функции не учитываются ограничения в виде других конструкторских требований, например тепловых или электромагнитных.

2. Недостаточно внимания уделено анализу других биоинспирированных алгоритмов, которые возможно применить для решения поставленной задачи.

3. В работе недостаточно подробно описаны способы кодирования и декодирования альтернативных решений задачи размещения.

4. По результатам проведенных экспериментальных исследований кроме общей формулировки *«качество разбиения схем в среднем на 6,84% превосходит»* хотелось бы видеть конкретные размерности схем, где применение предложенных алгоритмов наиболее целесообразно.

5. Графическая интерпретация результатов экспериментов, представленная в автореферате на рисунках 10-13, не дает полного понимания достигнутой эффективности предложенных архитектур, методов и алгоритмов. Так, например, рисунки 10 и 12 (равно как 11 и 13) имеют одинаковые подписи и тестовые схемы, но при этом разные значения целевой функции.

Отмеченные недостатки и замечания в целом не ставят под сомнение научную новизну, теоретическую и практическую значимость, а также достоверность научных результатов.

## 6. Заключение

Диссертация по своей актуальности, научной новизне, объему выполненных исследований и практической значимости полученных результатов является законченной научно-квалификационной работой. По теме диссертационного исследования опубликовано 28 научных работ, из них 6 статей в ведущих рецензируемых научных журналах из Перечня ВАК, 12 работ в изданиях индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science, 2 зарегистрированные программы для ЭВМ.

Диссертационное исследование соответствует пунктам 4 и 6 области исследования паспорта специальности 2.3.7 – Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования.

Считаю, что представленная диссертация полностью отвечает критериям положения «О присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южный федеральный университет» (30.11.2021 г., приказ № 260-ОД) предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Заруба Дарья Викторовна достойна присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.7 – Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования.

Официальный оппонент,

Ромашенко Михаил Александрович

доктор технических наук, доцент,

профессор кафедры «Конструирование и производство радиоаппаратуры»

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84,

тел. +7(473) 207-22-20;

email: kipr@vorstu.ru

персональная страница: <https://cchgeu.ru/university/employees/5796/>

Я, Ромашенко Михаил Александрович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

«21» август 2023 г



М.А. Ромашенко

Подпись д.т.н., профессора М.А. Ромашенко заверяю

Первый проректор - проректор по науке ВГТУ



И.Г. Дроздов