

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по научной и инновационной  
деятельности

ФГБОУ ВО  
«Тверской государственный университет»

Доктор технических наук, профессор  
Каплунов И. А.



2018 г.

### ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу  
Егоровой Евгении Кирилловны  
**«Редукция количества вхождений переменных  
для некоторого класса булевых функций»,**  
представленную на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук по специальности  
05.13.17 – «Теоретические основы информатики»,  
в диссертационный совет Д 002.073.05 при Федеральном исследовательском центре  
«Информатика и управление» Российской Академии Наук

#### Актуальность темы

Развитие современных информационных технологий полностью зависит от качества элементной базы. Для описания, анализа и проектирования вычислительных систем используются методы дискретной математики и теории информации. В диссертации, в основном, делается акцент на функции алгебры логики, схемы из функциональных элементов и алгоритмы.

Булевы функции нашли широкое применение в целом ряде различных научных областей. Сложность используемых на практике функций увеличивается, в связи с усложнением решаемых задач. Увеличивается число используемых переменных и количество логических операций, которые необходимо выполнить для получения значения функции. Но не только функции становятся сложнее, более совершенными становятся и ЭВМ, на которых выполняется их вычисление. В связи с этим, а также появлением и широким распространением многопроцессорных и многоядерных систем, появилась необходимость в создании алгоритмов и программ, которые смогут использовать новые аппаратные возможности, дадут существенное преимущество по сравнению с классическими при вычислении больших функций.

Очевидна необходимость решения задач аппаратной реализации булевых функций, т. е. задач синтеза функционально-логических схем в заданных базисах. На данный момент неизвестны способы приемлемой трудоемкости, позволяющие оптимальным образом

синтезировать произвольную схему. Причиной этому является возрастающая сложность проектируемых систем.

Метод решения, реализующий сложность, является в некотором смысле наилучшим, наиболее экономным, наиболее простым из методов, решающих все задачи рассматриваемого класса, причем оптимизация решения на этапе организации проектирования экономит время и средства.

При проектировании БИС невозможно скомпенсировать на более поздних этапах дефекты, которые были допущены на ранних этапах, т.е. проблему быстрого действия необходимо решать на всех уровнях проектирования.

Наряду с оптимизацией решения необходимо рассматривать трудоемкость решения упрощения представления булевых функций (редукции), а соответственно и схем. Трудоемкость их решения астрономически растет с размерностью этих задач, что негативно сказывается на качестве решения. Поэтому необходимо раньше вводить и тщательно изучать показатели, характеризующие качество решения.

### **Общая характеристика работы**

В диссертации Егоровой Е.К. рассматриваются вопросы редукции количества вхождений переменных в булеву функцию. Предлагается новый метод распараллеливающей структурно-функциональной декомпозиции булевых функций, позволяющий аналитически получать верхние оценки сложности показателей для представления функции – полинома  $F^{(n)}$  в классе формул, а также – в классе схем  $S$ . Основное внимание уделено нахождению аналитических оценок возможной редукции количества вхождений переменных в булеву функцию строения  $F_{n-2}^{(n)}$ .

Структурно диссертация состоит из введения, трех глав основного содержания, заключения, списка литературы (62 наименования) и приложения. Общий объем работы 108 страниц, включая 17 рисунков.

Во введении автор формулирует основные цели своей работы. Здесь также обосновываются актуальность рассматриваемой темы, ее научная новизна и практическая ценность.

Первая глава диссертации носит вводный характер. В ней освещается история развития алгебры логики. Основная часть первой главы посвящена математическому аппарату, на который опираются дальнейшие исследования. Дается представление о базисах, формулах и схемах. В частности, описаны оптимизирующие логико-комбинаторные преобразования, включающие в себя следующие механизмы: удаление фиктивных переменных, эквивалентные преобразования булевых функций, их преобразования между базисами. Эти механизмы предоставляют качественные способы реализации булевых формул для более простого нахождения различных показателей качества. Исследования по этим проблемам начались с изучения ДНФ булевых функций, при этом отмечаются алгоритмические трудности, возникающие при минимизации, анализе числовых характеристик булевых функций, классификации булевых функций и др. Известное, тривиальное с классической точки зрения, алгоритмическое решение (связанное с перебором), состоящее в построении конечного числа ДНФ и выборе среди них минимальной, недопустимо в связи с большим объемом вычислений. Завершается глава историческим обзором основных проблем минимизации булевых функций и их представлений, а также рассмотрением современных методов представления полинома Жегалкина.

Во второй главе исследуются методы, позволяющие оценить сложность булевых формул с помощью показателей качества. При этом рассматриваются различные варианты

оптимизации формул для того, чтобы получить более точные оценки. Кроме того, рассматривается представление булевых формул в классе схем и получение оценок уже для этого класса.

В завершении наглядно сравниваются полученные оценки с помощью наложенных графиков.

Четвертая глава посвящена вопросам автоматизации редукции количества переменных и поиска оценок качества булевых формул. В ней подробно приведён алгоритм, на основе которого был построен программный комплекс автоматизированной оценки сложности булевых функций и схем.

Работа программного комплекса продемонстрирована на нескольких примерах.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Автор корректно применяет математический аппарат, проводит преобразования и осуществляет методы построения.

### **Оценка достоверности и новизны**

Достоверность и новизна научных положений обеспечивается проведением строгих математических доказательств и апробированием результатов.

#### **Следующие результаты, полученные автором, являются новыми:**

1. Метод распараллеливающей структурно-функциональной декомпозиции булевых функций, позволяющий аналитически получать верхние оценки сложности показателей для представления функции – полинома  $F^{(n)}$  в классе формул, а также – в классе схем  $S$ , применённый при аналитическом нахождении ряда оригинальных оценок для полинома Жегалкина строения  $F_{n-2}^{(n)}$  в классах формул и схем из функциональных элементов.
2. Автор выделил частные случаи получения счетных множеств булевых функций минимальной сложности  $L_B$  и  $L_F$  функции – полинома  $F^{(n)}$  (а, также для сложности показателя  $L_S$  для схем  $S$ ).
3. Получена эффективная реализация вычислительного алгоритма синтеза булевых формул на основе приведения их к скобочному виду.
4. Проведена рационализация вычислительного алгоритма синтеза схем из функциональных элементов на основе операции ветвления некоторых их выходов.

### **Практическая значимость работы**

Теоретические результаты диссертации ориентированы на проектирование быстродействующих вычислительных и управляющих логических устройств на основе БИС и СБИС. Кроме того, предлагается аппарат, который позволяет заранее, не синтезируя самого устройства, давать оценку возможности его синтеза для различных показателей качества в зависимости от исходных данных.

### **Замечания по диссертации**

Основные замечания по диссертационной работе:

1. В работе предлагается алгоритм декомпозиции булевых функций. Интерес представляет оценка вычислительной сложности предложенного алгоритма. Однако данное исследование в работе не проводится.

2. В работе строятся оценки сложности-качества представления булевой функции формулой или схемой. Полученные оценки сравниваются (см., например, графики на стр.

61-64) с более ранними оценками автора, полученными в работе [16] списка литературы. Следовало бы провести сравнительный анализ с иными известными реализациями данных представлений.

3. Имеются погрешности в оформлении диссертационной работы. К примеру, иллюстрации в ней не пронумерованы, что не позволяет на них ссылаться традиционным методом.

4. Приведенный листинг кода всей программной системы (см. приложение диссертационной работы) на наш взгляд не уместен. Достаточно было бы ограничиться кодом реализации алгоритма.

В целом принципиальных замечаний по работе не имеется, а указанные - не отражаются на общей положительной оценке диссертационной работы.

### Заключение

В целом работа выполнена на хорошем математическом уровне, полученные результаты полностью отражены в автореферате и опубликованных научных работах (14 публикаций, в том числе три в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК РФ). Кроме того, на основе разработанных алгоритмов был построен программный комплекс, о чём получено свидетельство о государственной регистрации. Диссертационная работа Егоровой Е. К. содержит решение актуальных задач, связанных с оценкой редукции больших булевых функций, что вполне соответствует паспорту специальности 05.13.17.

По научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению диссертация соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.17 - «Теоретические основы информатики». Автор диссертационной работы Егорова Евгения Кирилловна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.17 - «Теоретические основы информатики».

Отзыв заслушан и обсужден на заседании научного семинара Кафедры информационных технологий Тверского государственного университета 01 октября 2018 года, протокол № 2.

Язенин Александр Васильевич  
д. ф.-м. н., профессор  
Заведующий каф. информационных технологий  
ФГБОУ ВО «Тверской государственной университет»  
специальность 05.13.18 – Математическое моделирование,  
численные методы и комплексы программ  
170100, Российская федерация, г. Тверь, ул. Желябова, 33  
Телефон: (4822) 58-54-10  
Телефон/факс: (4822) 32-12-74  
E-mail: [Yazenin.AV@tversu.ru](mailto:Yazenin.AV@tversu.ru)  
Web-site: <http://university.tversu.ru>

 Язенин А. В.  
01 октября 2018 г.



Подпись Язенин А. В.  
ДОСТОВЕРЯЮ Проректор по НИД

 И. А. Каплунов