

Отзыв официального оппонента

на диссертационную работу Антюфеева Григория Валерьевича
«Оценки длин минимальных тестов для аргументов функций при
подстановке констант, алгебраических операциях и сдвигах»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 1.2.3 «Теоретическая информатика,
кибернетика» (физико-математические науки)

Актуальность темы диссертации. Проблематика тестирования схем, реализующих дискретные функции и подвергающихся действию источников неисправностей, составляет классическую область математической кибернетики (именно, теорию контроля управляющих систем), возникшую в середине 1950-х годов благодаря работам С. В. Яблонского и И. А. Чегис. Значимость этой области науки сохраняется по сей день ввиду как самостоятельной ценности получаемых в ее рамках теоретических результатов, так и некоторой соотнесенности этих результатов с запросами прикладной отрасли проектирования, верификации и тестирования СБИС.

Ключевым понятием в теории контроля управляющих систем является понятие теста — множества входных наборов схемы, позволяющего достичь цели контроля по анализу появляющихся на выходах схемы значений. Среди тестов обычно выделяются проверяющие тесты, распознающие, исходная ли система функций реализуется (возможно, неисправной) схемой, а также диагностические тесты, определяющие, какую именно систему функций реализует (возможно, неисправная) схема. При неисправностях на входах логических схем, реализующих некоторую булеву функцию, вид схемы несущественен, так что длина (т. е. число наборов в тесте) минимального теста может быть установлена на основании исследования самой булевой функции с учетом вида источника неисправностей. Функцией Шеннона длины теста называется функция целого неотрицательного аргумента n ,

равная максимальному по всем булевым функциям n переменных значению длины минимального теста для булевой функции.

Функции Шеннона длин тестов для входов схем изучались такими зарубежными и отечественными исследователями, как К. Д. Вайс (для константных неисправностей), В. Н. Носков (для константных неисправностей), Г. Р. Погосян (для константных и инверсных неисправностей, слипаний входов, для смешанных неисправностей), Д. Г. Куль и С. М. Редди (для константных неисправностей), Д. С. Романов (для слипаний и перестановок входов), И. А. Кузнецов (для слипаний входов), С. Р. Беджанова (для инверсных неисправностей), А. А. Икрамов (для слипаний и смешанных неисправностей), К. А. Попков (для константных неисправностей), Е. В. Морозов (для слипаний, вытеснений), В. К. Курбацкая (для циклических сдвигов и сдвигов с подстановкой константы), М. А. Лопунов (для перестановок входов). В последние годы наблюдается заметный рост интенсивности в публикации работ по проблематике тестирования схем.

Всё это свидетельствует об актуальности темы диссертации Г. В. Антюфеева.

Общая характеристика работы. Диссертационная работа Г. В. Антюфеева посвящена исследованию функций Шеннона длин тестов, а также выделению некоторых классов «легкотестируемых» булевых функций относительно некоторых источников неисправностей на входах схем (при этом в диссертации рассматриваются константные неисправности, сдвиговые неисправности, а также неисправности, связанные операциями в кольцах специальных видов).

Работа Григория Валерьевича Антюфеева включает введение, три главы, заключение и список литературы.

Во «Введении» автор проводит краткий экскурс в теорию тестирования логических схем, упоминает примеры приложений данной теории, осуществляет обзор результатов теории тестов при неисправностях на входах

схем, вводит основные определения и обозначения, даёт формулировки полученных в диссертации результатов, перечисляет выносимые на защиту положения, описывает структуру диссертации, характеризует степень достоверности результатов и упоминает те научные мероприятия, на которых проходила апробация результатов диссертации.

В состоящей из двух параграфов первой главе «О тестах относительно константных неисправностей на входах схем» рассматриваются тесты относительно источников неисправностей, способных подставлять булевы константы вместо входов схем. В этой главе Г. В. Антюфеев получает новую нижнюю оценку функции Шеннона длины минимального диагностического теста относительно произвольных константных неисправностей на входах схем. Кроме того, он выводит новые оценки функций Шеннона длин проверяющего и диагностического тестов для случая, когда константы могут подставляться только вместо k подряд идущих аргументов (так называемые локальные k -кратные константные неисправности). При этом автору удается при некоторых ограничениях на параметры оценить функцию Шеннона длины проверяющего теста на уровне асимптотики, а функцию Шеннона длины диагностического теста — на уровне порядка роста.

В состоящей из двух параграфов второй главе «О тестах относительно источников неисправностей над кольцами» автор рассматривает мультипликативные источники неисправностей с аддитивным элементом, которые действуют на наборы значений булевой функции в соответствии с операциями умножения и сложения из выбранного кольца. Г. В. Антюфеев получает нижнюю оценку функции Шеннона длины минимального диагностического теста для такого источника неисправностей, а также, в качестве следствия, устанавливает порядок роста этой функции Шеннона. В той же главе описываются некоторые функции, для которых длина минимального диагностического теста относительно мультипликативного источника неисправностей с аддитивным элементом по порядку роста равна

логарифму от числа столбцов таблицы неисправностей (для таких функций в диссертации используется понятие «легкотестируемые»).

В состоящей из двух параграфов третьей главе «О тестах относительно сдвигов аргументов на входах схем» диссертант исследует сдвиговые источники неисправностей, которые действуют на все входы схемы (x_1, \dots, x_n), увеличивая индексы переменных на некоторую величину («сдвиг») и замещая константами те переменные, индексы которых оказались больше n . В зависимости от того, на каков сдвиг и какие константы подставляются на места освободившихся от переменных входов, рассматриваются различные источники неисправностей. Автором получено точное значение функции Шеннона длины минимального проверяющего теста для случая, когда источником неисправностей произвольным образом может выбираться число, на которое будут сдвинуты переменные, а также константы, подставляемые на освободившиеся места. Для этого же типа источника неисправностей автор получает порядок роста функции Шеннона длины минимального диагностического теста. Далее, фиксируя каждый из параметров по отдельности и рассматривая получающиеся при этом источники неисправностей, диссертант устанавливает нетривиальные оценки функций Шеннона длин минимальных диагностических тестов. При фиксации величины сдвига значение функции Шеннона длины диагностического теста установлено с точностью до аддитивной константы 1, а при фиксации произвольного набора, порождающего подставляемые константы, значение функции Шеннона длины диагностического теста установлено на уровне порядка роста. В последнем параграфе третьей главы автор получает оценки длин минимальных диагностических тестов для легкотестируемых функций относительно сдвигов с фиксированным набором констант, которые подставляются на освободившиеся после сдвигов места.

В «Заключении» Г. В. Антюфеев проводит краткий обзор полученных результатов, а также описывает перспективы дальнейших исследований.

Список литературы содержит 64 источника, включая работы автора диссертации.

Диссертация Г. В. Антюфеева носит теоретический характер. Результаты сформулированы математически корректно.

Степень обоснованности положений, выносимых на защиту, научных выводов и рекомендаций, представленных в диссертации, определяется использованием строгих математических методов доказательства.

Достоверность научных выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, основана на строгом логическом анализе и теоретическом математическом обосновании фактов. В работе используются известные методы и концепции, что позволяет гарантировать правильность полученных результатов. Основные результаты диссертации опубликованы в 5 работах, из которых 4 содержатся в изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.2.3 – «Теоретическая информатика, кибернетика» (физико-математические науки). Результаты диссертации прошли апробацию на научных конференциях и семинарах.

Научная новизна. Все результаты диссертации являются новыми. Как локальные k -кратные константные неисправности, так и сдвиговые неисправности, исследуемые в диссертации, были впервые введены в научный оборот в работах Г. В. Антюфеева по теме диссертации.

Замечания по диссертационной работе.

1. На стр. 10 в последней строке вместо слова «асимптотически» должно быть словосочетание «по порядку роста».
2. На стр. 41 в строке 2 снизу имеется формула, выходящая на поля за границу текста.
3. На стр. 46 в строке 10 снизу булева функция $h_{n,k}$ вводится так, что при рассматриваемых далее специальных неисправностях переменная x_1 никогда не забивается константой. Можно было бы

определить функцию $h_{n,k}$ иначе, без указанной (впрочем, незначительной) неоптимальности.

4. Некоторые следствия неверно пронумерованы: на странице 42 следствие 8 должно быть следствием 2, а на странице 47 следствие 9 должно быть следствием 3.
5. На стр. 81 в строке 11 сверху в формуле неверно набрана третья скобка.
6. Диссертация не свободна от пунктуационных ошибок (например, на стр. 60 в строках 12 и 11 снизу, на стр. 65 в строке 8 сверху, на стр. 73 в строке 10 снизу, на стр. 80 в строке 4 сверху не хватает запятых).

Однако, указанные замечания не снижают положительного впечатления от диссертации.

Заключение. Диссертация Г. В. Антюфеева является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на высоком научном уровне. Диссертация обладает внутренним единством, написана по актуальной научной тематике, в диссертации решены важные задачи теории тестирования логических схем.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М. В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.2.3 «Теоретическая информатика, кибернетика», а именно его направлениям «3. Теория сложности алгоритмов и вычислений» (физико-математические науки) и «5. Теория автоматов» (физико-математические науки). Диссертация и автореферат соответствуют критериям, определенным пп. 2.1–2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М. В. Ломоносова, а также оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени

доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Антюфеев Григорий Валерьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3 «Теоретическая информатика, кибернетика» (физико-математические науки).

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,
профессор, член-корреспондент Академии наук Республики Татарстан
заведующий кафедрой теоретической кибернетики Института
вычислительной математики и информационных технологий Казанского
(Приволжского) федерального университета

Аблаев Фарид Мансурович

Дата подписания: 11 декабря 2024

Контактные данные:

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена
диссертация: 01.01.09 – дискретная математика и математическая
кибернетика.

Адрес места работы:

420008, Россия, Республика Татарстан, Казань, ул. Кремлевская, д. 35, КФУ,
Учебное здание № 14 (корпус № 2), каб. 908.

Подпись Аблаева Фариды Мансуровича удостоверяю: