



”УТВЕРЖДАЮ”

Директор ФИЦ ИУ РАН

академик

И. А. Соколов

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного учреждения ”Федеральный исследовательский центр ”Информатика и управление” Российской академии наук” о диссертации К. А. Попкова ”О проверяющих и диагностических тестах для контактов и функциональных элементов”, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.09 — дискретная математика и математическая кибернетика

Увеличение сложности систем переработки информации и объемов информации выдвигают повышенные требования к надежности систем. Одним из способов увеличения надежности управляющих систем является тестирование. При его использовании на входы системы подается специальная проверочная (тестовая) информация и на основе наблюдения за выходом делается заключение об отсутствии либо наличии неисправностей и, возможно, о их характере и местах. Под сложностью (длиной) теста понимается число входных наборов, составляющих тест.

В зависимости от целей тестирования, видов неисправностей и ограничений на их число, типов рассматриваемых схем, условий на тестируемые функции возникают различные постановки задачи тестирования схем. Если цель состоит только в выяснении факта правильной или неправильной работы схемы, имеют дело с проверяющим тестированием, а если требуется установить функцию неисправности, — с диагностическим. Тестирование может относиться к конкретной схеме, либо к заданной функции, для реализации которой допускается построение специальных легкотестируемых схем.

Варьирование указанных условий порождает большое разнообразие задач тестирования схем. Им посвящено значительное число публикаций, где получен ряд сильных и иногда окончательных результатов.

В отличие от описанных выше постановок задач, относящихся к контролю схем, данная диссертация имеет дело с контролем исправности имеющихся базисных элементов (контактов или функциональных элементов), представленных в конечном числе. Считается, что тестирование набора базисных элементов осуществляется путем построения из них специальных схем и наблюдения за функциями, реализуемыми этими схемами. Если этот набор функций позволяет для каждого базисного элемента сделать вывод о его исправности или неисправности, имеем дело с проверяющим тестом, если он также дает возможность установить типы неисправностей — с диагностическим тестом. Под сложностью (длиной) теста понимается число составляющих его схем.

Задача тестирования базисных элементов существенно отличается от традиционных задач тестирования схем и требует разработки новых подходов и методов. Подобные постановки в работах других авторов не встречались. Актуальность проводимых в диссертации исследований связана с тем, что они создают основу для более широкого класса алгоритмов, допускающих наряду индивидуальным тестированием базисных элементов их совместное тестирование.

Основная часть диссертации разбита на две главы, первая из которых посвящена тестированию контактов, вторая — тестированию функциональных элементов. Остановимся более подробно на постановках задач и результатах.

В главе 1, посвященной тестированию контактов, считается, что имеются N контактов, в числе которых N_1 замыкающих и N_2 размыкающих, причем общее количество неисправных контактов ограничено величиной k . В неисправном состоянии контакт реализует константу 0 или 1, где 0 соответствует обрыву, 1 — замыканию контакта. Минимальные длины проверяющего и диагностического тестов при указанных параметрах обозначаются через $L_c(N_1, N_2, k)$ и $L_d(N_1, N_2, k)$, а если в тестах допускается применение лишь частного вида контактных схем — π -схем, то через $L_c^\pi(N_1, N_2, k)$ и $L_d^\pi(N_1, N_2, k)$. Показано, что при рассмотрении всех величин L_u^\square , $u \in \{c, d\}$, $\square \in \{\wedge, \pi\}$, где \wedge — пустой символ, можно ограничиться случаем замыкающих контактов, т. е. иметь дело с величинами $L_u^\square(N, k) = L_u^\square(N, 0, k)$, $N = N_1 + N_2$.

Установлены верхние оценки $L_u^\square(N, k) \leq k + 1$ в случае, когда па-

параметр k удовлетворяет условиям $2k^{3/2} \leq N$ (в диссертации приведены несколько более слабые условия). Для произвольных $k < N$ получены нижние оценки $L_u^\square(N, k) \geq k / \min(N^{1/2}, N - k)$, и показано также, что для $k \in \{N - 1, N\}$ тривиальные тесты являются лучшими, т. е. $L_u^\square(N, k) = N$. В заключение главы найдены точные значения $L_u^\square(N, 1)$ для случая не более одного неисправного контакта.

В главе 2 рассмотрена задача тестирования функциональных элементов. Считается, что имеются N элементов, среди которых не более k неисправных. Каждый элемент в исправном состоянии реализует некоторую функцию $f(x_1, \dots, x_n)$, одинаковую для всех элементов, а в неисправном состоянии — одну из констант 0 и 1. Минимальные длины проверяющего и диагностического тестов для такой постановки обозначаются через $L_c(f, N, k)$ и $L_d(f, N, k)$. В главе получены верхние и нижние оценки этих величин при некоторых условиях на функцию f и параметры N и k . Показано, что если f отлична от конъюнкции, дизъюнкции и отрицания и параметр k удовлетворяет условию $k \leq \frac{1}{8}N^{1/2} - \frac{5}{16}$, то имеет место верхняя оценка $L_c(f, N, k) \leq 2k + 1$, а если f также нелинейна, то и $L_d(f, N, k) \leq 2k + 1$. Установлено, что для любых f, N и k справедлива нижняя оценка $L_d(f, N, k) \geq L_c(f, N, k) \geq k$. Для функций некоторых специальных видов получены более высокие нижние оценки. Так если f является конъюнкцией или дизъюнкцией от $n \geq 2$ переменных, то $L_d(f, N, k) \geq L_c(f, N, k) \geq k \log_2 N/k$, а если отрицанием, то $L_d(f, N, k) \geq L_c(f, N, k) \geq \log_3 2 \cdot k(\log_2 N/k + 1)$. В ряде случаев найдены точные значения $L_c(f, N, k)$ и $L_d(f, N, k)$. В частности, это относится к случаю $k = 1$ при произвольной функции f . Показано, что значения $L_c(f, N, 1)$ и $L_d(f, N, 1)$ всегда совпадают и они равны 1, если функция f отлична от обобщенной конъюнкции и дизъюнкции, равны $\min(2, N)$, если f является обобщенной (но не обычной) конъюнкцией или дизъюнкцией и $n \geq 2$, равны $\lceil \log_2(N + 1) \rceil$, если f представляет собой обычную конъюнкцию или дизъюнкцию, равны $\lceil \log_3(2N + 1) \rceil$, если f — отрицание.

Исследуемые в диссертации задачи тестирования базисных элементов являются новыми — работа фактически не имеет предшественников. В ней предложены явные конструкции тестов для контактов и функциональных элементов, доказательство корректности которых представляет собой достаточно трудную задачу. Наряду с методами дискретной математики в ней используются теоретико-числовые методы и результаты. Работа имеет хорошие перспективы дальнейшего развития; ряд направ-

лений развития исследований указан самим автором в Заключении к диссертации.

Диссертация написана аккуратно и содержательно, все результаты снабжены корректными доказательствами, часто подробные описания конструкций предваряются кратким изложением используемых идей.

Остановимся на замечаниях.

1. Рассматриваемая в работе характеристика сложности теста несомненно представляет теоретический интерес, но она мало связана с комбинаторной сложностью, важной для приложений.

2. Имеется вопрос по поводу теоремы 5.1. Существенность в оценке длины проверяющего теста условия, что функция f отлична от конъюнкции, дизъюнкции и отрицания, подтверждается теоремами 6.2 и 6.3, но неясно, существенно ли для оценки длины диагностического теста условие, что функция f отлична от линейной.

Указанные замечания не оказывают заметного влияния на общую оценку работы.

Диссертация полностью соответствует специальности 01.01.09. Ее основные результаты опубликованы в рецензируемых изданиях, автореферат правильно отражает содержание работы.


Результаты диссертации и развитые в ней методы могут быть использованы в исследованиях, проводимых на кафедре дискретной математики механико-математического факультета МГУ, на кафедре математической кибернетики факультета ВМиК МГУ, в лаборатории дискретного анализа ИМ СО РАН, на кафедре теоретической кибернетики КФУ, в лаборатории математических методов анализа и синтеза сложных систем ФИЦ ИУ РАН.

Оценивая работу в целом, следует сказать, что диссертация К. А. Попкова представляет собой научно-квалификационную работу, имеющую существенное значение для дискретной математики и математической кибернетики. В ней предложен и развит новый подход к задаче тестирования базисных элементов, предназначенных для построения схем, представлены явные конструкции тестов и получены оценки длины тестов, некоторые из которых окончательны.

Представленная работа удовлетворяет всем требованиям ВАК к кандидатским диссертациям по математике, а ее автор, Кирилл Андреевич Попков, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.09.

Работа и отзыв обсуждены на расширенном семинаре лаборатории

2-1 "Математические методы анализа и синтеза сложных систем" ФИЦ
ИУ РАН.

Главный научный сотрудник ФИЦ ИУ РАН
доктор физико-математических наук
профессор  Л. А. Шоломов