

## **УТВЕРЖДАЮ**

Ректор ФГБОУ ВО «Томский  
государственный университет  
систем управления и  
радиоэлектроники», д. т. н.

В. М. Рулевский

«13» июля 2022 г.

## **ОТЗЫВ**

ведущей организации на диссертационную работу

Сердюкова Константина Евгеньевича

«Разработка систем интеллектуальной поддержки анализа и тестирования программ», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

05.13.11 — Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

### **Актуальность темы исследования**

При разработке комплексных компьютерных систем значительно возрастает сложность программирования и, как следствие, увеличивается вероятность допущения ошибок. Для обнаружения возможных ошибок и дефектов при разработке программного обеспечения используется процесс тестирования, который позволяет сделать вывод о качестве разрабатываемой системы или ее отдельных модулей на основе специально подобранных наборов тестовых данных, обеспечивающих максимальное покрытие исходного кода. Использование для формирования тестовых данных случайных генераторов — относительно трудоемкая задача, а количество получаемых наборов зачастую довольно велико. Диссертационная работа Сердюкова К. Е., посвященная генерации тестовых данных с использованием генетического алгоритма, позволяющего обеспечить большее разнообразие тестовых наборов и достигнуть максимального покрытия, несомненно является актуальной.

### **Анализ содержания диссертации и оценка ее завершенности**

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав основного содержания, заключения, списка литературы и 4 приложений. Основное содержание изложено

на 166 страницах, включая 50 рисунков и 10 таблиц, список литературы содержит 110 наименований.

Во введении автором описывается степень разработанности проблемы и обосновывается ее актуальность, определяются цель и задачи исследования, их научная новизна, практическая и теоретическая значимость результатов. В первой главе рассматриваются модели и этапы жизненного цикла разработки, включая этап тестирования с его основными подходами. Подробно описана задача генерации тестовых наборов, вводится понятие критериев покрытия кода, использующихся для оценки качества генерируемых тестовых наборов, и приводится пример построения графа потоков управления. Для решения задачи генерации наборов тестовых данных во второй главе предложена адаптация генетического алгоритма, путем введения функции приспособленности, инициирующей прохождение по одному сложному пути программы. Автором предлагается запускать данный алгоритм множество раз, пока не будет получено необходимое количество тестовых наборов для обеспечения полного покрытия. В третьей главе приводятся результаты исследования влияния параметров генетического алгоритма на скорость генерации тестовых данных. Предлагается два вида модификаций функции приспособленности алгоритма для одного пути кода: посредством введения аддитивной компоненты и с динамическим изменением весов операторов, зависящим от степени их покрытия в предыдущих поколениях. Четвертая глава посвящена описанию программного приложения, реализующего предлагаемые автором алгоритмы. Приводятся шаблоны вывода сгенерированных тестовых данных, описывается основная структура приложения, включая подробное рассмотрение функционала модулей. В заключении приведены выводы и основные результаты исследований диссертационной работы. В приложении А представлены листинги программ, используемых для проверки предложенного алгоритма, в приложении Б — фрагменты исходного кода разработанного приложения. Приложения В и Г содержат свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ и акты о внедрении в учебный и производственный процессы.

Содержание работы в полной мере соответствует сформулированной цели поставленным задачам.

**Научная новизна полученных результатов и проведенных исследований:**

— разработана оригинальная постановка задачи генерации тестовых данных с использованием генетического алгоритма и функции приспособленности на основе метрик оценки сложности исходного кода;

— предложены две новые модификации функции приспособленности отличающиеся от известных введением дополнительной компоненты и динамическим назначением весов операторов, позволяющих достигнуть большего разнообразия популяции для увеличения степени покрытия кода.

— разработано семейство эволюционных алгоритмов тестовых данных на основе модификаций функции приспособленности, позволяющих достигнуть полного покрытия тестируемой программы при минимально необходимом количестве наборов.

**Значимость полученных результатов для развития соответствующей отрасли науки и производства**

Предложенные модель и алгоритмы имеют существенное значение для развития эволюционных методов оптимизации и их практического применения в программной инженерии при разработке при создании тестов для оценки качества разрабатываемых программ. Основные результаты диссертационной работы использованы в ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»: при выполнении гранта Министерства образования и науки РФ в рамках проектной части государственного задания, проект № 2.2327.2017/4.6; гранта Российского фонда фундаментальных исследований в рамках выполнения научного проекта № 19-37-90156 (Аспиранты); гранта Министерства Науки и Высшего Образования Госзадания проект № FSUN-2020-0009; в учебном процессе в рамках дисциплин «Интеллектуальные информационные системы», «Интеллектуальные системы и технологии»,

«Программная инженерия», «Методы оптимизации». Алгоритм используется в производственном процессе компании ООО «Дежавю».

### **Достоверность и обоснованность основных научных положений, выводов и заключений**

Приведенные в диссертации научные результаты получены на основе применения эволюционных методов оптимизации, математического аппарата и методов генерации тестовых данных. Обоснованность и достоверность научных положений, рекомендаций и выводов обеспечивается корректным использованием систем тестирования, что подтверждается результатами проведенных экспериментальных исследований, доказывающих эффективность предложенных методов.

### **Полнота опубликованных результатов и их апробация**

Полученные научные и практические результаты опубликованы в 23 печатных работах, включая 2 статьи, опубликованные в рецензируемых изданиях из перечня ВАК РФ, 10 публикаций в международных изданиях, индексируемых в Web of Science и Scopus, 9 публикаций в материалах международных и российских конференций, 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ. Автореферат и опубликованные научные работы полностью отражают содержание диссертации.

### **Рекомендации по использованию результатов диссертации**

Разработанное программное приложение может быть использовано: ИТ-компаниями при тестировании программного обеспечения для автоматизации процесса генерации тестовых наборов данных и последующего формировании тестов; в высших учебных заведениях при организации учебного процесса по направлениям подготовки 09.03(04).03 «Информатика и вычислительная техника», 09.03(04).03 «Прикладная информатика», 09.03(04).04 «Программная инженерия», и проведения научных исследований в области повышения качества разработки программного обеспечения.

## **Рекомендации по продолжению и развитию исследований, выполненных в диссертации**

Продолжение и развитие исследований возможно по следующим направлениям. Во-первых, представляется целесообразным продолжить работу по дальнейшему повышению независимости результатов от настроек генетического алгоритма, например, на основе сочетания эволюционных стратегий с другими интеллектуальными технологиями, такими как нейронные сети и роевой интеллект. Во-вторых, интерес представляет расширение сферы применения предложенного алгоритма на другие типы данных, языки программирования и, возможно, на другие классы языков. В практическом плане целесообразно проверить возможности применения предложенных методов генерации тестовых данных для автоматизации собственно этапа тестирования и всего процесса разработки программного обеспечения.

### **Соответствие автореферата и диссертации паспорту специальности**

Диссертация соответствует паспорту специальности 05.13.11 — Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей по пункту 1 «Модели, методы и алгоритмы проектирования и анализа программ и программных систем, их эквивалентных преобразований, верификации и тестирования». Автореферат соответствует содержанию диссертации.

### **Замечания по диссертационной работе**

По диссертационной работе Сердюкова К.Е. можно сделать следующие замечания:

1. В исследуемых соискателем тестовых программах SUT1 и SUT2 используются только входные переменные целочисленного типа. Неясно, будет ли алгоритм работать с другими типами переменных.

2. Автор использует графы потоков управления (рисунки 1.5, 1.6, 2.14–2.16) для представления структуры тестируемых программ, поэтому представляется логичным применение известных постановок комбинаторных задач о вершинном

и реберном покрытии графа для поиска оптимального набора тестовых данных. Однако в работе данный аппарат не используется.

3. На рисунке 3.5 приводится сравнительный анализ скорости сходимости разработанного алгоритма для популяций различного размера. При этом скорость сходимости измеряется в количестве поколений (итераций) генетического алгоритма, необходимых для достижения полного покрытия кода, а преимуществом обладают популяции большего размера. Однако очевидно, что при меньшем размере популяции каждая итерация, включающая применение генетических операций к каждой хромосоме, выполняется быстрее. Поэтому более предпочтительным представляется использование критерия времени работы алгоритма для проведения сравнительного анализа.

4. Не ставя под сомнение практическую значимость работы, хотелось бы видеть в диссертации пример практического использования программного приложения. В приложении приведён акт внедрения результатов работы в компании ООО «Дежавю», но в тексте работы не описаны результаты внедрения, возникают вопросы: за счет чего и на сколько удалось компании «обеспечить более качественное и всесторонне тестирование с меньшими временными затратами...» (с.165).

Отмеченные замечания не снижают хорошего впечатления о качестве проведенных автором исследований и не влияют на полученные научные и практические результаты.

#### **Заключение о соответствии диссертации установленным критериям**

Диссертация Сердюкова К. Е. «Разработка систем интеллектуальной поддержки анализа и тестирования программ» является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технологические решения по генерации тестовых данных с использованием генетического алгоритма, позволяющие обеспечить большее разнообразие тестовых наборов и достигнуть максимального покрытия исходного кода программы, имеющие существенное значение для развития ИТ-отрасли экономики. Содержание диссертации в полной мере отражает результаты

научных исследований и их практической апробации. Достоверность результатов и выводов подтверждается внедрением и публикациями по теме работы.

В соответствии с вышеизложенным считаем, что диссертационная работа Сердюкова К. Е. соответствует специальности 05.13.11 — Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей, соответствуют требованиям пунктов 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 (в редакции от 11.09.2021), а ее автор Сердюков Константин Евгеньевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по указанной специальности.

Отзыв заслушан, обсужден и одобрен на заседании кафедры автоматизации обработки информации (протокол № 8 от 11 июля 2022 г.).

Отзыв подготовил Ехлаков Юрий Поликарпович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры автоматизации обработки информации Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», 634050, г. Томск, ул. Вершинина, 74, 416, тел.: +7 (3822) 41-47-01, внутр.: 2001, Почта: ure@tusur.ru

«11» июля 2022 г.

Ю.П. Ехлаков

Подпись Ехлаков  
Ученый секретарь  
«Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»

удостоверяю

Е.В. Прокопчук

Сведения о ведомстве

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники».

Почтовый адрес: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40.

Телефон: +7 (3822) 51-32-62, эл. почта: [office@tusur.ru](mailto:office@tusur.ru), сайт: <https://tusur.ru>

*Получил в совет 15.08.22.  
Пресе. де. [подпись]*

*С отзывом ознакомлен 15.08.22  
[подпись] Сердюков*