

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.173.06, СОЗДАННОГО  
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 09.09.2022 г. протокол № 7

О присуждении Сердюкову Константину Евгеньевичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка систем интеллектуальной поддержки анализа и тестирования программ» по специальности 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей» принята к защите 07 июля 2022 г. (протокол заседания № 23) диссертационным советом Д 212.173.06, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования РФ, 630073, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, создан на основании приказа №105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Сердюков Константин Евгеньевич, 20 июля 1993 года рождения. В 2017 году соискатель с отличием закончил магистратуру по направлению «Прикладная информатика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования РФ. В 2021 году соискатель окончил обучение в аспирантуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» по специальности 09.06.01 – «Информатика и вычислительная техника», выдан диплом об окончании аспирантуры. Работает научным сотрудником в научно-образовательном центре «Интеллектуальные информационные технологии в

бизнесе» в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет».

Диссертация выполнена на кафедре теоретической и прикладной информатики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования РФ.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, Авдеенко Татьяна Владимировна, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», кафедра теоретической и прикладной информатики, профессор кафедры.

Официальные оппоненты:

1. Денисова Людмила Альбертовна, доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный технический университет», кафедра Автоматизированных систем обработки информации и управления, профессор кафедры;

2. Попов Фёдор Алексеевич, доктор технических наук, профессор, Открытое акционерное общество «Федеральный научно-производственный центр «Алтай», отделение вычислительной техники и автоматики, главный научный сотрудник; дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», г. Томск, в своем положительном отзыве, подписанном Ехлаковым Юрием Поликарповичем, доктором технических наук, профессором, профессором кафедры автоматизации обработки информации и утвержденном Рулевским Виктором Михайловичем, доктором технических наук, доцентом, ректором ФГБОУ ВО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», указала, что диссертационная работа Сердюкова Константина Евгеньевича «...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 научной степени кандидата технических наук по указанной специальности».

По теме диссертации соискатель имеет 23 опубликованных научных работ, в том числе 2 публикации в рецензируемых изданиях из перечня ВАК РФ, 10 публикаций – в изданиях, индексируемых Web of Science и Scopus, 9 публикаций в материалах и докладах Международных и Российских конференций. Имеется 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ. Личный авторский вклад соискателя в опубликованных в соавторстве работах составляет не менее 50%. Недостоверные сведения об опубликованных работах отсутствуют. Общий объем опубликованных работ составляет 12,7 п.л.

Основные научные публикации по теме диссертации:

*Статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ:*

1. Сердюков, К.Е. Исследование методов определения сложности кода при формировании наборов входных тестовых данных / К.Е. Сердюков, Т.В. Авдеенко // Южно-Сибирский научный вестник. – 2019. – № 4-2 (28). – С. 65–69.

2. Сердюков, К.Е. Исследование метрик оценки кода при формировании наборов данных с использованием генетического алгоритма / К. Е. Сердюков, Т. В. Авдеенко // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2019. – Вып. 10. – С. 430–442.

*Публикации в изданиях, индексируемых в базах данных WoS и Scopus:*

3. Avdeenko, T., Serdyukov, K. Automated Test Data Generation Based on a Genetic Algorithm with Maximum Code Coverage and Population Diversity [Electronic resource] // Applied Sciences. – 2021. – Vol.11. – Art. 4673. – 17 p.

4. Avdeenko, T. V. Genetic algorithm fitness function formulation for test data generation with maximum statement coverage / T. V. Avdeenko, K. E. Serdyukov. // Lecture Notes in Computer Science. – 2021. – Vol. 12689: 12 International Conference on Advances in Swarm Intelligence (ICSI 2021), China, Qingdao. – P. 379-389.

5. Avdeenko, T.V. Formulation and research of new fitness function in the genetic algorithm for maximum code coverage [Electronic resource] / T. V. Avdeenko, K. E. Serdyukov, Z. B. Tsydenov // Procedia Computer Science. – 2021. – Vol. 186. – P. 713-720.

6. Serdyukov, K.E. Development and Research of the Test Data Generation Approach Modifications / K.E. Serdyukov, T.V. Avdeenko. // The 7 international conference on information technology and nanotechnology (ITNT-2021) – Samara: IEEE, 2021. – 6 p.

7. Serdyukov, K. E. Researching of methods for assessing the complexity of program code when generating input test data [Electronic resource] / K. E. Serdyukov, T. V. Avdeenko // CEUR Workshop Proceedings. – 2020. – Vol. 2667: Information Technology and Nanotechnology, ITNT-DS 2020, Samara. – P. 299-304.

8. Serdyukov, K. The Study of the Sequential Inclusion of Paths in the Analysis of Program Code for the Task of Selecting Input Test Data [Electronic resource] / K. Serdyukov, T. Avdeenko // CEUR Workshop Proceedings. – 2020. – Vol. 2790: Management in Data Intensive Domains (DAMDID/RCDL 2020), Voronezh, 13-16 Oct. 2020. - P. 79-88.

9. Serdyukov, K. E. Using genetic algorithm for generating optimal data sets to automatic testing the program code / K.E. Serdyukov, T.V. Avdeenko // CEUR Workshop Proceedings. – 2019. – Vol. 2416: Information Technology and Nanotechnology: Data Science. – P. 173–182.

10. Serdyukov, K. E. Automatic data generation for software testing based on the genetic algorithm / K. E. Serdyukov, T. V. Avdeenko // Actual problems of electronic instrument engineering (APEIE–2018) – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018. – Т. 1, ч. 4. – С. 535-540.

11. Serdyukov, K. E. Method of application of the genetic algorithm for automatic generation of test data / K. E. Serdyukov, T. V. Avdeenko // CEUR Workshop Proceedings. – 2018. – Vol. 2212: Data Science. Information Technology and Nanotechnology, Samara. – P. 424-430.

12. Serdyukov, K. E. Investigation of the genetic algorithm possibilities for retrieving relevant cases from big data in the decision support systems / K. E. Serdyukov, T. V. Avdeenko // CEUR Workshop Proceedings. – 2017. – Vol.1903: Data Science. Information Technology and Nanotechnology, DS-ITNT. – P. 36-41.

*Публикации в других научных изданиях:*

13. Сердюков, К. Е. Разработка и исследование модификаций подхода генерации тестовых данных / К. Е. Сердюков, Т. В. Авдеенко. // Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2021) - Самара, 2021 – № 33343 – 3 с.

14. Сердюков, К. Е. Исследование способов оценки сложности программного кода при генерации входных тестовых данных / К. Е. Сердюков, Т. В. Авдеенко // Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2020). Т. 4: Науки о данных. – Самара: Изд-во Самар. нац. исслед. ун-та, 2020. – С. 662–671.

15. Сердюков, К. Е. Исследование возможностей применения генетического алгоритма для формирования наборов данных и первичной отладки программного кода / К. Е. Сердюков, Т. В. Авдеенко // Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2019). – Самара: Новая техника, 2019. – С. 685–694.

16. Сердюков, К. Е. Исследование метода применения генетического алгоритма для формирования набора данных при тестировании программного обеспечения / К. Е. Сердюков, Т. В. Авдеенко // Измерения, автоматизация и моделирование в промышленности и научных исследованиях. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2018. – С. 528–531.

*Свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ:*

17. Программа генерации тестовых данных на основе модификации генетического алгоритма с использованием методов оценки сложности кода / К.Е. Сердюков, Т.В. Авдеенко (Россия). – №2020662849; заявл. 28.10.2020; зарег. в реестре программ для ЭВМ 28.10.2020 г.

18. Программа генерации тестовых данных на основе расширенной функции приспособленности, учитывающей меру сложности кода и разнообразие особей в популяции / К.Е. Сердюков, Т.В. Авдеенко (Россия). – №2020665707; заявл. 07.12.2020; зарег. в реестре программ для ЭВМ 07.12.2020 г.

Все выносимые на защиту положения получены автором лично.

На диссертацию и автореферат поступили 9 отзывов (все положительные):

1. Квятковская Ирина Юрьевна, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

образования «Астраханский государственный технический университет», проректор по учебной работе, г. Астрахань.

Замечания: 1) П. 4 научной новизны скорее относится к практическим результатам работы, являясь, по сути, инженерной задачей, решенной по известным технологиям. 2) Отсутствует описание двух алгоритмов, заявленных в п.3 научной новизны, с использованием любых традиционных представлений – пошагового псевдокода, блок-схемы, затрудняющее их восприятие и оценку.

2. Басан Елена Сергеевна, кандидат технических наук, доцент, Институт компьютерных технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет», кафедра Безопасности информационных технологий, доцент кафедры, г. Таганрог.

Замечания: 1) В формуле 6 вводится обозначение функции приспособленности в виде  $\tilde{F}(x_i)$ , но при этом автор не использует данное обозначение в работе в дальнейшем. Остается непонятным, было ли необходимо вводить новое обозначение. 2) По рисунку 3 делается вывод, что модификация позволяет устранить необходимость определять значение  $k$  для каждой отдельной тестируемой программы, но при этом не поясняется, на основе чего сделан данный вывод.

3. Воронкин Роман Александрович, кандидат технических наук, доцент, Институт цифрового развития Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет», кафедра Инфокоммуникаций, доцент кафедры, г. Ставрополь.

Замечания: 1) Недостаточно ясно показана научная новизна проведенных исследований. 2) В иллюстративном примере первой главы вводятся обозначения путей A, B, C и D, но при этом на рисунке 1 не производится соотношение путей и их обозначений. 3) Отсутствует подтверждение статистической значимости полученных результатов. 4) Автор утверждает, что разработанное приложение позволяет проводить промежуточный анализ достижимости отдельных путей тестируемого кода, но не раскрывается, реализован ли данный функционал непосредственно в приложении или анализ необходимо проводить отдельно.

4. Кочеткова Ольга Владимировна, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

образования «Волгоградский государственный аграрный университет», кафедра «Информационные системы и технологии», заведующая кафедрой, г. Волгоград.

Замечания: 1) Остается непонятным, с какими языками программирования алгоритм может работать, и как эффективно предлагаемый метод будет генерировать тестовые данные для больших систем с несколькими различными модулями.

5. Окольнішников Виктор Васильевич, доктор технических наук, Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий, ведущий научный сотрудник, г. Новосибирск.

Замечания: 1) Отсутствует информация, на каком языке программирования написаны программы, которые подаются на вход разработанного программного приложения.

6. Осипов Александр Леонидович, кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИНХ»», кафедра Информационных технологий, доцент кафедры, г. Новосибирск.

Замечания: 1) В автореферате не представлен анализ исключения метрики ABC из рассмотрения. 2) Не представлено обоснование выбора типа мутаций, указанных при генерации тестовых данных. 3) В автореферате не приводятся какие-либо сравнительные оценки сложности разработанных алгоритмов генерации тестовых данных.

7. Панков Денис Анатольевич, кандидат технических наук, Акционерное общество «Омский научно-исследовательский институт приборостроения», лаборатория системного анализа, начальник лаборатории, г. Омск.

Замечания: 1) В работе не приведено сравнение поиска тестовых данных с помощью генетических алгоритмов с методами, основанными на машинном обучении или нейронных сетях, которые также применяются для поиска тестовых наборов программ. 2) Из экспериментальной части исследования не ясно, можно ли на практике применить полученные программные решения к открытым ОС и отличаются ли результаты работы программы для UNIX/Windows подобных систем.

8. Поршневу Сергей Владимирович, доктор технических наук, профессор, Учебно-научный центр «Информационная безопасность» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», директор центра, г. Екатеринбург.

Замечания: 1) Традиционно, положения, выносимые на защиту, — это некоторое утверждение. Однако положения, выносимые на защиту, приведенные в автореферате, таковыми не являются. 2) В автореферате автором представляются результаты использования разработанного алгоритма и его различных модификаций, но не проводится сравнение с другими методами генерации данных. Например, насколько удалось повысить степень покрытия кода применением эволюционных операторов по сравнению со стратегией использования псевдослучайных генераторов. 3) Автором вводится понятие «эффекта раскачивания», а также предлагает способ его устранения. Однако непонятно, из-за чего возникает этот эффект.

9. Швецова-Шиловская Татьяна Николаевна, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное унитарное предприятие "Государственный научно-исследовательский институт органической химии и технологии", научно-исследовательское отделение управления риском на опасных химических объектах, начальник отделения, г. Москва.

Замечания: 1) Процесс генерации тестовых данных по сути математической постановки сводится к поиску значения входных переменных, доставляющих максимум (или минимум) некоторому критерию оптимальности, что имеет определенную схожесть с постановками задач, применяемых в теории планирования экспериментов. В этом смысле остается неясным, возможно ли применение методов планирования экспериментов к задаче автоматической генерации тестовых данных?

Официальные оппоненты и ведущая организация были выбраны на основе их высокой квалификации и существенных достижений в данной отрасли науки, а также наличием большого числа публикаций по тематике, близкой к представленной в диссертации.

Доктор технических наук, профессор **Денисова Л.А.** – автор множества научных работ по проектированию программного обеспечения и систем управления, специалист в области использования эволюционных методов, в том числе генетического алгоритма.

Доктор технических наук, профессор **Попов Ф.А.** – имеет большой опыт в разработке, отладке и тестировании программного обеспечения, автор существенного числа публикаций, посвященных данной тематике.



В Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» активно проводятся исследования в области разработки методов интеллектуальной поддержки процессов проектирования, тестирования и сопровождения программного обеспечения.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработано** семейство алгоритмов генерации тестовых данных на основе предложенных эволюционных постановок задач и различных вариантов вида функции приспособленности;

**предложена** формальная постановка задачи генерации тестовых данных для ее решения с помощью генетического алгоритма;

**доказана** эффективность предложенных эвристических алгоритмов для обеспечения максимального покрытия минимально необходимым для этого количеством тестовых наборов;

**введены** понятия «неразличимых хромосом» для обозначения входных данных, инициирующих прохождение по одинаковым путям программного кода, а также «эффекта раскачивания» – резкого изменения количества неразличимых хромосом в соседних поколениях популяции, препятствующего выходу алгоритма на новые пути графа потоков управления.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что**

проведены исследования, **доказывающие** возможность использования эволюционных подходов для решения задачи генерации тестовых данных;

**применительно к тематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы** адаптированные варианты генетического алгоритма, позволяющие достигнуть лучших значений целевых показателей покрытия;

**изложены** идеи использования метрик оценки сложности кода для определения весов операторов при вычислении функции приспособленности;

**раскрыты** недостатки существующих методов генерации тестовых данных и проблемы формирования множества наборов данных;

**изучена** взаимосвязь компонентов функции приспособленности, обусловленная влиянием параметра, определяющего соотношение между ними;

**проведены модификации** функции приспособленности, направленные на увеличение разнообразия популяции, на основе введения дополнительной аддитивной компоненты и динамического изменения весов операторов;

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

**разработаны** алгоритмы генерации данных на основе эволюционного подхода и **создано** программное приложение, реализующее представленные в работе алгоритмы, модуль генерации тестовых данных **внедрен** в процесс разработки программного обеспечения компании ООО «Дежавю», а результаты исследований – в учебный процесс кафедры автоматизированных систем управления НГТУ;

**определены** перспективы использования предложенных алгоритмов в процессе верификации и тестирования программного обеспечения;

**представлены** результаты генерации тестовых данных на реальных тестовых кодах и рекомендации по определению оптимальных параметров генетического алгоритма для увеличения скорости сходимости.

Диссертационное исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках проектной части государственного задания, проект № 2.2327.2017/4.6, гранта РФФИ в рамках выполнения научного проекта № 19-37-90156, Министерства науки и высшего образования по государственному заданию № FSUN-2020-0009.

Разработанное программное приложение зарегистрировано в Федеральной службе по интеллектуальной собственности (свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ №2020662849 от 28.10.2020 и № 2020665707 от 07.12.2020).

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**для экспериментальных работ** использовались эволюционные алгоритмы, реализованные в среде разработки Microsoft Visual Studio с использованием языка C# на базе фреймворка .NET Framework 4.7.2;

**теория** построена на известных методах программной инженерии, существующих исследованиях использования эволюционных подходов в решении оптимизационных задач; обоснованность и достоверность основных научных положений, рекомендаций и выводов обеспечивается корректным использованием методов исследования, а также подтверждением правильности полученных выводов результатами проведенных вычислительных экспериментов;

основная идея базируется на использовании эволюционных методов с целью направления процесса генерации тестовых данных на достижение максимального покрытия, что сложно достигнуть применением стандартных методов;

установлено, что даже при небольших размерах популяции и малом количестве поколений генетический алгоритм способен сгенерировать множество тестовых наборов, покрывающих большую часть тестируемого кода;

использованы критерии покрытия кода для оценки качества сгенерированных тестовых наборов.

**Личный вклад соискателя состоит в:**

исследовании возможностей применения генетического алгоритма для решения проблемы генерации тестовых данных;

разработке алгоритмов автоматической генерации данных для получения множества тестовых наборов, обеспечивающих полное покрытие кода;

модификации предложенных алгоритмов с целью увеличения разнообразия популяции и достигаемой степени покрытия кода;

исследовании разработанных методов и их модификаций при различных параметрах генетического алгоритма, определении оптимальных значений параметров;

разработке программного приложения, позволяющего сгенерировать множество тестовых наборов и определить пути выполнения тестируемого кода, инициированные сформированными наборами.

В ходе защиты диссертации было высказано следующее критическое замечание: отсутствует сравнение результатов проведенного исследования с альтернативными методами генерации тестовых данных.

Соискатель Сердюков К.Е. согласился с замечанием, однако привел аргументацию, что на начальном этапе исследования проводилось сравнение с широко используемым на практике методом псевдослучайной генерации данных, а на завершающих этапах проводилось всестороннее сравнение принципиально различных модификаций разработанного метода между собой.

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой с новыми научно обоснованными решениями, имеющими высокое практическое и теоретическое значение для применения в области тестирования на основе использования эволюционных методов. Результаты работы позволяют улучшить

качество тестирования за счет генерации более полного тестового набора, что сложно достигнуть стандартными методами генерации данных. Работа соответствует п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842.

На заседании 09 сентября 2022 г. диссертационный совет принял решение за решение научной задачи, имеющей значение для развития области тестирования программ на основе применения эволюционных методов, присудить Сердюкову Константину Евгеньевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 5 докторов наук по специальности 05.13.11, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, нет человек дополнительно введенных на разовую защиту, проголосовали: за – 16, против – 1, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель  
диссертационного совета

Борис Юрьевич Лемешко

Учёный секретарь  
диссертационного совета

Владимирович Фаддеенков

09 сентября 2022 г.