

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 004.415.533

Ильина
Александра Юрьевна

Метрики различия при генерировании управляемых вероятностных тестов

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра

по специальности 1-40 80 04 – Информатика и технологии программирования

Научный руководитель
Ярмолик В.Н.
д.т.н., профессор

Минск 2024

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Управляемое вероятностное тестирование является развитием вероятностного тестирования и повышает эффективность вероятностных тестов. Под управляемым вероятностным тестированием понимается случайная тестовая последовательность, в которой очередной тестовый набор формируется с учетом ранее сгенерированных предыдущих наборов. В управляемом вероятностном тестировании очередной тестовый набор формируется максимально отличным от всех ранее сгенерированных наборов. Ключевая особенность контролируемого генерирования случайных тестовых наборов – информация, извлекаемая в виде определенных характеристик (метрик) из ранее сгенерированных тестовых наборов. Эта информация используется для формирования очередного тестового.

Главная задача управляемого вероятностного тестирования состоит в нахождении меры различия для тестовых наборов, которая максимально адекватно показывает их различия и характеризуется невысокой вычислительной сложностью. Проблема сравнения тестовых наборов, которые в общем случае представляют собой символьные последовательности, актуальна для различных областей науки, что и определяет актуальность темы исследования.

Диссертационная работа посвящена описанию метрик различия при генерировании управляемых вероятностных тестов, в частности, меры различия на основе определения независимых пар тождественных данных двух двоичных тестовых наборов одинаковой размерности, и сравнению алгоритмов ее вычисления.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель и задачи исследования

Целью диссертационной работы является описание метрик различия при генерировании управляемых вероятностных тестов, в частности, меры различия на основе определения независимых пар тождественных данных двух двоичных тестовых наборов одинаковой размерности, и сравнение алгоритмов ее вычисления.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие *задачи*:

– провести анализ предметной области:

а) рассмотреть управляемое вероятностное тестирование;

б) изучить наиболее распространенные метрики различия при генерировании управляемых вероятностных тестов;

– с теоретической стороны исследования:

а) изучить меру различия на основе определения независимых пар тождественных данных двух тестовых наборов при генерировании управляемых вероятностных тестов;

б) сформулировать алгоритм вычисления меры различия на основе определения независимых пар тождественных данных двух двоичных тестовых наборов одинаковой размерности;

– с практической стороны исследования:

а) сформулировать алгоритм вычисления меры различия на основе определения независимых пар тождественных данных двух двоичных тестовых наборов одинаковой размерности с точки зрения реализации;

б) описать проведение эксперимента по сравнению алгоритмов вычисления меры различия на основе определения независимых пар тождественных данных двух двоичных тестовых наборов одинаковой размерности при генерировании управляемых вероятностных тестов;

в) провести анализ результатов эксперимента по сравнению алгоритмов вычисления меры различия на основе определения независимых пар тождественных данных двух двоичных тестовых наборов одинаковой размерности при генерировании управляемых вероятностных тестов.

Объектом исследования являются метрики различия.

Предмет исследования – применение метрик различия при генерировании управляемых вероятностных тестов.

Основная *гипотеза*, положенная в основу диссертационной работы: можно получить значение, близкое к мере различия на основе определения независимых пар тождественных данных, с использованием более простого с точки зрения вычислительной сложности алгоритма и его модификаций.

Связь работы с приоритетными направлениями исследований и запросами реального сектора экономики

Управляемое вероятностное тестирование является развитием вероятностного тестирования и повышает эффективность вероятностных тестов. Главная задача управляемого вероятностного тестирования состоит в нахождении меры различия для тестовых наборов, которая максимально адекватно показывает их различия и характеризуется невысокой вычислительной сложностью. Проблема сравнения тестовых наборов, которые в общем случае представляют собой символьные последовательности, актуальна для различных областей науки.

Личный вклад соискателя

Результаты, приведенные в диссертации, получены соискателем лично. Вклад научного руководителя В.Н. Ярмолика заключается в формулировке целей и задач исследования, направлении хода исследования, обсуждении, анализе и обобщении результатов работы.

Апробация результатов диссертации

Основные положения диссертационной работы докладывались на XXVIII Международной научно-практической конференции (Пенза, Россия, 2022) и 59-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (Минск, Беларусь, 2023).

Публикации результатов диссертации

По теме диссертации опубликовано 3 печатных работы, из них 1 статья в сборнике статей международной конференции, 2 работы в сборниках тезисов и статей конференции.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из общей характеристики работы, введения, трех глав, заключения, списка использованных источников, списка публикаций автора и приложения.

В первой главе представлен анализ предметной области:

- рассмотрено управляемое вероятностное тестирование;
- изучены наиболее распространенные метрики различия при генерировании управляемых вероятностных тестов.

Вторая глава посвящена теоретическому исследованию:

- изучена мера различия на основе определения независимых пар тождественных данных двух тестовых наборов при генерировании управляемых вероятностных тестов;

- сформулирован алгоритм вычисления меры различия на основе определения независимых пар тождественных данных двух двоичных тестовых наборов одинаковой размерности.

В третьей главе описано практическое исследование и приведены его результаты:

- сформулирован алгоритм вычисления меры различия на основе определения независимых пар тождественных данных двух двоичных тестовых наборов одинаковой размерности с точки зрения реализации;

- описано проведение эксперимента по сравнению алгоритмов вычисления меры различия на основе определения независимых пар тождественных данных двух двоичных тестовых наборов одинаковой размерности при генерировании управляемых вероятностных тестов;

- проведен анализ результатов эксперимента по сравнению алгоритмов вычисления меры различия на основе определения независимых пар тождественных данных двух двоичных тестовых наборов одинаковой размерности при генерировании управляемых вероятностных тестов.

Общий объем работы составляет 72 страницы, из которых основного текста – 60 страниц, 17 рисунков на 7 страницах, 8 таблиц на 6 страницах, список использованных источников из 64 наименований на 5 страницах и 1 приложение на 6 страницах.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** приведены обоснование актуальности темы магистерской диссертации, целевая установка, задачи и назначение работы.

В **первой главе** проведен анализ предметной области. Рассмотрено управляемое вероятностное тестирование и приведены наиболее распространенные метрики различия при генерировании управляемых вероятностных тестов.

Управляемое вероятностное тестирование – общее название для анти-вероятностного тестирования и его модификаций. Управляемое вероятностное тестирование представляет собой развитие вероятностного тестирования и позволяет увеличить эффективность управляемых вероятностных тестов. Под управляемым вероятностным тестированием понимается случайная тестовая последовательность, в которой очередной тестовый набор формируется с учетом ранее сгенерированных предыдущих наборов. В управляемом вероятностном тестировании очередной тестовый набор формируется максимально отличным от всех ранее сгенерированных наборов.

Построение управляемых вероятностных тестов основывается на использовании информации, извлекаемой в виде определенных характеристик (метрик) из ранее сгенерированных тестовых наборов, для формирования очередного тестового набора. Наиболее распространенные метрики различия при генерировании управляемых вероятностных тестов – расстояние Хэмминга и расстояние Евклида. Однако зачастую существующие метрики недостаточно информативны, особенно для общего случая символьных данных, поскольку не отображают различия между тестовыми наборами в необходимой степени.

Главная задача управляемого вероятностного тестирования состоит в нахождении меры различия для тестовых наборов, которая максимально адекватно показывает их различия и характеризуется невысокой вычислительной сложностью. Следует отметить, что проблема сравнения тестовых наборов, которые в общем случае представляют собой символьные последовательности, актуальна для различных областей науки.

Во **второй главе** описано теоретическое исследование. Описана мера различия на основе определения независимых пар тождественных данных двух тестовых наборов. Данная мера рассмотрена с точки зрения генерирования управляемых вероятностных тестов. Для случая двоичных данных вычисление точного значения данной меры сводится к задаче о назначениях, и для вычисления меры различия применяется венгерский алгоритм. Сформулирован альтернативный алгоритм приближенного вычисления меры различия на основе определения независимых пар тождественных данных двух двоичных тестовых наборов одинаковой размерности как распространенного случая

требуемых тестовых данных. Предложены и описаны три модификации данного алгоритма для случая двоичных тестовых наборов одинаковой размерности, упрощающие процедуру вычисления меры различия.

В третьей главе описано практическое исследование. Сформулирован алгоритм определения меры различия для случая двоичных тестовых наборов одинаковой размерности с точки зрения реализации. В рассмотренной реализации алгоритма определения меры различия $AD(T_i, T_k)$ используются сдвиги чисел и логические операции XOR, NOT, AND над числами. Вычислительная сложность выполнения сдвигов и логических операций в сравнении, например, с реализацией алгоритма на массивах, крайне низкая. Следует отметить, что в большинстве современных вычислительных систем используемые в алгоритме битовые сдвиги и побитовые логические операции реализованы на аппаратном уровне.

В ходе проведения практического исследования проведен эксперимент по сравнению алгоритмов вычисления меры различия на основе определения независимых пар тождественных данных двух двоичных тестовых наборов одинаковой размерности при генерировании управляемых вероятностных тестов. Для проведения эксперимента было разработано программное средство.

На основе алгоритма определения независимых пар тождественных данных и его модификаций программное средство выполняет следующие функции:

- вычисляет меры различия;
- строит управляемый вероятностный тест;
- измеряет, рассчитывает и сравнивает вычислительные характеристики алгоритмов.

Программное средство оперирует парами 32-битных двоичных наборов. Соответственно, вычисление мер различия, построение управляемого вероятностного теста, а также расчет и сравнение вычислительных характеристик алгоритмов происходят для данных этого вида.

В результате проведения эксперимента получены вычислительные характеристики алгоритмов определения меры различия на основе определения независимых пар тождественных данных. Проведен анализ полученных вычислительных характеристик.

Альтернативный алгоритм вычисления меры различия на основе определения независимых пар тождественных данных и его модификации соизмеримы венгерскому алгоритму в основных характеристиках расстояний между парами тестовых наборов, хотя и несколько уступают ему. Однако время выполнения альтернативного алгоритма и его модификаций в 100 раз меньше времени выполнения венгерского алгоритма. Таким образом, близкое к оптимальному решению в смысле минимальности значение меры различия на

основе определения независимых пар тождественных данных можно получить с использованием более простого с точки зрения вычислительной сложности алгоритма и его модификаций.

Произведен сравнительный анализ вычислительных характеристик альтернативного алгоритма вычисления меры различия на основе определения независимых пар тождественных данных и его модификаций. Характеристики расстояний альтернативного алгоритма определения и его модификаций 0 и 2 соизмеримы между собой. Модификация 1 несколько уступает другим алгоритмам в основных вычислительных характеристиках.

При этом модификации альтернативного алгоритма упрощают процедуру вычисления меры различия на основе определения независимых пар тестовых данных: в альтернативном алгоритме определения применяются циклические сдвиги вправо и влево, в модификации 0 – циклические сдвиги в одну сторону, а в модификациях 1 и 2 – единичные циклические сдвиги в одну сторону.

В заключении приведены основные научные результаты диссертации и рекомендации по их практическому использованию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе описаны метрики различия при генерировании управляемых вероятностных тестов, в частности, мера различия на основе определения независимых пар тождественных данных двух двоичных тестовых наборов одинаковой размерности, и произведено сравнение алгоритмов вычисления данной меры.

Основные научные результаты диссертации

Рассмотрено управляемое вероятностное тестирование и приведены наиболее распространенные метрики различия при генерировании управляемых вероятностных тестов.

Описана мера различия на основе определения независимых пар тождественных данных двух тестовых наборов. Для случая двоичных данных вычисление точного значения данной меры сводится к задаче о назначениях, и для вычисления меры различия применяется венгерский алгоритм. Сформулирован альтернативный алгоритм приближенного вычисления данной меры различия для случая двух двоичных тестовых наборов одинаковой размерности как распространенного случая требуемых тестовых данных. Предложены и описаны три модификации данного алгоритма для случая двоичных тестовых наборов одинаковой размерности, упрощающие процедуру вычисления меры различия.

Сформулирован алгоритм определения меры различия для случая двоичных тестовых наборов одинаковой размерности с точки зрения реализации. Проведен эксперимент по сравнению алгоритмов вычисления меры различия на основе определения независимых пар тождественных данных двух двоичных тестовых наборов размерности 32 бита при генерировании управляемых вероятностных тестов. В результате проведения эксперимента получены вычислительные характеристики алгоритмов определения меры различия на основе определения независимых пар тождественных данных. Проведен анализ полученных вычислительных характеристик. Показано, что близкое к оптимальному решению в смысле минимальности значение меры различия на основе определения независимых пар тождественных данных можно получить с использованием более простого с точки зрения вычислительной сложности алгоритма и его модификаций.

Рекомендации по практическому использованию результатов

Полученные результаты формируют теоретическую и практическую базу для изучения управляемого вероятностного тестирования и, в частности, меры различия на основе определения независимых пар тождественных данных.

Разработанное в результате работы программное средство может быть использовано:

- для вычисления меры различия на основе определения независимых пар тождественных данных между двумя двоичными 32-битными тестовыми наборами;

- для построения управляемого вероятностного теста из двоичных 32-битных наборов на основе алгоритма вычисления указанной меры различия;

- для сравнения вычислительных характеристик алгоритмов вычисления меры различия на основе определения независимых пар тождественных данных между двумя двоичными 32-битными тестовыми наборами.

Результаты работы могут использоваться для дальнейшего изучения меры различия на основе определения независимых пар тождественных данных и свойств данной меры.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1-А. Ильина, А.Ю. Управляемое вероятностное тестирование / А.Ю. Ильина // Современная наука: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей XXVIII Международной научно-практической конференции, Пенза, 10 декабря 2022 г. : в 2 ч. / МЦНС «Наука и Просвещение» ; редкол.: Г.Ю. Гуляев [и др.]. – Пенза, 2022. – Ч. 1. – С. 28–30.

2-А. Ільіна, А.У. Deterministic and random testing approaches analysis / А.У. Ільіна // Актуальные вопросы экономики и информационных технологий : сборник тезисов и статей докладов 59-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 17–21 апреля 2023 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2023. – С. 377–378.

3-А. Ильина, А.Ю. Реализация алгоритма определения меры различия двоичных тестовых наборов / А.Ю. Ильина // Компьютерные системы и сети : сборник статей 59-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 17–21 апреля 2023 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2023. – С. 163–168.