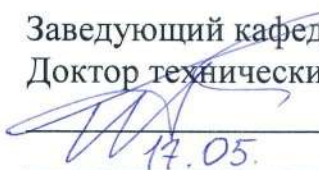


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования «Тюменский государственный университет»
Институт математики и компьютерных наук
Кафедра информационных систем

ДОПУЩЕНО К ЗАЩИТЕ В ГИА
И ПРОВЕРЕНО НА ОБЪЕМ
ЗАИМСТВОВАНИЯ

Заведующий кафедрой
Доктор технических наук
 Глухих И. Н.
17.05. 2021 г.


Есин Тимофей Евгеньевич


МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОЙ
ОБРАТНОЙ СВЯЗИ В ОТКРЫТЫХ ПРЕДМЕТНЫХ ОБЛАСТЯХ

09.06.01 Информатика и вычислительная техника

05.13.18 Математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ

05.00.00 Технические науки


Глухих И. Н.,
доктор техн. наук,
профессор


Есин Т. Е.

Тюмень – 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Общая характеристика работы	3
Основное содержание работы.....	10
Глава 1. Анализ предметной области.....	11
1.1. Data Mining в сфере образования	11
1.2. Обратная связь и её улучшение	13
Глава 2. Модели и алгоритмы формирования автоматической обратной связи	15
2.1. Автоматизация обратной связи	15
2.2. Пространства решений	15
2.3. Традиционные метрики эффективности.....	16
2.3. Нормализация	19
2.5. Построение пути	29
2.6. Подсказка следующего шага.....	35
2.7. Метрика вероятностного расстояния до решения	42
2.8. Метрика оптимального следующего состояния	47
Глава 3. Разработка программного комплекса СПОС (КИП)	49
3.1. Архитектура и развертывание комплекса	49
3.2. Внутренняя структура комплекса	50
Заключение	55
Публикации автора по теме диссертации	57
Список использованной литературы.....	58

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В век информационных технологий базовое понимание программирования становится все более важным для более широкого круга лиц. Распространение элементов программирования в различных областях научного знания привело к тому, что объем вводного курса программирования становится все больше, а аудитория таких курсов разнообразнее: от учеников, программирующих самостоятельно, до людей совершенно не склонных к техническому творчеству. В то же время сложность изучения программирования не изменяется, что приводит к большему числу неуспевающих обучающихся и все более высокому показателю отсева. Педагогам требуется придумывать все более совершенные методики, чтобы сокращать количество неуспевающих.

Новичкам в программировании приходится решать две совершенно разные по структуре и в понимании задачи: они должны освоить синтаксис языка в то время, когда только происходит знакомство с основными конструкциями программирования. Именно поэтому существует насущная необходимость в сокращении любых барьеров для обучения. В зависимости от среды могут также возникать побочные проблемы, мешающие просто начать писать и запускать код, такие как написание команд и параметров для компилятора, подключение интерпретатора или настройка виртуального окружения.

Исследования показывают, что учащиеся, испытывающие трудности, извлекают выгоду из более высокого уровня взаимодействия с наставником [1] и что небольшие подсказки могут быть очень полезны [2]. Подсказки, полученные на основе данных, оцениваются положительно, например, описанные в подходе Hint Factory, помогают учащимся не только решать больше задач [3], но помогают решать задачи более эффективно [4]. Поэтому разработка новых методов и алгоритмов генерации подсказок следующего шага является актуальной и значимой.

Степень разработанности темы. При изучении программирования обратная связь в некоторой мере уже существует. На базовом уровне учащиеся могут видеть, верен ли их синтаксис на основе полученной обратной связи от компилятора – сообщении об ошибке. Тестирующие системы также дают информацию о том, насколько успешно программа справляется с поставленной задачей: тестовые примеры используются для измерения того, решает ли программа поставленную задачу [5]. Тем не менее, такая обратная связь оказывается весьма ограниченной: сообщения компилятора не смогут помочь, если программа синтаксически правильна; автоматическая оценка, основанная на тестовых входных и выходных данных, не обеспечивает полной картины успешности решения. Конечно, информацию о заблуждениях можно предоставить учащимся тщательно разрабатывая тестовые примеры, чтобы каждый проверял одну из категорий общих ошибок, характерных для конкретной задачи. Можно также комментировать каждый тестовый кейс для лучшего понимания условий. Такой способ активно используется во многих ограниченных предметных областях, например, при изучении языка запросов SQL [6], или в тренажере LISP в одной из первых интеллектуальных систем обучения [7]. Персонализированная обратная связь, предполагающая анализ конкретного решения, встречается гораздо реже [8], поскольку намного легче выяснить, что программа не работает, чем исправить указанную ошибку.

Как правило, подсказки для следующего шага предлагают авторы задач путем комментирования каждого возможного состояния программного кода, которое может получить студент на пути к решению программы. Такой подход возможен в области, где количество возможных состояний невелико, но это практически невозможно сделать в открытых областях, таких как написание программного кода. Даже самая простая задача требует много экспертного времени для создания интеллектуальной обучающей системы, что исключает возможности масштабирования.

Тренажеры по написанию кода с подсказками встречаются редко, так как на их создание уходит много времени и усилий. Тем не менее, есть несколько примеров

тренажеров, основанных на данных. использует шаблоны Prolog для моделирования пространства решений [9]. Другой пример — интерактивный учебник по функциональному программированию для Haskell, в котором используются опорные решения и обратная связь с комментариями учителя. В этом учебнике используется библиотека стратегий и правил перезаписи для поддержки различных типов решений, что очень похоже на методику использования пространства решений, описанную в настоящей работе [10].

В данной работе представлен новый подход к улучшению вводного курса программирования путём использования данных, полученных в процессе обучения [11]. Система предоставления обратной связи для курсов изучения программирования (Далее - СПОС (КИП)) использует данные пользователей (а именно, исходный код программ, написанных обучающимися) для определения персонального целевого состояния любого отправленного программного кода. Используя эти данные СПОС (КИП), может генерировать подсказки для следующего шага, показывающие, как именно изменить исходный код, чтобы приблизиться к правильному решению, пройдя через череду следующих состояний.

Целью настоящего исследования является совершенствование существующих, исследование, разработка и реализация в виде программного комплекса новых методов формирования автоматической обратной связи в сложных предметных областях.

Для достижения цели исследования требуется решить следующие **задачи**:

1. Провести комплексный анализ предметной области, исследовать существующие способы формирования автоматической обратной связи в открытых предметных областях.
2. Исследовать возможность применения методов статического анализа решений для уменьшения количества семантически-различных решений.
3. Разработать математические модели обработки решений и формирования обратной связи.

4. Разработать метрику определения вероятностного расстояния до решения.
5. Разработать метрику, позволяющую определить наиболее подходящее следующее состояние.
6. Спроектировать и реализовать программный комплекс для формирования обратной связи на примере открытой предметной области – изучения основ программирования.
7. Провести исследование эффективности использования компонентов программного комплекса при решении задач начального уровня на курсе изучения программирования.
8. Показать возможность применения полученных результатов в других предметных областях.

Объектом исследования является процесс итеративного решения задач в открытых предметных областях. **Предметом исследования** являются модели, методы и алгоритмы для генерации автоматической обратной связи по решению программных задач начального уровня.

Методы исследования. В диссертационной работе применяются методы теории графов, линейной алгебры, методы статического и синтаксического анализа исходных текстов программ, анализ потока данных, анализ потока управления, метод максимального правдоподобия и другие.

Научная новизна работы заключается в следующем:

В области математического моделирования

Разработана модель представления программных решений в виде пространства, отличающаяся возможностью выявлять и комбинировать семантически идентичные классы.

Разработана математическая модель процесса генерации подсказки следующего шага, приближающего к решению задачи.

В области численных методов

Предложен алгоритм использования нормализующих преобразований для сокращения количества различающихся решений.

Предложен алгоритм, позволяющий приводить исходное дерево абстрактного синтаксиса к целевому путём применения преобразующих векторов.

Разработана метрика для определения вероятностного расстояния до решения (ВРР) в открытых предметных областях.

Разработана метрика определения наиболее подходящего следующего состояния решения.

В области комплексов программ

Спроектирован и разработан программный комплекс СПОС (КИП), реализующий вышеуказанные алгоритмы и модели. Модули комплекса позволяют автоматизировать предоставление персонализированной обратной связи и повысить эффективность занятий в рамках курса.

Теоретическая и практическая значимость. Теоретическая значимость работы заключается в комплексном исследовании возможностей предоставления автоматической обратной связи в открытых предметных областях. В данной работе предложен метод, использующий предыдущие ученические решения. Используя эти данные, можно сказать, какие решения наиболее распространены, какие ошибки возникают и какие пути решения учащиеся выбирают чаще всего при исправлении этих ошибок. Поскольку такой подход основан исключительно на данных, от преподавателя не требуется значительного взаимодействия с программным комплексом, что делает его легко масштабируемым и адаптируемым.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения разработанного программного комплекса и метода автоматической генерации обратной связи, которая зависит от содержания программного решения, на курсах изучения программирования. При этом качество автоматической обратной связи будет только увеличиваться от количества изучающих программирование, и, теоретически, такая система может справиться с большей частью ситуаций, в которых

оказываются ученики в процессе поиска верного решения. После введения такой системы у преподавателя освободится некоторое количество времени, которое он сможет уделить наиболее неуспевающим ученикам.

Положения, выносимые на защиту. На защиту выносятся следующие положения, соответствующие областям исследования паспорта научной специальности 05.13.18:

П.3. Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий.

П.4. Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента.

П.5. Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента.

Степень достоверности. Степень достоверности выводов и положений диссертационной работы определяется следующим:

- отсутствием противоречий с известными современными научными положениями;
- сопоставлением полученных результатов с результатами аналитических расчетов и результатами моделирования;
- корректным применением математического аппарата.

Апробация работы. Результаты работы апробированы и обсуждалась на Всероссийской конференции молодых ученых (с международным участием) «Математическое и информационное моделирование» (Тюмень, 2017), городском научно-практическом семинаре «Интеллектуальные информационные системы» (Тюмень, 2018), расширенном заседании кафедры «Информационные системы» Тюменского государственного университета (Тюмень, 2019).

Публикации по теме диссертации. По теме диссертации опубликовано 4 работы, из которых 2 статьи в изданиях перечня ВАК РФ, свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ в ФСИС РФ.

Структура и объем работы. Научно-квалификационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы и приложений. Полный объем составляет 118 страниц, включая 10 рисунков, 28 таблиц, список литературы из 84 наименований.

[изъято 50 страниц]