

## ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Горбенко Анны Андреевны «Методы комбинаторной виртуализации для мобильных роботов», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Разработка математического аппарата для робототехнических систем относится к одному из наиболее актуальных направлений современной науки. Основным средством построения моделей диссертантом выбрана комбинаторная виртуализация. Виртуализация интенсивно используется в различных областях. В частности, можно отметить программирование и компьютерные технологии. В робототехнике комбинаторная виртуализация применялась для решения многих конкретных задач. В частности, можно отметить работы таких исследователей как А. Аргирос, М. Влахос, Я. Демирис, П. Ламон, М. Матарич, Г. Прадел и др.

Целью диссертации А.А.Горбенко является разработка метода комбинаторной виртуализации для мобильного робота с одним визуальным сенсором, который включал бы в себя математические модели, вычислительные методы и общие подходы к созданию программного обеспечения, позволяющие эффективно решать вычислительно трудные проблемы комбинаторики слов при помощи подключения к внешним вычислительным ресурсам. Учитывая современный уровень требований к математическому обеспечению робототехники и состояние исследований в этой области, цель диссертации представляется естественной и весьма актуальной.

Проблема разработки метода комбинаторной виртуализации в диссертации решается посредством исследования соответствующих методов для трех основных систем: системы обработки примитивов двигателей; визуальной системы навигации; системы распознавания изображений. При этом в рамках визуальной системы навигации диссертант выделяет три конкретные проблемы: проблему построения панорамного изображения; проблему выбора конкретного множества дорожных знаков; проблему совмещения дорожных знаков на различных изображениях. Для системы распознавания изображений диссертант исследует метод комбинаторной виртуализации для оптимизации использования анализаторов. Таким образом, для достижения цели диссертации предполагается решение пяти основных задач, требующих разработки методов комбинаторной виртуализации для следующих систем:

- система обработки примитивов двигателей;
- система построения панорамного изображения;
- система выбора конкретного множества дорожных знаков;
- система совмещения дорожных знаков на различных изображениях;
- система оптимизации использования анализаторов.

Подход диссертанта к выбору задач представляется вполне обоснованным. Он базируется на состоянии исследований в рассматриваемой области и учитывает основные тенденции дальнейшего развития. Решение сформулированных в диссертации задач безусловно позволяет достичь цели исследования.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и списка иллюстративного материала. В первой главе рассматривается система обработки примитивов двигателей. Вторая глава посвящена системам построения панорамного изображения, выбора конкретного множества дорожных знаков и совмещения дорожных знаков на различных изображениях. В третьей главе изучаются вопросы, связанные с системой оптимизации использования анализаторов. Четвертая глава посвящена рассмотрению вопросов, непосредственно относящихся к разработке программного комплекса.

Глава 1 состоит из трех разделов. В первом разделе вводится математическая модель для системы обработки моторных примитивов, определяется проблема поиска приближенного периода. Во втором разделе доказана теорема о сведении проблемы поиска приближенного периода к проблеме 3-выполнимости и рассматривается подход к обучению, позволяющему обобщать последовательности моторных примитивов. Для такого обучения диссертантом предложено использовать рекуррентную нейронную сеть. В третьем разделе дается описание вычислительных экспериментов и их результатов для вычислительных методов, предложенных во втором разделе.

Вторая глава диссертации посвящена разработке метода комбинаторной виртуализации для визуальной системы навигации. Рассмотрение систем построения панорамного изображения, выбора конкретного множества дорожных знаков и совмещения дорожных знаков на различных изображениях основано на использовании проблем существования кратчайшей общей упорядоченной надпоследовательности, центра, циклического центра, циклического центра с фиксированными буквами для множества строк, а также проблемы существования наибольшей общей подпоследовательности с ограничениями для двух строк. В качестве принципиальной основы для разработки методов комбинаторной виртуализации диссертантом выбраны три комбинаторные задачи: нахождение кратчайшей общей упорядоченной надпоследовательности, циклического центра и наибольшей общей подпоследовательности с ограничениями. Следует отметить, что использование наибольшей общей подпоследовательности с ограничениями для комбинаторной виртуализации применено для решения конкретной прикладной задачи – мониторинга пассажиропотока на транспорте. Для проблем существования кратчайшей общей упорядоченной надпоследовательности, циклического центра и наибольшей общей подпоследовательности с ограничениями построены явные сведения к проблеме 3-выполнимости. Для каждой из трех проблем в рамках вычислительных экспериментов, связанных с по-

иском оптимальных решений при помощи построенных сведений, найдены эффективные SAT-решатели.

В главе 3 рассмотрен подход к автоматическому порождению анализаторов и представлен метод комбинаторной виртуализации для оптимизации использования анализаторов на основе решения проблемы поиска покрытия стеков. Для этой проблемы построено явное сведение к проблеме 3-выполнимости. В рамках представленных вычислительных экспериментов найден эффективный SAT-решатель.

Четвертая глава, посвященная программному комплексу, состоит из четырех разделов. В первом разделе дается описание системы основных алгоритмов программного комплекса, среди которых выделены четыре основных алгоритма общего назначения: обучение на одном примере с помощью имитации; бортовой SAT-решатель; система безопасного планирования; самообучение распознаванию объектов. Второй раздел четвертой главы посвящен описанию характеристик использованных исследовательских роботов. В третьем разделе приводится общее описание программного комплекса, а в четвертом представлены результаты общего тестирования системы виртуализации, созданной на основе разработанных методов.

Для разработки методов комбинаторной виртуализации пяти рассмотренных систем в диссертации исследуются пять соответствующих проблем комбинаторики слов. Это проблемы поиска приближенного периода, кратчайшей общей упорядоченной надпоследовательности, циклического центра, наибольшей общей подпоследовательности с ограничениями и покрытия стеков. В каждом из пяти случаев выбор соответствующей проблемы комбинаторики слов хорошо аргументирован диссертантом. Такой выбор следует признать обоснованным.

Особого внимания заслуживает проблема поиска приближенного периода и предложенная на ее основе модель для обработки последовательностей моторных примитивов. Эта модель позволяет обрабатывать как одноктактные, так и ритмические моторные примитивы. Предложенная модель для обработки последовательностей моторных примитивов при помощи поиска приближенного периода можно рассматривать как значительное продвижение в решении данной проблемы.

Вопрос разработки эффективного метода обучения обобщению последовательностей ритмических моторных примитивов без полного переобучения также является открытой проблемой, в явном виде отмечавшейся в литературе. Рассмотренный в диссертации метод обучения обобщению последовательностей моторных примитивов является первой попыткой решения этой открытой проблемы. Результаты экспериментов, представленные в диссертации, демонстрируют ускорение обучения по сравнению с наивным методом более чем в 300 раз, что наглядно свидетельствует о значительности полученного продвижения.

А.А. Горбенко при исследовании методов приближенного решения комбинаторных проблем разработаны подходы, позволяющие использовать

оптимальные решения, полученные при помощи SAT-решателей, для обучения интеллектуальных алгоритмов. Представленные в диссертации результаты вычислительных экспериментов показали, что применение оптимальных решений для обучения позволяет существенно повысить качество решений, получаемых интеллектуальными алгоритмами.

Подводя итог рассмотрению отдельных результатов, представленных в диссертации, можно утверждать, что цель диссертации полностью достигнута. А именно, получены следующие результаты.

1. Разработана система математических моделей комбинаторной виртуализации для рассматриваемых систем, использующая известные проблемы комбинаторики слов и основанная как на хорошо известных подходах, так и на ряде новых идей, предложенных диссертантом.
2. Создана система вычислительных методов, обеспечивающих эффективное применение моделей комбинаторной виртуализации.
3. Разработан исследовательский программный комплекс, обеспечивающий проведение экспериментов и обработку их результатов.

Диссертационная работа представляет собой законченное исследование, вносящее значительный вклад в актуальное направление науки. Все результаты, представленные в диссертации, являются новыми. Достоверность полученных в диссертационной работе результатов подтверждена строгими математическими доказательствами, экспериментальными данными, а также их апробацией на научных конференциях и семинарах. Предложенные автором решения аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями. Основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях из Перечня ВАК, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук. Автореферат полно и правильно отражает основные результаты диссертации.

Можно привести следующие замечания к тексту диссертации.

1. Некоторые определения отсутствуют в тексте диссертации, а даются только ссылкой на библиографию. Например, определение рекуррентной нейронной сети, используемой на с. 49 диссертации, дано ссылкой на литературу на странице 95. Аналогичная ситуация с определением коэволюционного генетического алгоритма на с. 63. В определенной мере это затрудняет чтение диссертации.
2. Для некоторых понятий в диссертации использован дословный перевод с английского языка. Например, понятия «отпечаток пальцев» и «стек».
3. Используемая в диссертации терминология не всегда унифицирована. Например, слова «моторные примитивы» и «примитивы двигателя» обозначают одно и то же понятие.
4. Некоторые обозначения в диссертации вводятся многократно. В частности, обозначение подстроки определяется как на странице 14, так и на странице 78.

Следует отметить, что все перечисленные недостатки не умаляют общую положительную оценку диссертации.

Считаю, что диссертационная работа А.А. Горбенко «Методы комбинаторной виртуализации для мобильных роботов» представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, которая удовлетворяет всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013г. №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент

заведующий кафедрой прикладной алгебры и защиты информации

Института математики, экономики и информатики

ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет»

доктор физико-математических наук,

профессор

19.05.2014

Корольков Юрий Дмитриевич

Адрес организации: 664003, Иркутская область, г. Иркутск, б. Гагарина, д.20, ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет», Институт математики, экономики и информатики, кафедра прикладной алгебры и защиты информации, email: ime@math.isu.ru, тел. (8-3952) 52-12-98.

