

УТВЕРЖДАЮ:

Директор

ФГБУН «Институт математики и
механики им. Н.Н. Красовского»

Уральского отделения

Российской академии наук

академик В.И. Бердышев



« 2 » июня 2014 г.

Отзыв ведущей организации

на диссертацию 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

В диссертации А.А.Горбенко рассматриваются методы построения системы математических, алгоритмических и информационных моделей, применимых для мобильных роботов. Моделирование разнообразных по содержанию и смыслу технических объектов потребовало построения эффективной математической формализации.

Исследования математических моделей, вычислительных методов и алгоритмов для робототехнических комплексов представляется актуальным направлением современной прикладной математики. Разнообразие и быстрое развитие отдельных подсистем комплекса заставляет искать варианты общих подходов к построению моделей, способные обеспечить высокую адаптивность, аппаратно-программную независимость системы моделей. Один из та-

ких подходов в литературе получил название «*виртуализация*». Термин «виртуализация» наиболее активно применяется в области компьютерных технологий, разработки программно-аппаратных лабораторий, комплексов и тренажеров.

Целью диссертационной работы А.А.Горбенко является разработка для мобильного робота с одним визуальным сенсором метода комбинаторной **виртуализации**, т.е. сведения задач математического моделирования, выбора вычислительных методов и создания программного обеспечения к проблеме эффективного решения задач комбинаторики слов над абстрактным конечным алфавитом. Большинство из этих задач относятся к классу труднорешаемых, что потребовало дополнительных усилий автора в области оценки их вычислительной сложности и проектирования приближенных методов решения. Обеспечение универсальности модели и повышения вычислительной эффективности за счет возможного подключения внешних вычислительных ресурсов определяет актуальность исследования комбинаторной виртуализации с учетом разнообразия конкретных робототехнических систем.

Рассмотрение общего подхода комбинаторной виртуализации в работе А.А.Горбенко ограничено типичным объектом современной робототехники, мобильным роботом с одним визуальным сенсором, что предполагает изучение совокупности трех основных систем: системы обработки моторных примитивов; визуальной системы навигации; системы распознавания изображений. Диссертант на основе методов топологической навигации и автоматического порождения модулей распознавания изображений рассмотрела вопросы комбинаторной виртуализации для следующих подсистем:

- подсистемы построения панорамного изображения;
- подсистемы выбора конкретного множества дорожных знаков;
- подсистемы совмещения дорожных знаков на различных изображениях;
- подсистемы оптимизации множества алгоритмов распознавания.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и библиографического списка. Первые три главы посвящены комбинаторной виртуа-

лизации трех основных систем, соответственно. Четвертая глава отражает вопросы, относящиеся *непосредственно* к разрабатываемому программному комплексу.

В качестве математических моделей поведения исследуемого робота автором избраны следующие задачи комбинаторики слов.

- Проблема существования приближенного периода.
- Проблема существования кратчайшей общей упорядоченной надпоследовательности.
- Проблема существования циклического центра.
- Проблема существования наибольшей общей подпоследовательности с ограничениями.
- Проблема существования покрытия стеков.

Целесообразность использования каждой из этих задач для соответствующей робототехнических подсистемы обоснована диссертантом. Особый интерес вызывает решение задачи существования приближенного периода для комбинаторной виртуализации системы обработки моторных примитивов. Предложенная диссертантом модель дает универсальный подход к обучению робота ритмическим действиям.

Следует отметить, что все пять рассматриваемых в диссертации проблем комбинаторики слов являются NP-полными. Для некоторых задач это было известно ранее, для остальных – доказательство приведено в диссертации. В качестве основного метода поиска оптимальных решений диссертантом выбран подход, основанный на построении конструктивных сведений исследуемых задач к проблеме 3-выполнимости булевых функций, что составляет основные теоретические результаты диссертации (теоремы 1–5).

Для каждого из конструктивных сведений диссертантом подобраны SAT-решатели, позволяющие эффективно находить оптимальные решения соответствующих проблем с использованием высокопроизводительного вычислителя.

Диссертантом предложен собственный SAT-решатель, пригодный для использования на бортовом компьютере робота и существенно превосходящий по производительности аналогичные алгоритмы.

Для проблем существования приближенного периода, кратчайшей общей упорядоченной надпоследовательности и циклического центра диссертантом разработаны приближенные алгоритмы, способные работать в реальном времени. Основное преимущество предложенных диссертантом приближенных интеллектуальных алгоритмов заключается в наличии возможности использования для обучения ранее полученных при помощи SAT-решателей оптимальных решений проблем. Отметим, что в нахождении алгоритма для проблемы существования наибольшей общей подпоследовательности с ограничениями не было необходимости, поскольку, как показали вычислительные эксперименты, она может быть решена в реальном времени при помощи бортового SAT-решателя. В решении проблемы существования покрытия стеков в реальном времени нет существенной необходимости. Поэтому отсутствие приближенного алгоритма для этой проблемы вполне допустимо.

Четвертая глава описывает исследовательский программный комплекс, разработанный в диссертации, который включает в себя не только реализацию алгоритмов комбинаторной виртуализации, предложенных в первых трех главах диссертации, но и комплекс сервисных алгоритмов, предназначенных для обеспечения проведения исследований по теме диссертации. Среди этих алгоритмов, в частности, следует выделить алгоритм обучения на одном примере, предназначенный для первоначальной настройки робота, и алгоритм самообучения распознаванию объектов, предназначенный для подготовки тестовых данных в автоматическом режиме.

Эффективность алгоритмов, разработанных в диссертации, тестирована на основе вычислительного эксперимента.

Работа носит теоретический характер. Результаты диссертации могут использоваться как теоретическая основа для разработки систем управления мобильных роботов. Автором опубликовано 13 работ, из них 9 входят в систему цитирования Scopus, свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ и патент на полезную модель.

В качестве замечания по работе следует отметить, что представляется необходимым:

- дать классификацию приемов и методов, объединяемых термином «виртуализация» и аксиоматическое определение варианта, используемого в диссертации;
- применение общего приема сведения различных задач к комбинаторным задачам анализа слов требует проведения расширенного обзора результатов, полученных в отечественными и зарубежными исследователями;
- представление результатов в конъюнктивной нормальной форме (33-48, 65-68, 70-85) можно представить более обозримо и читаемо;
- стремление поместить в работу как можно больше материала вылилось в конспективный характер изложения отдельных разделов диссертации;
- раздел «Введение» в диссертации текстуально совпадает с текстом автореферата, что вряд ли представляется необходимым;
- в списке литературы, кроме работ автора, других публикаций на русском языке практически нет. Не указано явно, какие из приведенных 13 работ автора опубликованы в изданиях входящих в перечень ВАК.

Давая общую оценку диссертации, можно сказать, что диссертация представляет собой законченное исследование по актуальному направлению науки. Результаты диссертации являются новыми и имеют существенный интерес для исследователей. Тема и содержание диссертации полностью соответствуют паспорту специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. Автореферат полно и точно отражает основные результаты диссертации. Все результаты, представленные в диссертации полностью опубликованы. Содержание публикаций полностью соответствует материалу диссертации.

Диссертационная работа А.А. Горбенко «Методы комбинаторной виртуализации для мобильных роботов» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, которая удовлетворяет всем критериям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013г. №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а А.А. Горбенко заслуживает прису-

ждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Результаты диссертации А.А.Горбенко могут быть использованы в организациях ведущих исследования в области математического моделирования и проектирования систем управления робототехническими комплексами: институте проблем управления РАН им. Трапезникова, институт динамики систем и теории управления СО РАН, Дальневосточном и Уральском федеральных университетах, Уральском государственном университете путей сообщения.

Отзыв подготовил Кругликов Сергей Владимирович, кандидат физико-математических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела оптимального управления ФГБУН «Институт математики и механики им. Н.Н. Красовского» Уральского отделения Российской академии наук.

Отзыв обсужден и утвержден на совместном заседании отделов оптимального управления и математического программирования ФГБУН «Институт математики и механики им. Н.Н. Красовского» Уральского отделения Российской академии наук 07 мая 2014 г.

Заведующий отделом
оптимального управления
ФГБУН «Институт математики и
механики им. Н.Н. Красовского»
Уральского отделения Российской
академии наук, д.ф.-м.н.



Михаил Иванович Гусев

Заведующий отделом математиче-
ского программирования ФГБУН
«Институт математики и механики
им. Н.Н. Красовского»
Уральского отделения Российской
академии наук, д.ф.-м.н.



Михаил Юрьевич Хачай

*Подписан М.Ю. Хачай
М.Ю. Хачай заверило
зав. отделом*

620990, Свердловская область, г. Екатеринбург, ул. Софьи Ковалевской, д. 16
ФГБУН «Институт математики и механики им. Н.Н. Красовского»
Уральского отделения Российской академии наук Телефон +7(343)374-83-32,
Факс +7(343)374-25-81 Email: bvi@imm.uran.ru, <http://www.rus.imm.uran.ru/>

Рябухина С.Б.