

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Тольяттинский государственный университет  
Институт математики, физики и информационных технологий

О.М. Гущина, С.В. Талалов, Г.А. Тырыгина

# ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА И ИНФОРМАТИКА. ВЫПОЛНЕНИЕ МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

Электронное учебно-методическое пособие



© ФГБОУ ВО «Тольяттинский  
государственный университет», 2021

ISBN 978-5-8259-1561-6

УДК 004.9(075.8)

ББК 22.18я73

Рецензенты:

д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры физики Самарского  
национального исследовательского университета  
имени академика С.П. Королева *В.А. Салеев*;

д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры «Прикладная математика  
и информатика» Тольяттинского государственного университета  
*А.И. Сафронов*.

Гущина, О.М. Прикладная математика и информатика. Выполнение магистерской диссертации : электронное учебно-методическое пособие / О.М. Гущина, С.В. Талалов, Г.А. Тырыгина. — Тольятти : Изд-во ТГУ, 2021. — 1 оптический диск. — ISBN 978-5-8259-1561-6.

В учебно-методическом пособии представлены общие требования к содержанию, оформлению магистерской диссертации на основании требований ФГОС ВО.

Предназначено для студентов направления подготовки магистров 01.04.02 «Прикладная математика и информатика» очной формы обучения.

Текстовое электронное издание.

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

Минимальные системные требования: IBM PC-совместимый компьютер: Windows XP/Vista/7/8; ПIII 500 МГц или эквивалент; 128 Мб ОЗУ; SVGA; CD-ROM; Adobe Acrobat Reader.

© ФГБОУ ВО «Тольяттинский  
государственный университет», 2021



Редактор *Е.В. Пилясова*  
Технический редактор *Н.П. Крюкова*  
Компьютерная верстка: *Л.В. Сызганцева*  
Художественное оформление,  
компьютерное проектирование: *Г.В. Карасева*

Дата подписания к использованию 09.02.2021.

Объем издания 1,4 Мб.

Комплектация издания: компакт-диск, первичная упаковка.

Заказ № 1-22-20.

Издательство Тольяттинского государственного университета

445020, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14,

тел. 8 (8482) 53-91-47, [www.tltsu.ru](http://www.tltsu.ru)

## Содержание

Общие положения .....	5
Рекомендуемые направления исследований .....	6
Руководство магистерской диссертацией .....	7
Требования к содержанию, структуре и оформлению магистерской диссертации .....	8
Требования к списку используемой литературы и источников .....	12
Требования к оформлению автореферата магистерской диссертации .....	15
Методические рекомендации по выполнению отдельных разделов .....	16
Подготовка и проведение защиты магистерской диссертации .....	23
Библиографический список .....	27
Приложение 1 .....	29
Приложение 2 .....	30
Приложение 3 .....	38

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Учебно-методическое пособие написано в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению 01.04.02 «Прикладная математика и информатика», а также в соответствии с локальными актами Тольяттинского государственного университета: Положением о магистратуре [3], Положением о государственной итоговой аттестации выпускников университета [1], Положением о выпускной квалификационной работе [2].

Подготовка магистров по направлению 01.04.02 «Прикладная математика и информатика» ориентирована на следующие области профессиональной деятельности: образование и наука, связь, информационные и коммуникационные технологии, проектирование, создание и поддержка систем автоматического управления и информационно-коммуникационных систем, а также математического моделирования в атомной, авиастроительной и ракетно-космической промышленности. Программа магистерской подготовки состоит из обязательной части и части, формируемой участниками образовательных отношений. При подготовке магистров по направлению 01.04.02 «Прикладная математика и информатика» значительное место отводится научно-исследовательской работе студента, написанию и оформлению магистерской диссертации.

Магистерская диссертация — это выпускная квалификационная работа студента, обучающегося по программе подготовки магистра. Она представляет собой самостоятельную и логически завершенную работу, выполненную студентом под руководством научного руководителя и связанную с решением научно-исследовательских задач.

## РЕКОМЕНДУЕМЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Направления исследований магистерских диссертаций связаны с математическим моделированием в различных областях.

В настоящее время в любой области знаний в той или иной степени используются методы моделирования [14]. Основой современного подхода к процессу моделирования является системный анализ [10] при широком использовании информационных технологий. Моделирование состоит в замене реальной системы некоторым ее «образом», то есть моделью, описывающей поведение объектов, объясняющей причину такого поведения, предсказывающей поведение в будущем. Математическое моделирование – методология построения, исследования и использования математических моделей объектов и процессов для исследования, прогнозирования, управления, принятия решений [7]. Математическая модель – совокупность математических объектов и отношений, отображающих объекты и отношения конкретной области реального мира, называемой предметной областью. Для исследования модели используются теоретические методы, вычислительный эксперимент, компьютерное моделирование [12], [20], в том числе имитационное моделирование [8], [15]. Важным шагом является проверка адекватности построенной модели. Поскольку далеко не во всех случаях удастся провести теоретическое исследование сложной модели, используют вычислительный эксперимент или компьютерное моделирование. Вычислительный эксперимент связан с разработкой вычислительного алгоритма и последующей программной реализацией на компьютере. Под имитационным моделированием системы понимается процесс создания модели реальной системы и постановки компьютерного моделирования на этой модели для изучения и прогнозирования ее поведения.

Тематика магистерских диссертаций основана на актуальных направлениях в прикладной математике, компьютерных науках, математическом моделировании с учетом научных направлений руководителей и интересов студентов. Она формируется кафедрой прикладной математики и информатики и утверждается на ученом совете института математики, физики и информационных технологий.

## РУКОВОДСТВО МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИЕЙ

Работа над магистерской диссертацией проводится в течение всего периода обучения.

Научный руководитель студента, обучающегося по магистерской программе 01.04.02 «Прикладная математика и информатика», назначается приказом ректора. Научный руководитель осуществляет руководство образовательной и научной деятельностью студента:

- определяет тему магистерской диссертации, оказывает помощь в подборе необходимой литературы, в выборе методов исследования, а также в последовательности выполнения работы;
- составляет индивидуальный план работы по семестрам, в котором отражается учебная и научно-исследовательская деятельность студента;
- оценивает научно-исследовательскую работу студента в конце первого, второго, третьего и четвертого семестров;
- осуществляет текущий контроль выполнения индивидуального плана магистранта;
- консультирует магистранта при выполнении этапов диссертации;
- по завершении диссертационной работы научный руководитель пишет отзыв о диссертации. В отзыве должна быть представлена характеристика профессиональных качеств студента согласно квалификационной характеристике выпускника, представленной в ФГОС, а также в отзыве отмечается часть работы, выполненная студентом самостоятельно. Указываются достоинства и недостатки работы.

## **ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ, СТРУКТУРЕ И ОФОРМЛЕНИЮ МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ**

Магистерская диссертация является выпускной квалификационной работой студента и должна содержать элементы научной деятельности. В ее основе лежит, как правило, анализ уже известных решений. При выполнении магистерской диссертации ее автор должен показать умение самостоятельно вести научный поиск, выявлять проблемы и знать наиболее общие методы и приемы их решения, а также показать свое умение излагать специальную информацию, формулировать выводы, научно аргументировать и защищать свою точку зрения, знать содержание научной литературы в выбранной области исследования, в том числе зарубежной. Выполнение такой научно-исследовательской работы студента должно не столько содержать решение научной задачи, сколько служить свидетельством готовности студента к серьезной научно-исследовательской деятельности.

В магистерской диссертации может быть представлено решение задачи, имеющей как теоретическое, так и практическое значение для различных областей знаний. В работе могут быть предложены новые методы и подходы к решению известных задач. К магистерской диссертации можно отнести исследование по прикладной математике и компьютерным наукам, по математическому моделированию в произвольных предметных областях (или на стыке дисциплин), не связанных непосредственно с профилем подготовки. В ней должна быть достаточно полно представлена соответствующая проблематика и научные результаты, а также по возможности получены новые результаты аналитическим методом или компьютерным моделированием с примерами, доведенными до отлаженных программ. Магистерской диссертацией считается исследование, связанное со всесторонним изучением, систематизацией и обоснованием некоторой актуальной в настоящее время темы, в которой должен быть представлен обзор и анализ литературы по исследуемому вопросу, свой вариант изложения известных теоретических результатов, построены примеры, характеризующие глубину понимания исследуемого вопроса, проведены подтверждающие эксперименты.



Работа должна содержать реферативную часть, отражающую общую профессиональную эрудицию автора, а также самостоятельную исследовательскую часть, выполненную индивидуально, свидетельствующую об уровне профессиональной подготовки автора. К исследовательской части можно отнести:

- разработку новых и/или дополнение существующих математических моделей;
- проведение компьютерного эксперимента с теоретическим анализом вопросов, тематически связанных с исследуемой проблемой;
- разработку нового программного продукта и/или модернизацию известного;
- анализ и сравнение методов;
- анализ имеющихся в литературе результатов по исследуемой проблеме, представленных в едином стиле (терминология, обозначения и т. п.), собственное изложение известных теоретических методов, которое в зависимости от серьезности, объема реферируемых работ и уровня детализации может быть высоко оценено.

Магистерская диссертация является самостоятельной работой студента, за все предлагаемые в работе результаты и правильность всех данных (в том числе цитируемых) ответственность несет студент — автор выпускной квалификационной работы. Диссертация по своему уровню должна соответствовать научной публикации в данной научной области.

Магистерская диссертация представляет собой результаты исследования, выполненного студентом самостоятельно под руководством научного руководителя. Работа может иметь как теоретический, так и практический характер.

К содержанию магистерской диссертации предъявляются следующие требования:

- соответствие темы направлению подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика», профиль «Математическое моделирование»;
- научно-исследовательский характер;
- актуальность;
- исследование текущего состояния изучаемой проблемы;

- соответствие формулировки целей, задач, объекта, предмета теме магистерской диссертации;
- логическое, последовательное изложение материала;
- четкая структура, завершенность, наличие в диссертации всех необходимых элементов;
- достаточность и современность представленного библиографического материала;
- аккуратность в выполнении;
- практическая значимость.

Основные научные результаты, полученные автором магистерской диссертации, подлежат обязательной апробации. Апробация может производиться путем публикации в научных печатных изданиях, изложения в докладах на научных конференциях, симпозиумах, семинарах, а также путем получения документов, удостоверяющих авторские права (патенты, свидетельства), или внедрения в практическую деятельность предприятий, организаций или учреждений.

Студент несет персональную ответственность:

- за выполнение календарного плана;
- самостоятельность выполнения магистерской диссертации;
- достоверность представленных данных и результатов;
- оформление, структуру и содержание ВКР в соответствии с методическими рекомендациями по ее выполнению;
- соответствие представленных на защите электронных версий (магистерской диссертации, презентационных материалов и доклада) их бумажным оригиналам;
- достоверность библиографических ссылок и библиографического описания информационных ресурсов и опубликованных работ, содержащихся в ВКР.

Магистерская диссертация не должна иметь исключительно учебный или компилятивный характер. Плагиат в магистерской диссертации не допускается. Необходимо четко указывать, из каких именно источников цитируется или пересказывается материал, и пользоваться документом «Инструкция по оформлению цитат и ссылок» [4].

Структура магистерской диссертации включает в себя следующие элементы:

- титульный лист;
- содержание (оглавление);
- введение;
- основную часть (разделы или главы);
- заключение;
- список используемой литературы и источников;
- приложение (-я).

Подробные методические рекомендации по структуре, содержанию и оформлению магистерской диссертации можно найти в документе «Положение о выпускной квалификационной работе» [2].

Образец примерного содержания представлен в прил. 1. Объем магистерской диссертации – 70–130 страниц стандартного печатного текста.

## ТРЕБОВАНИЯ К СПИСКУ ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИСТОЧНИКОВ

В списке литературы должны содержаться только те наименования, на которые делались ссылки.

Список литературы включает библиографические описания всех использованных, цитированных или упоминаемых в работе документов, а также прочитанную литературу по теме, которая оказала существенное влияние на содержание работы. Количество источников в списке используемой литературы зависит от степени разработанности темы. Если тема исследовалась многими авторами, то список источников, как правило, большой. Следует также руководствоваться рекомендациями, изложенными в документе «Положение о выпускной квалификационной работе» [2].

При написании магистерской диссертации ее автор обязан давать ссылки на источники заимствованного материала, отсылать к тем источникам, в которых с большей полнотой раскрываются определенные положения или факты. Фрагмент содержания источника или научного исследования, используемого при выполнении работы, может быть дан в виде цитаты, которая должна полностью соответствовать подлиннику. Цитата обязательно заключается в кавычки. Цитирование должно быть без искажений, со ссылкой на источник. Отсылки в тексте на цитируемую литературу даются в круглых скобках с указанием фамилии автора, года издания цитируемого источника и номера страницы в литературном источнике (фамилия автора, год, номер страницы). В случае если содержание используемых источников изложено своими словами, то в ссылке указывается только фамилия автора и год. Если авторов в работе, на которую делается ссылка, больше чем три, то оформление выглядит следующим образом: (Иванов и др., 1985), (Alroy et al, 2001). Если приводится ссылка на разные работы, опубликованные одним и тем же автором в один и тот же год, то рекомендуется после указания года ставить буквенный указатель публикации, например: (Иванов 1992а, 1992б). Буквенные указатели также оформляются в списке используемой литературы.

Цитаты (выдержки) из источников и литературы используются в тех случаях, когда свою мысль хотят подтвердить точной выдержкой по определенному вопросу. Цитаты должны быть текстуально точными и заключены в кавычки. Если в цитату берется часть текста, т. е. не с начала фразы или с пропусками внутри цитируемой части, то место пропуска обозначается отточиями (тремя точками). В тексте необходимо указать источник приводимых цитат. Как правило, ссылки на источник делаются под чертой внизу страницы (сноска). Если мысль из какого-нибудь источника излагается своими словами, то сноска должна иметь вид: «См.:» («смотри»), а затем выходные данные произведения или документа. Если на странице работы повторно дается ссылка на один и тот же источник, то сноска должна иметь вид: «Там же. С. ...». После цитаты в строке ставится цифра или звездочка, по которой под чертой определяется принадлежность цитаты. Ссылка на цитируемый текст обязательна.

Можно использовать и другой вариант оформления научного аппарата работы, не прибегая к подстрочным ссылкам. В этом случае достаточно указать в квадратных скобках порядковый номер источника в списке литературы и номер процитированной страницы, например: [5, с. 236]. Так делается в случае дословного цитирования. Если же просто ссылаются на соответствующее место в источнике, то перед его номером ставится «См.:», например: [См.: 11, с. 118].

Такой порядок оформления ссылок на литературные источники позволяет избежать повторения названий источников при многократном их использовании в тексте.

При использовании в работе идей или разработок, принадлежащих соавторам, коллективно с которыми были написаны научные работы, автор обязан отметить это в магистерской работе.

При оформлении списка литературы важно учитывать следующие моменты:

- список использованной литературы должен включать не менее 30 источников, из них — не менее 5 на иностранном языке;
- использованные источники по информационным технологиям должны быть как минимум последних 5–10 лет.

- литература должна соответствовать теме работы;
- каждая книга или ее электронная версия должны отмечаться соответствующими сносками в тексте работы;
- основное внимание следует уделить научным статьям в журнальных, специальных изданиях (монографии, статистические данные и т. д.);
- законы и подзаконные акты должны быть приведены в последних редакциях.

Список используемой литературы оформляется по ГОСТу [6].

## **ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ АВТОРЕФЕРАТА МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ**

По Положению о выпускной квалификационной работе в Тольяттинском государственном университете [2], [5] на основании магистерской диссертации оформляется автореферат магистерской диссертации объемом 7–15 страниц стандартного печатного текста.

В автореферате представлено основное содержание магистерской диссертации. Он информирует о результатах проведенного исследования. В структурном отношении автореферат условно можно разделить на четыре самостоятельные части.

В первой части дается общая характеристика содержания: актуальность темы, научная проблема, цель исследования, объект и предмет исследования, методы исследования, а также структура и объем магистерской диссертации.

Вторая часть дает представление об основном содержании и внутреннем единстве магистерской диссертации, включает характеристику каждой главы. В ней следует описать, как были получены результаты, показать ход исследования, описать используемые методы и т. д.

Третья часть содержит основные выводы и результаты магистерской диссертации. В ней должны быть соотнесены полученные результаты с целями и задачами, сформулированными во введении, а также указаны перспективы дальнейших исследований по данной теме.

В четвертой части автореферата приводится список публикаций, включающий работы по теме магистерской диссертации, научно-исследовательской работе, а также минимум одну собственную публикацию.

Примерные образцы представлены в прил. 2 и 3.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ОТДЕЛЬНЫХ РАЗДЕЛОВ

Важной частью магистерской диссертации является введение [9].

Введение магистерской диссертации отражает логику проведенного исследования и позволяет оценить степень проработанности темы. Введение является самостоятельной частью работы, которая ни в содержании, ни в тексте не нумеруется. Во введении необходимо отразить следующее:

- обоснование выбора темы, ее актуальность;
- степень разработанности темы в отечественной и мировой науке;
- формулировку проблемы исследования;
- основную цель и задачи работы;
- объект и предмет исследования;
- научную новизну;
- методы исследования;
- практическую значимость исследования;
- структуру работы.

Любое научное исследование начинается с *выбора темы*. Направление подготовки «Прикладная математика и информатика» ориентировано прежде всего на подготовку специалистов для математического анализа моделирования сложных явлений и систем, разработчиков новых математических моделей, методов и программных средств для решения сложных научно-технических задач.

*Актуальность.* После того как тема выбрана, следует обосновать ее актуальность. Для того чтобы доказать актуальность, необходимо провести анализ выбранной темы исследования (объект и предмет исследования). Исследование начинается с обоснования актуальности темы, под которой понимается степень его важности и значимости как с научной, так и с практической точки зрения в определенный момент времени и в определенных условиях для решения конкретной проблемы, снятия сложившихся противоречий в способах и методах практики в связи со значительными достижениями науки. Другими словами, под актуальностью темы понимается степень ее значимости, важности, приоритетности среди других тем и событий в настоящий момент. Следует объяснить, почему эта



тема назрела именно сейчас. Актуальность может быть продиктована как недостаточной разработанностью этой темы в имеющихся исследованиях, так и необходимостью изучения темы с различных точек зрения и/или с применением новых подходов, изучения материалов по этой теме в зарубежных источниках, не переведенных на русский язык, потребностями заказчика, освоением нового знания и т. д. Другими словами, нужно четко обосновать, из чего конкретно и как складывается актуальность выбранной темы. Общих способов установления актуальности нет. Можно предложить такие способы объяснения актуальности:

- выяснение состояния изучаемого вопроса в теоретическом и практическом аспектах по отдельным фактам, данным;
- анализ данных исследований, выполненных самим автором или другими учеными;
- выявление причин, которые затрудняли и затрудняют получение окончательного результата;
- анализ тенденций и перспектив развития изучаемого вопроса в теории и практике и другое.

Например, актуальными являются темы, в которых имеется новая постановка задачи, новые показатели операционной эффективности вычислительных систем, эффективные модели и алгоритмы и т. д.

За обоснованием актуальности должно следовать изучение степени научной разработанности темы. Здесь необходимо упомянуть исследователей, изучавших эту тему, осветить полученные ими результаты, их достоинства и недостатки. Следует провести обзор литературы по теме магистерской диссертации с целью углубления теоретических и практических знаний по этой теме (объекту и предмету) и доказательства целесообразности исследования. Источниками могут быть монографии, журнальные статьи, библиографические и реферативные издания, материалы конференций, а также различные публикации в интернете. Опираясь на найденные источники, следует описать степень разработанности темы, охарактеризовать вклад различных исследователей, их результаты, трудности, с которыми они столкнулись. Обязательным является сопоставление позиций по данной проблеме наиболее крупных ее исследова-

телей. Самостоятельность в подборе и анализе литературных источников – одно из важнейших условий высокой оценки магистерской диссертации. Для самостоятельного изложения собственной точки зрения рекомендуется обдумывать информацию, полученную из прочитанной литературы, в течение всей работы над темой магистерской диссертации. Обдумывание информации, полученной при знакомстве с чужими работами, может служить основой для формирования собственных представлений относительно вопросов, рассматриваемых в магистерской диссертации. Проведенный анализ подходов, решений, предложенных ранее другими исследователями по темам, аналогичным или близким к теме диссертации, позволяет грамотно сформулировать проблему, цель, задачи исследования.

*Проблема, цель, задачи.* После обоснования актуальности выбранной темы формулируют проблему исследования. Проблема указывает на противоречие, выявленное в изучаемой области, на знание, которое следует получить для разрешения противоречия.

Далее формулируется цель исследования, определяющая, для чего проводится исследование, что планируется получить в результате, а также указываются конкретные задачи, которые предстоит решать в соответствии с этой целью. Цель определяет задачи самого исследования: что изучать, что анализировать, какими методами можно получить новые знания. Она позволяет сформулировать конкретные задачи исследования. Задачи исследования – это конкретизация цели на определенном этапе исследования, это конкретные вопросы, с помощью которых происходит достижение заявленной цели. Они формулируются в форме перечисления (изучить..., описать..., установить..., выяснить..., разработать..., проанализировать..., обобщить..., определить..., обосновать..., раскрыть... и т. д.). Перечисление задач определяется внутренней логикой исследования. Формулировка задач должна быть точной и краткой. Можно выделить следующие задачи: теоретическое изучение исследуемой проблемы; изучение состояния исследуемой проблемы в литературе и других источниках; предлагаемые варианты решения данной проблемы. Описание решений этих задач составляет содержание глав (разделов) магистерской диссертации. Достижение цели магистерской диссертации ориентирует на решение выдвинутой проблемы

в двух основных направлениях — теоретическом и прикладном. Конкретное соотношение теоретического и практического зависит от характера проблемы.

*Объект, предмет.* Далее определяются объект и предмет магистерской диссертации. Следует четко определить объект исследования, то есть некоторый процесс или явление, существующие независимо от исследователя и порождающие проблемную ситуацию, выбираемую для исследования. Предмет исследования — это то, что находится в границах объекта; сторона или точка зрения, с которой исследователь познает объект. На предмет направлено основное внимание исследователя. Следует определить недостатки предмета исследования и определить подходы к устранению этих недостатков. Объект и предмет исследования соотносятся между собой как общее и частное. Объект исследования всегда шире, чем его предмет. Например, если объект — это область деятельности, то предмет — это изучаемый процесс в рамках объекта исследования. Один и тот же объект может быть предметом разных научных исследований. Предмет исследования — это наиболее значимые с теоретической или практической точки зрения свойства, стороны, проявления, особенности объекта, которые подлежат непосредственному изучению. Это угол зрения на объект, аспект его рассмотрения, дающий представление о том, что конкретно будет изучаться в объекте, как он будет рассматриваться, какие новые отношения, свойства, функции будут выявляться. Предмет исследования определяет тему диссертационной работы, которая обозначается на титульном листе как ее заглавие. Объект и предмет, цель и задачи исследования и тема магистерской работы находятся в неразрывной связи между собой и предопределяют содержание работы.

*Научная новизна.* В магистерской диссертации должны присутствовать элементы научной новизны, которые могут быть теоретическими (концепция, гипотеза, закономерность, терминология и т. д.) и практическими (правило, предложение, рекомендация, средство, требование и т. д.). В зависимости от соотношения фундаментального и прикладного в магистерской диссертации на первый план будут выходить элементы теоретической или практической новизны либо оба вида одновременно, место полученных знаний

в ряду известных, их преемственность. Научная новизна выявляется при сопоставлении результатов исследования с уже известными науке результатами: конкретизация известного, его дополнение, преобразование и т. д. Элементы научной новизны содержатся в выявленных неизученных сторонах или аспектах сформулированной проблемной ситуации. Под научной новизной можно понимать умение студента применять те или иные методы научных исследований в получении им новых прикладных знаний (результатов). Эти умения ему следует продемонстрировать в содержании самой диссертации и при ее защите. В магистерской работе необходимо указать, в чем состоит новизна данного исследования, чем оно отличается от других работ по данной теме, как могут быть использованы полученные результаты.

Выделим некоторые возможные аспекты новизны, с которыми можно сравнивать свои результаты. Элементами научной новизны, присущими магистерской работе, могут быть:

- новый объект исследования: задача рассматривается впервые;
- новая постановка известных задач: изменение условий задачи;
- применение некоторого известного метода в других условиях, в другой области;
- решение задачи на стыке нескольких областей и применение различных методов;
- использование известного материала в новой интерпретации;
- корректировка, дополнение известных математических моделей;
- использование комбинации нескольких методов для решения задачи.

Описание методов исследования, использованных при выполнении работы, позволяет оценить полноту охвата полученных магистрантом умений и навыков при выполнении магистерской диссертации.

Под *практической значимостью* элементов научной новизны можно понимать пригодность результатов магистерской диссертации для применения в практической деятельности людей. Оценку научной новизны с точки зрения ее пригодности определяют по показателям экономичности, эффективности, результативности.

Практическая значимость определяется мнением экспертов и фактом внедрения.

В заключительной части введения необходимо кратко описать структуру работы. Она включает краткое содержание разделов и подразделов основной части, объем работы в страницах без приложений, количество используемых в работе источников литературы.

Итак, введение – важная часть магистерской диссертации: в нем заключена суть работы.

Конкретная структура магистерской диссертации определяется ее темой. Главы (разделы) посвящаются решению поставленных задач.

Например, первый раздел – постановка задачи, второй – обзор существующих решений задачи и ее модификаций, третий – исследование и построение решения задачи (например, описание декомпозиции исходной задачи на последовательность подзадач и др.), четвертая – практическая реализация. Под постановкой задачи понимается формализованная формулировка задачи в рамках конкретной модели предметной области, указываются требования к искомому решению в терминах используемой модели предметной области [7], [9], [11], [13], [14], [19]. При наличии задачи разработки программного средства необходимо привести обоснования выбранного инструментария, общую архитектуру разработанного средства [16], [18]. При наличии задачи доработки существующего средства должны быть описаны его новые возможности/улучшения [11], [13], [19]. Обязательно должны быть приведены результаты тестирования и характеристики функционирования качества программы, например сложность, производительность, время реакции и другие [16], [17], [18]. Листинг программы размещается в приложении.

Возможна другая структура работы. Первая глава посвящается изложению теоретического материала, анализу решений изучаемой проблемы в современной науке и практике. Основой этой теоретической главы может быть обзор всех основных подходов к рассматриваемым проблемам в соответствующей специальной литературе. Итогом теоретической главы должны стать собственные выводы и представления студента о том, что и с помощью ка-

кого инструментария он собирается исследовать в практической части своей работы.

Во второй главе описывается проделанная практическая работа, все этапы данного исследования, его результаты и предложения по их использованию.

Магистерская диссертация завершается заключением, в котором подводится итог исследования, формулируются выводы: краткое обобщение всего материала, изложенного в работе. Выводы должны соответствовать сформулированным целям и задачам работы, кратко отражать основные результаты, полученные при решении ранее сформулированных задач. Желательно указать возможные направления продолжения исследования. Заключение не должно содержать новых сведений, фактов, аргументов и т. д. Заключение излагается на 1–5 страницах.

## ПОДГОТОВКА И ПРОВЕДЕНИЕ ЗАЩИТЫ МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

Предварительная защита [1] магистерской диссертации в форме научного доклада проводится на кафедре перед комиссией в составе заведующего кафедрой, руководителя магистерской программы, научного руководителя и других преподавателей кафедры.

Порядок предварительной защиты:

1. Научный доклад студента.
2. Ответы студента на вопросы членов комиссии по содержанию магистерской диссертации.
3. Выступление научного руководителя с отзывом, в котором сообщаются сильные и слабые стороны представленной работы и даются рекомендации по доработке, если она необходима.
4. Выступление членов комиссии с замечаниями и рекомендациями по доработке диссертации, если она необходима.
5. Заключение комиссии.

Замечания и предложения комиссии фиксируются в протоколе заседания комиссии.

Магистерская диссертация направляется на рецензирование. Студент заранее знакомится с рецензией, для того чтобы подготовить ответы на вопросы и замечания, сделанные рецензентом.

За две недели до защиты на кафедру представляются следующие документы:

- 1) оформленная (переплетенная) магистерская диссертация, на титульном листе которой имеется подпись студента;
- 2) автореферат;
- 3) отзыв научного руководителя;
- 4) отзыв заказчика ВКР;
- 5) подписанная рецензентом рецензия, заверенная им по месту его работы;
- 6) копии статей, тезисов, заявок на патенты и др.

Защита диссертации в обязательном порядке предполагает использование компьютерной презентации, подготовленной с учетом ограниченного времени защиты (7–10 минут на выступление). Она в наглядной форме демонстрирует членам государственной

аттестационной комиссии основные положения магистерской диссертации. Для подготовки презентации следует согласовать с научным руководителем текст доклада, разработать структуру презентации и создать ее, например в Power Point.

Структура презентации должна соответствовать структуре доклада:

- титульный слайд (1 слайд);
- актуальность темы выпускной работы (1–2 слайда);
- цель и задачи дипломного проекта (1–2 слайда);
- методы решения задач (1–8 слайдов);
- результаты решения задач (1–8 слайдов);
- финальный слайд (1 слайд).

При создании слайдов следует учитывать законы восприятия текста: цвет, размер символов. Сочетание цветов фона и текста должно быть таким, чтобы текст легко мог быть прочитан. Лучшее сочетание: белый фон, черный текст. В качестве основного шрифта рекомендуется использовать черный или темно-синий.

Презентация должна полностью соответствовать тексту доклада. Она не должна повторять текст, зачитываемый студентом, при этом должна содержать максимальное количество схем, графиков, т. е. дополнять, иллюстрировать доклад студента. Слайды не следует перегружать графической и текстовой информацией. Предложения – короткие, выбор шрифта должен позволять читать текст с большого расстояния.

Защита магистерской диссертации проводится на открытом заседании государственной экзаменационной комиссии (ГЭК) [1]. На защиту приглашаются научные руководители, рецензенты, работодатели и все желающие. Защита начинается с оглашения приказа о составе ГЭК, затем председатель ГЭК открывает защиту. Секретарь ГЭК перед защитой студентов передает магистерскую диссертацию и авторефераты членам комиссии. Секретарь ГЭК сообщает фамилию, имя, отчество автора магистерской диссертации. Затем слово предоставляется студенту для выступления. Время доклада не более 10 минут. Иллюстративный материал должен быть представлен в виде презентации или размножен на листах формата А4 для членов ГЭК и всех присутствующих. В содержание доклада



следует включать: цель и задачи, актуальность темы, методы решения поставленных задач, результаты, применение полученных результатов. В конце доклада следует поблагодарить своего научного руководителя. После доклада защищающийся отвечает на вопросы членов ГЭК по содержанию работы, затем слово предоставляется научному руководителю и рецензенту (или рецензия зачитывается), после выступления рецензента защищающемуся дают ответить на замечания рецензента.

Оценка выставляется по совокупности параметров: по содержанию магистерской диссертации, качеству оформления, качеству защиты (доклад, ответы на вопросы во время защиты), рецензии, отзыву.

Оценка «отлично» ставится, если магистерская диссертация отвечает всем требованиям, предъявляемым к ней:

- 1) раскрыта актуальность темы, формулировки цели, объекта, предмета, задач исследования соответствуют теме диссертации;
- 2) список литературы соответствует теме диссертации, в тексте работы имеются ссылки на указанные литературные источники;
- 3) содержание диссертации полностью раскрывает тему;
- 4) во время защиты даны правильные ответы на вопросы;
- 5) магистерская работа оформлена аккуратно.

Оценка «хорошо» ставится, если магистерская диссертация имеет некоторые несущественные недочеты по требованиям, предъявляемым к диссертации:

- 1) раскрыта актуальность темы, формулировки цели, объекта, предмета, задач исследования соответствуют теме диссертации;
- 2) список литературы соответствует теме диссертации, в тексте работы имеются ссылки на указанные литературные источники;
- 3) в тексте работы или во время доклада были допущены неточности;
- 4) во время защиты даны неточные ответы на вопросы;
- 5) магистерская диссертация оформлена аккуратно.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если в магистерской диссертации задачи не соответствуют цели:

- 1) имеются неточности при раскрытии актуальности темы, формулировке цели, объекта, предмета, задач исследования;

- 2) имеются замечания к списку литературы;
- 3) имеются замечания к содержанию магистерской диссертации, есть ошибки;
- 4) во время защиты даны неправильные ответы на вопросы;
- 5) в отзыве и рецензии указываются серьезные недостатки диссертации;
- 6) работа оформлена неаккуратно.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если цель магистерской диссертации не достигнута:

- 1) не раскрыта актуальность темы, формулировки цели, объекта, предмета, задач исследования не соответствуют теме диссертации;
- 2) список литературы не соответствует теме диссертации, в тексте работы нет ссылок на указанные литературные источники;
- 3) имеются серьезные замечания к магистерской диссертации в отзыве и рецензии, результаты работы недостоверны, допущены ошибки;
- 4) во время доклада не продемонстрированы необходимые знания в рассматриваемой области;
- 5) ответы на вопросы отсутствуют или содержат серьезные ошибки;
- 6) магистерская диссертация оформлена неаккуратно;
- 7) в работе установлено наличие плагиата.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Положение о государственной итоговой аттестации выпускников университета // официальный сайт Тольяттинского государственного университета. – URL: <https://www.tltsu.ru/upravlenie/educational-methodical-management/regulatory-documents-of-educational-process/> (дата обращения: 20.05.2020).
2. Положение о выпускной квалификационной работе // официальный сайт Тольяттинского государственного университета. – URL: <https://www.tltsu.ru/upravlenie/educational-methodical-management/regulatory-documents-of-educational-process/> (дата обращения: 20.05.2020).
3. Положение о магистратуре // официальный сайт Тольяттинского государственного университета. – URL: <https://www.tltsu.ru/upravlenie/educational-methodical-management/regulatory-documents-of-educational-process/> (дата обращения: 20.05.2020).
4. Инструкция по оформлению цитат и ссылок на первоисточники // официальный сайт Тольяттинского государственного университета. – URL: <https://www.tltsu.ru/upravlenie/educational-methodical-management/regulatory-documents-of-educational-process/> (дата обращения: 20.05.2020).
5. Методические указания по оформлению выпускных квалификационных работ по программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры // официальный сайт Тольяттинского государственного университета. – URL: <https://www.tltsu.ru/upravlenie/educational-methodical-management/regulatory-documents-of-educational-process/> (дата обращения: 20.05.2020).
6. ГОСТ Р 7.0.5–2008. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 апреля 2008 г. № 95-ст. : дата введения 2009-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2008. – 23 с.
7. Колесов, Ю.Б. Моделирование систем. Динамические и гибридные системы : учеб. пособие для вузов / Ю.Б. Колесов, Ю.Б. Сеиченков. – Гриф УМО. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2006. – 224 с.

8. Колесов, Ю.Б. Моделирование систем. Объектно-ориентированный подход : учеб. пособие для вузов / Ю.Б. Колесов, Ю.Б. Сениченков. – Гриф УМО. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2006. – 185 с.
9. Тырыгина, Г.А. Магистерская диссертация: подготовка и защита / Г.А. Тырыгина. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2015.
10. Моисеев, Н.Н. Математические задачи системного анализа / Н.Н. Моисеев. – Москва : Высшая школа, 1981. – 488 с.
11. Орлов, С.А. Технологии разработки программного обеспечения / С.А. Орлов, Б.Я. Цилькер. – Санкт-Петербург : Питер, 2010. – 608 с.
12. Самарский, А.А. Математическое моделирование : Идеи. Методы. Примеры / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. – 2-е изд., испр. – Москва : Физматлит, 2002. – 316 с.
13. Себеста, Р.У. Основные концепции языков программирования / Р.У. Себеста. – Москва : Вильямс, 2001. – 112 с.
14. Шеннон, Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука / Р. Шеннон ; пер. с англ. – Москва : Мир, 1978. – 420 с.
15. Салмина, Н.Ю. Имитационное моделирование : учеб. пособие / Н.Ю. Салмина. – Томск : Эль Контент, 2015. – 90 с.
16. Гагарина, Л.Г. Технология разработки программного обеспечения : учеб. пособие / Л.Г. Гагарина, Е.В. Кокорева, Б.Д. Сидорова-Виснадул ; под ред. Л.Г. Гагариной. – Москва : Форум : ИНФРА-М, 2019. – 400 с.
17. Сеницын, С.В. Верификация программного обеспечения : учеб. пособие / С.В. Сеницын, Н.Ю. Налютин. – 2-е изд. (эл.). – Москва : ИНТУИТ, 2017 ; Саратов : Вузовское образование, 2017. – 368 с.
18. Ананьева, Т.Н. Стандартизация, сертификация и управление качеством программного обеспечения : учеб. пособие / Т.Н. Ананьева, Н.Г. Новикова, Г.Н. Исаев. – Москва : ИНФРА-М, 2017. – 232 с.
19. Йенер, М. Java EE = Java EE Design Patterns : паттерны проектирования для профессионалов / М. Йенер, А. Фидом ; [пер. с англ. И. Пальти]. – Санкт-Петербург : Питер, 2016. – 239 с.
20. Новиков, Е.А. Моделирование жестких гибридных систем : учеб. пособие / Е.А. Новиков, Ю.В. Шорников. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 420 с.

*Оформление оглавления*

**Оглавление**

Введение .....  
 Глава 1 Анализ известных методов моделирования ячеечной перколяции на пространственных сетках .....  
     1.1 Алгоритм на основе генератора псевдослучайных чисел .....  
     1.2 Алгоритмы кластеризации .....  
     1.3 Принципы распараллеливания .....  
 Глава 2 Моделирование ячеечной перколяции на пространственных решетках .....  
     2.1 Алгоритм кластеризации: модифицированный алгоритма Ньюмана – Зиффа для пространственной сетки .....  
     2.2 Простая кубическая решетка (SC) .....  
     2.3 Гексагональная плотноупакованная решетка (HCP) .....  
 Глава 3 Применение параллельных вычислений к задаче моделирования перколяции на пространственных решетках .....  
 Глава 4 Результаты моделирования .....  
 Заключение .....  
 Список литературы .....  
 Приложение 1 Код программы .....  
 Приложение 2 Код функции определения структуры для HCP .....  
 Приложение 3 Код программы для объединения результатов .....

*Образец общей характеристики автореферата магистерской диссертации «Подход к задаче звездно-высотной минимизации недетерминированного конечного автомата»*

**Общая характеристика исследования**

**Актуальность и научная значимость настоящего исследования**

В диссертации рассматривается задача построения псевдооптимального регулярного выражения для заданного недетерминированного конечного автомата. Решение данной задачи является важным для некоторых прикладных проблем в лексическом и синтаксическом анализе и других приложениях.

Во многих приложениях (лексический и синтаксический анализ, программы обработки текста, языки запросов и т. д.) широко применяются регулярные языки. В различных приложениях используются разные способы представления регулярного языка, и для каждого из этих способов важным является максимально экономичное задание. В частности, в некоторых областях теории формальных языков предпочтительнее использование регулярных выражений с минимально возможной звездной высотой. В связи с этим возникает проблема построения регулярного выражения, оптимального с точки зрения звездной высоты, для заданного конечного автомата. Для автоматов с большой размерностью приемлемое решение получить проблематично.

Поэтому актуальной является задача построения *эвристических* алгоритмов реального времени (так называемых *anytime-алгоритмов*) — для поиска *псевдооптимального* регулярного выражения для регулярного языка, заданного с помощью недетерминированного конечного автомата. В каждый определенный момент работы таких алгоритмов можно получить лучшее (на данный момент) решение, а последовательность таких решений в пределе дает оптимальное решение.

В то же время рассматриваемая задача тесно связана с проблемой звездной высоты, которая является фундаментальной проблемой в теории формальных языков.

Таким образом, решение поставленной задачи имеет как теоретическое, так и практическое значение.

### **Объект исследования**

Объектами исследования являются регулярные языки, являющиеся классом формальных языков, а также формализмы, представляющие данные языки, недетерминированные конечные автоматы (математическая модель вычислительного процесса) и регулярные выражения.

### **Предмет исследования**

Предметом исследования являются алгоритмы построения псевдооптимального регулярного выражения по недетерминированному конечному автомату.

### **Цель исследования**

Целью диссертации является разработка и описание алгоритмов для решения задачи звездно-высотной минимизации недетерминированного конечного автомата и реализация алгоритма в виде проблемно-ориентированной программы.

### **Основные задачи исследования**

1. Исследование и реализация точных методов решения задачи, исследование их эффективности.
2. Разработка и реализация эвристик для определения порядка удаления состояний автомата в методе элиминации вершин для построения приближенного решения.
3. Исследование и реализация методов усреднения эвристик, в частности мультиэвристического подхода с применением динамических оценок к решению поставленной задачи.
4. Разработка и реализация эвристик для незавершенного метода ветвей и границ.
5. Разработка и реализация anytime-алгоритма, позволяющего найти лучшее решение за указанный промежуток времени или точное решение.

### **Методы исследования**

В качестве аппарата исследования применяются математические методы разработки и анализа алгоритмов.

### **Научная новизна исследования**

Разработанный алгоритм является новым алгоритмом для решения поставленной задачи.

### **Теоретическая, практическая значимость исследования**

Разработанный алгоритм может быть применен для практического решения задачи в некоторых областях теории формальных языков (например, языках программирования). Также данным алгоритмом можно воспользоваться при разработке алгоритма для решения проблемы звездной высоты.

### **Достоверность и обоснованность результатов исследования**

Достоверность подтверждается результатами экспериментов, сравнением результатов работы алгоритмов с применением разработанных эвристик и результатов решения задачи другими методами.

### **Личное участие автора**

Постановка задач осуществлялась научным руководителем. Описываемые в диссертации эвристики и подходы, разработанный алгоритм решения поставленной задачи выполнены автором самостоятельно либо в соавторстве с научным руководителем. Эвристики для приближенного решения задачи, а также эвристики для ветвления и вычисления границ в незавершенном методе ветвей и границ разработаны автором самостоятельно.

### **Апробация и внедрение результатов работы**

Результаты работы докладывались и обсуждались:

- на VII Всероссийской научно-технической конференции «Искусственный интеллект в XXI веке» (Пенза, ноябрь 2009);
- XXVI Международной научно-технической конференции «Математические методы и информационные технологии в экономике, социологии и образовании» (Пенза, декабрь 2010).

### **На защиту выносятся:**

1. Эвристики для приближенного решения задачи.
2. Методы усреднения эвристик. Применение мультиэвристического подхода, динамических функций риска для данной задачи.
3. Применение незавершенного метода ветвей и границ, эвристики для этого метода в рассматриваемой задаче.
4. Демонстрация результатов, показывающих эффективность разработанных алгоритмов.

### **Структура магистерской диссертации**

Работа состоит из введения, десяти глав, заключения и одного приложения. Основной текст работы изложен на 79 страницах.



**Образец основной части автореферата  
магистерской диссертации**

**Основное содержание работы**

**Введение** – приводится общий обзор диссертации, описывается постановка задачи и актуальность рассматриваемой проблемы. Показана связь работы с проблемой звездной высоты, являющейся одной из важных проблем теории формальных языков. *Проблема звездной высоты* – проблема построения регулярного выражения, определяющего заданный регулярный язык и имеющего минимальную звездную высоту. Приводится краткое описание существующих методов решения данной проблемы.

**Первая глава** – основные определения. Здесь приводятся наиболее важные понятия и определения предметной области, такие как регулярные языки, конечные автоматы, регулярные выражения, звездная высота конечных автоматов и регулярных выражений, а также другие определения, связанные с этими понятиями.

**Определение 1.** *Недетерминированным конечным автоматом* назовем пятерку  $K = (Q, \Sigma, \delta, S, F)$ , где

$Q$  – некоторое конечное множество, называемое множеством состояний;

$\Sigma$  – некоторый алфавит.

Автомат  $K$  вводится для задания некоторого языка над этим алфавитом;

$\delta$  – функция переходов – функция вида  $\delta : Q \times Q \rightarrow P(\Sigma \cup \{\varepsilon\})$ . Значениями этой функции являются подмножества множества  $\Sigma$ ;

$S$  – множество стартовых состояний;

$F$  – множество финальных состояний.

**Определение 2.** Пусть задан алфавит  $\Sigma$ . Будем говорить, что:

- 1) строка  $\emptyset$  есть *регулярное выражение*, задающее регулярный язык  $\emptyset$ ;
- 2) строка  $a$  для каждого  $a \in \Sigma$  есть регулярное выражение, задающее регулярный язык  $\{a\}$ .

Далее, пусть  $p$  и  $q$  – регулярные выражения, задающие соответственно регулярные языки  $P$  и  $Q$ . Тогда:

- 1) строка  $(p + q)$  есть регулярное выражение, задающее регулярный язык  $P \cup Q$ ;

- 2) строка  $(p \cdot q)$  есть регулярное выражение, задающее регулярный язык  $PQ$ .
- 3) строка  $(p^*)$  есть регулярное выражение, задающее регулярный язык  $P^*$ .

*Регулярное выражение* — это то и только то, что может быть образовано с помощью применения в каком-либо порядке перечисленных пяти правил; каждое из этих правил может быть при этом применено любое число раз.

**Определение 3.** *Регулярным языком (множеством)* называется то и только то, что может быть задано с помощью какого-нибудь регулярного выражения.

**Определение 4.** Определим по индукции звездную высоту регулярного выражения  $r$  (обозначим ее  $sh(r)$ ):

1.  $sh(\emptyset) = sh(\emptyset^*) = sh(a) = 0$  для всех  $a \in \Sigma$ .
2. Пусть  $r$  и  $s$  — произвольные регулярные выражения.
3. Тогда  $sh((r + s)) = sh((r \cdot s)) = \max(sh(r), sh(s))$ .
4. Для любого регулярного выражения  $r$   $sh((r^*)) = sh(r) + 1$ .

**Определение 5.** *Звездная высота регулярного языка* есть минимальная из звездных высот регулярных выражений, определяющих этот язык.

**Во второй главе** приводится доказательство эквивалентности конечных автоматов и регулярных выражений. Рассматривается теорема Клини и ее доказательство, которое дает алгоритм построения регулярного выражения по конечному автомату (такое регулярное выражение не является оптимальным).

Третья глава посвящена описанию точного алгоритма для решения рассматриваемой задачи. Приведен алгоритм последовательной элиминации вершин для получения регулярного выражения по конечному автомату, который может быть альтернативой алгоритму из доказательства теоремы Клини. В этом методе на каждом шаге из конечного автомата удаляется одно состояние, а все данные о связанных с ним переходах добавляются в новые переходы между оставшимися состояниями автомата. Процедура удаления состояний повторяется до тех пор, пока не получим конечный автомат, в котором присутствуют только стартовое состояние, финальное состояние и переход между ними, помеченный искомым регулярным выражением.

Далее рассматривается алгоритм полного перебора, в котором может применяться один из приведенных выше алгоритмов, а также оптимизация для данного метода, позволяющая сократить полный перебор. Алгоритм заключается в переборе всех  $n!$  ( $n$  – количество состояний) перестановок состояний конечного автомата. Для каждой перестановки находится регулярное выражение. Среди них выбирается то, которое имеет наименьшую звездную высоту.

**В четвертой главе** рассматриваются различные эвристики для вычисления такой перестановки состояний автомата, применение которой при последовательном удалении вершин должно давать регулярные выражения, звездная высота которых во многих случаях близка к минимальной. Таким образом, получаем приближенные методы решения задачи с помощью эвристик. Для определения эвристик рассматриваются следующие характеристики вершин автомата:

1. Количество циклов, проходящих через данную вершину.
2. Суммарная длина всех циклов, проходящих через вершину.
3. Количество состояний, входящих в циклы, проходящие через данную вершину. Каждое состояние учитывается один раз.
4. Произведение нормированных характеристик 1 и 3.

Приводятся результаты экспериментов, позволяющие оценить эффективность разработанных эвристик.

**В пятой главе** описываются методы усреднения различных эвристик. Рассматривается мультиэвристический подход решения задачи с применением динамических оценок, которые строятся на основе оценок, полученных от разных эвристик. Пусть  $x_1, \dots, x_k$  – оценки различных эвристик,  $f$  – функция риска. Тогда динамическая оценка вычисляется следующим образом:

$$z(x_1, \dots, x_k) = \frac{\sum_{i=1}^k x_i f(x_i)}{\sum_{i=1}^k f(x_i)}.$$

Для вычисления таких оценок применяется функция риска. Наиболее удачные результаты получаются для функции риска с динамической сменой стратегии.

Если получена оценка, близкая к максимальной, учитываем возможность неблагоприятных факторов, поэтому функция риска убывает.

Если полученная оценка имеет приблизительно среднее значение, то функция риска близка к константе.

Если оценка, данная эвристикой, близка к минимуму, то, наоборот, учитываем вероятность благоприятного исхода случайных факторов, соответственно, функция риска возрастает.

$$f(x) = \begin{cases} 0,8(1-x)^2 + 0,2, & \text{если } x \approx 1 \\ 1 - 0,6x, & \text{если } x > 0 \\ -0,2x^2 + 1, & \text{если } x \approx 0 \\ 1, & \text{если } x < 0 \\ -0,8(1-x^2) + 1, & \text{если } x \approx -1 \end{cases}$$

Таким образом, с помощью мультиэвристического подхода получаем оценки состояний конечного автомата, вычисленные с применением сразу нескольких эвристик.

**В шестой главе** описывается незавершенный метод ветвей и границ, который получается при внесении некоторых изменений в классический метод. Такой подход можно применять для поиска не только точных, но и приближенных решений задачи, которые оказываются довольно близкими к оптимальным решениям. С помощью незавершенного метода ветвей и границ можно получить лучшее решение, найденное за определенный промежуток времени. Вместе с тем можно найти и точное решение намного быстрее, чем переборными методами.

Приводится пошаговое описание anytime-алгоритма решения проблемы, алгоритмов вычисления границ и ветвления. Сравняются различные варианты выбора задачи из дерева решений: по минимальной размерности задачи, по минимальной границе, а также комбинация этих двух вариантов.

**В седьмой главе** описывается реализация разработанных алгоритмов. Приводится описание наиболее важных функций, классов и структур данных.

**В восьмой главе** рассматривается алгоритм генерации случайного конечного автомата, который применяется для проведения экспериментов в данной работе.

**В девятой главе** приведены описания вычислительных экспериментов, проводимых с целью проверки работы алгоритмов и анализа их эффективности. Приводятся и анализируются результаты, полученные в ходе экспериментов.

### **Заключение**

Результатами диссертационного исследования являются новые математические модели и алгоритмы для решения рассматриваемой проблемы, а также их реализация.

**Основные результаты исследования представлены в следующих публикациях:**

1. Баумгертнер С.В. Мультиэвристический подход в задаче звездно-высотной минимизации // Искусственный интеллект в XXI веке : VII Всероссийская научно-техническая конференция : сборник статей. – Пенза. – 2009. – С. 89–92.

2. Баумгертнер С.В. Об одном подходе к задаче звездно-высотной минимизации недетерминированных конечных автоматов // Математические методы и информационные технологии в экономике, социологии и образовании : XXVI Международная научно-техническая конференция : сборник статей. – Пенза. – 2010. – С. 134–139.

3. Баумгертнер С.В., Мельников Б.Ф. Мультиэвристический подход к проблеме звездно-высотной минимизации недетерминированных конечных автоматов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2010. – № 1. – С. 98–105.

4. Баумгертнер С.В. Дополнительные эвристики в задаче звездно-высотной минимизации недетерминированного конечного автомата // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2010. – № 3. – С. 64–72.

*Образец общей характеристики автореферата  
магистерской работы*

**Применение параллельных вычислений к задаче моделирования  
перколяции на пространственных решетках**

**Общая характеристика исследования**

**Актуальность и научная значимость настоящего исследования**

Теория перколяции находит свое применение в различных областях науки – физике, химии, экологии. Достижения в этих областях есть как в теории, так и в практике. Практическая сторона хорошо изучена только на двумерных решетках. Такие решетки не требуют значительных вычислительных мощностей и могут быть просчитаны на обычном ПК (т. е. могут быть получены пороги перколяции для этих решеток). Это не займет много времени, даже если проводить миллион экспериментов для одной решетки.

Другой вид решеток – трехмерные решетки – требует значительных вычислительных ресурсов. Без них подсчет перколяции даже для малых размеров может потребовать нескольких дней на расчет. Например, на расчет порога перколяции для решетки размером  $100 \times 100 \times 100$  требуется около 250 часов. Одним из возможных вариантов ускорения подсчета перколяции является распараллеливание программы на кластер, что позволяет разделить вычисления между узлами кластера. При этом время, требуемое для вычислений, также уменьшается в разы. Таким образом, целью работы является применение параллельных вычислений к задаче моделирования перколяции и получение значений порогов перколяции для пространственных решеток с размером стороны 10, 30, 50, 80, 100, 150, 450 ячеек.

В отечественной литературе<sup>1</sup> по перколяции рассматриваются в основном различные теоретические аспекты и алгоритмы получения порога перколяции ( $p_c$ ). В этих работах нет данных о вычислении  $p_c$  для различных решеток. В зарубежной литературе подавляю-

---

<sup>1</sup> Гулд Х, Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике. – М. : Мир, 1990. – Т. 2. – 400 с.

Тарасевич Ю. Перколяция: теория, приложения, алгоритмы. – М. : Едиториал УРСС, 2002. – 112 с.

щее большинство исследований проведены для двумерных решеток. Размер этих решеток обычно от 32 до 4096 ячеек. Количество экспериментов для каждой решетки достигает  $10^6$  (и выше) итераций. Например, в работе Yang<sup>2</sup> просчитываются решетки размером  $L = 32, 64, 128, 256$  ячеек с количеством экспериментов –  $2 \times 10^6$ . В работе Atman<sup>3</sup> размер решеток  $L = 32, 64, 128, 256, 512, 1024$  ячеек. Количество итераций – 1000. В работе Lipowski<sup>4</sup> размер решеток достигает  $L = 2000$ , количество экспериментов –  $10^8$ .

Для трехмерных решеток исследования обычно проводятся для решеток  $L \leq 128$ . Например, в работе Sander<sup>5</sup> длина просчитываемых решеток  $L = 10, 20, 30, 40, 50, 60$  ячеек. В работе Winter<sup>6</sup> исследуются решетки длиной  $L = 12, 16, 20, 24, 28, 32, 40, 48$ . В работе Miller<sup>7</sup> проверяется рост кластера для  $L = 40, 50, 63, 80$  ячеек. В работе Mercaldo<sup>8</sup> также изучаются небольшие сетки:  $L = 12, 24, 32, 40$ .

В работе Pfeiffer<sup>9</sup> исследуются двумерные и трехмерные решетки. Максимальный размер последних ограничивается длиной  $L = 128$  (просчитываются  $L = 4, 8, 16, 32, 64, 128$ ). В то время как размер двумерных решеток достигает 1024 ячеек ( $L = 8, 16, 32, 64, 128, 256$ ,

---

<sup>2</sup> Yang H. Alternative criterion for two-dimension wrapping percolation. – URL: <http://arxiv.org/abs/1201.4526> (дата обращения: 10.05.2012).

<sup>3</sup> Atman A.P.F., De Lima B.N.B., Schnabel M. Is the percolation probability on  $Z^d$  with long range connections monotone? – URL: <http://arxiv.org/abs/1205.2433> (дата обращения: 01.06.2012).

<sup>4</sup> Lipowski A., Droz M. Phase transitions in nonequilibrium d-dimensional models with  $q$  absorbing states. – URL: <http://arxiv.org/abs/cond-mat/0112130> (дата обращения: 31.05.2012).

<sup>5</sup> Sander R.S., de Oliveira M.M., Ferreira S.C. Quasi-stationary simulations of the directed percolation universality class in  $d = 3$  dimensions. – URL: <http://arxiv.org/abs/1101.1105> (дата обращения: 01.03.2012).

<sup>6</sup> Winter F., Janke W., Schakel A.M.J. Geometric Properties of the Three-Dimensional Ising and XY Models. – URL: <http://arxiv.org/abs/0803.2177> (дата обращения: 05.05.2012).

<sup>7</sup> Miller S., Luding S. Cluster Growth in two- and three-dimension Granular Gases. – URL: <http://arxiv.org/abs/cond-mat/0304637> (дата обращения: 20.06.2012).

<sup>8</sup> Mercaldo M.T., Angles d'Auriac J-Ch., Igloi F. Critical and tricritical singularities of the three-dimensional random-bond Potts model for large  $q$ . – URL: <http://arxiv.org/abs/cond-mat/0511203> (дата обращения: 01.05.2012).

<sup>9</sup> Pfeiffer F.O., Rieger H. Critical properties of loop percolation models with optimization constraints. – URL: <http://arxiv.org/abs/cond-mat/0212513> (дата обращения: 05.06.2012).

512, 1024). Martins<sup>10</sup> исследует двумерные решетки с длиной от  $L = 32$  до 128 и трехмерные с  $L = 16, 20, 24, 28$  ячеек. Наибольшие решетки исследованы у Lee<sup>11</sup>, длина составляет  $L = 256$ . И в работе Saberi<sup>12</sup> и Schrenk<sup>13</sup> рассматриваются решетки, чьи максимальные размеры достигают  $L = 300$ .

### **Объект исследования**

Объектом исследования является перколяция.

### **Предмет исследования**

Предметом исследования является порог перколяции для пространственных решеток.

**Цель исследования** — разработка алгоритмов для порога перколяции пространственных решеток.

### **Задачи исследования**

Задачами исследования являются:

- разработка алгоритмов параллельных вычислений для кубической и гексагональной плотноупакованной решеток;
- анализ эффективности алгоритмов;
- проведение вычислительных экспериментов;
- обработка результатов, получение порогов перколяции.

### **Методы исследования**

Методом исследования является компьютерное моделирование.

### **Научная новизна исследования**

1. Разработаны два новых алгоритма для подсчета порога перколяции на пространственных решетках, оптимизированные для параллельных вычислений.

---

<sup>10</sup> Martins P.H.L., Plascak J.A. Percolation on two- and three-dimension lattices. – URL: <http://arxiv.org/abs/cond-mat/0304024> (дата обращения: 01.05.2012).

<sup>11</sup> Lee M.J. Methods in percolation. – URL: <http://ir.canterbury.ac.nz/handle/10092/2365> (дата обращения: 01.03.2012).

<sup>12</sup> Saberi A.A., Dashti-Naserabadi H. Three Dimensional Ising Model Percolation Theory and Conformal Invariance. – URL: <http://arxiv.org/abs/1012.1485> (дата обращения: 11.06.2012).

<sup>13</sup> Schrenk K.J., Araujo A.M., Herrmann H.J. Gaussian model of explosive percolation in three and higher dimensions. – URL: <http://arxiv.org/abs/1104.5376> (дата обращения: 01.02.2012).



2. Разработан программный комплекс, реализующий вычисление порога перколяции на пространственных решетках путем распределения вычислений между узлами кластера.
3. Получены результаты порогов перколяции для больших решеток.

#### **Практическая значимость исследования**

1. Разработанный алгоритм позволяет определять значения левого и правого порогов перколяции для пространственной решетки.
2. На примере разработанного программного комплекса продемонстрировано повышение эффективности вычислений порога перколяции на пространственной решетке при использовании параллельных вычислений.

#### **Апробация и внедрение результатов работы**

- Дискретное моделирование неоднородных динамических систем на основе клеточных автоматов с переменным шаблоном / Н.И. Лиманова, Е.Ю. Журавлев, Е.А. Жаренов, Е.А. Мамзин // Синергетика в естественных науках : материалы Международной междисциплинарной научной конференции с элементами научной школы для молодежи (Тверь, 18–22 апреля 2012 г.). – Тверь : ТГУ, 2012. – С. 68–72.
3. Параллельные вычисления в задачах моделирования сложных систем / Н.И. Лиманова, Е.А. Жаренов, М.М. Ворона, П.А. Шишкин // В мире научных открытий. – 2010. – № 4 (10), ч. 9. – С. 133–135. – (Рекомендован ВАК).
  4. Моделирование формо- и фазообразования в неравновесных микрочастицах / Н.И. Лиманова, Е.А. Талалова, М.М. Ворона, Е.А. Жаренов, А.Б. Мельников // Материалы Международной междисциплинарной научной конференции «Синергетика в естественных науках» (Тверь, 22–25 апреля 2010 г.). – Тверь : ТГУ, 2010. – С. 103–105.

#### **На защиту выносятся:**

- 1) разработанные алгоритмы на основе параллельных вычислений для подсчета порога перколяции для пространственных решеток (двух типов – простая кубическая и гексагональная плотноупакованная);

- 2) проведенный анализ эффективности алгоритмов, из которого видно, что для кубических решеток длиной 30 ячеек экономия составляет 50 % времени (0,5 ч против 1 ч). Для 50 ячеек эффективность – 80 % (1,4 ч против 7 ч). Для 80 ячеек вычисления на пяти процессорах занимают 13,4 ч, а на одном процессоре – 67,1 ч (эффективность – 80 %). И для решетки длиной 100 ячеек эффективность также составляет 80 % (47,6 ч на пяти процессорах против 237 ч на одном процессоре);
- 3) проведенные вычислительные эксперименты и полученные пороги перколяции для решеток различного размера.

### **Структура магистерской диссертации**

Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и трех приложений. Основной текст работы изложен на 95 страницах.

### *Образец основной части автореферата магистерской диссертации*

#### **Основное содержание работы**

Во **введении** диссертации содержится описание задачи моделирования перколяции и применяемых алгоритмов для получения порога перколяции.

В **первом разделе первой главы** рассматривается сравнение обычного генератора псевдослучайных чисел и ГПСЧ вихрь Мерсенна. Описывается трудоемкость задачи.

Во **втором разделе** приводятся некоторые алгоритмы кластеризации.

**Третий раздел** содержит несколько вариантов распараллеливания алгоритма вычислений, основанных на независимости экспериментов.

**Вторая глава** посвящена модификации алгоритма Ньюмана – Зиффа для пространственной решетки. Рассматриваются два типа пространственных решеток – простая кубическая и гексагональная плотноупакованная.

**Первый раздел** содержит усовершенствованный алгоритм Ньюмана – Зиффа. Ниже приводится блок-схема алгоритма (рисунок 1).

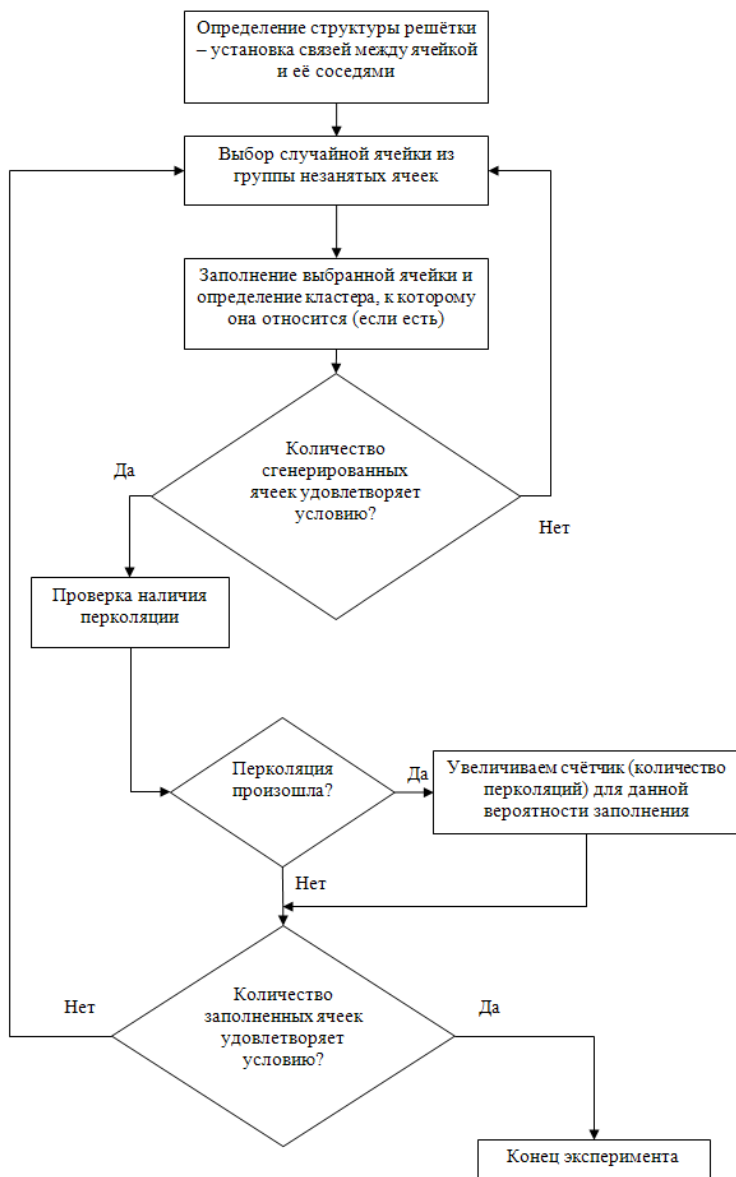


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма Ньюмана – Зиффа

Приводится код алгоритма (для языка C) с комментариями. Также приводятся фрагменты кода, изменение которых позволит увеличить производительность алгоритма. Приводится код, описы-

вающий структуру кубической и гексагональной плотноупакованной решеток.

**Второй раздел** содержит описание простой кубической решетки (simple cubic, sc). Каждый элемент такой решетки представляет собой кубик (рисунок 2).

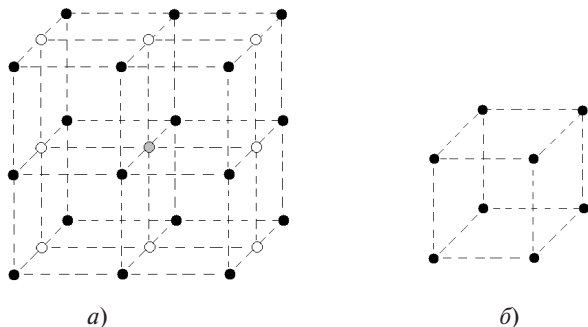


Рисунок 2 – Пример элементарной ячейки для кубической решетки (а) и пример пространственной решетки (б)

В **третьем разделе** рассматривается структура гексагональной плотноупакованной решетки. Для простоты восприятия сначала рассматривается гексагональная решетка (рисунок 3).

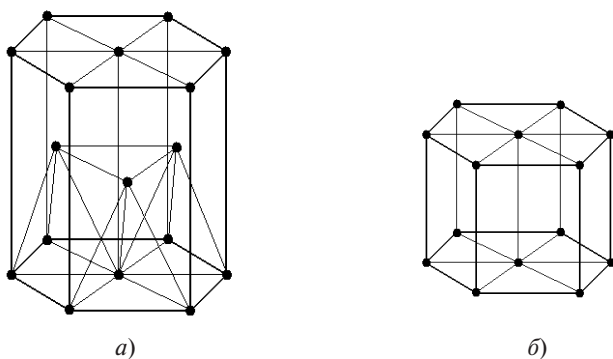


Рисунок 3 – Пример элементарных ячеек для гексагональной (а) и гексагональной плотноупакованной решетки (б)

В **третьей главе** рассматривается модифицированный алгоритм Ньюмана – Зиффа, который позволяет распределять вычисления по кластеру. Приводится пример кода с комментариями (рисунок 4).

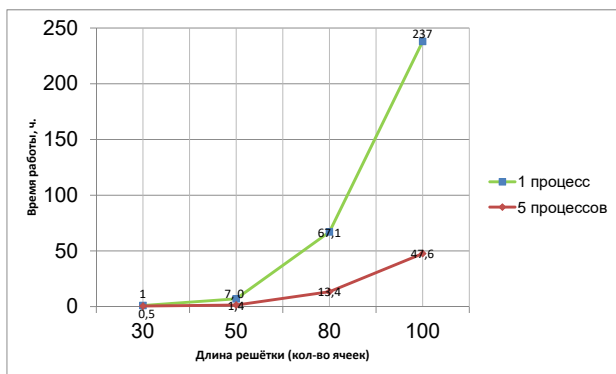


Рисунок 4 – График сравнения эффективности вычислений на одном и пяти узлах кластера

Из графика видно, что эффективность вычислений повысилась до 80 % (на пяти процессах по сравнению с одним). Также при увеличении количества процессов увеличится и эффективность вычислений.

**Четвертая глава** содержит результаты моделирования – таблицу левых и правых порогов перколяции для обоих типов пространственных решеток (таблица 1). Также приведены графики сравнения эффективности вычислений с использованием распараллеливания по сравнению с обычным алгоритмом (рисунки 5–12).

Таблица 1 – Результаты моделирования. Значения порогов перколяции (левого и правого) для кубической и гексагональной плотноупакованной решеток

Размер решетки	Тип решетки			
	SC		HCP	
	L	R	L	R
10	0,15	0,49	0,09	0,34
30	0,26	0,356667	0,16	0,242222
50	0,284	0,3368	0,1772	0,2168
80	0,3	0,324375	0,182344	0,210469
100	0,3004	0,322	0,1859	0,2086
150	0,305185	0,318815	0,191259	0,204593
450	0,311111	0,312099	0,199012	0,2

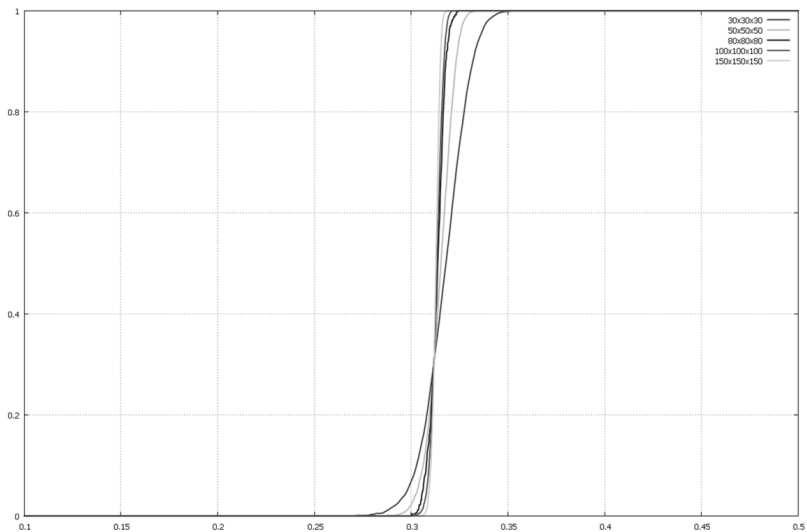


Рисунок 5 – График вероятностей перколяции для гексагональной плотноупакованной решетки

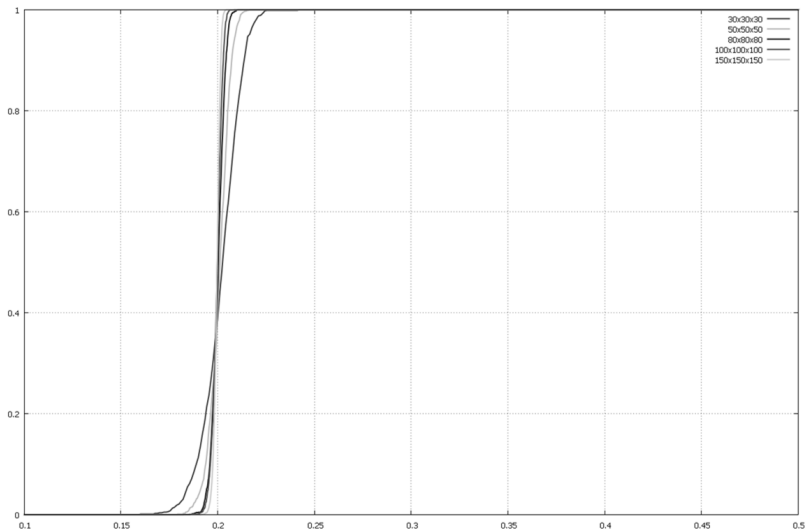


Рисунок 6 – График вероятностей перколяции для простой кубической решетки

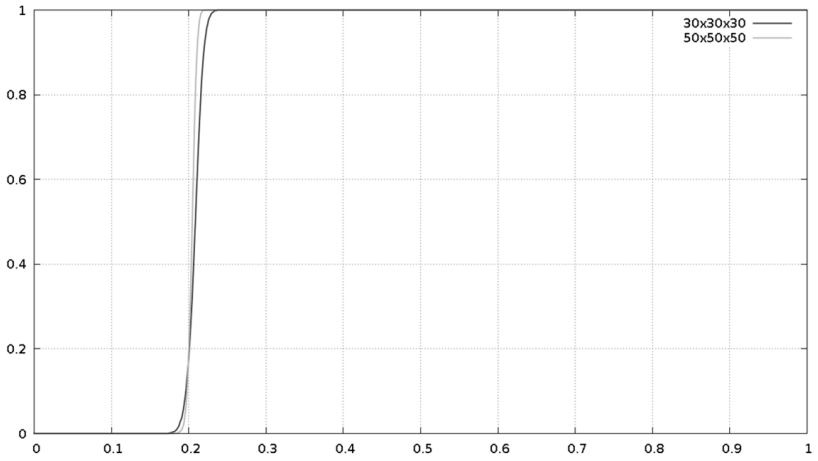


Рисунок 7 – График вероятностей перколяции для НСР  
(одна ось  $X$ )

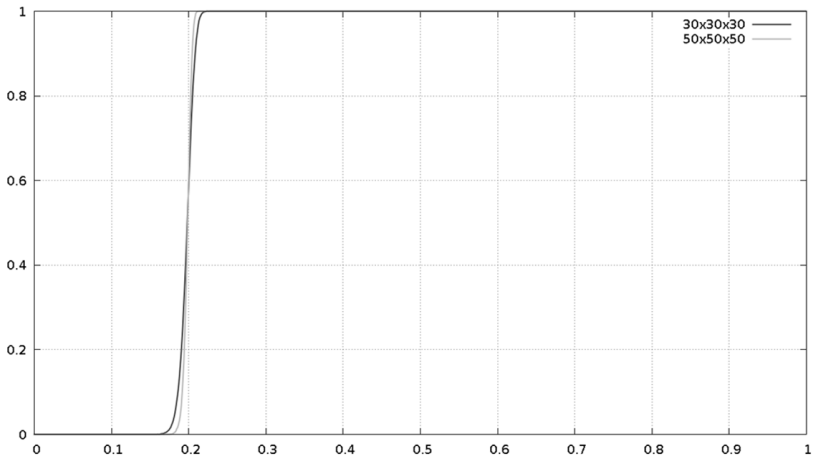


Рисунок 8 – График вероятностей перколяции для НСР  
(любая ось)

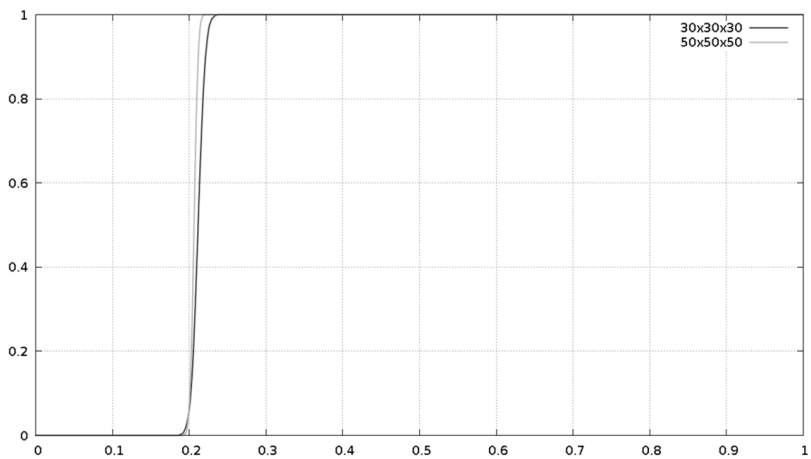


Рисунок 9 – График вероятностей перколяции для НСР  
(одновременно три оси – X, Y, Z)

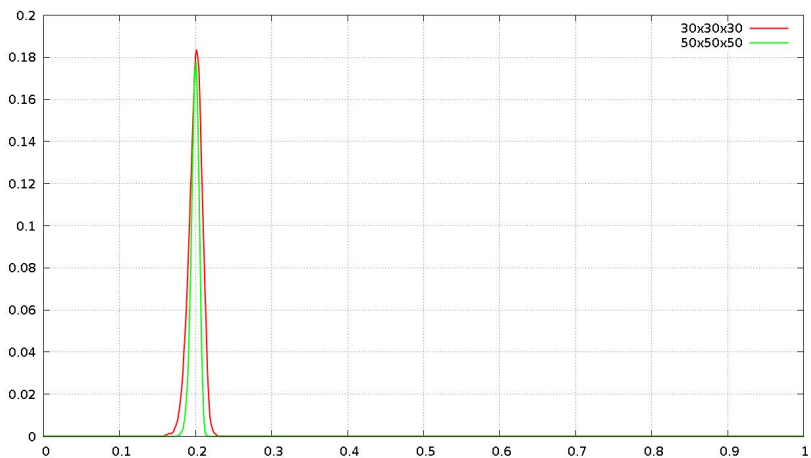


Рисунок 10 – График вероятностей перколяции для НСР  
(перколяция по X и отсутствие перколяции по Z и Y)



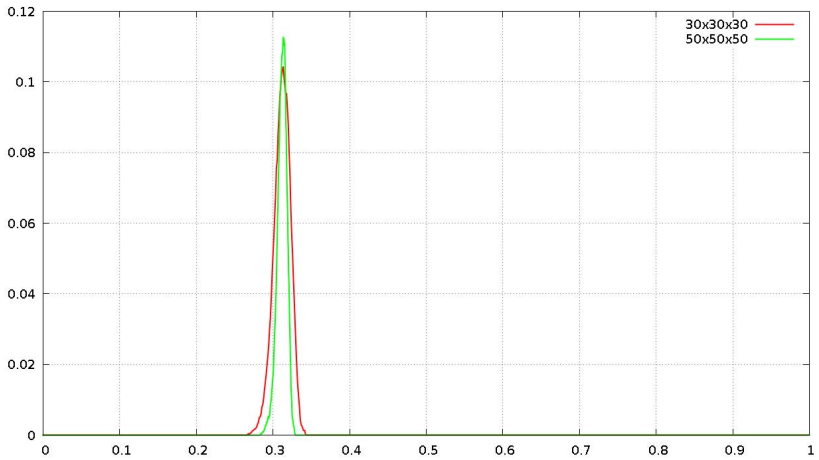


Рисунок 11 – График вероятностей перколяции для SC  
(перколяция по  $X$  и отсутствие перколяции по  $Z$  и  $Y$ )

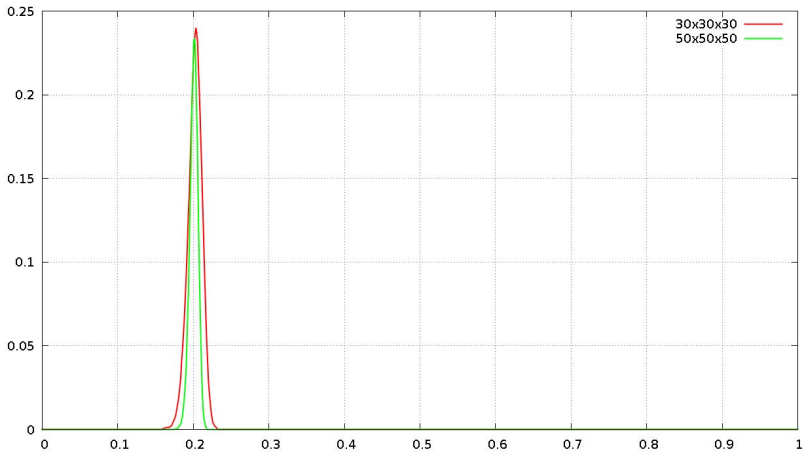


Рисунок 12 – График вероятностей перколяции для НСР  
(две оси –  $X$  и  $Y$ , перколяция по  $X$  и ее отсутствие по  $Y$ )

Из графиков видно, что полученное на практике значение порога перколяции соответствует теоретическому значению.

## Заключение

### Основные результаты исследования

1. Разработаны алгоритмы на основе параллельных вычислений для подсчета порога перколяции для пространственных решеток (двух типов – простая кубическая и гексагональная плотноупакованная).
2. Проведен анализ эффективности алгоритмов, из которого видно, что для кубических решеток длиной 30 ячеек экономия составляет 50 % времени (0,5 ч против 1 ч). Для 50 ячеек эффективность – 80 % (1,4 ч против 7 ч). Для 80 ячеек вычисления на пяти процессорах занимают 13,4 ч, а на одном процессоре – 67,1 ч (эффективность – 80 %). И для решетки длиной 100 ячеек эффективность также составляет 80 % (47,6 ч на пяти процессорах против 237 ч на одном процессоре).
3. Проведены вычислительные эксперименты и получены пороги перколяции для решеток различного размера.

В приложении приводится код алгоритма на языке С.