

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт кибернетики
Направление подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии»
Кафедра Информационных систем и технологий

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование неасимптотических оптимизаций алгоритмов нахождения максимального потока в сети

УДК 004.7:28.4:004.421.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИЗБ	Кузиванов Николай Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ИСТ	Хаустов П.А.	-		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры МЕН	Рахимов Т.Р.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ	Акулов П.А.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ИСТ	Мальчуков А.Н.	к.т.н		

Томск – 2017 г.

**ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ОСНОВНОЙ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРОВ 09.03.02
«ИНФОРМАЦИОННЫЕ
СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ», ИК ТПУ, ПРОФИЛЬ «ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ
СИСТЕМЫ»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Применять базовые и специальные естественно научные и математические знания для комплексной инженерной деятельности по созданию, внедрению и эксплуатации геоинформационных систем и технологий, а также информационных систем и технологий в бизнесе.
P2	Применять базовые и специальные знания в области современных информационных технологий для решения инженерных задач.
P3	Ставить и решать задачи комплексного анализа, связанные с созданием геоинформационных систем и технологий, информационных систем в бизнесе, с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей.
P4	Выполнять комплексные инженерные проекты по созданию информационных систем и технологий, а также средств их реализации (информационных, методических, математических, алгоритмических, технических и программных).
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования, включающие поиск и изучение необходимой научно-технической информации, математическое моделирование, проведение эксперимента, анализ и интерпретация полученных данных, в области создания геоинформационных систем и технологий, а также информационных систем и технологий в бизнесе.
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные геоинформационные системы и технологии, информационные системы и технологии в бизнесе, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья, безопасность труда, выполнять требования по защите окружающей среды.
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности.
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом. Владеть иностранным языком (углублённый английский язык), позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций.
P10	Демонстрировать личную ответственность за результаты работы и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной

	инженерной деятельности.
P11	Демонстрировать знания правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, а также готовность к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт кибернетики
Направление подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии»
Кафедра вычислительной техники

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
_____ Мальчуков А.Н.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
8ИЗБ	Кузиванов Николай Сергеевич

Тема работы:

Исследование неасимптотических оптимизаций алгоритмов нахождения максимального потока в сети	
Утверждена приказом директора (номер, дата)	№ 664/с 03.02.2017

Срок сдачи студентом выполненной работы:

02.06.2017

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Алгоритм нахождения максимального потока
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	– Анализ существующих алгоритмов; – Разработка оптимизаций; – Экспериментальное выяснение качества оптимизаций; – Финансовый менеджмент; – Ресурсоэффективность и ресурсосбережение; – Социальная ответственность.
Перечень графического материала	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант

Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рахимов Тимур Рустамович
Социальная ответственность	Акулов Пётр Анатольевич

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	30.09.2016
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ИСТ	Хаустов Павел Александрович	-		30.09.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИЗБ	Кузиванов Николай Сергеевич		30.09.2016

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт кибернетики
Направление подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии»
Уровень образования бакалавриат
Кафедра вычислительной техники
Период выполнения осенний / весенний 2016/2017 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	02.06.2017
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
22.10.16	Теоретическая часть	15
25.01.17	Проектирование	30
28.03.17	Обучение технологиям	15
29.04.17	Реализация	20
19.05.17	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
19.05.17	Социальная ответственность	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ИСТ	Хаустов П.А.	-		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ИСТ	Мальчуков А.Н.	к.т.н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 79 с., 13 рис., 25 табл., 22 источника.

Ключевые слова: алгоритм, поток, асимптотическая оценка сложности вычисления, оптимизация, граф.

Объектом исследования являются алгоритмы нахождения максимального потока.

Цель работы – исследование неасимптотических оптимизаций алгоритмов нахождения максимального потока в транспортной сети.

Для реализации сформулированной цели были поставлены следующие задачи:

1. проанализировать существующие алгоритмы;
2. предложить варианты неасимптотических оптимизаций;
3. установить практическое время работы алгоритма с предложенными неасимптотическими оптимизациями.

Область применения: решение задач нахождения максимального потока в графах, которые можно преобразовать в транспортную сеть.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ И НОРМАТИВНЫЕ

ССЫЛКИ

Путь – это определённая последовательность вершин, где каждая следующая вершина в пути связана напрямую ребром с предыдущей вершиной.

Транспортная сеть – ориентированный граф, в котором:

- каждому ребру приписана пропускная способность больше нуля;
- выделены две вершины: исток и сток. Все остальные вершины в графе лежат на каком-либо пути из истока в сток.

Поток – функция $f : V \times V \rightarrow \mathbb{R}$ со следующими свойствами для любых вершин u и v :

- ограничение пропускной способности: $f(u, v) \leq c(u, v)$;
- антисимметричность $f(v, u) = -f(u, v)$;
- сохранение потока: $\sum_w f(u, w) = 0$ для всех $u \in V$, кроме источника и стока.

Остаточная пропускная способность ребра – величина потока, которую ещё можно пропустить по ребру. Определяется как $c(u, v) - f(u, v)$.

Остаточной сетью по отношению к какой-либо транспортной сети и некоторому потоку в ней называется сеть, в которой каждому ребру с пропускной способностью $c(u, v)$ и потоком $f(u, v)$ соответствуют два ребра:

- (u, v) с пропускной способностью $c(u, v) - f(u, v)$;
- (v, u) с пропускной способностью $f(u, v)$.

Блокирующий поток – это поток, в котором любой путь из истока в сток содержит полностью заполненное этим потоком ребро. Иными словами, в данной сети не найдётся такого пути из истока в сток, вдоль которого можно беспрепятственно увеличить поток.

Слоистая сеть – это транспортная сеть, разделённая на уровни доступа следующим образом. Сначала определяются длины кратчайших путей из

истока до всех остальных вершин. Уровень для каждой вершины определяется на основе её кратчайшего расстояния до истока. Все вершины на одинаковом расстоянии до истока образуют соответствующий слой. Номер слоя равен кратчайшему расстоянию вершин в этом слое до истока. Затем в слоистой сети остаются только рёбра, направленные из слоя с меньшим номером к слою с большим. Очевидно, слоистая сеть ациклична. Кроме того, любой путь из истока в сток в слоистой сети является кратчайшим путём в исходной сети.

Асимптотическая оценка вычислительной сложности алгоритма – это понятие в информатике и теории алгоритмов, обозначающее функцию зависимости объёма работы, которая выполняется некоторым алгоритмом, от размера входных данных.

Разрез графа – множество рёбер, удаление которых разбивает граф на две несвязанные компоненты, в частности одна из компонент может состоять из одного узла.

Размер разреза графа – суммарная пропускная способность всех рёбер, входящих в разрез графа.

Единичная сеть – это сеть, в которой пропускные способности всех существующих рёбер равны единице, и у любой вершины, кроме истока и стока, либо входящее, либо исходящее ребро единственно.

Паросочетание – это набор попарно несмежных рёбер.

Оглавление

РЕФЕРАТ	7
ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ И НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ.....	8
ВВЕДЕНИЕ.....	13
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	14
1.1 Аналитический обзор.....	14
1.2 Теорема Форда-Фалкерсона	15
1.3 Алгоритм Эдмондса – Карпа	15
1.4 Алгоритм Диница	17
1.5 Алгоритм Орлина	18
2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ	19
2.1 Выбор алгоритма	19
2.2 Неасимптотические оптимизации.....	19
2.2.1 Обход в глубину.....	19
2.2.2 Обход в ширину	20
2.2.3 Случайный порядок выбора рёбер.....	21
2.2.4 Масштабирование.....	21
2.3 Типы графов.....	22
3 РЕЗУЛЬТАТЫ.....	25
3.1 Реализованное приложение для исследования быстродействия	26
3.2 Характеристики рабочей станции, на которой выполнялась оценка быстродействия	26
3.3 Граф вида дерево	26
3.4 Двудольный граф.....	28
3.5 Разреженный граф	30

3.6	Плотный граф.....	31
4	ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	35
4.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	36
4.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования	36
4.1.2	Технология QuaD	37
4.2	Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	38
4.3	Планирование научно-исследовательских работ.....	39
4.3.1	Структура работ в рамках научного исследования.....	39
4.3.2	Определение трудоемкости выполнения работ.....	39
4.3.3	Разработка графика проведения научного исследования.....	40
4.4	Бюджет научно-технического исследования.....	45
4.4.1	Расчет материальных затрат	45
4.4.2	Расчет заработной платы.....	46
4.4.3	Дополнительная заработная плата исполнителей темы	49
4.4.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)..	49
4.4.5	Расчет накладных расходов	50
4.4.6	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	
	51	
4.5	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ...	51
5	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	58
5.1	Введение	58

5.2	Производственная безопасность	58
5.2.1	Вредные производственные факторы	59
5.2.2	Опасные производственные факторы.....	65
5.2.3	Мероприятия и рекомендации по устранению и минимизации ..	67
5.3	Экологическая безопасность	69
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	70
5.5	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	72
5.5.1	Правовые нормы трудового законодательства для рабочей зоны оператора ПЭВМ.....	72
5.5.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны .	74
	Заключение	76
	Список использованных источников	77

ВВЕДЕНИЕ

Задача нахождения максимального потока тесно связана с множеством прикладных задач. Например, одно из применений – предсказание и предотвращение возникновения пробок на дорогах на основе статистической информации.

Несмотря на то, что алгоритмы для решения задачи нахождения максимального потока существуют и используются относительно давно, быстродействие программ, реализующих алгоритм, в различных случаях может существенно различаться. Это происходит из-за того, что теоретическая оценка времени работы алгоритма, основанная на оценке асимптотической сложности алгоритма, может быть недостижима из-за специфики реализации в конкретных случаях. Также время работы может варьироваться в результате различных неасимптотических оптимизаций.

В связи с этим, целью работы является исследование неасимптотических оптимизаций алгоритма нахождения максимального потока в транспортной сети.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Аналитический обзор

Задача нахождения максимального потока в транспортной сети возникает при решении многих прикладных задач [1]. С ней можно встретиться в следующих областях:

- оптимизация транспортных путей;
- расчёт движения топлива в сетях трубопровода;
- математическое моделирование химических и физических процессов;
- построение коммуникационных и электрических сетей;
- решение задач теории расписаний;
- распределение задач в суперкомпьютерах;
- обработка цифровых изображений;
- решение родственных задач теории графов.

На сегодняшний день разработано множество алгоритмов нахождения точного значения максимального потока.

Одним из наиболее распространённых является алгоритм Эдмондса-Карпа [2]. Его асимптотическая оценка вычислительной сложности составляет $O(n \cdot m^2)$, где n – количество вершин в сети, а m – количество рёбер между вершинами сети. Алгоритм состоит из нескольких итераций, выполняющихся, пока найденный поток не является максимальным.

Также для нахождения максимального потока может применяться алгоритм Диница [3]. Его асимптотическая оценка вычислительной сложности составляет $O(n^2 \cdot m)$. Алгоритм также состоит из нескольких итераций, продолжающихся, пока найденный поток можно увеличить.

На сегодняшний день алгоритм Орлина обладает наилучшей асимптотической оценкой вычислительной сложности, которая составляет $O(n \cdot m)$. Но даже при такой оценке выполнение алгоритма невозможно при определённых условиях. Например, полный граф содержит $O(n^2)$ рёбер,

асимптотическая оценка вычислительной сложности алгоритма Орлина будет составлять $O(n^3)$ в графе такого типа. В графе с количеством вершин порядка 10^6 количество элементарных операций будет составлять около 10^{18} .

Таким образом, были сформулированы следующие задачи:

- рассмотрение существующих алгоритмов поиска максимального потока в сети;
- применение к существующим алгоритмам различных оптимизаций и эвристик;
- запуск существующих алгоритмов и алгоритмов с разработанными оптимизациями на графах различных типов;
- анализ быстродействия и найденной величины ответа.

1.2 Теорема Форда-Фалкерсона

Сформулировать теорему Форда-Фалкерсона можно следующим образом: размер максимального потока равен минимальному разрезу графа.

Любой поток между истоком и стоком меньше или равен величине любого сечения. Пусть дан некоторый поток и некоторый разрез графа. Величина потока равна сумме пропускных способностей всех путей из истока в сток. Каждый путь обязан иметь общее ребро с разрезом, так как по каждому ребру из разреза не может быть поток больше, чем пропускная способность ребра; следовательно, сумма пропускных способностей по всем путям будет меньше или равна сумме всех пропускных способностей рёбер разреза, то есть размера разреза. Следовательно, утверждение доказано.

Отсюда следует, что любой поток меньше или равен величине минимального сечения, а значит, и максимальный поток меньше или равен величине минимального сечения.

1.3 Алгоритм Эдмондса – Карпа

Данный алгоритм впервые был опубликован независимо Эдмондсом и Карпом в 1968 году. Как и большинство алгоритмов, ищущих максимальный

поток в транспортной сети, для нахождения максимального потока в графе данный алгоритм использует теорему Форда-Фалкерсона. Независимо от них советский учёный Ефим Диница в 1970 году опубликовал аналогичный алгоритм.

Работает алгоритм по следующим принципам:

1. Изначальный поток в сети принимается равным нулю.
2. Затем в остаточной сети находится наименьший путь из истока в сток.
3. По найденному пути, которой имеет название «увеличивающий путь», пропускается поток максимального значения. Для этого на увеличивающем пути ищется ребро с минимальной пропускной способностью; это значение и будет являться максимально допустимой пропускной способностью всего пути.
4. У каждого ребра на найденном пути увеличивается значение пропускаемого потока на максимально допустимую пропускную способность пути. У каждого обратного ребра в увеличивающем пути соответственно уменьшается значение пропускаемого по нему потока.
5. Для всех рёбер на найденном пути, а также для противоположных им рёбер вычисляется новая пропускная способность. Если она стала ненулевой, то ребро добавляется к остаточной сети, иначе ребро удаляется.
6. После этого ищется увеличивающий путь. Если путь не находится, то алгоритм завершается.

Нахождение кратчайшего пути в графе – задача, имеющая множество вариантов решения. Конечная эффективность алгоритма поиска максимального потока в транспортной сети зависит от эффективности нахождения пути.

Асимптотическая оценка вычислительной сложности алгоритма составляет $O(n \cdot m \cdot M(G))$, где n – количество вершин, а m – количество рёбер, $M(G)$ – сложность нахождения увеличивающего пути.

Для нахождения увеличивающего пути можно использовать высокоэффективные и сложные в реализации структуры данных, улучшая асимптотическую оценку работы алгоритма. На практике более простые алгоритмы в среднем работают более эффективно.

При использовании стандартных алгоритмов обхода графа, таких как алгоритмы обхода в глубину или в ширину, асимптотическая оценка вычислительной сложности алгоритма составляет $O(n \cdot m^2)$. При наименее благоприятном случае, когда количество рёбер равно порядку квадрата от количества вершин, алгоритм становится неприменим при количестве вершин порядка 10^3 . Зачастую на практике в графах, не созданных специально, чтобы данный алгоритм выдавал наихудшее время работы, алгоритм Эдмондса-Карпа выполняется значительно быстрее асимптотической оценки времени работы.

Именно поэтому алгоритм Эдмондса-Карпа, несмотря на плохую асимптотическую оценку времени работы, с успехом применяется на практике в различных исследованиях и разработках. Из-за несоответствия теоретической оценки времени работы алгоритма Эдмондса-Карпа и практических результатов исследование времени работы алгоритма имеет высокую теоретическую и практическую значимость.

1.4 Алгоритм Диница

Алгоритм состоит из нескольких итераций. На каждой итерации строится остаточная сеть, затем на основе остаточной сети строится слоистая сеть, а в слоистой сети находится блокирующий поток. Найденный блокирующий поток увеличивает ответ на соответствующую величину. Итерации повторяются, пока возможно найти блокирующий поток.

Основное отличие алгоритма Диница от алгоритма Эдмондса-Карпа заключается в том, что за одну итерацию в алгоритме Диница находится несколько путей от истока в сток, а не один, как в алгоритме Эдмондса-Карпа.

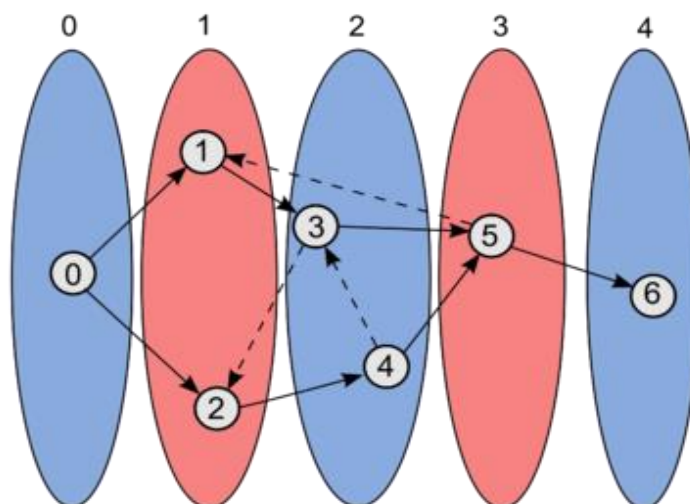


Рисунок 1.1 – Слоистая сеть. Пунктиром помечены ребра, не вошедшие в сеть

Наибольшую эффективность алгоритм Диница демонстрирует в единичных сетях. Асимптотическая оценка вычислительной сложности работы алгоритма Диница на графах общего вида, из которых возможно создать транспортную сеть, составляет $O(n^2 \cdot m)$, но в единичных сетях доказана асимптотическая оценка вычислительной сложности $O(m \cdot \sqrt{n})$. Этот случай представляет ценность, так как алгоритм Диница позволяет эффективно искать максимальное паросочетание.

1.5 Алгоритм Орлина

Данный алгоритм был опубликован Джэймсом Б. Орлином в 2012 году [4].

В настоящий момент алгоритм Орлина обладает наилучшей асимптотической оценкой вычислительной сложности. Так как алгоритм относительно новый, он не получил широкое распространение. Стоит отметить, что данный алгоритм крайне сложен в реализации, а в рамках исследования эффективности неасимптотических оптимизаций не представляет особого интереса.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

2.1 Выбор алгоритма

Алгоритм Эдмондса-Карпа представляет наибольший интерес для разработки неасимптотических оптимизаций, так как он чаще других рассмотренных алгоритмов применяется на практике в прикладных задачах из-за своей относительной простоты в реализации.

Было замечено, что максимальное время работы программы, полученное в результате асимптотической оценки вычислительной сложности алгоритма, не достигается в большинстве случаев применения алгоритма Эдмондса-Карпа, следовательно, эффективность работы не уступает эффективности работы программ, реализующих более сложные алгоритмы.

Добавляя различные комбинации неасимптотических оптимизаций в алгоритм Эдмондса-Карпа, возможно добиться значительного прироста эффективности работы программ, реализующих нахождение максимального потока в графе.

2.2 Неасимптотические оптимизации

Результаты неасимптотических оптимизаций и эвристических алгоритмов зачастую не очевидны, а порой даже контринтуитивны. При больших объёмах данных практически незначительные оптимизации могут сэкономить часы выполнения обработки алгоритмов.

В то же время, иногда оптимизации могут приводить к ухудшению быстродействия алгоритма из-за того, что на исполнение оптимизации будет тратиться больше времени, чем она позволяет сэкономить.

2.2.1 Обход в глубину

Обход в глубину (поиск в глубину) – это рекурсивный алгоритм, один из базовых в теории графов.

Первым шагом алгоритм запускается из начальной вершины. Затем находятся вершины, доступные из начальной вершины и ранее не посещённые каким-либо рекуррентным вызовом данного алгоритма. Далее алгоритм рекурсивно запускается из всех найденных вершин. Таким образом, алгоритм завершится, когда закончатся не посещённые вершины, при этом из каждой вершины алгоритм запустится не более одного раза.

Так как алгоритм поиска в глубину перебирает все исходящие рёбра из вершины на этапе поиска доступных ранее не посещённых вершин, итоговая асимптотическая оценка вычислительной сложности алгоритма составляет $O(n + m)$, где n – количество вершин в графе, m – количество рёбер в графе.

2.2.2 Обход в ширину

Обход в ширину (поиск в ширину) так же, как и обход в глубину, является одним из базовых алгоритмов в теории графов.

Алгоритм последовательно запускается от найденных вершин, постепенно обрабатывая вершины в порядке удаления от вершины, от которой изначально запускается алгоритм.

То есть сначала в алгоритме обрабатывается вершина, от которой ищется путь. От неё находятся все доступные ранее не посещённые вершины; все эти вершины находятся на расстоянии, равным единице. Последовательно обрабатывая все вершины на единичном расстоянии, алгоритм находит все вершины на расстоянии два, пока не останется ни одной необработанной вершины.

Асимптотическая оценка вычислительной сложности алгоритма такая же, как и у обхода в глубину, и составляет $O(n + m)$, где n – количество вершин, m – количество рёбер в графе, но алгоритм нахождения пути отличается значительно.

В результате обхода в ширину в невзвешенном графе находится кратчайший путь, то есть путь, содержащий наименьшее количество рёбер.

2.2.3 Случайный порядок выбора рёбер

Добавление детерминированности в алгоритм может привести к тому, что в худших случаях алгоритм будет работать значительно быстрее, при этом, возможно, незначительно ухудшая эффективность в наиболее благоприятных случаях для основного алгоритма.

Также, теоретически, используя случайный порядок выбора рёбер, алгоритм будет находить большее количество путей, что может привести к улучшению быстродействия из-за того, что быстрее найдутся все возможные пути для потока.

2.2.4 Масштабирование

Алгоритм заключается в расставлении приоритетов обработки рёбер. Сначала обрабатываются рёбра с большой пропускной способностью, что позволяет при первой итерации алгоритма значительно увеличить поток в сети.

Для получения такого результата выполняются следующие шаги.

- Фиксируется самая большая степень двойки меньше максимальной пропускной способности ребра в графе.
- Ищется путь с пропускной способностью, равной зафиксированной величине, и увеличивается пропускаемый поток вдоль него на фиксированную величину.
- Алгоритм выполняется, пока возможно найти такой путь.

На следующей итерации фиксированное число снижается в два раза, и алгоритм запускается сначала.

При зафиксированном числе, равном единице, алгоритм масштабирования совпадает с алгоритмом Эдмондса-Карпа, следовательно, алгоритм масштабирования будет находить корректные результаты. Очевидно,

что алгоритм масштабирования не будет ускорять время работы программы в графах, в которых максимальная пропускная способность ребра будет равна единице.

2.3 Типы графов

Исследование быстродействия алгоритма нахождения максимального потока в транспортной сети имеет смысл проводить на следующих типах графов:

- деревья;
- двудольные графы;
- разреженные графы;
- плотные графы.

Деревом является связанный граф без циклов в нём. Древоподобная иерархическая структура очень часто встречается в практических задачах, так как очень удобна в обработке различными аналитическими алгоритмами. Большое распространение получили различные бинарные деревья, обеспечивающие логарифмическую сложность поиска информации в них.

Также деревья используются для отображения данных иерархической природы. В процессе обработки графы более сложной структуры также могут быть сведены к древоподобной структуре с некоторыми допущениями. Именно поэтому изучение поведения алгоритма потока представляет очень большой интерес.

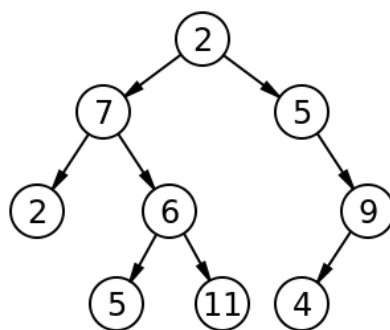


Рисунок 2.1 – Пример дерева

Двудольный граф – термин из теории графов. Используется для обозначения графов, множество вершин которых можно разбить на два непересекающихся множества, причём таких, что любое ребро в графе соединяет две вершины из различных множеств. То есть никакое ребро в графе не может соединять вершины из одной доли (множества).

Двудольные графы имеют ценность в рассмотрении, так как на таких задачах с помощью нахождения максимального потока можно решать задачи нахождения максимального паросочетания. Для этого двудольный граф модернизируется. Добавляется фиктивная вершина исток, из неё выходят рёбра в вершины одной из долей. Из второй же доли добавляются рёбра в фиктивную вершину, которая будет являться стоком. В таком графе максимальный поток будет равен максимальному паросочетанию.

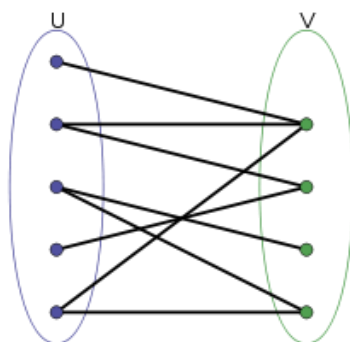


Рисунок 2.2 – Пример двудольного графа

В разреженных графах количество рёбер примерно равно количеству вершин. Они встречаются на практике при описании естественных структур. Примером такого графа может служить система дорог на карте, где вершинам графа соответствуют перекрёстки дорог, а рёбрам между ними – сами дороги.

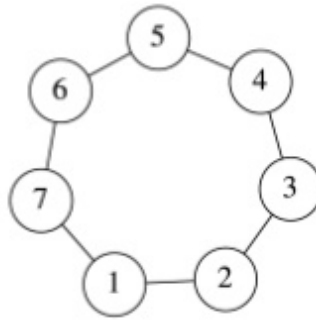


Рисунок 2.3 – Пример разреженного графа

В плотных графах количество рёбер близко к максимальному, то есть равно порядку квадрата количества вершин. На практике они встречаются не так часто, так как зачастую обладают избыточными связями. Но такой граф представляет наихудший случай для алгоритмов нахождения максимального потока, поэтому рассмотрение времени работы в плотных графах также представляет интерес.

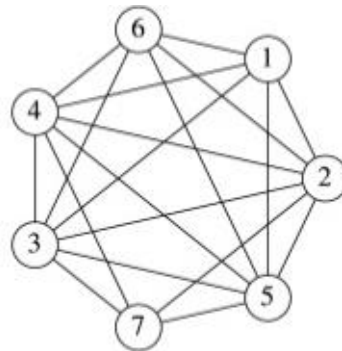


Рисунок 2.4 – Пример плотного графа

3 РЕЗУЛЬТАТЫ

В таблицах 3.1-3.4, в которых приведено время выполнения реализованного приложения, будут использоваться следующие обозначения:

- D_1 – реализация алгоритма Эдмондса-Карпа с поиском в глубину для нахождения увеличивающего пути.
- D_2 – реализация алгоритма Эдмондса-Карпа с поиском в глубину для нахождения увеличивающего пути с использованием эвристического алгоритма обхода рёбер в случайном порядке при обходе в глубину.
- D_3 – реализация алгоритма Эдмондса-Карпа с поиском в глубину для нахождения увеличивающего пути с использованием эвристического алгоритма масштабирования.
- D_4 – реализация алгоритма Эдмондса-Карпа с поиском в глубину для нахождения увеличивающего пути с использованием эвристического алгоритма масштабирования и использованием эвристического алгоритма обхода рёбер в случайном порядке при обходе в глубину.
- V_1 – реализация алгоритма Эдмондса-Карпа с поиском в ширину для нахождения увеличивающего пути.
- V_2 – реализация алгоритма Эдмондса-Карпа с поиском в ширину для нахождения увеличивающего пути с использованием эвристического алгоритма обхода рёбер в случайном порядке при обходе в ширину.
- V_3 – реализация алгоритма Эдмондса-Карпа с поиском в ширину для нахождения увеличивающего пути с использованием эвристического алгоритма масштабирования.
- V_4 – реализация алгоритма Эдмондса-Карпа с поиском в ширину для нахождения увеличивающего пути с использованием эвристического алгоритма масштабирования и использованием эвристического алгоритма обхода рёбер в случайном порядке при обходе в ширину.

3.1 Реализованное приложение для исследования быстродействия

Для исследования быстродействия алгоритма было реализовано консольное приложение на языке C++ в среде разработки Microsoft Visual Studio 2010. Консольное приложение замеряло процессорное время работы алгоритма. Для реализации приложения использовались контейнеры из стандартной библиотеки STL.

3.2 Характеристики рабочей станции, на которой выполнялась оценка быстродействия

- Установленный процессор: Intel Pentium CPU N370 1.600GHz.
- Установленная память (ОЗУ): 4.00 ГБ.
- Тип операционной системы: Windows 7 64-бит.

При вычислении процессорного времени работы программы не использовались методы параллельного вычисления и графический процессор.

3.3 Граф вида дерево

Таблица 3.1 – Результат выполнения реализованного приложения в графах вида дерево

	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄
1	0,775	0,629	0,611	0,588	0,621	0,636	0,612	0,616
2	0,688	0,604	0,587	0,626	0,606	0,605	0,613	0,627
3	0,643	0,640	0,592	0,629	0,625	0,623	0,587	0,619
4	0,698	0,628	0,589	0,615	0,633	0,604	0,620	0,604
5	0,665	0,644	0,590	0,628	0,625	0,635	0,620	0,626
6	0,673	0,636	0,591	0,619	0,596	0,604	0,615	0,617
7	0,724	0,620	0,590	0,620	0,614	0,633	0,582	0,631

8	0,676	0,636	0,599	0,623	0,630	0,631	0,613	0,595
9	0,633	0,624	0,596	0,594	0,622	0,634	0,617	0,617
10	0,694	0,628	0,587	0,623	0,578	0,630	0,616	0,627
11	0,623	0,627	0,599	0,610	0,605	0,628	0,608	0,613
12	0,638	0,632	0,611	0,602	0,624	0,631	0,606	0,629
13	0,632	0,617	0,602	0,623	0,607	0,629	0,594	0,598
14	0,684	0,607	0,594	0,603	0,618	0,615	0,609	0,601
15	0,618	0,618	0,594	0,597	0,624	0,623	0,615	0,621

В графах данного типа было порядка 100000 вершин и порядка 100000 рёбер.

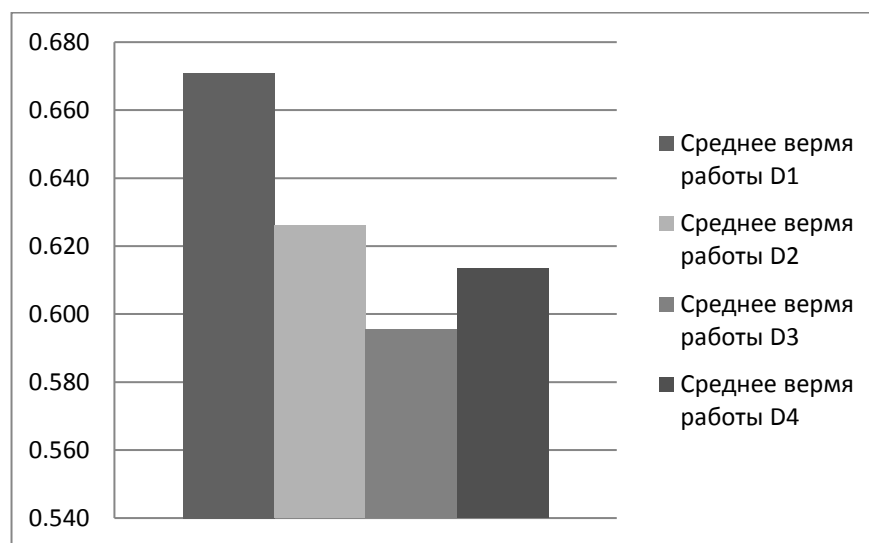


Рисунок 3.1 – Среднее время работы алгоритма при обходе в глубину

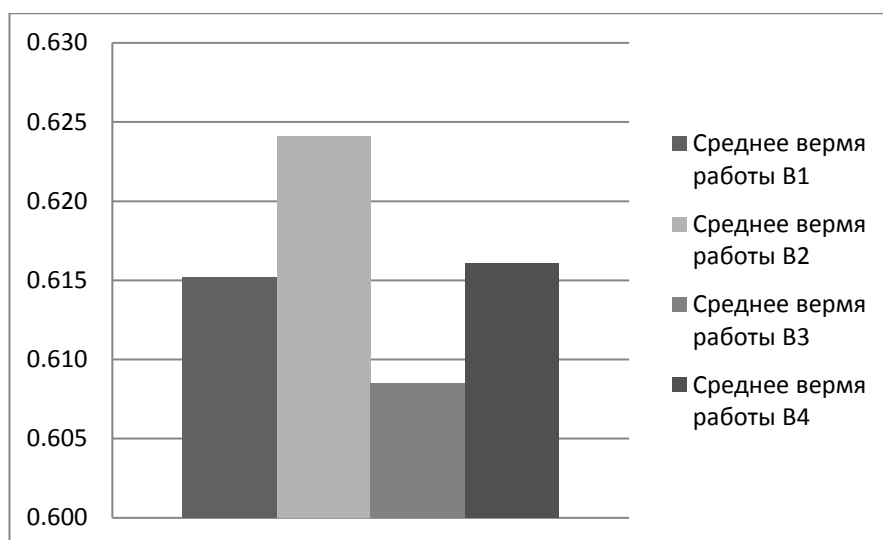


Рисунок 3.2 – Среднее время работы алгоритма при обходе в ширину

3.4 Двудольный граф

Таблица 3.2 – Результат выполнения реализованного приложения в двудольных графах

	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄
1	867,41	352,072	1,971	2,393	1,882	7,597	1,119	3,525
2	900,334	225,915	1,642	1,018	1,832	7,64	0,823	2,652
3	924,169	57,826	1,264	0,667	1,832	6,066	0,592	1,793
4	958,478	59,072	1,254	2,517	1,49	6,052	0,61	1,811
5	864,962	391,22	1,911	0,664	1,515	7,633	1,117	3,657
6	945,705	367,41	1,921	2,433	1,873	7,641	1,123	3,62
7	827,281	150,334	1,382	0,776	1,894	6,813	0,668	2,054
8	891,961	374,169	1,401	0,75	1,675	6,675	0,953	2,017
9	1143	258,478	1,848	1,591	1,687	7,967	0,665	3,23
10	1036,83	314,962	1,926	2,716	1,981	8,394	1,164	3,637

11	1004,39	145,705	1,924	2,702	2,14	8,357	1,157	3,827
12	953,902	377,281	1,928	2,712	2,025	8,252	1,152	3,859
13	1182,29	541,961	1,636	1,027	2,107	7,557	0,895	2,693
14	1116,42	442,995	1,814	2,138	1,864	5,913	1,046	3,241
15	1095,72	536,827	1,087	0,606	1,791	7,85	0,554	1,638

В графах данного типа было порядка 5000 вершин и 20000 рёбер.

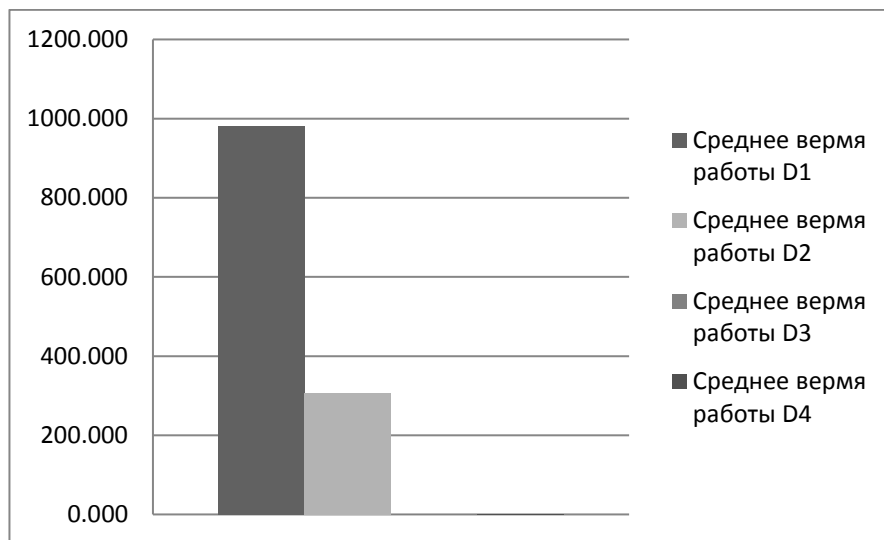


Рисунок 3.3 – Среднее время работы алгоритма при обходе в глубину

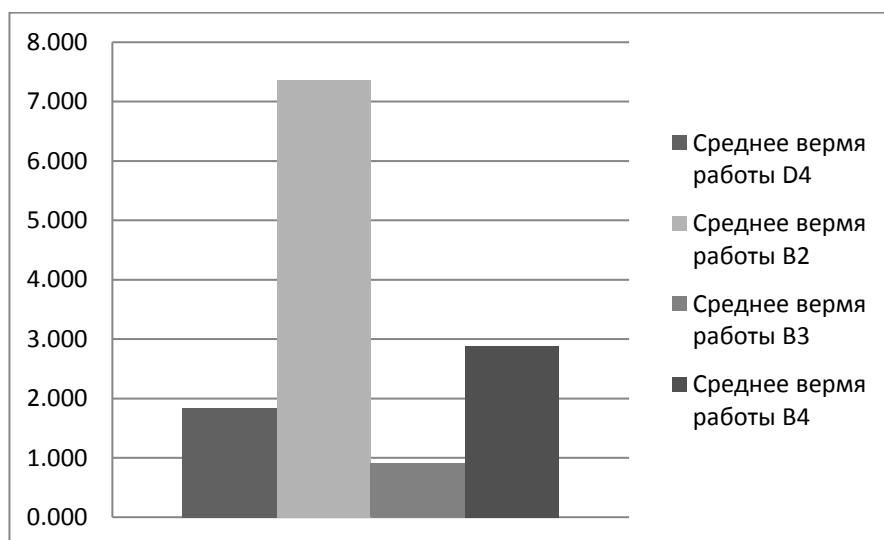


Рисунок 3.4 – Среднее время работы алгоритма при обходе в ширину

3.5 Разреженный граф

Таблица 3.3 – Результат выполнения реализованного приложения в разреженных графах

	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄
1	1,729	1,649	1,653	1,67	1,661	1,674	1,664	1,661
2	1,682	1,646	1,631	1,659	1,652	1,645	1,639	1,649
3	1,667	1,647	1,606	1,634	1,65	1,643	1,625	1,616
4	1,818	1,651	1,607	1,654	1,654	1,638	1,653	1,654
5	1,84	1,667	1,607	1,64	1,684	1,645	1,646	1,64
6	1,41	1,617	1,659	1,695	1,628	1,68	1,606	1,645
7	1,334	1,609	1,666	1,626	1,606	1,673	1,624	1,633
8	1,169	1,63	1,689	1,686	1,688	1,603	1,644	1,638
9	1,478	1,604	1,615	1,668	1,657	1,622	1,62	1,668
10	1,962	1,618	1,635	1,692	1,633	1,626	1,639	1,642
11	1,705	1,648	1,627	1,653	1,685	1,676	1,622	1,675
12	1,281	1,693	1,687	1,656	1,612	1,676	1,607	1,689
13	1,961	1,695	1,608	1,676	1,671	1,603	1,653	1,693
14	1,995	1,681	1,624	1,643	1,619	1,66	1,681	1,612
15	1,827	1,638	1,649	1,656	1,612	1,647	1,698	1,657

В графах данного типа было порядка 100000 вершин 300000 рёбер.

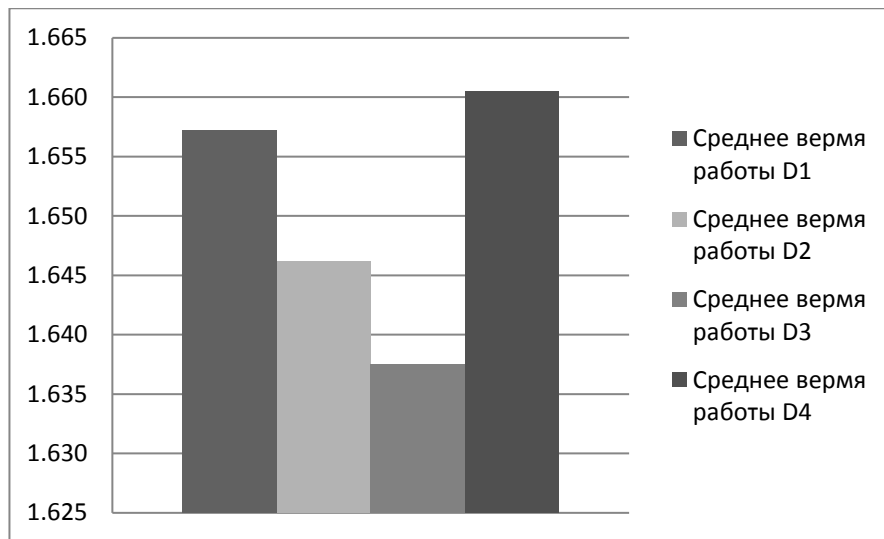


Рисунок 3.5 – Среднее время работы алгоритма при обходе в глубину

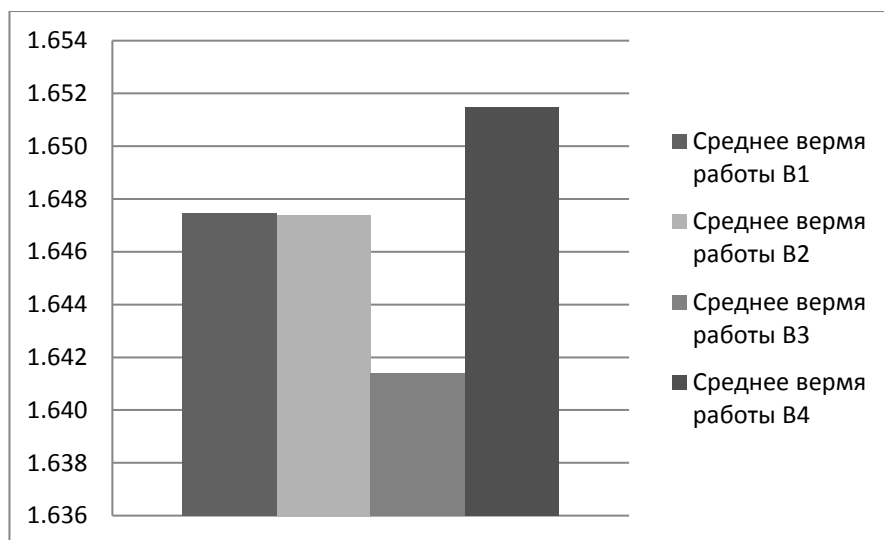


Рисунок 3.6 – Среднее время работы алгоритма при обходе в ширину

3.6 Плотный граф

Таблица 3.4 – Результат выполнения реализованного приложения в разреженных графах

	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄
1	2033,45	1240,6	1,317	1,317	0,948	2,094	0,552	0,513
2	2035,41	1104,96	1,399	1,399	0,974	2,258	0,568	0,533
3	1878,91	1200,42	1,296	1,296	0,933	2,024	0,585	0,541

4	1880,59	1197,69	1,349	1,349	0,958	1,948	0,586	0,538
5	2261,63	1261,5	1,331	1,331	0,936	1,967	0,579	0,487
6	1733,98	1059,29	1,285	1,285	1,003	2,264	0,606	0,51
7	1627,84	1094,42	2,207	2,207	1,066	2,553	0,847	0,613
8	1990,66	1010,69	2,04	2,04	1,118	2,409	0,845	0,681
9	1933,8	1025,25	1,998	1,998	1,081	2,559	0,811	0,635
10	2364,26	1255,17	1,317	1,317	0,997	1,939	0,613	0,496
11	1655,77	1082,6	1,306	1,306	0,934	1,986	0,656	0,527
12	2067,9	1158,45	1,33	1,33	0,948	1,968	0,605	0,513
13	1665,86	1281,46	1,583	2,105	1,034	1,993	0,631	0,54
14	1748,58	1166,74	1,73	1,562	0,977	2,039	0,745	0,683
15	2372,48	1081,41	1,451	2,073	1,103	1,978	0,763	0,621

В графах данного типа было порядка 500 вершин и порядка 200000 рёбер.

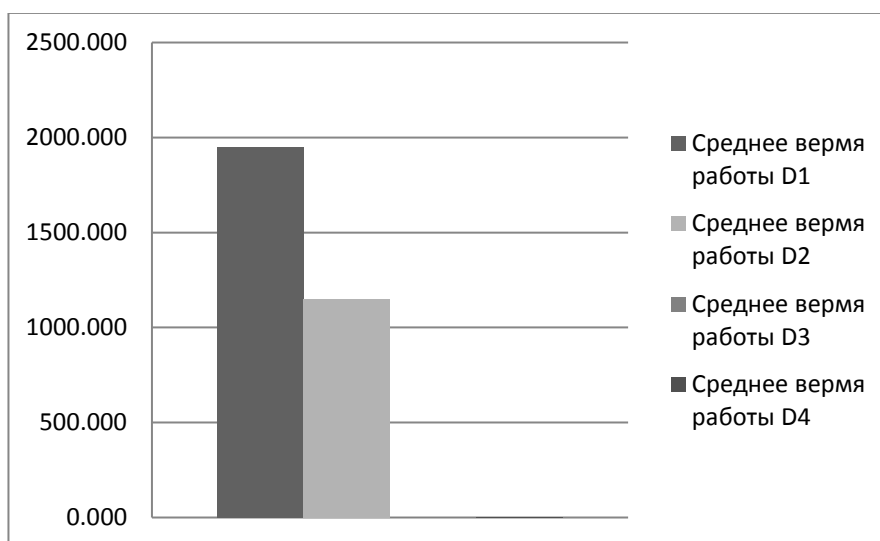


Рисунок 3.7 – Среднее время работы алгоритма при обходе в глубину

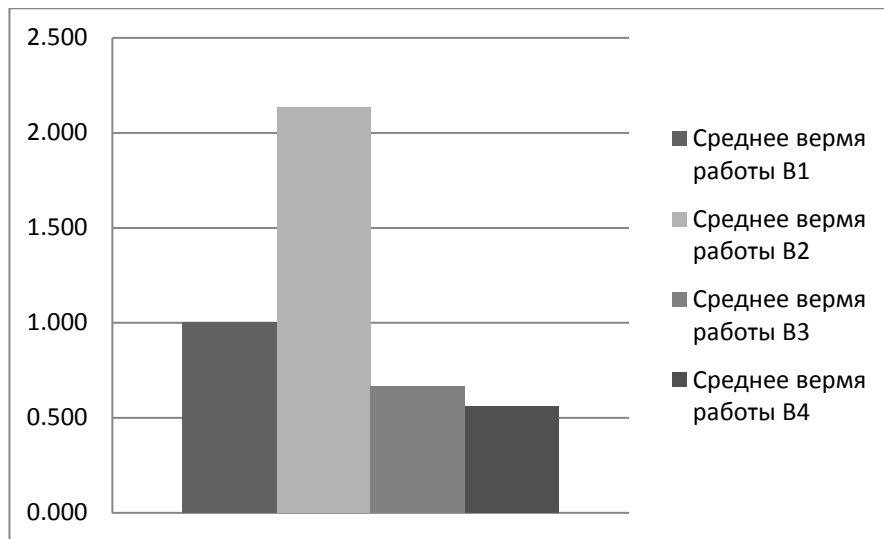


Рисунок 3.8 – Среднее время работы алгоритма при обходе в ширину

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8ИЗБ	Кузиванов Николай Сергеевич

Институт	ИК	Кафедра	ИСТ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Информационные системы и технологии

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Человеческие ресурсы: 1 чел.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Проведена оценка коммерческого потенциала: 1. Потенциальные потребители результатов исследования.</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Произведен расчет бюджета научных исследований.</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Определена ресурсная, финансовая, бюджетная эффективность исследования посредством расчета интегрального финансового показателя, интегрального показателя ресурсоэффективности и эффективности.</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Альтернативы проведения НИ</i>
3. <i>График проведения и бюджет НИ</i>
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рахимов Тимур Рустамович	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИЗБ	Кузиванов Николай Сергеевич		

РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**Введение**

Алгоритмы нахождения максимального потока в сети, относятся к множеству оптимизационных алгоритмов. С помощью нахождения максимального потока можно решать множество различных задач. Оптимизировать решение задач.

Крупные промышленные компании пользуются данными алгоритмами в своих разработках. Алгоритм нахождения максимального потока может применяться в любых сферах, где возможно создать какой-либо граф.

Актуальность разработки

Техническая актуальность. Разработанные оптимизации позволяют существенно сократить время работы обработки данных программами, использующими алгоритм нахождения максимального потока, в прикладных задачах.

Экономическая актуальность. Разработанное консольное приложение позволяет на практике оценить время работы программы, что ведёт к адекватной оценке затраченных ресурсов. Следовательно, возможно сэкономить ресурсы, так как становится известно время работы программы.

Цели и задачи разработки

Целью разработки является консольное приложение, реализующие алгоритм нахождения максимального потока, с неасимптотическими оптимизациями и оценка времени работы алгоритма в различных случаях.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- Исследование существующих алгоритмов нахождения максимального потока.

- Выбор алгоритма.
- Разработка неасимптотических оптимизаций алгоритма.
- Разработка тестов.
- Получение экспериментальных данных времени работы.

Критерии эффективности

Таблица 4.1 – Критерии эффективности разработки

Тип показателя	Показатель
Экономические	– снижение временных затрат на исполнение программ
Технические	– увеличение скорости работы программ

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для определения потенциальный потребителей результатов исследования необходимо провести анализ целевого рынка и провести его сегментирование.

В основном результаты исследования должны пригодиться компаниям, занимающимся оптимизацией процессов и высокоэффективными алгоритмами, которые применяют в своих разработках алгоритмы нахождения максимального потока.

А именно результатами исследований могут заинтересоваться компании, выпускающие программное обеспечение для высокочастотной торговли. Также это могут быть компании, которые строят маршрут для пользователя на карте.

Таблица 4.2 – Карта сегментирования рынка

		Программное обеспечение			
		Развлекательное	Общего назначения	Специализированное	профессиональное
Потребители	Крупные компании				
	Средние компании				
	Стартапы				

4.1.2 Технология QuaD

Так как научное исследование не имеет конкурентов на рынке, то представляется возможным провести QuaD анализ для оценки разработки.

Таблица 4.3 – Результаты Quad анализа

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (3x2)
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
1. Надежность	0,1	90	100	0,9	9
2. Унифицированность	0,04	35	100	0,35	1,4
3. Потребление ресурса памяти	0,35	100	100	1	35
4. Предоставляемы возможности	0,16	50	100	0,5	8
5. Лёгкость эксплуатации	0,08	63	100	0,63	5,04
6. Качество интерфейса	0,07	8	100	0,08	0,56
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
7. Перспективность рынка	0,1	44	100	0,44	4,4
8. Цена	0,025	100	100	1	2,5
9. Послепродажное обслуживание	0,025	100	100	1	2,5
10. Срок выхода на рынок	0,025	100	100	1	2,5
11. Наличие сертификации разработки	0,025	100	100	1	2,5
Итого	1	790	1100	7,9	73,4

4.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Для определения альтернативных путей проведения научных исследований и вариантов реализации технической части был использован морфологический подход. Созданная морфологическая матрица представлена в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Морфологическая матрица

	1	2	3
А. Алгоритм для оптимизаций	Форде-Фалекрсона	Диница	Орлина
Б. Язык разработки	JavaScript	G-Code	C++
В. Операционная система	macOS	Windows	Unix
Г. Среда разработки	Visual Studio	Sublime Text	Eclipse
Д. Исполнитель	Один студент	Группа из трёх студентов	Программист

В морфологической матрице можно выделить три наиболее эффективных проекта.

- Исполнение 1 А1Б3В2Г1Д1
- Исполнение 2 А2Б2В3Г1Д2
- Исполнение 3 А3Б1В1Г2Д3

4.3 Планирование научно-исследовательских работ

4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо рационально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ. Сначала определим полный перечень проводимых работ, их продолжительность и исполнителей.

Полученные данные сведены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 - Перечень работ

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Постановка задания, целей.	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Обсуждение литературы	Студент, Руководитель
	3	Подбор алгоритмов и их изучение.	Студент
	4		Руководитель, Студент
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Разработка оптимизаций для выбранных алгоритмов	Студент
	6	Подготовка тестов для проверки работы алгоритмов и оптимизаций	Студент
	7	Получение экспериментальных данных	Студент
Обобщение и оценка результатов	8	Оформление документации	Студент
	9	Подведение итогов	Студент, Руководитель

4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Расчет продолжительности этапов работ определены опытно-статистическим экспертным методом.

Определим ожидаемое время проведения работ, длительность этапов в рабочих и календарных днях, по формулам:

$$t_{ож} = \frac{3t_{\min} + 2t_{\max}}{5}$$

Где $t_{ож}$ – ожидаемая продолжительность выполнения работы чел.-дн.;

где t_{\min} – минимальная продолжительность работы, чел-дн.; t_{\max} – максимальная продолжительность работы, чел-дн.;

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}$$

где T_{pi} – продолжительность работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – количество исполнителей, которые занимаются одной и той же работой на данном этапе, чел.

4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_k = T_p \cdot k_{\text{кал}},$$

где T_k – продолжительность выполнения работы в календарных днях;

T_p – продолжительность выполнения работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

Для расчета коэффициент календарности подсчитаем количество рабочих и выходных дней в 2017 году. Всего в году 247 рабочих дней и 118 выходных и праздничных дней. Исходя из полученных данных, рассчитывается коэффициент календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{247} = 1,4778$$

В таблице 4.6 приведены продолжительности этапов работ. На основе таблицы 4.6 строится календарный план-график 4.7.

Таблица 4.6 – Продолжительность этапов работа

Название работы	Трудоёмкость работ									Длительность работ в рабочих днях T_{pi}			Длительность работ в календарных днях T_{ki}		
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			$t_{ожи}$, чел-дни								
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Постановка задания, целей.	4	4	4	6	6	6	4,8	4,8	4,8	4,8	1,6	5,5 2	7,1	2,4	8,2
Обсуждение литературы	10	15	10	14	25	12	11,6	19	10,8	11,6	6,3 3	11, 52	17,1	9,4	17,0
Подбор алгоритмов и их изучение.	10	8	4	20	20	6	14	12,8	4,8	14	4,2 7	5,5 2	20,7	6,3	8,2
Разработка календарного плана	2	2	2	5	5	5	3,2	3,2	3,2	3,2	1,0 7	4,2 8	4,7	1,6	6,3
Разработка оптимизаций для выбранных алгоритмов	13	10	7	17	15	11	14,6	12	8,6	14,6	4,0 0	10, 04	21,6	5,9	14,8
Подготовка тестов для проверки работы алгоритмов и оптимизаций	10	7	5	14	10	7	11,6	8,2	5,8	11,6	2,7 3	6,5 2	17,1	4,0	9,6
Получение экспериментальных данных	30	25	25	40	40	40	34	31	31	34	10, 33	36, 4	50,2	15,3	53,8

Оформление документации	5	3	1	7	7	2	5,8	4,6	1,4	5,8	1,5 3	1,7 6	8,6	2,3	2,6
Подведение итогов	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,3 3	1	1,5	0,5	1,5

Таблица 4.7 – Календарный план-график

№ работ	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февр.		март			апрель			май			июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Постановка задания, целей.	Руководитель	7,1	■													
2	Обсуждение литературы	Студент, Руководитель	17,1	▨													
3	Подбор алгоритмов и их изучение.	Студент	20,7		▨												
4	Разработка календарного плана	Руководитель, Студент	4,7				▨										
5	Разработка оптимизаций для выбранных алгоритмов	Студент	21,6				▨										
6	Подготовка тестов для проверки работы алгоритмов и оптимизаций	Студент	17,1							▨							
7	Получение экспериментальных	Студент	50,2									▨	▨	▨	▨		

	данных																
8	Оформление документации	Студент	8,6														
9	Подведение итогов	Студент, Руководитель	1,5														

 - Студент

 - Руководитель

4.4 Бюджет научно-технического исследования

4.4.1 Расчет материальных затрат

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{расч\ i}$$

где m - количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расч\ i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

Π_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 4.8.

Таблица 4.8 - Расчет затрат на материалы

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (Зм), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Ис п. 2	Исп. 3	Исп. 1	Ис п. 2	Исп. 3

Sublime Text	шт	0	0	1	0	0	4004	0	0	4004
MacOS	шт	0	0	1	0	0	1490	0	0	1490
Windows	шт	1	0	0	8690	0	0	8690	0	0
Visual studio	шт	1	0	0	35091	0	0	35091	0	0
Итого								43781	0	5494

4.4.2 Расчет заработной платы

В данную статью расходов включается заработная плата научного руководителя и студентов, а также премии и доплаты. Расчет выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины почасовой оплаты работы исполнителей.

Основной расчет фонда заработной платы выполняется по формуле:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p,$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. часов.

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Таблица 4.9 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудо-емкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1	Постановка задания, целей.	Руководитель	4,8	1,5	7,2
2	Обсуждение литературы	Студент, Руководитель	11,6	0,6, 1,5	24,36
3	Подбор алгоритмов и их изучение.	Студент	14	0,6	8,4
4	Разработка календарного плана	Руководитель, Студент	3,2	1,5, 0,6	6,72
5	Разработка оптимизаций для выбранных алгоритмов	Студент	14,6	0,6	8,76
6	Подготовка тестов для проверки работы алгоритмов и оптимизаций	Студент	11,6	0,6	6,96
7	Получение экспериментальных данных	Студент	42	0,6	25,2
8	Оформление документации	Студент	5,8	0,6	3,48
9	Подведение итогов	Студент, Руководитель	1	0,6, 1,5	2,1
Итого					93,18

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}},$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года (для научного руководителя – 11.2 месяца; для студента – 10.4 месяцев);

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (для научного руководителя – 190 раб дн., для студента – 178 раб. дн.)

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p,$$

где $Z_{тс}$ – заработная плата (ставка в час), руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $Z_{тс}$);

k_d – коэффициент доплат и надбавок. В данной работе был принят за 0.

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Ставка в час руководителя проекта составляет 400 р., студента – 150р, а программиста 600р. Время работы руководителя в день по проекту составляет 2 часа, студентов, программистов – также 2 часа

Таблица 4.10 – Баланс времени.

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	20,6	108,6
Количество нерабочих дней	4	30
- выходные дни		
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	0	0
- отпуск		
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	190	178

Расчет основной заработной платы показан в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	З _{гс} , руб.	Т _р , раб. дн.			k _{пр}	k _р	З _{осн} , руб.		
		Исп1	Исп2	Исп3			Исп1	Исп2	Исп3
Руководитель	400	20,6	20,6	20,6	0,3	1,3	13925,6	13925,6	13925,6
Студент	150	108,6	96,57	-			27530,1	24480,5	-
Программист	600	-	-	82,56			-	-	83715,8
Итого:							41455,7	38406,1	97641,4

4.4.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы в данной работе равен 0,15

4.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников. Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2017 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель проекта	13925,6	13925,6	13925,6	2088,84	2088,84	2088,84
Студент-дипломник	27530,1	24480,5	-	4129,515	3672,075	-
Программист	-	-	83715,8	-	-	12557,37
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3					
Итого						
Исполнение 1	14302,22					
Исполнение 2	13250,1					
Исполнение 3	33686,28					

4.4.5 Расчет накладных расходов

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{\text{нр}}$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. В рассматриваемом случае были использованы лишь 4 статьи, поэтому деление производится на 4.

Для исполнения 1: $Z_{\text{накл}} = 9916,203$

Для исполнения 2: $Z_{\text{накл}} = 9186,739$

Для исполнения 3: $Z_{\text{накл}} = 23355,82$

4.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Сумма затрат по всем статьям расходов рассчитывается заносится на данном этапе в таблицу 4.13.

Таблица 4.13 – Бюджет затрат научно-исследовательского проекта

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	43781	0	5494	Пункт 4.1
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	41455,7	38406,1	97641,4	Пункт 4.2
3. Отчисления во внебюджетные фонды	14302,22	13250,1	33686,28	Пункт 4.4
4. Накладные расходы	9916,203	9186,739	23355,82	16 % от суммы ст. 1-4
5. Бюджет затрат НТИ	109455,1	60842,94	160177,5	Сумма ст. 1- 5

4.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{ri} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{\max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Исполнение 1: $I_{\text{финр}} = 0,683$

Исполнение 2: $I_{\text{финр}} = 0,380$

Исполнение 3: $I_{\text{финр}} = 1$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 4.14).

Таблица 4.14 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,20	5	3	4

2. Скорость работы	0,10	5	5	5
3. Потребность в ресурсах памяти	0,20	4	4	3
4. Зависимость от платформы	0,16	2	3	5
5. Удобство эксплуатации	0,14	5	2	5
6. Качество предоставляемого интерфейса	0,15	5	3	5
7. Открытость исходного кода	0,05	2	5	1
ИТОГО	1			

$$I_{p-исп1} = 4,17$$

$$I_{p-исп2} = 3,36$$

$$I_{p-исп3} = 4,2$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi.}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}}$$

$$I_{исп1} = 6,10$$

$$I_{исп2} = 3,36$$

$$I_{исп3} = 4,2$$

Полученное значение интегрального показателя эффективности исполнения разработки превысило максимальный балл оценки. Таким образом, результат работы можно считать положительным, так как оценка интегрального показателя ресурсоэффективности близка к максимальной, при этом стоимость разработки ниже, чем у ряда аналогов, рассмотренных при анализе конкурентных решений.

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см. табл. 4.15) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. **Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):**

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}$$

Сравнительная эффективность разработки представлена в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,683	0,380	1,000
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,17	3,36	4,2
3	Интегральный показатель эффективности	6,10	3,36	4,2
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,82	1,00	1,25

Заключение: Была проведена оценка перспективности и альтернатив проведения научного исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения коммерческого потенциала.

Определение перечня этапов и работ в рамках проведения научного исследования позволило структурировать и упорядочить запланированные этапы, а также распределить ответственных исполнителей-участников проекта. Созданный перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования лег в основу структуры календарного плана-графика, необходимого для детального планирования времени выполнения определенного этапа научного исследования.

Исходя из полученных данных и проведенного анализа эффективности, можно сделать вывод, что первый вариант исполнения является наиболее эффективным с позиции ресурсоэффективности, поскольку его интегральные показатели ресурсоэффективности разработки и эффективности выше, чем у других рассмотренных вариантов. Стоимость первого исполнения является не самой низкой, однако функциональный потенциал системы намного выше. Именно поэтому был выбран первый вариант исполнения.

В выполненной дипломной работе были достигнуты экономические и технические критерии эффективности за счет функциональных возможностей разработки, а также социальные за счет востребованности таких систем на рынке.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8ИЗБ	Кузиванов Николай Сергеевич

Институт	Кибернетики	Кафедра	ИСТ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	09.03.02 «Информационные системы и технологии»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Объектом дипломной работы является алгоритм поиска ассоциаций внутри языковой модели, а также игровое приложение, использующее данный алгоритм. Разработка может быть применена физическими лицами для развлечения, улучшения коммуникативных навыков, а также развития логического мышления.</p>
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	<p>Анализ и выявление вредных производственных факторов рабочей среды.</p> <p>1.1 В качестве вредных факторов выделены</p> <ul style="list-style-type: none"> – Отклонение параметров микроклимата; – Недостаточная освещенность рабочей зоны; <p>1.2 В качестве опасных факторов выявлено;</p> <ul style="list-style-type: none"> – Опасность возникновения пожара. – Опасность поражения электрическим током
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); 	<p>Влияние объекта исследования на окружающую среду.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Утилизация компьютерной техники. – Утилизация бумаги, использованной в процессе

<ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	разработки.
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p>3.1 Возможные чрезвычайные ситуации: - пожар;</p> <p>3.2 Типичная чрезвычайная ситуация: – пожар;</p> <p>3.3 Мероприятия по предотвращению наиболее типичной ЧС – пожара..</p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>4.1 Описание правовых норм для работ, связанных с работой за ПЭВМ согласно следующим документам:</p> <ul style="list-style-type: none"> – «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03); – ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»; – «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 30.12.2015).

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Акулов Пётр Анатольевич	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИЗБ	Кузиванов Николай Сергеевич		

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

5.1 Введение

Разработанный в рамках магистерской диссертации проект является математическим и программным обеспечением, предназначенным для формирования скрытых функционально-детерминированных на основе анализа геофизических данных. Разработка программы велась исключительно при помощи компьютера. Пользователями данного программного обеспечения являются компании, занимающиеся анализом метеоданных. Независимо от конкретного применения, взаимодействие пользователя с разработанной программой в любом случае производится с помощью программных и аппаратных средств ПЭВМ, а также с помощью периферийных устройств, подключенных к ПЭВМ.

Данный раздел посвящен анализу вредных и опасных факторов производственной среды для операторов ПЭВМ и, в частности, для метеорологов, которые будут использовать продукт в наиболее перспективном направлении его применения.

5.2 Производственная безопасность

Для обеспечения производственной безопасности необходимо проанализировать воздействия на человека вредных и опасных производственных факторов, которые могут возникать при разработке или эксплуатации проекта.

Производственный фактор считается вредным, если воздействие этого фактора на работника может привести к его заболеванию. Производственный фактор считается опасным, если его воздействие на работника может привести к его травме.

Все производственные факторы классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические и психофизические. Для

данной работы целесообразно рассмотреть физические и психофизические вредные и опасные факторы производства, характерные как для рабочей зоны программиста, как разработчика рассматриваемой в данной работе системы, так и для рабочей зоны пользователя готового продукта – метеоролога-оператора ПЭВМ. Выявленные факторы представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Вредные и опасные производственные факторы при выполнении работ за ПЭВМ.

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1) Работа за ПЭВМ	1) Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; 2) Повышенный уровень электромагнитных излучений 3) Недостаточная освещенность рабочей зоны. 4) Монотонный режим Работы	1) Опасность поражения электрическим током; 2) Опасность возникновения пожара.	1) СанПиН 2.2.4.548-96; 2) СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03; 3) СП 52.13330.2011; 4) ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ; 5) СНиП 21-01-97.

5.2.1 Вредные производственные факторы

5.2.1.1 Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей среды

Данный фактор является вредным производственным фактором и является фактором микроклимата рабочей среды, параметры которого регулируются СанПиН 2.2.4.548-96. Он больше характерен для рабочей среды программиста-разработчика системы. К параметрам,

характеризующим микроклимат в производственных помещениях, относятся:

- температура воздуха (t , °C);
- температура поверхностей (t , °C);
- относительная влажность воздуха (ϕ , %);
- скорость движения воздуха (v , м/с);
- интенсивность теплового облучения (I , Вт/м²).

В производственных помещениях для работы с ПЭВМ происходит постоянное выделение тепла самой вычислительной техникой, вспомогательными приборами и средствами освещения. Поскольку оператор расположен в непосредственной близости с источниками выделения тепла, то данный фактор является одним из важнейших вредных факторов производственной среды оператора ПЭВМ, а высокая температура воздуха способствует быстрому перегреву организма и быстрой утомляемости.

Влажность оказывает большое влияние на терморегуляцию организма. Так, например, высокие показатели относительной влажности (более 85 %) затрудняют терморегуляцию, снижая возможность испарения пота, низкие показатели влажности (менее 20 %) вызывают пересыхание слизистых оболочек человека.

Санитарные нормы устанавливают оптимальные и допустимые значения величин показателей микроклимата рабочих мест для различных категорий работ в теплый и холодный периоды года. Для программиста или оператора ПЭВМ категория работ является лёгкой (1а), т.к. работа проводится сидя, без систематических физических нагрузок. Оптимальные параметры микроклимата в офисных помещениях приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Оптимальные параметры микроклимата производственных помещений оператора ПЭВМ.

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22–24	21–25	60–40	0,1
Теплый	23–25	22–26	60–40	0,1

Холодный период года – среднесуточная температура воздуха 10 оС ниже, теплый период года – среднесуточная температура воздуха выше 10 оС.

В таблице 5.3 приведены допустимые показатели микроклимата для офисных помещений.

Таблица 5.3 – Допустимые показатели микроклимата производственных помещений оператора ПЭВМ [11].

Период года	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с, для диапазона температур воздуха	
	Ниже оптимальных величин	выше оптимальных величин			ниже оптимальных величин, не более	выше оптимальных величин, не более
Холодный	20,0–21,9	24,1–25,0	19–26	15–75	0,1	0,1
Теплый	21,0–22,9	25,1–28,0	20–29	15–75	0,1	0,2

5.2.1.2 Повышенный уровень электромагнитных излучений

Уровень электромагнитных излучений на рабочем месте оператора ПЭВМ является вредным фактором производственной среды, величины параметров которого определяются СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Основными источниками электромагнитных излучений в помещениях для работы операторов ПЭВМ являются дисплеи компьютеров и мобильных

устройств, сеть электропроводки, системный блок, устройства бесперебойного питания, блоки питания.

Излучения, применительно к дисплеям современных ПЭВМ, можно разделить на следующие классы:

- переменные электрические поля (5 Гц – 400 кГц);
- переменные магнитные поля (5 Гц – 400 кГц).

Воздействие данных излучений на организм человека носит необратимый характер и зависит от напряженности полей, потока энергии, частоты колебаний, размера облучаемого тела. При воздействии полей, имеющих напряженность выше предельно допустимого уровня, развиваются нарушения нервной системы, кровеносной сердечно-сосудистой системы, органов пищеварения и половой системы [12].

В таблице 5.4 приведены допустимые уровни параметров электромагнитных полей

Таблица 5.4 – Временные допустимые уровни электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах [13].

	Наименование параметров	Допустимые значения
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

5.2.1.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Недостаточная освещенность рабочей зоны является вредным производственным фактором, возникающим при работе с ПЭВМ, уровни которого регламентируются СП 52.13330.2011.

Причиной недостаточной освещенности являются недостаточность естественного освещения, недостаточность искусственного освещения, пониженная контрастность.

Работа с компьютером подразумевает постоянный зрительный контакт с дисплеем ПЭВМ и занимает от 80 % рабочего времени. Недостаточность освещения снижает производительность труда, увеличивает утомляемость и количество допускаемых ошибок, а также может привести к появлению профессиональных болезней зрения.

Разряд зрительных работ программиста и оператора ПЭВМ относится к разряду III и подразряду г (работы высокой точности). В таблице 5.5 представлены нормативные показатели искусственного освещения при работах заданной точности.

Таблица 5.5 – Требования к освещению помещений промышленных предприятий для операторов ПЭВМ [15].

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение		
						Освещенность, лк		
						При системе комбинированного освещения		При системе общего освещения
						Всего	В том числе от общего	
Высокой точности	От 0,3 до 0,5	III	г	Средний, большой	Светлый, средний	400	200	200

5.2.1.4 Монотонный режим работы

При работе с ПЭВМ основным фактором, влияющим на нервную систему программиста или пользователя, является огромное количество информации, которое он должен воспринимать. Это является сложной задачей, которая очень сильно влияет на сознание и психофизическое состояние из-за монотонности работы. Поэтому меры, позволяющие снизить воздействие этого вредного производственного фактора, которые регулируются СанПиН

2.2.2/2.4.1340-03, являются важными в работе оператора ПЭВМ. Они позволяют увеличить производительность труда и предотвратить появление профессиональных болезней.

Организация работы с ПЭВМ осуществляется в зависимости от вида и категории трудовой деятельности. Виды трудовой деятельности разделяются на 3 группы: группа А – работа по считыванию информации с экрана с предварительным запросом; группа Б – работа по вводу информации; группа В – творческая работа в режиме диалога с ПЭВМ.

Работа программиста - разработчика, рассматриваемой в данной работе системы, относится к группам А и Б, в то время как деятельность врача-специалиста, который будет использовать систему в профессиональной деятельности, относится к группе В.

Категории трудовой деятельности различаются по степени тяжести выполняемых работ. Для снижения воздействия рассматриваемого вредного фактора предусмотрены регламентированные перерывы для каждой группы работ – таблица 5.6.

Таблица 5.6 – Суммарное время регламентированных перерывов в зависимости от продолжительности работы, вида категории трудовой деятельности с ПЭВМ [14].

Категория работы с ПЭВМ	Уровень нагрузки за рабочую смену при видах работ с ПЭВМ			Суммарное время регламентированных перерывов, мин.	
	Группа А, количество знаков	Группа Б, количество знаков	Группа В, ч	При 8-часовой смене	При 12-часовой смене
І	до 20 000	до 15 000	до 2	50	80
ІІ	до 40 000	до 30 000	до 4	70	110
ІІІ	до 60 000	до 40 000	до 6	90	140

5.2.2 Опасные производственные факторы

5.2.2.1 Опасность поражения электрическим током

Поражение электрическим током является опасным производственным фактором и, поскольку оператор ПЭВМ имеет дело с электрооборудованием, то вопросам электробезопасности на его рабочем месте должно уделяться много внимания. Нормы электробезопасности на рабочем месте регламентируются СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, вопросы требований к защите от поражения электрическим током освещены в ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ.

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Опасность поражения электрическим током усугубляется тем, что человек не в состоянии без специальных приборов обнаружить напряжение дистанционно.

Помещение, где расположено рабочее место оператора ПЭВМ, относится к помещениям без повышенной опасности ввиду отсутствия следующих факторов: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы, высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и металлическим корпусам электрооборудования.

Для оператора ПЭВМ при работе с электрическим оборудованием обязательны следующие меры предосторожности:

- перед началом работы нужно убедиться, что выключатели и розетка закреплены и не имеют оголённых токоведущих частей;
- при обнаружении неисправности оборудования и приборов необходимо, не делая никаких самостоятельных исправлений, сообщить человеку, ответственному за оборудование.

5.2.2.2 Опасность возникновения пожара

Возникновение пожара является опасным производственным фактором, т.к. пожар на предприятии наносит большой материальный ущерб, а также часто сопровождается травмами и несчастными случаями. Регулирование пожаробезопасности производится СНиП 21-01-97.

В помещениях с ПЭВМ повышен риск возникновения пожара из-за присутствия множества факторов: наличие большого количества электронных схем, устройств электропитания, устройств кондиционирования воздуха; возможные неисправности электрооборудования, освещения, или неправильная их эксплуатация может послужить причиной пожара.

Возможные виды источников воспламенения:

- искра при разряде статического электричества;
- искры от электрооборудования;
- искры от удара и трения;
- открытое пламя [16].

5.2.3 Мероприятия и рекомендации по устранению и минимизации

Для поддержания нормальных значений параметров микроклимата на рабочих местах рекомендуется оснащать их системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Также, в некоторых случаях, целесообразно обеспечить питьевое водоснабжение. В помещениях для работы с ПЭВМ должна производиться ежедневная влажная уборка, а также систематическое проветривание после каждого часа работы [17].

Для защиты операторов ПЭВМ от негативного воздействия электромагнитных полей в первую очередь необходимо, чтобы используемая техника удовлетворяла нормам и правилам сертификации. При работе с ПЭВМ установлены регламентированные перерывы, а также иногда предусмотрено использование экранов и фильтров в целях защиты оператора [18].

Для предупреждения преждевременной утомляемости пользователей ПЭВМ рекомендуется организовывать рабочую смену путем чередования работ с использованием ПЭВМ и без него. В случаях, когда характер работы требует постоянного взаимодействия с компьютером (работа программиста-разработчика) с напряжением внимания и сосредоточенности, при исключении возможности периодического переключения на другие виды трудовой деятельности, не связанные с ПЭВМ, рекомендуется организация перерывов на 10–15 мин. через каждые 45–60 мин. работы. При высоком уровне напряженности работы рекомендуется психологическая разгрузка в специально оборудованных помещениях [15].

К мероприятиям по предотвращению возможности поражения электрическим током относятся:

- при производстве монтажных работ необходимо использовать только исправный инструмент, аттестованный службой КИПиА;
- с целью защиты от поражения электрическим током, возникающим между корпусом приборов и инструментом при пробое сетевого напряжения на корпус, корпуса приборов и инструментов должны быть заземлены;
- при включенном сетевом напряжении работы на задней панели должны быть запрещены;
- все работы по устранению неисправностей должен производить квалифицированный персонал;
- необходимо постоянно следить за исправностью электропроводки

Для профилактики организации действий при пожаре должен проводиться следующий комплекс организационных мер: должны обеспечиваться регулярные проверки пожарной сигнализации, первичных средств пожаротушения; должен проводиться инструктаж и тренировки по действиям в случае пожара; не должны загромождаться или блокироваться пожарные выходы; должны выполняться правила техники безопасности и технической эксплуатации электроустановок; во всех служебных помещениях должны быть установлены «Планы эвакуации людей при пожаре и других ЧС», регламентирующие действия персонала при возникновении пожара.

Для предотвращения пожара помещение с ПЭВМ должно быть оборудовано первичными средствами пожаротушения: углекислотными огнетушителями типа ОУ-2 или ОУ-5; пожарной сигнализацией, а также, в некоторых случаях, автоматической установкой объемного газового пожаротушения [20].

5.3 Экологическая безопасность

В данном разделе рассматривается воздействие на окружающую среду деятельности по разработке проекта, а также самого продукта в результате его реализации на производстве.

Разработка программного обеспечения и работа за ПЭВМ не являются экологически опасными работами, потому объект, на котором производилась разработка продукта, а также объекты, на которых будет производиться его использование операторами ПЭВМ относятся к предприятиям пятого класса, размер селитебной зоны для которых равен 50 м [18].

Программный продукт, разработанный непосредственно в ходе выполнения магистерской диссертации, не наносит вреда окружающей среде.

Но в связи с тем, что в ходе операций над входными данными возможны погрешности вычисления, ошибки реализации вычислений программистом, а также ошибки во входных данных, работа с программным продуктом может привести к неправильным выводам метеоролога. Поэтому требуется тщательная проверка адекватности всех вычислений программного продукта метеорологом.

Средства, необходимые для разработки и эксплуатации программного комплекса могут наносить вред окружающей среде.

Современные ПЭВМ производят практически без использования вредных веществ, опасных для человека и окружающей среды. Исключением являются аккумуляторные батареи компьютеров и мобильных устройств. В аккумуляторах содержатся тяжелые металлы, кислоты и щелочи, которые могут наносить ущерб окружающей среде, попадая в гидросферу и литосферу, если они были неправильно утилизированы. Для утилизации аккумуляторов необходимо обращаться в специальные организации, специализировано занимающиеся приемом, утилизацией и переработкой аккумуляторных батарей [19].

Люминесцентные лампы, применяющиеся для искусственного освещения рабочих мест, также требуют особой утилизации, т.к. в них присутствует от 10 до 70 мг ртути, которая относится к чрезвычайно-опасным химическим веществам и может стать причиной отравления живых существ, а также загрязнения атмосферы, гидросферы и литосферы. Сроки службы таких ламп составляют около 5-ти лет, после чего их необходимо сдавать на переработку в специальных пунктах приема. Юридические лица обязаны сдавать лампы на переработку и вести паспорт для данного вида отходов [19-21].

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В рабочей среде оператора ПЭВМ возможно возникновение следующих чрезвычайных ситуаций техногенного характера:

- пожары и взрывы в зданиях и на коммуникациях;
- внезапное обрушение зданий.

Среди возможных стихийных бедствий можно выделить метеорологические (ураганы, ливни, заморозки), гидрологические (наводнения, паводки, подтопления), природные пожары.

К чрезвычайным ситуациям биолого-социального характера можно отнести эпидемии, эпизоотии, эпифитотии.

Экологические чрезвычайные ситуации могут быть вызваны изменениями состояния, литосферы, гидросферы, атмосферы и биосферы в результате деятельности человека.

Наиболее характерной для объекта, где размещаются рабочие помещения, оборудованные ПЭВМ, чрезвычайной ситуацией является пожар.

Помещение для работы операторов ПЭВМ по системе классификации категорий помещений по взрывопожарной и пожарной опасности относится

к категории Д (из 5-ти категорий А, Б, В1-В4, Г, Д), т.к. относится к помещениям с негорючими веществами и материалами в холодном состоянии [22].

Каждый сотрудник организации должен быть ознакомлен с инструкцией по пожарной безопасности, пройти инструктаж по технике безопасности и строго соблюдать его.

Запрещается использовать электроприборы в условиях, не соответствующих требованиям инструкций изготовителей, или имеющие неисправности, которые в соответствии с инструкцией по эксплуатации могут привести к пожару, а также эксплуатировать электропровода и кабели с поврежденной или потерявшей защитные свойства изоляцией.

Электроустановки и бытовые электроприборы в помещениях по окончании рабочего времени должны быть обесточены (вилки должны быть вынуты из розеток). Под напряжением должны оставаться дежурное освещение и пожарная сигнализация. Недопустимо хранение легковоспламеняющихся, горючих и взрывчатых веществ, использование открытого огня в помещениях офиса.

Перед уходом из служебного помещения работник обязан провести его осмотр, закрыть окна, и убедиться в том, что в помещении отсутствуют источники возможного возгорания, все электроприборы отключены и выключено освещение. С периодичностью не реже одного раза в три года необходимо проводить замеры сопротивления изоляции токоведущих частей силового и осветительного оборудования.

Повышение устойчивости достигается за счет проведения соответствующих организационно-технических мероприятий, подготовки персонала к работе в ЧС [13].

Работник при обнаружении пожара или признаков горения (задымление, запах гари, повышение температуры и т.п.) должен:

- немедленно прекратить работу и вызвать пожарную охрану по телефону «01», сообщив при этом адрес, место возникновения пожара и свою фамилию;
- принять по возможности меры по эвакуации людей и материальных ценностей;
- отключить от сети закрепленное за ним электрооборудование;
- приступить к тушению пожара имеющимися средствами пожаротушения;
- сообщить непосредственному или вышестоящему начальнику и оповестить окружающих сотрудников;
- при общем сигнале опасности покинуть здание согласно «Плану эвакуации людей при пожаре и других ЧС».

Для тушения пожара применять ручные углекислотные огнетушители (типа ОУ-2, ОУ-5), находящиеся в помещениях офиса, и пожарный кран внутреннего противопожарного водопровода. Они предназначены для тушения начальных возгораний различных веществ и материалов, за исключением веществ, горение которых происходит без доступа воздуха. Огнетушители должны постоянно содержаться в исправном состоянии и быть готовыми к действию. Категорически запрещается тушить возгорания в помещениях офиса при помощи химических пенных огнетушителей (типа ОХП-10).

5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.5.1 Правовые нормы трудового законодательства для рабочей зоны оператора ПЭВМ

Регулирование отношений между работником и работодателем, касающихся оплаты труда, трудового распорядка, особенности регулирования труда женщин, детей, людей с ограниченными

способностями и проч., осуществляется законодательством РФ, а именно трудовым кодексом РФ.

Продолжительность рабочего дня не должна быть меньше указанного времени в договоре, но не больше 40 часов в неделю. Для работников до 16 лет – не более 24 часов в неделю, от 16 до 18 лет и инвалидов I и II группы – не более 35 часов.

Возможно установление неполного рабочего дня для беременной женщины; одного из родителей (опекуна, попечителя), имеющего ребенка в возрасте до четырнадцати лет (ребенка-инвалида в возрасте до восемнадцати лет). Оплата труда при этом производится пропорционально отработанному времени, без ограничений оплачиваемого отпуска, исчисления трудового стажа и других прав.

При работе в ночное время продолжительность рабочей смены сокращается на один час. К работе в ночную смену не допускаются беременные женщины; работники, не достигшие возраста 18 лет; женщины, имеющие детей в возрасте до трех лет, инвалиды, работники, имеющие детей-инвалидов, а также работники, осуществляющие уход за больными членами их семей в соответствии с медицинским заключением, матери и отцы-одиночки детей до пяти лет.

Организация обязана предоставлять ежегодный отпуск продолжительностью 28 календарных дней. Дополнительные отпуска предоставляются работникам, занятым на работах с вредными или опасными условиями труда, работникам имеющими особый характер работы, работникам с ненормированным рабочим днем и работающим в условиях Крайнего Севера приравненных к нему местностях.

В течение рабочего дня работнику должен быть предоставлен перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается. Всем работникам

предоставляются выходные дни, работа в выходные дни осуществляется только с письменного согласия работника.

Организация-работодатель выплачивает заработную плату работникам.

Возможно удержание заработной платы только в случаях установленных ТК РФ ст. 137. В случае задержки заработной платы более чем на 15 дней, работник имеет право приостановить работу, письменно уведомив работодателя.

Законодательством РФ запрещена дискриминация по любым признакам и принудительный труд.

5.5.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

К мероприятиям, относящимся к компоновке рабочей зоны относятся работы по организации рабочего места пользователя, позволяющие наилучшим образом организовать деятельность работника, делая его работу максимально удобной и безопасной.

Основным направлением использования разработанной программной системы является формирование скрытых групп на основе анализа среднемесячных температур за большой период, что позволяет изучать глобальные изменения климата во времени, а также прогнозировать и изучать текущие его изменения. Сам продукт не влияет на организацию рабочей зоны, однако работа с ним позволит реорганизовать работу специалистов, что в свою очередь повлияет на организацию рабочей зоны. Это может быть охарактеризовано с помощью следующих факторов:

- повышение производительности математических вычислений метеорологических данных, что позволит метеорологу быстрее получать запрашиваемые данные;

- сокращение умственных и зрительных нагрузок метеоролога за счет автоматизации анализа вычислений данных;

- работа программного продукта позволяет использовать вычислительные мощности других компьютеров, объединяя в вычислительную сеть подключенные компьютеры. Таким образом все доступные для специалиста компьютеры, а также удаленно подключенные в сеть могут быть использованы для вычислений и ускорения получения данных.

Все перечисленные факторы повышают, облегчают работу и положительно сказываются на производительности труда.

Кроме того, в выпускной квалификационной работе рассмотрены вопросы финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения, а также идентифицированы основные опасные и вредные производственные факторы, мероприятия по их устранению, и правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы был проведен анализ существующих алгоритмов нахождения максимального потока в транспортной сети. Также были протестированы комбинации следующих неасимптотических оптимизаций для ускорения работы алгоритма нахождения максимального потока:

- масштабирование;
- выбор случайного ребра;
- обход в ширину;
- обход в глубину.

В результате тестирования были получены данные о времени работы комбинаций неасимптотических алгоритмов в графах различных типов.

Было установлено, что наилучшие результаты достигаются при комбинированном применении обхода в ширину и алгоритма масштабирования.

По результатам экспериментов было отмечено, что оптимизация выбора случайного ребра в большинстве случаев только ухудшала время работы алгоритма.

Также было установлено, что использование обхода в ширину для нахождения пути из истока в сток в полных и двудольных графах значительно ускоряет время работы алгоритма по сравнению с применением обхода в глубину.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Окулов С. М. Дискретная математика. Теория и практика решения задач по информатике.– М.: Бином, 2008. – 422 с.
2. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р. Алгоритмы: построение и анализ. – М.: МЦНМО, 1999.
3. Алгоритм Диница [Электронный ресурс]: E-maxx algo. – Режим доступа: <http://e-maxx.ru/algo/dinic>, свободный. – Загл. с экрана.
4. Томас Х. Кормен, Чарльз И. Лейзерсон, Рональд Л. Ривест, Клиффорд Штайн. Алгоритмы. Построение и анализ – М.: Издательский дом «Вильямс», 2013. – 1290 с.
5. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход – М.: Мир, 1978. – 432 с.
6. Принципиальные схемы обустройства нефтегазовых объектов [Электронный ресурс] URL: <http://www.neftyanik-school.ru/studentam/uchebnyekursy/course/15/20?start=1>
7. Прокофьев В.А. Информационные технологии на транспорте / В.А. Прокофьев – М.: Моркнига, 2007 – 127 с
8. Максимальный поток методом Эдмондса-Карпа [Электронный ресурс]: E-maxx algo. – Режим доступа: http://e-maxx.ru/algo/edmonds_karp, свободный. – Загл. с экрана.
9. Щепин Е.В. Теория расписаний. – М.: Школа Яндекса по анализу данных, 2007. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mi.ras.ru/~scepin/1-sched.pdf> (дата обращения 20.05.2017)
10. Лапшин А.Б. Дискретная математика и математическая логика. Ч.4. Элементы теории графов / А.Б.Лапшин, О.Б. Садовская. – Кострома, Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2005..
11. Охрана труда. Основы безопасности жизнедеятельности // www.Grandars.ru. 2017. URL: <http://www.grandars.ru/shkola/bezopasnost-zhiznedeyatelnosti/ohrana-truda.html> (дата обращения: 22.05.2017).

12. ГОСТ 12.0.003-74. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация // Библиотека ГОСТов. 2017. URL: <http://vsegost.com/Catalog/41/41131.shtml> (дата обращения: 23.05.2017).

13. .Ефремова О. С. Требования охраны труда при работе на персональных электронно-вычислительных машинах. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство «Альфа-Пресс», 2008. – 176 с.

14. Назаренко О. Б. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / О. Б. Назаренко, Ю. А. Амелькович; Томский политехнический университет. 3-е изд., перераб. и доп. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 178 с.

15. Белов С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник / С. В. Белов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2011. – 680 с.

16. СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 // Докипедия. 2017. URL: <http://dikipedia.ru/document/5147250> (дата обращения: 23.05.2017).

17. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений //Библиотека гостей и нормативов. 2017. URL: http://www.ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/2/2107/ (дата обращения: 24.05.2017).

18. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и других объектов // Библиотека гостей и нормативов.2017.URL:http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/11/11774/ (дата обращения: 24.04.2017).

19. СанПиН 2.1.7.1322-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления. 2.1.7. Почва, очистка населённых мест,

бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы //Библиотека ГОСТов и нормативов. 2017. URL: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/11/11774/ (дата обращения: 02.06.2017).

20. Постановление Правительства РФ от 03.09.2010 N681 (ред. От 01.10.2013) "Об утверждении Правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств, электрических ламп, ненадлежащие сбор, накопление, использование, обезвреживание, транспортирование и размещение которых может повлечь причинение вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям и окружающей среде // Консультант Плюс. 2015. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_104420/e1b31c36ed1083efeb6cd9c63ed12f99e2ca77ed/#dst100007 (дата обращения: 02.06.2017).

21. Энергосбережение в компьютерном мире // НВП. 2008. URL: http://www.hwp.ru/articles/Energoberezhnie_v_kompyuternom_mire_CNast_1___osnovnie_tendentsii/?SHOWALL_1=1 (дата обращения: 24.05.2017).

22. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. 2017. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200032102> (дата обращения: 24.05.2017)