



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский государственный технический университет имени
Н. Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н. Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ «Информатика и системы управления»

КАФЕДРА «Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии»

Отчёт по лабораторной работе №7 по дисциплине «Анализ алгоритмов»

Тема: Методы решения задачи коммивояжера

Студент: Княжев А. В.

Группа: ИУ7-52Б

Оценка (баллы): _____

Преподаватели: Волкова Л. Л., Строганов Ю. В.

Москва — 2022 г.

Оглавление

Введение	3
1. Аналитическая часть	4
1.1. Задача коммивояжера	4
1.2. Алгоритм полного перебора	4
1.3. Муравьиный алгоритм	5
2. Конструкторская часть	7
2.1. Разработка алгоритма полного перебора	7
2.2. Разработка муравьиного алгоритма	7
2.3. Оценка трудоемкости алгоритмов сортировки	11
2.3.1. Модель вычислений	11
2.3.2. Трудоемкость алгоритма полного перебора	12
2.4. Трудоемкость муравьиного алгоритма	13
3. Технологическая часть	15
3.1. Требования к ПО	15
3.2. Средства реализации	15
3.3. Реализации алгоритмов	15
3.4. Тестирование	19
4. Экспериментальная часть	21
4.1. Технические характеристики	21
4.2. Параметризация муравьиного алгоритма	21
4.2.1. Параметризация для графа №1	22
4.2.2. Параметризация для графа №2	30
4.2.3. Параметризация для графа №3	37
4.3. Измерение процессорного времени выполнения реализаций алгоритмов	44
Заключение	46
Список использованных источников	47
Приложение А	48

Введение

Задача коммивояжера является одной из важнейших задач современной дискретной оптимизации [1]. Она имеет множество формулировок, но в рамках данной работы будет рассмотрена следующая формулировка: необходимо найти кратчайший путь, по которому можно обойти все морские порты. Порты в данном случае представлены вершинами графа, маршруты между ними — ребрами графа, причем ребра имеют вес — длину маршрута.

Цель работы

Получение навыков кодирования программного продукта, тестирования и проведения замеров времени выполнения программы на различных данных. Все это на примере решения задачи коммивояжера с использованием алгоритма полного перебора и муравьиного алгоритма.

Задачи работы

- 1) изучение алгоритма полного перебора и муравьиного алгоритма;
- 2) разработка алгоритма полного перебора и муравьиного алгоритма;
- 3) оценка трудоемкости алгоритмов;
- 4) реализация данных алгоритмов;
- 5) проведение параметризации для муравьиного алгоритма;
- 6) проведение замеров времени работы данных алгоритмов на наилучшей комбинации параметров;
- 7) проведение сравнительного анализа алгоритмов на основе полученных данных.

1. Аналитическая часть

В данном разделе рассмотрены теоретические выкладки по задаче коммивояжера, алгоритму полного перебора и муравьиному алгоритму.

1.1. Задача коммивояжера

Рассматривается следующая формулировка задачи коммивояжера: необходимо найти кратчайший путь, по которому можно обойти все морские порты. Порты в данном случае представлены вершинами графа, маршруты между ними — ребрами графа, причем ребра имеют вес — длину маршрута. Используется неориентированный граф.

В рамках данной работы будут оцениваться маршруты между следующими странами:

- Грузия;
- Греция;
- Германия;
- Россия;
- Нидерланды;
- Франция;
- Норвегия;
- и другие.

1.2. Алгоритм полного перебора

Основной идеей алгоритма полного перебора является перебор всех возможных маршрутов между вершинами графа, отсечение из полученных вариантов несуществующих маршрутов, поиск среди оставшихся маршрутов кратчайшего незамкнутого.

Особенностями данного алгоритма являются низкая производительность и точное решение задачи поиска кратчайшего пути.

1.3. Муравьиный алгоритм

Основной идеей муравьиного алгоритма является моделирование колонии муравьев, которые перемещаются между вершинами графа. Особенностью муравьев является выделение так называемых феромонов — веществ, на которые реагируют другие муравьи. Муравей с помощью феромона помечает свой маршрут, вследствие чего этот маршрут становится привлекательнее для других членов колонии.

Работа алгоритма представляет собой моделирование некоторого количества циклов жизни колонии муравьев. В рамках одного цикла, муравьи, действуя независимо друг от друга, проходят пути, состоящие из всех вершин графа. В конце цикла происходит проверка пройденных путей на предмет кратчайшего расстояния. В процессе прохождения муравьи оставляют феромоны на маршрутах.

Муравей обладает следующими свойствами.

- Зрение — муравей может оценить ребро по его длине, чем он длиннее, тем хуже муравей его видит, следовательно, тем меньше его привлекательность. Видимость вершины графа для муравья можно вычислить по формуле

$$\eta_{ij} = \frac{1}{D_{ij}}, \text{ где } D_{ij} \text{ — длина ребра между пунктами } i \text{ и } j. \quad (1.1)$$

- Память — муравей способен запоминать посещенные вершины, чтобы не обходить их снова;
- Обоняние — муравей способен чувствовать запах феромона и определять его интенсивность.

Учитывая перечисленные компетенции можно вывести формулу для расчёта вероятности посещения k -ым муравьём, находящимся в вершине i , вершины j :

$$P_{ijk} = \frac{[\eta_{ij}]^{\beta} \cdot [\tau_{ij}]^{\alpha}}{\sum_{q \notin J_k} [\eta_{iq}]^{\beta} \cdot [\tau_{iq}]^{\alpha}}, \quad (1.2)$$

где

- α — коэффициент стадности;
- β — коэффициент жадности;
- η_{ij} — видимость вершины j из вершины i .

Для подходящего под условия задачи маршрута происходит повышения количества феромона на нем.

$$\tau_{ij}(t+1) = (1 - \rho) \cdot \tau_{ij}(t) + \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ijk}(t), \quad (1.3)$$

где

- ρ — коэффициент испарения феромона с течением времени;
- m — количество муравьёв в колонии;
- $\tau_{ij}(t)$ — концентрация феромона на ребре между пунктами i и j в текущий цикл;
- $\tau_{ij}(t+1)$ — концентрация феромона на ребре между пунктами i и j в наступающий цикл;
- $\tau_{ijk}(t)$ — концентрация феромона на ребре между пунктами i и j в текущий цикл для муравья k ;
- $\Delta\tau_{ij,k}(t)$ определяется по формуле

$$\Delta\tau_{ijk}(t) = \frac{Q}{L_k(t)}, \quad (1.4)$$

где

- Q — параметр, определяющий значение порядка длины искомого маршрута;
- $L_k(t)$ — длина маршрута для муравья k .

В результате работы алгоритма находится кратчайший маршрут среди найденных муравьями. Из особенностей алгоритма можно отметить полиномиальное время работы и приближенный результат [3].

2. Конструкторская часть

В данном разделе представлены схемы алгоритма полного перебора и муравьиного алгоритма.

2.1. Разработка алгоритма полного перебора

На рис. 2.1 представлена схема алгоритма полного перебора.

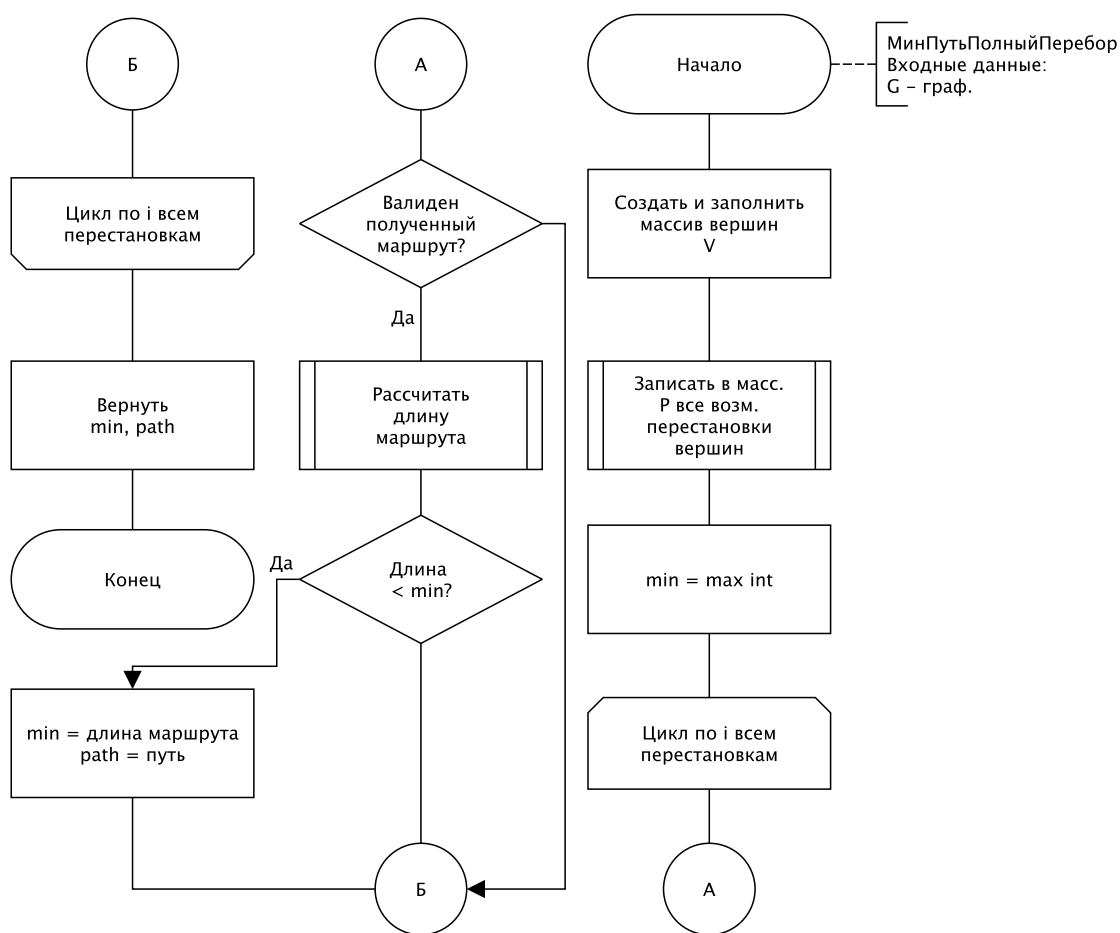


Рисунок 2.1 — Схема алгоритма полного перебора

2.2. Разработка муравьиного алгоритма

На рис. 2.2 – 2.4 представлена схема муравьиного алгоритма.

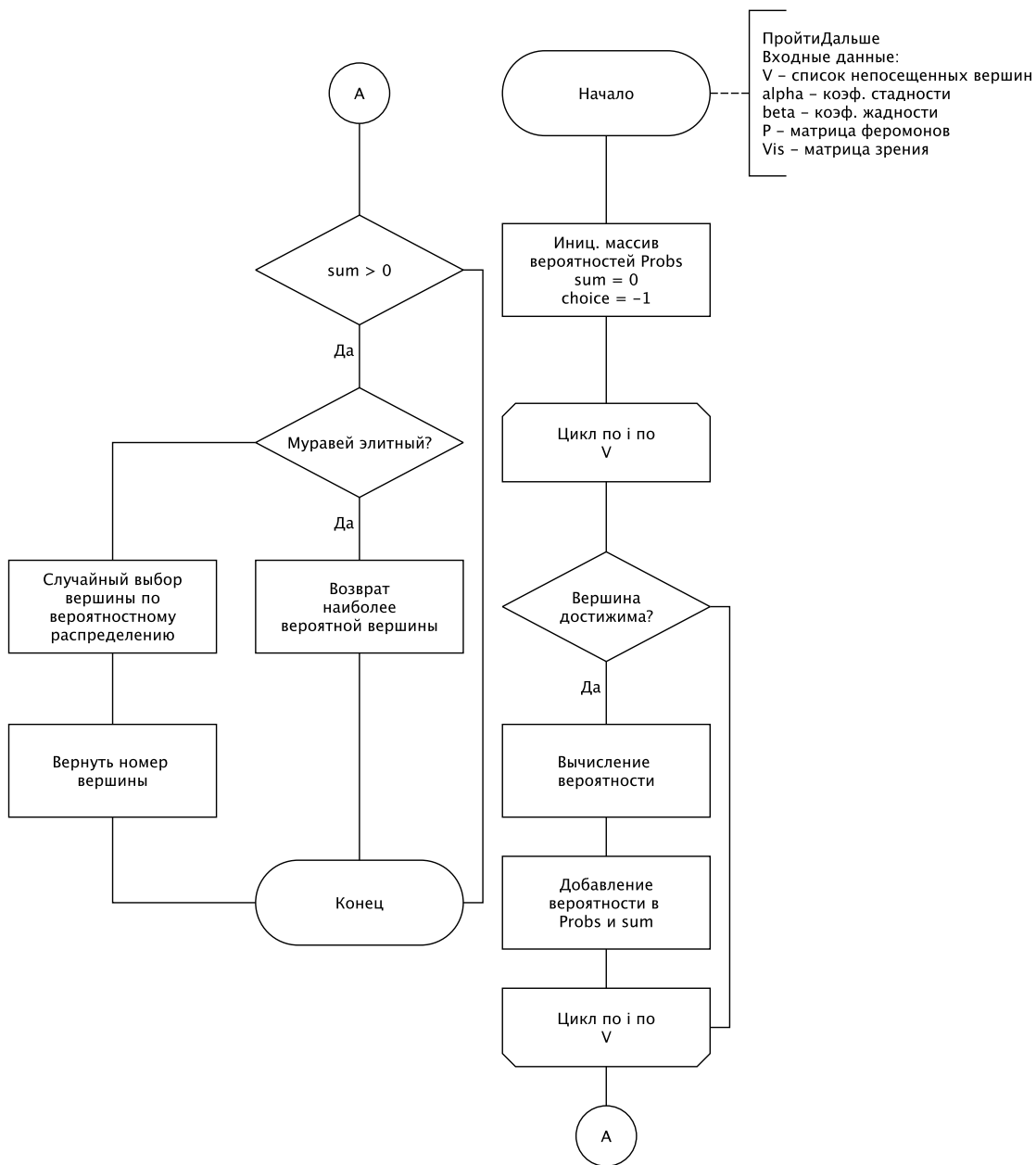


Рисунок 2.2 — Схема алгоритма перехода для одного муравья

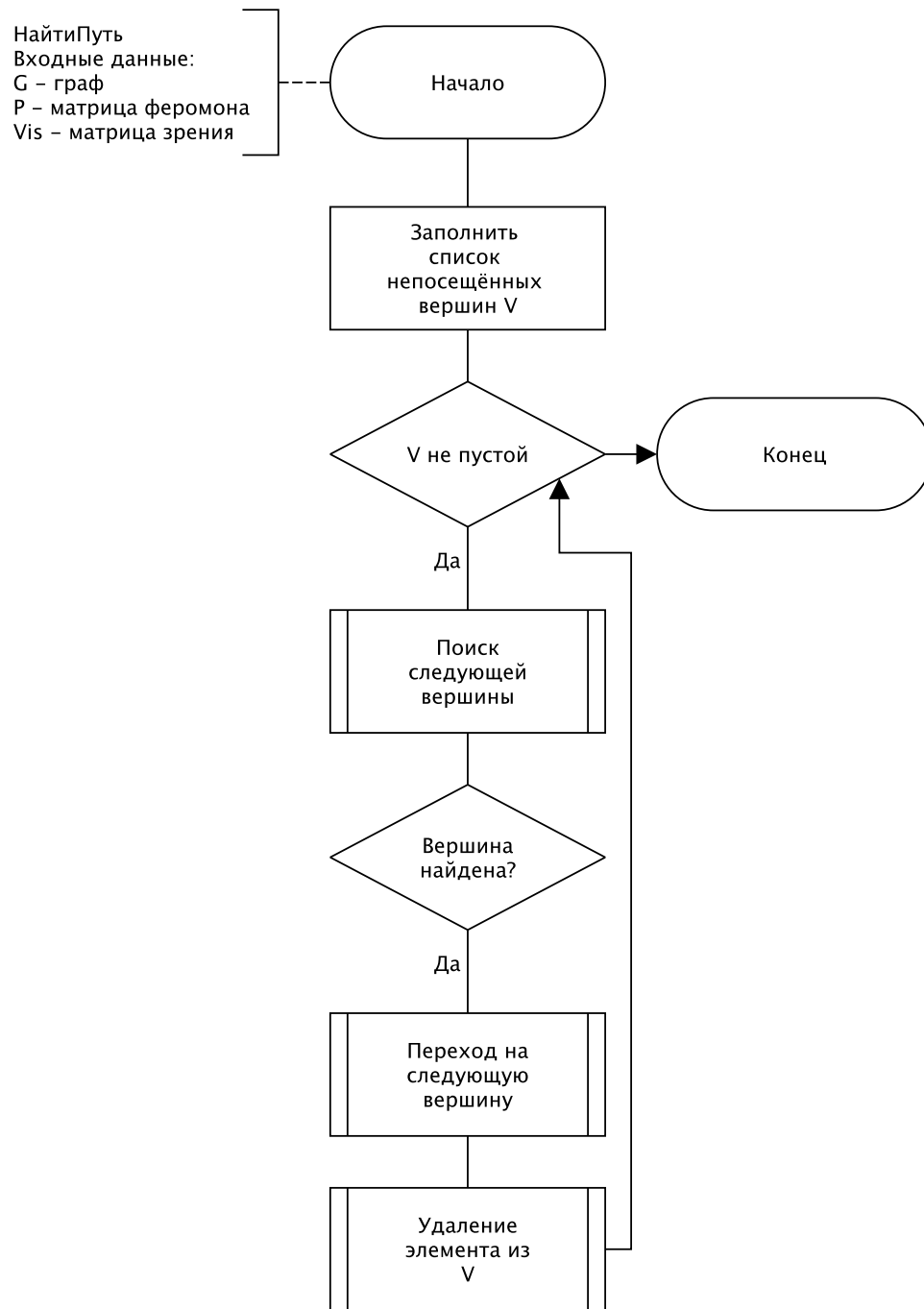


Рисунок 2.3 — Схема алгоритма нахождения маршрута для одного муравья

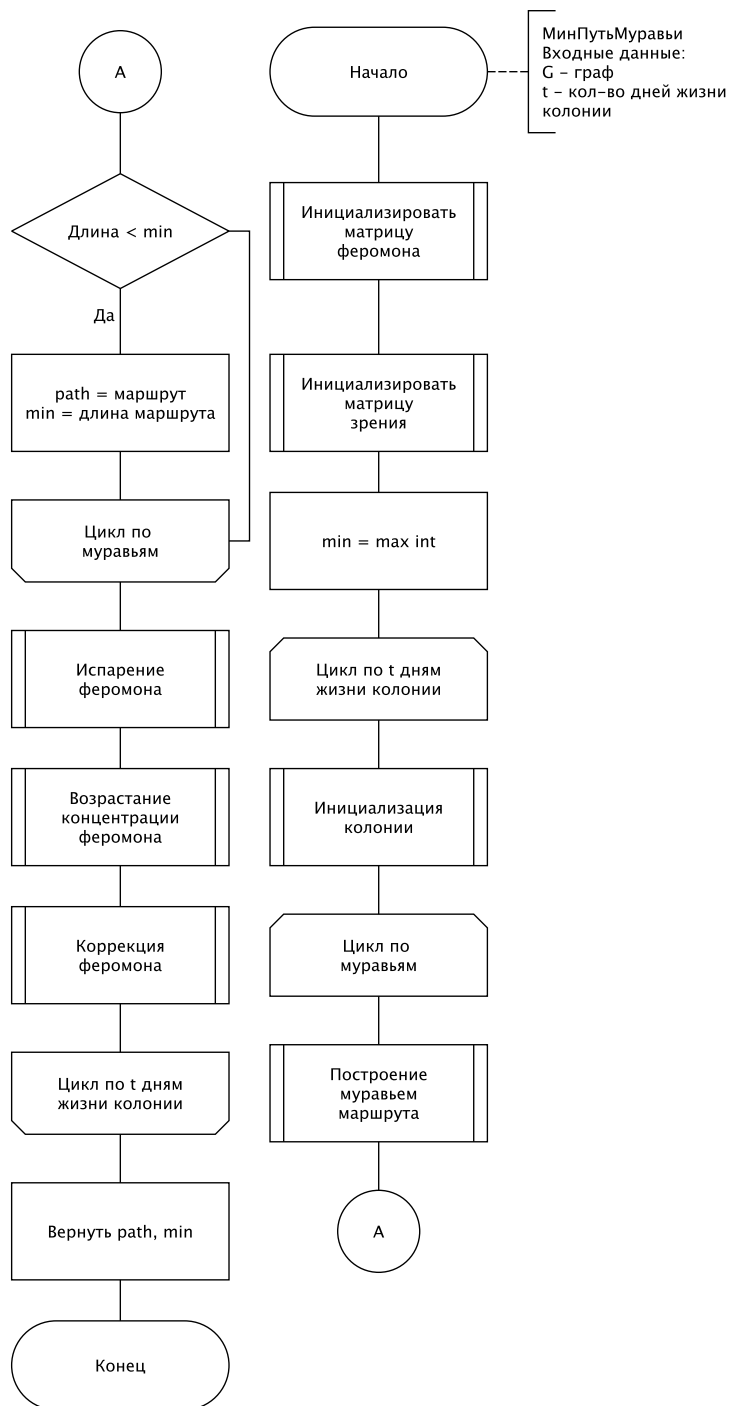


Рисунок 2.4 — Схема муравьиного алгоритма

2.3. Оценка трудоемкости алгоритмов сортировки

2.3.1. Модель вычислений

Для вычисления трудоемкости исследуемых алгоритмов необходимо ввести модель вычислений.

Если обозначить трудоемкость некоторой операции a , как f_a , то можно ввести таблицу соответствия значения трудоемкости для базовых операций:

Таблица 2.1 — Таблица значений трудоемкости

Операция	Трудоемкость
$:=$	1
$+=$	1
$- =$	1
$+$	1
$-$	1
$<<$	1
$>>$	1
$[]$	1
$++$	1
$--$	1
$>=$	1
$<=$	1
$==$	1
$!=$	1
$<$	1
$>$	1
$*$	2
$/$	2
$\%$	2
вызов функции	0

Трудоемкость условного блока можно ввести следующим образом:

$$f_{if} = f_{cond} + \begin{cases} \min(f_{in_if}, f_{in_else}) & \text{в лучшем случае,} \\ \max(f_{in_if}, f_{in_else}) & \text{в худшем случае,} \end{cases} \quad (2.1)$$

где

- f_{if} — трудоемкость условного блока;
- f_{cond} — трудоемкость вычисления условия;
- f_{in_if} — трудоемкость фрагмента после *if*;
- f_{in_else} — трудоемкость фрагмента после *else*.

Трудоемкость цикла можно ввести следующим образом:

$$f_{loop} = f_{init} + f_{cmp} + n \cdot (f_{body} + f_{cmp} + f_{inc}), \quad (2.2)$$

где

- f_{loop} — трудоемкость цикла;
- f_{init} — трудоемкость инициализирующего выражения;
- f_{cmp} — трудоемкость сравнения цикла;
- f_{body} — трудоемкость тела цикла;
- f_{inc} — трудоемкость инкремента.

2.3.2. Трудоемкость алгоритма полного перебора

Здесь и далее, N — количество вершин графа.

Трудоемкость тела цикла равна

$$f_1 = 2 + N \cdot 10 + 1 + 2 + N \cdot 12 = 5 + 22 \cdot N. \quad (2.3)$$

Трудоемкость внешнего цикла равна

$$f_2 = 2 + N! \cdot (2 + f_1) = 2 + N! \cdot (7 + 22 \cdot N). \quad (2.4)$$

Трудоемкость алгоритма полного перебора равна трудоемкости внешнего цикла, поэтому

$$f = f_2 = 2 + N! \cdot (7 + 22 \cdot N). \quad (2.5)$$

Таким образом, асимптотику алгоритма полного перебора можно оценить как $O(N!)$.

2.4. Трудоемкость муравьиного алгоритма

Пусть T — количество циклов жизни колонии.

Трудоемкость инициализации матрицы видимости равна

$$f_1 = 1 + 2 + N \cdot 5 + 2 + N \cdot (2 + 2 + N \cdot 5) = 5 + 7 \cdot N + 5 \cdot N^2. \quad (2.6)$$

Трудоемкость инициализации коэффициента пропорциональности феромона равна

$$f_2 = 1 + 2 + N \cdot (2 + 2 + N \cdot 5) + 1 = 4 + 4 \cdot N + 5 \cdot N^2. \quad (2.7)$$

Трудоемкость инициализации матрицы феромонов равна

$$f_3 = 1 + 2 + N \cdot 5 + 2 + N \cdot (2 + 2 + N \cdot 5) = 5 + 7 \cdot N + 5 \cdot N^2. \quad (2.8)$$

Трудоемкость поиска муравьем следующей вершины для n непосещенных вершин для элитных муравьев равна

$$f_4 = 4 + (n - 1) \cdot 17 + 5 + (n - 1) \cdot 5 + 1 = -12 + 22 \cdot n. \quad (2.9)$$

Трудоемкость поиска муравьем следующей вершины для n непосещенных вершин для обычных муравьев равна

$$f_4 = 4 + (n - 1) \cdot 17 + 5 + (n - 1) \cdot 8 + 7 + 4 \cdot n + 2 = -7 + 29 \cdot n. \quad (2.10)$$

Трудоемкость поиска муравьем маршрута равна

$$f_5 = 3 + N \cdot 4 + 1 + \sum f_4 + N \cdot (10 + N \cdot 11) + 3. \quad (2.11)$$

$$f_5 = 5 - 9 \cdot N + 22 \cdot N^2. \quad (2.12)$$

Трудоемкость создания колонии равна

$$f_6 = 1 + 2 + N \cdot (2 + 7) = 3 + 9 \cdot N. \quad (2.13)$$

Трудоемкость испарения феромона равна

$$f_7 = 2 + N \cdot (2 + 2 + N \cdot (2 + 7)) = 2 + 4 \cdot N + 9 \cdot N^2. \quad (2.14)$$

Трудоемкость прироста феромона равна

$$f_8 = 2 + N \cdot (2 + 2 + (N - 1) \cdot (2 + 9)) = 2 - 7 \cdot N + 11 \cdot N^2. \quad (2.15)$$

Трудоемкость коррекции феромона равна

$$f_9 = 2 + N \cdot (2 + 2 + N \cdot 3) = 2 + 4 \cdot N + 3 \cdot N^2. \quad (2.16)$$

Трудоемкость цикла по количеству муравьев в колонии равна

$$f_{10} = 2 + N \cdot (2 + f_5 + 8) = 2 + 15 \cdot N - 9 \cdot N^2 + 22 \cdot N^3. \quad (2.17)$$

Трудоемкость цикла по дням равна

$$f_{11} = 2 + T \cdot (f_6 + f_{10} + f_7 + f_8 + f_9), \quad (2.18)$$

$$f_{11} = 2 + 11 \cdot T + 25 \cdot N \cdot T + 14 \cdot N^2 \cdot T + 22 \cdot N^3 \cdot T. \quad (2.19)$$

Трудоемкость муравьиного алгоритма равна

$$f = f_1 + f_2 + f_3 + 2 + f_{11} + 5, \quad (2.20)$$

$$f = 23 + 18 \cdot N + 15 \cdot N^2 + 11 \cdot T + 25 \cdot N \cdot T + 14 \cdot N^2 \cdot T + 22 \cdot N^3 \cdot T. \quad (2.21)$$

Таким образом, асимптотика муравьиного алгоритма равна $O(T \cdot N^3)$.

3. Технологическая часть

В данном разделе представлены реализации алгоритмов поиска кратчайшего расстояния в графе. Кроме того, указаны требования к ПО и средства реализации.

3.1. Требования к ПО

- программа позволяет вводить имя файла, содержащего информацию о графе, с помощью аргументов командной строки;
- программа аварийно завершается в случае ошибок, выводя сообщение о соответствующей ошибке;
- программа выполняет замеры времени работы реализаций алгоритмов;
- программа строит зависимости времени работы реализаций алгоритмов от размеров входных данных;
- программа позволяет вводить основные параметры муравьиного алгоритма, такие как α , β и другие с помощью аргументов командной строки.

3.2. Средства реализации

Для реализации данной работы выбран язык программирования Go, так как он содержит необходимые для тестирования библиотеки, а также обладает достаточными инструментами для реализации ПО, удовлетворяющего требованиям данной работы [4].

3.3. Реализации алгоритмов

В листингах 3.1 – 3.6 представлены реализации алгоритма полного перебора и муравьиного алгоритма.

Листинг 3.1 — Исходный код реализации алгоритма полного перебора

```
func (m *Manager) MinPath(g *graph.Graph) ([]int, int, bool) {
    paths := allPaths(g.GetSize())
    minLen := math.MaxInt
    var minPath []int

    for _, path := range paths {
        l, ok := g.LenPath(path)
        if !ok {
            continue
        }

        if l < minLen {
            minLen = l
            minPath = path
        }
    }

    return minPath, minLen, minLen != math.MaxInt
}
```

Листинг 3.2 — Исходный код реализации алгоритма поиска следующей вершины в маршруте муравья

```
func (a *ant) trip(vertices []int, pheromones [][]float64,
    visibles [][]float64) (int, bool) {
    probabilities := make([]float64, 0)
    probability := 0.0

    for _, v := range vertices {
        if visibles[a.getPos()][v] != -1 {
            p := math.Pow(visibles[a.getPos()][v], a.beta) *
                math.Pow(pheromones[a.getPos()][v], a.alpha)
```


Листинг 3.3 — Исходный код реализации алгоритма поиска следующей вершины в маршруте муравья (продолжение листинга 3.2)

```
        probabilities = append(probabilities, p)
        probability += p
    }

    if probability <= 0 {
        return 0, false
    }

    maxProbability := 0.0
    idx := 0
    for i, v := range probabilities {
        v /= probability
        if v > maxProbability {
            maxProbability = v
            idx = vertices[i]
        }
    }

    if a.elite {
        return idx, true
    }

    return vertices[randVariant(probabilities, probability)-1], true
}
```

Листинг 3.4 — Исходный код реализации алгоритма поиска маршрута для муравья

```
func (a *ant) findPath(g *graph.Graph, pheromones [][]float64,
visibles [][]float64) bool {
    vertices := make([]int, 0, g.GetSize())
    for i := 0; i < g.GetSize(); i++ {
        if i != a.getPos() {
            vertices = append(vertices, i)
        }
    }
    for len(vertices) != 0 {
        next, ok := a.trip(vertices, pheromones, visibles)
        if !ok {
            return false
        }
        dst, _ := g.GetDistance(a.getPos(), next)
        a.move(next, dst)
        vertices = rm(vertices, next)
    }
    return true
}
```

Листинг 3.5 — Исходный код реализации муравьиного алгоритма

```
func (m *Manager) MinPath(g *graph.Graph) ([]int, int, bool) {
    minLen := math.MaxInt
    var minPath []int
    pheromones := newPheromones(g)
    visibles := newVisibles(g)
    for t := 0; t < m.n; t++ {
        c := newColony(g, m.alpha, m.beta, m.k)
        c.evaporate(pheromones)
```

Листинг 3.6 — Исходный код реализации муравьиного алгоритма (продолжение листинга 3.5)

```
        for _, v := range c.ants {
            ok := v.findPath(g, pheromones, visibles)
            if !ok {
                return nil, 0, false
            }
            if v.len < minLen && len(v.path) == g.GetSize() {
                minLen = v.len
                minPath = v.path
            }
        }
        c.correct(pheromones)
    }
    if len(minPath) == 0 {
        return nil, 0, false
    }
    return minPath, minLen, true
}
```

3.4. Тестирование

Тестирование проводилось по методологии чёрного ящика. **Тесты пройдены успешно.**

В таблице 3.1 представлены тестовые данные для реализаций алгоритма полного перебора и муравьиного алгоритма.

Таблица 3.1 — Тестовые данные для реализаций алгоритма полного перебора и муравьиного алгоритма

№	Граф	Результат
1	$\begin{pmatrix} -1 & 875 \\ 875 & -1 \end{pmatrix}$	875
2	$\begin{pmatrix} -1 & 1797 & 2326 \\ 1797 & -1 & 3954 \\ 2326 & 3954 & -1 \end{pmatrix}$	4123
3	$\begin{pmatrix} -1 & 1797 & 2326 & 4022 \\ 1797 & -1 & 3954 & 5650 \\ 2326 & 3954 & -1 & 1905 \\ 4022 & 5650 & 1905 & -1 \end{pmatrix}$	6028

4. Экспериментальная часть

В данном разделе описаны замерные эксперименты и представлены результаты исследования.

4.1. Технические характеристики

Технические характеристики устройства, на котором выполнялось исследование [6]:

- 8 ГБ оперативной памяти;
- процессор Apple M2 (тактовая частота — до 3.5ГГц);
- операционная система macOS Ventura 13.0.

4.2. Параметризация муравьиного алгоритма

Параметризация — подбор таких параметров алгоритма, при котором он будет выдавать наиболее точный и стабильный результат.

В результате параметризации была получена таблица со следующими столбцами:

- α — коэффициент стадности;
- ρ — коэффициент испарения феромона;
- T — количество циклов жизни колонии;
- *ideal* — идеальное значение, полученное в результате работы полного перебора;
- Δ — разница между идеальным и фактическим результатом.

4.2.1. Параметризация для графа №1

Матрица смежности для графа №1 равна

$$\begin{pmatrix} -1 & 1797 & 2326 & 4022 \\ 1797 & -1 & 3954 & 5650 \\ 2326 & 3954 & -1 & 1905 \\ 4022 & 5650 & 1905 & -1 \end{pmatrix} \quad (4.1)$$

В таблице 4.1 представлена выборка параметризации с коэффициентами, дающими наибольшую точность.

Таблица 4.1 — Результаты параметризующего запуска для графа №1 из 4 вершин

α	ρ	T	$ideal$	Δ
0.100000	0.100000	2	6028	0
0.100000	0.100000	3	6028	0
0.100000	0.100000	4	6028	0
0.100000	0.200000	2	6028	0
0.100000	0.200000	3	6028	0
0.100000	0.200000	4	6028	0
0.100000	0.300000	2	6028	0
0.100000	0.300000	3	6028	0
0.100000	0.300000	4	6028	0
0.100000	0.400000	2	6028	0
0.100000	0.400000	3	6028	0
0.100000	0.400000	4	6028	0
0.100000	0.500000	2	6028	0
0.100000	0.500000	3	6028	0
0.100000	0.500000	4	6028	0
0.100000	0.600000	2	6028	0
0.100000	0.600000	3	6028	0
0.100000	0.600000	4	6028	0
0.100000	0.700000	2	6028	0
0.100000	0.700000	3	6028	0
0.100000	0.700000	4	6028	0
0.100000	0.800000	2	6028	0

Продолжение таблицы 4.1

0.100000	0.800000	3	6028	0
0.100000	0.800000	4	6028	0
0.100000	0.900000	2	6028	0
0.100000	0.900000	3	6028	0
0.100000	0.900000	4	6028	0
0.100000	1.000000	2	6028	0
0.100000	1.000000	3	6028	0
0.100000	1.000000	4	6028	0
0.200000	0.100000	2	6028	0
0.200000	0.100000	3	6028	0
0.200000	0.100000	4	6028	0
0.200000	0.200000	2	6028	0
0.200000	0.200000	3	6028	0
0.200000	0.200000	4	6028	0
0.200000	0.300000	2	6028	0
0.200000	0.300000	3	6028	0
0.200000	0.300000	4	6028	0
0.200000	0.400000	2	6028	0
0.200000	0.400000	3	6028	0
0.200000	0.400000	4	6028	0
0.200000	0.500000	2	6028	0
0.200000	0.500000	3	6028	0
0.200000	0.500000	4	6028	0
0.200000	0.600000	2	6028	0
0.200000	0.600000	3	6028	0
0.200000	0.600000	4	6028	0
0.200000	0.700000	2	6028	0
0.200000	0.700000	3	6028	0
0.200000	0.700000	4	6028	0
0.200000	0.800000	2	6028	0
0.200000	0.800000	3	6028	0
0.200000	0.800000	4	6028	0
0.200000	0.900000	2	6028	0

Продолжение таблицы 4.1

0.200000	0.900000	3	6028	0
0.200000	0.900000	4	6028	0
0.200000	1.000000	2	6028	0
0.200000	1.000000	3	6028	0
0.200000	1.000000	4	6028	0
0.300000	0.100000	2	6028	0
0.300000	0.100000	3	6028	0
0.300000	0.100000	4	6028	0
0.300000	0.200000	2	6028	0
0.300000	0.200000	3	6028	0
0.300000	0.200000	4	6028	0
0.300000	0.300000	2	6028	0
0.300000	0.300000	3	6028	0
0.300000	0.300000	4	6028	0
0.300000	0.400000	3	6028	0
0.300000	0.400000	4	6028	0
0.300000	0.500000	2	6028	0
0.300000	0.500000	3	6028	0
0.300000	0.500000	4	6028	0
0.300000	0.600000	2	6028	0
0.300000	0.600000	3	6028	0
0.300000	0.600000	4	6028	0
0.300000	0.700000	2	6028	0
0.300000	0.700000	3	6028	0
0.300000	0.700000	4	6028	0
0.300000	0.800000	2	6028	0
0.300000	0.800000	3	6028	0
0.300000	0.800000	4	6028	0
0.300000	0.900000	2	6028	0
0.300000	0.900000	3	6028	0
0.300000	0.900000	4	6028	0
0.300000	1.000000	2	6028	0
0.300000	1.000000	3	6028	0

Продолжение таблицы 4.1

0.300000	1.000000	4	6028	0
0.400000	0.100000	2	6028	0
0.400000	0.100000	3	6028	0
0.400000	0.100000	4	6028	0
0.400000	0.200000	2	6028	0
0.400000	0.200000	3	6028	0
0.400000	0.200000	4	6028	0
0.400000	0.300000	2	6028	0
0.400000	0.300000	3	6028	0
0.400000	0.300000	4	6028	0
0.400000	0.400000	3	6028	0
0.400000	0.400000	4	6028	0
0.400000	0.400000	4	6028	0
0.400000	0.500000	2	6028	0
0.400000	0.500000	3	6028	0
0.400000	0.500000	4	6028	0
0.400000	0.600000	2	6028	0
0.400000	0.600000	3	6028	0
0.400000	0.600000	4	6028	0
0.400000	0.700000	2	6028	0
0.400000	0.700000	3	6028	0
0.400000	0.700000	4	6028	0
0.400000	0.800000	2	6028	0
0.400000	0.800000	3	6028	0
0.400000	0.800000	4	6028	0
0.400000	0.900000	2	6028	0
0.400000	0.900000	3	6028	0
0.400000	0.900000	4	6028	0
0.400000	1.000000	2	6028	0
0.400000	1.000000	3	6028	0
0.400000	1.000000	4	6028	0
0.500000	0.100000	2	6028	0
0.500000	0.100000	3	6028	0
0.500000	0.100000	4	6028	0

Продолжение таблицы 4.1

0.500000	0.200000	2	6028	0
0.500000	0.200000	3	6028	0
0.500000	0.200000	4	6028	0
0.500000	0.300000	3	6028	0
0.500000	0.300000	4	6028	0
0.500000	0.400000	2	6028	0
0.500000	0.400000	3	6028	0
0.500000	0.400000	4	6028	0
0.500000	0.500000	2	6028	0
0.500000	0.500000	3	6028	0
0.500000	0.500000	4	6028	0
0.500000	0.600000	2	6028	0
0.500000	0.600000	3	6028	0
0.500000	0.600000	4	6028	0
0.500000	0.700000	2	6028	0
0.500000	0.700000	3	6028	0
0.500000	0.700000	4	6028	0
0.500000	0.800000	2	6028	0
0.500000	0.800000	3	6028	0
0.500000	0.800000	4	6028	0
0.500000	0.900000	2	6028	0
0.500000	0.900000	3	6028	0
0.500000	0.900000	4	6028	0
0.500000	1.000000	2	6028	0
0.500000	1.000000	3	6028	0
0.500000	1.000000	4	6028	0
0.600000	0.100000	2	6028	0
0.600000	0.100000	3	6028	0
0.600000	0.100000	4	6028	0
0.600000	0.200000	3	6028	0
0.600000	0.200000	4	6028	0
0.600000	0.300000	2	6028	0
0.600000	0.300000	3	6028	0

Продолжение таблицы 4.1

0.600000	0.300000	4	6028	0
0.600000	0.400000	2	6028	0
0.600000	0.400000	3	6028	0
0.600000	0.400000	4	6028	0
0.600000	0.500000	3	6028	0
0.600000	0.500000	4	6028	0
0.600000	0.600000	2	6028	0
0.600000	0.600000	3	6028	0
0.600000	0.600000	4	6028	0
0.600000	0.700000	2	6028	0
0.600000	0.700000	3	6028	0
0.600000	0.700000	4	6028	0
0.600000	0.800000	2	6028	0
0.600000	0.800000	3	6028	0
0.600000	0.800000	4	6028	0
0.600000	0.900000	2	6028	0
0.600000	0.900000	3	6028	0
0.600000	0.900000	4	6028	0
0.600000	1.000000	3	6028	0
0.600000	1.000000	4	6028	0
0.700000	0.100000	2	6028	0
0.700000	0.100000	3	6028	0
0.700000	0.100000	4	6028	0
0.700000	0.200000	2	6028	0
0.700000	0.200000	3	6028	0
0.700000	0.200000	4	6028	0
0.700000	0.300000	2	6028	0
0.700000	0.300000	3	6028	0
0.700000	0.300000	4	6028	0
0.700000	0.400000	2	6028	0
0.700000	0.400000	3	6028	0
0.700000	0.400000	4	6028	0
0.700000	0.500000	2	6028	0

Продолжение таблицы 4.1

0.700000	0.500000	3	6028	0
0.700000	0.500000	4	6028	0
0.700000	0.600000	2	6028	0
0.700000	0.600000	3	6028	0
0.700000	0.600000	4	6028	0
0.700000	0.700000	2	6028	0
0.700000	0.700000	4	6028	0
0.700000	0.800000	2	6028	0
0.700000	0.800000	3	6028	0
0.700000	0.900000	2	6028	0
0.700000	0.900000	3	6028	0
0.700000	0.900000	4	6028	0
0.700000	1.000000	2	6028	0
0.700000	1.000000	3	6028	0
0.700000	1.000000	4	6028	0
0.800000	0.100000	3	6028	0
0.800000	0.100000	4	6028	0
0.800000	0.200000	2	6028	0
0.800000	0.200000	3	6028	0
0.800000	0.200000	4	6028	0
0.800000	0.300000	2	6028	0
0.800000	0.300000	3	6028	0
0.800000	0.300000	4	6028	0
0.800000	0.400000	3	6028	0
0.800000	0.400000	4	6028	0
0.800000	0.500000	2	6028	0
0.800000	0.500000	4	6028	0
0.800000	0.600000	2	6028	0
0.800000	0.600000	4	6028	0
0.800000	0.700000	3	6028	0
0.800000	0.700000	4	6028	0
0.800000	0.800000	2	6028	0
0.800000	0.800000	3	6028	0

Продолжение таблицы 4.1

0.800000	0.800000	4	6028	0
0.800000	0.900000	2	6028	0
0.800000	0.900000	4	6028	0
0.800000	1.000000	2	6028	0
0.800000	1.000000	3	6028	0
0.800000	1.000000	4	6028	0
0.900000	0.100000	2	6028	0
0.900000	0.100000	3	6028	0
0.900000	0.100000	4	6028	0
0.900000	0.200000	2	6028	0
0.900000	0.200000	3	6028	0
0.900000	0.200000	4	6028	0
0.900000	0.300000	3	6028	0
0.900000	0.300000	4	6028	0
0.900000	0.400000	2	6028	0
0.900000	0.400000	3	6028	0
0.900000	0.400000	4	6028	0
0.900000	0.500000	2	6028	0
0.900000	0.500000	3	6028	0
0.900000	0.500000	4	6028	0
0.900000	0.600000	2	6028	0
0.900000	0.600000	3	6028	0
0.900000	0.600000	4	6028	0
0.900000	0.700000	2	6028	0
0.900000	0.700000	3	6028	0
0.900000	0.700000	4	6028	0
0.900000	0.800000	2	6028	0
0.900000	0.800000	4	6028	0
0.900000	0.900000	2	6028	0
0.900000	0.900000	3	6028	0
0.900000	0.900000	4	6028	0
0.900000	1.000000	2	6028	0
0.900000	1.000000	3	6028	0

Продолжение таблицы 4.1

0.900000	1.000000	4	6028	0
1.000000	0.100000	3	6028	0
1.000000	0.100000	4	6028	0
1.000000	0.200000	3	6028	0
1.000000	0.200000	4	6028	0
1.000000	0.300000	2	6028	0
1.000000	0.300000	4	6028	0
1.000000	0.400000	4	6028	0
1.000000	0.500000	2	6028	0
1.000000	0.500000	3	6028	0
1.000000	0.500000	4	6028	0
1.000000	0.600000	2	6028	0
1.000000	0.600000	3	6028	0
1.000000	0.600000	4	6028	0
1.000000	0.700000	2	6028	0
1.000000	0.700000	3	6028	0
1.000000	0.700000	4	6028	0
1.000000	0.800000	2	6028	0
1.000000	0.800000	4	6028	0
1.000000	0.900000	3	6028	0
1.000000	0.900000	4	6028	0
1.000000	1.000000	2	6028	0
1.000000	1.000000	3	6028	0
1.000000	1.000000	4	6028	0

4.2.2. Параметризация для графа №2

Матрица смежности для графа №2 равна

$$\begin{pmatrix} -1 & 1797 & 2326 & 4022 & 1051 & 2699 & 936 \\ 1797 & -1 & 3954 & 5650 & 1008 & 4327 & 1637 \\ 2326 & 3954 & -1 & 1905 & 3202 & 1217 & 3115 \\ 4022 & 5650 & 1905 & -1 & 4898 & 1897 & 4811 \\ 1051 & 1008 & 3202 & 4898 & -1 & 3575 & 891 \\ 2699 & 4327 & 1217 & 1897 & 3575 & -1 & 3488 \\ 936 & 1637 & 3115 & 4811 & 891 & 3488 & -1 \end{pmatrix} \quad (4.2)$$

В таблице 4.2 представлена выборка параметризации с коэффициентами, дающими наибольшую точность.

Таблица 4.2 — Результаты параметризующего запуска для графа №2 из 7 вершин

α	ρ	T	$ideal$	Δ
0.100000	0.100000	2	8275	0
0.100000	0.100000	3	8275	0
0.100000	0.100000	4	8275	0
0.100000	0.200000	2	8275	0
0.100000	0.200000	3	8275	0
0.100000	0.200000	4	8275	0
0.100000	0.300000	2	8275	0
0.100000	0.300000	4	8275	0
0.100000	0.400000	4	8275	0
0.100000	0.500000	3	8275	0
0.100000	0.500000	4	8275	0
0.100000	0.600000	3	8275	0
0.100000	0.600000	4	8275	0
0.100000	0.700000	2	8275	0
0.100000	0.700000	3	8275	0
0.100000	0.700000	4	8275	0
0.100000	0.800000	3	8275	0
0.100000	0.800000	4	8275	0
0.100000	0.900000	3	8275	0
0.100000	0.900000	4	8275	0
0.100000	1.000000	3	8275	0
0.100000	1.000000	4	8275	0

Продолжение таблицы 4.2

0.200000	0.100000	2	8275	0
0.200000	0.100000	3	8275	0
0.200000	0.100000	4	8275	0
0.200000	0.200000	2	8275	0
0.200000	0.200000	3	8275	0
0.200000	0.200000	4	8275	0
0.200000	0.300000	3	8275	0
0.200000	0.300000	4	8275	0
0.200000	0.400000	2	8275	0
0.200000	0.400000	4	8275	0
0.200000	0.500000	2	8275	0
0.200000	0.500000	4	8275	0
0.200000	0.600000	4	8275	0
0.200000	0.700000	2	8275	0
0.200000	0.700000	3	8275	0
0.200000	0.700000	4	8275	0
0.200000	0.800000	2	8275	0
0.200000	0.900000	2	8275	0
0.200000	0.900000	3	8275	0
0.200000	0.900000	4	8275	0
0.200000	1.000000	2	8275	0
0.300000	0.100000	3	8275	0
0.300000	0.200000	2	8275	0
0.300000	0.200000	4	8275	0
0.300000	0.300000	2	8275	0
0.300000	0.300000	3	8275	0
0.300000	0.400000	3	8275	0
0.300000	0.400000	4	8275	0
0.300000	0.500000	2	8275	0
0.300000	0.500000	3	8275	0
0.300000	0.500000	4	8275	0
0.300000	0.600000	2	8275	0
0.300000	0.600000	4	8275	0

Продолжение таблицы 4.2

0.300000	0.700000	2	8275	0
0.300000	0.700000	3	8275	0
0.300000	0.700000	4	8275	0
0.300000	0.800000	2	8275	0
0.300000	0.800000	3	8275	0
0.300000	0.800000	4	8275	0
0.300000	0.900000	4	8275	0
0.300000	1.000000	2	8275	0
0.300000	1.000000	4	8275	0
0.400000	0.100000	3	8275	0
0.400000	0.100000	4	8275	0
0.400000	0.200000	2	8275	0
0.400000	0.200000	4	8275	0
0.400000	0.300000	2	8275	0
0.400000	0.300000	3	8275	0
0.400000	0.300000	4	8275	0
0.400000	0.400000	2	8275	0
0.400000	0.400000	3	8275	0
0.400000	0.400000	4	8275	0
0.400000	0.500000	3	8275	0
0.400000	0.500000	4	8275	0
0.400000	0.600000	4	8275	0
0.400000	0.700000	3	8275	0
0.400000	0.700000	4	8275	0
0.400000	0.800000	2	8275	0
0.400000	0.800000	3	8275	0
0.400000	0.800000	4	8275	0
0.400000	0.900000	2	8275	0
0.400000	0.900000	3	8275	0
0.400000	0.900000	4	8275	0
0.400000	1.000000	3	8275	0
0.400000	1.000000	4	8275	0
0.500000	0.100000	3	8275	0

Продолжение таблицы 4.2

0.500000	0.100000	4	8275	0
0.500000	0.200000	2	8275	0
0.500000	0.200000	3	8275	0
0.500000	0.200000	4	8275	0
0.500000	0.300000	2	8275	0
0.500000	0.300000	3	8275	0
0.500000	0.300000	4	8275	0
0.500000	0.400000	2	8275	0
0.500000	0.400000	3	8275	0
0.500000	0.500000	2	8275	0
0.500000	0.500000	3	8275	0
0.500000	0.500000	4	8275	0
0.500000	0.600000	2	8275	0
0.500000	0.600000	3	8275	0
0.500000	0.600000	4	8275	0
0.500000	0.700000	2	8275	0
0.500000	0.700000	3	8275	0
0.500000	0.700000	4	8275	0
0.500000	0.800000	2	8275	0
0.500000	0.800000	3	8275	0
0.500000	0.800000	4	8275	0
0.500000	0.900000	2	8275	0
0.500000	0.900000	3	8275	0
0.500000	0.900000	4	8275	0
0.500000	1.000000	3	8275	0
0.500000	1.000000	4	8275	0
0.600000	0.100000	2	8275	0
0.600000	0.100000	3	8275	0
0.600000	0.100000	4	8275	0
0.600000	0.200000	3	8275	0
0.600000	0.200000	4	8275	0
0.600000	0.300000	2	8275	0
0.600000	0.300000	3	8275	0

Продолжение таблицы 4.2

0.600000	0.300000	4	8275	0
0.600000	0.400000	3	8275	0
0.600000	0.400000	4	8275	0
0.600000	0.500000	3	8275	0
0.600000	0.600000	2	8275	0
0.600000	0.600000	3	8275	0
0.600000	0.600000	4	8275	0
0.600000	0.700000	2	8275	0
0.600000	0.700000	3	8275	0
0.600000	0.700000	4	8275	0
0.600000	0.800000	3	8275	0
0.600000	0.800000	4	8275	0
0.600000	0.900000	2	8275	0
0.600000	0.900000	3	8275	0
0.600000	0.900000	4	8275	0
0.600000	1.000000	3	8275	0
0.600000	1.000000	4	8275	0
0.700000	0.100000	2	8275	0
0.700000	0.100000	3	8275	0
0.700000	0.100000	4	8275	0
0.700000	0.200000	3	8275	0
0.700000	0.200000	4	8275	0
0.700000	0.300000	2	8275	0
0.700000	0.300000	3	8275	0
0.700000	0.300000	4	8275	0
0.700000	0.400000	3	8275	0
0.700000	0.400000	4	8275	0
0.700000	0.500000	2	8275	0
0.700000	0.500000	4	8275	0
0.700000	0.600000	3	8275	0
0.700000	0.700000	2	8275	0
0.700000	0.700000	3	8275	0
0.700000	0.700000	4	8275	0

Продолжение таблицы 4.2

0.700000	0.800000	3	8275	0
0.700000	0.800000	4	8275	0
0.700000	0.900000	4	8275	0
0.700000	1.000000	3	8275	0
0.800000	0.100000	3	8275	0
0.800000	0.100000	4	8275	0
0.800000	0.200000	2	8275	0
0.800000	0.200000	4	8275	0
0.800000	0.300000	2	8275	0
0.800000	0.300000	4	8275	0
0.800000	0.400000	2	8275	0
0.800000	0.400000	3	8275	0
0.800000	0.400000	4	8275	0
0.800000	0.500000	3	8275	0
0.800000	0.500000	4	8275	0
0.800000	0.600000	3	8275	0
0.800000	0.600000	4	8275	0
0.800000	0.700000	2	8275	0
0.800000	0.700000	3	8275	0
0.800000	0.800000	2	8275	0
0.800000	0.800000	4	8275	0
0.800000	0.900000	2	8275	0
0.800000	0.900000	3	8275	0
0.800000	0.900000	4	8275	0
0.800000	1.000000	2	8275	0
0.800000	1.000000	3	8275	0
0.800000	1.000000	4	8275	0
0.900000	0.100000	2	8275	0
0.900000	0.100000	3	8275	0
0.900000	0.100000	4	8275	0
0.900000	0.200000	3	8275	0
0.900000	0.200000	4	8275	0
0.900000	0.300000	2	8275	0

Продолжение таблицы 4.2

0.900000	0.300000	3	8275	0
0.900000	0.300000	4	8275	0
0.900000	0.400000	2	8275	0
0.900000	0.400000	3	8275	0
0.900000	0.400000	4	8275	0
0.900000	0.500000	3	8275	0
0.900000	0.500000	4	8275	0
0.900000	0.600000	2	8275	0
0.900000	0.600000	4	8275	0
0.900000	0.700000	2	8275	0
0.900000	0.700000	3	8275	0
0.900000	0.700000	4	8275	0
0.900000	0.800000	2	8275	0
0.900000	0.800000	4	8275	0
0.900000	0.900000	2	8275	0
0.900000	0.900000	4	8275	0
0.900000	1.000000	4	8275	0
1.000000	0.800000	4	8275	0

4.2.3. Параметризация для графа №3

Матрица смежности для графа №3 равна

$$\begin{pmatrix}
 -1 & 1797 & 2326 & 4022 & 1051 & 2699 & 936 & 1428 & 2147 & 2712 \\
 1797 & -1 & 3954 & 5650 & 1008 & 4327 & 1637 & 1425 & 3775 & 4340 \\
 2326 & 3954 & -1 & 1905 & 3202 & 1217 & 3115 & 3573 & 227 & 589 \\
 4022 & 5650 & 1905 & -1 & 4898 & 1897 & 4811 & 5269 & 1964 & 1333 \\
 1051 & 1008 & 3202 & 4898 & -1 & 3575 & 891 & 417 & 3023 & 3588 \\
 2699 & 4327 & 1217 & 1897 & 3575 & -1 & 3488 & 3946 & 1176 & 866 \\
 936 & 1637 & 3115 & 4811 & 891 & 3488 & -1 & 1270 & 2936 & 3501 \\
 1428 & 1425 & 3573 & 5269 & 417 & 3946 & 1270 & -1 & 3394 & 3959 \\
 2147 & 3775 & 227 & 1964 & 3023 & 1176 & 2936 & 3394 & -1 & 654 \\
 2712 & 4340 & 589 & 1333 & 3588 & 866 & 3501 & 3959 & 654 & -1
 \end{pmatrix} \quad (4.3)$$

В таблице 4.3 представлена выборка параметризации с коэффициентами, дающими наибольшую точность.

Таблица 4.3 — Результаты параметризующего запуска для графа №3 из 10 вершин

α	ρ	T	$ideal$	Δ
0.100000	0.100000	2	8275	0
0.100000	0.100000	3	8275	0
0.100000	0.100000	4	8275	0
0.100000	0.200000	2	8275	0
0.100000	0.200000	3	8275	0
0.100000	0.200000	4	8275	0
0.100000	0.300000	2	8275	0
0.100000	0.300000	4	8275	0
0.100000	0.400000	4	8275	0
0.100000	0.500000	3	8275	0
0.100000	0.500000	4	8275	0
0.100000	0.600000	3	8275	0
0.100000	0.600000	4	8275	0
0.100000	0.700000	2	8275	0
0.100000	0.700000	3	8275	0
0.100000	0.700000	4	8275	0
0.100000	0.800000	3	8275	0
0.100000	0.800000	4	8275	0
0.100000	0.900000	3	8275	0
0.100000	0.900000	4	8275	0
0.100000	1.000000	3	8275	0
0.100000	1.000000	4	8275	0
0.200000	0.100000	2	8275	0
0.200000	0.100000	3	8275	0
0.200000	0.100000	4	8275	0
0.200000	0.200000	2	8275	0
0.200000	0.200000	3	8275	0
0.200000	0.200000	4	8275	0
0.200000	0.300000	3	8275	0

Продолжение таблицы 4.3

0.200000	0.300000	4	8275	0
0.200000	0.400000	2	8275	0
0.200000	0.400000	4	8275	0
0.200000	0.500000	2	8275	0
0.200000	0.500000	4	8275	0
0.200000	0.600000	4	8275	0
0.200000	0.700000	2	8275	0
0.200000	0.700000	3	8275	0
0.200000	0.700000	4	8275	0
0.200000	0.800000	2	8275	0
0.200000	0.900000	2	8275	0
0.200000	0.900000	3	8275	0
0.200000	0.900000	4	8275	0
0.200000	1.000000	2	8275	0
0.300000	0.100000	3	8275	0
0.300000	0.200000	2	8275	0
0.300000	0.200000	4	8275	0
0.300000	0.300000	2	8275	0
0.300000	0.300000	3	8275	0
0.300000	0.400000	3	8275	0
0.300000	0.400000	4	8275	0
0.300000	0.500000	2	8275	0
0.300000	0.500000	3	8275	0
0.300000	0.500000	4	8275	0
0.300000	0.600000	2	8275	0
0.300000	0.600000	4	8275	0
0.300000	0.700000	2	8275	0
0.300000	0.700000	3	8275	0
0.300000	0.700000	4	8275	0
0.300000	0.800000	2	8275	0
0.300000	0.800000	3	8275	0
0.300000	0.800000	4	8275	0
0.300000	0.900000	4	8275	0

Продолжение таблицы 4.3

0.300000	1.000000	2	8275	0
0.300000	1.000000	4	8275	0
0.400000	0.100000	3	8275	0
0.400000	0.100000	4	8275	0
0.400000	0.200000	2	8275	0
0.400000	0.200000	4	8275	0
0.400000	0.300000	2	8275	0
0.400000	0.300000	3	8275	0
0.400000	0.300000	4	8275	0
0.400000	0.400000	2	8275	0
0.400000	0.400000	3	8275	0
0.400000	0.400000	4	8275	0
0.400000	0.500000	3	8275	0
0.400000	0.500000	4	8275	0
0.400000	0.600000	4	8275	0
0.400000	0.700000	3	8275	0
0.400000	0.700000	4	8275	0
0.400000	0.800000	2	8275	0
0.400000	0.800000	3	8275	0
0.400000	0.800000	4	8275	0
0.400000	0.900000	2	8275	0
0.400000	0.900000	3	8275	0
0.400000	0.900000	4	8275	0
0.400000	1.000000	3	8275	0
0.400000	1.000000	4	8275	0
0.500000	0.100000	3	8275	0
0.500000	0.100000	4	8275	0
0.500000	0.200000	2	8275	0
0.500000	0.200000	3	8275	0
0.500000	0.200000	4	8275	0
0.500000	0.300000	2	8275	0
0.500000	0.300000	3	8275	0
0.500000	0.300000	4	8275	0

Продолжение таблицы 4.3

0.500000	0.400000	2	8275	0
0.500000	0.400000	3	8275	0
0.500000	0.500000	2	8275	0
0.500000	0.500000	3	8275	0
0.500000	0.500000	4	8275	0
0.500000	0.600000	2	8275	0
0.500000	0.600000	3	8275	0
0.500000	0.600000	4	8275	0
0.500000	0.700000	2	8275	0
0.500000	0.700000	3	8275	0
0.500000	0.700000	4	8275	0
0.500000	0.800000	2	8275	0
0.500000	0.800000	3	8275	0
0.500000	0.800000	4	8275	0
0.500000	0.900000	2	8275	0
0.500000	0.900000	3	8275	0
0.500000	0.900000	4	8275	0
0.500000	1.000000	3	8275	0
0.500000	1.000000	4	8275	0
0.600000	0.100000	2	8275	0
0.600000	0.100000	3	8275	0
0.600000	0.100000	4	8275	0
0.600000	0.200000	3	8275	0
0.600000	0.200000	4	8275	0
0.600000	0.300000	2	8275	0
0.600000	0.300000	3	8275	0
0.600000	0.300000	4	8275	0
0.600000	0.400000	3	8275	0
0.600000	0.400000	4	8275	0
0.600000	0.500000	3	8275	0
0.600000	0.600000	2	8275	0
0.600000	0.600000	3	8275	0
0.600000	0.600000	4	8275	0

Продолжение таблицы 4.3

0.600000	0.700000	2	8275	0
0.600000	0.700000	3	8275	0
0.600000	0.700000	4	8275	0
0.600000	0.800000	3	8275	0
0.600000	0.800000	4	8275	0
0.600000	0.900000	2	8275	0
0.600000	0.900000	3	8275	0
0.600000	0.900000	4	8275	0
0.600000	1.000000	3	8275	0
0.600000	1.000000	4	8275	0
0.700000	0.100000	2	8275	0
0.700000	0.100000	3	8275	0
0.700000	0.100000	4	8275	0
0.700000	0.200000	3	8275	0
0.700000	0.200000	4	8275	0
0.700000	0.300000	2	8275	0
0.700000	0.300000	3	8275	0
0.700000	0.300000	4	8275	0
0.700000	0.400000	3	8275	0
0.700000	0.400000	4	8275	0
0.700000	0.500000	2	8275	0
0.700000	0.500000	4	8275	0
0.700000	0.600000	3	8275	0
0.700000	0.700000	2	8275	0
0.700000	0.700000	3	8275	0
0.700000	0.700000	4	8275	0
0.700000	0.800000	3	8275	0
0.700000	0.800000	4	8275	0
0.700000	0.900000	4	8275	0
0.700000	1.000000	3	8275	0
0.800000	0.100000	3	8275	0
0.800000	0.100000	4	8275	0
0.800000	0.200000	2	8275	0

Продолжение таблицы 4.3

0.800000	0.200000	4	8275	0
0.800000	0.300000	2	8275	0
0.800000	0.300000	4	8275	0
0.800000	0.400000	2	8275	0
0.800000	0.400000	3	8275	0
0.800000	0.400000	4	8275	0
0.800000	0.500000	3	8275	0
0.800000	0.500000	4	8275	0
0.800000	0.600000	3	8275	0
0.800000	0.600000	4	8275	0
0.800000	0.700000	2	8275	0
0.800000	0.700000	3	8275	0
0.800000	0.800000	2	8275	0
0.800000	0.800000	4	8275	0
0.800000	0.900000	2	8275	0
0.800000	0.900000	3	8275	0
0.800000	0.900000	4	8275	0
0.800000	1.000000	2	8275	0
0.800000	1.000000	3	8275	0
0.800000	1.000000	4	8275	0
0.900000	0.100000	2	8275	0
0.900000	0.100000	3	8275	0
0.900000	0.100000	4	8275	0
0.900000	0.200000	3	8275	0
0.900000	0.200000	4	8275	0
0.900000	0.300000	2	8275	0
0.900000	0.300000	3	8275	0
0.900000	0.300000	4	8275	0
0.900000	0.400000	2	8275	0
0.900000	0.400000	3	8275	0
0.900000	0.400000	4	8275	0
0.900000	0.500000	3	8275	0
0.900000	0.500000	4	8275	0

Продолжение таблицы 4.3

0.900000	0.600000	2	8275	0
0.900000	0.600000	4	8275	0
0.900000	0.700000	2	8275	0
0.900000	0.700000	3	8275	0
0.900000	0.700000	4	8275	0
0.900000	0.800000	2	8275	0
0.900000	0.800000	4	8275	0
0.900000	0.900000	2	8275	0
0.900000	0.900000	4	8275	0
0.900000	1.000000	4	8275	0
1.000000	0.800000	4	8275	0

4.3. Измерение процессорного времени выполнения реализаций алгоритмов

Для измерения процессорного времени выполнения реализаций алгоритмов была использована функция языка *C* — *clock_gettime*, которая позволяет получить текущее процессорное время в наносекундах [7].

В таблице 4.4 представлены результаты измерений процессорного времени выполнения в зависимости от размера графа для алгоритма полного перебора и муравьиного алгоритма. На рисунке 4.1 представлена зависимость времени выполнения от количества вершин графа.

Таблица 4.4 — Результаты замеров процессорного времени (в нс)

Количество вершин	Полный перебор	Муравьиный алгоритм
2	160	415320
3	360	747320
4	1260	1320880
5	10680	2144000
6	28900	3083100
7	211940	4222370
8	4177960	5475500
9	32073460	6915110
10	381928610	8661820

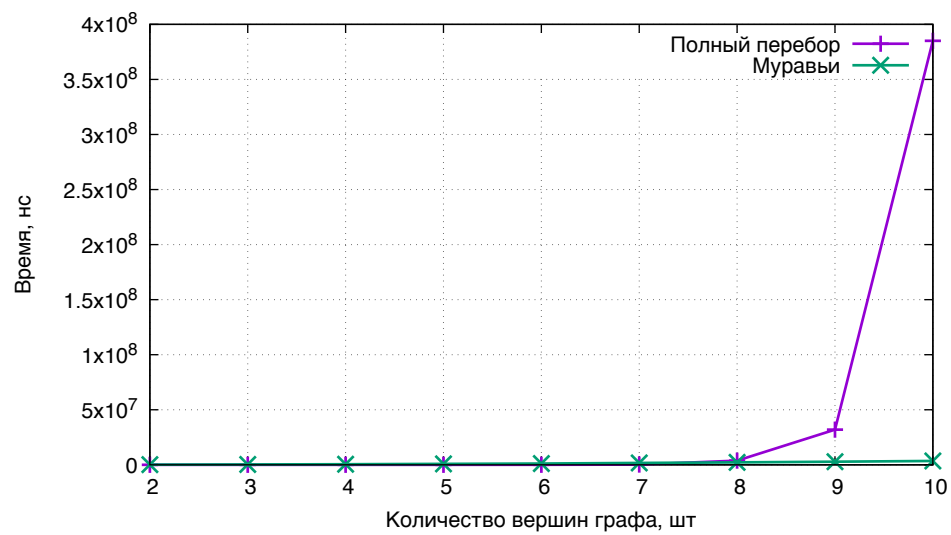


Рисунок 4.1 — Результаты замеров времени

Заключение

На основе проведенных замеров можно сделать следующие выводы.

Муравьиный алгоритм работает медленнее полного перебора на небольших данных. При количестве вершин, равном 6, полный перебор быстрее муравьиного алгоритма в 106 раз. Но при увеличении количества вершин, муравьиный алгоритм становится производительнее полного перебора. На 10 вершинах муравьиный алгоритм работает быстрее в 44 раза.

Цель работы была достигнута: были изучены алгоритм полного перебора и муравьиный алгоритм на примере решения задачи комивояжера. Были выполнены все задачи:

- изучены алгоритм полного перебора и муравьиный алгоритм;
- разработаны алгоритм полного перебора и муравьиный алгоритм;
- оценена трудоемкость данных алгоритмов;
- кодированы данные алгоритмы;
- проведена параметризация для муравьиного алгоритма;
- проведены замеры времени для данных алгоритмов, с измерением времени работы;
- проведен сравнительный анализа алгоритмов на основе полученных данных.

Список использованных источников

1. Меламед И. И., Сергеев С. И., Сигал И. Х. Задача коммивояжера. Вопросы теории //Автоматика и телемеханика. – 1989. – №. 9. – С. 3-33.
2. Лапо А. И. ПОЛНЫЙ ПЕРЕБОР В ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАЧАХ. НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К ОБУЧЕНИЮ ШКОЛЬНИКОВ //Информатика в школе. – 2012. – №. 9. – С. 63-67.
3. Штовба С. Д. Муравьиные алгоритмы //Exponenta Pro. Математика в приложениях. – 2003. – Т. 4. – №. 4. – С. 70-75.
4. Документация по языку программирования *Go* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://go.dev/doc> (дата обращения: 07.10.2022).
5. Документация по пакетам языка программирования *Go* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pkg.go.dev> (дата обращения: 07.10.2022).
6. Техническая спецификация ноутбука *MacBookAir* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://support.apple.com/kb/SP869> (дата обращения: 08.10.2022).
7. Документация по функции *clock_gettime* [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://man7.org/linux/man-pages/man3/clock_gettime.3.html (дата обращения: 25.10.2022).

Приложение А

Параметризация для графа №1

Таблица 5.5 — Результаты параметризующего запуска для графа №1 из 4 вершин

α	ρ	T	$ideal$	Δ
0.100000	0.100000	2	6028	0
0.100000	0.100000	3	6028	0
0.100000	0.100000	4	6028	0
0.100000	0.200000	2	6028	0
0.100000	0.200000	3	6028	0
0.100000	0.200000	4	6028	0
0.100000	0.300000	2	6028	0
0.100000	0.300000	3	6028	0
0.100000	0.300000	4	6028	0
0.100000	0.400000	2	6028	0
0.100000	0.400000	3	6028	0
0.100000	0.400000	4	6028	0
0.100000	0.500000	2	6028	0
0.100000	0.500000	3	6028	0
0.100000	0.500000	4	6028	0
0.100000	0.600000	2	6028	0
0.100000	0.600000	3	6028	0
0.100000	0.600000	4	6028	0
0.100000	0.700000	2	6028	0
0.100000	0.700000	3	6028	0
0.100000	0.700000	4	6028	0
0.100000	0.800000	2	6028	0
0.100000	0.800000	3	6028	0
0.100000	0.800000	4	6028	0
0.100000	0.900000	2	6028	0
0.100000	0.900000	3	6028	0

Продолжение таблицы 5.5

0.100000	0.900000	4	6028	0
0.100000	1.000000	2	6028	0
0.100000	1.000000	3	6028	0
0.100000	1.000000	4	6028	0
0.200000	0.100000	2	6028	0
0.200000	0.100000	3	6028	0
0.200000	0.100000	4	6028	0
0.200000	0.200000	2	6028	0
0.200000	0.200000	3	6028	0
0.200000	0.200000	4	6028	0
0.200000	0.300000	2	6028	0
0.200000	0.300000	3	6028	0
0.200000	0.300000	4	6028	0
0.200000	0.400000	2	6028	0
0.200000	0.400000	3	6028	0
0.200000	0.400000	4	6028	0
0.200000	0.500000	2	6028	0
0.200000	0.500000	3	6028	0
0.200000	0.500000	4	6028	0
0.200000	0.600000	2	6028	0
0.200000	0.600000	3	6028	0
0.200000	0.600000	4	6028	0
0.200000	0.700000	2	6028	0
0.200000	0.700000	3	6028	0
0.200000	0.700000	4	6028	0
0.200000	0.800000	2	6028	0
0.200000	0.800000	3	6028	0
0.200000	0.800000	4	6028	0
0.200000	0.900000	2	6028	0
0.200000	0.900000	3	6028	0
0.200000	0.900000	4	6028	0
0.200000	1.000000	2	6028	0
0.200000	1.000000	3	6028	0

Продолжение таблицы 5.5

0.200000	1.000000	4	6028	0
0.300000	0.100000	2	6028	0
0.300000	0.100000	3	6028	0
0.300000	0.100000	4	6028	0
0.300000	0.200000	2	6028	0
0.300000	0.200000	3	6028	0
0.300000	0.200000	4	6028	0
0.300000	0.300000	2	6028	0
0.300000	0.300000	3	6028	0
0.300000	0.300000	4	6028	0
0.300000	0.400000	2	6028	1628
0.300000	0.400000	3	6028	0
0.300000	0.400000	4	6028	0
0.300000	0.500000	2	6028	0
0.300000	0.500000	3	6028	0
0.300000	0.500000	4	6028	0
0.300000	0.600000	2	6028	0
0.300000	0.600000	3	6028	0
0.300000	0.600000	4	6028	0
0.300000	0.700000	2	6028	0
0.300000	0.700000	3	6028	0
0.300000	0.700000	4	6028	0
0.300000	0.800000	2	6028	0
0.300000	0.800000	3	6028	0
0.300000	0.800000	4	6028	0
0.300000	0.900000	2	6028	0
0.300000	0.900000	3	6028	0
0.300000	0.900000	4	6028	0
0.300000	1.000000	2	6028	0
0.300000	1.000000	3	6028	0
0.300000	1.000000	4	6028	0
0.400000	0.100000	2	6028	0
0.400000	0.100000	3	6028	0

Продолжение таблицы 5.5

0.400000	0.100000	4	6028	0
0.400000	0.200000	2	6028	0
0.400000	0.200000	3	6028	0
0.400000	0.200000	4	6028	0
0.400000	0.300000	2	6028	0
0.400000	0.300000	3	6028	0
0.400000	0.300000	4	6028	0
0.400000	0.400000	2	6028	1628
0.400000	0.400000	3	6028	0
0.400000	0.400000	4	6028	0
0.400000	0.500000	2	6028	0
0.400000	0.500000	3	6028	0
0.400000	0.500000	4	6028	0
0.400000	0.600000	2	6028	0
0.400000	0.600000	3	6028	0
0.400000	0.600000	4	6028	0
0.400000	0.700000	2	6028	0
0.400000	0.700000	3	6028	0
0.400000	0.700000	4	6028	0
0.400000	0.800000	2	6028	0
0.400000	0.800000	3	6028	0
0.400000	0.800000	4	6028	0
0.400000	0.900000	2	6028	0
0.400000	0.900000	3	6028	0
0.400000	0.900000	4	6028	0
0.400000	1.000000	2	6028	0
0.400000	1.000000	3	6028	0
0.400000	1.000000	4	6028	0
0.500000	0.100000	2	6028	0
0.500000	0.100000	3	6028	0
0.500000	0.100000	4	6028	0
0.500000	0.200000	2	6028	0
0.500000	0.200000	3	6028	0

Продолжение таблицы 5.5

0.500000	0.200000	4	6028	0
0.500000	0.300000	2	6028	3745
0.500000	0.300000	3	6028	0
0.500000	0.300000	4	6028	0
0.500000	0.400000	2	6028	0
0.500000	0.400000	3	6028	0
0.500000	0.400000	4	6028	0
0.500000	0.500000	2	6028	0
0.500000	0.500000	3	6028	0
0.500000	0.500000	4	6028	0
0.500000	0.600000	2	6028	0
0.500000	0.600000	3	6028	0
0.500000	0.600000	4	6028	0
0.500000	0.700000	2	6028	0
0.500000	0.700000	3	6028	0
0.500000	0.700000	4	6028	0
0.500000	0.800000	2	6028	0
0.500000	0.800000	3	6028	0
0.500000	0.800000	4	6028	0
0.500000	0.900000	2	6028	0
0.500000	0.900000	3	6028	0
0.500000	0.900000	4	6028	0
0.500000	1.000000	2	6028	0
0.500000	1.000000	3	6028	0
0.500000	1.000000	4	6028	0
0.600000	0.100000	2	6028	0
0.600000	0.100000	3	6028	0
0.600000	0.100000	4	6028	0
0.600000	0.200000	2	6028	1696
0.600000	0.200000	3	6028	0
0.600000	0.200000	4	6028	0
0.600000	0.300000	2	6028	0
0.600000	0.300000	3	6028	0

Продолжение таблицы 5.5

0.600000	0.300000	4	6028	0
0.600000	0.400000	2	6028	0
0.600000	0.400000	3	6028	0
0.600000	0.400000	4	6028	0
0.600000	0.500000	2	6028	1696
0.600000	0.500000	3	6028	0
0.600000	0.500000	4	6028	0
0.600000	0.600000	2	6028	0
0.600000	0.600000	3	6028	0
0.600000	0.600000	4	6028	0
0.600000	0.700000	2	6028	0
0.600000	0.700000	3	6028	0
0.600000	0.700000	4	6028	0
0.600000	0.800000	2	6028	0
0.600000	0.800000	3	6028	0
0.600000	0.800000	4	6028	0
0.600000	0.900000	2	6028	0
0.600000	0.900000	3	6028	0
0.600000	0.900000	4	6028	0
0.600000	1.000000	2	6028	1628
0.600000	1.000000	3	6028	0
0.600000	1.000000	4	6028	0
0.700000	0.100000	2	6028	0
0.700000	0.100000	3	6028	0
0.700000	0.100000	4	6028	0
0.700000	0.200000	2	6028	0
0.700000	0.200000	3	6028	0
0.700000	0.200000	4	6028	0
0.700000	0.300000	2	6028	0
0.700000	0.300000	3	6028	0
0.700000	0.300000	4	6028	0
0.700000	0.400000	2	6028	0
0.700000	0.400000	3	6028	0

Продолжение таблицы 5.5

0.700000	0.400000	4	6028	0
0.700000	0.500000	2	6028	0
0.700000	0.500000	3	6028	0
0.700000	0.500000	4	6028	0
0.700000	0.600000	2	6028	0
0.700000	0.600000	3	6028	0
0.700000	0.600000	4	6028	0
0.700000	0.700000	2	6028	0
0.700000	0.700000	3	6028	3324
0.700000	0.700000	4	6028	0
0.700000	0.800000	2	6028	0
0.700000	0.800000	3	6028	0
0.700000	0.800000	4	6028	1628
0.700000	0.900000	2	6028	0
0.700000	0.900000	3	6028	0
0.700000	0.900000	4	6028	0
0.700000	1.000000	2	6028	0
0.700000	1.000000	3	6028	0
0.700000	1.000000	4	6028	0
0.800000	0.100000	2	6028	1628
0.800000	0.100000	3	6028	0
0.800000	0.100000	4	6028	0
0.800000	0.200000	2	6028	0
0.800000	0.200000	3	6028	0
0.800000	0.200000	4	6028	0
0.800000	0.300000	2	6028	0
0.800000	0.300000	3	6028	0
0.800000	0.300000	4	6028	0
0.800000	0.400000	2	6028	1628
0.800000	0.400000	3	6028	0
0.800000	0.400000	4	6028	0
0.800000	0.500000	2	6028	0
0.800000	0.500000	3	6028	1628

Продолжение таблицы 5.5

0.800000	0.500000	4	6028	0
0.800000	0.600000	2	6028	0
0.800000	0.600000	3	6028	1628
0.800000	0.600000	4	6028	0
0.800000	0.700000	2	6028	1628
0.800000	0.700000	3	6028	0
0.800000	0.700000	4	6028	0
0.800000	0.800000	2	6028	0
0.800000	0.800000	3	6028	0
0.800000	0.800000	4	6028	0
0.800000	0.900000	2	6028	0
0.800000	0.900000	3	6028	1628
0.800000	0.900000	4	6028	0
0.800000	1.000000	2	6028	0
0.800000	1.000000	3	6028	0
0.800000	1.000000	4	6028	0
0.900000	0.100000	2	6028	0
0.900000	0.100000	3	6028	0
0.900000	0.100000	4	6028	0
0.900000	0.200000	2	6028	0
0.900000	0.200000	3	6028	0
0.900000	0.200000	4	6028	0
0.900000	0.300000	2	6028	1628
0.900000	0.300000	3	6028	0
0.900000	0.300000	4	6028	0
0.900000	0.400000	2	6028	0
0.900000	0.400000	3	6028	0
0.900000	0.400000	4	6028	0
0.900000	0.500000	2	6028	0
0.900000	0.500000	3	6028	0
0.900000	0.500000	4	6028	0
0.900000	0.600000	2	6028	0
0.900000	0.600000	3	6028	0

Продолжение таблицы 5.5

0.900000	0.600000	4	6028	0
0.900000	0.700000	2	6028	0
0.900000	0.700000	3	6028	0
0.900000	0.700000	4	6028	0
0.900000	0.800000	2	6028	0
0.900000	0.800000	3	6028	1628
0.900000	0.800000	4	6028	0
0.900000	0.900000	2	6028	0
0.900000	0.900000	3	6028	0
0.900000	0.900000	4	6028	0
0.900000	1.000000	2	6028	0
0.900000	1.000000	3	6028	0
0.900000	1.000000	4	6028	0
1.000000	0.100000	2	6028	3745
1.000000	0.100000	3	6028	0
1.000000	0.100000	4	6028	0
1.000000	0.200000	2	6028	1628
1.000000	0.200000	3	6028	0
1.000000	0.200000	4	6028	0
1.000000	0.300000	2	6028	0
1.000000	0.300000	3	6028	1628
1.000000	0.300000	4	6028	0
1.000000	0.400000	2	6028	1628
1.000000	0.400000	3	6028	1628
1.000000	0.400000	4	6028	0
1.000000	0.500000	2	6028	0
1.000000	0.500000	3	6028	0
1.000000	0.500000	4	6028	0
1.000000	0.600000	2	6028	0
1.000000	0.600000	3	6028	0
1.000000	0.600000	4	6028	0
1.000000	0.700000	2	6028	0
1.000000	0.700000	3	6028	0

Продолжение таблицы 5.5

1.000000	0.700000	4	6028	0
1.000000	0.800000	2	6028	0
1.000000	0.800000	3	6028	1628
1.000000	0.800000	4	6028	0
1.000000	0.900000	2	6028	1628
1.000000	0.900000	3	6028	0
1.000000	0.900000	4	6028	0
1.000000	1.000000	2	6028	0
1.000000	1.000000	3	6028	0
1.000000	1.000000	4	6028	0

Параметризация для графа №2

Таблица 5.6 — Результаты параметризующего запуска для графа №2 из 7 вершин

α	ρ	T	$ideal$	Δ
0.100000	0.100000	2	8275	0
0.100000	0.100000	3	8275	0
0.100000	0.100000	4	8275	0
0.100000	0.200000	2	8275	0
0.100000	0.200000	3	8275	0
0.100000	0.200000	4	8275	0
0.100000	0.300000	2	8275	0
0.100000	0.300000	3	8275	861
0.100000	0.300000	4	8275	0
0.100000	0.400000	2	8275	2031
0.100000	0.400000	3	8275	1628
0.100000	0.400000	4	8275	0
0.100000	0.500000	2	8275	1696
0.100000	0.500000	3	8275	0
0.100000	0.500000	4	8275	0
0.100000	0.600000	2	8275	861
0.100000	0.600000	3	8275	0
0.100000	0.600000	4	8275	0
0.100000	0.700000	2	8275	0
0.100000	0.700000	3	8275	0
0.100000	0.700000	4	8275	0
0.100000	0.800000	2	8275	1693
0.100000	0.800000	3	8275	0
0.100000	0.800000	4	8275	0
0.100000	0.900000	2	8275	1628
0.100000	0.900000	3	8275	0
0.100000	0.900000	4	8275	0
0.100000	1.000000	2	8275	3372
0.100000	1.000000	3	8275	0
0.100000	1.000000	4	8275	0

Продолжение таблицы 5.6

0.200000	0.100000	2	8275	0
0.200000	0.100000	3	8275	0
0.200000	0.100000	4	8275	0
0.200000	0.200000	2	8275	0
0.200000	0.200000	3	8275	0
0.200000	0.200000	4	8275	0
0.200000	0.300000	2	8275	861
0.200000	0.300000	3	8275	0
0.200000	0.300000	4	8275	0
0.200000	0.400000	2	8275	0
0.200000	0.400000	3	8275	861
0.200000	0.400000	4	8275	0
0.200000	0.500000	2	8275	0
0.200000	0.500000	3	8275	861
0.200000	0.500000	4	8275	0
0.200000	0.600000	2	8275	1432
0.200000	0.600000	3	8275	861
0.200000	0.600000	4	8275	0
0.200000	0.700000	2	8275	0
0.200000	0.700000	3	8275	0
0.200000	0.700000	4	8275	0
0.200000	0.800000	2	8275	0
0.200000	0.800000	3	8275	861
0.200000	0.800000	4	8275	861
0.200000	0.900000	2	8275	0
0.200000	0.900000	3	8275	0
0.200000	0.900000	4	8275	0
0.200000	1.000000	2	8275	0
0.200000	1.000000	3	8275	1628
0.200000	1.000000	4	8275	861
0.300000	0.100000	2	8275	1650
0.300000	0.100000	3	8275	0
0.300000	0.100000	4	8275	3220

Продолжение таблицы 5.6

0.300000	0.200000	2	8275	0
0.300000	0.200000	3	8275	861
0.300000	0.200000	4	8275	0
0.300000	0.300000	2	8275	0
0.300000	0.300000	3	8275	0
0.300000	0.300000	4	8275	861
0.300000	0.400000	2	8275	861
0.300000	0.400000	3	8275	0
0.300000	0.400000	4	8275	0
0.300000	0.500000	2	8275	0
0.300000	0.500000	3	8275	0
0.300000	0.500000	4	8275	0
0.300000	0.600000	2	8275	0
0.300000	0.600000	3	8275	861
0.300000	0.600000	4	8275	0
0.300000	0.700000	2	8275	0
0.300000	0.700000	3	8275	0
0.300000	0.700000	4	8275	0
0.300000	0.800000	2	8275	0
0.300000	0.800000	3	8275	0
0.300000	0.800000	4	8275	0
0.300000	0.900000	2	8275	1628
0.300000	0.900000	3	8275	2726
0.300000	0.900000	4	8275	0
0.300000	1.000000	2	8275	0
0.300000	1.000000	3	8275	1628
0.300000	1.000000	4	8275	0
0.400000	0.100000	2	8275	1432
0.400000	0.100000	3	8275	0
0.400000	0.100000	4	8275	0
0.400000	0.200000	2	8275	0
0.400000	0.200000	3	8275	1628
0.400000	0.200000	4	8275	0

Продолжение таблицы 5.6

0.400000	0.300000	2	8275	0
0.400000	0.300000	3	8275	0
0.400000	0.300000	4	8275	0
0.400000	0.400000	2	8275	0
0.400000	0.400000	3	8275	0
0.400000	0.400000	4	8275	0
0.400000	0.500000	2	8275	861
0.400000	0.500000	3	8275	0
0.400000	0.500000	4	8275	0
0.400000	0.600000	2	8275	1704
0.400000	0.600000	3	8275	861
0.400000	0.600000	4	8275	0
0.400000	0.700000	2	8275	861
0.400000	0.700000	3	8275	0
0.400000	0.700000	4	8275	0
0.400000	0.800000	2	8275	0
0.400000	0.800000	3	8275	0
0.400000	0.800000	4	8275	0
0.400000	0.900000	2	8275	0
0.400000	0.900000	3	8275	0
0.400000	0.900000	4	8275	0
0.400000	1.000000	2	8275	1628
0.400000	1.000000	3	8275	0
0.400000	1.000000	4	8275	0
0.500000	0.100000	2	8275	744
0.500000	0.100000	3	8275	0
0.500000	0.100000	4	8275	0
0.500000	0.200000	2	8275	0
0.500000	0.200000	3	8275	0
0.500000	0.200000	4	8275	0
0.500000	0.300000	2	8275	0
0.500000	0.300000	3	8275	0
0.500000	0.300000	4	8275	0

Продолжение таблицы 5.6

0.500000	0.400000	2	8275	0
0.500000	0.400000	3	8275	0
0.500000	0.400000	4	8275	1125
0.500000	0.500000	2	8275	0
0.500000	0.500000	3	8275	0
0.500000	0.500000	4	8275	0
0.500000	0.600000	2	8275	0
0.500000	0.600000	3	8275	0
0.500000	0.600000	4	8275	0
0.500000	0.700000	2	8275	0
0.500000	0.700000	3	8275	0
0.500000	0.700000	4	8275	0
0.500000	0.800000	2	8275	0
0.500000	0.800000	3	8275	0
0.500000	0.800000	4	8275	0
0.500000	0.900000	2	8275	0
0.500000	0.900000	3	8275	0
0.500000	0.900000	4	8275	0
0.500000	1.000000	2	8275	1696
0.500000	1.000000	3	8275	0
0.500000	1.000000	4	8275	0
0.600000	0.100000	2	8275	0
0.600000	0.100000	3	8275	0
0.600000	0.100000	4	8275	0
0.600000	0.200000	2	8275	381
0.600000	0.200000	3	8275	0
0.600000	0.200000	4	8275	0
0.600000	0.300000	2	8275	0
0.600000	0.300000	3	8275	0
0.600000	0.300000	4	8275	0
0.600000	0.400000	2	8275	1628
0.600000	0.400000	3	8275	0
0.600000	0.400000	4	8275	0

Продолжение таблицы 5.6

0.600000	0.500000	2	8275	861
0.600000	0.500000	3	8275	0
0.600000	0.500000	4	8275	1628
0.600000	0.600000	2	8275	0
0.600000	0.600000	3	8275	0
0.600000	0.600000	4	8275	0
0.600000	0.700000	2	8275	0
0.600000	0.700000	3	8275	0
0.600000	0.700000	4	8275	0
0.600000	0.800000	2	8275	861
0.600000	0.800000	3	8275	0
0.600000	0.800000	4	8275	0
0.600000	0.900000	2	8275	0
0.600000	0.900000	3	8275	0
0.600000	0.900000	4	8275	0
0.600000	1.000000	2	8275	861
0.600000	1.000000	3	8275	0
0.600000	1.000000	4	8275	0
0.700000	0.100000	2	8275	0
0.700000	0.100000	3	8275	0
0.700000	0.100000	4	8275	0
0.700000	0.200000	2	8275	688
0.700000	0.200000	3	8275	0
0.700000	0.200000	4	8275	0
0.700000	0.300000	2	8275	0
0.700000	0.300000	3	8275	0
0.700000	0.300000	4	8275	0
0.700000	0.400000	2	8275	861
0.700000	0.400000	3	8275	0
0.700000	0.400000	4	8275	0
0.700000	0.500000	2	8275	0
0.700000	0.500000	3	8275	1549
0.700000	0.500000	4	8275	0

Продолжение таблицы 5.6

0.700000	0.600000	2	8275	3105
0.700000	0.600000	3	8275	0
0.700000	0.600000	4	8275	1242
0.700000	0.700000	2	8275	0
0.700000	0.700000	3	8275	0
0.700000	0.700000	4	8275	0
0.700000	0.800000	2	8275	3484
0.700000	0.800000	3	8275	0
0.700000	0.800000	4	8275	0
0.700000	0.900000	2	8275	1330
0.700000	0.900000	3	8275	861
0.700000	0.900000	4	8275	0
0.700000	1.000000	2	8275	1628
0.700000	1.000000	3	8275	0
0.700000	1.000000	4	8275	861
0.800000	0.100000	2	8275	861
0.800000	0.100000	3	8275	0
0.800000	0.100000	4	8275	0
0.800000	0.200000	2	8275	0
0.800000	0.200000	3	8275	861
0.800000	0.200000	4	8275	0
0.800000	0.300000	2	8275	0
0.800000	0.300000	3	8275	2756
0.800000	0.300000	4	8275	0
0.800000	0.400000	2	8275	0
0.800000	0.400000	3	8275	0
0.800000	0.400000	4	8275	0
0.800000	0.500000	2	8275	1628
0.800000	0.500000	3	8275	0
0.800000	0.500000	4	8275	0
0.800000	0.600000	2	8275	1628
0.800000	0.600000	3	8275	0
0.800000	0.600000	4	8275	0

Продолжение таблицы 5.6

0.800000	0.700000	2	8275	0
0.800000	0.700000	3	8275	0
0.800000	0.700000	4	8275	1628
0.800000	0.800000	2	8275	0
0.800000	0.800000	3	8275	861
0.800000	0.800000	4	8275	0
0.800000	0.900000	2	8275	0
0.800000	0.900000	3	8275	0
0.800000	0.900000	4	8275	0
0.800000	1.000000	2	8275	0
0.800000	1.000000	3	8275	0
0.800000	1.000000	4	8275	0
0.900000	0.100000	2	8275	0
0.900000	0.100000	3	8275	0
0.900000	0.100000	4	8275	0
0.900000	0.200000	2	8275	861
0.900000	0.200000	3	8275	0
0.900000	0.200000	4	8275	0
0.900000	0.300000	2	8275	0
0.900000	0.300000	3	8275	0
0.900000	0.300000	4	8275	0
0.900000	0.400000	2	8275	0
0.900000	0.400000	3	8275	0
0.900000	0.400000	4	8275	0
0.900000	0.500000	2	8275	1628
0.900000	0.500000	3	8275	0
0.900000	0.500000	4	8275	0
0.900000	0.600000	2	8275	0
0.900000	0.600000	3	8275	2417
0.900000	0.600000	4	8275	0
0.900000	0.700000	2	8275	0
0.900000	0.700000	3	8275	0
0.900000	0.700000	4	8275	0

Продолжение таблицы 5.6

0.900000	0.800000	2	8275	0
0.900000	0.800000	3	8275	861
0.900000	0.800000	4	8275	0
0.900000	0.900000	2	8275	0
0.900000	0.900000	3	8275	1696
0.900000	0.900000	4	8275	0
0.900000	1.000000	2	8275	861
0.900000	1.000000	3	8275	861
0.900000	1.000000	4	8275	0
1.000000	0.100000	2	8275	1696
1.000000	0.100000	3	8275	3105
1.000000	0.100000	4	8275	3186
1.000000	0.200000	2	8275	2353
1.000000	0.200000	3	8275	4230
1.000000	0.200000	4	8275	3118
1.000000	0.300000	2	8275	4148
1.000000	0.300000	3	8275	4116
1.000000	0.300000	4	8275	1696
1.000000	0.400000	2	8275	5043
1.000000	0.400000	3	8275	2565
1.000000	0.400000	4	8275	1665
1.000000	0.500000	2	8275	3775
1.000000	0.500000	3	8275	3397
1.000000	0.500000	4	8275	2417
1.000000	0.600000	2	8275	5791
1.000000	0.600000	3	8275	3397
1.000000	0.600000	4	8275	1871
1.000000	0.700000	2	8275	3399
1.000000	0.700000	3	8275	1665
1.000000	0.700000	4	8275	3140
1.000000	0.800000	2	8275	4500
1.000000	0.800000	3	8275	688
1.000000	0.800000	4	8275	0

Продолжение таблицы 5.6

1.000000	0.900000	2	8275	1490
1.000000	0.900000	3	8275	746
1.000000	0.900000	4	8275	2843
1.000000	1.000000	2	8275	3753
1.000000	1.000000	3	8275	2353
1.000000	1.000000	4	8275	3354

Параметризация для графа №3

Таблица 5.7 — Результаты параметризующего запуска для графа №3 из 10 вершин

α	ρ	T	$ideal$	Δ
0.100000	0.100000	2	9357	336
0.100000	0.100000	3	9357	1978
0.100000	0.100000	4	9357	0
0.100000	0.200000	2	9357	0
0.100000	0.200000	3	9357	0
0.100000	0.200000	4	9357	336
0.100000	0.300000	2	9357	1666
0.100000	0.300000	3	9357	336
0.100000	0.300000	4	9357	336
0.100000	0.400000	2	9357	336
0.100000	0.400000	3	9357	2210
0.100000	0.400000	4	9357	1880
0.100000	0.500000	2	9357	0
0.100000	0.500000	3	9357	1666
0.100000	0.500000	4	9357	899
0.100000	0.600000	2	9357	1666
0.100000	0.600000	3	9357	0
0.100000	0.600000	4	9357	336
0.100000	0.700000	2	9357	0
0.100000	0.700000	3	9357	1666
0.100000	0.700000	4	9357	0
0.100000	0.800000	2	9357	1666
0.100000	0.800000	3	9357	1978
0.100000	0.800000	4	9357	0
0.100000	0.900000	2	9357	1666
0.100000	0.900000	3	9357	1666
0.100000	0.900000	4	9357	0
0.100000	1.000000	2	9357	1040
0.100000	1.000000	3	9357	0
0.100000	1.000000	4	9357	899

Продолжение таблицы 5.7

0.200000	0.100000	2	9357	0
0.200000	0.100000	3	9357	336
0.200000	0.100000	4	9357	0
0.200000	0.200000	2	9357	4716
0.200000	0.200000	3	9357	1666
0.200000	0.200000	4	9357	0
0.200000	0.300000	2	9357	1666
0.200000	0.300000	3	9357	0
0.200000	0.300000	4	9357	899
0.200000	0.400000	2	9357	4667
0.200000	0.400000	3	9357	1913
0.200000	0.400000	4	9357	336
0.200000	0.500000	2	9357	3392
0.200000	0.500000	3	9357	2223
0.200000	0.500000	4	9357	1978
0.200000	0.600000	2	9357	1980
0.200000	0.600000	3	9357	0
0.200000	0.600000	4	9357	2417
0.200000	0.700000	2	9357	0
0.200000	0.700000	3	9357	336
0.200000	0.700000	4	9357	1666
0.200000	0.800000	2	9357	1913
0.200000	0.800000	3	9357	0
0.200000	0.800000	4	9357	336
0.200000	0.900000	2	9357	0
0.200000	0.900000	3	9357	0
0.200000	0.900000	4	9357	0
0.200000	1.000000	2	9357	0
0.200000	1.000000	3	9357	0
0.200000	1.000000	4	9357	0
0.300000	0.100000	2	9357	0
0.300000	0.100000	3	9357	0
0.300000	0.100000	4	9357	0

Продолжение таблицы 5.7

0.300000	0.200000	2	9357	1666
0.300000	0.200000	3	9357	0
0.300000	0.200000	4	9357	0
0.300000	0.300000	2	9357	0
0.300000	0.300000	3	9357	2992
0.300000	0.300000	4	9357	0
0.300000	0.400000	2	9357	0
0.300000	0.400000	3	9357	0
0.300000	0.400000	4	9357	0
0.300000	0.500000	2	9357	336
0.300000	0.500000	3	9357	0
0.300000	0.500000	4	9357	0
0.300000	0.600000	2	9357	899
0.300000	0.600000	3	9357	336
0.300000	0.600000	4	9357	0
0.300000	0.700000	2	9357	4364
0.300000	0.700000	3	9357	1666
0.300000	0.700000	4	9357	0
0.300000	0.800000	2	9357	2960
0.300000	0.800000	3	9357	0
0.300000	0.800000	4	9357	0
0.300000	0.900000	2	9357	1666
0.300000	0.900000	3	9357	0
0.300000	0.900000	4	9357	3613
0.300000	1.000000	2	9357	899
0.300000	1.000000	3	9357	0
0.300000	1.000000	4	9357	0
0.400000	0.100000	2	9357	336
0.400000	0.100000	3	9357	0
0.400000	0.100000	4	9357	2998
0.400000	0.200000	2	9357	7341
0.400000	0.200000	3	9357	0
0.400000	0.200000	4	9357	1980

Продолжение таблицы 5.7

0.400000	0.300000	2	9357	1666
0.400000	0.300000	3	9357	0
0.400000	0.300000	4	9357	0
0.400000	0.400000	2	9357	4120
0.400000	0.400000	3	9357	1666
0.400000	0.400000	4	9357	899
0.400000	0.500000	2	9357	3345
0.400000	0.500000	3	9357	1666
0.400000	0.500000	4	9357	0
0.400000	0.600000	2	9357	4184
0.400000	0.600000	3	9357	3610
0.400000	0.600000	4	9357	3241
0.400000	0.700000	2	9357	0
0.400000	0.700000	3	9357	0
0.400000	0.700000	4	9357	0
0.400000	0.800000	2	9357	1666
0.400000	0.800000	3	9357	4311
0.400000	0.800000	4	9357	0
0.400000	0.900000	2	9357	336
0.400000	0.900000	3	9357	336
0.400000	0.900000	4	9357	0
0.400000	1.000000	2	9357	1666
0.400000	1.000000	3	9357	0
0.400000	1.000000	4	9357	899
0.500000	0.100000	2	9357	0
0.500000	0.100000	3	9357	4888
0.500000	0.100000	4	9357	0
0.500000	0.200000	2	9357	0
0.500000	0.200000	3	9357	1913
0.500000	0.200000	4	9357	0
0.500000	0.300000	2	9357	0
0.500000	0.300000	3	9357	0
0.500000	0.300000	4	9357	0

Продолжение таблицы 5.7

0.500000	0.400000	2	9357	1666
0.500000	0.400000	3	9357	0
0.500000	0.400000	4	9357	2038
0.500000	0.500000	2	9357	7359
0.500000	0.500000	3	9357	0
0.500000	0.500000	4	9357	0
0.500000	0.600000	2	9357	6525
0.500000	0.600000	3	9357	1666
0.500000	0.600000	4	9357	336
0.500000	0.700000	2	9357	1666
0.500000	0.700000	3	9357	1666
0.500000	0.700000	4	9357	0
0.500000	0.800000	2	9357	0
0.500000	0.800000	3	9357	899
0.500000	0.800000	4	9357	0
0.500000	0.900000	2	9357	2038
0.500000	0.900000	3	9357	0
0.500000	0.900000	4	9357	0
0.500000	1.000000	2	9357	1666
0.500000	1.000000	3	9357	0
0.500000	1.000000	4	9357	0
0.600000	0.100000	2	9357	1666
0.600000	0.100000	3	9357	899
0.600000	0.100000	4	9357	0
0.600000	0.200000	2	9357	4982
0.600000	0.200000	3	9357	336
0.600000	0.200000	4	9357	0
0.600000	0.300000	2	9357	0
0.600000	0.300000	3	9357	0
0.600000	0.300000	4	9357	0
0.600000	0.400000	2	9357	0
0.600000	0.400000	3	9357	0
0.600000	0.400000	4	9357	1666

Продолжение таблицы 5.7

0.600000	0.500000	2	9357	336
0.600000	0.500000	3	9357	336
0.600000	0.500000	4	9357	0
0.600000	0.600000	2	9357	4231
0.600000	0.600000	3	9357	4329
0.600000	0.600000	4	9357	1666
0.600000	0.700000	2	9357	899
0.600000	0.700000	3	9357	1666
0.600000	0.700000	4	9357	336
0.600000	0.800000	2	9357	1666
0.600000	0.800000	3	9357	0
0.600000	0.800000	4	9357	336
0.600000	0.900000	2	9357	0
0.600000	0.900000	3	9357	899
0.600000	0.900000	4	9357	0
0.600000	1.000000	2	9357	0
0.600000	1.000000	3	9357	0
0.600000	1.000000	4	9357	1913
0.700000	0.100000	2	9357	0
0.700000	0.100000	3	9357	1978
0.700000	0.100000	4	9357	0
0.700000	0.200000	2	9357	0
0.700000	0.200000	3	9357	0
0.700000	0.200000	4	9357	899
0.700000	0.300000	2	9357	0
0.700000	0.300000	3	9357	899
0.700000	0.300000	4	9357	0
0.700000	0.400000	2	9357	5605
0.700000	0.400000	3	9357	2617
0.700000	0.400000	4	9357	0
0.700000	0.500000	2	9357	6184
0.700000	0.500000	3	9357	0
0.700000	0.500000	4	9357	2307

Продолжение таблицы 5.7

0.700000	0.600000	2	9357	1666
0.700000	0.600000	3	9357	0
0.700000	0.600000	4	9357	0
0.700000	0.700000	2	9357	2417
0.700000	0.700000	3	9357	3557
0.700000	0.700000	4	9357	1666
0.700000	0.800000	2	9357	5902
0.700000	0.800000	3	9357	0
0.700000	0.800000	4	9357	336
0.700000	0.900000	2	9357	1913
0.700000	0.900000	3	9357	0
0.700000	0.900000	4	9357	1666
0.700000	1.000000	2	9357	5325
0.700000	1.000000	3	9357	5341
0.700000	1.000000	4	9357	899
0.800000	0.100000	2	9357	0
0.800000	0.100000	3	9357	0
0.800000	0.100000	4	9357	336
0.800000	0.200000	2	9357	6091
0.800000	0.200000	3	9357	1913
0.800000	0.200000	4	9357	0
0.800000	0.300000	2	9357	0
0.800000	0.300000	3	9357	1666
0.800000	0.300000	4	9357	0
0.800000	0.400000	2	9357	6155
0.800000	0.400000	3	9357	6090
0.800000	0.400000	4	9357	3591
0.800000	0.500000	2	9357	6104
0.800000	0.500000	3	9357	0
0.800000	0.500000	4	9357	0
0.800000	0.600000	2	9357	899
0.800000	0.600000	3	9357	0
0.800000	0.600000	4	9357	899

Продолжение таблицы 5.7

0.800000	0.700000	2	9357	336
0.800000	0.700000	3	9357	0
0.800000	0.700000	4	9357	5424
0.800000	0.800000	2	9357	336
0.800000	0.800000	3	9357	0
0.800000	0.800000	4	9357	0
0.800000	0.900000	2	9357	1666
0.800000	0.900000	3	9357	1666
0.800000	0.900000	4	9357	0
0.800000	1.000000	2	9357	899
0.800000	1.000000	3	9357	0
0.800000	1.000000	4	9357	0
0.900000	0.100000	2	9357	0
0.900000	0.100000	3	9357	0
0.900000	0.100000	4	9357	899
0.900000	0.200000	2	9357	0
0.900000	0.200000	3	9357	1666
0.900000	0.200000	4	9357	0
0.900000	0.300000	2	9357	0
0.900000	0.300000	3	9357	899
0.900000	0.300000	4	9357	1666
0.900000	0.400000	2	9357	6419
0.900000	0.400000	3	9357	0
0.900000	0.400000	4	9357	0
0.900000	0.500000	2	9357	0
0.900000	0.500000	3	9357	5426
0.900000	0.500000	4	9357	0
0.900000	0.600000	2	9357	5302
0.900000	0.600000	3	9357	336
0.900000	0.600000	4	9357	4955
0.900000	0.700000	2	9357	6400
0.900000	0.700000	3	9357	2223
0.900000	0.700000	4	9357	336

Продолжение таблицы 5.7

0.900000	0.800000	2	9357	8761
0.900000	0.800000	3	9357	0
0.900000	0.800000	4	9357	0
0.900000	0.900000	2	9357	0
0.900000	0.900000	3	9357	3799
0.900000	0.900000	4	9357	0
0.900000	1.000000	2	9357	336
0.900000	1.000000	3	9357	0
0.900000	1.000000	4	9357	0
1.000000	0.100000	2	9357	10371
1.000000	0.100000	3	9357	7049
1.000000	0.100000	4	9357	6394
1.000000	0.200000	2	9357	10053
1.000000	0.200000	3	9357	10053
1.000000	0.200000	4	9357	7620
1.000000	0.300000	2	9357	8210
1.000000	0.300000	3	9357	5791
1.000000	0.300000	4	9357	6165
1.000000	0.400000	2	9357	9272
1.000000	0.400000	3	9357	9142
1.000000	0.400000	4	9357	7301
1.000000	0.500000	2	9357	6562
1.000000	0.500000	3	9357	10739
1.000000	0.500000	4	9357	6593
1.000000	0.600000	2	9357	8243
1.000000	0.600000	3	9357	8342
1.000000	0.600000	4	9357	6527
1.000000	0.700000	2	9357	10053
1.000000	0.700000	3	9357	7418
1.000000	0.700000	4	9357	8956
1.000000	0.800000	2	9357	9504
1.000000	0.800000	3	9357	8806
1.000000	0.800000	4	9357	5797

Продолжение таблицы 5.7

1.000000	0.900000	2	9357	8406
1.000000	0.900000	3	9357	6234
1.000000	0.900000	4	9357	10079
1.000000	1.000000	2	9357	9600
1.000000	1.000000	3	9357	8704
1.000000	1.000000	4	9357	7143