

**ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»**

Факультет компьютерных наук  
Департамент программной инженерии

**СОГЛАСОВАНО**

Научный руководитель,  
Приглашенный преподаватель  
Департамента больших данных и  
информационного поиска

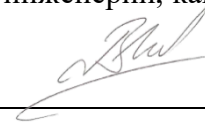


О. Н. Качан

«13» мая 2023 г.

**УТВЕРЖДАЮ**

Академический руководитель  
ОП «Программная инженерия»  
профессор департамента программной  
инженерии, канд. техн. наук



В. В. Шилов

«13» мая 2023 г.

**Теория симплициальных сетей и ее применения для анализа данных:  
Программная реализация библиотеки SimplicialX на языке C++  
Техническое задание**

**ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ**

RU.17701729.04.03-01 ТЗ 01-1-ЛУ

**Исполнитель:**

студент группы БПИ213



/ Лобанов К. С. /

«13» мая 2023 г

Москва 2023

УТВЕРЖДЕН

RU.17701729.04.03-01 ТЗ 01-1-ЛУ

Подп. и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл	

**ТЕОРИЯ СИМПЛИЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ  
АНАЛИЗА ДАННЫХ: ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ БИБЛИОТЕКИ  
SIMPLICIALX НА ЯЗЫКЕ C++**

**Техническое задание**

**RU.17701729.04.03-01 ТЗ 01–1**

**Листов 16**

Инд. № подл	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата

**Москва 2023**

**АННОТАЦИЯ**

Техническое задание – это основной документ, оговаривающий набор требований и порядок создания программного продукта, в соответствии с которым производится разработка программы, ее тестирование и приемка.

Настоящее Техническое задание на разработку «Теория симплициальных сетей и ее применения для анализа данных: Программная реализация библиотеки SimplicialX на языке C++» содержит следующие разделы: «Введение», «Основание для разработки», «Назначение разработки», «Требования к программе», «Требования к программным документам», «Технико-экономические показатели», «Стадии и этапы разработки», «Порядок контроля и приемки» и приложения [7].

В разделе «Введение» указано наименование и краткая характеристика области применения программы.

В разделе «Основания для разработки» указан документ, на основании которого ведется разработка и наименование темы разработки.

В разделе «Назначение разработки» указано функциональное и эксплуатационное назначение программного продукта.

Раздел «Требования к программе» содержит основные требования к функциональным характеристикам, к надежности, к условиям эксплуатации, к составу и параметрам технических средств, к информационной и программной совместимости, к маркировке и упаковке, к транспортировке и хранению, а также специальные требования.

Раздел «Требования к программным документам» содержит предварительный состав программной документации и специальные требования к ней.

Раздел «Технико-экономические показатели» содержит ориентировочную экономическую эффективность, предполагаемую годовую потребность, экономические преимущества разработки программы.

Раздел «Стадии и этапы разработки» содержит стадии разработки, этапы и содержание работ.

В разделе «Порядок контроля и приемки» указаны общие требования к приемке работы.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.03-01 ТЗ 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подп. и

**3**  
**RU.17701729.04.03-01 ТЗ 01-1**

Настоящий документ разработан в соответствии с требованиями:

- 1) ГОСТ 19.101-77 Виды программ и программных документов [1];
- 2) ГОСТ 19.102-77 Стадии разработки [2];
- 3) ГОСТ 19.103-77 Обозначения программ и программных документов [3];
- 4) ГОСТ 19.104-78 Основные надписи [4];
- 5) ГОСТ 19.105-78 Общие требования к программным документам [5];
- 6) ГОСТ 19.106-78 Требования к программным документам, выполненным печатным способом [6];
- 7) ГОСТ 19.201-78 Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению [7].

Изменения к данному Техническому заданию оформляются согласно ГОСТ 19.603-78 [8], ГОСТ 19.604-78 [9].

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.03-01 ТЗ 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подп. и

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>АННОТАЦИЯ.....</b>	<b>2</b>
<b>1. ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>6</b>
1.1. Наименование программы.....	6
1.2. Краткая характеристика и область назначения .....	6
<b>2. ОСНОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ .....</b>	<b>7</b>
2.1. Документы, на основании которых ведется разработка.....	7
2.2. Наименование темы разработки .....	7
<b>3. НАЗНАЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ.....</b>	<b>8</b>
3.1. Функциональное назначение.....	8
3.2. Эксплуатационное назначение .....	8
<b>4. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММЕ.....</b>	<b>9</b>
4.1. Требования к функциональным характеристикам .....	9
4.1.1. Состав выполняемых функций.....	9
4.1.2. Организация входных данных .....	9
4.1.3. Организация выходных данных .....	9
4.2. Требования к временным характеристикам .....	9
4.3. Требования к интерфейсу.....	10
4.4. Требования к надежности .....	10
4.5. Условия эксплуатации.....	10
4.6. Требования к составу и параметрам технических средств.....	10
4.7. Требования к информационной и программной совместимости.....	10
4.8. Требования к маркировке и упаковке .....	10
4.9. Требования к транспортировке и хранению .....	10
<b>5. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ.....</b>	<b>11</b>
5.1. Состав программной документации .....	11
5.2. Специальные требования к программной документации .....	11
<b>6. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ.....</b>	<b>12</b>
6.1. Ориентировочная экономическая эффективность.....	12
6.2. Предполагаемая потребность .....	12
6.3. Экономические преимущества разработки по сравнению с отечественными и зарубежными аналогами.....	12

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.03-01 ТЗ 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подп. и

7. СТАДИИ И ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ.....	13
8. ПОРЯДОК КОНТРОЛЯ И ПРИЕМКИ .....	14
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	15
ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ.....	16

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.03-01 ТЗ 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подп. и

## 1. ВВЕДЕНИЕ

### 1.1. Наименование программы

Наименование программы – «Библиотека SimplicialX для C++».

Наименование программы на английском языке – «SimplicialX library for C++».

Краткое наименование программы – «SimplicialX».

### 1.2. Краткая характеристика и область назначения

«Библиотека SimplicialX для C++» – это библиотека, позволяющая создавать симплициальные комплексы, менять их, добавляя и удаляя симплексы, а также извлекать признаковые описания.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.03-01 ТЗ 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подп. и

## 2. ОСНОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ

### 2.1. Документы, на основании которых ведется разработка

Основанием для разработки является учебный план подготовки бакалавров по направлению 09.03.04 «Программная инженерия» и утвержденная академическим руководителем тема курсового проекта.

### 2.2. Наименование темы разработки

Наименование темы разработки – «Теория симплициальных сетей и ее применения для анализа данных: Программная реализация библиотеки `SimplicialX` на языке C++».

Условное обозначение темы разработки – «Симплициальные сети».

Программа выполнена в рамках темы курсовой работы «Теория симплициальных сетей и ее применения для анализа данных: Программная реализация библиотеки `SimplicialX` на языке C++» в соответствии с учебным планом подготовки бакалавров (НИУ ВШЭ, факультет компьютерных наук) по направлению «Программная инженерия».

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.03-01 ТЗ 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подп. и



### 3. НАЗНАЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ

#### 3.1. Функциональное назначение

Моделирование данных симплициальными комплексами и извлечение признаков описаний.

#### 3.2. Эксплуатационное назначение

В наше время всё больше задач решается с помощью машинного обучения и нейронных сетей. Важную роль при этом играет способ хранения информации, который позволит максимально эффективно с ней работать. Часто для этого используют графы, но у них есть один недостаток – в них отображены только отношения между парами объектов, это проблему помогают решить гиперграфы, где могут быть отношения на любых множествах вершин. Симплициальные комплексы – это частный случай гиперграфов, они облегчают работу с моделями, в которых есть не только отношения между парами объектов, но и попарные отношения на некоторых множествах.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.03-01 ТЗ 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подп. и

## 4. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММЕ

### 4.1. Требования к функциональным характеристикам

#### 4.1.1. Состав выполняемых функций

Библиотека *SimplicialX* должна реализовывать следующие функции:

- Возможность создания симплициальных комплексов, их модификации с помощью добавления симплексов и их граней и удаления симплексов и их кограней, удаление симплициальных комплексов, хранение и изменение весов симплексов
- Хранение симплициальных комплексов в виде симплициального дерева или диаграммы Хассе
- Вывод списка симплексов, открытой звезды, закрытой звезды, линка симплекса
- Подсчет количества симплексов и  $f$ -вектора, Эйлеровой характеристики, числа Бетти
- Поиск собственных значений и векторов матрицы Лапласа, вычисление матрицы Лапласа с учетом весов или без учета весов, вычисление граничных матриц
- Подсчет для произвольных  $n$ -симплексов и  $p$ -симплексов следующих значений:
  1.  $(n, p)$ -степени симплексов
  2.  $(n, p)$ -коэффициент кластеризации
  3.  $(n, p)$ -центральности
  4.  $(n, p)$ -кратчайшие расстояния между двумя симплексами

#### 4.1.2. Организация входных данных

Для работы с библиотекой пользователю нужно сначала подключить её, затем он может вызывать нужные методы, при этом передавая соответствующие параметры.

#### 4.1.3. Организация выходных данных

Выходные данные зависят от вызываемого метода: в случае вычисления одного числа/матрицы/спектра матрицы искомые величины следует возвращать из функции с учётом требуемого типа данных. Когда на выходе пользователь ждет список симплексов или несколько величин (например, степень вершин в  $(p, q)$ -графе), все данные следует выводить пользователю, возвращаемого значения в данном случае нет.

### 4.2. Требования к временным характеристикам

Требования к временным характеристикам программы не предъявляются.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.03-01 ТЗ 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подп. и

**4.3. Требования к интерфейсу**

Требования к интерфейсу библиотеки не предъявляются.

**4.4. Требования к надежности**

Программа должна обеспечивать проверку корректности входных данных. В случае некорректных данных она должна завершаться с соответствующим сообщением ошибки.

**4.5. Условия эксплуатации**

Не требует специального обслуживания. Требуемая классификация – пользователь, владеющий языком программирования C++.

**4.6. Требования к составу и параметрам технических средств**

Для надёжной работы программы рекомендуется следующий состав технических средств:

- 1) Мышь или совместное указывающее устройство
- 2) Клавиатура
- 3) Монитор
- 4) Подходящая среда разработки кода
- 5) 64 МБ оперативной памяти
- 6) Процессор: Intel Pentium 4 / Athlon 64 или новее

**4.7. Требования к информационной и программной совместимости**

Библиотека должна быть написана на языке C++. Допускается использование библиотек не из стандартной библиотеки C++.

**4.8. Требования к маркировке и упаковке**

Программа распространяется в виде электронного пакета, содержащего программную документацию, приложение (исполняемые файлы и прочие необходимые для работы файлы).

**4.9. Требования к транспортировке и хранению**

Программное изделие может храниться и транспортироваться на USB-носителе или в облачном хранилище.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.03-01 ТЗ 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подп. и

## 5. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

### 5.1. Состав программной документации

- «Теория симплициальных сетей и ее применения для анализа данных: Программная реализация библиотеки SimplicialX на языке C++». Техническое задание (ГОСТ 19.201-78);
- «Теория симплициальных сетей и ее применения для анализа данных: Программная реализация библиотеки SimplicialX на языке C++». Программа и методика испытаний (ГОСТ 19.30178);
- «Теория симплициальных сетей и ее применения для анализа данных: Программная реализация библиотеки SimplicialX на языке C++». Текст программы (ГОСТ 19.40178);
- «Теория симплициальных сетей и ее применения для анализа данных: Программная реализация библиотеки SimplicialX на языке C++». Пояснительная записка (ГОСТ 19.40479);
- «Теория симплициальных сетей и ее применения для анализа данных: Программная реализация библиотеки SimplicialX на языке C++». Руководство оператора (ГОСТ 19.50579);

### 5.2. Специальные требования к программной документации

- Документы к программе должны быть выполнены в соответствии с ГОСТ 19.106-78 и ГОСТами к каждому виду документа (см. п. 5.1.);
- Пояснительная записка должна быть загружена в систему Антиплагиат через LMS «НИУ ВШЭ». Лист, подтверждающий загрузку пояснительной записки, сдается в учебный офис вместе со всеми материалами не позже, чем за день до защиты курсовой работы;
- Документация и программа также сдается в электронном виде в формате .pdf или .docx. в архиве формата .zip или .rar;
- Все документы перед защитой курсовой работы должны быть загружены в информационно-образовательную среду НИУ ВШЭ LMS (Learning management system) в личном кабинете, дисциплина - «Курсовая работа», одним архивом.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.03-01 ТЗ 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подп. и

## 6. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

### 6.1. Ориентировочная экономическая эффективность

В рамках данного курсового проекта экономическая эффективность не предусмотрена.

### 6.2. Предполагаемая потребность

Данная библиотека будет интересна пользователям, которые занимаются топологическим анализом данных и машинным обучением.

### 6.3. Экономические преимущества разработки по сравнению с отечественными и зарубежными аналогами

Таблица 1 – Сравнение функциональности ПО для работы с симплициальными комплексами

	Giotto-tda	BATS	Dionysus	SimplicialX
Числа Бетти	-	-	-	+
Эйлерова характеристика	-	-	-	+
Оператор Лапласа высших порядков	-	+	-	*
Другие признаки	-	-	-	+

\* - оператор Лапласа между несмежными пространствами цепей

Как видно из таблицы, библиотека SimplicialX лучше аналогов, потому что поддерживает больше функций для анализа симплициальных комплексов.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.03-01 ТЗ 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подп. и

## 7. СТАДИИ И ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ

Стадии и этапы разработки были выявлены с учетом ГОСТ 19.102-77 [2]:

Стадии разработки	Этапы работ	Содержание работ
1. Техническое задание	Подготовительные работы	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Постановка задачи.</li> <li>– Сбор исходных теоретических материалов.</li> <li>– Обоснование возможности решения поставленной задачи.</li> <li>– Определение структуры входных и выходных данных.</li> <li>– Предварительный выбор методов решения задач.</li> </ul>
	Разработка и утверждение технического задания	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Определение требований к программе.</li> <li>– Определение требований к техническим средствам.</li> <li>– Определение стадий. Этапов и сроков разработки программы и документации на неё.</li> <li>– Согласование и утверждение технического задания.</li> </ul>
2. Рабочий проект	Разработка программы	Программирование и отладка программы.
	Разработка программной документации	Разработка программных документов в соответствии с требованиями ГОСТ 19.101-77
	Испытания программы	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Разработка, согласование и утверждение порядка и методики испытаний.</li> <li>– Корректировка программы и программной документации по результатам испытаний.</li> </ul>
3. Внедрение	Подготовка и передача программы	Подготовка и передача программы и программной документации для сопровождения.

Программа и документация к ней разрабатываются к утвержденным срокам защиты курсовой работы (13.05.2023)

Исполнитель – Лобанов Кирилл Сергеевич.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.03-01 ТЗ 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подп. и

**8. ПОРЯДОК КОНТРОЛЯ И ПРИЕМКИ**

Проверка программного продукта, в том числе и на соответствие техническому заданию, осуществляется исполнителем вместе с заказчиком согласно «Программе и методике испытаний», а также пункту 5.2.

Защита выполненного проекта осуществляется комиссией, состоящей из преподавателей департамента программной инженерии, в утверждённые приказом декана ФКН сроки.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.03-01 ТЗ 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подп. и

**СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. ГОСТ 19.101-77 Виды программ и программных документов. // Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
2. ГОСТ 19.102-77 Стадии разработки. // Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
3. ГОСТ 19.103-77 Обозначения программ и программных документов. // Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
4. ГОСТ 19.104-78 Основные надписи. // Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
5. ГОСТ 19.105-78 Общие требования к программным документам. // Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
6. ГОСТ 19.106-78 Требования к программным документам, выполненным печатным способом. // Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
7. ГОСТ 19.201-78 Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению. // Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
8. ГОСТ 19.603-78 Общие правила внесения изменений. // Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
9. ГОСТ 19.604-78 Правила внесения изменений в программные документы, выполненные печатным способом. // Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.03-01 ТЗ 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв.	Инв. №	Подп. и



## Лист регистрации изменений

[illegible]