

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»
(ННГУ)

Институт информационных технологий, математики и механики

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

на тему:

«Верхнетреугольные матрицы на шаблонах»

Выполнил: студент группы 3822Б1ФИ2

_____/Миронов А. И./
Подпись

Проверил: к.т.н, доцент каф. ВВиСП

_____/Кустикова В.Д./
Подпись

Нижний Новгород
2023

Содержание

Введение.....	3
1 Постановка задачи.....	4
2 Руководство пользователя.....	5
2.1 Приложение для демонстрации работы вектора	5
2.2 Приложение для демонстрации работы матрицы.....	6
3 Руководство программиста	7
3.1 Описание алгоритмов	7
3.1.1 Вектор.....	7
3.1.2 Матрица.....	10
3.2 Описание программной реализации	13
3.2.1 Описание класса TVector.....	13
3.2.2 Описание класса TMatrix.....	18
Заключение	21
Литература	22
Приложения	23
Приложение А. Реализация класса TVector	23
Приложение Б. Реализация класса TMatrix	28

Введение

Лабораторная работа "Векторы и верхнетреугольные матрицы на шаблонах" направлена на изучение и практическое применение концепции шаблонов в языке программирования C++. Шаблоны позволяют создавать обобщенные типы данных, которые могут быть использованы с различными типами данных без необходимости дублирования кода. В рамках данной работы мы будем рассматривать примеры использования шаблонов для реализации векторов и верхнетреугольных матриц.

1 Постановка задачи

Цель:

Ознакомление студентов с принципами работы шаблонов в языке C++ и их применением для создания обобщенных типов данных. В результате выполнения работы студенты должны приобрести практические навыки по созданию и использованию шаблонов для реализации векторов и верхнетреугольных матриц.

Задачи:

1. Изучение основных принципов работы шаблонов в языке C++.
2. Разработка шаблонного класса для реализации вектора, который будет поддерживать основные операции.
3. Разработка шаблонного класса для реализации верхнетреугольной матрицы, который будет поддерживать операции сложения матриц, умножения матриц и т.д.
4. Проведение тестирования разработанных шаблонных классов на различных наборах данных для проверки их корректности и эффективности.

2 Руководство пользователя

2.1 Приложение для демонстрации работы вектора

1. Запустите приложение с названием `sample_tvector.exe`. В результате появится окно, показанное ниже и вам будет предложено ввести 2 целочисленных вектора длины 5 (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**).

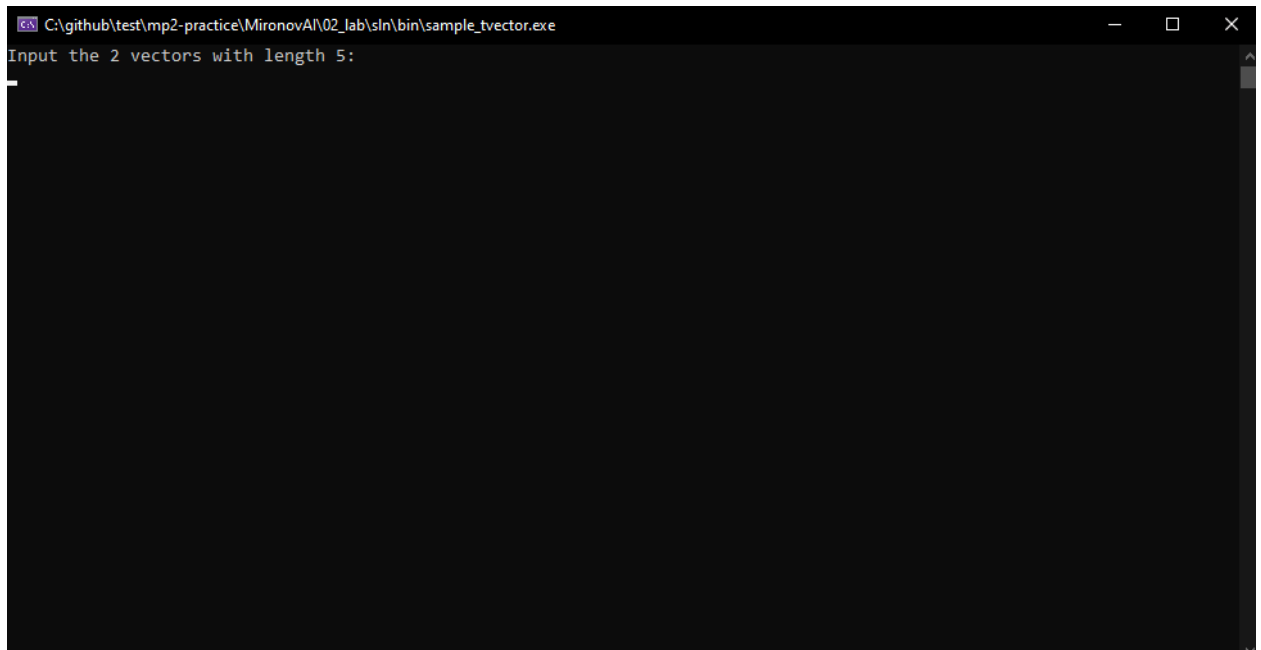


Рис. 1. Основное окно программы

2. После ввода будет выведены результаты соответствующих операций и функций (рис 2).

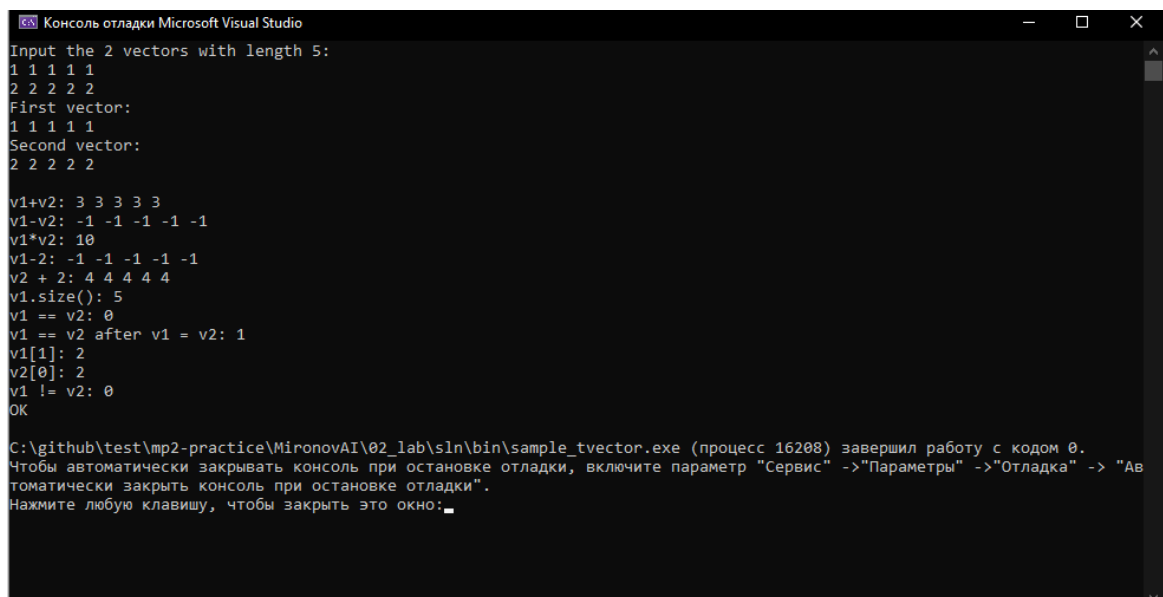


Рис. 2. Результат тестирования функций класса TVector

2.2 Приложение для демонстрации работы матрицы

1. Запустите приложение с названием sample_tmatrix.exe. В результате появится окно, показанное ниже, вам будет предложено ввести 2 целочисленных верхнетреугольных матрицы 3 x 3 (вам нужно ввести 12 чисел) (рис 3).

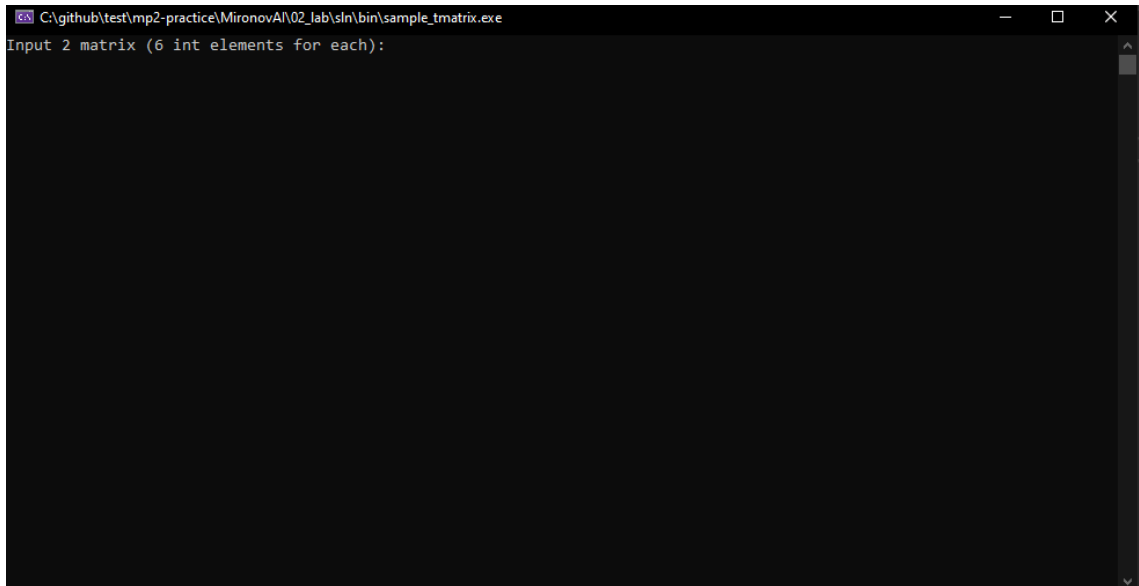


Рис. 3. Основное окно программы

2. После ввода матриц будут выведены результаты соответствующих операций и функций (рис 4).



Результат тестирования функций класса **TMatrix**

3 Руководство программиста

3.1 Описание алгоритмов

3.1.1 Вектор

1. Начало работы указано в пункте [2.1 этого документа](#)
2. Описание методов и полей класса в пункте [3.2.1 этого документа](#)

Программа алгоритм состоит из единственной функции **void test_tvector()**, которая сразу вызывается из основной функции **int main()**. Изначально необходимо алгоритм запрашивает пользователя ввести 2 вектора поля длиной 5.

Вектор – структура хранения. Он хранит элементы одного типа данных.

Вектор хранится в виде указателя на массив элементов одного типа данных, стартового индекса и количества элементов в векторе. Такая структура позволяет эффективно работать с матричными операциями.

Если стартовый индекс отличен от нуля, то все элементы от 0 до стартового индекса (не включительно) будут равны нейтральному элементу типа данных.

Пример целочисленного вектора: стартового индекса 1, и размера 4: (0, 1, 2, 3, 4)

Вектор поддерживает операции сложения, вычитания и умножения с элементом типа данных, сложения, вычитания, скалярного произведения с вектором того же типа данных, операции индексации, сравнение на равенство (неравенство).

Операция сложения

Операция сложения определена для вектора того же типа (складываются элементы первого и второго вектора с одинаковыми индексами) или некоторого элемента того же типа (каждый элемент вектора отдельно складывается с элементом)

Пример

$$V = \{1, 2, 3, 4, 5\}$$

Сложение с вектором:

$$V1 = \{1, 1, 1, 1, 1\}$$

$$V + V1 = \{2, 3, 4, 5, 6\}$$

Сложение с константой:

$$c = 2$$

$$V + c = \{3, 4, 5, 6, 7\}$$

Операция вычитания

Операция вычитания определена для вектора того же типа (вычитаются элементы первого и второго вектора с одинаковыми индексами) или некоторого элемента того же типа (каждый элемент вектора отдельно вычитается с элементом)

Пример

$$V = \{1, 2, 3, 4, 5\}$$

Вычитание с вектором:

$$V1 = \{1, 1, 1, 1, 1\}$$

$$V - V1 = \{0, 1, 2, 3, 4\}$$

Вычитание с константой:

$$c = 2$$

$$V - c = \{-1, 0, 1, 2, 3\}$$

Операция умножения

Операция умножения определена для вектора того же типа (скалярное произведение векторов) или некоторого элемента того же типа (каждый элемент вектора отдельно умножается с элементом)

Пример

$$V = \{1, 2, 3, 4, 5\}$$

Сложение с вектором:

$$V1 = \{1, 1, 1, 1, 1\}$$

$$V * V1 = 1*1 + 2*1 + 3*1 + 4*1 + 5*1 = 15$$

Сложение с константой:

$$c = 2$$

$$V * c = \{2, 4, 6, 8, 10\}$$

Операция индексации

Операция индексации предназначена для получения элемента вектора. Причем, если позиция будет меньше, чем стартовый индекс, то будет выведен нейтральный элемент для данного типа данных

Пример

$$V = \{0, 1, 2, 3, 4\}$$

Получение индекса 1 и 0 соответственно:

$$V[1] = 1$$

$$V[0] = 0$$

Операция сравнения на равенство

Операция сравнения на равенство с вектором возвращает 1, если вектора равны поэлементно, причём их стартовые индексы и размеры тоже равны, 0 в противном случае

Пример

$$V = \{1, 2, 3, 4, 5\}, V1 = \{1, 2, 3, 4, 5\}, V2 = \{0, 1, 2, 3, 4\}$$

Сложение с вектором:

$$(V == V1) = 1$$

$$(V == V2) = 0$$

Операция сравнения на неравенство

Операция сравнения на равенство с вектором возвращает 0, если вектора равны поэлементно, причём их стартовые индексы и размеры тоже равны, 1 в противном случае

Пример

$$V = \{1, 2, 3, 4, 5\}, V1 = \{1, 2, 3, 4, 5\}, V2 = \{0, 1, 2, 3, 4\}$$

Сложение с вектором:

$$(V == V1) = 0$$

$$(V == V2) = 1$$

3.1.2 Матрица

1. Начало работы указано в пункте [2.2 этого документа](#).
2. Описание методов и полей класса в пункте [3.2.2 этого документа](#)

Программа алгоритм состоит из единственной функции **void test_tmatrix()**, которая сразу вызывается из основной функции **int main()**. Изначально необходимо алгоритм запрашивает пользователя ввести матрицы 3 на 3 (матрица верхнетреугольная, соответственно нужно ввести только 6 элементов для каждой)

Матрица – вектор векторов, структура хранения. Она хранит элементы одного типа данных.

Матрица хранится в виде указателя на указатели на массивы элементов одного типа данных, стартового индекса и количества элементов в матрице (именно количество столбцов или строк, т.к. матрица квадратная и верхнетреугольная).

Пример целочисленной матрицы 3x3:

```
1 1 1
0 2 2
0 0 3
```

Матрица поддерживает операции сложения, вычитания и умножения с матрицей того же типа данных, операции индексации, сравнение на равенство (неравенство).

Операция сложения

Операция сложения определена для матрицы того же типа (складываются элементы первой и второй матрицы с одинаковыми индексами)

Пример

```
1 2 3   1 2 3   2 4 6
0 1 1 + 0 1 0 = 0 2 1
0 0 1   0 0 1   0 0 2
```

Операция вычитания

Операция вычитания определена для матрицы того же типа (вычитаются элементы первой и второй матрицы с одинаковыми индексами)

Пример

$$\begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{array} - \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{array} = \begin{array}{ccc} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{array}$$

Операция умножения

Операция умножения определена для матрицы того же типа (скалярное произведение векторов)

$$\begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{array} * \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{array} = \begin{array}{ccc} 1 & 4 & 6 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{array}$$

Операция индексации

Операция индексации предназначена для получения элемента матрицы. Причем, Элемент матрицы - вектор-строка, также можно вывести элемент матрицы по индексу, т.к. для вектора также перегружена операция индексации

$$M = \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{array}$$

$$M[0] = \{1, 2, 3\}$$

$$M[0][1] = 2$$

Операция сравнения на равенство

Операция сравнения на равенство с матрицей возвращает 1, если они равны поэлементно, причём их стартовые индексы и размеры тоже равны, 0 в противном случае

Пример

$$\begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{array} == \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{array} = 0$$

$$\begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{array} == \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{array} = 1$$

Операция сравнения на равенство

Операция сравнения на равенство с матрицей возвращает 0, если они равны поэлементно, причём их стартовые индексы и размеры тоже равны, 1 в противном случае

Пример

$$\begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{array} == \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{array} = 1$$

$$\begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{array} == \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{array} = 0$$

3.2 Описание программной реализации

3.2.1 Описание класса TVector

```
template <class ValType>
class TVector
{
private:
    int StartIndex;
protected:
    ValType *pVector;
    int Size;
    //int StartIndex;
public:
    TVector(int s = 10, int si = 0);
    TVector(const TVector& v);
    virtual ~TVector();
    int GetSize()          { return Size;          }
    int GetStartIndex() { return StartIndex; }
    ValType& operator[] (int pos);
    bool operator==(const TVector<ValType> &v) const;
    bool operator!=(const TVector<ValType> &v) const;
    const TVector<ValType>& operator=(const TVector<ValType>
&v) ;

    // скалярные операции
    TVector<ValType> operator+(const ValType &val);
    TVector<ValType> operator-(const ValType &val);
    TVector<ValType> operator*(const ValType &val);

    // векторные операции
    TVector<ValType> operator+(const TVector<ValType> &v);
    TVector<ValType> operator-(const TVector<ValType>&v);
    ValType operator*(const TVector<ValType> &v);

    // ввод-вывод
    friend istream& operator>>(istream &in, TVector<ValType>
&v) ;

    friend ostream& operator<<(ostream &out, TVector<ValType>
&v) ;
};
```

Назначение: представление вектора

Поля:

StartIndex - индекс первого необходимого элемента вектора

***pVector** – память для представления элементов вектора

Size – количество нужных элементов вектора

Методы:

TVector(int s = 10, int si = 0);

Назначение: конструктор по умолчанию и конструктор с параметрами

Входные параметры:

s – длина вектора (по умолчанию 10)

si – стартовый индекс (по умолчанию 0)

Выходные параметры: -

TVector(const Tvector<ValType>& v);

Назначение: конструктор копирования

Входные параметры:

v – экземпляр класса, на основе которого создаем новый объект

Выходные параметры: -

virtual ~TVector();

Назначение: деструктор

Входные параметры: -

Выходные параметры: -

int GetSize();

Назначение: получение размера вектора

Входные параметры: -

Выходные параметры: размер вектора (количество элементов)

int GetStartIndex();

Назначение: получение стартового индекса

Входные параметры: -

Выходные параметры: стартовый индекс

ValType& operator[] (int pos);

Назначение: перегрузка оператора индексации

Входные параметры:

pos – позиция (индекс) элемента

Выходные параметры: элемент, который находится на pos позиции

bool operator==(const TVector<ValType> &v) const;

Назначение: оператор сравнения

Входные параметры:

v – экземпляр класса, с которым сравниваем

Выходные параметры:

true (1), если они равны, иначе **false**(0).

bool operator!=(const TVector<ValType> &v) const;

Назначение: оператор сравнения

Входные параметры:

v – экземпляр класса, с которым сравниваем

Выходные параметры:

true (1), если они не равны, иначе **false**(0).

const TVector<ValType>& operator=(const TVector<ValType> &v) ;

Назначение: оператор присваивания

Входные параметры:

v – экземпляр класса, который присваиваем

Выходные параметры:

Ссылка на (***this**) , уже присвоенный экземпляр класса

TVector<ValType> operator+(const ValType &val) ;

Назначение: оператор суммирования вектора и значения

Входные параметры:

Val – элемент, с которым суммируем

Выходные параметры:

Экземпляр класса, элементы которого на **val** больше

TVector<ValType> operator-(const ValType &val) ;

Назначение: оператор вычитания вектора и значения

Входные параметры:

Val – элемент, который вычитаем

Выходные параметры:

Экземпляр класса, элементы которого на **val** меньше

TVector<ValType> operator*(const ValType &val);

Назначение: оператор умножения вектора на значение

Входные параметры:

Val – элемент, на который умножаем вектор

Выходные параметры:

Экземпляр класса, элементы которого в **val** раз больше

TVector<ValType> operator+(const TVector<ValType> &v);

Назначение: оператор суммирования векторов

Входные параметры:

V – вектор, который суммируем

Выходные параметры:

Экземпляр класса, равный сумме двух векторов

TVector<ValType> operator-(const TVector<ValType> &v);

Назначение: оператор вычитания векторов

Входные параметры:

V – вектор, который вычитаем

Выходные параметры:

Экземпляр класса, равный разности двух векторов

TVector<ValType> operator*(const TVector<ValType> &v);

Назначение: оператор умножения векторов

Входные параметры:

V – вектор, на который умножаем

Выходные параметры:

Значение, равное скалярному произведению двух векторов

friend istream& operator>>(istream &in, TVector<ValType> &v);

Назначение: оператор ввода вектора

Входные параметры:

in – ссылка на буфер, из которого вводим вектор

V – ссылка на вектор, который вводим

Выходные данные:

in – ссылка буфер

friend ostream& operator<<(ostream &out, TVector<ValType> &v);

Назначение: оператор вывода вектора

Входные параметры:

in – ссылка на буфер, из которого выводим вектор

v – ссылка на вектор, который выводим

Выходные данные:

in – ссылка буфер

3.2.2 Описание класса TMatrix

```
template <class ValType>
class TMatrix : public TVector<TVector<ValType>>
{
public:
    TMatrix(int s = 10);
    TMatrix(const TMatrix &mt);
    TMatrix(const TVector<TVector<ValType> > &mt);
    bool operator==(const TMatrix<ValType>&mt) const;
    bool operator!=(const TMatrix<ValType>&mt) const;
    const TMatrix& operator=(const TMatrix<ValType> &mt);
    TMatrix operator+(const TMatrix<ValType> &mt);
    TMatrix operator-(const TMatrix<ValType> &mt);
    TMatrix operator*(const TMatrix<ValType> &mt);

    // ввод / вывод
    friend istream& operator>>(istream &in, TMatrix<ValType>&mt);
    friend ostream & operator<<( ostream &out, const);

};
```

Класс наследуется от класса **TVector<TVector<ValType>>** (Public наследование).

Назначение: представление матрицы как вектор векторов

Поля:

StartIndex - индекс первого необходимого элемента

***pVector** – память для представления элементов матрицы

Size – размерность матрицы

Методы:

TMatrix(int s = 10);

Назначение: конструктор по умолчанию и конструктор с параметрами

Входные параметры:

s – длина вектора (по умолчанию 10)

Выходные параметры: -

TMatrix(const TMatrix &mt);

Назначение: конструктор копирования

Входные параметры:

mt – экземпляр класса, на основе которого создаем новый объект

Выходные параметры: -

TMatrix(const TVector<TVector<ValType> > &mt) ;

Назначение: Конструктор преобразования типов

Входные параметры:

mt – ссылка на **TVector<TVector<ValType>>** - на объект, который преобразуем

Выходные данные: -

bool operator==(const TMatrix<ValType>&mt) const;

Назначение: оператор сравнения

Входные параметры:

mt – экземпляр класса, с которым сравниваем

Выходные параметры:

true (1), если они равны, иначе **false**(0).

bool operator!=(const TMatrix<ValType>&mt) const;

Назначение: оператор сравнения

Входные параметры:

mt – экземпляр класса, с которым сравниваем

Выходные параметры:

true (1), если они не равны, иначе **false**(0).

const TMatrix& operator=(const TMatrix<ValType> &mt) ;

Назначение: оператор присваивания

Входные параметры:

mt – экземпляр класса, который присваиваем

Выходные параметры:

Ссылка на (***this**) , уже присвоенный экземпляр класса

TMatrix operator+(const TMatrix<ValType> &mt) ;

Назначение: оператор суммирования матриц

Входные параметры:

mt – ссылка на матрицу, которую суммируем

Выходные параметры:

Экземпляр класса, равный сумме двух матриц

TMatrix operator-(const TMatrix<ValType> &mt);

Назначение: оператор вычитания матриц

Входные параметры:

mt – ссылка на матрицу, которую вычитаем

Выходные параметры:

Экземпляр класса, равный разности двух матриц

TMatrix operator*(const TMatrix<ValType> &mt);

Назначение: оператор умножения матриц

Входные параметры:

mt – ссылка на матрицу, которую умножаем

Выходные параметры:

Экземпляр класса, равный произведению двух матриц

friend istream& operator>>(istream &in, TMatrix<ValType>&mt);

Назначение: оператор ввода матрицы

Входные параметры:

in – ссылка на буфер, из которого вводим матрицу

v – ссылка на матрицу, которую вводим

Выходные данные:

in – ссылка буфер

friend ostream& operator<<(ostream &out, TMatrix<ValType>&mt);

Назначение: оператор вывода матрицы

Входные параметры:

out – ссылка на буфер, из которого выводим матрицу

v – ссылка на матрицу, который выводим

Выходные данные:

our – ссылка буфер

Заключение

В ходе выполнения лабораторной работы мы изучили и практически применили концепцию шаблонов в языке программирования C++. Шаблоны позволяют создавать обобщенные типы данных, которые могут быть использованы с различными типами данных без необходимости дублирования кода.

В рамках работы мы разработали шаблонный класс для реализации вектора, который поддерживает основные операции, такие как добавление элемента, удаление элемента, доступ к элементу по индексу и другие. Также мы разработали шаблонный класс для реализации верхнетреугольной матрицы, который поддерживает операции сложения матриц, умножения матрицы на матрицу и другие

Литература

1. Википедия [https://ru.wikipedia.org/wiki/Треугольная_матрица].

Приложения

Приложение А. Реализация класса TVector

```
#ifndef __TVECTOR_H__
#define __TVECTOR_H__

#include <iostream>
using namespace std;

const int MAX_VECTOR_SIZE = 100000000;

// Шаблон вектора
template <class ValType>
class TVector
{
protected:
    int StartIndex;
    ValType *pVector;
    int Size;
public:
    TVector<ValType>(int s = 10, int si = 0);
    TVector<ValType>(const TVector& v);
    virtual ~TVector<ValType>();
    int GetSize() { return Size; }
    int GetStartIndex() { return StartIndex; }
    ValType& operator[](int pos);
    bool operator==(const TVector<ValType> &v) const;
    bool operator!=(const TVector<ValType> &v) const;
    const TVector<ValType>& operator=(const TVector<ValType>
&v);

    // скалярные операции
    TVector<ValType> operator+(const ValType &val);
    TVector<ValType> operator-(const ValType &val);
    TVector<ValType> operator*(const ValType &val);

    // векторные операции
    TVector<ValType> operator+(const TVector<ValType> &v);
    TVector<ValType> operator-(const TVector<ValType>&v);
    ValType operator*(const TVector<ValType> &v);

    // ввод-вывод
    friend istream& operator>>(istream &in, TVector<ValType> &v)
    {
        for (int i = v.StartIndex; i < v.StartIndex+v.Size; i++)
            in >> v[i];
        return in;
    }
    friend ostream& operator<<(ostream &out, TVector<ValType> &v)
```

```

    {
        for (int i = 0; i < v.StartIndex + v.Size; i++) {
            out << v[i] << " ";
        }
        return out;
    }
};

template <class ValType>
TVector<ValType>::TVector<ValType>(int s, int si):Size(s),
StartIndex(si)
{
    if (s <= 0 || s>MAX_VECTOR_SIZE)
        throw "Incorrect size";
    if (si < 0)
        throw "You cannot start at negative index!";
    pVector = new ValType[s]();
}

template <class ValType>
TVector<ValType>::TVector<ValType>(const TVector<ValType> &v)
{
    Size = v.Size;
    StartIndex = v.StartIndex;
    pVector = new ValType[Size];
    std::copy(v.pVector, v.pVector + v.Size, pVector);
}

template <class ValType>
TVector<ValType>::~~TVector<ValType>()
{
    delete[] pVector;
}

template <class ValType>
ValType& TVector<ValType>::operator[](int pos)
{
    ValType x = ValType();
    if (pos < 0 || pos>=MAX_VECTOR_SIZE)
        throw "Wrong position";
    if (pos < StartIndex)
        return x;

    if (pos - StartIndex < Size)
        return pVector[pos - StartIndex];
    else
        throw "Acces Error";
}

template <class ValType>
bool TVector<ValType>::operator==(const TVector &v) const

```



```

{
    if ((StartIndex != v.StartIndex) || (Size != v.Size)) return
false;

    for (int i = 0; i < Size; ++i)
    {
        if (pVector[i] != v.pVector[i]) {
            return false;
        }
    }
    return true;
}

```

```

template <class ValType>
bool TVector<ValType>::operator!=(const TVector<ValType>&v)
const
{
    return !(*this == v);
}

```

```

template <class ValType>
const TVector<ValType>& TVector<ValType>::operator=(const
TVector<ValType>&v)
{
    if (*this == v)
        return *this;

    if (Size != v.Size)
    {
        delete[] pVector;
        pVector = new ValType[v.Size];
    }

    Size = v.Size;
    StartIndex = v.StartIndex;
    for (int i = 0; i < Size; i++)
    {
        pVector[i] = v.pVector[i];
    }
    return *this;
}

```

```

template <class ValType>
TVector<ValType> TVector<ValType>::operator+(const ValType &val)
{
    if (val == ValType())
    {

```

```

        return *this;
    }
    TVector<ValType> A(Size+StartIndex);
    for (int i = 0; i < A.Size; ++i)
    {
        A[i] = (*this)[i] + val;
    }
    return A;
}
template <class ValType>
TVector<ValType> TVector<ValType>::operator-(const ValType &val)
{
    if (val == ValType())
    {
        return *this;
    }
    TVector<ValType> A(Size + StartIndex);
    for (int i = 0; i < A.Size; ++i)
    {
        A[i] = (*this)[i] - val;
    }
    return A;
}

template <class ValType>
TVector<ValType> TVector<ValType>::operator*(const ValType &val)
{
    TVector<ValType> A(Size , StartIndex);
    for (int i = 0; i < A.Size; ++i)
    {
        A[i] = (*this)[i] * val;
    }
    return A;
}

template <class ValType>
TVector<ValType> TVector<ValType>::operator+(const
TVector<ValType> &v)
{
    if ((Size != v.Size) || (StartIndex != v.StartIndex))
        throw "Size and startIndex should be equal";

    TVector<ValType> B(Size, StartIndex), tmp(v);
    for (int i = StartIndex; i < Size+StartIndex; ++i)
    {
        B[i] = (*this)[i] + tmp[i];
    }
    return B;
}

```

```

template <class ValType>
TVector<ValType> TVector<ValType>::operator-(const
TVector<ValType>& v)
{
    if ((Size != v.Size) || (StartIndex != v.StartIndex))
        throw "Size and startIndex should be equal";

    TVector<ValType> B(Size, StartIndex), tmp(v);
    for (int i = StartIndex; i < Size + StartIndex; ++i)
    {
        B[i] = (*this)[i] - tmp[i];
    }
    return B;
}

template <class ValType>
ValType TVector<ValType>::operator*(const TVector<ValType> &v)
{
    if ((v.Size != Size) || (v.StartIndex != StartIndex))
        throw "dimentions of vectors should be equal for dot
product";

    ValType ans=ValType();
    TVector <ValType> tmp(v);
    for (int i = std::max(v.StartIndex, StartIndex); i <
std::min(v.Size, Size); ++i)
    {
        ans = ans + (*this)[i] * tmp[i];
    }
    return ans;
}

#endif

```

Приложение Б. Реализация класса TMatrix

```
#ifndef __TMATRIX_H__
#define __TMATRIX_H__
#include <iostream>
#include "tvector.h"

const int MAX_MATRIX_SIZE = 10000;

//Наследуем матрицу от конкретного экземпляра TVector<ValType1>,
//где ValType1 = TVector<ValType>, причём поля в родительском
//классе.
template <class ValType>
class TMatrix : public TVector<TVector<ValType>>
{
public:
    TMatrix<ValType>(int s = 10);
    TMatrix<ValType>(const TMatrix<ValType> &mt);
    TMatrix<ValType>(const TVector<TVector<ValType> > &mt);
    bool operator==(const TMatrix<ValType>&mt) const;
    bool operator!=(const TMatrix<ValType>&mt) const;
    const TMatrix<ValType>& operator=(const TMatrix<ValType> &mt);
    TMatrix<ValType> operator+(const TMatrix<ValType> &mt);
    TMatrix<ValType> operator-(const TMatrix<ValType> &mt);
    TMatrix<ValType> operator*(const TMatrix<ValType> &mt);

    //Эти операции изменяют вид матрицы, что не логично для задачи.
    //TMatrix& operator=(const ValType& v);
    //TMatrix operator+(const ValType& v);
    //TMatrix operator-(const ValType &v);

    // ввод / вывод
    friend istream& operator>>(istream &in, TMatrix<ValType>&mt)
    {
        for (int i = 0; i < mt.Size; i++)
            in >> mt.pVector[i];
        return in;
    }
    friend ostream & operator<<( ostream &out, const
TMatrix<ValType>&mt)
    {
        for (int i = 0; i < mt.Size; i++)
            out << mt.pVector[i] << endl;
        return out;
    }
};

template <class ValType>
TMatrix<ValType>::TMatrix<ValType>(int s):
TVector<TVector<ValType>>(s)
{
```

```

        if(s > MAX_MATRIX_SIZE)
            throw "Too Large Matrix";
        if (s <= 0)
            throw "Too Small Matrix";
        for (int i = 0; i < Size; ++i)
        {
            TVector<ValType> x(Size - i, i);
            pVector[i] = x;
        }
    }

template <class ValType>
TMatrix<ValType>::TMatrix<ValType>(const TMatrix<ValType>
&mt):TVector<TVector<ValType>>(mt)
{

}

template <class ValType>
TMatrix<ValType>::TMatrix<ValType>(const
TVector<TVector<ValType>> &mt):TVector<TVector<ValType>>(mt)
{
    if (Size > MAX_MATRIX_SIZE)
    {
        throw "Allocation Error";
    }
    if (Size < 0)
    {
        throw "Size should be positive";
    }
}

template <class ValType>
bool TMatrix<ValType>::operator==(const TMatrix<ValType> &mt)
const
{
    return TVector<TVector<ValType>>::operator==(mt) ;
}

template <class ValType>
bool TMatrix<ValType>::operator!=(const TMatrix<ValType> &mt)
const
{
    return !(*this == mt) ;
}

template <class ValType>
const TMatrix<ValType>& TMatrix<ValType>::operator=(const
TMatrix<ValType> &mt)
{

    return TVector<TVector<ValType>>::operator=(mt) ;
}

```

```

}

template <class ValType>
TMatrix<ValType> TMatrix<ValType>::operator+(const
TMatrix<ValType> &mt)
{
    return TVector<TVector<ValType>>::operator+(mt);
}

template <class ValType>
TMatrix<ValType> TMatrix<ValType>::operator-(const
TMatrix<ValType> &mt)
{
    return TVector<TVector<ValType>>::operator-(mt);
}

template <class ValType>
TMatrix<ValType> TMatrix<ValType>::operator*(const
TMatrix<ValType>& mt)
{
    if (Size != mt.Size)
        throw "Sizes should be equal!\n";

    TMatrix<ValType> tmp(mt), res(Size);
    for (int i = 0; i < Size; i++)
    {
        for (int j = i; j < Size; j++)
        {
            for (int k = i; k <= j; k++)
            {
                res[i][j] += (*this)[i][k] * tmp[k][j];
            }
        }
    }
    return res;
}

#endif

```