Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» (СибГУТИ)

Кафедра прикладной математики и кибернетики

Современные технологии программирования

Лабораторная работа №4

«Разработка и модульное тестирование класса Матрица на C#»

Выполнил: студент 4 курса группы ИП-111

Кузьменок Денис Витальевич

Проверил преподаватель: Зайцев Михаил Георгиевич

Новосибирск, 2024 г.

Цель:

Сформировать практические навыки разработки на C# и модульного тестирования классов средствами Visual Studio.

Задание:

Разработайте класс Матрица (Matrix) для операций матричной алгебры в соответствии с предложенной ниже спецификацией требований.

Разработайте тестовые наборы для тестирования методов класса на основе по критерию C2 (путей).

Выполните модульное тестирование класса средствами модульного тестирования Visual Studio.

Выполните анализ покрытия кода методов тестами.

Спецификация типа данных Матрица
ADT Matrix

Данные

Матрица (тип Matrix) - это двумерная матрица со значениями целого типа.
Объект типа Матрица – не изменяемый.

Операции

Конструктор (Matrix)	
Вход:	Получает двумерный массив целых m.Число строк i и столбцов j.
Предусловия:	Число строк и столбцов должно быть больше 0.
Процесс:	Инициирует объект типа Matrix полученным массивом. Заносит число строк и столбцов в соответствующие свойства I и J.
Сложить (operator+)	
Вход:	(b) – объект тип Matrix.
Предусловия:	Число строк и столбцов в суммируемых матрицах должны совпадать
Процесс:	Создаёт новый объект типа Matrix, элементы которого, получены путём сложения элементов объектов this и b с одинаковыми индексами.
Выход:	Объект типа Matrix.
Постусловия:	Нет.
Вычесть (operator-)	

Вход:	(b) – объект тип Matrix.
Предусловия:	Число строк и столбцов в матрицах, участвующих в вычитании, должны совпадать.
Процесс:	Создаёт новый объект типа Matrix, элементы которого, получены путём вычитания элементов объектов this и b с одинаковыми индексами.
Выход:	Объект типа Matrix.
Постусловия:	Нет.
Умножить (operator*)	
Вход:	(b) – объект типа Matrix.
Предусловия:	Матрицы, участвующие в умножении, должны быть согласованы для этой операции по числу строк и столбцов.
Процесс:	Создаёт новый объект типа Matrix, элементы которого, получены путём умножения элементов объектов this и b в соответствии с правилами перемножения матриц.
Выход:	Объект типа Matrix.
Постусловия:	Нет.

Равно (operator==)	
Вход:	(b) – объект типа Matrix.
Предусловия:	Число строк и столбцов в матрицах, участвующих в вычитании, должны совпадать.
Процесс:	Возвращает значение true, если элементы объектов this и b в на одинаковых позициях равны.
Выход:	Значение типа bool.
Постусловия:	Нет.
Транспонировать (Transp)	
Вход:	Нет.
Предусловия:	Матрица, подвергаемая транспонированию, должна иметь одинаковое число строк и столбцов.
Процесс:	Создаёт новый объект типа Matrix, элементы которого, получены путём транспонирования элементов объекта this.
Выход:	Объект типа Matrix.

Постусловия:	Нет.
Минимальный элемент(Min)	
Вход:	Нет.
Предусловия:	Нет.
Процесс:	Отыскивает и возвращает минимальный среди элементов объекта this.
Выход:	Значение типа int.
Постусловия:	Нет.
ПреобразоватьВстроку(ToString)	
Вход:	Нет.
Предусловия:	Нет.
Процесс:	Преобразует элементы матрицы this в строковое представление построчно. Напрмер: {{1,2,3},{4,5,6},{7,8,9}}
Выход:	Строка.
Постусловия:	Нет.

Взять элемент с индексами i,j (this [i,j])	
Вход:	Значения i, j типа int.
Предусловия:	Значения i, j должны находиться в допустимых диапазонах.
Процесс:	Возвращает элемент матрицы с индексами ***i,j***.
Выход:	Значение типа int.
Постусловия:	Нет.
Взять число строк I	
Вход:	Нет.
Предусловия:	Нет.
Процесс:	Возвращает число строк в матрице.
Выход:	Целое – число строк.
Постусловия:	Нет.
Взять число столбцов J	
Вход:	Нет.
Предусловия:	Нет.
Процесс:	Возвращает число столбцов в матрице.
Выход:	Целое – число столбцов.
Постусловия:	Нет.

Реализация

В ходе выполнения лабораторной работы мною были созданы два файла: Program.cs, содержащий в себе точку входа в программу -–функцию main и создание объектов класса Matrix; и Matrix.cs, в котором реализуется новый тип данных Matrix.

Содержащиеся методы:

`public Matrix(int i, int j);` - Конструктор класса Matrix. Принимает два параметра: количество строк и столбцов. Генерирует исключения MyException, если значения i или j не натуральные. Конструктор инициализирует поля I и J, которые хранят размерность матрицы.

`public int this[int i, int j];` - Индексатор, который позволяет обращаться к элементам объектов класса Matrix с помощью квадратных скобок, как к обычным двумерным массивам. Есть два метода: get и set. Оба будут генерировать исключение MyException если значения i или j выходят за допустимые границы. Get позволяет получить элемент m[i, j], a set – записывает переданное значение в элемент m[i, j].

`public static Matrix operator+(Matrix a, Matrix b);` - Метод принимает два объекта класса типа Matrix. Перегружает оператор “+”, что позволяет работать с типом данных Matrix – его же и будет возвращать метод. Предусмотрена генерация исключения MyException в случае, если размеры матриц a и b не совпадают.

`public static Matrix operator-(Matrix a, Matrix b);` Метод принимает два объекта класса типа Matrix. Перегружает оператор “-”, что позволяет работать с типом данных Matrix – его же и будет возвращать метод. Предусмотрена генерация исключения MyException в случае, если размеры матриц a и b не совпадают.

`public static Matrix operator*(Matrix a, Matrix b);` - Метод принимает два объекта класса типа Matrix. Перегружает оператор “*”, что позволяет работать с типом данных Matrix – его же и будет возвращать метод. Предусмотрена генерация исключения MyException в случае, если количество столбцов в матрице a не соответствует количеству строк в матрице b – главное условие при умножении матриц.

`public void Transp();` - Данный метод будет транспонировать матрицу, которая указывается при вызове.

`public int Min();` - Метод ищет в текущей матрице минимальное значение. Возвращает самое маленькое значение элемента, найденного в матрице.

`public override string ToString();` - Метод перегружает метод ToString() для работы с объектами типа Matrix. Возвращает строковое представление матрицы.

`public int TakeElement(int row, int col);` - Метод возвращает элемент в матрице, находящийся по индексу, переданному в метод.

`public int CountRows();` - Метод считает и возвращает количество строк в текущей матрице.

`public int CountCols();` - Метод считает и возвращает количество столбцов в текущей матрице.

`public static bool operator==(Matrix a, Matrix b);` – Метод принимает два объекта класса типа Matrix. Перегружает оператор “==”, что позволяет работать с типом данных Matrix. Возвращает тип bool: true – если матрицы равны между собой; false – если есть несоответствие по количеству строк, столбцов или значению элементов.

`public static bool operator!=(Matrix a, Matrix b);` – Метод принимает два объекта класса типа Matrix. Перегружает оператор “!=”, что позволяет работать с типом данных Matrix. Возвращает тип bool: true – если есть несоответствие по количеству строк, столбцов или значению элементов; false – если матрицы равны между собой.

`public void Show();` - Метод выводит на экран текущую матрицу.

`public override bool Equals(object obj);` - Переопределяется метод Equals, который в данном случае позволяет вернуть значение true, если матрицы равны по количеству строк, столбам и содержащимся элементам (обычный метод Equals возвращал true только в том случае, если два объекта ссылаются на один и тот же экземпляр в памяти).

```
Матрица A:

        | 16 |   | 18 |   | 17 |
        | 13 |   | 15 |   | 10 |
        | 19 |   | 16 |   | 19 |

Матрица B:

        | 19 |   | 14 |   | 15 |
        | 15 |   | 15 |   | 16 |
        | 19 |   | 16 |   | 11 |

Матрица Square:

        | 16 |   | 13 |   | 19 |   | 14 |   | 16 |
        | 12 |   | 10 |   | 14 |   | 14 |   | 10 |
        | 18 |   | 10 |   | 18 |   | 15 |   | 19 |
        | 17 |   | 15 |   | 16 |   | 12 |   | 17 |
        | 10 |   | 19 |   | 13 |   | 14 |   | 10 |

Матрица D:

        | 19 |   | 18 |   | 10 |   | 19 |   | 10 |   | 19 |   | 15 |   | 17 |   | 15 |   | 18 |
        | 15 |   | 19 |   | 11 |   | 12 |   | 15 |   | 13 |   | 10 |   | 16 |   | 19 |   | 18 |
        | 19 |   | 11 |   | 19 |   | 16 |   | 17 |   | 10 |   | 19 |   | 16 |   | 18 |   | 11 |
        | 17 |   | 19 |   | 14 |   | 14 |   | 16 |   | 14 |   | 19 |   | 15 |   | 13 |   | 10 |
        | 12 |   | 12 |   | 12 |   | 17 |   | 13 |   | 18 |   | 13 |   | 14 |   | 17 |   | 13 |
        | 19 |   | 13 |   | 14 |   | 16 |   | 11 |   | 17 |   | 18 |   | 14 |   | 11 |   | 19 |
        | 10 |   | 19 |   | 18 |   | 14 |   | 10 |   | 15 |   | 15 |   | 17 |   | 15 |   | 10 |
```

Рис. 1 – Результат запуска программы

```
Матрица C (сложение матриц A и B):

        | 35 |   | 32 |   | 32 |
        | 28 |   | 30 |   | 26 |
        | 38 |   | 32 |   | 30 |

Матрица C (вычитание матриц A и B):

        | -3 |   | 4 |   | 2 |
        | -2 |   | 0 |   | -6 |
        | 0 |   | 0 |   | 8 |

Матрица C (умножение матриц A и B):

        | 897 |   | 766 |   | 715 |
        | 662 |   | 567 |   | 545 |
        | 962 |   | 810 |   | 750 |

Матрица Square транспонированная:

        | 16 |   | 12 |   | 18 |   | 17 |   | 10 |
        | 13 |   | 10 |   | 10 |   | 15 |   | 19 |
        | 19 |   | 14 |   | 18 |   | 16 |   | 13 |
        | 14 |   | 14 |   | 15 |   | 12 |   | 14 |
        | 16 |   | 10 |   | 19 |   | 17 |   | 10 |

Минимальный элемент в матрице d = 10
```

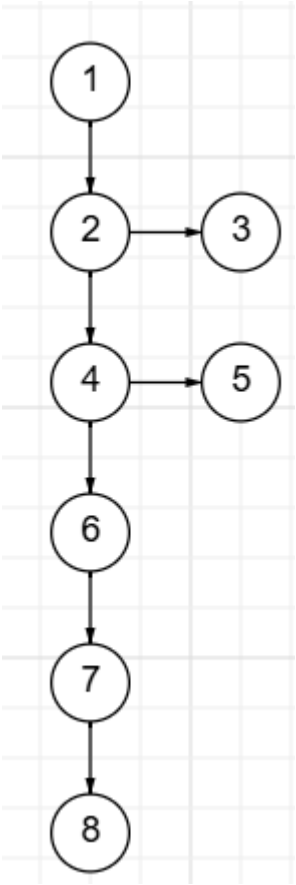
Рис. 2 – Результат запуска программы

```
Строковое представление матрицы d:
{{19, 18, 10, 19, 10, 19, 15, 17, 15, 18}, {15, 19, 11, 12, 15, 13, 10, 16, 19, 18}, {19, 11, 19, 16, 17, 10, 19, 16, 18
, 11}, {17, 19, 14, 14, 16, 14, 19, 15, 13, 10}, {12, 12, 12, 17, 13, 18, 13, 14, 17, 13}, {19, 13, 14, 16, 11, 17, 18,
14, 11, 19}, {10, 19, 18, 14, 10, 15, 15, 17, 15, 10}}

Элемент с индексами [3, 5] = 14

Количество строк в матрице d = 7

Количество столбцов в матрице d = 10
```

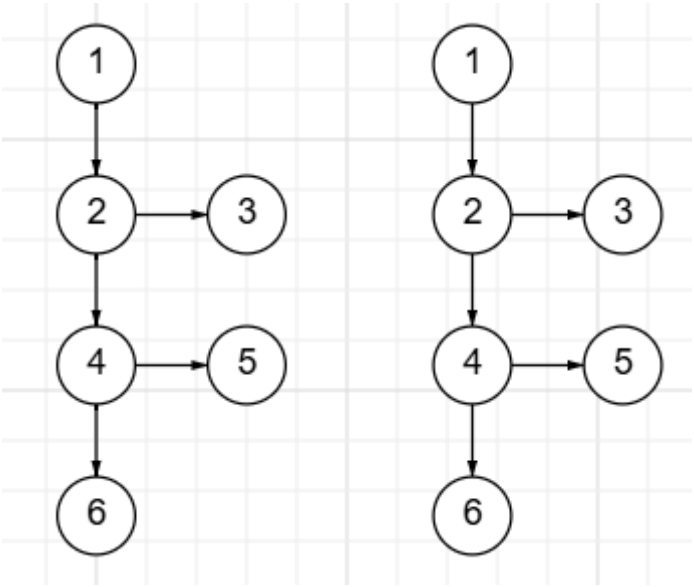
Рис. 3 – Результат запуска программы

В результате написания методов были созданы управляющие графы для каждого из них:

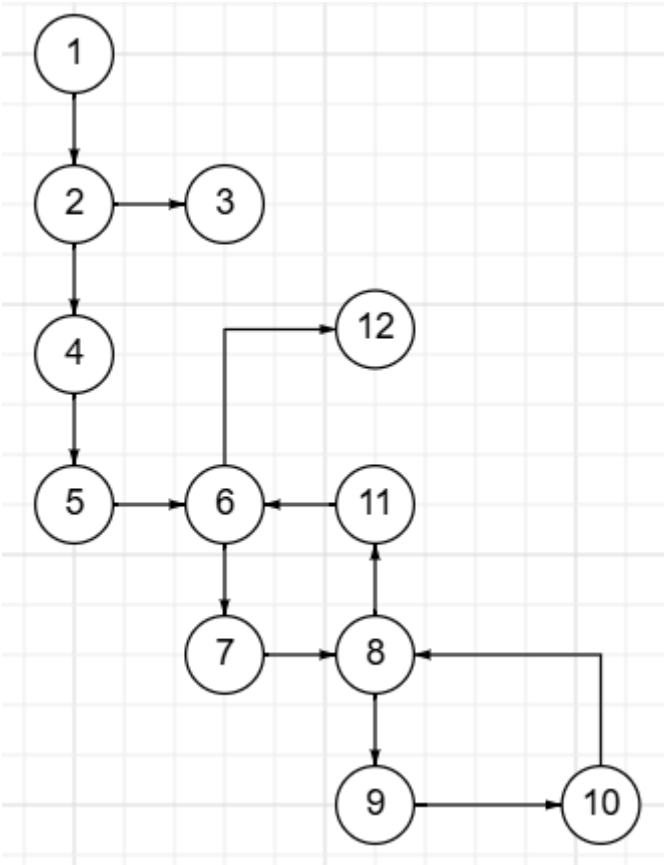
Для `public Matrix(int i, int j)`:



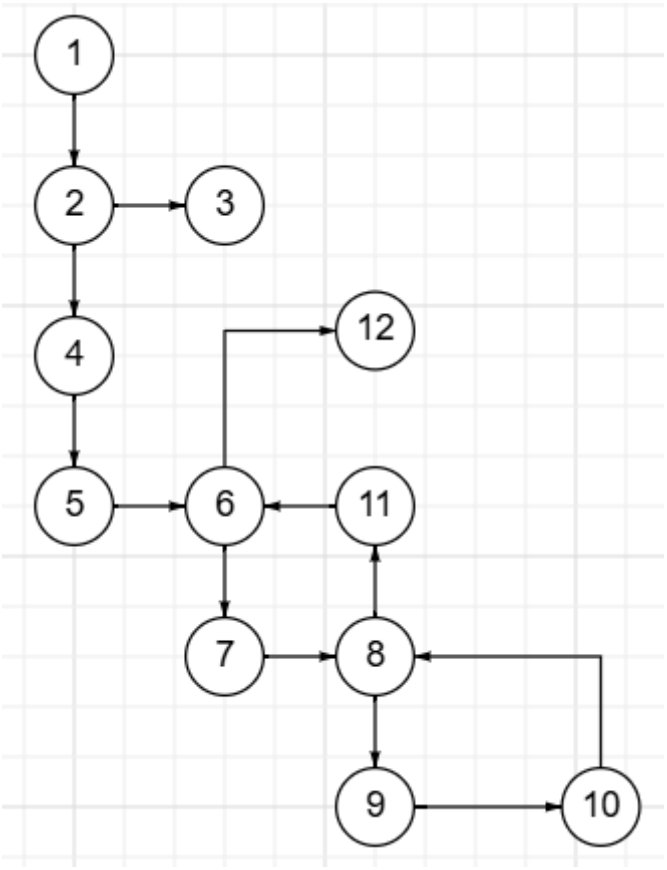
Для `public int this[int i, int j]` (get и set):



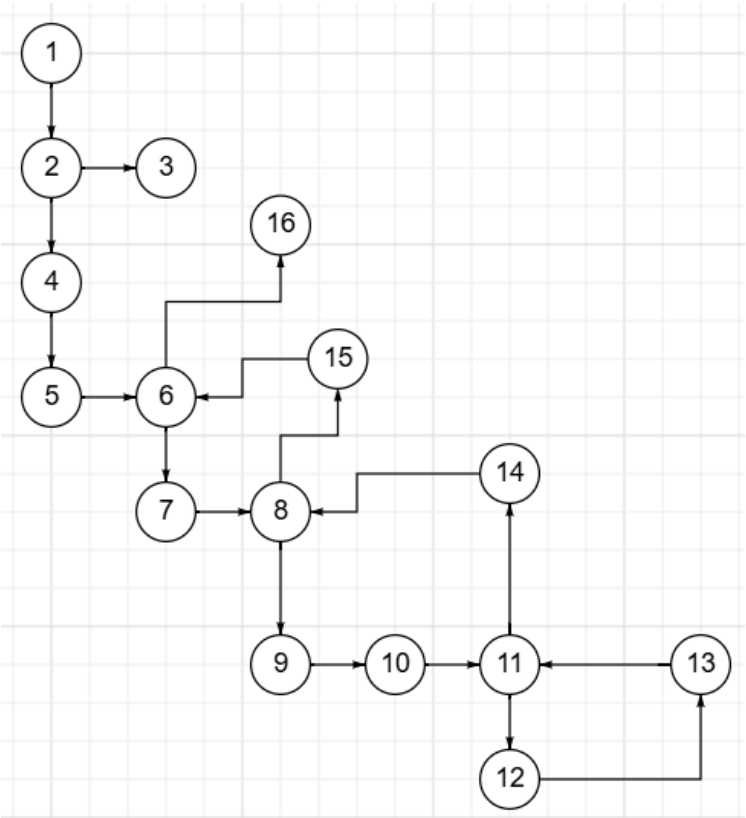
Для `public static Matrix operator+(Matrix a, Matrix b)`:



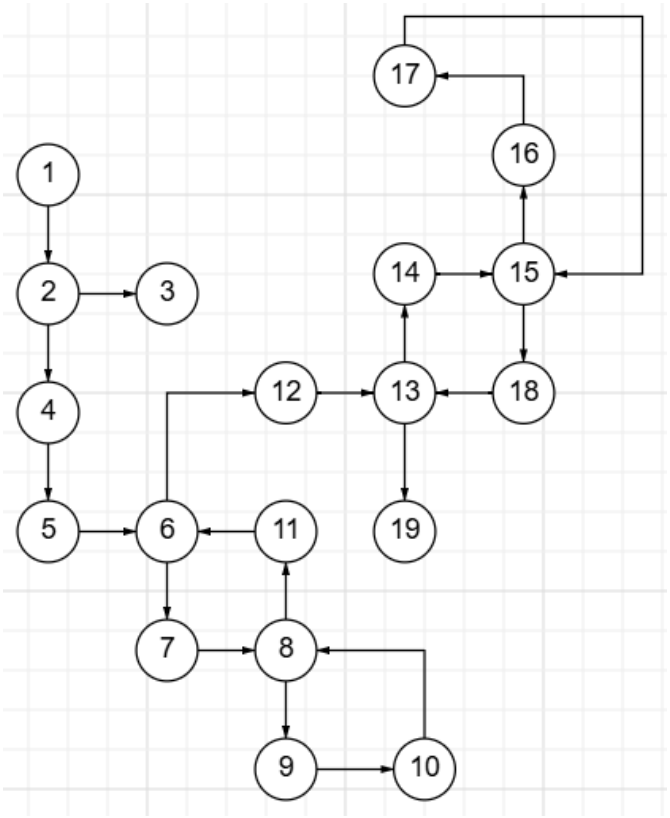
Для `public static Matrix operator-(Matrix a, Matrix b)`:



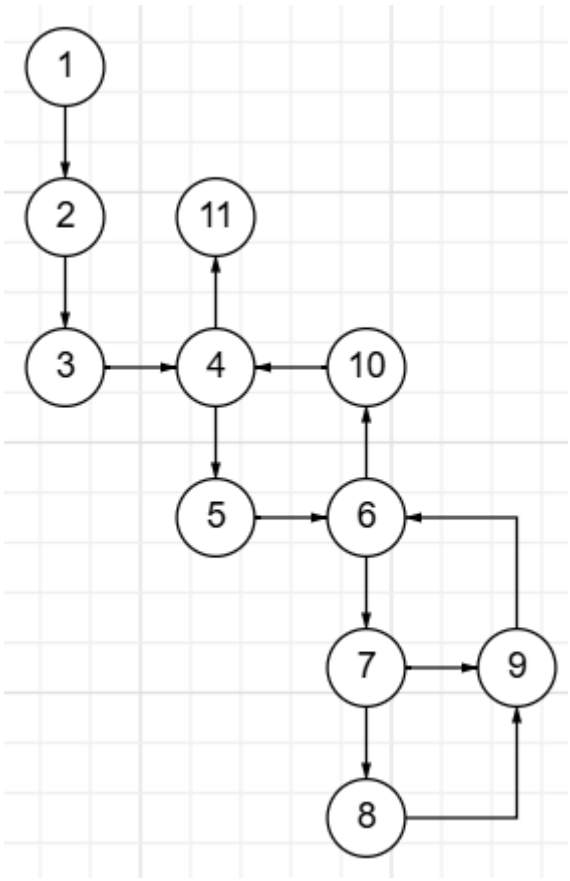
Для `public static Matrix operator*(Matrix a, Matrix b)`:



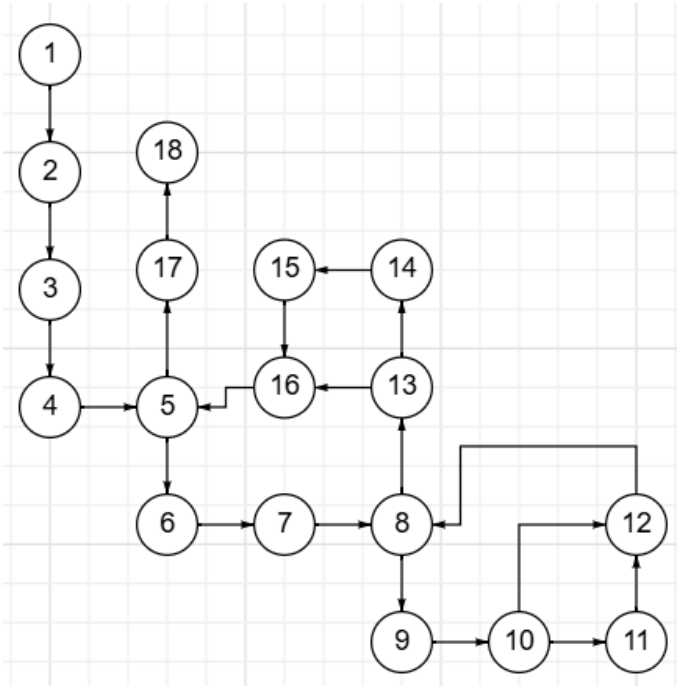
Для `public void Transp():`



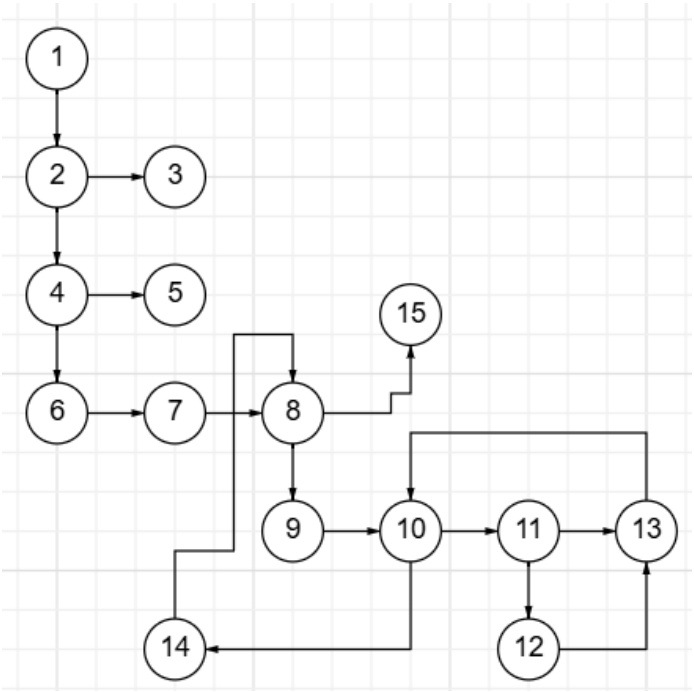
Для `public int Min():`



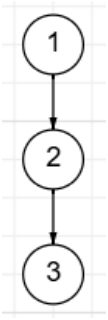
Для `public override string ToString()`:



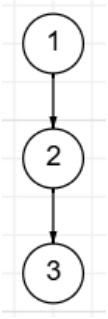
Для `public int TakeElement(int row, int col)`:



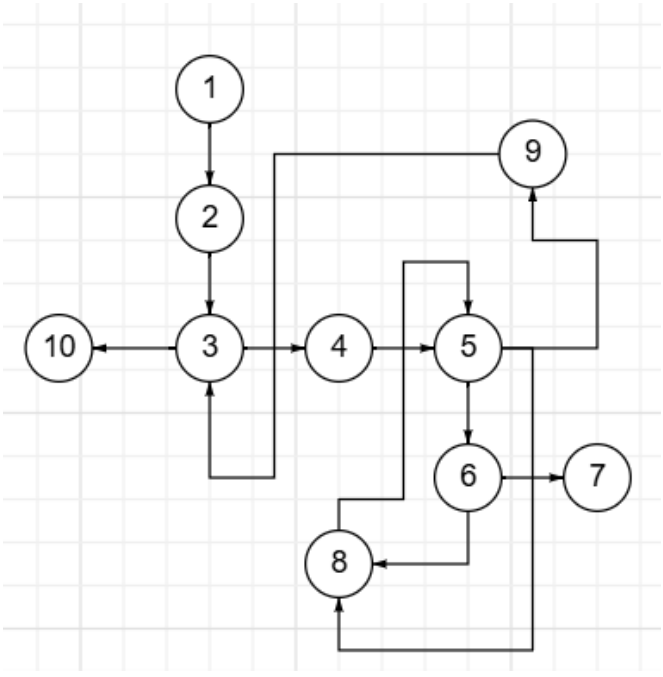
Для `public int CountRows()`:



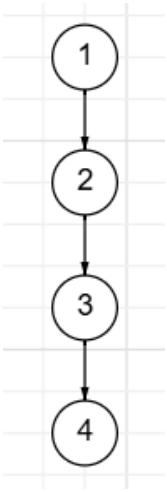
Для `public int CountCols()`:



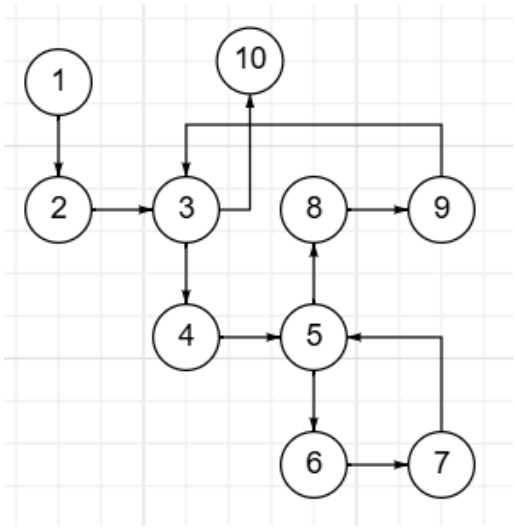
Для `public static bool operator==(Matrix a, Matrix b)`:



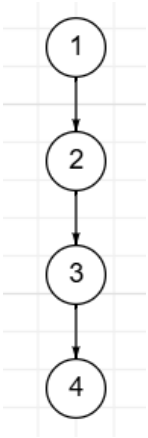
Для `public static bool operator!=(Matrix a, Matrix b)`:



Для `public void Show()`:



Для `public override bool Equals(object obj)`:



1. **Matrix**
    a) **Корректные данные:**
        - Входные данные: i = 5, j = 2
        - Ожидаемый результат: создание объекта Matrix с размерами m[5, 2]
    b) **Выход за допустимый диапазон:**
        - Входные данные: i = 0, j = 3
        - Ожидаемый результат: генерация исключения MyException
2. **get{ }**
    a) **Корректные данные:**
        - Входные данные: i = 2, j = 2
        - Ожидаемый результат: возврат матрицы m[2, 2]
    b) **Выход за допустимый диапазон:**
        - Входные данные: i = 2, j = -1
        - Ожидаемый результат: генерация исключения MyException
3. **set{ }**
    a) **Корректные данные:**
        - Входные данные: int a = 5, i = 3, j = 2
        - Ожидаемый результат: установление в матрице m[3, 2] значения a
    c) **Выход за допустимый диапазон:**
        - Входные данные: i = 2, j = -1
        - Ожидаемый результат: генерация исключения MyException
4. **Matrix operator+**
    a) **Корректные данные:**
        - Входные данные: a = [[1, 2], [3, 4]], b = [[5, 6], [7, 8]]
        - Ожидаемый результат: создание результирующей матрицы c = [[6, 8], [10, 12]]
    b) **Матрицы разных размеров:**
        - Входные данные: a = [[1, 2]], b = [[5, 6], [7, 8]]
        - Ожидаемый результат: генерация исключения MyException
5. **Matrix operator-**
    a) **Корректные данные:**
        - Входные данные: a = [[1, 2], [3, 4]], b = [[5, 6], [7, 8]]
        - Ожидаемый результат: создание результирующей матрицы c = [[-4, -4], [-4, -4]]
    b) **Матрицы разных размеров:**
        - Входные данные: a = [[1, 2]], b = [[5, 6], [7, 8]]
        - Ожидаемый результат: генерация исключения MyException
6. **Matrix operator***
    a) **Корректные данные:**
        - Входные данные: a = [[1, 2], [3, 4], [5, 6]], b = [[7, 8, 9], [10, 11, 12]]
        - Ожидаемый результат: создание результирующей матрицы c = [[27, 30, 33], [61, 68, 75], [95, 106, 117]]

b) **Количество столбцов в первой матрице не равно количеству строк во второй матрице:**
   - Входные данные: a = [[1], [2], [3]], b = [[7, 8, 9], [10, 11, 12]]
   - Ожидаемый результат: генерация исключения MyException

7. **Transp()**
   a) **Корректные данные:**
      - Входные данные: a = [[1, 2], [3, 4]]
      - Ожидаемый результат: транспонирование матрицы a(transp) = [[1, 3], [2, 4]]
   b) **Матрица не квадратная:**
      - Входные данные: a = [[1, 2], [3, 4], [5, 6]]
      - Ожидаемый результат: генерация исключения MyException
8. **Min()**
   a) **Корректные данные:**
      - Входные данные: a = [[3, 2], [1, 4]]
      - Ожидаемый результат: нахождение и возвращение минимального значения min = 1
9. **ToString()**
   a) **Корректные данные:**
      - Входные данные: a = [[1, 2], [3, 4]]
      - Ожидаемый результат: строка, содержащая в себе изначальную матрицу, записанную в необходимом виде: “{{1, 2}, {3, 4}}”
10. **TakeElement()**
   a) **Корректные данные:**
      - Входные данные: a = [[1, 2], [3, 4]], i = 1, j = 0
      - Ожидаемый результат: поиск и возврат элемента в матрице по данному индексу: result = 3
   b) **Выход за допустимый диапазон:**
      - Входные данные: a = [[1, 2], [3, 4]], i = -1, j = 1
      - Ожидаемый результат: генерация исключения MyException
11. **CountRows()**
   a) **Корректные данные:**
      - Входные данные: a = [[1, 2], [3, 4]]
      - Ожидаемый результат: подсчет и возврат количества строк в матрице: count = 2
12. **CountCols()**
   a) **Корректные данные:**
      - Входные данные: a = [[1, 2], [3, 4]]
      - Ожидаемый результат: подсчет и возврат количества столбцов в матрице: count = 2

13.Matrix operator==

a) Корректные данные:

- Входные данные: a = [[1, 2], [3, 4]], b = [[1, 2], [3, 4]]
- Ожидаемый результат: true, т.к. матрицы равны по количеству строк, столбцов и значениями элементов

b) Разные матрицы:

- Входные данные: a = [[1, 2], [3, 4]], b = [[1, 2]]
- Ожидаемый результат: false, т.к. матрицы различные

14.Matrix operator!=

a) Корректные данные:

- Входные данные: a = [[1, 2]], b = [[1, 2], [3, 4]]
- Ожидаемый результат: true, т.к. матрицы различные

b) Одинаковые матрицы:

- Входные данные: a = [[1, 2], [3, 4]], b = [[1, 2], [3, 4]]
- Ожидаемый результат: false, т.к. матрицы равны по количеству строк, столбцов и значениями элементов

15.Show()

a) Корректные данные:

- Входные данные: a = [[1, 2], [3, 4]]
- Ожидаемый результат: вывод матрицы на экран

16.Equals()

a) Корректные данные:

- Входные данные: a = [[1, 2], [3, 4]], b = [[1, 2], [3, 4]]
- Ожидаемый результат: true, т.к. матрицы равны по количеству строк, столбцов и значениями элементов

b) Разные матрицы:

- Входные данные: a = [[1, 2]], b = [[1, 2], [3, 4]]
- Ожидаемый результат: false, т.к. матрицы различные

Тестирование по структуре критериев C2 для каждого из методов предполагает:

1) Конструктор `Matrix:`
   - Можно выделить следующие пути: (1, 2, 3), (1, 2, 4, 5), (1, 2, 4, 6, 7, 8). Необходимо будет реализовать три тестовых метода (X, W, Y) = {(i = 0, j = 2, MyException), (i = 2, j = -2, MyException), (i = 2, j = 2, “m[i, j]”)}, чтобы все вышеуказанные покрыть пути.
2) Метод `get{ }:`
   - Можно выделить следующие пути: (1, 2, 3), (1, 2, 4, 5), (1, 2, 4, 6). Необходимо будет реализовать три тестовых метода (X, Y, Z) = {(i = -1, j = 1, MyException), (i = 0, j = -2, MyException), (i = 0, j = 0, “m[0, 0]”)}, чтобы покрыть все указанные пути.
3) Метод `set{ }:`
   - Можно выделить следующие пути: (1, 2, 3), (1, 2, 4, 5), (1, 2, 4, 6). Необходимо будет реализовать три тестовых метода (X, Y, Z) = {(i = -1, j = 1, value = 5, MyException), (i = 0, j = -2, value = 5, MyException), (i = 0, j = 0, value = 5, “m[0, 0] = 5”)}, чтобы покрыть все указанные пути.
4) Метод `Matrix operator+:`
   - Можно выделить следующие пути: (1, 2, 3), (1, 2, 4, 5, 6, 12), (1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 6), (1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 8),. Необходимо будет реализовать два тестовых метода (X, Y) = {(Matrix a = [[1, 2], [3, 4]], Matrix b = [[5, 6], [7, 8]], “Matrix c = [[6, 8], [10, 12]]”), (Matrix a = [[1, 2], [3, 4]], Matrix b = [[5, 6]], MyException)}, чтобы покрыть все указанные пути.
5) Метод `Matrix operator−:`
   - Можно выделить следующие пути: (1, 2, 3), (1, 2, 4, 5, 6, 12), (1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 6), (1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 8),. Необходимо будет реализовать два тестовых метода (X, Y) = {(Matrix a = [[1, 2], [3, 4]], Matrix b = [[5, 6], [7, 8]], “Matrix c = [[-4, -4], [-4, -4]]”), (Matrix a = [[1, 2], [3, 4]], Matrix b = [[5, 6]], MyException)}, чтобы покрыть все указанные пути.
6) Метод `Matrix operator*:`
   - Можно выделить следующие пути: (1, 2, 3), (1, 2, 4, 5, 6, 16), (1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 15, 6), (1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 11), (1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 8). Необходимо будет реализовать два тестовых метода (X, Y) = {(Matrix a = [[1, 2], [3, 4], [5, 6]], Matrix b = [[7, 8], [9, 10]], “Matrix c = [[25, 28], [57, 64], [89, 100]]”), (Matrix a = [[1, 2], [3, 4]], Matrix b = [[5]], MyException)}, чтобы покрыть все указанные пути.

7) Метод `Transp:`
   - Можно выделить следующие пути: (1, 2, 3), (1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 6), (1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 8), (1, 2, 4, 5, 6, 12, 13, 19), (1, 2, 4, 5, 6, 12, 13, 14, 15, 18, 13), (1, 2, 4, 5, 6, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 15). Необходимо будет реализовать два тестовых метода (X, Y) = {(Matrix a = [[1, 2], [3, 4]], “Matrix a = [[1, 3], [2, 4]”), (Matrix a = [[1, 2], [3, 4], [5, 6]], MyException)}, чтобы покрыть все указанные пути.
8) Метод `Min:`
   - Можно выделить следующие пути: (1, 2, 3, 4, 11), (1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 4), (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 6), (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 6). Необходимо будет реализовать один тестовый метод (X) = {(Matrix a = [[3, 5], [2, 1], [6, 4]], “1”}, чтобы покрыть все указанные пути.
9) Метод `ToString:`
   - Можно выделить следующие пути: (1, 2, 3, 4, 5, 17, 18), (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 13, 14, 15, 16, 5), (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 13, 16, 5), (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 8), (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 8). Необходимо будет реализовать один тестовый метод (X) = {(Matrix a = [[3, 5], [2, 1], [6, 4]], “{{3, 5}, {2, 1}, {6, 4}}”}, чтобы покрыть все указанные пути.
10) Метод `TakeElement:`
   - Можно выделить следующие пути: (1, 2, 3), (1, 2, 4, 5), (1, 2, 4, 6, 7, 8, 15), (1, 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 14, 8), (1, 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 10), (1, 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 10). Необходимо будет реализовать три тестовых метода (X, Y, Z) = {(Matrix a = [[3, 5], [2, 1], [6, 4]], row = 2, col = 1, “4”), (Matrix a = [[3, 5], [2, 1], [6, 4]], row = 3, col = 1, MyException), (Matrix a = [[3, 5], [2, 1], [6, 4]], row = 2, col = -1, MyException)}, чтобы покрыть все указанные пути.
11) Метод `CountRows:`
   - Можно выделить следующие пути: (1, 2, 3). Необходимо будет реализовать один тестовый метод (X) = {(Matrix a = [[3, 5], [2, 1], [6, 4]], “3”)}, чтобы покрыть все указанные пути.
12) Метод `CountCols:`
   - Можно выделить следующие пути: (1, 2, 3). Необходимо будет реализовать один тестовый метод (X) = {(Matrix a = [[3, 5], [2, 1], [6, 4]], “3”)}, чтобы покрыть все указанные пути.

13) Метод `bool operator==:`
    - Можно выделить следующие пути: (1, 2, 3, 10), (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7), (1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 5), (1, 2, 3, 4, 5, 8, 5), (1, 2, 3, 4, 5, 9, 3). Необходимо будет реализовать два тестовых метода (X, Y) = {(Matrix a = [[3, 5], [2, 1], [6, 4]], Matrix b = [[3, 5], [2, 1], [6, 4]], “true”), (Matrix a = [[2, 1], [6, 4]], Matrix b = [[3, 5], [2, 1], [6, 4]], “false”)}, чтобы покрыть все указанные пути.
14) Метод `bool operator!=:`
    - Можно выделить следующие пути: (1, 2, 3, 4). Необходимо будет реализовать два тестовых метода (X, Y) = {(Matrix a = [[3, 5], [2, 1], [6, 4]], Matrix b = [[3, 5], [2, 1], [6, 4]], “false”), (Matrix a = [[2, 1], [6, 4]], Matrix b = [[3, 5], [2, 1], [6, 4]], “true”)}, чтобы покрыть все указанные пути.
15) Метод `Show:`
    - Можно выделить следующие пути: (1, 2, 3, 10), (1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 3), (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7). Необходимо будет реализовать один тестовый метод (X) = {(Matrix a = [[3, 5], [2, 1], [6, 4]], “| 3 | | 5 |\n| 2 | | 1 |\n| 6 | | 4 |\n”)}, чтобы покрыть все указанные пути.
16) Метод `Equals:`
    - Можно выделить следующие пути: (1, 2, 3, 4). Необходимо будет реализовать два тестовых метода (X, Y) = {(Matrix a = [[3, 5], [2, 1], [6, 4]], Matrix b = [[3, 5], [2, 1], [6, 4]], “true”), (Matrix a = [[2, 1], [6, 4]], Matrix b = [[3, 5], [2, 1], [6, 4]], “false”)}, чтобы покрыть все указанные пути.

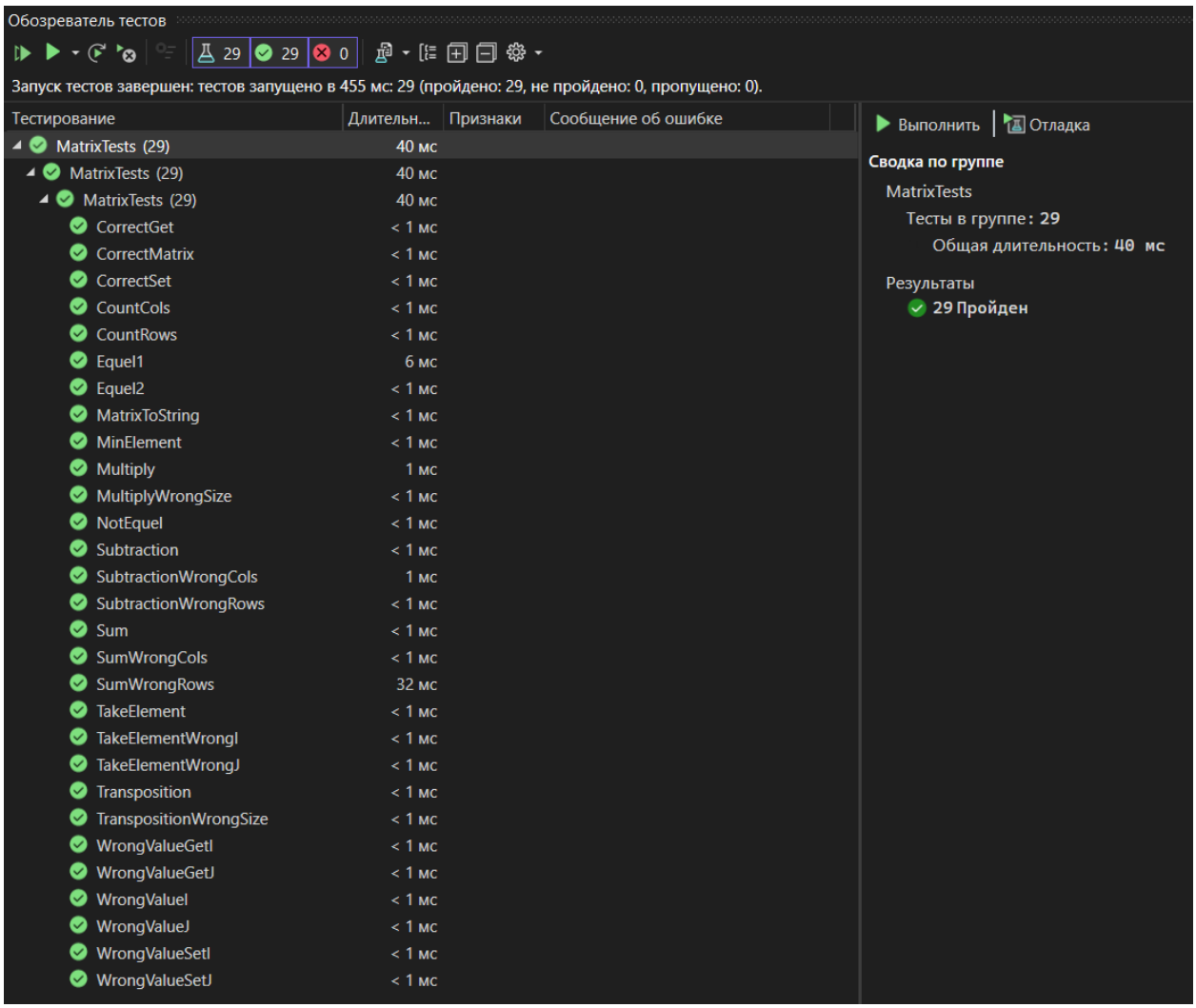


Рис. 4 – Результат выполнения модульных тестов.

Вывод:

Разработанный класс Matrix предоставляет набор функционала для выполнения базовых операций матричной алгебры. Использование стратегии тестирования по критерию C2 и проведение модульного тестирования с помощью Visual Studio позволили обеспечить высокое качество кода и уверенность в его корректной работе.

Листинг программы:

Program.cs

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;

namespace lab4
{
    class Program
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            Random rnd = new Random();
            try
            {
                Matrix a = new Matrix(3, 3);
                Matrix b = new Matrix(3, 3);
                Matrix square = new Matrix(5, 5);
                Matrix d = new Matrix(7, 10);
                Matrix c;

                for (int i = 0; i < a.I; i++)
                {
                    for (int j = 0; j < a.J; j++)
                    {
                        a[i, j] = rnd.Next(10, 20);
                    }
                }

                Console.WriteLine("Матрица A: \n");
                a.Show();

                for (int i = 0; i < b.I; i++)
                {
                    for (int j = 0; j < b.J; j++)
                    {
                        b[i, j] = rnd.Next(10, 20);
                    }
                }

                Console.WriteLine("\nМатрица B: \n");
                b.Show();

                for (int i = 0; i < square.I; i++)
                {
                    for (int j = 0; j < square.J; j++)
                    {
                        square[i, j] = rnd.Next(10, 20);
                    }
                }

                Console.WriteLine("\nМатрица Square: \n");
                square.Show();

                for (int i = 0; i < d.I; i++)
```

```
                {
                    for (int j = 0; j < d.J; j++)
                    {
                        d[i, j] = rnd.Next(10, 20);
                    }
                }

                Console.WriteLine("\nМатрица D: \n");
                d.Show();

                c = a + b;
                Console.WriteLine("\nМатрица C (сложение матриц A и B): \n");
                c.Show();

                c = a - b;
                Console.WriteLine("\nМатрица C (вычитание матриц A и B):
\n");
                c.Show();

                c = a * b;
                Console.WriteLine("\nМатрица C (умножение матриц A и B):
\n");
                c.Show();

                Console.WriteLine();
                Console.WriteLine("Матрица Square транспонированная: \n");
                square.Transp();
                square.Show();

                int min = d.Min();
                Console.WriteLine($"\nМинимальный элемент в матрице d =
{min}\n");

                string str = d.ToString();
                Console.WriteLine($"Строковое представление матрицы
d:\n{str}\n");

                int[] indexes = { 3, 5 };
                int element = d.TakeElement(indexes[0], indexes[1]);
                Console.WriteLine($"Элемент с индексами [{indexes[0]},
{indexes[1]}] = {element}\n");

                int rows = d.CountRows();
                Console.WriteLine($"Количество строк в матрице d =
{rows}\n");

                int cols = d.CountCols();
                Console.WriteLine($"Количество столбцов в матрице d =
{cols}\n");
            }
            catch (MyException ex)
            {
                Console.WriteLine(ex.Message);
            }
        }
    }
}
```

Matrix.cs

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;

namespace lab4
{
    public class MyException : Exception
    {
        public MyException(string s) : base(s) { }
    }
    public class Matrix
    {
        int[,] m;
        public int I {  get; }
        public int J {  get; }

        public Matrix(int i, int j)
        {
            if (i <= 0) throw new MyException($"Недопустимое значение строки
= {i}");
            if(j <= 0) throw new MyException($"Недопустимое значение столбца
= {j}");

            I = i;
            J = j;

            m = new int[i, j];
        }

        public int this[int i, int j]
        {
            get
            {
                if (i < 0 | i > I - 1) throw new MyException($"Неверное
значение i = {i}");
                if (j < 0 | j > J - 1) throw new MyException($"неверное
значение j = {j}");

                return m[i, j];
            }

            set
            {
                if (i < 0 | i > I - 1) throw new MyException($"Неверное
значение i = {i}");
                if (j < 0 | j > J - 1) throw new MyException($"неверное
значение j = {j}");

                m[i, j] = value;
            }
        }

        public static Matrix operator+(Matrix a, Matrix b)
        {
```

```
            if (a.m.GetLength(0) != b.m.GetLength(0) || a.m.GetLength(1) !=
b.m.GetLength(1))
                throw new MyException("Матрицы должны быть одинакового
размера!");

            Matrix c = new Matrix(a.I, a.J);

            for(int i = 0; i < a.I; i++)
            {
                for(int j = 0; j < a.J; j++)
                {
                    c[i, j] = a.m[i, j] + b.m[i, j];
                }
            }

            return c;
        }

        public static Matrix operator-(Matrix a, Matrix b)
        {
            if (a.m.GetLength(0) != b.m.GetLength(0) || a.m.GetLength(1) !=
b.m.GetLength(1))
                throw new MyException("Матрицы должны быть одинакового
размера!");

            Matrix c = new Matrix(a.I, a.J);

            for(int i = 0; i < a.I; i++)
            {
                for(int j = 0; j < a.J; j++)
                {
                    c[i, j] = a.m[i, j] - b.m[i, j];
                }
            }

            return c;
        }

        public static Matrix operator*(Matrix a, Matrix b)
        {
            if (a.m.GetLength(1) != b.m.GetLength(0))
                throw new MyException("Количество столбцов первой матрицы
должно быть равно количеству строк второй матрицы.");

            Matrix c = new Matrix(a.I, b.J);

            for(int i = 0; i < a.I; i++)
            {
                for(int j = 0; j < b.J; j++)
                {
                    c[i, j] = 0;
                    for(int k = 0; k < a.J; k++)
                    {
                        c[i, j] += a.m[i, k] * b.m[k, j];
                    }
                }
            }

            return c;
```

```
        }

        public void Transp()
        {
            if (I != J)
                throw new MyException("Для транспонирования матрица должна
быть квадратной!");

            int[,] temp = new int[J, I];

            for (int i = 0; i < I; i++)
            {
                for (int j = 0; j < J; j++)
                {
                    temp[j, i] = this[i, j];
                }
            }

            for (int i = 0; i < I; i++)
            {
                for(int j = 0; j < J; j++)
                {
                    this[i, j] = temp[i, j];
                }
            }
        }

        public int Min()
        {
            int min = this[0, 0];

            for(int i = 0; i < I; i++)
            {
                for(int j = 0; j < J; j++)
                {
                    if (this[i, j] < min)
                    {
                        min = this[i, j];
                    }
                }
            }
            return min;
        }

        public override string ToString()
        {
            StringBuilder stringBuilder = new StringBuilder();

            stringBuilder.Append("{");
            for (int i = 0; i < I; i++)
            {
                stringBuilder.Append("{");
                for (int j = 0; j < J; j++)
                {
                    stringBuilder.Append(this[i, j]);
                    if (j < J - 1)
                        stringBuilder.Append(", ");
                }
                stringBuilder.Append("}");
```

```
                if(i < I - 1)
                    stringBuilder.Append(", ");
            }
            stringBuilder.Append("}");

            return stringBuilder.ToString();
        }

        public int TakeElement(int row, int col)
        {
            if (row < 0 | row > I - 1)
                throw new MyException("i должна находиться в диапазонах
размерности матрицы!");
            if (col < 0 | col > J - 1)
                throw new MyException("j должна находиться в диапазонах
размерности матрицы!");

            int result = 0;

            for (int i = 0; i < I; i++)
            {
                for (int j = 0; j < J; j++)
                {
                    if(i == row && j == col)
                        result = this[i, j];
                }
            }

            return result;
        }

        public int CountRows()
        {
            int count = m.GetLength(0);
            return count;
        }

        public int CountCols()
        {
            int count = m.GetLength(1);
            return count;
        }

        public static bool operator==(Matrix a, Matrix b)
        {

            for(int i = 0; i < a.I; i++)
            {
                for(int j = 0; j < a.J; j++)
                {
                    if (a[i,j] != b[i, j])
                    {
                        return false;
                    }
                }
            }
            return true;
        }
```

```
        public static bool operator!=(Matrix a, Matrix b)
        {
            return !(a==b);
        }

        public void Show()
        {
            for(int i = 0; i < I; i++)
            {
                for(int j = 0; j < J; j++)
                {
                    Console.Write("\t" + "| " + this[i, j] + " |");
                }
                Console.WriteLine();
            }
        }

        public override bool Equals(object obj)
        {
            return (this as Matrix)==(obj as Matrix);
        }
    }
}
```

MatrixTests.cs

```
using Microsoft.VisualStudio.TestTools.UnitTesting;
using System;
using lab4;

namespace MatrixTests
{
    [TestClass]
    public class MatrixTests
    {
        [TestMethod]
        [ExpectedException(typeof(MyException))]
        public void WrongValueI()
        {
            //act
            Matrix a = new Matrix(0, 2);
        }

        [TestMethod]
        [ExpectedException(typeof(MyException))]
        public void WrongValueJ()
        {
            //act
            Matrix a = new Matrix(2, 0);
        }

        [TestMethod]
        public void CorrectMatrix()
        {
            //act
            Matrix a = new Matrix(2, 2);
        }

        [TestMethod]
        public void CorrectSet()
        {
            //act
            Matrix a = new Matrix(2, 2);
            a[1, 1] = 3;
        }

        [TestMethod]
        [ExpectedException(typeof(MyException))]
        public void WrongValueSetI()
        {
            //act
            Matrix a = new Matrix(2, 2);
            a[5, 1] = 2;
        }

        [TestMethod]
        [ExpectedException(typeof(MyException))]
        public void WrongValueSetJ()
        {
            //act
            Matrix a = new Matrix(2, 2);
            a[1, 3] = 2;
        }
```

```
        [TestMethod]
        public void CorrectGet()
        {
            //act
            Matrix a = new Matrix(2, 2);
            int r = a[1, 1];
        }

        [TestMethod]
        [ExpectedException(typeof(MyException))]
        public void WrongValueGetI()
        {
            //act
            Matrix a = new Matrix(2, 2);
            int r = a[3, 1];
        }

        [TestMethod]
        [ExpectedException(typeof(MyException))]
        public void WrongValueGetJ()
        {
            //act
            Matrix a = new Matrix(2, 2);
            int r = a[1, 5];
        }

        [TestMethod]
        public void Sum()
        {
            //arrange
            Matrix a = new Matrix(2, 2);
            a[0, 0] = 1; a[0, 1] = 1; a[1, 0] = 1; a[1, 1] = 1;
            Matrix b = new Matrix(2, 2);
            b[0, 0] = 1; b[0, 1] = 1; b[1, 0] = 1; b[1, 1] = 1;
            Matrix expected = new Matrix(2, 2);
            expected[0, 0] = 2; expected[0, 1] = 2; expected[1, 0] = 2;
expected[1, 1] = 2;
            Matrix actual = new Matrix(2, 2);
            //act
            actual = a + b;
            //assert
            Assert.AreEqual(expected, actual);
        }

        [TestMethod]
        [ExpectedException(typeof(MyException))]
        public void SumWrongRows()
        {
            //arrange
            Matrix a = new Matrix(3, 2);
            a[0, 0] = 1; a[0, 1] = 1; a[1, 0] = 1; a[1, 1] = 1; a[2, 0] = 1;
a[2, 1] = 1;
            Matrix b = new Matrix(2, 2);
            b[0, 0] = 1; b[0, 1] = 1; b[1, 0] = 1; b[1, 1] = 1;
            Matrix actual = new Matrix(2, 2);
            //act
            actual = a + b;
        }
```

```
        [TestMethod]
        [ExpectedException(typeof(MyException))]
        public void SumWrongCols()
        {
            //arrange
            Matrix a = new Matrix(2, 3);
            a[0, 0] = 1; a[0, 1] = 1; a[0, 2] = 1; a[1, 0] = 1; a[1, 1] = 1;
a[1, 2] = 1;
            Matrix b = new Matrix(2, 2);
            b[0, 0] = 1; b[0, 1] = 1; b[1, 0] = 1; b[1, 1] = 1;
            Matrix actual = new Matrix(2, 2);
            //act
            actual = a + b;
        }

        [TestMethod]
        public void Subtraction()
        {
            //arrange
            Matrix a = new Matrix(2, 2);
            a[0, 0] = 5; a[0, 1] = 3; a[1, 0] = 10; a[1, 1] = -7;
            Matrix b = new Matrix(2, 2);
            b[0, 0] = 9; b[0, 1] = 3; b[1, 0] = 15; b[1, 1] = -9;
            Matrix expected = new Matrix(2, 2);
            expected[0, 0] = -4; expected[0, 1] = 0; expected[1, 0] = -5;
expected[1, 1] = 2;
            Matrix actual = new Matrix(2, 2);
            //act
            actual = a - b;
            //assert
            Assert.AreEqual(expected, actual);
        }

        [TestMethod]
        [ExpectedException(typeof(MyException))]
        public void SubtractionWrongRows()
        {
            //arrange
            Matrix a = new Matrix(3, 2);
            a[0, 0] = 1; a[0, 1] = 1; a[1, 0] = 1; a[1, 1] = 1; a[2, 0] = 1;
a[2, 1] = 1;
            Matrix b = new Matrix(2, 2);
            b[0, 0] = 1; b[0, 1] = 1; b[1, 0] = 1; b[1, 1] = 1;
            Matrix actual = new Matrix(2, 2);
            //act
            actual = a - b;
        }

        [TestMethod]
        [ExpectedException(typeof(MyException))]
        public void SubtractionWrongCols()
        {
            //arrange
            Matrix a = new Matrix(2, 3);
            a[0, 0] = 1; a[0, 1] = 1; a[0, 2] = 1; a[1, 0] = 1; a[1, 1] = 1;
a[1, 2] = 1;
            Matrix b = new Matrix(2, 2);
            b[0, 0] = 1; b[0, 1] = 1; b[1, 0] = 1; b[1, 1] = 1;
```

```
            Matrix actual = new Matrix(2, 2);
            //act
            actual = a - b;
        }

        [TestMethod]
        public void Multiply()
        {
            //arrange
            Matrix a = new Matrix(2, 2);
            a[0, 0] = 3; a[0, 1] = 2; a[1, 0] = -6; a[1, 1] = 12;
            Matrix b = new Matrix(2, 3);
            b[0, 0] = 6; b[0, 1] = 21; b[0, 2] = 0; b[1, 0] = -2; b[1, 1] =
4; b[1, 2] = 7;
            Matrix expected = new Matrix(2, 3);
            expected[0, 0] = 14; expected[0, 1] = 71; expected[0, 2] = 14;
expected[1, 0] = -60; expected[1, 1] = -78; expected[1, 2] = 84;
            Matrix actual = new Matrix(2, 3);
            //act
            actual = a * b;
            //assert
            Assert.AreEqual(expected, actual);
        }

        [TestMethod]
        [ExpectedException(typeof(MyException))]
        public void MultiplyWrongSize()
        {
            //arrange
            Matrix a = new Matrix(2, 3);
            a[0, 0] = 3; a[0, 1] = 2; a[0, 2] = 43; a[1, 0] = -6; a[1, 1] =
12; a[1, 2] = 0;
            Matrix b = new Matrix(2, 3);
            b[0, 0] = 6; b[0, 1] = 21; b[0, 2] = 0; b[1, 0] = -2; b[1, 1] =
4; b[1, 2] = 7;
            Matrix actual = new Matrix(2, 3);
            //act
            actual = a * b;
        }

        [TestMethod]
        public void Transposition()
        {
            //arrange
            Matrix expected = new Matrix(2, 2);
            expected[0, 0] = 1; expected[0, 1] = 4;
            expected[1, 0] = 2; expected[1, 1] = 5;
            Matrix actual = new Matrix(2, 2);
            actual[0, 0] = 1; actual[0, 1] = 2;
            actual[1, 0] = 4; actual[1, 1] = 5;
            //act
            actual.Transp();
            //assert
            Assert.AreEqual(expected, actual);
        }

        [TestMethod]
        [ExpectedException(typeof(MyException))]
        public void TranspositionWrongSize()
```

```
{
    //arrange
    Matrix a = new Matrix(2, 3);
    a[0, 0] = 1; a[0, 1] = 2; a[0, 2] = 3;
    a[1, 0] = 4; a[1, 1] = 5; a[1, 2] = 6;
    //act
    a.Transp();
}

[TestMethod]
public void MinElement()
{
    //arrange
    Matrix a = new Matrix(3, 2);
    a[0, 0] = 33; a[0, 1] = 5;
    a[1, 0] = 0; a[1, 1] = -2;
    a[2, 0] = 90; a[2, 1] = -13;
    int expected = -13;
    //act
    int actual = a.Min();
    //assert
    Assert.AreEqual(expected, actual);
}

[TestMethod]
public void MatrixToString()
{
    //arrange
    Matrix a = new Matrix(3, 2);
    a[0, 0] = 1; a[0, 1] = 2;
    a[1, 0] = 3; a[1, 1] = 4;
    a[2, 0] = 5; a[2, 1] = 6;
    string expected = "{{1, 2}, {3, 4}, {5, 6}}";
    //act
    string actual = a.ToString();
    //assert
    Assert.AreEqual(expected, actual);
}

[TestMethod]
public void TakeElement()
{
    //arrange
    int row = 2;
    int col = 1;
    Matrix a = new Matrix(3, 3);
    a[0, 0] = 1; a[0, 1] = 2; a[0, 2] = 3;
    a[1, 0] = 4; a[1, 1] = 5; a[1, 2] = 6;
    a[2, 0] = 7; a[2, 1] = 8; a[2, 2] = 9;
    int expected = 8;
    //act
    int actual = a.TakeElement(row, col);
    //Assert
    Assert.AreEqual(expected, actual);
}

[TestMethod]
[ExpectedException(typeof(MyException))]
public void TakeElementWrongI()
```

```
{
    //arrange
    int row = -1;
    int col = 1;
    Matrix a = new Matrix(3, 3);
    a[0, 0] = 1; a[0, 1] = 2; a[0, 2] = 3;
    a[1, 0] = 4; a[1, 1] = 5; a[1, 2] = 6;
    a[2, 0] = 7; a[2, 1] = 8; a[2, 2] = 9;
    //act
    int actual = a.TakeElement(row, col);
}

[TestMethod]
[ExpectedException(typeof(MyException))]
public void TakeElementWrongJ()
{
    //arrange
    int row = 2;
    int col = 5;
    Matrix a = new Matrix(3, 3);
    a[0, 0] = 1; a[0, 1] = 2; a[0, 2] = 3;
    a[1, 0] = 4; a[1, 1] = 5; a[1, 2] = 6;
    a[2, 0] = 7; a[2, 1] = 8; a[2, 2] = 9;
    //act
    int actual = a.TakeElement(row, col);
}

[TestMethod]
public void CountRows()
{
    //arrange
    Matrix a = new Matrix(4, 1);
    a[0, 0] = 1;
    a[1, 0] = 2;
    a[2, 0] = 3;
    a[3, 0] = 4;
    int expected = 4;
    //act
    int actual = a.CountRows();
    //assert
    Assert.AreEqual(expected, actual);
}

[TestMethod]
public void CountCols()
{
    //arrange
    Matrix a = new Matrix(4, 1);
    a[0, 0] = 1;
    a[1, 0] = 2;
    a[2, 0] = 3;
    a[3, 0] = 4;
    int expected = 1;
    //act
    int actual = a.CountCols();
    //assert
    Assert.AreEqual(expected, actual);
}
```

```
        [TestMethod]
        public void Equel1()
        {
            //arrange
            Matrix a = new Matrix(2, 2);
            a[0, 0] = 1; a[0, 1] = 1; a[1, 0] = 1; a[1, 1] = 1;
            Matrix b = new Matrix(2, 2);
            b[0, 0] = 1; b[0, 1] = 1; b[1, 0] = 1; b[1, 1] = 1;
            //act
            bool r = a == b;
            //assert
            Assert.IsTrue(r);
        }

        [TestMethod]
        public void Equel2()
        {
            //arrange
            Matrix a = new Matrix(2, 2);
            a[0, 0] = 2; a[0, 1] = 1; a[1, 0] = -8; a[1, 1] = 10;
            Matrix b = new Matrix(2, 2);
            b[0, 0] = 11; b[0, 1] = 1; b[1, 0] = 0; b[1, 1] = 32;
            //act
            bool r = a == b;
            //assert
            Assert.IsFalse(r);
        }

        [TestMethod]
        public void NotEquel()
        {
            //arrange
            Matrix a = new Matrix(2, 2);
            a[0, 0] = 2; a[0, 1] = 1; a[1, 0] = -8; a[1, 1] = 10;
            Matrix b = new Matrix(2, 2);
            b[0, 0] = 11; b[0, 1] = 1; b[1, 0] = 0; b[1, 1] = 32;
            //act
            bool r = a != b;
            //assert
            Assert.IsTrue(r);
        }
    }
}
```