Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**

Электротехнический факультет
Кафедра «Информационные технологии и автоматизированные системы»
направление подготовки: 09.03.01– «Информатика и вычислительная
техника»

Лабораторная работа
по дисциплине
«Информатика»
на тему
«Графы и задача коммивояжера»

Выполнил студент гр. ИВТ-23-1б
Бакин Владислав Артемович

Проверил:
доц. каф. ИТАС
Полякова Ольга Андреевна
Яруллин Денис Владимирович

(оценка) (подпись)

(дата)

г. Пермь, 2024

Графы и задача коммивояжёра

Постановка задачи

Разработать приложение с графическим интерфейсом для генерации графов и выполнения обходов по ним

Функционал

1. Добавление узла
2. Перемещение узла
3. Удаление узла
4. Добавление ребра
5. Удаление ребра
6. Диалоговое окно для выполнения обходов
7. Диалоговое окно для решения задачи коммивояжёра

Код программы

Заголовочные файлы

```
// Диалоговое окно добавления ребра

#ifndef ADDEDGE_H
#define ADDEDGE_H

#include <QDialog>
#include <QGraphicsScene>

#include "graph.h"

namespace Ui {
    class AddNewEdgeWindow;
}

class AddNewEdgeWindow : public QDialog
{
    Q_OBJECT

public:
    explicit AddNewEdgeWindow(Graph& graph, QWidget
*parent = nullptr);
```

```
    ~AddNewEdgeWindow();

private slots:
    void addNewEdge();

private:
    Graph& m_graph;
    Ui::AddNewEdgeWindow *ui;
};

#endif // ADDEDGE_H
// Диалоговое окно удаления ребра

#ifndef DELETEEDGE_H
#define DELETEEDGE_H

#include <QDialog>

#include "graph.h"

namespace Ui {
    class DeleteEdgeWindow;
}

class DeleteEdgeWindow : public QDialog
{
    Q_OBJECT

public:
    explicit DeleteEdgeWindow(Graph& graph, QWidget
*parent = nullptr);
    ~DeleteEdgeWindow();

public slots:
    void delEdge();

private:
    Graph& m_graph;
    Ui::DeleteEdgeWindow *ui;
};

#endif // DELETEEDGE_H
// Диалоговое окно удаления узла
```

```
#ifndef DELETENODE_H
#define DELETENODE_H

#include <QDialog>
#include <QGraphicsView>

#include "graph.h"

namespace Ui {
    class DeleteNodeWindow;
}

class DeleteNodeWindow : public QDialog
{
    Q_OBJECT

public:
    explicit DeleteNodeWindow(Graph& graph,
QGraphicsScene* scene, QGraphicsView* printGraph,
QGraphicsItemGroup** matrixOfGroups, QWidget *parent =
nullptr);
    ~DeleteNodeWindow();

public slots:
    void delNode();

private:
    Graph& m_graph;
    QGraphicsScene* m_scene;
    QGraphicsView* m_printGraph;
    QGraphicsItemGroup** m_matrixOfGroups;
    Ui::DeleteNodeWindow *ui;
};

#endif // DELETENODE_H
#ifndef GRAPH_H
#define GRAPH_H

#include <QGraphicsEllipseItem>
#include <QDebug>
#include <vector>
#include <queue>

class Graph
```

```
{
private:
    int sizeOfMatrix;        // размер матрицы смежности
    int** matrix;            // матрица смежности
    QGraphicsEllipseItem** matrixOfEllipses;    //
массив указателей на эллипсы
    QGraphicsItemGroup** matrixOfGroups;        //
массив указателей на группы узлов
    std::vector<QGraphicsItemGroup*> vectorOfArrows;
// вектор указателей на группы стрелок
    int curSerialNumber;    // порядковый номер нового
узла

public:
    Graph();
    ~Graph();

    // Геттеры:
    int getSize();           // возвращает размер
матрицы смежности (с учетом координатной строки и
столбца)
    int getSerialNumber();  // возвращает текущий
порядковый номер узла (не самый большой порядковый
номер, а тот который будет следущий при добавлении)
    int** getMatrix();       // возвращает матрицу
смежности
    QGraphicsEllipseItem** getMatrixOfEllipses();   //
возвращает массив указателей на объект эллипса
    QGraphicsItemGroup** getMatrixOfGroups();       //
возвращает массив указателей на группы узлов (эллипс и
текст - порядковый номер)
    std::vector<QGraphicsItemGroup*>&
getVectorOfArrows();      // возвращает вектор
указателей на группы ребер

    // Изменение матрицы смежности:
    void addEdge(int, int, int);    // добавление ребра
в матрицу смежности
    void delEdge(int, int);         // удаление ребра
из матрицы смежности
    void delNode(int);              // удаление узла из
матрицу смежности

    void resizeMatrix(int);         // увеличение
```

```
матрицы (при добавлении узлов)
    void increaseSerialNumber();    // увеличение
порядкового номера (при добавлении узлов)
    void addNodeOnLastPos(QGraphicsEllipseItem*,
QGraphicsItemGroup*);   // добавление координатной
ячейки в матрице смежности + изменение matrixOfEllipses
и matrixOfGroups
    void updateMatrixOfEllipses(int,
QGraphicsEllipseItem*);    // обновление
matrixOfEllipses
    void updateMatrixOfGroups(int,
QGraphicsItemGroup*);        // обновление
matrixOfGroups
    void
updateVector(std::vector<QGraphicsItemGroup*>&);
// обновление вектора стрелок

    // Для отладки:
    void printMatrix();     // вывод матрицы смежности
в консоль

    // Обходы и задача коммивояжера
    std::vector<int> dfs(int);
    void dfs(int, std::vector<int>&);
    std::vector<int> bfs(int);
    std::vector<std::vector<int>> floyd();
    std::vector<int> dijkstra(int);
    std::vector<int> tsp(int, int);

};

#endif // GRAPH_H
#ifndef GRAPHGENERATOR_H
#define GRAPHGENERATOR_H

#include <QMainWindow>
#include <QDebug>
#include <QGraphicsSceneMouseEvent>
#include <QtMath>

#include "graph.h"
#include "addedge.h"
#include "deleteedge.h"
#include "deletenode.h"
```

```
#include "searchmenu.h"
#include "tsp.h"
#include "graph.h"

QT_BEGIN_NAMESPACE
namespace Ui { class GraphGenerator; }
QT_END_NAMESPACE

class GraphGenerator : public QMainWindow
{
    Q_OBJECT

public:
    GraphGenerator(QWidget *parent = nullptr);
    ~GraphGenerator();

    QPolygonF createArrowHead(const QPointF&
startPoint, const QPointF& endPoint);      //
визуализация наконечника стрелки
    void updateSerialNumbers();     // обновление
нумерации узлов, если удаляется узел

public slots:
    // Визуализация графа:
    void addNode();     // добавление узла
    void delNode();     // удаление узла
    void addEdge();     // добавление ребра
    void delEdge();     // удаление ребра
    void updateArrows();    // на случай, если стрелки
автометически не обновились при перемещении
    bool eventFilter(QObject *object, QEvent *event);
// проверка на то, что был сдвинут узел (для обновления
стрелок)

    // Обходы графа и задача коммивояжера:
    void openMenu();    // обход в ширину, глубину,
алгоритм Флойда, алгоритм Дейкстры
    void tsp();         // задача коммивояжера

private:
    Graph graph;
    // "Окно" для визуализации:
    QGraphicsScene *scene;
    QGraphicsView *printGraph;
```

```
    Ui::GraphGenerator *ui;
};
#endif // GRAPHGENERATOR_H
// Диалоговое окно - меню содержащее алгоритмы поиска
по графу

#ifndef SEARCHMENU_H
#define SEARCHMENU_H

#include <QDialog>

#include "graph.h"

namespace Ui {
    class output;
}

class output : public QDialog
{
    Q_OBJECT

public:
    explicit output(Graph* graph, QWidget *parent =
nullptr);
    ~output();

public slots:
    // Обходы:
    void dfs();      // обход в глубину
    void bfs();      // обход в ширину
    void floyd();    // алгоритм Флойда
    void dijkstra();     // алгоритм Дейкстры

private:
    Graph* m_graph;
    Ui::output *ui;
};

#endif // SEARCHMENU_H
// Диалоговое окно решения задачи коммивояжера

#ifndef TSP_H
#define TSP_H
```

```
#include <QDialog>
#include <QDebug>

#include "graph.h"

namespace Ui {
    class TSP;
}

class TSP : public QDialog
{
    Q_OBJECT

public:
    explicit TSP(Graph* graph, QWidget *parent =
nullptr);
    ~TSP();

public slots:
    void tsp();     // задача коммивояжера

private:
    Graph* m_graph;
    Ui::TSP *ui;
};

#endif // TSP_H
```

Исходные файлы

```
#include "addedge.h"
#include "ui_addedge.h"

AddNewEdgeWindow::AddNewEdgeWindow(Graph& graph,
QWidget *parent)
    : QDialog(parent), m_graph(graph), ui(new
Ui::AddNewEdgeWindow)
{
    ui->setupUi(this);

    connect(ui->addNewEdgeBtn, &QPushButton::clicked,
this, &AddNewEdgeWindow::addNewEdge);
}

AddNewEdgeWindow::~AddNewEdgeWindow()
```

```
{
    delete ui;
}

void AddNewEdgeWindow::addNewEdge()
{
    // Получаем значения с lineEdit пользовательского
интерфейса
    QString fromLine = ui->fromLine->text();
    QString toLine = ui->toLine->text();
    QString weightLine = ui->weightLine->text();
    // Переводим полученнные данные в int
    int from = fromLine.toInt();
    int to = toLine.toInt();
    int weight = weightLine.toInt();

    m_graph.addEdge(from, to, weight);  // добавляем
ребро в матрицу смежности

    close();    // после добавления ребра, закрываем
окно
}
#include "deleteedge.h"
#include "ui_deleteedge.h"

DeleteEdgeWindow::DeleteEdgeWindow(Graph& graph,
QWidget *parent)
    : QDialog(parent), m_graph(graph), ui(new
Ui::DeleteEdgeWindow)
{
    ui->setupUi(this);

    connect(ui->delEdgeBtn, &QPushButton::clicked,
this, &DeleteEdgeWindow::delEdge);
}

DeleteEdgeWindow::~DeleteEdgeWindow()
{
    delete ui;
}

void DeleteEdgeWindow::delEdge()
{
    // Получаем значения с lineEdit пользовательского
```

```
интерфейса
    QString fromLine = ui->fromLine->text();
    QString toLine = ui->toLine->text();
    // Переводим полученнные данные в int
    int from = fromLine.toInt();
    int to = toLine.toInt();
    m_graph.delEdge(from, to); // удаляем ребро из
матрицы смежности

    close();    // после удаления ребра, закрываем окно
}
#include "deletenode.h"
#include "ui_deletenode.h"

DeleteNodeWindow::DeleteNodeWindow(Graph& graph,
QGraphicsScene* scene, QGraphicsView* printGraph,
QGraphicsItemGroup** matrixOfGroups, QWidget *parent)
    : QDialog(parent), m_graph(graph), m_scene(scene),
m_printGraph(printGraph),
m_matrixOfGroups(matrixOfGroups), ui(new
Ui::DeleteNodeWindow)
{
    ui->setupUi(this);

    connect(ui->delNodeBtn, &QPushButton::clicked,
this, &DeleteNodeWindow::delNode);
}

DeleteNodeWindow::~DeleteNodeWindow()
{
    delete ui;
}

void DeleteNodeWindow::delNode()
{
    // Получаем значения с lineEdit пользовательского
интерфейса
    QString nodeNumber = ui->numberLine->text();
    // Переводим полученнные данные в int
    int number = nodeNumber.toInt();

    // Удаляем со сцены объект узла (эллипс и текст)
    m_scene->removeItem(m_matrixOfGroups[number]);
    delete m_matrixOfGroups[number];
```

```
    m_matrixOfGroups[number] = nullptr;

    m_graph.delNode(number);    // удаляем узел из
матрицы смежности
    close();    // после удаления ребра, закрываем окно
}
#include "graph.h"

Graph::Graph()
{
    sizeOfMatrix = 1;
    curSerialNumber = 1;
    matrix = new int* [sizeOfMatrix];
    for (int i = 0; i < sizeOfMatrix; i++)
    {
        matrix[i] = new int [sizeOfMatrix];
    }
    matrix[0][0] = 0;

    matrixOfEllipses = new QGraphicsEllipseItem*
[sizeOfMatrix];
    matrixOfEllipses[0] = nullptr;

    matrixOfGroups = new QGraphicsItemGroup*
[sizeOfMatrix];
    matrixOfEllipses[0] = nullptr;
}

Graph::~Graph()
{
    // Освобождаем память, выделенную для матрицы
смежности
    if (matrix) {
        for (int i = 0; i < sizeOfMatrix; ++i) {
            delete[] matrix[i];
        }
        delete[] matrix;
    }

    // Освобождаем память, выделенную для массива
ellipses
    if (matrixOfEllipses) {
        delete[] matrixOfEllipses;
    }
```

```
    // Освобождаем память, выделенную для массива
groups
    if (matrixOfGroups) {
        delete[] matrixOfGroups;
    }

    // Освобождаем память, выделенную для элементов
вектора arrows
    for (auto arrow : vectorOfArrows) {
        delete arrow;
    }
}

int Graph::getSize()
{
    return sizeOfMatrix;
}

int Graph::getSerialNumber()
{
    return curSerialNumber;
}

int** Graph::getMatrix()
{
    return matrix;
}

QGraphicsEllipseItem** Graph::getMatrixOfEllipses()
{
    return matrixOfEllipses;
}

QGraphicsItemGroup** Graph::getMatrixOfGroups()
{
    return matrixOfGroups;
}

std::vector<QGraphicsItemGroup*>&
Graph::getVectorOfArrows()
{
    return vectorOfArrows;
}
```

```
void Graph::addEdge(int from, int to, int weight)
{
    matrix[to][from] = weight;
}

void Graph::delEdge(int from, int to)
{
    matrix[to][from] = 0;
}

void Graph::delNode(int number)
{
    int curSize = getSize();

    // Удаление строки и столбца
    for (int i = number; i < curSize - 1; ++i)
    {
        for (int j = 0; j < curSize - 1; ++j)
        {
            // Сдвигаем элементы влево и вверх
            if (i < number || j < number)
                matrix[i][j] = matrix[i][j];
            else
                matrix[i][j] = matrix[i + 1][j + 1];
        }
    }

    // Создаем новую матрицу
    int** newMatrix = new int*[curSize - 1];
    for (int i = 0; i < curSize - 1; ++i)
    {
        newMatrix[i] = new int[curSize - 1];
    }

    for (int i = 0; i < curSize - 1; ++i)
    {
        for (int j = 0; j < curSize - 1; ++j)
        {
            newMatrix[i][j] = matrix[i][j];
        }
    }

    delete[] matrix;
```

```
    matrix = newMatrix;

    // Обновляем массивы групп и эллипсов
    QGraphicsEllipseItem** newMatrixOfEllipses = new
QGraphicsEllipseItem*[curSize - 1];
    QGraphicsItemGroup** newMatrixOfGroups = new
QGraphicsItemGroup*[curSize - 1];

    for (int i = 0; i < number; ++i)
    {
        newMatrixOfEllipses[i] = matrixOfEllipses[i];
        newMatrixOfGroups[i] = matrixOfGroups[i];
    }

    for (int i = number + 1; i < curSize; ++i)
    {
        newMatrixOfEllipses[i - 1] =
matrixOfEllipses[i];
        newMatrixOfGroups[i - 1] = matrixOfGroups[i];
    }

    delete[] matrixOfEllipses;
    delete[] matrixOfGroups;

    matrixOfEllipses = newMatrixOfEllipses;
    matrixOfGroups = newMatrixOfGroups;

    sizeOfMatrix--;
    curSerialNumber--;

    // Обновляем в матрице номера узлов
    for (int i = 0; i < sizeOfMatrix; ++i)
    {
        matrix[0][i] = i;
        matrix[i][0] = i;
    }
}

void Graph::resizeMatrix(int difference)    // только в
большую сторону
{
    // matrix:
    int** newMatrix;
    newMatrix = new int* [sizeOfMatrix + difference];
```

```
    for (int i = 0; i < sizeOfMatrix + difference; i++)
    {
        newMatrix[i] = new int [sizeOfMatrix +
difference];
    }

    for (int i = 0; i < sizeOfMatrix; i++)
    {
        for (int j = 0; j < sizeOfMatrix; j++)
        {
            newMatrix[i][j] = matrix[i][j];
        }
    }

    for (int i = sizeOfMatrix; i < sizeOfMatrix +
difference; i++)
    {
        for (int j = 0; j < sizeOfMatrix + difference;
j++)
        {
            newMatrix[i][j] = 0;
            newMatrix[j][i] = 0;
        }
    }

    for (int i = 0; i < sizeOfMatrix; i++)
    {
        delete[] matrix[i];
    }
    delete[] matrix;
    matrix = newMatrix;

    // matrixOfEllipses:
    QGraphicsEllipseItem** newMatrixOfEllipses = new
QGraphicsEllipseItem* [sizeOfMatrix + 1];
    for (int i = 0; i < sizeOfMatrix; i++)
    {
        newMatrixOfEllipses[i] = matrixOfEllipses[i];
    }
    delete matrixOfEllipses;
    matrixOfEllipses = newMatrixOfEllipses;

    //matrixOfGroups:
    QGraphicsItemGroup** newMatrixOfGroups = new
```

```
QGraphicsItemGroup* [sizeOfMatrix + 1];
    for (int i = 0; i < sizeOfMatrix; i++)
    {
        newMatrixOfGroups[i] = matrixOfGroups[i];
    }
    delete matrixOfGroups;
    matrixOfGroups = newMatrixOfGroups;

    sizeOfMatrix += difference;
}

void Graph::increaseSerialNumber()
{
    curSerialNumber += 1;
}

void Graph::addNodeOnLastPos(QGraphicsEllipseItem*
node, QGraphicsItemGroup* group)
{
    // Добавляем последний добавленный узел
    matrix[0][sizeOfMatrix - 1] = curSerialNumber;
    matrix[sizeOfMatrix - 1][0] = curSerialNumber;

    matrixOfEllipses[sizeOfMatrix - 1] = node;
    matrixOfGroups[sizeOfMatrix - 1] = group;
}

void Graph::updateMatrixOfEllipses(int index,
QGraphicsEllipseItem* node)
{
    matrixOfEllipses[index] = node;
}

void Graph::updateMatrixOfGroups(int index,
QGraphicsItemGroup* group)
{
    matrixOfGroups[index] = group;
}

void
Graph::updateVector(std::vector<QGraphicsItemGroup*>&
vect)
{
    vectorOfArrows = vect;
```

```
}

void Graph::printMatrix()
{
    for (int i = 0; i < sizeOfMatrix; i++)
    {
        QString rowString;
        for (int j = 0; j < sizeOfMatrix; j++)
        {
            rowString += QString::number(matrix[j][i])
+ " ";
        }
        qDebug() << rowString;
    }
    qDebug() << "\n";
}

std::vector<int> Graph::dfs(int start)
{
    // Создание вектора для отслеживания посещенных
вершин, инициализированного нулями
    std::vector<int> visited(sizeOfMatrix, 0);
    // Вызов рекурсивной функции dfs для запуска обхода
в глубину
    dfs(start, visited);
    return visited;
}

void Graph::dfs(int cur, std::vector<int>& visited)
{
    // Помечаем текущую вершину как посещенную
    visited[cur] = 1;
    for (int i = 1; i < sizeOfMatrix; i++)
    {
        // Если есть ребро между текущей вершиной и
вершиной i и вершина i ещё не посещалась
        if (matrix[i][cur] != 0 && visited[i] == 0)
        {
            // Рекурсивно вызываем dfs для вершины i
            dfs(i, visited);
        }
    }
}
```

```cpp
std::vector<int> Graph::bfs(int start)
{
    std::vector<int> distance(sizeOfMatrix, 1e9);
    std::queue<int> q;

    // Начальная вершина имеет расстояние 0
    distance[start] = 0;
    q.push(start);

    // Начало обхода в ширину
    while(!q.empty())
    {
        // Получаем текущую вершину из очереди
        int cur = q.front();
        q.pop();

        // Проходим по всем смежным вершинам текущей
        for (int i = 1; i < sizeOfMatrix; i++)
        {
            // Если вершина ещё не посещена и есть
ребро между текущей и i
            if (distance[i] == 1e9 && matrix[i][cur] !=
0)
            {
                // Расстояние до вершины i равно
расстоянию до текущей + 1
                distance[i] = distance[cur] + 1;
                // Добавляем вершину i в очередь для
дальнейшего обхода
                q.push(i);
            }
        }
    }

    return distance;
}

std::vector<std::vector<int>> Graph::floyd()
{
    std::vector<std::vector<int>> dist(sizeOfMatrix -
1, std::vector<int>(sizeOfMatrix - 1, 1e9));

    // Задание нулевых расстояний для диагональных
элементов (вершин до самих себя)
```

```
    for (int i = 0; i < sizeOfMatrix - 1; i++)
    {
        dist[i][i] = 0;
    }

    // Заполнение матрицы расстояний из матрицы смежности графа
    for (int i = 1; i < sizeOfMatrix; i++)
    {
        for (int j = 1; j < sizeOfMatrix; j++)
        {
            if (matrix[i][j] != 0)
            {
                // Если между вершинами есть ребро, записываем его в матрицу расстояний
                dist[i - 1][j - 1] = matrix[i][j];
            }
        }
    }

    for (int v = 0; v < sizeOfMatrix - 1; v++)
    {
        for (int i = 0; i < sizeOfMatrix - 1; i++)
        {
            for (int j = 0; j < sizeOfMatrix - 1; j++)
            {
                // Если существует путь через вершину v, короче, чем текущий путь от i до j
                if (dist[i][v] != 1e9 && dist[v][j] != 1e9 && dist[i][j] > dist[i][v] + dist[v][j])
                {
                    // Обновляем значение кратчайшего пути от i до j
                    dist[i][j] = dist[i][v] + dist[v][j];
                }
            }
        }
    }

    return dist;
}

std::vector<int> Graph::dijkstra(int start)
```

```
{
    std::vector<int> dist(sizeOfMatrix, 1e9);
    dist[start] = 0; // Расстояние до стартовой вершины
равно 0
    std::vector<bool> visited(sizeOfMatrix, false);

    // Проходим по всем вершинам графа
    for (int k = 0; k < sizeOfMatrix - 1; k++) //
Внешний цикл повторяется sizeOfMatrix - 1 раз, так как
для каждой вершины будет найдено кратчайшее расстояние
до всех остальных вершин за sizeOfMatrix - 1 итераций
    {
        // Находим вершину с наименьшим расстоянием
        int minDist = 1e9;
        int nearest = -1;
        for (int v = 0; v < sizeOfMatrix; v++)
        {
            if (!visited[v] && dist[v] < minDist)
            {
                minDist = dist[v];
                nearest = v;
            }
        }

        // Помечаем вершину как посещенную
        visited[nearest] = true;

        // Обновляем расстояния до смежных вершин
        for (int v = 0; v < sizeOfMatrix; v++)
        {
            if (matrix[nearest][v] != 0 && !visited[v]
&& dist[nearest] + matrix[nearest][v] < dist[v])
            {
                dist[v] = dist[nearest] +
matrix[nearest][v];
            }
            if (matrix[v][nearest] != 0 && !visited[v]
&& dist[nearest] + matrix[v][nearest] < dist[v])
            {
                dist[v] = dist[nearest] + matrix[v]
[nearest];
            }
        }
    }
```

```
    return dist;
}

std::vector<int> Graph::tsp(int start, int end)
{
    std::vector<int> path;
    std::vector<bool> visited(sizeOfMatrix, false);

    int curNode = start;
    // Добавляем начальную точку в путь и отмечаем как посещенную
    path.push_back(curNode);
    visited[curNode] = true;

    while (path.size() < sizeOfMatrix)
    {
        int nextNode = -1;
        int minDistance = INT_MAX;

        // Найдем ближайшего непосещенного соседа
        for (int i = 1; i < sizeOfMatrix; ++i)
        {
            // Если вершина не посещена, есть ребро до нее и расстояние меньше минимального
            if (!visited[i] && matrix[curNode][i] != 0 && matrix[curNode][i] < minDistance)
            {
                // Обновляем ближайшего соседа и минимальное расстояние
                minDistance = matrix[curNode][i];
                nextNode = i;
            }
        }

        // Если не найден непосещенный сосед, вернемся к начальной точке
        if (nextNode == -1)
            nextNode = start;

        // Переходим к следующему узлу
        path.push_back(nextNode);
        visited[nextNode] = true;
        curNode = nextNode;
```

```
    }

    // Добавляем конечную точку
    path.push_back(end);

    return path;
}
#include "graphgenerator.h"
#include "ui_graphgenerator.h"

GraphGenerator::GraphGenerator(QWidget *parent)
    : QMainWindow(parent)
    , ui(new Ui::GraphGenerator)
{
    ui->setupUi(this);

    printGraph = ui -> printGraph;
    scene = new QGraphicsScene;
    printGraph -> setScene(scene);

    connect(ui->addNodeBtn, &QPushButton::clicked,
this, &GraphGenerator::addNode);
    connect(ui->addEdgeBtn, &QPushButton::clicked,
this, &GraphGenerator::addEdge);
    connect(ui->updateArrowsBtn, &QPushButton::clicked,
this, &GraphGenerator::updateArrows);
    connect(ui->deleteEdgeBtn, &QPushButton::clicked,
this, &GraphGenerator::delEdge);
    connect(ui->deleteNodeBtn, &QPushButton::clicked,
this, &GraphGenerator::delNode);
    connect(ui->searchBtn, &QPushButton::clicked, this,
&GraphGenerator::openMenu);
    connect(ui->tspBtn, &QPushButton::clicked, this,
&GraphGenerator::tsp);
}

GraphGenerator::~GraphGenerator()
{
    delete scene;
    delete ui;
}

void GraphGenerator::addNode()
{
```

```
    QGraphicsEllipseItem *node = scene->addEllipse(0,
0, 64, 64, QPen(Qt::black), QBrush(Qt::lightGray));
// добавляем эллипс на координату (0, 0) размер 64,
черный контур, яркосерая заливка

    // Добавляем порядковый номер:
    QString nodeSerialNumber =
QString::number(graph.getSerialNumber());
    QGraphicsTextItem *textItem = scene-
>addText(nodeSerialNumber);
    textItem->setPos(node->boundingRect().center().x()
- textItem->boundingRect().width() / 2,
                     node->boundingRect().center().y()
- textItem->boundingRect().height() / 2);

    // Объединяем в группу
    QList<QGraphicsItem*> items;
    items << node << textItem;
    QGraphicsItemGroup *group = scene-
>createItemGroup(items);      // объеденяем в группу
эллипс и текст
    group->setFlag(QGraphicsItem::ItemIsMovable, true);
// даем возможность двигать группу мышкой
    /*
     * не имеет смысла, т. к. node и TextItem
объеденины в группу, а дочерние элементы
     * группы не изменяют pos при перемещении группы
    node->setFlag(QGraphicsItem::ItemIsMovable, true);
    textItem->setFlag(QGraphicsItem::ItemIsMovable,
true);
    */
    scene->installEventFilter(this);      // обработка
события, если узел перетаскивают мышкой, чтобы обновить
pos
                                          // нужно,
чтобы рисовать стрелки между узлами

    // Обновляем матрицу смежности и массивы объектов
после добавления узла
    graph.resizeMatrix(1);
    graph.addNodeOnLastPos(node, group);
    graph.increaseSerialNumber();

    graph.printMatrix();    // вывод матрицы в консоль
```

```
}

void GraphGenerator::delNode()
{
    // Вызываем диалговое окно поверх основного окна
    DeleteNodeWindow DeleteNodeWindow(graph, scene,
printGraph, graph.getMatrixOfGroups());
    DeleteNodeWindow.setModal(true);
    DeleteNodeWindow.exec();

    updateArrows();          // обновляем стрелки после
удаления узла
    updateSerialNumbers();  // обновляем порядковые
номера после удаления узла

    graph.printMatrix();    // вывод матрицы в консоль
}

void GraphGenerator::addEdge()
{
    AddNewEdgeWindow addEdgeWindow(graph);
    addEdgeWindow.setModal(true);
    addEdgeWindow.exec();

    updateArrows();

    graph.printMatrix();
}

void GraphGenerator::delEdge()
{
    // Вызываем диалговое окно поверх основного окна
    DeleteEdgeWindow delEdgeWindow(graph);
    delEdgeWindow.setModal(true);
    delEdgeWindow.exec();

    updateArrows();     // обновляем стрелки после
удаления ребра

    graph.printMatrix();    // выводим матрицу в
консоль
}

void GraphGenerator::updateArrows()
```

```
{
    // Получаем объекты графа, чтобы рисовать/обновлять
стрелки
    int** matrix = graph.getMatrix();
    QGraphicsItemGroup** matrixOfGroups =
graph.getMatrixOfGroups();
    QGraphicsEllipseItem** matrixOfEllipses =
graph.getMatrixOfEllipses();
    std::vector<QGraphicsItemGroup*> vectorOfArrows =
graph.getVectorOfArrows();

    for (int i = 0; i < vectorOfArrows.size(); i++)
    {
        scene->removeItem(vectorOfArrows[i]); //
Удаляем группы со сцены
        delete vectorOfArrows[i]; // Освобождаем память
    }
    vectorOfArrows.clear();

    // Перебираем элементы матрицы смежности для
рисования стрелок
    for (int i = 1; i < graph.getSize(); i++)
    {
        for (int j = i; j < graph.getSize(); j++)
        {
            if (matrix[i][j] != 0 && matrix[i][j] ==
matrix[j][i] && i != j)      // если ребро в обе
стороны и вес равен, то рисуем линию
            {
                // Получаем центры эллипсов, с помощью
mapToScene
                QPointF center1 = matrixOfGroups[i]-
>mapToScene(matrixOfGroups[i]-
>boundingRect().center());
                QPointF center2 = matrixOfGroups[j]-
>mapToScene(matrixOfGroups[j]-
>boundingRect().center());

                qreal angle = qAtan2(center2.y() -
center1.y(), center2.x() - center1.x());     // Находим
угол между двумя центрами эллипсов

                // Вычисляем новые координаты начальной
и конечной точек линии с учетом укорочения на 32
```

```
пикселя
                QPointF newStart(center1.x() + 32 *
qCos(angle), center1.y() + 32 * qSin(angle));
                QPointF newEnd(center2.x() - 32 *
qCos(angle), center2.y() - 32 * qSin(angle));

                QGraphicsLineItem *line = new
QGraphicsLineItem();    // линия между эллипсами
                line->setLine(QLineF(newStart,
newEnd));

                QPointF textPos((center1.x() +
center2.x()) / 2, (center1.y() + center2.y()) / 2);
// позиция текста веса на центре линии
                QGraphicsTextItem* textItem = scene-
>addText(QString::number(matrix[i][j]));            //
текст веса на центре линии
                textItem->setPos(textPos);
                QList<QGraphicsItem*> items;
                items << line << textItem;
                QGraphicsItemGroup *group = scene-
>createItemGroup(items);          // добавляем в группу
линию и вес

                vectorOfArrows.push_back(group);
            }
            else if (matrix[i][j] != 0 && matrix[j][i]
== 0 && i != j)       // если стрелка только в одну
сторону
            {
                QPointF center1 = matrixOfGroups[i]-
>mapToScene(matrixOfGroups[i]-
>boundingRect().center());
                QPointF center2 = matrixOfGroups[j]-
>mapToScene(matrixOfGroups[j]-
>boundingRect().center());

                qreal angle = qAtan2(center2.y() -
center1.y(), center2.x() - center1.x());     // Находим
угол между двумя центрами эллипсов

                // Вычисляем новые координаты начальной
и конечной точек линии с учетом укорочения на 32
пикселя
```

```
                QPointF newStart(center1.x() + 32 *
qCos(angle), center1.y() + 32 * qSin(angle));
                QPointF newEnd(center2.x() - 32 *
qCos(angle), center2.y() - 32 * qSin(angle));

                QGraphicsLineItem *line = new
QGraphicsLineItem();    // линия между эллипсами
                line->setLine(QLineF(newStart,
newEnd));

                // Создаем стрелковые концы линии
                QPolygonF arrowHead =
createArrowHead(newEnd, newStart);
                QGraphicsPolygonItem *arrow = new
QGraphicsPolygonItem(arrowHead);
                arrow->setBrush(Qt::black);
                arrow->setPen(Qt::NoPen);

                QPointF textPos((center1.x() +
center2.x()) / 2, (center1.y() + center2.y()) / 2);
// позиция текста веса на центре линии
                QGraphicsTextItem* textItem = scene-
>addText(QString::number(matrix[i][j]));            //
текст веса на центре линии
                textItem->setPos(textPos);

                QList<QGraphicsItem*> items;
                items << line << textItem << arrow;
                QGraphicsItemGroup *group = scene-
>createItemGroup(items);          // добавляем в группу
линию и вес

                vectorOfArrows.push_back(group);
            }
            else if (matrix[j][i] != 0 && matrix[i][j]
== 0 && i != j)                // если стрелка в другую
сторону
            {
                QPointF center1 = matrixOfGroups[i]-
>mapToScene(matrixOfGroups[i]-
>boundingRect().center());
                QPointF center2 = matrixOfGroups[j]-
>mapToScene(matrixOfGroups[j]-
>boundingRect().center());
```

```
                qreal angle = qAtan2(center2.y() -
center1.y(), center2.x() - center1.x());     // Находим
угол между двумя центрами эллипсов

                // Вычисляем новые координаты начальной
и конечной точек линии с учетом укорочения на 32
пикселя
                QPointF newStart(center1.x() + 32 *
qCos(angle), center1.y() + 32 * qSin(angle));
                QPointF newEnd(center2.x() - 32 *
qCos(angle), center2.y() - 32 * qSin(angle));

                QGraphicsLineItem *line = new
QGraphicsLineItem();    // линия между эллипсами
                line->setLine(QLineF(newStart,
newEnd));

                // Создаем стрелковые концы линии
                QPolygonF arrowHead =
createArrowHead(newStart, newEnd);
                QGraphicsPolygonItem *arrow = new
QGraphicsPolygonItem(arrowHead);
                arrow->setBrush(Qt::black);
                arrow->setPen(Qt::NoPen);

                QPointF textPos((center1.x() +
center2.x()) / 2, (center1.y() + center2.y()) / 2);
// позиция текста веса на центре линии
                QGraphicsTextItem* textItem = scene-
>addText(QString::number(matrix[j][i]));            //
текст веса на центре линии
                textItem->setPos(textPos);

                QList<QGraphicsItem*> items;
                items << line << textItem << arrow;
                QGraphicsItemGroup *group = scene-
>createItemGroup(items);          // добавляем в группу
линию и вес

                vectorOfArrows.push_back(group);
            }
            else if (matrix[i][j] != 0 && matrix[j][i]
!= 0 && matrix[i][j] != matrix[j][i] && i != j)      //
```

```
если направление в обе стороны, но разные веса
            {
                QPointF center1 = matrixOfGroups[i]->mapToScene(matrixOfGroups[i]->boundingRect().center());
                QPointF center2 = matrixOfGroups[j]->mapToScene(matrixOfGroups[j]->boundingRect().center());

                qreal angle = qAtan2(center2.y() - center1.y(), center2.x() - center1.x()); // Находим угол между двумя центрами эллипсов

                // Вычисляем новые координаты начальной и конечной точек линии с учетом укорочения на 32 пикселя
                QPointF newStart(center1.x() + 32 * qCos(angle), center1.y() + 32 * qSin(angle));
                QPointF newEnd(center2.x() + 32 * qCos(angle + M_PI), center2.y() + 32 * qSin(angle + M_PI)); // Изменил угол на angle + M_PI

                QGraphicsLineItem *line1 = new QGraphicsLineItem(); // линия между эллипсами
                line1->setLine(QLineF(newStart, newEnd));

                // Создаем стрелковые концы линии
                QPolygonF arrowHead1 = createArrowHead(newStart, newEnd);
                QGraphicsPolygonItem *arrow1 = new QGraphicsPolygonItem(arrowHead1);
                arrow1->setBrush(Qt::black);
                arrow1->setPen(Qt::NoPen);

                // Вычисляем координаты текста на конце первой стрелки
                QPointF textPos1(newEnd.x(), newEnd.y());
                QGraphicsTextItem* textItem1 = scene->addText(QString::number(matrix[j][i])); // текст веса на конце первой стрелки
                textItem1->setPos(textPos1);
```

```
                QGraphicsLineItem *line2 = new
QGraphicsLineItem(); // линия между эллипсами
                line2->setLine(QLineF(newEnd,
newStart)); // Поменял начало и конец

                // Создаем стрелковые концы линии
                QPolygonF arrowHead2 =
createArrowHead(newEnd, newStart);
                QGraphicsPolygonItem *arrow2 = new
QGraphicsPolygonItem(arrowHead2);
                arrow2->setBrush(Qt::black);
                arrow2->setPen(Qt::NoPen);

                // Вычисляем координаты текста на конце
второй стрелки
                QPointF textPos2(newStart.x(),
newStart.y());
                QGraphicsTextItem* textItem2 = scene-
>addText(QString::number(matrix[i][j])); // текст веса
на конце второй стрелки
                textItem2->setPos(textPos2);

                QList<QGraphicsItem*> items;
                items << line1 << textItem1 << arrow1
<< line2 << textItem2 << arrow2;
                QGraphicsItemGroup *group = scene-
>createItemGroup(items); // добавляем в группу линию и
вес

                vectorOfArrows.push_back(group);
            }
            else if (i == j && matrix[i][j] != 0)
// петля
            {
                QGraphicsEllipseItem *ellipse =
matrixOfEllipses[i]; // Получаем узел (эллипс)

                // Вычисляем центр узла
                QPointF center = ellipse-
>mapToScene(ellipse->boundingRect().center());

                qreal radius = ellipse-
>boundingRect().width() / 2.0; // Радиус узла
```

```
                qreal angle = 45 * M_PI / 180; // Угол
поворота петли

                // Вычисляем координаты точек для
рисования петли на контуре узла
                QPointF start(center.x() + radius *
qCos(angle), center.y() + radius * qSin(angle));
                QPointF end(center.x() + radius *
qCos(angle + M_PI), center.y() + radius * qSin(angle +
M_PI));

                // Контрольные точки для создания
кривой Безье
                QPointF controlPoint1(center.x() +
radius * qCos(angle - M_PI / 4), center.y() + radius *
qSin(angle - M_PI / 4));
                QPointF controlPoint2(center.x() +
radius * qCos(angle + M_PI + M_PI / 4), center.y() +
radius * qSin(angle + M_PI + M_PI / 4));

                QPainterPath loopPath;
                loopPath.moveTo(start);
                loopPath.cubicTo(controlPoint1,
controlPoint2, end);

                QGraphicsPathItem *loopItem = new
QGraphicsPathItem(loopPath);

                // Создаем стрелковой конец петли
                QPolygonF loopArrowHead =
createArrowHead(end, start);
                QGraphicsPolygonItem *arrow = new
QGraphicsPolygonItem(loopArrowHead);
                arrow->setBrush(Qt::black);
                arrow->setPen(Qt::NoPen);

                // Вычисляем координаты текста на петле
                QPointF textPos(ellipse-
>mapToScene(ellipse->boundingRect().topRight())); //
текст веса на петле

                QGraphicsTextItem* textItem = scene-
>addText(QString::number(matrix[i][j])); // текст веса
на петле
```

```
                textItem->setPos(textPos);

                QList<QGraphicsItem*> items;
                items << loopItem << textItem << arrow;
                QGraphicsItemGroup *loopGroup = scene-
>createItemGroup(items);      // добавляем в группу
линию и вес

                vectorOfArrows.push_back(loopGroup);
            }
        }
    }
    graph.updateVector(vectorOfArrows);
}

bool GraphGenerator::eventFilter(QObject *watched,
QEvent *event)
{
    if (watched == scene && event->type() ==
QEvent::GraphicsSceneMouseMove)
    {
        // Приводим событие к QGraphicsSceneMouseEvent
для получения информации о движении мыши
        QGraphicsSceneMouseEvent *mouseEvent =
static_cast<QGraphicsSceneMouseEvent *>(event);
        // Проверяем, что произошло перемещение группы
        if (mouseEvent->buttons() & Qt::LeftButton)
        {
            // Проверяем, что элемент перемещаемый
            if (mouseEvent->lastScenePos() !=
mouseEvent->scenePos())
            {
                // Получаем элемент, на который
указывает мышь
                QGraphicsItem *item = scene-
>itemAt(mouseEvent->scenePos(), QTransform());
                // Проверяем, является ли этот элемент
группой объектов
                if (item && item->type() ==
QGraphicsItemGroup::Type)
                {
                    updateArrows();  // меняем стрелки
                    return true;    // Помечаем событие
как обработанное
```

```
                }
            }
        }
    }
    // Если событие не обработано, передаем его дальше
для обработки другими фильтрами
    return QObject::eventFilter(watched, event);
}

void GraphGenerator::openMenu()
{
    // // Вызываем диалговое окно поверх основного окна
для поисков/обходов
    output searchMenu(&graph);
    searchMenu.setModal(true);
    searchMenu.exec();
}

void GraphGenerator::tsp()
{
    // Вызываем диалговое окно поверх основного окна
для решения задачи коммивояжера
    TSP tspMenu(&graph);
    tspMenu.setModal(true);
    tspMenu.exec();
}

QPolygonF GraphGenerator::createArrowHead(const
QPointF& startPoint, const QPointF& endPoint)
{
    // Добавление наконечника стрелки:

    QPolygonF arrowHead;

    // Рассчитываем угол между горизонтальной линией и
линией между startPoint и endPoint
    qreal angle = qAtan2(endPoint.y() - startPoint.y(),
endPoint.x() - startPoint.x());
    // Длина стрелки
    qreal arrowLength = 10.0; // Измените это значение
по вашему усмотрению

    // Угол стрелки с горизонтальной линией (половина
угла)
```

```
    qreal arrowAngle = M_PI / 6.0; // 30 градусов

    // Координаты точек стрелки
    QPointF arrowP1 = endPoint - QPointF(arrowLength *
std::cos(angle + arrowAngle), arrowLength *
std::sin(angle + arrowAngle));
    QPointF arrowP2 = endPoint - QPointF(arrowLength *
std::cos(angle - arrowAngle), arrowLength *
std::sin(angle - arrowAngle));

    // Добавляем точки в полигон стрелки
    arrowHead << endPoint << arrowP1 << arrowP2;

    return arrowHead;
}

void GraphGenerator::updateSerialNumbers()
{
    int size = graph.getSize();
    QGraphicsItemGroup** groups =
graph.getMatrixOfGroups();
    for (int i = 1; i < size; i++)
    {
        foreach (QGraphicsItem *item, groups[i]-
>childItems())       // перебор контейнера
        {
            QGraphicsTextItem *textItem =
qgraphicsitem_cast<QGraphicsTextItem*>(item);
            if (textItem)
            {
                textItem-
>setPlainText(QString::number(i));     // обновляем
порядковый номер на сцене
            }
        }
    }
    scene->update();
}
#include "graphgenerator.h"

#include <QApplication>

int main(int argc, char *argv[])
{
```

```
    QApplication a(argc, argv);
    GraphGenerator w;
    w.resize(1420, 960);    // устанавливаем размер
окна по умолчанию 1420x960
    w.show();
    return a.exec();
}
#include "searchmenu.h"
#include "ui_searchmenu.h"

output::output(Graph* graph, QWidget *parent) :
    QDialog(parent), m_graph(graph),
    ui(new Ui::output)
{
    ui->setupUi(this);

    connect(ui->dfsBtn, &QPushButton::clicked, this,
&output::dfs);
    connect(ui->bfsBtn, &QPushButton::clicked, this,
&output::bfs);
    connect(ui->floydBtn, &QPushButton::clicked, this,
&output::floyd);
    connect(ui->dijkstraBtn, &QPushButton::clicked,
this, &output::dijkstra);
}

output::~output()
{
    delete ui;
}

void output::dfs()
{
    // Получаем значения с lineEdit пользовательского
интерфейса и записываем их в переменные типа int
(изменяя тип данных)
    QString startNode = ui->startLine->text();
    int start = startNode.toInt();
    std::vector<int> visited = m_graph->dfs(start);
// вызываем метод графа для обхода в глубину
    // Вывод:
    ui->outputDist->clear();
    ui->outputDist->setText("Path availability:\n");
    for (int i = 1; i < visited.size(); i++)
```

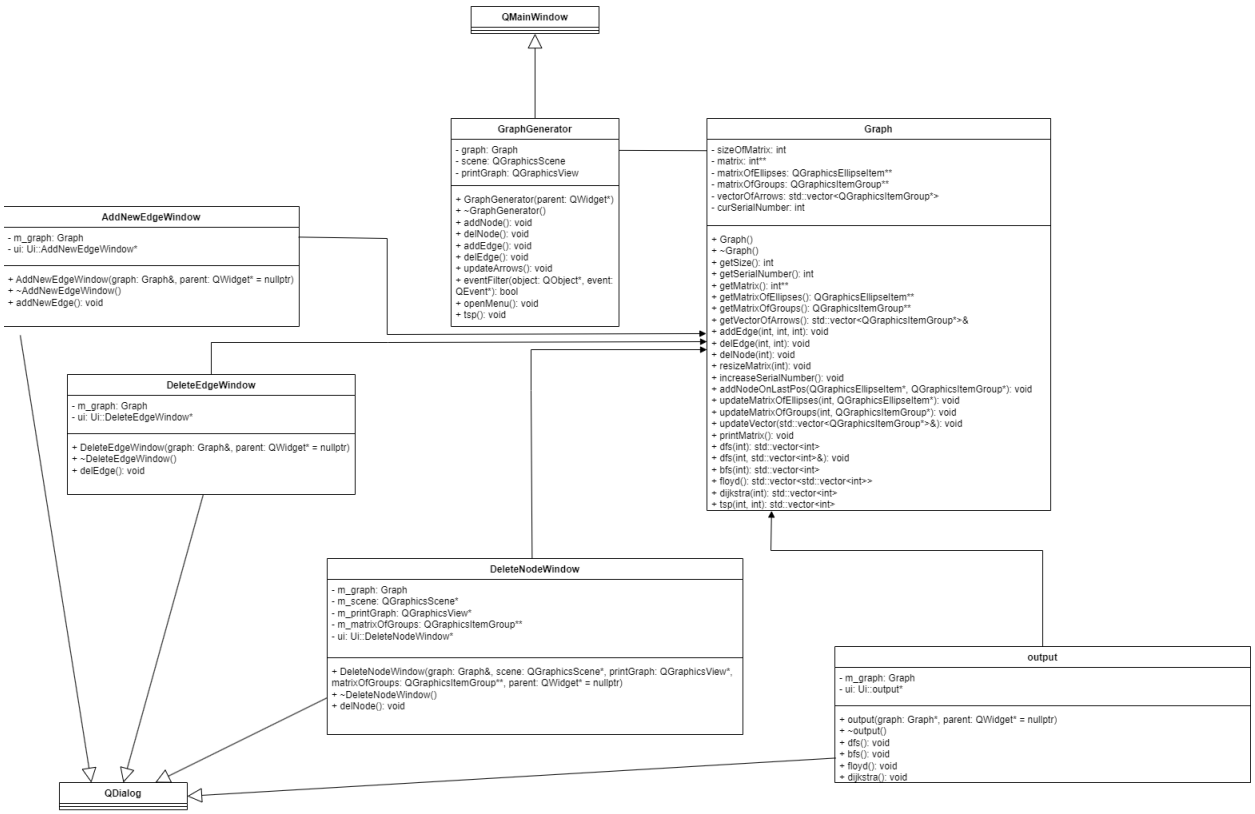
```
    {
        QString node = QString::number(i), isVisited =
QString::number(visited[i]);
        QString line;
        line.append(node).append(" :
").append(isVisited).append("\n");
        QString currentText = ui->outputDist->text();
        QString newText = currentText + line;
        ui->outputDist->setText(newText);
    }
}

void output::bfs()
{
    // Получаем значения с lineEdit пользовательского
интерфейса и записываем их в переменные типа int
(изменяя тип данных)
    QString startNode = ui->startLine->text();
    int start = startNode.toInt();
    std::vector<int> distance = m_graph->bfs(start);
// вызываем метод графа для обхода в ширину
    // Вывод:
    ui->outputDist->clear();
    ui->outputDist->setText("Minimum number of edges
from the start node:\n");
    for (int i = 1; i < distance.size(); i++)
    {
        QString from = QString::number(start), to =
QString::number(i), dist =
QString::number(distance[i]);
        QString line;
        line.append(from).append(" ->
").append(to).append(" : ").append(dist).append("\n");
        QString currentText = ui->outputDist->text();
        QString newText = currentText + line;
        ui->outputDist->setText(newText);
    }
}

void output::floyd()
{
    std::vector<std::vector<int>> distance = m_graph-
>floyd();  // вызываем метод графа для алгоритма Флойда
    // Вывод:
```

```
    ui->outputDist->clear();
    ui->outputDist->setText("Shortest path from each
node to each node");
    QString text;
    text.append("     ");
    for (int i = 0; i < m_graph->getSize() - 1; i++)
    {
        text.append(QString::number(i +
1)).append(QString(" ").repeated(4 -
QString::number(i).length()));
    }
    text.append("\n");

    for (int i = 0; i < m_graph->getSize() - 1; i++)
    {
        text.append(QString::number(i +
1)).append(QString(" ").repeated(4 -
QString::number(i).length()));
        for (int j = 0; j < m_graph->getSize() - 1; j+
+)
        {
            QString dist;
            dist = QString::number(distance[j][i]);
            if (distance[j][i] == 1e9)
            {
                dist = "_";
            }
            text.append(dist).append(QString("
").repeated(4 - dist.length()));
        }
        text.append("\n");
    }
    ui->outputDist->setText(text);
}

void output::dijkstra()
{
    // Получаем значения с lineEdit пользовательского
интерфейса и записываем их в переменные типа int
(изменяя тип данных)
    QString startNode = ui->startLine->text();
    int start = startNode.toInt();
    std::vector<int> distance = m_graph-
>dijkstra(start);   // вызываем метод графа для
```

```
алгоритма Дейкстры
    // Вывод:
    ui->outputDist->clear();
    ui->outputDist->setText("Minimum number of edges
(considering the minimumpath length)\nfrom the start
node:\n");
    for (int i = 1; i < distance.size(); i++)
    {
        QString from = QString::number(start), to =
QString::number(i), dist =
QString::number(distance[i]);
        QString line;
        line.append(from).append(" ->
").append(to).append(" : ").append(dist).append("\n");
        QString currentText = ui->outputDist->text();
        QString newText = currentText + line;
        ui->outputDist->setText(newText);
    }
}
#include "tsp.h"
#include "ui_tsp.h"

TSP::TSP(Graph* graph, QWidget *parent) :
    QDialog(parent), m_graph(graph),
    ui(new Ui::TSP)
{
    ui->setupUi(this);

    connect(ui->solveBtn, &QPushButton::clicked, this,
&TSP::tsp);
}

void TSP::tsp()
{
    // Получаем значения с lineEdit пользовательского
интерфейса и записываем их в переменные типа int
(изменяя тип данных)
    QString getFrom = ui->fromLine->text();
    int from = getFrom.toInt();
    QString getTo = ui->toLine->text();
    int to = getTo.toInt();

    std::vector<int> path = m_graph->tsp(from, to);
// вызов метода для решения задачи коммивояжера
```

```
    std::reverse(path.begin(), path.end());      // "переворачиваем" вектор

    QString outputText = QString::number(path[1]);  // в path[0] промежуточный город (to)
    // если для узлов from -> to невозможно решить задачу коммивояжера, то вывод будет не совсем корректный
    for (int i = 2; i < path.size(); i++)
    {
        outputText += "->" + QString::number(path[i]);
    }
    ui->outputLabel->setText(outputText);    // выводим маршрут решения
}

TSP::~TSP()
{
    delete ui;
}
```

UML-диаграмма



Пример работы

https://www.youtube.com/watch?v=sIjwo-KzAus