

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЕРА В EXCEL И С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС

Цель работы: научиться использовать excel для в отыскания самого короткого маршрута, проходящего через заданные города по одному разу с последующим возвратом в исходный город (также рассмотрим вариант без возврата).

Задание 2.1. Решение задачи коммивояжера в EXCEL

Мощным средством анализа данных MS Excel является надстройка «Поиск решения». С ее помощью можно определить, при каких значениях указанных влияющих ячеек формула в целевой ячейке принимает нужное значение (минимальное, максимальное или равное какой-либо величине). Для процедуры поиска решения можно задать ограничения, причем не обязательно, чтобы при этом использовались те же влияющие ячейки, данные которых, определяют значение целевой ячейки. Для расчета заданного значения применяются различные математические методы поиска. Вы можете установить режим, в котором полученные значения переменных автоматически заносятся в таблицу. Кроме того, результаты работы программы могут быть оформлены в виде отчета.

Программа Поиск решений – дополнительная надстройка табличного процессора MS Excel, которая предназначена для решения определенных систем уравнений, линейных и нелинейных задач оптимизации, используется с 1991 года.

Размер задачи, которую можно решить с помощью базовой версии этой программы, ограничивается такими предельными показателями: количество неизвестных (decision variable) – 200; количество формульных ограничений (explicit constraint) на неизвестные – 100; количество предельных условий (simple constraint) на неизвестные – 400.

Постановка задачи коммивояжера, которую необходимо решить посредством надстройки «Поиск решения» методом полного перебора следующая:

«Сотруднику компании ГП «Проектный институт Белгипрозем» Петрову Н.И. необходимо установить границы земельных участков в населенных пунктах: А, Б, В, Г и Д. Он решил начать свой обход с объекта в поселке «А», так как поселок находится непосредственно на трассе из областного центра, в котором проживает Петров. Сотруднику необходимо, спланировать свой маршрут таким образом, чтобы к концу рабочего дня посетить все населенные пункты в определенном порядке и выполнив свою работу, вернуться домой (через пункт «А»). В каком порядке Петрову следует обходить организации, чтобы его замкнутый тур был кратчайшим? Если расстояния между каждой парой организаций заданы следующей квадратной матрицей (5x5):

$$\begin{pmatrix} \infty & 7 & 2 & 9 & 7 \\ 5 & \infty & 3 & 9 & 1 \\ 4 & 8 & \infty & 5 & 3 \\ 5 & 6 & 4 & \infty & 7 \\ 7 & 6 & 3 & 7 & \infty \end{pmatrix}$$

2.1. Выполнение задания

2.1.1 Подготовка данных

Разместить исходные данные на рабочем листе (рис 2.1). Заменить знак ∞ числом 10000 (на результат решения исключение пути не оказывает влияния).

	A	B	C	D	E	F	G	H	
1									
2	Матрица переменных								
3		A	B	B	Г	Д	Ограничения		
4	A						0		
5	B						0		
6	B						0		
7	Г						0		
8	Д						0		
9	Ограничения	0	0	0	0	0			
10	Переменные								
11	Матрица расстояний								
12		A	B	B	Г	Д			
13	A	10000	7	2	9	7			
14	B	5	10000	3	9	1			
15	B	4	8	10000	5	3			
16	Г	5	6	4	10000	7			
17	Д	7	6	3	7	10000			
18									
19	Целевая функция	0			0	исключение пути			
20									
21	Дополнительные ограничения								
22		B	B	Г	Д				
23	B	0	0	0	0				
24	B	0	0	0	0				
25	Г	0	0	0	0				
26	Д	0	0	0	0				
27									
28									

Рисунок 2.1 Исходные данные задачи

Ввести формулы из таблицы 2.1

Таблица 2.1. Формулы ограничений

Ячейка	Формула	Примечание
B9	=СУММ(B4:B8)	Распространить на диапазон B9:F9
G4	=СУММ(B4:F4)	Распространить на диапазон G4:G8
C19	=СУММПРОИЗВ(B4:F8;B13:F17)	Целевая функция
E19	=B4+C5+D6+E7+F8	Исключение пути
B23	=\$C\$10-C10+4*C5	Распространить на диапазон B23:E23
B24	=\$D\$10-C10+4*C6	Распространить на диапазон B24:E24
B25	=\$E\$10-C10+4*C7	Распространить на диапазон B25:E25
B26	=\$F\$10-C10+4*C8	Распространить на диапазон B26:E26

2.1.2. Поиск решения задачи

1. Запустить надстройку MS Excel «Поиск решения» командой Сервис/Поиск решения и заполнить поля согласно рисунку (рис. 2.2).

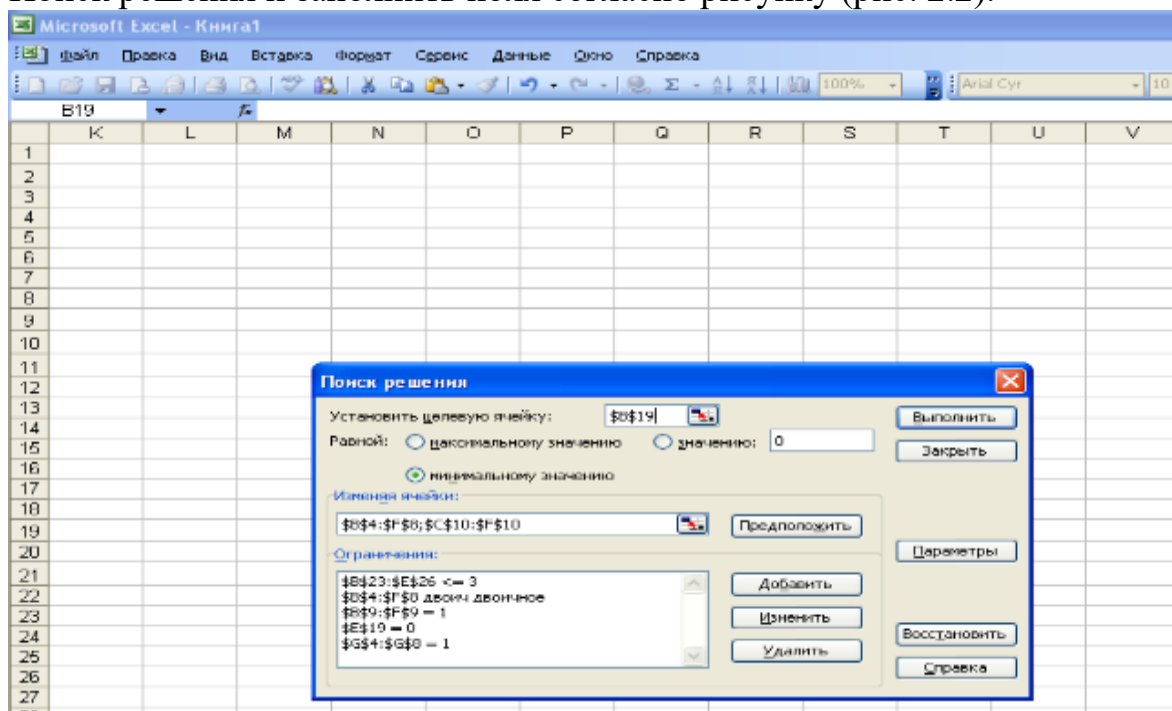


Рисунок 2.2 Окно «Поиск решения»

2. Для того чтобы выполнялись условия однократного посещения сотрудником организаций и в то же время запланированный Петровым маршрут был пройден полностью, введем ограничения: в строки В9, G4 заводим формулы из таблицы 1 и распространить их на соответствующие диапазоны В9:F9 и G4:G8. Задать следующие данные $B\$9:\$F\$9=1$ и $\$G\$4:\$G\$8=1$ в Ограничения окна «Поиск решения». Таким образом, мы можем отследить порядок обхода организаций сотрудником, оценить правильность выбора и оптимальность его маршрута.

3. Выбрать ячейку В19 и установить ее адрес в Целевую ячейку окна «Поиск решения», чтобы определить длину наикратчайшего маршрута. Для этого в ячейку В19 предварительно занести соответствующую формулу из таблицы 2.1. Когда программа «Поиск решения» вычислит оптимальный маршрут Петрова и станет известен порядок обхода организаций (из Матрицы переменных) будут известны и расстояния между конкретными парами организаций. Затем при помощи простых математических подсчетов программа рассчитает протяженность оптимального маршрута.

4. Установить еще одно ограничение в окно «Поиск решения»: $\$E\$19=0$. В указанную ячейку ввести формулу из таблицы 2.1, что исключает заведомо ложный порядок движения Петрова в порядке обхода организаций.

5. В связи с тем, что ячейки диапазона В4:F8 – изменяемые, в Ограничение окна «Поиск решения» необходимо добавить строку $B\$4:\$F\$8=\text{двоичное}$.

6. Ввести в ячейки В23; В24; В25; В26 соответствующие формулы из таблицы 1 и распространить их на следующие диапазоны: В23:E23 В24:E24; В25:E25; В26:E26 для учета всех возможных вариантов обхода организаций сотрудником и выбора из них оптимального. Формулы задать таким образом, чтобы обеспечить исключение ложного пути, соблюдая условие задачи об обходе всех организаций по одному разу.

7. Добавить в Ограничения окна «Поиск решения» $B\$23:\$E\$26 \leq 3$.

Так как это линейная модель, то необходимо фиксировать в окне Параметры поиска решений на позицию Линейная модель и Неотрицательные значения (рис. 2.3). После того, как все поля и ячейки заполнены нажать кнопку «Выполнить» и появляется окно диалога с описанием результатов процесса оптимизации. Чтобы отобразить найденное решение в ячейках листа, установить переключатель «Сохранить найденное решение» и нажать кнопку ОК. Найденная минимальная величина помещается в целевую ячейку, а переменные ячейки заполняются оптимальными значениями переменных, которые удовлетворяют установленным ограничениям.

Таким образом, будет получен следующий результат. Если Петров переходит из пункта в пункт, то на рис. 2.4 в диапазоне В4:F8 будет отражен порядок его перемещений. Если в ячейке, которая отнесена к пункту «В» стоит единица, значит сотрудник посетил эту его следующим за пунктом «А». Если в ячейке ноль – сотрудник организацию не посещал.

В результате анализа полученных результатов, следует: наиболее оптимальным маршрут Петрова будет в том случае, если он начал свой путь с

пункта «А», посетит другие пункты в следующем порядке «В», затем «Г», далее «Б» и «Д», из которой вернется к началу своего пути (в организацию «А»). Длина кратчайшего маршрута (значение целевой ячейки) в результате составит – 21. Задача решена. Кратчайший маршрут Петрова найден.

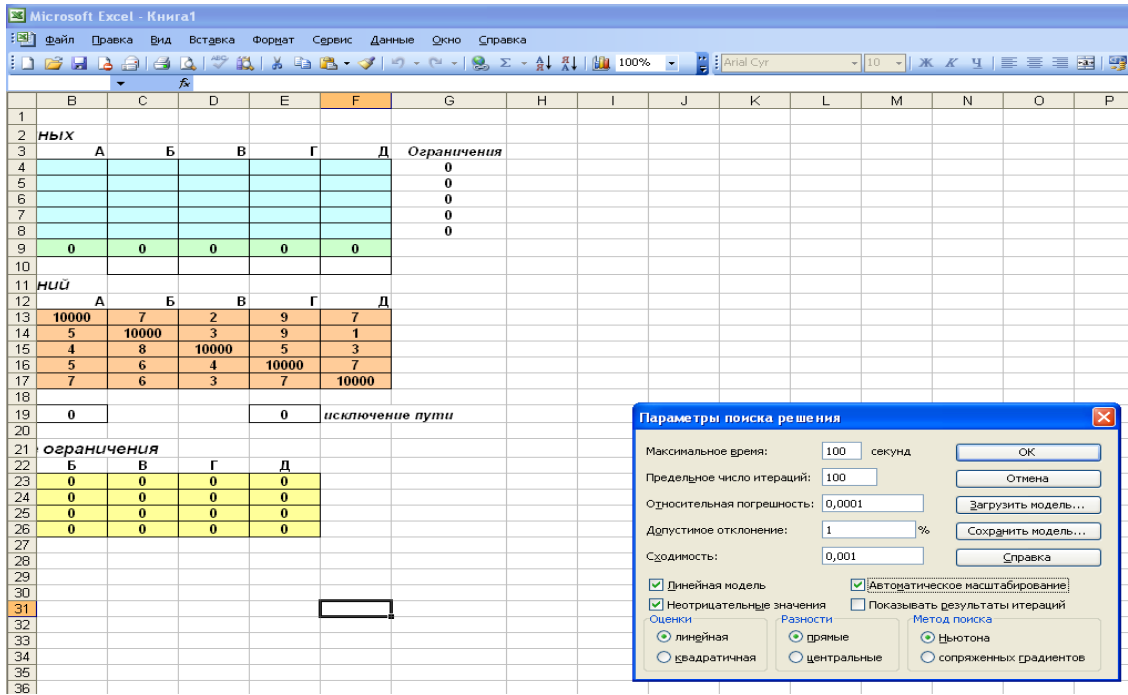


Рисунок 2.3 Окно «Параметры поиска решения»

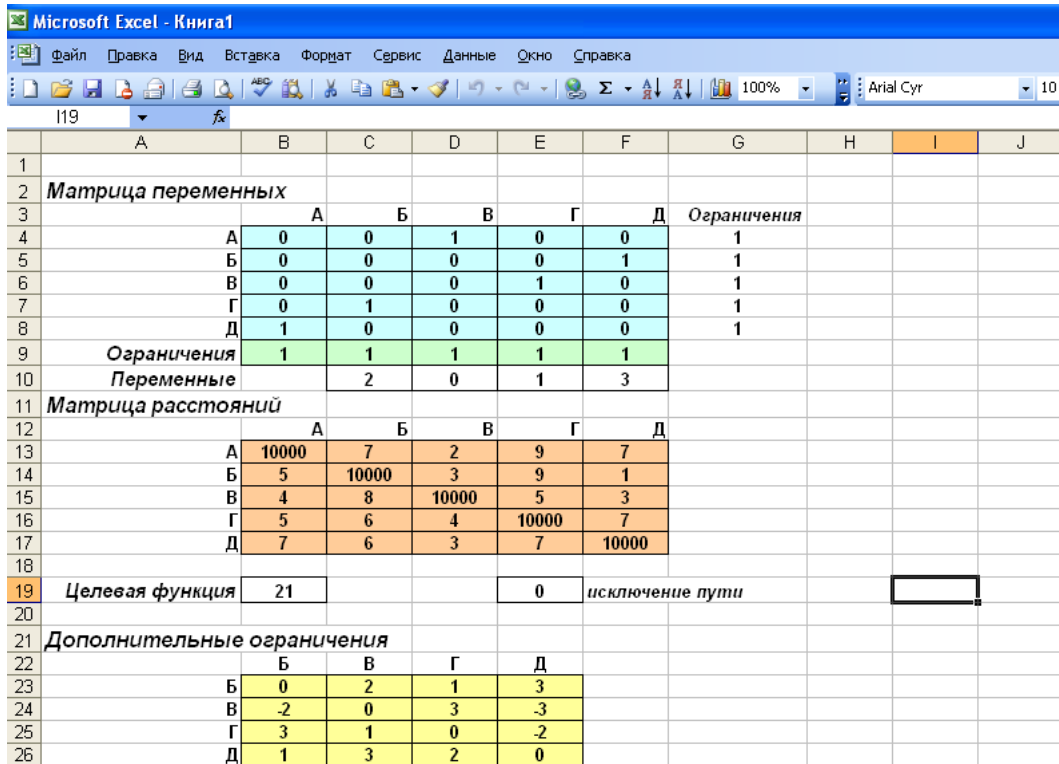


Рисунок 2.4 Результаты решения задачи коммивояжера

Задание 2.2. Использование функций сетевого анализа ГИС

Цель задания — научиться решать простые задачи сетевого анализа в ГИС.

Исходные данные: наборы пространственных данных о дорожной сети, созданные на основе выгрузки с OpenStreetMap на территорию города по варианту.

Результат: Маршрут между двумя точками назначения Матрица источник-назначение для складов и точек продажи

Задание посвящено знакомству с сетевым анализом реализованным средствами ГИС. Задачи, предлагаемые в задании, связаны с определением оптимальных маршрутов, определением ближайших сервисных точек. Данные задачи активно используются в логистике — оптимизации перевозок.

В основе решения этих задач лежит сетевая модель данных, являющаяся частным случаем векторной модели. В сетевой модели дорожная сеть представляется в виде графа.

2.2. Выполнение задания

2.2.1 Добавление исходных данных

Скопируйте материалы к упражнению (файл GeoPackage) в свою рабочую директорию. Создайте проект QGIS и сохраните его в свою рабочую директорию. Добавьте в проект слои *RoadNetwork* (улично-дорожная сеть) и *Buildings* (здания и сооружения) (рис 2.5). Оба этих слоя подготовлены на основе данных OpenStreetMap.

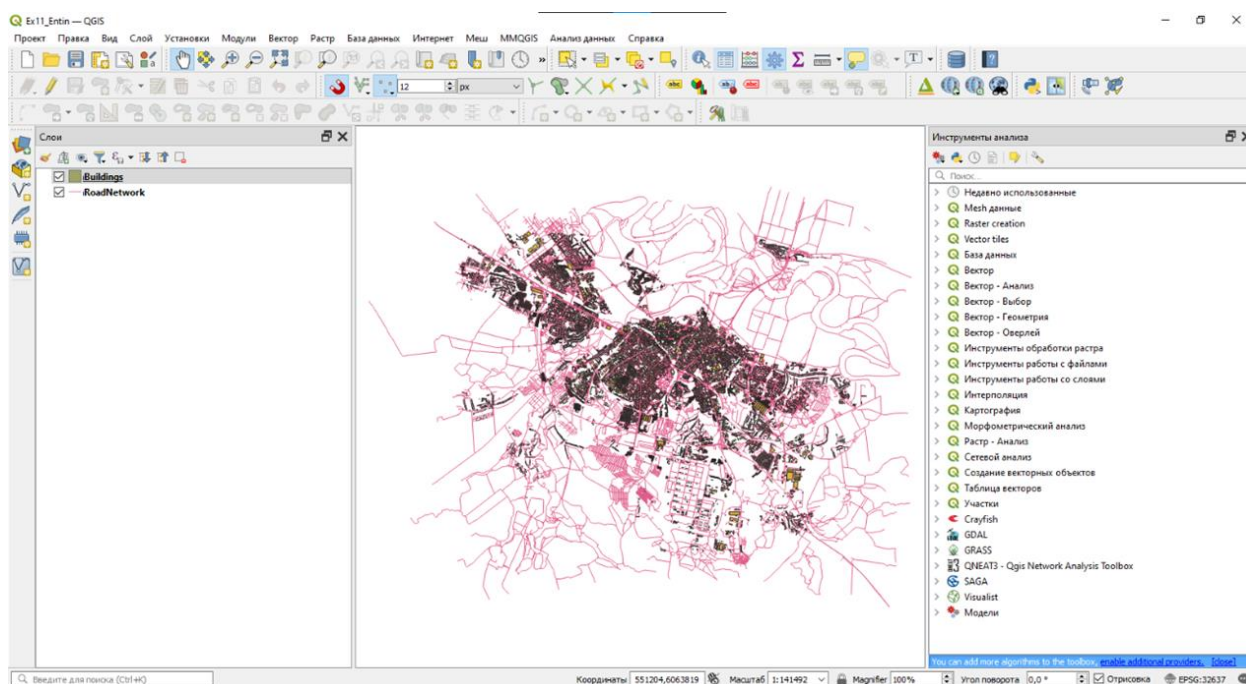


Рис. 2.5. Добавленные данные в проект.

Задайте следующие настройки отображения слоёв:

- Улично-дорожная сеть — линии серого цвета (60 % светлоты) толщиной 0,26 мм;
- Здания и сооружения — полигоны серого цвета (80 % насыщенности) без обводки

Задайте подписи слоёв. Для этого откройте свойства соответствующего слоя, перейдите на вкладку «Подписи» и измените стиль подписей с *No labels* на *Single labels* (рис 2.6). Изучите доступные настройки подписей. Задайте следующие параметры подписей:

- Для слоя дорожной сети: подписи по полю Name, кегль (размер) шрифта — 8 типографских пунктов, остальные параметры по умолчанию;
- Для слоя зданий и сооружений: подписи по полю addr:housenumber, кегль (размер) шрифта — 6 типографских пунктов, остальные параметры по умолчанию.

При выполнении настроек необходимо учитывать, что в некоторых версиях QGIS в интерфейсе настройки подписей некорректно переведено название единиц измерения — вместо правильного «Пункты» написано «Точки». Как правило, эти единицы используются по умолчанию, поэтому даже в случае некорректного перевода у вас не должно возникнуть проблем.

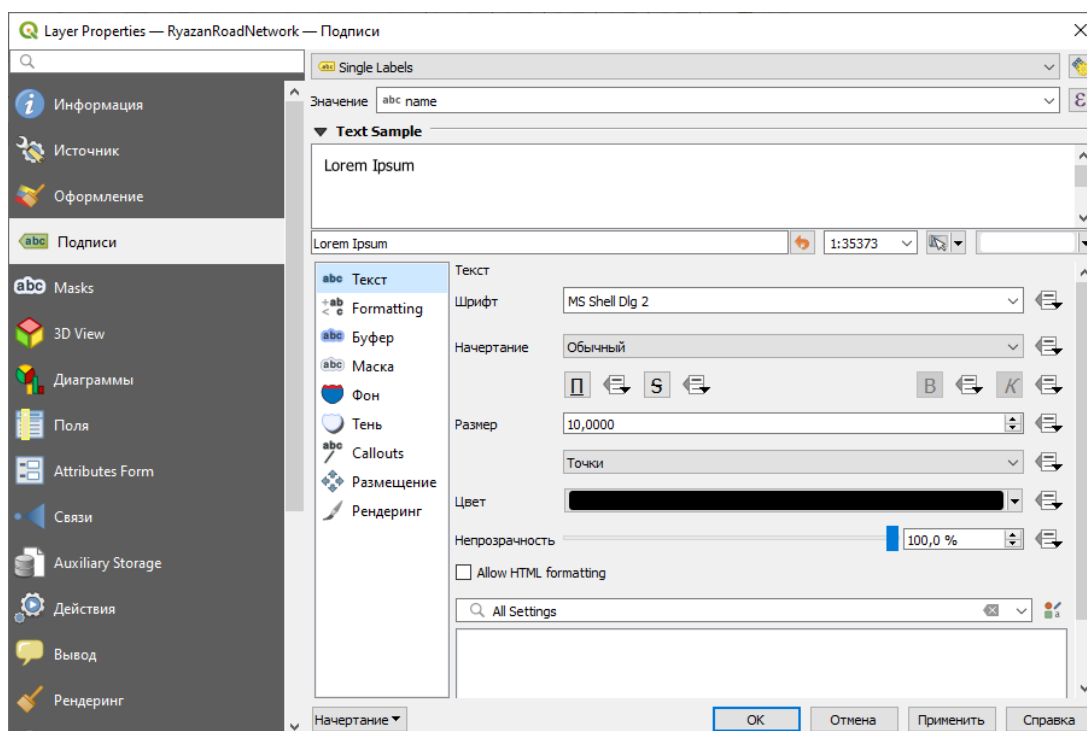


Рис 2.6. Настройка подписей слоёв.

Увеличьте масштаб изображения до 1:5000 и сделайте снимок экрана (рис 2.7).

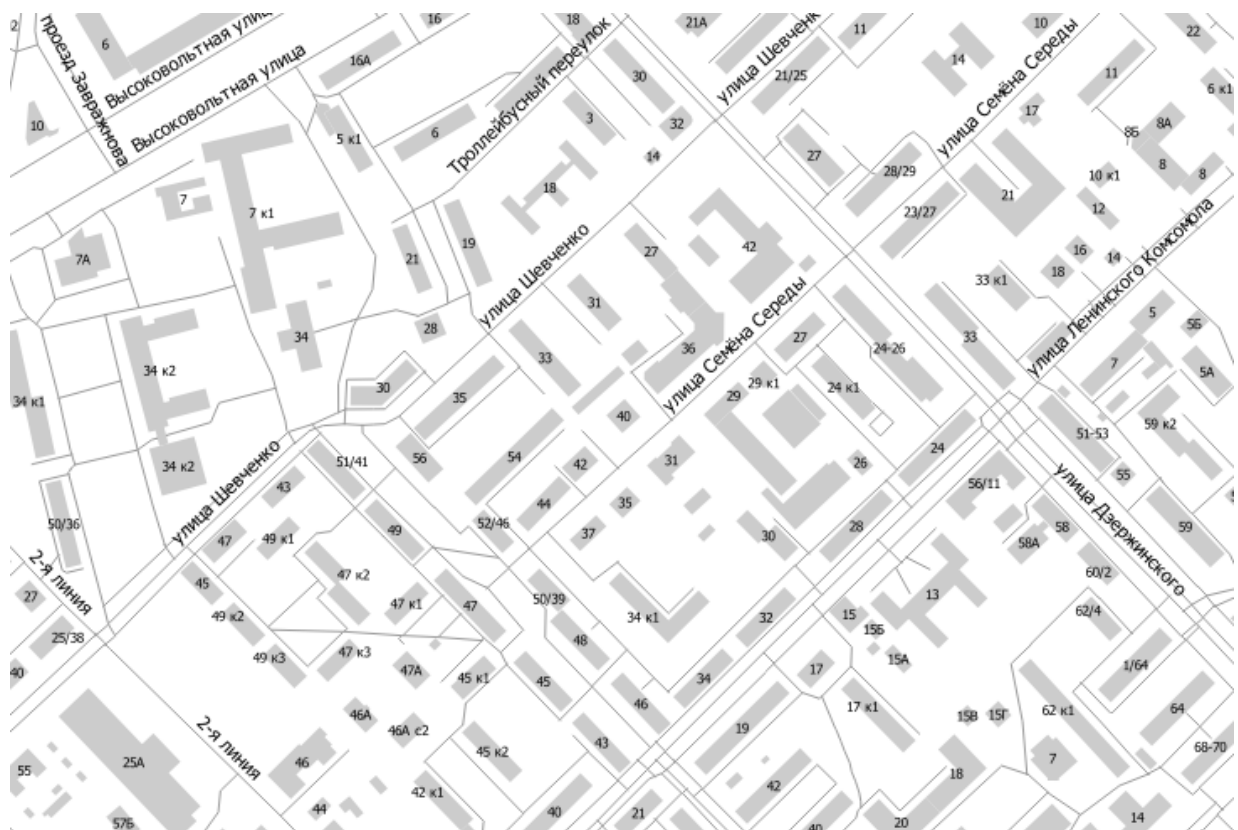


Рис 2.7. Снимок экрана после настройки символов и подписей.

2.2.2. Выбор элементов дорожной сети

В рамках этого задания рассмотрено решение задачи логистики на примере движения автомобилей. Однако исходный набор данных об улично-дорожной сети, содержит не только действующие автомобильные дороги, но и другие типы объектов. Тип объекта хранится в поле `highway`. В таблице ниже перечислены значения атрибута `highway` для тех объектов, которые не должны участвовать в анализе.

Значения атрибута <code>highway</code>	Пояснение
<code>construction</code>	строящиеся дороги
<code>cycleway</code>	велодорожки
<code>footway, pedestrian</code>	пешеходные дороги и тротуары
<code>path</code>	тропы
<code>proposed</code>	планируемые дороги
<code>raceway</code>	гоночные треки
<code>steps</code>	лестницы

Составьте запрос, чтобы выбрать в слое `RyazanRoadNetwork` все объекты, **кроме** перечисленных выше. Это можно сделать разными

способами: с использованием оператора \neq (не равно) или оператора IN (содержит).

Сохраните выборку в новый набор данных формата GeoPackage (правой кнопкой мыши на слой — «Экспорт...» — «Сохранить выбранные объекты как...»). Сохраните новый GeoPackage в вашу рабочую директорию и присвойте ему имя по шаблону RoadNetwork_ %Фамилия%. Укажите, что слой необходимо добавить в проект после сохранения

Когда новый слой будет добавлен к проекту, измените настройки его визуализации: установите толщину линий равной 0,26 мм, а цвет — любой, кроме того, который уже используется для улично-дорожной сети.

Сделайте снимок экрана.

2.2.3. Построение маршрута

Для QGIS Существует несколько подключаемых модулей, которые позволяют решать задачи сетевого анализа. Одним из самых простых является модуль [QNEAT3](#).

В отличие от «продвинутых» программных продуктов, таких, как ArcGIS, большинство модулей для сетевого анализа в QGIS не требуют представления графа дорожной сети в виде отдельной сущности. Вместо этого такой граф создаётся непосредственно в процессе работы инструментов на основе векторного линейного набора объектов.

1. Установить модуль QNEAT3. Откройте панель инструментов анализа и убедитесь, что в неё добавилась группа инструментов QNEAT3 (рис 2.8).

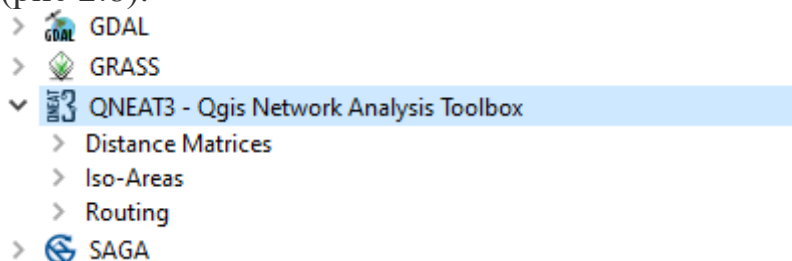


Рис 2.8. Инструменты QNEAT3

Для построения маршрута между двумя точками используется инструмент **Shortest path (point to point)** из группы *Routing* набора QNEAT3.

Найдите здание вокзала (Вокзальная улица, 26А) и **Музыкальный колледж** (улица Дзержинского, 42). Запомните расположение этих зданий. Подсказка: названия зданий и их адреса могут быть указаны в таблице атрибутов.

Запустить инструмент **Shortest path (point to point)**. Откроется интерфейс настройки инструмента (рис 2.9).

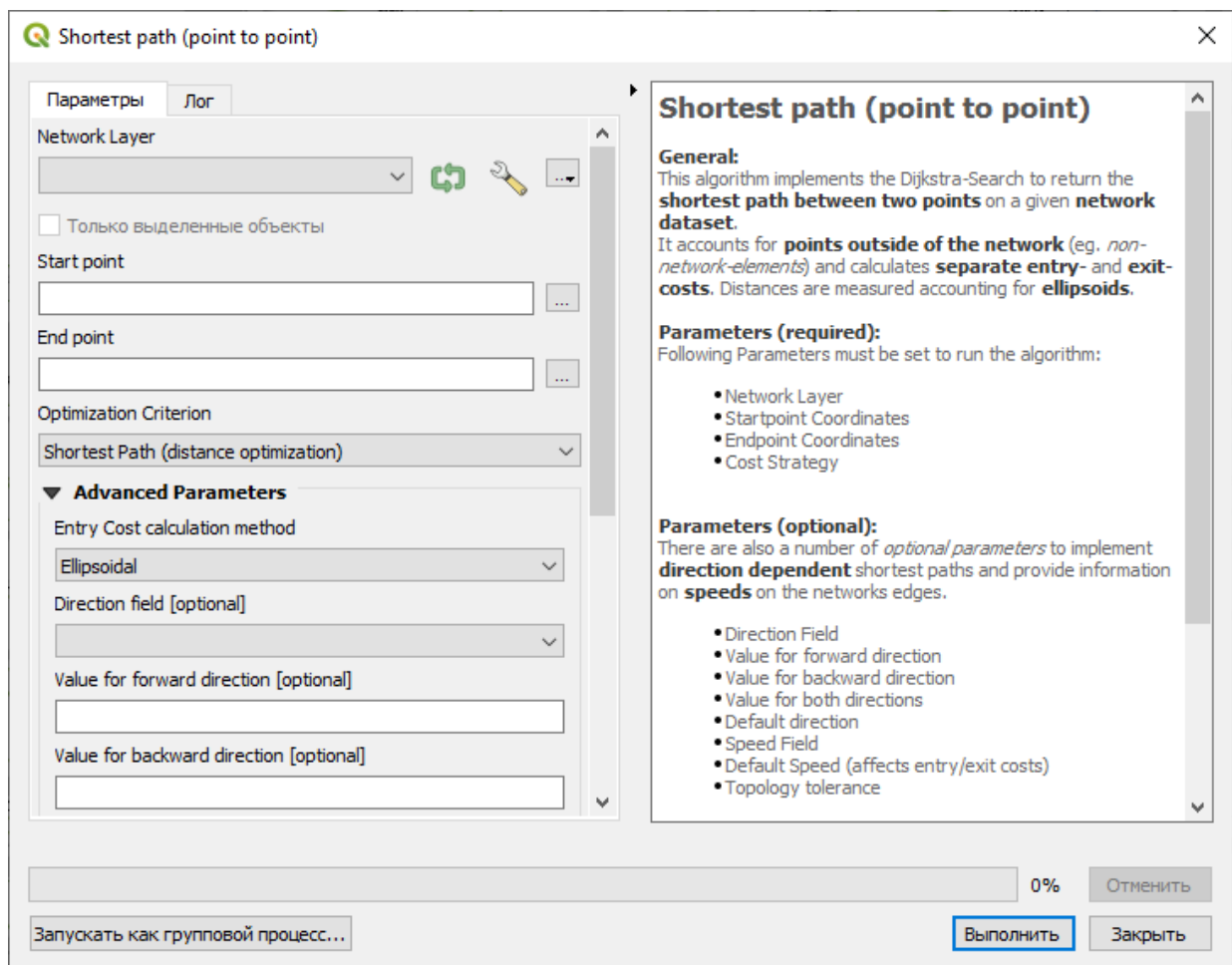


Рис 2.9 Настойка параметров построения маршрута

В качестве слоя дорожной сети (*Network Layer*) указать набор данных, который был создан на предыдущем шаге. Чтобы указать начальную точку маршрута, нажать многоточие справа от поля ввода *Start point*. Интерфейс настройки инструмента будет свёрнут, а курсор в окне QGIS примет вид мишени. Найти здание вокзала и щёлкнуть левой кнопкой мыши в произвольном месте внутри здания. Координаты курсора будут считаны и введены в поле *Start point*.

Аналогичным образом указать конечную точку маршрута в пределах здания музыкального колледжа.

Проверить, что в качестве критерия оптимизации указано *Shortest Path* (кратчайшее расстояние), а выходной набор данных сохраняется во временный файл. Запустить инструмент. Дождаться, пока будет рассчитан кратчайший маршрут, и не закрывать интерфейс инструмента — потребуется снова, но будут изменены параметры.

Построенный кратчайший маршрут появится в таблице слоёв как временный слой с названием *Shortest Path Layer*. Изменить стиль этого слоя на линию красного цвета толщиной 1 мм. Отобразить карту в охвате слоя *Shortest Path Layer* (рис 2.10).

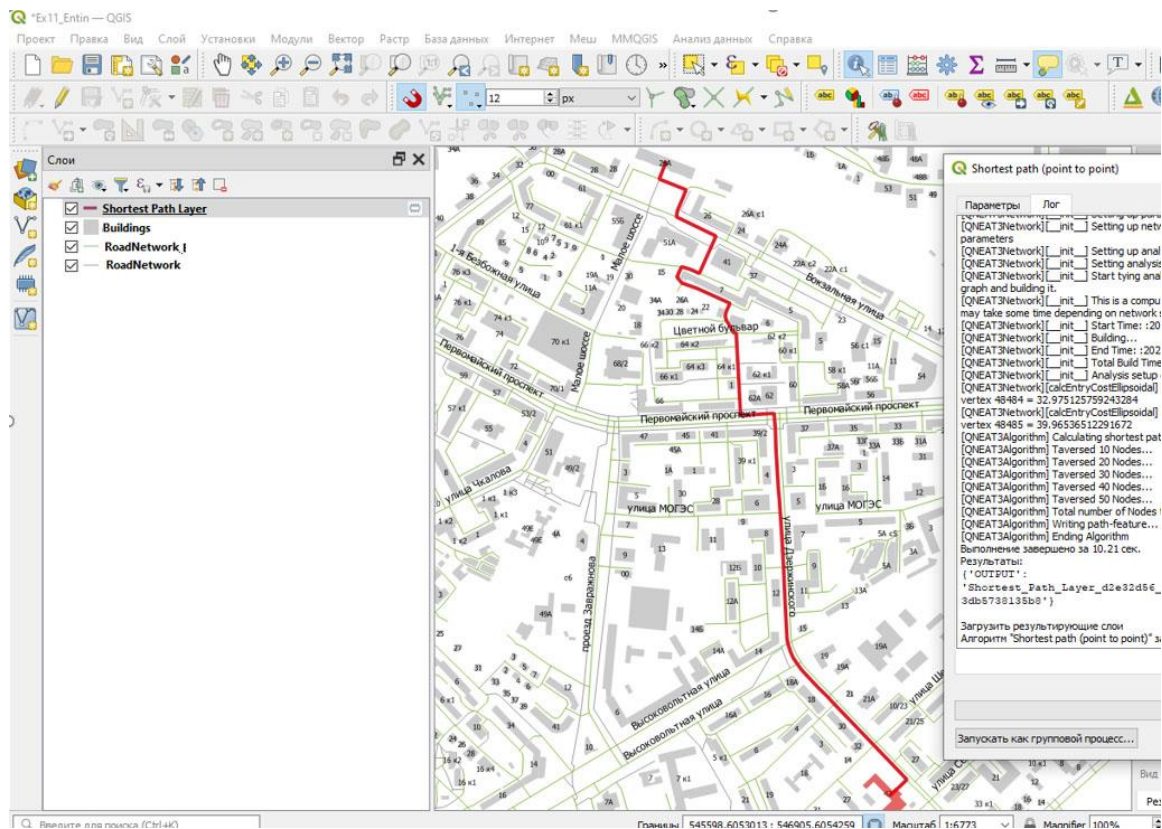


Рис 2.10. Кратчайший маршрут

При построении этого маршрута учитывались только длины сегментов пути, но не учитывались характерные скорости и разрешённые направления движения. На следующих шагах мы внесём соответствующие коррективы.

Открыть таблицу атрибутов слоя дорожной сети и изучить её содержимое.

Вернуться в интерфейс инструмента **Shortest path (point to point)** (напомним, что его не нужно было закрывать).

Изменить критерий оптимизации с кратчайшего пути на наиболее быстрый путь.

В настройке *Direction field* указать в каком поле содержится информация о разрешённых направлениях движения. В следующих полях ввести значения, соответствующие разрешённым направлениям: `yes` для движения только в прямом направлении, `-1` для движения только в обратном направлении, `no` для разрешения движения в обоих направлениях.

В настройке *Speed field* укажите, из какого поля следует взять разрешённую скорость движения.

Примечание: обратите внимание, в каких единицах измеряется скорость в исходных данных и какие единицы требуются на вход модулю QNEAT. При необходимости воспользуйтесь калькулятором полей, чтобы преобразовать единицы измерения.

Снова запустить расчёт пути. Дождаться, пока инструмент завершит работу, и новый временный слой будет добавлен в проект. После этого окно инструмента можно закрыть.

Переименовать добавленный слой в *Fastest Path Layer* и измените его отображение на линию синего цвета толщиной 1 мм (рис.2.11).

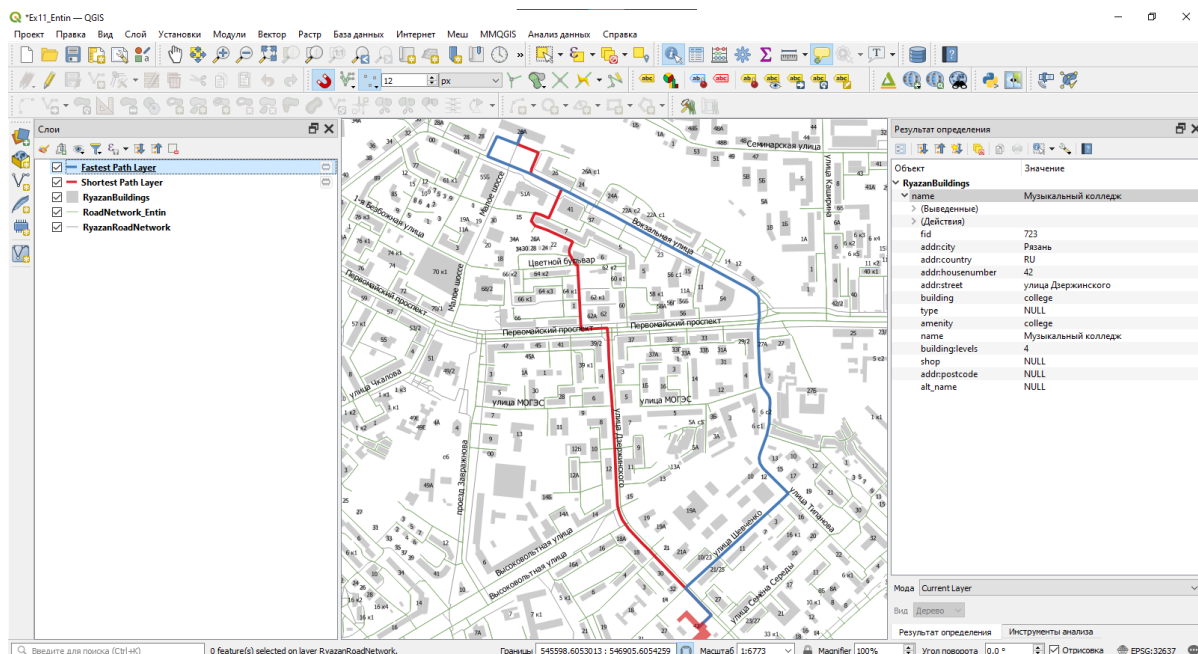


Рис 2.11. Кратчайший и быстрый маршруты

Самостоятельно повторить расчёт маршрутов по кратчайшему расстоянию и скорейшему времени для одной из пар «источник-назначение». Сохраните. Создайте карту-схему построенных путей с масштабной линейкой и легендой. Вставьте эту схему в отчётный файл