

Санкт-Петербургский государственный университет

Кафедра информационно-аналитических систем

Руденко Дмитрий Андреевич

Определение критических перегонов в  
транспортной системе города  
Санкт-Петербург

Бакалаврская работа

Научный руководитель:  
к.ф.-м.н. Графеева Н. Г.

Рецензент:  
программист ООО "Интеллиджей Лабс" Моисеенко Е. А.

Санкт-Петербург  
2018

# Оглавление

Введение	3
1. Постановка задачи	4
2. Исходные данные	5
3. Обзор существующих работ	7
4. Технология определения критических перегонов в рамках отдельного маршрута	9
5. Технология определения критических перегонов в рамках групп маршрутов	10
6. Инструмент для вычисления критических перегонов	13
7. Результаты экспериментов	18
Заключение	30
Список литературы	31

# Введение

Современное общество характеризуется активными коммуникационными процессами. Информационные технологии во многом определяют качество жизни населения. Однако, все процессы движения во времени: вещества, энергии и информации - напрямую зависят от процессов перемещения людей[10] Можно сказать, что этот процесс является жизненно необходимой функцией в масштабах всего города.

Но города возникли, и они развиваются, обеспечивая эффективное взаимодействие людей. Основная проблема городов-мегаполисов – как создать настолько эффективную транспортную сеть, чтобы жители могли перемещаться из одной точки в другую с минимальными затратами по времени и денежным ресурсам. Кроме того, каждая построенная сеть становится индивидуальной в зависимости от конкретного населенного пункта и изменяется со временем, и не всегда в лучшую сторону.[6]

Сегодня улично-дорожная система во всех городах России, в том числе и Санкт-Петербурге, испытывает значительные нагрузки в виде образования огромного количества сетевых заторов. В 1978 году наилучшим способом разгрузки дорожного движения считался алгоритм "управления очередями"[5]. Но используемые методики не предназначены для случаев их функционирования в условиях насыщения транспортной сети. Опыт современных российских и зарубежных специалистов показывает, что борьба с сетевыми заторами сводится к борьбе с критическими перегонами на маршрутах. Таким образом, очевидна актуальность темы дипломной работы, связанной с созданием инструмента по выявлению критических перегонов с целью разгрузки транспортной системы.

# 1. Постановка задачи

Целью данной работы является нахождение наиболее "узких" мест в транспортной системе г.Санкт-Петербург.

Поэтому в данной работе задачами являются:

- провести предварительный анализ транспортных потоков г.Санкт-Петербург;
- разработать технологию определения критических перегонов;
- создать инструмент для поиска критических перегонов;
- найти критические перегоны.

## 2. Исходные данные

Исходными данными было время прохождения маршрутов с разбивкой по 15-минутным интервалам с 5:30 до 1:00, предоставленные в ходе выполнения государственного контракта по заказу Организатора Перевозок Санкт-Петербурга[7].

Однако, для вычисления потерь транспортного времени на маршруте, нам также необходимы задержки по временному интервалу каждого перегона. Для этого необходимо вычислить "эталонный" маршрут, а затем вычесть из реальных показателей показатели "эталонного".

Чтобы получить "эталонный" маршрут, наши коллеги вычислили среднее между временными показателями маршрутов раннего утра и позднего вечера. Если после вычитания какое-то из значений задержек становилось меньше нуля, ему присваивали ноль.

Таким образом удалось получить таблицы задержек по каждому маршруту:

№ перегона	№ маршрута	Вид транспорта	Нач. станция	START	STO	Кон. станция	День	Направление	7-00_10-00	10-00_13-30	13-30_17-00	17-00_20-00
1	20	Трамвай	Финляндс	16130	Ул. Комис	будний	обратный	0,21	0,24	0,56	1,42	
2	20	Трамвай	Ул. Комис	21665	Нейшлотс	будний	обратный	0,24	0,17	0,12	1,81	
3	20	Трамвай	Нейшлотс	21663	Метро "В	будний	обратный	0,13	0,07	0	1,38	
4	20	Трамвай	Метро "В	21662	Литовская	будний	обратный	0	0	0	0,57	
5	20	Трамвай	Литовская	16168	Ул. Алекс	будний	обратный	0,07	0,38	0,44	0,21	
6	20	Трамвай	Ул. Алекс	16164	Кантемир	будний	обратный	0,07	0,29	0,41	0,81	
7	20	Трамвай	Кантемир	16161	1-й Мури	будний	обратный	0,02	0	0	0,06	
8	20	Трамвай	1-й Мури	16948	Большой	будний	обратный	0,56	0,36	0,04	0,35	
9	20	Трамвай	Большой	16966	Сердобол	будний	обратный	0,87	0	0,1	4,76	
10	20	Трамвай	Сердобол	16196	Пр. Паркс	будний	обратный	0	0	0,06	2,49	
11	20	Трамвай	Пр. Паркс	16148	Объедине	будний	обратный	0	0	0	0,86	
12	20	Трамвай	Объедине	16143	Манчесте	будний	обратный	0	0,45	1,02	0,78	
13	20	Трамвай	Манчесте	16139	Енотаевс	будний	обратный	0,12	0,23	0,39	0,48	
14	20	Трамвай	Енотаевс	16211	Рашетова	будний	обратный	0,24	0,7	1,3	1,34	
15	20	Трамвай	Рашетова	16061	Пенсионн	будний	обратный	0,31	0,14	0,32	0,22	
16	20	Трамвай	Пенсионн	16057	Поклонна	будний	обратный	0,04	0,1	0,13	1,3	
17	20	Трамвай	Поклонна	16053	Метро "О	будний	обратный	0	0	0	0,44	
18	20	Трамвай	Метро "О	16049	Пр. Лунач	будний	обратный	0,14	0,44	0,25	1,36	
19	20	Трамвай	Пр. Лунач	16111	Ул. Есени	будний	обратный	0	0,03	0,05	0,16	
20	20	Трамвай	Ул. Есени	15997	Детская м	будний	обратный	0,08	0,2	0,05	0,25	
21	20	Трамвай	Детская м	24309	Пр. Худож	будний	обратный	0	0	0,08	0,01	
22	20	Трамвай	Пр. Худож	15994	Ул. Рудне	будний	обратный	0,21	0	0,08	0,08	
23	20	Трамвай	Ул. Рудне	15993	Пр. Культ	будний	обратный	0,18	0,19	0,12	0,13	
24	20	Трамвай	Пр. Культ	16131	Пр. Культ	будний	обратный	0,97	0,05	0,03	0,93	
25	20	Трамвай	Пр. Культ	16129	Пр. Просв	будний	обратный	0,14	0,16	0	0	
26	20	Трамвай	Пр. Просв	16216	Пр. Культ	будний	обратный	0,09	0	0	0	
27	20	Трамвай	Пр. Культ	16118	Придоро	будний	обратный	0	0	0,05	0,46	

Рис. 1: Пример задержек по маршруту трамвая №20

№ пересг	№ маршрута	Вид транспорта	Нач. остановка	START	STOP	Кон. остановка	День	Направление	Протяжён	7-00	10-01	10-00	13-30	17-00	17-00	20-00	01-17	ТР на перегоне
1	20	Трамвай	Финляндс	16130	Ул. Комис	будний		обратный	0,75	15	26	33	25	9	84			
2	20	Трамвай	Ул. Комис	21665	Нейшлот	будний		обратный	0,58	22	34	52	41	16	99			
3	20	Трамвай	Нейшлот	21663	Метро "В"	будний		обратный	0,44	26	41	64	55	19	92			
4	20	Трамвай	Метро "В"	21662	Литовска	будний		обратный	0,66	66	84	105	106	35	267			
5	20	Трамвай	Литовска	16168	Ул. Алекс	будний		обратный	0,58	59	82	106	109	38	234			
6	20	Трамвай	Ул. Алекс	16164	Кантемир	будний		обратный	0,48	60	86	113	113	39	203			
7	20	Трамвай	Кантемир	16161	1-й Мури	будний		обратный	0,34	45	69	92	94	31	115			
8	20	Трамвай	1-й Мури	16948	Большой	будний		обратный	0,37	46	69	95	99	32	128			
9	20	Трамвай	Большой	16966	Сердобол	будний		обратный	0,73	41	71	96	98	33	252			
10	20	Трамвай	Сердобол	16196	Пр. Паркс	будний		обратный	0,63	42	76	100	102	35	228			
11	20	Трамвай	Пр. Паркс	16148	Объедин	будний		обратный	0,65	49	91	112	114	41	269			
12	20	Трамвай	Объедин	16143	Манчесте	будний		обратный	0,61	54	113	145	135	51	308			
13	20	Трамвай	Манчесте	16139	Енотаевс	будний		обратный	0,68	60	122	160	154	56	381			
14	20	Трамвай	Енотаевс	16211	Рашетова	будний		обратный	0,45	46	91	135	128	48	205			
15	20	Трамвай	Рашетова	16061	Пенсионн	будний		обратный	0,33	48	95	139	131	49	155			
16	20	Трамвай	Пенсионн	16057	Поклонна	будний		обратный	0,95	59	116	153	145	54	508			
17	20	Трамвай	Поклонна	16053	Метро "О"	будний		обратный	0,61	60	122	162	148	56	339			
18	20	Трамвай	Метро "О"	16049	Пр. Лунач	будний		обратный	0,78	114	226	319	302	155	880			
19	20	Трамвай	Пр. Лунач	16111	Ул. Есени	будний		обратный	0,39	116	213	302	273	144	412			
20	20	Трамвай	Ул. Есени	15997	Детская м	будний		обратный	0,36	116	204	285	254	135	361			
21	20	Трамвай	Детская м	24309	Пр. Худон	будний		обратный	0,39	114	193	268	232	125	367			
22	20	Трамвай	Пр. Худон	15994	Ул. Рудне	будний		обратный	0,78	95	145	194	152	81	527			
23	20	Трамвай	Ул. Рудне	15993	Пр. Культ	будний		обратный	0,38	49	88	119	95	48	154			
24	20	Трамвай	Пр. Культ	16131	Пр. Культ	будний		обратный	0,59	40	82	107	81	39	208			

Рис. 2: Пример пассажиропотоков трамвая №20

Кроме того, комитет по транспорту предоставил следующие наборы данных о подвижном составе и оплате проезда:

- набор районов города: ключевой номер вида района; ключевой номер группы, к которой принадлежит район; наименование; координаты (долгота и широта)
- разбиение остановок по районам: ключевой номер остановки; ключевой номер группы остановок; ключевой номер транспортного района; ключевой номер группы районов; ключевой номер района
- набор всех остановок: ключевой номер; наименование; ключевой номер транспорта; короткое наименование; координаты (долгота и широта)

Мерой критического перегона в данной работе будем считать произведение пассажиропотока на соответствующее по времени задержку. Эту величину будем называть потерей транспортного времени.

Поэтому, для того, чтобы исследовать маршрут на критические перегоны, следует таблично перемножить пассажиропотоки с соответствующими задержками по времени:

№ перес	№ маршрута	Вид транспорта	Нач_оста	START	STO	Кон_оста	День	Направление	7-00_10-00	10-00_13-30	13-30_17-00	17-00_20-00
1	20	Трамвай	Финлянд	16130	Ул. Коми	будний	обратный	3,15	6,24	18,48	35,5	
2	20	Трамвай	Ул. Коми	21665	Нейшлот	будний	обратный	5,28	5,78	6,24	74,21	
3	20	Трамвай	Нейшлот	21663	Метро "В	будний	обратный	3,38	2,87	0	75,9	
4	20	Трамвай	Метро "В	21662	Литовска	будний	обратный	0	0	0	60,42	
5	20	Трамвай	Литовска	16168	Ул. Алекс	будний	обратный	4,13	31,16	46,64	22,89	
6	20	Трамвай	Ул. Алекс	16164	Кантемир	будний	обратный	4,2	24,94	46,33	91,53	
7	20	Трамвай	Кантемир	16161	1-й Мури	будний	обратный	0,9	0	0	5,64	
8	20	Трамвай	1-й Мури	16948	Большой	будний	обратный	25,76	24,84	3,8	34,65	
9	20	Трамвай	Большой	16966	Сердобол	будний	обратный	35,67	0	9,6	466,48	
10	20	Трамвай	Сердобол	16196	Пр. Парк	будний	обратный	0	0	6	253,98	
11	20	Трамвай	Пр. Парк	16148	Объедин	будний	обратный	0	0	0	98,04	
12	20	Трамвай	Объедин	16143	Манчесте	будний	обратный	0	50,85	147,9	105,3	
13	20	Трамвай	Манчесте	16139	Енотаевс	будний	обратный	7,2	28,06	62,4	73,92	
14	20	Трамвай	Енотаевс	16211	Рашетова	будний	обратный	11,04	63,7	175,5	171,52	
15	20	Трамвай	Рашетова	16061	Пенсион	будний	обратный	14,88	13,3	44,48	28,82	
16	20	Трамвай	Пенсион	16057	Поклонн	будний	обратный	2,36	11,6	19,89	188,5	
17	20	Трамвай	Поклонн	16053	Метро "О	будний	обратный	0	0	0	65,12	
18	20	Трамвай	Метро "О	16049	Пр. Луна	будний	обратный	15,96	99,44	79,75	410,72	
19	20	Трамвай	Пр. Луна	16111	Ул. Есени	будний	обратный	0	6,39	15,1	43,68	
20	20	Трамвай	Ул. Есени	15997	Детская	будний	обратный	9,28	40,8	14,25	63,5	
21	20	Трамвай	Детская	24309	Пр. Худо	будний	обратный	0	0	21,44	2,32	
22	20	Трамвай	Пр. Худо	15994	Ул. Рудне	будний	обратный	19,95	0	15,52	12,16	
23	20	Трамвай	Ул. Рудне	15993	Пр. Культ	будний	обратный	8,82	16,72	14,28	12,35	
24	20	Трамвай	Пр. Культ	16131	Пр. Культ	будний	обратный	38,8	4,1	3,21	75,33	
25	20	Трамвай	Пр. Культ	16129	Пр. Прос	будний	обратный	5,32	13,12	0	0	
26	20	Трамвай	Пр. Прос	16216	Пр. Культ	будний	обратный	1,44	0	0	0	
27	20	Трамвай	Пр. Культ	16118	Придоро	будний	обратный	0	0	1,25	6,44	
28	20	Трамвай	Придоро	21235	Пр. Культ	будний	обратный	0	1,68	2,07	2,95	

Рис. 3: Потери транспортного времени трамвая №20

### 3. Обзор существующих работ

Свое исследование я начал с исторического анализа моделирования транспортных процессов.[9]В работе приведен анализ истории развития подходов и методов математического и системного моделирования транспортных процессов и транспортной инфраструктуры. Выводом данной работы было то, что современное программное обеспечение не предназначено для решения вопросов о транспортной системе.

Следующая работа посвящена математическому моделированию транспортных потоков[3]. В ней автор предлагает различными способами исследовать модели транспортной системы: с помощью теории экономического равновесия или с помощью различных математических моделей транспортного потока. Но все методы, предложенные автором, строятся на математических моделях и предлагают лишь обобщенно анализировать транспортные потоки. Наша же задача – найти локальные критические перегоны.

Работа [2] сосредоточена на критике стратегии развития транспортно-логистического комплекса города Санкт-Петербург, предложенную правительством, и ставят перед собой задачу по оптимизации размещения объектов терминально-складской инфраструктуры на территории города с целью минимизации их влияния на транспортную ситуацию. Ключевой целью развития авторы данной статьи считают улучшение существующего транспортно-логистического комплекса города. Наша задача также задается целью улучшить эту систему путем нахождения критических перегонов.

Работа [1] наиболее близка к нашей теме. В ней автор исследует уязвимость, надежность и риски в транспортной системе Австралии. Кроме того, для анализа безопасности на дорогах он предлагает ввести метрику опасности. В нашей работе мы не касаемся опасности или безопасности, а хотим оптимизировать транспортную сеть.

В работе [4] автор критикует существующую транспортную сеть Санкт-Петербурга. Как пример, он приводит статистику перегруженности наземного транспорта. Основной целью работы комитета по транспорту автор считает улучшить систему так, чтобы она могла обеспечивать транспортное обслуживание населения и экономики при минимальных затратах. Одним из методов решения данной задачи автор предлагает включение пригородного железнодорожного транспорта в транспортную сеть. А мы предлагаем искать критические перегоны и оптимизировать их.

В работе [8] автор критикует метод построения взвешенного графа для анализа транспортной сети. По его мнению, такое представление затрудняет выполнение анализа ввиду большой размерности эквивалентной графу матрицы, а также не позволяет учитывать внутренние свойства транспортных коммуникаций. Вместо построения графа автор предлагает кластерный анализ, алгоритм которого он описывает в своей работе. Наш же метод как раз построен на внутренних свойствах транспортных коммуникаций. Мы, буквально, анализируем потоки людей на маршрутах.

## 4. Технология определения критических перегонов в рамках отдельного маршрута

В настоящий момент критические перегоны определяются визуально просмотром таблицы потерь транспортного времени. Допустим, на таблице мы видим высокий показатель потерь транспортного времени на каком-то из перегонов. Тогда отсортировываем соответствующий столбец по убыванию. Если далее в столбце подряд идут завышенные показатели транспортного времени, то перегон на первой строке считаем критическим.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
1	№ перегона	№ маршрута	Вид транспорта	Нач. остановка	START	STOP	Кон. остановка	День	Направление	7-00_10-00	10-00_13-30	13-30_17-00	17-00_20-00
2	18	20	Трамвай	Метро "О"	16049	Пр. Лунач	будний	обратный	0,840	3,960	5,000	27,200	
3	14	20	Трамвай	Енотаевск	16211	Рашетова	будний	обратный	0,480	2,800	10,400	12,060	
4	12	20	Трамвай	Объединен	16143	Манчестер	будний	обратный	0,000	2,250	9,180	7,020	
5	20	20	Трамвай	Ул. Есени	15997	Детская м	будний	обратный	0,480	1,600	0,900	4,250	
6	13	20	Трамвай	Манчестер	16139	Енотаевск	будний	обратный	0,360	1,150	3,900	4,800	
7	5	20	Трамвай	Литовская	16168	Ул. Алекс	будний	обратный	0,210	1,140	3,080	1,470	
8	8	20	Трамвай	1-й Мурино	16948	Большой	будний	обратный	1,120	1,080	0,240	2,450	
9	6	20	Трамвай	Ул. Алекс	16164	Кантемир	будний	обратный	0,210	0,870	2,870	6,480	
10	23	20	Трамвай	Ул. Рудне	15993	Пр. Культ	будний	обратный	0,540	0,760	0,840	0,780	
11	15	20	Трамвай	Рашетова	16061	Пенсионн	будний	обратный	0,930	0,560	2,880	1,980	
12	16	20	Трамвай	Пенсионн	16057	Поклонна	будний	обратный	0,120	0,500	1,300	13,000	
13	25	20	Трамвай	Пр. Культ	16129	Пр. Просв	будний	обратный	0,280	0,480	0,000	0,000	
14	19	20	Трамвай	Пр. Лунач	16111	Ул. Есени	будний	обратный	0,000	0,270	0,950	2,880	
15	1	20	Трамвай	Финляндс	16130	Ул. Комис	будний	обратный	0,210	0,240	1,120	2,840	
16	2	20	Трамвай	Ул. Комис	21665	Нейшлот	будний	обратный	0,240	0,170	0,360	5,430	
17	24	20	Трамвай	Пр. Культ	16131	Пр. Культ	будний	обратный	1,940	0,150	0,210	4,650	
18	3	20	Трамвай	Нейшлот	21663	Метро "В"	будний	обратный	0,130	0,140	0,000	5,520	
19	4	20	Трамвай	Метро "В"	21662	Литовская	будний	обратный	0,000	0,000	0,000	3,990	
20	7	20	Трамвай	Кантемир	16161	1-й Мурино	будний	обратный	0,040	0,000	0,000	0,360	

Рис. 4: Выделение критических перегонов трамвая №20 в 10:00 – 13:30

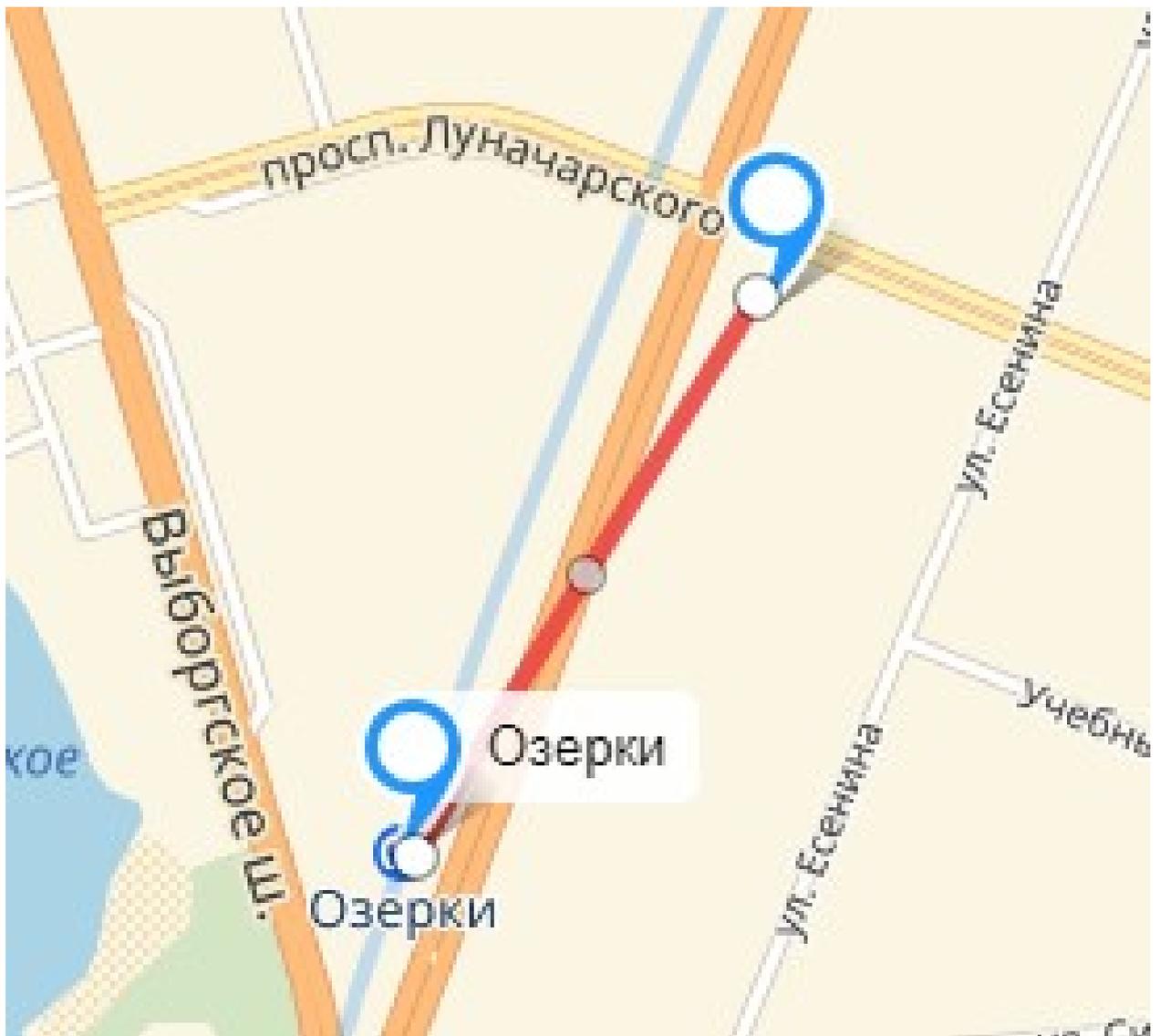


Рис. 5: Иллюстрация критического перегона для трамвая №20 (18) в промежуток 10:00 – 13:30

## 5. Технология определения критических перегонов в рамках групп маршрутов

Однако, недостаточно рассматривать только отдельный маршрут в рамках целого города. Это не даст полноценных данных о транспортной системе.

Между остановками идут разные виды транспорта. И для того, чтобы получить полную картину, следует обобщить все маршруты города, или, по крайней мере, те из них, которые принято называть магистраль-

ными(главными).

Однако, есть одна проблема: физически остановки находятся рядом, но по ним проходят разные виды транспорта по разным маршрутам. Именно поэтому было решено объединить остановки в группы остановок по географическому признаку. После этого естественным образом можно остановку обобщить до группы остановок.

Например:

№ перегона	№ маршрута	Вид транспорта	Нач_остановка	STARTSTOPID	Кон_остановка
2	65	Автобус	ПОЛТАВСКАЯ УЛ.	1806	СУВОРОВСКИЙ ПР.

По этому же перегону двигаются другие виды транспорта:

№ перегона	№ маршрута	Вид транспорта	Нач_остановка	STARTSTOPID	Кон_остановка
19	191	Автобус	ПОЛТАВСКАЯ УЛ.	1806	СУВОРОВСКИЙ ПР.
18	24	Автобус	ПОЛТАВСКАЯ УЛ.	1806	СУВОРОВСКИЙ ПР.
21	27	Автобус	ПОЛТАВСКАЯ УЛ.	1808	СУВОРОВСКИЙ ПР.

Используя группы остановок, мы обобщаем эти перегоны, складывая соответствующие потери транспортного времени, а также условно записываем, какой перегон входит в это обобщение:

Нач_остановка	Кон_остановка	7-00_10-00	10-00_13-30	13-30_17-00	17-00_20-00	Крит.перегоны
ПОЛТАВСКАЯ УЛ.	СУВОРОВСКИЙ ПР.	1559	3091	3081	2251	A191P:19;A24P:18;A27P:21;A65O:2;

В результате мы получаем список обобщенных перегонов, где для каждого временного интервала указано, какие транспортные потери ему соответствуют:

Нач_остановка	Кон_остановка	7-00_10-00	10-00_13-30	13-30_17-00	17-00_20-00	Крит.перегоны
УЛ. КОТИНА	ЛЕНИНСКИЙ ПР.,95	4156	188	235	42	A2P:15;A2AP:22;A26P:12;T35O:6;
УЛ. ЛЕНИ ГОЛИКС	БУЛЬВАР НОВАТОР	3703	182	161	122	A145AO:26;A130P:18;A145O:25;T20P:5;
ПР. КОСЫГИНА,УГ.	А.С. "ЛАДОЖСКАЯ"	2326	1451	892	1036	A24P:11;A27P:14;T1P:11;T22P:11;
ПР. ТОРЕЗА	ИНСТИТУТСКИЙ ПР.	1575	731	771	668	A9P:15;A40P:19;A80P:23;A123P:23;T13
ПОЛТАВСКАЯ УЛ.	СУВОРОВСКИЙ ПР.	1559	3091	3081	2251	A191P:19;A24P:18;A27P:21;A65O:2;

Далее зададимся вопросом: как определить критические перегоны?

Для этого отсортировываем по убыванию данные по нужному временному интервалу, и верхние строчки будут являться наиболее критическими перегонами. Например, отсортируем по временному интервалу 10–13:30:

Нач_остановка	Кон_остановка	7-00_10-00	10-00_13-30	13-30_17-00	17-00_20-00	Крит.перегоны		
ПОЛТАВСКАЯ УЛ.	СУВОРОВСКИЙ ПР.	1559	3091	3081	2251	A191P:19;A24P:18;A27P:21;A65O:2;		
СУВОРОВСКИЙ ПР	МЕТРО "ПЛОЩАДЬ	782	2885	2537	2420	A191P:20;A24P:19;A27P:22;		
НЕВСКИЙ ПР.	МЕТРО "ПЛОЩАДЬ	58	1653	3136	6664	A181O:11;A191O:19;A22O:18;A24O:10;A27O:9;		
ПР. ЭНГЕЛЬСА УГ.	МЕТРО "ОЗЕРКИ"	1066	1613	1182	1176	9P:21;20P:9;58O:10;A80P:10;A86P:8;A123P:10;		
ПР. КОСЫГИНА,УГ.	А.С. "ЛАДОЖСКАЯ"	2326	1451	892	1036	A24P:11;A27P:14;T1P:11;T22P:11;		
ИСПОЛКОМСКАЯ	ПОЛТАВСКАЯ УЛ.	902	1321	1054	456	A191P:18;A24P:17;A27P:20;A65O:1;		

Аналогичным образом сортируем по всем временным промежуткам, и таким образом получим все критические перегоны всех маршрутов.

## 6. Инструмент для вычисления критических перегонов

Для определения критических перегонов нами с коллегами были разработаны 2 скрипта на языке Visual Basic Application(макросы), встроенного в Microsoft Excel.

Для начала работы, вам нужно:

- Скачать нашу Excel-книгу [https://github.com/RudenkoDmitriy/Diplom/raw/master/krit\\_peregon.xlsm](https://github.com/RudenkoDmitriy/Diplom/raw/master/krit_peregon.xlsm);
- Разрешить в ней запускать макросы.

Скачанная Excel-книга "krit\_peregon.xlsm" содержит в обязательном порядке восемь листов: HOT(7–10), HOT(10–13;30), HOT(13;30–17), HOT(17-20), ALL\_STOPS, DISTRICT\_GROUPS, DISTRICT\_STOPS, GENERAL.

	A	B	C	D	E	F
1	ID_STOP	STOP_NAME	ID_TRANS	STOP_NAME_SHORT	LATITUDE	LONGITUDE
2	18842	ПЕТРО-СЛАВЯНКА, УЛ. 3 ПЯТИЛ	1	ПЕТРО-СЛАВЯНКА, УЛ. 3	59,801	30,5228
3	18858	ПОС.ЯМ-ИЖОРА, 2	1	ПОС.ЯМ-ИЖОРА, 2	59,6991	30,5872
4	18868	ДОРОГА В ГАМБОЛОВО	1	ДОРОГА В ГАМБОЛОВО	59,6455	30,3967
5	18875	ДОРОГА В КОММУНАР	1	ДОРОГА В КОММУНАР	59,6319	30,386
6	18879	2-Я КРАСНОФЛОТСКАЯ УЛ.	1	2-Я КРАСНОФЛОТСКАЯ	59,685	30,4681
7	18900	ИВАНОВСКАЯ Ж.-Д. СТ.	1	ИВАНОВСКАЯ Ж.-Д. СТ.	59,7591	30,7732
8	18905	ДОРОГА НА КОЛПИНО	1	ДОРОГА НА КОЛПИНО	59,7753	30,6562
9	18906	ПОС. НИКОЛЬСКОЕ, ЗЕЛЕНАЯ У	1	ПОС. НИКОЛЬСКОЕ, ЗЕЛ	59,6987	30,7845
10	18909	ПОС. НИКОЛЬСКОЕ, ОКТЯБРЬС	1	ПОС. НИКОЛЬСКОЕ, ОК	59,695	30,7853
11	18912	ЗАВОД "СОКОЛ"	1	ЗАВОД "СОКОЛ" []	59,691	30,8091
12	18917	НИКОЛЬСКОЕ, ДК	1	НИКОЛЬСКОЕ, ДК (ПО Т	59,7044	30,7839
13	19823	ПОС. ПЕСОЧНЫЙ, РАБОЧАЯ УЛ.	1	ПОС. ПЕСОЧНЫЙ, РАБО	60,1263	30,167
14	19824	РУЧЕЙ БЕЗЫМЯННЫЙ	1	РУЧЕЙ БЕЗЫМЯННЫЙ	60,1295	30,1722
15	23036	УЛ. ТКАЧЕЙ	1	УЛ. ТКАЧЕЙ	59,8909	30,418
16	19846	СОВХОЗ "ПЛОДОЯГОДНЫЙ"	1	СОВХОЗ "ПЛОДОЯГОДН	59,6877	29,85
17	19875	ЗАБАЙКАЛЬСКАЯ УЛ.	1	ЗАБАЙКАЛЬСКАЯ УЛ.	60,0212	30,3131
18	19891	ПОКЛОННОГОРСКАЯ УЛ.	1	ПОКЛОННОГОРСКАЯ УЛ	60,0288	30,3162
19	19902	УЛ. СЕГАЛЕВА	1	УЛ. СЕГАЛЕВА	60,0426	30,299
20	4609	СВЕТЛАНОВСКИЙ ПР., УГ. ТИХС	1	СВЕТЛАНОВСКИЙ ПР., У	60,0192	30,3676
21	4637	СИТЦЕВАЯ УЛ.	1	СИТЦЕВАЯ УЛ. [93]	59,9972	30,2553
22	4841	ПОСТ ГАИ	1	ПОСТ ГАИ [476]	59,7869	30,6896
23	4702	ШКОЛЬНАЯ УЛ.	1	ШКОЛЬНАЯ УЛ.[93]	59,9902	30,195

Рис. 6: Общий вид таблицы ALL\_STOPS

	A	B	C	D
1	ID_GROUP	NAME_GROUP	LATITUDE	LONGITUDE
2		1 «Аутлет Вилладж»	59,79222304	30,3283997
3		2 «СЕВЕРНЫЙ ПР.»	60,03066378	30,32970793
4		3 1 ЛИНИЯ, УГ. БОЛЬШОГО ПР. В.О.	59,94196293	30,29024024
5		4 1 ОЗЕРО	60,17066751	30,01313685
6		5 10 И 11 ЛИНИИ ПО НАБ. Л. ШМИДТА	59,93495163	30,2800903
7		6 10 КМ, КРАСНОСЕЛЬСКОЕ Ш.	59,77369504	30,1256771
8		7 10 КМ	59,83307888	29,74070835
9		8 10 КМ., ПО ТРЕБОВАНИЮ	60,24861623	29,39994525
10		9 10-Я КРАСНОАРМЕЙСКАЯ УЛ.	59,91262242	30,29751918
11		10 10я Советская ул.	59,93658721	30,38072205
12		11 10-Я СОВЕТСКАЯ УЛ.	59,93442466	30,3843327
13		12 11 КМ	59,72171195	30,2668066
14		13 12 КМ	60,18555011	30,3155031
15		14 12-13 ЛИНИИ (ПО СРЕДНЕМУ ПР. В.О.)	59,94097493	30,27121426
16		15 12-13 ЛИНИИ В.О.	59,94480403	30,26666248
17		16 13 КМ	59,81357076	29,7122011
18		17 14 И 15 ЛИНИИ ПО НАБ. Л. ШМИДТА	59,93328174	30,2757492
19		18 14 КМ	59,76200206	30,62928088
20		19 14-15 ЛИНИИ В.О.	59,94018316	30,2680016
21		20 15 КМ, АГАЛАТОВО	60,2118325	30,3032389

Рис. 7: Общий вид таблицы DISTRICT\_GROUPS

	A	B	C	D
1	ID_GROUP	NAME_GROUP	LATITUDE	LONGITUDE
2		1 «Аутлет Вилладж»	59,79222304	30,3283997
3		2 «СЕВЕРНЫЙ ПР.»	60,03066378	30,32970793
4		3 1 ЛИНИЯ, УГ. БОЛЬШОГО ПР. В.О.	59,94196293	30,29024024
5		4 1 ОЗЕРО	60,17066751	30,01313685
6		5 10 И 11 ЛИНИИ ПО НАБ. Л. ШМИДТА	59,93495163	30,2800903
7		6 10 КМ, КРАСНОСЕЛЬСКОЕ Ш.	59,77369504	30,1256771
8		7 10 КМ	59,83307888	29,74070835
9		8 10 КМ., ПО ТРЕБОВАНИЮ	60,24861623	29,39994525
10		9 10-Я КРАСНОАРМЕЙСКАЯ УЛ.	59,91262242	30,29751918
11		10 10я Советская ул.	59,93658721	30,38072205
12		11 10-Я СОВЕТСКАЯ УЛ.	59,93442466	30,3843327
13		12 11 КМ	59,72171195	30,2668066
14		13 12 КМ	60,18555011	30,3155031
15		14 12-13 ЛИНИИ (ПО СРЕДНЕМУ ПР. В.О.)	59,94097493	30,27121426
16		15 12-13 ЛИНИИ В.О.	59,94480403	30,26666248
17		16 13 КМ	59,81357076	29,7122011
18		17 14 И 15 ЛИНИИ ПО НАБ. Л. ШМИДТА	59,93328174	30,2757492
19		18 14 КМ	59,76200206	30,62928088
20		19 14-15 ЛИНИИ В.О.	59,94018316	30,2680016
21		20 15 КМ, АГАЛАТОВО	60,2118325	30,3032389

Рис. 8: Общий вид таблицы DISTRICT\_STOPS

Чтобы получить данные с помощью наших скриптов необходимо следующее:

1. Заполняем листы таблицами транспортных потерь с названиями, соответствующими вашей системе условных обозначений;
2. Затем переходим на лист GENERAL и нажимаем Ctrl+Shift+L - здесь данные обобщаются;
3. После этого на листе GENERAL будут все обобщенные и проагрегированные перегоны;
4. Далее следует перейти на лист НОТ("нужный интервал времени")
5. В ячейке A1 написать количество требуемых критических перегонов;
6. Нажимаем Enter;
7. Далее, в зависимости от того, какой был выбран лист НОТ(...), нужно нажать след. комбинацию клавиш:
  - (a) НОТ(7–10) – Ctrl+q;
  - (b) НОТ(10–13:30) – Ctrl+Shift+q;
  - (c) НОТ(13:30 - 17) – Ctrl+t;
  - (d) НОТ(17 -20) – Ctrl+Shift +t.

На выбранном листе сформируется требуемое количество критических перегонов. Листы маршрутов, имеющих критические перегоны, будут отмечены красным ярлычком, а на самом листе залит красным будет сам критический перегон. Если вам понадобится дополнить или убрать сколько-то строк на листе НОТ(..), просто повторите все, начиная с четвертого пункта.

Пояснение к данным на листах НОТ(...):

1. Начальная и конечная точка маршрута находятся в столбцах А и В;

2. В колонках С, D – координаты начала маршрута;
3. В колонке E, F – координаты конца маршрута;
4. В колонке G – условные обозначения перегонов, которые входят в этот маршрут.

Столбец G содержит условные обозначения критических перегонов по следующему шаблону:

обозначение маршрута:номер перегона;обозначение маршрута:номер перегона; и т.д.

Рекомендуется для условного обозначение перегона для трамвая не использовать никакого префикса, для автобусов – использовать префикс А, для троллейбусов – префикс Т.

Суффиксом для обозначения направления маршрута рекомендуется использовать след.обозначения: О–обратный, Р–прямой.

Пример:А145АО:25;Т20Р:6;50О:7:

- Автобус №145А обратный - 25 перегон;
- Троллейбус №20 прямой - 6 перегон;
- Трамвай №50 обратный - 7 перегон.

## 7. Результаты экспериментов

Комитет по транспорту г. Санкт-Петербург предоставил список следующих магистральных маршрутов:

- Автобусы под номерами: 145А, 157, 172, 176, 178, 181, 185, 191, 1, 2, 2А, 3, 6, 7, 9, 11, 12, 13, 22, 24, 26, 27, 31, 33, 40, 46, 49, 50, 54, 56, 60, 65, 74, 76, 80, 86, 91, 93, 95, 98, 102, 106, 107, 111, 114, 118, 121, 123, 125, 127, 128, 130, 133, 140, 141, 142, 145, 153
- Трамваи под номерами: 9, 20, 23, 25, 27, 36, 45, 48, 49, 52, 55, 58, 60, 100
- Троллейбусы под номерами: 1, 3, 5, 10, 11, 13, 14, 15, 20, 22, 25, 27, 29, 31, 35, 39, 40, 43, 50

Кроме того, комитет вычислил все потери транспортного времени для прямого и обратного направления. Именно эти листы были использованы для экспериментов.

#	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
65	А.С."СТ. МЕТРО "СТАРАЯ ДЕРЕВНЯ"	ГАККЕЛЕВСКАЯ УЛ.	24	0	482	865	A93P:11;T25P:1;			
66	ЛИТЕЙНЫЙ ПР., 50	НЕВСКИЙ ПР.	0	154	366	859	T3P:20;T15O:9;			
67	УЛ. ВЕРНОСТИ	МЕТРО "АКАДЕМИЧЕСКАЯ"	0	81	636	852	A40P:29;A60O:11;			
68	ПР. ТОРЕЗА	СВЕТЛАНОВСКИЙ ПР. УГ. УЛ. ЖАКА ДЮКЛО	0	0	165	847	A93P:26;A98O:8;T40O:15;			
69	Б. КОНЫШЕННАЯ УЛ.	ДВОРЕЦ ТВОРЧЕСТВА ЮНЫХ	191	208	488	841	A191O:16;A7P:31;A22O:15;A24O:7;A27O:6;T1O:12;T5P:5;T10P:2			
70	УЛ. ПЕРЕДОВИКОВ, УГ. ПР. УДАРНИКОВ	ПР. УДАРНИКОВ	166	283	520	835	A27O:22;			
71	ОБЪЕДИНЕНИЕ "СВЕТЛАНА"	2-Й МУРИНСКИЙ ПРОСПЕКТ	858	1037	898	822	A9O:8;A40O:30;A93O:25;T40P:13;T50O:7;			
72	ИСПОЛКОМСКАЯ УЛ.	АЛЕКСАНДРО-НЕВСКАЯ ЛАВРА	41	196	333	821	A191O:23;A24O:14;A27O:13;			
73	КРОНШТАДСКАЯ ПЛ.	КРОНШТАДСКАЯ ПЛ.	268	35	58	818	A26O:28;A142P:8;T35O:10;T35P:25;			
74	МЕТРО "ПЛОЩАДЬ ВОССТАНИЯ"	3-Я СОВЕТСКАЯ	28	601	611	805	A181O:13;T5P:9;T11P:30;			
75	КРОНШТАДСКАЯ УЛ.	ДОРОГА НА ТУРУХАННЫЕ ОСТРОВА, ПР.М.ЖУК	2	0	0	797	A2O:18;A111O:8;			
76	УНИВЕРСИТЕТ КИНО И ТЕЛЕВИДЕНИЯ	АЗС "Лукойл"	20	81	85	796	25O:11;49O:11;A54O:19;A54P:19;A74O:22;A76O:11;A91O:11;			
77	ПР. НЕПОКОРЁННЫХ, 6	ГРАЖДАНСКИЙ ПР. УГ. ПР. НЕПОКОРЁННЫХ	195	253	359	784	A40P:24;A80P:28;A123P:28;			
78	УНИВЕРСИТЕТСКАЯ НАБ.	УНИВЕРСИТЕТ	263	627	729	780	A7O:7;A24P:27;T10O:12;T10P:18;T11O:13;T11P:22;			
79	БКЗ "ОКтябрьский"	ДВОРЕЦ ТВОРЧЕСТВА ЮНЫХ	23	418	452	753	A22P:29;			
80	2-Й МУРИНСКИЙ ПР., ПЛ. МУЖЕСТВА	2-Й МУРИНСКИЙ ПР., ПЛ. МУЖЕСТВА	198	152	301	740	55O:15;55P:19;T13P:16;			
81	ГРАЖДАНСКИЙ ПР. УГ. СЕВЕРНОГО ПР.	ГРАЖДАНСКИЙ ПР. УГ. ПР. ЛУНАЧАРСКОГО	89	123	266	738	A178O:12;A40P:35;A93P:34;A102O:36;A153O:33;			
82	КРАСНОГВАРДЕЙСКАЯ ПЛОЩАДЬ	КОНТОРСКАЯ УЛ.	0	20	39	736	A22O:28;A22O:34;			
83	ОБЪЕДИНЕНИЕ "СВЕТЛАНА"	УЛ. ОРБЕЛИ, СВЕТЛАНОВСКИЙ ПР.	305	92	298	733	A9P:13;A40P:17;A93P:24;A98O:6;T40O:13;T50P:20;			
84	УЛ. ВАТУТИНА, КОНДРАТЬЕВСКИЙ ПР.	УЛ. ЖУКОВА	9	21	34	721	23O:4;A106O:4;A107O:4;A133O:4;T3O:22;			
85	ГАККЕЛЕВСКАЯ УЛИЦА	КОМЕНДАНТСКИЙ ПР., 16	13	39	196	707	A127P:14;T50O:20;			
86	УЛ. ПЕРЕДОВИКОВ, УГ. ПР. ЭНТУЗИАСТОВ	ПР. КОСЫГИНА, УГ. УЛ. ПЕРЕДОВИКОВ	760	0	570	704	A27P:13;			
87	НАЛИЧНАЯ УЛ. УГ. УЛ. НАХИМОВА	МЕТРО "ПРИМОРСКАЯ"	133	298	631	697	A1O:35;A6O:24;T10O:27;			
88	МЕТРО "ПРОСПЕКТ ПРОСВЕЩЕНИЯ"	ПР. ПРОСВЕЩЕНИЯ, УГ. УЛ. ЕСЕНИНА	23	156	264	676	58P:13;100P:2;A121P:6;			
89	ПР. ТОРЕЗА	ИНСТИТУТСКИЙ ПР.	1575	731	771	668	A9P:15;A40P:19;A80P:23;A123P:23;T13P:13;			
90	УЛ. МАРШАЛА КАЗАКОВА, 10	ПР. МАРШАЛА ЖУКОВА, УЛ. МАРШАЛА КАЗАКОВ	1	16	163	668	60P:8;A24O:3;A26P:4;			
91	3-Я СОВЕТСКАЯ	МОСКОВСКИЙ ПР., 4	282	674	481	662	A181P:23;			
92	НЕВСКИЙ ПР.	ДВОРЕЦ ТВОРЧЕСТВА ЮНЫХ	64	499	501	661	A181P:28;A191P:22;A7O:1;A24P:21;A27P:24;T1P:22;T5O:7;T10O:			
93	МЕТРО "КИРОВСКИЙ ЗАВОД"	КОМСОМОЛЬСКАЯ ПЛОЩАДЬ	0	4	129	658	A2O:16;A111O:6;			
94	УЛ. ЗЕНИТЧИКОВ	УЛИЦА ЗАЙЦЕВА	0	0	0	656	T20O:7;T31O:7;			

Рис. 9: Пример результата работы скрипта на листе GENERAL

№	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	20									
2	Откуда	Куда	LATITUDE_S	LONGITUDE_S	LATITUDE_E	LONGITUDE_E	Крит.перегоны			
3	УЛ. КОТИНА	ЛЕНИНСКИЙ ПР.,95	59,84471067	30,3046274	59,85791994	30,19478539	A2P:15;A2AP:22;A26P:12;T35O:6;			
4	УЛ. ЛЕНИ ГОЛИКОВА, ПР. В БУЛЬВАР НОВАТОРОВ ПО ДАЧНОМУ ПР.		59,84846889	30,22773639	59,84413603	30,26469976	A145AO:26;A130P:18;A145O:25;T20P:7;T29O:4;T31P:7;			
5	ПР. КОСЫГИНА,УГ. УЛ. ПЕРИ А.С. "ЛАДОЖСКАЯ" (ВЫСАДКИ И ПОСАД		59,94510527	30,49082206	59,96901533	30,2474079	A24P:11;A27P:14;T1P:11;T22P:11;			
6	ПР. ТОРЕЗА	ИНСТИТУТСКИЙ ПР.	59,89030158	30,2718379	59,87543282	30,36496953	A9P:15;A40P:19;A80P:23;A123P:23;T13P:13;			
7	ПОЛТАВСКАЯ УЛ.	СУВОРОВСКИЙ ПР.	59,73393687	30,4709873	59,94578501	30,33176425	A191P:19;A24P:18;A27P:21;A65O:2;			
8	ЛЕНИНСКИЙ ПР.,95	ЛЕНИНСКИЙ ПРОСПЕКТ / ПРОСПЕКТ МА	59,85791994	30,19478539	59,85183728	30,25627663	A2P:16;A2AP:23;A26P:13;			
9	НАРОДНАЯ УЛ. УГ. ДАЛЬНЕ ГОСПИТАЛЬ		59,87744626	30,47890185	60,03262329	29,98625755	A12P:23;A118O:19;A140O:15;T14P:9;T27P:9;			
10	ТОРГОВЫЙ ЦЕНТР, ПР. БЕРЕ УЛ. ЛЕНИ ГОЛИКОВА, ПР. ВETERANOV		59,90815318	30,4481058	59,84846889	30,22773639	A145AO:25;A130P:17;A145O:24;T20P:6;T29O:3;T31P:6;			
11	ГОСПИТАЛЬ	ИВАНОВСКАЯ УЛ. УГ. УЛ. БАБУШКИНА	60,03262329	29,98625755	60,04902962	30,2373333	A12P:24;A140O:16;T27P:10;			
12	ТИХОРЕЦКИЙ ПР. Д.7	МЕТРО "ПОЛИТЕХНИЧЕСКАЯ"	60,07174966	30,2405396	59,93158529	30,35734589	48P:18;55O:13;T13O:9;			
13	2-Й МУРИНСКИЙ ПРОСПЕКТ	ПР. ПАРХОМЕНКО	59,99877567	30,3639993	59,86092731	30,4781008	20P:16;A86P:16;			
14	ГОСПИТАЛЬ	МЕТРО "ЛОМОНОСОВСКАЯ"	60,03262329	29,98625755	59,85183024	30,26786482	A118O:20;T14P:10;			
15	10 КМ, КРАСНОСЕЛЬСКОЕ ЦАННИНСКОЕ ШОССЕ		59,93495163	30,2800903	59,96532508	30,4523663	A145AO:14;A145O:13;			
16	САД БЕНУА	ПРОСПЕКТ РАЕВСКОГО	59,63604336	30,7575512	60,03410565	30,4269352	A93O:20;A98P:10;T40P:8;			
17	28-29 ЛИНИИ (ПО СРЕДНЕ 22-23 ЛИНИИ		59,70455061	30,26799965	60,17135208	29,3416462	A1P:12;A6P:9;A7P:21;A128P:20;T10P:12;T11P:16;			
18	ПР. НАРОДНОГО ОПОЛЧЕН Ж.Д. СТ., ЛЕНИНСКИЙ ПР.		59,97042007	30,40263243	59,8048592	30,3873018	A26P:21;A114P:7;A130P:24;T29O:10;T35O:15;			
19	ГРАЖДАНСКИЙ ПР.,90	МЕТРО "АКАДЕМИЧЕСКАЯ"	60,03984976	30,42449428	59,86844207	30,25896805	A60P:21;A93O:15;			
20	ПР. ЭНГЕЛЬСА УГ. ПР. ЛУНА МЕТРО "ОЗЕРКИ"		59,99776956	30,33247497	59,91487438	30,34932902	9P:21;20P:9;58O:10;A80P:10;A86P:8;A123P:10;			
21	УЛ. ЗИНЫ ПОРТНОВОЙ,УГ. ЛЕНИНСКИЙ ПРОСПЕКТ / УЛИЦА ЗИНЫ		59,77712986	30,5938177	59,85030463	30,1053867	A145AO:29;A114P:4;A130P:21;A145O:28;T20P:10;T29O:7;T31P:10;			
22	УЛ. МОЛДАГУЛОВОЙ	УЛ. МОЛДАГУЛОВОЙ	59,95449789	30,36210645	59,95449789	30,36210645	A181P:9;			

Рис. 10: Пример результата работы скрипта на листе НОТ(7-10)

№	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	20												
2	Откуда	Куда	LATITUDE_S	LONGITUDE_S	LATITUDE_E	LONGITUDE_E	Крит.перегоны						
3	ПОЛТАВСКАЯ УЛ.	СУВОРОВСКИЙ ПР.	59,73393687	30,4709873	59,94578501	30,33176	A191P:19;A24P:18;A27P:21;A65O:2;						
4	СУВОРОВСКИЙ ПР.	МЕТРО "ПЛОЩАДЬ ВОС	59,94578501	30,33176425	59,86542119	30,32136	A191P:20;A24P:19;A27P:22;						
5	НЕВСКИЙ ПР.	МЕТРО "ПЛОЩАДЬ ВОС	59,98418334	30,25613827	59,86542119	30,32136	A181O:11;A191O:19;A22O:18;A24O:10;A27O:9;T10:15;T5P:8;T10P:25;T11P:29;T2						
6	ПР. ЭНГЕЛЬСА УГ. ПР. ЛУНАЧАРСКОГО МЕТРО "ОЗЕРКИ"		59,99776956	30,33247497	59,91487438	30,34933	9P:21;20P:9;58O:10;A80P:10;A86P:8;A123P:10;						
7	ПР. КОСЫГИНА,УГ. УЛ. ПЕРЕДОВИКА А.С. "ЛАДОЖСКАЯ" (ВЫ		59,94510527	30,49082206	59,96901533	30,24741	A24P:11;A27P:14;T1P:11;T22P:11;						
8	ИСПОЛКОМСКАЯ УЛ.	ПОЛТАВСКАЯ УЛ.	59,90326937	30,46902308	59,73393687	30,47099	A191P:18;A24P:17;A27P:20;A65O:1;						
9	МЕТРО "ПЛОЩАДЬ ВОССТАНИЯ"	СУВОРОВСКИЙ ПР.	59,86542119	30,32135677	59,94578501	30,33176	A191O:20;A24O:11;A27O:10;T10:16;T10P:26;T22O:9;						
10	ОБЪЕДИНЕНИЕ "СВЕТЛАНА"	2-Й МУРИНСКИЙ ПРОС	59,93585668	30,43526455	59,99877567	30,364	A9O:8;A40O:30;A93O:25;T40P:13;T50O:7;						
11	ДВОРЦОВАЯ НАБ.	УНИВЕРСИТЕТСКАЯ НАЕ	59,9340952	30,33569392	59,87864639	30,37247	A7O:6;A24P:26;T10O:11;T11O:12;						
12	МЕТРО "ПЛОЩАДЬ ВОССТАНИЯ"	НЕВСКИЙ ПР.	59,86542119	30,32135677	59,98418334	30,25614	A181P:12;A191P:21;A24P:20;A27P:23;T1P:21;T5O:6;T10O:5;T11O:6;T22P:21;						
13	ИВАНОВСКАЯ УЛ.	ПР. СЛАВЫ	59,87558057	30,44545631	60,06627906	30,27191	A11P:10;A12P:26;A56O:2;A140O:18;T27P:12;						
14	УЛ. СОФЬИ КОВАЛЕВСКОЙ	МЕТРО "АКАДЕМИЧЕСК	59,94325119	30,41938384	59,86844207	30,25897	9P:8;A176P:9;A102O:33;A153O:30;						
15	ПРОСПЕКТ ЛУНАЧАРСКОГО	ПР. ЭНГЕЛЬСА УГ. ПР. Л	60,02122879	30,43307102	59,99776956	30,33247	9P:20;20P:8;55P:30;						
16	УЛ. ПАРТИЗАН ГЕРМАНА, УГ. УЛ. ЧЕИ САНКТ-ПЕТЕРБУРСКОЕ		60,1818857	29,8216648	59,8462083	30,20467	A2P:7;A2AP:7;A111P:7;						
17	СВЕТЛАНОВСКИЙ ПР. УГ. ПР. ПРОСВ УЛ. БРЯНЦЕВА		60,04885151	30,35401921	60,032596	30,40109	100P:12;						
18	БОГАТЫРСКИЙ ПР.,УГ. КОЛОМЯЖС БОГАТЫРСКИЙ ПР.,УГ. К		59,89132991	29,86038248	59,89132991	29,86038	A172O:21;A172P:8;A93O:28;A93P:20;T25O:3;T25P:15;T40O:9;T40P:17;						
19	3-Я СОВЕТСКАЯ	МЕТРО "ПЛОЩАДЬ ВОС	60,02026542	30,10888385	59,86542119	30,32136	T5O:5;T11O:5;						
20	Лиговский пр., 74	КУЗНЕЧНЫЙ ПЕРЕУЛОК	59,92921833	30,36007328	59,8718073	30,32958	25P:27;49P:25;A26P:41;A65P:19;A74P:30;A76P:20;A91P:21;A141P:31;						
21	МАЛАЯ МОРСКАЯ	Б. КОНЮШЕННАЯ УЛ.	59,84424608	30,3910684	59,67981966	30,49705	A191O:15;A7P:30;A22O:14;A24O:6;A27O:5;T10:11;T5P:4;T10P:21;T11P:25;T22O:4						
22	ПР. ТОРЕЗА	ИНСТИТУТСКИЙ ПР.	59,89030158	30,2718379	59,87543282	30,36497	A9P:15;A40P:19;A80P:23;A123P:23;T13P:13;						

Рис. 11: Пример результата работы скрипта на листе НОТ(10-13:30)

№	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	20									
2	Откуда	Куда	LATITUDE_S	LONGITUDE_S	LATITUDE_E	LONGITUDE_E	Крит.перегоны			
3	ОБОРОТНАЯ СТАНЦИЯ "УДЕЛЬНЫЙ ПАРК"	БОГАТЫРСКИЙ ПР.,УГ. КОЛОМЯЖС	59,7309142	30,6160946	59,89132991	29,86038248	55O:22;A9O:10;A93O:27;T40P:16;T50O:10;			
4	НЕВСКИЙ ПР.	МЕТРО "ПЛОЩАДЬ ВОССТАНИЯ"	59,98418334	30,25613827	59,86542119	30,32135677	A181O:11;A191O:19;A22O:18;A24O:10;A27O:9;T10:15;T			
5	ПОЛТАВСКАЯ УЛ.	СУВОРОВСКИЙ ПР.	59,73393687	30,4709873	59,94578501	30,33176425	A191P:19;A24P:18;A27P:21;A65O:2;			
6	БОГАТЫРСКИЙ ПР.,УГ. КОЛОМЯЖСКОГО ПР.	БОГАТЫРСКИЙ ПР.,УГ. КОЛОМЯЖС	59,89132991	29,86038248	59,89132991	29,86038248	A172O:21;A172P:8;A93O:28;A93P:20;T25O:3;T25P:15;T4			
7	СУВОРОВСКИЙ ПР.	МЕТРО "ПЛОЩАДЬ ВОССТАНИЯ"	59,94578501	30,33176425	59,86542119	30,32135677	A191P:20;A24P:19;A27P:22;			
8	2-Й МУРИНСКИЙ ПРОСПЕКТ	ОБОРОТНАЯ СТАНЦИЯ "УДЕЛЬНЫЙ	59,99877567	30,3639993	59,7309142	30,6160946	55O:21;A9O:9;A93O:26;T40P:15;T50O:9;			
9	МАЛАЯ МОРСКАЯ	Б. КОНЮШЕННАЯ УЛ.	59,84424608	30,3910684	59,67981966	30,49705315	A191O:15;A7P:30;A22O:14;A24O:6;A27O:5;T10:11;T5P:4			
10	УНИВЕРСИТЕТ	ДВОРЦОВАЯ НАБ.	59,86896495	29,8675194	59,9340952	30,33569392	A7P:28;A24O:4;T10P:19;T11P:23;			
11	МЕТРО "ПЛОЩАДЬ ВОССТАНИЯ"	НЕВСКИЙ ПР.	59,86542119	30,32135677	59,98418334	30,25613827	A181P:12;A191P:21;A24P:20;A27P:23;T1P:21;T5O:6;T10			
12	МЕТРО "ПЛОЩАДЬ ВОССТАНИЯ"	СУВОРОВСКИЙ ПР.	59,86542119	30,32135677	59,94578501	30,33176425	A191O:20;A24O:11;A27O:10;T10:16;T10P:26;T22O:9;			
13	УЛ. СОФЬИ КОВАЛЕВСКОЙ	МЕТРО "АКАДЕМИЧЕСКАЯ"	59,94325119	30,41938384	59,86844207	30,25896805	9P:8;A176P:9;A102O:33;A153O:30;			
14	ДВОРЕЦ ТВОРЧЕСТВА ЮНЫХ	НЕВСКИЙ ПР.	60,00362113	30,39843175	59,98418334	30,25613827	A181O:10;A191O:18;A7P:33;A22O:17;A24O:9;A27O:8;T1			
15	Б. КОНЮШЕННАЯ УЛ.	МАЛАЯ МОРСКАЯ	59,84424608	30,49705315	59,84424608	30,3910684	A191P:25;A7O:4;A24P:24;A27P:27;			
16	ПР. ЭНГЕЛЬСА УГ. ПР. ЛУНАЧАРСКОГО	МЕТРО "ОЗЕРКИ"	59,99776956	30,33247497	59,91487438	30,34932902	9P:21;20P:9;58O:10;A80P:10;A86P:8;A123P:10;			
17	СРЕДНИЙ ПР. В.О.	ШКИПЕРСКИЙ ПРОТОК,УГ. НАЛИЧ	59,93947495	30,2659178	59,8775937	30,2841921	A128O:25;T10O:24;T11O:25;			
18	ПР. НАУКИ,12	МЕТРО "АКАДЕМИЧЕСКАЯ"	60,00586895	30,42236875	59,86844207	30,25896805	9O:15;A40O:13;A93P:31;			
19	ЗАНЕВСКАЯ ПЛ.	ГОСТИНИЦА "ЛАДОГА"	59,9852932	30,41174886	59,98566764	30,30093341	A24O:17;A27O:16;T10:22;T22O:15;			
20	Ж.Д. СТ., ЛЕНИНСКИЙ ПР.	ПР. НАРОДНОГО ОПОЛЧЕНИЯ, ЛЕН	59,8048592	30,3873018	59,97042007	30,40263243	A26O:23;A114O:22;A130O:5;T29P:14;T35P:20;			
21	КОЛОМЯЖСКИЙ ПРОСПЕКТ	БОГАТЫРСКИЙ ПР.,УГ. КОЛОМЯЖС	60,01507212	30,29306885	59,89132991	29,86038248	A172P:7;A9P:9;A127P:9;T25P:14;T50P:16;			
22	ИСПОЛКОМСКАЯ УЛ.	ПОЛТАВСКАЯ УЛ.	59,90326937	30,46902308	59,73393687	30,4709873	A191P:18;A24P:17;A27P:20;A65O:1;			

Рис. 12: Пример результата работы скрипта на листе НОТ(13:30-17)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1		20											
2	Откуда	Куда	LATITUDE_S	LONGITUDE_S	LATITUDE_E	LONGITUDE_E	Крит.пергоны						
3	НЕВСКИЙ ПР.	МЕТРО "ПЛОЩАДЬ ВОССТАНИЯ"	59,98418334	30,25613827	59,86542119	30,32135677	A181O:11;A191O:19;A22O:18;A24O:10;A27O:9;T1O:15;T5P:8;T10P:25;T11P:17						
4	А.С. "ЛАДОЖСКАЯ" (ВЫСАДКИ И ПОС.	ПР. КОСЫГИНА, УГ. УЛ. ПЕРЕДОВИК	59,96901533	30,2474079	59,94510527	30,49082206	A24O:20;A27O:19;T1O:25;T22O:18;						
5	АЛЕКСАНДРО-НЕВСКАЯ ЛАВРА	ЗАНЕВСКАЯ ПЛ.	60,15560141	30,00895025	59,9852932	30,41174886	A24O:15;A27O:14;A46O:33;T1O:20;T22O:13;						
6	ОБОРОТНАЯ СТАНЦИЯ "УДЕЛЬНЫЙ П	БОГАТЫРСКИЙ ПР., УГ. КОЛОМЯЖС	59,7309142	30,6160946	59,89132991	29,86038248	S5O:22;A9O:10;A93O:27;T40P:16;T50O:10;						
7	ДВОРЕЦ ТВОРЧЕСТВА ЮНЫХ	НЕВСКИЙ ПР.	60,00362113	30,39843175	59,98418334	30,25613827	A181O:10;A191O:18;A7P:33;A22O:17;A24O:9;A27O:8;T1O:14;T5P:7;T10P:25						
8	ЗАНЕВСКИЙ ПР.,32	А.С. "ЛАДОЖСКАЯ" (ВЫСАДКИ И П	59,92900679	30,4111461	59,96901533	30,2474079	A24O:19;A27O:18;T1O:24;T22O:17;						
9	2-Й МУРИНСКИЙ ПРОСПЕКТ	ОБОРОТНАЯ СТАНЦИЯ "УДЕЛЬНЫЙ	59,99877567	30,3639993	59,7309142	30,6160946	S5O:21;A9O:9;A93O:26;T40P:15;T50O:9;						
10	СУВОРОВСКИЙ ПР.	МЕТРО "ПЛОЩАДЬ ВОССТАНИЯ"	59,94578501	30,33176425	59,86542119	30,32135677	A191P:20;A24P:19;A27P:22;						
11	ПОЛТАВСКАЯ УЛ.	СУВОРОВСКИЙ ПР.	59,73393687	30,4709873	59,94578501	30,33176425	A191P:19;A24P:18;A27P:21;A65O:2;						
12	МЕТРО "АВТОВО"	ТРАМВАЙНЫЙ ПРОСПЕКТ	59,99279212	30,42514691	59,85736736	30,2614136	A145AP:2;A145P:2;T20O:9;T31O:9;						
13	МАЛАЯ МОРСКАЯ	Б. КОНЮШЕННАЯ УЛ.	59,84424608	30,3910684	59,67981966	30,49705315	A191O:15;A7P:30;A22O:14;A24O:6;A27O:5;T1O:11;T5P:4;T10P:21;T11P:25						
14	КРАСНОПУТИЛОВСКАЯ УЛ., 95	Ж.Д. СТ., ЛЕНИНСКИЙ ПР.	59,92519975	30,3080587	59,8048592	30,3873018	A26O:22;A114O:21;A130O:4;T29P:13;T35P:19;						
15	МЕТРО "ПЛОЩАДЬ ВОССТАНИЯ"	СУВОРОВСКИЙ ПР.	59,86542119	30,32135677	59,94578501	30,33176425	A191O:20;A24O:11;A27O:10;T1O:16;T10P:26;T22O:9;						
16	БОГАТЫРСКИЙ ПР., УГ. КОЛОМЯЖС	БОГАТЫРСКИЙ ПР., УГ. КОЛОМЯЖС	59,89132991	29,86038248	59,89132991	29,86038248	A172O:21;A172P:8;A93O:28;A93P:20;T25O:3;T25P:15;T40O:9;T40P:17;						
17	ПР. НАУКИ, 12	МЕТРО "АКАДЕМИЧЕСКАЯ"	60,00586895	30,42236875	59,86844207	30,25896805	9O:15;A40O:13;A93P:31;						
18	УНИВЕРСИТЕТ	ДВОРЦОВАЯ НАБ.	59,86896495	29,8675194	59,9340952	30,33569392	A7P:28;A24O:4;T10P:19;T11P:23;						
19	УЛ. ТИПАНОВА, 21	ПР. КОСМОНАВТОВ	59,85540888	30,3610582	60,02252133	30,2524958	A11O:9;A31P:7;A114P:14;A141P:5;T27O:5;T29O:17;T35O:22;						
20	ПР. ПРОСВЕЩЕНИЯ, УГ. УЛ. ЕСЕНИНА	УЛ. ИВАНА ФОМИНА, ПР. ПРОСВЕШ	60,05560083	30,32213717	59,99624793	29,7580833	S8P:14;100P:3;A121P:7;						
21	АДМИНИСТРАЦИЯ КИРОВСКОГО РАЙ	ПР. СТАЧЕК	60,09433749	29,97262423	59,92136008	30,49234437	A2O:12;T20O:2;T31O:2;						
22	ЛИПОВАЯ АЛЛЕЯ, УГ. УЛ. САВУШКИН	А.С."СТ. МЕТРО "СТАРАЯ ДЕРЕВНЯ"	59,89866233	30,33715535	59,94212462	30,5023864	A93P:10;						

Рис. 13: Пример результата работы скрипта на листе НОТ(17-20)

Итак, какими-же будут самые критические перегоны. Мы выбрали по пять для каждого временного интервала.

Критические перегоны в промежуток 7:00 - 10:00

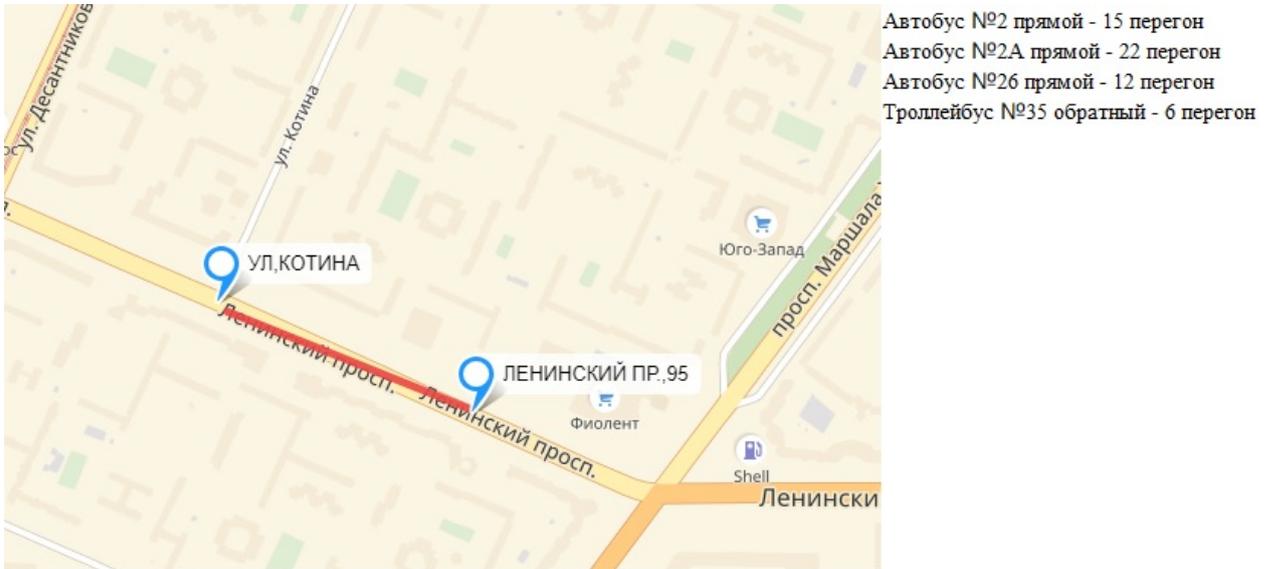


Рис. 14: Ул. Котина – Ленинский проспект,95

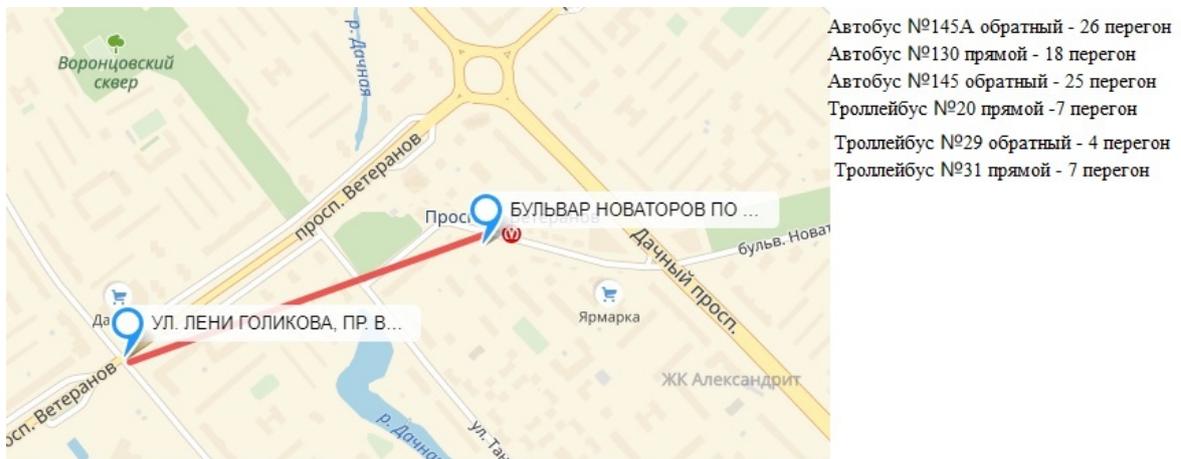


Рис. 15: Ул. Лени Голикова, Пр. Ветеранов – Бульвар новаторов по дачному пр.

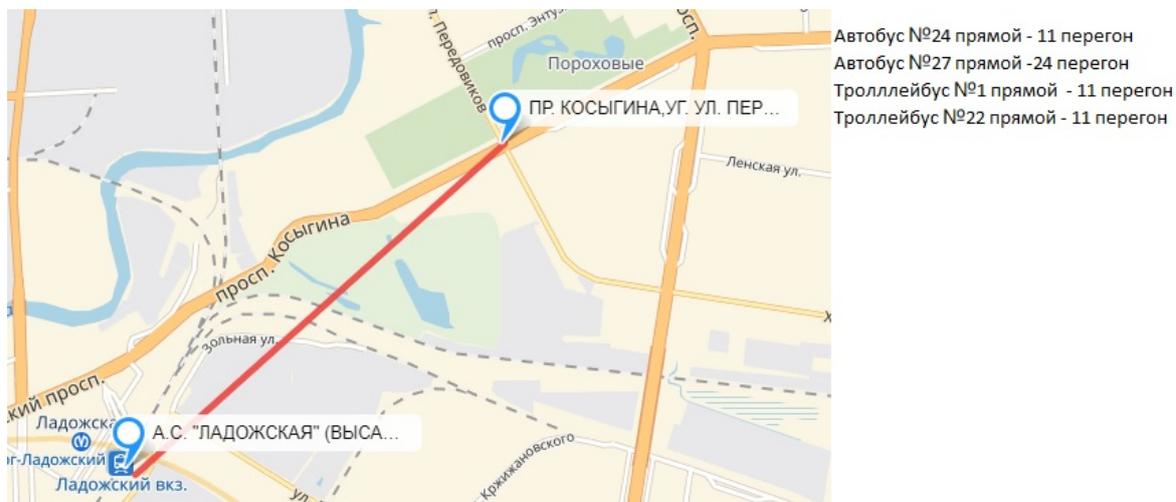


Рис. 16: Пр. Косыгина, Уг. Ул. Передовиков – А.С. ”Ладожская” (высад- ки и посадки нет)

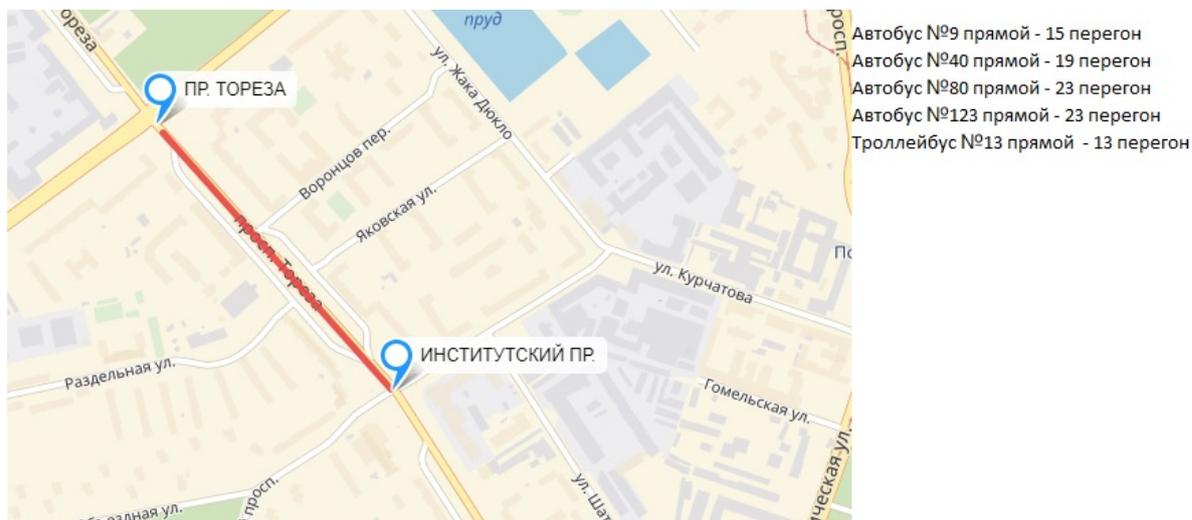
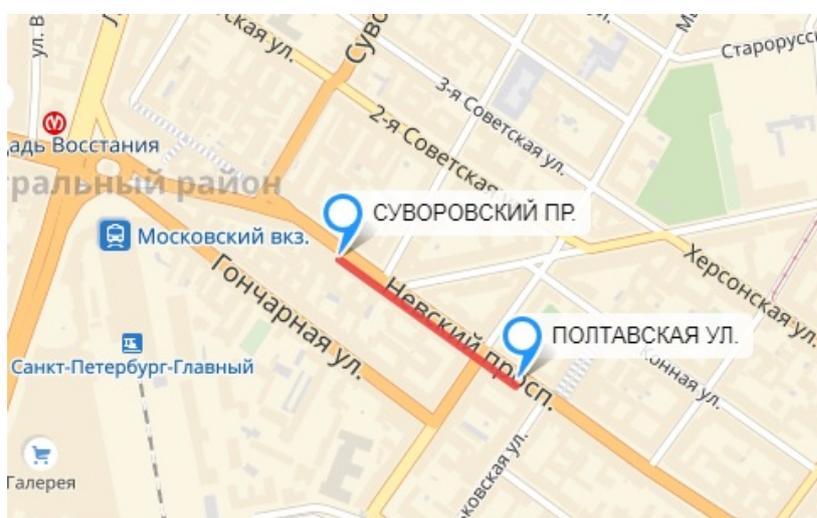


Рис. 17: Пр.Тореза – Институтский пр.



Автобус №191 прямой - 19 перегон  
Автобус №24 прямой - 18 перегон  
Автобус №27 прямой - 21 перегон  
Автобус №65 обратный - 2 перегон

Рис. 18: Полтавская ул. – Суворовский пр.

## Критические перегоны в промежуток 10:00 - 13:30

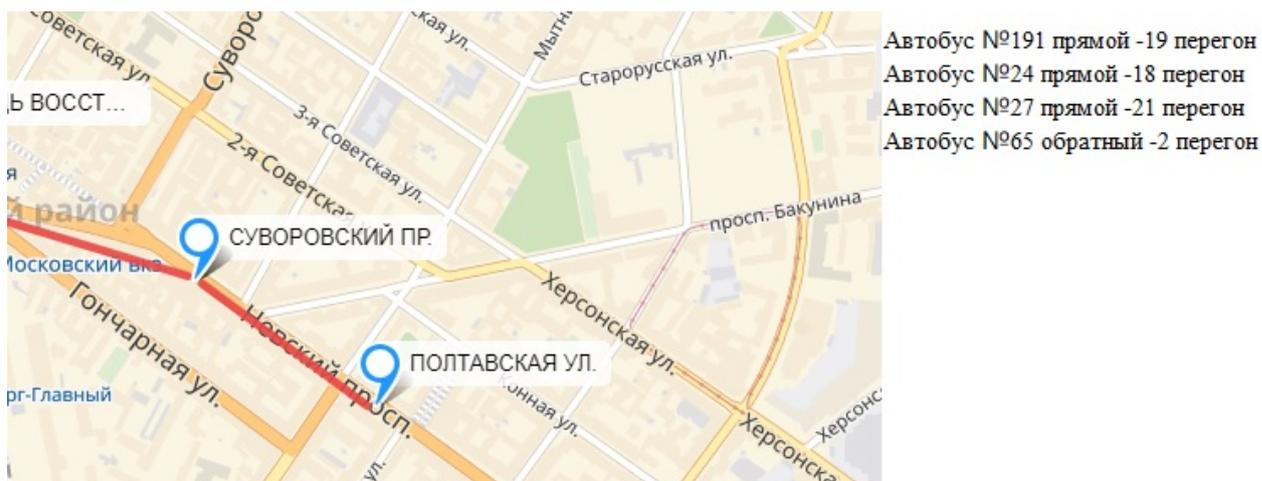


Рис. 19: Полтавская ул. – Суворовский пр.

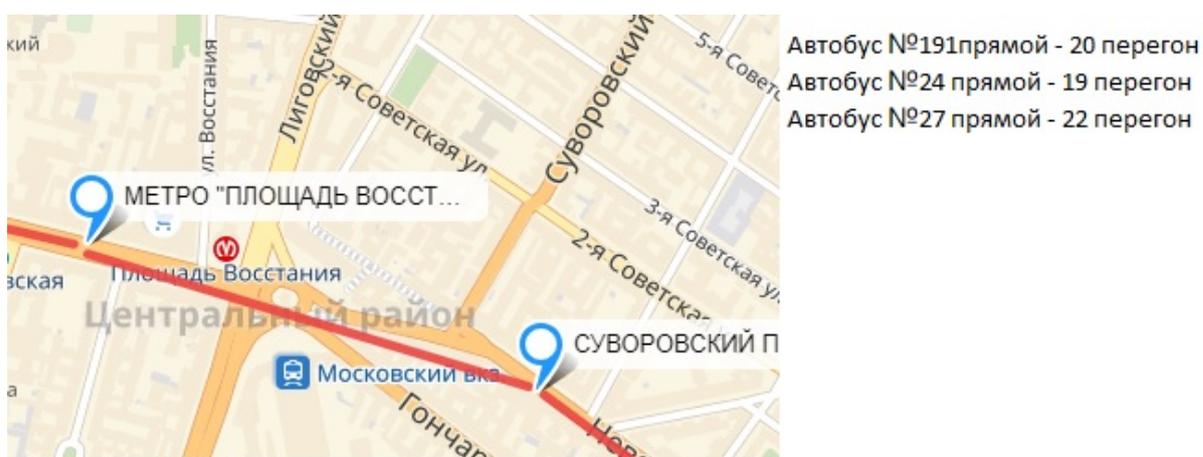
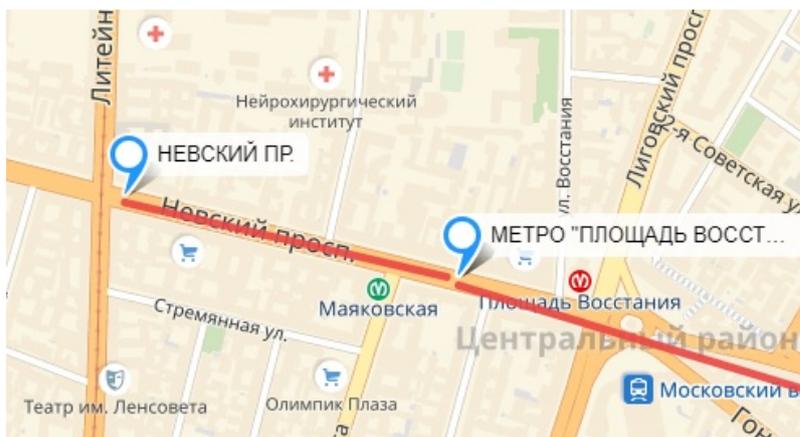
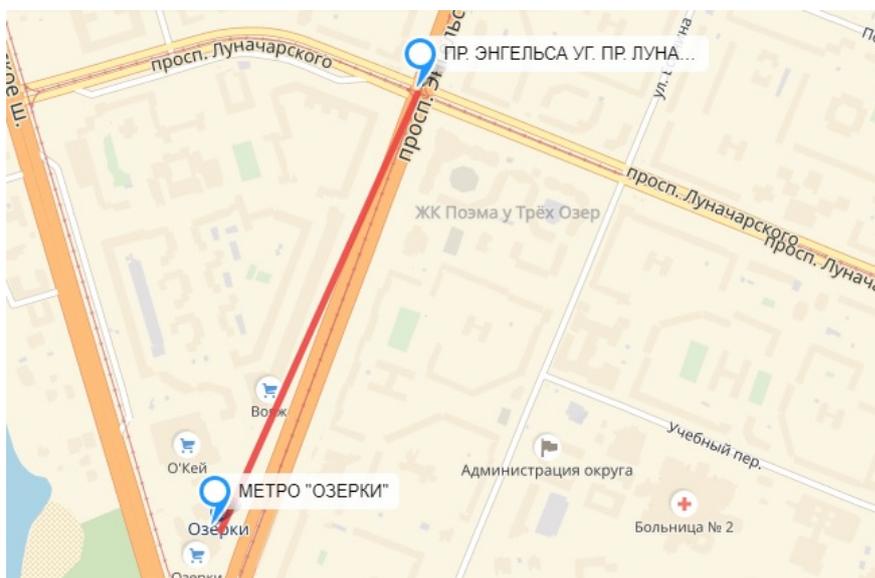


Рис. 20: Суворовский пр. – Метро "Площадь Восстания"



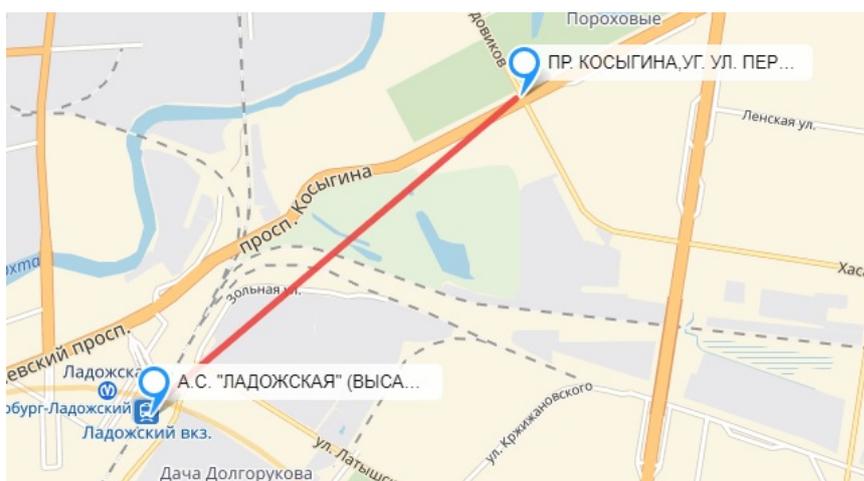
- Автобус №181 обратный - 11 перегон
- Автобус №191 обратный - 19 перегон
- Автобус №22 обратный - 18 перегон
- Автобус №24 обратный - 10 перегон
- Автобус №27 обратный - 9 перегон
- Троллейбус №1 обратный - 15 перегон
- Троллейбус №5 прямой - 8 перегон
- Троллейбус №10 прямой - 25 перегон
- Троллейбус №11 прямой - 29 перегон
- Троллейбус №22 обратный - 8 перегон

Рис. 21: Невский пр. – Метро ”Площадь Восстания”



- Трамвай №9 прямой - 21 перегон
- Трамвай №20 прямой - 9 перегон
- Трамвай №58 обратный - 10 перегон
- Автобус №80 прямой - 10 перегон
- Автобус №186 прямой - 8 перегон
- Автобус №123 прямой - 10 перегон

Рис. 22: Пр. Энгельса Уг. Пр. Луначарского – Метро ”Озерки”



- Автобус №24 прямой - 11 перегон
- Автобус №27 прямой - 14 перегон
- Троллейбус №1 прямой - 11 перегон
- Троллейбус №22 прямой - 11 перегон

Рис. 23: Пр. Косыгина, Уг. Ул. Передовиков – А.С. ”Ладожская” (высадки и посадки нет)

## Критические перегоны в промежуток 13:30 - 17:00

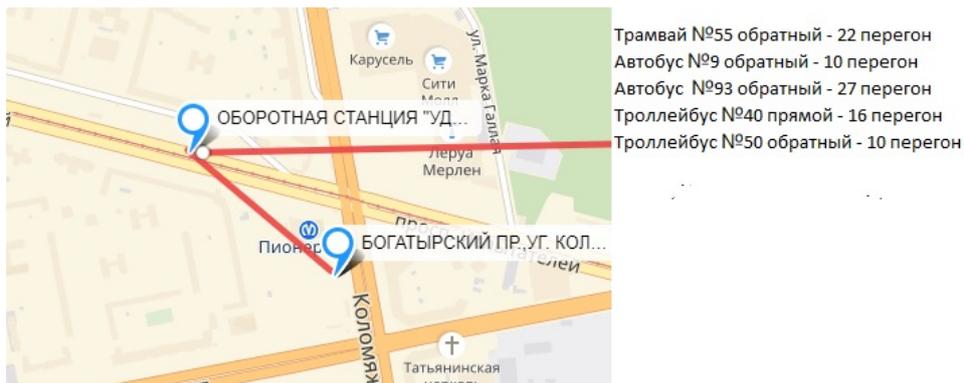


Рис. 24: Обратная станция "Удельный парк" – Богатырский пр. уг. Коломяжского пр.

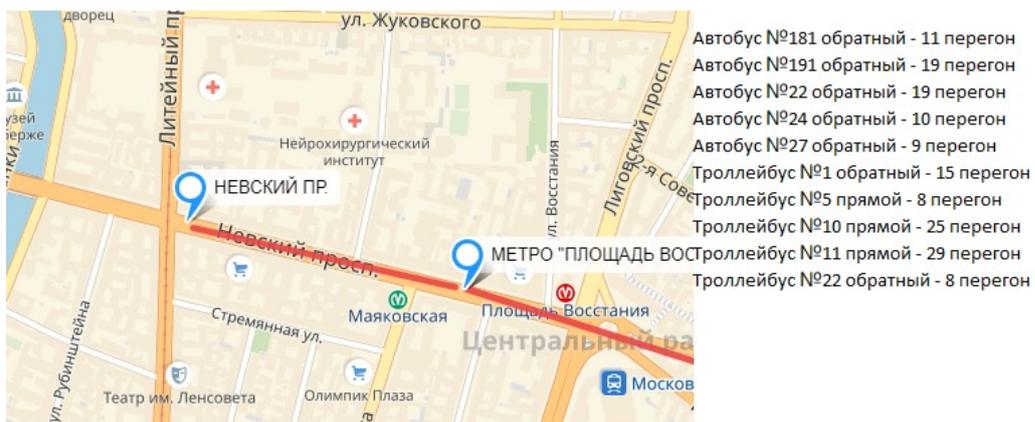
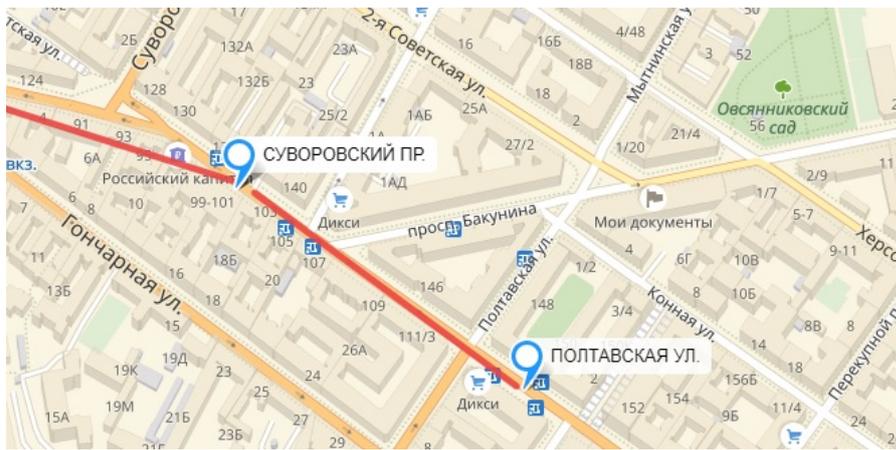
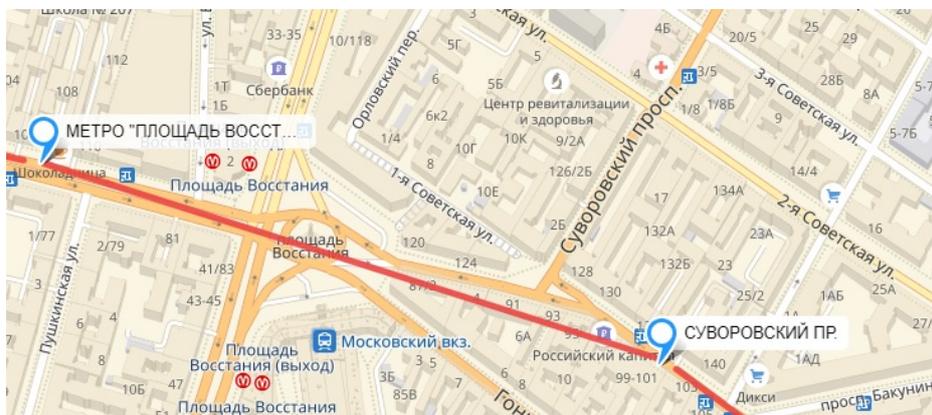


Рис. 25: Невский пр. – Метро "Площадь Восстания"



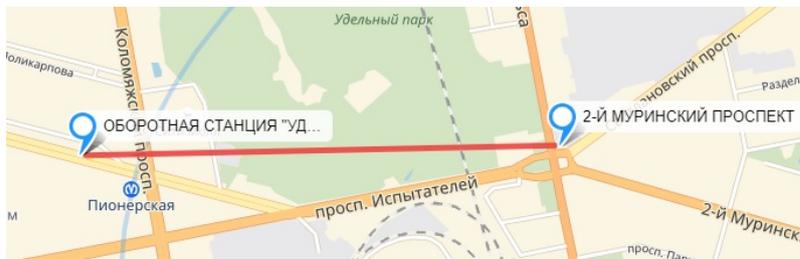
Автобус №191 прямой - 19 перегон  
 Автобус №24 прямой - 18 перегон  
 Автобус №27 прямой - 21 перегон  
 Автобус №65 обратный - 2 перегон

Рис. 26: Полтавская ул. – Суворовский пр.



Автобус №191 прямой - 20 перегон  
 Автобус №24 прямой - 19 перегон  
 Автобус №27 прямой - 22 перегон

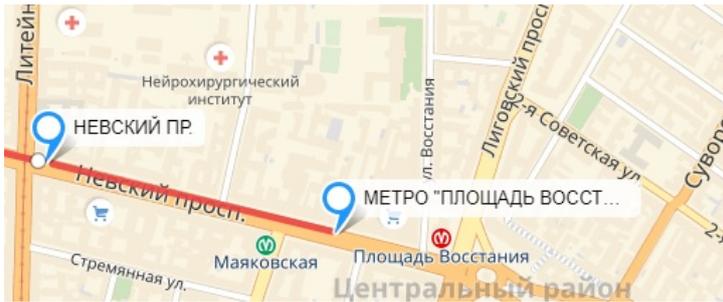
Рис. 27: Суворовский пр. – Метро "Площадь Восстания"



Трамвай №55 обратный - 21 перегон  
 Автобус №9 обратный - 9 перегон  
 Автобус №93 обратный - 26 перегон  
 Троллейбус №40 прямой - 15 перегон  
 Троллейбус №50 обратный - 9 перегон

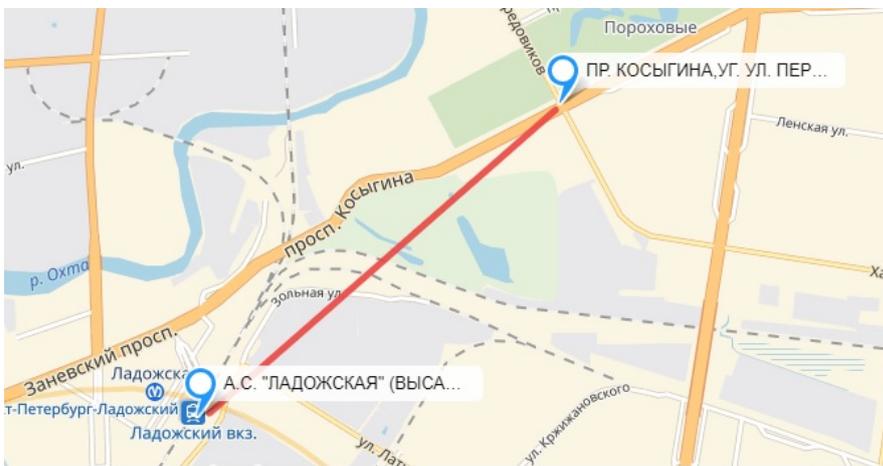
Рис. 28: 2-Й Муринский проспект – Обратная станция "Удельный парк"

Критические перегоны в промежуток 17:00 - 20:00



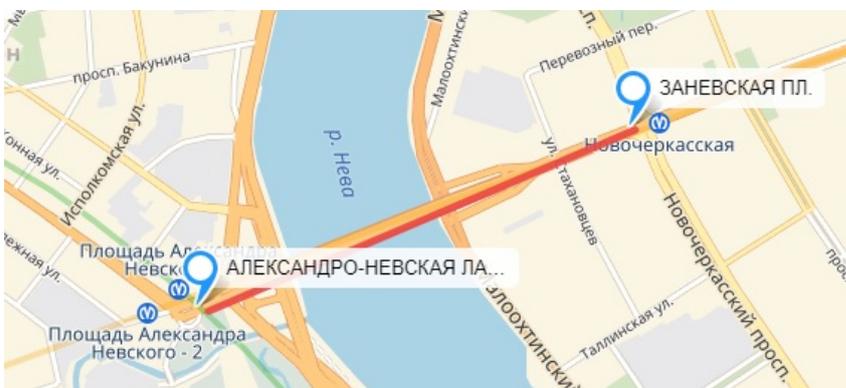
- Автобус №181 обратный - 11 перегон
- Автобус №191 обратный - 19 перегон
- Автобус №22 обратный - 18 перегон
- Автобус №24 обратный - 10 перегон
- Автобус №27 обратный - 9 перегон
- Троллейбус №1 обратный -15 перегон
- Троллейбус №5 прямой - 8 перегон
- Троллейбус №10 прямой -25 перегон
- Троллейбус №11 прямой -29 перегон
- Троллейбус №22 обратный -8 перегон

Рис. 29: Невский пр. – Метро ”Площадь Восстания”



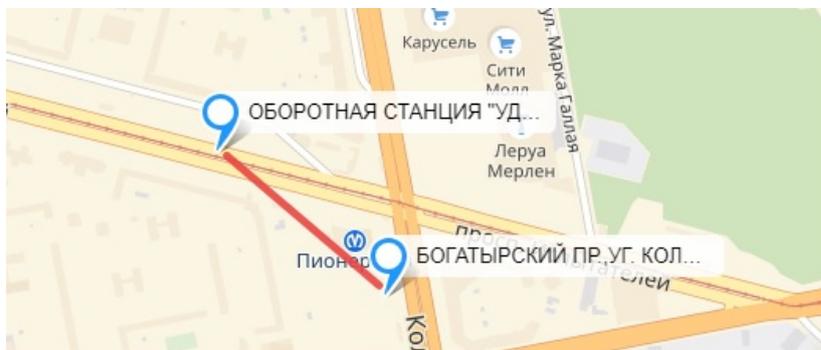
- Автобус №24 обратный - 20 перегон
- Автобус №27 обратный -19 перегон
- Троллейбус №1 обратный - 25 перегон
- Троллейбус №22 обратный - 18 перегон

Рис. 30: А.С. ”Ладожская” (высадки и посадки нет) – Пр. Косыгина, Уг.Ул.Передовиков



- Автобус №24 обратный - 15 перегон
- Автобус №27 обратный -14 перегон
- Автобус №46 обратный - 33 перегон
- Троллейбус №1 обратный - 20 перегон
- Троллейбус №22 обратный - 13 перегон

Рис. 31: Александро-Невская лавра – Заневская пл.



Трамвай №55 обратный - 22 перегон  
 Автобус №93 обратный - 27 перегон  
 Автобус №9 обратный - 10 перегон  
 Троллейбус №40 прямой - 16 перегон  
 Троллейбус №50 обратный - 10 перегон

Рис. 32: Обратная станция "Удельный парк" – Богатырский пр., ул.Коломяжского пр.



Автобус №181 обратный - 10 перегон  
 Автобус №191 обратный - 18 перегон  
 Автобус №7 прямой - 33 перегон  
 Автобус №22 обратный - 17 перегон  
 Автобус №24 обратный - 9 перегон  
 Автобус №27 обратный - 8 перегон  
 Троллейбус №1 обратный - 14 перегон  
 Троллейбус №5 прямой - 7 перегон  
 Троллейбус №10 прямой - 24 перегон  
 Троллейбус №11 прямой - 28 перегон  
 Троллейбус №22 обратный - 7 перегон

Рис. 33: Дворец творчества юных – Невский пр.

## Заключение

В данной работе можно подвести следующие итоги

- была описана технология подготовки данных для исследования;
- разработана технология определения критических перегонов в рамках одного маршрута;
- разработана технология определения критических перегонов в рамках групп маршрутов;
- создан инструмент для поиска критических перегонов в виде файла Excel с написанными скриптами на VBA(макросами);
- проведены эксперименты на реальных данных;
- найдены критические перегоны г.Санкт-Петербург.

Исходный шаблон инструмента выложен в открытый доступ на GitHub.

## Список литературы

- [1] Taylor Michael AP, D'Este Glen M. Transport network vulnerability: a method for diagnosis of critical locations in transport infrastructure systems // Critical infrastructure. — Springer, 2007. — P. 9–30.
- [2] Асаул НА. Инновационный сценарий развития транспортно-логистического комплекса Санкт-Петербурга // Экономическое возрождение России. — 2008. — no. 4. — P. 12–19.
- [3] Гасников А et al. Введение в математическое моделирование транспортных потоков. — Litres, 2017.
- [4] Горев АЭ. Развитие городских транспортных систем крупных городов // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. — 2016. — no. 6 (67).
- [5] Лагерев РЮ, Михайлов АЮ, Лагерева СВ. Методика предупреждения сетевых транспортных заторов // Вестник НЦБЖД. — 2010. — no. 5. — P. 82–88.
- [6] Новизенцев ВВ. Обеспечение безопасности и организации движения при проектировании улично-дорожной сети городов // Вестник НЦБЖД. — 2010. — no. 5. — P. 88–103.
- [7] Санкт-Петербурга Организатор Перевозок. — 2018. — URL: [https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/c\\_transport/](https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/c_transport/).
- [8] Селиверстов СА. Методы и алгоритмы интеллектуального анализа процесса организации транспортной системы // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала СО Макарова. — 2014. — no. 2 (24).
- [9] Семенов Владислав Валерьевич, Ермаков Алексей Викторович. Исторический анализ моделирования транспортных процессов и транспортной инфраструктуры // Препринты Института прикладной математики им. МВ Келдыша РАН. — 2015. — no. 0. — P. 3–36.

- [10] Спирин И.В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками // М.: Издательский центр «Академия». — 2011. — Vol. 4.