

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_остановка	STARTSTO	Кон_остановка	День	Направление	7-00_10-00	10-00_13-30	13-30_17-00	17-00_20-00
1	20	Трамвай	Финляндия	16130	Ул. Комиссарова	будний	обратный	0,21	0,24	0,56	1,42
2	20	Трамвай	Ул. Комиссарова	21665	Нейшлот	будний	обратный	0,24	0,17	0,12	1,81
3	20	Трамвай	Нейшлот	21663	Метро "Витебская"	будний	обратный	0,13	0,07	0	1,38
4	20	Трамвай	Метро "Витебская"	21662	Литовская	будний	обратный	0	0	0	0,57
5	20	Трамвай	Литовская	16168	Ул. Александровская	будний	обратный	0,07	0,38	0,44	0,21
6	20	Трамвай	Ул. Александровская	16164	Кантемировская	будний	обратный	0,07	0,29	0,41	0,81
7	20	Трамвай	Кантемировская	16161	1-й Муринский	будний	обратный	0,02	0	0	0,06
8	20	Трамвай	1-й Муринский	16948	Большой проспект	будний	обратный	0,56	0,36	0,04	0,35
9	20	Трамвай	Большой проспект	16966	Сердобольская	будний	обратный	0,87	0	0,1	4,76
10	20	Трамвай	Сердобольская	16196	Пр. Пархоменко	будний	обратный	0	0	0,06	2,49
11	20	Трамвай	Пр. Пархоменко	16148	Объединение	будний	обратный	0	0	0	0,86
12	20	Трамвай	Объединение	16143	Манчестерская	будний	обратный	0	0,45	1,02	0,78
13	20	Трамвай	Манчестерская	16139	Енотаевская	будний	обратный	0,12	0,23	0,39	0,48
14	20	Трамвай	Енотаевская	16211	Рашетова	будний	обратный	0,24	0,7	1,3	1,34
15	20	Трамвай	Рашетова	16061	Пенсионная	будний	обратный	0,31	0,14	0,32	0,22
16	20	Трамвай	Пенсионная	16057	Поклонная	будний	обратный	0,04	0,1	0,13	1,3
17	20	Трамвай	Поклонная	16053	Метро "Октябрьская"	будний	обратный	0	0	0	0,44
18	20	Трамвай	Метро "Октябрьская"	16049	Пр. Луначарского	будний	обратный	0,14	0,44	0,25	1,36
19	20	Трамвай	Пр. Луначарского	16111	Ул. Есенина	будний	обратный	0	0,03	0,05	0,16
20	20	Трамвай	Ул. Есенина	15997	Детская линия	будний	обратный	0,08	0,2	0,05	0,25
21	20	Трамвай	Детская линия	24309	Пр. Художников	будний	обратный	0	0	0,08	0,01
22	20	Трамвай	Пр. Художников	15994	Ул. Руднева	будний	обратный	0,21	0	0,08	0,08
23	20	Трамвай	Ул. Руднева	15993	Пр. Культуры	будний	обратный	0,18	0,19	0,12	0,13
24	20	Трамвай	Пр. Культуры	16131	Пр. Культуры	будний	обратный	0,97	0,05	0,03	0,93
25	20	Трамвай	Пр. Культуры	16129	Пр. Просвещения	будний	обратный	0,14	0,16	0	0
26	20	Трамвай	Пр. Просвещения	16216	Пр. Культуры	будний	обратный	0,09	0	0	0
27	20	Трамвай	Пр. Культуры	16118	Придорога	будний	обратный	0	0	0,05	0,46

Рис. 1: Пример задержек по маршруту трамвая №20

№ перег	№ маршрут	Вид транс	Нач_остан	STARTSTO	Кон_остан	День	Направле	Протяжён	7-00	10-0	10-00	13-	13-30	17-	17-00	20-	20-00	01-	TP на перегоне
1	20	Трамвай	Финляндс	16130	ул. Комиссаровский	будний	обратный	0,75	15	26	33	25	9	84					
2	20	Трамвай	Ул. Комиссаровский	21665	Нейшлот	будний	обратный	0,58	22	34	52	41	16	99					
3	20	Трамвай	Нейшлот	21663	Метро "Вокзальная	будний	обратный	0,44	26	41	64	55	19	92					
4	20	Трамвай	Метро "Вокзальная	21662	Литовская	будний	обратный	0,66	66	84	105	106	35	267					
5	20	Трамвай	Литовская	16168	ул. Александровский	будний	обратный	0,58	59	82	106	109	38	234					
6	20	Трамвай	Ул. Александровский	16164	Кантемировская	будний	обратный	0,48	60	86	113	113	39	203					
7	20	Трамвай	Кантемировская	16161	1-й Муринский	будний	обратный	0,34	45	69	92	94	31	115					
8	20	Трамвай	1-й Муринский	16948	Большой проспект	будний	обратный	0,37	46	69	95	99	32	128					
9	20	Трамвай	Большой проспект	16966	Сердобольский	будний	обратный	0,73	41	71	96	98	33	252					
10	20	Трамвай	Сердобольский	16196	Пр. Пархоменко	будний	обратный	0,63	42	76	100	102	35	228					
11	20	Трамвай	Пр. Пархоменко	16148	Объединения	будний	обратный	0,65	49	91	112	114	41	269					
12	20	Трамвай	Объединения	16143	Манчестерский	будний	обратный	0,61	54	113	145	135	51	308					
13	20	Трамвай	Манчестерский	16139	Енотаевский	будний	обратный	0,68	60	122	160	154	56	381					
14	20	Трамвай	Енотаевский	16211	Рашетова	будний	обратный	0,45	46	91	135	128	48	205					
15	20	Трамвай	Рашетова	16061	Пенсионный	будний	обратный	0,33	48	95	139	131	49	155					
16	20	Трамвай	Пенсионный	16057	Поклонная	будний	обратный	0,95	59	116	153	145	54	508					
17	20	Трамвай	Поклонная	16053	Метро "Октябрьская"	будний	обратный	0,61	60	122	162	148	56	339					
18	20	Трамвай	Метро "Октябрьская"	16049	Пр. Луначарского	будний	обратный	0,78	114	226	319	302	155	880					
19	20	Трамвай	Пр. Луначарского	16111	Ул. Есенина	будний	обратный	0,39	116	213	302	273	144	412					
20	20	Трамвай	Ул. Есенина	15997	Детская линия	будний	обратный	0,36	116	204	285	254	135	361					
21	20	Трамвай	Детская линия	24309	Пр. Художников	будний	обратный	0,39	114	193	268	232	125	367					
22	20	Трамвай	Пр. Художников	15994	ул. Руднева	будний	обратный	0,78	95	145	194	152	81	527					
23	20	Трамвай	ул. Руднева	15993	Пр. Культуры	будний	обратный	0,38	49	88	119	95	48	154					
24	20	Трамвай	Пр. Культуры	16131	Площадь Культуры	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:

№ перегона	№ маршрута	Вид транспорта	Начало остановки	START	СТО	Конец остановки	День	Направление	7-00_10-00	10-00_13-30	13-30_17-00	17-00_20-00
1	20	Трамвай	Финляндия	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	Литовская	будний	обратный	0	0	0	60,42	
5	20	Трамвай	Литовская	16168	Ул. Александровская	будний	обратный	4,13	31,16	46,64	22,89	
6	20	Трамвай	Ул. Александровская	16164	Кантемировская	будний	обратный	4,2	24,94	46,33	91,53	
7	20	Трамвай	Кантемировская	16161	1-й Мурино	будний	обратный	0,9	0	0	5,64	
8	20	Трамвай	1-й Мурино	16948	Большой Сампсониевский	будний	обратный	25,76	24,84	3,8	34,65	
9	20	Трамвай	Большой Сампсониевский	16966	Сердобольская	будний	обратный	35,67	0	9,6	466,48	
10	20	Трамвай	Сердобольская	16196	Пр. Пархоменко	будний	обратный	0	0	6	253,98	
11	20	Трамвай	Пр. Пархоменко	16148	Объединения	будний	обратный	0	0	0	98,04	
12	20	Трамвай	Объединения	16143	Манчестерская	будний	обратный	0	50,85	147,9	105,3	
13	20	Трамвай	Манчестерская	16139	Енотаевская	будний	обратный	7,2	28,06	62,4	73,92	
14	20	Трамвай	Енотаевская	16211	Рашетова	будний	обратный	11,04	63,7	175,5	171,52	
15	20	Трамвай	Рашетова	16061	Пенсионная	будний	обратный	14,88	13,3	44,48	28,82	
16	20	Трамвай	Пенсионная	16057	Поклонная	будний	обратный	2,36	11,6	19,89	188,5	
17	20	Трамвай	Поклонная	16053	Метро "О	будний	обратный	0	0	0	65,12	
18	20	Трамвай	Метро "О	16049	Пр. Луначарского	будний	обратный	15,96	99,44	79,75	410,72	
19	20	Трамвай	Пр. Луначарского	16111	Ул. Есенина	будний	обратный	0	6,39	15,1	43,68	
20	20	Трамвай	Ул. Есенина	15997	Детская	будний	обратный	9,28	40,8	14,25	63,5	
21	20	Трамвай	Детская	24309	Пр. Художников	будний	обратный	0	0	21,44	2,32	
22	20	Трамвай	Пр. Художников	15994	Ул. Руднева	будний	обратный	19,95	0	15,52	12,16	
23	20	Трамвай	Ул. Руднева	15993	Пр. Культуры	будний	обратный	8,82	16,72	14,28	12,35	
24	20	Трамвай	Пр. Культуры	16131	Пр. Культуры	будний	обратный	38,8	4,1	3,21	75,33	
25	20	Трамвай	Пр. Культуры	16129	Пр. Просвещения	будний	обратный	5,32	13,12	0	0	
26	20	Трамвай	Пр. Просвещения	16216	Пр. Культуры	будний	обратный	1,44	0	0	0	
27	20	Трамвай	Пр. Культуры	16118	Придорожная	будний	обратный	0	0	1,25	6,44	
28	20	Трамвай	Придорожная	21235	Пр. Культуры	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 нахождение 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 отсортируем 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	Начало остановки	STARTSTO	Конец остановки	День недели	Направление	7-00_10-00	10-00_13-30	13-30_17-00	17-00_20-00
2	18	20	Трамвай	Метро "Октябрьская"	16049	Пр. Луначарского будний	обратный	0,840	3,960	5,000	27,200	
3	14	20	Трамвай	Енотаевский	16211	Рашетова будний	обратный	0,480	2,800	10,400	12,060	
4	12	20	Трамвай	Объединение	16143	Манчестер будний	обратный	0,000	2,250	9,180	7,020	
5	20	20	Трамвай	Ул. Есенина	15997	Детская наборная будний	обратный	0,480	1,600	0,900	4,250	
6	13	20	Трамвай	Манчестер	16139	Енотаевский будний	обратный	0,360	1,150	3,900	4,800	
7	5	20	Трамвай	Литовская	16168	Ул. Александровская будний	обратный	0,210	1,140	3,080	1,470	
8	8	20	Трамвай	1-й Муринский	16948	Большой проспект будний	обратный	1,120	1,080	0,240	2,450	
9	6	20	Трамвай	Ул. Александровская	16164	Кантемировский будний	обратный	0,210	0,870	2,870	6,480	
10	23	20	Трамвай	Ул. Руднева	15993	Пр. Культуры будний	обратный	0,540	0,760	0,840	0,780	
11	15	20	Трамвай	Рашетова	16061	Пенсионный будний	обратный	0,930	0,560	2,880	1,980	
12	16	20	Трамвай	Пенсионный	16057	Поклонная будний	обратный	0,120	0,500	1,300	13,000	
13	25	20	Трамвай	Пр. Культуры	16129	Пр. Просвещения будний	обратный	0,280	0,480	0,000	0,000	
14	19	20	Трамвай	Пр. Луначарского	16111	Ул. Есенина будний	обратный	0,000	0,270	0,950	2,880	
15	1	20	Трамвай	Финляндский	16130	Ул. Комиссара Габриэля будний	обратный	0,210	0,240	1,120	2,840	
16	2	20	Трамвай	Ул. Комиссара Габриэля	21665	Нейшлота будний	обратный	0,240	0,170	0,360	5,430	
17	24	20	Трамвай	Пр. Культуры	16131	Пр. Культуры будний	обратный	1,940	0,150	0,210	4,650	
18	3	20	Трамвай	Нейшлота	21663	Метро "Волгоградская" будний	обратный	0,130	0,140	0,000	5,520	
19	4	20	Трамвай	Метро "Вокзальная"	21662	Литовская будний	обратный	0,000	0,000	0,000	3,990	
20	7	20	Трамвай	Кантемировский	16161	1-й Муринский будний	обратный	0,040	0,000	0,000	0,360	

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

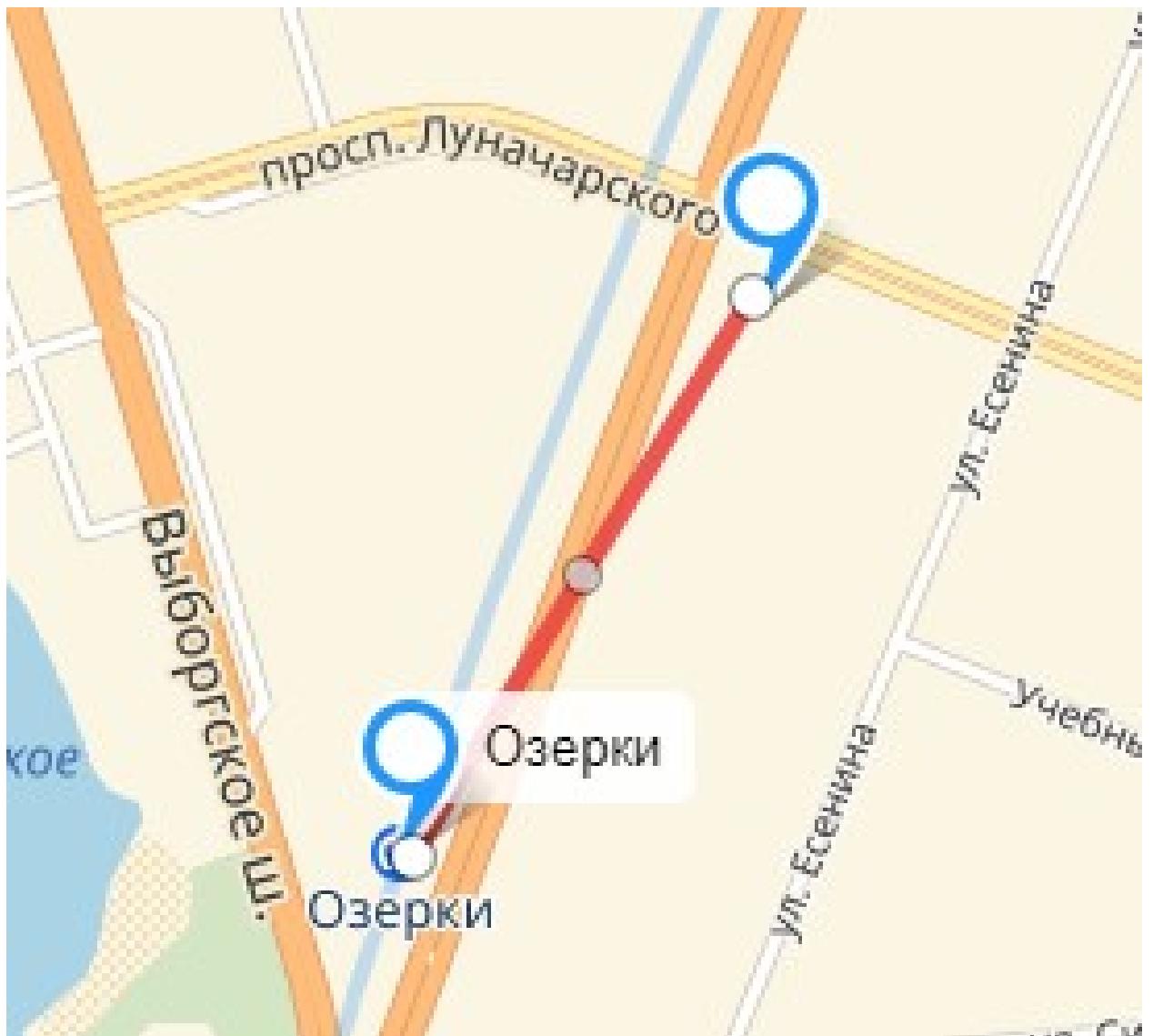


Рис. 5: Иллюстрация критического перегона для трамвая №20 (18) в промежуток 10:00 – 13:30

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 НОВАТОРО		3703	182	161	122	A145AO:26;A130P:18;A145O:25;T20P:;
ПР. КОСЫГИНА,УГ. А.С. "ЛАДОЖСКАЯ"		2326	1451	892	1036	A24P:11;A27P:14;T1P:11;T22P:11;
ПР. ТОРЭЗА	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 отсортируем по убыванию данных 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;
- Разрешить в ней запускать макросы.

Скаченная 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. З ПЯТИЛ	1	ПЕТРО-СЛАВЯНКА, УЛ. З	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 (ПОТ	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	E	F
1	ID_STOP	ID_STOP_GROUP	ID_TRANSPORT	ID_DISTRICT_P	ID_DISTRICT	ID_PLAN_ZONE
2	15242	552	463	1038	115	2001
3	15243	1014	655	1022	108	2005
4	15244	552	469	1038	115	2001
5	15245	1222	644	1022	108	2005
6	15246	951	469	1038	115	2001
7	15247	2479	1002	1004	112	2003
8	15248	2186	648	1022	108	2005
9	15249	385	468	1038	115	2001
10	15251	189	1121	1009	109	2004
11	15252	1968	468	1038	115	2001
12	15253	1378	640	1022	108	2005
13	15254	551	344	1038	115	2001
14	15255	897	1121	1009	109	2004
15	15256	1766	632	1022	108	2005
16	15259	1695	1121	1009	109	2004
17	15260	240	632	1022	108	2005
18	15261	212	344	1038	115	2001
19	15262	1227	628	1022	108	2005
20	15263	551	468	1038	115	2001

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,Д -- координаты начала маршрута;
3. В колонке Е,Ф -- координаты конца маршрута;
4. В колонке Г -- условные обозначения перегонов, которые входят в этот маршрут.

Столбец Г 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;T150:9;				
67 УЛ. ВЕРНОСТИ	МЕТРО "АКАДЕМИЧЕСКАЯ"	0	81	636	852 A40P:29;A60O:11;				
68 ПР. ТОРЕЗА	СВЕТЛЯНОВСКИЙ ПР. УГ. УЛ. ЖАКА ДЮКЛО	0	0	165	847 A93P:26;A98O:8;T40O:15;				
69 Б. КОНЮШЕННАЯ УЛ.	ДВОРЕЦ ТВОРЧЕСТВА ЮНЫХ	191	208	488	841 A191O:16;A7P:31;A22O:15;A24O:7;A27O:6;T10:12;T5P:5;T10P:2				
70 УЛ. ПЕРЕДОВИКОВ,УГ. ПР. УДАРНИКОВ	ПР. УДАРНИКОВ	166	283	520	835 A27O:22;				
71 ОБЪЕДИНЕНИЕ "СВЕТЛНА" 2-Й МУРИНСКИЙ ПРОСПЕКТ	АЛЕКСАНДРО-НЕВСКАЯ ЛАВРА	858	1037	898	822 A90:8;A40O:30;A93O:25;T40P:13;T50O:7;				
72 ИСПОЛКОМСКАЯ УЛ.	КРОНШТАДТСКАЯ ПЛ.	41	196	333	821 A191O:23;A24O:14;A27O:13;				
73 КРОНШТАДТСКАЯ ПЛ.	3-Я СОВЕТСКАЯ	268	35	58	818 A26O:28;A142P:8;T35O:10;T35P:25;				
74 МЕТРО "ПЛОЩАДЬ ВОССТАНИЯ"	ДОРОГА НА ТУРУХАННЫЕ ОСТРОВА, ПР.М.ЖУКОВА	28	601	611	805 A181O:13;T5P:9;T11P:30;				
75 КРОНШТАДТСКАЯ УЛ.	АЭС "Лукойл"	2	0	797 A2O:18;A111O:8;					
76 УНИВЕРСИТЕТ КИНО И ТЕЛЕВИДЕНИЯ	ГРАНДАНСКИЙ ПР. УГ. ПР. НЕПОКОРЕННЫХ	20	81	85	796 25O:11;A90:11;A54O:19;A54P:19;A74O:22;A76O:11;A91O:11;				
77 ПР. НЕПОКОРЕННЫХ,Б	УНИВЕРСИТЕТ	195	253	359	784 A40P:24;A80P:28;A123P:28;				
78 УНИВЕРСИТЕТСКАЯ НАБ.	ДВОРЕЦ ТВОРЧЕСТВА ЮНЫХ	263	627	729	780 A7O:7;A24P:27;T100:12;T10P:18;T11O:13;T11P:22;				
79 БКЗ "ОКТАВЬЕСКИЙ"	2-Й МУРИНСКИЙ ПР., ПЛ. МУЖЕСТВА	23	418	452	753 A22P:29;				
80 2-Й МУРИНСКИЙ ПР., ПЛ. МУЖЕСТВА	ГРАНДАНСКИЙ ПР. УГ. ПР. ЛУНАЧАРСКОГО	198	152	301	740 55O:15;55P:19;T13P:16;				
81 ГРАНДАНСКИЙ ПР. УГ. СЕВЕРНОГО ПР.	КОНТОРСКАЯ УЛ.	89	123	266	738 A178O:12;A40P:35;A93P:34;A102O:36;A153O:33;				
82 КРАСНОГВАРДЕЙСКАЯ ПЛОЩАДЬ	УЛ. ОБРЕЛЯ, СВЕТЛЯНОВСКИЙ ПР.	0	20	39	736 A22O:28;A22O:34;				
83 ОБЪЕДИНЕНИЕ "СВЕТЛНА"	УЛ. ЖУКОВА	305	92	298	733 A9P:13;A40P:17;A93P:24;A98O:6;T40O:13;T50P:20;				
84 УЛ. ВАТУТИНА, КОНДРАТЬЕВСКИЙ ПР.	КОМЕНДАНТСКИЙ ПР.,16	9	21	34	721 23O:4;A105O:4;A107O:4;A133O:4;T3O:22;				
85 УЛ. ГАККЕЛЕВСКАЯ УЛИЦА	ПР. КОСЫГИНА,УЛ. ПЕРЕДОВИКОВ	760	0	570	707 A127P:14;T50O:20;				
86 УЛ. ПЕРЕДОВИКОВ, УГ. ПР. ЭНТУЗИАСТОВ	МЕТРО "ПРИМОРСКАЯ"	133	298	631	697 A10:35;A6O:24;T100:27;				
87 НАЛИЧНАЯ УЛ. УГ. УЛ. НАХИМОВА	ПР. ПРОСВЕЩЕНИЯ, УГ. УЛ. ЕСЕНИНА	23	156	264	676 58P:13;100P:2;A121P:6;				
88 МЕТРО "ПРОСПЕКТ ПРОСВЕЩЕНИЯ"	ИНСТИТУТСКИЙ ПР.	1575	731	771	668 A9P:15;A40P:19;A80P:23;A123P:23;T13P:13;				
89 ПР. ТОРЕЗА	ПР. МАРШАЛА ЖУКОВА,УЛ. МАРШАЛА КАЗАКОВ	1	16	163	668 60P:8;A2AO:3;A26P:4;				
90 УЛ. МАРШАЛА КАЗАКОВА,10	МОСКОВСКИЙ ПР.,4	282	674	481	662 A181P:23;				
91 3-Я СОВЕТСКАЯ	ДВОРЕЦ ТВОРЧЕСТВА ЮНЫХ	64	499	501	661 A181P:28;A191P:22;A7O:1;A24P:21;A27P:24;T1P:22;T5O:7;T10O:				
92 НЕВСКИЙ ПР.	КОМСОМОЛЬСКАЯ ПЛОЩАДЬ	0	4	129	658 A2O:18;A111O:6;				
93 МЕТРО "КИРОВСКИЙ ЗАВОД"	УЛИЦА ЗАЙЦЕВА	0	0	0	656 T200:7;T310:7;				
94 УЛ. ЗЕНИТИЧКОВ									

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;A2P:22;A2P:12;T350:6;			
4 УЛ. ЛЕНИ ГОЛИКОВА, ПР. ЕБУЛЬВАР НОВАТОРОВ ПО ДАЧНОМУ ПР.		59,84846889	30,22773639	59,84413603	30,26469976	A145AO:26;A130P:18;A145O:25;T20P:7;T290:4;T31P:7;			
5 ПР. КОСЫГИНА, УЛ. ПЕР. А.С. "ЛАДОЖСКАЯ" (ВЫСАДКИ И ПОСАД		59,94510527	30,49082206	59,96901533	30,2474079	A24P:11;A27P:14;T1P:11;T2P: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	A19P: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;A2A:23;A26P:13;		
9 НАРОДНАЯ УЛ. УГ. ДАЛЬНЕ ГОСПИТАЛЬ		59,87744626	30,47890185	60,03262329	29,98625755	A12P:23;A1180:19;A400:15;T14P:9;T27P:9;			
10 ТОРГОВЫЙ ЦЕНТР, ПР. Вете УЛ. ЛЕНИ ГОЛИКОВА, ПР. ВЕТЕРАНОВ		59,90815318	30,4481058	59,84846889	30,2773639	A145AO:25;A130P:17;A145O:24;T20P:6;T290:3;T31P:6;			
11 ГОСПИТАЛЬ	ИВАНОВСКАЯ УЛ. УГ. УЛ. БАБУШКИНА		60,03262329	29,98625755	60,04902962	30,2373333	A12P:24;A1400:16;T27P:10;		
12 ТИХОРЕЦКИЙ ПР. д.7	МЕТРО "ПОЛИТЕХНИЧЕСКАЯ"		60,07174966	30,2405396	59,93158529	30,35734589	48P:18;M50:13;T13O:9;		
13 2-Й МУРИНСКИЙ ПРОСПЕКТ, ПР. ПАХОМЕНКО		59,99877567	30,3639993	59,86092731	30,4781008	20P:16;A8P:16;			
14 ГОСПИТАЛЬ	МЕТРО "ЛОМОНОСОВСКАЯ"		60,03262329	29,98625755	59,85183024	30,26786482	A1180:20;T14P:10;		
15 10 КМ, КРАСНОСЕЛЬСКОЕ ЦАНИНСКОЕ ШОССЕ		59,93495163	30,2800903	59,96532508	30,452363	A145AO:14;A145O:13;			
16 САД БЕНУЯ	ПРОСПЕКТ РАЕВСКОГО		59,63604336	30,3410565	59,7575512	30,4269352	A93O:20;A98P:10;T40P:8;		
17 28-29 ЛИНИИ (ПО СРЕДНЕЙ 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 ОПОЛЧЕНИЯ Ж.Д. СТ., ЛЕНИНСКИЙ ПР.		59,97042007	30,40263243	59,8048592	30,3873018	A26P:21;A114P:7;A130P:24;T290:10;T350:15;			
19 ГРАНДАНСКИЙ 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;M50:10;A80P:10;A86P:8;A123P:10;			
21 УЛ. ЗИНЫ ПОРТНОВОЙ, УЛ. ЛЕНИНСКИЙ ПРОСПЕКТ / УЛИЦА ЗИНЫ I		59,77712986	30,5938177	59,85030463	30,1053867	A145AO:29;A114P:4;A130P:21;A145O:28;T20P:10;T290:7;T31P:10;			
22 УЛ. МОЛДАГУЛОВОЙ	УЛ. МОЛДАГУЛОВОЙ		59,95449789	30,36210645	59,95449789	30,36210645	A18P: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	30,33176425	A19P:19;A24P:18;A27P:21;A65O:2;						
4 СУВОРОВСКИЙ ПР.	МЕТРО "ПЛОЩАДЬ ВОС"	59,94578501	30,33176425	59,86542119	30,32136	A18P:11;A19P:19;A22O:18;A24O:10;A27O:9;T1O:15;T5P:8;T10P:25;T11P:29;T2:						
5 НЕВСКИЙ ПР.	МЕТРО "ПЛОЩАДЬ ВОС"	59,98418334	30,25613827	59,86542119	30,32136	A18P:11;A19P:19;A22O:18;A24O:10;A27O:9;T1O:15;T5P:8;T10P:25;T11P:29;T2:						
6 ПР. ЭНГЕЛЬСА УГ. ПР. ЛУНАЧАРСКОГО МЕТРО "ОЗЕРКИ"		59,99776956	30,33247497	59,91487438	30,34933212;A19P:12;A24P:21;A27P:23;T1P:21;T5O:6;T10O:5;T11O:6;T22P:21;							
7 ПР. КОСЫГИНА, УЛ. УЛ. ПЕРЕДОВИКА С. А. "ЛАДОЖСКАЯ" (Вы		59,94510527	30,49082206	59,96901533	30,24741	A24P:11;A27P:14;T1P:11;T2P:11;						
8 ИСПОЛКОМСКАЯ УЛ.	ПОЛТАВСКАЯ УЛ.		59,90326937	30,46902308	59,73393687	30,4709873	A19P:18;A24P:17;A27P:20;A65O:1;					
9 МЕТРО "ПЛОЩАДЬ ВОССТАНИЯ"	СУВОРОВСКИЙ ПР.	59,86542119	30,32135677	59,94578501	30,33176425	A19P:10;A24P:11;A27O:10;T1O:16;T10P:26;T22O:9;						
10 ОБЪЕДИНЕНИЕ "СВЕТЛАНА"	2-Й МУРИНСКИЙ ПРОС	59,93585668	30,43526455	59,99877567	30,364	A90:8;A400:30;A93O:25;T40P:13;T50O:7;						
11 ДВОРЦОВАЯ НАБ.	УНИВЕРСИТЕТСКАЯ НАЕ	59,9340952	30,33569392	59,87864639	30,37247	A10:6;A24P:26;T10O:11;T11O:12;						
12 МЕТРО "ПЛОЩАДЬ ВОССТАНИЯ"	НЕВСКИЙ ПР.	59,86542119	30,32135677	59,98418334	30,25614	A18P:12;A19P:12;A21P:21;A27P:23;T1P:21;T5O:6;T10O:5;T11O:6;T22P:21;						
13 ИВАНОВСКАЯ УЛ.	ПР. СЛАВЫ		59,87558057	30,44545631	30,00267906	30,27191	A11P:10;A12P:26;A56O:2;A1400:18;T27P:12;					
14 УЛ. СОФИИ КОВАЛЕВСКОЙ	МЕТРО "АКАДЕМИЧЕСКИЙ ПРОСПЕКТ"	59,94325119	30,41933834	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;S5P:30;						
16 УЛ. ПАРТИЗАНА ГЕРМАНА, УГ. ЧЕЛ. САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЕ		60,1818857	29,8216648	59,84652083	30,20467	A2P:7;A2AP:7;A11P:7;						
17 СВЕТЛANOВСКИЙ ПР. УГ. ПР. ПРОСВІТУ БРЯНЦЕВА		60,04885151	30,35401921	60,032596	30,40109	100P:12;						
18 БОГАТЬЯРСКИЙ ПР., УГ. КОЛОМЯЖСКИЙ ПР., УГ. К		59,89132991	29,86032848	59,89132991	29,86032848	A17P:20;A24P:21;A27P:23;T1P:21;T5O:6;T10O:5;T11O:6;T22O:9;						
19 3-Я СОВЕТСКАЯ	МЕТРО "ПЛОЩАДЬ ВОС"	60,02026542	30,10883835	59,86542119	30,32136	T5O:5;T11O:5;						
20 Лиговский пр., 74	КУЗНЕЧНЫЙ ПЕРЕУЛОК	59,92921833	30,36007328	59,8718073	30,32958	S5P:27;A49P: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	30,4970873	A19P:15;A7P:30;A22O:14;A24O:6;A27O:5;T1O: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"	БОГАТЬЯРСКИЙ ПР., УГ. КОЛОМЯЖСКИЙ ПР.	59,7309142	30,6160946	59,89132991	29,86038248	S5P:22;A90:10;A93O:27;T40P:16;T50O:10;			
4 НЕВСКИЙ ПР.	МЕТРО "ПЛОЩАДЬ ВОССТАНИЯ"	59,98418334	30,25613827	59,86542119	30,32135677	A18P:11;A19P:19;A22O:18;A24O:10;A27O:9;T1O:15;T5P:8;T10P:25;T11P:29;T2:			
5 ПОЛТАВСКАЯ УЛ.	СУВОРОВСКИЙ ПР.	59,73393687	30,4709873	59,94578501	30,33176425	A19P:12;A24P:18;A27P:21;A65O:2;			
6 БОГАТЬЯРСКИЙ ПР., УГ. КОЛОМЯЖСКОГО ПР.	БОГАТЬЯРСКИЙ ПР., УГ. КОЛОМЯЖСКИЙ ПР.	59,89132991	29,86038248	59,89132991	29,86038248	A17P:21;A21P:8;A93O:28;A93P:20;T25O:3;T25P:15;T4:			
7 СУВОРОВСКИЙ ПР.	МЕТРО "ПЛОЩАДЬ ВОССТАНИЯ"	59,94578501	30,33176425	59,86542119	30,32135677	A19P:12;A24P:18;A27P:21;A65O:2;			
8 2-Й МУРИНСКИЙ ПРОСПЕКТ	ОБОРОТНАЯ СТАНЦИЯ "УДЕЛЬНЫЙ ПАРК"	59,99877567	30,36399935	59,7309142	30,32135677	A18P:12;A19P:12;A24P:18;A27P:21;A65O:2;			
9 МАЛАЯ МОРСКАЯ	Б. КОНЮШЕННАЯ УЛ.	59,84424608	30,3910684	59,67981966	30,49705315	A19P:10;A22O:20;A42O:14;A44O:6;A27O:5;T1O:11;T5P:4;T10P:21;T11P:25;T22O:4;			
10 УНИВЕРСИТЕТ	ДВОРЦОВАЯ НАБ.	59,86542119	30,32135677	59,98418334	30,32135677	A19P:12;A24P:18;A27P:21;A65O:2;			
11 МЕТРО "ПЛОЩАДЬ ВОССТАНИЯ"	НЕВСКИЙ ПР.	59,86542119	30,32135677	59,98418334	30,32135677	A19P:12;A24P:18;A27P:21;A65O:2;			
12 МЕТРО "ПЛОЩАДЬ ВОССТАНИЯ"	СУВОРОВСКИЙ ПР.	59,86542119	30,32135677	59,94578501	30,33176425	A19P:10;A24A:11;A27O:10;T1O:16;T10P:26;T22O:9;			
13 УЛ. СОФИИ КОВАЛЕВСКОЙ	МЕТРО "АКАДЕМИЧЕСКАЯ"	59,94325119	30,41938384	59,86844207	30,25896805	9P:8;A176P:9;A102O:33;A153O:30;			
14 ДВОРЦОВАЯ СТРОЧЕСТВА ЮНІХ	НЕВСКИЙ ПР.	60,00362113	30,39843175	59,98418334	30,25613827	A18P:10;A19P:18;A27P:33;A22O:17;A24O:9;A27O:8;T1			
15 Б. КОНЮШЕННАЯ УЛ.	МАЛАЯ МОРСКАЯ	59,67981966	30,49705315	59,84424608	30,3910684	A19P:25;A70P: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;M50:10;A80P:10;A86P:8;A123P:10;			
17 СРЕДНИЙ ПР. В.О.	ШКИПЕРСКИЙ ПРОТОК, УГ. НАЛИЧИ	59,99877567	30,2659178	59,98775937	30,2841921	A128O:25;T1O:24;A11O:24;T1O:25;			
18 ПР. НАУКИ, 12	МЕТРО "АКАДЕМИЧЕСКАЯ"	60,00586895	30,42236875	59,86844207	30,25896805	9O:15;A400:13;A93P:31;			
19 ЗАНЕВСКАЯ ПЛ.	ГОСТИНИЦА "ЛАДОГА"	59,9852932	30,41174886	59,98566764	30,30093341	A24O:17;A27O:16;T1O:22;T22O:15;			
20 Ж.Д. СТ., ЛЕНИНСКИЙ ПР.	ПР. НАРОДНОГО ОПОЛЧЕНИЯ, ЛЕН	59,8048592	30,3873018	59,97042007	30,40263243	A26O:23;A11O:22;A13O:5;T29P:14;T35P:20;			
21 КОЛОМЯКСКИЙ ПРОСПЕКТ	БОГАТЬЯРСКИЙ ПР., УГ. КОЛОМЯЖСКИЙ ПР.	60,01507212	3						

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 НЕВСКИЙ ПР.	МЕТРО "ПЛОЩАДЬ ВОССТАНИЯ"	59,98418334	30,25613827	59,86542119	30,32135677	A181O:11;A191O:19;A220:18;A240:10;A270:9;T1O:15;T5P:8;T10P:25;T11P:						
4 А.С. "ЛАДОЖСКАЯ" (высадки и пос.п. Косыгина, уг. ул. ПЕРЕДОВИК)		59,96901533	30,2474079	59,94510527	30,49082206	A240:20;A270:19;T1O:25;T22O:18;						
5 АЛЕКСАНДРО-НЕВСКАЯ ЛАВРА	ЗАНЕВСКАЯ ПЛ.	60,15560141	30,00895025	59,9852932	30,41174886	A240:15;A270:14;A46O:33;T1O:20;T22O:13;						
6 ОБОРОТНАЯ СТАНЦИЯ "УДЕЛЬНЫЙ" БОГАТЫРСКИЙ ПР., УГ. КОЛОМЯЖСКИЙ		59,7309142	30,6160946	59,89132991	29,86038248	55O:22;A90:10;A93O:27;T40P:16;T50O:10;						
7 ДВОРЕЦ ТВОРЧЕСТВА ЮНЫХ	НЕВСКИЙ ПР.	60,00362113	30,39843175	59,98418334	30,25613827	A181O:10;A191O:18;A27P:33;A220:17;A240:9;A270:8;T1O:14;T5P:7;T10P:2						
8 ЗАНЕВСКИЙ ПР., 32	А.С. "ЛАДОЖСКАЯ" (высадки и пос.п. Косыгина, уг. ул. ПЕРЕДОВИК)	59,92900679	30,4111461	59,96901533	30,2474079	A240:19;A270:18;T1O:24;T22O:17;						
9 2-Й МУРИНСКИЙ ПРОСПЕКТ	ОБОРОТНАЯ СТАНЦИЯ "УДЕЛЬНЫЙ"	59,99877567	30,3639993	59,7309142	30,6160946	55O:21;A90:9;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	A145P:2;A145P:2;T20O:9;T31O:9;						
13 МАЛАЯ МОРСКАЯ	Б. КОННОШЕННАЯ УЛ.	59,84424608	30,3910684	59,67981966	30,49705315	A191O:15;A7P:30;A220:14;A240:6;A270:5;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	A260:22;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. КОЛОМЯЖСКИЙ	БОГАТЫРСКИЙ ПР., УГ. КОЛОМЯЖСКИЙ	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. ПРОСВЕЩЕНИЯ		60,05560083	30,32213717	59,99624793	29,7580833	58P:14;100P:3;A121P:7;						
21 АДМИНИСТРАЦИЯ КИРОВСКОГО РАЙ. ПР. СТАЧЕК		60,09433749	29,97262423	59,92136009	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

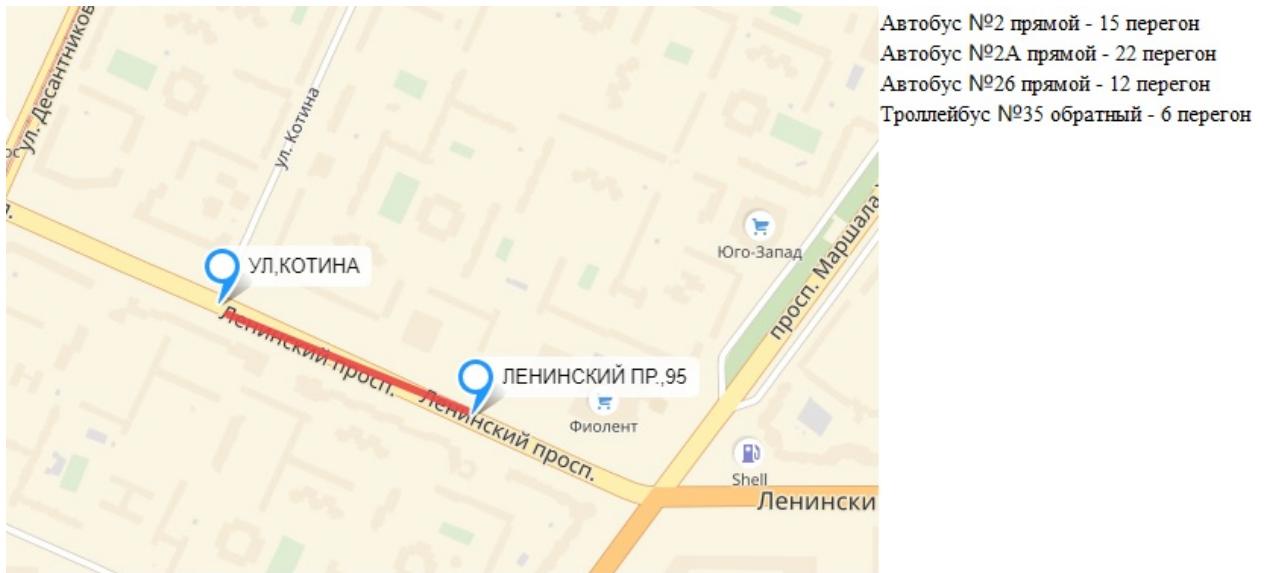


Рис. 14: Ул. Котина – Ленинский проспект,95

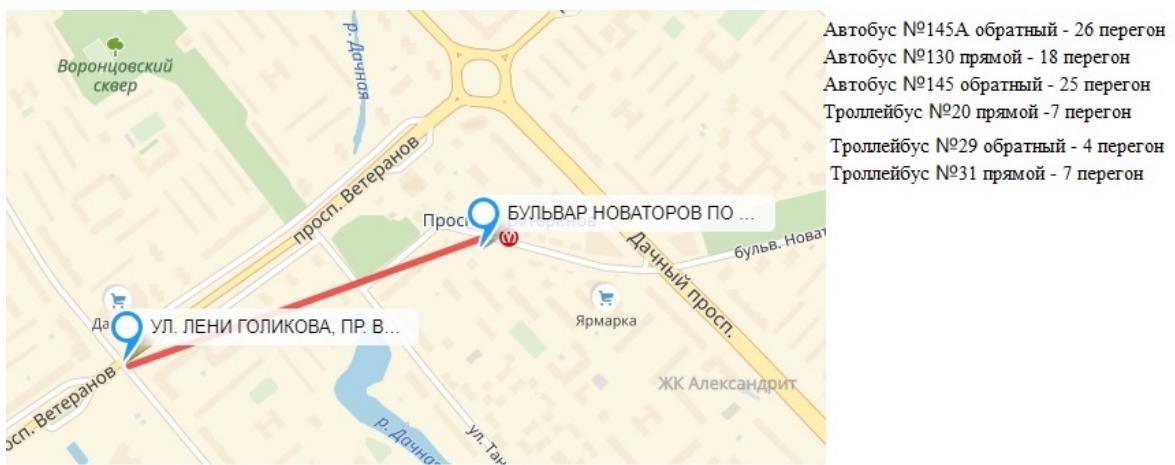


Рис. 15: Ул. Лени Голикова, Пр. Ветеранов – Бульвар новаторов по дачному пр.

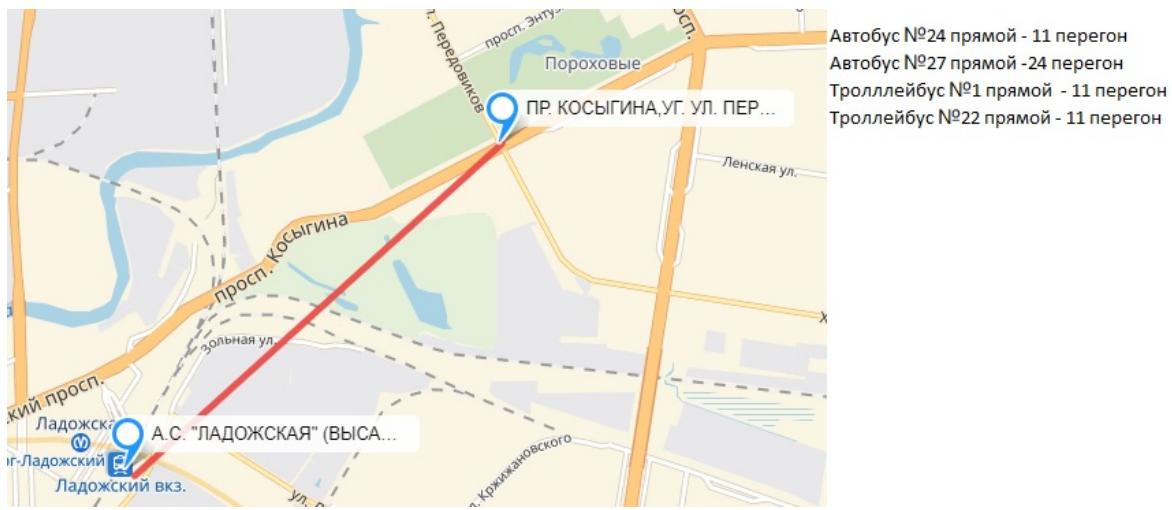


Рис. 16: Пр. Косыгина,Уг. Ул.Передовиков – А.С. "Ладожская" (высадки и посадки нет)

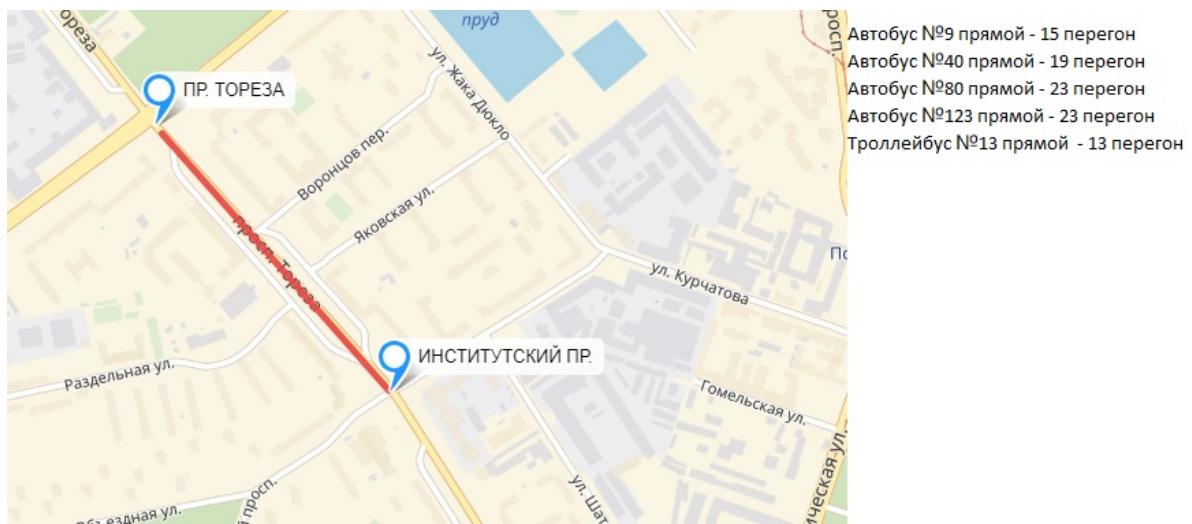


Рис. 17: Пр.Тореза – Институтский пр.

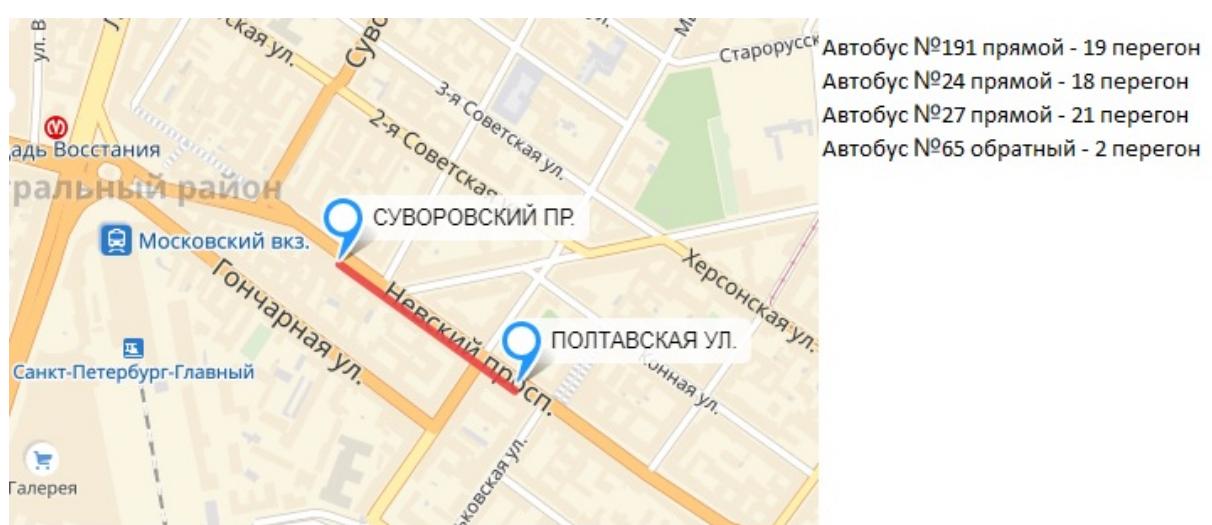


Рис. 18: Полтавская ул. – Суворовский пр.

Критические перегоны в промежуток 10:00 - 13:30

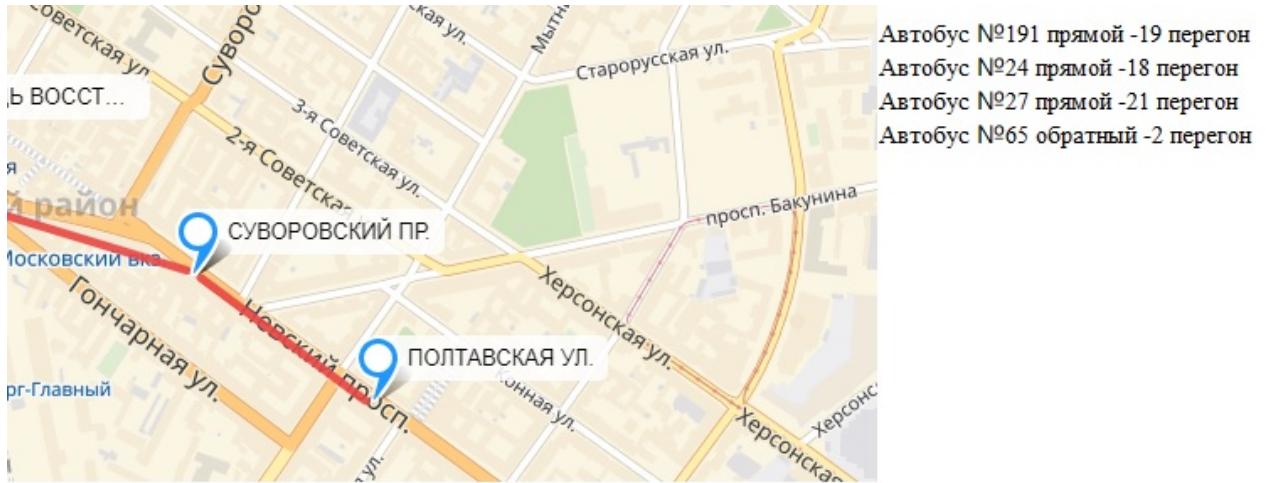


Рис. 19: Полтавская ул. – Суворовский пр.

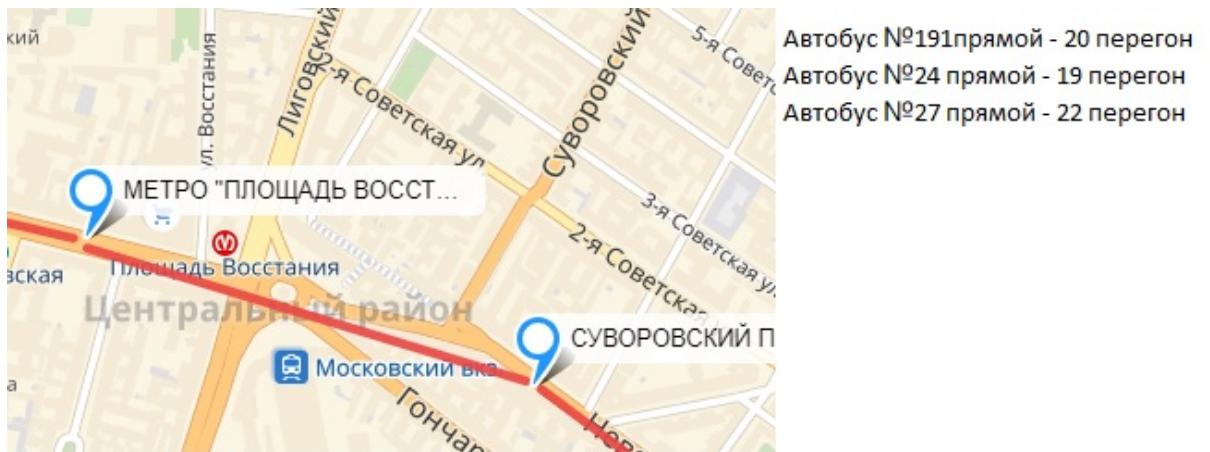


Рис. 20: Суворовский пр. – Метро ”Площадь Восстания”

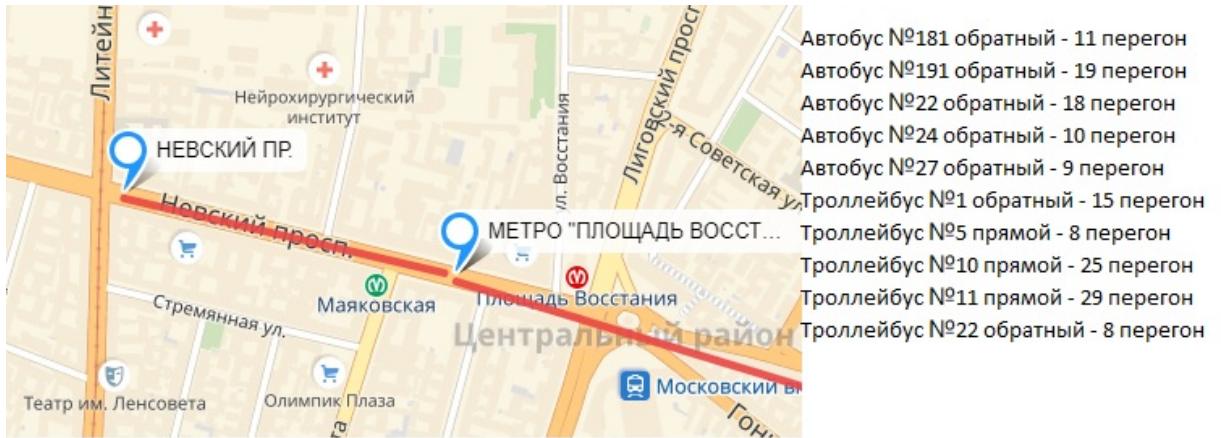


Рис. 21: Невский пр. – Метро "Площадь Восстания"

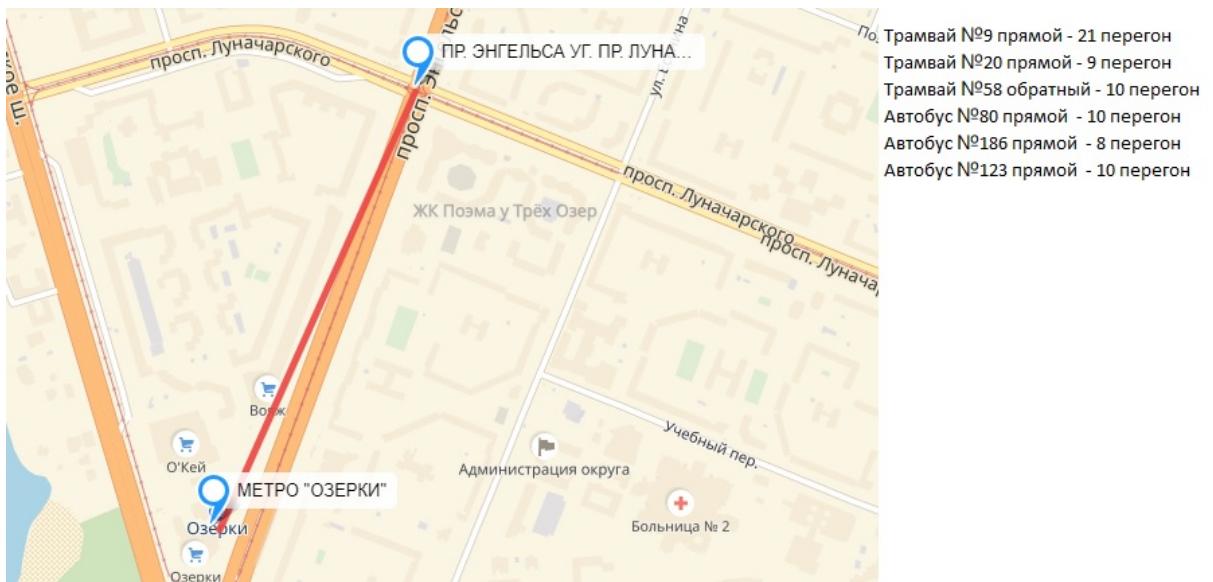


Рис. 22: Пр. Энгельса Уг. Пр. Луначарского – Метро "Озерки"

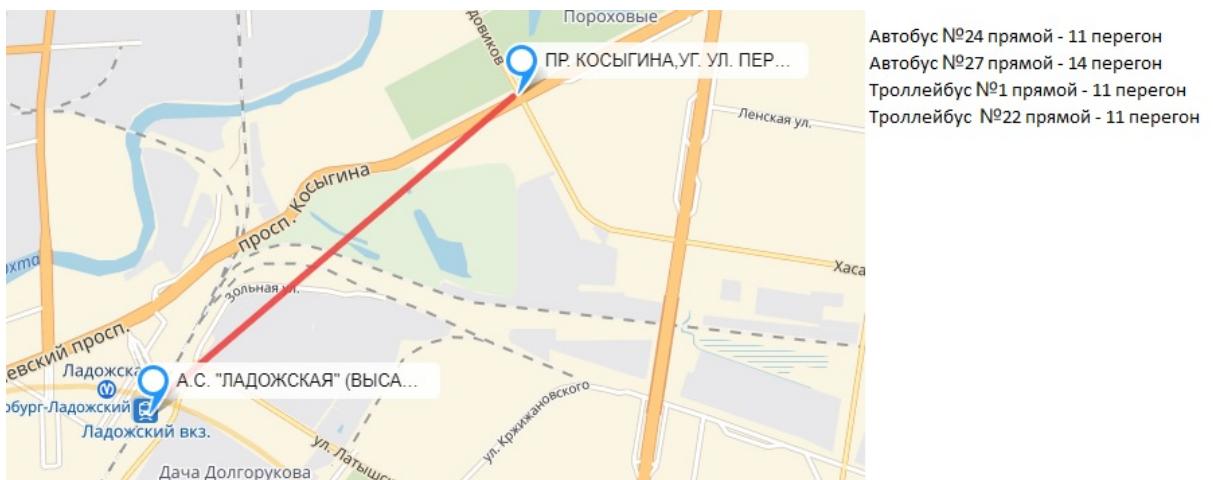


Рис. 23: Пр. Косыгина,Ул. Передовиков – А.С. "Ладожская" (высадки и посадки нет)

Критические перегоны в промежуток 13:30 - 17:00

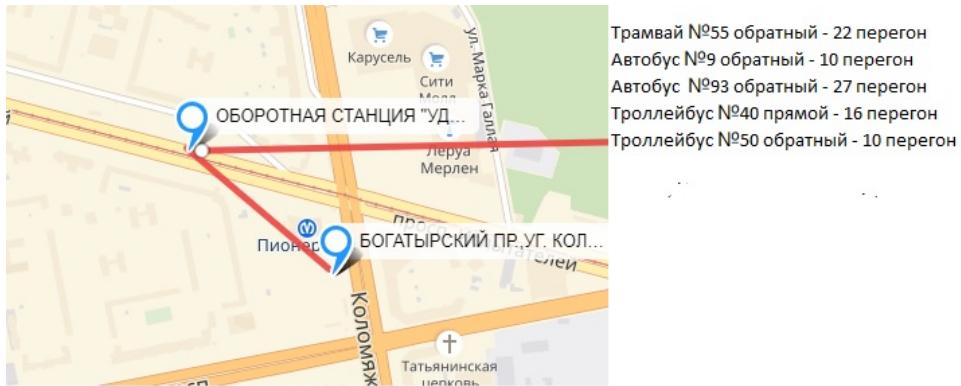


Рис. 24: Оборотная станция "Удельный парк" – Богатырский пр., уг.Коломяжского пр.

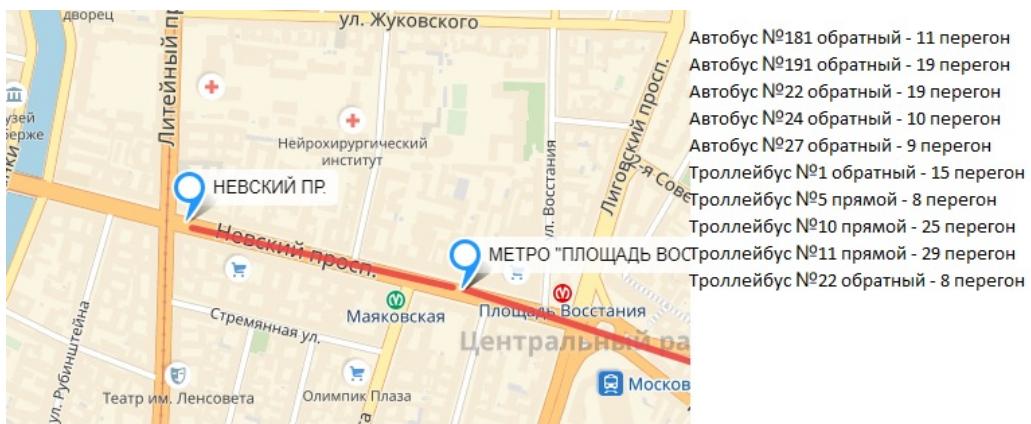


Рис. 25: Невский пр. – Метро "Площадь Восстания"

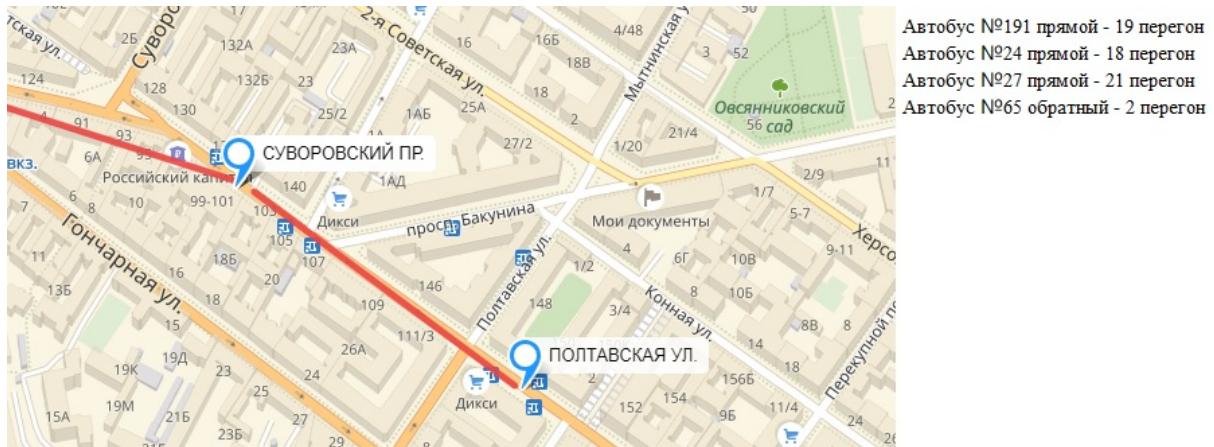


Рис. 26: Полтавская ул. – Суворовский пр.

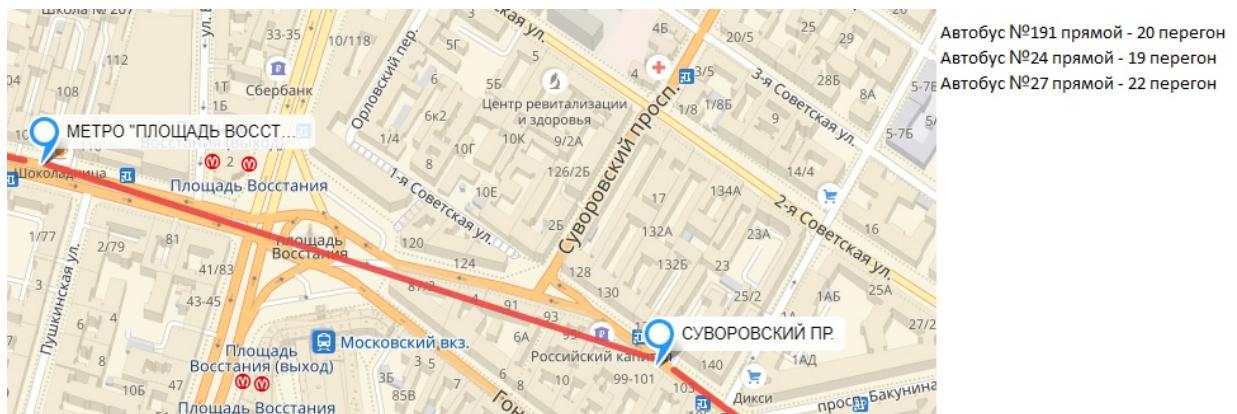


Рис. 27: Суворовский пр. – Метро "Площадь Восстания"

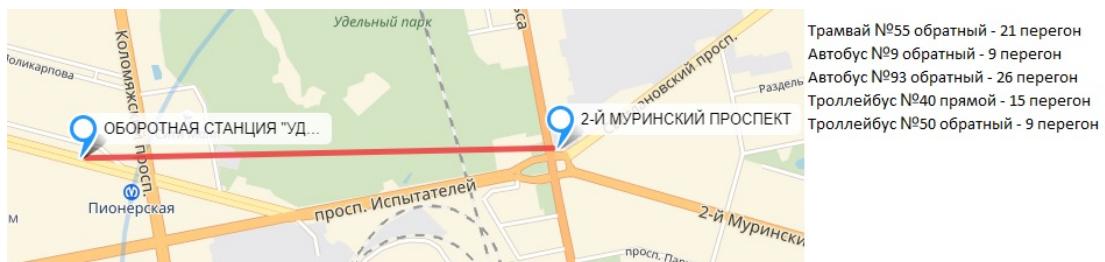


Рис. 28: 2-Й Муринский проспект – Оборотная станция "Удельный парк"

Критические перегоны в промежуток 17:00 - 20:00

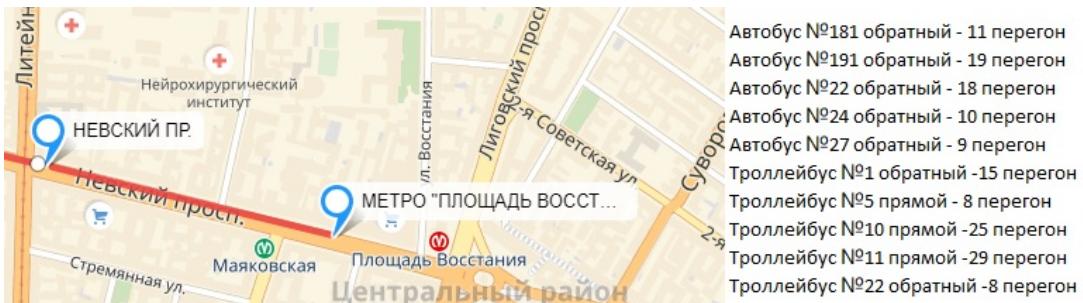


Рис. 29: Невский пр. – Метро ”Площадь Восстания”

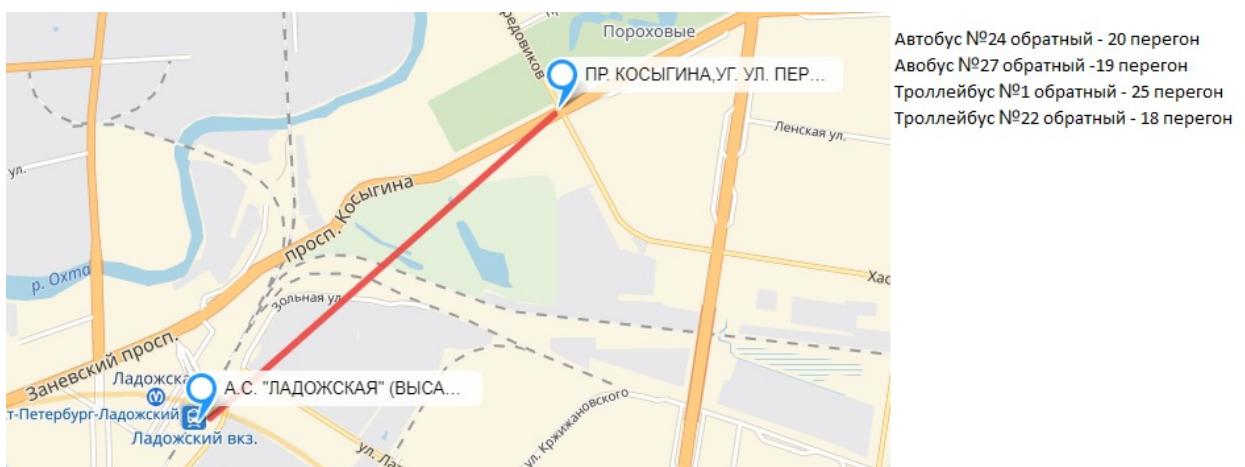


Рис. 30: А.С. ”Ладожская” (высадки и посадки нет) – Пр. Косыгина, Уг.Ул.Передовиков

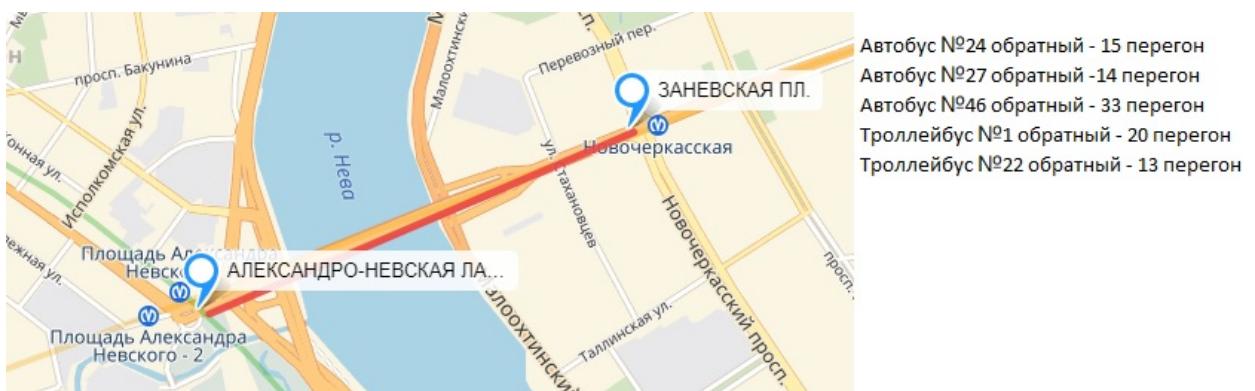
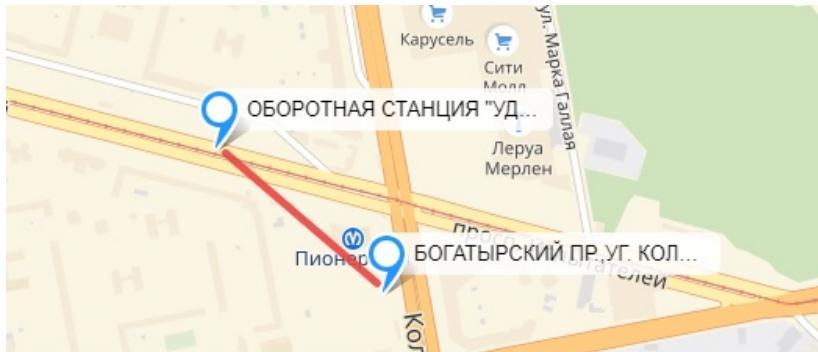


Рис. 31: Александро-Невская лавра – Заневская пл.



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: Оборотная станция "Удельный парк" – Богатырский пр., уг.Коломяжского пр.



Автобус №181 обратный - 10 перегон
Автобус №191 обратный - 18 перегон
Автобус №97 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/.
- [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.