

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«МЕТОДЫ МАРШРУТИЗАЦИИ В ДОРОЖНОМ ДВИЖЕНИИ И  
ПЕРЕВОЗКАХ»

Составители:

к.т.н. Феофилова А. А.

Изложены основные методы поиска оптимального маршрута (кратчайшего по расстоянию, наименьшего по времени, по затратам, по степени рискованных ситуаций и других подобных критериев). Представлены содержание курсовой работы, порядок и методика разработки отдельных разделов, указана необходимая для изучения литература.

Рассчитаны на студентов, обучающихся по направлению подготовки «Технология транспортных процессов».

## **Содержание**

Введение	5
Алгоритм выбора варианта курсовой работы	6
Требования по выполнению и оформлению курсовой работы	8
Примеры выполнения и оформления курсовой работы	8
Список литературы	16

## Введение

Задача маршрутизации транспорта состоит в поиске оптимального маршрута (кратчайшего по расстоянию, наименьшего по времени, по затратам, по степени рискованных ситуаций и других подобных критериев). Задача маршрутизации транспорта решается статическими и динамическими методами.

При статическом методе маршруты разрабатываются заранее с учетом известных ограничений. На практике перераспределение маршрута не происходит.

При динамическом варианте сначала разрабатывается первоначальный план, а затем на практике происходит перерасчет маршрута с учетом динамически поступающих данных.

Классическая задача маршрутизации транспорта представлена в виде графа:

$$\begin{cases} C = (\vartheta; E) \\ \vartheta = (0, 1, \dots, N) \\ F\{(\vartheta_i; \vartheta_j) * \vartheta_i; \vartheta_j \in V; i \neq 1\}, \text{ где} \end{cases} \quad (1)$$

$C$  – матрица расстояний;

$F$  – маршрут;

$m$  – число ТС;

$q_i$  – объем груза.

В зависимости от условий решения задачи можно выделить следующую классификацию:

- 1) Задача маршрутизации транспорта (ЗМТ) с ограниченной вместимостью транспортного средства (транспортные средства ограничены по максимальному объему поставок и по грузоподъемности транспорта);
- 2) Задача маршрутизации транспорта с временными окнами (обслуживание происходит в определенном временном интервале);
- 3) Задача маршрутизации транспорта со множеством депо;
- 4) Задача маршрутизации транспорта с возможностью возврата товара;
- 5) Задача маршрутизации транспорта со стохастическими данными (некоторые данные являются случайными);
- 6) Периодическая маршрутизация (обслуживание происходит через некоторое время после поступления заявки).

На сегодняшний момент существует несколько способов решения задач маршрутизации транспорта методами моделирования:

1) Решение с использованием точных методов (полный перебор вариантов маршрута). Целесообразно применять при количестве обслуживающих клиентов меньше 100. В обратном случае получение точных данных невозможно.

2) Решение с помощью методов оптимизации (привлечение совокупности технологических приемов, которые направлены на сокращение перебора вариантов). Однако анализ показывает, что только комплексное использование

методов обеспечивает высокую эффективность управления транспортными системами.

Основой модели выбора маршрута являются принципы Вардропа.

1 принцип заключается в минимизации времени поездки водителями, выбирающими, по их мнению, оптимальный маршрут. Таким образом, может быть достигнуто пользовательское равновесие в условиях развития ИТС.

2 принцип заключается в том, что пользователи сети выбирают маршруты исходя из минимизации общих расходов сети (системное равновесие в условиях существующего централизованного управления дорожным движением).

**Целью курсовой работы** является освоение методов моделирования маршрутизации в дорожном движении и перевозках.

### Алгоритм выбора варианта курсовой работы

При выполнении курсовой работы исходными данными являются: модель функционирования участка УДС (см.рис. 1), объемы движения, модель выбора маршрута. Варианты выбираются согласно порядковому номеру в журнальном списке.

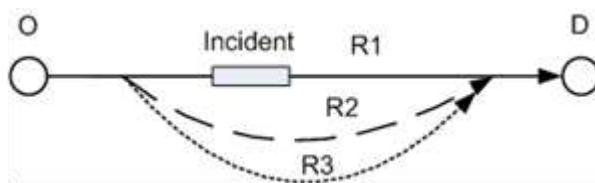


Рис.1 Схема модели функционирования участка УДС с альтернативными маршрутами

Таблица 1 Варианты и номера заданий для выполнения курсовой работы

Номера вариантов	Изменяемый параметр	Условие	Модель выбора маршрута
1	Длина альтернативного маршрута	равна длине основного	Пропорциональная
		увеличение на 500м (9 раз)	
2	Степень принятия управляющего воздействия	от 1 до 100 с шагом 10	Пропорциональная
3	Состав транспортного потока	легковой	Пропорциональная
		грузовой	
		смешанный	
4	Увеличение объемов движения	от начального на 100 с шагом 200 (9 раз)	Пропорциональная
5	Длина альтернативного маршрута	равна длине основного	Logt

		увеличение на 500м (9 раз)	
6	Степень принятия управляющего воздействия	от 1 до 100 с шагом 10	Logit
7	Состав транспортного потока	легковой	Logit
		грузовой	
		смешанный	
8	Увеличение объемов движения	от начального на 100 с шагом 200 (9 раз)	Logit
9	Длина альтернативного маршрута	равна длине основного	C-Logit
		увеличение на 500м (9 раз)	
10	Степень принятия управляющего воздействия	от 1 до 100 с шагом 10	C-Logit
11	Состав транспортного потока	легковой	C-Logit
		грузовой	
		смешанный	
12	Увеличение объемов движения	от начального на 100 с шагом 200 (9 раз)	C-Logit

### Перечень заданий для курсовой работы

1. Создать модель функционирования участка УДС согласно схеме рис. 1
2. Выполнить серию экспериментов по моделированию дорожного движения согласно варианту с учетом возникновения инцидента на исходном маршруте: период моделирования составляет 2 часа, длительность инцидента -40 мин.
3. Оценить влияние модели выбор маршрута на изменение характеристик транспортных потоков на исходном и альтернативном маршруте.

## Требования по выполнению и оформлению курсовой работы

Курсовая работа состоит из пояснительной записки и файла модели функционирования, работу которой необходимо продемонстрировать непосредственно на компьютере.

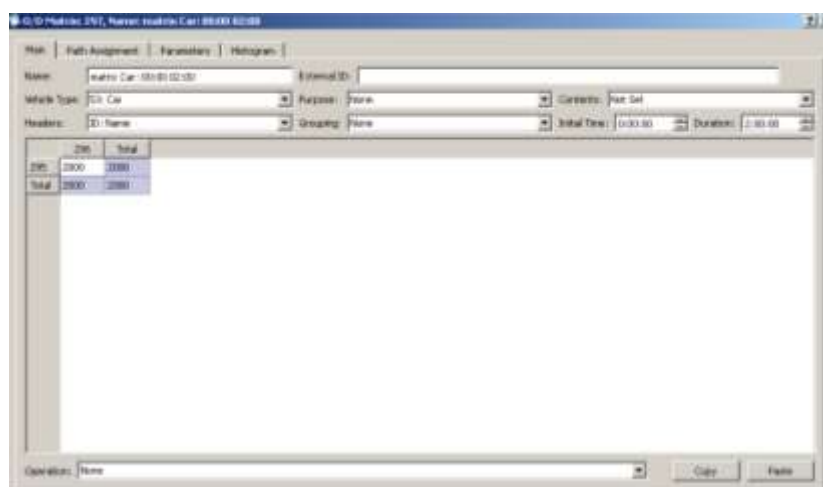
Пояснительная записка должна включать подробное описание и обоснование решения задания по всем разделам курсовой работы и должна состоять из следующих основных разделов:

- Задание.
- Введение.
- Описание модели и задачи исследования
- Предоставление результатов моделирования в табличном и графическом виде
- Заключение.
- Список используемой литературы.

## Примеры выполнения и оформления курсовой работы

В данной работе требовалось оценить изменения характеристик транспортного потока на участке улично-дорожной сети посредством моделирования транспортных потоков в программном комплексе Aimsun в условиях изменения параметра Volume Delay Function (VDF) и изменения параметра Scale в модели C-Logit от 1 до 100 с шагом 10.

Матрица корреспонденций транспортного потока, использованная при разработке транспортной модели, представлена на рисунке 2.



From	To	Total
1000	1000	2000
2000	2000	4000

Рисунок 2 – Матрица корреспонденций транспортного потока

Изменение параметра VDF представлено на рисунке 3.

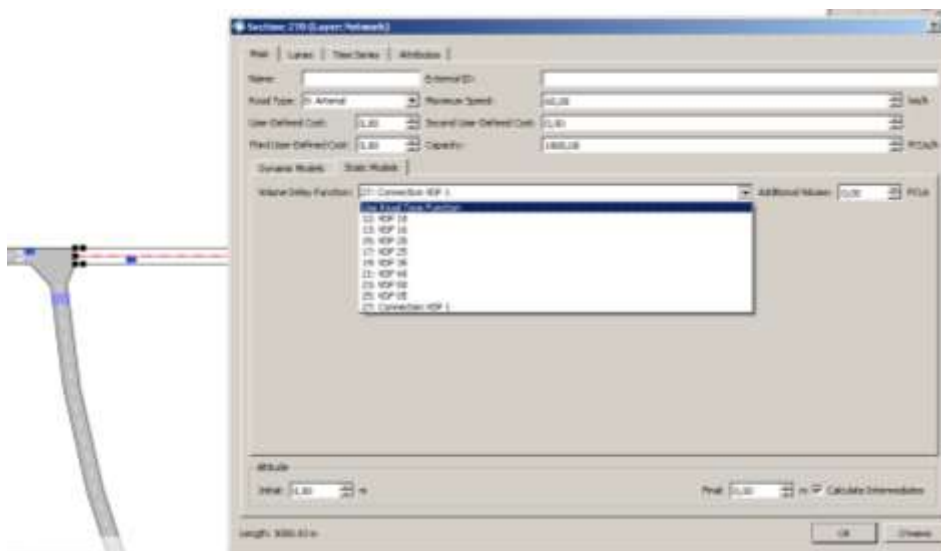


Рисунок 3 – Изменение параметра Volume Delay Function

Изменение параметра Scale представлено на рисунке 4.

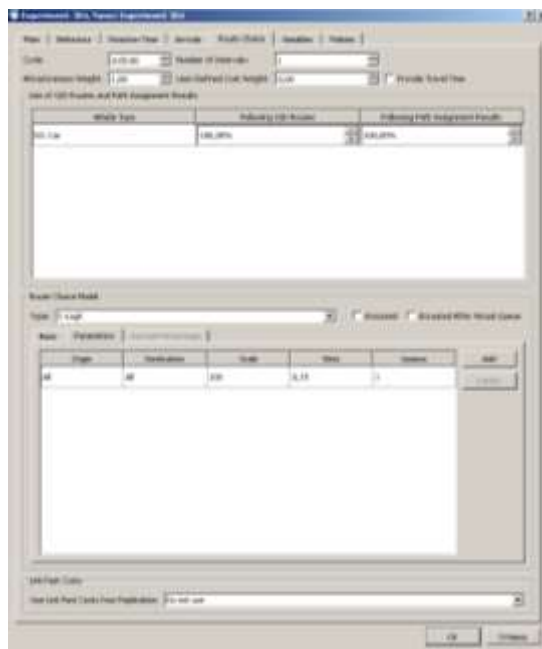


Рисунок 4 – Изменение параметра Scale в исправленной модели C-Logit

Для анализа распределения транспортного потока при выборе маршрута необходимо фиксировать основные характеристики транспортного потока на основном и альтернативном маршруте. Дополнительно необходимо фиксировать состояние транспортного потока на детекторе транспорта, который находится на расстоянии 200 метров от перекрестка, а инцидент



находится на расстоянии 1000 метров от перекрестка. Схема размещения детектора транспорта представлена на рисунке 5.

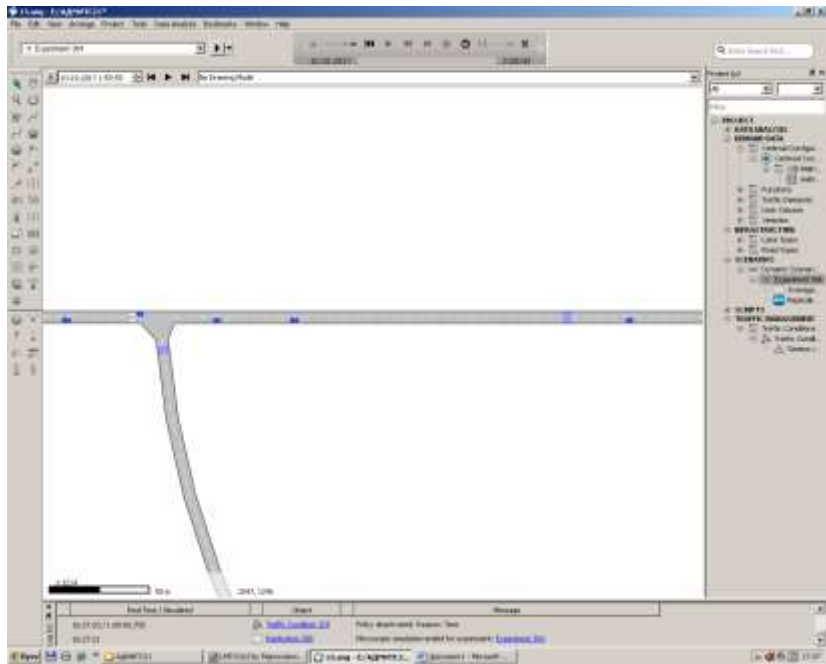


Рисунок 5 – Схема размещения детектора транспорта на основном маршруте

Результаты моделирования представлены в таблице 2

Таблица 2 – Характеристики транспортного потока, полученные в результате моделирования

Scale	Volume delay Function	Основной маршрут			Альтернативный маршрут			Плотность на детекторе
		Интенсивность	Плотность	Скорость	Интенсивность	Плотность	Скорость	
Scale 1	VDF 10	563	20,14	44,09	374,5	3,02	63,74	11,3
	VDF 16	563	20,14	44,09	374,5	3,02	63,74	11,3
	VDF 20	563	20,14	44,09	374,5	3,02	63,74	11,3
	VDF 25	563	20,14	44,09	374,5	3,02	63,74	11,3
	VDF 35	563	20,14	44,09	374,5	3,02	63,74	11,3
	VDF 40	563	20,14	44,09	374,5	3,02	63,74	11,3
	VDF 50	563	20,14	44,09	374,5	3,02	63,74	11,3
	VDF 65	563	20,14	44,09	374,5	3,02	63,74	11,3
Scale 10	Connection VDF 1	563	20,14	44,09	374,5	3,02	63,74	11,3
	VDF 10	435,5	15,29	48,05	502,5	4,03	63,46	9,57
	VDF 16	435,5	15,29	48,05	502,5	4,03	63,46	9,57
	VDF 20	435,5	15,29	48,05	502,5	4,03	63,46	9,57
	VDF 25	435,5	15,29	48,05	502,5	4,03	63,46	9,57
	VDF 35	435,5	15,29	48,05	502,5	4,03	63,46	9,57
	VDF 40	435,5	15,29	48,05	502,5	4,03	63,46	9,57
	VDF 50	435,5	15,29	48,05	502,5	4,03	63,46	9,57
Scale 20	VDF 65	435,5	15,29	48,05	502,5	4,03	63,46	9,57
	Connection VDF 1	435,5	15,29	48,05	502,5	4,03	63,46	9,57
	VDF 10	437	14,34	49,78	501,5	4,02	63,47	8,68
	VDF 16	437	14,34	49,78	501,5	4,02	63,47	8,68
	VDF 20	437	14,34	49,78	501,5	4,02	63,47	8,68
	VDF 25	437	14,34	49,78	501,5	4,02	63,47	8,68
	VDF 35	437	14,34	49,78	501,5	4,02	63,47	8,68
	VDF 40	437	14,34	49,78	501,5	4,02	63,47	8,68
Scale 30	VDF 50	437	14,34	49,78	501,5	4,02	63,47	8,68
	VDF 65	437	14,34	49,78	501,5	4,02	63,47	8,68
	Connection VDF 1	437	14,34	49,78	501,5	4,02	63,47	8,68
	VDF 10	449,5	14,13	50,7	489	3,91	63,46	8,26
	VDF 16	449,5	14,13	50,7	489	3,91	63,46	8,26
	VDF 20	449,5	14,13	50,7	489	3,91	63,46	8,26
	VDF 25	449,5	14,13	50,7	489	3,91	63,46	8,26
	VDF 35	449,5	14,13	50,7	489	3,91	63,46	8,26
Scale 30	VDF 40	449,5	14,13	50,7	489	3,91	63,46	8,26
	VDF 50	449,5	14,13	50,7	489	3,91	63,46	8,26
	VDF 65	449,5	14,13	50,7	489	3,91	63,46	8,26
	Connection VDF 1	449,5	14,13	50,7	489	3,91	63,46	8,26

Scale 40	VDF 10	460.5	14.2	51.02	476.5	3.8	63.49	8.26
	VDF 16	460.5	14.2	51.02	476.5	3.8	63.49	8.26
	VDF 20	460.5	14.2	51.02	476.5	3.8	63.49	8.26
	VDF 25	460.5	14.2	51.02	476.5	3.8	63.49	8.26
	VDF 35	460.5	14.2	51.02	476.5	3.8	63.49	8.26
	VDF 40	460.5	14.2	51.02	476.5	3.8	63.49	8.26
	VDF 50	460.5	14.2	51.02	476.5	3.8	63.49	8.26
	VDF 05	460.5	14.2	51.02	476.5	3.8	63.49	8.26
	Connection VDF1	460.5	14.2	51.02	476.5	3.8	63.49	8.26
Scale 50	VDF 10	472	14.3	51.31	465	3.71	63.47	8.26
	VDF 16	472	14.3	51.31	465	3.71	63.47	8.26
	VDF 20	472	14.3	51.31	465	3.71	63.47	8.26
	VDF 25	472	14.3	51.31	465	3.71	63.47	8.26
	VDF 35	472	14.3	51.31	465	3.71	63.47	8.26
	VDF 40	472	14.3	51.31	465	3.71	63.47	8.26
	VDF 50	472	14.3	51.31	465	3.71	63.47	8.26
	VDF 05	472	14.3	51.31	465	3.71	63.47	8.26
	Connection VDF1	472	14.3	51.31	465	3.71	63.47	8.26
Scale 60	VDF 10	483.5	14.39	51.62	453.5	3.61	63.43	8.26
	VDF 16	483.5	14.39	51.62	453.5	3.61	63.43	8.26
	VDF 20	483.5	14.39	51.62	453.5	3.61	63.43	8.26
	VDF 25	483.5	14.39	51.62	453.5	3.61	63.43	8.26
	VDF 35	483.5	14.39	51.62	453.5	3.61	63.43	8.26
	VDF 40	483.5	14.39	51.62	453.5	3.61	63.43	8.26
	VDF 50	483.5	14.39	51.62	453.5	3.61	63.43	8.26
	VDF 05	483.5	14.39	51.62	453.5	3.61	63.43	8.26
	Connection VDF1	483.5	14.39	51.62	453.5	3.61	63.43	8.26
Scale 70	VDF 10	492.5	14.46	51.87	444.5	3.54	63.41	8.24
	VDF 16	492.5	14.46	51.87	444.5	3.54	63.41	8.24
	VDF 20	492.5	14.46	51.87	444.5	3.54	63.41	8.24
	VDF 25	492.5	14.46	51.87	444.5	3.54	63.41	8.24
	VDF 35	492.5	14.46	51.87	444.5	3.54	63.41	8.24
	VDF 40	492.5	14.46	51.87	444.5	3.54	63.41	8.24
	VDF 50	492.5	14.46	51.87	444.5	3.54	63.41	8.24
	VDF 05	492.5	14.46	51.87	444.5	3.54	63.41	8.24
	Connection VDF1	492.5	14.46	51.87	444.5	3.54	63.41	8.24
Scale 80	VDF 10	499.5	14.52	52.02	437.5	3.49	63.42	8.26
	VDF 16	499.5	14.52	52.02	437.5	3.49	63.42	8.26
	VDF 20	499.5	14.52	52.02	437.5	3.49	63.42	8.26
	VDF 25	499.5	14.52	52.02	437.5	3.49	63.42	8.26
	VDF 35	499.5	14.52	52.02	437.5	3.49	63.42	8.26
	VDF 40	499.5	14.52	52.02	437.5	3.49	63.42	8.26
	VDF 50	499.5	14.52	52.02	437.5	3.49	63.42	8.26
	VDF 05	499.5	14.52	52.02	437.5	3.49	63.42	8.26
	Connection VDF1	499.5	14.52	52.02	437.5	3.49	63.42	8.26
Scale 90	VDF 10	509.5	14.6	52.25	427.5	3.4	63.41	8.26
	VDF 16	509.5	14.6	52.25	427.5	3.4	63.41	8.26
	VDF 20	509.5	14.6	52.25	427.5	3.4	63.41	8.26
	VDF 25	509.5	14.6	52.25	427.5	3.4	63.41	8.26
	VDF 35	509.5	14.6	52.25	427.5	3.4	63.41	8.26
	VDF 40	509.5	14.6	52.25	427.5	3.4	63.41	8.26
	VDF 50	509.5	14.6	52.25	427.5	3.4	63.41	8.26
	VDF 05	509.5	14.6	52.25	427.5	3.4	63.41	8.26
	Connection VDF1	509.5	14.6	52.25	427.5	3.4	63.41	8.26
Scale 100	VDF 10	516.5	14.66	52.4	420.5	3.35	63.39	8.26
	VDF 16	516.5	14.66	52.4	420.5	3.35	63.39	8.26
	VDF 20	516.5	14.66	52.4	420.5	3.35	63.39	8.26
	VDF 25	516.5	14.66	52.4	420.5	3.35	63.39	8.26
	VDF 35	516.5	14.66	52.4	420.5	3.35	63.39	8.26
	VDF 40	516.5	14.66	52.4	420.5	3.35	63.39	8.26
	VDF 50	516.5	14.66	52.4	420.5	3.35	63.39	8.26
	VDF 05	516.5	14.66	52.4	420.5	3.35	63.39	8.26
	Connection VDF1	516.5	14.66	52.4	420.5	3.35	63.39	8.26

## Анализ результатов моделирования

В результате работы можно сделать вывод о том, что изменение параметра Volume Delay Function не оказывает влияния на выбор оптимального маршрута движения. На выбор маршрута влияет изменение параметра Scale в модели C-Logit. График зависимости интенсивности движения от значения параметра Scale на основном и альтернативном маршруте представлен на рисунке 6.

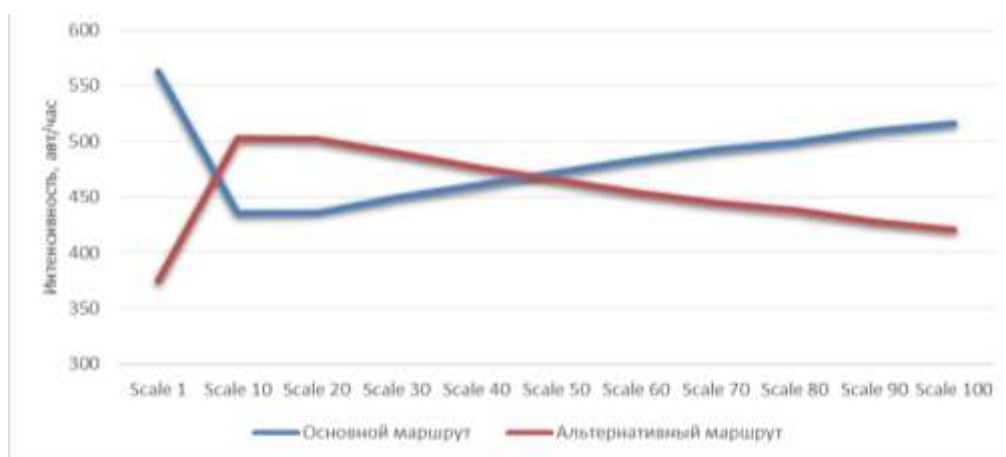


Рисунок 6 – Изменение значений интенсивности транспортного потока на основном и альтернативном маршруте в зависимости от изменения параметра Scale

Максимальное значение интенсивности транспортного потока на основном маршруте  $q = 563$  авт/час наблюдается при значении Scale 1, на альтернативном маршруте при этом минимальное значение – 374,5 авт/ас. При значении параметра Scale 10 наблюдается падение интенсивности на основном маршруте до 435,5 авт/час, на альтернативном маршруте рост интенсивности до 502,5 авт/час. Затем при увеличении параметра Scale на основном маршруте наблюдается плавный рост интенсивности, на альтернативном – соответственно падение.

Изменение значений плотности транспортного потока в зависимости от значения параметра Scale на основном маршруте представлено на рисунке 7.

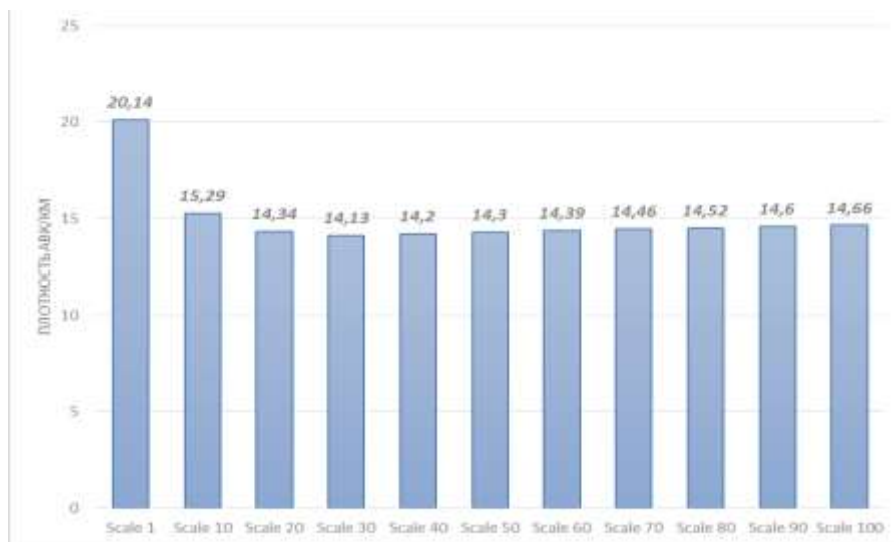


Рисунок 7 – Изменение значений плотности транспортного потока на основном маршруте в зависимости от изменения параметра Scale

Максимальное значение плотности  $K = 20,14$  авт/км на основном маршруте наблюдается при значении Scale 1. При дальнейшем увеличении параметра Scale наблюдается падение плотности до минимального значения  $K = 14,13$  авт/км при Scale 30. Последующее увеличение параметра Scale наблюдается рост плотности транспортного потока до значения 14,66 авт/км.

Изменение значений плотности транспортного потока в зависимости от значения параметра Scale на альтернативном маршруте представлено на рисунке 8.

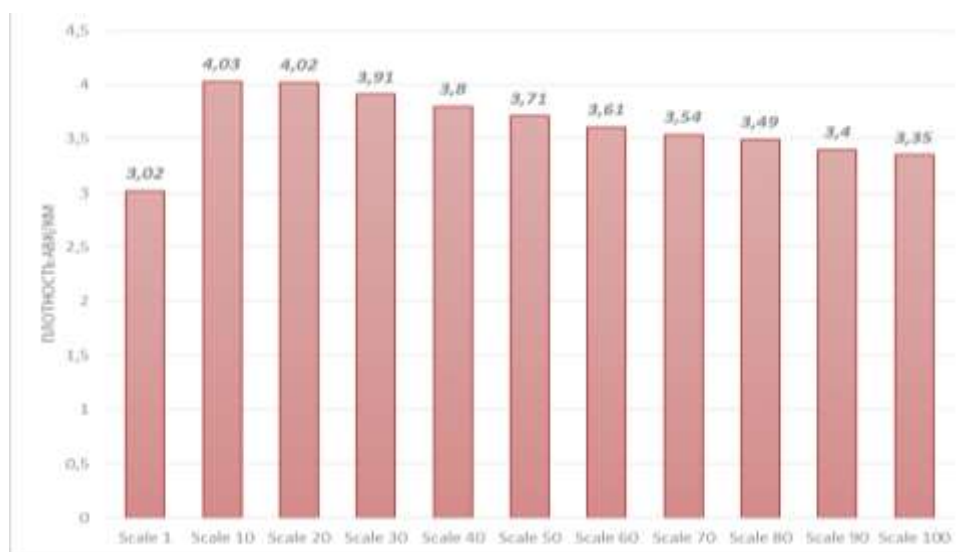


Рисунок 8 – Изменение значений плотности транспортного потока на альтернативном маршруте в зависимости от изменения параметра Scale

При значении параметра Scale 1 на альтернативном маршруте наблюдается минимальное плотности транспортного потока  $K = 3,02$  авт/км. При значении Scale 10 наблюдается максимальное значение плотности  $K = 4,03$  авт/км. Затем при увеличении параметра Scale наблюдается равномерное падение плотности транспортного потока.

Изменение значений скорости транспортного потока на основном и альтернативном маршруте в зависимости от значения параметра Scale представлено на рисунке 9.

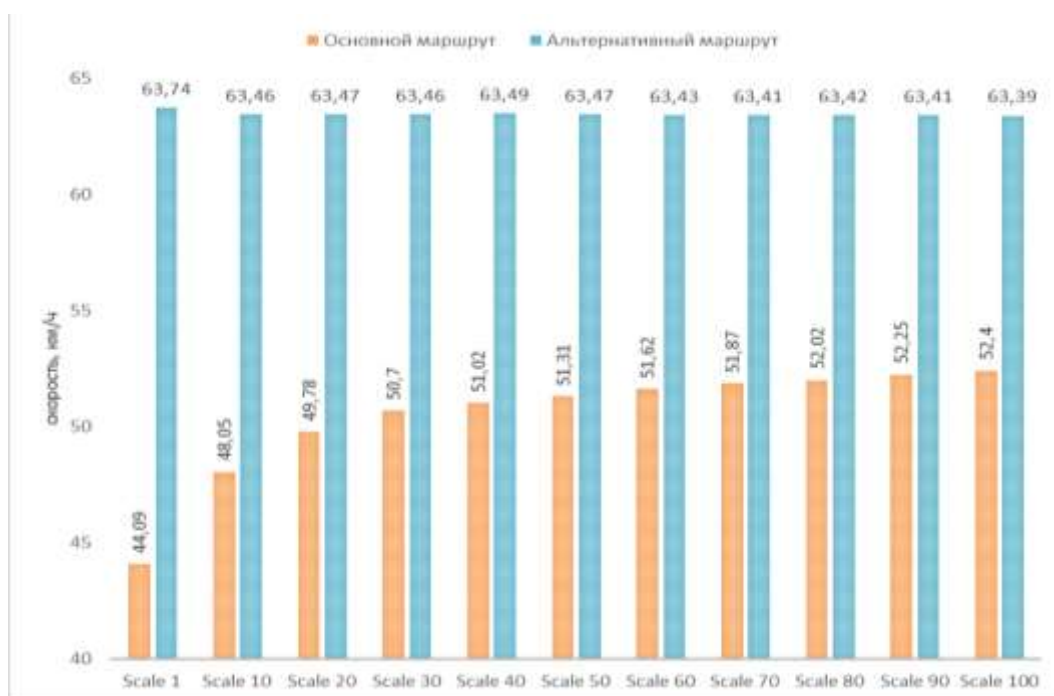
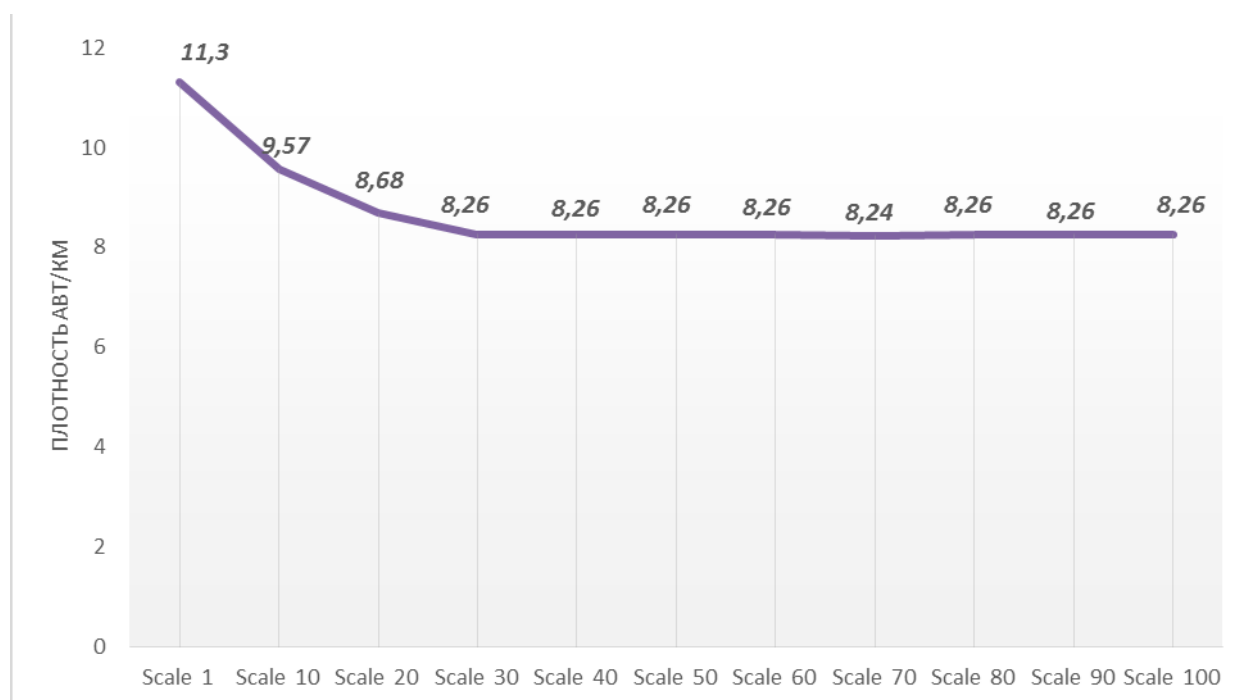


Рисунок 9 – Изменение значений скорости транспортного потока на основном и альтернативном маршруте в зависимости от изменения параметра Scale

## Заключение

Ввиду незначительной интенсивности движения, колеблющейся в пределах 350 – 500 авт/час, на альтернативном маршруте наблюдаются незначительные изменения скорости. Состояние транспортного потока в данном случае можно характеризовать как свободное. На основном маршруте при увеличении параметра Scale наблюдается рост скорости транспортного потока от значения 44,09 км/ч при Scale 1 до значения 52,4 км/ч при Scale 100.

Изменения значений плотности на детекторе, установленном на основном маршруте, от параметра Scale представлено на рисунке 10.



Максимальное значение плотности на детекторе  $K = 11,3$  авт/км наблюдается при значении Scale 1. При увеличении параметра до Scale 30 плотность на детекторе уменьшилась до значения 8,26 авт/км. В дальнейшем увеличение параметра Scale на значение плотности транспортного потока на детекторе не влияло.

## Список литературы

1. Дрю, Д. Теория транспортных потоков и управление ими [Текст] / Д. Дрю. – М. : Транс- порт, 1972. – 424 с.
2. Хейт, Ф. Математическая теория транспортных потоков [Текст] / Ф. Хейт. – М. : Мир, 1966. – 287 с.
3. Иносэ, Х. Управление дорожным движением [Текст] / Х. Иносэ, Т. Хамада; пер. с англ. М. П. Печерского; под ред. М. Я. Блинкина : – М. : Транспорт, 1983. – 248 с.
4. Сильянов, В. В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения [Текст] / В. В. Сильянов. – М. : Транспорт, 1977. – 303 с.
5. Швецов, В. И. Математическое моделирование загрузки транспортных сетей [Текст] / В. И. Швецов, А. С. Алиев. – М. : Едиториал УРСС, 2003. – 64 с.
6. Швецов, В. И. Математическое моделирование транспортных потоков [Текст] / В. И. Швецов // Автоматика и телемеханика. – 2003. – № 11 – С. 1–46
7. Введение в математическое моделирование транспортных потоков: учеб. пособие / Гасников А.В., Кленов С.Л., Нурминский Е.А., Холодов Я.А., Шамрай Н.Б.; *Приложения*: Бланк М.Л., Гасникова Е.В., Замятин А.А. и Малышев В.А., Колесников А.В., Райгородский А.М.; Под ред. А.В. Гасникова. — М.: МФТИ, 2010. — 362 с.