

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«МЕТОДЫ МАРШРУТИЗАЦИИ В ДОРОЖНОМ ДВИЖЕНИИ И
ПЕРЕВОЗКАХ»

Ростов-на-Дону
2023

Составитель

к.т.н. Феофилова А.А.

Представлены этапы изучения распределения транспортных потоков с использованием разных моделей выбора маршрута. Рассмотренные модели выбора маршрута обладают следующими свойствами: решают проблему выбора совпадающих по стоимости альтернативных маршрутов; могут быть использованы для прогнозирования распределения на транспортных потоков на больших УДС, не требуют значительных затрат ресурсов программного обеспечения, применимы в наиболее распространенных программных продуктах моделирования дорожного движения.

Рассчитаны на студентов, обучающихся по направлению подготовки 23.04.01 «Технология транспортных процессов»

Содержание

| | |
|------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 5 |
| Лабораторная работа 1 | 6 |
| Лабораторная работа 2 | 8 |
| Лабораторная работа 3 | 10 |
| Лабораторная работа 4 | 12 |
| Лабораторная работа 5-6..... | 16 |
| Литература | 22 |

ВВЕДЕНИЕ

При решении задач распределения транспортных потоков во времени и пространстве выбор применяемой транспортной модели можно представить в виде последовательности действий, представленной на рисунке 1, основой разделения которых служит метод прогнозирования транспортного спроса - статическое и динамическое распределения.

Статическое распределение основано на определенном равновесном значении затрат на элементе сети в соответствии с известными поведенческими правилами.

Динамическое распределение является обобщением статического, и основано поведенческих моделях, учитывающих изменяющиеся во времени данные характеристик транспортных потоков.

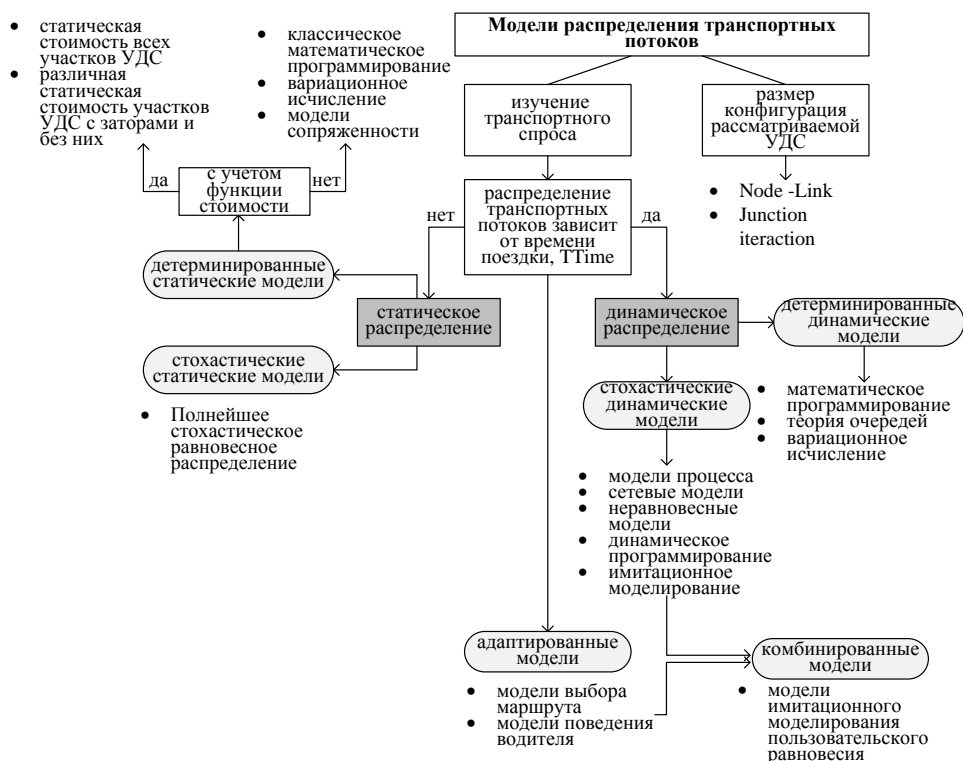


Рисунок 1 - Классификация моделей распределения транспортных потоков на основе изучения транспортного спроса

За последние несколько десятилетий, различные модели распределения транспортных потоков были разработаны исходя из динамических характеристик транспортных потоков, стохастичности принятия решений

водителями, прогнозировании ошибок водителя при расчете времени передвижения по маршруту.

В основу развития направления изучения и создания моделей выбора маршрута движения легли разработки таких известнейших в современной транспортной науке ученых как Cascetta; Lam; Nuzzolo и Russo; Jayakrishnan, McNally и Marar; Pallottino; Wu, Florian и Marcotte; Spiess и Florian; а также Ben-Akiva и Lerman, базирующиеся на идеи представления улично-дорожной сети в виде ориентированного графа, вершинами которого являются перекрестки.

Возникшая необходимость присваивания большого количества атрибутов вершинам графа не нашла подтверждения в существующем в то время программном обеспечении по моделированию дорожного движения (например, Urban Transportation Planning System (UTPS, 1986)) [22] и потребовала адаптации моделей к реальным условиям, что и явилось основополагающим этапом в появлении моделей выбора маршрута.

Лабораторная работа 1

Тема: «Изучение распределения транспортных потоков с использованием модели выбора маршрута Proportional»

Пропорциональная модель. Вероятность выбора маршрута P_k из множества альтернативных маршрутов k , где $k \in K_i$, может быть вычислена как:

$$P_k = \frac{CP_k^{-\alpha}}{\sum_{l \in K_i} CP_l^{-\alpha}} \quad (1)$$

где CP_i – стоимость маршрута i .

α - параметр возможности выбора маршрута. Если $\alpha = 1$, то вероятность выбора маршрута обратно пропорциональна стоимости движения по этому маршруту.

В программе AIMSUN был проведен ряд экспериментов по определению влияния α -фактора на вероятность выбора маршрута с наименьшим временем передвижения по нему, результаты которого представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Влияние α -фактора на вероятность выбора маршрута в пропорциональной модели.

| | Маршрут 1 | Маршрут 2 |
|---|-------------------|-------------------|
| Стоимость маршрута, <i>PathCosts</i> | 300 сек | 240 сек |
| α -фактор | Вероятность P_1 | Вероятность P_2 |
| 0 | 0,5 | 0,5 |
| 0,2 | 0,4888447 | 0,5111553 |
| 0,4 | 0,4777004 | 0,5222996 |
| 0,6 | 0,4665784 | 0,5334216 |
| 0,8 | 0,4554894 | 0,5445106 |
| 1,0 | 0,4444444 | 0,5555556 |
| 1,2 | 0,4334541 | 0,5665459 |
| 1,4 | 0,4225288 | 0,5774712 |
| 1,6 | 0,4116788 | 0,5883212 |
| 1,8 | 0,4009140 | 0,5990860 |
| 2,0 | 0,3902439 | 0,6097561 |
| 2,2 | 0,3796778 | 0,6203222 |
| 2,4 | 0,3692246 | 0,6307754 |
| 2,6 | 0,3588927 | 0,6411073 |
| 2,8 | 0,3486901 | 0,6513099 |
| 3,0 | 0,3386243 | 0,6613757 |
| 3,4 | 0,3287025 | 0,6712975 |
| 3,6 | 0,3189312 | 0,6810688 |
| 3,8 | 0,3093165 | 0,6906835 |
| 4,0 | 0,2998640 | 0,7001360 |

Анализ модели показал, что через назначение α -фактора можно учитывать влияние изменений времени передвижения маршруту на выбор водителей.



Рисунок 2 - Изменение вероятности выбора маршрута движения в пропорциональной модели

Лабораторная работа 2

Тема: «Изучение распределения транспортных потоков с использованием модели выбора маршрута Logit»

Модель логит-преобразования (Logit). Вероятность выбора маршрута P_k из множества альтернативных маршрутов k , где $k \in K_i$, может быть вычислена как:

$$P_k = \frac{1}{1 + \sum_{l \neq k} e^{(v_l - v_k)\theta}} \quad (2)$$

v_i -принимаемая выгода альтернативного пути

$v_i = -CP_i / 3600$, где CP_i – стоимость маршрута i .

i и θ факторы, отвечающие за вносимые водителем в ход движения изменения;

$\theta < 1$ - альтернативные маршруты выбираются из большого количества допустимых маршрутов;

$\theta > 1$ – альтернативные маршруты выбираются из меньшего количества допустимых маршрутов.



Рисунок 3 - Изменение вероятности выбора маршрута движения в модели логит-преобразования

Таблица 2 - Влияние θ -фактора на вероятность выбора маршрута в модели логит-преобразования.

| | Маршрут 1 | Маршрут 2 |
|----------------------------|-------------------|-------------------|
| Стоимость маршрута, CP_i | 300 сек | 240 сек |
| θ -фактор | Вероятность P_1 | Вероятность P_2 |
| 1 | 0.495833 | 0.504167 |
| 10 | 0.458430 | 0.541570 |
| 20 | 0.417430 | 0.582570 |
| 30 | 0.377541 | 0.622459 |
| 40 | 0.339244 | 0.660756 |
| 50 | 0.302941 | 0.697059 |
| 60 | 0.268941 | 0.731059 |
| 100 | 0.158869 | 0.841131 |
| 500 | 0.000240 | 0.999760 |
| 1000 | 0 | 1 |
| 2000 | 0 | 1 |
| 3600 | 0 | 1 |

Лабораторная работа 3

Тема: «Изучение распределения транспортных потоков с использованием модели выбора маршрута C-Logit»

Исправленная модель логит – преобразования (C-Logit). Данная модель применяется для возможности выбора маршрута на больших дорожных сетях, где имеются большое число альтернативных маршрутов, и вероятность совпадения этих маршрутов высока.

Вероятность выбора маршрута P_k из множества альтернативных маршрутов k , где $k \in K_i$, может быть вычислена как:

$$P_k = \frac{e^{\theta(V_k - CF_k)}}{\sum_{l \in K_i} e^{(V_l - CF_l)\theta}}, \quad (3)$$

где CF_k – принимается как обобщающий фактор для различных маршрутов, прямо пропорциональный степени совпадения стоимости маршрутов,

$$CF_k = \beta \cdot \ln \sum_{l \in K_i} \left[\frac{L_{lk}}{L_l^{1/2} L_k^{1/2}} \right] \quad (4)$$

β – фактор, определяющий степень влияния CF_k при использовании экспоненциальной зависимости. Оказывает большое влияние на вероятность выбора полезного пути (с наименьшими затратами времени), причем чем этот фактор больше, тем больше вероятность выбора длинных, но несовпадающих путей, вместо кратчайших, но совпадающих путей.

γ – положительный фактор, оказывающий влияние, меньшее, чем фактор β

Для изучения модели использовалась сеть, состоящая из четырех альтернативных маршрутов, различаемых по длине и времени передвижения по ним (Рисунок 4). Результаты эксперимента по определению вероятности выбора маршрутов представлены в таблице 3.

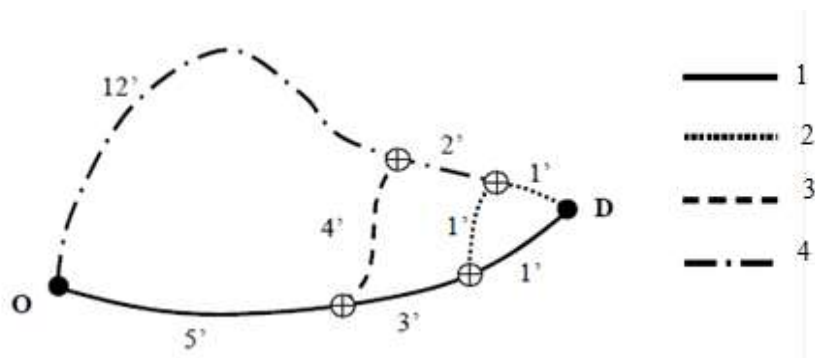


Рисунок 4 - Схема моделируемых альтернативных маршрутов

Таблица 3 - Определение вероятности выбора маршрута в модели *C-Logit*

| | Маршрут 1 | Маршрут 2 | Маршрут 1 | Маршрут 2 |
|----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Стоимость маршрута, CP_i | 540 сек | 600 сек | 720 сек | 900 сек |
| CF_k | 0.126519 | 0.135793 | 0.121803 | 0.039960 |
| <i>Logit</i> | | | | |
| θ -фактор | Вероятность P_1 | Вероятность P_2 | Вероятность P_3 | Вероятность P_4 |
| 1 | 0.260448 | 0.256143 | 0.24774 | 0.235663 |
| 10 | 0.354498 | 0.300076 | 6 0.215014 | 0.130412 |
| 20 | 0.450502 | 0.322799 | 0.165730 | 0.060969 |
| 30 | 0.532071 | 0.322717 | 0.118721 | 0.026490 |
| 40 | 0.599856 | 0.307976 | 0.081182 | 0.010987 |
| 50 | 0.656417 | 0.285278 | 0.053882 | 0.004423 |
| 60 | 0.704153 | 0.259044 | 0.035058 | 0.001745 |
| 100 | 0.836359 | 0.157968 | 0.005635 | 0.000038 |
| 500 | 0.999760 | 0.000240 | 1.3885E-11 | 1.9283E-22 |
| 1000 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2000 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 3600 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| <i>C-Logit</i> | | | | |
| 1 | 0.255313 | 0.248775 | 0.244009 | 0.251904 |
| 10 | 0.304733 | 0.235104 | 0.193755 | 0.266408 |
| 20 | 0.361823 | 0.215366 | 0.146274 | 0.276536 |
| 30 | 0.419388 | 0.192592 | 0.107800 | 0.280220 |
| 40 | 0.475769 | 0.168562 | 0.077756 | 0.277912 |
| 50 | 0.529683 | 0.144784 | 0.055041 | 0.270492 |
| 60 | 0.580249 | 0.122365 | 0.038337 | 0.259049 |
| 100 | 0.742779 | 0.055497 | 0.008021 | 0.193704 |
| 500 | 0.998793 | 0.000002 | 0.000000 | 0.001205 |
| 1000 | 0.999999 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000001 |
| 2000 | 1.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000003 |
| 3600 | 1.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 |

Лабораторная работа 4

Тема: «Оценка изменения параметров транспортного потока при использовании разных моделей выбора маршрута»

С помощью программы AIMSUN NG при проведении эксперимента по моделированию дорожного движения на участке дорожной сети оценивалось влияние на изменение качества дорожного движения 50 и 100% транспортных средств, руководствующихся оперативной персонифицированной дорожной информацией, предоставляемой с помощью ЗИС. В качестве моделей выбора маршрута движения были выбраны следующие: модель фиксированного выбора маршрута, модель логит-преобразования. Для анализа распределения движения транспортных средств по данному участку сети были выбраны маршруты А и В, длиной 551м и 657 м, соответственно. Схема маршрутов представлена на рисунке 1.

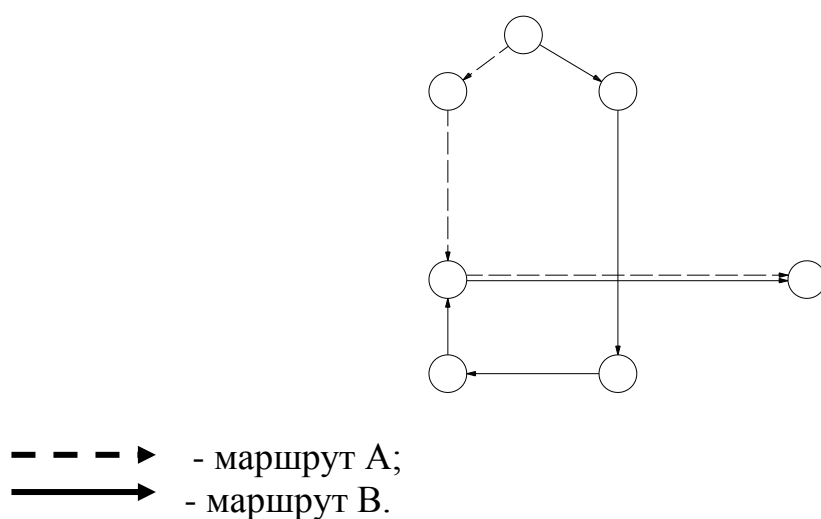


Рисунок 5 - Схема моделируемых маршрутов движения.

В процессе моделирования дорожного движения по изучению распределения транспортных потоков, было установлено, что особое влияние оказывает параметр, оценивающий вес пропускной способности участка сети дорог. Изменяя значения данного параметра, можно выявить критерии, влияющие на выбор маршрута движения в определенный момент времени:

состояние улично-дорожной сети, определяющее выбор наименьшего по времени или кратчайшего по расстоянию маршрута, задержки транспортных средств и длина очереди на подъездах к светофорным объектам, либо желание водителя двигаться только по магистралям города.

Результаты эксперимента по моделированию дорожного движения при использовании моделей выбора маршрута движения приведены в таблице 1.

Таблица 1

| Модель логит-преобразования | | | | | | | |
|---|---------|--------------------|--|-----------------------------------|---------|--------------------|--|
| Количество транспортных средств, руководствующихся информацией о выборе маршрута, % | | | | | | | |
| 50 | | | | 100 | | | |
| cw=100 | | | | | | | |
| Цикл расчета нового маршрута, мин | Маршрут | Стоимость маршрута | Количество транспортных средств, выбравших данный маршрут, % | Цикл расчета нового маршрута, мин | Маршрут | Стоимость маршрута | Количество транспортных средств, выбравших данный маршрут, % |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 3 | A | max | 11 | 3 | A | max | 1 |
| | B | min | 89 | | B | min | 99 |
| 5 | A | max | 10 | 5 | A | max | 0 |
| | B | min | 90 | | B | min | 100 |
| 10 | A | max | 63 | 10 | A | max | 0 |
| | B | min | 36 | | B | min | 100 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 15 | A | max | 19 | 15 | A | max | 0 |
| | B | min | 80 | | B | min | 100 |
| 20 | A | max | 42 | 20 | A | max | 0 |
| | B | min | 58 | | B | min | 100 |

| Модель логит-преобразования | | | | | | | |
|---|---------|--------------------|--|-----------------------------------|---------|--------------------|--|
| Количество транспортных средств, руководствующихся информацией о выборе маршрута, % | | | | | | | |
| 50 | | | | 100 | | | |
| cw=1 | | | | | | | |
| Цикл расчета нового маршрута, мин | Маршрут | Стоимость маршрута | Количество транспортных средств, выбравших данный маршрут, % | Цикл расчета нового маршрута, мин | Маршрут | Стоимость маршрута | Количество транспортных средств, выбравших данный маршрут, % |
| 3 | A | max | 36 | 3 | A | max | 31 |
| | B | min | 34 | | B | min | 68 |
| 5 | A | max | 31 | 5 | A | max | 35 |
| | B | min | 68 | | B | min | 65 |
| 10 | A | max | 39 | 10 | A | max | 34 |
| | B | min | 61 | | B | min | 66 |
| 15 | A | max | 37 | 15 | A | max | 39 |
| | B | min | 63 | | B | min | 61 |
| 20 | A | max | 36 | 20 | A | max | 37 |
| | B | min | 64 | | B | min | 63 |

| Модель фиксированного выбора маршрута движения | | | | | | | |
|---|---------|--------------------|--|-----------------------------------|---------|--------------------|--|
| Количество транспортных средств, руководствующихся информацией о выборе маршрута, % | | | | | | | |
| 50 | | | | 100 | | | |
| cw=1 | | | | | | | |
| Цикл расчета нового маршрута, мин | Маршрут | Стоимость маршрута | Количество транспортных средств, выбравших данный маршрут, % | Цикл расчета нового маршрута, мин | Маршрут | Стоимость маршрута | Количество транспортных средств, выбравших данный маршрут, % |
| не влияет | A | max | 0 | не влияет | A | max | 0 |
| | B | min | 100 | | B | min | 100 |
| Модель фиксированного выбора маршрута движения | | | | | | | |
| Количество транспортных средств, руководствующихся информацией о выборе маршрута, % | | | | | | | |
| 50 | | | | 100 | | | |
| cw=100 | | | | | | | |
| Цикл расчета нового маршрута, мин | Маршрут | Стоимость маршрута | Количество транспортных средств, выбравших данный маршрут, % | Цикл расчета нового маршрута, мин | Маршрут | Стоимость маршрута | Количество транспортных средств, выбравших данный маршрут, % |
| не влияет | A | max | 0 | не влияет | A | max | 0 |
| | B | min | 100 | | B | min | 100 |

cw - параметр, оценивающий вес пропускной способности участка сети дорог. При увеличении значения данного параметра повышается достоверность прогнозирования маршрута движения.

На основании данных, полученных в процессе моделирования, можно сделать вывод: на участках сети дорог, малых по протяженности, при уменьшении времени пересчета альтернативного пути движения возрастает вероятность выбора наименьшего по стоимости пути за промежуток времени, равный циклу расчета нового маршрута. Следовательно, пиковая нагрузка на элементы транспортной сети снижается в кратчайшие сроки.

По результатам эксперимента по моделированию дорожного движения при использовании модели логит-преобразования построены графики зависимости основных характеристик транспортных транспортных потока от изменения параметра, оценивающего вес пропускной способности участка сети дорог (cw) (рисунок 6).

График зависимости плотности транспортного потока от изменения входных параметров модели

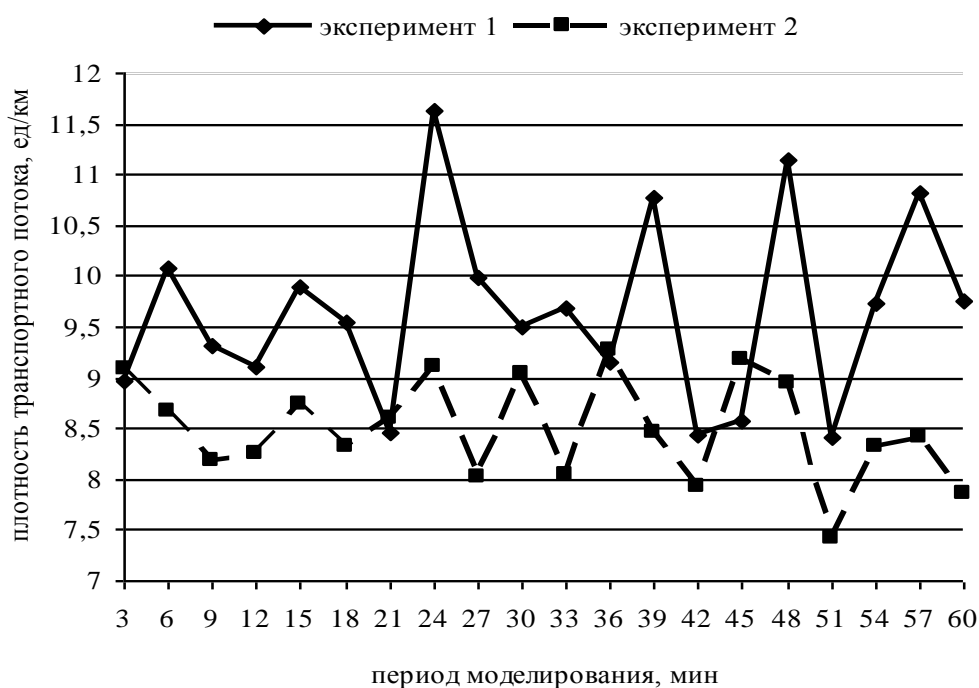
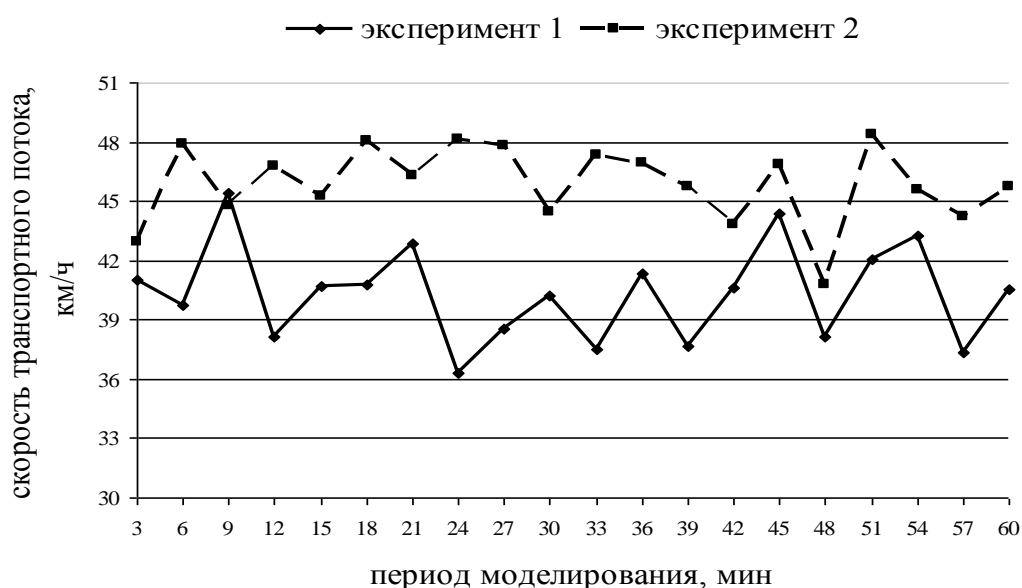


График зависимости скорости транспортного потока от изменения входных параметров модели



— эксперимент 1: Модель Logit, $sw=1$, цикл расчета нового пути составляет 3 минуты;

- - - эксперимент 2: Модель Logit, $sw=100$, цикл расчета нового пути составляет 3 минуты.

Рисунок 6 - Графики зависимостей основных характеристик транспортного потока от моделей выбора маршрута

Лабораторная работа 5, 6

Тема: «Функциональная архитектура ЛП ИТС по маршрутизации в дорожном движении и перевозках»

Функциональная архитектура локального проекта интеллектуальной транспортной системы: Иерархически организованная совокупность функциональных описаний подсистем, субъектов и объектов ИТС, а также их взаимодействий.

Функциональная архитектура ЛП ИТС должна включать в себя уровни:

- режимов управления ЛП ИТС;
- сценариев управления ЛП ИТС;
- целей управления ЛП ИТС;
- основных функций ЛП ИТС;
- основных задач ЛП ИТС;
- дополнительных задач ЛП ИТС.

Уровень режимов управления ЛП ИТС должен включать в себя:

- штатное управление;
- нештатное управление, включающее в себя оперативный и ситуационный режимы управления.

Каждый из режимов управления ЛП ИТС должен включать в себя один или несколько сценариев управления ЛП ИТС.

Каждый сценарий управления ЛП ИТС должен отражать одну или несколько целей управления ЛП ИТС:

- обеспечение безопасности дорожного движения;
- обеспечение номинальной пропускной способности;
- оптимизацию транспортного процесса;
- поддержание заданного уровня содержания дорожного полотна и элементов дорожной инфраструктуры;
- предоставление различных сервисных услуг пользователям транспортной системы;

- формирование заданного поведения участников дорожного движения и культуры вождения.

При достижении каждой из целей управления ЛП ИТС необходимо реализовать одну или несколько основных функций управления ЛП ИТС.

Для реализации каждой из функций управления ЛП ИТС необходимо решение одной или нескольких основных задач управления ЛП ИТС.

Каждая задача управления ЛП ИТС может содержать одну или несколько дополнительных задач различного уровня.

Обобщенная физическая архитектура ИТС приведена в приложении Б.

Функциональная архитектура ИТС должна включать в себя уровни:

- интеграционной платформы ЛП ИТС;
- комплексных подсистем ЛП ИТС;
- инструментальных подсистем ЛП ИТС;
- элементов подсистем ЛП ИТС;
- оборудования.

Интеграционная платформа должна обеспечивать управление всеми комплексными подсистемами ЛП ИТС в штатном и нештатном режимах за счет накопления входящих первичных и обработанных данных от подсистем ИТС.

Интеграционная платформа должна выполнять функции:

- координации работы всех комплексных подсистем ИТС;
- предоставления вариантов принятия решения персоналу ЛП ИТС в штатных и нештатных режимах;
- предоставления предварительно обработанных данных от комплексных подсистем ИТС персоналу ЛП ИТС;
- принятия решений из существующего набора сценариев по управлению транспортной системой в штатном режиме;
- обеспечения взаимодействия с внешними информационными системами.

Интеграционная платформа ИТС должна обеспечивать:

- агрегирование и обработку текущих и ретроспективных данных;
- визуализацию текущего состояния транспортной системы;
- корректировку работы подсистем ИТС;
- определение режима функционирования транспортной системы;
- представление данных в установленной отчетной форме;
- сбор и хранение данных от всех подсистем ИТС;
- управление транспортной системой.

Локальный проект ИТС может состоять из одной или нескольких комплексных подсистем:

- автоматизированная система управления дорожным движением, включающая в себя подсистему директивного управления транспортными потоками и подсистему косвенного управления транспортными потоками.

- автоматизированная система управления маршрутизированным транспортом.

- подсистема контроля соблюдения правил дорожного движения (ПДД) и контроля транспорта.

- подсистема управления состоянием дорог.

- подсистема пользовательских сервисов.

Комплексная подсистема должна обеспечивать решение общих задач, выполнение которых позволяет достичь комплексной цели в рамках транспортной стратегии и принятия решений в сфере оказания транспортных услуг.

Комплексная подсистема должна состоять из следующих компонентов:

- одна или несколько инструментальных подсистем, как исполнительные элементы;

- центр обработки данных, выполняющий задачи по принятию решений, включающий в себя персонал и оборудование для хранения, обработки и передачи данных.

Инструментальная подсистема ИТС должна обеспечивать решение следующих задач:

- осуществление управляющего воздействия на транспортный поток, на участников дорожного движения и объекты дорожной и транспортной инфраструктуры;
- сбор, передача, обработка и хранение данных о параметрах объекта мониторинга и/или управления.

Инструментальные подсистемы допускается формировать путем объединения нескольких инструментальных подсистем на уровне элементов подсистем ИТС.

Уровни элементов ЛП ИТС и оборудования являются физической реализацией инструментальных подсистем.

Элементы ЛП ИТС представляют собой объединенное в техническую систему оборудование.

Элементы подсистем ИТС можно классифицировать следующим образом:

- элементы, относящиеся к транспортному средству;
- элементы, относящиеся к дорожной инфраструктуре;
- элементы, относящиеся к среде поддержания их коммуникативного взаимодействия;
- элементы, относящиеся к центру обработки данных.

Комплексные подсистемы ЛП ИТС должны реализовывать функции ЛП ИТС.

Подсистема директивного управления транспортными потоками должна реализовывать следующие функции:

- построение планов координации светофорного регулирования;
- светофорное регулирование транспортного потока;
- управление транспортным потоком посредством знаков переменной информации.

Подсистема косвенного управления транспортными потоками должна реализовывать следующие функции:

- мониторинг состояния объектов притяжения транспортного потока;
- построение качественной матрицы корреспонденции;
- моно- и мультиобъектное маршрутное ориентирование;
- обеспечение информационного сервиса.

Автоматизированная система управления маршрутизированным транспортом должна реализовывать следующие функции:

- оптимизация маршрутов движения с учетом погодных-метеорологических условий, сезона и нештатных ситуаций на транспорте;
- обеспечение транспортной безопасности;
- обеспечение безопасности и сохранности грузов;
- обеспечение безопасности пассажиров наземного пассажирского транспорта;
- оптимизация расписания для общественного городского транспорта с целью гармонизации пассажиропотока.

Подсистема контроля соблюдения ПДД и контроля транспорта должна реализовывать следующие функции:

- сбор данных, являющихся доказательной базой фактов нарушений ПДД;
- передача данных правоохранным органам и подсистемам ИТС.

Подсистема управления состоянием дорог должна реализовывать следующие функции:

- обеспечение оперативного реагирования служб содержания дорог на ухудшение эксплуатационных параметров дорожного полотна;
- обеспечение автоматизированного сбора платы за проезд на платных участках улично-дорожной сети.

Подсистема пользовательских сервисов должна реализовывать следующие функции:

- предоставление сервисных услуг пользователям транспортной системы на бесплатной основе;
- предоставление сервисных услуг пользователям транспортной системы на платной основе.

Инструментальные подсистемы ЛП ИТС должны реализовывать задачи ЛП ИТС.

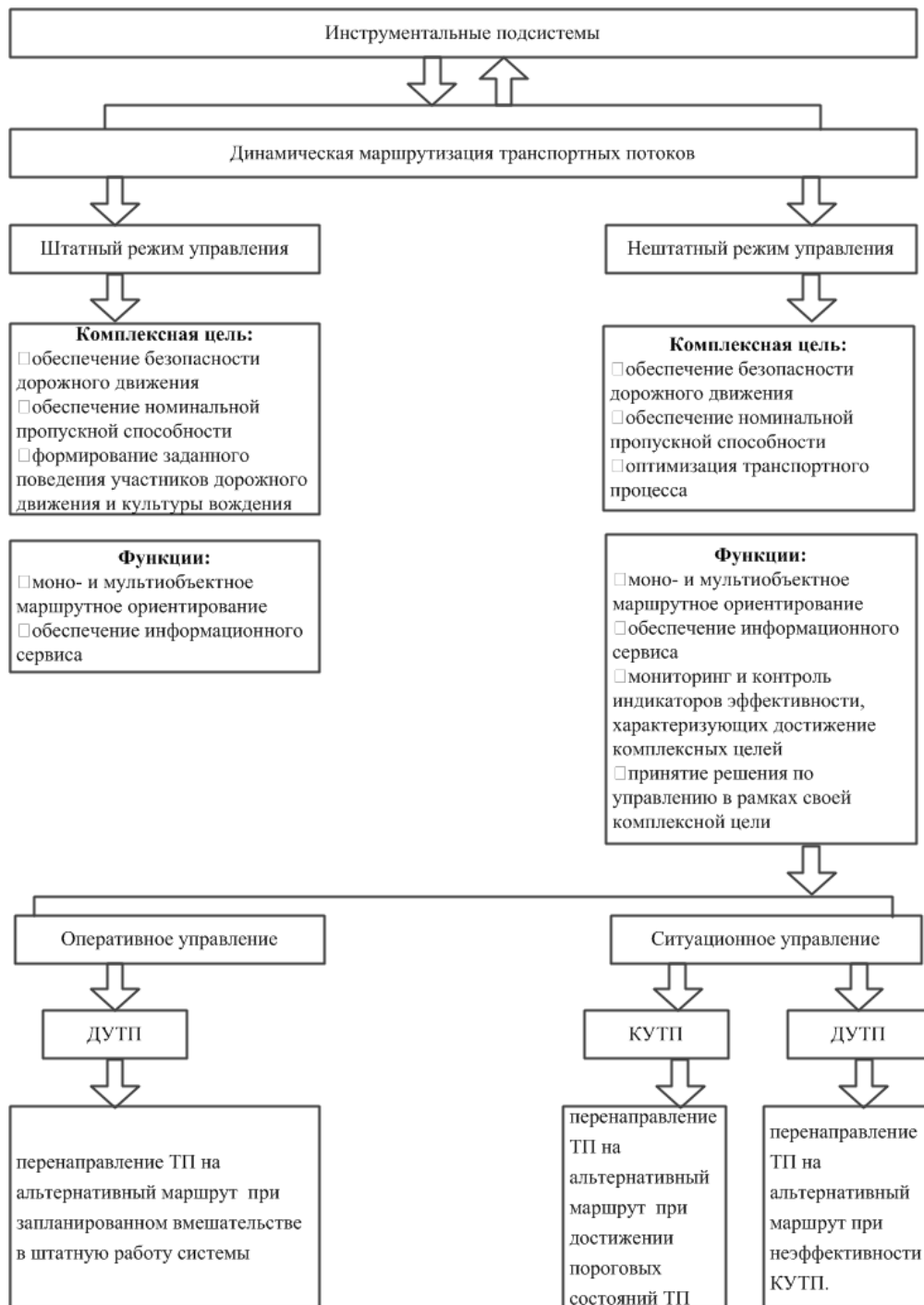


Рисунок 6.2 – Предварительная функциональная архитектура ЛП ИТС (динамическая маршрутизация транспортных потоков)

Литература

1. Кочерга В. Г., Зырянов В. В., Коноплянко В. И. Интеллектуальные транспортные системы в дорожном движении: Учебное пособие. — Ростов н/Д: Рост. Гор. Строит. Ун-т, 2001
2. Зырянов В.В. Моделирование дорожного движения. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный строительный университет, 2015. -163 с.
3. Зырянов В. В. Руководство по моделированию дорожного движения: учебное пособие. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2015.– 61 с.
4. ГОСТ Р 56829-2015.Интеллектуальные транспортные системы. Термины и определения,
5. ГОСТ Р 56294-2014 Интеллектуальные транспортные системы. Требования к функциональной и физической архитектурам интеллектуальных транспортных систем,
6. ГОСТ Р ИСО 14813-1-2011 Интеллектуальные транспортные системы. Схема построения архитектуры интеллектуальных транспортных систем. Часть 1. Сервисные домены в области интеллектуальных транспортных систем, сервисные группы и сервисы
7. Швецов, В. И. Математическое моделирование транспортных потоков [Текст] / В. И. Швецов // Автоматика и телемеханика. – 2003. – № 11 – С. 1–46
8. Феофилова А. А. Обоснование условий распределения транспортных потоков на улично-дорожной сети городов: диссертация ... кандидата технических наук : 05.22.10 / Феофилова Анастасия Александровна; [Место защиты: Волгогр. гос. техн. ун-т].- Ростов-на-Дону, 2013.- 150 с.: ил. РГБ ОД, 61 14-5/1784
9. Методическое руководство по организации динамической маршрутизации транспортных потоков [Электронный ресурс] // - Режим доступа: <https://mintrans.ru/file/404536> - Загл.с экрана. - Яз.рус.