

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Институт энергетики и машиностроения

Кафедра «Технологические машины и транспорт»

Ергалиев Санжар Жамеледенович

Моделирование городской транспортной сети города Алматы

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Специальность 5B071300 – Транспорт, транспортная техника и технологии

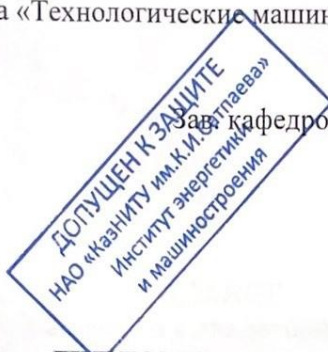
Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Институт энергетики и машиностроения

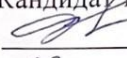
Кафедра «Технологические машины и транспорт»



ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

за кафедрой «Технологические машины и транспорт»

Кандидат технических наук

 Бортеебаев С.А.
« 23 » 05 2022 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Моделирование городской транспортной сети города Алматы»

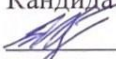
по специальности 5В071300 – Транспорт, транспортная техника и технологии

Выполнил

Ергалиев С.Ж

Рецензент

Кандидат технических наук

 Кульгильдинов Б.М.
« 23 » 05 2022 г.

Научный руководитель

Ассоциированный

профессор

 Шалбаев К.К.
« 23 » 05 2022 г.

Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

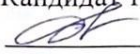
Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Институт энергетики и машиностроения

Кафедра «технологические машины и транспорт»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой «Технологические машины и
транспорт»

Кандидат технических наук
 Бортеебаев С.А.

«20» 09 2022 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Ергалиеву Санжару Жамеледеновичу

Тема: «Моделирование городской транспортной сети города Алматы»

Утверждена приказом Ректора Университета №489-П/О от 24 декабря 2021 г.

Срок сдачи законченной работы «16» мая 2022 г.

Исходные данные к дипломной работе:

1. Документация к использованию программного пакета AnyLogic

2. Улично-дорожные сети города Алматы

Краткое содержание дипломной работы:

а) общие сведения о моделировании

б) обзор моделируемых улиц и пересечений

в) построение модели отрезка улично-дорожной сети

г) оптимизация модели отрезка улично-дорожной сети

Рекомендуемая основная литература:

1. Транспортное моделирование: Методологические основы, программы, программные средства и практические рекомендации. 2008 г.

2. Анализ современных программных средств транспортного моделирования М. М. Бекмагамбетов, д.т.н., проф. / А.В. Кочетков, д.т.н., проф. автомобильный журнал выпуск № 6 от 2012 года.

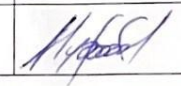
ГРАФИК

Подготовки дипломной работы (проекта)

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Введение	24.01.22 - 07.02.22	
Теоретическая часть	07.02.22 - 07.03.22	
Практическая часть	07.03.22 - 25.04.22	

Подписи

Консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу (проект)
с указанием относящихся к ним разделов работы (проекта)

Наименование разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Основная часть	Шалбаев К.К. ассоциированный профессор	23.05.22	
Нормоконтролер	Камзанов Н.С. сениор-лектор	23.05.22	

Научный руководитель



Шалбаев К.К.

Задание принял к исполнению обучающийся



Ергалиев С.Ж.

Дата

«24» декабря 2021

ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на дипломную работу
(наименование вида работы)

Ергалиев Санжар Жамеледенович
(Ф.И.О. обучающегося)

5B071300 - Транспорт, транспортная техника и технологии
(шифр и наименование специальности)

Тема: Моделирование городской транспортной сети города Алматы

Ергалиев Санжар Жамеледенович обучался по программе бакалавриата по специальности 5B071300 – «Транспорт, транспортная техника и технологии», его дипломная работа посвящена моделированию транспортных потоков на современных программах, а именно он использовал программу AnyLogic для последующего моделирования УДС и для его оптимизации. Объектом моделирования был выбран участок УДС от пр. Абая – ул. Розыбакиева до пр. Абая – ул. Жарокова.

По теме дипломной работы были выполнены следующие работы:

- 1) Изучена роль моделирования транспортных сетей в мегаполисах, в частности моделирования УДС в городе Алматы
- 2) Изучены данные об отрезке УДС для дальнейшего моделирования
- 3) Была построена и оптимизирована УДС города Алматы в программе AnyLogic

В целом выпускная квалификационная работа Ергалиева С. выполнена на хорошем теоретическом и практическом уровне, соответствует требованиям, предъявляемым к дипломным работам программы бакалавриата, заслуживает оценки 90% и рекомендуется к защите.

Научный руководитель

ассоц. профессор д.т.н.

(должность, уч. степень, звание)

Шалбаев Калманбет Кожамбердиевич Ф. И.О.

(подпись)

« 3 » 05 2022 г.

РЕЦЕНЗИЯ

На дипломную работу

Ергалиев Санжар Жамеледенович

Транспорт, транспортная техника и технологии (5B071300)

На тему: Моделирование городской транспортной сети города Алматы

Выполнено:

а) пояснительная записка на 30 страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

По дипломной работе Ергалиева Санжара имеются следующие замечания:

1. Дипломная работа содержит незначительные ошибки по оформлению.

2. Практическая часть имеет в себе некие недочеты.

Существенные недостатки в дипломной работе не выявлены

Оценка работы

Дипломная работа имеет некие замечания, но эти замечания не существенный, так как основная часть выполнена на отличном уровне, в целом автор выполнил работу по всем критериям. Дипломная работа Ергалиева С.Ж. соответствует всем требованиям, предъявленным к дипломной работам, проработана одна из центральных улично-дорожных сетей. Выполненная работа рекомендована к защите с оценкой "отлично" и её автор Ергалиев Санжар Жамеледенович заслуживает присвоения академической степени бакалавра техники и технологий.

Рецензент

Кандидат технических наук

 Кульгильдинов Б.М.

« 23 » 05 2022 г.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Ергалиев С.Ж.

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Моделирование городской транспортной сети города Алматы

Научный руководитель: Калманбет Шалбаев

Коэффициент Подобия 1: 9.9

Коэффициент Подобия 2: 3.7

Микропробелы: 4

Знаки из других алфавитов: 2

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата 24.05.22

Заведующий кафедрой



АННОТАЦИЯ

В дипломной работе рассмотрено моделирование улично-дорожной сети города Алматы. Выполнен анализ программных обеспечений для моделирования и выбран самый оптимальный, эффективный. Модель улично-дорожной сети была оптимизированна, была получена оптимизированная модель улично-дорожной сети имеющая лучшие показатели среднего время прохождения автотранспортных средств.

Актуальность темы дипломной работы состоит в том, что при быстром росте автомобилизации населения Республики Казахстан, а именно города Алматы, улично-дорожные сети не успевают развиваться с такой же скоростью, что приводит к многочисленным заторам на улицах города. Для решения данных проблем в дипломной работе приведено моделирование улично-дорожных сетей для просчета самых оптимальных временных параметров светофоров. Что в последующем реализует решение проблем на определенных участках города в разное время суток, увеличивая тем самым пропускную способность транспортных средств в часы пик.

ANNOTATION

The diploma project considered the modeling of the road network of the city of Almaty. Simulation software analysis performed and one instance selected. The model of the street-road network was optimized, an optimized model of the street-road network was obtained, which has the best indicators of the average travel time of vehicles.

The relevance of the topic of the thesis is that with the rapid growth of motorization of the population of the Republic of Kazakhstan, namely in the city of Almaty, road networks do not send drivers at the same speed, which leads to numerous circles on the streets of cities. To solve problems with data in the thesis with the modeling of street and road networks to calculate the most optimal time parameters of traffic lights. Which subsequently implements the solution of problems in certain sections of cities at different times of the day, thereby increasing the highest throughput in peak means.

АҢДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста Алматы қаласының көше желісін модельдеу қарастырылады. Модельдеуге арналған бағдарламалық жасақтаманы талдау жүргізілді және ең оңтайлы, тиімді түрде таңдалды. Жол желісінің моделі оңтайландырылды, көше-жол желісінің оңтайландырылған моделі көлік құралдарының орташа өтуінің ең жақсы көрсеткіштері болды.

Дипломдық жұмыс тақырыбының өзектілігі Қазақстан Республикасы, атап айтқанда Алматы қаласы тұрғындарының автокөліктенуінің жылдам өсуімен көше-жол желілері дәл осындай жылдамдықпен дамуға үлгермейді, бұл қала көшелеріндегі көптеген кептелістерге әкеледі. Осы мәселелерді шешу үшін дипломдық жұмыста бағдаршамдардың ең оңтайлы уақыт параметрлерін есептеу үшін көше-жол желілерін модельдеу келтірілген. Бұл қаланың белгілі бір учаскелеріндегі мәселерді тәуліктің әр уақытында шешуді жүзеге асырады, осылайша қарбалас уақытта көлік құралдарының өткізу қабілетін арттырады.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
1 Анализ существующих методов моделирования транспортных сетей	11
1.1 Роль моделирования транспортных сетей	11
1.2 Обзор современного программного обеспечения по моделированию транспортных систем	12
2 Общая методология построения и работы с транспортными моделями	15
2.1 Методология построения и работы с транспортными моделями	15
2.3 Рекомендации для построения системы мониторинга транспортных потоков в городе Алматы.	18
3 Анализ транспортной ситуации в Казахстане и в частности города Алматы	21
3.1 Анализ транспортной ситуации в Казахстане и в частности города Алматы	21
4.1 Анализ рассматриваемого отрезка улицы Розыбакиева – проспекта Абая до улицы Жарокова – проспекта Абая	23
4.1.1 Анализ проспекта Абая	23
4.1.2 Анализ пересечения проспекта Абая – улицы Розыбакиева	25
4.1.3 Анализ пересечения проспекта Абая – проспекта Гагарина	26
4.1.4 Анализ пересечения проспекта Абая – улицы Жарокова	27
5 Разработка модели транспортных потоков участков УДС города Алматы	29
5.1 Моделирование в AnyLogic	29
5.2 Оптимизация прохождения УДС с помощью ПО AnyLogic	34
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	38
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	39

ВВЕДЕНИЕ

Транспорт стал неотъемлемой частью стран мира, он играет огромную роль в экономическом развитии страны и социальном благосостоянии населения. Из-за этого общество активно развивающихся стран испытывают постоянную нужду в активном наращивании объема транспортных сообщений, как внутри городов, так и между ними. Это побуждает людей непрерывно задуматься о повышении эффективности, надежности, качестве и безопасности транспортных сообщений. Такие нужды приводят к увеличению затрат на улучшение инфраструктуры транспортной сети, от чего требуется регулярно делать ее гибкой, легко управляемой логистической системой.

Со всеми требованиями к транспортным сетям в быстроразвивающихся приводит к риску возникновению образованию транспортных пробок, нагрузке или перегрузке узлов сетей, что в свою очередь увеличивает уровни аварийности сетей.

Автомобилизация в Казахстане - по данным органов административный полиции 2021 года парк транспортных средств Казахстана увеличился с 4,47 млн до 4,52 млн ед. (+1,1%). По состоянию на 1 января 2021 уровень автомобилизации в Казахстане составил 199 легковых автомобилей на 1 000 жителей республики. В предыдущие годы этот показатель (по состоянию на 1 января) складывался следующим образом: 2017 год – 211, 2018 год – 207, 2019 год – 202, 2020 год – 199. В частности плотность автомобилей в городе Алматы – 332, а в столице 270 автомобилей на 1000 человек. Из приведенных данных можно сделать вывод, что автомобилизация в Казахстане развивается активно, но как и в большинстве странах увеличения уровня автомобилизации не поспевает за обновлением транспортных сетей.

Увеличение автомобилей без своевременного развития транспортных сетей приводит к автомобильным пробкам. Они имеют ряд последствий в местах появления одним из главных является экономическим последствием. Экономическим последствием складываются из нескольких источников, большие потери топлива, времени и производительности. По данным из акимата города Алматы на 2018 год, теряется ежедневно более 600 млн. тенге [1].

Светофоры с заданными временными режимами переключения в текущее время не обеспечивает регулирование движения пешеходов и транспортных средств, плавного движения автотранспортных средств на улично-дорожных сетях. Синхронизация которые состоят из трёх и более систем светофоров на взаимосвязанных транспортных сетях перекрестках является одной из самых сложных проблем, учитывающие различные параметры (трафик динамический меняющиеся с течением суток). Обычные системы не способный обрабатывать меняющийся потоки, подходящие к перекресткам. Это приводит к возникновению пробок и заторов.

Для решения проблем пробок и заторов мегаполиса мировая практика идет по пути разработки и внедрения информационных технологий систем для планирования и организация движения улично- дорожной сети.

Современные программные комплексы TransCAD, AnyLogic, Cube, PTV Vissim, и. т. д., подобные программные комплексы позволяют прогнозировать появления пробок на УДС и дают возможность управления светофорами и плотностью трафика на УДС. В настоящее время программные системы основаны на базе микроконтроллеров PIC, которые оценивают плотность трафика с помощью датчиков и выполняют динамические временные интервалы с различными уровнями. В общем программные комплексы выполняют совокупность работ: моделирование, планирование и проектирование дорожных сетей и их визуализации.

Целью работы является моделирование транспортной сети в программном комплексе AnyLogic и получение максимально эффективной модели на основе уже имеющихся улиц и их пересечений.

1 Анализ существующих методов моделирования транспортных сетей

1.1 Роль моделирования транспортных сетей

Моделирование (прогнозирование и планирование) автомобильных и пассажирских потоков в транспортной сети мегаполисов и городов является актуальной в связи с возросшим объемом автомобилизации. На рисунке 1 изображено влияние развития дорожной инфраструктуры на экономику страны.



Рисунок 1 – Блок-схема влияния развития дорожной инфраструктуры на экономику страны.

В современных условиях математическая модель должна учитывать следующие важные аспекты процесса формирования транспортных потоков:

- в условиях сильной загруженности улично-дорожных сетей пропускные способности частей сети играют ключевую роль при выборе путей движения автотранспорта;
- учёт непредвиденных обстоятельств (сломанный автотранспорт, животные на УДС)

- выбор путей передвижения сталкивается с изменениями происходящими в разное время суток, дня недели и времени года.
- между процессами организации общественных и автомобильных потоков есть взаимосвязь в системе общественного транспорта.

На сегодняшний день разработано десятки моделей, которые позволяют учитывать разные факторы, аспекты для процесса создания оптимизированных транспортных потоков. В данной дипломной работе представлена комплексная модель улично-дорожной сети города Алматы, позволяющая моделировать движения на всех группах транспорта с учётом всех ныне перечисленных факторов влияния.

Для данной работы исходные данные для моделирования являются данные о подвижности населения, т.е. среднем количестве передвижений, осуществляющими с разными целями в течение определенного времени суток или недели жителем города, а также данные о расположении в городе объектов, формирующими передвижения (рабочих мест населенного пункта, объектов крупной и мелкой торговли и т.д.).

Для прогнозирования перемещения производится ряд расчетов набора матриц корреспонденций между различными районами города, которые будут соответствовать передвижениям разного типа (пешеходы, автомобили и с общественный транспорт), с различными целями и временем суток. Для учета суточного перемещения, производятся расчёты отдельно для каждого из различных периодов суток (для часов пика утреннего и вечернего, и на для часов среднего дневного).

1.2 Обзор современного программного обеспечения по моделированию транспортных систем

Современные программные пакеты обширно развиты в данный момент для примера рассмотрим:

- программный пакет Emme-3 (Канада) включает полный цикл моделирования транспортной системы от расчета объемов транспортного спроса до определения характеристик транспортных потоков на отдельных участках дорожной сети;
- программа Omnitrans (Голландия) является современным средством макро моделирования транспортных систем;
- программа TRANSIMS (Голландия) основана на наиболее современных принципах транспортного моделирования;
- программный пакет PTV VISION (VISUM +VISSIM (Германия) состоит из двух модулей, между которыми осуществляется обмен данными, при этом VISUM предназначен для моделирования транспортного спроса и распределения поездок всех типов по видам транспорта, времени суток и маршрутизации, а VISSIM - для моделирования движения автомобилей;

- программный пакет Cube предназначен для моделирования транспортных систем и включает модули для моделирования транспортного спроса, микромоделирования движения автомобилей, а также работы общественного пассажирского и грузового транспорта;
- программа AIMSUN (Испания) осуществляет полный цикл моделирования транспортной системы;
- программный пакет TransCAD + Transmodeler (Caliper, США), в котором TransCAD предоставляет возможности моделирования транспортного спроса, а Transmodeler - возможности моделирования движения автомобилей;
- программа VITSIMLab (США) позволяет осуществлять микромоделирование движения каждого индивидуального транспортного средства с получением информации о параметрах движения (скорость, плотность, интенсивность) на каждом участке дорожной сети, а также предоставляет возможность создавать модель системы управления дорожным движением;
- программы Paramics и S-Paramics (Великобритания) предназначены для микромоделирования движения автомобилей по дорожной сети.

Исходя из гипотезы, что конкурентоспособность того или иного пакета прикладных программ (ППП) может характеризоваться степенью его использования потребителями, можно попытаться определить, какие ППП наиболее востребованы специалистами области моделирования В транспортных потоков. На основе ресурсов научной электронной библиотеки eLIBRARY был произведен статистический анализ публикаций, в которых упоминались те или иные прикладные программы. Результаты статистического анализа публикаций представлены на рисунке 2 [6].

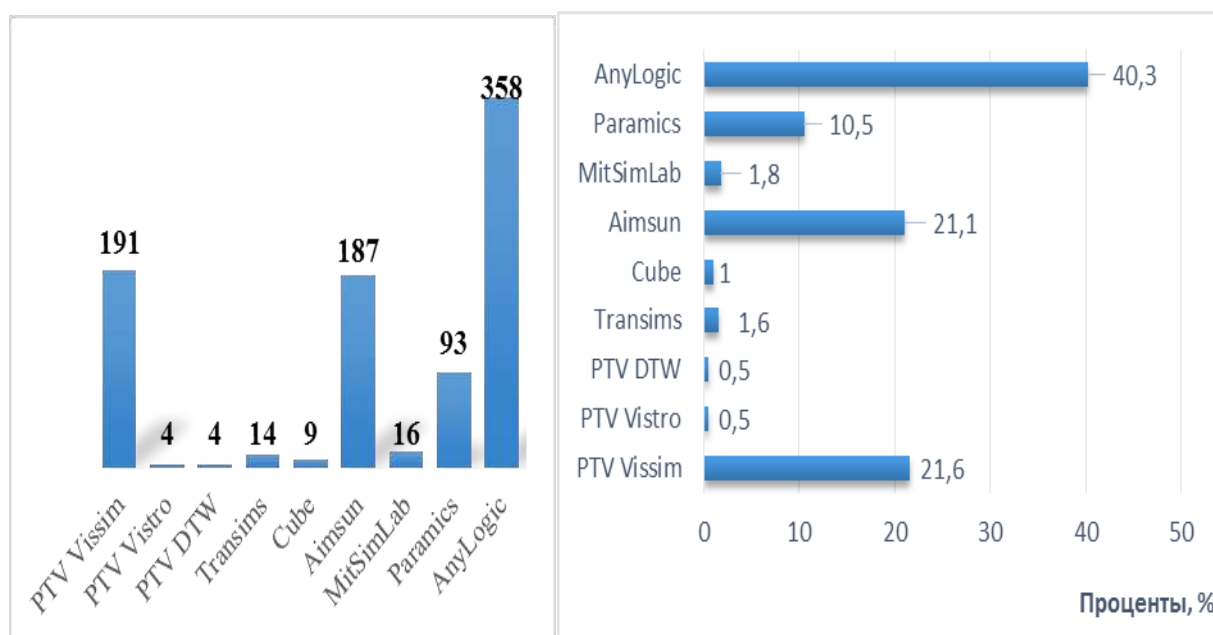
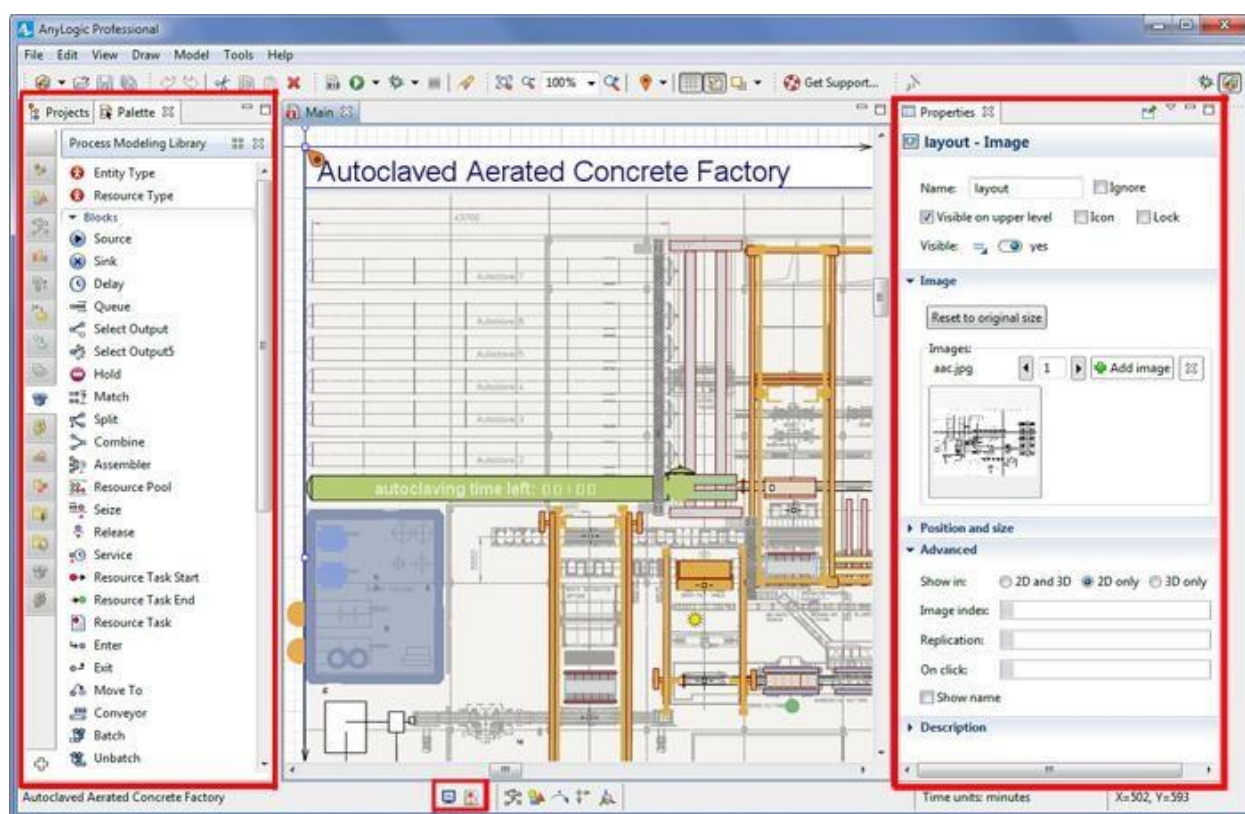


Рисунок 2 – Рейтинг программных продуктов транспортного моделирования

Программу которая будет использоваться в данной дипломной работе – это AnyLogic. Пример интерфейса изображен на рисунке 3. AnyLogic программное обеспечение специализированное в целях имитационного моделирования, созданное российской фирмой The AnyLogic Company (прежняя англ. XJ Technologies). Механизм владеет прогрессивным графическим дизайном также дает возможность применять язык Жаха с целью разработки моделей. Вариант AnyLogic PLE доступна бесплатно с целью образовательных целей также и для самообучения. AnyLogic -один инструмент имитационного моделирования, что удерживает все без исключения комбинация к созданию имитационных моделей: процессно-направленный, системно динамичный также агентный, но кроме того различную их комбинацию. Неповторимость, эластичность также мощность языка прогнозирования, предоставляемого AnyLogic, дает возможность учитывать каждый подход моделируемой концепции с различными степенями детализации. Графический сокет AnyLogic, инструменты также библиотеки дают возможность стремительно создавать модели с целью обширного диапазона вопросов: с моделирования производства, автотранспортных потоков, логистики, предпринимательство-действий вплоть до стратегических моделей формирования фирмы также рынков.



Палитры находятся
слева

Консоль и ошибки по
умолчанию скрыты

Свойства находятся
справа

Рисунок 3 – Интерфейс программы AnyLogic

2 Общая методология построения и работы с транспортными моделями

2.1 Методология построения и работы с транспортными моделями

Для разработки рекомендаций по построению системы мониторинга транспортных потоков и определения транспортных корреспонденций необходимо составить общую методологию построения и работы с транспортными моделями.

Общая методология построения и работы с транспортными моделями включает в себя следующие шаги:

- предварительный анализ и выбор специализированного программного обеспечения(ПО) для моделирования:
- калибровка модели (настройка разных параметров модели с целью обследований уменьшить расхождение результатов данных для моделирования);
- сбор начальных данных для построения имитационной модели - ввод собранных данных в модель: проверка модели (проверка правильности ввода собранных данных);
- валидация модели (сопоставление результатов моделирования и настоящих условия с использованием комплекта независимых данных никак не участвующих в калибровке для оценивания работоспособности модели и ее возможности применения для прогнозов);
- актуализация данных и сопровождение модели
- выполнение исследований, интерпретация и исследование итоговых результатов: формирование отчетных данных; - прогнозирование также построение модели перспективной условия;

Указанную последовательность действий более наглядно можно отобразить в виде блок-схемы, представленной на рисунке 4

Представленная очередность операций в огромной степени актуальна для имитационных моделей различных типов. Применение аналитических моделей подразумевает осуществление непосредственных расчетов согласно одной либо нескольким предварительно популярным зависимостям, также в данном случае главной проблемой требующей интереса считается сбор качественных начальных сведений. Из всех перечисленных процессов особое внимание следует уделять сбору и подготовке исходных данных, верификации и калибровке полученной модели, в зависимости от подходов ее моделирования (микро-, макро (мезо))

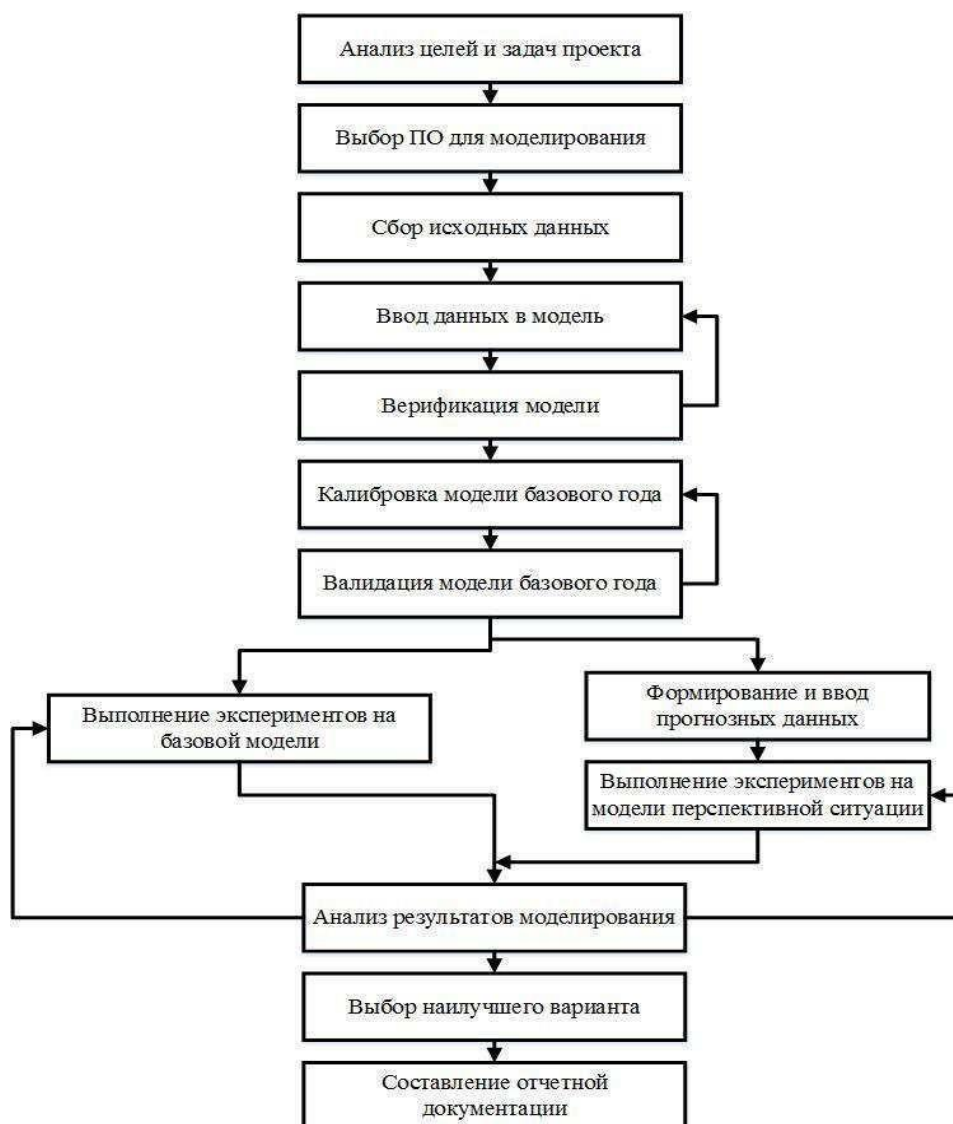


Рисунок 4 – Блок-схема процесса построения модели участка

2.2 Общая методология сбора и подготовки исходных (входных) данных для построения модели

Целью этапа сбора данных является подготовка полного набора качественных исходных данных, необходимых для построения модели. Качество и точность исходных данных играет решающую роль в достоверности результатов моделирования.

Входными данными для данного этапа являются:

- необходимые типы исходных данных;
- выбранные технологии проведения замеров;
- расположение мест проведения замеров;
- временной промежуток замеров;
- прочие источники данных.

На выходе этой стадии обязан быть получен целый комплект необходимых начальных сведений, собранных с соблюдением абсолютно всех условий к определенной точности.

Замеры на исследуемой территории должны возможности проводиться одновременно для получения согласованных значений. В случае нехватки ресурсов допускается проводить замеры в различные дни и согласовывать автоматических замеров суточной динамики транспортных потоков.

Следует учесть, то что требование движению во время выполнения обследований одинаковые также не имеется воздействие подобных условий как:

- массовые мероприятия.
- ремонтные работы;
- погодные условия;
- ДТП;

В случае, если обследование было проведено при наличии одного из вышеперечисленных факторов, данные, в последующем введенные в СПО будут недостоверными, что отрицательно скажется на итоговых результатах моделирования.

Рекомендовано, для того чтобы эксперт согласно моделированию, который станет разрабатывать также осуществлять калибровку модели проблематичного участка, собственноручно выезжал на объект с целью выявления отличительных черт его функционирования. Простое зрительное наблюдение способно обнаружить особенности также определить вспомогательные калибровочные характеристики.

Основные типы исходных (входных) данных, необходимых для построения какой-либо модели, существующей ситуации при разработке проектных организации движения делятся на три категории:

- транспортные;
- инфраструктурные;
- специфические для каждого программного обеспечения, вспомогательные.

Рассмотрим эти 3 категорий.

Автотранспортные сведения для построения модели содержат в себе:

- интенсивности движения автотранспортных потоков согласно перегонам, также по направлению движения на перекрестках рассматриваемого отрезка улично-дорожной сети, приобретенные путем замеров, с разбивкой на интервалы по пять-пятнадцать минут;
- матрица корреспонденций транспортных потоков на данном участке;
- группа потока по типам транспортных средств;
- интенсивности велосипедных и пешеходных потоков;

Инфраструктурные исходные (входные) данные в свою очередь включают:

- геометрические параметры;

- характеристики ОДД;
- параметры регулирования;
- параметры работы транспорта общего пользования;
- параметры на перспективу.

Условия к правильности входных сведений с целью построения модели обязаны устанавливаться необходимой целесообразностью, что находится в зависимости с оптимальной погрешности итогов прогнозирования также с издержек на повышение точности входных сведений. Приведенные ранее входные характеристики для построения модели возможно разбить на детерминированные, а также стохастические. Ко детерминированным принадлежат постоянные, конкретно определенные характеристики, подобные как геометрические масштабы, характеристики одл. режимы регулировки, характеристики работы ТОП. Точность подобных параметров никак не находится в зависимости от периода, потраченного в их приобретение либо числа замеров, также соответственно должна составлять сто процентов. Каждое расхождение характеристик подобного вида принадлежит к уровню погрешностей ввода, но никак не погрешности при сборе сведений.

К стохастическим характеристикам принадлежат в основном характеристики автотранспортных потоков, подобные как интенсивность, темп, структура, но кроме того производные с их характеристиками условий движения - период движения, длины очередностей, подлинная пропускная способность также др. Значимости подобных характеристик имеют все шансы колебаться в существенных границах изо дня в день, то что усложняет их точное формулирование. С целью выполнения высококачественной оценки нужны усредненные значения характеристик подобного типа. Рекомендовано осуществлять никак не меньше трёх замеров параметров стохастического вида. Затем необходимо дать оценку разбрасывание полученных значений. В случае если несоответствие от среднего является более 20 процентов, следует осуществить дополнительные замеры.

2.3 Рекомендации для построения системы мониторинга транспортных потоков в городе Алматы.

Применение математических моделей при разработке под наиболее применимое на стадии получения исходных параметров для решения задач моделирования. В стадиях вариационного моделирование также и анализа эффективности принятых решений модель не может позволить получить достаточный уровень детализации рекомендуемых значений оценки решений по организации дорожного движения. Но дает возможность оценить перераспределение транспортных потоков на более обширную территорию, которая может возникнуть впоследствии принимаемых решений.

Основные типы исходных данных, нужных для построения модели существующей ситуации на улично-дорожных сетях при разработки транспортных потоков г. Алматы делятся на четыре категории:

- общие;
- данные статистики;
- транспортные;
- инфраструктурные.

Рассмотрим каждую из основных категорий в отдельности.

1. Общие данные для построения модели содержат в себе:

- План города может быть представлен в электронных карт, спутниковых виде которые могут быть импортированы в модель из имеющихся приложений с геоинформационной системой или введены вручную с помощью графических редакторов с использованием высококачественной растровой подложкой;

- Общие сведения об исследуемом районе. сведения Общие необходимы для оценки результатов расчета транспортного спроса.

2. Данные статистики для построения модели включает в себя: сведения о населении, о рабочих местах, о трудоспособном населении. Эти данные необходимы для создания транспортных потоков (что является частью транспортного спроса) при помощи характеристической модели.

3. Транспортная информация для построения модели состоит из:

- интенсивности движения автотранспортных потоков по определенному списку перегонов и по направлению движения на основных перекрестках, полученными путем замеров, с разбивкой на интервалы по пятнадцать минут;

- состав потока по типам транспортных средств на исследуемой улично-дорожной сети.

- данные о суточной, недельной и годовой неравномерности движения.

4. Инфраструктурные исходные (входные) данные макроскопической модели свою очередь включают:

- главные геометрические параметры (число полос движения, структура графа УДС, длина перегонов);

- характеристики ОДД (наличие выделенных полос (для отдельных видов транспорта), наличие запретов отдельных маневров, локальные ограничения скорости, наличие запретов движения единичных типов транспортных средств);

- параметры регулирования (режимы светофорного регулирования (число фаз, порядок их чередования, длительности цикла, основных и промежуточных тактов);

- значения расчетной пропускной возможности для всех категорий улиц также и дорог;

- параметры работы ТОП (расположение остановочных пунктов, маршруты движения ТОП, интервал расписание движения, тип подвижного состава также его вместимость, время или же пассажирообмена на остановочных пунктах);

- параметры перспективу (данные по предполагаемым изменениям в структуре улично-дорожной сети, конфигурации развязок, схеме ОДД, систем управления и тому подобное.). При построении макроскопической модели г. Алматы необходимо всю территорию города правильно разбить на транспортные районы. Транспортные участки должны разбивать территорию на схожие с функциональной и автотранспортной точки зрения участки. Охват транспортных районов следует подбирать по критерию генерируемых автотранспортных потоков.

3 Анализ транспортной ситуации в Казахстане и в частности города Алматы

3.1 Анализ транспортной ситуации в Казахстане и в частности города Алматы

По состоянию на 1 января 2022г. в Республике Казахстан количество зарегистрированных легковых автомобилей составило 3798,1 тыс. единиц. За январь-декабрь 2021г. было зарегистрировано 799,2 тыс. единиц легковых автомобилей, что больше на 4,6% к соответствующему периоду 2020г.

По состоянию на 1 апреля 2022г. в Республике Казахстан количество зарегистрированных автотранспортных средств составило 4366,9 тыс. единиц (87,8% - легковые автомобили, 10,4% –грузовые автомобили, 1,8% - автобусы). В марте 2022г. на учет поставлено 70,8 тыс. единиц автотранспортных средств, из которых легковые автомобили составили – 91,9% (65 тыс. единиц), грузовые автомобили – 7,1% (5,1 тыс. единиц), автобусы – 1% (0,7 тыс. единиц). К соответствующему месяцу 2021г. количество автотранспортных средств уменьшилось на 17,5%, в том числе легковых автомобилей - на 18,7%, автобусов - на 13,8%, при этом количество грузовых автомобилей увеличилось - на 1,2%.

На рисунке 5 показана динамика автотранспортных средств поставленных на учет с марта 2021г. по март 2022 года

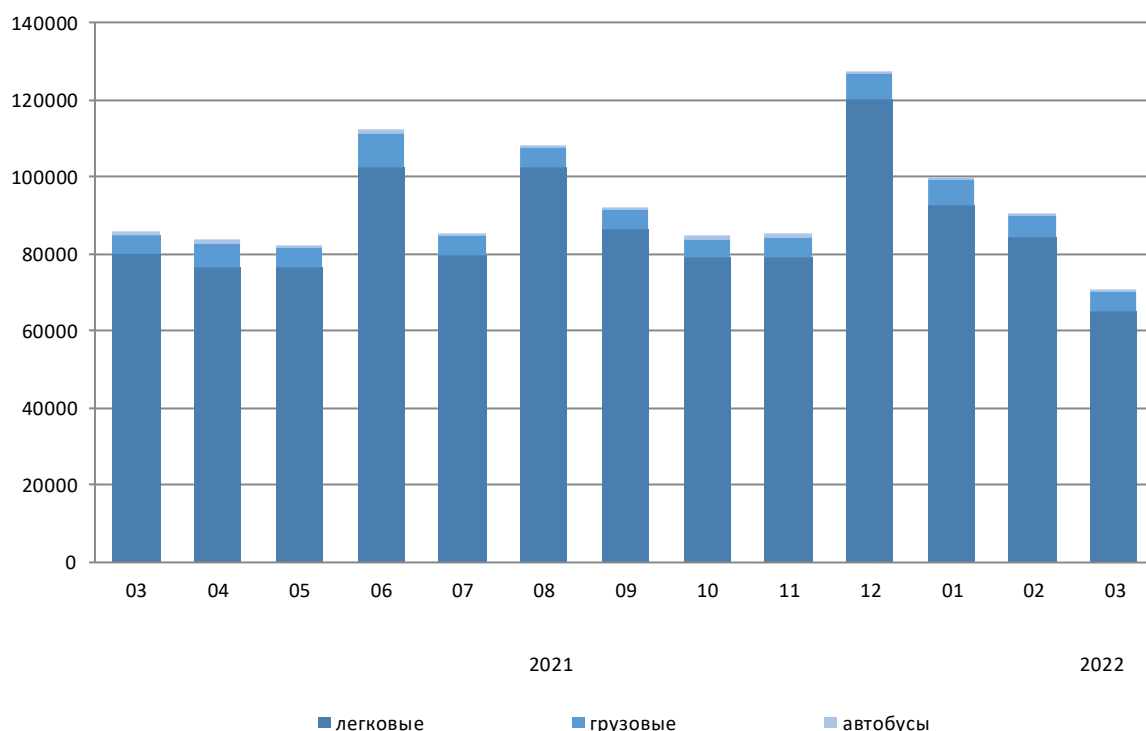


Рисунок 5 - Динамика автотранспортных средств поставленных на учет с марта 2021г. по март 2022 года

Ежедневно в город въезжает от 200-250 тысяч автотранспорта с территории области. Увеличение насыщенности города Алматы автомобильным транспортом и интенсивное строительство привели к изменению всех характеров сетей уличного движения. В часы пик интенсивность движения на отдельных УДС города достигает предельного значения, приводит в свою очередь к транспортным задержкам и что простоям автомобилей. С целью улучшения пропускной способности непрерывно проводится реконструкция городской улично-дорожной сети разрабатываются и вводятся в эксплуатацию современные технические и программные средства по изучению движения автотранспорта и пешеходов, формируются прогрессивные полностью автоматизированные управления движением.

Из-за длительных заминок автотранспортных потоков на перекрестках и в транспортных участках скорость автомобилей в мегаполисах непрерывно снижается, что приводит в свою очередь к многокилометровым пробкам. Организация движения автотранспорта в городах представляет собой комплекс мероприятий, обладающих целью деятельно воздействовать на создание и направление автотранспортных и пешеходных потоков для обеспечения скорости и безопасности движения, максимальных благ и экономичности транспортировки людей и грузов.

В данной дипломной работе рассматривается ОДД одной из центральных улиц города Алматы – проспекта Абая . А именно отрезок начиная с пересечения улицы Тажибаева – проспекта Абая до пересечения улицы Жарокова – проспекта Абая. Отрезок отображён на рисунке 6.



Рисунок 6 – Спутниковый снимок. Отрезок с улицы Тажибаева – проспекта Абая до улицы Жарокова – проспекта Абая – проспект Абая

4.1 Анализ рассматриваемого отрезка улицы Тажибекова – проспекта Абая до улицы Жарокова – проспекта Абая

Протяженность рассматриваемого отрезка улицы Тажибекова – проспекта Абая до улицы Жарокова – проспекта Абая составляет 1 км, на рисунке 7 отображен спутниковый снимок с измерением протяженности

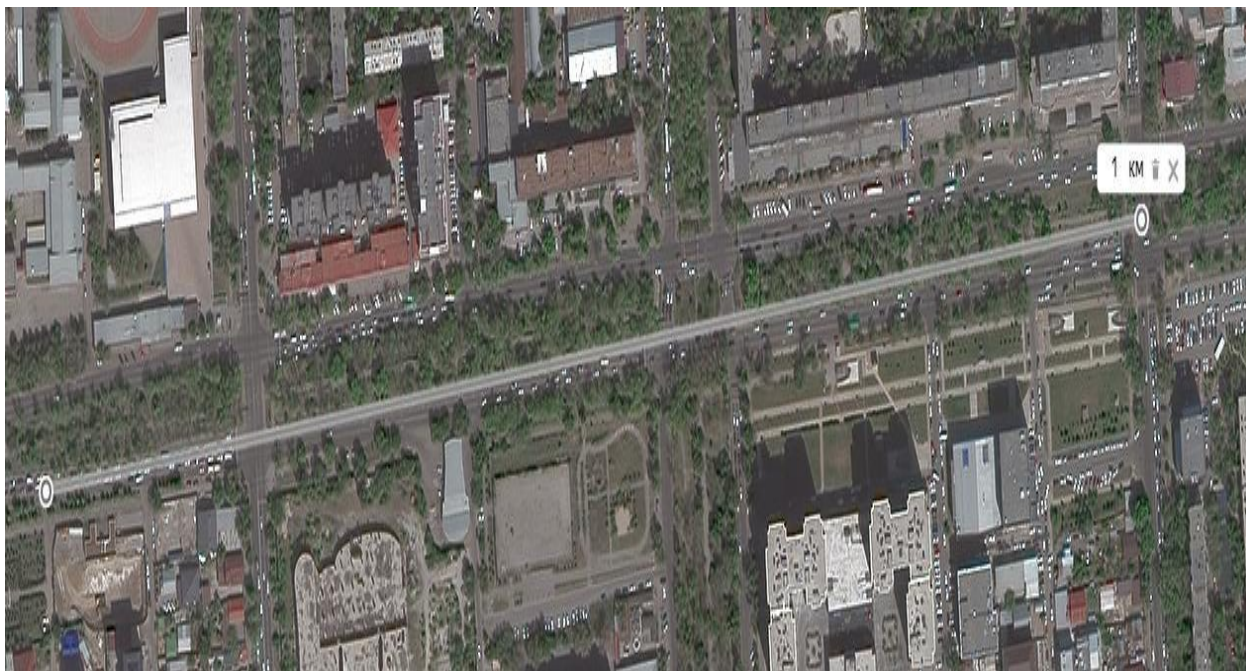


Рисунок 7 – Спутниковый снимок рассматриваемого отрезка с измерением протяженности

При дальнейшем моделирование исходного отрезка будет использоваться программа AnyLogic . В модель отрезка будет входить три пересечения улиц и соответственно три проспекта:

- Проспект Абая – ул. Розыбакиева
- Проспект Абая – ул. Гагарина
- Проспект Абая – ул. Жарокова

4.1.1 Анализ проспекта Абая

Проспект Абая — это проспект который имеет протяжённость около 14 км, он расположен в центральной части города Алматы, в Медеуском, Бостандыкском и Ауэзовском районах Алматы. Был назван в 1960-ом году в честь одного из казахского поэта-просветителя, родоначальника казахской литературы Абая Кунанбаева. Изначальным улица имела название с 1920 года улица Арычная.

Проспект Абая состоит из двух основных частей. Первая берёт начало из проспекта Достык, после поворачивает налево имеет конец с пересечением улицы Байкена Ашимова. Вторая часть проспекта начинается с улицы Береке

и заканчивается улицей Мамыра. Так же имеет пересечения с улицами: Нурлы, Аубакира Тыныбаева, Коктерек, Нурпеисова, Каргалинской, Аспандиярова, Фарида Шарипова, Садвакасова, Яссауи, Тауке Хана, Янтарной, Щепеткова, Утеген Батыра, Садовникова, Прокофьева, Тлендиева, Брусиловского, Туркебаева, Маршака, Тургута Озала, Карасу, Ислама Каримова, 20-й линией, Тажибаевой, Хусаинова, Розыбакиева, Айманова, Радостовца, Жандарбекова, Клочкова, Жарокова, Нурлы Жол, 24 Июня, Айтиева, Манаса, Байзакова, Биокомбинатской, Муканова, Ади Шарипова, Шагабутдинова, Байтурсынова, Наурызбай Батыра, Масанчи, Желтоксан, Панфилова, Байсеитовой, Кунаева, Валиханова. Представляет собой асфальтированную шестиполосную дорогу с двусторонним движением и двумя проезжими частями. Ближе к концу имеет одну проезжую часть.

Нумерация зданий согласно нечетной стороне проходит с здания 1 также завершается жильем 191, но согласно четной стороне с здания 2 вплоть до здания 220. Ко социально важным зданиям принадлежат Казахский национальный аграрный университет, Университет Кимэп, Университет международного бизнеса, Центральный государственный архив, Алматинский колледж строительства и менеджмента, Департамент экологии, Государственный академический русский театр драмы, Дворец культуры и спорта имени Балуана Шолака, Поликлиника института онкологии и радиологии, Академия Спорта и Туризма, Центральный дворец бракосочетания, Гимназия 105, Казахский государственный академический театр драмы имени Мухтара Ауэзова, Алматинский колледж Декоративно - Прикладного Искусства, Центр образования при Посольстве Республики Корея, Управление архитектуры и градостроительства города Алматы, Лицей Достар, Институт горного дела и Казахский государственный цирк. В конце проспект пересекает две реки: реку Большая Алматинка, а ближе к центру реку Есентай. строительство гибридная — имеются как многоэтажные, так и одноэтажные здания. По Абая проспекту проложены автобусные маршруты общественного транспорта и станции метро [8].

Протяжённость проспекта отображена на рисунке 8, с юга на север составляет 2,942 километра, с запада на восток — от 9,543 км на юге до 9,539 км на севере.

На данный момент улица широко развивается и имеет огромное значение для города. В последующем её хотят пробить дальше на восток, туда куда быстро развивается город. Это даст повод задуматься для расширения и улучшения улично-дорожной сети на проспекте. И именно по этой причине была выбрана данная участок дорожной сети города Алматы для последующего моделирования текущей ситуации на дорогах и разрешения проблем с заторами на участках пересечения с улицами Розыбакиева, Жарокова и с проспектом Гагарина.

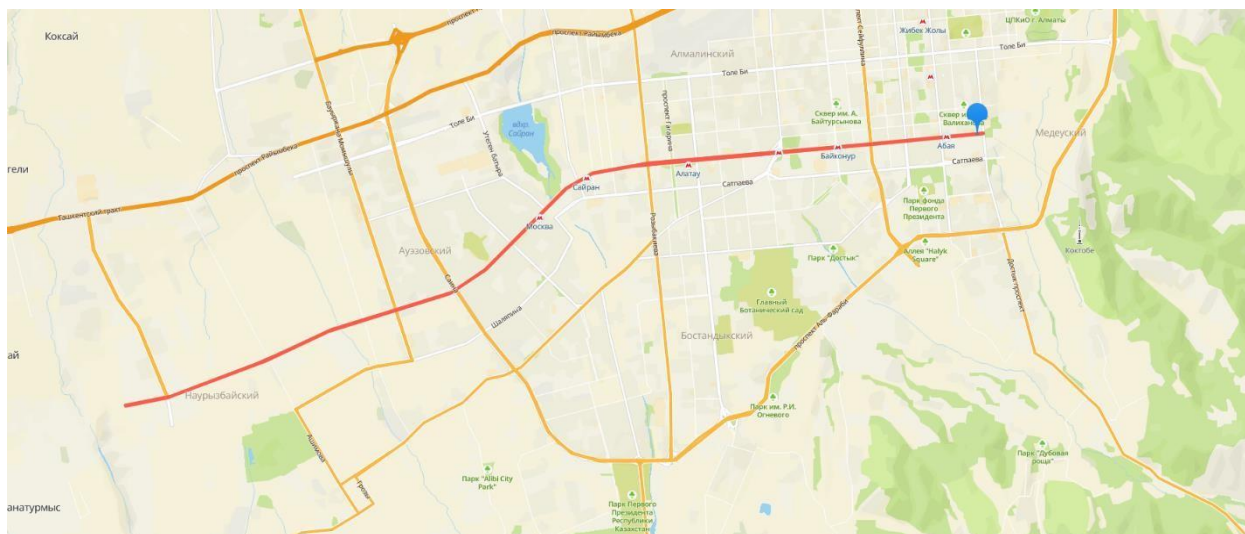


Рисунок 8 – Проспект Абая на карте 2Gis

4.1.2 Анализ пересечения проспекта Абая – улицы Розыбакиева

Пересечения проспекта Абая – улицы Розыбакиева будет первым рассматриваемым пересечением. На рисунке 9 изображен вид со спутника на пересечение. Протяженность около 7000 метров.



Рисунок 9 – Пересечения проспекта Абая – улицы Розыбакиева
спутниковый снимок

Улицы Розыбакиева имеет плотный поток автотранспортных средств на протяжении всего дня. Все обусловлено тем, что структура улицы связана с одной из крупных транспортных развязок, а именно с Капчагайской трассой и начиная с шоссе Северное кольцо, в последующем в проспект Рыскулова далее

переходит в улицу Кудерина . Улица Розыбакиева входит в единую транспортную артерию города Алматы состоящую из трёх улиц: Розыбакиева, Кудерина и Северное кольцо. В данном направлении северно-южное направление является самой протяженной в городе. Ещё имеет крупные пересечения с транспортными развязками - с проспектом Аль-Фараби и проспектом Райымбека. Улица Розыбаева пересекается с улицами: Кабанбай батыра, Дуйсенова, Богенбай батыра ,Толе би, Карасай батыра, Жамбыла, Курмангазы, Шевченко ,проспект Абая, Сатпаева, улицы Мынбаева, Жандосова и другие [7].

Замеры для данного пересечения отображены в таблице 1. Замеры производились во временном отрезке с десяти часов утра до двенадцати часов дня и выведены средние значения за час.

Таблица 1 – Полученные замеры

Направление	Транспортный поток в цикл	Зеленый	Зеленый дополнительный	Красный
Запад	60	68	15	53
Восток	40	68	15	53
Север	28	38	-	83
Юг	28	38	-	83

4.1.3 Анализ пересечения проспекта Абая – проспекта Гагарина

Пересечения проспекта Абая – проспекта Гагарина пересечением изображен на рисунке 10 изображен вид со спутника. Протяженность 5200 метров.



Рисунок 10– Пересечения проспекта Абая – проспект Гагарина спутниковый снимок

Проспект Гагарина — это проспект в Алмате, который располагается в Бостандыкском и Алмалинском районах города Алматы. Начинается от улицы Толе Би и доходит до проспекта аль-Фараби, пересекает: улицу Тимирязева проспект Абая, улицу Жандосова, и улицу Сатпаева [9].

Замеры для данного пересечения отображены в таблице 2. Замеры производились во временном отрезке с десяти часов утра до двенадцати часов дня и выведены средние значения за час.

Таблица 2 – Полученные замеры

Направление	Транспортный поток в цикл	Зеленый	Красный
Запад	-	74	50
Восток	-	74	50
Север	20	50	74
Юг	20	50	74

4.1.4 Анализ пересечения проспекта Абая – улицы Жарокова

Пересечения проспекта Абая – улицы Жарокова пересечением изображен на рисунке 11 изображен вид со спутника. Протяженность 3900 метров.



Рисунок 11 – Пересечения проспекта Абая – улицы Жарокова спутниковый снимок

Улица Жарокова — улица в Алма-Ате, расположена в Бостандыкском районе и Алмалинском районе города Алматы. Берёт начало с улицы Толе би и до проспекта Аль-Фараби. Имеет пересечения с улицами: аль-Фараби, Жамбыла, Богенбай батыра, Шевченко, Кабанбай батыра, Курмангазы, Сатпаева, Ботанический бульвар, проспект Абая, Жандосова. Улица Жарокова начала создаваться в период довоенных пятилеток, после на начале период а интенсивной застройки города Алматы в между река Карасу и Весновка, начал формироваться в направлении юга в течение следующих лет[1].

Замеры для данного пересечения отображены в таблице 3. Замеры производились во временном отрезке с десяти часов утра до двенадцати часов дня и выведены средние значения за час [10].

Таблица 3 – Полученные замеры

Направление	Транспортный поток в цикл	Зеленый	Зеленый дополнительный	Красный
Запад		63	21	68
Восток	--	63	21	68
Север	30	38	-	40
Юг	30	38	-	40

5 Разработка модели транспортных потоков участков УДС города Алматы

5.1 Моделирование в AnyLogic

Первоначально моделированную улицы, дороги, перекрестки и транспортные развязки. За основу был взят снимок со спутника изображенного на рисунке 12.



Рисунок 12 – Снимок со спутника отрезка пр. Абая – ул. Тажибаева до пр.Абая – ул. Жарокова

На рисунке 13 изображена модель с дорожной сетью. Построенной с учётом данных о рассматриваемых улицах и проспектах.



Рисунок 13 – Модель с дорожной сетью

An aerial view of a road intersection in a city. The image shows a multi-lane road with a central green median. Four yellow circles with traffic light icons are overlaid on the image, indicating the locations of traffic lights at the intersection. The surrounding area includes residential buildings, trees, and a sports field in the top left corner. The Google logo is visible at the bottom center of the image.

Рисунок 14 – Модель с добавлением светофоров

Настройка светофоров прошла по заранее собранным данным и их можно увидеть на рисунке 15. Таким же способом были настроенный и другие светофоры.

trafficLight - Traffic Light

Задаёт режим работы для:

- ☐ Стоп-линий перекрёстка
- ☒ Соединителей полос перекрёстка
- ☐ Заданных стоп-линий

Перекресток: + intersection  

Фазы:

Длительности, сек:	p1	p2	p1	4	p3	4
Соединители полос:						
laneConnector15	Green	Green	Red	Yellow	Red	Yellow
laneConnector22	Red	Red	Red	Yellow	Green	Yellow
laneConnector23	Green	Red	Red	Yellow	Red	Yellow
laneConnector24	Green	Red	Red	Yellow	Red	Yellow
laneConnector25	Red	Red	Red	Yellow	Green	Yellow
laneConnector26	Red	Red	Red	Yellow	Green	Yellow
laneConnector27	Red	Red	Red	Yellow	Green	Yellow
laneConnector28	Red	Red	Red	Yellow	Green	Yellow
laneConnector16	Green	Green	Red	Yellow	Red	Yellow
laneConnector	Red	Green	Green	Yellow	Red	Yellow
laneConnector3	Red	Green	Green	Yellow	Red	Yellow
laneConnector7	Red	Green	Green	Yellow	Red	Yellow
laneConnector8	Green	Green	Red	Yellow	Red	Yellow
laneConnector12	Green	Green	Red	Yellow	Red	Yellow
laneConnector13	Green	Green	Red	Yellow	Red	Yellow
laneConnector14	Red	Green	Green	Yellow	Red	Yellow
laneConnector17	Red	Red	Green	Yellow	Red	Yellow
laneConnector18	Red	Red	Green	Yellow	Green	Yellow
laneConnector85	Red	Green	Green	Yellow	Red	Yellow
laneConnector86	Red	Red	Red	Yellow	Red	Yellow
laneConnector87	Red	Red	Red	Yellow	Red	Yellow
laneConnector88	Red	Red	Red	Yellow	Red	Yellow

Рисунок 15 – Настройка светофора на перекрёстке улицы Розыбакиева и проспекта Абая

Поток был установлен с учётом того, что моделирование данного участка будет происходить в отрезок времени с 8:00 до 12:00 . В это время основной поток автотранспортных средств движется по направления с Запада на Восток города Алматы.

Все используемые блоки можно увидеть на рисунке 16. Блоки которые использовались в моделировании:

- carSource – это блок отвечающий за создание автотранспортных средств и помещении их в указанные места дорожных сетей. На рисунке 17 можно увидеть основные параметры для заполнения.
- carDispose – это блок который устраняет автотранспортные средства с модели
- carMoveTo – это блок, отвечающий за управление автомобилями. На рисунке 18 изображено окно свойств блока carMoveTo
- cars – это агент за которым будет происходить мониторинг для определения статистических данных прохождения машин от точки А до Б
- гистограмма - это один из способов представления табличных данных в графическом виде.
- roadNetworkDescriptor – этот блок отвечает за отображение загруженности дорожной сети.

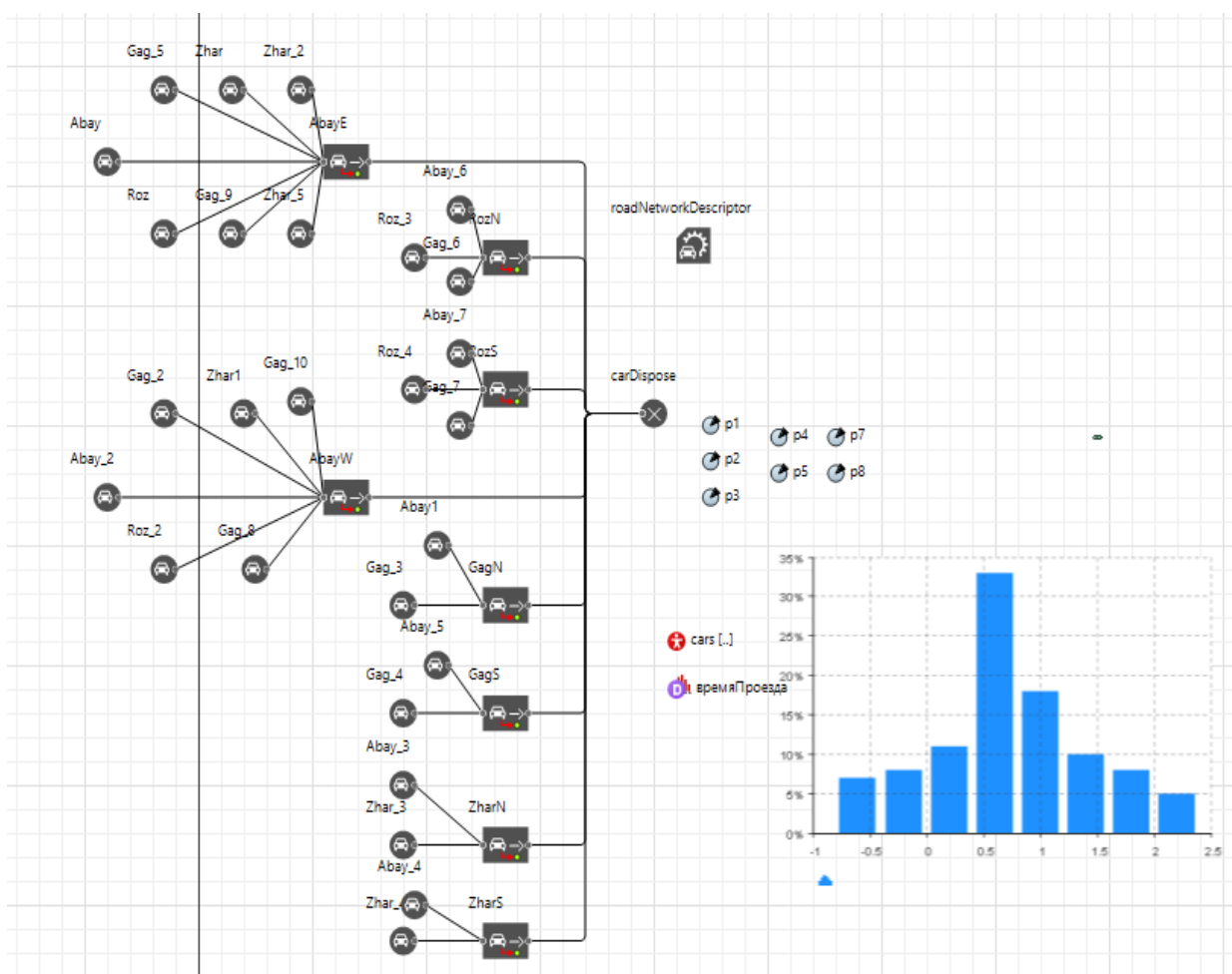


Рисунок 16 – Блоки используемые в моделировании

carSource10 - CarSource

Имя: ☒ Отображать имя

☐ Исключить

Прибывают согласно:

Интенсивность прибытия: в час

Считать параметры агентов из БД: ☐

Ограниченное кол-во прибытий: ☐

Появляется: ☒ на дороге ☐ на парковке

Дорога:

Помещается на полосу: ☒ основного движения ☐ встречного движения

Случайная полоса: ☒

Автомобиль

Новый автомобиль: [создать другой тип](#)

Длина: м

Начальная скорость: км/ч

Предпочитаемая скорость: км/ч

Макс. ускорение: метров в секунду²

Макс. торможение: метров в секунду²

Специфические

Добавить автомобили в: ☒ популяцию по умолчанию ☐ другую популяцию

Действия

Специфические

Описание

Рисунок 17 – carSource свойства

carMoveTo - CarMoveTo

Имя: ☒ Отображать имя

☐ Исключить

Цель движения: ☒ дорога ☐ парковка ☐ стоп-линия ☐ автобусная остановка

Дорога:

Доехать до конца полосы: ☒ основного движения ☐ встречного движения

Действия

Специфические

Описание

Рисунок 18– carMoveTo свойства

После построения модели заданного отрезка можно запускать симуляцию модели. На рисунке 19 представлено конец часовой симуляции.



Рисунок 19 – Конец часовой симуляции УДС

После часовой симуляции информации гистограмма была заполнена данными из симуляции. На рисунке 19 можно увидеть основные данные из симуляции. На основе этих данных можно сделать вывод, что УДС не справляется с потоком машин на данном отрезке УДС. Основные данные:

- Количество успешно пройденных автотранспортных средств – 593 ед.
- Среднее прохождение отрезка от пр. Абая – ул. Розыбакиева до пр. Абая – ул. Жарокова – 435.611 секунды
- Минимальное время прохождения автотранспортных средств составляет – 32.128 секунды
- Максимальное время прохождения автотранспортных средств составляет – 1070.26 секунды

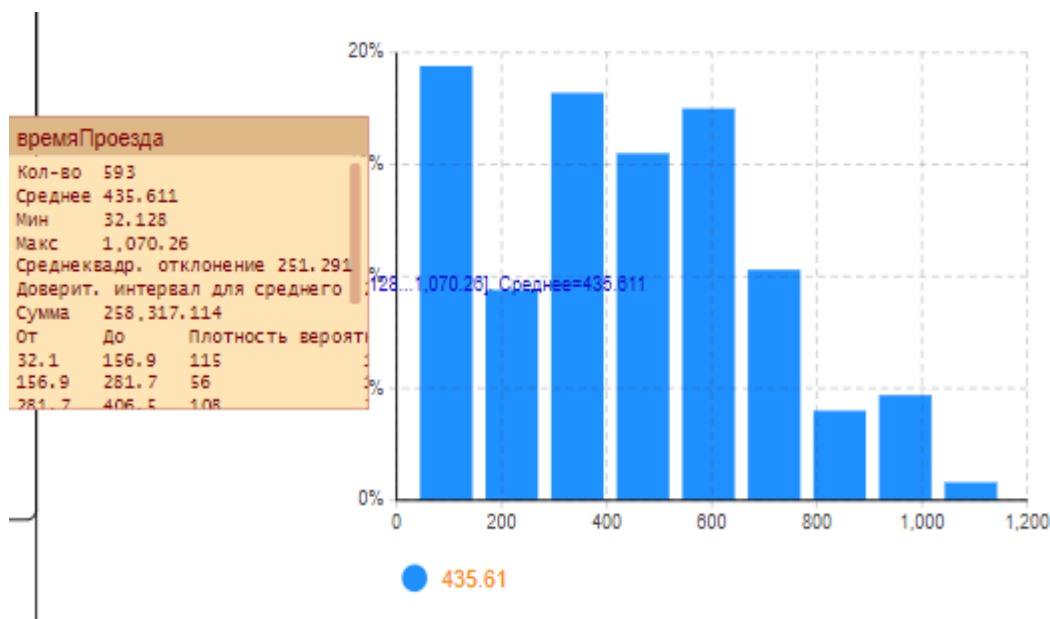


Рисунок 20– Основные данные после часовой симуляции

5.2 Оптимизация прохождения УДС с помощью ПО AnyLogic

Для оптимизации прохождения УДС требуется добавить параметры для светофоров с заполненными данными, которые в последствии AnyLogic обработает и придёт к оптимальным временным данным для всех светофоров на заданном участке дороги. На рисунке 21 добавленные соответствующие параметры и также они были привязаны к светофорам.

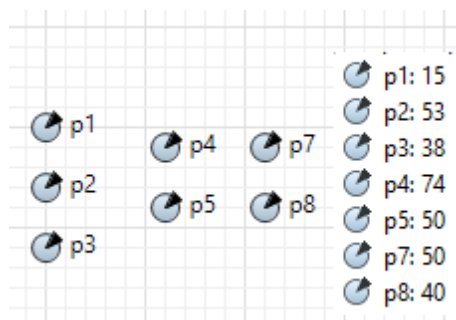


Рисунок 21 – Добавленные параметры

После добавления всех параметров и надстройки оптимизационной модели, можно запускать модель оптимизации нашего УДС. После успешного завершения оптимизации программа AnyLogic выдает ряд информации, которую можно увидеть на рисунке 21.

Модель УДС - оптимизация : Optimization

	Текущее	Лучшее
Итерация:	0	8
Функционал ↓	307.418	307.418
Параметры	Copy best	
p1	30	10
p2	60	55
p3	50	65
p4	45	45
p5	25	35
p6		
p7	60	50
p8	20	20

Рисунок 22 – Успешный процесс оптимизации модели УДС

Оптимизированные данные нужно интегрировать в параметры, что ранее были добавлены и после этого запустить симуляцию повторно для проверки, насколько процентов оптимизация принесла пользы УДС.

На рисунке 23 представлено конец часовой симуляции с данными из оптимизации. Повторно запустив симуляцию с данными из оптимизации вышли данные показанные на рисунке 24.



Рисунок 23 – Конец часовой симуляции УДС после оптимизации

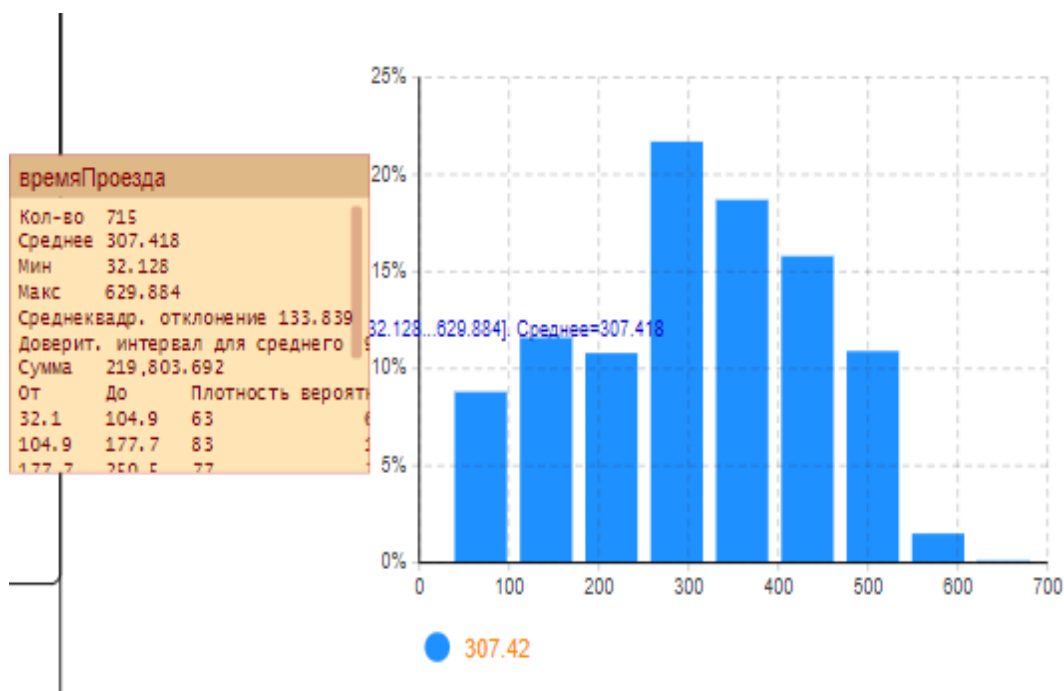


Рисунок 24 – Данные после ввода оптимизированных данных

Основные данные:

- Количество успешно пройденных автотранспортных средств – 715 ед.
- Среднее прохождения отрезка от пр. Абая – ул. Розыбакиева до пр. Абая – ул. Жарокова – 307.418 секунды

- Минимальное время прохождения автотранспортных средств составляет – 32.128 секунды
- Максимальное время прохождения автотранспортных средств составляет – 629.884 секунды

Проведя итоги оптимизации можно увидеть на рисунке 25, где изображена диаграмма до и после оптимизации УДС. Результаты оптимизации являются лишь экспериментальными, но даже так они выдают хороший результат.

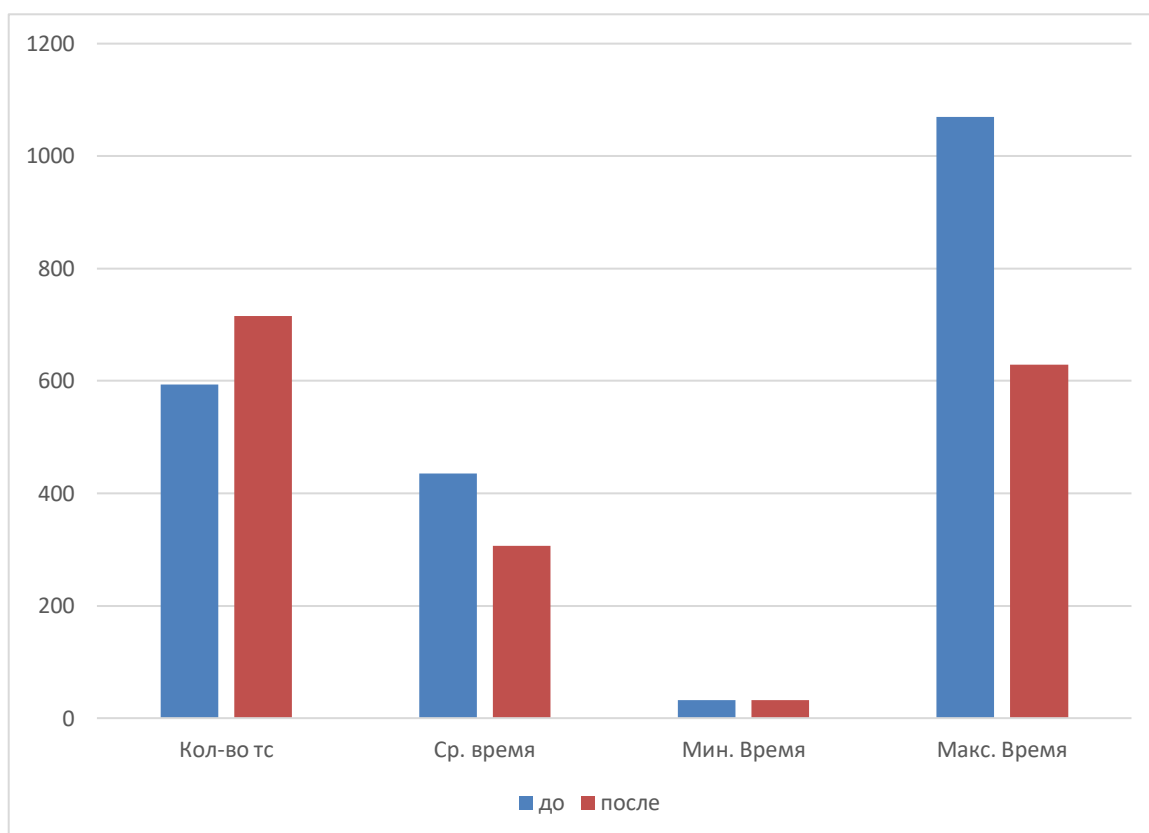


Рисунок 25 – Диаграмма до и после оптимизации

Из всех полученных данных, я порекомендовал бы ввести в данный отрезок улично-дорожной сети, умный светофор.

Умные светофоры являются интеллектуальными системами для регулирования дорожного движения. Пример умного светофора изображена на рисунке 26.

Возможности системы умного светофора:

- Регистрация количества проезжающих транспортных средств в единицу времени
- Раздельный учёт транспортных средств по типу(грузовые, легковые и др.)
- Регистрация средней скорости потока и её изменений
- Автоматическое обнаружение инцидентов и происшествий (превышение скорости, выезд на встречную полосу движения, незаконные остановки)



Рисунок 26 – Пример работы умного светофора

Данные светофора будут самостоятельно регулировать движения на УДС, они способны также моделировать – прогнозировать ситуации на дорогах и после уже будут генерировать оптимальный для поток автотранспортных средств режим светофоров. В итоге умные светофоры будут сами создавать зеленые коридоры для большого потока автомобилей, это включено в их функционал – разгружать в первую очередь УДС с наибольшими потоками движения. После внедрения данной системы в городах должно существенно уменьшиться количество заторов и повысить пропускную способность УДС и также данная система предназначена для снижения рисков аварийных ситуаций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной дипломной работе были выполнено:

1. Анализ существующих программных пакетов, для выбора самого оптимального и эффективного для выполнения моделирования улично-дорожной сети.
2. Замеры транспортных потоков и времени переключения светофоров на участке (Абая – Розыбакиева до Абая – Жарокова)
3. Построение модели улично-дорожной сети в программном пакете AnyLogic.
4. Расчет среднего прохождения автотранспортных средств по построенной модели с данными из замеров.
5. Построение модели оптимизации данного участка улично-дорожной сети и последующее сравнение до и после оптимизации. Количество успешно пройденных транспортных средств увеличилось на 20,5% (с 593 до 715 единиц). Среднее прохождение уменьшилось на 29,4% (с 435,6114 до 307,418 секунд). Минимальное время прохождения не изменилась. Максимальное время прохождения уменьшилась на 41,1% (с 1070,26 до 629,884 секунд)
6. Рекомендация ввода в данный участок улично-дорожной сети умный светофор, который в свою очередь будет производить прогнозирование и моделирование оптимальной времени переключения светофоров в разное время суток.

Выводом дипломной работы является то, что моделирование в настоящее время имеет огромное значение в планировании и оптимизации улично-дорожных сетей городов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 Экономическая статья о действиях акимата для разгрузки улиц города Алматы. Электронный ресурс URL: <https://kapital.kz/economic/67073/almaty-yezhdnevno-teryayet-boleye-600-mln-tenge-iz-za-probok.html>

2 Транспортное моделирование: Методологические основы, программы, программные средства и практические рекомендации. 2008 г.

3 Анализ современных программных средств транспортного моделирования М. М. Бекмагамбетов, д.т.н., проф. / А.В. Кочетков, д.т.н., проф. автомобильный журнал выпуск № 6 от 2012 года.

4 Дубелир Г. Д. Городские улицы. Киев, 1912 г.

5 Электронный ресурс URL: <https://www.managementstudyguide.com/what-is-kaizen.html>

6 eLIBRARY – Научная электронная библиотека. Электронный ресурс URL: <https://elibrary.ru/>

7 Электронный ресурс URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Улица_Розыбакиева_\(Алма-Ата\)\](https://ru.wikipedia.org/wiki/Улица_Розыбакиева_(Алма-Ата)\)

8 Электронный ресурс URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Проспект_Абая_\(Алма-Ата\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Проспект_Абая_(Алма-Ата))

9 Электронный ресурс URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Проспект_Гагарина_\(Алма-Ата\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Проспект_Гагарина_(Алма-Ата))

10 Электронный ресурс URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/улица_Жарокова_\(Алма-Ата\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/улица_Жарокова_(Алма-Ата))