*Оптимизация светофорного регулирования с помощью программы моделирования транспортных потоков*

Магистрант Нечипоренко Виталия Андреевна

Руководитель Тюкачев Николай Аркадиевич

В настоящее время проблема перегруженности автомобильных дорог для большинства крупных городов является одной из центральных, требующих первоочередное решение.

Стремительный рост автопарка негативно сказывается на пропускной способности дорожной сети городов. Необходимо предпринимать меры, нацеленные на решение проблемы дорожных заторов. Мероприятия могут иметь как административный характер, так и заключаться в строительстве новый реконструкций существующих дорог.

Можно улучшить ситуацию на узловых участках дорожной сети – за счет оптимизации светофорного регулирования. Это направление экономически выгодно, на его реализацию затрачивается немного времени. Оптимизировать светофорное регулирование можно вместе со строительством новых и расширением действующих дорожных развязок.

Оптимизация процесса светофорного регулирования - это постоянный объект исследований, внимание к которому растет пропорционально мировому уровню автомобилизации. Острота транспортной проблемы требует системного подхода к ее решению. В постановке задачи оптимального управления светофорным циклом, совместное рассмотрение нескольких перекрестков, исследование устойчивых режимов работы. Для решения существующей проблемы необходимо расширять базу применяемых методик анализа дорожной ситуации, в том числе за счет создания имитационных моделей автотранспортных потоков.

1. **Введение**

**Предметом** исследования являются параметры, характеризующие транспортный поток в заторовом и предзаторовом состоянии на регулируемом перекрестке.

**Объектом исследования** является транспортный поток перед регулируемым перекрестком.

1. **Постановка задачи**

Провести имитационное моделирование улично-дорожной сети

Реализовать адаптивный способ управления режимом работы светофора и оценить его эффективность на заданной модели перекрестка

**Существует 3 модели моделирования.**

Макромоделирование описывает движение транспортных средств на высоком уровне агрегирования как физический поток (изучаются характеристики потока: плотность, средняя скорость, интенсивность) без учета его составных частей (транспортных средств).

**Инструменты для оптимизации транспортных потоков**: PASSER™ II-02, PASSER III-98, PASSER IV-96, PROGO, SOAP84, Synchro, TEAPAC/NOSTOP, TEAPAC/SIGNAL2000, TEAPAC/WARRANTS, TRANSYT-7F, TSDWIN, TS/PP-Draft.

**Макроскопические симуляционные модели**: BTS (Bottleneck Traffic Simulator), KRONOS, PASSER II-02, PASSER III-98, PASSER IV- 96, SATURN.

Мезоскопические модели находятся на среднем уровне детализации, например, с описанием отдельных транспортных средств, но не их взаимодействия.

**Мезоскопические симуляционные модели:** CONTRAM (Continuous Traffic Assignment Model), DYNASMART-P, DYNASMART-X, MesoTS.

Микромоделирование в деталях описывает поведение и взаимодействие отдельных автомобилей, создающих транспортный поток. К микроскопическим моделям также относят модели, построенные на клеточных автоматах.

**Микроскопические симуляционные модели:** AIMSUN2 (Advanced Interactive Microscopic Simulator for Urban and Non-Urban Networks), CORSIM/TSIS (Traffic Software Integrated System), MicroSim, MICSTRAN, MITSIM (Microscopic Traffic Simulator), PARAMICS, SimTraffic, VISSIM, WATSim.

**Для решения глобальных градостроительных задач имеются российские разработки:** программа Transnet (Институт системного анализа РАН, Москва); программное обеспечение, разработанное НИПИ территориального развития и транспортной инфраструктуры (Санкт-Петербург); ПКМ МАДИ (Москва); программный комплекс по технико-экономическим обоснованиям решений на федеральной сети автомобильных дорог (ГипродорНИИ, Москва); автоматизированная методика расчета пассажиропотоков в генпланах городов и КТС (ЦНИИП градостроительства, Москва).

1. **Затор** – это негативное явление, которое появляется в результате невозможности изменения геометрических параметров УДС, а также увеличения интенсивности движения. Как только происходит увеличение плотности и падение скорости (близкой к нулю) – работа УДС становится совершенно неэффективной. (в презентации отобразить фото с затором)

Смеем отметить, что при возникновении заторов в дорожном движении у участников движения появляется нервозность, усталость и раздражительность. Это серьезно влияет на аварийность.

Причина заторов – рост парка автомобилей.

Для того, чтобы уменьшить заторовые ситуации существуют системные и комплексные (повышение качества дорожного покрытия, увеличение штрафов и длительность административного воздействия на нарушение ПДД, повышение качества учащихся для получения вод./удост, а также меры, позволяющие существенно снизить количество ДТП и последствия от них) подходы. Истоки берем из подготовки в автошколах.

**Улично – дорожная сеть** представляет собой совокупность улиц и дорог в единой транспортной системе города. (УДС зависит от плотности населения, планировочная структура города, состав транспортного потока, уровень загрузки участков УДС)

1. **Методы повышения эффективности** (Кущенко, стр. 22)

- строительство объездных дорог;

- автоматизированная система управления дорожным движением с адаптивным регулирование светофорных объектов;

- устройство навигации, при помощи которых через спутник отражается информация о создавшейся ситуации на УДС.

Усовершенствование дорог и перекрестков: многоуровневые развязки, выделенные полосы по общественный транспорт, полосы с переменным направлением, отрезающие светофоры.

Внедрение и использование интеллектуальной транспортной системы (ИТС) и автоматизированной системы управления дорожным движением (АСУДД).

Установка системы интеллектуальных светофоров.

Интернет-ресурсы (Яндекс и Google) предлагают сервисы, помогающие оперативно следить за плотностью движения на дорогах города. Используя эту информацию, автомобилисты могут оптимально спланировать свой маршрут и объехать заторы.

Введение ограничений, направленных на сокращение количества автомобилей: взимание платы за въезд, ограничение стоянок (за нарушение – крупные штрафы), ограничение въезда, почасовая оплата парковки в центре города.

Развитие и пропаганда общественного транспорта, а также альтернативных средств перемещения (велосипедов, мотороллеров, мотоциклов).

По статистике в будние дни есть три часа пик: 8:00 – 10:00, 15:00 – 16:00, 18:00 – 20:00. В выходные дни больше всего улицы загружены с 14:00 до 16:00.

Приоритетней конечно же выбрать язык программирования Java либо Scala, потому что они мультифункциональны (т.е могут запускаться и на Linux, и на Windows и на MacOS), но т.к я не знаю этих языков, то я использую C# и разрабатывать буду в Visual Studio 2012. Постепенно можно выучить Java и переписать программу, но это дело времени.

1. ***Фазой регулирования*** называется совокупность основного и следующих за ним промежуточных тактов.

Такт регулирования (Interval). Период действия определенной комбинации светофорных сигналов

~~Обычно число фаз регулирования соответствует числу наиболее загруженных конфликтных направлений движения на перекрестке. Минимальное число фаз равно двум (в противном случае отсутствуют конфликтующие потоки, и необходимость в применении светофоров отпадает).~~

***Циклом регулирования*** называется периодически повторяющаясясовокупность всех фаз.

Под ***режимом светофорного регулирования*** понимаются длительность цикла, а также число, порядок чередования и длительность составляющих цикл тактов и фаз.

1. **Адаптивные (интеллектуальные) системы управления дорожным движением** – это системы, которые изменяют режим работы светофоров в соответствии с текущей ситуацией на дороге. Рост автомобилизации и отставание развития инфраструктуры УДС в современных городах приводит к транспортным проблемам, связанным с повышением уровня загрузки, увеличением количества мест концентрации ДТП, ухудшением экологической обстановки в полосах отвода. Данные факторы приводят к неизбежному возникновению заторовых явлений и свидетельствуют о необходимости принятия мер по предотвращению вышеуказанных факторов. Транспортную проблему представляется возможным решить с помощью архитектурно-планировочных мероприятий и комплексом организационных подходов.
2. Общий принцип моделирования: на карте выполняется построение дорог с определенным количеством полос, учитывается длина и ширина проезжей части. На перекрестках устанавливаются светофоры. В определенных местах на карте (там, где необходимо) устанавливаются генераторы – источники автомобильного потока (имитация мест рождения транспортного потока: магазины, предприятия, места учебы и т. д.). После чего модель запускается: генераторы создают автомобили, автомобили движутся, светофоры управляют движением.

**В ЧЁМ ЗАКЛЮЧАЕТСЯ ОРИГИНАЛЬНОСТЬ ИДЕИ:**

Патент на изобретение во вложенном файле. Аналогов нет.  
Предложенный светофор может работать, например, следующим образом (рисунок во вложенном файле). В обычном режиме работы светофорной сигнализации, когда левоповоротное движение не превышает 120 авт./ч, левоповоротная секция находится в выключенном состоянии в положении 2-а. Водитель транспортного средства видит перед собой светофор типа Т.1, в котором дополнительные секции отсутствуют. Движение водителю разрешено при зеленом свете светофорной сигнализации – прямо, налево и направо (по соответствующей полосе движения). Левоповоротное движение может осуществляться с использованием метода отсечки, время которой определяется по информации от детекторов транспорта в данном цикле светофорного регулирования.  
При увеличении интенсивности левоповоротного движения (более 120 авт./ч) информация от детекторов транспорта поступает на контроллер адаптивного управления (на рисунках не показаны), который изменяет структуру цикла и длительность сигналов светофорного регулирования.  
Одновременно с изменением структуры цикла включается дополнительная секция 13 со стрелкой «налево» и подается сигнал на электропривод поворота секции. Поворот секции 13 осуществляется против часовой стрелки на 180о и может сопровождаться трех кратным миганием всех ламп секций светофора, что будет оповещать водителей транспортных средств об изменении структуры цикла светофорной сигнализации. После трехкратного мигания всех ламп, секция 13 займет положение 2-б, а перед водителем будет находиться светофор типа Т.1.л с выделенной фазой левого поворота. Видя такой светофорный объект, водитель осознает, что в соответствии с пунктом 6.3 Правил дорожного движения РФ движение налево разрешено только на зеленый сигнал стрелки секции левого поворота.  
При уменьшении интенсивности левоповоротного движения (менее 120 авт./ч) информация от детекторов транспорта поступает на контроллер адаптивного управления, который подает сигнал на отключение секции со стрелкой «налево», изменение структуры светофорного цикла и на электропривод 13 для поворота секции «налево» по часовой стрелке на 180о в положение 2-а.

**ОПИСАНИЕ ЗНАЧИМОСТИ ИДЕИ:**

В настоящее время большая часть транспортных узлов в городах управляется по фиксированному состоянию транспортного потока (временно-зависимое управление или автономное), которое определяется интенсивностью движения, полученной на основе учета, видео фиксации или натурных наблюдений с последующим анализом статистических данных. Более эффективным является управление в реальном времени (транспортно-зависимое или режим текущего времени), основанное на анализе ежесекундных переменных входных данных о параметрах транспортного потока с последующим корректированием продолжительности времени включения зеленого сигнала светофорной сигнализации. При транспортно-зависимом управлении движением возможно применение и более прогрессивных методов, одним из которых является использование принципа искусственного интеллекта.

**ОПИСАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ИДЕИ:**

Предложенный светофор с дополнительной левоповоротной секцией, установленной на кронштейнах шарнирно с возможностью поворота на 180о, может работать в режиме адаптивного управления с изменением цикла светофорной сигнализации.  
В случае внедрения таких светофоров в транспортных узлах улично-дорожной сети в пункт 6.2 (Круглые сигналы светофора имеют следующие значения:) раздела 6 (Сигналы светофора и регулировщика) Правил дорожного движения РФ может быть внесено дополнение – «Сочетание красного, желтого и зеленого мигающих одновременно сигналов информирует о предстоящем изменении структуры цикла светофорного регулирования».  
Целесообразность использования светофорных объектов с возможностью изменения цикла светофорного регулирования, с нашей точки зрения является перспективным направлением в управлении транспортными потоками. Они могут использоваться на любых пересечениях автомобильных дорог и городских улиц, где выполняется хотя бы одно из четырех условий пункта 7.2.14 ГОСТ Р 52289-2004.

**ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ОТ ВНЕДРЕНИЯ:**

Получение экономического эффекта от снижения задержек и стартовых потерь, а также повышения безопасности движения и пропускной способности на регулируемых перекрестках. Улучшение экологической обстановки за счет снижения вредных выбросов.

**ВОЗМОЖНЫЕ РИСКИ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ ИДЕИ:**

Отсутствие готовности к внедрению инновационных идей у компетентных органов.Источник: "Агентство по инновациям и развитию",

<http://www.innoros.ru/innovation-idea28/ideas/adaptivnoe-upravlenie-kak-sposob-avtomatizirovaniya-dvizheniya-transportnykh>

**5.Решения**

Отсутствие парковочных мест.

Ремонтно-строительные дорожные работы.

Аварии и ненадлежащие техническое состояние автомобилей и неудовлетворительное состояние дороги (выбоины, ямы).

**6.**

**Визуализаторы**

**VISSIM** – моделирование любых видов транспорта на микроуровне, моделирование работы сигнальных устройств, прогнозирование транспортных пробок, выбор оптимальной организации движения на перекрестке и оценка пропускной способности для каждого варианта движения.

***СВЕТОФОР*** – Проектирование режимов жесткого регулирования при пофазном управлении движения. Оценка эффективности режимов регулирования. Программа предоставляет расчет задержек регулирования на всех элементах регулируемого пересечения (полоса, группа движения, подход, перекресток в целом).

В программе можно изменять такие параметры, как длительности цикла регулирования и основных тактов, потерянное время в начале и в конце фазы, количество фаз регулирования (до пяти фаз), интенсивности движения по всем направлениям на перекрестке, количество полос на каждом из подходов, их ширину и виды движения на них. Также представляется возможным учитывать влияние на движение транспорта, вызванное такими внешними факторами, как

движение пешеходов, наличие парковок, наличие остановочных пунктов общественного транспорта и влияние предыдущего светофорного объекта на рассматриваемый перекресток.

*Макромоделирование* описывает движение транспортных средств как физического потока на высоком уровне агрегирования (изучаются характеристики потока – плотность, средняя скорость, интенсивность) без учета его составных частей (транспортных средств). Динамические макроскопические модели, такие как модель LWR (Lighill, Whitham и Richards), описывают процесс изменения транспортного потока во времени и пространстве с помощью дифференциальных уравнений, для составления которых применяют законы гидродинамики – по аналогии с жидкостью (или газом) в трубе. Уравнения описывают изменения определенного параметра, характеризующего транспортных поток (например, плотность потока автомобилей, средняя скорость движения автомобилей, пропускная способность дорожного участка). Решение уравнений может быть получено аналитически или с помощью моделирования. Аналитические методы применяют при оценке небольшого дорожного участка, а для крупной дорожной сети обязательно используют моделирование.

*Микромоделирование* в деталях описывает поведение и взаимодействие отдельных автомобилей, создающих транспортный поток. В микромоделировании каждый автомобиль задается индивидуально, описывается взаимодействие автомобилей друг с другом и с дорожной сетью.

Как правило, характер поведения автомобиля описывается с помощью правил, которые определяют, когда автомобиль ускоряется, замедляет скорость перестраивается в другой ряд, а также когда и как автомобиль выбирает и меняет свой маршрут следования.

*Мезоскотические модели* находятся на среднем уровне детализации. Они описывают автомобили на высоком уровне детализации (как в микромоделировании), а их поведение и взаимодействие – на низком уровне (как в макромоделировании). Мезомоделирование позволяет моделировать дорожную сеть и движение автомобилей почти с таким же уровнем детализации, как и микромоделирование. Мезоскопическое моделирование применяется там, где желательно использовать микроскопические модели, но невозможно из-за большого размера транспортной сети или ограниченности ресурсов, которые требуется затратить на создание и отладку сети.