*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.

**Постановка задачи**

**Цель:** уменьшить количество пробок, путем изменения интервалов работы цветов светофора, выбирая для каждого направления наиболее подходящую длительность.

Разрабатываемый способ должен учитывать нижеперечисленные требования

Ниже перечислены входные данные, требуемые для оценки актуальной дорожной ситуации:

- число транспортных средств, ожидающих на направление с красным (желтым, зеленым) сигналом перед включением сигнала;

- анализ причин транспортных заторов для выявления способов их предотвращения;

- временное ограничение на поворот и ожидание пешеходного перехода;

Основная задача разбивается на две подзадачи:

- разработать модель управления светофорными объектами;

- провести апробацию разработанной модели с точки зрения уменьшения очереди транспортных средств.

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

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

**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)

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.

**3.** Известно, что для снижения количества конфликтных точек, уменьшения задержек и повышения безопасности при выполнении левого поворота используют два способа: первый - метод отсечки встречного прямонаправленного потока, второй - выделение левоповоротного движения в отдельной фазе светофорного регулирования. Первый способ наиболее приемлем при невысокой интенсивности движения транспортных средств (ТС), когда часть ТС выполняет левый поворот путем «просачивания», а часть успевает завершить маневр, уходя с центра перекрестка на желтый сигнал светофора, не создавая за собой очереди. Однако, с ростом интенсивности движения «просачивание» прекращается и перед перекрестком начинает создаваться очередь, которая частично разъезжается в период отсечки встречного прямонаправленного потока. В этом случае целесообразно использовать второй способ – выделение фазы с левоповоротным движением, который снижает время задержек при выполнении левого поворота, но приводит к увеличению общего времени цикла светофорного регулирования и соответственно увеличению общего времени задержек ТС на пересечении. Такой действенный способ не может быть экономически оправдан при невысокой интенсивности движения.  
Для осуществления разъезда ТС на регулируемом пересечении с левоповоротным движением в первом случае используется транспортный светофор типа Т.1, во втором типа Т.1.л, которые являются исполнительными элементами технической подсистемы транспортно-телематических систем. И в одном и в другом случаях возможно осуществление адаптивного управления движением в зависимости от величины интенсивности движения транспортного потока путем изменения времени фаз светофорного регулирования конкретного светофорного объекта. Однако, с увеличением интенсивности движения выделить левый поворот в первом случае технически невозможно, а во втором с уменьшением интенсивности движения исключить фазу с левоповоротным движением запрещено пунктом 7.4.6 ГОСТ Р 52289-2004. Полагаем, что повысить эффективность управления движением в транспортных узлах и частично разрешить проблему левоповоротного движения можно путем совместного использования обоих способов.  
Для решения рассматриваемой проблемы необходимо применять перестраиваемые конструкции светофорных объектов, построенные на основе транспортных светофоров типа Т.1 и Т.1.л или с точки зрения телематики на транспорте – адаптивные исполнительные элементы с расширенными эксплуатационными возможностями.

**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. Отсутствие парковочных мест.

Ремонтно-строительные дорожные работы.

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

Метод повышения эффективности (Кущенко, стр. 22)

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 пропоганда общественного транспорта, а также альтернативных средств перемещения (велосипедов, мотороллеров, мотоциклов).

Carpool – договоренность между автовладельцами (друзьями или соседями), чтобы по очереди использовать свои автомобили для общих нужд (развозить друг друга на работу, детей в школу).

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.

6. Визуализаторы

**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), FREQ12, KRONOS, METACOR/ METANET, NETCELL, PASSER II-02, PASSER III-98, PASSER IV- 96, SATURN, TRAF-CORFLO (Corridor Flow), TRANSYT-7F, VISTA.

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

**Микроскопические симуляционные модели:** AIMSUN2 (Advanced Interactive Microscopic Simulator for Urban and Non-Urban Networks), ANATOLL, AUTOBAHN, CASIMIR, CORSIM/TSIS (Traffic Software Integrated System), DRACULA, FLEXSYT-II, HIPERTRANS (High-Performance Transport), HUTSIM (Helsinki University of Technology Simulator), INTEGRATION, MELROSE, MicroSim, MICSTRAN, MITSIM (Microscopic Traffic Simulator), MIXIC, NEMIS, PADSIM, PARAMICS, PHAROS, PLANSIM-T, ROADSIM (Rural Road Simulator), SHIVA, SIGSIM, SIMDAC, SIMNET, SimTraffic, SISTM (Simulation of Strategies for Traffic on Motorways), SITRA B+, SITRAS, SmartPATH, TEXAS (Texas Model for Intersection Traffic), TRANSIMS, TRARR, TWOPAS, VISSIM, WATSim.

**Для решения глобальных градостроительных задач имеются российские разработки:** программа Transnet (Институт системного анализа РАН, Москва); про- граммное обеспечение, разработанное НИПИ терри- ториального 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).

8. **PARAMICS** (PARAllel MICroscopic Simulation, Quandstone Ltd., United Kingdom) — набор программных инструментов для моделирования трафика на микроуровне. Данный пакет широко используется в Великобритании и США. Он предназначен для моделирования транспортных узлов в городах (перекрестки, регулируемые правилами приоритета и светофорами, транспортные развязки и т.д.), перегруженных автострад, а также для моделирования оптимизации работы общественного транспорта, съездов с автомагистралей, регулирования маршрутов общественного транспорта, светофоров и т.п. PARAMICS является легко переносимым и расширяемым пакетом, который позволяет реализовать подходы к моделированию потоков на транспортной сети любого размера, начиная с простого перекрестка и заканчивая национальной транспортной сетью. Основными ограничениями на размер сети являются объем памяти и мощность компьютера. Пакет поддерживает возможность индивидуального перемещения порядка 200 тыс. автомобилей в единицу времени. Задано семь классов транспортных средств, однако пользователь может создать свое собственное транспортное средство. Выбор маршрута автомобилем определяется заданной таблицей стоимостей. У каждого транспортного средства есть заданный интервал времени (в среднем 1 с), через который переопределяется его положение в сети и его поведение. Смена полосы на дороге выполняется с учетом интервала времени и предыдущей «истории» автомобиля. В пакете реализован алгоритм, который задает движение автомобиля по заданной траектории маршрута. Движение регулируется физическими атрибутами автомобиля и его текущей скоростью. Поддерживается возможность определения маршрута согласно матрице корреспонденций. В PARAMICS реализованы возможности сбора статистики и формирования всесторонних отчетов об анализе транспортной сети. Предусмотрены 2D/3D визуализация, создание презентаций и видеороликов. На рис. 3 показан пользовательский интерфейс программы PARAMICS.

**VISSIM** — многоцелевой пакет для моделирования транспортных потоков на микроуровне. Он широко используется в Европе, США и других странах. Пакет предназначен для анализа, реинжениринга и оптимизации городских и междугородных транспортных сообщений. Программное обеспечение позволяет моделировать городские перекрестки любой сложности и типа регулирования, анализировать пропускную способность транспортных систем и тестировать схемы транзитных приоритетов. Пакет позволяет управлять системами контроля альтернативных маршрутов и контроля трафика, анализировать емкость стоянок и моделировать потоки различных транспортных средств с пересечениями, пересадками на разных уровнях (автобусный маршрут, железная дорога, метро, эскалатор и т.д.). Реализована возможность подключения матриц корреспонденций пакетов VISUM и Emme/2. Реализован интерфейс с такими пакетами, как TEAPACK и SYNCHRO. В VISSIM реализована модель Видерманна, которая описывает поведение водителя за рулем. В ней учитываются психофизические возможности человека: снижение внимания и времени реакции; время, необходимое для принятия решения в условиях окружающей среды. VISSIM предоставляет возможности сбора статистики на любом участке транспортной сети и формирования отчетов, создания презентаций и видеороликов. На рис. 4 показан интерфейс программы VISSIM.

**AIMSUN2** (Advanced Interactive Microscopic Simulator for Urban and Non-urban Networks) представляет собой программное обеспечение, способное воспроизводить реальные условия движения в городской сети, которые могут содержать и скоростные автомагистрали. Пакет основан на микроскопическом подходе моделирования. Поведение каждого отдельного транспортного средства в сети постоянно корректируется во времени согласно некоторым моделям поведения водителя (ведомый автомобиль, смена полосы и т.п.). AIMSUN2 сочетает дискретно-непрерывный подход к моделированию: в нем есть ряд элементов транспортных систем (транспортные средства, детекторы), состояние которых постоянно изменяется в течение периода моделирования, а есть и другие элементы (светофоры, входы), состояния которых меняются дискретно в заданные моменты моделирования. Пакет очень подробно моделирует потоки в сети: различаются отдельные виды транспортных средств и их водители, решается широкий спектр сетевой геометрии, учитываются типовые инциденты и т.д. AIMSUN2 интегрирован в имитационную среду GETRAM (обобщенная среда для анализа и моделирования транспортных потоков), которая состоит из графического редактора сети, базы данных сети, статической модели задач, временных моделей и модуля для хранения и представления результатов. На рис. 2 представлен интерфейс программы AIMSUN2.

9. Ссылки

# 1. Адаптивное управление как способ автоматизирования движения транспортных потоков на регулируемых перекрестках. Источник: "Агентство по инновациям и развитию", <http://www.innoros.ru/innovation-idea28/ideas/adaptivnoe-upravlenie-kak-sposob-avtomatizirovaniya-dvizheniya-transportnykh>

2. Анализ современных программных средств транспортного моделирования. М.М. Бекмагамбетов, д.т.н., проф. / А.В. Кочетков д.т.н., проф. Исследования, конструкции, технологии 25. №6(77) 2012 <http://www.aae-press.ru/f/77/25.pdf>

3. Математические модели управления транспортными потоками. М. М. Ахмадинуров, Д.С. Завилищин, Г.А. Тимовеева, 120 стр., Екатеринбург, 2011 г..

4. Проектирование регулируемых пересечений, А.Г. Левашев, А.Ю. Михайлов, И.М. Головных, 210 стр. Издательство Икрутского государственного технического университета, 2007 г.

5. Методика адаптивного управления транспортными потоками высокой интенсивности в условиях города на основе мезо-модели динамики с применением генетических алгоримов. Посмитный Е. В. к.т.н., доцент, Медовщеков М.И. аспирант, Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия Научный журнал 11 стр. КубГАУ, №84(10), 2012 года

1. Теоретическая (введение - актуальность, цель, задачи)
2. Что это за проблема, как пытаются решить, что сделано, как сделано, кем сделано.
3. Что это за система – Умный светофор

2 Часть

1. Что я хочу сделать
2. Я хочу сделать то-то, чем мой метод лучше
3. С помощью чего реализовано и почему (С#, может какие-то ещё с инета стыренные)

3 часть

Практическая, чисто код

4 глава

Тестирование

(Что это за программа, каким)

1 Слайды.

1. Тема, имя руководителя и мое
2. Цель, задачи (устно актуальность)
3. Система умный светофор \*(кратенько о нем, что почему, как работает) (+ и -)
4. Кратко, что сделано в других городах (1-2слайда)
5. Что предлагаю относительно уменьшения пробок
6. С помощью чего я буду это делать (с#) какая программа тестирования
7. Что надо сделать.

-мне осталось написать программу и протестировать

Отчет на 4-5 страницы

(расписать)

Страниц на диплом теор. Часть – 20-30 стр. (Схемы работы умного светофора)