
RESEARCH OF ALGORITHMS OF TRAFFIC LIGHTS AT VARIOUS PARAMETRES OF TRAFFIC FLOWS

A.Yu. Kretov, I.E. Agureev, I.Yu. Matsur

A number of researches by means of the micromodelling based on the theory of transport cellular automata, on studying of influence various charging movements of cars and various charging crossed roads for length of turn of cars is spent at use of various algorithms of a traffic light. For carrying out of researches the special program Road TKA is used.

Key words: micromodelling, transport cellular automata, transport traffic flow, road controller, adaptive traffic light, transport detector

Agureev Igor, doctor of technical science, docent, dean, manager of department, agureev-igor@yandex.ru, Russia, Tula, Tula State University

Kretov Alexey, postgraduate, alex_yurich@mail.ru, Russia, Tula, Tula State University

Matsur Igor, postgraduate, matsur@tula.net, Russia, Tula, Tula State University

УДК 519.6: 656.13: 537.8

ОБЗОР НЕКОТОРЫХ АДАПТИВНЫХ АЛГОРИТМОВ СВЕТОФОРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПЕРЕКРЕСТКОВ

А.Ю. Кретов

Приводится подробное описание наиболее распространенных алгоритмов адаптивного управления светофорным объектом, работы алгоритмов и их свойств.

Ключевые слова: микро моделирование, клеточный автомат, транспортный поток, дорожный контроллер, адаптивный светофор, детектор транспорта.

Алгоритмы работы светофора. Дорожные контроллеры

Объекты, рассматриваемые в настоящей работе, относятся к локальным контроллерам [1-4]. Они управляют светофорной сигнализацией только с учетом условий движения на конкретном перекрестке. Обмен информацией с контроллерами других перекрестков и управляющим пунктом не предусмотрен. К ним относятся следующие типы контроллеров.

1. Контроллеры жесткого управления с фиксированными длительностями фаз (ФС) (разрешающих сигналов) по отдельным направлениям перекрестка. Светофорные сигналы переключаются по одной или нескольким заранее заданным временным программам. Такие контроллеры

предназначены для управления дорожным движением на перекрестках с мало изменяющейся в течение дня интенсивностью движения.

2. Вызывные устройства, которые обеспечивают переключение светофорных сигналов по вызову пешеходами или транспортными средствами, прибывающими с прилегающих к магистрали улиц. Эти контроллеры предназначены для управления эпизодическим движением пешеходов или транспортных средств по пересекающим магистраль направлениям. Длительности разрешающих сигналов для пешеходов и транспортных средств, как и в предыдущем случае, фиксированы. В последнее время вызывные устройства отдельно не выпускают. Вызов фазы по запросу пешеходов обеспечивают контроллеры всех типов.

3. Контроллеры адаптивного управления (АС), обеспечивают непостоянную длительность фаз (разрешающих сигналов). Они предназначены для управления движением на перекрестках, где интенсивность движения часто меняется в течение суток. Длительность сигналов так же, как и всего цикла регулирования, меняется в заранее заданных пределах от минимального до максимального значения.

По способу переработки этой информации алгоритмы адаптивного управления можно разделить на три группы.

1. Алгоритмы, предусматривающие переключение сигналов светофора по информации о состоянии перекрестка в данном цикле регулирования.

2. Алгоритмы статистической оптимизации, позволяющие по информации о состоянии перекрестка в данный момент определить параметры управления на следующий момент времени на основе вероятностного прогнозирования этого состояния.

3. Алгоритмы случайного поиска. Параметры управления изменяются случайно с одновременным анализом критерия эффективности (например, задержки). Управление считается оптимальным при достижении максимума или минимума критерия эффективности (минимума задержки).

Наиболее распространенные алгоритмы АС

Алгоритм, предусматривающий пропуск очередей, образовавшихся в период действия запрещающего сигнала.

Система «Электронный городской», составная часть АСУДД «ВЗГЛЯД», используемая для управления светофором [4]. Далее будет обозначен как АС-1.

Рассмотрим более подробно работу алгоритма АС-1. На перекрестке располагаются 2 типа детекторов: D1 и D2. Детекторы D1 располагают на подъезде к перекрестку, они считывают номера автомобилей в момент проезда через них и вносят номера в память. Детекторы D2 необходимы для учета автомобилей, покидающих перекресток, и располагаются непосредственно на границе перекрестка.

Взаимодействия между детекторами и светофорами происходят следующим образом:

б) у всех автомобилей системы считывается идентификационный номер (например, государственный регистрационный номер, идентификационный код RFID-метки и т.п.);

7) во время работы красной фазы светофора детекторы D1 считывают номера проехавших через них автомобилей и фиксируют их в список по формулам (1), где l_1, l_2 – очередь горизонтальной и вертикальной дороги соответственно, l'_1, l'_3 и l'_2, l'_4 – очереди по каждому из направлений для каждой из пересекающихся дорог;

$$\begin{cases} l_1 = l'_1 + l'_3 \\ l_2 = l'_2 + l'_4 \end{cases} \quad (1)$$

8) в момент, когда загорается зеленый свет, детектор D1 прекращает записывать номера в список, а детектор D2 начинает удалять из списка номера автомобилей проезжающих через него;

9) в момент, когда последний из автомобилей проезжает через детектор D2 и список становится пустым, светофор переключается на красную фазу и переходит в начало цикла; данное правило выполняется для обеих рассматриваемых дорог.

Адаптивный алгоритм (АС-2), работающий по количеству автомобилей. Лежит в основе АС, реализованного в программном комплексе PTV Vision «VISSIM»

В этом алгоритме не учитывается, по каким направлениям они прибывают и убывают, в отличие от АС-1, который учитывает номера автомобилей, а значит, стремится пропустить зарегистрированные в списке автомобили.

На перекрестке располагаются два типа детекторов: D1 и D2. Детекторы D1 располагают на подъезде к перекрестку; они учитывают количество проезжающих через них автомобилей. Детекторы D2 необходимы для учета автомобилей, покидающих перекресток, и располагаются непосредственно на границе перекрестка.

Взаимодействия между детекторами и светофорами происходят следующим образом:

1) во время работы красной фазы светофора, детекторы D1 суммируется количество автомобилей, и фиксируется в памяти по формулам (1), где l_1, l_2 – очередь горизонтальной и вертикальной дороги соответственно, l'_1, l'_3 и l'_2, l'_4 – очереди по каждому из направлений для каждой из пересекающихся дорог;

2) в момент, когда загорается зеленый свет, детектор D1 прекращает записывать автомобили в список, а детектор D2 удаляет из списка проезжающие автомобили;

3) в момент, когда последний из автомобилей проезжает через детектор D2 и список становится пустым, светофор переключается на красную фазу и переходит в начало цикла;

4) данное правило выполняется для обеих рассматриваемых дорог.

При этом алгоритм не учитывает пропускную способность каждого из направлений, например, при возникновении затора на одной из полос это направление не успеет в полной мере разгрузиться, в то время как противоположное направление с большой скоростью разгрузится и переключит фазу светофора.

Алгоритм поиска разрыва в транспортном потоке в направлении действия разрешающего сигнала при фиксированных значениях управляющих параметров

Адаптивный алгоритм АС-3 базируется на учете дистанции между прибывающими к перекрестку автомобилями потока. При этом достаточно использование одного, регистрирующего, детектора D1. С его помощью определяется снижение плотности потока. Его использование целесообразно при разработке сети связанных перекрестков, т.к. данный алгоритм заменяет сложные математические расчеты и обеспечивает переменный сдвиг фаз.

Взаимодействия между детекторами и светофорами происходят следующим образом:

1) Задаются максимальный (T_{\max}) и минимальный (T_{\min}) период цикла работы светофора, а так же время сдвига фазы ($T_{\text{сдвига}}$).

2) Задается максимальный интервал между автомобилями x_{int} .

3) На каждом шаге проверяется дистанция между прибывающими автомобилями

4) На шаге когда подходит переключение сигнала светофора проверяется условие:

$$\begin{aligned} x_i \leq x_{\text{int}} &\Rightarrow T_i = T_{\min} + T_{\text{сдвига}}; \\ x_i > x_{\text{int}} &\Rightarrow T_i = 0, \end{aligned} \quad (2)$$

если $T_i = 0$, то происходит переключение на красный сигнал светофора.

Данный алгоритм учитывает только прибывающие на перекресток кластеры автомобилей. Если поток оказывается однородным и будет лишен явных разрывов, то АС перейдет в режим ФС.

Алгоритм поиска разрыва при переменных управляющих параметрах, зависящих от условий движения.

Адаптивный алгоритм АС-4 сочетает в себе два более простых алгоритма АС. До тех пор пока не будет пропущена образовавшаяся очередь АС-4 работает аналогично АС-2, а после пропуска очереди длина зеленой фазы может продлеваться до тех пор, пока не будет обнаружен разрыв в потоке, но длина фазы ограничена величиной T_{\max} .

Взаимодействия между детекторами и светофорами происходят следующим образом:

1) Задаются максимальный (T_{\max}) и минимальный (T_{\min}) период цикла работы светофора, а так же время сдвига фазы ($T_{\text{сдвига}}$).

2) Задается максимальный интервал между автомобилями x_{int} .

3) На каждом шаге проверяется дистанция между прибывающими автомобилями.

4) Во время работы красной фазы светофора, детекторы D1 суммируется количество автомобилей, и фиксируется в памяти по формулам (1), где l_1, l_2 – очереди горизонтальной и вертикальной дороги соответственно, l'_1, l'_3 и l'_2, l'_4 – очереди по каждому из направлений для каждой из пересекающихся дорог.

5) В момент, когда загорается зеленый свет, детектор D1 прекращает записывать автомобили в список, а детектор D2 удаляет из списка проезжающие автомобили.

В момент, когда последний из автомобилей проезжает через детектор D2 и список становится пустым, проверяется условие (2).

Если $T_i = 0$, то происходит переключение на красный сигнал светофора.

Данный алгоритм учитывает не только прибывающие на перекресток кластеры автомобилей, но и очереди, образующиеся на перекрестке. Если поток оказывается однородным и будет лишен явных разрывов, то АС перейдет в режим ФС.

Алгоритм, предусматривающий перераспределение длительности фаз внутри цикла на основе анализа текущих фазовых коэффициентов в конфликтующих направлениях.

Адаптивный алгоритм АС-5 работает по принципу изменения длительности фаз фиксированного светофора в зависимости от интенсивности входящих транспортных потоков. При этом интенсивность определяется за определенное количество циклов светофора. Достаточно использования одного, регистрирующего, детектора. В течение определенного периода ведется подсчет интенсивностей, и в зависимости от их изменения длительность фаз светофора меняется на определенное значение.

Взаимодействия между детекторами и светофорами происходят следующим образом:

1) Задаются максимальный (T_{\max}) и минимальный (T_{\min}) период цикла работы светофора, а так же время сдвига фазы ($T_{\text{сдвига}}$).

2) Задается количество циклов светофора (n), в течение которых собирается статистика.

3) Во время работы красной фазы светофора детекторы D1 регистрируют очередь горизонтальной или вертикальной дороги соответственно текущему циклу светофора.

4) В момент, когда загорается зеленый свет, детектор D1 передает в память значение очереди, скопившейся за цикл.

5) Исходя из полученного значения выводится среднееарифметическое значение величины очередей за n циклов.

6) Если очередь изменяется, то соответствующим образом меняется и длительность цикла

$$\begin{aligned} l_i = l_{i-1} &\Rightarrow T_i = T_{i-1}; \\ l_i > l_{i-1} &\Rightarrow T_i = T_{i-1} + T_{\text{сдвига}}; \\ l_i < l_{i-1} &\Rightarrow T_i = T_{i-1} - T_{\text{сдвига}}. \end{aligned} \quad (3)$$

Данный алгоритм позволяет регулировать длительность цикла в широком диапазоне. За счет того, что обрабатывается статистическая информация, учитываются случайные всплески интенсивностей и достигается плавное изменение длительности цикла.

Выводы

Приведены наиболее распространенные адаптивные алгоритмы светофорного регулирования. Каждый из алгоритмов имеет определенные преимущества при различных характеристиках транспортного потока.

Список литературы

1. Кретов А. Ю. Исследование некоторых алгоритмов светофорного регулирования при помощи транспортных клеточных автоматов // V Всероссийская конференция молодых ученых и специалистов «БУДУЩЕЕ МАШИНОСТРОЕНИЯ РОССИИ (2012)». Электронный сборник трудов.

2. Кретов А. Ю. Исследование алгоритмов светофорного регулирования // VII региональная молодёжная научно-практическая конференция Тульского государственного университета «Молодёжные инновации»: сборник докладов / Под общ. ред. Е.А. Ядыкина: в 3ч. Тула: Изд-во ТулГУ, 2013. Часть I.

3. Кременец Ю. А. Технические средства организации дорожного движения. М.: Транспорт, 1990.

4. Агуреев И. Е., Мацур И. Ю., Минаков Е. И. Тульский «Взгляд» на соблюдение правил дорожного движения // Дороги. Инновации в строительстве. № 10. 2011. С. 24-27.

Кретов Алексей Юрьевич, аспирант, alex_yurich@mail.ru, Россия, Тула, Тульский государственный университет

REVIEW OF SOME ALGORITHMS OF TRAFFIC LIGHTS ON THE ROAD CROSS-SECTIONS

A.Yu. Kretov

The review of the most widespread algorithms of adaptive management of a traffic lights is resulted. The detailed description of work of algorithms and their properties are described.

Key words: micromodelling, transport cellular automata, traffic flow, road controller, adaptive traffic light, transport detector.

Kretov Alexey, post graduate, alex_yurich@mail.ru, Russia, Tula, Tula State University

УДК 621.43

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ МОДЕЛЕЙ КОМБИНИРОВАННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМОВ

И. Е. Агуреев, Чан Куок Тоан

Рассмотрены содержание и особенности динамического поведения нелинейной математической модели комбинированного ДВС. Разработана и реализована методика формирования типовых переходных режимов с помощью разработанной модели. Приведены результаты моделирования переходных режимов, зависимости для удельных эффективных и оценочных показателей ДВС.

Ключевые слова: комбинированный ДВС, математическое моделирование, переходный режим, эффективные показатели ДВС.

В настоящей статье рассматриваются вопросы, связанные с математическим моделированием и исследованием комбинированных двигателей внутреннего сгорания с помощью нелинейных математических моделей [1]. В работе [2] был приведен способ разработки алгоритмов для формирования стационарных характеристик поршневых ДВС автомобильного типа, имитирующих работу нагрузочного стенда. Показано, что свойство нелинейности динамических моделей ДВС, характеризующееся наличием устойчивых притягивающих множеств (аттракторов), позволяет исключить особенности режима нагружения двигателя на стенде и представить моделируемый процесс в виде произвольных последовательностей изменения положения регулирующего органа и нагружающего момента внешнего потребителя. При этом пара конечных значений, соответствующих положению дроссельной заслонки (рейки и т.д.) и моменту потребителя полностью задает (при прочих равных условиях) установившийся режим ДВС.