

$$p = 1 - (1 - p_1)(1 - p_2)(1 - p_3), \quad (3)$$

где p — общая вероятность обнаружения и p_1 , p_2 , и p_3 — вероятности обнаружения отдельным датчиком.

В вышеупомянутой схеме обнаружения расстояние между двумя датчиками/механизмами очень важно. В случае, когда коммуникационная схема V2I возможна, дополнительная дорожная инфраструктура базировалась на датчиках, которые могут быть использованы, чтобы увеличить получающуюся вероятность обнаружения. Однако большинство датчиков, таких как камеры, направленные микрофоны, радары и т. д. анизотропны. И их зона охвата может быть описана скорее как сектор, чем круговая область (рис. 1). Это делает сетевые задачи оценки покрытия намного более сложными.

Список цитированных источников

1. A DSS approach to urban traffic management
2. An integrated traffic-driving simulation framework Design, implementation, and validation
3. Learning in groups of traffic signals
4. Chapter 11 ITS and Traffic Management

УДК 656.056.4

Кашин А.В., Милютин О.Н.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Шуть В.Н.

ОРГАНИЗАЦИЯ КООРДИНИРОВАННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПО МАГИСТРАЛИ

Бурный процесс автомобилизации с каждым годом охватывает всё большее число стран, постоянно увеличивается автомобильный парк, количество вовлекаемых в сферу дорожного движения людей. Рост автомобильного парка и объем перевозок ведёт к увеличению интенсивности движения, что в условиях городов с исторически сложившейся застройкой приводит к возникновению транспортной проблемы. Особенно остро она проявляется в узловых пунктах улично-дорожной сети. Здесь увеличиваются транспортные задержки, образуются очереди и заторы, что вызывает снижение скорости сообщения, неоправданный перерасход топлива и повышенное изнашивание узлов и агрегатов транспортных средств. Переменный режим движения, частые остановки и скопления автомобилей на перекрёстках являются причинами повышенного загрязнения воздушного бассейна города продуктами неполного сгорания топлива. Городское население постоянно подвержено воздействию транспортного шума и отработанных газов.

Снижение отрицательного влияния автомобилизации можно достичь путем грамотного вмешательства в процессы, происходящие с транспортными и пешеходными потоками. Осуществить целенаправленное воздействие на участников дорожного движения можно при помощи комплекса технических средств организации дорожного движения.

В связи со сложной структурой дорожной организации практически невозможно полностью решить транспортный вопрос, однако существуют различные способы оптимизации транспортной проблемы. Одним из таких способов является грамотный расчёт плана координации.

Наиболее изученным и, как следствие, распространенным является графоаналитический метод проектирования координированного управления светофорными

объектами. Недостатком данного метода можно считать трудоемкость расчетно-графических операций, поэтому данный метод эффективен при сравнительно небольшом числе перекрестков на участке улично-дорожной сети.

Сущность метода заключается в построении графика «путь–время», который выполняют в системе прямоугольных координат на миллиметровой бумаге. В масштабе, который выбирают произвольно и который зависит от длины улично-дорожной сети и числа светофорных объектов, по горизонтальной оси откладывают значения времени в секундах, по вертикальной оси — значения пути в метрах. Исходными данными для расчета являются: 1) выполненный в масштабе план магистрали с обозначением расстояний между перекрестками; 2) схема существующей организации движения, на которой показаны светофоры, дорожные знаки и разметка, организация движения на перекрестках; 3) расчетные скорости движения для магистрали. Вправо через границы перекрестков проводят линии, параллельные горизонтальной оси. На горизонтальной оси слева направо наносят повторяющуюся последовательность сигналов вдоль магистрали. От начала зеленых сигналов и точек, отстоящих вправо на $t_{л}$, (параметр, определяющий ширину так называемой ленты времени: если фактический график движения автомобиля находится внутри этой ленты, то ему гарантируется безостановочное движение), проводят наклонные к горизонтали линии. Тангенс угла наклона этих линий соответствует расчетной скорости. Лента времени для встречного направления берется той же ширины, но имеет обратный наклон, соответствующий расчетной скорости этого направления. Из плотной бумаги вырезают полоску шириной, равной ширине этой ленты, и, расположив ее под расчетным углом, передвигают по горизонтали в границах зеленого сигнала на перекрестке.

Взаимное расположение на горизонтали точек, соответствующих началу зеленых сигналов, определяет их сдвиги относительно друг друга и принятой нулевой отметки времени.

Если участок $t_{зел}$ оказался больше зеленого сигнала на каком-либо перекрестке, т. е. одна из лент времени попадает частично на запрещающий сигнал, необходима коррекция графика. Она осуществляется следующими путями:

- уменьшением ширины ленты времени;
- изменением расчетной скорости (угла наклона ленты времени);
- увеличением длительности зеленого сигнала по магистрали на некоторых перекрестках.

Перечисленные способы коррекции должны быть ограничены разумными пределами, так как могут привести к обратному результату — снижению эффективности движения транспортных средств.

Другим способом, позволяющим оптимизировать движение на магистрали, является построение детерминированной модели расчёта плана координации. Недостатком данного метода расчета координированного плана является учет только детерминированной составляющей, т.е. игнорирование стохастической составляющей. Для реализации плана координация используют математическую модель магистрали, которая подразумевает определенные ограничения:

- рассматривается движение материальной точки;
- длительность светофорного цикла для всех СФО одинакова ($T_{ц} = 80$ с (50 с — зелёный сигнал)); светофоры на концах магистрали являются базовыми и работают синфазно; все остальные светофоры имеют фазовый сдвиг относительно базовых светофоров, если это необходимо.

Совокупность сдвига фаз, длительностей фаз и цикла регулирования для всех перекрёстков, входящих в систему координированного регулирования, об-

разует программу или план координации. Таким образом, три параметра светофорного регулирования полностью определяют характер движения по магистрали. Так как в ограничениях модели было предусмотрено константное время цикла, задача расчёта плана координации сводится к определению сдвига фаз, а также длительности фаз на каждом светофорном объекте.

Возможны три варианта топологии магистрали:

- все расстояния между перекрёстками равны;
- расстояния между перекрёстками кратны некоторому расстоянию;
- нет отрезка магистрали, которому кратны все остальные звенья магистрали.

Первые два варианта тривиальные. При них возможно организовать координированное управление без сдвига фаз, то есть это случай одновременной и синхронной системы. В такой системе все сигналы светофоров на перекрестках по координированному направлению в любой момент времени имеют одинаковую индикацию, а сдвиги фаз равны нулю. В настоящей работе рассматривается третий случай.

Алгоритм нахождения недостающих параметров заключается в условной фиксации участка одного из направлений движения и корректировке сдвига фаз участка другого из направлений таким образом, чтобы автомобили и прямого и встречного направления попадали в «зелёную волну».

Лучшим вариантом является одновременный подход пачек автомобилей слева и справа к СФО. Иначе возникает ситуация потери продуктивности зелёной фазы СФО.

Величину возможных потерь светофорного цикла в целом по магистрали возможно оценить с помощью матрицы — номограммы потерь. Введём два типа потерь зелёной фазы $t_{зел}$ светофорного цикла $T_{ц}$:

- при горении зелёного сигнала по магистрали через СФО проходит поток только одного направления;
- при горении зелёного сигнала по магистрали на СФО не наблюдается проезжающих автомобилей.

В матрице величины стоят со знаком «минус», что означает задержку относительно базисных (входных СФО), расположенных на входах магистрали. Некоторые величины в матрице имеют дополнительные значения (в скобках). Это означает, что задержку включения зелёной фазы на указанную отрицательную величину можно заменить опережением на величину, указанную в скобках. Процесс управления состоит в распределении времени светофорного цикла $T_{ц}$ на i -ом СФО.

Как было сказано ранее, основной задачей координированного регулирования является обеспечение безостановочного движения транспортных средств вдоль магистрали. Важность транспортного вопроса обусловлена тем, что решение этой задачи напрямую связано с экономической стороной дорожного движения, т. к. «зелёная волна» (безостановочное движение) ведёт к экономии топлива, снижению вредных выбросов в атмосферу и уровня шума. Как целевая функция в эффективном управлении дорожным движением в улично-дорожной сети города, оно имеет наивысший рейтинг в шкале других целевых функций, используемых в оптимизации дорожного движения.

Список цитированных источников

1. Шуть, В.Н. Детерминированная модель координированного регулирования движения автотранспорта на магистрали с Т-образными перекрестками // Вестник БНТУ. – 2009. – № 4. – С.45–48.
2. Аземша, С.А. Технические средства организации дорожного движения: Пособие для самостоятельной работы студентов / С.А. Аземша, В.Д. Чижонк. – Гомель: УО «БелГУТ», 2005. – С. 3–12
3. Врубель, Ю.А. Организация дорожного движения. – Минск, 1996. – Ч. 2. – С. 283–287.