

Это предполагает однозначный маршрут следования одной или нескольких единиц техники на указанные предприятия и обратно.

4. Корректировка оставшихся объёмов сырья.

После определения однозначных маршрутов на этапе № 3 необходима корректировка оставшихся объёмов сырья для транспортировки (рисунок 1).

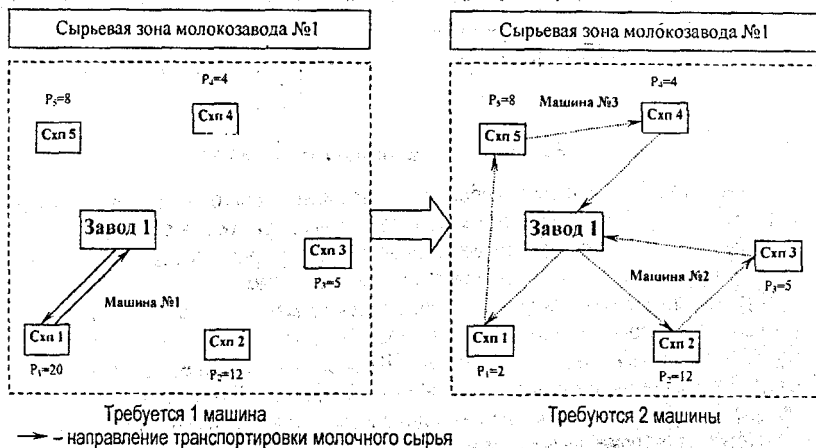


Рисунок 1 – Корректировка оставшихся объёмов сырья

5. Определение цепочек (сочетаний) СХП.

Для оставшегося расчетного количества автомобилей примем, что каждая из имеющихся на молокозаводе автоцистерн совершает за смену один рейс и может посетить не более 5 предприятий. В этом случае необходимо определить всевозможные варианты сочетаний сельскохозяйственных предприятий.

6. Задача коммивояжера для каждой цепочки.

Каждое из удовлетворяющих вышеуказанному условию на этапе №5 сочетание сводится к решению задачи коммивояжера. В качестве целевой функции – минимальные затраты на проезд транспорта.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Оптнер, С.А. Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем. – М.: Сов. радио, 1969.
2. Райфа, Г. Анализ решений. – М.: Наука, 1977.

УДК 626.13

Васильюк П.Е., Кулик В.В.

Научный руководитель: доцент Шуть В.И.

ДЕТЕРМИНИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЁТА ПЛАНА КООРДИНАЦИИ СВЕТОФОРНОГО ОБЪЕКТА

1. Постановка задачи. Дорожный затор или автомобильная пробка – скопление транспортных средств на дороге, существенно снижающее её пропускную способность. На рис. 1а) изображена абстрактная улично-дорожная сеть (УДС). Автотранспортные средства (АТС) могут двигаться, например, из пункта А в пункт В по вертикальным и го-

горизонтальным направлениям, не встречая препятствий в местах пересечения горизонталей и вертикалей. Для такой абстрактной сети на основе основного закона теории транспортных потоков [1] возможно рассчитать максимальное число N АТС, при котором сеть еще обеспечивает максимальную пропускную способность.

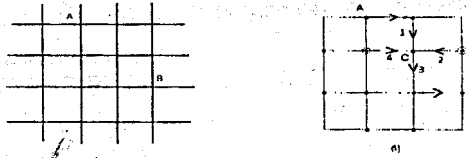


Рисунок 1 – Абстрактная и реальная УДС

Реальная УДС представляет собой граф, вершины которого отображают перекрёстки, а рёбра – улицы. Помеченные (кружками) вершины графа соответствуют регулируемым перекрёсткам, т.е. таким, на которых установлен светофорный объект (СФО), остальные вершины графа относятся к нерегулируемым перекрёсткам.

Пропускная способность реальной УДС намного меньше из-за наличия как регулируемых, так и нерегулируемых перекрёстков. Из пункта А в пункт В автомобиль может прибыть различными маршрутами. На рис. 1б) водитель выбрал маршрут, исключая СФО. Это совсем не означает, что он в пункт В прибудет быстрее, нежели если бы он предпочёл маршрут с одним или даже двумя СФО. Так, в вершине С он должен будет пропустить транспорт, двигающийся по рёбрам 2 и 4, если у него не главная улица.

Целью настоящей работы является анализ регулируемого перекрёстка методами теории графов, а также формализация задачи разгрузки перекрёстка при заторе.

2. Модель перекрёстка и его графы

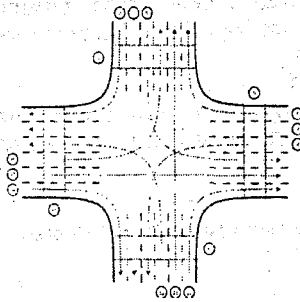


Рисунок 2 – Транспортные потоки перекрестка транспортных

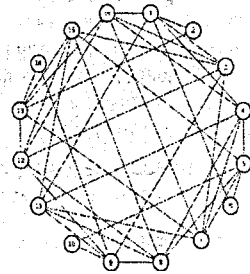


Рисунок 3 – Граф пешеходно-потоков

Перекрёсток в УДС является конфликтной зоной. Светофорное регулирование предназначено для поочерёдного пропуска конфликтующих участников дорожного движения (ДД). Так, на рис.2 число конфликтующих участков ДД равно 16, то есть по числу транспортно-пешеходных потоков. Здесь имеем:

- четыре пешеходных потока $X_{п} = \{X_{п1}, X_{п5}, X_{п9}, X_{п13}\}$;
- четыре транзитных транспортных потока $X_{тт} = \{X_{тт3}, X_{тт7}, X_{тт11}, X_{п15}\}$;
- четыре правоповоротных транспортных потока $X_{пп} = \{X_{пп2}, X_{пп6}, X_{пп10}, X_{пп14}\}$;
- четыре левоповоротных транспортных потока $X_{лп} = \{X_{лп4}, X_{лп8}, X_{лп12}, X_{лп16}\}$.

Переменная X означает число пешеходов либо транспортных единиц на конкретном направлении движения перекрёстка. Построим граф перекрёстка или граф пешеходно-транспортных потоков (рис. 3): Вершины графа соответствуют транспортным потокам. Две вершины графа соединены ребром, если соответствующие траектории движения этих потоков в зоне перекрёстка имеют точки пересечения (конфликтные точки).

Вынесение пешеходных потоков из зоны перекрёстка путём обустройства подземных переходов позволяет упростить граф транспортных потоков, резко сократить число конфликтных точек (рис. 4).

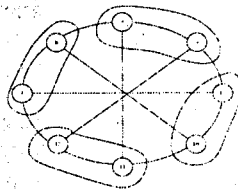
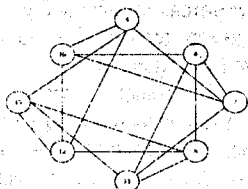


Рисунок 4 – Граф G транспортных потоков Рисунок 5 – Граф \bar{G} светофорного регулирования

Построим граф \bar{G} , дополнительный к графу G . Полученный граф назовем графом светофорного регулирования (рис.5). Пара вершин, инцидентных одному ребру этого графа, указывает на то, что данные потоки могут двигаться через перекресток одновременно, то есть они не имеют конфликтных точек соприкосновения. Таким образом, процесс оптимального управления разъездом транспорта на перекрестке сводится к формированию групп не конфликтующих потоков максимального объема.

Приведем данную постановку к известной в теории графов задаче о выделении в графе клик максимального размера. Известно следующее определение клики: «подмножество V' вершин графа G называется кликой, если любые две входящие в него вершины смежны, т.е. если порожденный подграф $G(V')$ является полным» [2].

Характеристикой графа светофорного регулирования будет кликовое число $\phi(G)$. Оно определяет число фаз в светофорном цикле. Фаза регулирования – это совокупность основного такта и следующего за ним переходного интервала. В основной такт (зелёный сигнал светофора) даётся разрешение на проезд перекрёстка группе АТС, не конфликтующих между собой.

3. Управление перекрестком по графу светофорного регулирования

Общее уравнение продолжительности цикла регулирования имеет вид[3]:

$$C = t_{z1} + t_{np1} + t_{z2} + t_{np2} + \dots, \text{ с}, \quad (1)$$

где t_z – продолжительность горения зеленого сигнала, с;

t_{np} – продолжительность переходного интервала, с.

Сразу следует заметить, что продолжительность переходного интервала относится к разряду потерянного времени в цикле светофорного регулирования, поскольку только после него начинается следующая фаза разрешения на движение. Отсюда следует, что чем меньше фаз в светофорном цикле, тем лучше – меньше потери времени на СФО.

Рассчитаем число фаз регулирования для нашего случая:

$$n = N_{\text{пот}} / \phi(G) = 8 / 2 = 4, \quad (2)$$

где $N_{\text{пот}}$ – число транспортных потоков перед перекрестком или число вершин в графе светофорного регулирования.

Реализация четырехфазного цикла регулирования выполняется естественным образом: то есть по часовой стрелке на перекрестке (рис. 2). В каждой фазе пропускаются два потока бесконфликтных транспортных средств (т.к. $\phi(G) = 2$), относящихся к въезду на перекресток с одной улицы. Одна фаза активная, остальные три заблокированы (с них нет разрешения въезда на перекресток). Включение фаз идет по графу светофорного регулирования против часовой стрелки: (3, 4), (7, 8), (12, 11) и (16, 15).

СФО устроен так, что позволяет выдавать разрешение на движение любому потоку в отдельности, а следовательно, возможно организовать любые комбинации движения этих потоков. Разумеется, комбинации из бесконфликтных потоков. Например, вместо (3,4) возможна комбинация (3,8), а также (3,11) (рис. 5).

Для удобства дальнейшего рассмотрения будем пользоваться переобозначенным графом светофорного регулирования (рис. 6). Рядом с вершинами графа стоят переменные x_j , $j = 1, 8, l = 1, 2, 3, \dots$, которые показывают число АТС на j -полосе в i -ом светофорном цикле.

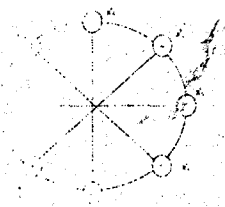


Рисунок 6 – Переобозначенный граф светофорного регулирования

Множество $X_i = \{x_1, x_2, \dots, x_8\}$ есть совокупность транспортных потоков, расположенных на отведенной каждому из них дорожной полосе в i -ом цикле светофорного регулирования. При отсутствии затора в i -ом светофорном цикле (состоящем из 4-х фаз) все эти АТС под управлением СФО должны покинуть перекресток. В $(i+1)$ – светофорном цикле значения переменных x_j будут другими, т.к. АТС прибывают к перекрестку случайным образом, и переменная x_j для каждой полосы дороги является случайной величиной.

Определим условия движения АТС через перекресток без затора. Для этого необходимо, чтобы для каждой светофорной фазы i -го светофорного цикла выполнялось:

$$\frac{(L+d) \cdot \max(x_j, x_{j+1}) + D}{v} \leq t_{ik} \quad (3)$$

Здесь $k = \overline{1, n}$, где k – номер светофорной фазы; n – число фаз светофорного цикла; L – средняя длина АТС; d – расстояние между парой АТС; D – длина перекрестка; v – скорость движения АТС через перекресток.

Если в какой-то момент для одной из фаз, а фазе соответствуют две конкретные полосы движения, нарушается неравенство 3, то следовательно в отведенное время, равное ширине фазы t_{ik} , все АТС не могут пройти перекресток. Тогда эта фаза может быть продлена за счёт следующей за ней и т.д.

Запишем условие наступления затора:

$$\sum_{j=1,2,3,7} \frac{(L+d) \max(x_j, x_{j+1}) + D}{v} > C - n \cdot t_{np} \quad (4)$$

где t_{np} – продолжительность переходного интервала при смене фаз.

Затор наступает когда на светофорный объект поступает слишком большое количество АТС. СФО не успевает их пропустить, т.к. величина C – продолжительность светофорного цикла ограничена и постоянна. Если СФО находится в координированной сетке других СФО, то увеличивать длительность светофорного цикла C нельзя. Это нарушает синхронизацию пропуска АТС через систему СФО.

Как только система «светофорный объект» идентифицирует наступление затора, сразу управление формированием потоков (комбинация потоков) переходит в режим свободного формирования таких пар, чтобы быстрее устранить затор. Возможность такая имеется. Если в режиме беззаторовой работы постоянно функционировала пара (1,2), то 1 еще можно комбинировать с 5 и 8 (рис. 6).

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дрю, Д. Теория транспортных потоков и управления ими; пер. с англ. – М.: Транспорт, 1972. – 423 с.
2. Харари, Ф. Теория графов. – Москва: Мир, 1973, – 34с.
3. Кременец, Ю.А. Технические средства регулирования дорожного движения. / Ю.А. Кременец, М.П. Печерский. – Москва: Транспорт, 1981. – 92с.

УДК 004.514.

Власенко С.Н., Латий О.О.

Научный руководитель: Хведчук В.И.

ОПЕРАЦИИ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОНИКИ

Одним из элементов проектирования интегральных схем является анализ физических процессов, происходящих в полупроводниковых структурах. Причем имеют место размеры активных областей менее 0,5 мкм и многомерная природа переноса заряда.

Многие процессы переноса энергии, массы, импульса, заряда и т.д. описываются системами нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных. Так, для физики полупроводников базовыми являются уравнения Максвелла:

$$\begin{aligned} \operatorname{rot} \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}, & \operatorname{rot} \vec{H} &= \frac{\partial \vec{D}_{II}}{\partial t} + \vec{J}_{\text{пров}}, \\ \operatorname{div} \vec{D}_{II} &= \rho, & \operatorname{div} \vec{B} &= 0, \\ \vec{B} &= \mu_n \vec{H}, & \vec{D} &= \varepsilon \vec{E}. \end{aligned}$$

где \vec{E} , \vec{D}_{II} – векторы напряженности электрического поля и индукции; \vec{H} , \vec{B} – векторы напряженности магнитного поля и индукции; ε , μ_n – диэлектрическая и магнитная проницаемости; $\vec{J}_{\text{пров}}$ – плотность тока проводимости, t – время.

Метод конечных элементов (МКЭ) является сеточным методом, предназначенным для решения задач микроуровня, для которого модель объекта задается системой дифференциальных уравнений в частных производных с заданными краевыми условиями [1].

МКЭ основывается на методе взвешенных невязок, суть которого заключается в следующем: подбирается функция, удовлетворяющая дифференциальным уравнениям и краевым условиям, но подбирается произвольно, поскольку такой подбор вряд ли возможен уже в двухмерном пространстве, а с использованием специальных методов.

Пусть состояние некоторой среды описывается следующим дифференциальным оператором, с заданным граничным условием:

$$LV + P = 0, \quad V(\Gamma) = V_r.$$

Здесь L – дифференциальный оператор (например, оператор Лапласа), V – фазовая переменная – неизвестная функция, которую следует найти, P – величина, независимая от V , $V(\Gamma) = V_r$ – граничное условие первого рода (Дирихле), то есть на границе задано