

ПРИМЕНЕНИЕ ОДНОРОДНЫХ ДИСКРЕТНЫХ СХЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ СЕТЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Ю.П.Летунов, А.М.Плахотишин

(Москва)

Одинаковость компонент, составляющих структуру сетевого графика (работы и события), позволяет использовать однородные логические схемы в качестве наглядного их аналога.

Предлагаемый способ решения задач сетевого планирования и управления (СПУ) заключается в том, что график представляют электронной схемой, структура которой однозначно отображает сетевой план и состоит из однородных однопараметрических схем-моделей работ. При этом событиям соответствуют гальванические соединения входов и выходов однородных схем.

Для решения задачи оптимизации плана разработки с учетом параметров времени и стоимости была использована идея известного алгоритма Фулькersona-Келли, который сводит задачу минимизации к определению, во-первых, критических путей в сетевом графике и, во-вторых, разреза с наименьшей пропускной способностью транспортной сети, (задача о наибольшем потоке), образованной этими критическими путями.

Рассмотрим структуру, которая основана на понятии двойственного графа и которая позволяет решать задачу о наибольшем потоке, используя сеть с логикой определения кратчайшего пути. На рис. 1 показана транспортная сеть (А,В) и двойственный ей граф (С,Д). В двойственном графе все ребра заменяются парами дуг, имеющих противоположную ориентацию (рис.2). Всем дугам двойственного графа присваиваются индексы 1 или 0 по следующему принципу: если при движении по какой-либо дуге транспортной сети дуга двойственного графа пересекает её слева - ей (дуге двойственного графа) присваивается индекс 1, если справа - индекс 0. Тогда каждая пара будет содержать по одной

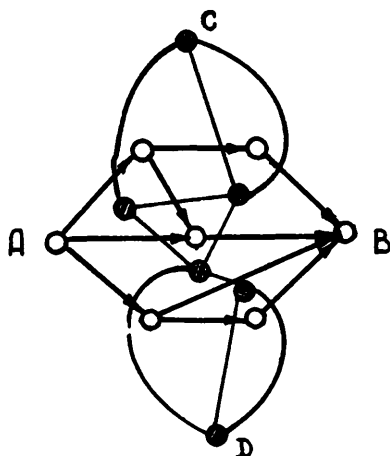


Рис. 1. Основной (AB) и двойственный (CD) графы.

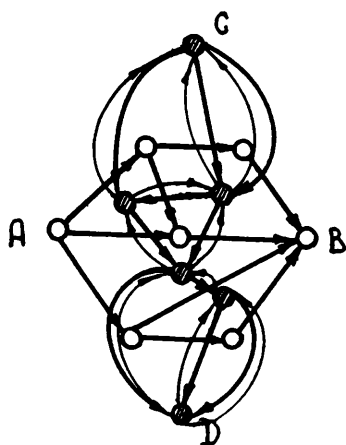


Рис. 2. Вспомогательный граф (CD).

дуге с индексами 1 и 0 (на рис.2 дуги с индексом 1 проведены жирными линиями),

Доказано, что

1) для любого контура, идущего от C к D, множество его дуг с индексом 1 содержит подмножество, соответствующее хотя бы одному разрезу транспортной сети;

2) для любого разреза транспортной сети существует такой контур, идущий от C к D, что в него с индексом 1 входят все дуги, соответствующие этому разрезу, и только они.

Каждой дуге двойственного графа, имеющей индекс 1, ставится в соответствие число, равное коэффициенту стоимости (пропускной способности) работы (дуги транспортной сети), пересекаемой этой дугой. Тогда каждому контуру (без циклов) вспомогательного графа (C,D рис. 2) будет соответствовать число C, равное сумме пропускных способностей, входящих в него слева (при движении от C к D) дуг транспортной сети.

Из 1 и 2 следует, что наименьшим из этих чисел будет минимальная пропускная способность разреза (среди всех разрезов транспортной сети) или по теореме Форда-Фулкерсона наибольший поток через транспортную сеть.

Сеть, обладающая логикой определения кратчайшего пути и скоммутированная по структуре вышеописанного вспомогательного графа, позволяет определить разрез с наименьшей пропускной способностью и наибольший поток через транспортную сеть.

Основной параметр работы — время её выполнения — устанавливается на многопредельной электрической линии задержки (рис.3).

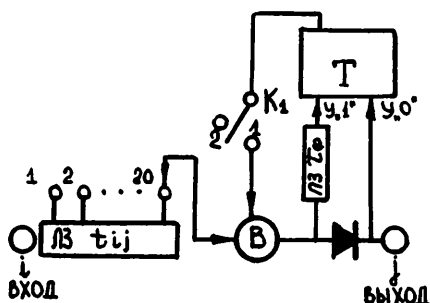


Рис. 3. Схема-модель работы сетевого графика.

Логическая часть схемы, состоящая из триггера и вентиля, обеспечивает индикацию максимального (K_1 в положении 2) и минимального (K_1 в положении 1) по времени пути.

В режиме временного анализа сетевых графиков однородные схемы-модели работ коммутируются в соответствующую двухполюсную сеть, на вход которой от генератора одиночных импульсов подается сигнал, проходящий к выходу сети по всем возможным путям и задерживаемый каждой схемой-моделью на время выполнения работы. Импульс, задержанный ЛЗ, проходит через вентиль на выход, устанавливая триггеры всех схем работ, заходящих в одно событие, в нулевое состояние или подтверждая его. Через время τ_{ϕ} триггер схемы, однако, перейдет в состояние "1" и тем самым отметит работу, по которой он пришел. Такая логика обеспечивает индикацию критического пути в сети. При включении ($t_{кр}$ в положение 1) обратной связи будет отмечаться наикратчайший путь в сети. Если отсчитывать на счетчике время прихода в конечное событие контрольных импульсов (рис.4), то

будет соответствовать приходу последнего импульса. Подключая измерительную схему (см.рис.4) к любому из событий и используя реверсивный счетчик, можно определять резервы времени работ и событий.

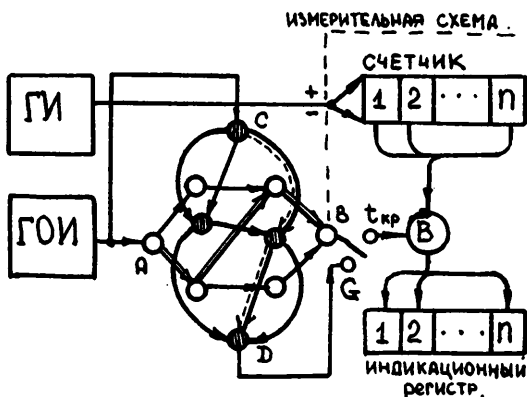


Рис. 4. Блок-схема модели для задач СПУ.

Для решения задачи оптимизации по времени и стоимости достаточно набрать из описанных схем исходный сетевой график и вспомогательный граф, поставив задержки в нем соответственно коэффициентам стоимости пересекаемых работ, и объединить соответствующие дуги этих сетей связями (схема "И"). Тогда, подав на вход основной сети контрольный импульс, фиксируют критические пути основного графика. После этого подается сигнал на вход вспомогательной сети. При этом в ней будут функционировать лишь те задержки, которые соответствуют критическим путям (все остальные задержки равны 0), т.е. будет функционировать вспомогательный граф, соответствующий подграфу, состоящему из критических путей. Таким образом, фиксируется разрез критических путей с минимальной пропускной способностью и определяются работы, обладающие минимальным коэффициентом стоимости. Эти работы сокращаются затем на единицу времени уменьшением соответствующих задержек в основной сети. Продолжая этот цикл (определение критического пути в основном графе, определение кратчайшего пути во вспомогательном пути, сокращение на единицу времени работы критического пути с минимальным коэффициентом стоимости), мы будем изменять временные параметры плана (сокращать его время), двигаясь по кривой минимального роста стоимости.

Таким образом, задачу оптимизации сетевых планов можно

решать в наглядной и легко обозримой форме, используя однородную двухполюсную сеть, которая обладает логикой фиксации критического и кратчайшего путей.