

УДК 681.5:004.9

Модель сетевого планирования для технологических процессов с множеством допустимых целей

О. С. Ершова, С. М. Мовшович

В традиционной модели сетевого планирования предполагается, что факт свершения события является обязательным условием для начала выполнения выходящих из него работ. При этом различают два случая:

1) детерминированная модель, когда для всех узлов сети выполняется условие, что все работы, выходящие из данного узла, с необходимостью должны начать выполняться после свершения события, соответствующего рассматриваемому узлу;

2) стохастическая модель, когда существует, по крайней мере, один узел, среди выходящих из которого работ есть альтернативные. Каждая из таких работ характеризуется вероятностью ее выполнения, и после свершения события, соответствующего рассматриваемому узлу, выполняется только одна работа.

Технологические процессы в метизном производстве, производственных процессах переработки нефти, в пищевой промышленности и других отраслях хозяйственной деятельности характеризуются тем обстоятельством, что после выполнения некоторой последовательности работ может быть изменена цель всего технологического процесса. Таким образом, завершающее событие указанных технологических процессов характеризуется упорядоченным множеством целей $\{d_0, d_1, \dots, d_m\}$. Первоначально перед технологическим процессом ставится задача получения конечного продукта d_0 . В процессе выполнения работ, как правило, после проведения на очередном этапе анализа качества полученного полуфабриката, принимается решение о невозможности получения продукта d_0 . При этом нет необходимости считать полученный полуфабрикат браком, а производится переориентация технологического процесса на получение продукта d_1 . В дальнейшем возможно изменение цели d_1 на d_2 и т.д.

Изменение цели технологического процесса в режиме "on line" часто связано не только, как было указано, с системой обеспечения качества выпускаемой продукции, но и с организационно-экономическими причинами: срочное изменение "портфеля заказов" данного предприятия, чрезвычайные ситуации в регионе, покрытие срочных кредитов, изменение цен на рынке и т.д.

В реальных условиях изменение цели технологического процесса в режиме on-line означает замену технологических карт. Для моделирования указанных технологических процессов целесообразно расширить традиционную стохастическую модель сетевого планирования.

Будем считать, что все множество событий X состоит из исходного события x_0 , завершающего события x_n , множества событий N , инициирующих обязательные работы, множества событий F , инициирующих с некоторой вероятностью одну из множества допустимых работ без изменения цели технологического процесса, и множества событий V , инициирующих альтернативные работы с различными целями технологического процесса.

$$X = \{x_0\} \cup \{x_n\} \cup N \cup F \cup V$$

Любое событие из множества событий N характеризуется тем фактом, что свершение данного события является обязательным условием для начала выполнения всех выходящих из него работ.

Любое событие из множества событий F характеризуется тем фактом, что свершение данного события является обязательным условием для начала выполнения только одной из

всех выходящих из него работ. При этом выполняется именно та работа, вероятность выполнения которой в данный момент наибольшая, но каждая из возможных работ не меняет цели технологического процесса. Примером таких работ может служить ситуация, когда возможно очередную обработку провести на одном станке или последовательно на двух других станках. Причем первый вариант экономически целесообразнее второго, но необходимый станок с большой долей вероятности будет находиться в нерабочем состоянии.

Особенностью событий из множества V является то, что выбор одной исходящей работы зависит от выполнения некоторых внешних условий, при этом, вообще говоря, изменяется цель технологического процесса.

Определим характеристики всех видов перечисленных событий:

1. Каждое событие $x_i \in N$ характеризуется кортежем параметров $\langle i, t_i^p, t_i^n, R_i, d_i \rangle$,

где i – номер события; t_i^p – наиболее ранний срок свершения события i ; t_i^n – наиболее поздний срок свершения события i ; R_i – резерв времени свершения события i ; d_i – цель технологического процесса после свершения события i .

Отметим, что, если событие x_i свершилось после выполнения работ $(k_1, i), (k_2, i), \dots, (k_s, i)$ и все события $k_1, k_2, \dots, k_s$ принадлежат множеству N , то цель технологического процесса не менялась при выполнении указанных работ.

$$d_{k_1} = d_{k_2} = \dots = d_{k_s} = d_i$$

2. Каждое событие $x_i \in F$ характеризуется кортежем параметров $\langle i, t_i^p, t_i^n, R_i, d_i, P_i \rangle$, где первые пять параметров имеют тот же смысл, что и в предыдущем случае, а P_i – вектор вероятностей выполнения работ после свершения события i :

$$P_i = \{p_{i,j_1}, p_{i,j_2}, \dots, p_{i,j_k}\},$$

где k – количество работ, исходящих из события i , p_{i,j_s} – вероятность выбора работы (i, j_s) после свершения события i без изменения цели технологического процесса; ясно, что

$$\sum_{s=1}^k p_{i,j_s} = 1$$

Вероятности p_{i,j_s} могут быть заданы заранее (из опыта исполнения данного технологического процесса), а могут быть известны только при наступлении события i , т.е. в последнем случае они зависят от выполнения ранее исполненных работ и внешних факторов (готовность оборудования, наличие исполнителей нужной квалификации и т.д.).

3. Каждое событие $x_i \in V$ характеризуется кортежем параметров $\langle i, t_i^p, t_i^n, R_i, D_i \rangle$, где первые четыре параметра имеют тот же смысл, что и в предыдущем случае, а D_i – множество возможных целей технологического процесса после свершения события i .

$$D_i = \{d_{j_1}, d_{j_2}, \dots, d_{j_k}\},$$

где k – количество работ, исходящих из события i , d_{j_s} – цель технологического процесса в случае выбора работы (i, j_s) после свершения события i .

4. Исходное событие x_0 характеризуется только первоначально поставленной перед технологическим процессом целью d_0 .

5. Завершающее событие x_n характеризуется кортежем параметров

$$\langle n, t_n^p, t_n^n, R_n, D \rangle,$$

где n – номер события; t_n^p – наиболее ранний срок свершения события n ; t_n^n – наиболее поздний срок свершения события n ; R_n – резерв времени свершения события n ; D – множество возможных целей технологического процесса $D = \{d_0, d_1, \dots, d_m\}$.

Каждая работа (i, j) характеризуется следующими экономическими параметрами:

- материальные, трудовые, энергетические ресурсы, необходимые для расчета себестоимости продукции;

- d_j – цель технологического процесса.

Для каждой работы (i, j) , как и в традиционной модели сетевого планирования, могут быть вычислены ее временные характеристики (раннее и позднее начало выполнения работы, раннее и позднее окончание работы) и вероятность ее исполнения.

Разработанная модель позволяет также определять экономические характеристики технологических процессов, что является довольно трудоемкой задачей при большом числе допустимых целей.

Задача еще более усложняется в тех случаях, когда после свершения некоторого события часть продукции считается товарной, т.е. подлежит продаже, а часть ее является сырьем для следующего узла технологической цепочки. Для таких технологических процессов в ситуации, когда принимается решение об изменении цели производства, необходимо рассчитать нужное количество объемов каждого вида материала, участвующего в технологическом процессе. При этом возникает целый ряд расчетных задач, из которых выделим следующие:

- расчет объема конечного продукта с учетом выполненных к данному моменту (моменту принятия решения об изменении цели производства) работ;

- расчет объемов исходных материалов, необходимых для получения нужного объема конечного продукта, объявленного целью технологического процесса (обратный счет по цепочке необходимых работ);

- оптимизационная задача выбора новой цели технологического процесса из множества допустимо возможных для максимизации прибыли при выполнении существующих производственных ограничений.

Ниже приводятся расчетные формулы, позволяющие решить перечисленные задачи.

Объем выпуска продукции $q2$ -ого вида в узле j , являющейся товарной продукцией, т.е. подлежащей продаже, вычисляется по формуле:

$$b_{jq2} = \sum_{q1=1}^{Li} (b_{iq1} \cdot r_{iq1jq2}),$$

где Li – число различных видов продукции, получаемых после свершения события i (основных материалов, сырья, полуфабрикатов), используемых в рассматриваемых технологических процессах; b_{iq} – объем выпуска q -ого вида продукции после свершения события i , здесь $i = 0, \dots, n$, $1 \leq q \leq Li$; r_{iq1jq2} – расходный коэффициент для $q1$ -ого вида продукции после свершения события i после выполнения работы (j, i) , причем после свершения события j выпущена продукция $q2$ -ого вида; таким образом, продукция $q2$ является сырьем для продукции $q1$; при отсутствии работы (i, j) , т.е. отсутствия пути от узла j к узлу i коэффициент $r_{iq1jq2} = 0$, т.е. продукция $q2$ не является сырьем для продукции $q1$ в состоянии i ; $b_{iq1} \cdot r_{iq1jq2}$ – объем выпуска продукции $q2$ -ого вида в узле j , необходимый для выпуска продукции $q1$ -ого вида в состоянии i .

Стоимость товарной продукции в узле j определяется по формуле:

$$S_j^T = \sum_{q2=1}^{Lj} ((b_{jq2} - \sum_{q1=1}^{Li} (b_{iq1} \cdot r_{iq1jq2})) \cdot c_{jq2}),$$

где c_{iq} – цена единицы q -ого вида продукции после свершения события i ; L_j – число различных видов продукции, получаемых после свершения события j .

Стоимость всей товарной продукции в конечном узле n рассчитывается по формуле:

$$S^T = \sum_{j=0}^{n-1} S_j^T + \sum_{q=1}^{Ln} (b_{iq} \cdot c_{iq}),$$

где Ln – число различных видов продукции, получаемых после завершения технологического процесса (один из этих видов продукции является основным, т.е. выступает как цель технологического процесса).

Общая себестоимость рассчитывается по формуле:

$$S^S = \sum_{i=1}^n \sum_{q=1}^{L_i} (b_{iq} \cdot s_{iq}),$$

где s_{iq} – себестоимость q -ого вида продукции после свершения события i .

Для решения сформулированной выше оптимизационной задачи необходимо максимизировать целевую функцию $S^T - S^S$ с неизвестными b_{iq} ($i = 0, \dots, n, 1 \leq q \leq L$, за исключением b_{nLn}). Исходные данные: r_{iq1jq2} , c_{iq} , s_{iq} , y_{iq} и b_{nLn} (объем основной продукции технологического процесса). Здесь $i = 0, \dots, n$, $j = 0, \dots, n$, $1 \leq q \leq L$, $1 \leq q1 \leq L$, $1 \leq q2 \leq L$, y_{iq} – производительность при выпуске q -ого вида продукции после свершения события i .

При этом время, затраченное на выпуск готовой продукции в узле i , не должно превышать резерв времени свершения события i :

$$\sum_{q=1}^{L_i} (b_{iq} / y_{iq}) \leq R_i \quad (i = 0, \dots, n).$$

Abstract

A strategy of calculation of the technological processes characteristics in the case of a total-ity of possible aims is stated.

Литература

1. Жогаль С.И., Максимей И.В. Задачи и модели исследования операций. Ч.1. Аналитические модели исследования операций: Уч. пособие. – Гомель: БелГУТ, 1999. – 109 с.
2. Садовский В.В., Целикова Л.В., Власова Г.М., Колесникова В.Ф. Михалко М.Н. Производственные технологии // Под ред. В.В. Садовского – Мн.: Дизайн ПРО, 2002. – 528 с.
3. Мовшович С.М. Характеристики и особенности внедрения интегрированной автоматизированной системы управления предприятием // Информационные сети, системы и технологии: Труды VII международной конференции ICINASTe-2001. В трех томах. Том 3. (2-4 октября 2001, г. Минск). Минск. БГЭУ, 2001. – С. 84–89.