

Алгоритм реализации сетевой стохастической модели ресурсного мегапроекта

Н.И. Пляскина

¹ Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН,

² Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия.

pliaskina@hotmail.com

Аннотация В статье предложен алгоритм статистического розыгрыша построения расписания сетевой стохастической модели ресурсного мегапроекта. Выбирается реализация модели с максимальной прибылью на единицу вложенных инвестиций при заданных директивных сроках и ограниченности ресурсов.

Ключевые слова: сетевая стохастическая модель, алгоритм статистического розыгрыша, мегапроект, задача оптимизации, построение расписания

Устойчивое обеспечение экономики страны топливно-энергетическими ресурсами при возрастающем спросе и высокой инерционности минерально-сырьевого комплекса обуславливает повышение значимости мегапроектов освоения ресурсов новых регионов. Мегапроект является долгосрочным капиталоемким проектом с множеством участников и высокими рисками реализации их инвестиционных проектов. Для управления инвестиционной программой мегапроекта предлагается использовать сетевые стохастические модели.

1 Формальное описание стохастической сетевой модели мегапроекта

Модели данного типа позволяют учитывать альтернативные технологии выполнения работ с определенной вероятностью их реализации. Стохастическая сетевая модель мегапроекта предназначена для оценки влияния неопределенности выполнения работ на сроки, масштабы и эффективность его реализации. Задача реализации инвестиционной программы мегапроекта представлена как задача оптимизации ресурсно-календарного планирования при альтернативных вариантах выполнения работ с различными вероятностями. Предложен алгоритм статистического розыгрыша построения расписания выполнения мегапроекта. Выбирается реализация модели с максимальной прибылью на единицу вложенных инвестиций при заданных директивных сроках и ограниченности ресурсов. Предполагается,

Copyright © by the paper's authors. Copying permitted for private and academic purposes.

In: A. Kononov et al. (eds.): DOOR 2016, Vladivostok, Russia, published at <http://ceur-ws.org>

что технологическая последовательность выполнения работ проекта задана в виде ориентированного графа $G = (X, U)$, без контуров и петель, где X — множество вершин, соответствующих событиям сетевой модели; $U \subset X \times X$ — множество дуг, соответствующих работам. Пусть U_x^- — множество работ, исходящих из вершины x , U_x^+ — множество работ, входящих в вершину $x \in X$. При построении стохастической сетевой модели используются восемь типов событий, описывающих практически все ситуации, встречающиеся при моделировании сложных проектов [1]. Предполагается, что заданы следующие величины: N — число работ сетевой модели; M — число вершин (событий); W — список работ сетевой модели с элементами (x_v, y_v, τ_v) , описывающими соответственно, начальное, конечное событие и длительность работы v , $v = 1, \dots, N$; T_{max} — пессимистическая оценка длительности проекта; p_u — вероятность реализации работы $u \in U$, $0 \leq p_u \leq 1$; PC — список решающих событий, который включает в себя информацию о каждом альтернативном событии сети в следующем порядке: шифр решающего события x , тип события x , шифры конечных событий работ из множества U_x^- и вероятности реализации работ, выходящих из x ; формируется массив T_p для вычисления наиболее ранних времен вершин (событий) сетевой модели; множество U_M^+ включает в себя фиктивные работы нулевой длительности, соединяющие концевые события исходной сетевой модели с вершиной M ; K — заданное число реализаций стохастической сетевой модели.

2 Алгоритм статистического розыгрыша

Алгоритм статистического розыгрыша отдельной реализации сетевой стохастической сетевой модели состоит в последовательном рассмотрении группировок работ U_x^- и вычислении временных характеристик событий. В результате розыгрыша часть работ оказывается реализованной, остальные работы исключаются из списка. Розыгрыш каждой работы $(x, y) \in U_x^-$ определяется конкретным описанием логических возможностей начального события x и конечного события y этой работы. Исключение работы (x, y) из текущей реализации производится согласно правилу A , а включение ее в конкретную реализацию — согласно правилу B [1]. С целью уменьшения вычислительных затрат используется ветвление алгоритма в зависимости от числа N . При $N < M_0/2$ используется приведение вероятностей к общему знаменателю; при $M_0/2 < N < M_0$ — метод Уолкера; при $N > M_0$ — бинарный поиск, затраты которого имеют порядок $\log_2 N$. Здесь M_0 — размер максимального массива для заданного компьютера и выбранного языка программирования. Для одной реализации алгоритм требует выполнения операций в количестве $O(nM)$ при $N < M_0$ и $O(nM \log_2 N)$ при $N \geq M_0$. Необходимая память линейно зависит от числа работ n , числа событий и T_{max} .

Для анализа результатов текущей реализации используется счетчик K + успешных реализаций, гистограмма q распределения величины T_{kp} , счетчики реализованности r_v и критичности k_v работы v . Каждой реализации ξ , $1 \leq \xi \leq K$ стохастической сетевой модели соответствует значение случайной величины времени завершения проекта T_{kp}^ξ . Реализация является удачной при выполнении условия $T_{kp}^\xi \leq T_{max}$. В этом случае увеличиваем на единицу количество успешных

реализаций счетчика $K+$ и корректируем гистограмму распределения величины $T_{kp} : q_\tau = q_\tau + 1$, где $T = [T_{kp}^\xi]$. На следующем этапе осуществляем последовательный просмотр списка работ сетевой модели. Если работа с номером v вошла в данную реализацию, то увеличиваем на единицу счетчик реализованности r_v . Проверяем принадлежность каждой реализованной работы какому-либо критическому пути. В случае успешности исхода увеличиваем на единицу счетчик критичности k_v рассматриваемой работы и отмечаем факт принадлежности критическому пути. После розыгрыша заданного числа K реализаций производится окончательная обработка полученных результатов, включающая следующие операции:

1. Вычисление эмпирической функции распределения времени выполнения проекта [2].

$$p_{T_{kp}^-} = q_{T_{kp}^-}; \quad p_T = p_{T-1} + q_T, \quad T = T_{kp}^- + 1, \dots, T_{kp}^+.$$

В результате величина p_T дает оценку вероятности осуществления проекта в пределах планового периода $[T_{kp}^-, T]$.

2. Вычисление коэффициентов реализованности и критичности работ

$$r_v = r_v / K+, \quad v = 1, \dots, N; \quad k_v = k_v / K+, \quad v = 1, \dots, N.$$

3. Оценка вероятности неудачного исхода сетевого проекта величиной $P_n = 1 - K + / K$ (для событий с $T_{kp} > T_{max}$).
4. Оценка вероятности возможных исходов стохастической сетевой модели по значениям r_v для фиктивных работ из множества U_M^+ , входящих в событие с номером M .

В результате применения алгоритма получаем семейство детерминированных сетевых моделей. В каждой конкретной реализации детерминированной сетевой модели решается задача отыскания допустимого расписания η^* минимальной длительности, при котором целевая функция

$$T(\eta) = \max_u \in V(t_u + \tau_u) \rightarrow \min_\eta$$

При этом выполняются условия:

1. соблюдается технология выполнения работ $t_u + \tau_u \leq t_v$ для любой пары работ $u, v \in U$ такой, что $y_u = x_v$;
2. выполняются директивные сроки $t_u + \tau_u \leq T_{dir}(x)$ для всех работ $u \in U$ с $y_u = x$, где $x \in X^{dir}$;
3. суммарная интенсивность в любой момент времени $t = t, \dots, T$ и для любого типа ресурсов ($k = 1, \dots, m$) потребляемых ресурсов не превышает количества $\sum_{u \in U_k(t)} r_u^k \leq R_t^k$ ресурсов, имеющихся в момент t , где R_t^k - запас ресурсов k -го типа в t -м промежутке планируемого времени.

Предложенный алгоритм реализован на ПК с помощью языка программирования С++ на реальной экономической информации мегапроекта ВСНГК. Произведено 20 реализаций стохастической сетевой модели. Вычислена функция распределения

времени выполнения проекта, построена гистограмма распределения T_{kr} и интегральная функция распределения. Пессимистическая оценка длительности проекта T_{max} равна 44 годам, T_{kr} для эффективной реализации составляет 42,5 года. Для реализации программы мегапроекта необходимо инвестировать 144,1 млрд. долл. капитальных вложений. Удельная прибыль составляет 768,8 долл./т нефти.

Список литературы

1. Гимади Э.Х., Гончаров Е.Н., Залюбовский В.В., Пляскина Н.И., Харитонов В.Н.: О программно-математическом обеспечении для задачи ресурсно-календарного планирования Восточно-Сибирского нефтегазового комплекса. Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Математика, механика, информатика. Т. 10, вып. 4. - С. 52–67 (2010)
2. Гимади Э.Х., Глебов Н.И.: Математические модели и методы принятия решений. Учебное пособие. Новосибирск: НГУ, (2008)

Algorithm Realization of a Stochastic Network Resource Mega-Project Management Model

Nina I. Plyaskina

¹ Institute of Economics and Industrial Engineering of SB RAS

² Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia,
plyaskina@hotmail.com

Abstract. An algorithm random drawing of construction schedule network stochastic model resource megaproject. Selects the implementation of the model with the maximum profit per unit of investments at specified deadlines and limited resources.

Keywords: stochastic network model, a statistical algorithm lottery, megaproject, the optimization problem, the construction schedule.