УДК 65.8.5.011.56:65.01

РЕШЕНИЕ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ ЗАДАЧ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ АНАЛИТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Беспалова А.В. *(Одесская государственная академия строительства и архитектуры)*

Показана можливість застосування аналітичних методів для вирішення управлінських задач у будівництві.

Автоматизация управленческого труда происходит на основе применения автоматических устройств и средств вычислительной и организационной техники на базе широкого использования математических методов при решении задач управления строительными объектами. Это касается таких видов управленческого труда:

1. Сбор и обработка информации.
2. Передача и размножение информации.
3. Хранение, составление и учет документации.
4. Подготовка и принятие решений.

В этих случаях используют экономико-математические модели, создаваемые на основе методов исследования операций. Для небольших производственных объектов достаточно ограничиться автоматизацией сравнительно простых функций, связанных с большим количеством вычислений (учет кадров, бухгалтерский учет, поставки и сбыт продукции и т.д.).

Источником многообразия функций управления служит большое количество видов строительных работ. Строительные работы выполняют согласно календарному плану. Угроза нарушения календарного плана требует принятия управленческих решений по перемещению рабочей силы, механизмов и машин, поставки строительных материалов, обеспечению техники безопасности, изменению темпа работ на отдельных участках, внесению обоснованных поправок в календарный план и по многим другим мероприятиям.

Согласно календарному плану порядок выполнения различных работ можно представить ориентированным графом, у которого ребра образуют стрелы, связывающие два вида работ (вершины графа). Начало стрелки соответствует той работе, которая выполняется раньше работы, отмеченной концом стрелки. Последовательность стрелок образует технологическую цепь, если они расположены на одной ломаной. Обозначим буквами вершины графа.

А – возведение каркаса здания;
В – устройство стен;
С – заполнение проемов
Д – устройство фундаментов;
К – столярные работы;
М – сантехнические и электротехнические вводы в здание.

Получим граф-дерево (Рис.1) с четырьмя концевыми вершинами (Д, М, К, С).

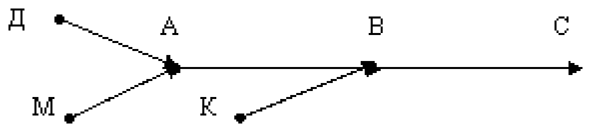

Рис.1. Граф-дерево шести видов работ.

Занумеруем вершины графа: 1 – Д, 2 – М, 3 – А, 4 – К, 5 – В, 6 – С.

Матрица инциденций ориентированного графа имеет элементы a_{ij}, равные 0, если вершины не образуют ребро, -1 или 1 в зависимости от направления стрелки.

В данном случае матрица инциденций имеет вид табл.1.

Таблица 1

Матрица инциденций шести видов работ

i \ j	1	2	3	4	5	6
1	0	0	1	0	0	0
2	0	0	1	0	0	0
3	-1	-1	0	0	1	0
4	0	0	0	0	1	0
5	0	0	-1	-1	0	1
6	0	0	0	0	-1	0

В компьютерной памяти записывается матрица инциденций и три технологические цепи относительно корневой вершины, т.е.

1 3 5 6 – для цепи ДАВС.

2 3 5 6 – для цепи МАВС

4 5 6 – для цепи КВС

В общем случае технологическая цепь имеет вид последовательности занумерованных вершин графа:

$$S_n = a_{i_1}, a_{i_2} ... a_{i_k}$$

где: i_k – номер вершины; n – номер технологической цепи; k – количество вершин технологической цепи.

Таким образом, каждый вид работ можно представить корневой вершиной дерева, содержащего технологические цепи. В соответствии с календарным планом каждому звену технологической цепи соответствует свой интервал времени, который в процессе случайных событий и управляющих решений является случайной величиной. Это значит, что существует априорная вероятность выполнения работ в каждой технологической цепи. Так как технологические цепи объединяются в графы-дерева, выполнения строительных работ можно представлять вероятностью ветвящегося процесса [1]

$$P_{ij}(t) = \Sigma P_{ij_1}(t)\, P_{ij_2}(t) ... P_{ij_r}(t), \tag{1}$$

где: $i \geq 1$, $P_{00}(t) = 1$, $j_1 + ... + j_i = j$

Формула (1) допускает следующую интерпретацию. Пусть X_1 – количество работ, выполненных к моменту времени t. Предположим, что за время T_0 одна работа с вероятностью $P_{in}(T_0)$ обеспечивает выполнение n работ (n = 0,1, …). Тогда формула (1) имеет смысл условной вероятности, т.е.

$$P_{ij} = P(X_{t+\tau} = j \,/\, X_\tau = i)$$

Значения $P(X_t = 0)$ и $\lim_{t \to \infty} P(X_t = 0)$ имеют смысл вероятности завершения работы за время t. Введем производящую функцию ветвящегося процесса

$$f_{(z)} = \sum_{i=0}^{\infty} b_i z^i$$

где: $b_k = \lim_{n \to 0} \frac{P_{1k}(h) - \delta_{1,k}}{n}$, $\delta_{1,k}$ – символ Кронекера.

Для принятия управляющих решений надо иметь прогноз количества работ, выполненных к моменту времени t. Это значит, что надо вычислять математическое ожидание случайной величины X_t.

В теории ветвящихся процессов такие вычисления производятся с помощью функции $F(t,z) = Ez^{X_t}$.

Эта функция может быть найдена решением обыкновенного дифференциального уравнения

$$\frac{dF}{dt} = f(F),$$

$$\frac{dF}{dt} = f(z)\frac{dF}{dz}$$

а также решением уравнения в частных производных

Все технологические цепи имеют две концевые вершины:

A_0 – первая по календарному плану работа, необходимая для выполнения работы A_n,

A_n – работа, выполнение которой требует управляющего решения.

Управляющее решение состоит из мероприятий, необходимых для выполнения работы A_n в расчетный срок Пример управляющего решения представлен на рис.2.

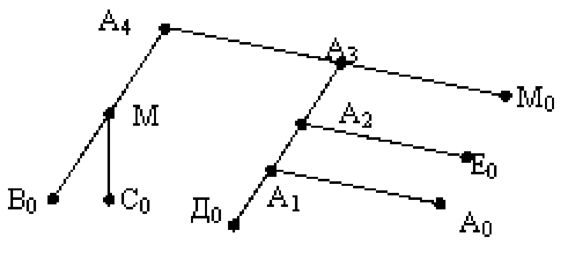

Рис. 2. Граф-дерево задачи управляющего решения.

На рисунке показана цепь $A_0A_1 - A_1A_2 - A_2A_3 - A_3A_4$

Эта цепь рассматривается в том случае, когда какая-нибудь из вершин A_i (i = 0; 1; 2; 3) не обеспечивает выполнения работы в календарный срок. Управляющее решение в случае отсутствия работ на участке A_i состоит из следующих мероприятий:

1. Перемещение рабочих на другие участки.
2. Перемещение механизмов и материалов на другие участки.
3. Сокращение времени выполнения работ на других участках.

Все нарушения календарного плана связаны с изменением времени выполнения отдельных видов работ. Время выполнения работы в календарном плане является средней величиной, полученной из опыта проведения данного вида работ. Поэтому реальное время проведения каждого вида работ является случайной величиной, а время, необходимое для завершения всех работ в технологической цепи, образует сумму независимых случайных величин

$$t = \sum_{i=1}^{n} t_i \qquad (2)$$

Поэтому все управляющие решения связаны с мероприятиями, обеспечивающими минимизацию суммы (2).

Рассмотрим две последовательные работы A_1 и A_2 в одной технологической цепи. Если случайные величины t_1 и t_2 независимы и имеют функции распределения $F_1(x)$ и $F_2(x)$, то сумма $t_1 + t_2$ имеет функцию распределения

$$F(x) = \int_{-\infty}^{\infty} F_1(x-y)\,dF_2(y) \qquad (3)$$

Для анализа управляющего решения относительно технологической цепи надо знать функцию распределения суммы (2), в которой число слагаемых может быть значительно больше 2. В этом случае формула (3) последовательно применяется несколько раз. Такое действие называется кратной сверткой и сопровождается громоздкими аналитическими выражениями [2]. Для упрощения вычислительного процесса целесообразно использовать характеристическую функцию

$$F(x) = \int_{-\infty}^{\infty} F_1(x-y)\,dF_2(y)$$

Если в технологической цепи ее звенья имеют характеристические функции $f_1(t); f_2(t);\ldots; f_i(t);\ldots; f_n(t)$, то характеристическая функция суммы (2) имеет вид:

$$f(t) = \prod_{i=1}^{n} f_i(t) \qquad (4)$$

Формулу (4) будем применять для всех технологических цепей при прогнозе результатов управляющих действий.

В табл. 2 показаны главные характеристические функции управляющих решений.

Таблица 2

Характеристические функции

№	Закон	Параметры	Характеристическая функция
1.	Биноминальный	n, p	$\left[1 + p(e^{it} - 1\right]^{n}$
2.	Пуассоновский	a, b, λ	$e^{\lambda}(e_{it} - 1)$
3.	Нормальный	a, σ	$e^{imt - \frac{\sigma^2 t^2}{2}}$

Здесь биноминальный закон выбран для анализа числа возможных остановок технологической цепи, Пуассоновский – для анализа аварийных событий и нормальный – для прогноза реального времени выполнения каждого вида работ [3]. Первые два закона нашли отражение в литературе по АСУ, а нормальный закон применяется для учета влияния многих факторов на продолжительность работы (погодные условия, техническое состояние механизмов и машин, качество материалов, квалификация работников, их физическое состояние и т.д.). При действии множества факторов на практике применяется нормальный закон, у которого плотность вероятности равна:

$$\varphi(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(t-a)^2}{2\sigma^2}\right)$$

где: a – расчетное время работы одного звена в технологической цепи;

σ – среднеквадратичное отклонение реального времени от расчетного.

Вывод

Необходимость алгоритмизации управленческих решений возникает всегда, когда требуется срочное изменение в типологической цепи строительного объекта. Обоснование оптимальности принятых решений, как показано выше, можно получить, привлекая методы теории массового обслуживания. Таким образом, аналитический аппарат алгоритмизации управленческих решений имеет базу в теории вероятностей, теории графов и математической статистике.

Литература

1. Прохоров А.В. и др. Задачи по теории вероятности. – М.: Наука, 1986.
2. Петров В.В. Сумма независимых случайных величин. – М.: Наука, 1972.
3. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. Пер. с англ. – М.: Мир, 1984.