УДК 65.8.5.011.56:65.01

МЕТОД ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕКТОРОВ И МАТРИЦ В АСУ СТРОИТЕЛЬСТВОМ ОБЪЕКТОВ

Беспалова А.В., Воронин В.А., Файзулина О.А.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса

Для достижения максимального эффекта АСУ в строительстве необходимо использовать математические методы при анализе ситуаций, возникающих при управлении объектом. В процессе принятия решений основные усилия направлены на поиски такого решения, последствия от принятия которого будут наиболее благоприятными – оптимальными.

Рассмотрим стандартную ситуацию, в которой надо распределить m работ между n рабочими. Все рабочие взаимозаменяемы. Введем два индекса:

– i – номер рабочего,

– j – номер работы.

Если i – й рабочий на j – й работе создает продукт ценности a_{ij}, то варианты распределения работ можно представить перестановкой

$$p = \begin{pmatrix} 1, & 2, & ..., & i, & ..., & m \\ j_1, & j_2, & ..., & j_i & ..., & j_n \end{pmatrix}, \tag{1}$$

где: j_i – номер работы, выполняемый i-тым рабочим

Поэтому максимальный эффект равен сумме

$$S = \max \sum_{i=1}^{n} a_i j_i \tag{2}$$

Например, для пяти рабочих число вариантов распределения пяти работ равно 120. Очевидно, что с задачей выбора оптимального варианта может справиться только компьютер. Аналогичные задачи часто возникают при строительных процессах и требуют выбора оптимального решения. Календарный план строительства содержит сотни наименований работ, графики движения рабочих, материалов и основных машин и механизмов.

Поэтому общее состояние строительного объекта можно представить в виде четырех векторов, у которых координаты принимают значения 1 или 0.

– $\overline{X}(t)$ - вектор работ, у которого число координат k равно количеству наименований работ; координата $X_k(t)$ принимает значение 1, если в момент t выполняется $\boldsymbol{k}$ -й вид работ. В противном случае эта координата имеет значение 0;

– $\overline{Y}(t)$ - вектор специальностей, у которого размерность равна количеству работников; координата $Y_k(t)$ принимает значение 1 или 0 в зависимости от того, работает или не работает $\boldsymbol{k}$ -й работник в момент t;

$\overline{Z}(t)$ - вектор механизмов и машин, который строится аналогично вектору $\overline{Y}(t)$;

$\overline{M}(t)$- вектор материалов; координата $M_k(t)$ равна 1, если $\boldsymbol{k}$ -й материал применяется на стройке в данный момент.

Эти четыре вектора образуют 6 матриц инциденций:

$$A_{xy}, A_{xz}, A_{xm}, A_{yz}, A_{ym}, A_{zm}.$$

Все матрицы инциденций хранятся в банке данных. Каждому моменту t соответствуют шесть матриц инциденций. По различным причинам эти матрицы могут изменяться. Отсутствие работника или необходимого материала, неисправность механизма изменяют элементы матриц инцидентности так, что некоторые единицы заменяются нулями. Это приводит к автоматическому изменению любого вектора состояния, у которого также некоторые координаты изменяют значение 1 на значение 0.

Распределение единиц и нулей между координатами вектора состояний образует множество возможных состояний некоторой системы. В теории случайных процессов такие системы называются системами с дискретными состояниями, в которых переход из одного состояния в другое осуществляется скачком. Для описания случайного процесса, протекающего в системе с дискретными состояниями H_k, используем понятия вероятностей состояний

$$P_1(t),\ P_2(t),\dots,P_K(t),$$

где: $P_K(t)$ – вероятность того, что в момент t система находится в состоянии H_k; $k = 1, 2,\dots, R$; R – количество состояний системы.

Вычислим значение R, если размерность вектора состояний равна n. Чтобы вычислить R, надо знать, сколько способов имеется для заполнения одной строки единицами или, что равнозначно нулями. Такая задача в понятиях комбинаторики сводится к вычислению суммы количества сочетаний из n элементов по k элементам, т.е.

$$R = \sum_{k=1}^{n} c_n^k = 2^n \qquad (3)$$

Прогноз будущего состояния любого строительного объекта зависит только от его состояния в момент прогнозирования. Это значит, что в строительных процессах имеет место принцип, согласно которому будущее зависит от прошлого только через настоящее. Отсюда следует возможность считать процесс, протекающий в системе с дискретными состояниями и непрерывным временем, марковским. Известно [1], что если процесс марковский, то все потоки событий, переводящие систему из состояния в состояние являются пуассоновскими. Для любой подсистемы строительного объекта последовательность событий, переводящих ее из одного состояния в другое, происходит в случайные моменты времени t. Для характеристики интенсивности смены состояний удобно использовать понятие плотности потоков событий, переводящих систему из одного состояния в другое. Обозначим: x_{ij} – плотность потока, переводящего t – е состояние в j– е состояние. Параметр x_{ij} показывает среднее число переходов и позволяет составить систему линейных дифференциальных уравнений для вероятностей состояний $P_k(t)$.

Для составления этих дифференциальных уравнений надо знать матрицу инциденций, которая позволяет построить размеченный граф состояний, на котором против каждой стрелки, ведущей из состояния в состояние, показана плотность потока событий, переводящего систему из состояния в состояние по данной стрелке.

Сформулируем правила при составлении дифференциальных уравнений для вероятностей состояний любой подсистемы строительного объекта.

1. В левой части каждого уравнения стоит производная вероятности состояния.
2. В правой части содержится столько слагаемых, сколько стрелок ориентированного графа связано непосредственно с данным состоянием.
3. Если стрелка ведет в данное состояние, слагаемое имеет знак плюс, а если из данного состояния, слагаемое имеет знак минус.
4. Каждое слагаемое равно произведению плотности потока событий, переводящего систему по ребру графа, на вероятность того состояния, из которого исходит стрелка.

Решение таких систем уравнений прогнозирует вероятность активного участия различных элементов в строительном процессе. Результат решения может соответствовать случаю, когда какой-либо важный элемент системы имеет низкую вероятность активного участия при строительном процессе. Это значит, что элемент не полностью выполняет свои функции.

В этом случае необходимо управляющее решение о движении работников, машин, механизмов и материалов, при котором максимизируется сумма (2), элементы которой определяются методами шкалирования, которые сводятся к проблеме собственных значений. Для этого рассматривается номинальный признак, который может принимать различные значения (категории состояния, уровни) и используется для разделения на группы. Если каждая группа представлена случайной выборкой, то результаты измерений этого признака можно описать матрицей частот. В этой матрице строки соответствуют группам, а столбцы - категориям. Элемент матрицы показывает, сколько раз среди наблюдений любой группы встретилась любая категория.

Такие матрицы дают исходные данные для задачи дисперсионного анализа.

Задача шкалирования состоит в том, чтобы рассеяние внутри группы было малым, а между группами различие было большим. Решение этой задачи получено в [1], где использован многомерный анализ. Сначала вводится многомерное нормальное распределение, а затем вместо *х*- квадрат распределения используется распределения Уишарта. Следует заметить, что в работе [1] измеряемые переменные называются признаками, а качественные показатели – факторами. В такой терминологии решаются задачи многомерного дисперсионного анализа. В отличие от одномерной ситуации в многомерном анализе распределения критериев значимости недостаточно оснащены таблицами. Поэтому особенно важную роль играют компьютерные аппроксимации эмпирических распределений случайных отклонений координат вектора состояний строительного объекта [2].

В строительстве чаще приходится сталкиваться с положением, когда число выборочных единиц сопоставимо с числом их характеристик. Наиболее важный **практический вывод** из математического изучения этой ситуации состоит в том, что уменьшение числа измеряемых признаков улучшает качество статистических выводов. Отсюда следует целесообразность уменьшения размерности вектора состояния строительного объекта, но это следует делать уже на стадии составления календарного плана строительства объекта. Дисперсионный анализ можно исключить из математического обеспечения АСУ, если известны все значения элементов a_{ij} матрицы ценностей. В этом случае алгоритм управленческого решения содержит следующие действия:

– составление матриц инцидентности.

– составление вектора состояния.

– набор вариантов по формуле (1).

– вычисление максимальной суммы по формуле (2).

– принятие управляющего решения по индексам максимальной суммы (2).

Summary

The method of using vectors and matrix is considered in the ACS by construction objects in formulation of management decisions. The main source of information is passed values matrix .

Литература

1. Арепс Х., Лейтер Ю. Многомерный дисперсионный анализ. – М.: Финансы и статистика, 1985.- 230 с.

2. Беспалова А.В., Харитонов А.I, Худенко Н.П. Визначення імовірності екстремальних подій у будівництві // Вісник одеськ. держ. акад. будівництва і архіт-ри. – Одеса, 2003. – Вип. 9. – С. 36 – 38.