электронное научно-техническое издание
НАУКА и ОБРАЗОВАНИЕ
Эл № ФС 77 - 30569. Государственная регистрация №0421100025. ISSN 1994-0408

Методика вероятностного и лингвистического сетевого моделирования проекта развития сети автомобильных дорог

77-30569/370866

04, апрель 2012

Измайлова М. В., Алексеев С. Р., Катырин С. Н.

УДК 681.3

МГТУ им. Н.Э. Баумана
Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)
Mi06@bk.ru
katyrin.madi@mail.ru

Введение

В реальной ситуации при организации дорожного строительства всегда имеется неопределенность как в сроках реализации этапов, так и в ресурсах, необходимых для реализации каждого этапа. Все это связано с оценкой анализа рисков срыва сроков реализации строительных работ [1]. Каждый этап предполагает затраты, что выражается в потребности в кадрах, финансах, материалах и др. Существует множество методик оценки экономической эффективности дорожного строительства [2], однако отсутствует реализация инвариантных методов к различным видам неопределенностей. Модель учета неопределенности может носить как вероятностный характер, когда указанные характеристики представляют случайные величины, так и лингвистический, когда для формализации процессов используются нечеткие переменные. Предлагается универсальная модель, учитывающая возможности моделирования вероятностной и лингвистической неопределенности, что является расширением классической модели сетевого план-графика реализации инновационного проекта.

Имитационная модель реализации сетевого планирования инновационного проекта

Пусть имеется множество этапов W_i общего плана дорожного строительства . Время реализации этапа обозначим T_i. Полагается, что этапы могут выполняться как параллельно, так и последовательно. Между этапами реализации проекта существует определенная логическая связь, что определяет

структуру графа $G=<W, E>$, схематично представленного на рисунке 1, где $W=\{W_i\}$ (i=1..N) - множество этапов, а $E=\{E_{ij}\}$ (i,j=1..N) - множество дуг (связей). При наличии связи между вершинами $E_{j,j}=1$, при отсутствии - $E_{j,j}=0$. Наличие связи между i-м и j-м этапом определяет, что этап W_j не может начаться, пока не завершатся этапы W_i. Предполагается, что время реализации каждого этапа может быть как случайной, так и лингвистической переменной, полученной на основе экспертных оценок. Задача заключается в разработке универсального алгоритма, позволяющего выполнить расчет временной последовательности реализации этапов и требуемых ресурсов для детерминированного, вероятностного и нечеткого вариантов формализации модели.

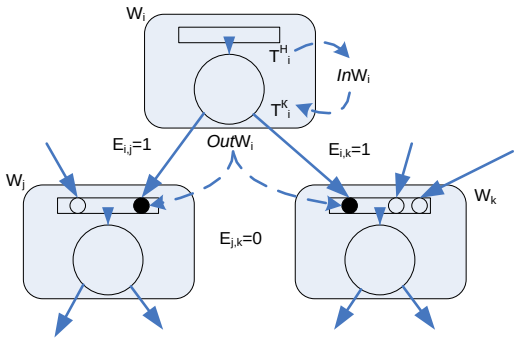


Рис.1. Сетевая модель связности этапов

В качестве модели этапа в общей структуре сетевого графика будем использовать рекуррентную схему, концептуально подобную алгоритму дискретно-событийного имитационного моделирования. В данной схеме с каждым этапом связано два оператора:

$OutW_i$ – оператор завершения этапа W_i;

$InW_i(k)$ – оператор инициализации начала i–го этапа, где k – номер завершенного этапа.

Для детерминированного случая сетевой модели по списку значений времен реализации этапов $\{T_i\}_{i=1..I}$ с учетом заданной матрицы смежности E графа G необходимо определить список времен $\{T^H_i\ T^K_i\}_{i=1..I}$, где, T^H_i - время начала i-го этапа, T^K_i - время окончания i-го этапа.

Начальным шагом алгоритма расчета временных характеристик является установка начального модельного времени T=0, установка неопределенных значений времен T^H_i=<N>, T^K_i=<N>, поиск вершин W_i, для которых нет входящих связей, и выполнение операторов инициализации InW_i для выбранных этапов. Далее работает рекуррентная схема, представляющая последовательное выполнения операторов инициализации и завершения этапов. Операторы InW_i выполняют проверку завершенности всех этапов необходимых для начала i-го этапа и вычисляют время его завершения T^K_i. Операторы завершения $OutW_i$ реализуют рассылку признака завершения этапам, с которыми он связан.

Оператор *OutW* повторяется для всех вершин графа с уже рассчитанными временами завершения $T^{К}$ и для каждой вершины может быть выполнен лишь один раз, в отличие от InW_i, который повторяется для каждой входящей связи. В результате создается список времен начала и завершения этапа, которые сортируются в порядке возрастания. С каждым элементом списка связано либо начало, либо завершение некоторого этапа.

Вероятностная параметризация модель

При вероятностной формализации каждой вершине графа *G* приписывается случайная величина T_i времени реализации этапа с некоторой функцией распределения. Для предложенной рекуррентной модели в случае последовательной реализации этапов времена должны складываться, а в случае параллельной - должен вычисляться максимум случайных величин. Аналитическое решение для реализации указанных операций в случае произвольных функций распределения является затруднительным.

Предложенная рекуррентная схема позволяет определить все случайные величины начала и завершения выполнения этапов сетевой модели на основе повторных выборок. Каждая *m*-ая выборочная реализация определяет список времен начала и завершения этапов $\{T^{Н}_i(m),\ T^{К}_i(m)\}_{\ i=1..I}$. Вероятностные характеристики этих распределений могут быть получены статистическими методами, причем с любой точностью, что определяется количеством повторных реализаций рекуррентной схемы. Полученные характеристики распределения времен позволяют более адекватно оценивать динамику затрат (*З*) и прибылей (*P*), связанных с реализацией всего проекта дорожного строительства.

Поскольку прибыли и затраты в модели выступают равноценно, то далее будем использовать понятие ресурса (*Q*). Задача состоит в оценке вероятностных характеристик процессов потребления ресурсов. В данном случае каждая вершина графа *G* взвешена случайной величиной объема ресурсов Q_i, что соответствует естественному процессу реализации проекта. Одним из вариантов распределения потребления ресурсов по циклу реализации этапа является равномерное распределение, хотя предложенная модель имеет возможность учета произвольного распределения ресурсов по каждому этапу.

В вероятностной модели при фиксированном значении времени *t* для каждого этапа ресурс $Q_i(t)$ будет также определяться случайной величиной. Характеристики этой величины рассчитываются на основании повторных реализаций детерминированной сетевой модели. Таким образом, имея на каждый момент времени *M* выборочных значений потребностей в ресурсах имеется возможность построения характеристик процесса $Q_i(t)$ во времени для каждого этапа отдельно. Эксперименты для различных структур сетевых моделей показали, что математическое ожидание потребностей в ресурсах практически всегда является унимодальной функцией. Объединяя процессы потребления ресурсов

каждого этапа, модель позволяет реализовать расчет потребностей в ресурсах от всех этапов, объединяя их в единый случайный процесс. То есть, в каждый момент времени определены случайные величины с вычисленными параметрами среднего и дисперсии, что позволяет с определенной степенью риска говорить о потребностях в ресурсах на каждый момент времени.

Показано, что неопределенность характеристик сетевой вероятностной модели сглаживает среднее значение потребностей в ресурсах по сравнению с детерминированной моделью по всей длине реализации проекта.

Лингвистическая параметризация модели

Вероятностная модель полезна, когда имеются статистические данные о реализации подобных проектов. В случае их отсутствия более адекватной является лингвистическая модель сетевого графика реализации этапов, построенная на базе теории нечетких множеств. Вершины сетевой модели взвешиваются лингвистическими переменными времен реализации этапов и лингвистическими переменными потребления ресурсов каждого этапа.

В рамках расширения детерминированной рекуррентной схемы построена нечеткая модель, в которой время реализации этапа является лингвистическиой переменной с функцией принадлежности из класса распределения, подобного нормальному в вероятностной формализации. На основании «принципа обобщения» для указанного класса функций принадлежности показано, что сумма и результат операции взятия максимума имеет функцию принадлежности того же класса.

Таким образом, на основе рекуррентной схемы имеется возможность расчета лингвистических переменных времен начала и конца завершения каждого этапа, что дает возможность расчета потребления ресурсов на каждом интервале времени в виде лингвистической переменной.

Заключение

При проведении расчётов экономической эффективности и обосновании экономической целесообразности реализации проекта в основном применяется система показателей, построенная на основе потоков наличностей. В практике расчётов для этого используется прежде всего показатель *NPV*. Чистая текущая стоимость представляет собой разность полученного совокупного дохода и, соответственно, произведенных расходов, суммированную за срок жизни проекта с учетом фактора времени, через приведение разновременных по годам доходов и расходов к базовому году.

Построенная сетевая модель позволяет на каждый год рассчитать либо вероятностные характеристики необходимых ресурсов, либо их функции принадлежности. Таким образом, значение NPV также представляет либо случайную, либо лингвистическую переменную, что дает большую информацию для оценки

рисков при реализации проекта дорожного строительства и принятия решений по выбору альтернативных вариантов управления проектом.

Список литературы

1. Балабанов И.Т. Риск-менеджмент. – М.: Финансы и статистика, 1996. – 193 с.
2. Бурков В.Н., Иринов В.А. Модели и методы управления организационными системами. - М.: Наука, 1994. – 270 с.

electronic scientific and technical periodical
SCIENCE and EDUCATION
EL № FS 77 - 30569. №0421100025. ISSN 1994-0408

Method of probabilistic and linguistic network modeling of the project of highway network development

77-30569/370866

04, April 2012

Izmailova M.V., Alekseev S.R., Katyrin S.N.

Bauman Moscow State Technical University
State Technical University - MADI
Mi06@bk.ru
katyrin.madi@mail.ru

This article deals with problems of creating a performance evaluation method for projects of highway network development. Integral index NPV was chosen as an efficiency criterion; its evaluation is based on simulation of the project implementation schedule chart under the conditions of stochastic and linguistic uncertainty.

Publications with keywords:simulation modeling, estimate of efficiency
Publications with words:simulation modeling, estimate of efficiency

References

1. Balabanov I.T. *Risk-menedzhment* [Risk management]. Moscow, Finansy i statistika, 1996. 193 p.

2. Burkov V.N., Irinov V.A. *Modeli i metody upravleniia organizatsionnymi sistemami* [Models and management technology of organizational systems]. Moscow, Nauka, 1994. 270 p.