ББК 65.050.9(2Р)2
УДК 338.2(075.8)
С 56

С 56 **Совершенствование институциональных механизмов управления в промышленных корпорациях** / под ред. В.В. Титова, В.Д. Марковой. – Новосибирск : Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2013. – 352 с.

ISBN 978-5-89665-265-6

Сборник научных трудов посвящён актуальной теме разработки методологического подхода к совершенствованию институциональных механизмов управления промышленными корпорациями. В первую очередь представлены исследования по изменению налоговой системы, промышленной политики. Рассмотрены также проблемы активизации инновационного процесса, развития малого инновационного предпринимательства, формирования стратегии модернизации и др.

Анализируемые в сборнике проблемы представляют интерес не только для научных работников, занимающихся исследованиями в указанном направлении, но и для преподавателей и студентов, специализирующихся в области инновационного, стратегического и производственного менеджмента, для практического использования в управлении фирмами и корпорациями.

ISBN 978-5-89665-265-6

9 785896 652656

ББК 65.050.9(2Р)2
УДК 338.2(075.8)

ISBN 978-5-89665-265-6

Л.А. Астанина, Л.В. Кирина

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К УЧЁТУ ВНЕШНИХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТАМИ

Представлен алгоритм расчета параметров стохастического графа с учетом потока изменений, основанный на использовании метода Монте-Карло и специальных процедурах анализа графа.

Algorithm of stochastic graph parameters estimation is presented. Flow of changes is taken into account. The analysis is based on Monte-Carlo method and special procedures of graph's analysis.

В настоящее время все известные системы управления проектами построены на использовании сетевых моделей, позволяющих осуществлять календарное планирование работ проекта, а также оперативный контроль выполнения проекта относительно запланированных затрат ресурсов и сроков завершения [1, 2].

Лежащее в основе сетевых моделей понятие сети является, с одной стороны, удобной формой изображения плана, а с другой – математическим объектом, который можно точно и глубоко проанализировать – с целью получения важной информации для принятия обоснованных управленческих решений.

Сетевые модели имеют широкую сферу применения, так как дают формальный аппарат описания с позиции достижения единой конечной цели всего объёма выполняемых работ в их динамике и взаимосвязи независимо от характера исследуемого процесса. Таким образом, сетевые модели имеют универсальный характер. Одной из наиболее сложных и перспективных областей их использования является управление промышленными инновациями. Дело в том, что сетевые модели позволяют объединить в единую структуру все разнохарактерные работы по реализации нововведения (конструкторские, технологические, маркетинговые, производственные), а также коммуникационные процессы, связанные с процедурами принятия решений по согласованию различных этапов инновационного процесса, реализуя тем самым комплексный подход к планированию инноваций.

Содержанием начальных этапов процесса создания продуктового нововведения являются прикладные научные исследования, для которых самой существенной особенностью является наличие большого числа альтернатив достижения выдвигаемых целей.

Это обстоятельство обусловливает адекватность моделирования начальных этапов создания новой продукции с помощью альтернативного стохастического графа [3, 4], причём точность отображения здесь во многом зависит от возможности дифференцировать различные альтернативные ситуации с помощью использования в сети событий со сложной логической структурой. На следующем шаге в качестве объекта исследования выделяется этап научно-технической разработки, который занимает промежуточное положение между прикладными научными исследованиями и собственно промышленным производством. Это может быть техническое проектирование, выполнение рабочего проекта и обязательно – изготовление опытного образца сложного изделия или его основных компонентов. Такое деление не противоречит общесистемной методологии, так как выделенный этап характеризуется специфическими свойствами, позволяющими рассматривать его в качестве объекта обособленного изучения.

На данном этапе основные альтернативные ситуации, как правило, уже разрешены, определена структура изделия и его технико-экономические параметры, однако стохастическая природа процесса сохраняется в силу неопределенности результатов работ, обусловленной исследовательским характером процесса создания опытно-промышленного образца.

Прочими существенными особенностями, характеризующими рассматриваемый процесс, являются сложность взаимосвязей между различными этапами работ, системы контроля, испытаний различных узлов, блоков и изделий в целом, многократность исполнения отдельных элементов в связи с отработкой технологии, необходимость большого числа дополнительных и доводочных работ. Проблему анализа таких разработок можно решать с помощью модели, основанной на стохастическом графе специального вида, так называемом графе с возвратами (или графе со случайными контурами) [3, 4], отображающем содержание и взаимосвязь этапов рассматриваемого процесса.

Таким образом, установлено, что на процесс создания и освоения новых изделий влияют две группы стохастических факторов: наличие множества альтернатив достижения желаемой цели и высокая доля возвратов на переделку и доработку уже завершенных этапов работы, которые могут быть учтены с помощью альтернативных стохастических графов и стохастических графов с возвратами соответственно. Кроме того, имеется ещё одна группа стохастических факторов, оказывающая существенное влияние на ход разработки – это поступление изменений в конструкторско-технологическую документацию в период освоения изделия.

Причины поступления изменений могут быть различными: новые результаты исследований, материалы, новые технологические и конструкторские решения. Все эти обстоятельства обусловливают случайный характер потока изменений. Причём усложнение изделий, сокращение времени разработки и другие проявления научно-технического прогресса усиливают интенсивность потока изменений. Таким образом, игнорировать его влияние в настоящее время недопустимо. Анализ разработок показывает, что число таких изменений сопоставимо с числом первоначальных документов и чертежей, регламентирующих разработку. Значительно растут и затраты, обусловленные изменениями в конструкции и технологии, переделкой чертежей и в особенности созданных компонентов изделия.

При этом необходимо отметить характерное для данного процесса наличие цепной реакции: внесение изменений в конструкцию отдельных элементов изделия непосредственно в ходе освоения приводит к изменению некоторых или всех операций технологического процесса. В свою очередь, изменение технологии связано с необходимостью переконструирования и переделки оснастки и т.д.

1. Модель анализа внешних воздействий

Формирование модели, учитывающей поступление изменений, проводится следующим образом. Сначала обычными методами строится сетевая модель $G(I,U)$, где I – множество событий (вершин) сетевого графа; U – множество его работ (дуг).

Далее обрабатывается статистика получения изменений для прошлых разработок, т.е. проводится ретроспективный анализ разработок прототипов изделий. Поскольку на предприятиях каждый факт поступления изменений должен документально регистрироваться, анализ в значительной мере сводится к тому, чтобы выразить имеющуюся информацию на языке модели. После анализа всех изменений, поступивших в прошлые разработки, выделяется множество таких событий $E \in I$, которое характеризуется тем, что любое события $e \in E$ изменялось хотя бы один раз в соответствии с документами об изменениях. Для каждого $e \in E$ можно определить среднее число изменений (частоту) ν_e за весь период освоения.

Поступающие изменения представляют собой поток однородных событий, следующих одно за другим в случайные моменты времени, которые имеют плотность распределения $f(\tau)$. В простейших случаях, когда поступающие изменения являются независимыми, мы имеем дело с так называемым потоком без последствия. Это значит, что для любых двух непересекающихся отрезков времени число событий, попадающих на один из них, не зависит от того, сколько событий попало на другой.

Анализ конкретных процессов показал, что во многих случаях можно сделать ещё два дополнительных предположения относительно характера потока изменений. Во-первых, то что поток изменений обладает свойством ординарности, т.е. в каждый момент времени поступает не более одного изменения. Во-вторых, то что рассматриваемый поток стационарен, т.е. среднее количество изменений постоянно для всего периода освоения. Последнее условие эквивалентно тому, что функция плотности потока не зависит от времени.

В теории массового обслуживания поток событий, обладающий всеми тремя перечисленными свойствами (ординарностью, стационарностью и отсутствием последствия) называется простейшим (или стационарным пуассоновским) потоком [2]. В простейшем потоке промежуток времени между двумя последовательными событиями распределен по показательному закону. Его среднее значение и среднеквадратичное отклонение равны 1/λ, где λ – интенсивность потока (среднее количество изменений в единицу времени). Таким образом, в сделанных предположениях

$$f(\tau) = \begin{Bmatrix} \lambda \cdot e^{-\lambda\tau}, & \tau > 0 \\ 0, & \tau < 0 \end{Bmatrix}. \tag{1}$$

Алгоритм расчёта параметров стохастического графа с учётом потока изменений основан на использовании метода Монте-Карло и специальных процедур анализа графа. Алгоритм состоит из трёх крупных этапов.

Первый этап связан с анализом структуры графа и приведением исходной информации к удобному для дальнейших расчётов виду.

Второй этап осуществляет *N*-кратную реализацию графа с учётом поступающих изменений, где N – заданное количество статистических испытаний.

Третий этап работы алгоритма состоит в статистической обработке информации о параметрах модели, полученной на втором этапе.

Топологическое упорядочение графа, осуществляемое алгоритмическим путём, значительно сокращает время расчёта, так как позволяет вычислить параметры графа, в том числе и критический путь, за один просмотр списка дуг.

Процедура моделирования потока поступающих изменений состоит, прежде всего, в определении адреса (номера события $e \in E$) очередного изменения, являющегося дискретной случайной величиной, заданной статистикой ν :

$$\begin{pmatrix} e_1, e_2, & \dots & e_l \\ \nu_1, \nu_2, & \dots & \nu_l \end{pmatrix}, \quad \text{где } \sum_{i=1}^{l} \nu_i = 1. \qquad (2)$$

В этом случае розыгрыш производится следующим образом. Получаем число ξ, распределённое равномерно на интервале (0,1), и проверяем для него выполнение соотношения $\sum_{i=1}^{k-1} \nu_i \le \xi \le \sum_{i=1}^{k} \nu_i$.. Если для некоторых *k* соотношение выполняется, то адресом очередного изменения является событие e_k . Далее на основе функции плотности $f(\tau)$ разыгрывается τ – промежуток времени до поступления очередного изменения. Время поступления очередного изменения определяется как $t + \tau$.

Плотность распределения $f(\tau)$, в принципе, может быть различной в зависимости от характера конкретного процесса. Рассмотрим ситуацию, когда поступающие изменения представляют собой пуассоновский поток событий. Процедура получения случайных чисел с заданным законом распределения организована в модели с помощью метода обратных функций.

В соответствии с методом процедура преобразования равномерно распределенного в интервале (0,1) случайного числа ξ в случайное число τ с заданным законом распределения $f(x)$ сводится к решению относительно τ уравнения

$$\xi = \int_{-\infty}^{\tau} f(x)dx . \tag{3}$$

Отсюда интервал между двумя последовательными моментами поступления изменений может быть получен из следующего уравнения:

$$\int_{-\infty}^{\tau} \lambda e^{-\lambda x} dx = \xi . \tag{4}$$

Вычисление интеграла даёт соотношения:

$$\begin{aligned} 1 - e^{-\lambda\tau} &= \xi; \\ \tau &= -\frac{1}{\lambda}\ln(1-\xi). \end{aligned} \tag{5}$$

Величина (1-ξ) распределена точно так же, как и ξ, т.е. равномерно в интервале (0,1). Отсюда окончательная формула для определения интервалов имеет вид:

$$\tau_{\lambda} = -\frac{1}{\lambda}\ln\xi . \tag{6}$$

Таким образом, генерируется изменение, пришедшее в вершину e в момент $t+\tau$. Процедуры розыгрыша поступающих изменений объединены в блок имитации изменений.

Для сформированных адреса изменения e и момента его поступления $t+\tau$ имеет место одна из двух возможностей:

1) событие e к моменту $t+\tau$ выполнено, следовательно, пришедшее изменение связано с переделкой выполненных работ;

2) событие e к моменту $t+\tau$ ещё не выполнено, поэтому пришедшее изменение не требует переделки выполненных работ.

Вторая возможность соответствует такому состоянию, когда приходящие изменения затрагивают компоненты системы, по которым ещё не произведены затраты ресурсов и времени, поэтому внесение изменений, определённых пришедшим документом, практически не требует увеличения ресурсов. В первом же случае изменение вносит существенное искажение в параметры процесса подготовки: меняются ресурсы и время выполнения.

В рамках данной модели эти поправки параметров исчисляются следующим образом:

$$T_e = \max(T_e, t + \tau). \tag{7}$$

Далее для $j \in \tilde{A}_e$ (где $\tilde{A}_e$ – фрагмент графа, в вершины которого можно попасть, двигаясь из события e по направлению дуг) параметр T_j пересчитывается по известной процедуре Форда с учетом коэффициента корректировки (α) длительности работ при повторном выполнении. После реализации каждого изменения полагаем $t = t + \tau$ и повторяем процедуру.

Одна реализация модели считается оконченной, когда после очередного розыгрыша изменения окажется, что $t + \tau > T_{\text{Кр.}}$, где в процессе моделирования $T_{\text{Кр.}}$ является неубывающей случайной величиной. Конечность процедуры розыгрыша здесь не гарантируется. В программах, реализующих алгоритм, предусмотрены режимы прерывания моделирования. Одним из критериев прерывания является превышение в заданное число раз длины критического пути детерминированного графа, лежащего в основе имитационной модели.

Определение стоимости комплекса работ для данной реализации модели осуществляется следующим образом:

$$S = \sum_{(i,j)} \left\{ \sum_{k=0}^{K_r(i,j)-1} S_{ij} \cdot k_{ij}^k \right\}, \tag{8}$$

где S_{ij} – стоимость работы (i, j);

k_{ij} – коэффициент корректировки стоимости работы при повторном исполнении;

$K_r(i, j)$ – число реализаций дуги (i, j), которое, вообще говоря, может быть больше единицы в связи с возникновением в графе случайных циклов.

2. Статистическая обработка результатов

Результатом имитационного моделирования являются выборки объёма N случайных величин параметров процесса, к которым применяются стандартные процедуры обработки статистической информации. Это даёт возможность построить выборочные функции плотности $p(T)$, $p(S)$ и распределения $F(T)$, $\Psi(S)$, таких параметров разработки, как время T и стоимость S.

Литература

1. **Мазур И.И. и др.** Управление проектами / под общ. ред. И.И. Мазура и В.Д. Шапиро. – 5-е изд., перераб. – М. : Издательство «Омега-Л», 2009. – 960 с.
2. **Волков И.М., Грачева М.В.** Проектный анализ. – М. : ЮНИТИ, 2004.
3. **Кирина Л.В., Астанина Л.А.** Моделирование инновационных процессов // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Социально-экономические науки. – 2008. – Т. 8, вып. 2. – С. 103–108.
4. **Мироносецкий Н.Б., Кирина Л.В. и др.** Модели управления научно-техническим прогрессом на предприятии. – Новосибирск : «Наука», 1988. – 152 с.