

МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ ПЛАНОВ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

© 2012 В.П. Чернышов

Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)
E-mail: zaskanov@mail.ru

Рассматриваются вопросы анализа развития производства по времени реализации его отдельных этапов. Предложена модель оценки эффективности инновационной деятельности при условии обеспечения ее функционирования в пределах устойчивого состояния, определяемого в первую очередь финансовыми ресурсами для развития предприятия.

Ключевые слова: предприятие, стоимость проекта развития, динамика реорганизации, порог чувствительности, эффективность инвестиций, целевые функции.

Разработке проекта создания (реформирования) сложной системы (производственной, организационной, транспортной и т.д.) предшествует анализ состояния производства на начальном этапе, в ходе которого определяются ориентировочные характеристики системы: финансовые и временные затраты на ее проектирование и реализацию, сроки окупаемости, рамочная структура (архитектура), принципы функционирования (поведения) и др. Начальный этап анализа называют также технико-экономическим обоснованием, предынвестиционным исследованием. Поскольку на начальном этапе реальной системы еще не существует, проработка ведется в основном на уровне различных моделей. Другими словами, базовыми методами обоснования являются аналитическое и имитационное моделирование.

Различают пять последовательных стадий моделирования на начальном этапе обоснования.

1. Целеполагание - формулирование целей, определяющих назначение создаваемой (формируемой) системы, а также целей, которые должны быть достигнуты при выполнении проекта.

2. Когнитивное (познавательное) моделирование - идентификация факторов, влияющих на развитие ситуации в системе; задание (на основе опроса экспертов) взаимосвязей между факторами; прогнозирование тенденций развития ситуации и т.д.

3. Операционное моделирование - построение сценариев достижения поставленных целей на основе множества операций, выполняемых в определенном порядке.

4. Потокосное моделирование - отображение потоков (финансовых, информационных, материальных, энергетических), подаваемых на вход

системы, распространяемых внутри системы, снимаемых с ее выхода.

5. Оценки влияния структуры системы производства на показатель эффективности.

Целеполаганию и операционному моделированию посвящен цикл работ¹. В настоящей статье обсуждается интеграционный подход к аналитическому моделированию на базе формального аппарата теории графов и ее приложений².

Известные из литературы потоковые модели создавались в основном под определенные классы систем. Примером могут служить модели гибких автоматизированных производств (робототехнологических комплексов, участков, цехов в машиностроении), модели бизнес-систем, представляемых блочными структурами с реализацией в каждом блоке своего жизненного цикла преобразования элементов потоков и др. Каждая такая модель была ориентирована на собственные инструментальные средства, что создавало серьезные трудности.

В работе используется универсальная сетевая модель, которая может быть применена для отображения путей и потоков в сети, представляющей проект развития промышленного предприятия (ПР ПП) как различные этапы его реализации. Модель и основанные на ней методы описания и анализа путей и потоков поддержаны универсальным инструментарием теории графов, сетевым представлением.

Предлагаемые модели анализа ПР ПП - это структура, состоящая из двух взаимосвязанных частей, базирующихся на изображении некоторой сетью как проекта, так и показателей эффективности, связанных с отдельными требованиями, внешними по отношению к проекту ТН как системе, и с сетью, описывающей сам проект.

Рассмотрим последовательно модели, обеспечивающие анализ ПР ПП с использованием ТН с этих позиций.

В рамках общего сетевого подхода реализация ПР ПП как последовательность событий и работ может быть представлена ориентированной сетью.

Исходя из изложенного ПР ПП есть частично упорядоченное множество работ, причем эта частичная упорядоченность возникает из технологических ограничений, требующих, чтобы одни работы были закончены, прежде чем начнутся некоторые другие. Предполагается, что каждой работе соответствует нормальное время ее выполнения и аварийное время ее выполнения и что стоимость выполнения данной работы линейно меняется в промежутке между этими двумя сроками. Тогда было бы желательно подсчитать наименьшую стоимость проекта при условии, что весь проект должен быть завершен в заданный промежуток времени, это дало бы одну точку на кривой стоимости проекта. Решая такую задачу для всех допустимых промежутков времени, получаем полную кривую стоимости проекта. Имея в руках данную информацию, менеджер может ответить на поставленные вопросы: выделять ли определенные ассигнования; каков наиболее ранний срок завершения этого проекта и т.д.

Решение задачи по определению кривой стоимости ПР можно получить на основе модели потоков в сетях³.

Модель ПР ПП может быть представлена ориентированной сетью. Рассмотрим построение такой сети на примере.

Предположим, например, что проект состоит из работ 1, 2, 3, 4, 5 и что единственными отношениями порядка являются:

1 предшествует 3, 4;

2 предшествует 4;

3, 4 предшествует 5 -

и вытекающие из них по транзитивности. Обычный способ изображения этого частично упорядоченного множества показан на рис. 1, где некоторые из дуг изображают работы, а узлы можно понимать как события во времени. Существование любого узла означает, что все направленные в этот узел работы должны быть завершены, прежде чем могут быть начаты работы, направленные из него. Заметим, что во втором из этих представлений проекта встречаются и дуги (см. нанесенную пунктиром дугу на рис. 1), не соответствующие никаким работам. Это вполне допустимо, так как к проекту можно добавить фиктивную работу, соответствующую такой дуге, и сделать предположение, что фиктивные работы имеют нулевое время выполнения и нулевую стоимость. Необходимо заметить, что, допуская фиктивные работы, мы можем таким образом представить любой проект.

Пользуясь данным представлением проекта в виде сети, можно показать, что задача вычисления кривой стоимости есть задача о потоке. Таким образом, мы предполагаем, что дана ориентированная сеть, дуги которой соответствуют работам, а узлы - событиям. Такая сеть не содержит направленных циклов. При этом можем также считать, добавив, если нужно, начальный и конечный узлы s и t вместе с подходящими дугами, направленными из s в t , что каждая дуга содержится в некоторой направленной цепи из s в t .

Каждой дуге (x, y) поставлены в соответствие три неотрицательных целых числа: $a(x, y)$, $b(x, y)$, и $c(x, y)$, причем $a(x, y) \leq b(x, y)$. Эти числа интерпретируются так: $a(x, y)$ - аварийное время выполнения работы (x, y) , $b(x, y)$ - нормальное время ее выполнения и $c(x, y)$ - убывание стоимости выпол-

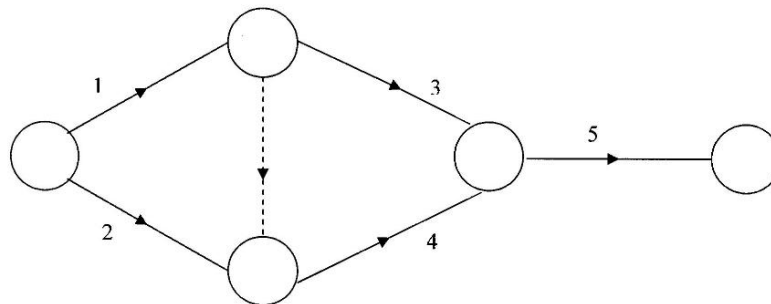


Рис. 1. Сетевая модель представления работ ПР ПП

нения этой работы на единицу возрастания времени от $a(x, y)$ до $b(x, y)$. Иными словами, стоимость выполнения работы (x, y) за $\tau(x, y)$ единиц времени определяется известной функцией

$$k(x, y) - c(x, y) \tau(x, y) \quad (1)$$

на промежутке

$$a(x, y) < \tau(x, y) < b(x, y). \quad (2)$$

Пусть дано, что проект нужно закончить за T единиц времени. Тогда задача состоит в выборе для каждой работы (x, y) времени $\tau(x, y)$, удовлетворяющего неравенствам (2), при котором стоимость проекта

$$\sum_{x,y} [k(x, y) - c(x, y)\tau(x, y)] \quad (3)$$

была бы минимальной, или, эквивалентно, функция

$$\sum_{x,y} c(x, y)\tau(x, y) \quad (4)$$

принимала бы максимальное значение. Итак, если обозначить через $\tau(x)$ (неизвестное) время осуществления события x , то нужно максимизировать функцию (4), подчиненную неравенствам

$$\tau(x, y) + \tau(x) - \tau(y) \leq 0; \quad (5)$$

$$-\tau(s) + \tau(t) \leq T; \quad (6)$$

$$\tau(x, y) \leq b(x, y); \quad (7)$$

$$-\tau(x, y) \leq a(x, y). \quad (8)$$

После этого стоимость проекта $C(T)$, соответствующая данному значению T в (6), определяется по формуле

$$C(T) = \sum_{x,y} k(x, y) - \max \sum_{x,y} c(x, y)\tau(x, y), \quad (9)$$

где максимум берется по всем $\tau(x, y)$, $\tau(x)$ при указанных ограничениях. Предполагаем, что эти ограничения допустимы, что, конечно, будет верно при больших T . Действительно, для данной функции $\tau(x, y)$, удовлетворяющей условиям (7) и (8), ограничения допустимы в том случае, если T не меньше τ -4 самой длинной цепи из s и t . Доказательство этого опирается на тот факт, что сеть проекта не содержит направленных циклов.

Рассмотрим вопросы модернизации производства в рамках системы “инвестиции - эффективность реализации проекта”.

Исходной базой при построении систем управления процессами модернизации производства в работе является обобщенное графическое представление структуры, которая используется для описания подхода к моделированию взаимодействия ее компонентов⁴, представляющих две главные составляющие процесса реализации решений. В качестве общего подхода к реализации проекта используется система управления, рассматриваемая как диссипативная динамическая система, моделирующая процесс реализации по ряду критериев.

В такой системе происходит периодический обмен средств с источниками финансирования, инвестиционной деятельности, обмен, который



Рис. 2. Структура системы управления ПР ПП

при определенных условиях может привести к незатухающей поддерживающейся динамической активности, т.е. к воспроизводству актов превращения или преобразования финансовых средств в конечный продукт⁵. Чтобы воспроизводить себя, система должна контролировать свои изменения (в нашем случае количественный показатель S_j в связи с течением времени t) и, следовательно, должна быть чувствительной к ним. Рассмотрим систему управления ПР ПП (рис. 2).

Источники финансирования инвестиционной деятельности обеспечивают вложения в инвестиционную подсистему, которая аккумулирует средства основных источников до некоторой стартовой величины, после чего она осуществляет распределение инвестиций в активную среду, обеспечивая реализацию необходимого комплекса работ с учетом специфики производства.

На рис. 2 показано, как время достижения запланированного результата зависит от величины исходных инвестиций S_i . Когда оборотный капитал предприятия с уровнями S_1 и S_2 с различными интервалами времени инициирует активность среды, характер адекватной зависимости должен быть с достаточной точностью установлен, система управления должна оперировать в диапазоне множества $\{S_1, \dots, S_n\}$ показателей.

Следовательно, динамика реорганизации и эффективный контроль показателей системы успешно реализуется лишь в том случае, когда она находится в неравновесном состоянии управляемого развития, обладает степенями свободы на всех уровнях. Если выделить доминирующий фактор (в нашем случае интегральный показатель - величину оборотного капитала S_j), то ситуация будет характеризоваться порогом δS_j чувстви-

тельности системы к его изменениям, а также диапазоном ΔS_j допустимых изменений в пределах его устойчивого состояния. Способность системы к воспроизводству своих функций будет определяться ее способностью удерживать значения S_j в интервале ΔS_j , т.е. $\Delta S_j \leq S_{j+1} - S_j$.

Таким образом, когда в ресурсной подсистеме объем средств становится достаточным, достигая некоторого критического значения $S_{кр}$, наступает этап выдачи и реализации заданий согласно конструктивно-технологической документации. Когда уровень падает ниже $S_{кр}$, то инвестиционная система, подключая источники финансирования инновационной деятельности, поднимает этот уровень до S_k , что обеспечивает воспроизводство инновационной функции системы. Динамика этого периодического, но сильно нелинейного процесса схематически представлена на рис. 3.

Как показывает мировой опыт, проблема управления процессом развития при ограниченных инвестициях должна решаться посредством "отдельных процессов целенаправленной деятельности", в рамках децентрализованной структуры принятия решений, способной оценивать не только результаты реализации выбранных проектов, но и выходы всех промежуточных уровней этого процесса.

Показатели эффективности зависят от целей назначения, условий работы конкретной системы управления производством. Эти показатели можно представить некоторой сетью (или математическим выражением, эквивалентным сети), связанной с отдельными требованиями (характеристиками общей цели), внешними по отношению к системе, и с сетью, описывающей саму систему. Такая сеть может содержать лишь простое указание на связь между отдельными частя-

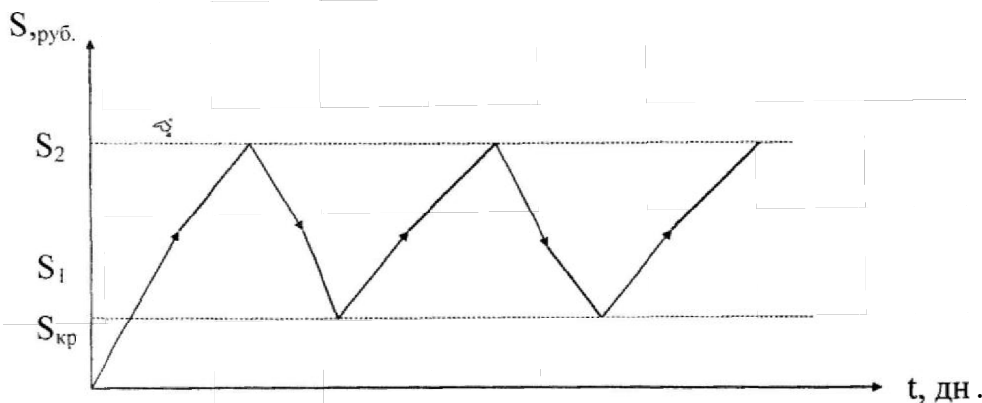


Рис. 3. Периодический процесс воспроизводства в условиях ограничения ресурсов

ми системы и целевой функцией, а при достаточной изученности системы и условий ее работы может определять связь между конкретными параметрами системы и составляющими показателя эффективности. В первом случае можно проследить лишь общее влияние структуры системы на показатель эффективности. Во втором случае возможно дать количественные оценки показателей, используя данные о структуре и параметрах системы.

Остановимся на исследовании общего влияния структуры на показатели эффективности.

Рассмотрим характеристики структурной эффективности системы управления реструктуризации производства. В сложных системах с иерархической структурой возникает проблема одновременного достижения многих целей с оптимизацией сразу нескольких выходных величин, например, доходов и расходов, себестоимости продукции, уровня ее качества и т.д. В системе, состоящей из многих подсистем, которые описываются выражениями

$$\varphi_j = f_{ij}(x_1, \dots, x_n), j = 1, 2, \dots, r, \quad (10)$$

где x_i - управляемые переменные;

φ_j - выходные переменные,

глобальная целевая функция зависит от локальных целевых функций, определяемых через φ_j , от структуры связей между подсистемами, от вида функций φ_j .

Пусть задача некоторой управляющей системы заключается в получении максимума выражения $\Phi(G - M)$, где G - доход, а M - расход. Предположим, что система может управлять двумя переменными - x_1 и x_2 и пусть

$$G = f_1(x_1, x_2), M = f_2(x_1, x_2), \quad (11)$$

тогда

$$\max \Phi(G - M) = \max_{(x_1, x_2)} [f_1(x_1, x_2) - f_2(x_1, x_2)] \quad (12)$$

Пусть выходной величиной инвестиционной системы является G , а выходной величиной подсистемы реализации проекта является M , т.е. части системы имеют свои локальные цели: максимизировать G и минимизировать M . Допустим, что управление осуществляется так, что одна часть системы может воздействовать на x_1 , а вто-

рая - на x_2 . Тогда в результате работы каждой части системы будут получены

$$\max_{x_1} [f_1(x_1, x_2)], \min_{x_2} [f_2(x_1, x_2)]. \quad (13)$$

Чтобы выполнение локальных целей (3) давало тот же эффект, что и глобальная цель (4), функции f_1 и f_2 должны быть функциями одной переменной и должно выполняться соотношение

$$\begin{aligned} & \max_x [f_1(x) - f_2(x)] = \\ & = \max_{x_1} [f_1(x_1, x_2)] - \min_{x_2} [f_2(x_1, x_2)] \end{aligned} \quad (14)$$

Так как это выполняется редко, то разность

$$\max_x [f_1(x) - f_2(x)] = \left\{ \max_{x_1} [f_1(x)] - \min_{x_2} [f_2(x)] \right\} \quad (15)$$

можно рассматривать как структурную эффективность системы. Она обусловлена только структурой системы, осуществляющей оптимизацию локальных целевых функций.

Имеется еще два вида структурной эффективности. Первый из них обусловлен каналами связи внутри системы, а второй - процессом выработки решений. Если подсистемы оптимизируют свои локальные целевые функции, но не имеют точной информации о переменных, управляемых другой подсистемой, то эффективность обусловлена эффективностью связи между подсистемами. Обозначим расчетные значения переменных x_1 и x_2 . Тогда для рассматриваемой системы эффективность, обусловленная связями, определяется выражением

$$\begin{aligned} & \left\{ \max_{x_1} [f_1(x)] - \min_{x_2} [f_2(x)] \right\} - \\ & - \left\{ \max_{x_1} [f_1(x_1, x_2)] - \min_{x_2} [f_2(x_1, x_2)] \right\}. \end{aligned} \quad (16)$$

Эта мера эффективности зависит от математических свойств функций f_1 и f_2 , а следовательно, от структуры системы. Различия в структурах определяют большую или меньшую чувствительность системы к плохим связям между подсистемами. Эффективность системы, обусловленная ее структурой и связями подсистем, определяется выражением

$$\max_x [f_1(x) - f_2(x)] - \max_{x_1} f_1(x_1, x_2) - \min_{x_2} f_2(x_1, x_2). \quad (17)$$

Предположим, что подсистемы не обеспечивают получение точных \max и \min своих локальных целевых функций. Обозначим как \max^* и \min^* такие значения локальных целевых функций, которые фактически достигаются при работе подсистем. Тогда выражение

$$\left\{ \max_{x_1} [f_1(x)] - \min_{x_2} [f_2(x)] \right\} - \max_{x_1}^* [f_1(x)] - \min_{x_2}^* [f_2(x)] \quad (18)$$

определяет эффективность, связанную с процессом выработки решений. Степень влияния процесса выработки решений на эффективность системы также зависит от математических свойств функций f_1 и f_2 и от структуры системы.

Число характеристик структурной эффективности можно продолжить в направлении учета структуры целевой функции, учета неопределенности в задании этой функции и т.д.

На практике в качестве функций цели обычно используют технико-экономические показатели производства. Определение технико-экономических показателей, также зависящих от структуры системы, для сложных производств с разветвленными прямыми и обратными связями представляет значительные трудности.

Алгоритмы расчета технико-экономических показателей должны включать определение про-

изводительности, общего выпуска продукции, суммарного времени простоя и холостых ходов каждого агрегата, удельных расходов сырья и полуфабрикатов и технологической составляющей себестоимости. Одной из особенностей авиационного производства является наличие необходимого избытка ресурсов в период запуска изделий и дефицит их по некоторым участкам производства в дальнейшем. Алгоритмы анализа технико-экономических показателей должны выявить участок с понизившейся экономичностью и причину, вызвавшую это понижение. При проведении такого анализа требуется определение затрат на всех этапах технологического процесса и вычисление себестоимости каждого промежуточного этапа работ, т.е. необходим учет структуры рассматриваемого промышленного предприятия. Наиболее эффективным алгоритмом расчета технико-экономических показателей является алгоритм, базирующийся на списочном представлении значений параметров⁶. Для кодирования структурной схемы ПР ПП будем применять такие кодирующие списки, элементом которых являются последовательности идентификаторов состояний кодируемых схем.

¹ См.: Устинов В.А. Управление научно-техническим прогрессом на предприятии. М., 1991.

² Кристофидес Д. Теория графов. М., 1978.

³ Там же.

⁴ Устинов В.А. Указ. соч.

⁵ Кристофидес Д. Указ. соч.

⁶ Устинов В.А. Указ. соч.

Поступила в редакцию 03.09.2012 г.