

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ РУКОВОДИТЕЛЯ И КОМАНДЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТОМ (ЧАСТЬ 1)

В статье рассматривается комплекс взаимосвязанных математических моделей, предназначенных для управления проектной деятельностью с участием важнейшей заинтересованной стороны — руководителя и подчиненной ему команды управления проектом. Использование данных моделей направлено на повышение эффективности проектной деятельности, обеспечивает реализацию соответствующих компетенций и достижение поставленных целей при различных условиях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: стейкхолдер, математические модели управления проектом, компетенции управления проектом

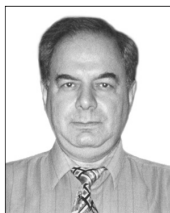
ВВЕДЕНИЕ

Данная работа продолжает цикл статей, посвященных построению комплекса взаимосвязанных математических моделей, предназначенных для управления проектной деятельностью с участием разных заинтересованных сторон. В статье «Математические модели проектного управления для заинтересованных сторон» [3] была сделана попытка структурировать особенности основных стейкхолдеров и с их учетом построить комплекс взаимосвязанных моделей проектного управления. Единичные примеры таких моделей были построены для инвестора, заказчика, команды проекта, основных исполнителей, поставщиков и регулирующих органов.

В работе «Математические модели проектного управления для заинтересованных сторон» [3] мы также отмечали, что разные заинтересованные стороны в проекте отличаются ожиданиями, ролями, мерой ответственности и управленческими действиями. Эти различия существенно влияют на постановку задач проекта, технологии их решения, используемые методы и инструменты.



Воропаев Владимир Иванович — д. т. н., основатель и почетный президент СОВНЕТ, академик РАЕН и МАИЭС, профессор кафедры управления проектами Международной академии бизнеса, первый международный ассессор IPMA. Автор свыше 250 научных работ. Удостоен в 2005 г. награды IPMA «За выдающийся вклад в развитие мирового УП» (г. Москва)



Гельруд Яков Давидович — профессор кафедры предпринимательства и менеджмента Южно-Уральского государственного университета, преподаватель ряда экономических и математических дисциплин. Принимал участие в создании и внедрении более 100 автоматизированных систем управления в различных отраслях промышленности. Автор большого числа публикаций, в том числе монографии «Управление проектами в условиях риска и неопределенности» (г. Челябинск)

В ряде последующих работ [4–7] были построены более детальные модели для инвестора, заказчика, поставщика и регулирующих органов.

Предлагаемые в настоящей статье математические модели управления для важнейшей заинтересованной стороны — руководителя и команды управления проектом — предназначены для расчета всех технико-экономических параметров проекта, формирования вариантов его реализации для последующего выбора из них наиболее эффективных. Использование данных моделей направлено на повышение эффективности деятельности команды проекта, обеспечивает реализацию ее компетенций и достижение поставленных целей при осуществлении проекта (здесь подразумевается сложный многоцелевой проект, описание которого производится с помощью сетевого моделирования, причем для этой цели могут использоваться как традиционные детерминированные, так и вероятностные, альтернативные и стохастические модели). Описание подобных сетевых моделей и методов расчета основных показателей проекта (ранних и поздних сроков начала и окончания работ, вероятности выполнения основных этапов и всего проекта в целом и пр.) содержится в ряде работ [2, 8–10, 12]. Предполагается, что реализация проекта может осуществляться N вариантами. Для каждого варианта команда проекта рассчитывает свои временные, ресурсные и финансовые показатели, экологические и социальные характеристики. Конкретные примеры подобных проектов будут приведены в следующих статьях цикла.

В статье представлены базовые математические модели задач основных функций управления проектом, более углубленное и развернутое представление моделей авторы планируют описать в следующих статьях. В заключительной части характеристики каждой модели представлены перечень формируемых для нее показателей и их назначение (для решения каких задач каждой заинтересованной стороны они предназначены).

1. КЛЮЧЕВЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Ключевые определения заинтересованных сторон содержатся в НТК [14] и приведены нами в начальной статье цикла [3]. Здесь мы подробнее остановимся на понятиях «руководитель проекта» и «команда проекта».

Руководитель проекта (в принятой на Западе терминологии проект-менеджер, менеджер проекта) — это лицо, которому заказчик (инвестор или другой участник проекта) делегирует полномочия по руководству проектными работами — по планированию, контролю и координации работ участников проекта. Под управлением руководителя работает *команда проекта* — специфическая организационная структура, возглавляемая руководителем проекта и создаваемая на период осуществления проекта с целью эффективного достижения его целей.

Компетенции управления проектами для заинтересованных сторон подразделяются на две группы — базовые и специальные [14]. *Базовые компетенции* определяют единые для всех заинтересованных сторон требования к составу, содержанию и уровню способностей, знаний, навыков и личных качеств, необходимых для проектной деятельности. *Специальные компетенции* определяют специфические для конкретной заинтересованной стороны проекта требования к составу, содержанию и уровню способностей, знаний, навыков и личных качеств с учетом ее (сторон) роли, интересов и выполняемых функций.

Ниже приведены примеры специфических характеристик и параметров управления проектами в интересах руководителя и его команды управления проектом.

Ожидания — удовлетворение клиента и остальных заинтересованных сторон (максимальные выгоды для команды, приглашение в следующие проекты).

Видение проекта — восприятие процесса управления созданием продукта.

Цель проекта — результат требуемого качества, полученный в срок и с соблюдением бюджета; удовлетворение клиента и команды.

Критерии качества — показатели соответствия стратегии ожиданиям клиента и команды проекта (по продукту, срокам, бюджету, качеству и выгодам).

Ограничения — рамки, в которых должен осуществляться проект, установленные согласно стандартам УП, предполагаемым результатам проекта, качеству, срокам, бюджету и другим этическим и деловым нормам.

Стратегия — выполнение в полном объеме установленного профессионального УП с соблюдением интересов клиента и команды.

Основные риски — наиболее типичные риски проекта: низкий уровень взаимопонимания и взаимодействия в проекте, недолжное выполнение обязательств руководством и стейкхолдерами, большой объем изменений.

Основные инструменты УП — корпоративный стандарт и передовая практика управления проектами.

Все перечисленные понятия используются при построении математических моделей.

Схема взаимосвязи математических моделей управления руководителя и команды управления проектом с другими заинтересованными сторонами представлена на рис. 1.

2. ФУНКЦИИ РУКОВОДИТЕЛЯ И КОМАНДЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТОМ

2.1. Методологическая основа деятельности руководителя и команды управления проектом

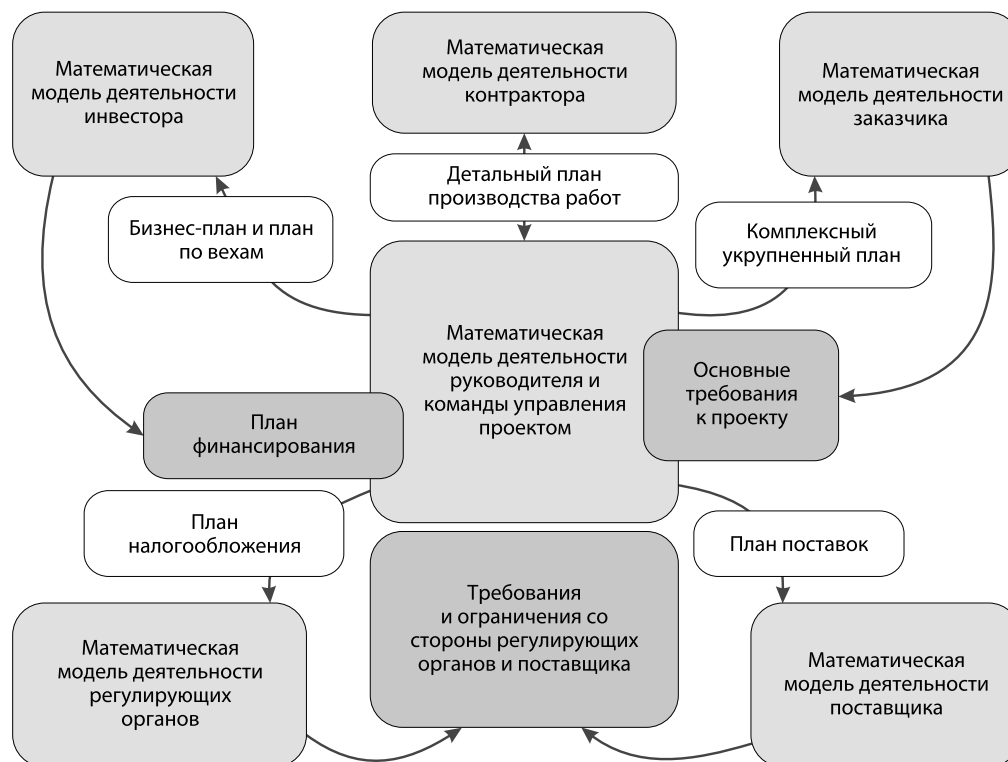
Работа данной группы является основополагающей для обеспечения деятельности по проектному управлению всех остальных заинтересованных сторон. Ее результаты согласовываются и могут использоваться на всех стадиях жизненного цикла проекта другими стейкхолдерами. Прежде всего конструируется сетевая модель проекта, которая в зависимости от его специфики может иметь детерминированный, вероятностный,

альтернативный, стохастический или смешанный характер. На основании топологии сетевой модели проекта рассчитываются его временные и ресурсные показатели, которые согласовываются с каждой заинтересованной стороной с учетом ее специфических характеристик и параметров. При этом формируются детализированный и агрегированный графики выполнения работ.

Степень детализации зависит от масштаба проекта и периода планирования. Более детальное планирование требует дополнительных усилий при составлении расчетов, причем практика показывает, что при удвоении точности расчетов в четыре раза увеличиваются трудозатраты на планирование, при этом погрешность результатов также возрастает в квадрате [13]. Кроме того, опыт подтверждает, что оптимальное соотношение между периодом выполнения проекта и временным периодом детализации — 5% (20:1), т.е. на стадии инициализации проекта длительностью пять лет при разработке и анализе альтернативных вариантов управления проектом, а также на стадии планирования всего проекта и его отдельных пусковых комплексов / вех следует детализировать работы до квартала (горизонт планирования 20 кварталов, период детализации — один квартал), при двухгодичном планировании — составлять помесечные планы и только при разработке оперативных месячных планов детализировать работы до дня.

Для постановки и реализации оптимизационных задач управления проектом используется универсальная математическая модель. Ее общее описание содержится в работах «Математические основы управления проектами» [12] и «Обобщенные стохастические сетевые модели для управления комплексными проектами» [8]. Предложенные авторами настоящей статьи алгоритмы с учетом степени риска позволяют провести анализ и построить непротиворечивые модели процесса реализации проектов, что, в свою очередь, будет способствовать формированию оптимальных календарных планов их выполнения.

Рис. 1. Схема взаимосвязи математических моделей управления руководителем и командой управления проектом с другими заинтересованными сторонами



2.2. Задачи и функции управления, реализуемые руководителем проекта и его командой

Основные задачи руководителя и команды управления проектом:

- согласование целей в отношении требований по качеству, срокам, издержкам, ресурсам и т.д. со всеми заинтересованными сторонами;
- утверждение согласованных целей в проектном задании со стороны заказчика;
- разработка организационной структуры проекта и порядка его выполнения;
- организация планирования, управления и контроля в соответствии с видом и масштабом проекта и осуществление этих функций;

- разработка альтернативных решений для процесса выполнения проекта;
- осуществление необходимых расчетов для обеспечения проекта требуемыми ресурсами;
- разработка и реализация мероприятий по мотивированию сотрудников;
- координация всех участников проекта как внутри проекта, так и во внешней среде;
- обеспечение заказчика и других заинтересованных сторон технико-экономической информацией о проекте и ходе его реализации в установленном порядке [11].

Функции управления, реализуемые руководителем проекта и его командой:

- управление предметной областью проекта (содержанием проекта, объемами работ);

- управление проектом по временным параметрам;
- управление стоимостью и бюджетом проекта;
- управление качеством в проекте;
- управление рисками в проекте;
- управление персоналом в проекте;
- управление коммуникациями в проекте;
- управление поставками и контрактами в проекте, включая управление распределением и запасами ресурсов;
- управление изменениями в проекте;
- интеграционное (координационное) управление.

Перечисленные функции реализуются посредством решения соответствующих задач, математические модели которых представлены ниже. Определение этих задач довольно условно, т.к. функции управления тесно взаимодействуют друг с другом, переплетаются. Действительно, управление рисками тесно связано с управлением временем, финансами, качеством, ресурсами и т.д.

Следует отметить, что на практике в зависимости от масштаба и специфики проекта происходит организационное объединение как функций, так и заинтересованных сторон, причем в различных сочетаниях. Например, команда проекта может не только готовить информацию, но и выполнять расчеты, реализуя функции заказчика и генпоставщика, в других случаях заказчик может выступать в роли инвестора и т.п. Вне зависимости от того, где организационно находятся руководитель проекта и его команда (в составе заказчика, инвестора, подрядчика, являются отдельной группой профессиональных менеджеров проекта), мы будем ориентировать математические модели строю на реализацию вышеприведенных функций.

Внутри конкретной функции управления задачи различаются по фазам жизненного цикла проекта. На предпроектной фазе управление предметной областью происходит посредством создания агрегированных сетевых моделей и формирования на их базе набора вариантов реализации проекта, отличающихся как сроками выполнения отдельных этапов (вех), так и затратами на

их реализацию. Та же информационная база на этой фазе жизненного цикла лежит в основе решения задач управления временем и стоимостью. Что касается задач управления качеством, рисками и персоналом, то на данной фазе реализуются обобщенные модели, дающие весьма общие представления о соответствующих характеристиках проекта. Более конкретные значения этих характеристик мы получим на фазе реализации проекта, здесь же следует решать задачи управления поставками и контрактами в проекте, включая управление распределением и запасами ресурсов. При этом формируется и используется детализированное описание проекта.

Построение оптимальных календарных планов реализации проектов, а также сводного плана для комплекса проектов позволяет определить необходимые потребности в ресурсах (в том числе финансовых), графики назначений исполнителей, использования машин и оборудования. Таким образом, определяется инвестиционная матрица альтернатив $\{I_t^k\}$, где I_t^k — требуемый объем инвестиций в k -й вариант проекта в период t (месяц, квартал, год — в зависимости от масштаба проекта). Осуществляется прогноз, и формируется матрица прибыли $\{V_t^k\}$, где V_t^k — прогноз прибыли от реализации k -го варианта проекта в период t . $T \in [0, T]$, а T — срок полного жизненного цикла проекта от начала его реализации до максимально возможного срока прогнозирования прибыли (данная информация является исходной для работы инвестора).

Процесс управления реализацией проекта осуществляется посредством разработки детального плана производства работ, который является исходным для работы генконтрактора, бизнес-плана и плана по вехам для инвестора, комплексного укрупненного плана для заказчика, графика поставок для поставщика, плана налогообложения для регулирующих органов.

Периодическая актуализация исходных данных дает возможность уточнять потребности, планы и графики (т.е. снижать уровень неопределенности), создает необходимые предпосылки

для получения оптимальных оперативных планов в сжатые сроки и интенсификации процедур реализации проектов в пространстве «время — ресурсы — стоимость».

3. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТОМ

3.1. Математическая модель предметной области

Для описания сложного проекта используется циклическая альтернативная сетевая модель (ЦАСМ), при этом классические, обобщенные и стохастические сетевые модели являются ее частными случаями [8].

Следует отметить, что с методологической точки зрения альтернативные сетевые модели GANN и Эйснера [10] носят более общий характер в силу наличия в их структуре управляемых альтернативных работ. Однако при реализации алгоритмического аппарата ЦАСМ данные элементы структуры сводятся к стохастическим, при этом используются известные из теории принятия решений способы сведения неопределенности к риску. При полной неопределенности применяется критерий Лапласа (если из некоторого события следуют n управляемых альтернативных работ и заранее неизвестно, с какой вероятностью управляющий проектом будет реализовывать те или другие работы, то вероятность их выполнения принимается равной $1/n$). Если имеется возможность определения p — вероятности реализации пессимистического варианта выполнения проекта, тогда $1-p$ означает вероятность реализации оптимистического варианта (критерий Гурвица).

ЦАСМ представляет собой конечный ориентированный циклический граф $G(\Omega, A)$, состоящий из множества событий Ω и дуг (i, j) (события i и $j \in \Omega$), определяемых матрицей смежности $A = \{p_{ij}\}$. $0 \leq p_{ij} \leq 1$, причем $p_{ij} = 1$ задает детерминированную дугу (i, j) , а $0 < p_{ij} < 1$ определяет альтернативное событие i , которое с вероятностью p_{ij} связано

дугой с событием j . Множество дуг подразделяется на дуги-работы и дуги-связи. Первые отражают определенный объем производственной деятельности во времени, вторые — исключительно логические связи между дугами. Событиями могут быть как начало и окончание выполняемых работ, так их промежуточные состояния.

Пусть T_i — время свершения i -го события, тогда соотношение между сроками совершения событий, связанных дугой (i, j) , задается неравенством:

$$T_j - T_i \geq \psi_{ij}, \quad (1)$$

где ψ_{ij} — в общем случае случайная величина, распределенная по некоторому закону в интервале от $-\infty$ до 0 или от 0 до $+\infty$.

Кроме того, могут быть заданы абсолютные ограничения на момент реализации события i :

$$l_i \leq T_i \leq L_i. \quad (2)$$

Смысловая нагрузка соотношения (1) при вероятностном характере параметра ψ_{ij} определяет основные действия при построении сетевой модели проекта. Если (i, j) есть дуга-работа (или ее часть), то положительно распределенная случайная величина ψ_{ij} задает распределение минимальной продолжительности этой работы, связанной с максимальным ее насыщением определяющим ресурсом. В работе «Стохастические сетевые модели планирования и управления работками» [10] показано, что распределение величины ψ_{ij} является унимодальным и асимметричным, а данным требованиям удовлетворяет бета-распределение. Таким образом, минимальная продолжительность работы есть случайная величина $\psi_{ij} = t_{\min}(i, j)$, распределенная по закону бета-распределения на отрезке $[a, b]$ с плотностью:

$$\varphi(t) = C(t-a)^{p-1}(b-t)^{q-1}, \quad (3)$$

где C определяется из условия $\int_a^b \varphi(t) dt = 1$.

Если же случайная величина ψ_{ij} в (1), соответствующая дуге-работе (i, j) , распределена в интервале от $-\infty$ до 0, то $-\psi_{ij} = t_{\max}(j, i)$ задает распределение длины максимального временного интервала,

на протяжении которого работа (i, j) должна быть начата и окончена даже при минимальном ее насыщении определяющим ресурсом. Для этой величины получим ее распределение аналогичного вида (3). Зная распределение случайной величины ψ_{ij} для каждой работы (i, j) , по соответствующим формулам вычислим ее математическое ожидание и дисперсию.

Введение в формулу (1) отрицательно распределенных величин ψ_{ij} для дуг-работ (i, j) существенно расширяет возможности описания временных характеристик работ, делая широко используемую вероятностную модель лишь одним из частных случаев ЦАСМ.

Для дуг-связей (i, j) величина ψ_{ij} задает распределение временной зависимости между событиями i и j , причем положительно распределенная величина ψ_{ij} определяет взаимосвязь типа «не ранее» (событие j может наступить не ранее чем через ψ_{ij} дней после события i), а отрицательно распределенная величина ψ_{ij} — взаимосвязь типа «не позднее» (событие i может наступить не позже чем через $-\psi_{ij}$ дней после события j). В последнем случае связь называется обратной. Таким образом, ЦАСМ позволяет описать сложный проект с учетом предполагаемого вероятностного характера параметров работ и их связей.

Поскольку сроки событий T_i определяются суммой продолжительностей работ, технологически им предшествующих, то при достаточно большом числе таких работ в соответствии с центральной предельной теоремой распределение случайной величины T_i стремится к нормальному с такими параметрами, как математическое ожидание MT_i и дисперсия DT_i . Нормальное распределение имеет и параметр ψ_{ij} , соответствующий обратным дугам, что также подтверждается статистическим анализом.

Абсолютные ограничения на сроки совершения событий, заданные формулой (2), отражают соответствующие директивные, организационные и технологические ограничения на сроки выполнения работ или их частей, заданные на абсолютной (реальной или условной) шкале времени.

Абсолютные ограничения также принадлежат к типу «не ранее» или «не позднее» и принимают вид: $T_i - T_0 \geq L_r$, $T_0 - T_i \geq -L_r$. Таким образом, абсолютные ограничения вида (2) являются частным случаем ограничений вида (1) для определенных дуг-связей.

На рис. 2 представлен расширенный фрагмент ЦАСМ с наличием случайных параметров и альтернативных ветвлений на входе или на выходе некоторых событий и работ.

Дадим пояснения этому фрагменту:

- a_i — работа; левый край прямоугольника (с работой a_i) обозначает событие начала работы, правый край — окончания работы;

- [3, 5, 9] — детерминированный выбор длительности работы из множества [3, 5, 9]; в частном случае одна цифра обозначает фиксированную длительность;

- 10 ÷ 20 — диапазон значений продолжительности работы;

- φ обозначает, что длительность работы есть случайная величина с указанным законом распределения (нормальное распределение, β -распределение, равномерное распределение и др.);

- $F()$ обозначает, что длительность работы является функцией от набора аргументов (например, зависимость продолжительности от выработки бригады или интенсивности работ и др.);

- $\leq 28.06.2013$ означает, что событие «70% выполнения работы» должно быть завершено к 28 июня 2013 г.

Стрелка (дуга) задает связь между событиями:

- положительное число над дугой определяет связь типа «не ранее»;

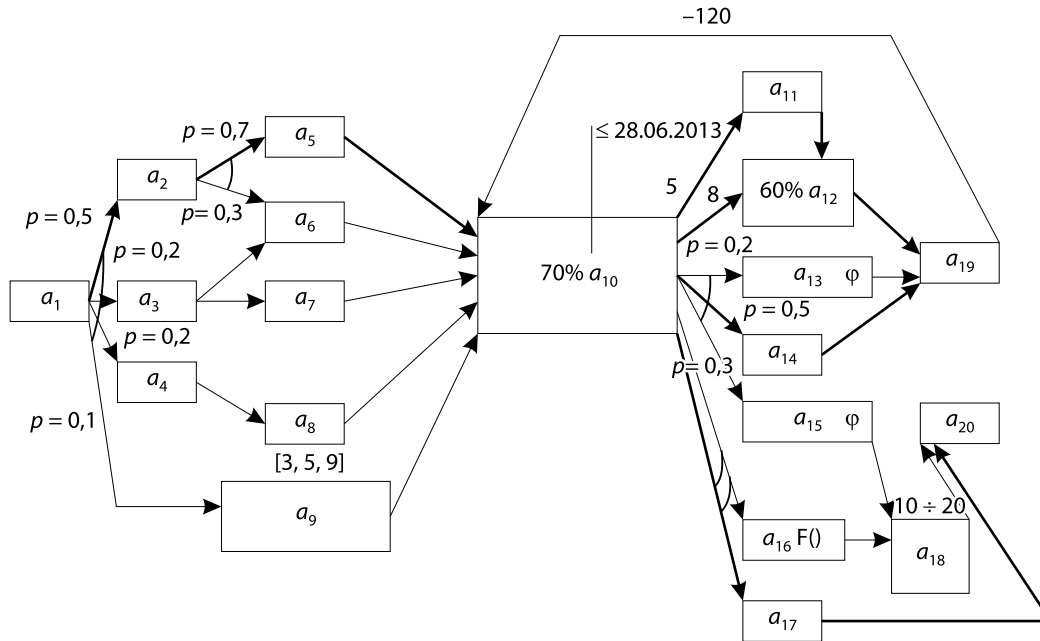
- отрицательное число задает связь типа «не позднее».

Рассмотрим пример:

- начало работы a_{11} должно наступить не ранее чем через пять дней после окончания работы a_{10} ;

- окончание работы a_{19} должно наступить не позднее чем через 120 дней после начала работы a_{10} .

Рис. 2. Фрагмент циклической стохастической сетевой модели ЦАСМ



Стрелка между работами a_{11} и a_{12} показывает, что к моменту окончания работы a_{11} должно быть выполнено не менее 60% работы a_{12} .

Пучок стрелок, связанных дугой, задает альтернативность события:

- одной дугой показывается альтернативность типа «стохастическое исключающее «или»;
- двойной дугой — «детерминированное исключающее «или».

Приведем пример:

- после окончания работы a_1 наступит начало только одной из четырех работ a_2, a_3, a_4 или a_9 на основе случайного выбора с указанными вероятностями (0,5, 0,2, 0,2, 0,1);

- после окончания работы a_{10} будет начата только одна из работ — a_{16} или a_{17} — на основе детерминированного выбора менеджера проекта.

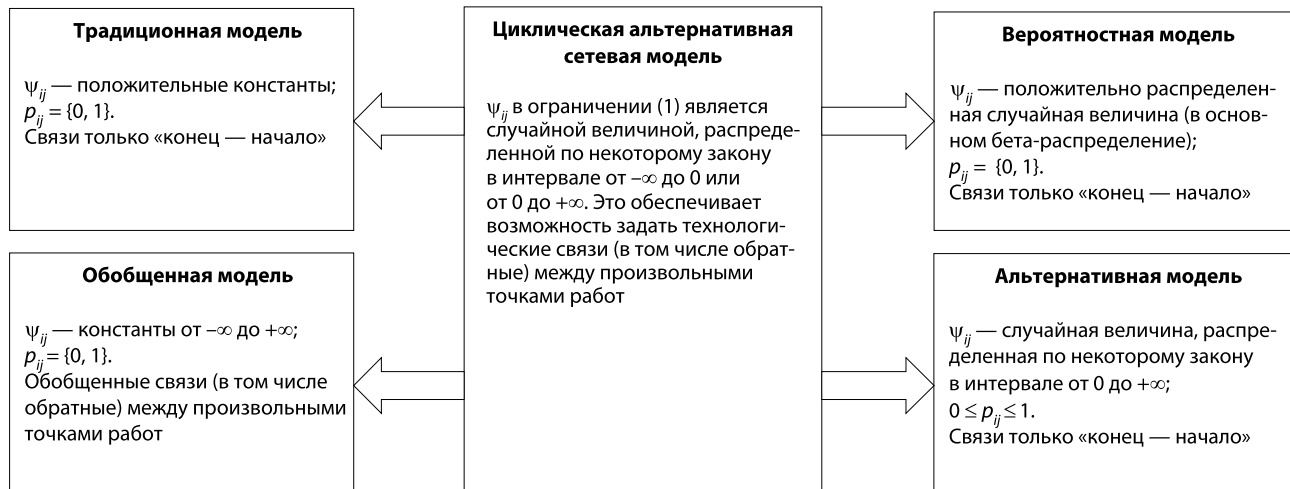
Путь, состоящий из жирных стрелок, показывает один из возможных вариантов реализации данного фрагмента ЦАСМ.

На рис. 3 приведено концентрированное описание ЦАСМ и показано, при каких условиях все другие известные модели становятся ее частными случаями. После построения сетевой модели производится расчет всех необходимых временных характеристик. Подробно алгоритмы расчетов приведены в статье «Обобщенные стохастические сетевые модели для управления комплексными проектами» [8], там же рассмотрены алгоритмы формирования планов для ранних и поздних сроков и планов минимальной продолжительности.

3.2. Формирование комплексного укрупненного плана проекта

Данный план разрабатывается командой проекта на основе детализированной модели проекта. При этом рассчитываются следующие показатели:

Рис. 3. Описание циклической альтернативной сетевой модели



T_i^p, T_i^n — ранние и поздние сроки свершения событий i в укрупненной сетевой модели;
 a_{ij}, b_{ij} — минимальные и максимальные оценки продолжительности работ укрупненного графика;
 r_{ij} — затраты на производство работ укрупненного графика.

Методы и алгоритмы агрегирования работ подробно описаны в книге «Методы агрегирования в управлении проектами» [1]. Здесь мы приведем процедуру формирования дополнительных характеристик работ для укрупненной модели, которые необходимы для математических моделей управления другими заинтересованными сторонами.

Для каждой укрупненной работы вычисляем $ЭОК_{ij}$ — оценки предельно допустимой степени изменения конфигурации работ. Под изменением конфигурации будем понимать нарушение сроков выполнения работ, исключение работ из реализации и их замену. Для каждой работы по десятибалльной системе экспертно оценивается степень изменения конфигурации:

$\alpha_{ij}(t)$ — нарушение сроков выполнения работы на t дней;

β_{ij} — исключение работы из реализации;
 γ_{ij} — замена работы или изменение ее характеристик,

где значения α, γ, β , близкие к 0, показывают малозначимые изменения, близкие к 5 — среднезначимые, близкие к 10 — недопустимые изменения. Остальные значения используются для промежуточных состояний.

Затем определяем степень изменения конфигурации проекта как интегрированный показатель (ИПК), вычисляемый с помощью некоторой экспертно заданной функции оценки качества (ФОК) по показателям качества выполнения отдельных работ укрупненного плана $ПК_{ij}$, задаваемым также экспертно. Статистический анализ большого числа проектов, проведенный авторами, показывает, что это функции возрастающие, вогнутые, т.е. положительны первые и вторые производные (возрастают значения как самих функций, так и темпов их роста). При небольших значениях аргумента (малых изменениях конфигурации работ) функции ФОК могут рассматриваться как степенные с показателем степени $a > 1$.

Кстати, данный показатель отражает эластичность, т.е. показывает, на сколько процентов возрастет степень изменения конфигурации проекта при изменении качества выполнения отдельных работ на 1%. Данная функция оценки качества проекта предоставляет исходную информацию для моделей управления заказчика.

Все описанные выше расчеты производим для каждого возможного варианта выполнения проекта. Формирование вариантов может проводиться различными способами исходя из масштаба и специфики проекта. В данной статье мы приводим один из таких способов, другие методы рассмотрим в дальнейшей серии статей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баркалов С.А., Бурков В.Н., Гилязов Н.М. Методы агрегирования в управлении проектами. — М.: ИПУ РАН, 1999.
2. Воропаев В.И. Модели и методы календарного планирования в автоматизированных системах управления строительством. — М.: Стройиздат, 1974.
3. Воропаев В.И., Гельруд Я.Д. Математические модели проектного управления для заинтересованных сторон // Управление проектами и программами. — 2012. — №4.
4. Воропаев В.И., Гельруд Я.Д. Математические модели проектного управления для заказчика // Управление проектами и программами. — 2013. — №1.
5. Воропаев В.И., Гельруд Я.Д. Математические модели проектного управления для инвестора // Управление проектами и программами. — 2013. — №2.
6. Воропаев В.И., Гельруд Я.Д. Математические модели проектного управления для поставщика // Управление проектами и программами. — 2013. — №3.
7. Воропаев В.И., Гельруд Я.Д. Математическое моделирование задач проектного управления для регулирующих органов // Управление проектами и программами. — 2013. — №4.
8. Воропаев В.И., Гельруд Я.Д. Обобщенные стохастические сетевые модели для управления комплексными проектами // Управление проектами и программами. — 2008. — №1–2.
9. Воропаев В.И., Гельруд Я.Д., Голенко-Гинзбург Д.И., Бен-Яр А. Принятие решений в управляемых циклических альтернативных сетевых моделях для проектов с детерминированными ветвлениями // Управление проектами и программами. — 2010. — №1.
10. Голенко-Гинзбург Д.И. Стохастические сетевые модели планирования и управления разработками. — Воронеж: Научная книга, 2010. — 284 с.
11. Дульзон А.А. Управление проектами. — Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2010.
12. Математические основы управления проектами / Под ред. В.Н. Буркова. — М.: Высшая школа, 2005.
13. Тернер Дж.Р. Руководство по проектно-ориентированному управлению / Пер. с англ. под общей ред. В.И. Воропаева. — М.: Издательский дом Гребенникова, 2007.
14. Управление проектами: основы профессиональных знаний. Национальные требования к компетентности специалистов по управлению проектами. Версия 3.0 / Под науч. ред. В.И. Воропаева. — М.: Проектная ПРАКТИКА, 2010.