

УДК 005.53

И.А. Корхина

ОБ УЧЕТЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ СРОКОВ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТА

Анотація. Визначено важливість обчислення найбільш вірогідною тривалості проекту при плануванні його реалізації. Описана імовірнісна імітаційна модель і основні результати проведених досліджень.

Ключові слова: тривалість проекту, невизначеність, імітаційна модель, сітьовий графік.

Введение

Планирование является важной функцией управления проектами. Оно позволяет определить длительность проекта, необходимое количество материальных, трудовых и финансовых ресурсов, а также определяет возможные угрозы и возможности проекта. Процесс планирования невозможно автоматизировать, так как зачастую могут возникать ситуации требующие пересмотра плана на определенном этапе, что может повлечь значительные изменения в нем.

К основным процессам планирования можно отнести планирование содержания проекта, оценку продолжительности работ, планирование ресурсов проекта, составление бюджета. Кроме этого в планирование включает идентификацию и оценку рисков, формирование команды проекта, а также планирование качества.

Одним из важных процессов планирования является процесс управления сроками проекта. Именно он отвечает за своевременное завершение проекта. Определение состава и операций, взаимосвязей между ними, оценка ресурсов и длительности каждой операции входят в процесс управления сроками проекта.

При управлении сроками проекта используется сетевое планирование. Сетевые модели отражают весь комплекс операций, необходимых для достижения целей проекта, в их логической и технологической последовательности. С помощью сетевых моделей осуществляют оптимизацию использования ресурсов проекта, календарное планирование работ, а также организацию управления и

контроля в ходе реализации проекта. В частности, сетевые модели используют для определения одной из важнейших характеристик проекта – длительности его выполнения.

В большинстве современных проектов невозможно точно определить время выполнения каждой работы, входящей в сетевой график, так как они несут в себе некую уникальность, то есть не имеют аналогов, и в связи с этим длительности выполнения ряда работ, а, следовательно, и всего проекта могут определяться со значительной ошибкой. Если учесть, что длительность проекта в значительной степени влияет на стоимость проекта, становится ясным, что использование сетевых моделей, учитывающих неопределенность в продолжительности работ, является на сегодняшний день актуальной задачей.

1. Анализ проблемы и метод ее решения

В настоящее время обычно для расчета выполнения длительности проекта используют известные длительности работ [1]. На самом деле в большинстве проектов эти величины точно не известны. Следовательно, длительность выполнения проекта так же неопределенная величина. Для учета этой неопределенности можно использовать два подхода к формализации неопределенных величин.

Первый основан на идеях нечеткой математики впервые предложенных Л.Заде, который в настоящее время бурно развивается. Из него вытекает, что неопределенные длительности работ следует рассматривать как нечеткие величины, заданные своими функциями принадлежности к соответствующим нечетким множествам.

Второй подход – традиционный. Он заключается в трактовке неопределенных величин как случайных. Как известно, случайные величины полностью задаются функциями распределения вероятностей. В настоящее время теория вероятностей, которая, в частности, изучает случайные величины, достаточно хорошо разработана и широко применяется для решения различных практических задач. Поэтому в последующих выкладках будем использовать в качестве математического аппарата теорию вероятности, а именно теорию случайных величин.

Однако существует ряд трудностей связанных с учетом случайности при определении длительности выполнения проекта.

Первая трудность связана с определением функций распределений длительностей отдельных работ, входящих в состав проекта. Как правило, статистика длительностей работ в проектных организациях не ведется, поэтому будем использовать традиционный подход, состоящий в том, что считается, что длительность проекта имеет бета-распределение [2] Его параметры можно однозначно задать тремя числами: оптимистическая, пессимистическая и наиболее вероятная. Для опытного руководителя такие числа достаточно просто указать.

Вторая трудность состоит в том, что критический путь будет меняться в зависимости от реализации случайных величин.

Вследствие указанных причин определить аналитическим путем длительности проекта достаточно сложно. Поэтому представляется перспективным для анализа сложных сетевых моделей с вероятностными продолжительностями работ использовать метод Монте-Карло. Он состоит в том, что осуществляется математическое моделирование множества вариантов продолжительностей работ. Это позволяет определить среднее значение продолжительности выполнения проекта, а также вероятность того, что значение критического пути не превысит заданного значения. Данный метод имеет и недостаток: необходимость генерации большого числа реализаций случайных величин (сотни и даже тысячи).

Однако, не смотря на указанный недостаток, метод Монте-Карло на наш взгляд является в настоящее время универсальным средством учета неопределенности в планировании проектных работ.

2. Описание имитационной модели и результатов расчетов по ней

Рассмотрим решение задачи определения длительности выполнения проекта с помощью вероятностной имитационной модели на примере проектирования отделения сушки и дробления сырьевых материалов цементного завода, в которой длительности работ считаются случайными, имеющими β -распределение (сетевой график показан на рис.1)

Для определения параметров β -распределения использовались пессимистическая, оптимистическая и наиболее вероятная оценки длительностей работ, которые давались проектировщиками.

Имитационная модель проекта, изображенного на рис.1 была реализована в среде MS Excel. В связи с тем, что генерация

случайных чисел, имеющих β -распределение не предусмотрена в данной среде, для их выработки использовался Mathcad 14. Схема вычислений была следующей.

Оценка характеристик β - распределения длительности: a_i (пессимистическая – максимальная длительность), b_i (наиболее вероятная длительность), c_i (оптимистическая – минимальная длительность).

Преобразование интервала изменения длительности i -й работы к отрезку

$$T_i = \frac{t_i - c_i}{a_i - c_i}, \quad (1)$$

где T_i - длительность i -й работы после преобразования, $T_i \in [0,1]$.

Вычисление наиболее вероятной длительности работы для интервала $[0,1]$ B_i по формуле (1), при $t_i = b_i$.

Вычисление параметров α и β β - распределения, приведенного к интервалу $[0,1]$

$$f(T_i) = \frac{1}{B(\alpha_i, \beta_i)} T_i^{\alpha_i-1} (1 - T_i)^{\beta_i-1}, \quad (2)$$

где $B(\alpha_i, \beta_i)$ - β -функция.

Неизвестные параметры распределения α_i и β_i найдем решив задачу оптимизации

$$\left(B_i - \frac{\alpha_i - 1}{\alpha_i + \beta_i - 2} \right)^2 \rightarrow \min, \quad \bar{T}_i = \frac{\alpha_i}{\alpha_i + \beta_i}, \quad (3)$$

где \bar{T}_i - неизвестное среднее значение i -й работы, $\frac{\alpha_i - 1}{\alpha_i + \beta_i - 2}$ - мода

распределения (2), $\frac{\alpha_i}{\alpha_i + \beta_i}$ - среднее значение распределения (2).

В задаче (3) оптимизация производится по переменным $\alpha_i, \beta_i, \bar{T}_i$. Величина B_i в (3) известна (определена выше).

Генерация случайных чисел – реализаций случайных величин $T_i, i = 1, \dots, n$, где n - число работ в проекте.

Пересчет полученных последовательностей T_i , $i = 1, \dots, n$ к исходному масштабу по формуле (2): получения последовательностей t_i , $i = 1, \dots, n$.

Определение длительности критического пути по формуле $T = \sum_{j=1}^M \max_{i \in \Omega_j} t_i$ где M – количество этапов работ; j - номер этапа работы, на котором имеется множество Ω_j параллельных работ, в частном случае может быть $\Omega_j = 1$; i – номер работы; t_i – длительность i -й работы. $\Omega_j, j = 1, \dots, M, M = 4$

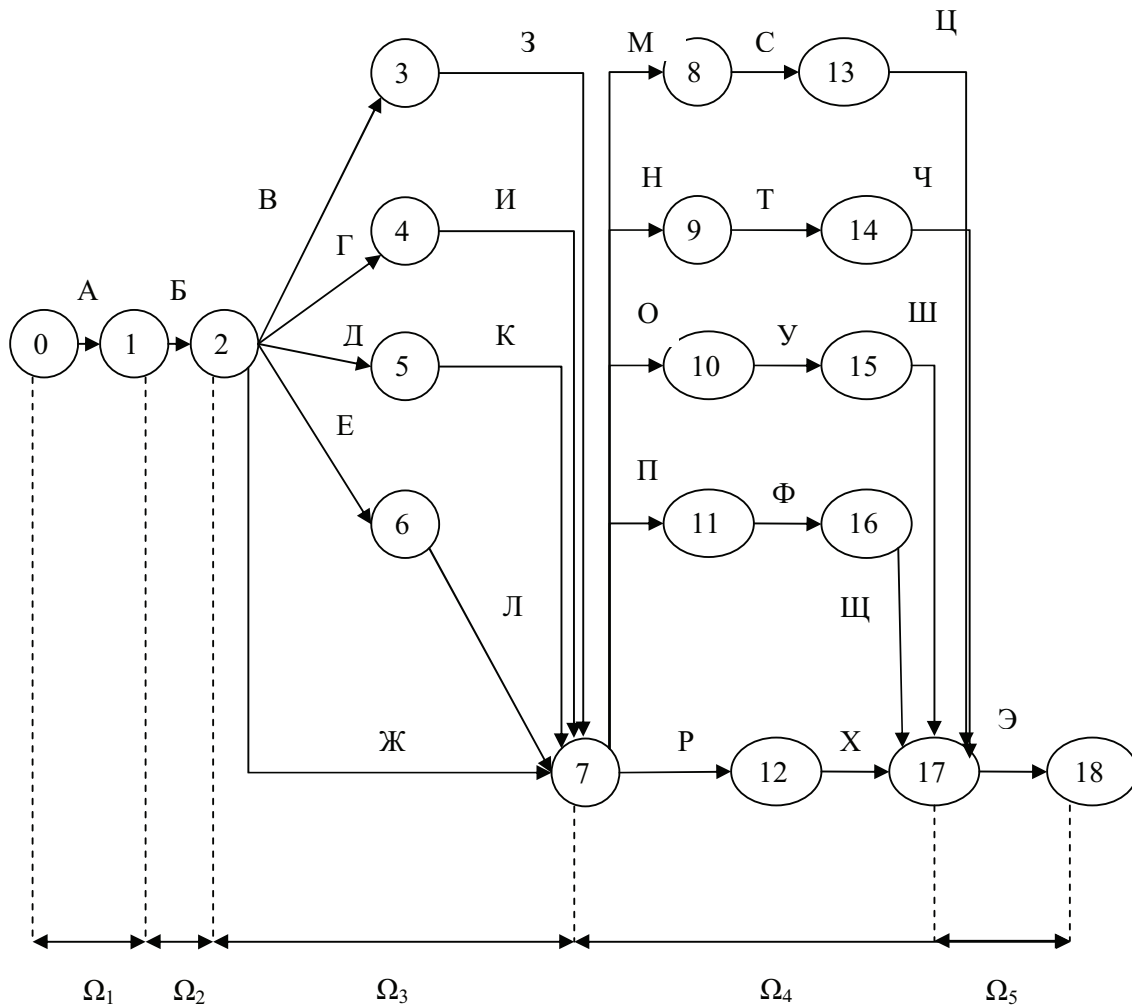


Рисунок 1 - Сетевая модель по проектированию отделения сушки и дробления сырьевых материалов цементного завода

Таблица 1

Работы проекта и их временные характеристики

Название работы	Номер работы i	Описание работы	a_i , дни	b_i , дни	c_i , дни
А	1	Разработка Генплана	2	3	4
Б	2	разработка технологических решений	1	2	3
В	3	расчет и конструирование металлических конструкций	6	7	8
Г	4	проектирование вентиляции здания	4	5	6
Д	5	проектирование наружные водопроводные и канализационные сети	6	7	8
Е	6	подбор электрооборудования для здания	4	5	6
Ж	7	конструктивно-планировочное решение здания	7	8	9
З	8	работы ожидания	0	0	0
И	9	работы ожидания	0	0	0
К	10	работы ожидания	0	0	0
Л	11	работы ожидания	0	0	0
М	12	разработка и расчет металлоконструкций по заданию архитекторов	1	2	3
Н	13	проектирование вентиляции здания и крепление воздуховодов по заданию архитекторов	3	3,5	4
О	14	проектирование внутренних сетей водопровода и канализации	1	2	3
П	15	проектирование размещения электрооборудования в цеху по заданию архитекторов	2	3	4
Р	16	расчет и проектирование железобетонных конструкций	3	4	5
С	17	проектирование размещение металла в железобетоне	17	20	23
Т	18	проектирование проемов в перекрытии для сантехнического оборудования и водоснабжения	17	20	23
У	19	проектирование проемов в перекрытиях и стенах для вентиляции цеха	17	20	23
Ф	20	проектирование железобетонных конструкций для установки электрического оборудования	17	20	23
Х	21	составление и расчет сметной стоимости архитектурных работ	2	3	4
Ц	22	составление и расчет сметной стоимости железобетонных конструкций	2	3	4
Ч	23	составление и расчет сметной стоимости вентиляционного оборудования и его установки	2	3	4
Ш	24	составление и расчет сметной стоимости водопроводных труб и сантехники	2	3	4
Щ	25	составление и расчет сметной стоимости электрического оборудования	2	3	4
Э	26	выдача документации в архив, размножение и отправка документации заказчику	1	2	3

Были сгенерированы последовательности из $N = 200$ реализаций случайных величин – длительностей выполнения работ. Для каждой реализации длительностей выполнения работ находилась длительность выполнения проекта. Таким образом, было получено 200 реализаций критического пути.

С помощью инструмента Анализа данных/Описательная статистика были найдены основные характеристики данной совокупности случайных чисел. С помощью функции ПЕРСЕНТИЛЬ найдено такое значение длительности критического пути, которое с вероятностью 95% не будет превышено.

Гипотеза о том, что длительность выполнения проекта подчиняется β -распределению, была отвергнута в виду значимого расхождения между указанным распределением и результатами моделирования. Тогда была рассмотрена гипотеза о их соответствии нормальному закону.

Для подтверждения этой гипотезы была проведена проверка на нормальность распределения длительности критического пути с помощью критерия Пирсона.

По критерию χ^2 она была принята с высоким уровнем значимости $p=0,88$ о том, что распределение длительности выполнения проекта имеет нормальное распределение. Это позволило определить квантили этого распределения порядка 0,95 и 0,9. Они имеют смысл величин, которые с вероятностью 0,95 и 0,9 не превысит длительность выполнения проекта.

Выводы

В данной работе рассмотрен один из важных процессов в управлении проектами – планирование. Планирование сроков проекта сталкивается с проблемой неопределенности, так как по многим причинам продолжительность работ по проекту является случайной величиной. Кратко были описаны существующие подходы к формализации неопределенных величин.

На примере работ по проектированию отделения сушки и дробления сырьевых материалов цементного завода была разработана вероятностная имитационная модель, которая позволила определить такой конечный срок реализации проекта, который с большой вероятностью (95%) не будет превышен. Кроме этого, с помощью проведенных исследований, было доказано, что длительность всего

проекта подчиняется нормальному распределению, хотя работы, входящие в проект, имеют β -распределение.

В результате выполнения работы показано, что можно учесть неопределенность сроков выполнения проектов, используя имитационную модель проекта. Тем самым можно учесть риски, связанные с выполнением проекта в целом и его частей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Управление проектом. Основы проектного управления: учеб./ под ред. М.Л. Разу. – М.: КНОРУС, 2010. – 768с.
2. Миллер Р. ПЕРТ – система управления. Пер. с англ. – М.: Экономика, 1965. – 202с.

Получено 12.10.2010г.