

МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ ПРОЕКТОМ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Шельганова О.И., Буркова И.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,

Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная, д.65

soi@ipu.ru, irbur27@gmail.com

Аннотация: Рассматривается проблема недостаточного внимания к фазе планирования работ на производстве. Дана общая постановка задачи, учитывающая проработку нескольких комбинаций времени планирования и соответствующего времени реализации. Приведен частный случай последовательного исполнения работ, для которого дан алгоритм решения с помощью метода динамического программирования.

Ключевые слова: управление, проект, бизнес-процесс, математическое программирование, оптимизация.

Введение

Деятельность любого предприятия на данный момент все чаще и все в большей степени содержит задачи проектного типа – в своем роде уникальные и ограниченные по времени и ресурсам. Например, научно-исследовательская деятельность полностью удовлетворяет этому условию и проводится сейчас большинством организаций. Тем не менее теория и практика управления проектами освоены предприятиями еще не очень активно. Опыт работы в организации, занимающейся научно-техническими испытаниями, позволил авторам сделать вывод о необходимости повышенного внимания к планированию работ в рамках таких испытаний при учете сложившихся на предприятии традиций и технологических ограничений.

1 Актуальность оптимизации процессов выполнения НИОКР

Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) по своей сути имеют все признаки проекта и могут полноценно рассматриваться в этом качестве. Они ограничены по срокам и ресурсам, целенаправленны, и, самое главное, уникальны. Это определяет, с одной стороны, сложность качественной реализации данных работ, но с другой делает применимой к ним хорошо разработанную технологию управления проектами [1].

Однако в реальности не такое большое, как хотелось бы, число предприятий активно используют эту технологию. На практике это приводит к частым срывам сроков, увеличению объема работы по причине непродуманных действий или выбора ненадежных поставщиков. Особенно критичным это становится для бюджетных предприятий, не имеющих возможность произвольно корректировать средства, сроки, цели и привязанных к четкой формализованной отчетности.

Возвращаясь к научно-исследовательским разработкам, заметим, что в силу уникальности, контролировать их четкое соответствие плану особенно сложно в связи с высокой неопределенностью, вызванной как поисково-творческой спецификой этой деятельности, нестабильностью внешних условий, так и влиянием человеческого фактора.

Как и любой проект, научно-исследовательские работы имеют так называемый бизнес-план, где просчитываются затраты и сроки его выполнения. Техническое задание и расчетно-калькуляционные материалы являются основанием для заключения контракта и начала его выполнения. Эти документы служат ориентиром по контролю временных, финансовых и материально-технических затрат при реализации. Но, как и в любом проекте, они не гарантируют того, что не придется вносить коррективы. Минимизации будущих изменений способствует качественная и подробная проработка плана, а также предполагаемых рисков [2]. Это очень важная и квалифицированная работа, которой в технологии управления проектами уделяется достаточно большое время, что не всегда происходит в реальной жизни. Большое количество разнообразной документации, согласования с различными внутренними структурами, возможными поставщиками и партнерами оказываются в достаточной мере трудозатратными, чтобы постараться свести их к минимуму, перенести решение этих проблем и отработку рисков непосредственно на этап выполнения работ. В ряде случаев это обоснованно, учитывая ограниченность ресурсов планового отдела и то, что он обеспечивает планирование для всех текущих проектов. Но в ряде случаев недостаточное внимание к составлению плана может привести к значительным проблемам и критическим потерям для проекта [3].

2 Частный случай

На основе анализа, проведенного в ходе исследования, представляется возможным выделить главные составляющие процесса выполнения проекта – используемая документация (назовем этот этап планирование) и время (трудозатраты) на выполнение работ (назовем этот этап реализация). Заметим, что между этими этапами есть прямая (хотя и не линейная) зависимость – чем длиннее этап планирования, тем короче и четче пройдет этап реализации проекта. Соответственно можно рассмотреть задачу, какое соотношение времен планирования и реализации является оптимальным. Для этого экспертным путем могут быть получены несколько вариантов зависимостей между временем планирования и временем реализации каждой работы проекта. Они могут выражаться парами значений (p_{ij}, t_{ij}) , где i – количество работ, j – количество вариантов зависимостей времени планирования от времени реализации, p_{ij} – время планирования для j -го варианта i -й работы, t_{ij} – время реализации для этого варианта. Рассмотрим простой пример.

Пример 1. Проект состоит из трех работ, данные о которых приведены в таблице 1. Сетевой график приведен на рис. 1 (работы – дуги). Число вариантов зависимостей 2.

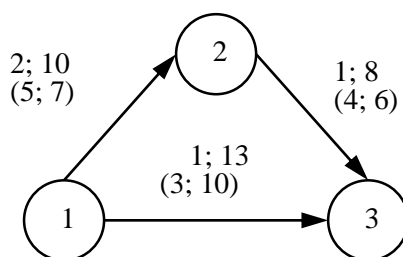


Рис. 1. Сетевой график планирования и реализации работ

Таблица 1. Варианты выполнения проекта для примера 1

Работы	Вариант 1	Вариант 2
(1, 2)	2; 10	5; 7
(1, 3)	1; 13	3; 10
(2, 3)	1; 8	4; 6

Первые числа в таблице равны продолжительности планирования, вторые – соответствующей продолжительности реализации соответствующих работ. Пусть общее время планирования проекта $P \leq 7$. Планы работ разрабатываются последовательно. В данном случае задачу можно решить простым перебором. Оптимальное решение – план работы (1, 2) разрабатывать по варианту 2, а работ (1, 3) и (2, 3) – по варианту 1. Продолжительность фазы реализации равна 15.

Заметим, что если продолжительность фазы планирования увеличить до 10, то продолжительность фазы реализации составит 13, что меньше, чем 15, хотя суммарная продолжительность 22 увеличится до 23. Какое время важнее, необходимо решать в каждой конкретной ситуации. Тем более, что время работы планового отдела выражается в конкретных человеко-часах, и ограничение на суммарную продолжительность фаз планирования, приведенное выше, выглядит вполне обоснованным. Другим очевидным ограничением может выступать максимальная продолжительность суммарного времени реализации проекта [4].

В общем случае поставленная задача относится к классу NP-трудных задач целочисленного программирования и методом перебора эффективно не решается [5].

3 Постановка задачи

Пусть имеется проект, состоящий из N работ. Для каждой работы i этого проекта ($i = \overline{1, N}$) может быть разработано A вариантов комбинаций продолжительностей времени планирования и соответствующего ему времени реализации (p_{ij}, t_{ij}) , где j ($j = \overline{1, A}$) – один из вариантов. Введем переменные x_{ij} такие, что $x_{ij} = 1$, если j -й вариант комбинации для i -й работы входит в конечный набор, и $x_{ij} = 0$, если не входит. В задаче может быть поставлено одно из двух ограничений – на суммарное время планирования P или на суммарное время реализации T . Приведем математическую постановку задачи для обоих вариантов. Обозначим $T(x)$ – минимальное время реализации в зависимости от x .

Задача 1. Определить $x = (x_{ij})$ такие, что

$$\begin{aligned}
 T(x) &\rightarrow \min \\
 \sum_{i,j} p_{ij}x_{ij} &\leq P \\
 \sum_j x_{ij} &= 1, \quad i = \overline{1, N}
 \end{aligned} \tag{1}$$

в случае, когда ограничение идет на суммарное время планирования.

Задача 2. Определить $x = (x_{ij})$ такие что

$$\begin{aligned}
 \sum_{i,j} p_{ij}x_{ij} &\rightarrow \min \\
 T(x) &\leq T \\
 \sum_j x_{ij} &= 1, \quad i = \overline{1, N}
 \end{aligned} \tag{2}$$

в случае, когда ограничено суммарное время реализации.

4 Случай последовательного выполнения работ

Рассмотрим частный случай поставленной задачи, когда работы выполняются последовательно, и приведем решение с помощью метода динамического программирования. Сетевой график таких работ представлен на рисунке 2.

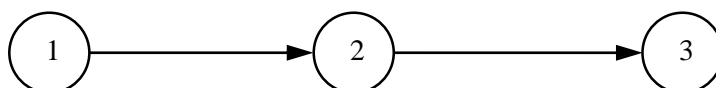


Рис. 2. Сетевой график последовательных работ

Пример 2. Пусть сетевой график проекта изображен на рис. 2, а данные о работах приведены в таблице 2. Для каждой работы рассмотрено 2 варианта комбинаций времени планирования и реализации, при этом $P \leq 6$.

Таблица 2. Варианты выполнения проекта для примера 2

Работы	Вариант 1	Вариант 2
(1, 2)	2; 10	5; 7
(2, 3)	1; 8	4; 6
(3, 4)	1; 7	3; 4

Применим метод динамического программирования Беллмана.

- Строим систему координат, где на оси X отмечаем номера работ (в нашем примере три работы), а на оси Y – время разработки плана p_{ij} .
- От точки 0 к оси, соответствующей первой работе, проводим стрелки по количеству вариантов (в нашем случае – две), каждую до уровня, соответствующего времени планирования первой работы по соответствующему варианту. На диаграмме стрелки, соответствующие варианту 1, проведены черным, а варианту 2 – красным цветом.
- На стрелках помечаем продолжительность реализации для данного варианта планирования. В точке, куда пришла стрелка, в квадратных скобках, помечаем минимальное суммарное время реализации для этой точки (для первого уровня это просто время реализации работы для этого варианта).
- Из каждой получившейся вершины проводим ко второй работе стрелки по количеству вариантов, поднимая их на время планирования и помечая на них время реализации. В квадратных скобках у получившихся вершин ставим минимальное суммарное время реализации (уточнение насчет минимального суммарного времени необходимо, если в одну вершину придут две стрелки).
- Продолжаем ту же операцию для всех последующих работ. В квадратных скобках у вершин, соответствующих последней работе, будет указано минимальное время разработки для соответствующего времени планирования. Выбираем среди этих значений оптимальный вариант.
- Какие работы по какому варианту необходимо планировать, находим методом обратного хода.

Для этого идем назад из выбранной вершины по стрелкам. В ряде случаев это однозначно определяет нужный вариант. Если на пути встречается вершина, в которую входит 2 стрелки, выбираем ту, которая приводит к нужному значению. Так, на рисунке 3 средняя вершина для второй работы помечена числом 15. Нам необходимо определиться, по какой стрелке возвращаться дальше. Легко заметить, что красная стрелка со временем реализации 6 выходит из вершины с минимальным временем реализации 10, что в сумме дает 16, и нам не подходит. Если же пойти по черной стрелке с временем реализации 7, выходящей из вершины, помеченной временем 8, получаем как раз сумму 15. Значит, нас интересует именно этот путь. Если же в вершину приводят несколько стрелок с одинаковой суммой, это значит, что все варианты подходят и любой из них может быть включен в конечный набор.

На рисунке 3 приведена сеть, построенная для примера 2. Жирной горизонтальной линией помечено ограничение задачи. Этому ограничению соответствуют только 2 решения, находящиеся ниже линии. Первое – выполнить все работы по варианту 1 с продолжительностью реализации 25 и суммарной продолжительностью 29. Второе – выполнить работы 1 и 2 по варианту 1, а 3-ю работу по варианту 2 с продолжительностью реализации 22 и с суммарной продолжительностью 28. По обоим критериям предпочтительным является этот вариант.

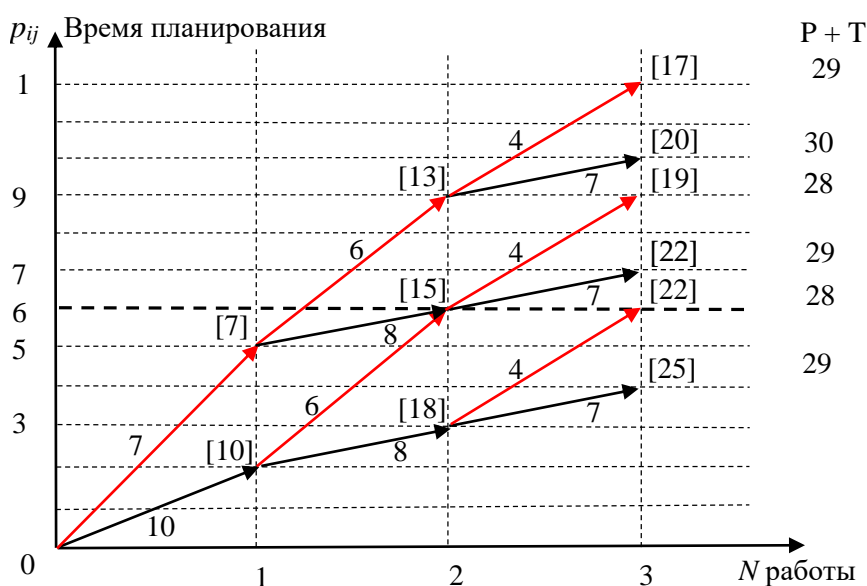


Рис. 3. Решение на основе метода динамического программирования

Средняя вершина для второй работы, хотя в нее и приходят 2 пути, помечена значением 15, поскольку именно это время является минимальным.

Заметим, что полученная сеть показывает оптимальные варианты для любого ограничения. Если сдвинуть жирную горизонтальную линию с координаты 6 на любую другую ниже нее, мы получим все допустимые для этого ограничения варианты, из которых останется выбрать подходящий. Эти данные отражены в таблице 3 и на диаграмме 4.

Таблица 3. Исходы при разных ограничениях на срок планирования для примера 2

Исходы	Суммарное время		
	планирования $\sum_{i,j} p_{ij}$	реализации $\sum_{i,j} t_{ij}$	Всего проекта $\sum_{i,j} p_{ij} + \sum_{i,j} t_{ij}$
1	4	25	29
2	6	22	28
3	7	22	29
4	9	19	28
5	10	20	30
6	12	17	29

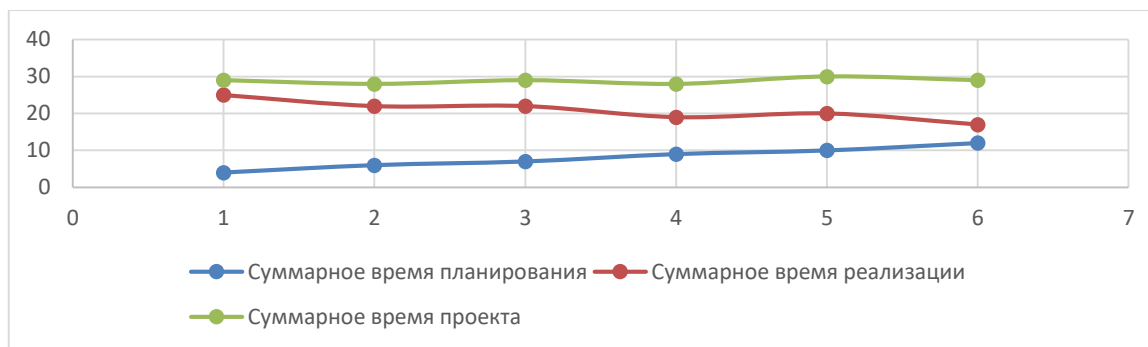


Рис. 4. Анализ суммарного времени

При ограничении на максимальный срок реализации T задача решается аналогичным образом. Только при построении сети по вертикальной оси откладывается время реализации, на стрелках помечается время планирования, а в вершинах в квадратных скобках указывается минимальное суммарное время планирования. Такая сеть тоже покажет возможные варианты времени планирования при всех возможных ограничениях на время реализации.

Заключение

Как было сказано выше, проблема более детального и продуманного планирования работ проекта для многих предприятий стоит сейчас достаточно остро. Времени и сил этому процессу уделяется необоснованно мало. Часто это связано с объективными ограничениями возможностей планирования и реализации на самом предприятии. Данная статья является началом исследования задачи оптимизации реализации проектов с упором на взаимосвязь между временем планирования и выполнения работ по этому плану.

Литература

1. Гонтарева И.В., Нижегородцев Р.М., Новиков Д.А. Управление проектами: Учебное пособие. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. - 384с.;
2. Баркалов С.А. Риск-менеджмент: учебное пособие / С.А Баркалов, Е.А. Киреева, П.И. Семенов. - Воронеж: Научная книга, 2014. - 481с.;
3. Мониторинг и моделирование процесса оформления сметно-договорной документации. / О.И. Шельганова // Современные информационные технологии в образовании, науке и промышленности. XII межд. конф. и X межд. конкурс научных и научно-методических работ. М., 2019. С. 126-128;
4. Моделирование и оптимизация процесса реализации проекта на предприятии. Статья / Шельганова О.И., Буркова И.В. / [в печати];
5. Джон Хопкрофт, Раджив Мотвани, Джеффри Ульман. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений = Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation. - М.: «Вильямс», 2002. - 528 с. - ISBN 0-201-44124-1.