

УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ

УДК 658.152.003.13

¹Е.Ю. Антипенко, ²Д.О. Приходько, ¹И.В. Доненко, ²Ю.А. Чуприна, ¹А.А. Бобраков¹ Запорозьская государственная инженерная академия, Запорожье² Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев**МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕСУРСНЫХ ПОТОКОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ**

Данное исследование посвящено вопросам моделирования ресурсных и экономических потоковых параметров календарных планов проектов строительного производства. Выполнен структурный анализ элементов показателей эффективности ресурсно-календарных планов проектов строительной отрасли для подготовки качественной базы обеспечения процессов планирования и последующей реализации проектов.

Ключевые слова: *строительный проект, денежный поток, календарный план, ресурсные характеристики*

Постановка проблемы

Реализация строительных проектов предполагает выполнение комплекса взаимосвязанных работ представленного в виде сетевой модели [4], работы которой характеризуются продолжительностью и кривой освоения стоимости их выполнения. Окончание работ соответствует срокам свершения событий, т.е. событиям соответствует определенный промежуточный результат.

Моделирование программ и проектов в сетевой форме позволяет наглядно и адекватно отобразить состав и взаимосвязи процессов [1, 4, 5], входящих в проект, оценить важнейшие параметры и компактно представить различные варианты реализации проекта.

Цель исследования

На стадии подготовки к реализации строительного проекта необходимо уметь оценивать денежные потоки по проекту, на основании которых и базируются основные организационно-технологические и стоимостные показатели объекта исследования, и принимается решение о целесообразности его реализации.

Основной материал исследований

Первым шагом в определении эффективности проекта есть определения релевантных денежных потоков [1]. Среди специалистов [2, 3, 6] нет единого мнения относительно формирования денежных потоков для анализа ресурсно-календарного плана как при *ex-post* (на оценке

фактических отчетных показателей), так и при *ex-ante* (на оценке прогнозных ожидаемых величин) методике. Анализируя разные подходы формирования релевантных денежных потоков при оценке реальных инвестиций и формы финансовой отчетности Украины, можно выделить общие правила формирования такого потока.

При анализе строительных проектов большую роль играет не только понятие денежного потока (Θ_{CF}), а также связанное с ним понятие “амортизация”, так как, в хозяйственной деятельности факту получения прибыли предшествует возмещение первоначальных капиталовложений (чему соответствует понятие “амортизация”). В случае капитальных вложений, эту функцию выполняют амортизационные отчисления. Выполнение основных требований, предъявляемых к Θ_{CF} реальных инвестиций, при расчёте эффективности проекта на основании принятого показателя оценки проектов, строится на оценке сумм амортизационных отчислений, затрат и прибыли в пределах установленного горизонта реализации проекта. Эта сумма, в самом общем случае, и составит суммарный денежный поток заданного временного периода проекта.

Исходя из вышеизложенного, денежный поток строительного проекта в укрупнённой структуре можно представить состоящим из таких элементов, как общие затраты, выручка от реализации проекта, производственные затраты и налоги, которые приводят к единому моменту времени (начальному i или конечному j событию работы (i, j)). Тогда, получаем, что денежный поток в период t будет равен [4]:

$$\Theta_{CFt} = \Delta_t \sum_{i=1}^m \Theta_{CFti} + \alpha_t \cdot \chi_t, \quad (1)$$

где t – индекс, соответствующий периоду времени t ; Θ_{CFti} – при $i \leq k$, «входящий» i -й элемент (приток) денежного потока, то есть такого, который относится к «доходной» части элементов Θ_{CF} ; Θ_{CFti} – при $i > k$, «исходящий» i -й элемент (отток) денежного потока, то есть такого, который относится к «затратной» части элементов Θ_{CF} ; m – общее количество элементов денежного потока; k – общее количество «входящих» элементов денежного потока; Δ_t – чистая норма прибыли периода t , выраженная в долевом отношении, $\Delta_t = 1 - \eta_t$; χ_t – чистая норма амортизационных отчислений, выраженная в долевом отношении; α_t – амортизация; n – количество периодов в жизненном цикле инвестиционного проекта.

Каждый элемент периодного денежного потока – Θ_{CFti} находится путем сложения всех соответствующих элементов денежных потоков работ, входящих в период t с учетом фактора времени (срока реализации либо начальных, либо конечных событий по отношению, соответственно, к началу или окончанию периода t). Для однородности приводимых рассуждений положим, что элементы денежных потоков работ, входящих в период t , приводятся к концу периода. Следует заметить, что выбор формы приведения не оказывает влияния на математическую постановку модели, и для случая приведения к началу периода выражения могут быть легко откорректированы.

Все временные параметры сети (Φ , Φ_i , Φ_j , Ψ_{ij} и т.д.) можно рассматривать или как дискретные, или как непрерывные величины. Однако, учитывая то, что возможно получение реальной исходной информации, временные параметры принимаются дискретными, хотя в случае необходимости можно выполнить несложные преобразования и перейти к непрерывному времени.

В свою очередь каждой работе (i, j) сетевой модели проекта (кроме фиктивных работ), соответствует определенный денежный поток – Θ_{CFij} , который обладает финансовыми характеристиками данной работы. Денежные потоки всех работ характеризуют стоимостные показатели всего проекта в целом. Выражение для нахождения Θ_{CFij} напоминает выражение для нахождения Θ_{CFt} , в силу того, что Θ_{CFt} является укрупненным вариантом Θ_{CFij} , т.е. структура Θ_{CFij} и Θ_{CFt} одинакова, согласно (1), имеем:

$$\Theta_{CFij} = \Delta_{ij} \cdot \left(\sum_{\eta=1}^k \Theta_{CFij}^{\eta} - \sum_{\eta=k+1}^k \Theta_{CFij}^{\eta} \right) + \alpha_{ij} \cdot \chi_{ij}, \quad (2)$$

где i – номер начального события рассматриваемой работы (i, j) ; j – номер конечного события

рассматриваемой работы (i, j) ; Θ_{CFij} – денежный поток рассматриваемой работы (i, j) ; Θ_{CFij}^{η} – при $\eta \leq k$, «входящий» η – й элемент денежного потока, то есть такого, который относится к «доходной» части элементов Θ_{CF} ; Θ_{CFij}^{η} – при $\eta > k$, «исходящий» η – й элемент денежного потока, то есть такого, который относится к «затратной» части элементов Θ_{CF} ;

В свою очередь, величина элемента денежного потока работы (i, j) Θ_{CFij}^{η} зависит от момента времени, в который производится «срез» рассматриваемой работы для определения Θ_{CFij}^{η} . Все основные составляющие Θ_{CFij} , (будь то стоимость трудозатрат, стоимость материалов, заработная плата или прибыль от реализации части проекта и др.) имеют, как правило, линейный равномерно распределенный характер. Линейность составляющих Θ_{CFij} обусловлена тем, что все экономические, бухгалтерские и др. показатели финансовой отчетности, определяемые в пределах одного периода (года, квартала, месяца, недели, дня) определяются сугубо по линейным зависимостям вида $\Theta_{CFij}^{\eta} = \mathcal{G}(\Phi)$, а уже после этого для сопоставления с аналогичными показателями других работ над ними производят преобразования, выражения которых носят нелинейный характер. Равномерно-распределенный характер составляющих Θ_{CFij} обусловлен тем, что с позиций проектного анализа появление различных компонентов финансовых потоков в пределах отдельно взятого периода (действия, работы) принимается с постоянной интенсивностью. Конечно, в случае рассмотрения работы (i, j) в укрупненном виде интенсивность появления различных составляющих Θ_{CFij} носит непостоянный характер, что обусловлено внутренней и внешней средой рассматриваемой работы, ее природой и индивидуальными особенностями. Однако, при рассмотрении работы (i, j) , как одного из процессов, входящих в комплекс мероприятий по достижению цели инвестиционного проекта принимается, что в рамках событий i, j процесс носит равномерно-распределенный характер. Например, потребление ресурсов, необходимых для выпуска какой-либо продукции, не равномерно даже в течение часа (смены). Это обусловлено и технологическими особенностями ведения работ (предположим, подача конструкции, монтаж конструкции и т.д.) и особенностями конкретного процесса (предположим, транспортировка конструкций с предприятия-изготовителя на строительную площадку для дальнейшего монтажа) и вынужденными простоями и др., но при рассмотрении данной операции, в пределах ограниченного отрезка времени Ψ_{ij} , считается, что

потребление ресурсов равномерно, выпуск и потребление продукции также считается равномерным (например, шт / дн), и, как следствие, прибыль также получается равномерно (например, тыс.грн / мес и т.д.). Исходя из этого, можно заключить, что с позиций проектного анализа и методологии определения эффективности проекта финансовый поток в пределах конкретного действия (i, j) с продолжительностью Ψ_{ij} , равномерно распределен на данном отрезке времени, т.е. имеет постоянную интенсивность:

$$I_{ij}^{\eta} = \frac{\Theta_{CFij}^{\eta}}{\Psi_{ij}} - \text{интенсивность элемента } \Theta_{CFij}, \quad (3)$$

$$I_{ij} = \frac{\Theta_{CFij}}{\Psi_{ij}} - \text{интенсивность } \Theta_{CF} \text{ работы } (i, j). \quad (4)$$

Таким образом, предполагается, что закон распределения величины $I_{ij}(\tau_{ij})$ во времени: $\tau_{ij}=0, 1, \dots, \Psi_{ij}-1$ (т.е. в течение фиксированной продолжительности Ψ_{ij} выполнения работы) считается известным (как это показано выше). Величина τ_{ij} – промежуточные значения продолжительности работы (i, j) : Ψ_{ij} – принимает целочисленные значения в силу нашего допущения о дискретности времени.

Тогда приведенный денежный поток работы (i, j) Θ_{CFij} будет иметь вид:

$$П\Theta_{CFij}^H = \sum_{\tau_{ij}=0}^{\Psi_{ij}-1} \frac{I_{ij}}{(1+e_{ij})^{\tau_{ij}}}, \quad (5)$$

$$П\Theta_{CFij}^K = (1+e_{ij})^{\Psi_{ij}} \sum_{\tau_{ij}=0}^{\Psi_{ij}-1} \frac{I_{ij}}{(1+e_{ij})^{\tau_{ij}}}, \quad (6)$$

где $П\Theta_{CFij}^H$ – приведенный к моменту начала работы Θ_{CF} работы (i, j) ; $П\Theta_{CFij}^K$ – приведенный к моменту окончания работы Θ_{CF} процесса (i, j) ; e_{ij} – норма дисконта, соответствующая работе (i, j) ; Ψ_{ij} – продолжительность процесса (i, j) ; τ_{ij} – возможные целочисленные (дискретные) значения величины Ψ_{ij} ; I_{ij} – интенсивность денежного потока в момент τ_{ij} .

Приведенный денежный поток работы (i, j) Θ_{CFij} к конечному событию j согласно (5) будет иметь вид:

$$П\Theta_{CFij}^j = (1+e_{ij})^{\Psi_{ij}-\tau_{ij}} \sum_{\tau_{ij}=0}^{\Psi_{ij}-1} \frac{I_{ij}}{(1+e_{ij})^{\tau_{ij}}}, \quad (7)$$

к начальному событию i согласно (6) примет:

$$П\Theta_{CFij}^i = (1+e_{ij})^{\Psi_{ij}-\tau_{ij}} \sum_{\tau_{ij}=0}^{\Psi_{ij}-1} \frac{I_{ij}}{(1+e_{ij})^{\tau_{ij}}}, \quad (8)$$

где Φ_j – срок свершения события j [конечного события работы (i, j)];

Φ_{ij} – момент начала работы $(i-j)$.

Суммарный денежный поток события j состоит из денежных потоков всех работ, для которых событие j является конечным, приведенных с помощью дисконтирования к моменту Φ_j , учитывая (7) и (8):

$$\Theta_{CFj}((i, j), \varphi) = \sum_{\{j:\Phi_j \leq \varphi\}} (1+e_{ij})^{\Phi_j-\Phi_{ij}} \sum_{\tau_{ij}=0}^{\Psi_{ij}-1} \frac{I_{ij}}{(1+e_{ij})^{\tau_{ij}}}. \quad (9)$$

Суммарный денежный поток события i состоит из денежных потоков всех работ, для которых событие i является начальным, приведенных с помощью приведения к моменту Φ_i , учитывая (7) и (8):

$$\Theta_{CFi}((i, j), \varphi) = \sum_{\{j:\Phi_i \leq \varphi\}} (1+e_{ij})^{\Phi_i-\Phi_{ij}} \sum_{\tau_{ij}=0}^{\Psi_{ij}-1} \frac{I_{ij}}{(1+e_{ij})^{\tau_{ij}}}. \quad (10)$$

Таким образом, все события строительного проекта представленного в виде сетевой модели, можно охарактеризовать соответствующими им денежными потоками инцидентных им работ, величина которых зависит от срока свершения соответствующего события, где данную зависимость можно описать функцией: $\Theta_{CF}^j = \mathcal{F}(\Phi)$. Кроме того, части событий дополнительно сопоставляются денежными поступлениями $\Theta_{CFi}(\Phi_i, \phi)$, которые характеризуют необходимые капитальные вложения в момент времени Φ_i , где Φ_i – срок наступления i -го события, ϕ – рассматриваемый момент времени. Самым простым примером $\Theta_{CFi}(\Phi_i, \phi)$ могут служить начальные инвестиции $\Theta_{CFi}(\Phi_i, \phi=0)$, осуществляемые в момент времени $\phi=0$ и соответствующие денежному потоку события $i=1$. Очевидно, что в процессе поиска оптимального решения в случае изменения первоначального срока наступления события i соответствующим образом должен измениться и денежный поток в событии i . Изменению с учетом фактора времени подлежит как часть денежного потока, характеризующая денежными потоками инцидентных событий, так и часть денежного потока, представляющая собой капитальные вложения в данный момент времени.

Пусть $\Theta_{CFa}(\Phi_a, \phi)$ – денежный поток в событии a , со сроком наступления Φ_a , $\Phi_a < \phi$. В процессе итеративного поиска оптимального решения получаем, что срок свершения события a соответствует оптимальному решению $\Phi_a^{opt} = \Phi_a + \Delta\varphi$. Учитывая то, что денежный поток в событии зависит от времени его наступления,

получим оптимальную величину Θ_{CFa}^{opt} , которая характеризуется моментом времени Φ_a^{opt} .

До изменения времени наступления приведенный поток в событии a составлял:

$$P\Theta_{CFa} = \frac{P\Theta_{CFa}}{(1+e_a)^{\Phi_a}} \quad (11)$$

В оптимальном варианте приведенный Θ_{CFa} , аналогично с (11) будет равен:

$$P\Theta_{CFa}^{opt} = \frac{P\Theta_{CFa}}{(1+e_a)^{\Phi_a^{opt}}} = \frac{P\Theta_{CFa}}{(1+e_a)^{\Phi_a+\Delta\phi}} \quad (12)$$

Как видно из $P\Theta_{CFa}$ и $P\Theta_{CFa}^{opt}$, соответственно выражения (11) и (12) значение Θ_{CFa}^{opt} составят:

$$\Theta_{CFa}^{opt} = \frac{\Theta_{CFa}}{(1+e_a)^{\Delta\phi}} \quad (13)$$

Следовательно, при изменении срока свершения события i на величину $\Delta\phi$, его денежный поток необходимо изменить в $1/(1+e_i)^{\Delta\phi}$ раз. Полученный таким образом денежный поток в событии i будет соответствовать новому управленческому решению по реализации данного события.

Таким образом, можно сформулировать целевую функцию задачи проекта, представленного в сетевой форме, которая максимизирует приведенную стоимость, т.е. на основании выражения (13) имеем:

$$\Xi(\Phi) = \sum_{\substack{\phi=0 \\ \{i:\Phi_i < \phi\}}}^{\Phi} \Theta_{CFi} \times \left(\prod_{i=0}^u (1+e_i)^{\Phi_i} \right)^{-1}, \quad (14)$$

где $\Theta_{CFi} = \Theta_{CFi}(\Phi_i, \phi) + \Theta_{CFi}((i, j), \phi)$ – денежный поток в событии i , состоящий из денежных потоков инцидентных событий и капитальных вложений, осуществляемых в данный момент времени.

Проанализировав структуру целевой функции $\Xi(\Phi)$, можно заключить, что она зависит только от сроков свершения событий (т.е. от искомого рационального ресурсно-календарного плана), таким образом, временные параметры будут характеризовать рентабельность проекта, которая в рассмотренном случае является мерой эффективности реализации строительного проекта.

Выводы

Для решения оптимальных задач на стадии обоснования проектов предложено установить критерий оптимальности, который математически записывается целевой функцией $\Xi(\Phi)$. В качестве такого критерия в постановке сформулированной задачи выступает максимизация чистой

приведенной стоимости выполнения СМР проекта при его реализации. Трудность решения предложенной задачи связана с необходимостью учитывать при решении значительное число ограничений различного характера. Ограничения накладываются как на суммарные объемы капитальных вложений, которые зависят от лимитов фондов и мощности строительных организаций, так и возможные сроки вложений, определяемые технологией строительного производства. Одновременный учет всех этих ограничений вызывает определенные трудности, связанные как с вычислительной сложностью задач математического программирования, так и с необходимостью получения большого объема различной по содержанию информации.

Список литературы

1. Антипенко Е.Ю. Принципы анализа капитальных вложений: Монография / Е.Ю. Антипенко, В.И. Доненко. – Запорожье: Фазан; Дикое Поле, 2005. – 420 с.
2. Доненко В.И. Количественная оценка денежных потоков при анализе строительного проекта / В.И. Доненко, Е.Ю. Антипенко // Новини науки Придніпров'я. Наук.-практ. журнал. Серія: Інженерні дисципліни. – Дніпропетровськ: Вид. «Дніпро-VAL», 2005. – № 3. – С. 46-50.
3. Салига К.С. Економічні теорії інноваційного розвитку підприємства: монографія / К.С. Салига; Класич. приват. ун-т. – Запоріжжя, 2009. – 216 с.
4. Основы сетевого моделирования в строительстве / Швец Н.А., Залуни В.Ф., Киринос В.М., Гуцало О.Ю., Одинокий В.Г., Дадиверина Л.Н. – Днепропетровск: ПГАСА, 1999. – 62 с.
5. Филлипс Л.А., Методы анализа сетей: Пер. с англ. / Л.А. Филлипс, А. Гарсиа-Диас – М.: Мир, 1984. – 490 с.
6. Тянь Р.Б. Научные подходы к определению денежного потока предприятия / Р.Б. Тянь, Н.М. Демченко, М.Н. Демченко // Вісн. Придніпр. держ. акад. буд-ва та архіт. – Д.: ПДАБА, 2007. – № 7. – С. 46-51.

Статья поступила в редколлегию 23.12.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.О. Поколенко, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев.