

Оптимизационная модель — эффективный инструмент управления денежными потоками инвестиционного проекта

© 2009 г. А. М. Рытиков, С. А. Рытиков *

Обоснованность решений, принимаемых на различных этапах венчурного проектирования, в значительной мере определяется глубиной вариантной проработки возможных альтернатив. Однако в экономической литературе отсутствуют такие важные с позиции уменьшения стартового капитала и достижения наибольшего эффекта четкие рекомендации по назначению:

- *очередности ввода* технологически несвязанных мощностей;
- *длительности периода инвестирования*;
- *вида привлекаемых кредитов*: отдать ли предпочтение долгосрочным кредитам или выбрать краткосрочные;
- *периода погашения кредита* в пределах жизненного цикла проекта;
- *использования генерируемых проектом средств* на стадии его эксплуатации: направить ли их на развитие проекта или вложить их в краткосрочные депозиты с целью увеличения капитала.

При разработке оптимизационной математической модели проекта, которая позволила бы ответить на эти вопросы, исходили из того, что модель должна адекватно отображать динамично развивающийся инвестиционный процесс на протяжении всего жизненного цикла и соответствовать требованиям Методических рекомендаций по оценке эффективности инвестиционных проектов [1].

В связи с тем что инвестиционный проект по своим характеристикам и значительному количеству взаимосвязанных элементов является сложной экономической системой, первоначально произвели *декомпозицию* системы на элементы и изучили их свойства, взаимозависимость и иерархическую подчиненность ее составных частей. Лишь после этого упорядочили связи и синтезировали имитационную модель таким образом, чтобы в пределах ограничительных условий можно было организовать «проигрывание» на ПЭВМ различных сценариев,

варьируя в интересующих пределах и изучая в интерактивном (диалоговом) режиме влияние различных факторов на показатели эффективности инвестиционного проекта.

Предполагается, что исходные данные для математической модели должны быть получены на стадии предпроектного обоснования. При этом в результате маркетинговых и технико-экономических исследований и сравнительной оценки эффективности альтернативных технологий должны быть установлены [2]:

- номенклатура продукции и годовой объем ее производства (мощность предприятия);
- основные технологические решения;
- капитальные затраты;
- производственные затраты и лимитная цена продукции;
- необходимый объем инвестиций.

При выполнении расчетов на этой стадии целесообразна субоптимизация параметров проекта с использованием экономико-математических методов [3].

Описание математической модели

Жизненный цикл (ЖЦ) проекта делится на равные периоды времени: длина периода принята равной одному году. Номер периода t совпадает с годом, отсчитываемым от начала жизненного цикла: $t = 1, 2, 3, \dots, T$, где T — последний год жизненного цикла.

Математическая модель содержит переменные X_j двух типов: часть из них характеризует *интенсивность применения денежных потоков*, которые заданы коэффициентами столбца j в исходной матрице задачи. Эти переменные являются безразмерными величинами, и их верхний индекс указывает на принадлежность к определенному виду деятельности.

Другая часть переменных характеризует *количество собственных денежных средств*, авансируемых в проект в тот или иной период его реализации. Размерность этих переменных соответствует денежным единицам, фигурируемым в проекте.

Все множество переменных X_j делится на подмножества, относящиеся к элементам денежных потоков:

* А. М. Рытиков — д.т.н., профессор МГВМИ
С. А. Рытиков — асс. кафедры «Экономика и менеджмент» МГВМИ

инвестиционной деятельности:

$X_j^i \in \alpha$, где $j = 1, 2, \dots, m$;

$X_j^i \in \beta$, где $j = m+1, m+2, \dots, n$;

$X_j^i \in \gamma$, где $j = n+1, n+2, \dots, e$;

операционной деятельности:

$X_j^s \in \phi$, где $j = e+1, e+2, \dots, p$;

$X_j^s \in \psi$, где $j = p+1, p+2, \dots, u$;

финансовой деятельности:

$X_j^f \in \xi$, где $j = u+1, u+2, \dots, v$;

$X_j^f \in \eta$, где $j = v+1, v+2, \dots, w$;

$X_j^f \in \rho$, где $j = w+1, w+2, \dots, q$.

Математическая модель содержит следующие условия-ограничения:

1). Условие финансовой реализуемости проекта, которое требует неотрицательности баланса (сальдо) денежных средств для каждого периода времени, может быть выражено в виде [1, 3–5]:

$$\Phi^i(t) + \Phi^s(t) + \Phi^f(t) \geq 0, \quad (1)$$

где $\Phi^i(t)$, $\Phi^s(t)$, $\Phi^f(t)$ — соответственно эффекты (сальдо) инвестиционной (i), операционной (s) и финансовой (f) деятельности на конец года t .

Число ограничений типа (1) равно числу периодов (лет) выполнения проекта, и все они вместе образуют балансовую часть математической модели.

Элементами денежных потоков от инвестиционной деятельности в условии (1) являются:

$$\Phi^i(t) = \sum_{j=1}^m (-I_{ij}^0 X_{j \in \alpha}^i) + \sum_{j=m+1}^n (-I_{ij}^r X_{j \in \beta}^i) + \sum_{j=n+1}^e (\pm I_{ij}^e X_{j \in \gamma}^i). \quad (2)$$

Здесь I_{ij}^0 — инвестиционные затраты соответственно «нулевому циклу» (0), связанные с разработкой ТЭО и бизнес-плана, строительством зданий и сооружений, приобретением нематериальных активов, подготовкой кадров и т. п.; I_{ij}^r — затраты (r), связанные с приобретением, транспортировкой и монтажом оборудования, а также затраты на создание оборотного капитала для производственной линии r -й очереди ($r = 1, 2, 3, \dots$); I_{ij}^e — поступления (+) или убытки (–) в связи с ликвидацией (e) выводимых из эксплуатации основных фондов в конце жизненного цикла проекта, т. е. в год T .

Элементами денежных потоков от операционной деятельности в условии (1) являются:

$$\Phi^s(t) = \sum_{j=e+1}^p S_{ij}^r X_{j \in \phi}^s + \sum_{j=p+1}^u (\pm S_{ij}^d X_{j \in \psi}^s). \quad (3)$$

Здесь S_{ij}^r — эффект (сальдо) от притока, обусловленного выручкой от реализации продукции линии r -й очереди, и оттоков, обусловленных текущими производственными издержками (без амортизационных отчислений) и налогами; S_{ij}^d — элементы денежных потоков, обусловленных краткосрочными депозитами свободных средств в год t . Согласно рекомендациям [4, с. 166], в расчетах эф-

фективности оттоки и притоки, обусловленные такими депозитами, целесообразно относить к операционной деятельности, т. к. они связаны с распоряжением внутренними средствами, генерируемыми проектом.

Элементами денежных потоков от финансовой деятельности в условии (1) являются:

$$\Phi^f(t) = \sum_{j=u+1}^v (\pm F_{ij}^k X_{j \in \xi}^f) + \sum_{j=w+1}^q (\pm F_{ij}^g X_{j \in \eta}^f) + X_{j \in \rho}^f - D_t^f. \quad (4)$$

Здесь F_{ij}^k и F_{ij}^g — элементы денежных потоков, обусловленных заемными средствами, например долгосрочными (k) и краткосрочными (g) кредитами, которые могут быть привлечены в любой год t с окончанием выплат по ним не позднее года T . В расчетах будем считать, что проценты по заемным средствам более высокие, чем по краткосрочным депозитам, а проценты по долгосрочным кредитам, более высокие в сравнении с процентами по краткосрочным; $X_{j \in \rho}^f$ — собственные средства инвестора (проектоустроителя), авансируемые в проект в t -м году; D_t^f — затраты, связанные с выплатой дивидендов по акциям предприятия в год t .

2). Условия-ограничения, накладываемые на переменные:

а) Все переменные должны быть положительными, т. е. $X_j^i \geq 0$; $X_j^s \geq 0$; $X_j^f \geq 0$; $X_j^f \geq 0$.

б) Все переменные X_j^i , входящие в подмножество α , β и γ при элементах денежных потоков I_{ij} инвестиционной деятельности, а также X_j^s , входящие в подмножество ϕ при элементах денежных потоков S_{ij}^r операционной деятельности, должны удовлетворять требованию целочисленности, т. е. $X_j = 0, 1, 2, \dots$, целое число.

Требования «а» и «б» выполняются автоматически при использовании современных программных продуктов для решения частично целочисленных задач линейного программирования [6, 7].

3). Условия-ограничения, накладываемые на использование альтернативных вариантов.

Если переменные X_j характеризуют альтернативные денежные потоки, из которых может быть использован только один, то условие целочисленности дополняется требованием:

$$\sum_j X_j = 1. \quad (5)$$

Такое требование возникает при рассмотрении возможных вариантов пуска очередей оборудования или выборе рациональной схемы выплаты долга по долгосрочному кредиту.

4). Условие-ограничение по собственным авансируемым в проект средствам:

$$\sum_j X_j^f = N_0. \quad (6)$$

Здесь N_0 — авансируемый капитал, который весь или его часть может быть использована в год t .

5). Условия-ограничения по заемным средствам.

В случае, если на объем заемных средств в каком-либо году накладывается ограничение, то математическая модель для соответствующего года t должна содержать условие:

$$\sum_j F_{ij}^k X_{j \in \xi}^f + \sum_j F_{ij}^g X_{j \in \eta}^f \leq F_i. \quad (7)$$

Разработанная модель позволила выполнить в интерактивном режиме исследования по выявлению влияния различных условий и значимости факторов на процесс реализации инвестиционного проекта. В качестве критерия эффективности рассматривали состояние инвестора в конце жизненного цикла проекта. В работе [5, с. 330–346] данный критерий использован при оптимизации инвестиционного портфеля (программы).

Реализация модели на ЭВМ

Варьирование граничных условий различных проектов с использованием пакета прикладных программ [6], позволило установить следующие закономерности:

1. При достаточности инвестируемых средств модель позволяет рассчитать для заданных условий *полностью сбалансированный финансовый план*, охватывающий все периоды жизненного цикла проекта. При этом на стадии эксплуатации *генерируемые проектом средства используются на развитие проекта (самофинансирование) или инвестируются в краткосрочные депозиты*. Поэтому сальдо денежных потоков от операционной, инвестиционной и финансовой деятельности в каждом году (кроме последнего) жизненного цикла проекта равно нулю.

2. При *достаточных* внешних по отношению к проекту средств (собственных и заемных) и *отсутствию на них ограничений* проект реализуется *в одну очередь*, т. е. все мощности вводятся одновременно, сразу, если это не противоречит исходным требованиям. При этом значение функции цели прямо пропорционально доли авансируемых в проект собственных средств. Максимальное значение функции цели (величина конечного капитала) достигается, если инвестируемый в проект собственный капитал равен инвестиционным затратам. В случае, если собственные средства отсутствуют, а в проект вкладываются только заемные, то значение функции цели существенно (в 1,5–2,5 раза) ниже максимального и зависит от цены кредита, рентабельности продукции, инвестиционных затрат и т. п.

3. При *наличии ограничений на авансируемые в проект собственные и заемные средства ввод мощностей осуществляется очередями*, и проект развивается в значительной мере за счет *генерируемой и реинвестируемой прибыли*. Значение функции цели при этом существенно ниже максимального и зависит от объема и структуры привлеченных средств. При определенных условиях в конце ЖЦ проекта конечный капитал может быть равен нулю при полностью сбалансированном финансовом плане и выплата по всем годам запланированных дивидендов.

4. Финансовая привлекательность проекта может быть оценена коэффициентом роста капитала (K_p), который равен отношению величин конечного (N_T) и начального (N_0) капиталов инвестора. Значение коэффициента K_p возрастает по гиперболической зависимости при уменьшении доли вкладываемого в проект собственного капитала, что корреспондируется с оценкой влияния заемных средств на ставку доходности собственного капитала при рассмотрении финансового левериджа [8, с. 92–93].

5. При решении вопроса о целесообразности реализации проекта необходимо учитывать принципы неравноценности современных и будущих благ. Поэтому при определении коэффициента роста капитала целесообразно находить настоящую стоимость будущего капитала [9, с. 53–56], учитывая норму доходности альтернативных вложений, инфляцию и возможные риски [9, с. 102–106].

Проект следует признать эффективным, если выполняется условие:

$$K_p^D = \frac{N_T^{\max} \alpha_T}{N_0} = K_p \alpha_T \geq 1. \quad (8)$$

Здесь K_p^D — дисконтированный коэффициент роста капитала; α_T — коэффициент дисконтирования, $\alpha_T = (1+E)^{-T}$, где E — норма дисконта; T — последний год ЖЦ проекта; t_p — год приведения.

Критические значения нормы дисконта $\hat{E}$ для различных значений авансируемого в проект собственного капитала можно найти из условия

$$\hat{E} = \sqrt[t_p]{K_p} - 1, \quad (9)$$

где K_p — недисконтированный ($E=0$) коэффициент роста капитала.

6. На основе имитационного моделирования построены зависимости настоящей стоимости будущего капитала от нормы дисконта при различных значениях авансируемого в проект собственного капитала.

Кривая критических значений $\hat{E}_{N_0}$ делит поле графика на две области: область Q соответствует значениям N_0 и E , при которых проект целесообразно реализовывать (выполняется условие $K_p^D > 1$); область G не отвечает условию (4), и проект следует отклонить.

Как следует из анализа, варианты с меньшей долей вложенного в проект собственного капитала имеют больший диапазон возможного назначения нормы дисконта, а значит, соответствующее им решение и показатели эффективности проекта менее подвержены рискам при изменении нормы дисконта. Эти выводы хорошо согласуются с результатами анализа работы [9, с. 60–61] по оценке влияния на устойчивость инвестиционных решений соотношения заемного и собственного капиталов на ставку доходности собственного капитала.

Заключение

На основе анализа литературных источников и выполненных ранее исследований предложена оптимизационная математическая модель для оценки инвестиционных проектов, учитывающая граничные условия-ограничения и составляющие денежных потоков инвестиционной, операционной и финансовой деятельности на протяжении жизненного цикла проекта. Это позволяет производить анализ факторов, влияющих на эффективность инвестиционного проекта, и принимать решения стратегического характера.

Выполненные исследования показали, что разработанная математическая имитационная модель адекватна инвестиционному процессу и позволяет в интерактивном режиме рассчитать сбалансированные схемы финансирования и оценить конечное состояние инвестора в зависимости от двух основных параметров: величины авансируемого в проект собственного капитала и лимитированных по периодам реализации проекта заемных средств. При этом определяются: оптимальная очередность ввода мощностей объекта, объемы привлекаемых долгосрочных и краткосрочных кредитов, использование в краткосрочных депозитах свободных средств, генерируемых проектом при его реализации.

Библиографический список

1. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (Вторая редакция). Министерство экономики РФ, Мини-

стерство финансов РФ, ГК РФ по строительству, архитектуре и жилищной политике. — М.: ОАО «НПО». Издательство «Экономика», 2000.

2. Ильин Н. И., Лукманова И. Г. и др. Управление проектами/ Под общей редакцией В. Д. Шапило. — СПб.: «Два Три», 1996. — 610 с.

3. Виленский П. Л., Лившиц В. Н., Орлова Е. Р., Смоляк С. А. Оценка эффективности инвестиционных проектов / — М.: «Дело», 1998. — 248 с.

4. Виленский П. Л., Лившиц В. Н., Смоляк С. А. Оценка эффективности инвестиционных проектов: Теория и практика. 2-е изд., переработанное и доп. — М.: «Дело», 2002. — 888 с.

5. Воронцовский А. В. Инвестиции и финансирование: Методы оценки и обоснования. СПб.: Издательство С.-Петербургского университета, 2003. С. 528.

6. Карлберг, Конрад Бизнес-анализ с помощью Microsoft Excel, 2-е издание: Пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. — 448 с.

7. Мур, Джеффри, Уэдерфорд, Ларри Р. и др. Экономическое моделирование в Microsoft Excel, 6-е изд.: Пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. — 1024 с.

8. Мелкумов Я. С. Инвестиции. М.; ИНФРА-М, 2003. С. 254.

9. Воронцовский А. В. Методы обоснования инвестиционных проектов в условиях определенности. — СПб: ОЦЭИМ, 2004. — 182 с.