

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Н. Ю. Орехова

Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН
199178, Санкт-Петербург, 14-я линия В.О., д.39
plasma-plus@peterlink.ru

УДК 65.011

Н. Ю. Орехова. Построение математической модели инвестиционного проекта // Труд СПИИ-РАН. Вып. 1, т. 3. — СПб: СПИИРАН, 2003.

Аннотация. Одним из наиболее ответственных и значительных этапов прединвестиционных исследований является обоснование экономической эффективности инвестиционного проекта, включающее анализ и интегральную оценку всей имеющейся технико-экономической и финансовой информации. Поскольку процесс создания и реализации инвестиционного проекта является сложным динамическим процессом, для его описания и оценки удобно использовать имитационные математические модели, реализуемые с помощью компьютера. В данной статье рассматривается структура, а также методы расчета и оценки показателей эффективности имитационных математических моделей на примере математической модели инвестиционного проекта организации небольшой гостиницы. — Библ. 4 назв.

UDC 65.011

N. U. Orekhova. **Mathematical simulation of investment project in base of algorithmic networks** // SPIIRAS Proceedings. Issue 1, v. 3. — SPb: SPIIRAS, 2003.

Abstract. Substantiation of economic efficiency of an investment project, which involves both analysis and integrated estimation of the whole amount of available technological and financial information, should be considered as one of the most crucial and significant stages of pre-investment feasibility studies. For the process of creation and application of an investment project is a complicated dynamic process, it seems to be more convenient to use some computer-based mathematical simulation models in order to describe and estimate the above process. In this paper, the structure and the corresponding methods of calculation and evaluation of efficiency factors for the mathematical simulation models are considered and they are illustrated with an example of application of such methods to a mathematical simulation of an investment project connected with the setting up of a small hotel. — Bibl. 4 items.

Инвесторы, прежде чем вложить средства в реализацию инвестиционного проекта, должны оценить свои финансовые возможности и последствия, т.е. выполнить многоэтапный прединвестиционный процесс от идеи возможных инвестиций до оценки их эффективности с помощью системы количественных показателей и принятия решения. Для этого следует оценить возникающие затраты на исследование и обоснование, проектирование и строительство, запуск и эксплуатацию инвестиционного проекта, а также пользу, преимущество и возможные доходы от функционирования объекта.

Вместе с тем, даже правильно и детально рассчитанные затраты и результаты не могут служить гарантией высокого качественного уровня проекта. Для того, чтобы сделать проект работающим, а следовательно, инвестиции реальными, на каждом этапе необходим анализ экономической целесообразности его создания и реализации. Взять на себя выполнение этой функции могут математические мо-

дели инвестиционных проектов, реализуемые с помощью компьютеров. В них в качестве переменных используют технико-экономические и финансовые показатели инвестиционного проекта, а также параметры, характеризующие внешнюю экономическую среду.

На основе этих моделей определяются потоки расходов и доходов, рассчитываются показатели эффективности, строятся годовые балансы результатов производственной деятельности, анализируется влияние внешних и внутренних факторов проекта на результаты его функционирования. Средствами математического моделирования могут пользоваться как сами инвесторы, так и банки, финансирующие инвестиционные проекты, консультационные фирмы, проводящие анализ и оценку экономической эффективности инвестиционных проектов, учебные заведения.

Одна из таких моделей для исследования инвестиционного проекта разрабатывается в Санкт-Петербургском институте информатики и автоматизации РАН. Объектом моделирования стал инвестиционный проект организации небольшой частной гостиницы (пансиона).

Пансион — это комфортабельная гостиница уровня *** по европейским стандартам. Стоимость номера составляет 40-60\$ в сутки.

Количество номеров, как правило, от 5 до 30. Обслуживает пансион ограниченный штат сотрудников. В том случае, когда количество номеров не превышает 10, обслуживать их может одна семья из 2-3-х человек.

Санкт-Петербург является всемирно-известным культурным, научным и промышленным центром, что позволяет считать инвестиционный проект организации пансиона актуальным для нашего города и соответственно делает актуальной задачу построения математической модели анализа и оценки данного инвестиционного проекта.

Если рассматривать структуру математической модели, то в ее состав входят экзогенные и эндогенные параметры, система критериев, используемых для оценки инвестиционных проектов, а также математический аппарат, позволяющий описать взаимосвязи параметров модели и рассчитать критерии с учетом необходимых параметров. Результатом работы математической модели является расчет показателей коммерческой эффективности проекта. Показатели отображаются в графической и табличной форме.

При построении модели значительное внимание уделено тому, чтобы модель максимально адекватно описывала объект. Важно было не определить общую тенденцию направленности экономических показателей, а получить вполне конкретные значения параметров и критериев, точно отражающие экономическую ситуацию. Поэтому, опираясь на полученные расчеты, инвесторы, банки и другие заинтересованные стороны смогут принять окончательное решение об инвестициях.

При моделировании инвестиционного проекта в модели выделены три вида деятельности: инвестиционная, операционная (текущая) и финансовая. Их различие заключается в структуре доходов и затрат, учитываемых при расчете потока реальных денег. Кроме того, в соответствии с принятыми в мировой практике методами оценки инвестиционных проектов в модели осуществляется отдельный учет постоянных и переменных издержек.

Модель предусматривает возможность того, что инвестором будет выступать предприятие любой формы собственности.

С целью упрощения работы, полученная модель была структурирована и разбита на четыре блока, объединяющих элементы по смысловым и функциональным характеристикам.

Первый блок объединяет эндогенные параметры процесса. В этом блоке производится ввод всей информации, необходимой для дальнейших расчетов. Эндогенные параметры подразделяются на три группы: параметры инвестиционной деятельности, параметры операционной деятельности и параметры финансовой деятельности. Значения этих параметров являются переменными величинами, их устанавливает пользователь по своему усмотрению. Кроме того, в модель заранее введены значения параметров, которые являются постоянными величинами - например, ставки налогообложения и др. Это позволяет упростить для пользователя процедуру ввода значений параметров. При этом можно, в случае необходимости, изменить значения этих констант.

Эндогенные параметры инвестиционного проекта

1. Инвестиционная деятельность.

- 1.1. Стоимость здания.
- 1.2. Стоимость земельного участка.
- 1.3. Стоимость строительства.
- 1.4. Стоимость реконструкции.
- 1.5. Стоимость ремонта.
- 1.6. Стоимость оборудования.
- 1.7. Стоимость транспортных средств.
- 1.8. Стоимость оборотного капитала.
- 1.9. Стоимость вложений в рекламу.

2. Операционная деятельность.

- 2.1. Количество типов номеров.
- 2.2. Количество номеров i -го типа (при $i=1, \dots, n$).
- 2.3. Стоимость номера i -го типа.
- 2.4. Заполняемость номеров i -го типа.
- 2.5. Зарботная плата персонала.
- 2.6. Постоянные издержки.
- 2.7. Процентная ставка привлеченных кредитов.
- 2.8. Предполагаемый срок от начала проекта до ввода гостиницы в эксплуатацию.

3. Финансовая деятельность

- 3.1. Собственный капитал.
- 3.2. Акционерный капитал.
- 3.3. Долгосрочный кредит
- 3.4. Погашение задолженности.

Второй блок представляет собой расчетную часть модели. Результатом расчетов во втором блоке станут значения показателей инвестиционного проекта, на основании которых можно будет составить балансовый отчет за расчетный период [2].

Расчетные параметры инвестиционного проекта.

1. Инвестиционная деятельность.

- 1.1. Стоимость основных фондов;
- 1.2. Общая сумма инвестиций.

2. Операционная деятельность.

- 2.1. Общий объем выручки.
- 2.2. Постоянные издержки.
- 2.3. Переменные издержки.
- 2.4. Амортизационные отчисления.
- 2.5. Прибыль до вычета налогов.
- 2.6. Налоги.
- 2.7. Проектируемый чистый доход.
- 2.8. Чистый приток от операционной деятельности.

3. Финансовая деятельность

- 3.1. Сальдо финансовой деятельности.
- 3.2. Приток реальных денег.
- 3.3. Сальдо реальных денег.
- 3.4. Сальдо накопленных реальных денег.

Расчет параметров проекта производится с использованием алгебраических и рекуррентных выражений, а также численных методов.

Для того чтобы вычислить объем выручки необходимо знать значение такого параметра, как среднегодовая заполняемость гостиницы. Этот параметр является случайной величиной. Поэтому для его расчета в модели используется специальный численный метод решения задач, использующий моделирование случайных величин, — метод Монте-Карло. Метод Монте-Карло позволяет моделировать любой процесс, на протекание которого влияют случайные факторы.

Особенность метода — простая структура вычислительного алгоритма.

Определяется вероятностное распределение, которое отражает произвольный компонент изучаемого процесса. На основе вероятностного распределения делаются произвольные выборки, которые являются аналогом наблюдения за системой. Составляется программа для осуществления одного случайного испытания. Затем это испытание повторяется N раз, причем каждый опыт не зависит от всех остальных, и результаты всех опытов усредняются. По мере увеличения числа наблюдений результаты моделирования будут все больше приближаться к реальности. Поэтому иногда метод Монте-Карло называют методом статистических испытаний [4].

Случайные числа, которые используются в моделировании Монте-Карло, генерируются компьютером на базе стандартных функций алгоритмических языков.

Процесс моделирования методом Монте-Карло требует использования теоретического распределения. Модель метода Монте-Карло включает в себя наиболее распространенные виды распределения: распределение Пуассона, нормальное и экспоненциальное распределения.

Распределение Пуассона относится к дискретным вероятностным распределениям. Для моделирования распределения Пуассона необходимо среднее зна-

чение распределения, которое является одновременно математическим ожиданием и дисперсией случайной величины, распределенной по закону Пуассона. Знание среднего значения позволит получать показатели совокупной вероятности распределения по формуле:

$$P_m = \sum e^{-a} a^m / m! , \text{ где}$$

a — среднее значение распределения,

m — максимальное значение, которое может принимать случайная величина, при заданном среднем значении a .

Используя полученные показатели совокупной вероятности и последовательность случайных чисел, можно получить значения искомой случайной величины.

При экспоненциальном распределении непрерывная случайная величина распределена с плотностью $p(x) = \lambda e^{-\lambda x}$, при $x > 0$. Положительная величина λ является параметром экспоненциального распределения и обратна математическому ожиданию случайной величины, т.е. $MX = 1/\lambda$.

Для моделирования экспоненциальных распределений значение случайной величины определяется по формуле: $Xc.в. = (-1/\lambda) \ln \gamma$, где γ — случайное число.

Экспоненциальное распределение дает достаточно точное описание временных интервалов между двумя соседними событиями и тесно связано со стационарным пуассоновским потоком событий, т.е. если события происходят по закону Пуассона, то время между событиями изменяется по экспоненциальному закону.

Для инвестиционной модели описание прибытия клиентов в единицу времени обеспечивается с помощью распределения Пуассона, а время пребывания клиентов — с помощью экспоненциального распределения.

В связи со спецификой моделируемого проекта, большое значение имеет методика расчета амортизационных отчислений, так как правильный выбор вида амортизационного списания позволит значительно увеличить прибыль. Поэтому в модели предлагается несколько методик для расчета амортизации и пользователь сможет выбрать наиболее подходящую. Например, ускоренную амортизацию можно проводить методом суммы чисел и двойным остаточным методом.

Для метода суммы чисел расчет амортизации A производится по формуле:

$$A = (BC - Л) a / \sum t,$$

где BC — балансовая первоначальная стоимость фондов;

$Л$ — ликвидационная стоимость фондов;

a — количество лет, оставшихся от их срока полезной службы;

$\sum t$ — сумма значений всех лет срока службы: $\sum t = n(n-1)/2$

n — количество временных периодов в сроке службы.

а для двойного остаточного метода вычисления амортизации :

$$A = 2n (BC - A_n) / 100,$$

где n — процентная амортизация: $n = A_1 * 100 / (BC - Л)$

A_1 — ежегодные амортизационные отчисления, рассчитанные по прямолинейному методу: $A_1 = (BC - Л) / n$

A_n — накопленная амортизация.

В третьем блоке производится расчет показателей эффективности проекта, на основании значений которых можно будет произвести анализ и оценку инвестиционного проекта и принять решение о возможности его реализации при заданных значениях параметров.

Для оценки инвестиционного проекта теория инвестиционного анализа предусматривает использование системы аналитических методов и показателей, которые в совокупности позволяют прийти к достаточно надежному и объективному выводу о приемлемости и привлекательности инвестиций.

В разрабатываемой модели применяются пять основных методов, которые условно объединяют в две группы. В первую из них включены методы, основанные на использовании концепции дисконтирования, такие как метод определения чистой текущей стоимости, расчета рентабельности инвестиций и внутренней нормы прибыли. Вторую группу составляют простые, традиционные методы, не предполагающие использования концепции дисконтирования, в частности, метод расчета срока окупаемости инвестиций и метод средней нормы прибыли, а также путем нахождения точки безубыточности и использования анализа динамичности и вероятности.

Метод чистой текущей стоимости заключается в том, что для каждого временного периода функционирования объекта инвестирования величина чистого потока годовой наличности приводится к году начала осуществления проекта, что в сумме и представляет собой чистую текущую стоимость или чистый дисконтированный доход. Метод чистой текущей стоимости включает расчет дисконтированной величины положительных и отрицательных потоков денежных средств от проектов. Проект имеет положительную чистую текущую стоимость, если дисконтированная стоимость его входящих потоков превышает дисконтированную стоимость исходящих. Если чистая текущая стоимость больше или равна нулю, проект может приниматься к осуществлению, меньше нуля - его, как правило, отклоняют. В рассматриваемом проекте расчет чистой текущей стоимости производится по формуле:

$$Ч_{т.с.} = P_t / (1 + E)^t - K,$$

где P — годовой чистый поток реальных денег в t -м году; t — периоды реализации инвестиционного проекта, включая этап строительства, E — ставка дисконтирования; K — инвестиционные расходы.

Если же рассматривать инвестиции в проект как перпетуитет, то чистую текущую стоимость можно рассчитать по формуле:

$$Ч_{т.с.} = P_1 / (E \pm H) - K,$$

где P_1 — поступление денежных средств в конце первого года после осуществления инвестиций, H — ожидаемый постоянный темп роста ежегодных поступлений денежных средств.

Широкое использование метода чистой текущей стоимости обусловлено его преимуществами по сравнению с другими методами оценки эффективности проекта, поскольку он учитывает весь срок функционирования проекта и график потока наличностей. Метод обладает достаточной устойчивостью при разных комбинациях исходных условий, позволяя получать наиболее обобщенную характеристику результата инвестирования.

Внутренняя норма прибыли — это норма доходности, при которой дисконтированная стоимость притоков наличности равна дисконтированной стоимости оттоков, а величина чистой текущей стоимости равна нулю. Математически это означает, что для определения чистой текущей стоимости должна быть найдена ве-

личина E , для которой при определенных значениях P чистая текущая стоимость равна 0. Метод внутренней нормы прибыли использует концепцию дисконтирования. Он сводится к нахождению такой ставки дисконтирования, при которой текущая стоимость ожидаемых от проекта доходов будет равна текущей стоимости необходимых инвестиций. Расчет значения внутренней нормы прибыли производится итеративным способом, например методом линейной интерполяции. Если разность между показателем внутренней нормы прибыли и ставкой процента положительна, то инвестиционная деятельность признается эффективной, и, наоборот, если внутренняя норма прибыли меньше, чем процентная ставка, под которую получен кредит, то инвестиции считаются убыточными. Поэтому, чем выше в инвестиционном проекте показатель внутренней нормы прибыли по сравнению со стоимостью капитала, тем он привлекательней.

Показатель рентабельности инвестиций R , принятый для оценки эффективности инвестиций, представляет собой отношение приведенных доходов к приведенным на ту же дату расходам. Он позволяет определить, в какой мере возрастают средства инвестора в расчете на один рубль инвестиций. Расчет показателя рентабельности выполняется по формуле:

$$R = \sum_{t=0}^T \frac{P_t}{(1+E)^t} / K$$

где K — первоначальные инвестиции, P_t — денежные поступления в t — м году, которые ожидается получить благодаря этим инвестициям. Если показатель рентабельности превышает единицу, это означает некоторую дополнительную доходность при данной ставке процента. Показатель рентабельности меньше единицы означает неэффективность проекта.

В математической модели для оценки инвестиционного проекта были использованы все рассмотренные методы, что позволило оценить проект с разных сторон. Но кроме применения методов, основанных на использовании концепции дисконтирования, для оценки проекта были применены и традиционные методы, такие как срок окупаемости и простая норма прибыли.

Метод расчета срока окупаемости заключается в определении необходимого для возмещения инвестиций периода времени, за который ожидается возврат вложенных средств, за счет доходов, полученных от реализации инвестиционного проекта.

Срок окупаемости рассчитывается либо путем деления суммы первоначальных инвестиций на величину годовых поступлений, либо как отношение величины начальных инвестиций к ожидаемой чистой прибыли

$$T_{ок} = K / (П + А),$$

где A — сумма амортизационных отчислений на полное восстановление.

Метод расчета средней нормы прибыли на инвестиции или расчетной нормы прибыли, основан на использовании бухгалтерского показателя - прибыли.

Определяется он отношением средней величины прибыли, полученной по бухгалтерской отчетности, к средней величине инвестиций. В расчетах используется значение чистой прибыли после налогообложения и величины инвестиций, которая является средней между стоимостью активов на начало $C_{a.н}$ и конец $C_{a.к}$ расчетного периода, т.е.

$$НП = 100(П(1-Н) / ((C_{a.н} + C_{a.к}) / 2))$$

где НП — норма прибыли.

Норма прибыли, в зависимости от структуры инвестиционного капитала, может быть определена и отношением валовой прибыли к общим инвестиционным затратам либо к акционерному капиталу.

Полученные расчетные показатели сопоставляются с установленными.

Проект считается приемлемым, если рассчитанный для него уровень показателя превышает величину, принятую инвестором за базу для сравнения.

Для получения наиболее точной оценки эффективности проекта в качестве еще одного критерия оценки используется точка безубыточности.

Точка безубыточности - это найденная алгебраическим или графическим путем точка, при которой доходы от реализации услуг равны издержкам на их производство. Цель ее построения и анализа для рассматриваемого проекта - определение точки равновесия, в которой выручка от сдачи номеров равна издержкам на содержание гостиницы. С помощью анализа динамичности, выполненного с использованием точки безубыточности, можно показать изменение прибыльности проекта при различных значениях переменных величин, необходимых для расчета - стоимости номера, удельных издержек, процента заполняемости номеров и др. Это позволяет выявить эффективные и неэффективные альтернативы и дать конкретные рекомендации при проектировании инвестиционного проекта.

Таким образом, расчет показателей эффективности проекта, произведенный в третьем блоке позволяет произвести анализ и оценку инвестиционного проекта и принять решение о возможности его реализации при заданных значениях параметров.

Четвертый блок объединяет экзогенные параметры процесса. В этом блоке производится вывод результатов расчетов в аналитическом или графическом виде, а также вывод рекомендаций по изменению значений эндогенных параметров для улучшения значений показателей экономической эффективности проекта.

Следует также отметить, что в отличие от зарубежных моделей, предназначенных для анализа и оценки инвестиционных проектов, например системы КОМФАР, исходная информация полностью приспособлена и соответствует структуре калькуляции затрат и данных отчетности принятых на отечественных предприятиях, а расчет налогов производится с учетом последних постановлений в области налогообложения. Кроме того, в модели предусматривается возможность корректировки пользователем в диалоговом режиме расчетных формул по отдельным видам налогов при изменении налогового законодательства.

Для программной реализации математической модели инвестиционного проекта была использована разработанная в СПИИРАН инструментальная система моделирования на основе средств когнитивной графики - КОГНИТРОН. Эта система дает возможность пользователю самостоятельно работать с готовыми математическими моделями, а также создавать базу фрагментарных моделей для заданной предметной области и формировать требуемые ему модели за счет слияния выбранных фрагментарных моделей. Система содержит базу моделей вычислительных алгоритмов и позволяет использовать любую модель из этой базы для проведения соответствующих расчетов.

Для того, чтобы модель была адаптирована к системе КОГНИТРОН, она должна быть представлена в формализме алгоритмических сетей. Алгоритмическая сеть - ориентированный граф, вершины которого - операторы, производящие

вычисления или ввод информации, а дугам сопоставлены переменные. Наличие дуги указывает на информационную связь между вершинами. Алгоритмические сети подчиняются синтаксису языка алгоритмических сетей. Формализм алгоритмических сетей - это графическое представление системы рекуррентных выражений от аргумента произвольного типа, на структуру которого наложены ограничения [1].

Математическая модель оценки инвестиционных проектов была преобразована из аналитической модели в алгоритмическую сеть.

Это преобразование позволило адаптировать модель к системе КОГНИТРОН

Разработанная модель является первой специализированной моделью для оценки инвестиционных проектов в отдельной сфере экономики - гостиничном бизнесе. В перспективе, возможно, будет создан целый класс математических моделей для анализа и оценки инвестиционных проектов в различных отраслях хозяйства, учитывающих специфику каждой конкретной отрасли.

Использование математических моделей в экономике, особенно, в такой важной ее области, как инвестиционное проектирование, позволяет осуществлять системное планирование на всех фазах жизненного цикла проекта и свести к минимуму факторы риска и неопределенности, что обеспечивает, в перспективе, широкие возможности для их применения.

Литература

- [1] *Иванищев В.В., Крутов А.П., Марлей В.Е., Петров А.А., Поспелов И.Г.* Реализация математической модели плановой экономики с элементами рынка в терминах алгоритмических сетей. — Л.:ЛИИАН, 1991. — 55с.
- [2] *Берджес Дж.Ф., Штайнхоф Д.* Основы управления малым бизнесом. — Москва: Бином, 1997. — 493с.
- [3] *Золотогоров В.Г.* Инвестиционное проектирование. — Минск: ИП “Экоперспектива”, 1998 г. — 463с.
- [4] *Стивенсон В. Дж.* Управление производством. — Москва: Бином, 1999. — 927 с.