

ФИНАНСОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И РИСКА ВЕНЧУРНЫХ ПРОЕКТОВ НА ОСНОВЕ РЕАЛЬНЫХ ОПЦИОНОВ

А.К. Керимов, В.М. Матюшок, С.А. Балашова

Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, Россия, 117198

Авторы решают задачу оценки эффективности и риска опциона, связанного с его приобретением. Решение этой задачи приводится для случая вероятностной неопределенности цены спот базового актива на момент исполнения. Даются точные определения аналогов параметров опциона для венчурных проектов. Полученные результаты позволяют оценивать эффективность и риски венчурного проекта с учетом промежуточных результатов, полученных при реализации проекта, тем самым обеспечивается необходимая гибкость при принятии решений. Оценка эффективности и риска реального опциона чрезвычайно важна для венчурных фондов и является необходимым этапом в построении концепций управления портфелем венчурных проектов.

Ключевые слова: реальные опционы, опционы на ожидание, ожидаемая доходность и риск опциона, сценарии проекта, вероятностная неопределенность, «дерево решений».

Разработка новых, не существовавших ранее технологий является крайне рискованным предприятием с точки зрения получения дохода. Если финансирование крупных проектов может в определенном размере осуществляться правительством из бюджета и внебюджетных фондов, то для проведения сравнительно небольших исследований и разработок данный источник финансирования, вообще говоря, недоступен. Для финансовой поддержки высокотехнологичных проектов в США и Западной Европе наравне с государственной поддержкой уже более полувека применяется венчурное финансирование. Венчурная индустрия в России находится на этапе формирования, однако венчурный капитал потенциально является одним из основных источников финансирования для реализации научно-технических разработок. По мнению участников инновационного бизнеса, российский торговый, банковский, страховой капитал, капитал пенсионных фондов может стать серьезным источником инвестиций в инновационные проекты малых фирм.

Оценка эффективности и рисков венчурных проектов вызывает определенные трудности и представляет значительный интерес для венчурных фондов, особенно с точки зрения управления портфелем венчурных проектов. Существенной особен-

ностью венчурного проекта является наличие ключевых этапов (раундов, стадий) в его реализации, при этом дальнейшее инвестирование проекта осуществляется при условии успешного завершения очередного раунда [1; 2; 6]. Реально инвестор часто может различить неудачный проект на очень ранней стадии и своевременно прекратить его финансирование. Таким образом, венчурный бизнес должен иметь в своем арсенале методы оценки компаний, учитывающие динамику реализации проекта и финансирование в несколько этапов. Одним из методов такого рода является метод дисконтированного денежного потока (*DCF*-метод) с использованием «дерева решений» [5]. Суть этого метода заключается в следующем. Весь срок проекта разбивается на этапы (раунды). В конце каждого раунда вводится условие продолжения финансирования на следующий этап. Условием является достижение запланированного результата. Если это условие не выполняется, то финансирование прекращается, т.е. инвестор уходит из проекта. На ранних этапах развития такими условиями являются, как правило, проверка возможности реализации изделия или продукта на основе моделирования или проведение необходимых исследований. По сути, это этап НИР. По достижении очередного этапа проект пересматривается, заново определяется его ожидаемая эффективность, риски и т.д. Иначе говоря, необходимо сопровождение проекта по крайней мере на его ранних этапах. В данной работе развивается метод реального опциона для динамической оценки венчурных проектов. Оценка эффективности опциона проводится не на основе формулы Блека—Шоуэла, а на основе вероятностных характеристик возможных сценариев проекта.

Оценка доходности и риска опционов. В теории финансовых опционов центральным результатом считается оценка стоимости опциона. Основным здесь является результат Блека—Шоуэла [10] и его различные обобщения. Однако если инвестор собирается приобрести опцион по *известной заданной цене*, то основной задачей становится следующая: *как оценить доходность и риск этой инвестиции?* Модели оценки стоимости опциона основаны на двух построениях: создании имитирующего портфеля и идее арбитража. В таких моделях предполагается, что, используя базовый актив и займы без риска, можно создать портфель-имитатор с денежными потоками, идентичными платежам по опциону. В случае реальных инвестиций арбитраж невозможен, что, по мнению некоторых авторов, делает использование указанных моделей оценки стоимости неуместным. На самом деле в случае использования реальных опционов в венчурном инвестировании установление цены опциона сильно отличается от ее установления на финансовых рынках. Другими словами, установление цены на опцион, если и определяется свойствами финансового рынка, то далеко не в решающей степени. Стоимость реальных опционов определяется объемом инвестиций, которые необходимы для запуска проекта (производства, исследований, затрат на оборудование и т.д.), а не свойствами финансового рынка. Это означает, что *исходным для реального опциона является его стоимость*, которая определяется рисками и затратами на его исполнение. Если имеется схема оценки доходности и риска опциона по известным затратам на его приобретение, то можно решать задачи определения

доходности и риска портфеля из опционов, а также рассмотреть оптимизацию этих портфелей, например, в духе Г. Марковитца. Такого рода построения играют большую роль при управлении портфелем инновационных проектов в рамках венчурного фонда.

Ниже задача оценки доходности и риска для опционов call решается в рамках вероятностной неопределенности для цен базового актива к моменту исполнения опциона. Используются следующие обозначения:

$S = S_t$ — цена спот базового актива на момент исполнения $t > t_0$;

S_0 — цена исполнения или цена strike, фиксируется в момент заключения контракта $t = t_0$;

C_0 — премия или цена опциона call в момент заключения контракта.

Величина дохода по длинной позиции опциона call представляется в виде [2; 8]:

$$R = -C_0 + \max\{S - S_0, 0\}. \quad (1)$$

В формуле (1) первое слагаемое представляет собой *затраты* на приобретение опциона, а второе — *выручку* от его реализации. Предположим, что на момент исполнения контракта цена базового актива S является дискретной случайной величиной с известным распределением вероятностей:

$$S = \{s_k\}, p_k = P\{S = s_k\}, k = 1, 2, \dots, n,$$

где s_k — возможные значения S .

Имеет место следующее утверждение.

Теорема. Ожидаемый доход $M(R)$, дисперсия дохода $D(R)$ и функция распределения дохода $F(r) \equiv P(R < r)$ держателя опциона call определяется по формулам

$$M(R) = -C_0 + \sum_{x_k > 0} x_k p_k, \quad (2)$$

$$D(R) = C_0^2 - 2C_0(M(R) - C_0) - M(R)^2 + \sum_{x_k > 0} x_k^2 p_k, \quad (3)$$

$$F(r) = P(R < r) = \sum_{x_k \leq C_0} p_k + \sum_{C_0 < x_m < C_0 + r} p_m. \quad (4)$$

Здесь $x_k = s_k - S_0$ — возможные значения случайной величины $X = S - S_0$.

Формулы (2), (3), (4) определяют ожидаемый доход и риски опциона. Отметим, что если $r = 0$, то $P(R < 0)$ — это вероятность отрицательного дохода, т.е. убытка; эту вероятность наряду с дисперсией естественно считать мерой риска держателя опциона call.

Доказательство. Доход от реализации опциона call можно представить в виде (см. (1))

$$R = -C_0 + \max\{X, 0\}, X = S - S_0. \\ R = \begin{cases} -C_0 + X, & X = S - S_0 > 0 \Leftrightarrow S > S_0; \\ -C_0, & X = S - S_0 \leq 0 \Leftrightarrow S \leq S_0. \end{cases} \quad (5)$$

Отсюда получаем

$$M(R) = \sum_{x_k} r_k p_k = \sum_{x_k \leq 0} r_k p_k + \sum_{x_k > 0} r_k p_k = \sum_{x_k \leq 0} (-C_0) p_k + \sum_{x_k > 0} (-C_0 + x_k) p_k = \\ = -C_0 \sum_{x_k \leq 0} p_k - C_0 \sum_{x_k > 0} p_k + \sum_{x_k > 0} x_k p_k = -C_0 \sum_{x_k} p_k + \sum_{x_k > 0} x_k p_k = -C_0 + \sum_{x_k > 0} x_k p_k.$$

Тем самым (2) доказано. Для доказательства (3), отметим, что

$$M(R^2) = \sum_{x_k} r_k^2 p_k = \sum_{x_k \leq 0} r_k^2 p_k + \sum_{x_k > 0} r_k^2 p_k = \sum_{x_k \leq 0} C_0^2 p_k + \sum_{x_k > 0} (-C_0 + x_k)^2 p_k = \\ = C_0^2 \sum_{x_k \leq 0} p_k + C_0^2 \sum_{x_k > 0} p_k - 2C_0 \sum_{x_k > 0} x_k p_k + \sum_{x_k > 0} x_k^2 p_k = \\ = C_0^2 + 2C_0(M(R) - C_0) + \sum_{x_k > 0} x_k^2 p_k,$$

поскольку $\sum_{x_k} p_k = 1$ и $\sum_{x_k > 0} x_k p_k = M(R) - C_0$.

Заметим, что $D(R) = M(R^2) - M(R)^2$.

Формула (3) доказана.

Из (5) следует, что событие $(R < r)$ при уровня риска $r > 0$ эквивалентно сумме двух несовместных событий $(X \leq 0) + (0 < X < r)$. При этом

$$P(R \leq 0) = P(X \leq C_0) = \sum_{x_k \leq C_0} p_k, \\ P(0 < R < r) = P(C_0 < X < C_0 + r) = \sum_{C_0 < x_m < C_0 + r} p_m.$$

Равенство (4) доказано.

В заключение отметим, что аналогичную формулу можно получить для случая непрерывного распределения цены S .

Реальные опционы ожидания — общая характеристика. Аналогия между финансовым опционом и возможностью инвестировать в венчурный проект (реальным опционом) устанавливается простым сопоставлением базовых параметров обоих объектов (таблица). Инвестирование в венчурный проект на очередном раунде может рассматриваться как опцион возможности участия в прибыли на «выходе», где ценой исполнения являются объем инвестиций на этом раунде. Однако при этом необходимо точно определить, что является аналогами премии (цены опциона), цены исполнения и цены поставки финансового опциона call. Таблица ответы на эти вопросы не дает. В литературе выделяются классы реальных опционов, связанных со спецификой рассматриваемых проектов [4; 6; 8]. Опционы, которые здесь рассматриваются, можно трактовать как *реальные опционы на ожидание или отсрочку* [6]. Отметим, что опционы такого класса не исчерпывают опционный подход. Вообще усмотреть опцион в конкретном проекте, увязанный с интересами инвестора, в определенной степени является искусством и требует хорошего понимания существа дела.

Опцион на ожидание или принятие проекта в более поздний период времени вводится во многие проекты. Это связано с тем, что NPV денежного потока проекта может варьироваться во времени в силу изменения параметров экономического окружения или научных достижений связанных с проектом. Это означает, что проекты с отрицательным NPV сегодня может иметь положительные NPV в будущем. Классические случаи, когда опцион на ожидание может дать дополнительный доход или изменить оценку стоимости фирмы, приводятся в [6] и [8]. В инновационных проектах опцион на отсрочку возникает при возникновении определенных трудностей (или необходимости решения одной или ряда задач), без преодоления (решения) которых весь проект в целом не может быть признан успешным. Решение каждой из этих узловых проблем определяет раунд или этап проекта. Его можно запускать только в том случае, если эта ключевая проблема успешно разрешена. Срок, необходимый на решение этой задачи с определенностью неизвестен. Неясно также, может ли быть разрешима эта задача в ближайшем будущем. С другой стороны решение ключевой проблемы может принести существенные дивиденды в будущем. Поэтому фирма может долгое время содержать небольшую исследовательскую группу для решения указанной задачи (задач). Средства, затрачиваемые на содержание этой группы, и есть цена опциона на ожидание. В случае успешного завершения этапа инвестор его исполняет по цене инвестиции следующего этапа.

Таблица

Сравнение call-опциона и венчурного проекта

Call-опцион	Венчурный проект
Возможность приобретения актива в будущем	Возможность получения дохода в будущем при условии проведения инвестиций
Цена приобретаемого актива	Дисконтированный финансовый поток проекта
Цена исполнения	Объем инвестиций
Время исполнения	Время, в которое должно быть проведено инвестирование

Пример 1. Георадары — это радиолокаторы для подповерхностного радиозондирования. Низкочастотные радары характеризуются большой глубиной зондирования (до сотен метров), но плохим разрешением по глубине (порядка метра). Основная область применения — геология. Среднечастотные радары имеют глубину проникновения от единиц до десятков метров (в зависимости от подповерхностной среды и мощности импульса), их разрешение от 1 до 10 см. Эти параметры позволяют широко использовать их в самых различных областях: геологии, экологии, коммунальном хозяйстве и т.д. Потенциальный спрос на такого рода системы очень высокий. Однако задача дешифровки (реконструкции среды) по георадарным данным остается одной из актуальных задач. Ее неразработанность на данном этапе препятствует широкому внедрению георадарных технологий. Традиционные приемы дешифровки, известные из сейсмоки, в случае радио импульсных георадаров имеют ограниченную область применения. Таким образом, проект разработки низкочастотных георадаров в качестве ключевого этапа должен содержать НИР по возможности интерпретации отраженного сигнала.

Определение реального опциона. Инвестиционный проект характеризуется множеством различных сценариев. Сценарий отождествляется с *возможным потоком платежей по проекту*. Каждый сценарий можно представить как сумму двух денежных потоков: потока инвестиций и потока поступлений от реализации

проекта. NPV проекта представляет собой разность настоящих стоимостей (PV) от потока поступлений и инвестиционного потока при заданной ставке дисконтирования. В дальнейшем считается, что денежный поток проекта регулярен, т.е. состоит из последовательных инвестиций в проект в течение нескольких периодов (отрицательные элементы потока) и последующих выплат до момента выхода из проекта (положительные элементы потока).

Перейдем к определению опциона на продолжение инвестиций в условиях вероятностной неопределенности. Денежный поток инновационного проекта предполагает ряд инвестиций в течение нескольких периодов. Инвестор внес определенную сумму I_0 в момент $t = t_0$ для запуска инновационного проекта. Дальнейшее финансирование проекта зависит в первую очередь от успешного завершения первого этапа. Обозначим через NPV_1 чистую приведенную стоимость проекта, *приведенную к началу второго этапа*, т.е. первый взнос I_0 при расчете NPV_1 не учитывается. Отметим, что расчет NPV_1 осуществляется, если ожидается успешное завершение первого этапа. Дальнейшее финансирование может быть осуществлено в любой момент времени t , $t_0 < t \leq t_{m1}$ (t_{m1} — критический момент времени принятия проекта), момент $t = t_1$ считается началом следующей инвестиции.

Отметим, что NPV_1 является случайной величиной, зависящей от момента принятия решения о дальнейшем финансировании. Ясно, что NPV_1 можно представить в виде суммы инвестиции в момент времени $t = t_1$ и приведенной суммы потока платежей проекта, начинающихся с моментов времени $t_2 < t_3 < \dots < t_n$, т.е. $NPV_1 = NPV_{1+} - I_1$. В этом случае *параметры реального опциона* на продолжение финансирования следующие:

срок опциона $T = t_0 < t \leq t_{m1}$ — это время, в течение которого компания может позволить себе финансировать проработку ключевой проблемы данного этапа;

цена опциона — это первоначальная инвестиция I_0 , запускающая проект;

цена исполнения (цена strike) — это инвестиция I_1 (от инвестора), необходимая для перехода к второму этапу проекта. Это стоимость приобретения проекта, точнее, стоимости *приведенной стоимости денежного потока проекта* NPV_{1+} .

стоимость базового актива (случайная величина) — это стоимость приведенного денежного потока проекта NPV_{1+} .

Отсюда $C_0 = I_0$, $S = NPV_{1+}$, $S_0 = I_1$. Доход R от реализации второго раунда инвестиций (исполнения опциона) является случайной величиной, определяемой согласно формуле (1):

$$R = -I_0 + \max(NPV_{1+} - I_1, 0).$$

Характеристики этой случайной величины (ожидаемый доход, дисперсия, риск) определяются на основе теоремы 1 с учетом «дерева решений» проекта.

Пример 2. Венчурный проект осуществляется в течение пяти лет после начала инвестиций, и к концу пятого года происходит «выход». Первые два года (включая начало года) инвестор выделяет компании по 0,5 млн долл. Весь доход компании до выхода инвестора расходуется на развитие производства, за исключением

конца четвертого года, когда всем акционерам выплачиваются дивиденды на общую сумму 0,4 млн долл. Цена всей компании в момент выхода составляет 7 млн долл. Предполагается, что долги у компании не появляются, а стоимость акционерного капитала r_E равна 40%. Прогнозируемый базовый поток инновационного проекта имеет вид $CF = \{-0,5, -0,5, -0,5, 0,4, 7,0\}$.

Начальное инвестирование составляет проекта 0,5 млн долл., и к началу второго этапа (по выполнении первого) проект имеет сценарии, представленные в таблице вместе с соответствующими вероятностями. В таблице представлены вероятности каждого сценария. Вероятности каждого сценария определяются по «дереву решений» проекта (рис.). Каждый возможный сценарий изображается как путь на «дереве решений». Сценарий заканчивается либо досрочным выходом из проекта, либо его успешным завершением. Вероятность сценария определяется произведением весов соответствующего пути.

Таблица

Сценарии проекта для 2-го этапа

Период	1-й сценарий	2-й сценарий	3-й сценарий	4-й сценарий (базовый)
1	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50
2		-0,50	-0,50	-0,50
3			0,40	0,40
4				7,00
NPV_1	-0,50	-0,84	-0,65	1,64
P	0,20	0,08	0,04	0,68
NPV_{1+}	0,00	-0,34	-0,15	2,14

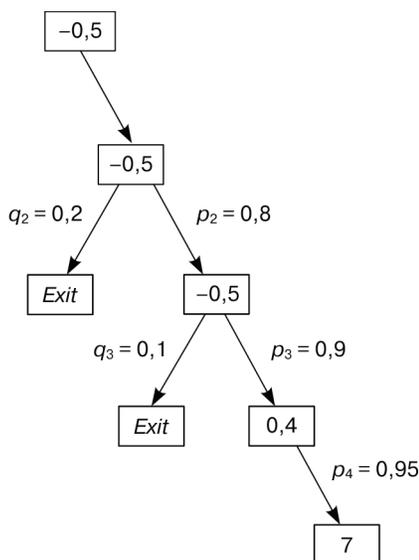


Рис. «Дерево решений» проекта к началу второго этапа (сценарии проекта)

В рассматриваемом случае характеристики реального опциона на продолжение финансирования определяются следующим образом:

$C_0 = I_0 = 0,5$ млн долл. (стоимость опциона — начальная инвестиция), $S_0 = I_1 = 0,5$ млн долл. (стоимость проекта по его продолжению — финансирование второго этапа), $S = NPV_{1+} = NPV_1 - I_1$ — приведенный поток платежей к началу следующего этапа без учета второй инвестиции — случайная величина, ее возможные значения

с соответствующими вероятностями приведены в таблице в последних двух строках. Основные характеристики рассчитываются по формулам (2), (3), (4). При этом ставка дисконта принимается равной 40%. Для данного этапа имеем:

$$\text{ожидаемый доход} = -C_0 + \sum_{x_k > 0} x_k p_k = -0,5 + 1,64 \cdot 0,68 = 0,63 \text{ (млн долл.)},$$

$$\text{дисперсия дохода} = C_0^2 - 2C_0(M(R) - C_0) - M(R)^2 + \sum_{x_k > 0} x_k^2 p_k = 0,5^2 - 2 \cdot 0,5 \cdot (0,63 - 0,5) + 1,64 \cdot 0,68 = 0,64,$$

$$\text{риск } P(R < 0) = -C_0 + \sum_{x_k \leq C_0} x_k p_k = 0,2 + 0,08 + 0,04 = 0,32.$$

Таким образом, с учетом параметров реального опциона проект следует продолжить, поскольку его ожидаемый доход положителен, а риск убытков относительно невелик.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Аммосов Ю.П. Венчурный капитализм: от истоков до современности — СПб.: РАВИ, 2005.
- [2] Буренин А.Н. Рынок ценных бумаг. — М.: НТО, 2011.
- [3] Бухвалов А.В. Реальные опционы в менеджменте // Российский журнал менеджмента. — 2004. — № 2.
- [4] Виленский П.Л., Лифшиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов: Теория и практика. — М.: Дело, 2004.
- [5] Воронцовский А.В. Управление рисками. — СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2004.
- [6] Дамодаран А. Инвестиционная оценка. — М.: Альпина Бизнес Букс, 2004.
- [7] Каширин А.И., Семенов А.С. Венчурное финансирование инновационной деятельности // Инновации. — 2008. — № 1 (88), февраль. — С. 75—81.
- [8] Лимитовский М.А. Инвестиционные проекты и реальные опционы на развивающихся рынках. — М.: Дело, 2004.
- [9] Халл Дж. К. Опционы, фьючерсы и другие финансовые инструменты. — М.: Вильямс, 2007.
- [10] Black E., Sholes M. The Valuation of Option contracts and a Test of Market Efficiency. Journal of Finance 27. — P. 339—417.

THE REAL OPTION APPROACH FOR ESTIMATION OF VENTURE PROJECT EFFICIENCY AND RISK

A.K. Kerimov, V.M. Matushok, S.A. Balashova

Peoples' Friendship University of Russia
Miklukho-Maklaia str., 6, Moscow, Russia, 117198

The real option approach for estimation of venture project efficiency and risk is under consideration. The possibility of such approach is based on analogy between the project and call-option. The problem of option efficiency and risk is solved for the case of probabilistic uncertainty. Exact definitions of option parameters analogs for venture projects are given. Obtained results makes possible to estimate project efficiency and risk with taking into account intermediate results of a project.

Key words: real options, expected return of option, option risk, project scenario, probabilistic uncertainty, decision tree.