

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ МЕТОД ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ВЕНЧУРНОМ РЫНКЕ

В статье рассматривается проблема принятия решений по управлению венчурными инвестициями. Дано описание стадий инновационного процесса, приводится статистика реализации инновационных проектов, разработана модель оценки инновационного проекта методом реальных опционов.

Ключевые слова: венчурный рынок, инновационный проект, инновационный процесс, реальные опционы, экономико-математическая модель.

В современных условиях динамично развивающейся экономики одним из ключевых факторов повышения конкурентоспособности и эффективности как на уровне предприятия, так и на уровне государства в целом является разработка и внедрение инноваций.

Процесс последовательного превращения инновационной идеи в товар называется инновационным процессом. Инновационный процесс включает следующие стадии:

- создание среды;
- фундаментальная наука;
- прикладная наука;
- предпосевная стадия;
- посевная стадия;
- раннее венчурное инвестирование;
- ранний рост;
- расширение производства (масштабирование).

На рис. 1 отражены стадии инновационного проекта, а также денежный поток и набор участников инновационного проекта на каждой стадии [1].

Отметим, что данная иллюстрация характеризует идеальный инновационный процесс. В реальности же некоторые участники могут отсутствовать, а их функции могут выполняться другими структурами. Так, например, венчурный фонд может брать на себя функции бизнес-ангела.

Рассмотрим упрощенную модель инновационного процесса, представленную на рис. 2. Для каждой стадии справочно указана вероятность успеха проекта в целом P_i и, соответственно, вероятность провала Q_i . Первые две стадии инновационного процесса, а именно, стадии создания среды и фундаментальной науки, в результате которых генерируются новые идеи, не рассматриваются в модели, поскольку невозможно определить вероятность появления их конечного результата – инновационной идеи. Номера анализируемых стадий обозначены на рис. 2 римскими цифрами.

* © Иванов Д.Ю., 2015

Иванов Дмитрий Юрьевич (ssau_ivanov@mail.ru), кафедра организации производства, Самарский государственный аэрокосмический университет им. акад. С.П. Королева (национальный исследовательский университет), 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

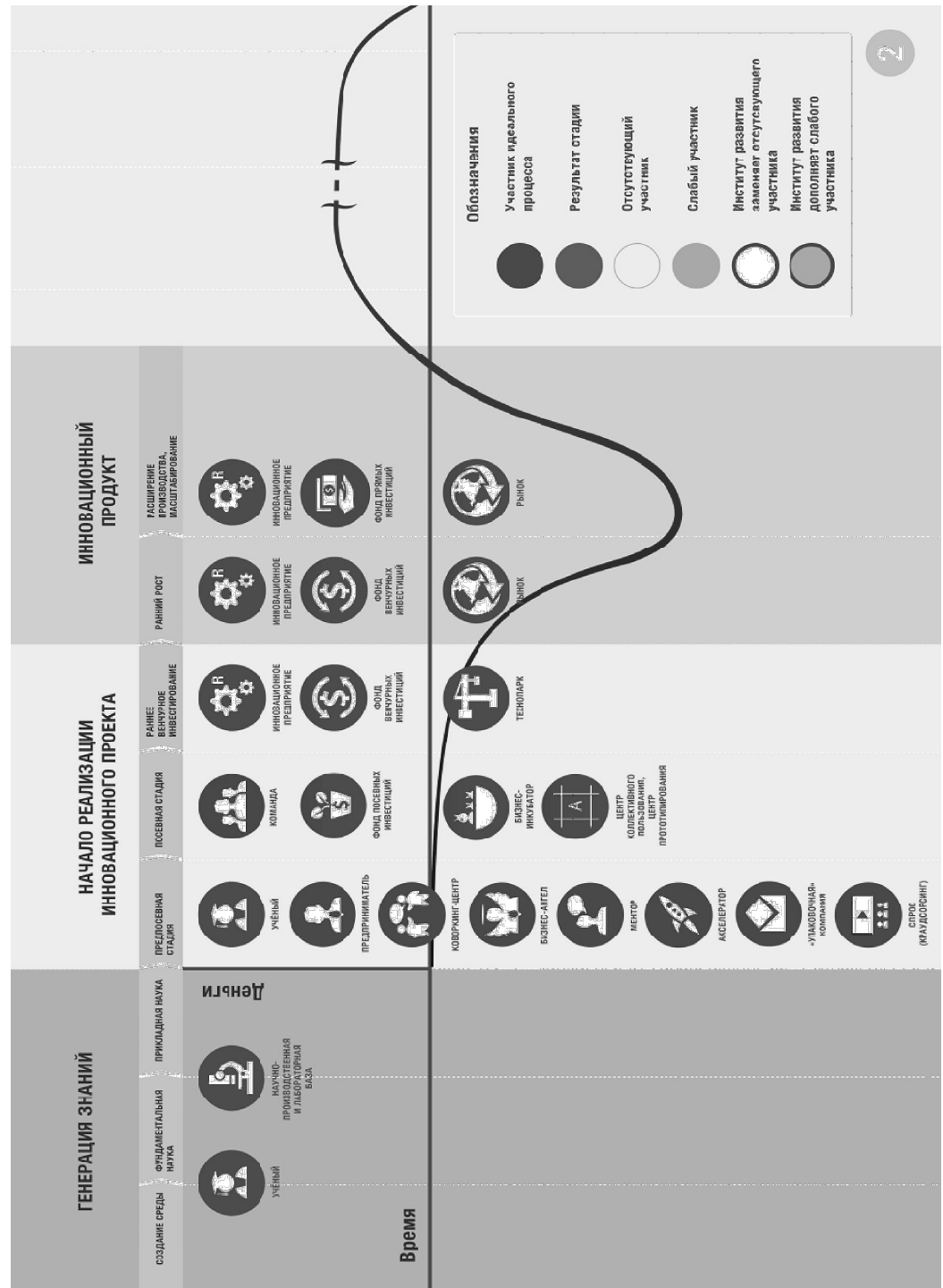


Рис. 1. Стадии инновационного процесса

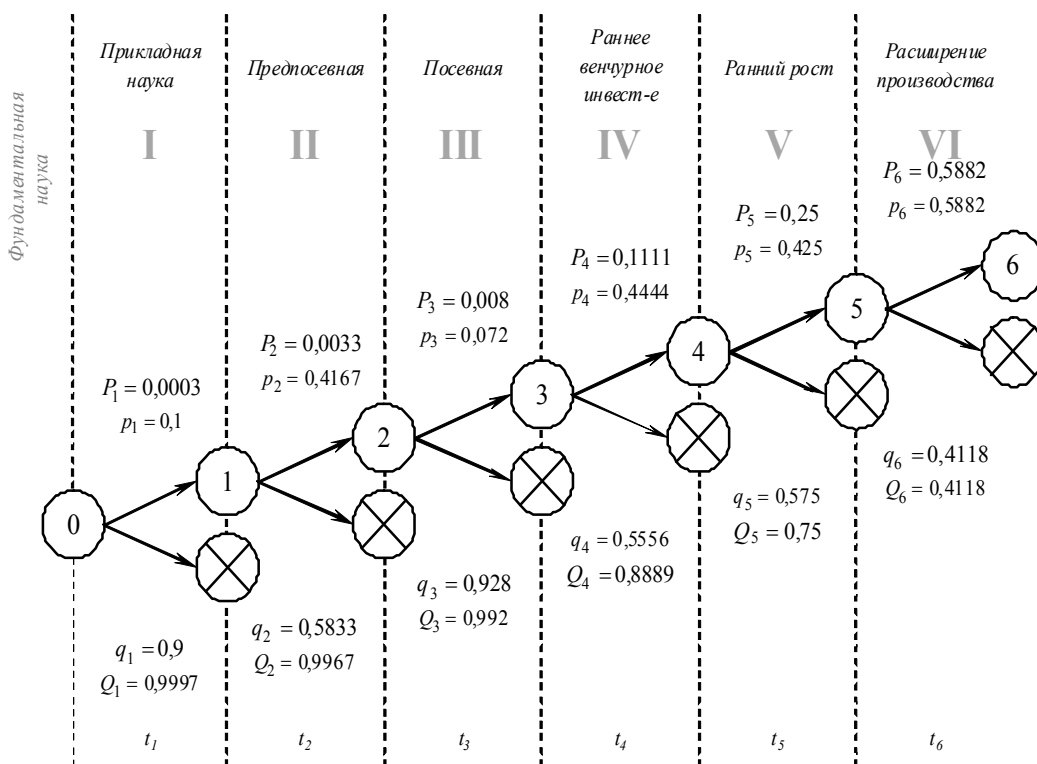


Рис. 2. Упрощенная модель инновационного процесса

Проект, находящийся на i -й стадии ($i = \overline{1 \dots 6}$), имеет два варианта развития:

- 1) Оптимистический, т. е. успешное завершение стадии и переход на следующую, $(i + 1)$ -ю, стадию с вероятностью p_i ;
- 2) Пессимистический, т. е. прекращение проекта с вероятностью $q_i = 1 - p_i$.

В качестве допущения модели примем, что оба потенциальных исхода (переход на следующую стадию или фиаско) ожидаются в один момент времени, через промежуток t_i после начала стадии.

В качестве показателей p_i и q_i предлагается принять статистическую вероятность продолжения проекта.

Статистика реализации инновационных проектов была представлена Г. Стивенсом и Дж. Берли в работе «3000 Raw Ideas = 1 Commercial Success» [2] на основе анализа данных за 40-летний период. Название работы характеризует стабильно наблюдаемую за все время исследования пропорцию: из 3000 научных идей одна реализуется в виде коммерчески успешного проекта. Статистика систематизирована в табл. 1.

Инвестор имеет возможность вложить в проект, находящийся на i -й стадии, сумму I_{i-1} и в случае успеха проекта продолжить инвестирование на последующих стадиях. Успешное завершение проекта будет означать получение дохода (или доли дохода) от продажи инновационной продукции (в дисконтированном виде).

Предлагаемая модель инновационного процесса представляет собой ряд последовательных реальных опционов CALL, т. е. опционов на продажу. При этом инвестирование на стадии расширения производства является реальным опционом на продажи инновационной продукции, а инвестирование на предыдущих стадиях – опционом на последующий опцион. Например, инвестирование на стадии раннего роста представляет собой реальный опцион CALL на следующий опцион – расширение производства.

Таблица 1

Показатели результативности стадий инновационного проекта

Стадия	Результат стадии	Количество (условное)	p_i	P_i
Фундаментальная наука	Творческая идея	3000	-	-
Прикладная наука	Патентная заявка	300	10,00%	0,03%
Предпосевная	Бизнес-модель	125	41,67%	0,33%
Посевная	Опытно-конструкторская разработка	9	7,20%	0,80%
Раннее венчурное финансирование	Новые инновационные предприятия	4	44,44%	11,11%
Ранний рост	Начавшие продажи предприятия	1,7	42,50%	25,00%
Расширение производства	Коммерчески успешный проект	1	58,82%	58,82%

В начале каждой стадии будет вычисляться премия по опциону как дисконтированное математическое ожидание выгоды: [3]

$$C_{i-1} = \frac{p_i G_i + q_i L_i}{(1+r)^{t_i}}, \quad (1)$$

где G_i – выгода на конец стадии при оптимистическом сценарии, L_i – выгода при пессимистическом сценарии, r – ставка дисконтирования, t_i – продолжительность i -й стадии, $\forall i = \overline{1 \dots 6}$.

При пессимистическом варианте, а именно в случае провала проекта, инвестору не имеет смысла исполнять опцион, т. е. его доход $L_i = 0$. В терминах финансового рынка такой опцион называется опционом «вне денег». Следовательно,

$$C_{i-1} = \frac{p_i G_i}{(1+r)^{t_i}}. \quad (2)$$

В общем случае при оптимистическом исходе выгода от исполнения опциона представляет собой разницу между рыночной ценой актива на момент исполнения опциона S_i и ценой «страйк» X_i : [4]

$$G_i = S_i - X_i.$$

Опцион, при исполнении которого будет получен доход, называется опционом «при деньгах». Интерпретация показателей S_i и X_i в контексте инновационного проекта будет варьироваться на разных стадиях.

Анализ проекта начинается с последней стадии, т. е. стадии расширения производства.

Как было отмечено ранее, стадия расширения производства рассматривается как опцион на осуществление продаж инновационной продукции.

Для стадии расширения производства доход при оптимистическом сценарии будет равен NPV проекта. При этом первоначальные инвестиции не учитываются, поскольку они осуществляются вне зависимости от успеха проекта. Под нулевым периодом понимается условный момент завершения стадии расширения производства. Кроме того, по завершении стадии возможно получение положительного потока от продаж, начатых на этапе раннего роста.

$$G_6 = NPV + CF_6 = \sum_{j=1}^6 \frac{CF_j^+ - CF_j^-}{(1+r)^j} + CF_6, \quad (3)$$

Рассчитаем премию по опциону C_5 по формуле (2) и сравним с величиной инвестиций I_5 на начало стадии:

$$C_5 = \frac{p_6 G_6}{(1+r)^6}.$$

В случае если $C_5 \geq I_5$, т. е. если инвестиции окупаются последующими денежными потоками, вложение средств на стадии расширения производства будут иметь смысл при условии успешности предыдущих стадий. В противном случае инвестирование на рассмотренной стадии нецелесообразно. Поскольку инновационный проект не является ликвидным активом и трудно говорить о возможности его продажи, инвестирование в проект в целом также будем считать не имеющим смысла. Дальнейшие расчеты в этом случае прекращаются.

В случае целесообразности инвестирования аналогичный анализ проводится на других стадиях. Последней анализируется стадия, на которой находится проект на момент принятия решения.

На стадии раннего роста возможная выгода G_5 рассчитывается как премия по опциону на стадии расширения производства за вычетом инвестиций на этой же стадии. Кроме того, вероятный доход учитывает положительный денежный поток на конец стадии раннего роста, полученный от пробных продаж. Таким образом,

$$G_5 = C_5 + CF_5 - I_5. \quad (4)$$

Соответственно, в терминах финансового рынка для стадии раннего роста оптимистической ценой актива S_1 будет являться сумма вероятной прибыли от продажи инновационной продукции и премии по опциону на стадии расширения производства. В роли цены исполнения опциона X_1 выступит величина инвестиций на стадии расширения производства.

Как и на предыдущем шаге, вычислим по формуле (2) значение премии по опциону и сравним с величиной инвестиций на стадии раннего роста. По результатам сравнения примем решение о целесообразности инвестирования и, соответственно, продолжения расчетов.

На остальных стадиях положительные денежные потоки отсутствуют, поэтому вероятная выгода представляет собой разницу между премией за опцион и величиной инвестиций на более поздней стадии, т. е.

$$G_i = C_i - I_i, \quad \forall i = \overline{1 \dots 4}. \quad (5)$$

Таким образом, для стадии прикладной науки, предпосевной и посевной стадий, а также стадии раннего венчурного инвестирования показатель рыночной

цены актива на момент исполнения опциона S_i будет интерпретироваться как премия за последующий опцион C_i , а цена «страйк» X_i – как требуемая для осуществления последующей стадии инвестиции I_i .

По результатам сравнения премии за опцион и величины требуемых инвестиций на искомой стадии принимается решение о вложении требуемой суммы.

Рассмотрим пример использования данной методики.

Инновационный проект находится на посевной стадии. Данные о продолжительности стадии и требуемых инвестициях приведены в таблице 2.

Таблица 2

Исходные данные задачи

Стадия	Продолжительность (t_i), кварталы	Инвестиции I_i , д.е.
Посевная	2	2
Раннее венчурное финансирование	2	3
Ранний рост	4	7
Расширение производства	1	6,5

При этом в конце этапа раннего роста ожидается положительный денежный поток в размере 6 денежных единиц.

Часть инвестиций на стадии расширения производства идет на продолжение пробных продаж и дает в конце стадии поток, равный 3 единицам. По завершении стадии ожидаются следующие денежные потоки (табл. 3).

Таблица 3

Ожидаемые денежные потоки задачи

	Период				
	1	2	3	4	5
CF+	13	17	22	25	23
CF-	9	8	8	8	7

В качестве безрисковой ставки принимается краткосрочная ставка рынка государственных казначейских облигаций и облигаций федерального займа на 10.06.2015 (данные представлены на сайте Центробанка) [5].

Таким образом, $r = 0,1026$ (10,26 %).

В рамках предложенного метода приведем следующее решение.

Рассчитаем NPV по формуле (3). Полученное значение NPV составило 54,89 денежных единиц.

Рассчитаем стоимость реального опциона на продажи продукции и сравним с величиной инвестиций на стадии расширения производства:

$$C_5 = \frac{p_6 G_6}{(1+r)^{t_6}} = \frac{0,59 \cdot (54,89 + 3)}{(1 + 0,026)^1} = 33,2 > I_5.$$

Полученное значение существенно превышает величину требуемых на стадии расширения производства инвестиций. Поэтому инвестирование на стадии расширения производства целесообразно при условии успешного выполнения предыдущих стадий. Продолжим расчет.

Найдем значение стоимости реального опциона на стадии раннего роста.

$$C_4 = \frac{p_5 G_5}{(1+r)^{t_5}} = \frac{0,43 \cdot (33,2 + 6 - 6,5)}{(1 + 0,026)^4} = 12,56 > I_4.$$

Полученное значение больше, чем величина требуемых на стадии раннего роста инвестиций. Рассчитаем стоимость реального опциона на стадии раннего венчурного финансирования.

$$C_3 = \frac{p_4 G_4}{(1+r)^{t_4}} = \frac{0,44 \cdot (12,56 - 7)}{(1 + 0,026)^2} = 2,35 < I_3.$$

Стоимость реального опциона на стадии раннего венчурного финансирования меньше, чем требуемая на ней сумма инвестиций. Поэтому инвестирование в проект нецелесообразно. На этом расчет может быть закончен. Отметим, что оцененный предложенным методом потенциальный результат (т. е. разница между инвестициями и стоимостью реального опциона на посевной стадии) – убыток – составляет 2,04 денежных единицы.

Предложенный алгоритм прост и легко реализуем в табличном процессоре, например MS Excell. В то же время представленная модель достаточно адекватна.

Однако стоит отметить, что данная модель использует в оценке среднестатистическую вероятность успеха проекта и не позволяет учесть присущие оцениваемому проекту риски и, наоборот, положительные стороны, способствующие его реализации, такие как востребованность инновационного проекта, квалификацию команды проекта, наличие рынка сбыта, обоснованность бизнес-плана. Эти факторы можно учесть различными способами экспертного анализа. Например, возможна разработка системы сравнения инновационных проектов на основе метода анализа иерархий Т. Саати с использованием полученного при оценке проекта методом реальных опционов результата в качестве показателя прибыльности проекта. При этом возможно рассмотрение и проектов с отрицательным результатом, попадающим в определенные границы, например, не более 5 % от дисконтированной суммы инвестиций.

Библиографический список

1. Горбунов Д.В., Иванов Д.Ю. Инфраструктурная модель бюджетной поддержки реализации инновационных проектов (на примере Самарской области) // Экономические науки. 2014. № 6 (115). С. 107–115.
2. Stevens G., Burley J. 3,000 Raw Ideas = 1 Commercial Success // Research Technology Management, 40(3), May-June 1997, P. 16–27.
3. Лимитовский М.А. Инвестиционные проекты и реальные опционы на развивающихся рынках: учеб.-практич. пособие. М.: Дело, 2004. 528 с
4. Вайн С. Опционы. Полный курс для профессионалов. М.: Альпина Паблишер, 2008. 466 с.
5. Ставки рынка ГКО-ОФЗ [Электронный ресурс]. URL: http://www.cbr.ru/hd_base/?PrtId=gkoofz_mr.

References

1. Gorbunov D.V., Ivanov D.Yu. Infrastructure model of the budgetary support of implementation of innovative projects (on the example of the Samara Region). *Ekonomicheskie nauki* [Economic sciences], 2014, no. 6(115), pp. 107–115 [in Russian].

2. Stevens G., Burley J. 3,000 Raw Ideas = 1 Commercial Success. *Research Technology Management*, 40(3), May-June 1997, pp. 16–27 [in English].
3. Limitovsky M.A. Investment projects and real options in the emerging markets: Workbook. M., Delo, 2004, 528 p. [in Russian].
4. Vine S. Options. Full course for professionals. M., Al'pina Publisher, 2008, 466 p. [in Russian].
5. Market rates of Government Short–Term Bonds and federal loan bonds. Retrieved from: http://www.cbr.ru/hd_base/?PrtId=gkoofz_mr [in Russian].

*D.U. Ivanov**

ECONOMIC AND MATHEMATICAL METHOD OF DECISION MAKING AT THE VENTURE CAPITAL MARKET

This article addresses to the problem of making decisions on the management of venture capital. The description of stages of the innovation process is given, statistics on realization of innovation projects is presented, evaluation model of innovative project by the real options method is developed.

Key words: venture capital market, innovative project, innovative process, real options, economic and mathematical model.

Статья поступила в редакцию 12/IX/2015.
The article received 12/IX/2015.

**Ivanov Dmitry Uryevich* (ssau_ivanov@mail.ru), Department of Industrial Engineering, Samara State Aerospace University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.