

pISSN 2071-4688
eISSN 2311-8709

Инвестиционная деятельность

РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННО-ИНДУСТРИАЛЬНОГО КЛАСТЕРА МЕТОДОМ СОСТАВНЫХ РЕАЛЬНЫХ ОПЦИОНОВ*

Сергей Николаевич ЯШИН^{a*}, Егор Викторович КОШЕЛЕВ^b,
Дмитрий Андреевич СУХАНОВ^c

^a доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой менеджмента и государственного управления, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского (ННГУ),
Нижегород, Российская Федерация
jashinsn@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7182-2808>
SPIN-код: 4191-7293

^b кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента и государственного управления, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского (ННГУ),
Нижегород, Российская Федерация
ekoshelev@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5290-7913>
SPIN-код: 8429-5702

^c кандидат экономических наук, преподаватель,
НОЧУ ДПО «Биота – Плюс»,
Нижегород, Российская Федерация
svx85@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4600-0108>
SPIN-код: 4012-2672

* Ответственный автор

История статьи:

Рег. № 121/2021
Получена 11.03.2021
Получена
в доработанном виде
29.03.2021
Одобрена 12.04.2021
Доступна онлайн
29.07.2021

УДК 336.645.1

JEL: D81, G31, G32,
O22, O32

Аннотация

Предмет. Стратегия развития инновационно-индустриального кластера методом составных реальных опционов.

Цели. Разработка стратегии развития инновационно-индустриального кластера методом составных реальных опционов, которая позволила бы принимать гибкие управленческие решения в отношении эволюции кластеров.

Методология. Предложенный метод предполагает применение составного реального опциона.

Результаты. Разработана стратегия развития пилотного инновационно-индустриального кластера электроэнергетики в Нижегородской области. Применение метода составных реальных опционов позволило повысить стоимость стратегии данного кластера. Комбинирование составного реального опциона в представленном порядке позволяет избежать необоснованных управленческих решений по выходу из текущей стратегии кластера. То есть сначала к оценке текущей стратегии добавляется

* Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ. Грант № 19-010-00932.

Ключевые слова:
инновационно-
индустриальный
кластер, составной
реальный опцион

пут-опцион. Это опцион на сокращение и выход из стратегии кластера. А затем в случае продолжения текущей стратегии к ней добавляются три колл-опциона.

Выводы. Результаты могут быть полезны органам государственной власти в планировании развития инновационно-индустриальных кластеров и гармоничного развития территорий страны.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2021

Для цитирования: Яшин С.Н., Кошелев Е.В., Суханов Д.А. Разработка стратегии развития инновационно-индустриального кластера методом составных реальных опционов // *Финансы и кредит*. — 2021. — Т. 27, № 7. — С. 1647 — 1671.
<https://doi.org/10.24891/fc.27.7.1647>

В условиях политики импортозамещения актуальным становится целостное развитие крупных инновационных систем страны. В связи с этим разработка стратегии ценностно-ориентированной эволюции инновационной системы региона основывается на анализе перспектив и социально-экономической ценности инновационно-индустриальных кластеров региона. Для этого нужно привести указанные ценности кластеров в соответствие с системой ценностей региона. С этой целью подробно анализируются те кластеры области или республики, в которых имеется необходимый инновационный потенциал, то есть достаточно производственных, финансовых, трудовых и прочих ресурсов для успешного развития [1].

Выделение пилотных кластеров, которые наиболее полезны населению региона, исходя из традиций и исторических направлений производства является важной и в то же время непростой задачей для органов исполнительной власти региона. Необходимо также применять для разработки инновационной стратегии определенных государством пилотных кластеров такие технологии, которые позволили бы принимать гибкие управленческие решения. С учетом широкого спектра возможностей и угроз для подобных экономических образований указанной технологией могут стать составные реальные опционы.

Составные реальные опционы неразрывно связаны с реализацией инновационных решений как для предприятий, так и для более крупных экономических структур, включая инновационно-индустриальные кластеры. Поэтому необходимо сначала отдельно изучить данную технологию для производственных компаний.

К составным реальным опционам можно отнести: ранние инвестиции (например, НИОКР, аренда неосвоенных опционных земель, запасов нефти

либо стратегическое приобретение) или стратегически взаимосвязанные проекты (комплексное инвестирование является предварительным условием в цепочке опционов), открытие возможностей для будущего роста (например, продукт или процесс нового поколения, запасы нефти, доступ к новому рынку, укрепление основного потенциала, инвестиции в стратегическое позиционирование) [2].

Многие проектные инициативы (исследования и разработки, расширение потенциала, запуск новых услуг и т.д.) представляют собой многоступенчатые проектные инвестиции, в рамках которых руководство может принять решение о расширении, сворачивании, сохранении статус-кво или отказе от проекта после получения новой информации для устранения неопределенности [3].

Важно, что при анализе составных опционов стоимость одного опциона зависит от стоимости другого. Например, фармацевтическая компания, которая в настоящее время проходит конкретный процесс одобрения лекарств FDA, должна пройти испытания на людях. Успех одобрения FDA в значительной степени зависит от успеха тестирования на людях, обычно оба процесса происходят одновременно [4].

При этом совокупное значение взаимодействующих опционов может отличаться от суммы отдельных частей благодаря их взаимодействию [5].

В качестве комплекса взаимодействия таких отдельных частей Д. Лонкар и др. [6] исследуют многофазный составной (вложенный) зависимый от пути реальный опцион, состоящий из взаимоисключающих вариантов — последовательного опциона инвестирования, а также расширения, восстановления, контракта и отказа от опционов.

Исследователи А. Баранов и Е. Музыко [7] делают вывод о том, что стоимость составного реального опциона увеличивает общую стоимость инновационного проекта благодаря фактору поэтапного инвестирования и возможности прекращения финансирования.

Составные реальные опционы нашли применение для решения разнообразных экономических задач. Так, В. Янг и Е. Ли [8] представили модель оценки реальных опционов с использованием восьмикратного составного опциона при оценке оборонных проектов НИОКР и его иллюстративного применения с использованием тематического исследования в Республике Корея.

Авторы Б. Хаусчайлд и Д. Реймсбах [9] предложили биномиальный подход к моделированию последовательных инвестиций в НИОКР. Более конкретно они представили комплексный подход к реальным опционам, упрощающий существующую методологию оценки. Авторы продемонстрировали применимость их подхода на реальном примере оценки нового применения лекарств.

Исследователь А. Таваккольяни [10] разработал интуитивно понятный и практичный метод оценки многоступенчатых стратегических или инвестиционных проектов. При этом специфическая волатильность назначается каждому этапу проекта и оценивается в нечетких рамках путем использования данных предыдущих аналогичных проектов и знаний экспертов. Затем эти нечеткие волатильности включаются в многоступенчатую модель оценки биномиального дерева. В конце представленная модель реализуется на примере проекта НИОКР. Преимущество модели в том, что она легко может быть расширена за счет использования различных типов опционов, встроенных в многоступенчатые проекты.

Ученые К. Ванг, Дж. Хи и Ш. Ли [11] применили теорию нечетких наборов для моделирования неточных входных параметров (процентная ставка и волатильность). Исследователи представили нечеткую цену составного опциона путем нечеткости доли и волатильности в формуле ценообразования составного опциона. Наконец, они представили численный анализ, чтобы проиллюстрировать ценообразование сложного опциона в нечеткой среде.

Авторы Ю. Лиу, И. Янг и В. Хсу [12] получили составные опционы в модели диффузии с двойным экспоненциальным скачком, которые более обобщены, чем те, которые были предложены ранее.

Ученый О. Констандатос [13] оценил многоступенчатое решение по добыче полезных ископаемых, в котором операторы горнодобывающей промышленности имеют возможность задержать начало проекта, а также опционы отказа от добычи и расширения производства до нового горного пласта, если условия улучшатся.

Исследователи Д. Кассимон, П. Энгелен и В. Йорданов [14] получили расширенную модель с помощью тематического исследования оценки реальных опционов проекта многоступенчатого программного приложения крупным оператором мобильной связи и показали, как руководители проектов могут оценить волатильность в зависимости от фазы.

Хотя компоненты составного реального опциона могут быть достаточно разнообразными, рассмотрим наиболее распространенные их виды.

Опцион отказа (опцион на выход из проекта). В течение жизни проекта компания может выбрать прекращение проекта, не вкладывая больше в него ничего. Этот выбор называется опционом по умолчанию. Некоторые опционы по умолчанию сопровождаются возможностью получить спасительную стоимость от проекта. Этот тип опциона обычно называется опционом отказа [15].

Опцион роста (опцион на развитие и тиражирование опыта). Одним из наиболее распространенных типов опционов является опцион роста, иногда называемый опционом расширения. Когда у компании есть опцион роста, она имеет возможность на дату позже в течение срока реализации проекта инвестировать дополнительные средства и расширять масштаб проекта [15].

Опцион на переключение. Если цены или спрос меняются, руководство фирмы может спланировать переключение (например, в сырьевом товарном составе объекта — «гибкость продукта»). В качестве альтернативы материалы, конечные продукты могут быть произведены различными производственными процессами («гибкость процесса») [2].

Часто переключение относится к технологии. Например, одна технология может быть более экономически эффективной в состояниях с высоким спросом, другая — более экономически эффективной в состояниях с низким спросом [16].

Опцион временного завершения производственного процесса (опцион временной остановки). Если операции менее выгодны, чем ожидалось, управление производственным процессом может временно остановиться, а затем снова запуститься [2].

Опцион на отсрочку проекта. Многие проекты не требуют, чтобы компания инициировала их сегодня. То есть либо первоначальное вложение производится сегодня и проект начинает генерировать стоимость, либо первоначальное вложение откладывается на более поздний срок, и, если это делается, то тогда, когда проект начинает генерировать стоимость. Хотя многие проекты требуют, чтобы компания развивалась быстро, значительная ценность может быть получена при ожидании разрешения некоторой неопределенности. Хотя ожидание может позволить конкурентам

получить преимущество, оно может раскрыть ценную информацию о природе рынка [15].

Применительно к разработке стратегии развития инновационно-индустриального кластера будем применять составной опцион, имеющий компоненты, схожие с перечисленными ранее для проектов.

Таким образом, предлагаемый нами метод предполагает применение составного реального опциона, включающего в себя следующие компоненты, которые нужно применять в следующем порядке:

- 1) опцион на сокращение и выход из стратегии кластера;
- 2) опцион на развитие и тиражирование опыта в кластере;
- 3) опцион на переключение и временную остановку стратегии кластера;
- 4) опцион на отсрочку начала реализации новой стратегии кластера.

Комбинирование составного реального опциона именно в таком порядке позволяет избежать необоснованных управленческих решений по выходу из текущей стратегии кластера, которая включала бы в себя множественные уже реализованные тактические возможности развития кластера. То есть сначала к оценке текущей стратегии добавляется пут-опцион. Это опцион на сокращение и выход из стратегии кластера. А затем в случае продолжения текущей стратегии к ней добавляются следующие три колл-опциона. Таким образом, использование именно таких компонент позволяет, на наш взгляд, получить достаточную гибкость в управлении стратегией развития кластера.

Оценку эффекта стратегии развития инновационно-индустриального кластера методом составного реального опциона будем проводить по следующему алгоритму.

1. Вычисление ожидаемой стоимости будущих денежных поступлений от текущей стратегии кластера, приведенных к моменту оценки:

$$E[S_0] = \frac{S_{1,opt} \cdot p_{opt} + S_{1,pes} \cdot p_{pes}}{1 + WACC}, \quad (1)$$

где $S_{1,opt}$ и $S_{1,pes}$ — оптимистичная и пессимистичная стоимости будущих денежных поступлений, приведенных к их началу (руб.);

p_{opt} и p_{pes} — вероятности оптимистичного и пессимистичного сценариев;

WACC — средневзвешенная стоимость капитала компании — ядра кластера (%).

2. Вычисление чистого приведенного дохода базового варианта стратегии кластера, то есть без опционов либо с уже имеющимися опционами:

$$NPV_{old} = E[S_0] - K, \quad (2)$$

где K — инвестиции в реализацию стратегии, то есть суммарная дисконтированная стоимость акций компании — ядра кластера (руб.).

3. Вычисление ожидаемой стоимости будущих денежных поступлений от стратегии кластера для нового опциона на стратегию без опционов либо стратегию с уже имеющимися опционами.

4. Вычисление NPV_{new} нового варианта стратегии кластера.

5. Расчет премии за колл-опцион (ΔC_0) или пут-опцион (ΔP_0):

$$\Delta C_0 = NPV_{new} - NPV_{old} \text{ или } \Delta P_0 = NPV_{new} - NPV_{old}. \quad (3)$$

Данный алгоритм повторяем несколько раз, пока не будут учтены все возможности стратегии развития кластера с помощью соответствующих реальных опционов.

Оценка некоторых компонент составного реального опциона на стратегию кластера требует специального подхода. Это относится к опциону на сокращение и выход из стратегии и к опциону на отсрочку начала реализации новой стратегии. Для этого рассмотрим их более детально.

Опцион на сокращение и выход из стратегии кластера. В пессимистичном сценарии развития событий величина $S_{1,pes}$ при условии постоянной вероятности p_{pes} во времени рассчитывается по формуле, которая была получена в нашей работе¹:

$$APV = PV + P = \sum_{t=0}^{n-1} CF_t \left(\frac{1-p_{pes}}{1+WACC} \right)^t + \frac{CF_n}{(1+WACC)^n} + \sum_{t=1}^{n-1} L_t p_{pes} \left(\frac{1-p_{pes}}{1+r_f} \right)^t, \quad (4)$$

где APV — уточненная приведенная стоимость будущих денежных потоков стратегии кластера в пессимистичном сценарии с учетом возможности выхода из стратегии (руб.);

¹ Яшин С.Н., Трифонов Ю.В., Кошелев Е.В. Метод использования реального пут-опциона в управлении рисками инновационной стратегии кластера // Финансы и кредит. 2017. Т. 23. Вып. 26. С. 1518—1532. URL: <https://doi.org/10.24891/fc.23.26.1518>

PV — приведенная стоимость будущих денежных потоков стратегии кластера в пессимистичном сценарии (руб.);

P — стоимость пут-опциона на выход из стратегии кластера (руб.);

CF_n — денежный поток стратегии в пессимистичном сценарии в году t (руб.);

n — горизонт планирования (количество лет);

L_t — ликвидационная стоимость в году t , то есть прогнозная суммарная дисконтированная стоимость акций компании — ядра кластера (руб.);

r_f — ставка безрисковой доходности (%).

Опцион на отсрочку начала реализации новой стратегии кластера. Здесь в качестве новой стратегии рассматривается возможность перехода компании — ядра кластера на новую технологию. Стоимость данного «живого», то есть неисполненного колл-опциона в году t , можно вычислить по формуле [17, 18]:

$$C_t^N = \frac{1}{1+r_f} (pC_{t+1,u} + (1-p)C_{t+1,d}), \quad (5)$$

где псевдовероятность p рассчитывается как:

$$p = \frac{r_f - r_d}{r_u - r_d}; \quad (6)$$

где r_u — годовая ставка прироста денежного потока новой технологии в оптимистичном сценарии (%);

r_d — годовая ставка прироста денежного потока старой технологии в пессимистичном сценарии (%);

$C_{t+1,u}$ — стоимость опциона в случае ее роста в следующем году $t+1$ (руб.);

$C_{t+1,d}$ — стоимость опциона в случае ее уменьшения в следующем году $t+1$ (руб.).

Стоимость «мертвого», то есть исполненного, колл-опциона в году t можно рассчитать как

$$C_t^A = \max\{S_t - K_t, 0\}, \quad (7)$$

где S_t — денежный поток новой или старой технологии в году t (руб.);

K_t — стоимость исполнения опциона, то есть услуги управления компанией — ядра кластера в году t (руб.).

Поскольку величина K_t прогнозируется по годам t , исходя из данных МСФО в году, предшествующем году 0, данный колл-опцион получается азиатским, то есть опционом с изменяющейся ценой исполнения.

В качестве примера реализации представленного метода рассмотрим процесс разработки стратегии развития пилотного кластера электроэнергетики в Нижегородской области. В работе [1] было получено, что Нижегородскому инновационно-индустриальному кластеру выгоднее развивать направление «Электроэнергетика». Для этого в Нижегородской области имеется необходимый инновационный потенциал — достаточно производственных, финансовых, трудовых и прочих ресурсов для успешной эволюции кластера.

Данный пилотный кластер представлен компанией — ядром кластера — ПАО «ТНС энерго НН». Денежный поток (CF) по годам этой фирмы представлен в *табл. 1*. На момент оценки, в 2019 г., средневзвешенная стоимость ее капитала составляет величину $WACC = 12,56\%$, суммарная дисконтированная стоимость акций — $K = 2\,233\,864$ тыс. руб., ставка безрисковой доходности $r_f = 4,21\%$.

Используя Интернет-сервис WolframAlpha, аппроксимируем зависимость денежных потоков компании от времени (*рис. 1*). Наиболее адекватными с экономической точки зрения видятся зависимости, представленные параболой и логарифмом, поэтому их принимаем в качестве равновероятных оптимистичного и пессимистичного сценариев. Тогда можно спрогнозировать денежные потоки на следующие пять лет по двум выбранным зависимостям (*табл. 2*).

Оценим выгодность базового варианта стратегии пилотного кластера, то есть без опционов. Дисконтированные на 2020 г. по ставке $WACC = 12,56\%$ прогнозные денежные потоки составят:

– в оптимистичном сценарии: $S_{1,opt} = 8\,770\,806$ тыс. руб.;

– в пессимистичном сценарии: $S_{1,pes} = 2\,358\,870$ тыс. руб.

Тогда по формулам (1) и (2) получаем, что

$$E[S_0] = \frac{8\,770\,806 \cdot 0,5 + 2\,358\,870 \cdot 0,5}{1,1256} = 4\,943\,886 \text{ (тыс. руб.)},$$

$$NPV = 4\,943\,886 - 2\,233\,864 = 2\,710\,022 \text{ (тыс. руб.)}.$$

Следовательно, стратегия выгодная. Но она при этом не учитывает вероятные возможности дальнейшего развития кластера. Для этого дополним ее анализ соответствующими компонентами составного реального опциона.

1. *Опцион на сокращение и выход из стратегии кластера.* В случае наступления пессимистичного сценария ликвидационную стоимость в году t , то есть прогнозную суммарную дисконтированную стоимость акций компании — ядра кластера (L_t) мы можем рассчитать, наращивая каждый год величину $K = 2\,233\,864$ тыс. руб. по ставке $WACC = 12,56\%$. При этом последний 2024 г. не принимается во внимание, так как в этот момент от текущей стратегии кластера компания-ядро уже отказаться не успеет. Результаты расчетов L_t представлены в табл. 3.

Далее оценивается стратегия пилотного кластера с пут-опционом возможного выхода из нее, используются для этого формулы (4), (1) и (2):

$$\begin{aligned} APV = & 556\,786 + 577\,128 \cdot \frac{1-0,5}{1,1256} + 595\,326 \cdot \left(\frac{1-0,5}{1,1256}\right)^2 + 611\,787 \cdot \left(\frac{1-0,5}{1,1256}\right)^3 + \\ & + \frac{626\,815}{1,1256^4} + 2\,514\,437 + 2\,830\,251 \cdot \frac{1-0,5}{1,0421} + 3\,185\,730 \cdot \left(\frac{1-0,5}{1,0421}\right)^2 + \\ & + 3\,585\,858 \cdot \left(\frac{1-0,5}{1,0421}\right)^3 = 1\,374\,728 + 5\,001\,847 = 6\,376\,575 \text{ (тыс. руб.)}; \end{aligned}$$

$$E[S_0] = \frac{8\,770\,806 \cdot 0,5 + 6\,376\,575 \cdot 0,5}{1,1256} = 6\,728\,581 \text{ (тыс. руб.)};$$

$$NPV = 6\,728\,581 - 2\,233\,864 = 4\,494\,717 \text{ (тыс. руб.)}.$$

То есть за счет пут-опциона на выход из стратегии она стала еще более выгодной. Премия за данный опцион по формуле (3) составит:

$$\Delta P_0 = 4\,494\,717 - 2\,710\,022 = 1\,784\,695 \text{ (тыс. руб.)}.$$

2. *Опцион на развитие и тиражирование опыта в кластере.* Краткосрочные инвестиции в 2020 г. составят 551 486 тыс. руб., и в оптимистичном сценарии они позволят увеличить денежный поток CF на 13,5% за счет сокращения потерь сетевыми компаниями. Тогда опцион на

развитие опыта в кластере позволит получить еще большую стоимость стратегии кластера:

$$S_{1,opt} = 1\,225\,461 + (8\,770\,806 - 1\,225\,461)1,135 - 551\,486 = 9\,237\,942 \text{ (тыс. руб.)};$$

$$E[S_0] = \frac{9\,237\,942 \cdot 0,5 + 6\,376\,575 \cdot 0,5}{1,1256} = 6\,936\,086 \text{ (тыс. руб.)};$$

$$NPV = 6\,936\,086 - 2\,233\,864 = 4\,702\,222 \text{ (тыс. руб.)},$$

где премия за данный колл-опцион по формуле (3) составит

$$\Delta C_0 = 4\,702\,222 - 4\,494\,717 = 207\,505 \text{ (тыс. руб.)}.$$

3. *Опцион на переключение и временную остановку стратегии кластера.* В случае реализации пессимистичного сценария для ПАО «ТНС энерго НН» подразумевается переключение на новую технологию ПАО «ТНС энерго Ростов-на-Дону». Денежный поток (CF) по годам для ПАО «ТНС энерго Ростов-на-Дону» представлен в *табл. 4*. На момент оценки, в 2019 г., средневзвешенная стоимость капитала этой компании составляет величину $WACC = 12,62\%$. Прирост суммарной дисконтированной стоимости акций в момент возможного принятия решения о переключении на новую технологию в 2020 г. согласно данным CopoMy компании «МЗ» составит:

$$\Delta K = K_{\text{Ростов}} - K_{\text{НН}} = 6\,708\,617 - 2\,540\,079 = 4\,168\,538 \text{ (тыс. руб.)}.$$

Используя Интернет-сервис WolframAlpha, аппроксимируем зависимость денежных потоков ПАО «ТНС энерго Ростов-на-Дону» от времени (*рис. 2*). Наиболее оптимистичным сценарием является зависимость денежных потоков данной компании от времени, выраженная многочленом степени 3. По ней можно спрогнозировать оптимистичные денежные потоки на следующие пять лет (*табл. 5*).

Дисконтированные на 2020 г. по ставке $WACC = 12,62\%$ прогнозные денежные потоки ПАО «ТНС энерго Ростов-на-Дону» в оптимистичном сценарии составят $S_{1,opt} = 10\,481\,385$ тыс. руб. Тогда для ПАО «ТНС энерго НН»:

$$S_{1,pes} = 556\,786 + 10\,481\,385 - 4\,168\,538 = 6\,869\,633 \text{ (тыс. руб.)}.$$

В результате по формулам (1) и (2) для ПАО «ТНС энерго НН» получаем, что

$$E[S_0] = \frac{9\,237\,942 \cdot 0,5 + 6\,869\,633 \cdot 0,5}{1,1256} = 7\,155\,106 \text{ (тыс. руб.)},$$

$$NPV = 7\,155\,106 - 2\,233\,864 = 4\,921\,242 \text{ (тыс. руб.)}.$$

То есть за счет колл-опциона на переключение на новую технологию стратегия кластера стала еще более выгодной. Премия за данный опцион по формуле (3) составит

$$\Delta C_0 = 4\,921\,242 - 4\,702\,222 = 219\,020 \text{ (тыс. руб.)}.$$

4. *Опцион на отсрочку начала реализации новой стратегии кластера.* Возможность перехода на новую технологию ПАО «ТНС энерго Ростов-на-Дону» для ПАО «ТНС энерго НН» существует всегда на протяжении всего горизонта планирования вплоть до 2024 г. В связи с этим необходимо определить оптимальный момент перехода на новую технологию. Для этого в каждом узле биномиального дерева опциона на отсрочку следует сравнить цены «живого» и «мертвого» опционов.

Сначала сводим воедино на *рис. 3* прогнозные денежные потоки старой и новой технологий, принимая во внимание, что пессимистичный сценарий мы берем для ПАО «ТНС энерго НН» (верхняя ветвь на рисунке), а оптимистичный — для ПАО «ТНС энерго Ростов-на-Дону» (нижняя ветвь на рисунке). При этом в начальной точке $t = 0$ принимается средняя величина для двух технологий. Также во внутренних узлах биномиального дерева полученные величины усредняются.

Затем на основе данных *табл. 5* и *2* рассчитываются годовые ставки r_u и r_d соответственно для новой и старой технологии, которые затем для каждого прогнозного года подставляются в формулу (6) для вычисления псевдовероятностей p и $1 - p$ (*табл. 6*).

Рассматриваемый опцион азиатский, поэтому нужно рассчитать цену его исполнения для каждого из пяти прогнозных лет. Для ПАО «ТНС энерго НН» услуги управления по МСФО в 2019 г. составили 373 265 тыс. руб. Это будет ценой исполнения опциона на отсрочку в 2019 г. Ставка прироста цены исполнения опциона K_t — это WACC = 12,56% для ПАО «ТНС энерго НН». Используя эту ставку, мы можем рассчитать цены исполнения данного опциона (*рис. 3*).

После этого, начиная с последнего года и постепенно переходя к первому прогнозируемому году, в каждом узле биномиального дерева опциона (*рис. 3*) по формулам (5) и (7) рассчитываются цены «живого» и «мертвого» опционов

и выбирается тот из них, который дороже. Результаты представлены на *рис. 4*.

В итоге на *рис. 4* получено, что в $t = 0$ дороже «мертвый» опцион, то есть для ПАО «ТНС энерго НН» это означает, что $C_1 = 458\,038$ тыс. руб. Следовательно, его выгоднее исполнить сразу — в 2020 г.

С учетом данного опциона на отсрочку получаем, что стоимость стратегии пилотного кластера станет еще больше:

$$S_{1,opt} = 9\,237\,942 + 458\,038 = 9\,695\,980 \quad (\text{тыс. руб.});$$

$$E[S_0] = \frac{9\,695\,980 \cdot 0,5 + 6\,869\,633 \cdot 0,5}{1,1256} = 7\,358\,570 \quad (\text{тыс. руб.});$$

$$NPV = 7\,358\,570 - 2\,233\,864 = 5\,124\,706 \quad (\text{тыс. руб.}).$$

А премия за исследуемый колл-опцион составит:

$$\Delta C_0 = 5\,124\,706 - 4\,921\,242 = 203\,464 \quad (\text{тыс. руб.}).$$

Финальным выводом для стратегии пилотного кластера электроэнергетики будет то, что применение метода составных реальных опционов позволило повысить стоимость стратегии с $NPV = 2\,710\,022$ тыс. руб. до значения 5 124 706 тыс. руб.

В заключение сформулируем наиболее важные теоретические и практические выводы.

1. Необходимо применять для разработки инновационной стратегии определенных государством пилотных кластеров такие технологии, которые позволили бы принимать гибкие управленческие решения. С учетом широкого спектра возможностей и угроз для подобных экономических образований указанной технологией могут стать составные реальные опционы.
2. Предложенный в данной работе метод предполагает применение составного реального опциона, включающего в себя следующие компоненты, которые нужно применять в следующем порядке:
 - 1) опцион на сокращение и выход из стратегии кластера;
 - 2) опцион на развитие и тиражирование опыта в кластере;

3) опцион на переключение и временную остановку стратегии кластера;

4) опцион на отсрочку начала реализации новой стратегии кластера.

3. В качестве примера реализации представленного метода рассмотрен процесс разработки стратегии развития пилотного кластера электроэнергетики в Нижегородской области, который представлен компанией-ядром ПАО «ТНС энерго НН». Применение метода составных реальных опционов позволило повысить стоимость стратегии данного кластера с $NPV = 2\,710\,022$ тыс. руб. до значения $5\,124\,706$ тыс. руб.

Полученные результаты могут быть полезны органам государственной власти в процессах планирования развития инновационно-индустриальных кластеров и гармоничного развития территорий страны.

Таблица 1

Годовой денежный поток ПАО «ТНС энерго НН», тыс. руб.

Table 1

Annual cash flows of TNS Energo NN, thousand RUB

Год	CF
2013	498 625
2014	-441 563
2015	567 721
2016	2 931 398
2017	-4 313 838
2018	3 282 929
2019	330 600

Источник: Соному компания «М3»: сервисы для инвесторов фондового рынка Московской биржи. URL: <https://old.conomy.ru>

Source: Conomy company M3: Services for investors in the stock market of the Moscow Exchange. URL: <https://old.conomy.ru> (In Russ.)

Таблица 2

Прогноз денежных потоков для двух равновероятных сценариев ПАО «ТНС энерго НН», тыс. руб.

Table 2

Forecasted cash flow in the case of two equally probable scenarios of TNS Energo NN, thousand RUB

Сценарий	2020	2021	2022	2023	2024
Оптимистичный (парабола)	1 225 461	1 691 155	2 243 985	2 883 931	3 610 993
Пессимистичный (логарифм)	556 786	577 128	595 326	611 787	626 815

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 3

Ликвидационная стоимость ПАО «ТНС энерго НН» в пессимистичном сценарии, тыс. руб.

Table 3

Liquidation value of TNS Energo NN in the pessimistic scenario, thousand RUB

Год	L_t
2020	2 514 437
2021	2 830 251
2022	3 185 730
2023	3 585 858
2024	—

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 4

Годовой денежный поток ПАО «ТНС энерго Ростов-на-Дону», тыс. руб.

Table 4

Annual cash flows of TNS Energo Rostov-on-Don, thousand RUB

Год	CF
2013	–803 122
2014	1 029 575
2015	–808 148
2016	1 193 714
2017	254 101
2018	1 104 088
2019	766 859

Источник: Соному компания «М3»: сервисы для инвесторов фондового рынка Московской биржи. URL: <https://old.conomy.ru>

Source: Conomy company M3: Services for investors in the stock market of the Moscow Exchange. Available at: <https://old.conomy.ru> (In Russ.)

Таблица 5

Прогноз денежного потока для оптимистичного сценария ПАО «ТНС энерго Ростов-на-Дону», тыс. руб.

Table 5

Forecasted cash flows in the case of the optimistic scenario of TNS Energo Rostov-on-Don, thousand RUB

Год	Оптимистичный сценарий (многочлен степени 3)
2020	1 199 583
2021	1 707 962
2022	2 498 930
2023	3 644 690
2024	5 217 445

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 6
Расчет псевдовероятностей двух технологий

Table 6
The assessment of pseudo-probabilities of two technologies

Показатель	2021	2022	2023	2024
r_u	0,423796	0,463106	0,4585	0,43152
r_d	0,036535	0,031532	0,02765	0,024564
p	0,01437	0,024487	0,033538	0,043091
$1 - p$	0,98563	0,975513	0,966462	0,956909

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 1
Прогнозные функции денежного потока ПАО «ТНС энерго НН»

Figure 1
Forecast functions of cash flows of TNS Energo NN

Least-squares best fits:

$172\,714 \cdot \log(x) + 197\,637$. (logarithmic)

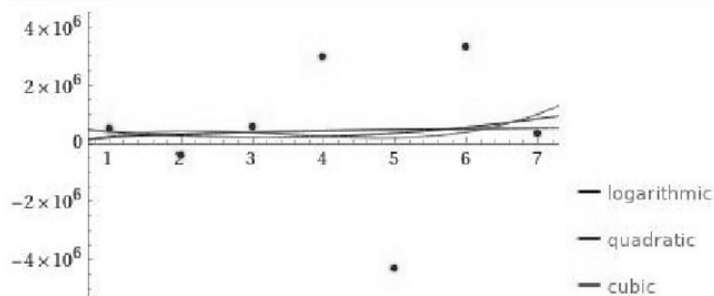
$43\,558.1 x^2 - 274\,774 \cdot x + 635\,915$. (quadratic)

$27\,473.4 x^3 - 286\,123 \cdot x^2 + 851\,635 \cdot x - 353\,127$. (cubic)

Fit diagnostics:

	AIC	BIC	R^2	adjusted R^2
logarithmic	231.406	231.244	0.00222704	-0.197328
quadratic	233.926	233.71	0.0082628	-0.487606
cubic	236.909	236.639	0.0125885	-0.974823

Plot:



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 2**Прогнозные функции денежного потока ПАО «ТНС энерго Ростов-на-Дону»****Figure 2****Forecast functions of cash flows of TNS Energo Rostov-on-Don**

Least-squares best fits:

$$720\,254 \cdot \log(x) - 486\,173. \quad (\text{logarithmic})$$

$$-39\,214.6 x^2 + 525\,189. x - 925\,454. \quad (\text{quadratic})$$

$$12\,033.9 x^3 - 183\,621. x^2 + 1.01858 \times 10^6 x - 1.35867 \times 10^6 \quad (\text{cubic})$$

Fit diagnostics:

	AIC	BIC	R^2	adjusted R^2
logarithmic	213.992	213.83	0.318403	0.182084
quadratic	216.727	216.511	0.301307	-0.0480397
cubic	219.672	219.402	0.30813	-0.38374

Plot:

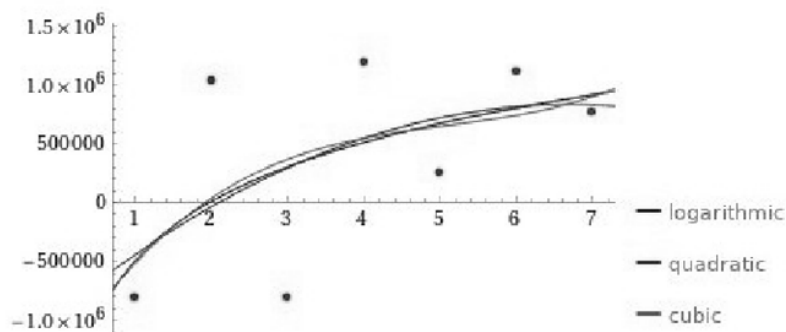
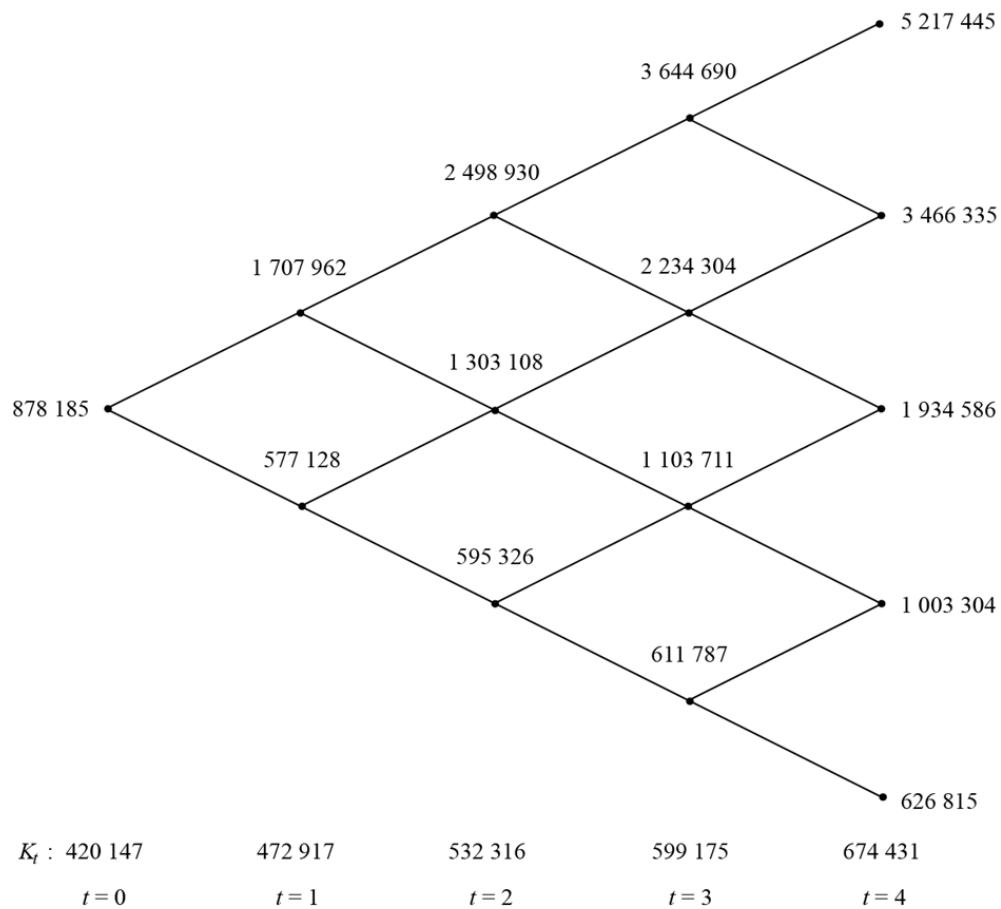
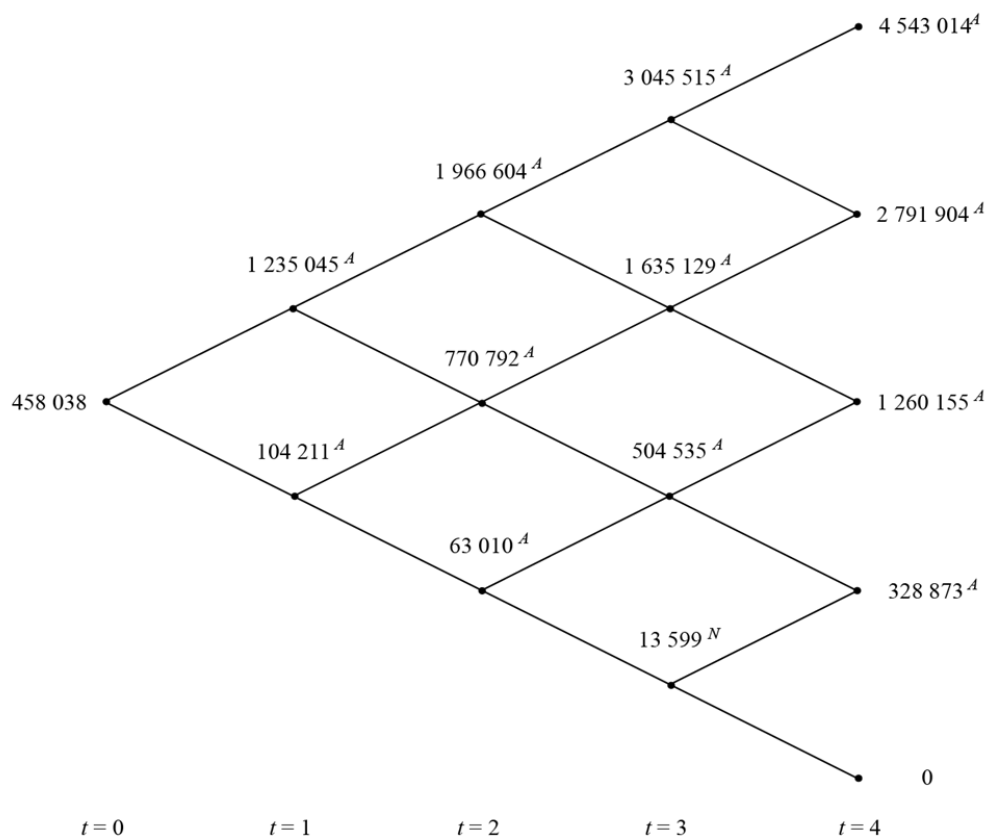
*Источник: авторская разработка**Source: Authoring*

Рисунок 3**Изменение денежных потоков двух технологий, тыс. руб.****Figure 3****Change in cash flows of two technologies, thousand RUB**

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 4**Изменение цены реального опциона за 4 года, тыс. руб.****Figure 4****Change in the real option price for a four year time, thousand RUB**

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. Яшин С.Н., Кошелев Е.В., Костригин Р.В. Составление линейного функционала ценности инновационно-индустриального кластера для региона // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2019. № 12. С. 90.
2. Smit H.T.J., Trigeorgis L. Strategic Investment: Real Options and Games. Princeton University Press, 2004, 504 p.
3. Kodukula P., Papudesu Ch. Project Valuation Using Real Options: A Practitioner's Guide. J. Ross Publishing, Inc., 2006, 256 p.

4. *Mun J.* Real Options Analysis: Tools and Techniques for Valuing Strategic Investments and Decisions. New Jersey, John Wiley & Sons, 2005, 704 p.
5. *Rogers J.* Strategy, Value and Risk: the Real Options Approach. New York, Palgrave Macmillan, 2002, 141 p.
6. *Loncar D., Milovanovic I., Rakic B., Radjenovic T.* Compound Real Options Valuation of Renewable Energy Projects: The Case of a Wind Farm in Serbia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017, vol. 75, pp. 354–367. URL: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.001>
7. *Baranov A., Muzyko E.* Valuation of Compound Real Options for Investments in Innovative Projects in Pharmaceutical Industry. *Procedia Economics and Finance*, 2015, vol. 27, pp. 116–125. URL: [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00980-6](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00980-6)
8. *Jang W.-J., Lee J.-D.* The Application of Real Options Theory in Defense R&D Projects: An Eight-Fold Sequential Compound Option Model. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 2011, vol. 08, no. 01, pp. 95–112. URL: <https://doi.org/10.1142/S0219877011002179>
9. *Hauschild B., Reimsbach D.* Modeling Sequential R&D Investments: A Binomial Compound Option Approach. *Business Research*, 2015, vol. 8, pp. 39–59. URL: <https://doi.org/10.1007/s40685-014-0017-5>
10. *Tavakkolnia A.* A Binomial Tree Valuation Approach for Compound Real Options with Fuzzy Phase-Specific Volatility. 2016 12th International Conference on Industrial Engineering (ICIE). Tehran, Iran, IEEE, 2016, pp. 73–78. URL: <https://doi.org/10.1109/INDUSENG.2016.7519351>
11. *Wang X., He J., Li S.* Compound Option Pricing under Fuzzy Environment. *Journal of Applied Mathematics*, 2014, vol. 2014, 875319, 9 p. URL: <https://dx.doi.org/10.1155/2014/875319>
12. *Liu Y., Jiang I.-M., Hsu W.* Compound Option Pricing under a Double Exponential Jump-Diffusion Model. *The North American Journal of Economics and Finance*, 2018, vol. 43, pp. 30–53. URL: <https://doi.org/10.1016/j.najef.2017.10.002>
13. *Konstandatos O.* Third Order Compound Option Valuation of Flexible Commodity Based Mining Enterprises. *Archives of Business Research*, 2015, vol. 3, no. 1, pp. 19–35. URL: <https://doi.org/10.14738/abr.31.801>

14. *Cassimon D., Engelen P.-J., Yordanov V.* Compound Real Option Valuation with Phase-Specific Volatility: A Multi-phase Mobile Payments Case Study. *Technovation*, 2011, vol. 31, iss. 5-6, pp. 240–255.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2010.12.004>
15. *Chance D.M., Peterson P.P.* Real Options and Investment Valuation. Virginia, The CFA Institute Research Foundation, 2002, 114 p.
16. *Brach M.A.* Real Options in Practice. New Jersey, John Wiley & Sons, Inc., 2002, 320 p.
17. *Kruschwitz L.* Finanzierung und Investition. Munchen, Wien, R. Oldenbourg Verlag, 1999, 563 s.
18. *Schäfer D., Kruschwitz L., Schwake M.* Studienbuch Finanzierung und Investition. Munchen, Wien, R. Oldenbourg Verlag, 1998, 315 s.

Информация о конфликте интересов

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

pISSN 2071-4688
eISSN 2311-8709

Investing

ARTICULATING THE DEVELOPMENT STRATEGY FOR THE INNOVATION AND INDUSTRIAL CLUSTER BY THE COMPOUND OPTION METHOD

Sergei N. YASHIN ^{a,*},
Egor V. KOSHELEV ^b,
Dmitrii A. SUKHANOV ^c

^a National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (UNN),
Nizhny Novgorod, Russian Federation
jashinsn@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7182-2808>

^b National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (UNN),
Nizhny Novgorod, Russian Federation
ekoshelev@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5290-7913>

^c Biota – Plus,
Nizhny Novgorod, Russian Federation
svx85@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4600-0108>

* Corresponding author

Article history:

Article No. 121/2021
Received 11 Mar 2021
Received in revised
form 29 March 2021
Accepted 12 April 2021
Available online
29 July 2021

JEL classification:

D81, G31, G32, O22,
O32

Keywords: innovation-
industrial cluster,
compound real option

Abstract

Subject. The article focuses on the development strategy for the innovation and industrial cluster by the compound option method.

Objectives. We articulate the development strategy for the innovation and industrial cluster by the compound option method, which would allow for flexible administrative decisions on the cluster evolution.

Methods. The proposed method is based on the use of the compound option method, which includes constituents as follows: 1) the option for the reduction in the cluster strategy and withdrawal from it; 2) the option for the development and dissemination of experience across the cluster; 3) the option for the rearrangement and temporary suspension of the cluster strategy.

Results. To illustrate the proposed method, we formulated the development strategy for the pilot innovation and industrial cluster of power engineering in the Nizhny Novgorod Oblast, which is represented with the backbone company PAO TNS Energo NN. The real option method helped increase the value of the cluster's strategy. Combining the compound real option just as we suggest, it will be possible to avoid unreasonable administrative decisions on the withdrawal from the current strategy, which would provide for multiple, already existing tactical opportunities for the cluster's development. The value of the current strategy, first of all, absorbs a put option. This is an option to reduce the cluster's strategy or withdraw from it. Afterwards if the current strategy is continued, three call options are added to it.

Conclusions and Relevance. The findings can be useful for

governmental authorities in planning the development of innovation and industrial clusters and the harmonious advancement of the country.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2021

Please cite this article as: Yashin S.N., Koshelev E.V., Sukhanov D.A. Articulating the Development Strategy for the Innovation and Industrial Cluster by the Compound Option Method. *Finance and Credit*, 2021, vol. 27, iss. 7, pp. 1647–1671.
<https://doi.org/10.24891/fc.27.7.1647>

Acknowledgments

The article was supported by the Russian Foundation for Basic Research (RFBR), grant № 19-010-00932.

References

1. Yashin S.N., Koshelev E.V., Kostrigin R.V. [Compilation of linear functional of the value of the innovation and industrial cluster for the region]. *Upravlenie ekonomicheskimi sistemami: elektronnyi nauchnyi zhurnal*, 2019, no. 12, pp. 90. (In Russ.)
2. Smit H.T.J., Trigeorgis L. Strategic Investment: Real Options and Games. Princeton University Press, 2004, 504 p.
3. Kodukula P., Papudesu Ch. Project Valuation Using Real Options: A Practitioner's Guide. J. Ross Publishing, Inc., 2006, 256 p.
4. Mun J. Real Options Analysis: Tools and Techniques for Valuing Strategic Investments and Decisions. New Jersey, John Wiley & Sons, 2005, 704 p.
5. Rogers J. Strategy, Value and Risk: the Real Options Approach. New York, Palgrave Macmillan, 2002, 141 p.
6. Loncar D., Milovanovic I., Rakic B., Radjenovic T. Compound Real Options Valuation of Renewable Energy Projects: The Case of a Wind Farm in Serbia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017, vol. 75, pp. 354–367.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.001>
7. Baranov A., Muzyko E. Valuation of Compound Real Options for Investments in Innovative Projects in Pharmaceutical Industry. *Procedia Economics and Finance*, 2015, vol. 27, pp. 116–125.
URL: [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00980-6](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00980-6)

8. Jang W.-J., Lee J.-D. The Application of Real Options Theory in Defense R&D Projects: An Eight-Fold Sequential Compound Option Model. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 2011, vol. 8, no. 1, pp. 95–112. URL: <https://doi.org/10.1142/S0219877011002179>
9. Hauschild B., Reimsbach D. Modeling Sequential R&D Investments: A Binomial Compound Option Approach. *Business Research*, 2015, vol. 8, pp. 39–59. URL: <https://doi.org/10.1007/s40685-014-0017-5>
10. Tavakkolnia A. A Binomial Tree Valuation Approach for Compound Real Options with Fuzzy Phase-Specific Volatility. 12th International Conference on Industrial Engineering (ICIE). Tehran, Iran, IEEE, 2016, pp. 73–78. URL: <https://doi.org/10.1109/INDUSENG.2016.7519351>
11. Wang X., He J., Li S. Compound Option Pricing under Fuzzy Environment. *Journal of Applied Mathematics*, 2014, vol. 2014, 875319, 9 p. URL: <https://dx.doi.org/10.1155/2014/875319>
12. Liu Y., Jiang I.-M., Hsu W. Compound Option Pricing Under a Double Exponential Jump-Diffusion Model. *The North American Journal of Economics and Finance*, 2018, vol. 43, pp. 30–53. URL: <https://doi.org/10.1016/j.najef.2017.10.002>
13. Konstandatos O. Third Order Compound Option Valuation of Flexible Commodity Based Mining Enterprises. *Archives of Business Research*, 2015, vol. 3, no. 1, pp. 19–35. URL: <https://doi.org/10.14738/abr.31.801>
14. Cassimon D., Engelen P.-J., Yordanov V. Compound Real Option Valuation with Phase-Specific Volatility: a Multi-phase Mobile Payments Case Study. *Technovation*, 2011, vol. 31, iss. 5-6, pp. 240–255. URL: <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2010.12.004>
15. Chance D.M., Peterson P.P. Real Options and Investment Valuation. Virginia, The CFA Institute Research Foundation, 2002, 114 p.
16. Brach M.A. Real Options in Practice. New Jersey, John Wiley & Sons, Inc., 2002, 320 p.
17. Kruschwitz L. Finanzierung und Investition. Munchen, Wien, R. Oldenbourg Verlag, 1999, 563 p.
18. Schäfer D., Kruschwitz L., Schwake M. Studienbuch Finanzierung und Investition. Munchen, Wien, R. Oldenbourg Verlag, 1998, 315 p.

Conflict-of-interest notification

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.