

МОДЕЛЬ СЕТЕВОГО ПОРТФЕЛЬНОГО ИНВЕСТИРОВАНИЯ В ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НЕФТЕГАЗОХИМИЧЕСКОГО КЛАСТЕРА

Игорь Леонидович БЕИЛИН^a, Вадим Васильевич ХОМЕНКО^{b,*}

^a кандидат экономических наук, доцент, докторант Института управления, экономики и финансов, Казанский (Приволжский) федеральный университет (КФУ), Казань, Российская Федерация
i.beilin@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5878-4915>
SPIN-код: 4175-5512

^b доктор экономических наук, профессор, вице-президент Академии наук Республики Татарстан (АН РТ), Казань, Российская Федерация
isrnecon@mail.ru
ORCID: отсутствует
SPIN-код: отсутствует

* Ответственный автор

История статьи:

Получена 25.12.2018
Получена в доработанном виде 22.01.2019
Одобрена 30.01.2019
Доступна онлайн 15.03.2019

УДК 33.338

JEL: C45, O32, O33

Ключевые слова:

экономика региона, финансирование инновационного проекта, сетевое планирование, нефтегазохимический кластер

Аннотация

Предмет. Малые инновационные предприятия, нацеленные на высокотехнологичное наукоемкое производство, как механизм повышения устойчивости всей региональной экономической системы.

Цели. Аналитическое и графическое определение минимально и максимально целесообразного инвестирования в портфель инновационных проектов, критического пути, полного, свободного и независимого резервов финансирования.

Методология. Использован метод сетевого планирования.

Результаты. Разработан авторский подход к сетевому планированию портфельного инвестирования инновационных проектов регионального нефтехимического кластера. Проведен анализ сетевой модели, выполнена оптимизация по критерию «резервы–затраты». Дана оценка сложности и напряженности сетевой модели.

Выводы. Представлены примеры использования секторального метода и метода потенциалов в процессе сетевого планирования портфельного инвестирования инновационных проектов. Предложен алгоритм оценки вероятности реализации всех взаимосвязанных проектов в рамках заданного бюджета и максимально возможной величины финансирования выполнения всего комплекса работ с заданной вероятностью. Решение этой задачи ведет к снижению инвестиционных рисков.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2018

Для цитирования: Беилин И.Л., Хоменко В.В. Модель сетевого портфельного инвестирования в инновационные проекты региональной экономической системы нефтегазохимического кластера // *Региональная экономика: теория и практика*. – 2019. – Т. 17, № 3. – С. 554 – 570.
<https://doi.org/10.24891/re.17.3.554>

Нефтегазохимический кластер является бюджетообразующим для ряда регионов и может играть ключевую роль в развитии национальной экономической системы [1–6]. Для территориальных структур импорт продукции нефтегазохимического происхождения, как с низкой, так и с высокой добавленной стоимостью, представляет собой одну из

главных статей расхода финансовых средств. Пространственные образования (экономические зоны, районы, кластеры, субъекты Федерации) являются в высокой степени самодостаточными благодаря возможности развивать современную инновационную инфраструктуру и (при необходимости) эффективную межрегиональную кооперацию [7–10]. Среди основных проблем

регионального нефтегазохимического кластера – неопределенность в прогнозировании цен на сырьевые ресурсы, что связано с высокой монополизацией нефтедобывающей отрасли, картельными соглашениями и фьючерсными контрактами. Такие условия приводят к снижению устойчивости экономической системы нефтегазохимического кластера и региона в целом [11–15]. Если крупные компании за счет своего «запаса прочности» могут функционировать в период колебания мировых цен на нефть, то малые инновационные предприятия, заполняющие свободные и, как правило, проблемные ниши инновационной инфраструктуры региона, оставленные крупным нефтедобывающими компаниями, могут прекратить существование в момент кризиса.

Сетевое планирование – один из многих способов представления графика работ проекта или комплекса взаимосвязанных проектов, образующих более крупную экономическую систему [16, 17]. Это наиболее эффективный способ анализа логических взаимосвязей между различными видами деятельности экономических зон, крупных экономических районов, субъектов Федерации, экономических кластеров и других пространственных экономических образований.

В авторском исследовании величина инвестирования на выполнение инновационного проекта регионального нефтегазохимического кластера задается тремя оценками – минимальной, максимальной и наиболее вероятной. Минимальная оценка $IC_{\min(i, j)}$ характеризует величину инвестирования на выполнение проекта при наиболее благоприятных обстоятельствах (млн руб.), а максимальная $IC_{\max(i, j)}$ – при наиболее неблагоприятных условиях (млн руб.). Объем инвестирования проекта в этом случае рассматривается как случайная величина, которая в результате реализации может принять любое значение в заданном интервале. Такие оценки называются вероятностными (случайными), и их ожидаемое значение $IC_{\text{ож}(i, j)}$ определяется следующим образом:

$$IC_{\text{ож}(i, j)} = (IC_{\min(i, j)} + 4m_{(i, j)} + IC_{\max(i, j)})/6,$$

где (i, j) – путь выполнения проекта; m – наиболее вероятное значение финансирования, (млн руб.).

Для характеристики степени разброса возможных значений вокруг ожидаемого уровня используется показатель дисперсии:

$$S^2_{(i, j)} = 1/36 (IC_{\max(i, j)} - IC_{\min(i, j)})^2.$$

На основе представленных алгоритмов рассчитаем ожидаемое значение и показатель дисперсии на примере сетевых структур, участвующих в финансировании комплекса из десяти инновационных проектов [18, 19] региональной экономической системы нефтегазохимического кластера (табл. 1). Все данные приведены в табл. 2.

На основе полученных данных можно определить главные показатели сетевого планирования, критический путь и его величину финансирования. Основной характеристикой сетевого плана можно считать резервы. Резервы финансирования всех путей реализации проектов дают понимание того, насколько возможно увеличение финансирования определенного пути без ущерба для заключительного проекта. Так как все не критические пути сетевого плана имеют свои полные резервы финансирования, то все события этого пути имеют свои резервы финансирования (табл. 3).

Резерв финансирования проекта показывает, на какую допустимую величину можно превысить бюджет этого проекта, не вызывая при этом увеличения бюджета реализации всего инвестиционного портфеля.

Для определения резервов финансирования по проектам сети рассчитывают минимальные $IC_{\min(i)}$ и максимальные $IC_{\max(i)}$ объемы финансирования проектов. Любой проект не может быть реализован раньше, чем будут реализованы все предшествующие ему проекты и не будут выполнены все предшествующие работы. Поэтому минимальная (или ожидаемая) величина финансирования $IC_{\min(i)}$ i -го проекта определяется продолжительностью

максимального пути, предшествующего этому проекту:

$$IC_{\min(i)} = \max(IC(L_{ni})), (1)$$

где L_{ni} – любой путь, предшествующий i -му проекту, то есть путь от исходного до i -го проекта инновационного предприятия.

Если проект j имеет несколько предшествующих путей, а следовательно, несколько предшествующих проектов i , то минимальное финансирование проекта j удобно находить по формуле:

$$IC_{\min(j)} = \max[IC_{\min(i)} + IC_{\min(i,j)}]. (2)$$

Увеличение бюджета проекта i по отношению к своему минимальному бюджету не отразится на объеме финансирования завершающего проекта (а значит, и на бюджете выполнения всего комплекса работ) до тех пор, пока сумма финансирования этого проекта и величина финансирования максимального из следующих за ним путей не превысит бюджета критического пути. Поэтому максимальный (или предельный) объем финансирования $t^{\text{II}}(i)$ свершения i -го проекта равен:

$$IC_{\max(i)} = IC_{kp} - \max(IC(L_{ci})), (3)$$

где L_{ci} – любой путь, следующий за i -м проектом, то есть путь от i -го до завершающего проекта инвестиционного портфеля.

Если проект i имеет несколько последующих путей, а следовательно, несколько последующих проектов j , то максимальный объем финансирования проекта i удобно находить по формуле:

$$IC_{\max(i)} = \min[IC_{\min(j)} - t_{(i,j)}]. (4)$$

Резерв финансирования $R_{(i)}$ i -го события определяется как разность между максимальным и минимальным объемами его финансирования:

$$R(i) = IC_{\max(i)} - IC_{\min(i)}.$$

Резерв финансирования проекта показывает, на какое допустимое превышение бюджета

можно рассчитывать при реализации этого проекта, не вызывая при этом увеличения величины финансирования всего комплекса работ по данному инвестиционному портфелю.

Критические величины финансирования резервов не имеют, так как любое превышение бюджета в реализации данного проекта, лежащего на критическом пути, вызовет такое же превышение бюджета в реализации завершающего проекта. Таким образом, определив минимальную величину финансирования завершающего проекта инвестиционного портфеля, мы тем самым определяем длину критического пути. При определении минимальных объемов инвестирования реализации проектов $IC_{\min(i)}$ двигаемся по сетевому графику слева направо и используем формулы (1), (2).

Далее представим расчет сроков свершения событий:

Для $i=1$ (начального события), очевидно, $IC_{\min(1)}=0$ млн руб.

Для $i=2$: $IC_{\min(2)} = IC_{\min(1)} + IC_{(1,2)} = 0$ млн руб. + 2,17 млн руб. = 2,17 млн руб.

Для $i=3$: $IC_{\min(3)} = IC_{\min(2)} + IC_{(2,3)} = 2,17$ млн руб. + 5,5 млн руб. = 7,67 млн руб.

Расчеты выполняются до завершающего проекта (табл. 4).

Длина критического пути равна минимальному объему инвестирования завершающего проекта 10: $IC_{kp} = IC_{\min(10)}=19,5$ млн руб.

При определении максимальных объемов финансирования проектов $IC_{\max(i)}$ движемся по сетевому плану в обратном направлении – справа налево с применением формул (3), (4).

Для $i=10$ (завершающего проекта) максимальная величина финансирования проекта должна равняться ее минимальной величине (иначе изменится длина критического пути): $IC_{\max(10)} = IC_{\min(10)}=19,5$ млн руб.

Затем рассматриваются строки, заканчивающиеся номером 9 – это номер предпоследнего проекта. Далее

рассматриваются строки, начинающиеся с этого номера.

Для $i=9$: $IC_{max(9)} = IC_{max(10)} - IC_{(9,10)} = 19,5$ млн руб. – 4,5 млн руб. = 15 млн руб.

Затем рассматриваются строки, заканчивающиеся номером предпоследнего проекта, то есть номером 8. Далее рассматриваются строки, начинающиеся с этого номера.

Для $i=8$: $IC_{max(8)} = IC_{max(10)} - IC_{(8,10)} = 19,5$ млн руб. – 4 млн руб. = 15,5 млн руб.

Расчеты продолжаются далее до первого проекта (табл. 4).

Список проектов с соответствующими им бюджетами расположим во второй и третьей графах. Вместе с этим работы необходимо фиксировать во второй графе последовательно: начинать с первого номера, далее со второго и т.д.

В графе 2 укажем значение, которое характеризует количество предыдущих проектов (КПП) по отношению к проекту, являющемуся началом для рассматриваемого проекта.

Таким образом, для работы (6,9) в первой графе укажем число 2, так как на номере 6 завершаются 2 работы: (3,6), (4,6).

Четвертую графу выводим из табл. 1 ($IC_{min(i)}$). Графа 7 также определяется из табл. 1 ($IC_{max(i)}$).

Данные в графе 5 определяются на основе суммы граф 3 и 4.

В графе 6 наибольшее финансирование начала работы находится через вычитание из наибольшего финансирования завершения данных работ из бюджета (разность данных графы 7 и графы 3).

Графа 8 (полный резерв финансирования $R_{(ij)}$) равна вычитанию из графы 6 графы 4 или из графы 7 графы 5. Такие проекты, в которых $R_{(ij)}$ равен 0, считаются критическими.

Полный резерв финансирования определяет, насколько возможно увеличение объема

финансирования всех проектов, которые находятся на данном пути, при учете, что бюджет реализации полного комплекса работ не изменится. Полный резерв существует, когда предыдущие проекты строго соответствуют собственному минимальному бюджету.

Найдем полный резерв финансирования:

$$R_{i-j}^{\Pi} = IC_{max_j} - IC_{i-j} - IC_{min_i}$$

Свободный резерв финансирования находится по формуле:

$$R_{i-j}^C = IC_{max_i} - IC_{i-j} - IC_{min_i}$$

Независимый резерв финансирования (табл. 5, 6) можно найти по формуле:

$$R_{i-j}^H = IC_{min_i} - IC_{i-j} - IC_{max_i}$$

Необходимо уделить внимание тому, что помимо полных резервов финансирования проекта различают также три вида других резервов. Частный резерв финансирования первого вида R_1 – часть полного резерва финансирования, на которую можно увеличить бюджет работы, не увеличив при этом величины максимального финансирования ее начального события. R_1 находится по формуле:

$$R_{(i,j)} = R_{(i,j)}^{\Pi} - R_{(i)}$$

Частный резерв финансирования второго вида, или свободный резерв финансирования RC проекта (i,j), является частью полного резерва финансирования. На нее возможно увеличение бюджета проекта так, чтобы при этом не менять минимального финансирования ее завершающего проекта. RC определяется следующим образом:

$$R_{(i,j)} = R_{(i,j)}^{\Pi} - R_{(j)}$$

Величина свободного резерва финансирования проекта определяет резервы, которые необходимо оптимизировать.

Независимый резерв финансирования RH проекта (i,j) является частью полного резерва, которая образуется, если все предыдущие

проекты завершаются с наибольшим финансированием, а все дальнейшие имеют начало в условиях минимального финансирования. RH определяется следующим образом:

$$R_{(i,j)} = R_{(i,j)}^n - R_{(i)} - R_{(j)}.$$

На основе проведенных расчетов критический путь составили работы (1,2), (2,4), (4,7), (7,9), (9,10), а величина инвестирования критического пути составила 19,5 млн руб.

Далее представляется возможным провести оптимизацию сетевого графика портфельного инвестирования методом «резервы-стоимость» (табл. 7).

Стоимость нового плана $C_1 = C - \Delta C = C - 1,599$ млн руб.

В результате оптимизации сети получился план, позволяющий выполнить комплекс работ в бюджете $IC_{кр} = 19,5$ млн руб. при сокращении стоимости на 1,599 млн руб.

Сложность сетевого плана определяется коэффициентом сложности, который рассчитывается на основе следующего выражения:

$$K_c = n_{pab} / n_{пр},$$

где K_c – коэффициент сложности сетевого плана;

n_{pab} – расчетное число работ, ед.;

$n_{пр}$ – расчетное число проектов, ед.

Сетевые планы, имеющие коэффициенты сложности в интервале 1–1,5, считаются не сложными. Если этот показатель находится в интервале 1,51–2, то планы относят к уровню средней сложности. Сетевые планы с коэффициентами сложности выше 2,1 считаются сложными.

Для рассматриваемого примера $K_c = 13 / 10 = 1,3$.

Учитывая, что $K_c < 1,5$, можно считать, что сетевой план относится к первому типу (простой).

Коэффициент напряженности K_H выполнения проекта $P_{i,j}$ – это величина отношения финансирования несовпадающих (находящихся между одинаковыми проектами) интервалов реализации проектов, первым из которых выступает путь наибольшего финансирования, пересекающий данный проект, а вторым является критический путь:

$$K_H = \frac{IC(L_{max}) - IC1_{кр}}{IC_{кр} - IC1_{кр}},$$

где $IC(L_{max})$ – величина максимального финансирования, пересекающего работу $P_{i,j}$, от первого проекта до завершения сетевого плана; $IC_{кр}$ – величина финансирования (расстояние) критического пути; $IC1_{кр}$ – бюджет интервала рассматриваемого финансирования, который совпадает с критическим путем.

Коэффициент напряженности K_H проекта $P_{i,j}$ способен варьироваться в интервале от 0 (это относится к проектам, у которых интервалы максимального пути финансирования не совпадают с критическим путем и включают фиктивные работы с нулевым бюджетом) до 1 (для работ критического пути). По мере приближения к 1 коэффициента напряженности K_H проекта $P_{i,j}$ возрастает сложность выполнения данной работы в заданном бюджете. По мере приближения K_H проекта $P_{i,j}$ к 0 увеличивается относительный резерв максимального пути, проходящего через этот проект (табл. 8).

Найденные коэффициенты напряженности предоставляют возможность разделять проекты по секторам. На основе данных о величине K_H различают 3 сектора: критический ($K_H > 0,8$); подкритический ($0,6 < K_H < 0,8$); резервный ($K_H < 0,6$).

Для определения вероятности реализации всего портфеля проектов за 19,5 млн руб. необходимо использование следующей формулы:

$$Z = (T - T_{кр}) / S_{кр},$$

где $S_{кр}$ – среднее квадратическое отклонение, которое находится через квадратный корень из дисперсии величины критического пути финансирования проектов; $\Phi(Z)$ – величина дифференциальной функции нормального распределения вероятностей, которая называется функцией Лапласа и определяется на основе аргумента Z по соответствующей таблице.

Дисперсия критического пути финансирования портфеля проектов:

$$S^2(L_{кр}) = S^2(1,2) + S^2(2,4) + S^2(4,7) + S^2(7,9) + S^2(9,10).$$

$$S^2(L_{кр}) = 0,25 + 0,25 + 1 + 1 + 0,69 = 3,19.$$

$$S(L_{кр}) = 1,79.$$

$$p(t_{кр} < 50) = 0,5 + 0,5\Phi((50 - 19,5)/1,79) = 0,5 + 0,5\Phi(17,04) = 0,5 + 0,5 \cdot 0,49999 = 0,75.$$

Вероятность того, что все проекты инвестиционного портфеля будут выполнены без превышения бюджета 19,5 млн руб., оценивается в 75%.

Чтобы определить наиболее вероятный объем финансирования всего портфеля проектов с уверенностью 95%, необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T = T_{кр} + Z \cdot S_{кр}$$

Для решения этой проблемы находим величину аргумента Z , которая соответствует запланированной вероятности в 95% (к графе $\Phi(Z)$ 0,95·100% в таблице относится $Z=1,96$).

$$T = 19,5 + 1,96 \cdot 1,79 = 23 \text{ млн руб.}$$

Наибольший объем финансирования всего портфеля проектов с запланированной величиной вероятности 95% равен 23 млн руб.

При решении графическим способом (секторальным методом) кружок сетевого графика портфельного инвестирования, обозначающий проект, делится на четыре сектора. В верхнем секторе ставится номер проекта (i). В левом – наименее возможный бюджет реализации проекта $IC_{min(i)}$. В правом – наиболее возможный бюджет проекта $IC_{max(i)}$. В нижнем секторе указывается резерв финансирования данного проекта $R_{(i)}$.

Минимальное финансирование проекта $IC_{(i)}$ определяется величиной максимального пути $max(IC)$ до проекта, предшествующего проекту i .

Послойно, переходя от исходного проекта к конечному, определим $IC_{(i)}$. Далее находим максимальное финансирование реализации проекта $IC_{(j)}$, определяем резерв финансирования данного проекта $R_{(i)} = IC_{(i)} - IC_{(j)}$.

На *рис. 1* резервы финансирования проектов обозначены в круглых скобках следующего формата: $d(R_{ij}^P | R_{ij}^C)$.

При решении методом потенциалов в круглых скобках указан номер проекта, через который к данному проекту приходит путь наибольшего инвестирования от завершающего проекта. Расчет начинается с завершающего проекта 10, потенциал которого равен 0. В нижнем секторе в скобках ставим прочерк, в правый записываем 0 и переходим к следующему проекту (*рис. 2*).

Таблица 1**Примеры расчета ожидаемого значения финансирования проектов и показатель дисперсии****Table 1****Calculating the expected value of financing of projects and the variance ratio: Examples**

Ожидаемое значение финансирования, млн руб.	Показатель дисперсии
$IC_{ож}(1,2)=(1+4\cdot 2+4)/6=2,17$	$S^2(1,2)=1/36(4-1)^2=0,25$
$IC_{ож}(2,3)=(4+4\cdot 5+9)/6=5,5$	$S^2(2,3)=1/36(9-4)^2=0,69$
$IC_{ож}(2,4)=(2+4\cdot 4+5)/6=3,83$	$S^2(2,4)=1/36(5-2)^2=0,25$

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 2**Ожидаемое значение финансирования инновационных проектов и показатель дисперсии****Table 2****Expected value of financing of innovative projects and the variance ratio**

Путь выполнения проекта (i, j)	$IC_{min}(i, j)$, млн руб.	$IC_{max}(i, j)$, млн руб.	$m_{(i, j)}$, млн руб.	Ожидаемая величина финансирования проекта $IC_{ож}(i, j)$, млн руб.	Дисперсия $S^2_{(i, j)}$
1,2	1	4	2	2,17	0,25
2,3	4	9	5	5,5	0,69
2,4	2	5	4	3,83	0,25
2,5	1	4	3	2,83	0,25
3,6	3	7	4	4,33	0,44
4,6	4	8	6	6	0,44
4,7	3	9	4	4,67	1
5,8	2	5	3	3,17	0,25
6,9	1	4	3	2,83	0,25
7,9	2	8	4	4,33	1
7,1	4	9	6	6,17	0,69
8,1	1	7	4	4	1
9,1	1	6	5	4,5	0,69

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 3**Наименование и условное обозначение элементов сетевого графика****Table 3****Network elements: Name and symbols**

Элемент сети	Наименование параметра	Условное обозначение параметра
Проект i	Минимальное финансирование свершения проекта	$IC_{min(i)}$
	Максимальное финансирование свершения проекта	$IC_{max(i)}$
	Резерв финансирования проекта	$R_{(i)}$
Работа (i, j)	Финансирование работ по проекту	$IC_{(i, j)}$
	Минимальное финансирование начала работы	$IC_{min-n(i, j)}$
	Минимальное финансирование окончания работы	$IC_{min-o(i, j)}$
	Максимальное финансирование начала работы	$IC_{max-n(i, j)}$
	Максимальное финансирование окончания работы	$IC_{max-o(i, j)}$
Путь L	Полный резерв финансирования работы	$R_{n(i, j)}$
	Объем финансирования пути	$IC(L)$
	Объем финансирования критического пути	IC_{kp}
	Резерв финансирования пути	$R_{(L)}$

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 4**Расчет резерва финансирования портфеля из десяти инновационных проектов****Table 4****Calculating the reserve of financing a ten-project portfolio**

Номер проекта	Минимальные объемы финансирования $IC_{min(i)}$, млн руб.	Максимальные объемы финансирования $IC_{max(i)}$, млн руб.	Резерв финансирования $R(i)$, млн руб.
1	–	0	0
2	2,17	2,17	0
3	7,67	7,84	0,17
4	6	6	0
5	5	12,33	7,33
6	12	12,17	0,17
7	10,67	10,67	0
8	8,17	15,5	7,33
9	15	15	0
10	19,5	19,5	0

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 5**Пример расчетов полного, свободного и независимого резервов портфельного инвестирования инновационных проектов****Table 5****Calculating the full, free, and independent reserves of portfolio investment of innovative projects: An example**

Полный резерв финансирования, млн руб.	Свободный резерв финансирования, млн руб.	Независимый резерв финансирования, млн руб.
$R_{(1,2)}^P = 2,17 - 2,17 - 0 = 0$	$R_{(1,2)}^C = 2,17 - 2,17 - 0 = 0$	$R^H(1,2) = 2,17 - 2,17 - 0 = 0$
$R_{(2,3)}^P = 7,84 - 5,5 - 2,17 = 0,17$	$R_{(2,3)}^C = 7,67 - 5,5 - 2,17 = 0$	$R^H(2,3) = 7,67 - 5,5 - 2,17 = 0$
$R_{(2,4)}^P = 6 - 3,83 - 2,17 = 0$	$R_{(2,4)}^C = 6 - 3,83 - 2,17 = 0$	$R^H(2,4) = 6 - 3,83 - 2,17 = 0$
$R_{(2,5)}^P = 12,33 - 2,83 - 2,17 = 7,33$	$R_{(2,5)}^C = 5 - 2,83 - 2,17 = 0$	$R^H(2,5) = 5 - 2,83 - 2,17 = 0$
$R_{(3,6)}^P = 12,17 - 4,33 - 7,67 = 0,17$	$R_{(3,6)}^C = 12 - 4,33 - 7,67 = 0$	$R^H(3,6) = 12 - 4,33 - 7,84 = -0,17$
$R_{(4,6)}^P = 12,17 - 6 - 6 = 0,17$	$R_{(4,6)}^C = 12 - 6 - 6 = 0$	$R^H(4,6) = 12 - 6 - 6 = 0$
$R_{(4,7)}^P = 10,67 - 4,67 - 6 = 0$	$R_{(4,7)}^C = 10,67 - 4,67 - 6 = 0$	$R^H(4,7) = 10,67 - 4,67 - 6 = 0$
$R_{(5,8)}^P = 15,5 - 3,17 - 5 = 7,33$	$R_{(5,8)}^C = 8,17 - 3,17 - 5 = 0$	$R^H(5,8) = 8,17 - 3,17 - 12,33 = -7,33$
$R_{(6,9)}^P = 15 - 2,83 - 12 = 0,17$	$R_{(6,9)}^C = 15 - 2,83 - 12 = 0,17$	$R^H(6,9) = 15 - 2,83 - 12,17 = 0$
$R_{(7,9)}^P = 15 - 4,33 - 10,67 = 0$	$R_{(7,9)}^C = 15 - 4,33 - 10,67 = 0$	$R^H(7,9) = 15 - 4,33 - 10,67 = 0$
$R_{(7,10)}^P = 19,5 - 6,17 - 10,67 = 2,66$	$R_{(7,10)}^C = 19,5 - 6,17 - 10,67 = 2,66$	$R^H(7,10) = 19,5 - 6,17 - 10,67 = 2,66$
$R_{(8,10)}^P = 19,5 - 4 - 8,17 = 7,33$	$R_{(8,10)}^C = 19,5 - 4 - 8,17 = 7,33$	$R^H(8,10) = 19,5 - 4 - 15,5 = 0$
$R_{(9,10)}^P = 19,5 - 4,5 - 15 = 0$	$R_{(9,10)}^C = 19,5 - 4,5 - 15 = 0$	$R^H(9,10) = 19,5 - 4,5 - 15 = 0$

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 6
Пример финансового анализа сетевой модели портфельного инвестирования

Table 6
Financial analysis of a network investment portfolio model: An example

Работа _(i,j)	Количество предшествующих работ	Финансирование, IC_{ij} , млн руб.	Минимальный бюджет: начало, $IC_{ij}^{Min.H}$, млн руб.	Минимальный бюджет: окончание $IC_{ij}^{Min.O}$, млн руб.
(1,2)	0	2,17	0	2,17
(2,3)	1	5,5	2,17	7,67
(2,4)	1	3,83	2,17	6
(2,5)	1	2,83	2,17	5
(3,6)	1	4,33	7,67	12
(4,6)	1	6	6	12
(4,7)	1	4,67	6	10,67
(5,8)	1	3,17	5	8,17
(6,9)	2	2,83	12	14,83
(7,9)	1	4,33	10,67	15
(7,10)	1	6,17	10,67	16,84
(8,10)	1	4	8,17	12,17
(9,10)	2	4,5	15	19,5

Продолжение

Работа (i, j)	Максимальный бюджет: начало $IC_{ij}^{Max.H}$, млн руб.	Максимальный бюджет: окончание $IC_{ij}^{Max.O}$, млн руб.	Резервы: полный $R_{ij\Pi}$, млн руб.	Независимый резерв R_{ij}^H , млн руб.	Частный резерв I рода, R_{ijI} , млн руб.	Частный резерв II рода, R_{ijC} , млн руб.
(1,2)	0	2,17	0	0	0	0
(2,3)	2,34	7,84	0,17	0	0,17	0
(2,4)	2,17	6	0	0	0	0
(2,5)	9,5	12,33	7,33	0	7,33	0
(3,6)	7,84	12,17	0,17	-0,17	0	0
(4,6)	6,17	12,17	0,17	0	0,17	0
(4,7)	6	10,67	0	0	0	0
(5,8)	12,33	15,5	7,33	-7,33	0	0
(6,9)	12,17	15	0,17	0	0	0,17
(7,9)	10,67	15	0	0	0	0
(7,10)	13,33	19,5	2,66	2,66	2,66	2,66
(8,10)	15,5	19,5	7,33	0	0	7,33
(9,10)	15	19,5	0	0	0	0

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 7

Пример оптимизации сетевого графика портфельного инвестирования методом «резервы–стоимость»

Table 7

Optimizing the portfolio investment network via the Reserves–Cost method: An example

Работа (i, j)	Свободный резерв R_{ijc}	Коэффициент затрат на ускорение работ (млн руб. / проект), $h(i, j)$	Уменьшение удельной стоимости проекта, ΔC_{ij}
(1,2)	0	0,2	–
(2,3)	0	0,3	–
(2,4)	0	0,6	–
(2,5)	0	0,4	–
(3,6)	0	0,9	–
(4,6)	0	0,5	–
(4,7)	0	0,7	–
(5,8)	0	0,2	–
(6,9)	0,17	0,4	$0,17 \cdot 0,4 = 0,068$
(7,9)	0	0,8	–
(7,10)	2,66	0,3	$2,66 \cdot 0,3 = 0,798$
(8,10)	7,33	0,1	$7,33 \cdot 0,1 = 0,733$
(9,10)	0	0,6	–

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 8

Пример коэффициента напряженности сетевого графика портфельного инвестирования

Table 8

Intensity coefficient of portfolio investment network: An example

Работа	Путь	Путь максимального финансирования, $IC(L_{max})$, млн руб.	Совпадающие работы	$1_{кр}$, млн руб.	Расчет	K_n
(1,2)	(1,2)(2,4)(4,7) (7,9)(9,10)	19,5	(1,2)(2,4)(4,7) (7,9)(9,10)	19,5	–	–
(2,3)	(1,2)(2,3)(3,6) (6,9)(9,10)	19,33	(1,2)(9,10)	6,67	$(19,33-6,67)/(19,5-6,67)$	0,987
(2,4)	(1,2)(2,4)(4,7) (7,9)(9,10)	19,5	(1,2)(2,4)(4,7) (7,9)(9,10)	19,5	–	–
(2,5)	(1,2)(2,5)(5,8) (8,10)	12,17	(1,2)	2,17	$(12,17-2,17)/(19,5-2,17)$	0,577
(3,6)	(1,2)(2,3)(3,6) (6,9)(9,10)	19,33	(1,2)(9,10)	6,67	$(19,33-6,67)/(19,5-6,67)$	0,987
(4,6)	(1,2)(2,4)(4,6) (6,9)(9,10)	19,33	(1,2)(2,4)(9,10)	10,5	$(19,33-10,5)/(19,5-10,5)$	0,981
(4,7)	(1,2)(2,4)(4,7) (7,9)(9,10)	19,5	(1,2)(2,4)(4,7) (7,9)(9,10)	19,5	–	–
(5,8)	(1,2)(2,5)(5,8) (8,10)	12,17	(1,2)	2,17	$(12,17-2,17)/(19,5-2,17)$	0,577
(6,9)	(1,2)(2,3)(3,6) (6,9)(9,10)	19,33	(1,2)(9,10)	6,67	$(19,33-6,67)/(19,5-6,67)$	0,987
(7,9)	(1,2)(2,4)(4,7) (7,9)(9,10)	19,5	(1,2)(2,4)(4,7) (7,9)(9,10)	19,5	–	–
(7,10)	(1,2)(2,4)(4,7) (7,10)	16,84	(1,2)(2,4)(4,7)	10,67	$(16,84-10,67)/(19,5-10,67)$	0,699
(8,10)	(1,2)(2,5)(5,8) (8,10)	12,17	(1,2)	2,17	$(12,17-2,17)/(19,5-2,17)$	0,577
(9,10)	(1,2)(2,4)(4,7) (7,9)(9,10)	19,5	(1,2)(2,4)(4,7) (7,9)(9,10)	19,5	–	–

Источник: авторская разработка

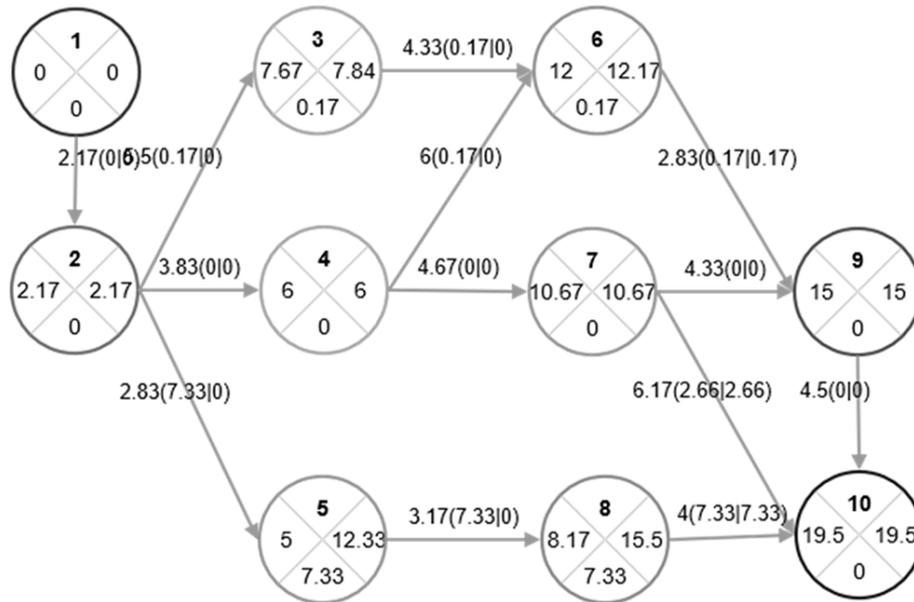
Source: Authoring

Рисунок 1

Пример графического способа (секторального метода) построения сетевой диаграммы портфельного инвестирования инновационных проектов

Figure 1

The use of the graphical method (sectoral method) when constructing a network diagram of portfolio investment of innovative projects: An example



Источник: авторская разработка

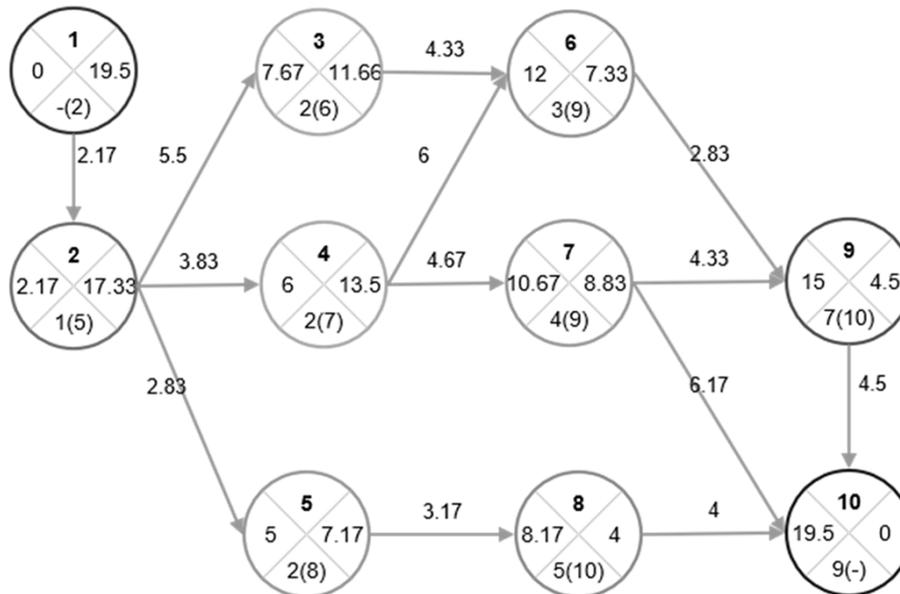
Source: Authoring

Рисунок 2

Пример использования метода потенциалов при построении сетевой диаграммы портфельного инвестирования инновационных проектов

Figure 2

The use of the method of potentials when constructing a network diagram of portfolio investment of innovative projects: An example



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. Dyllick T., Muff K. Clarifying the Meaning of Sustainable Business: Introducing a Typology from Business-as-Usual to True Business Sustainability. *Organization & Environment*, 2016, vol. 29, iss. 2, pp. 156–174. URL: <https://doi.org/10.1177/1086026615575176>
2. Scott N. Ambidextrous Strategies and Innovation Priorities: Adequately Priming the Pump for Continual Innovation. *Technology Innovation Management Review*, 2014, July, pp. 44–51. URL: https://timreview.ca/sites/default/files/article_PDF/Scott_TIMReview_July2014.pdf
3. Chen Y. Dynamic Ambidexterity: How Innovators Manage Exploration and Exploitation. *Business Horizons*, 2017, vol. 60, iss. 3, pp. 385–394. URL: <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2017.01.001>
4. Yun J.J., Won D.K., Jeong E.S. et al. The Relationship between Technology, Business Model, and Market in Autonomous Car and Intelligent Robot Industries. *Technological Forecasting and Social Change*, 2016, vol. 103, pp. 142–155. URL: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.11.016>
5. Yun J.J., Won D.K., Park K. Dynamics from Open Innovation to Evolutionary Change. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 2016, vol. 2, iss. 7. URL: <https://doi.org/10.1186/s40852-016-0033-0>
6. Yun J.J., Yang J., Park K. Open Innovation to Business Model: New Perspective to Connect between Technology and Market. *Science, Technology and Society*, 2016, vol. 21, iss. 3, pp. 324–348. URL: <https://doi.org/10.1177/0971721816661784>

7. Halicka K. Innovative Classification of Methods of the Future-Oriented Technology Analysis. *Technological and Economic Development of Economy*, 2016, vol. 22, no. 4, pp. 574–597. URL: <https://doi.org/10.3846/20294913.2016.1197164>
8. Colombelli A., Krafft J., Quatraro F. High-Growth Firms and Technological Knowledge: Do Gazelles Follow Exploration or Exploitation Strategies? *Industrial and Corporate Change*, 2014, vol. 23, iss. 1, pp. 261–291. URL: <https://doi.org/10.1093/icc/dtt053>
9. Guisado-González M., González-Blanco J., Coca-Pérez J.L. Analyzing the Relationship between Exploration, Exploitation and Organizational Innovation. *Journal of Knowledge Management*, 2017, vol. 21, iss. 5, pp. 1142–1162. URL: <https://doi.org/10.1108/jkm-01-2017-0039>
10. Zacher H., Rosing K. Ambidextrous Leadership and Team Innovation. *Leadership & Organization Development Journal*, 2015, vol. 36, iss. 1, pp. 54–68. URL: <https://doi.org/10.1108/LODJ-11-2012-0141>
11. Zhang J.A., Edgar F., Geare A., O'Kane C. The Interactive Effects of Entrepreneurial Orientation and Capability-Based HRM on Firm Performance: The Mediating Role of Innovation Ambidexterity. *Industrial Marketing Management*, 2016, vol. 59, pp. 131–143. URL: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2016.02.018>
12. Vrontis D., Thrassou A., Santoro G., Papa A. Ambidexterity, External Knowledge and Performance in Knowledge-Intensive Firms. *The Journal of Technology Transfer*, 2017, vol. 42, iss. 2, pp. 374–388. URL: <https://doi.org/10.1007/s10961-016-9502-7>
13. Sheng M.L. A Dynamic Capabilities-Based Framework of Organizational Sensemaking through Combinative Capabilities towards Exploratory and Exploitative Product Innovation in Turbulent Environments. *Industrial Marketing Management*, 2017, vol. 65, pp. 28–38. URL: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2017.06.001>
14. Dong J.Q., Netten J. Information Technology and External Search in the Open Innovation Age: New Findings from Germany. *Technological Forecasting and Social Change*, 2017, vol. 120, pp. 223–231. URL: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.12.021>
15. Han J. Exploitation of Architectural Knowledge and Innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 2017, vol. 3, iss. 15. URL: <https://doi.org/10.1186/s40852-017-0068-x>
16. Ardito L., Petruzzelli A.M., Peruffo E., Pascucci F. Inter-firm R&D Collaborations and Green Innovation Value: The Role of Family Firms' Involvement and the Moderating Effects of Proximity Dimensions. *Business Strategy and the Environment*, 2019, vol. 28, iss. 1, pp. 185–197. URL: <https://doi.org/10.1002/bse.2248>
17. Dubickis M., Gaile-Sarkane E. Transfer of Know-How Based on Learning Outcomes for Development of Open Innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 2017, vol. 3, iss. 4. URL: <https://doi.org/10.1186/s40852-017-0053-4>
18. Beilin I.L., Arkhireev V.P. The Supermolecular Structure of New Copolymer Products Based on Cyclic Carbonates. *International Polymer Science and Technology*, 2011, vol. 38, no. 1, pp. 37–40. URL: <http://www.polymerjournals.com/pdfdownload/1078926.pdf>
19. Beilin I.L. Analysis of Efficiency of the Innovative Project in the Field of Chemistry Fuzzy Logic. *Journal of Economics and Economic Education Research*, 2016, vol. 17, Special iss. 3, pp. 177–185. URL: <https://www.abacademies.org/articles/volume-17-special-issue-3.pdf>

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.

A MODEL OF NETWORK PORTFOLIO INVESTMENT IN INNOVATIVE PROJECTS OF THE REGIONAL ECONOMIC SYSTEM OF PETROCHEMICAL INDUSTRY CLUSTER

Igor' L. BEILIN^a, Vadim V. KHOMENKO^{b,*}

^a Kazan (Volga Region) Federal University (KFU), Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation
i.beilin@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5878-4915>

^b Tatarstan Academy of Sciences (TAS), Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation
ispnecon@mail.ru
ORCID: not available

* Corresponding author

Article history:

Received 25 December 2018
Received in revised form
22 January 2019
Accepted 30 January 2019
Available online
15 March 2019

JEL classification: C45, O32,
O33

Keywords: regional economy,
financing, innovative project,
network planning,
petrochemical cluster

Abstract

Subject This article considers small innovative enterprises aimed at high-tech science-intensive production as a mechanism of increasing the stability of the entire regional economic system.

Objectives The article aims to determine the minimum and maximum expedient investment in the portfolio of innovative projects.

Methods For the study, we used the critical path method.

Results The article presents a developed authors' approach to the network planning of portfolio investment of innovative projects of the regional petrochemical cluster. As well, it offers algorithms of estimation of probability of realization of all interrelated projects within the specified budget and estimation of maximum possible amount of financing of execution of all complex of works with given probability. The results of the work are accompanied by examples of using the sectoral method and potential method in the network planning of portfolio investment of innovative projects.

Conclusions The solution of this problem described will help reduce investment risks.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2018

Please cite this article as: Beilin I.L., Khomenko V.V. A Model of Network Portfolio Investment in Innovative Projects of the Regional Economic System of Petrochemical Industry Cluster. *Regional Economics: Theory and Practice*, 2019, vol. 17, iss. 3, pp. 554–570.
<https://doi.org/10.24891/re.17.3.554>

References

1. Dyllick T., Muff K. Clarifying the Meaning of Sustainable Business: Introducing a Typology from Business-as-Usual to True Business Sustainability. *Organization & Environment*, 2016, vol. 29, iss. 2, pp. 156–174. URL: <https://doi.org/10.1177/1086026615575176>
2. Scott N. Ambidextrous Strategies and Innovation Priorities: Adequately Priming the Pump for Continual Innovation. *Technology Innovation Management Review*, 2014, July, pp. 44–51. URL: https://timreview.ca/sites/default/files/article_PDF/Scott_TIMReview_July2014.pdf
3. Chen Y. Dynamic Ambidexterity: How Innovators Manage Exploration and Exploitation. *Business Horizons*, 2017, vol. 60, iss. 3, pp. 385–394. URL: <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2017.01.001>
4. Yun J.J., Won D.K., Jeong E.S. et al. The Relationship between Technology, Business Model, and Market in Autonomous Car and Intelligent Robot Industries. *Technological Forecasting and Social Change*, 2016, vol. 103, pp. 142–155. URL: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.11.016>

5. Yun J.J., Won D.K., Park K. Dynamics from Open Innovation to Evolutionary Change. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 2016, vol. 2, iss. 7. URL: <https://doi.org/10.1186/s40852-016-0033-0>
6. Yun J.J., Yang J., Park K. Open Innovation to Business Model: New Perspective to Connect between Technology and Market. *Science, Technology and Society*, 2016, vol. 21, iss. 3, pp. 324–348. URL: <https://doi.org/10.1177/0971721816661784>
7. Halicka K. Innovative Classification of Methods of the Future-Oriented Technology Analysis. *Technological and Economic Development of Economy*, 2016, vol. 22, no. 4, pp. 574–597. URL: <https://doi.org/10.3846/20294913.2016.1197164>
8. Colombelli A., Krafft J., Quattraro F. High-Growth Firms and Technological Knowledge: Do Gazelles Follow Exploration or Exploitation Strategies? *Industrial and Corporate Change*, 2014, vol. 23, iss. 1, pp. 261–291. URL: <https://doi.org/10.1093/icc/dtt053>
9. Guisado-González M., González-Blanco J., Coca-Pérez J.L. Analyzing the Relationship between Exploration, Exploitation and Organizational Innovation. *Journal of Knowledge Management*, 2017, vol. 21, iss. 5, pp. 1142–1162. URL: <https://doi.org/10.1108/jkm-01-2017-0039>
10. Zacher H., Rosing K. Ambidextrous Leadership and Team Innovation. *Leadership & Organization Development Journal*, 2015, vol. 36, iss. 1, pp. 54–68. URL: <https://doi.org/10.1108/LODJ-11-2012-0141>
11. Zhang J.A., Edgar F., Geare A., O'Kane C. The Interactive Effects of Entrepreneurial Orientation and Capability-Based HRM on Firm Performance: The Mediating Role of Innovation Ambidexterity. *Industrial Marketing Management*, 2016, vol. 59, pp. 131–143. URL: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2016.02.018>
12. Vrontis D., Thrassou A., Santoro G., Papa A. Ambidexterity, External Knowledge and Performance in Knowledge-Intensive Firms. *The Journal of Technology Transfer*, 2017, vol. 42, iss. 2, pp. 374–388. URL: <https://doi.org/10.1007/s10961-016-9502-7>
13. Sheng M.L. A Dynamic Capabilities-Based Framework of Organizational Sensemaking through Combinative Capabilities towards Exploratory and Exploitative Product Innovation in Turbulent Environments. *Industrial Marketing Management*, 2017, vol. 65, pp. 28–38. URL: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2017.06.001>
14. Dong J.Q., Netten J. Information Technology and External Search in the Open Innovation Age: New Findings from Germany. *Technological Forecasting and Social Change*, 2017, vol. 120, pp. 223–231. URL: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.12.021>
15. Han J. Exploitation of Architectural Knowledge and Innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 2017, vol. 3, iss. 15. URL: <https://doi.org/10.1186/s40852-017-0068-x>
16. Ardito L., Petruzzelli A.M., Peruffo E., Pascucci F. Inter-firm R&D Collaborations and Green Innovation Value: The Role of Family Firms' Involvement and the Moderating Effects of Proximity Dimensions. *Business Strategy and the Environment*, 2019, vol. 28, iss. 1, pp. 185–197. URL: <https://doi.org/10.1002/bse.2248>
17. Dubickis M., Gaile-Sarkane E. Transfer of Know-How Based on Learning Outcomes for Development of Open Innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 2017, vol. 3, iss. 4. URL: <https://doi.org/10.1186/s40852-017-0053-4>

18. Beilin I.L., Arkhireev V.P. The Supermolecular Structure of New Copolymer Products Based on Cyclic Carbonates. *International Polymer Science and Technology*, 2011, vol. 38, no. 1, pp. 37–40. URL: <http://www.polymerjournals.com/pdfdownload/1078926.pdf>
19. Beilin I.L. Analysis of Efficiency of the Innovative Project in the Field of Chemistry Fuzzy Logic. *Journal of Economics and Economic Education Research*, 2016, vol. 17, Special iss. 3, pp. 177–185. URL: <https://www.abacademies.org/articles/volume-17-special-issue-3.pdf>

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.