

<https://doi.org/10.21869/2223-1560-2019-23-3-148-159>

Модель формирования портфеля проектов коммерческого банка на основе теории игр

З. А. Усманова¹, А.А. Ханова¹ ✉

¹ ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», ул. Татищева, 16, г. Астрахань, 414056, Российская Федерация

✉ e-mail: akhanova@mail.ru

Резюме

Цель исследования: формирование портфеля проектов коммерческого банка на основе теории игр. Существующие на сегодняшний день алгоритмы и модели формирования портфеля проектов коммерческого банка налагают определенные ограничения на начальные условия, и не принимают во внимание дифференциацию критериев отбора в зависимости от конкретных типов банковских проектов, поэтому необходимо разработать модель, учитывающую специфику банковского бизнеса и позволяющую находить требуемые решения.

Методы. Метод построения модели на основе теории игр позволяет определить структуру и системные взаимосвязи между составляющими портфеля проектов и их характеристики. Представлено формализованное описание модели портфеля проектов коммерческого банка в форме кооперативной игры с трансферабельной полезностью. Дано подробное описание поиска оптимального распределения в кооперативной игре. Сформулированы аксиомы Л.С. Шепли, отражающие справедливость дележей исходя из вклада каждого игрока в выигрыш коалиции, относительно модели портфеля проектов.

Результаты. Выявлены особенности построения модели портфеля проектов, включающие в себя многокритериальность и взаимосвязи между отдельными банковскими проектами, синергетический эффект их совместного осуществления. В общем виде задача формирования портфеля проектов коммерческого банка заключается в максимизации предполагаемого суммарного эффекта от реализации портфеля проектов. Совокупность всех проектов портфеля должна доставлять ему наибольшую эффективность. Приведено описание реализации предложенной модели формирования портфеля проектов коммерческого банка на примере реальных банковских проектов. В результате вычислений получено оптимальное решение кооперативной игры, представляющее последовательность, в которой банковские проекты будут включены в портфель.

Заключение. Разработанная и реализованная в статье модель формирования портфеля проектов коммерческого банка с применением теории игр позволяет учесть взаимосвязи между банковскими проектами, синергетический эффект их совместной реализации и найти оптимальное решение в условиях риска и неопределенности.

Ключевые слова: портфель проектов; коммерческие банки; теория игр; модель; синергетический эффект; кооперативные игры.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Усманова З. А., Ханова А.А. Модель формирования портфеля проектов коммерческого банка на основе теории игр // Известия Юго-Западного государственного университета. 2019; 23(3): 148-159. <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2019-23-3-148-159>.

Статья поступила в редакцию 15.04.2019

Статья подписана в печать 30.05.2019

<https://doi.org/10.21869/2223-1560-2019-23-3-148-159>

A Model of Commercial Bank Projects Portfolio Building Based on the Game Theory

Zlata A. Usmanova¹, Anna A. Khanova¹ ✉

¹ Astrakhan State Technical University, 16, Tatishchev St., Astrakhan, 414056, Russian Federation,

✉ e-mail: akhanova@mail.ru

Abstract

Purpose of research is to study building a commercial bank project portfolio based on the game theory. The existing algorithms and models for the formation of a commercial bank project portfolio impose certain restrictions on the initial conditions, and do not take into account the differentiation of selection criteria depending on specific types of bank projects, therefore it is necessary to develop a model that takes into account the specifics of the banking business and makes it possible to find the required solutions.

Methods. A method for building a model based on the game theory allows us to determine the structure and system relationships between the components of the project portfolio and their characteristics. The article presents a formalized description of the commercial bank project portfolio model in the form of a cooperative game with a transferable utility. A detailed description of the search for the optimal distribution in the cooperative game is given. The Shapley axioms are laid down reflecting the fairness of the sharing based on the contribution of each player to the winning coalition regarding the project portfolio model.

Results. The specific features of building a model of a projects portfolio, including multicriteriality and the relationship between individual bank projects and the synergetic effect of their joint implementation are revealed. In general, the task of building a project portfolio of a commercial bank is to maximize the expected total effect of the project portfolio implementation. The total of all portfolio projects should provide the greatest efficiency. The article describes the implementation of the proposed model of commercial bank project portfolio building through the example of real bank projects. As a result of calculations, the optimal solution of the cooperative game which is a sequence according to which bank projects will be included in a portfolio was obtained.

Conclusion. Thus, the developed and implemented in the article model of formation of a commercial bank project portfolio using the game theory allows taking into account the relationship between bank projects, the synergetic effect of their joint implementation and finding the optimal solution in terms of risk and uncertainty.

Keywords: project portfolio; commercial banks; game theory; model; synergistic effect; cooperative games.

Conflict of interest: The Authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation: Usmanova Z. A., Khanova A.A. A Model of Commercial Bank Projects Portfolio Building Based on the Game Theory. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta* = *Proceedings of the Southwest State University*. 2019, 23(3): 148-159 (In Russ.). <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2019-23-3-148-159>.

Received 15.04.2019

Accepted 30.05.2019

Введение

Для достижения конкурентных преимуществ в банковском бизнесе недостаточно успешно выполнять отдельные проекты, необходимо согласованное управление всей совокупностью проектов банков. В связи с этим актуальной является задача формирования портфеля проектов коммерческого банка (ППКБ).

Формированию портфеля проектов посвящены работы как отечественных, так и зарубежных авторов, при этом применяется обширный математический аппарат [1]. Вопросы автоматизации формирования портфеля рассмотрены в работах Аньшина В.М. [2], Матвеева А.А. [3] и др. Формализованные алгоритмы проектного подхода приведены в общем виде в работах Божко Л.М. [4], Буркова Д.Н. и Новикова Д.А. [5], Анфилатова В. С. [6].

Существующие на сегодняшний день алгоритмы и модели формирования портфеля проектов налагают определенные ограничения на начальные условия и не принимают во внимание дифференциацию критериев отбора в зависимости от конкретных типов банковских проектов (БП). В данной работе в основу модели формирования ППКБ было принято решение использовать методы теории игр. Так как теория игр представляет собой теоретические основы математических моделей принятия оптимальных решений, носящих характер конкурентной борьбы, в кото-

рых одна противоборствующая сторона выигрывает за счет другой стороны. Относительно задачи формирования ППКБ, проекты-претенденты на включение в портфель конкурируют друг с другом. Наряду с такой ситуацией в теории игр рассматриваются также ситуации риска и неопределенности, которые имеют различные модели и требуют разных критериев выбора оптимальных решений. **Цель работы** – формализация процесса формирования ППКБ за счет разработки модели на основе теории игр, учитывающей специфику банковского бизнеса и позволяющей находить требуемые решения.

Материалы и методы решения задачи

Применение методов теории игр [7] позволит учесть многокритериальность и взаимосвязи между отдельными БП, синергетического эффекта их совместного осуществления [5].

Под эффектом синергизма ППКБ понимается ситуация, когда получаемая полезность от реализации ППКБ превышает полезность от реализации проектов портфеля по отдельности, обратное явление именуется диссинергией. При определении взаимного влияния БП в ППКБ будем использовать z_{cik} - знак синергетического эффекта (СЭ) (положительный, нейтральный, отрицательный).

Положительный СЭ $z_{cik} = +1$ сводится к экономии от совместного использования ресурсов или к созданию

одним из БП ресурсов для функционирования другого БП.

Отрицательный СЭ $z_{cik} = -1$ объясняется конкуренцией за ресурсы или сокращением ресурсов, необходимых для функционирования одного БП, в результате реализации другого БП.

Нейтральный СЭ $z_{cik} = 0$ означает отсутствие взаимовлияния между банковскими проектами.

В теории игр существует раздел, посвященный изучению формирования коалиций между игроками и определения выигрыша – кооперативные игры [8]. В рассматриваемой ситуации БП образуют коалиции (подмножества всех БП), направленные на увеличение выигрыша.

В общем виде задача формирования ППКБ заключается в максимизации предполагаемого суммарного эффекта от реализации ППКБ [9]. Совокупность всех проектов портфеля должна доставлять ему наибольшую эффективность – это условие является ключевым в управлении портфелями проектов [10]. В состав портфеля могут быть включены и малоэффективные проекты, но совокупность всех проектов должна быть наиболее эффективна [11].

Опишем модель формирования ППКБ в форме кооперативной игры с трансферабельной полезностью. Под кооперативными играми с трансферабельной полезностью (с побочными платежами) понимаются игры, в которых полезность измеряется в универсальных, общепринятых для всех

участников игры единицах и может передаваться от игрока к игроку без потерь и трансформаций [7]. В качестве платежа БП будет использован агрегированный показатель.

Каждая кооперативная игра задается парой (Pr, v) , где $Pr = \{Pr_1, Pr_2, \dots, Pr_n\}$ – множество игроков (множество всех БП, прошедших первоначальный отбор), v – характеристическая функция $2^{Pr} \rightarrow R$, где 2^{Pr} – множество всех коалиций в Pr . Игра по формированию ППКБ проводится среди фиксированного числа БП [12]. Характеристическая функция v описывает величину выгоды, которую подмножество БП может достичь путем объединения в коалицию.

Коалицией $S_{pr} \in Pr$ в данной игре по формированию ППКБ будем считать любое непустое подмножество БП. Большой коалицией в кооперативных играх с трансферабельной полезностью называется множество всех игроков. Пустая коалиция $v(\emptyset) = 0$ не получает выигрыша.

Кооперативная игра по формированию ППКБ является супераддитивной, т.е для всех коалиций банковских проектов S_{pr1}, S_{pr2} выполняется условие $v(S_{pr1}) + v(S_{pr2}) \geq v(S_{pr1} \cup S_{pr2})$. Данное свойство означает, что при добавлении любого БП к любой коалиции S_{pr} , полезность коалиции S_{pr} не уменьшится. Игра по формированию ППКБ проводится среди фиксированного числа БП.

Ключевым понятием в теории кооперативных игр с трансферабельной

полезностью является дележ. Дележом в кооперативной игре (Pr, v) в условиях характеристической функции v называется вектор $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, удовлетворяющий условиям индивидуальной и коллективной рациональности.

Условие индивидуальной рациональности предполагает, что при дележе каждый игрок из $Pr = \{Pr_1, Pr_2, \dots, Pr_n\}$ должен получить не меньше, чем, если бы он не входил ни в одну из коалиций S_{pr} :

$$\begin{aligned} x(Pr) &= v(Pr), \\ x_i &\geq v(\{i\}), \end{aligned} \quad (1)$$

где x_i – выигрыш, который вектор дележа $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ обязывает передать БП i .

Коллективная рациональность означает, что сумма выигрышей БП должна соответствовать возможностям, т.е. если сумма выигрышей всех игроков меньше, чем $v(x)$, то игрокам незачем вступать в коалицию. Обозначим выигрыш коалиции как $x(S_{pr})$:

$$x(S_{pr}) = \sum_{i \in S} x_i. \quad (2)$$

Если же потребовать, чтобы сумма выигрышей была больше, чем $v(x)$, то это значит, что игроки должны делить между собой сумму большую, чем у них есть.

Таким образом, модель формирования ППКБ описана в форме кооперативной игры (Pr, v) . В общем виде решением кооперативной игры является некоторое правило, которое определяет распределение, обладающее какими-то достоинствами, например удовлетво-

ряющими изначально заданной системе аксиом.

Существует несколько подходов к поиску оптимального распределения в кооперативной игре, наиболее распространенным на практике считается подход, предложенный американским экономистом и математиком Л.С. Шепли [13]. Подход строится на основании аксиом, отражающих справедливость дележей исходя из вклада каждого игрока в выигрыш коалиции [14].

Для решения кооперативной игры (Pr, v) по формированию ППКБ методом Л.С. Шепли сформулируем следующие аксиомы:

1. Фиксированность. Проведение игры (Pr, v) среди фиксированного числа банковских проектов, прошедших первоначальный отбор.

2. Симметричность. Решение не зависит от переупорядочений игроков (БП), при которых остаются неизменными значения характеристической функции игры (Pr, v) . То есть игроки, одинаково входящие в игру, должны получать одинаковые выигрыши.

3. Эффективность. При распределении общего выигрыша не выделяется и не взимается ничего БП, не вносящему вклада ни в какую коалицию. Для БП i для любой коалиции S_{pr} , содержащей i , выполняется:

$$v(S_{pr}) - v(S_{pr} \setminus \{i\}) = 0, \quad (3)$$

где $v(S_{pr}) - v(S_{pr} \setminus \{i\})$ – вклад игрока i , приращение выигрыша коалиции при

его участия по сравнению с выигрышем коалиции без этого игрока.

4. Агрегация. При участии игроков в двух играх их выигрыш в отдельных играх должен складываться.

Доказано (теорема Шепли), что для любой кооперативной игры существует единственное распределение выигрыша, удовлетворяющее вышеперечисленным аксиомам, и это распределение — вектор Шепли [15].

Пронумеруем БП, прошедшие первоначальный отбор, в некотором порядке. Формирование коалиции S_{pr} будет осуществляться путем добавления БП по одному в указанном порядке. При добавлении БП i формируется некоторая коалиция S_{pr} . Присоединяясь к этой коалиции S_{pr} БП i увеличивает достижимый выигрыш на $v(S_{pr}) - v(S_{pr} \setminus \{i\})$. Эта прибавка является вкладом БП в большую коалицию. Вклад i -го БП зависит от порядка формирования большей коалиции.

Если формировать большую коалицию добавляя игроков по одному в случайном порядке, то прибавка, вносимая БП i , будет случайной величиной.

Вектор Шепли — математическое ожидание вклада каждого БП, если большая коалиция формируется случайным образом. Как следствие вектор Шепли всегда единственный:

$$\Phi_i(v) = \sum_{i \in S_{pr}} \frac{(s_{pr}-1)!(n-s_{pr})!}{n!} (v(S_{pr}) - v(S_{pr} \setminus \{i\})), \quad (4)$$

где n — число игроков (БП); s_{pr} — число участников коалиции S_{pr} .

Модель формирования ППКБ с применением теории игр позволяет учесть взаимосвязи между БП, синергетический эффект их совместной реализации и найти оптимальное решение в условиях риска и неопределенности.

Результаты и их обсуждение

Формирование ППБ с применением теории игр состоит из ключевых этапов, представленных на рис. 1. Для реализации модели формирования ППКБ на основе теории игр пронумеруем БП (табл. 1), в некотором порядке k , k — некоторая последовательность чисел $\{1, 2 \dots n\}$. Для проведения игры с трансферабельной полезностью необходимо оценить взаимосвязи между БП и ожидаемый синергетический эффект от их совместной реализации. Для этого воспользуемся методом экспертных оценок. При оценке экспертам необходимо определить ожидаемый синергетический эффект от совместной реализации БП. При оценке использована порядковая шкала как наиболее подходящая для дальнейших вычислений, т.к. в данной шкале допустимы все строго возрастающие преобразования [10].

Также, в результате многочисленных опытов доказано, что человек более правильно отвечает на вопросы качественного, например, сравнительного, характера, чем количественного.

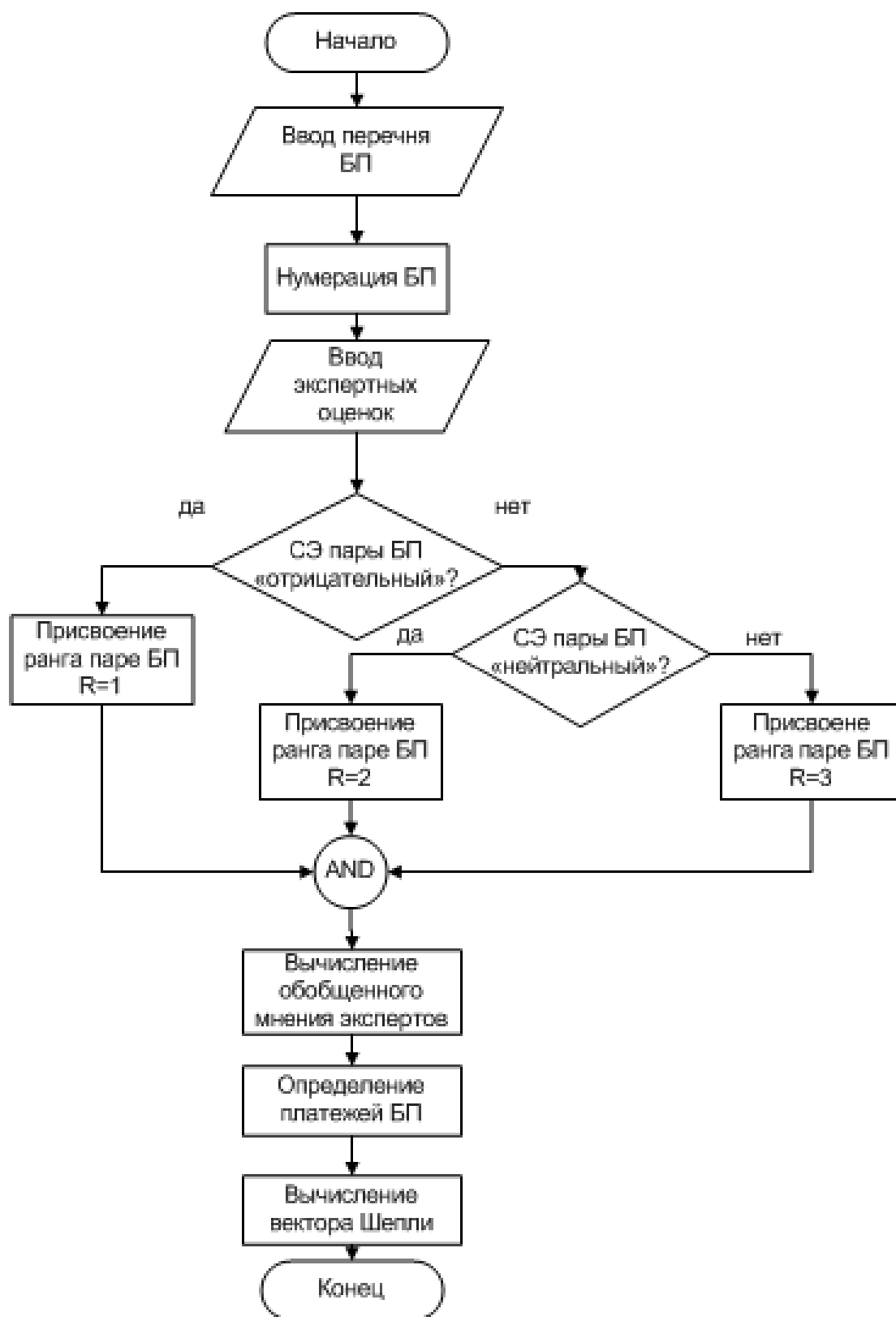


Рис. 1. Алгоритм формирования ППКБ

Fig. 1. Algorithm for CBPP building

Таблица 1

Список БП для формирования ППКБ

Table 1

List of BP for CBPP building

№ БП	Название БП	АП
bp_1	Создание дочернего КБ ориентированного на экспресс-кредитование	1.3097
bp_2	Партнерство с платежными системами	1.36
bp_3	Упрощение банковских процедур получения потребительского кредита	1.0502
bp_4	Система бесплатного обучения риэлторов по ипотечным программам	1.2
bp_5	Партнерство с образовательными организациями	1.35

Экспертам предложено выразить свое мнение относительно пар БП с присвоением им рангов 1 – если пара БП при совместной реализации дает отрицательный СЭ, 2 – если пара БП при совместной реализации дает нейтральный СЭ, 3 – если пара БП при совместной реализации дает положительный СЭ.

Для вычисления обобщенного экспертного мнения используем метод медианных рангов. Суть метода состоит в том, что ответы всех экспертов по каж-

дой из пар БП необходимо расположить в порядке неубывания, и затем найти в получившемся ряду медиану. В результате формируется матрица взаимосвязей БП (табл. 2).

Далее необходимо определить платежи для каждого проекта, в качестве платежа использованы АП, умноженные для удобства вычислений вектора Шепли на 100, и округленные до целых (табл. 3).

Таблица 2

Экспертная матрица взаимосвязей БП

Table 2

Expert BP interrelations matrix

№ БП	bp_1	bp_2	bp_3	bp_4	bp_5
bp_1	-	+1	+1	0	0
bp_2	+1	-	0	0	-1
bp_3	+1	0	-	0	0
bp_4	0	0	0	-	+1
bp_5	0	-1	0	+1	-

Таблица 3

Платежи БП в кооперативной игре

Table 3

BP payments in a cooperative game

БП	Платежи	БП (синергетический эффект)	Платежи
bp_1	131	$bp_1 + bp_2 (bp_2 + bp_1)$	534
bp_2	136	$bp_1 + bp_3 (bp_3 + bp_1)$	472
bp_3	105	$bp_2 + bp_5 (bp_5 + bp_2)$	134
bp_4	120	$bp_4 + bp_5 (bp_5 + bp_4)$	510
bp_5	135		

Для учета синергетического эффекта от совместной реализации будем считать, что связи со значением $z_{cik} = +1$ получают в сумме в 2 раза больше, а связи со значением $z_{cik} = -1$ в 2 раза меньше, по сравнению с нейтральным синергетическим эффектом $z_{cik} = 0$.

Сформируем все возможные коалиции для банковских проектов (претендентов на включение в портфель) и вычислим для каждого вектор Шепли по формуле 4. В результате вычисления вектора Шепли БП будут включены в ППКБ в следующей очередности $\{bp_1, bp_2, bp_5, bp_4, bp_3\}$.

Выводы

Проведен анализ существующих методов формирования ППКБ, выявляе-

ны их недостатки. Формализована задача формирования ППКБ на основе теории игр. Обоснован и применен поиск оптимального решения кооперативной игры с трансферабельной полезностью по формированию ППКБ с помощью аксиом Л.С. Шепли. Приведена реализация предложенной модели на примере реальных банковских проектов. Дальнейшими направлениями развития проведенного исследования могут быть следующие: использование технологий имитационного моделирования для процесса управления ППКБ – с целью исследования различных ситуаций, связанных с включением в состав ПП новых проектов и исключением из него существующих проектов по разным причинам.

Список литературы

1. Безденежных Е.Ю., В.Л. Попов Особенности проектного управления в банковской сфере на примере западно-уральского банка ОАО «Сбербанк России» // Управление проектами и программами. 2015. № 3. С. 206-210.

2. Модели управления портфелем проектов в условиях неопределенности / В.М. Аньшин, И.В. Демкин, И.М. Никонов, И.Н. Царьков. М.: Издательский центр МАТИ, 2014. 117 с.

3. Матвеев А.А., Новиков Д.А., Цветков А.В. Модели и методы управления портфелями проектов. М.: ПМСОФТ, 2005. 206 с.

4. Божко Л.М. Применение проектного подхода в управлении организационными изменениями: ограничения и перспективы // Известия Тульского государственного университета. Экономические и юридические науки. 2014. № 1-1. С. 108-113.

5. Бурков Д.Н., Новиков Д.А. Как управлять проектами: научно-практическое издание. М.: СИНТЕГ-ГЕО, 2010. 188 с.

6. Анфилатов В. С., Емельянов А. А., Кукушкин А. А. Системный анализ в управлении / под ред. А. А. Емельянова. М. : Финансы и статистика, 2002. 368 с: ил.

7. Конюховский П.В., Малова А.С. Теория игр. М.: Юрайт, 2014. 454 с.

8. Полякова О.Ю., Булкин С.М. Формирование конкурентной стратегии коммерческого банка на основе методологии теории игр // Бизнес информ. 2013. № 12. С. 115-119.

9. Егорычева С.Б. Моделирование оптимального портфеля инновационных проектов банка // Экономика и банки. 2016. № 1. С. 26-32.

10. Ханова А.А. Концепция системы интеллектуального управления стратегически-ориентированным предприятием // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. 2011. № 1. С. 187-193.

11. Павлов А. Н. Управление проектами на основе стандарта PMI PMBOK . Изложение методологии и опыт применения. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. 271 с.

12. Черкасова М.С. Теория игр: основные понятия, типы игр, примеры // Молодой ученый. 2018. № 13 . С. 9-22.

13. Акимов В.П., Kerby W. Значения для кооперативных игр. Обобщение теоремы единственности Шепли // Искусственный интеллект и принятие решений. 2010. № 4. С. 77-80.

14. Гусев В.В., Мазалов В.В. Устойчивые по Оуэну коалиционные разбиения в играх с векторными платежами // Математическая Теория Игр и ее Приложения. 2018. № 3. С. 3-23.

15. Maschler M. Game Theory/M. Maschler, E. Solan, S. Zamir. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. 979 p.

Reference

1. Bezdenzhnykh Ye.Yu., Popov V.L. Osobennosti proektnogo upravleniya v bankovskoy sfere na primere zapadno-uralskogo banka OAO «Sberbank Rossii» [Features of project management in the bank sphere on an example of the West Ural bank]. *Upravlenie*

proektami i programmami [Project management and programs], 2015, no. 3, pp. 206-210 (In Russ.).

2. Anshin V.M., Demkin I.V., Nikonov I.M., Tsarkov I.N. Modeli upravleniya portfelem proek-tov v usloviyakh neopredelennosti [Models of management of a portfolio of projects in the conditions of indeterminacy]. Moscow, 2014, 117 p. (In Russ.).

3. Matveev A.A., Novikov D.A., Tsvetkov A.V. Modeli i metody upravleniya portfelyami proektov [Models and methods of management of portfolios of projects]. Moscow, 2005, 206 p. (In Russ.).

4. Bozhko L.M. Primenenie proektnogo podkhoda v upravlenii organizatsionnymi izmeneniyami: ogranicheniya i perspektivy [Application of design approach in management of organizational changes: restrictions and prospects]. *Izvestiya Tulskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomicheskie i yuridicheskie nauki = News of the Tula state university. Economic and jurisprudence*, 2014, no. 1-1, pp. 108-113 (In Russ.).

5. Burkov D.N., Novikov D.A. Kak upravlyat proektami. Nauchno-prakticheskoe izdanie [How to operate projects: Scientific and practical edition]. Moscow, 2010. 188 p. (In Russ.).

6. Anfilatov V. S., Yemelyanov A. A., Kukushkin A. A. Sistemnyy analiz v upravlenii [Systems analysis in management]/ Moscow, Finance and statistics Publ., 2002, 368 p. (In Russ.).

7. Konyukhovskiy P.V. Teoriya igr [Game theory]. Moscow, Yurayt Publ., 2014, 454 p. (In Russ.).

8. Polyakova O.Yu., Bulkin S.M. Formirovanie konkurentnoj strategii kommercheskogo banka na osnove metodologii teorii igr [Forming of competitive strategy of commercial bank on the basis of games theory methodology]. *Biznes-inform = Business an inform*, 2014, no. 12, pp. 115-119 (In Russ.).

9. Egorycheva S.B. Modelirovanie optimal'nogo portfelja innovacionnyh proektov banka [Modeling of an optimal portfolio of the innovation projects of bank]. *Ekonomika i banki = Economy and banks*, 2016, no. 1, pp. 26-32 (In Russ.).

10. Khanova A.A. Kontseptsiya sistemy intellektualnogo upravleniya strategicheskio-orientirovannym predpriyatiem [The concept of system of intellectual management of the strategic focused enterprise]. *Ekonomika, statistika i informatika. Vestnik UMO = Economy, statistics and information science. UMO bulletin*, 2011, no. 1, pp. 187-193 (In Russ.).

11. Pavlov A. N. Upravlenie proektami na osnove standarta PMI PMBOK . Izlozhenie metodologii i opyt primeneniya [Project management on the basis of the PMI PMBOK standard. Statement of methodology and experience of application]. Moscow, 2014, 271 p. (In Russ.).

12. Cherkasova M.S. Teorija igr: osnovnye ponjatija, tipy igr, primery [Games theory: basic concepts, types of games, examples]. *Molodoj uchenyj* = *Young scientist*, 2018, no. 13, pp. 9-22 (In Russ.).

13. Akimov V.P., Kerby W. Znachenija dlja kooperativnyh igr. obobshhenie teoremy edinstvennosti Shepli [Values for cooperative games. synthesis of the theorem of uniqueness of Shapley]. *Iskusstvennyj intellekt i prinjatie reshenij* = *Artificial intelligence and decision-making*, 2010, no. 4, pp. 77-80 (In Russ.).

14. Gusev V.V. Ustojchivye po Oujenu koalicionnye razbienija v igrach s vektornymi platezhami [Coalition splittings, steady on Owen, in games with vector payments]. *Matematicheskaja Teorija Igr i ee Prilozhenija* = *Mathematical Games theory and its Applications*, 2018, no. 3, pp. 3-23 (In Russ.).

15. Maschler M. Game Theory. Cambridge: Cambridge University Press, 2013, 979 p.

Информация об авторах / Information about the Authors

Злата Артуровна Усманова, аспирант,
ФБГОУ ВО «Астраханский государственный
технический университет», г. Астрахань,
Российская Федерация,
e-mail: zлата.usmanova@yandex.ru

Zlata A. Usmanova, Post-Graduate Student,
Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russian Federation,
e-mail: zлата.usmanova@yandex.ru

Анна Алексеевна Ханова, доктор технических
наук, профессор, ФГБОУ ВО «Астраханский
государственный технический университет»,
г. Астрахань, Российская Федерация,
e-mail: akhanova@mail.ru

Anna A. Khanova, Doctor of Engineering
Sciences, Professor, Astrakhan State Technical
University, Astrakhan, Russian Federation,
e-mail: akhanova@mail.ru