JEL: C70, C71, R19
УДК 330.4+332.1

<https://dx.doi.org/10.14530/se.2021.1.144-162>

Исследование экономических взаимодействий в пространстве: возможности коалиционного анализа

Н.Г. Джурка

Джурка Наталья Геннадьевна
кандидат экономических наук
старший научный сотрудник

¹ Институт экономических исследований ДВО РАН, ул. Тихоокеанская, 153, Хабаровск, 680042, Российская Федерация
старший научный сотрудник

² Институт экономики РАН, Нахимовский пр-т, 32, Москва, 117218, Российская Федерация
E-mail: zakharchenko@ecrin.ru
ORCID: 0000-0001-9242-5636

Аннотация. Статья представляет возможности метода коалиционного анализа в области исследования пространственной организации экономической деятельности. Обсуждаются особенности кооперативных игр, формализующих «фундаментальный конфликт» между силами, направленными на концентрацию экономической деятельности, с одной стороны, и на ее рассредоточение, с другой. Предлагается классификация таких игр, критериями в которой являются: способ задания множества игроков; тип решения «фундаментального конфликта». Игроками могут быть элементы экономического пространства с простой или сложной структурой. В первом случае речь идет о конкретных экономических агентах с продиктованными рациональным выбором целевыми функциями, во втором – об агрегатах (регионах, экономических зонах, странах), для которых, если и можно выделить целевые функции, то в качестве таковых необходимо использовать функции, формируемые под влиянием множества решений, принимаемых различными экономическими агентами. «Фундаментальный конфликт» решается либо на основе выбора локализации игроков (пространственная проекция экономических взаимодействий), либо на основе оценки коалиционной продуктивности игроков (делокализация экономических взаимодействий). В рамках представленной классификации рассматриваются модели распределительных сетей, межрегиональных взаимодействий, размещения центров обслуживания, пространственного роста, производственного планирования для пространственно сконцентрированных фирм. Показано, что кооперативные игры, хоть и используются в исследованиях разного уровня общности, прежде всего полезны при изучении феноменов делокализации экономической деятельности. Так, в контексте теории размещения это скорее инструмент, дополняющий оптимизационные расчеты оценками устойчивости решений к коалиционным и миграционным угрозам, а в контексте концепции межрегиональных взаимодействий это инструмент, имеющий самостоятельное значение для оценки системных эффектов и их распре-

деления между различными элементами экономического пространства. Кроме того, выдвигается предположение о том, что будущее кооперативных игр как инструмента исследований пространственной организации экономической деятельности связано с поиском интеграционных постановок, взаимоувязывающих результаты анализа элементов экономического пространства с простой и сложной структурой.

Ключевые слова: кооперативная игра, экономическое пространство, системный эффект, классификация, модель распределительной сети, модель межрегиональных взаимодействий, задача многомерного размещения, кластерная игра, модель пространственного экономического роста

Для цитирования: Джурка Н.Г. Исследование экономических взаимодействий в пространстве: возможности коалиционного анализа // Пространственная экономика. 2021. Т. 17. № 1. С. 144–162. <https://dx.doi.org/10.14530/se.2021.1.144-162>

Research on Spatial Economic Interactions: A Cooperative Game Theory Approach

N.G. Dzhurka

Natalya Gennadievna Dzhurka
Candidate of Sciences (Economics)
Senior Research Fellow

¹ Economic Research Institute FEB RAS, 153 Tikhookeanskaya St., Khabarovsk, 680042, Russian Federation

Senior Research Fellow

² Institute of Economics RAS, 32 Nakhimovsky Prospect, Moscow, 117218, Russian Federation

E-mail: zakharchenko@ecrin.ru

ORCID: 0000-0001-9242-5636

Abstract. The article is dedicated to describing the capabilities of the cooperative game theory for studying spatial distribution of economic activity. The paper discusses the features of cooperative games the spatial connotation of which drives from the fact that they formalize the conflict between the forces aimed at concentration of economic activity, and the forces aimed at its dispersion (hereinafter ‘the fundamental conflict’). The author proposes a classification of spatial cooperative games based on: 1) the method of specifying the set of players, 2) the type of solution to the fundamental conflict. The players in the models under consideration are the elements of the economic space with either a simple or a complex structure. The elements with a simple structure are economic agents with their objective functions deriving from their rational choices. The elements with a complex structure are aggregates, such as regions, economic areas, or countries. If we consider it possible to describe objective functions for such players, we should use the functions incorporating a great range of decisions made by different economic agents. The article pays special attention to justification of the usage of spatial cooperative games to model interactions between the elements of the economic space with a complex structure. In spatial cooperative games, the fundamental conflict is solved either by creating a spatial projection of economic interactions, and picking the player’s locations or by studying the delocalization of economic interactions and evaluating the coalition productivity of players. The author distinguishes four types of spatial cooperative games and for each class gives an example of a specific application of the game model. Within the given

classification, the author studies game models of distribution networks, interregional interactions, service facilities location, spatial growth, and production planning for spatially concentrated firms. The conclusion is that even though spatial cooperative games are used for research on various levels of generalization, they are, first of all, useful as a means of researching the phenomena of economic activity delocalization. Thus, as far as the location theory is concerned, the games act rather as a tool that complements the optimization calculations with evaluations of stability of the obtained solutions to coalitional and migration threats. From the standpoint of the concept of interregional interactions it acts as an independent tool significant for assessing system effects and their distribution between different elements of the economic space. Furthermore, the author suggests that the future of cooperative games as a tool for research on spatial distribution of economic activity is associated with the search for statements that connect the results of analysis of economic space elements with a simple and complex structure.

Keywords: cooperative game, economic space, system effect, classification, distribution network model, interregional interactions model, facility location problem, cluster game, spatial economic growth model

For citation: Dzhurka N.G. Research on Spatial Economic Interactions: A Cooperative Game Theory Approach. *Prostranstvennaya Ekonomika = Spatial Economics*, 2021, vol. 17, no. 1, pp. 144–162. <https://dx.doi.org/10.14530/se.2021.1.144-162> (In Russian)

В рамках теории кооперативных игр (коалиционного анализа) созданы уникальные по своей содержательности модели для исследования эффектов взаимодействия экономических агентов (в дальнейшем – также экономических взаимодействий). Общими для этих моделей являются вопросы:

1. Какие коалиции могут быть сформированы экономическими агентами?
2. При каких условиях сформированные коалиции не распадутся?

С помощью кооперативных игр оцениваются общий выигрыш коалиции и его распределение между всеми участниками коалиции (так называемый дележ), на основании чего устанавливается системный эффект взаимодействия экономических агентов. Проблемам математической формализации теоретико-игровых постановок конфликтных ситуаций посвящена обширная литература. Стоит лишь отметить, что предложено несколько концепций решения кооперативной игры, которые можно разделить на концепции, определяющие многокомпонентное решение (подмножество дележей), – Subset Solution Concepts (С-ядро, К-ядро, Н-М-решение, минимальное ядро и др.) и концепции, определяющие однокомпонентное решение (единственный дележ), – One-Point (Unique) Solution Concepts (вектор Шепли, нуклеолус или N-ядро и др.) (Мулен, 1991; Curiel, 1997, pp. 1–17; Branzei et al., 2005; Peleg, Sudholter, 2007).

Сравнительно недавно стали появляться обзорные работы, в которых обобщаются кооперативные игры, построенные для конкретной предметной области. Например, в серии статей (Parrachino et al., 2006a; Parrachino et al., 2006b; Zara et al., 2006) представлены разработки, предназначенные для ана-

лиза экстерналий, возникающих при пользовании природными ресурсами. Пространственная организация экономической деятельности, насколько нам известно, в круг предметных областей, затронутых подобными обзорами, не входит, хотя задача оценки системных эффектов для нее является одной из ключевых (см., напр.: Гранберг, Суспицын, 1988; Минакир, Джурка, 2018).

Предполагая полезность инструментария теории кооперативных игр для исследования системных эффектов, генерируемых экономическими взаимодействиями в пространстве, сложно определить, какими принципами следует руководствоваться в рамках такого исследования. Данная работа ориентирована на определение этих принципов путем обобщения и классификации работ, в которых использовались постановки пространственных кооперативных моделей. В работе выделено три части: в первой поясняется, какие кооперативные модели мы считаем пространственными и почему; во второй описывается классификационная схема анализа пространственных кооперативных игр; в третьей приводятся примеры различных классов пространственных кооперативных игр.

1. ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ КООПЕРАТИВНЫЕ ИГРЫ: ФОРМИРОВАНИЕ ВЫБОРКИ

В первую очередь необходимы пояснения в отношении того, что мы понимаем под пространственной кооперативной игрой.

Выбор терминологии, как известно, вопрос не истинности, а целесообразности. Используя словосочетание «пространственная кооперативная игра», мы тем самым хотим лишь подчеркнуть, что речь идет об инструментарии исследований пространственной организации экономической деятельности. Поскольку некоторые из включенных в выборку моделей имеют уже признанное научным сообществом название и мы в данном случае не создаем новой модели, а пытаемся разобраться в уже имеющихся, было принято решение о сохранении теоретико-игровой терминологии (кооперативная игра) с уточнением рассматриваемой предметной области. В отобранных моделях рассматривается экономическое пространство, оно абстрактно и нетождественно физическому пространству (Perroux, 1950, pp. 91–96; Минакир, Демьяненко, 2014, с. 41–46).

Общим для всех исследований пространственной организации экономической деятельности является «фундаментальный конфликт» между силами, направленными, с одной стороны, на концентрацию экономической деятельности, с другой – на ее рассредоточение. Соответственно, рассматриваемые в данной работе кооперативные игры призваны так или иначе описать обозначенный «фундаментальный конфликт».

Сказанное наглядно демонстрирует контрпример. Модели, представленные в упомянутых выше статьях (Parrachino et al., 2006a; Parrachino et al., 2006b; Zara et al., 2006), в выборку не включены по причине того, что они, безусловно, имея отношение к пространству (все-таки речь идет о природных ресурсах), ориентированы на описание другой конфликтной ситуации – согласование интересов при определении Парето-оптимального уровня интернализации экстерналий. Решение этой конфликтной ситуации не приводит к деформации пространства.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КООПЕРАТИВНЫХ ИГР

В общем случае кооперативной игрой n лиц (в форме характеристической функции) называется отображение v , ставящее в соответствие каждому подмножеству $Q \subset R = \{1, \dots, n\}$ множество векторов $v(Q)$. Элементы множества R называются игроками, подмножество $Q \subset R$ – коалицией игроков, v – характеристической функцией игры. Характеристическая функция $v(Q)$ – это формальное представление возможностей коалиции Q . Соответственно, определение кооперативной игры заключается в задании множества игроков R и функции v .

Эффект взаимодействия отдельного игрока i с остальными игроками – это предельный вклад этого игрока в генерирование выигрыша (расходов) коалиции: $v(Q) - v(Q \setminus \{i\})$. Системный эффект представляет собой приращение функции v при объединении усилий всех игроков: $v(Q) - \sum_{i \in Q} v(i)$.

Если обратиться к опыту создания пространственных кооперативных игр, то прежде всего будет заметна следующая их особенность. В этих моделях игроки не всегда идентифицируются как конкретные экономические агенты с продиктованными рациональным поведением целевыми функциями. В качестве элементов множества R формально могут приниматься «агрегаты» – регионы, экономические зоны, страны. Такая особенность пространственных кооперативных игр нередко принимается за их эмпирическую несостоятельность.

С одной стороны, такое положение вещей, действительно, выглядит по меньшей мере странным и противоречащим самой сути теоретико-игрового подхода к анализу экономических взаимодействий. Сложно представить, что в теоретико-игровой модели используются некие целевые функции, которые возникают из переплетения множества решений, принимаемых различными экономическими агентами. С другой стороны, при ближайшем рассмотрении пространственных кооперативных игр становится понятным, что критика части из них за излишнюю абстрактность не учитывает одного

важного нюанса. Зачастую, обсуждая теоретико-игровую модель, исследователи (главным образом экономисты) пользуются категориями, свойственными разделу теории игр про стратегическое поведение (пожалуй, основному разделу). Вместе с тем кооперативная игра – это модель, в которой основной задачей игроков является не выбор той или иной стратегии, а раздел общего выигрыша (или расходов). Иными словами, в кооперативной игре за скобками остается стратегическое поведение игроков, обуславливающее формирование коалиций. А поскольку речь не про стратегии, требования к определению игроков также не должны заимствоваться из раздела про стратегическое поведение.

Таким образом, первый критерий классификации пространственных кооперативных моделей может быть сформулирован как «способ задания множества игроков». Этот критерий имеет два значения: 1) «гомогенное» пространство, 2) «гетерогенное» пространство (слова «гомогенное» и «гетерогенное» взяты в кавычки, поскольку характеризуют не свойства самого пространства, а способ его формализации; пространство может быть «гомогенным», но при этом иметь, например, центр-периферийную структуру). В первом случае игроки определяются по образу ячеек в некоторой регулярной решетке; во втором случае никаких дополнительных образов не требуется, берутся конкретные экономические агенты с их интересами (целевыми функциями).

Разница между двумя способами задания множества игроков находит отражение и в структуре оптимизационной задачи, которую решают игроки, выбирая, включаться им в коалицию или нет. При использовании первого способа, то есть при введении однотипных игроков, появляются возможность и необходимость в структуре такой задачи помимо собственно целевой функции устанавливать условия баланса.

Дополнительно подчеркнем – мы исходим из того, что и в «гомогенном», и в «гетерогенном» пространстве взаимодействуют все-таки экономические агенты. Игроки – это элементы экономического пространства, которые могут иметь как простую, так и сложную структуру. Отличительной особенностью элемента экономического пространства со сложной структурой является то, что он может быть описан как со стороны спроса, так и со стороны предложения. Целевые функции элементов экономического пространства со сложной структурой – это, безусловно, абстракция (и абстракция в большей степени, нежели целевые функции конкретных экономических агентов), но не обнаруживающая противоречий с самой сутью кооперативной игры как модели «фундаментального конфликта».

Что еще обращает на себя внимание в рамках анализа пространственных кооперативных игр, так это цель их создания. Как уже говорилось выше,

любая кооперативная игра нацелена на получение дележа, устойчивого к миграционным и коалиционным угрозам. Но есть и другой уровень понимания модели, на котором за формальным дележом стоит содержательный вопрос. Этот вопрос имеет отношение к интерпретации решения «фундаментального конфликта».

Решение «фундаментального конфликта» может быть получено и проинтерпретировано как в непосредственной, так и в опосредованной связи с физическим пространством. Кооперативная игра позволяет напрямую осуществлять поиск локализации экономических агентов (например, мест открытия новых мощностей и способов прикрепления к ним потребителей). В этом случае, очевидно, имеется конкретная пространственная проекция экономических взаимодействий. Существует и другой вариант, когда локализация экономических агентов в модели считается заданной, но она используется лишь как база, по отношению к которой исследуются реальные экономические взаимодействия (эти исследования могут быть как *ex-post*, так и *ex-ante*). Построение пространственных проекций при известных локализациях замещается анализом коалиционной продуктивности игроков – элементов экономического пространства.

Соответственно, вторым критерием классификации пространственных кооперативных игр является «тип решения «фундаментального конфликта». У этого критерия, так же как у первого, два значения: 1) пространственная проекция экономических взаимодействий / локализация игроков, 2) делекализация экономических взаимодействий / коалиционная продуктивность игроков.

Практика исследований пространственной организации экономической деятельности такова, что решения «фундаментального конфликта» первого типа редко рассматриваются с привлечением инструментария теории кооперативных игр. Как правило, используются методы оптимизации либо просто обобщения эмпирического материала. Справедливости ради надо отметить, что пространственные кооперативные игры призваны в данном случае не конкурировать с традиционными методами, а дополнить их анализом устойчивости распределений коалиционного выигрыша (коалиционных расходов).

Альтернативу же пространственным кооперативным играм в рамках поиска решения «фундаментального конфликта» второго типа определить весьма сложно. Получаемые на базе таких игр оценки системных эффектов и их распределения между игроками имеют здесь самостоятельное значение.

На базе двух критериев мы выделяем четыре класса пространственных кооперативных игр (*рис.*).

Рис. Классификация пространственных кооперативных игр

Fig. Classification of spatial cooperative games

Безусловно, представленная классификация не является завершенной. Но, на наш взгляд, два выделенных критерия определяют концептуальное ядро вопросов, связанных с построением и анализом пространственных кооперативных игр, и уже поэтому являются важнейшими по отношению к тем критериям, которые могут в перспективе расширить представленную классификацию.

3. ПРИМЕРЫ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КООПЕРАТИВНЫХ ИГР

В данной работе анализируются модели разной степени проработки. Часть из них является результатом работы ученых в рамках сложившихся научных направлений, тогда как другая часть представляет собой лишь формализацию проблемы без эмпирической верификации.

Предварительно отметим, что в пространственных кооперативных играх I и II классов рассматривается случай дискретного конечного числа игроков, в то время как в пространственных кооперативных играх III и IV классов распределение игроков может быть любым – от дискретного до абсолютно непрерывного.

1. «Гомогенное» пространство, решение «фундаментального конфликта» – пространственная проекция экономических взаимодействий / локализация игроков.

Пространственные кооперативные игры I класса главным образом используются для анализа экономических взаимодействий, возникающих при создании, обслуживании и эксплуатации распределительных сетей, таких как газо- и нефтепроводы, ирригационные системы, железнодорожные пути. Как правило, функционирование распределительной сети связано с кооперацией множества партнеров, каждый из которых контролирует лишь часть сети.

В качестве примеров исследований, инструментарием которых являются пространственные кооперативные игры I класса, можно привести работы Ф. Хуберта, С. Иконниковой, Р. Росона, О. Кобанли (Hubert, Ikonnikova, 2011; Roson, Hubert, 2015; Hubert, Cobanli, 2015). Эти авторы, пытаясь описать структуру потоков в рамках распределительной сети, представляют ее в виде ориентированного графа, где с каждой вершиной ассоциирован отдельный игрок, а наличие ребра между вершинами показывает желание и возможность кооперироваться у соответствующих игроков. Игроками выступают страны, чьи экономические интересы затронуты распределительной сетью. Игроки характеризуются со стороны предложения производственной мощностью (в случае наличия соответствующего производства) и пропускной способностью (при выполнении транзитных функций), а также со стороны спроса – функцией спроса. Связи между игроками устанавливаются с учетом затрат – производственных и транспортных, на основе которых, в свою очередь, формируется цена единицы потока. Под коалицией игроков в данном случае понимается группа стран, контролирующая связанные участки распределительной сети. Выигрыш коалиции представляет собой чистое благосостояние, определяемое с помощью следующей оптимизационной задачи (Roson, Hubert, 2015)¹:

$$\begin{cases} \sum_{d \in D} \int_0^{f_{id}} P_d(f) df - \sum_{(i,j) \in Q} C_{ij}(f_{ij}) \rightarrow \max, \\ \sum_{s \in S} f_{sj} + \sum_{i \in M} f_{ij} - \sum_{i \in M} f_{ji} - \sum_{d \in D} f_{jd} = 0, \forall j \in M, \end{cases}$$

где i, j, s, d – индексы стран; D – множество стран-потребителей; S – множество стран-производителей; M – множество стран – транзитных посредников; f_{ij} – физический поток между странами i и j ; $P_d(f)$ – функция спроса страны d ; $C_{ij}(f_{ij})$ – функция затрат, связывающая страны i и j .

¹ Здесь и в дальнейшем во избежание отождествления одного обозначения с двумя переменными в рамках статьи обозначения цитируемых работ изменены.

Построение различных коалиций основано на сравнении базовой конфигурации распределительной сети, за которую принимается, как правило, существующая инфраструктура, с альтернативными конфигурациями, предполагающими либо увеличение существующих мощностей, либо строительство дополнительных участков сети. Перебор всех возможных коалиций и оценка их чистого благосостояния позволяют определить системные эффекты, генерируемые в результате расширения распределительной сети. Впрочем, окончательный выбор конфигурации сети, то есть пространственной проекции экономических взаимодействий, зависит не столько от определения коалиции с максимальными системными эффектами, сколько от установления распределения этих системных эффектов, обеспечивающего устойчивость формируемого объединения¹. Соответственно, результатом решения пространственной кооперативной игры I класса являются локализации новых производственных мощностей и способы прикрепления к ним потребителей, оцененные не с позиций оптимума, а с позиций теоретико-игровых аспектов экономических взаимодействий.

II. «Гомогенное» пространство, решение «фундаментального конфликта» – делокализация экономических взаимодействий / коалиционная продуктивность игроков.

Пространственные кооперативные игры II класса являются инструментом исследований эффектов межрегиональных взаимодействий. Необходимо отметить, что такие приложения теоретико-игровых концепций – это разработки российских ученых. Важнейшие результаты в рамках исследований эффектов межрегиональных взаимодействий получены А.Г. Гранбергом, В.И. Сусловым, С.А. Суспицыным и продолжают развиваться в работах сотрудников ИЭОПП СО РАН (Гранберг, Суспицын, 1988; Суслов, 1991; Гранберг, 2007; Гранберг и др., 2007; Ершов и др., 2016).

В моделях межрегиональных взаимодействий игроками являются административные регионы, система которых, в свою очередь, описывается оптимизационной мультирегиональной межотраслевой моделью (ОМММ). Формирование коалиций регионов осуществляется независимо от размещения регионов, но с учетом их производственной специализации и характеристик спроса в коалициях. Выигрыш для каждой коалиции рассчитывается при фиксированной территориальной структуре потребления в терминах целевых макропоказателей – конечного потребления, валового выпуска и др. Формально для получения выигрыша коалиции формулируется следующая задача линейного программирования (Суслов и др., 2018, с. 1136):

¹ Теоретико-игровая модель в описанной постановке использована, в частности, для оценки распределения системных эффектов, генерируемых в процессе использования газопроводов в Европе, Центральной Азии и на Ближнем Востоке (Cobanlı, 2014; Hubert, Cobanlı, 2015).

$$\begin{cases} z \rightarrow \max, \\ z^i - \mu^i z \geq 0, \forall i \in R, \\ D^i y^i + G^{i+} w^{i+} + G^{i-} w^{i-} \geq b^i + z^i \alpha^i, \forall i \in R, \\ \sum_{i \in R} w^{i+} \geq \sum_{i \in R} w^{i-}, \end{cases}$$

где i – индекс отдельного региона; z – конечное потребление системы в целом; z^i – конечное потребление региона i ; $(\mu^i)_{i \in R}$ – вектор территориальной структуры конечного потребления, для которого выполняются условия $0 \leq \mu^i \leq 1$, $\sum_{i \in R} \mu^i = 1$; D^i – технологическая матрица затрат региона i ; G^{i+} – матрица способов ввоза в регион i ; G^{i-} – матрица способов вывоза из региона i ; b^i – вектор ограничений на ресурсы региона i ; α^i – вектор структуры затрат на цели развития региона i (отраслевой структуры текущего потребления домашних хозяйств и государства); $y^i = (x^i, \Delta^i x^i, u^i)$ – соответственно объемы выпуска продукции на начало прогнозного периода, приросты выпуска в течение прогнозного периода, объемы инвестиций; w^{i+} , w^{i-} – объемы ввоза и вывоза региона i .

На основе построения всех возможных коалиций и решения для них представленной выше задачи оцениваются системные эффекты или эффекты межрегиональных взаимодействий¹. Каждый регион характеризуется с точки зрения его вклада в развитие остальных регионов и с точки зрения эффекта, получаемого им от включения в коалиции.

III. «Гетерогенное» пространство, решение «фундаментального конфликта» – пространственная проекция экономических взаимодействий / локализация игроков.

Приложения пространственных кооперативных игр III класса связаны с постановкой и решением задачи многомерного размещения (или задачи формирования групп). Этой математической задаче посвящена обширная литература, но именно в работах А.В. Савватеева обобщены и формализованы ее теоретико-игровые аспекты (Савватеев, 2013а; Савватеев, 2013б). Из всего многообразия модификаций задачи многомерного размещения нас интересует та, что имеет отношение к теории пространственного размещения.

Для знакомства со строгими постановками мы отсылаем к работам (Curiel, 1997, pp. 149–172; Варганов, 2012; Casella, 2001; Савватеев, 2013б;

¹ Отметим, что в духе интеллектуальной традиции ИЭОПП решалась задача исследования эффектов взаимодействий агентов, локализованных в границах экономических зон Дальнего Востока (Захарченко, 2015). При формировании характеристической функции кооперативной игры оптимизационные задачи не ставились, использовались исключительно балансовые расчеты. При этом системные эффекты оценивались на разных уровнях декомпозиции экономического пространства макрорегиона, что позволило, в частности, выделить отраслевые рынки, географические границы которых совпадают с границами экономических зон, и рынки, географические границы которых не определяются границами зон.

Fagnelli, Gagliardo, 2013; Osicka et al., 2020). Здесь же представим общую формулировку задачи многомерного размещения, которая определяет ее отношения с пространственными кооперативными играми других классов.

Формально имеется множество индивидов, предъявляющих спрос на определенный вид общественного блага, и множество потенциальных мест открытия мощностей, каждая из которых способна удовлетворить весь спрос. Индивид при прикреплении к конкретной мощности несет затраты, зависящие от расстояния между ним и мощностью. Выбор мест открытия новых мощностей и способов прикрепления к ним индивидов осуществляется с учетом минимизации суммарной стоимости открытия мощностей и суммарных издержек прикрепления (Савватеев, 2013а, с. 15):

$$g|K| + \sum_{i \in R} c_{ij} \xrightarrow{K \subseteq X; h: R \rightarrow K} \min,$$

где i – индекс индивида (игрока); j – индекс мощности; X – пространство разногласия, которое представляет множество возможных мест открытия мощностей; K – множество открываемых мощностей; $h \in K^R$ – правила прикрепления индивидов к мощностям; $g|K|$ – суммарная стоимость открытия $|K|$ мощностей; c_{ij} – затраты прикрепления индивида i к мощности j .

В представленной постановке речь идет не о распределении между экономическими агентами суммарного выигрыша, а о разделении суммарных затрат, устойчивом к коалиционным и миграционным угрозам. Главной особенностью данной модели как игровой является то, что экономические агенты напрямую не взаимодействуют друг с другом; под коалицией понимается подмножество агентов, прикрепленных к одной мощности. Исследование коалиционно и миграционно устойчивых решений дает основания для анализа структуры пространства и оценки возможностей реализации ее оптимальных вариантов. В контексте теории пространственного размещения описанная модель сводится к задаче оптимального размещения центров обслуживания. Из примеров конкретных воплощений данной модели можно выделить те, что рассматриваются в работах, посвященных вопросам эффективного функционирования городских центров консолидации грузов (Hezarkhani et al., 2019; Osicka et al., 2020). Аппарат теории кооперативных игр в данном случае привлекается для установления закономерностей в организации логистической инфраструктуры города.

IV. «Гетерогенное» пространство, решение «фундаментального конфликта» – делокализация экономических взаимодействий / коалиционная продуктивность игроков.

Пространственные кооперативные игры IV класса, насколько нам известно, строгой формализованной базы пока не имеют. Существующие по-

становки рассматриваются в контексте либо кластерной концепции, либо концепции пространственного роста и развития. В первом случае моделируется ситуация, в которой фирмы принимают решения о концентрации в пределах ограниченного пространства с целью обмена технологиями, товарами и услугами и извлечения эффекта масштаба, во втором случае – ситуация, в которой фирмы конкурируют за ограниченные ресурсы, включая землю как фактор пространства.

В отношении кластерной концепции следует отметить, что в литературе обсуждаются два варианта постановки соответствующих кооперативных моделей. Различаются эти варианты прежде всего набором игроков – в одном рассматриваются взаимодействия между фирмами и государством (Eika, 2019), в другом – взаимодействия между фирмами (Frisk et al., 2010; Gedai et al., 2012; Hafezalkotob et al., 2019). Соответственно, в первом варианте решаются вопросы инвестирования в развитие конкретных территорий, во втором варианте – вопросы управления затратами фирм. Решения названных вариантов кооперативных игр в настоящее время полностью не изучены. Можно лишь привести работу (Hafezalkotob et al., 2019), в которой построена упрощенная модель агрегированного производственного планирования, учитывающая фактор пространства в экзогенной форме – на основе заданной локализации фирм в географической близости. В этой модели коалиции формируют фирмы, осуществляющие обмен трудовыми ресурсами и запасами произведенной продукции. Выигрышем коалиции является экономия на затратах, которую могут получить фирмы благодаря такому обмену. Для определения выигрыша формулируется задача линейного программирования (Hafezalkotob et al., 2019, pp. 27, 28):

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i \in Q} \sum_{t \in T} (C_{Hi}H_{it} + C_{Wt}W_{it} + C_{Fi}F_{it} + C_{Pi}P_{it} + C_{Oi}O_{it} + C_{Ii}I_{it}) \rightarrow \min, \\ \sum_{i \in Q} (I_{it-1} + P_{it} + O_{it} - D_{it}) = \sum_{i \in Q} I_{it}, \forall t \in T, \\ P_{it} \leq A_1 W_{it}, \forall i \in Q, t \in T, \\ O_{it} \leq A_2 W_{it}, \forall i \in Q, t \in T, \\ \sum_{i \in Q} (W_{it-1} + H_{it} - F_{it}) = \sum_{i \in Q} W_{it}, \forall t \in T, \\ H_{it}, F_{it}, W_{it}, O_{it}, I_{it} \geq 0, \forall i \in Q, t \in T, \\ W_{i0} = A_{i3}, I_{i0} = A_{i4}, W_{iT} = A_{i5}, I_{iT} = A_{i6}, \end{array} \right.$$

где i – индекс фирмы (игрока); t – индекс временного периода; C_{Hi} – затраты фирмы i на прием работника; C_{Fi} – затраты фирмы i на увольнение работника; C_{Wt} – ставка заработной платы в период t ; C_{Pi} – производственные затраты фирмы i в основное рабочее время; C_{Oi} – производственные затраты

фирмы i в дополнительное (сверхурочное) время; C_{it} – затраты фирмы i на формирование единицы запасов; H_{it} – численность работников, принятых фирмой i в период t ; F_{it} – численность работников, уволенных фирмой i в период t ; P_{it} – объем производства фирмы i в период t , полученный в основное рабочее время; O_{it} – объем производства фирмы i в период t , полученный в дополнительное время; W_{it} – численность работников фирмы i в период t ; I_{it} – запасы фирмы i в конце периода t ; D_{it} – спрос на продукт фирмы i в период t ; A_1 – производительность труда в основное рабочее время; A_2 – максимальная производительность труда в дополнительное время; на начальном этапе планирования: A_{i3} – численность работников фирмы i ; A_{i4} – запасы фирмы i ; в конце горизонта планирования: A_{i5} – желаемая численность работников фирмы i ; A_{i6} – желаемый уровень запасов фирмы i ; T – количество временных периодов.

Построение различных коалиций и решение для них вышеприведенной задачи позволяют оценить эффекты производственной кооперации фирм, сконцентрированных в одной географической области.

Что касается моделей экономического роста и развития, то здесь нельзя не отметить определенные перспективы привлечения аппарата кооперативных игр, связанные с переходом от рассмотрения репрезентативного агента к изучению взаимодействий гетерогенных агентов (см., напр.: Fiaschi, Pacini, 2005). Нас же главным образом интересуют постановки пространственных кооперативных игр, подобные той, что обсуждается в работе (McDougal, 2013). Т.Л. МакДугал рассматривает игру, которая, опять же в упрощенной форме, описывает взаимодействие трех производителей – двух фермеров и одного промышленного производителя. Производственные функции каждого из них в качестве фактора включают землю, поэтому формирование коалиций осуществляется на основе договоров о совместном использовании земли. Выигрыши коалиций определяются в терминах выпуска и в общем виде представляются системой производственных функций с различными параметрами – коэффициентами производительности и отдачи от масштаба (McDougal, 2013, pp. 4, 5):

$$v(Q) = \begin{cases} L(pH)^\beta, Q = \{F_1\}, \\ L((1-p)H)^\beta, Q = \{F_2\}, \\ C(aH)^\alpha, Q = \{M\}, \\ C(H(a+p))^\alpha, Q = \{M, F_1\}, \\ C(H(a+1-p))^\alpha, Q = \{M, F_2\}, \\ L(H)^\beta, Q = \{F_1, F_2\}, \\ \max \begin{cases} C(H(a+1))^\alpha, \\ L(H(a+1))^\beta, \end{cases} Q = \{F_1, F_2, M\}, \end{cases}$$

где F_1, F_2, M – фермеры и промышленный производитель соответственно; H – производственный фактор «земля»; L, C – коэффициенты производительности в производственных функциях фермеров и промышленного производителя соответственно; β, α – коэффициенты отдачи от масштаба в производственных функциях фермеров и промышленного производителя соответственно; p – доля сельскохозяйственной земли, принадлежащая фермеру F_1 ; a – доля земли, отданная под промышленное производство.

В представленной задаче исследуется, при каких условиях – структуре экономики, характере отдачи от масштаба у различных производителей (то есть наборах параметров $L, C, \beta, \alpha, a, p$), взаимодействия экономических агентов будут генерировать положительные системные эффекты и при этом риски «распада» системы будут минимальны.

* * *

В данном обзоре специально не затрагивались технические вопросы, связанные с созданием пространственных кооперативных игр, таких, например, как поиск приемлемых концепций решения. Главная задача заключалась в понимании возможностей кооперативных игр как модели «фундаментального конфликта».

Ориентируясь на представленную классификационную схему, в заключение выделим два принципа использования кооперативных игр в исследованиях пространственной организации экономической деятельности. Первый принцип: лояльность к трактовке игроков; второй принцип: относительность приоритета физического пространства. Данные принципы подчеркивают высокий адаптационный потенциал пространственных кооперативных игр. Но это вовсе не означает, что эти модели одинаково полезны в исследованиях разного уровня общности. Данный обзор позволяет предположить, что будущее пространственных кооперативных игр скорее связано с поиском интеграционных постановок, взаимоувязывающих результаты анализа элементов экономического пространства с простой и сложной структурой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Вартанов С.А. Об устойчивости к расколу равновесий в модели эндогенного формирования коалиций // Математическая теория игр и ее приложения. 2012. Т. 4. № 1. С. 3–20.
- Гранберг А.Г. Моделирование пространственного развития национальной и мировой экономики: эволюция подходов // Регион: экономика и социология. 2007. № 1. С. 87–107.
- Гранберг А.Г., Суслов В.И., Суспицын С.А. Многорегиональные системы: экономико-математическое исследование. Новосибирск: Сибирское научное издательство, 2007. 371 с.

- Гранберг А.Г., Суспицын С.А. Введение в системное моделирование народного хозяйства. Новосибирск: Наука, 1988. 304 с.
- Ершов Ю.С., Ибрагимов Н.М., Мельникова Л.В. Коалиционный анализ: от республик СССР к регионам России // ЭКО. 2016. № 10. С. 5–22. <https://doi.org/10.30680/ЕСО0131-7652-2016-10-5-22>
- Захарченко Н.Г. Исследование экономического пространства: синтез балансового и теоретико-игрового методов моделирования // Пространственная экономика. 2015. № 4. С. 12–38. <https://doi.org/10.14530/se.2015.4.012-038>
- Минакир П.А., Демьяненко А.Н. Очерки по пространственной экономике / Институт экономических исследований ДВО РАН. Хабаровск: ИЭИ ДВО РАН, 2014. 272 с.
- Минакир П.А., Джурка Н.Г. Методологические основания пространственных исследований в экономике // Вестник РАН. 2018. Т. 88. № 7. С. 589–598. <https://doi.org/10.31857/S086958730000082-8>
- Мулен Э. Кооперативное принятие решений: аксиомы и модели. М.: Мир, 1991. 464 с.
- Савватеев А.В. Анализ коалиционной устойчивости «биполярного мира» // Журнал Новой экономической ассоциации. 2013а. № 1 (17). С. 10–43.
- Савватеев А.В. Задача многомерного размещения и ее приложения: теоретико-игровой подход. Дисс. ... д-ра физ.-мат. наук 08.00.13. 2013б. 268 с.
- Суслов В.И. Измерение эффектов межрегиональных взаимодействий: модели, методы, результаты. Новосибирск: Наука, 1991. 252 с.
- Суслов В.И., Ибрагимов Н.М., Мельникова Л.В. Коалиционный анализ и эффекты межрегиональной интеграции // Экономика региона. 2018. Т. 14. № 4. С. 1131–1144. <https://doi.org/10.17059/2018-4-6>
- Bogomolnaia A., Breton M., Savvateev A., Weber Sh. Heterogeneity Gap in Stable Jurisdiction Structures // Journal of Public Economic Theory. 2008. Vol. 10. Issue 3. Pp. 455–473. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9779.2008.00372.x>
- Brandt R., Dimitrov D., Tjts S. Models in Cooperative Game Theory: Crisp, Fuzzy and Multichoice Games. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2005. 136 p. <https://doi.org/10.1007/3-540-28509-1>
- Casella A. The Role of Market Size in the Formation of Jurisdictions // The Review of Economic Studies. 2001. Vol. 68. Issue 1. Pp. 83–108. <https://doi.org/10.1111/1467-937X.00161>
- Cobanli O. Central Asian Gas in Eurasian Power Game // Energy Policy. 2014. Vol. 68. Pp. 348–370. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.12.027>
- Curjel I. Cooperative Game Theory and Applications. Cooperative Games Arising from Combinatorial Optimization Problems. Springer US, 1997. 191 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-4871-0>
- Eika A. Urban Development and Cooperation Games // Journal of Property Research. 2019. Vol. 36. Issue 3. Pp. 291–311. <https://doi.org/10.1080/09599916.2019.1615977>
- Fiaschi D., Pacini P.M. Growth and Coalition Formation // Nonlinear Dynamics and Heterogeneous Interacting Agents. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems / Edited by T. Lux, E. Samanidou, S. Reitz. Berlin, Heidelberg: Springer, 2005. Pp. 171–188. https://doi.org/10.1007/3-540-27296-8_12
- Fraggelli V., Gagliardo S. Open Problems in Cooperative Location Games // International Game Theory Review. 2013. Vol. 15. Issue 3. Pp. 1–13. <https://doi.org/10.1142/S021919891340015X>
- Frisk M., Göthe-Lundgren M., Jörnsten K., Rönnqvist M. Cost Allocation in Collaborative Forest Transportation // European Journal of Operational Research. 2010. Vol. 205. Issue 2. Pp. 448–458. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2010.01.015>
- Gedai E., Koszy L.A., Zombori Z. Cluster Games: A Novel, Game Theory-Based Approach to

- Better Understand Incentives and Stability in Clusters / MPRA. Paper No. 65095. 2012. 37 p. URL: <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/65095/> (дата обращения: ноябрь 2020).
- Hafezalkotob A., Chaharbaghi S., Lakeh T.M. Cooperative Aggregate Production Planning: A Game Theory Approach // *Journal of Industrial Engineering International*. 2019. Vol. 15. Pp. 19–37. <https://doi.org/10.1007/s40092-019-0303-0>
- Hezarkhani B., Slikker M., Van Woensel T. Gain-Sharing in Urban Consolidation Centers // *European Journal of Operational Research*. 2019. Vol. 279. Issue 2. Pp. 380–392. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.05.028>
- Hubert F., Cobanli O. Pipeline Power: A Case Study of Strategic Network Investments // *Review of Network Economics*. 2015. Vol. 14. Issue 2. Pp. 75–110. <https://doi.org/10.1515/rne-2016-0011>
- Hubert F., Ikonnikova S. Investment Options and Bargaining Power: The Eurasian Supply Chain for Natural Gas // *The Journal of Industrial Economics*. 2011. Vol. 59. Issue 1. Pp. 85–116. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6451.2011.00447.x>
- McDougal T.L. Stability and the Economy: Cooperative Game Theoretic Implications for Economic Policy in a Dual-Sector Economy // *International Journal of Security & Development*. 2013. Vol. 2. Issue 2. Pp. 1–19. <https://doi.org/10.5334/sta.ca>
- Osicka O., Guajardo M., van Oost T. Cooperative Game-Theoretic Features of Cost Sharing in Location-Routing // *International Transactions in Operational Research*. 2020. Vol. 27. Issue 4. Pp. 2157–2183. <https://doi.org/10.1111/itor.12698>
- Parrachino I., Ariel D., Patrone F. Cooperative Game Theory and Its Application to Natural, Environmental and Water Resource Issues: 3. Application to Water Resources / *World Bank Policy Research. Working Paper 4074*. 2006a. 46 p. URL: <http://hdl.handle.net/10986/8848> (дата обращения: ноябрь 2020).
- Parrachino I., Zara S., Patrone F. Cooperative Game Theory and Its Application to Natural, Environmental and Water Resource Issues: 1. Basic Theory / *World Bank Policy Research. Working Paper 4072*. 2006b. 30 p. URL: <http://hdl.handle.net/10986/8852> (дата обращения: ноябрь 2020).
- Peleg B., Sudholter P. Introduction to the Theory of Cooperative Games. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag 2007. 328 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-72945-7>
- Perroux F. Economic Space Theory and Application // *The Quarterly Journal of Economics*. 1950. Vol. 64. Issue 1. Pp. 89–104. <https://doi.org/10.2307/1881960>
- Roson R., Hubert F. Bargaining Power and Value Sharing in Distribution Networks: A Cooperative Game Theory Approach // *Networks and Spatial Economics*. 2015. Vol. 15. Pp. 71–87. <https://doi.org/10.1007/s11067-014-9270-6>
- Zara S., Dinar A., Patrone F. Cooperative Game Theory and Its Application to Natural, Environmental and Water Resource Issues: 2. Application to Natural and Environmental Resources / *World Bank Policy Research. Working Paper 4073*. 2006. 83 p. URL: <http://hdl.handle.net/10986/8850> (дата обращения: ноябрь 2020).

REFERENCES

- Bogomolnaia A., Breton M., Savvateev A., Weber Sh. Heterogeneity Gap in Stable Jurisdiction Structures. *Journal of Public Economic Theory*, 2008, vol. 10, issue 3, pp. 455–473. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9779.2008.00372.x>
- Branzei R., Dimitrov D., Tijs S. *Models in Cooperative Game Theory: Crisp, Fuzzy and Multichoice Games*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2005, 136 p. <https://doi.org/10.1007/3-540-28509-1>
- Casella A. The Role of Market Size in the Formation of Jurisdictions. *The Review of Economic Studies*, 2001, vol. 68, issue 1, pp. 83–108. <https://doi.org/10.1111/1467-937X.00161>

- Cobanli O. Central Asian Gas in Eurasian Power Game. *Energy Policy*, 2014, vol. 68, pp. 348–370. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.12.027>
- Curiel I. *Cooperative Game Theory and Applications. Cooperative Games Arising from Combinatorial Optimization Problems*. Springer US, 1997, 191 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-4871-0>
- Eika A. Urban Development and Cooperation Games. *Journal of Property Research*, 2019, vol. 36, issue 3, pp. 291–311. <https://doi.org/10.1080/09599916.2019.1615977>
- Ershov Y.S., Ibragimov N.M., Melnikova L.V. Coalitional Analysis: From Republics of the USSR to Regions of Russia. *EKO = ECO Journal*, 2016, no. 10, pp. 5–22. <https://doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2016-10-5-22> (In Russian).
- Fiaschi D., Pacini P.M. Growth and Coalition Formation. *Nonlinear Dynamics and Heterogeneous Interacting Agents. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*. Edited by T. Lux, E. Samanidou, S. Reitz. Berlin, Heidelberg: Springer, 2005, pp. 171–188. https://doi.org/10.1007/3-540-27296-8_12
- Fagnelli V., Gagliardo S. Open Problems in Cooperative Location Games. *International Game Theory Review*, 2013, vol. 15, issue 3, pp. 1–13. <https://doi.org/10.1142/S021919891340015X>
- Frisk M., Göthe-Lundgren M., Jörnsten K., Rönqvist M. Cost Allocation in Collaborative Forest Transportation. *European Journal of Operational Research*, 2010, vol. 205, issue 2, pp. 448–458. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2010.01.015>
- Gedai E., Koszy L.A., Zombori Z. Cluster Games: A Novel, Game Theory-Based Approach to Better Understand Incentives and Stability in Clusters. *MPRA. Paper No. 65095*, 2012, 37 p. Available at: <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/65095/> (accessed November 2020).
- Granberg A.G. Modelling Spatial Development of National and World Economies: Evolution in Approaches. *Region: Ekonomika i Sotsiologiya = Regional Research of Russia*, 2007, no. 1, pp. 87–107. (In Russian).
- Granberg A.G., Suslov V.I., Suspitsyn S.A. *Multi-Regional Systems: Economic and Mathematical Study*. Novosibirsk, 2007, 371 p. (In Russian).
- Granberg A.G., Suspitsyn S.A. *Introduction to System Modeling of the National Economy*. Novosibirsk, 1988, 304 p. (In Russian).
- Hafezalkotob A., Chaharbaghi S., Lakeh T.M. Cooperative Aggregate Production Planning: A Game Theory Approach. *Journal of Industrial Engineering International*, 2019, vol. 15, pp. 19–37. <https://doi.org/10.1007/s40092-019-0303-0>
- Hezarkhani B., Slikker M., Van Woensel T. Gain-Sharing in Urban Consolidation Centers. *European Journal of Operational Research*, 2019, vol. 279, issue 2, pp. 380–392. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.05.028>
- Hubert F., Cobanli O. Pipeline Power: A Case Study of Strategic Network Investments. *Review of Network Economics*, 2015, vol. 14, issue 2, pp. 75–110. <https://doi.org/10.1515/rne-2016-0011>
- Hubert F., Ikonnikova S. Investment Options and Bargaining Power: The Eurasian Supply Chain for Natural Gas. *The Journal of Industrial Economics*, 2011, vol. 59, issue 1, pp. 85–116. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6451.2011.00447.x>
- McDougal T.L. Stability and the Economy: Cooperative Game Theoretic Implications for Economic Policy in a Dual-Sector Economy. *International Journal of Security & Development*, 2013, vol. 2, issue 2, pp. 1–19. <https://doi.org/10.5334/sta.ca>
- Minakir P.A., Demyanenko A.N. *Essays on Spatial Economics*. Khabarovsk: ERI FEB RAS, 2014, 272 p. (In Russian).
- Minakir P.A., Dzhurka N.G. The Methodological Foundations of Spatial Studies in Economics. *Vestnik Rossijskoj Akademii Nauk = Herald of the Russian Academy of Sciences*,

- 2018, vol. 88, no. 4, pp. 281–288. <https://doi.org/10.31857/S086958730000082-8> (In Russian).
- Moulin H. *Axioms of Cooperative Decision Making*. Moscow, 1991, 464 p. (In Russian).
- Osicka O., Guajardo M., van Oost T. Cooperative Game-Theoretic Features of Cost Sharing in Location-Routing. *International Transactions in Operational Research*, 2020, vol. 27, issue 4, pp. 2157–2183. <https://doi.org/10.1111/itor.12698>
- Parrachino I., Ariel D., Patrone F. Cooperative Game Theory and Its Application to Natural, Environmental and Water Resource Issues: 3. Application to Water Resources. *World Bank Policy Research. Working Paper 4074*, 2006a, 46 p. Available at: <http://hdl.handle.net/10986/8848> (accessed November 2020).
- Parrachino I., Zara S., Patrone F. Cooperative Game Theory and Its Application to Natural, Environmental and Water Resource Issues: 1. Basic Theory. *World Bank Policy Research. Working Paper 4072*, 2006b, 30 p. Available at: <http://hdl.handle.net/10986/8852> (accessed November 2020).
- Peleg B., Sudholter P. *Introduction to the Theory of Cooperative Games*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2007, 328 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-72945-7>
- Perroux F. Economic Space Theory and Application. *The Quarterly Journal of Economics*, 1950, vol. 64, issue 1, pp. 89–104. <https://doi.org/10.2307/1881960>
- Roson R., Hubert F. Bargaining Power and Value Sharing in Distribution Networks: A Cooperative Game Theory Approach. *Networks and Spatial Economics*, 2015, vol. 15, pp. 71–87. <https://doi.org/10.1007/s11067-014-9270-6>
- Savvateev A.V. Coalitional Stability of a ‘Bipolar World’. *Zhurnal Novoy Ekonomicheskoy Assotsiatsii = Journal of the New Economic Association*, 2013a, no. 1 (17), pp. 10–43. (In Russian).
- Savvateev A.V. *The Task of Multidimensional Placement and its Applications: A Game-Theoretic Approach: Dissertation ... Doctor of Physical and Mathematical Sciences*, 2013b, 268 p. (In Russian).
- Suslov V.I. *Measuring the Effects of Interregional Interactions: Models, Methods, Results*. Novosibirsk, 1991, 252 p. (In Russian).
- Suslov V.I., Ibragimov N.M., Melnikva L.V. Coalition Analysis and Effects of Regional Integration. *Ekonomika Regiona = Economy of Region*, 2018, vol. 14, no. 4, pp. 1131–1144. <https://doi.org/10.17059/2018-4-6> (In Russian).
- Vartanov S.A. On the Secession-Stability of Nash Equilibria in the Model of Endogenous Coalition Formation. *Matematicheskaya Teoriya Igr i Ee Prilozheniya = Mathematical Game Theory and its Applications*, 2012, vol. 4, no. 1, pp. 3–20. (In Russian).
- Zakharchenko N.G. Studying Economic Space: Synthesis of Balance and Game-Theoretic Methods of Modelling. *Prostranstvennaya Ekonomika = Spatial Economics*, 2015, no. 4, p. 12–38. <https://doi.org/10.14530/se.2015.4.012-038> (In Russian).
- Zara S., Dinar A., Patrone F. Cooperative Game Theory and Its Application to Natural, Environmental and Water Resource Issues: 2. Application to Natural and Environmental Resources. *World Bank Policy Research. Working Paper 4073*, 2006, 83 p. Available at: <http://hdl.handle.net/10986/8850> (accessed November 2020).

Поступила в редакцию / Submitted: 24.12.2020

Принята к публикации / Revised: 10.02.2021

Опубликована online / Published online: 30.03.2021