

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ, СТАТИСТИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ
МЕТОДЫ В ЭКОНОМИКЕ

УДК 332.02

DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-6-280-290

EDN: TURVNE

Научная статья

**Моделирование стратегического поведения производителей
на локальном рынке сельскохозяйственной продукции
с ограниченным спросом**

А. О. Гуртуев[✉], О. Л. Бозиев

Институт информатики и проблем регионального управления –
филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук
360000, Россия, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а

Аннотация. Рассматривается проблема моделирования локальных рынков с ограниченной емкостью, для которых существование устойчивого равновесия зависит от институциональной структуры рынка и стратегических решений производителей. Подобные рынки можно наблюдать в аграрных регионах многих стран, в том числе России (в частности, они встречаются в республиках Северного Кавказа). Основными факторами неэффективности в таких системах являются высокие транзакционные издержки выхода на общерегиональный рынок, бюджетные ограничения и несовершенная информация. Это приводит к тому, что из-за отсутствия эффективных механизмов согласования планов производства возникает сезонное перепроизводство отдельных культур. В связи с этим возникает проблема разработки эффективного и устойчивого механизма согласования стратегических решений между независимыми производителями в условиях неопределенности и несовершенной информации. В работе описаны особенности подобных рыночных систем, выделены их специфические отличия от рынков с совершенной конкуренцией, предложена постановка задачи математического моделирования, позволяющая формально описать взаимодействие экономических субъектов на таком рынке.

Ключевые слова: локальный рынок, ограниченный спрос, кооперативные игры, рыночное равновесие, сельскохозяйственное производство, стратегическое взаимодействие, неопределенность

Поступила 18.09.2024, одобрена после рецензирования 07.10.2024, принята к публикации 04.11.2024

Для цитирования. Гуртуев А. О., Бозиев О. Л. Моделирование стратегического поведения производителей на локальном рынке сельскохозяйственной продукции с ограниченным спросом // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. Т. 26. № 6. С. 280–290. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-6-280-290

JEL: Q13, C71

Original article

**Modeling the strategic behavior of producers
in a local agricultural market with bounded demand**

A.O. Gurtuev[✉], O.L. Boziev

Institute of Computer Science and Problems of Regional Management –
branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street

Abstract. We consider the problem of modeling local markets with limited demand, for which the existence and characteristics of a stable market equilibrium depends on the institutional structure of the market and strategic decisions of producers. Such type of markets can be observed in agricultural regions

of many countries, including Russia (in particular, they are common in the republics of the North Caucasus). The main factors of inefficiency in such systems are restrictively high transaction costs of moving into the regional market, budget constraints and imperfect information. This leads to the fact that due to the lack of effective market mechanisms for coordinating production plans, seasonal overproduction of individual crops occurs. In this regard, the problem of developing an effective and sustainable mechanism for coordinating strategic decisions between independent producers under conditions of uncertainty and imperfect information arises. The paper describes the features of such market systems, highlights their specific differences from markets with perfect competition, and proposes a formulation of the problem of mathematical modeling that allows formally describing the interaction of economic entities in such a market.

Keywords: local market, limited demand, cooperative games, market equilibrium, agricultural production, strategic interaction, uncertainty

Submitted 18.09.2024,

approved after reviewing 07.10.2024,

accepted for publication 04.11.2024

For citation. Gurtuev A.O., Bozиеv O.L. Modeling the strategic behavior of producers in a local agricultural market with bounded demand. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2024. Vol. 26. No. 6. Pp. 280–290. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-6-280-290

1. ВВЕДЕНИЕ

Специфика локальных рынков сельскохозяйственной продукции и моделей этих рынков состоит в том, что для таких рынков не выполняются некоторые предпосылки модели рынка совершенной конкуренции. В частности, для таких рынков транзакционные издержки могут быть велики, бюджетные ограничения могут лимитировать возможности изменения производственной функции, информация может быть неполной, как спрос, так и предложение могут быть ограничены неэкономическими факторами. Очевидно, что в таких условиях для достижения эффективного равновесия на рынке требуются некоторые специальные механизмы, дизайн которых зависит от типа локального рынка. Разработка таких механизмов имеет решающее значение для обеспечения эффективного распределения ресурсов и максимизации экономического роста в локальных сообществах. Предыдущие исследования выявили некоторые ключевые проблемы на локальных рынках сельскохозяйственной продукции, однако проблема ограниченности спроса на таких рынках, когда потенциальный объем сезонного предложения для отдельных культур превышает емкость локального рынка, а транзакционные издержки выхода на внешний рынок относительно велики для отдельных производителей, недостаточно разработана. Для такого рынка на практике из-за отсутствия эффективных механизмов согласования планов производства характерно сезонное перепроизводство отдельных культур. Наше исследование направлено на заполнение этого пробела и разработку модели экономического механизма, позволяющего реализовать эффективное согласование действий между производителями для локального рынка сельскохозяйственной продукции с ограниченной величиной спроса. В качестве объекта мы рассматриваем рынок сельскохозяйственной продукции, возникающий при транспортно-магистральной, соединяющей относительно отдаленные экономические центры. Такие рынки характерны для многих локальных экономических систем в развитых и развивающихся странах, в том числе для ряда районов Северного Кавказа.

2. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В современной литературе исследование экономического развития локальных сельскохозяйственных систем в основном представлено работами, посвященными механизмам

управления ресурсами общего пользования (tragedy of commons), пространственной концентрации и диффузии [1], а также влияния бюджетных ограничений. Проблема чрезмерной эксплуатации является центральной для управления ресурсами общего пользования, которые имеют решающее значение для местной сельскохозяйственной экономики [2]. Исследования показали, что местные сообщества могут эффективно управлять ресурсами общего пользования с помощью институциональных правил, при этом институты самоуправления превосходят по аллокативной эффективности механизмы открытого доступа [3]. Дизайн подобных институтов зависит от характеристик ресурсов и субъектов системы, которые поддерживают возникновение механизмов сотрудничества [4]. Более того, практики адаптивного управления некоторыми сложными системами (например, пастбищными экосистемами) показывают, что открытый доступ не обязательно ведет к истощению ресурсов [5]. Пространственные аспекты управления ресурсами также имеют важное значение. Политические манипуляции структурой прав собственности могут привести к субоптимальному повышению нагрузки на городские ресурсы общего пользования, когда общественные открытые пространства деградируют из-за чрезмерной эксплуатации [6]. Более того, равновесное количество пользователей ресурсов в режимах открытого доступа определяется издержками входа и производства, что имеет последствия для пространственной концентрации и диффузии использования ресурсов [7]. Бюджетные ограничения являются еще одним важным фактором развития местного сельского хозяйства – структура затрат на управление ресурсами общего пользования имеет решающее значение для определения устойчивости использования ресурсов и экономической жизнеспособности местных сообществ [7]. Участие больших групп с фрагментированными правами доступа может подорвать эффективные режимы управления водными ресурсами, как это видно на примере озера Сардис, что указывает на важность бюджетных факторов в управлении ресурсами [8]. Таким образом, литература предполагает, что эффективные модели местного сельскохозяйственного экономического развития должны учитывать управление ресурсами общего пользования, пространственную динамику использования ресурсов и бюджетные ограничения. Успешное управление часто предполагает наличие институтов саморегулирования, которые могут предотвратить трагедию общего пользования [3, 4], в то время как пространственные и бюджетные факторы имеют важное значение для устойчивого управления ресурсами и экономического развития [6-8]. Учет этих факторов имеет решающее значение для разработки механизмов организации локальных сельскохозяйственных рынков и устойчивого социально-экономического развития на местном уровне.

Проблема разработки рыночных механизмов для рынков с ограниченным спросом многогранна и включает в себя оптимизацию стратегий, позволяющих справиться с ограниченным размером рынка, механизмы обмена информацией, кооперацию между конкурирующими участниками рынка. В контексте рынков электроэнергии исследования показывают, что перегруженность может эффективно наделить участника торгов рыночной властью, изменяя динамику рыночных цен и вызывая необходимость изменения стратегии торгов [9]. Аналогичным образом для предприятий, работающих по всему миру, при разработке надежных операционных стратегий для оптимизации прибыльности необходимо учитывать время сезонов продаж и рыночные риски [10]. Проблемы малого размера рынка проявляются при исследовании эффективности различных маркетинговых стратегий стимулирования спроса на местную продукцию. Например, показано, что хотя молоко местных брендов может выиграть от стратегического снижения цен и расширения присутствия в розничной торговле, этим усилиям часто препятствуют высокие цены и ограниченное про-

странство на полках в крупных розничных магазинах [11]. Кроме того, препятствия, связанные со спросом для малых и средних предприятий, оказывают устойчивое долгосрочное воздействие на количество предприятий в локальной системе, причем некоторые проблемы неожиданно коррелируют с увеличением количества предприятий [12]. Таким образом, разработка рыночных механизмов на локальных рынках с ограниченным спросом требует тонкого понимания взаимодействия между рыночной властью, стратегическим оперативным планированием и эффективностью маркетинга. Решение этих проблем предполагает учет влияния перегруженности на стратегии торгов на олигополистических рынках [9], использование динамики внешнего рынка [10] и реализацию целевых маркетинговых стратегий для повышения спроса на местную продукцию [11]. Кроме того, понимание воздействия препятствий, связанных со спросом, на динамику количества малых и средних предприятий может стать основой политики и мер поддержки, способствующих росту рынка [12].

Что касается моделирования локальных сельскохозяйственных систем с ограниченным спросом, то следует отметить, что работы, специально посвященные таким моделям, в ведущих изданиях не опубликованы, и наше исследование призвано заполнить эту лауну. Однако подобные системы получили освещение в более широком контексте динамики сельскохозяйственного рынка и агропромышленной политики. Например, Прудников [13] обсуждает институциональную поддержку местных сельскохозяйственных рынков, подчеркивая важность государственного вмешательства в механизмы управления и развития этих рынков. Это предполагает, что меры регулирования могут помочь удовлетворить спрос потребителей и улучшить стандарты продукта, что может быть актуально в сценариях, когда спрос ограничен [13]. Кроме того, в ряде работ обсуждается влияние внешних факторов на спрос и предложение на сельскохозяйственных рынках, таких как экономические соглашения и климатические условия, которые могут способствовать сценариям ограниченного спроса [14, 15]. Интересные результаты получены при рассмотрении более широких последствий либерализации рынка и изменения климата. В некоторых работах предполагается, что либерализация и торговые реформы, такие как создание Африканской континентальной зоны свободной торговли, могут улучшить доступ к рынкам и сформировать общую структуру цен, потенциально влияя на местные рынки [16, 17]. Кроме того, в ряде работ указывается, что изменение климата окажет существенное влияние на сельскохозяйственные рынки, а стратегии адаптации потенциально смягчат воздействие на спрос и предложение [18, 19]. Таким образом, хотя в современной литературе не моделируются напрямую локальные сельскохозяйственные рынки с ограниченным спросом, она дает представление о факторах, влияющих на динамику рынка, и потенциальных последствиях некоторых механизмов управления. Меры регулирования и стратегии адаптации рассматриваются как средства решения проблем на локальных рынках, которые могут быть применимы в ситуациях ограниченного спроса [20].

3. ОПИСАНИЕ ЛОКАЛЬНОГО РЫНКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Рассмотрим систему, состоящую из небольших фермерских хозяйств, в пользовании которых находятся участки сельскохозяйственных земель, расположенные недалеко от автотранспортной магистрали, соединяющей региональные розничные рынки сельскохозяйственной продукции. На рисунке 1 показан пример географического расположения такого

рынка, характерного для республик Северного Кавказа. Для фермерских хозяйств, выращивающих однолетние культуры, в такой системе существуют как минимум два различных рынка: локальный и региональный.

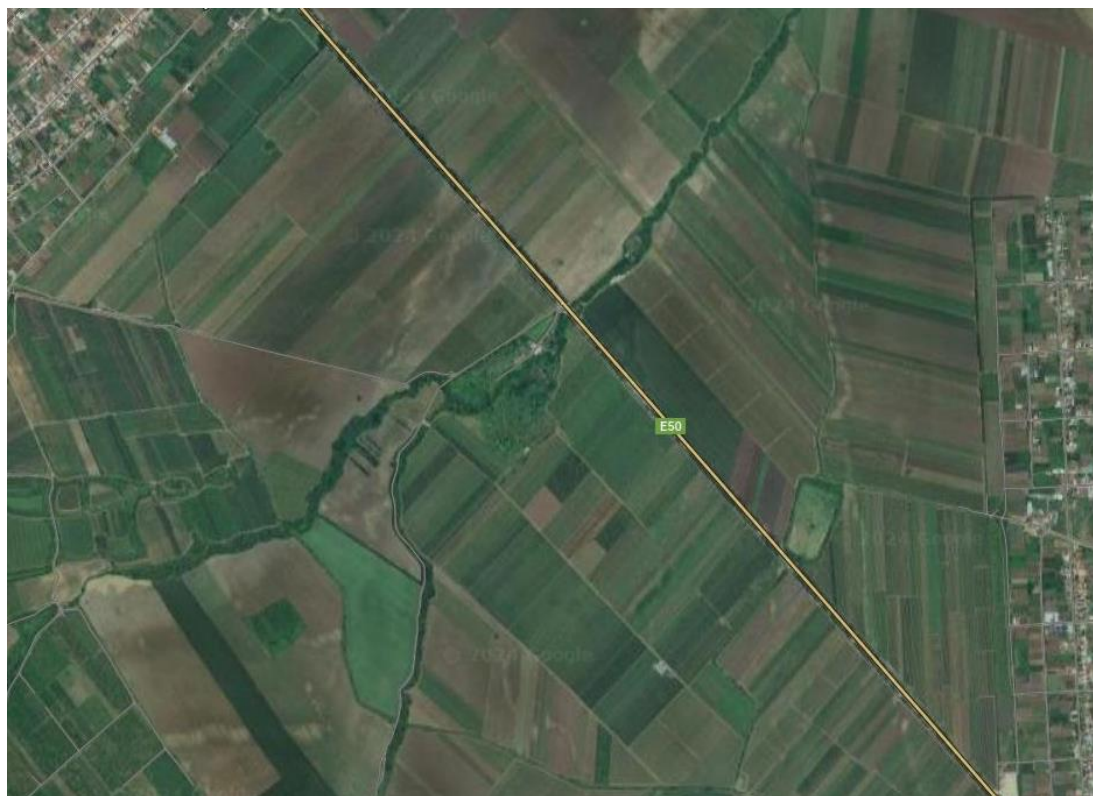


Рис. 1. Пример потенциального локального рынка с ограниченным спросом – системы сельскохозяйственных производителей (на карте видно распределение земельных участков) и автомагистрали

Fig. 1. Example of a potential local market with limited demand - systems of agricultural producers (the map shows the distribution of land plots) and highways

Локальный рынок возникает около автомагистрали, транзакционные издержки выхода на него можно считать нулевыми, покупателями являются мелкооптовые торговцы и розничные покупатели, следующие по автомагистрали. Возможности привлечения постоянных покупателей и влияния на величину спроса у отдельного фермерского хозяйства минимальны. Для оптовых торговцев объем производства отдельного фермера слишком мал. Для розничных покупателей транзакционные издержки слишком велики для того, чтобы специально приезжать на этот рынок, покупки в основном совершаются как побочное действие, по пути между населенными пунктами. Таким образом, рыночная сила фермеров может считаться нулевой.

Региональный рынок географически находится в одном из населенных пунктов, через которые проходит автомагистраль, имеет большую емкость, которую для нашего случая можно считать неограниченной, но транзакционные издержки выхода на него для отдельного фермера велики – в большинстве случаев не только из-за транспортных расходов, но и из-за дополнительных институциональных издержек.

Сельхозтоваропроизводители, являющиеся участниками данной системы, могут выращивать разные культуры, но нас интересует состояние, когда большинство фермеров занимается выращиванием однолетних культур, т. е. способно менять производство год от года.

Для такой системы в случае специализации на некоторой культуре может возникать (и на практике это подтверждается) ситуация избыточного производства, когда в сезон значительное количество урожая не может быть продано ни по каким ценам и просто уничтожается. Подобная ситуация из года в год наблюдается, например, с локальными рынками огурцов и помидоров в ряде районов Кабардино-Балкарской Республики. При отсутствии выраженной специализации и относительно равномерном распределении производства между культурами такой ситуации не возникает.

Таким образом, возникает задача согласования планов производства между независимыми конкурирующими производителями, имеющими доступ к различным производственным технологиям, в условиях потенциально ограниченного спроса.

4. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РЫНКА С ОГРАНИЧЕННЫМ СПРОСОМ

Пусть каждый из m сельхозтоваропроизводителей (фермеров) имеет возможность выращивать любую из n сельхозкультур. Введем обозначения:

l_{ij} – количество земли, занятой у i -го фермера под j -ю сельхозкультуру (га);

L_{ij} – количество используемого наемного труда на производство j -й сельхозкультуры (чел.-дни/га);

w_j – заработная плата при производстве j -й сельхозкультуры (руб./чел.-дни);

K_{ij} – стоимость материальных затрат за год (руб./га) на производство j -й сельхозкультуры;

r – процентная ставка;

p_j – цена за кг продукции j -й сельхозкультуры (руб.);

q_{ij} – объем продаж на рынке j -й сельхозкультуры (кг);

a_{ij} – урожайность j -й сельхозкультуры (кг/га),

Q_j – ёмкость рынка j -й сельхозкультуры.

Очевидно, что все перечисленные величины могут принимать только положительные значения. Здесь и ниже $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n}$.

Для каждой сельхозкультуры из n предполагается известной производственная функция вида

$$PF_{ij} = \frac{rK_{ij} + w_j L_{ij}}{a_{ij}}, \quad (1)$$

отражающая зависимость между объемом выпуска продукции и величиной затрат на производство этого объема. Например, для выращивания томатов в открытом грунте rK_{ij} – это необходимые материальные затраты на семена, обработку почвы, вспашку, химикаты, топливо, тару и т. д., $w_j L_{ij}$ – заработная плата сезонных работников, привлекаемых для посадки и сбора урожая:

$$P_{ij} = \max\{p_j q_{ij} - a_{ij} PF_{ij} l_{ij}\}$$

или

$$P_{ij} = \max\{p_j q_{ij} - (rK_{ij} + w_j L_{ij}) l_{ij}\}. \quad (2)$$

Следует заметить, что P_{ij} зависит не только от выбора i -го фермера конкретной сельхозкультуры j , но и от выбора данной сельхозкультуры остальными фермерами, т.е. от $\sum_{k=1, k \neq i}^n q_{kj}$. При этом, если затраты в выражении (2) с достаточной точностью известны фермеру, а прогнозы цены p_j можно считать общей информацией (т.е. известной всем участникам), то $\sum_{k=1, k \neq i}^n q_{kj}$ в момент принятия решения представляет собой ожидание фермера i относительно действий остальных участников рынка.

Очевидно, что объем продаж на рынке производимой сельхозкультуры не может превышать полученного урожая, откуда следует неравенство

$$q_{ij} \leq a_{ij}l_{ij}. \quad (3)$$

Условие положительности ожидаемой прибыли приводит к неравенству

$$p_j q_{ij} > (rK_{ij} + w_j L_{ij})l_{ij}. \quad (4)$$

Неравенства (3) и (4) можно объединить в одно двойное неравенство

$$\frac{rK_{ij} + w_j L_{ij}}{p_j} < \frac{q_{ij}}{l_{ij}} \leq a_{ij},$$

характеризующее удельный объем продаж с единицы площади обрабатываемой земли.

Рассмотрим простейшую математическую модель рынка с ограниченным спросом. Ее можно представить матрицей

$$B = (b_{ij})$$

с элементами

$$b_{ij} = p_j q_{ij} - (rK_{ij} + w_j L_{ij})l_{ij}, \quad (5)$$

удовлетворяющей условиям (3), (4).

Решение соответствующей задачи состоит в выборе в каждой строке матрицы B , соответствующей конкретному фермеру, максимального элемента, соответствующего наибольшей прибыли. Будем говорить, что фермер i выбирает оптимальную стратегию j . Другими словами, решение задачи сводится к выбору i -м фермером производственной функции (1), соответствующей j -й сельхозкультуре, дающей наибольшую прибыль в размере, определяемом соотношением (2). Подобный подход интуитивно используется на практике производителями сельхозпродукции на локальном рынке и приводит к избыточному производству некоторого вида однолетних культур и, возможно, недостаточному производству других видов со всеми вытекающими последствиями. Избыточность производства j -й сельхозкультуры выражается неравенством

$$\sum_{i=1}^m a_{ij}l_{ij} > Q_j. \quad (6)$$

Для учета взаимовлияния и возможного взаимодействия участников локального рынка далее будем рассматривать ситуацию как игру m лиц с произвольной суммой.

При любом $m \geq 2$ игры с произвольной суммой имеют две альтернативы, связанные с возможностью или запретом образования коалиций. В нашем случае каждый из m игроков (т. е. фермеров) имеет n стратегий, соответствующих n сельхозкультурам.

В бескоалиционном (некооперативном) случае каждый фермер действует самостоятельно, без обмена информацией с другими фермерами.

В простейшем случае $m = 2$ подобные игры называются биматричными и задаются либо двумя матрицами, указывающими выигрыши каждого игрока, либо одной блочной матрицей, представляющей выигрыши сторон при применении ими выбранных стратегий. Если на локальном рынке имеется всего два сельхозпроизводителя B_1 и B_2 , то блочная матрица такой игры будет иметь вид

$$(B_1, B_2) = \begin{pmatrix} (b_{11}, b_{21}) & (b_{11}, b_{22}) & \dots & (b_{11}, b_{2n}) \\ (b_{12}, b_{21}) & (b_{12}, b_{22}) & \dots & (b_{12}, b_{2n}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ (b_{1n}, b_{21}) & (b_{1n}, b_{22}) & \dots & (b_{1n}, b_{2n}) \end{pmatrix}, \quad (7)$$

где b_{ij} определяются по формуле (5). Например, блок (b_{14}, b_{23}) соответствует случаю, когда первый фермер производит четвертую сельхозкультуру, а второй – третью. Таким образом, при $m = 2$ математической моделью задачи является матрица (7).

Отметим, что задача производителя в такой постановке в корне отличается от задачи производителя в классической модели конкурентного рынка с потенциально неограниченной сверху величиной спроса. Поведение производителя в таких моделях полностью задается структурой рынка, в зависимости от наличия и силы рыночной власти выпуск определяется предельными (при совершенной конкуренции) либо средними (при монополии) издержками. В нашем случае ограничение величины спроса сверху приводит к необходимости принятия решения в условиях неопределенности и к поиску дополнительных механизмов согласования решений различных производителей.

Так, например, в классических задачах олигополии Курно и Бертрана, где производитель выбирает соответственно объем производства либо цену, он действует исходя из предположения о рациональности конкурентов и зная их производственные функции. Равновесие по Нэшу в модели Курно легко находится (если существует, т.е. если предельные издержки фирм меньше равновесной цены) как объем производства, соответствующий $\frac{\partial P_{ij}}{\partial q_{ij}} = 0$. В модели Бертрана похожая логика выбора наилучшего ответа также приводит к равновесию при цене, равной предельным издержкам (оговоримся, что в модели Бертрана возможно также неустойчивое равновесие при цене, равной средним издержкам). Наша задача принципиально отличается от данных моделей тем, что рассматривает специальный случай и включает в себя в явном виде ограничение величины спроса.

Аналогично (7) модель игры m лиц с произвольной суммой будет состоять из m матриц или одной m -мерной блочной матрицы. При любых $m \geq 2$ элементы матрицы выигрышей рассчитываются по формуле (2), кроме этого, должны выполняться условия (3), (4), (6). Как и в биматричных играх, здесь рассматриваются смешанные стратегии игроков, а решение задачи сводится к поиску ситуации равновесия [21]. Важнейшим принципом оптимального поведения в бескоалиционных играх является понятие равновесия по Нэшу.

В коалиционном (кооперативном) случае игроки объединяются в коалицию для достижения общей цели. Коалиция позволяет им:

- обмениваться информацией о ходе игры;
- совместно выбирать стратегии и координировать действия;
- объединять ресурсы.

Для рассматриваемой задачи это означает, что фермеры договариваются в первую очередь о производимых сельхозкультурах и объемах их производства. Кооперация может подразумевать также совместную обработку земли и некоторые другие действия. Важным условием кооперирования является равновесное (устойчивое) состояние членов коалиции.

5. ВЫВОДЫ

Рассмотрен локальный рынок сельскохозяйственного производства с ограниченной сверху величиной спроса, где производители не имеют рыночной силы и могут выбирать вид производимой сельхозпродукции (производственную функцию). При этом цена продукта задается равновесной ценой регионального рынка. При такой структуре рынка для достижения эффективного рыночного равновесия, максимизирующего совокупный общественный выигрыш, необходим некоторый механизм кооперации производителей. Для этого разработана математическая модель взаимодействия субъектов рынка, представляющая собой игру многих сторон с произвольной суммой.

В случае многоходовой игры возникают стимулы к кооперации между участниками. На результат кооперативной игры существенное влияние могут оказывать побочные платежи, которыми игроки могут обмениваться в процессе игры. Это может быть плата за участие в коалиции, штраф за выход из коалиции или уклонение от сотрудничества. Побочные платежи становятся частью используемых игроками стратегий, так как они изменяют значения выигрышей игроков. В реальности побочными платежами могут являться, например, членские взносы за участие в коалиции или штрафные платежи за отказ выполнять договоренности о распределении выращиваемых сельхозкультур. Модель может быть полезна для разработки механизмов организации локальных рынков с ограниченной величиной спроса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Asher S., Novosad P. Rural roads and local economic development. *American Economic Review*. 2020. Vol. 110. No. 3. Pp. 797–823. DOI: 10.1257/aer.20180268
2. Остром Э. Управляя общим. Эволюция институтов коллективной деятельности. М.: Мысль, ИРИСЭН, 2011. 447 с.
Ostrom E. Upravlyaya obshchim. Evolyutsiya institutov kollektivnoy deyatelnosti [Managing the Common. Evolution of Institutions of Collective Activity]. Moscow: Mysl, IRISEN, 2011. 447 p. (In Russian)
3. Mohammadi M., Gharakhani S. Simulating institutional change for governing natural common-pool resources: an agent-based model approach. 2024. *Preprint (Version 1)*. DOI: 10.21203/rs.3.rs-4418999/v1
4. Schlager E. Rationality, cooperation, and common pool resources. *American Behavioral Scientist*. 2002. Vol. 45. No. 5. Pp. 801–819. DOI: 10.1177/0002764202045005005
5. Moritz M., Scholte P., Hamilton I.M., Kari S. Open access, open systems: pastoral management of common-pool resources in the chad basin. *Hum Ecol*. 2013. Vol. 41. Pp. 351–365. DOI: 10.1007/s10745-012-9550-z
6. Ling G., Ho C.S., Ali H.M. Institutional property rights structure, common pool resource (CPR), tragedy of the urban commons: A Review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2014. Vol. 18. No. 1. P. 012184. DOI: 10.1088/1755-1315/18/1/012184
7. Mamada R., Lampert A., Perrings Ch. Potential games and the tragedy of the commons. *Strategic Behavior and the Environment*. 2017. Vol. 6. No. 4. Pp. 311–338. DOI: 10.1561/102.00000079
8. Wohlers T., Mason A., Wood J., Schmaltz E. Tragedy of the commons meets the anti-commons: water management and conflict on the southern plains of the United States. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*. 2014. Vol. 16. No. 1. DOI: 10.1142/S1464333214500057

9. Peng T., Tomsovic K. Congestion influence on bidding strategies in an electricity market. *IEEE Transactions on Power Systems*. 2003. Vol. 18. No. 3. Pp. 1054–1061. DOI: 10.1109/TPWRS.2003.810893
10. Yan X. Robust newsvendor problem in global market: stable operation strategy for a two-market stochastic system. *arXiv preprint*. 2022. DOI: 10.48550/arXiv.2207.03801
11. Liu Y., Chen X., Rabinowitz A., Campbell B. Demand, challenges, and marketing strategies in the retail promotion of local brand milk. *Agricultural Economics*. 2020. Vol. 51. Pp. 655–668. DOI: 10.1111/agec.12584
12. Bădulescu D., Al-Smadi H.M., Bădulescu A-V. To what extent do demand-related difficulties influence the density of SMEs. A panel data study on Romanian development regions. Proceedings of the 16th International Management Conference “Management and resilience strategies for a post-pandemic future” 3rd–4th November 2022, Bucharest, Romania. DOI: 10.24818/IMC/2022/03.10
13. Prudnikov Yu. Functioning of the system of local agricultural markets: institutional aspects. *Baltic Journal of Economic Studies*. 2016. Vol. 2. No. 5. DOI: 10.30525/2256-0742/2016-2-5-55-61
14. Chavas J.P., Nauges C. Uncertainty, learning, and technology adoption in agriculture. *Applied Economic Perspectives and Policy*. 2020. Vol. 42. No. 1. Pp. 42–53. DOI: 10.1002/aapp.13003
15. Szczepańska-Przekota A. Are small agricultural markets recipients of world prices? *The Case of Poland. Agriculture*. 2023. Vol. 13. P. 1214. DOI: 10.3390/agriculture13061214
16. Janssens C., Havlík P., Boere E. et al. A sustainable future for Africa through continental free trade and agricultural development. *Nat Food*. 2022. Vol. 3. Pp. 608–618. DOI: 10.1038/s43016-022-00572-1
17. Olipra J. Price transmission in (de)regulated agricultural markets. *Agrekon*. 2020. Vol. 59. No. 4. Pp. 412–425. DOI: 10.1080/03031853.2020.1831936
18. Martinez P., Blanco M., Van Doorslaer B. et al. What role will climate change play in EU agricultural markets? An integrated assessment taking into account carbon fertilization effects. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 2017. Vol. 15. No. 3. P. e0115. DOI: 10.5424/sjar/2017153-9899
19. Martinez P., Blanco M., Van Doorslaer B. et al. What role does climate change play in agricultural market uncertainty? An integrated assessment taking into account market-driven adjustments. *International Association of Agricultural Economists*. Conference, August 9–14. 2015. Milan, Italy. DOI: 10.22004/ag.econ.212230
20. McCorriston S. Competition, agricultural trade reform and developing countries. *The Journal of Applied Economic Research*. 2011. 5(1): 31–46. DOI: 10.1177/097380101000500103
21. Есипов Б. А. Методы исследования операций. СПб.: Лань, 2021. 304 с.
Esipov B.A. *Metody issledovaniya operatsiy* [Methods of operations research]. St. Petersburg: Lan, 2021. 304 p. (In Russian)

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed without external funding.

Информация об авторах

Гуртуев Алим Оюсович, канд. экон. наук, вед. науч. сотр., зав. отделом экономики инновационных процессов, Институт информатики и проблем регионального управления – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН;

360000, Россия, Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а;

alemao@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2067-8129>, SPIN-код: 1667-6220

Бозиев Олег Людинович, канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр., отдел автоматизации и информатизации региональных систем управления, Институт информатики и проблем регионального управления – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН;

360000, Россия, Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а;

boziev@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1228-7892>, SPIN-код: 1437-4985

Information about the authors

Alim O. Gurtuev, Candidate of Economic Sciences, Leading Researcher, Head of the Department of Economics of Innovation Processes, Institute of Computer Science and Problems of Regional Management – branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street;

alemao@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2067-8129>, SPIN-code: 1667-6220

Oleg L. Boziev, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher, Department of Automation and Informatization of Regional Management Systems, Institute of Computer Science and Problems of Regional Management – branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street;

boziev@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1228-7892>, SPIN-code: 1437-4985