

Научная статья
УДК 004.02; 004.03; 004.8; 519.876.2
<https://doi.org/10.24143/2072-9502-2025-3-129-136>
EDN KIZHRU

Синтез согласованных механизмов управления в оргсистемах с арбитром

**Алексей Сергеевич Добрынин[✉], Алексей Валерьевич Зимин,
Станислав Матвеевич Кулаков, Татьяна Евгеньевна Фефелова**

*Сибирский государственный индустриальный университет,
Новокузнецк, Россия, serpentfly@mail.ru[✉]*

Аннотация. Представлены вопросы синтеза согласованных механизмов управления организационными системами в системах с арбитром, которые являются развитием теоретической и методологической основы синтеза механизмов управления в иерархических играх. Предлагаемый подход основан на согласовании интересов управляющего центра и исполнителей работ с использованием посредника, арбитра, т. к. каждая из сторон заинтересована в искажении информации в свою пользу. Целью большинства согласованных механизмов управления является повышение качества и эффективности управления, поэтому важен контроль за их исполнением со стороны третьей незаинтересованной стороны. Обеспечение надзора и контроля за организаторами и исполнителями работ со стороны незаинтересованного в извлечении прибыли арбитра позволяет повысить прозрачность и качество управления. Механизмы согласованного управления, которые описываются в классической теории управления организационными системами, предполагают, что интересы управляющего центра и агентов учитываются справедливо, т. е. в равной мере и пропорциях. Однако никто не мешает центру корректировать или изменять правила игры в процессе развития организационной системы, фактически навязывая агентским коллективам собственные правила игры. К недостаткам классических механизмов управления организационными системами относится, в частности, отсутствие контроля за применением таких механизмов центром по отношению к агентским коллективам – исполнителям работ. Таким образом, теория управления организационными системами предлагает конкретные механизмы управления (стимулирования, планирования и т. д.), исходя из предположения, что центр является безупречным, идеальным и эффективным участником взаимодействия, что не в полной мере соответствует действительности. Рассматривается новый класс организационных систем управления – систем с арбитром. Ключевое отличие таких систем от рассматриваемых ранее заключается в реализации механизмов контроля соблюдения правил игры всеми участниками взаимодействия, а не только контроля деятельности агентских коллективов, как это сделано в классической теории игр.

Ключевые слова: иерархическая система, арбитр, организационная система, организационное управление, механизм управления, согласованный механизм, теория игр

Для цитирования: Добрынин А. С., Зимин А. В., Кулаков С. М., Фефелова Т. Е. Синтез согласованных механизмов управления в оргсистемах с арбитром // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2025. № 3. С. 129–136. <https://doi.org/10.24143/2072-9502-2025-3-129-136>. EDN KIZHRU.

Original article

Synthesis of coordinated management mechanisms in organizational systems with an arbitrator

Aleksey S. Dobrynin[✉], Aleksey V. Zimin, Stanislav M. Kulakov, Tatiana E. Fefelova

*Siberian State Industrial University,
Novokuznetsk, Russia, serpentfly@mail.ru[✉]*

Abstract. The issues of synthesis of coordinated management mechanisms of organizational systems in systems with an Arbitrator are presented, which are the development of the theoretical and methodological basis for the synthesis of management mechanisms in hierarchical games. The proposed approach is based on coordinating the interests of the managing center and the performers of the work using an intermediary, an arbitrator, since each of the parties is interested in distorting information in their favor. The purpose of most agreed management mechanisms is to improve the quality and efficiency of management, therefore it is important to monitor their implementation by a third disinterested party. Ensuring supervision and control over the organizers and performers of the work by an arbitrator who is not interested in making a profit allows for increased transparency and quality of management. The mechanisms of coordinated management, which are described in the classical theory of management of organizational systems, assume that the interests of the management center and agents are taken into account fairly, i.e. in equal measure and proportions. However, no one prevents the center from adjusting or changing the rules of the game in the process of developing the organizational system, effectively imposing its own rules of the game on agency teams. The disadvantages of classical organizational system management mechanisms include, in particular, the lack of control over the use of such mechanisms by the center in relation to agency teams performing work. Thus, the theory of management of organizational systems offers specific management mechanisms (incentives, planning, etc. based on their assumption that the center is an impeccable, ideal and effective participant in the interaction, which does not fully correspond to reality. A new class of organizational management systems is being considered – systems with an arbitrator. The key difference between such systems and those considered earlier is the implementation of mechanisms for monitoring compliance with the rules of the game by all participants in the interaction, and not just monitoring the activities of agency teams, as is done in classical game theory.

Keywords: hierarchical system, moderator, organizational system, organizational management, control mechanism, agreed mechanism, game theory

For citation: Dobrynin A. S., Zimin A. V., Kulakov S. M., Fefelova T. E. Synthesis of coordinated management mechanisms in organizational systems with an arbitrator. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, computer science and informatics*. 2025;3:129-136. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2072-9502-2025-3-129-136>. EDN KIZHRU.

Введение

Согласованные механизмы управления являются краеугольным камнем функционирования современных открытых организационных систем. Следует отметить, что благодаря правильной реализации подобного рода механизмов удастся применять новые методы управления трудовыми коллективами и делать жизнь в организациях мотивированной и увлекательной. В данной статье рассматриваются элементы и основные этапы синтеза согласованных механизмов управления в ранее не исследованных иерархических организационных системах с арбитром, что является важным и актуальным при разработке инструментально-программных комплексов, средств и систем управления нового поколения. Классическая теория активных систем и ее обновленная интерпретация – теория управления организационными системами – предоставляют развитые математические модели и инструментальный аппарат, который позволяет решать сложные прикладные задачи. Однако этих возможностей часто бывает недостаточно, и согласованные механизмы управления остро нуждаются в дальнейшем развитии. Ниже рассмотрены возможные направления и пути развития согласованных механизмов управления современными организационными системами.

Особенности синтеза согласованных механизмов управления

Иерархическая организационная система может

быть описана двухуровневой или многоуровневой системой «центр – агенты» (организационные элементы), в которой центр назначает агентским подсистемам планы, согласованные с целевыми ориентирами последних.

В классических трудах по теории игр [1], где наряду с играми с нулевой суммой также описывается иерархическое взаимодействие между игроками, обычно подразумевается взаимодействие игроков, осуществляемое в рамках, как правило, единой организационной структуры отдела, подразделения, корпорации.

В трудах многих российских ученых, например Б. Ю. Гермейера, исследуются игровые системы с непротивоположными интересами [2]. К ним относится класс игр, в которых интересы отдельных игроков могут частично или полностью совпадать. Различными математическими моделями такого рода описываются спортивные игры, соревнования в социально-экономических (организационных) системах. В такой игровой организационной системе должен обязательно присутствовать арбитр – независимый посредник, решающий задачу справедливого согласования интересов всех сторон [3].

Обычно организационная система «центр – агенты» описывается в литературе с использованием двухуровневой иерархии, пример такого рода многоагентной системы, структуры представлен на рис. 1.

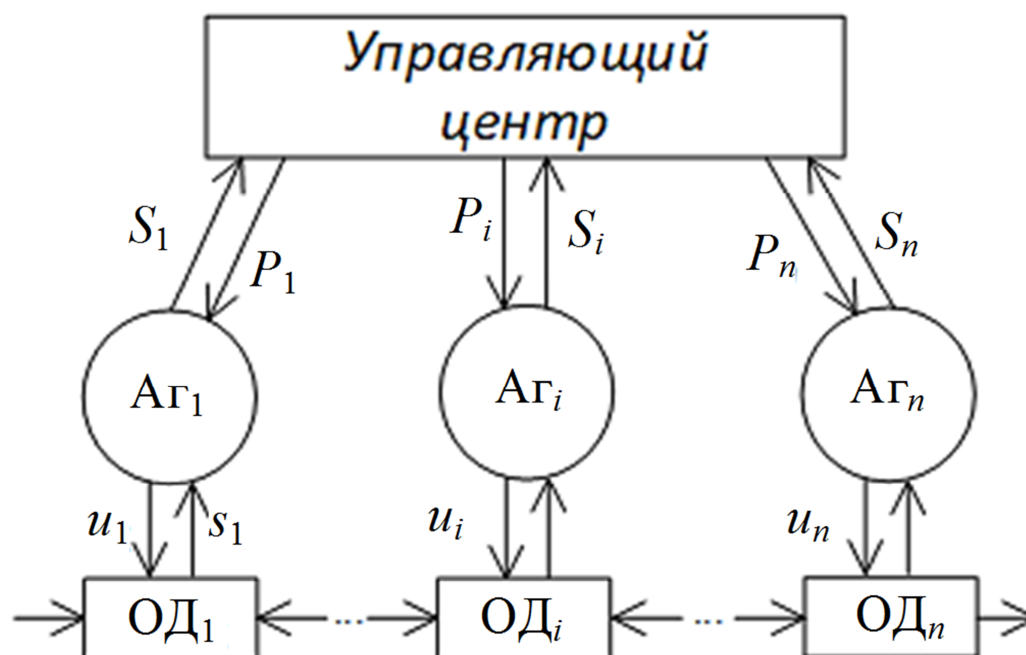


Рис. 1. Пример типовой многоагентной системы:

S, s – сведения, передаваемые на разных уровнях управления центру; $1, i, n$ – индексы множеств;
 u – управляющие действия агентов; P_1, P_i, P_n – планы, назначаемые Центром для агентских подсистем;
 $АГ_n$ – множество агентов (агентских коллективов); $ОД_n$ – объекты деятельности или управления коллективов

Fig. 1. Is an example of a typical multi-agent system:

S, s – information transmitted at different levels of management to the Center; $1, i, n$ – indexes;
 u – control actions of agents; P_1, P_i, P_n – plans assigned by the center for agent subsystems;
 $АГ_n$ – agents or agents teams; $ОД_n$ – objects of activity

Уточним представленную выше модель простой многоагентной системы управления. К важнейшим вопросам функционирования конкретных организационных систем относится синтез оптимальных механизмов управления, которые позволят данной системе эффективно действовать и развиваться. Помимо согласованных планов также нужны согласованные механизмы стимулирования и контроля результатов деятельности исполнителей работ. Согласованным называется план, выполнение которого в целом выгодно агенту [4]. Однако с точки зрения самого агента существуют варианты абсолютно выгодных для него планов, выигрышных стратегий или некоторый минимальный набор требований и мотивов, который позволяет агенту считать выполнение заданного плана выгодным.

Тем не менее, даже опираясь на потребности и пожелания агентов, центр так или иначе не сможет сформировать и назначить максимально выгодный для агента план, поскольку в таком случае он рискует остаться без дохода.

Принцип согласованного планирования для многоагентных организационных систем предполагает:

– использование механизма планирования $x_i = \pi_i(s)$, $i \in N$, максимизирующего целевую функцию центра $\Phi(\pi, s)$ в предположении, что сообщаемая агентскими коллективами $\{АГ_i\}$ информация $S = (s_1, s_2, \dots, s_n)$, необходимая для планирования, достоверна;

– использование единой процедуры планирования $\pi_i(s)$ на множестве допустимых планов, $X_i(s_{-i})$ при заданной обстановке $s_{-i} = \{s_1, \dots, s_{i-1}, s_{i+1}, \dots, s_n\}$;

– планы (расписания), назначаемые агентным подсистемам, удовлетворяют условию совершенного согласования [3]:

$$\varphi_i(\pi_i(s), s_i) = \max_{x_i \in X_i(s_{-i})} \varphi_i(x_i, s_i),$$

где $\varphi_i(x_i, s_i)$ – функция предпочтения i -го агента или коллектива $\{АГ_i\}$;

– использование механизма согласованного стимулирования [4] в случае отсутствия совершенного согласования обеспечивает согласованность плана x_i :

$$\sigma_i(x_i, y_i) = \begin{cases} c_i(x_i) + \delta_i(y_i), & y_i \geq x_i, \\ 0, & y_i < x_i, \end{cases}$$

где $c_i(x_i)$ – затраты i -го агента на выполнение плана x_i ; $\delta_i(y_i)$ – мотивирующая надбавка; y_i – результат деятельности агента по выполнению плана x_i .

Важной теоретико-практической частью много-агентной системы является включение в ее структуру подсистемы *справедливого* согласования. Необходимо учитывать, что распространенной на практике ситуацией является случай, когда в игре с непротивоположными интересами интересы игроков так или иначе не совпадают. Это касается в основном тех конкретных игр, когда имеется финансовый интерес отдельных сторон. Определенные игроки хотят зарабатывать больше, соответственно, центр пытается сделать то же самое. Таким образом, собственно, центры и отдельные агенты пытаются максимизировать собственную прибыль, одновременно этого достичь никак невозможно, и в случае раздела бюджета интересы сторон не совпадают.

Если отдельные стороны согласования (центр – агенты) *полностью доверяют* друг другу, то могут использоваться классические согласованные механизмы управления. Однако на практике ситуация, когда агенты полностью доверяют центру, встречается крайне редко. В основном агенты считают, что центр пытается их обмануть, исказить информацию, предоставить недостоверные данные. Агенты, в свою очередь, могут исказить данные, необходимые центру для планирования работ. В условиях полного доверия целесообразно использовать согласованные механизмы управления, назначаемые центром. В противном случае агент будет считать, что центр назначает несправедливый план, выполнение которого может быть выгодно агенту, но в «ограниченном варианте». Таким образом агент минимизирует собственные затраты, выполняя план центра в «ограниченном виде».

Когда стороны абсолютно не доверяют друг другу, может потребоваться помощь независимого арбитра, которому доверяют все участвующие стороны. Поскольку агентские подсистемы и, соответственно, центр в конечном итоге стремятся максимизировать в большей степени собственную прибыль, очень важно найти равновесие в этой игре, т. е. равновесную, по Нэшу или по Штакельбергу, ситуацию [5], которая будет удовлетворять в полной мере все заинтересованные стороны.

В схеме с арбитром в игре появляется третья незаинтересованная и независимая от центра и агентов сторона, которая в силу отсутствия своего интереса к этой игре может быть непредвзятой и объективной и не заниматься манипуляциями. В схеме с арбитром его задачей является контроль за соблюдением правил игры, необходимых регламентов и согла-

шений всеми заинтересованными сторонами, что в целом позволяет повысить эффективность функционирования организационной системы. В конце концов, соблюдение интересов центра и агентских коллективов могут дать тот экономический эффект, который необходим всем без исключения бизнес-объединениям, организационным системам, консорциумам и корпорациям. Арбитр в данном случае выступает в качестве третьей стороны, который определяет, что один из участников нарушил правила игры и должен поплатиться за это штрафными санкциями. Важно, чтобы штрафные санкции были определены не только для агентов, но и для центра.

Рассмотрим конкретную задачу, в которой агенты и управляющий центр не полностью доверяют друг другу, в силу различных факторов или обстоятельств. Центр назначает конкретные планы для агентов, выполнение которых выгодно последним. Однако агенты считают, что центр использует несправедливую, искаженную процедуру планирования. В таких случаях очень важно, как и в спортивных играх, присутствие справедливого арбитра, который контролирует реализацию процедур планирования всеми элементами работающей организационной системы. В рыночной экономике на организацию может действовать значительное, порой огромное количество разнообразных факторов, которые весьма сложно контролировать и принять во внимание. Например, если центр не доплачивает сотруднику денежные средства за выполнение определенных служебных обязанностей, он также рискует столкнуться со многими разнообразными факторами, включая упущенную прибыль, стагнацию или, на крайний случай, замедление развития бизнеса, его торможение.

Формализуем задачу для случая, когда агенты и управляющий центр не полностью доверяют друг другу. Целевые функции агента и центра в задаче соответствуют условию выполнения «необходимого минимума» действий для получения планового результата, однако необходимый минимум в данном случае не приводит к росту в бизнесе или к победе в конкурентном противостоянии отдельных организаций. Целевая функция центра, при которой последний стремится получить приемлемый для себя результат без применения специфических усилий на организацию управления и текущее административное сопровождение, представлена выражением

$$\Phi_{\pi}(\bar{\Pi}) = P_{\pi}(\bar{\Pi}) - Z_{\pi}(\bar{\Pi}) \rightarrow \max, \quad (1)$$

где $P_{\pi}(\bar{\Pi})$ – прибыль центра на всей совокупности реализуемых планов $\bar{\Pi}$; $Z_{\pi}(\bar{\Pi})$ – затраты центра на всей совокупности планов $\pi \in \bar{\Pi}$. По аналогии с (1) сформируем целевую функцию агента:

$$f_{ar}(\pi_1, \dots, \pi_i \in \bar{\Pi}) = p_{ar}(\pi_1, \dots, \pi_i \in \bar{\Pi}) - z_{ar}(\pi_1, \dots, \pi_i \in \bar{\Pi}) \rightarrow \max, \quad (2)$$

где $p_{ar}(\pi_1, \dots, \pi_i \in \bar{\Pi})$ – прибыль агента на совокупности нескольких реализуемых агентом планов; $z_{ar}(\pi_1, \dots, \pi_i \in \bar{\Pi})$ – затраты агента на совокупности нескольких реализуемых планов $\pi \in \bar{\Pi}$.

Арбитр должен принимать решения по справедливому согласованию интересов центра и агентов, руководствуясь законодательными нормами (правилами). Как нетрудно догадаться, представленные целевые выражения (1), (2) не способствуют, при отсутствии доверия сторон друг другу, повышению эффективности деятельности и росту производительности труда. Каждая сторона старается реализовать «необходимый минимум» для достижения своей цели, потому что дополнительная работа («переработка») не оплачивается.

Представленные целевые функции в большей или меньшей степени соответствуют современным рыночным реалиям (в отличие от математических моделей Б. Ю. Гермейера), описывают равновесную, по Нэшу, ситуацию, в условиях, когда стороны не доверяют друг другу и убеждены, что любые изменения приносят скорее вред, нежели пользу. Также это отражает семантическое утверждение вида «следует реализовать только необходимый мини-

мум, для того чтобы получить в итоге гарантированный результат». Однако многие организации также нуждаются в реинжиниринге бизнес-процессов и помощи арбитра. В конечном счете возрастание эффективности управления многоагентной организационной системой в целом, как и отдельных ее подразделений, может зависеть от стимулирования или других управляющих воздействий, которые прямо или косвенно связаны с производительностью труда и важностью выполняемых работ.

Приведем далее многоуровневую схему многоагентной организационной системы с арбитром, в которой он исполняет роль третейского судьи как для управляющего центра, так и для отдельных агентов, поскольку все стороны заинтересованы в вопросе как повышения уровня взаимного доверия, так и в росте конечной эффективности функционирования, включая повышение уровня качества конечного продукта.

Модифицированная многоагентная организационная система «агент – центр», предлагаемая в качестве одной из уточняющих замен классическим общепринятым обозначением двухуровневых систем (Центр – Агент) из теории иерархических игр, представлена на рис. 2.

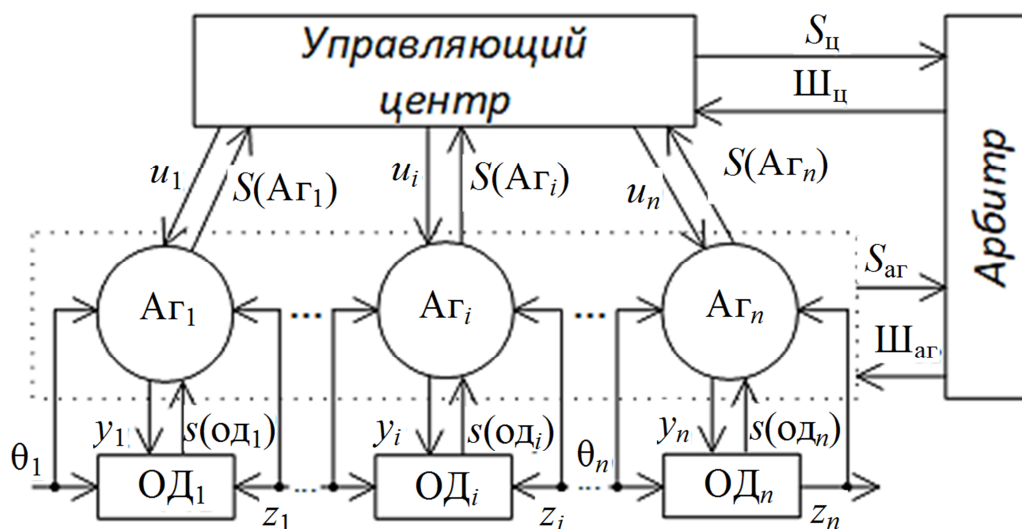


Рис. 2. Пример типовой организационной системы с арбитром:

Z, z – результаты деятельности; y – управляющие действия агента; θ_1, θ_n – внешняя обстановка;
 Π – штрафные санкции от арбитра для центра и агентских коллективов соответственно; u – вектор управлений центра; $S(Ar)$, $s(od)$ – информация о состоянии объекта и анонимные сведения, передаваемые от агентов, центра к арбитру

Fig. 2. Example of a typical organizational system with an arbitrator:

Z, z – performance results; y – agent's management actions; θ_1, θ_n – external environment; Π – penalties from the arbitrator for the center and agency teams, respectively; u – vector of the center's management;
 $S(Ar)$, $s(od)$ – status information the object and anonymous information transmitted from the agents of the center to the arbitrator

Здесь используется арбитр, который позволяет устранить все вышеописанные недостатки. Арбитр предоставляет свои услуги бизнесу, по сути являясь экспертом как по прикладному применению элементов теории игр, так и по прикладному применению теории управления организационными системами [6], способствуя росту эффективности клиента.

Согласованный механизм стимулирования в системе с арбитром

Разработка согласованного механизма стимулирования с арбитром, который является экспертом в области законодательства, теории игр, активных систем и теории управления организационными системами, должна обязательно сопровождаться текущим оперативным реинжинирингом бизнес-процессов. Разработанные механизмы в первую очередь должны ориентироваться на повышение текущей эффективности деятельности организации. Арбитру также необходимо использовать нормирование исполняемых работ на базе новых принципов нормирования, в частности восстановительно-прогнозирующего нормирования, описанное в работе [7].

Приведем конкретный пример механизма согласованного стимулирования в системе с арбитром,

$$M_{\text{ц}}(s) \equiv M_{\text{ар}}(s) \equiv m\sigma_i(x_i, y_i) = \begin{cases} mc_i(x_i) + m\delta_i(y_i) + Bj(y_i - x_i), & y_i \geq x_i, \\ 0, & y_i < x_i, \end{cases}$$

где mc_i – независимая оценка арбитром затрат агента по выполнение планового действия x_i (y_i) – фактически выполненное действие агентским коллективом на основе переданной агентом информации; $m\delta_i$ – независимая оценка арбитром единовременной стимулирующей выплаты для агента, который выполнил свою работу вовремя; Bj – коэффициент важности, который учитывает «перевыполнение», перепроизводство работы агентом (дополнительный объем выполненной работы), выраженный в диапазоне $[0, \dots, N]$.

Следует отметить, что помимо механизмовощерения, используемых арбитром по отношению к центру и агентским коллективам, последний также разрабатывает и реализует штрафные санкции по отношению к сторонам, которые игнорируют ранее разработанные соглашения.

Заключение

Приведены и обоснованы теоретические предпосылки для развития основ многоагентных организационных систем с использованием арбитра. Предложено обоснование использования разработанного механизма для синтеза организационных управляющих воздействий в организациях.

разработанного специалистами кафедры «Автоматизация и информационные системы» Сибирского государственного индустриального университета. Арбитр собирает анонимную информацию (сведения) о субъективной важности работы (с точки зрения анонимного субъекта опроса) от центра и агентов, где каждый из участников, естественно, пытается обосновать необходимость и важность конкретно его участка деятельности, а также усредненные плановые данные с общим описанием деятельности. На основании собранной информации независимый арбитр формирует собственные независимые оценки и определяет параметры стимулирования $M_{\text{ц}}(s)$, $M_{\text{ар}}(s)$. Управляющий центр и агенты должны изучить разработанные арбитром механизмы управления, в частности стимулирования, принять их во внимание и внести корректировки в собственные текущие управляющие решения.

Приведем пример обобщенного механизма стимулирования, на основе предположения, что арбитр получает от агентов и центра субъективную информацию о важности выполняемых работ, их продолжительности и периодичности. Тогда общий вид согласованного механизма стимулирования имеет следующий вид:

Механизм пригоден в случае, когда интересы центра и агентских коллективов не являются противоположными, антагонистическими, но при этом не совпадают полностью, т. к. последние не доверяют друг другу в полной мере.

Арбитр, являясь по сути независимым участником с точки зрения взаимодействующих сторон в иерархической организационной системе, регулирует их нормативно-договорные отношения. Он формирует для участников конкретные механизмы управления, включая механизмы стимулирования, контроля и оценки, пользуясь своими экспертными знаниями в области законодательства, теории игр, а также теории управления организационными системами, а также принимая во внимание те факты, что все стороны обмена информацией стараются ввести его в заблуждение. Заинтересованной стороной в разработке подобного рода согласованных механизмов является в первую очередь управляющий центр, поскольку он находится в поиске механизмов, которые необходимы для повышения эффективности деятельности многоагентной системы.

Такие механизмы центру неизвестны, на текущем этапе своей управленческой деятельности, поскольку он предвзят, необъективен, часто не видит

картины в целом и неэффективен, т. к. предпочитает выдавать свои иллюзии, желания и субъективные предпочтения за объективную реальность. Центр нуждается в арбитре, который является экспертом

в области управления многоагентными системами и способен предоставить согласованные механизмы управления конкретной системой под заказ.

Список источников

1. фон Нейман Дж., Morgenstern O. Теория игр и экономическое поведение / пер. с англ. под ред. и с доб. Н. Н. Воробьева. М.: Наука, 1970. 707 с.
2. Гермейер Ю. Б. Игры с непротивоположными интересами. М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1976. 327 с.
3. Белов М. В., Новиков Д. А. Управление жизненными циклами организационно-технических систем. М.: URSS, ООО «ЛЕНАНД», 2020. 384 с.
4. Бурков В. Н. Основы математической теории активных систем. М.: Наука, 1977. 255 с.

5. Угольников Г. А. Лекции по теории игр: учеб. пособие. Ростов н/Д., Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2023. 339 с.
6. Новиков Д. А. Теория управления организационными системами. М.: Изд-во МПСИ, 2005. 584 с.
7. Кулаков С. М., Бондарь Н. Ф. Восстановительно-прогнозирующее нормирование // Перспективы автоматизации в образовании, науке и производстве: материалы Юбил. регион. науч.-практ. конф. (14–17 декабря 1999 г.). Новокузнецк: Изд-во СибГИУ, 1999. С. 116.

References

1. von Neuman J., Morgenstern O. *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton University Press, 1944. 625 p. (Russ. ed.: fon Neiman Dzh., Morgenshtern O. *Teoriia igr i ekonomicheskoe povedenie* / per. s angl. pod red. i s dob. N. N. Vorob'eva. M.: Nauka, 1970. 707 s.).
2. Germeier Yu. B. *Igry s neprotivopolozhnyimi interesami* [Games with non-contradictory interests]. Moscow, Nauka Publ., Gl. red. fiz.-mat. lit., 1976. 327 p.
3. Belov M. V., Novikov D. A. *Upravlenie zhiznennymi tsiklami organizatsionno-tehnicheskikh sistem* [Life cycle management of organizational and technical systems]. Moscow, URSS, ООО «LENAND» Publ., 2020. 384 p.
4. Burkov V. N. *Osnovy matematicheskoi teorii aktivnykh sistem* [Fundamentals of the mathematical theory of

- active systems]. Moscow, Nauka Publ., 1977. 255 p.
5. Ugol'nitskii G. A. *Lektsii po teorii igr: uchebnoe posobie* [Lectures on game theory: a textbook]. Rostov-on-Don, Taganrog, Izd-vo IuFU, 2023. 339 p.
6. Novikov D. A. *Teoriia upravleniia organizatsionnymi sistemami* [Theory of management of organizational systems]. Moscow, Izd-vo MPSI, 2005. 584 p.
7. Kulakov S. M., Bondar' N. F. Vosstanovitel'no-prognoziruiushchee normirovanie [Restorative and predictive rationing]. *Perspektivy avtomatizatsii v obrazovanii, nauke i proizvodstve: materialy Iubileinoi regional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii (14–17 dekabria 1999 g.)*. Novokuznetsk, Izd-vo SibGIU, 1999. P. 116.

Статья поступила в редакцию 12.04.2025; одобрена после рецензирования 13.05.2025; принята к публикации 21.07.2025
The article is submitted 12.04.2025; approved after reviewing 13.05.2025; accepted for publication 21.07.2025

Информация об авторах / Information about the authors

Алексей Сергеевич Добрынин – кандидат технических наук; доцент кафедры автоматизации и информационных систем; Сибирский государственный индустриальный университет; serpentfly@mail.ru

Aleksey S. Dobrynin – Candidate of Technical Sciences; Assistant Professor of the Department of Automation and Information Systems; Siberian State Industrial University; serpentfly@mail.ru

Алексей Валерьевич Зимин – доктор технических наук, доцент; директор института информационных технологий и автоматизированных систем; Сибирский государственный индустриальный университет; zimin.0169@yandex.ru

Aleksey V. Zimin – Doctor of Technical Sciences, Assistant Professor; Director of the Institute of Information Technology and Automated Systems; Siberian State Industrial University; zimin.0169@yandex.ru

Станислав Матвеевич Кулаков – доктор технических наук, профессор; доцент кафедры автоматизации и информационных систем; Сибирский государственный индустриальный университет; kulakov-ais@mail.ru

Stanislav M. Kulakov – Doctor of Technical Sciences, Professor; Assistant Professor of the Department of Automation and Information Systems; Siberian State Industrial University; kulakov-ais@mail.ru

Татьяна Евгеньевна Фефелова – преподаватель кафедры автоматизации и информационных систем; Сибирский государственный индустриальный университет; t_a_t_a_j_a_n@mail.ru

Tatiana E. Fefelova – Lecturer of the Department of Automation and Information Systems; Siberian State Industrial University; t_a_t_a_j_a_n@mail.ru

