

СУЩНОСТЬ, ПРИЗНАКИ И ПРИНЦИП ОПИСАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ[#]

Г. А. Угольницкий

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

✉ gaugolnickiy@sfedu.ru

Аннотация. Обсуждаются понятие и сущность организационной системы. Общая характеристика этого понятия дана в рамках теории управления организационными системами. В настоящей работе указаны признаки, при наличии которых систему можно отнести к классу организационных (принцип описания организационных систем). Представлена математическая модель организационной системы общего вида, дан иллюстративный пример на основе дуополии Курно. Приведены примеры частных классов организационных систем, специфицированных на основе предложенного принципа. К таким классам отнесены организационно-технические системы специального назначения, организационные системы массового обслуживания, эколого-экономические организационные системы. Для типичных представителей каждого из указанных классов приведено описание в соответствии с предложенной общей моделью. Статья имеет методическую направленность и призвана стандартизировать подходы к описанию организационных систем.

Ключевые слова: организационные системы, теоретико-игровые модели, управление активными агентами.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблем организационного управления не вызывает сомнений, поскольку именно качество этого управления определяет производительность труда, экономический рост и тем самым возможности государства и благосостояние населения.

В Философском энциклопедическом словаре приводится следующее определение *организации*: «1) внутренняя упорядоченность, согласованность взаимодействия более или менее дифференцированных и автономных частей целого, обусловленная его строением; 2) совокупность процессов или действий, ведущих к образованию и совершенствованию взаимосвязей между частями целого; 3) объединение людей, совместно реализующих некоторую программу или цель и действующих на основе определенных процедур и правил» [1]. Со-

вокупность этих процедур и правил называется *механизмом функционирования*. Третье значение термина «организация» и есть определение *организационной системы*. В рамках методологии используется аналогичное определение [2]: *организация* – комплексная деятельность с целью создания внутренней упорядоченности, согласованности взаимодействия более или менее дифференцированных и автономных элементов предмета этой деятельности (в том числе путем образования и поддержания между этими элементами взаимосвязей с заданными характеристиками).

Формальные модели управления организациями предоставляют теории активных систем и управления организационными системами (ОС) [3, 4], информационная теория иерархических систем [5–8], теория контрактов и дизайн механизмов [9], теория управления устойчивым развитием активных систем [10–12]. В работе [13] показаны возможности использования искусственных нейронных сетей в исследовании иерархических организационных систем. В значительной степени

[#] Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект №25-11-00094.



1. СУЩНОСТЬ И ПРИЗНАКИ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ

следует согласиться с мнением автора [13] о том, что «многоступенчатые иерархические игры многих лиц представляют собой **ЯЗЫК** теории управления организационными системами», хотя модели теории управления организационными системами используют и другие математические конструкции. Согласно фундаментальной монографии [4] объектом исследований теории управления организационными системами (ТУОС) являются сами ОС, предметом исследований – механизмы управления, а основным методом исследования – математическое моделирование (с. 7). В соответствии с этим подходом основное внимание в работе [4] уделяется задачам и механизмам управления, а именно, выделяются управление составом и структурой ОС, институциональное управление ограничениями и нормами деятельности, мотивационное управление интересами и предпочтениями, информационное управление, управление порядком функционирования – последовательностью получения информации и выбора стратегий агентами (с. 9). Наконец, модель ОС определяется заданием состава ОС (множества её участников), структуры ОС (совокупности различных связей между участниками), множества допустимых стратегий участников ОС, их предпочтений, информированности и порядка функционирования (с. 8).

Вместе с тем в значительной степени остаётся открытым вопрос о водоразделе между подходами менеджмента (который было бы правильно перевести на русский язык именно как управление организациями) и собственно ТУОС. Заслуживает внимания и чёткий ответ на вопрос о том, какую систему можно считать организационной (ведь не все сложные системы реального мира являются таковыми).

Вклад настоящей статьи состоит в:

- описании сущности организационных систем и предложении их математической формализации, определяющей подход ТУОС;
- указании признаков, при наличии которых систему можно отнести к классу организационных (принцип описания организационных систем);
- подробном описании ряда частных классов организационных систем, выделенных в соответствии с указанным принципом.

В § 1 описывается сущность организационных систем, их признаки и общая математическая модель. В § 2 рассматривается принцип описания классов организационных систем. В § 3 приводятся примеры специфических классов организационных систем, полученных применением этого принципа. Итоги и перспективы обсуждаются в заключении.

В замечательной во многих отношениях книге [14] дано следующее определение: «Социальная система – это динамическая совокупность автономных индивидов, которые преследуют собственные цели во взаимодействии с окружающей средой» (с. 20). Это определение довольно близко к тому, что следует понимать под ОС. Однако, поскольку любое сложное понятие есть синтез многих определений, то более удобным представляется развёрнуто определить ОС через её математическую модель. Эта модель синтезирует приведённое во введении описание из работ [3, 4] и модель активной сети из статьи [15] с некоторыми существенными уточнениями и дополнениями. Считаем, что ОС состоит из управляющей (активной) подсистемы и управляемой подсистемы (отметим, что такая конструкция включает и организационно-технические системы). Предлагаемая модель ОС имеет вид

$$\langle N, A, X, I, U, S, F, J, R \rangle. \quad (1.1)$$

Здесь:

$N = \{0, 1, \dots, n\}$ – множество активных агентов, образующих состав управляющей подсистемы ОС. Индексом 0 обозначается выделенный агент (Центр), который пока считается единственным.

$A = \{(i, j)\}$ – множество связей различного типа между активными агентами, $i, j \in N$. Ориентированный граф $D = (N, A)$ определяет структуру связей ОС, которые определяются отношениями субординации, потоками передачи вещества, энергии и информации.

X – множество состояний управляемой подсистемы ОС (подмножество некоторого топологического векторного пространства).

$I = I_0 \times I_1 \times \dots \times I_n$, где I_i – доступная i -му агенту информация об ОС и её внешней среде. Поскольку рассматривается детерминированная модель (1.1), то, в отличие от работы [16], эта информация содержит сведения агента о действиях других агентов и их функциях выигрыша, а также о состоянии управляемой подсистемы. Все агенты, включая Центр, стремятся максимизировать свой выигрыш, а при наличии неоднозначности руководствуются принципом гарантированного результата [8].

$U = U_0 \times U_1 \times \dots \times U_n$, где U_i – множество допустимых действий i -го агента (подмножество некоторого конечномерного пространства [8]).

$S = S_0 \times S_1 \times \dots \times S_n$, где S_i – множество допустимых стратегий i -го агента. Допустимая стратегия $s_i \in S_i$ есть отображение $s_i : I_i \rightarrow U_i$, которое определяет выбор i -м агентом допустимого действия в зависимости от имеющейся у него информации.

F – правило изменения состояний с учётом действий активных агентов. Это может быть система алгебраических, дифференциальных или разностных уравнений либо алгоритм, явно определяющий переходы между состояниями управляемой подсистемы. Это правило можно рассматривать как обобщённый оператор, действующий в пространстве состояний.

$J = (J_0, J_1, \dots, J_n)$ – набор функционалов выигрыша активных агентов. Отображение $J_i : U \times X \rightarrow \mathbb{R}$ определяет выигрыш i -го агента в зависимости от действий всех агентов и текущего состояния управляемой подсистемы. Критерием эффективности организации в целом является значение функционала выигрыша Центра, зависящее в общем случае от действий всех участников и состояния управляемой подсистемы.

R – регламент функционирования ОС, алгоритмически определяющий порядок выбора активными агентами стратегий, возможную передачу информации другим агентам и изменение состояния управляемой подсистемы.

Соответственно, можно выделить следующие признаки ОС.

1. *Активность агентов.* Каждый агент имеет свой функционал выигрыша J_i и самостоятельно выбирает допустимую стратегию $s_i \in S_i$. В рамках модели оптимизация функционала выигрыша полностью определяет интересы и предпочтения агента. В частности, агенты могут сознательно искажать передаваемую другим агентам информацию в своих интересах (так называемая проблема *манипулируемости* процедур принятия решений [17]). Другими проявлениями активности могут быть *дальновидность* поведения агентов [18] и наличие у них *рефлексии* относительно своей деятельности и деятельности других агентов [16].

2. *Целеполагание.* Организационная система имеет некоторую цель, устанавливаемую самостоятельно или задаваемую извне (обществом, вышестоящей организацией). В общем случае эта цель, выражаемая в виде ограничения, состоит как минимум в выполнении условия жизнеспособности организации $X \subseteq X^*$, при котором значения всех существенных показателей её функционирования принадлежат заданному диапазону. Технически

можно включить требование жизнеспособности в функционал выигрыша Центра J_0 посредством штрафной функции $\rho(X, X^*)$, которая равна нулю при выполнении условия жизнеспособности и принимает бесконечно большое значение при его нарушении. Если условие жизнеспособности отсутствует, то цель ОС состоит только в максимизации функционала J_0 без штрафной функции.

3. *Организация.* Организационная система (расширенная активная система) образована управляющей подсистемой, состоящей из активных агентов, включая Центр, и управляемой подсистемой. В состав управляемой подсистемы активные агенты не входят: она включает в себя технические, экономические и иные составляющие, контролируемые активными агентами. Взаимодействие между активными агентами устанавливается регламентом R и определяет динамику управляемой подсистемы (изменение её состояния $x \in X$ во времени в силу правила F) и выигрыши агентов J_i .

2. ПРИНЦИП ОПИСАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ. ПРИМЕР

Чтобы назвать некоторую систему организационной, необходимо и достаточно, чтобы она имела все три перечисленных выше признака ОС: активность агентов, целеполагание, механизм управления. Тогда можно построить модель (1.1) этой ОС и указать конкретные значения её составляющих. В частных случаях некоторые составляющие могут быть пустыми множествами или принимать тривиальные значения.

Рассмотрим следующий упрощённый иллюстративный пример (игра Гермейера Γ_2 в дуополии Курно [8]). Здесь в выражении (1.1) $N = \{0, 1\}$. Организация состоит из двух активных элементов: Центра и агента; $A = \{(0, 1)\}$. Центр делает первый ход, формулируя «правила игры» для агента.

Центр знает U_0, U_1, J_0, J_1 , будет иметь информацию о выборе $u_1 \in U_1$ и знает, что выбор агентом стратегии определяется его стремлением к максимизации своего выигрыша, то есть стратегия Центра (механизм управления) – отображение множества U_1 в U_0 . Агент знает U_1 и J_1 . При известной стратегии агента Центр стремится максимизировать свой выигрыш J_0 . При неоднозначности выбора агента Центр руководствуется обобщённым принципом гарантированного результата Ю. Б. Гермейера [5, 6, 8]. Имеем



$$J_0 = (a - c_1 - u_1 - u_2)u_1,$$

$$J_1 = (a - c_2 - u_1 - u_2)u_2,$$

$$c_1 < c_2 < a.$$

Здесь $U_0 = U_1 = [0, 1]$, $s_0 : U_1 \rightarrow U_0$, $s_1 \equiv u_1$. Модель статическая, управляемая подсистема отсутствует, т. е. множество X и правило F не рассматриваются. Цель организации – максимизация выигрыша Центра J_0 .

Центр делает первый ход: выбирает стратегию

$$u_0(u_1) = \begin{cases} (a - c_1) / 2, & u_1 = 0, \\ a - c_1 - u_1, & u_1 > 0, \end{cases}$$

и сообщает её агенту. Единственный оптимальный ответ агента $u_1 = 0$, в результате чего

$$J_0 = (a - c_1)^2 / 4, J_1 = 0 \text{ (в противном случае } J_1 < 0).$$

Возможная содержательная интерпретация для дуополии Курно: фирма 0 предлагает фирме 1 некоторые условия, становясь лидером дуополии. Скажем, фирма 0 может предложить фирме 1 побочный платёж за более высокую цену на тендере с участием фирмы 0. Более точно эта ситуация описывается дуополией Бертрана [7], но объёмная конкуренция по Курно также подходит для её описания.

3. ПРИМЕРЫ

Приведём несколько примеров, иллюстрирующих предложенный подход к описанию ОС. Сначала даётся общая характеристика некоторого класса ОС. Затем она конкретизируется для ОС определённого вида, принадлежащего выделенному классу.

3.1. Организационно-технические системы специального назначения

Рассмотрим в качестве первого развёрнутого примера ОС организационно-технические системы специального назначения (ОТССН). Здесь речь идёт о системах наблюдения и перехвата летательных аппаратов и ракет противника. Характеристика таких систем и их примеры даны в статье [19]. В общем случае составляющие ОТССН можно охарактеризовать следующим образом.

N – группа агентов-наблюдателей. Роль Центра играет командир группы. Заметим, что сторону противника тоже представляют активные агенты. Они не включаются в состав ОС (являясь для нее внешней средой), но их действия могут учитываться в модели ОС, в том числе при определении состояния её управляемой подсистемы и в ряде других аспектов, например, активного противоборства.

A – множество связей между агентами, определяемых необходимостью оперативного взаимодействия в процессе наблюдения и перехвата.

I_i – информация, которой располагает i -й агент относительно действий остальных агентов, Центра и противника, а также состояния управляемой системы.

U_i – множество допустимых действий i -го агента (выбор позиции, параметры наведения зенитных устройств).

S_i – множество стратегий i -го агента, зависящих от действий противника. Поскольку эти действия влияют на состояние системы, то в общем случае используются позиционные стратегии, зависящие не только от времени, но и от состояния системы.

$x = (x_1, \dots, x_m) \in X$ – вектор состояния системы (координаты и скорости наблюдаемых объектов).

F – общее правило изменения состояния системы, определяемое механическими и геометрическими условиями и закономерностями её функционирования.

J_i – функционал выигрыша i -го агента, определяемый точностью обнаружения цели.

R – порядок принятия решений в ОТССН. Он определяется регламентом некоторой игры Гермейера [8], где в роли ведущего выступает Центр, а в роли одновременно выбирающих действия ведомых – агенты-наблюдатели и агенты противника.

Возьмём в качестве конкретного примера ОТССН триангуляционную измерительную систему (ТИС) [19]. В этом случае множество агентов N образуют операторы ТИС, каждый из которых ассоциируется со своим измерительным пунктом. Множество A задаётся парными двусторонними связями между агентами и Центром. По этим связям агенты передают Центру информацию о своих действиях и о состоянии управляемой системы, а Центр сообщает агентам выбранные им стратегии. Каждый агент знает множество своих действий и функционал выигрыша, что определяет множество I_i . Задача управления рассматривается в статической постановке, поэтому вектор состояния x и правило F не учитываются.

Пусть $\{P_n\}_{n=1}^N = \{[x_n^p, y_n^p]\}_{n=1}^N$ – измерительные

пункты ТИС, $\{S_m\}_{m=1}^M = \{[x_m^s, y_m^s]\}_{m=1}^M$ – пункты системы

постановки помех. Здесь N – общее количество измерительных пунктов, M – общее количество пунктов постановки помех, x и y – координаты пунктов на плоскости. Верхний индекс p – измерительный пункт, s – пункт постановки помех. Нижний индекс – номер пункта. Задачу наблюдателя можно записать следующим образом:

$$J(u_p, u_s) = |N - K| \rightarrow \max_{u_p},$$

$$K < \lfloor N / 2 \rfloor + 1,$$

$$\forall i, j \in \{1, \dots, N\}: \|P_i - P_j\| > B_{\min},$$

$$\forall i, j, k \in \{1, \dots, N\}: \frac{y_k^p - y_i^p}{y_j^p - y_i^p} \neq \frac{x_k^p - x_i^p}{x_j^p - x_i^p},$$

где K – количество измерительных пунктов, находящихся в зоне помех; $u_p = [P_1 \dots P_N]$,

$u_s = [\alpha_1, S_1, \dots, \alpha_M, S_M]$; $\lfloor \cdot \rfloor$ – округление до целого в меньшую сторону; $\|\cdot\|$ – евклидова норма; α_m – угол поворота сектора помех m -го пункта. Здесь выполнение условия $K < \lfloor N/2 \rfloor + 1$ обеспечивает необходимое для функционирования ТИС количество рабочих измерительных пунктов (более половины общего количества). Оставшиеся два ограничения – это требования к топологии ТИС: B_{\min} – минимально допустимое расстояние между пунктами ТИС; никакие три измерительных пункта ТИС не должны лежать на одной прямой. Итак, множество допустимых действий U_i определено; для простоты в работе [19] считается, что стратегии S_i совпадают с действиями.

Значение целевой функции $J(u_p, u_s)$ представляет собой количество рабочих измерительных пунктов. Наблюдатель максимизирует это количество с учётом указанных ограничений. Задача противника состоит в её минимизации по u_s :

$$J(u_p, u_s) = |N - K| \rightarrow \min_{u_s},$$
$$K \geq \lfloor N/2 \rfloor + 1.$$

Таким образом, функционалы выигрыша $J = J_1 = -J_2$ определяют антагонистическую игру между наблюдателем и противником. Условие $K \geq \lfloor N/2 \rfloor + 1$ требует, чтобы для значения, обеспечивающего минимум целевой функции, количество измерительных пунктов ТИС, которым поставлена помеха, превышало половину от общего их числа (только в этом случае ТИС становится неработоспособной).

Порядок принятия решений R следующий: каждый агент выбирает свои допустимые действия и сообщает их Центру. Центр анализирует ситуацию в целом и утверждает предложенные агентами действия либо корректирует их в форме приказа, после чего множество Λ может рассматриваться как единый игрок. Противник действует аналогично, тем самым определяются исход антагонистической игры и выигрыши игроков [19].

3.2. Организационные системы массового обслуживания

В качестве второго развёрнутого примера ОС возьмём организационные системы массового обслуживания (ОСМО). Этот класс ОС введён в серии работ [20–24]. В этом случае:

N – множество активных агентов, осуществляющих обслуживание потока заявок. В роли Центра выступает руководство организации, обеспечивающей обслуживание.

A – множество связей между агентами, возникающих в процессе обслуживания.

I_i – информация, которой располагает i -й агент относительно целей и возможностей остальных агентов

(особенно Центра) и принципов принятия ими решений.

U_i – множество допустимых действий i -го агента, связанных с процессом обслуживания (значения интенсивности и качества обслуживания).

Центр назначает дисциплину обслуживания, определяет мощность обслуживающих устройств (например, через величину расходов на их закупку и сопровождение), состав, структуру и квалификацию агентов, значения параметров административных и экономических механизмов управления агентами.

S_i – множество стратегий i -го агента. Как и в случае ОТССН, стратегии Центра – это механизмы управления с обратной связью по действиям агентов. Однако возможны и вырожденные механизмы управления без обратной связи, например, нормативные установления. Стратегии остальных агентов могут как совпадать с их действиями (программные стратегии), так и зависеть от состояния управляемой системы (позиционные стратегии) или действий других агентов (стратегии с обратной связью по управлению).

$x = (x_1, \dots, x_m) \in X$ – вектор состояния ОСМО, ко-

торый включает в качестве основных переменных интервал времени между последовательно поступающими заявками на обслуживание и время обслуживания одной заявки, m – число рассматриваемых переменных состояния. Эти переменные могут дифференцироваться для различных обслуживающих устройств. Производные переменные – время ожидания заявки и время простоя обслуживающего оборудования. Возможно также введение дополнительных переменных, отражающих специфику конкретной ОСМО.

F – общее правило изменения состояния ОСМО. Оно определяется заданием законов распределения упомянутых выше случайных величин и их параметров.

J_i – функционал выигрыша i -го агента, равный разности между его доходом и затратами на трудовые усилия и повышение квалификации. Принципиальная цель Центра в ОСМО заключается в обеспечении баланса между временем ожидания заявки в очереди и временем простоя обслуживающего оборудования, который определяет жизнеспособность ОСМО.

R – порядок принятия решений в ОСМО. Основную роль здесь играют механизмы административного и экономического управления Центра, зная которые, свои решения принимают агенты обслуживания.

Теперь рассмотрим ОСМО вида «железнодорожная станция – морской порт» [20–24]. Схема такой ОСМО показана на рис. 3.1. В качестве органа внешнего управления (Центра) может выступать Министерство транспорта РФ, региональные министерства транспорта или иной орган управления, способный координировать работу железной дороги и морского порта по распоряжению правительства или по добровольному согласию экономических субъектов. В роли активных подсистем (агентов) выступают руководство и персонал железнодорожной станции и морского порта, что определяет множество N . Множество A показано на рис. 3.1.

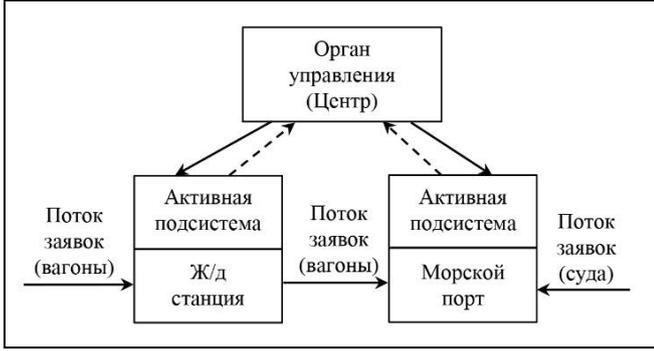


Рис. 3.1. ОСМО «железнодорожная станция – морской порт» [24]

Как видно из рис. 3.1, данная ОСМО содержит две подсистемы массового обслуживания: «вагон – порт» (левая часть рисунка) и «судно–порт» (правая часть рисунка). Рассмотрим сначала подсистему «вагон – порт». Каждый вагон будем характеризовать набором $w = \langle y, g, s, j, m, b, \omega \rangle$,

$$y \in Y, g \in G, s \in S, j \in J, m \geq 0, b \in B, \omega \in \Omega,$$

где y – тип вагона, Y – множество типов вагонов, рассматриваемых в рамках данной модели; g – род груза, G – множество родов грузов; s – тип груза, S – множество разных типов грузов; j – номер партии, J – множество номеров партий груза; m – масса нетто груза в вагоне, если вагон поступает на выгрузку, либо масса нетто требуемого к погрузке груза, если вагон поступает на погрузку; b – признак, указывающий на тип грузовой операции с данным вагоном (1 – погрузка, 0 – выгрузка, т. е. $B = \{0, 1\}$); ω – тип поезда, с которым прибыл вагон, Ω – множество рассматриваемых типов поездов.

В качестве требований второй подсистемы «судно–порт» будем рассматривать суда, приходящие в порт для осуществления грузовых операций. Обслуживающие устройства для них – это причалы, оборудованные погрузочно-разгрузочной техникой.

Введём набор характеристик для каждого судна:

$$\eta = \langle \tilde{G}, \tilde{S}, \tilde{J}, \Phi, l \rangle.$$

Здесь $\tilde{G} \subset G$ – множество родов перевозимого груза; $\tilde{S} \subset S$ – множество типов перевозимого груза; $\tilde{J} \subset J$ – множество номеров партий груза; l – длина судна; $\Phi: \tilde{G} \times \tilde{S} \times \tilde{J} \rightarrow \mathbb{R}^+ \times B \times \mathbb{N}$ – отображение, задающее структуру загрузки судна, т. е. сопоставляющее каждой тройке (g, s, j) тройку (m, b, d) , где $m \in \mathbb{R}^+$ – масса груза g -го рода s -го типа j -й партии на судне к выгрузке (погрузке), $b \in B$ – тип грузовой операции (погрузка или выгрузка), $d \in \mathbb{N}$ – натуральное число, задающее порядок осуществления грузовой операции с данным грузом. Подробнее переменные состояния x и правило их изменения F описаны в работах [20–23].

Динамическая модель иерархического управления ОСМО имеет вид [21–23]:

$$H(s_1, s_2) = \int_0^T [k_1 s_1(t) V(y_1(t)) + k_2 s_2(t) y_2(t) - ds_1^\gamma(t) - ds_2^\gamma(t)] dt, \quad (3.1)$$

$$C_1(y_1, s_1) = \int_0^T [c_1 y_1^\alpha(t) - k_1 s_1(t) V(y_1(t)) - c_3 x_1(t) p_1 - P] dt, \quad (3.2)$$

$$C_2(y_2, s_2) = \int_0^T [c_2 y_2^\beta(t) - k_2 s_2(t) y_2(t) - c_4 x_1(t) p_2 - k_3 Q(y_2(t))] dt, \quad (3.3)$$

$$s_1 = (s_1(t_0), s_1(t_1), \dots, s_1(T)), \quad (3.4)$$

$$s_2 = (s_2(t_0), s_2(t_1), \dots, s_2(T)), \quad (3.5)$$

$$c_1 = (c_1(t_0), c_1(t_1), \dots, c_1(T)), \quad (3.6)$$

$$c_2 = (c_2(t_0), c_2(t_1), \dots, c_2(T)), \quad (3.7)$$

$$s_1^{\min}(t) \leq s_1(t) \leq s_1^{\max}(t), \quad (3.8)$$

$$y_1^{\min}(t) \leq y_1(t) \leq y_1^{\max}(t), \quad (3.9)$$

$$s_2^{\min}(t) \leq s_2(t) \leq s_2^{\max}(t), \quad (3.10)$$

$$y_2^{\min}(t) \leq y_2(t) \leq y_2^{\max}(t), \quad (3.11)$$

$$x_1(t) = x_1(t-1) + y_1^{\max}(t) - y_2(t), \quad (3.12)$$

$$x_2(t) = x_2(t-1) + y_1(t) - y_2(t-1); \quad (3.13)$$

$$V(y_1(t)) = \begin{cases} \frac{y_1(t)}{w_1}, & \text{mod}(y_1, w_1) = 0, \\ \frac{y_1(t)}{w_1} + 1, & \text{mod}(y_1, w_1) > 0, \end{cases} \quad (3.14)$$

$$Q(y_2(t)) = \begin{cases} \frac{y_2(t)}{w_2}, & \text{mod}(y_2, w_2) = 0, \\ \frac{y_2(t)}{w_2} + 1, & \text{mod}(y_2, w_2) > 0. \end{cases} \quad (3.15)$$

Здесь H, C_1, C_2 – функции прибыли Центра и агентов за время t ; $s_1(t)$ – управление Центра агентом 1 в момент времени t , т. е. цена аренды стыковочного места для клиентов РЖД; $s_2(t)$ – управление Центра агентом 2, т. е. размер портового сбора, необходимый для уплаты при перевозке товаров; $y_1(t)$ – управление агента 1 (железнодорожная транспортная компания), т. е. размер продукции, отправляемой со склада компании в порт; $y_2(t)$ – управление агента 2 (порта), т. е. объём продукции, отправляемой в качестве поставки со склада порта; $x_i(t)$ – количество груза, не доставленного конечному потребителю агентом i ; $c_i(t)$ – штрафной коэффициент; p_1, p_2 – ценовые коэффициенты; P – дополнительные затраты; α, β, γ – подгоночные параметры;

k_1, k_2, k_3 – коэффициенты для согласования размерности [20–22].

Модель (3.1)–(3.11) содержит описание элементов J_i и U_i общей модели (1.1). Порядок функционирования R следующий: Центр выбирает свои управляющие воздействия $s_1(t), s_2(t)$ и сообщает их агентам. Зная управления Центра, агенты одновременно и независимо выбирают значения своих управляющих воздействий $y_1(t), y_2(t)$ соответственно. Таким образом, стратегии агентов и Центра совпадают с их действиями (динамическая игра Гермейера Γ_{II}), взаимная информированность игроков I_i также описана.

3.3. Эколого-экономические организационные системы

Третий пример специфического класса ОС образуют эколого-экономические организационные системы (ЭЭОС). Механизмы управления ЭЭОС, включающие учёт специфики той или иной управляемой подсистемы, описаны в монографиях [25, 26] и статьях [27–30]. В общем виде составляющие ЭЭОС можно охарактеризовать следующим образом.

N – множество агентов (природопользователей), ассоциированных с экосистемой, образующей природную основу рассматриваемой эколого-экономической системы. Сюда относятся находящиеся на занимаемой экосистемой территории (прилегающие к акватории данной экосистемы) предприятия промышленности, сельского хозяйства, рекреации, транспорта и иных отраслей хозяйства, а также население. Роль Центра играет администрация территории.

A – множество транспортных, хозяйственных и административных связей между агентами.

I_i – информация, которой располагает i -й агент относительно действий и функций выигрыша остальных агентов (особенно Центра).

U_i – множество допустимых действий i -го агента. Центр назначает допустимые квоты эксплуатации природных ресурсов (вылов рыбы, рубка леса, добыча полезных ископаемых и т. п.) и предельно допустимые концентрации (выбросы) загрязняющих веществ в окружающей среде, а также значения параметров механизмов экономического регулирования (налоги, штрафы, льготы, субсидии). Хозяйствующие агенты выбирают объёмы производства, цены на продукцию, параметры природоохранной деятельности.

S_i – множество стратегий i -го агента. Как правило, стратегии Центра – это механизмы управления с обратной связью по действиям агентов. В частности, при учёте оппортунистического поведения в системе управления возникает обратная связь по величине взятки Центру от агентов, позволяющая, например, ослаблять экологические требования или выделять дополнительные ресурсы. Однако возможны и механизмы управления без обратной связи, например, законодательные установления. Стратегии остальных

агентов могут как совпадать с их действиями (программные стратегии), так и зависеть от состояния управляемой системы (позиционные стратегии) или действий других агентов (стратегии с обратной связью по управлению).

$x = (x_1, \dots, x_m) \in X$ – вектор состояния эколого-экономической системы. Его компоненты естественно разбить на два подмножества, описывающие соответственно экологическую и экономическую подсистемы ЭЭОС.

F – общее правило изменения состояния ЭЭОС. Фактически оно тоже состоит из двух частей: во-первых, материальные балансы и производственные функции, описывающие экономическую деятельность, во-вторых, правила изменения значений природных показателей. В свою очередь, вторая часть подразделяется на описание естественной динамики природной среды и её антропогенного изменения (загрязнение, эксплуатация природных ресурсов, охрана окружающей среды и т. д.).

J_i – функционал выигрыша i -го агента. Здесь в качестве активных агентов рассматриваются хозяйствующие субъекты, для которых выигрыш – это прибыль с учётом природоохранных затрат и возможных экологических штрафов. Центр имеет два критерия: экономический рост на подведомственной территории и соблюдение экологических требований.

R – порядок принятия решений в ЭЭОС. Основную роль здесь играют механизмы административного и экономического управления Центра, который сообщает их агентам. Зная эти механизмы, свои решения принимают хозяйствующие субъекты.

Теперь рассмотрим ЭЭОС, возникающую при управлении рыболовством [31]. Здесь активные агенты – рыболовецкие предприятия, Центр – природоохранный орган. Связи ограничиваются воздействием Центра на агентов. Агенты максимизируют целевые функционалы

$$J_i = \int_0^T e^{-\rho t} \{a v_i(t) P(t) - s_i(t) M [P(t) - P^*]^2\} dt - e^{-\rho T} s_i(T) M [P(T) - P^*] \rightarrow \max \quad (3.12)$$

при ограничениях на управления (допустимые действия агентов)

$$q_i(t) \leq u_i(t) \leq r_i, \quad i = 1, \dots, N, \quad (3.13)$$

и уравнениях динамики биомассы рыбной популяции (правило изменения F скалярной переменной состояния $x = P$)

$$\begin{aligned} \frac{dP}{dt} &= [\varepsilon - \beta P(t) + \alpha \left(\sum_i u_i(t) \right)^\gamma - \\ &\quad - \sum_i \alpha_i (r_i - u_i(t))^{\gamma_i}] P(t), \quad (3.14) \\ P(0) &= P_0, \quad i = 1, \dots, N. \end{aligned}$$



Здесь P_0 , $P(t)$ – начальное и текущее значения биомассы рыбной популяции; P^* – его идеальное значение, полностью удовлетворяющее требованиям жизнеспособности популяции. При нарушении условия жизнеспособности на агентов налагается штраф с коэффициентом $M \gg 1$; a – цена единицы биомассы рыбы; ε – коэффициент естественного прироста рыбной популяции, β – коэффициент самолимитирования; ρ – коэффициент дисконтирования; α , γ – подгоночные параметры модели.

В работе [31] рассматривается также упрощённая линейная версия модели (3.12)–(3.14).

Предполагается, что каждый агент распределяет свой ресурс между общественными и частными интересами, поэтому его выигрыш складывается из двух составляющих – дохода от частной деятельности и доли ущерба от общественного зла, с которым совместно борются агенты. Агенты (рыболовецкие предприятия) $i = 1, \dots, N$ максимизируют доход от рыболовства с учётом возможного штрафа за нарушение условий жизнеспособности рыбной популяции. Условие жизнеспособности (цель управления Центра) имеет вид $\forall t P(t) = P^*$ или, в более слабой форме, $\forall t [P(t) - P^*]^2 \leq \delta$.

Управление агента $u_i(t)$ – часть ресурса r_i , ассигнуемая на общественные нужды (тогда $r_i - u_i(t)$ – часть ресурса, выделяемая на частную деятельность). В данной модели $r_i - u_i(t)$ – это инвестиции в наращивание промысловых усилий, тогда доля вылова рыбы i -м предприятием вычисляется как функция промыслового усилия $v_i(t) = h_i(r_i - u_i(t))$. Без существенного ограничения общности $v_i(t) = k_i(r_i - u_i(t))^{p_i}$, $0 < p_i < 1$, k_i , p_i – подгоночные параметры модели. Величина $u_i(t)$ – ассигнования в повышение экологичности промысла и выборозведение.

Модель (3.12)–(3.14) представляет собой дифференциальную игру N лиц, в которой условия жизнеспособности учтены с помощью штрафов $M[P(t) - P^*]^2$ в целевых функционалах. Переменные $s(t) = \{s_i(t)\}_{i=1}^N \in S$ естественно трактовать как экономические управления (управления побуждения) Центра как государственного контрольного органа верхнего уровня (например, службы рыбного хозяйства) такие, что

$$0 \leq s_i(t) \leq 1, \sum_{i=1}^N s_i = 1; t \geq 0, i = 1, \dots, N. \quad (3.15)$$

Центр может использовать и административное управление (принуждение) $q(t) = \{q_i(t)\}_{i=1}^N \in Q = \{0 \leq q_i(t) \leq r_i, t \geq 0\}$, выбирая значения переменных $q_i(t)$ из условия

$$0 \leq q_i(t) \leq r_i, t \geq 0, i = 1, \dots, N. \quad (3.16)$$

Считается, что интересы Центра описываются стремлением к максимизации функционала (утилитаристской функции общественного благосостояния)

$$J = \sum_{i=1}^N J_i \rightarrow \max. \quad (3.17)$$

Тогда модель (3.12)–(3.17) представляет собой иерархическую дифференциальную игру Центра с несколькими активными агентами нижнего уровня управления. Примем следующие предположения относительно информационного регламента (порядка R) такой игры: все игроки используют программные стратегии; Центр выбирает и сообщает агентам экономические (3.15) либо административные управления (3.16), которые могут быть только функциями времени либо зависеть также от управлений агентов; в частности, Центр назначает штрафы; при известных стратегиях Центра агенты одновременно и независимо выбирают свои действия, что приводит к равновесию Нэша в игре агентов в нормальной форме [31]. Все игроки, включая Центр, знают свои множества стратегий и функционалы выигрыша; знание игроков о множествах стратегий и функционалах выигрыша других игроков определяется регламентом некоторой игры Гермейера [6–8].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Традиционный менеджмент как наука и теория управления организационными системами имеют один и тот же объект – управление организациями. Однако предметом менеджмента являются организационно-экономические и социально-психологические отношения и методы управления, а предметом ТУОС – математические модели, информационные технологии и методы их применения в управлении организациями. Подчеркнём, что математические модели в ТУОС используются исключительно как инструменты для решения задач (построения и совершенствования механизмов) управления, а не как подлежащие исследованию абстрактные формально-логические конструкции чистой математики. Отметим, кстати, что с точки зрения классификатора ВАК первому направлению соответствует специальность 5.2.6 Менеджмент (экономические науки), а второму – специальность 2.3.4 Управление в организационных системах (технические науки).

В настоящей статье предложена общая математическая модель, описывающая организационную систему с точки зрения ТУОС. Построение такой модели и её применение для анализа и управления конкретной организацией или классом организаций позволяет отнести исследование к ТУОС (принцип описания ОС). Приведены развёрнутые примеры частных классов ОС и их конкретных представителей (ОС специального назначения, ОС массового обслуживания, эколого-экономические ОС), описанных в терминах предложенной математической модели. Конечно, круг известных на

сегодняшний день моделей управления ОС, включающих помимо активных агентов и управляемую ими подсистему той или иной природы, гораздо шире. Здесь следует упомянуть производственные системы [32,33], организационно-технические системы [33], управление проектами [33], вооружённую борьбу [34] и др.

Для простоты изложения модель приведена в детерминированной постановке. Конечно, на самом деле в функционировании ОС существенную роль играют неопределённые факторы различной природы. С точки зрения рассматриваемой в статье проблематики учёт неопределённости будет лишь усложнять понимание. Однако учёт неопределённости, несомненно, формирует первое важное направление дальнейшего развития исследованных.

Вторым естественным направлением уточнения предложенной модели является учёт ограниченной рациональности активных агентов (Г. Саймон, Р. Хайнер, Р. Зельтен, Д. Канеман, А. Тверски и др.).

Третье направление развития – исследование ОС с несколькими центрами управления (случай распределённого контроля), а также многоуровневых ОС.

Заметим, что управляемая подсистема ОС может иметь техническую, биологическую, экономическую или иную природу. Учёт специфики управляемой подсистемы, определяемой характеристикой её состояния, правилом его изменения и другими элементами модели, играет существенную роль при разработке и реализации механизмов управления ОС. Хотя закономерности процессов управления и структура механизмов управления имеют общий характер, на практике нельзя успешно управлять ОС, не понимая её технико-экономической специфики. Поэтому модельное описание динамики управляемой подсистемы и условий её жизнеспособности играет важную роль в ТУОС наряду с учётом и согласованием интересов входящих в её состав активных агентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Философский энциклопедический словарь*. – М.: Советская энциклопедия, 1983. – 840 с. [*Filosofskii entsiklopedicheskii slovar'*. – Moscow: Sovetskaya entsiklopediya, 1983. – 840 s. (In Russian)]
2. *Белов М.В., Новиков Д.А.* Методология комплексной деятельности. – М.: Ленанд, 2018 – 320 с. [*Belov, M.V., Novikov, D.A.* Metodologiya kompleksnoi deyatelnosti. – M.: Lenand, 2018 – 320 s. (In Russian)]
3. *Бурков В.Н., Новиков Д.А.* Теория активных систем: состояние и перспективы. – М.: СИНТЕГ, 1999. – 128 с. [*Burkov, V.N., Novikov, D.A.* Teoriya aktivnykh sistem: sostoyanie i perspektivy. – M.: SINTEG, 1999. – 128 s. (In Russian)]
4. *Новиков Д.А.* Теория управления организационными системами. – М.: Изд-во физ.-мат. лит., 2007. – 584 с. [*Novikov, D.A.* Teoriya upravleniya organizatsionnymi sistemami. – M.: Izd-vo fiz.-mat. lit., 2007. – 584 s. (In Russian)]
5. *Гермейер Ю.Б.* Введение в теорию исследования операций. – М.: Наука, 1971. – 384 с. [*Germeier, Yu.B.* Vvedenie v teoriyu issledovaniya operatsii. – M.: Nauka, 1971. – 384 s. (In Russian)]
6. *Гермейер Ю.Б.* Игры с противоположными интересами. – М.: Наука, 1976. – 328 с. [*Germeier, Yu.B.* Igrы s neprotivopolozhnyimi interesami. – M.: Nauka, 1976. – 328 s. (In Russian)]
7. *Кукушкин Н.С., Морозов В.В.* Теория неантагонистических игр. – М.: МГУ, 1984. – 106 с. [*Kukushkin, N.S., Morozov, V.V.* Teoriya neantagonisticheskikh igr. – M.: MGU, 1984. – 106 s. (In Russian)]
8. *Горелик В.А., Горелов М.А., Кононенко А.Ф.* Анализ конфликтных ситуаций в системах управления. – М.: Радио и связь, 1991. – 288 с. [*Gorelik, V.A., Gorelov, M.A., Kononenko, A.F.* Analiz konfliktnykh situatsii v sistemakh upravleniya. – M.: Radioisvyaz', 1991. – 288 s. (In Russian)]
9. *Laffont, J.-J., Martimort, D.* The Theory of Incentives: The Principal-Agent Model. – Princeton: Princeton University Press, 2002. – 421 p.
10. *Угольницкий Г.А.* Управление устойчивым развитием активных систем. – Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального ун-та, 2016. – 940 с. [*Ougolnitskiy, G.A.* Upravlenie ustoychivym razvitiem aktivnykh sistem. – Rostov-na-Donu: Izd-vo Yuzhnogo federal'nogo un-ta, 2016. – 940 s. (In Russian)]
11. *Угольницкий Г.А.* Методология и прикладные задачи управления устойчивым развитием активных систем // Проблемы управления. – 2019. – № 2. – С.19–29. [*Ougolnitskiy, G.A.* Methodology and Applied Problems of the Sustainable Management in Active Systems. – Control Sciences. – 2019. – No. 2. – P. 19–29. (In Russian)]
12. *Угольницкий Г.А., Горбанёва О.И., Усов А.Б.* и др. Теория управления устойчивым развитием активных систем // Управление большими системами. – 2020. – Вып.84. –С.89–113. [*Ugol'nitskii, G.A., Gorbaneva, O.I., Usov, A.B., et al.* Theory of Sustainable Management in Active Systems. – Large Systems Control. – 2020. – Iss. 84. – P. 89–113. (In Russian)]
13. *Ерешко Ф.И.* Приложение иерархических игр к управлению организационными системами // XIV Всероссийское совещание по проблемам управления (ВСПУ-2024): сборник научных трудов / Под общ. ред. Д.А. Новикова. – М.: ИПУ РАН, 2024. – С. 3314–3318. [*Ereshko, F.I.* Prilozhenie ierarkhicheskikh igr k upravleniyu organizatsionnymi sistemami // XIV Vserossiiskoe soveshchanie po problemam upravleniya (VSPU-2024): sbornik nauchnykh trudov / Pod obshch. red. D.A. Novikova. – M.: IPURAN, 2024. – S. 3314–3318. (In Russian)]
14. *Словохотов Ю.Л.* Физика общества: Применение физических моделей в описании общественных явлений.–М.: ЛЕНАНД, 2024. – 880 с. [*Slovokhotov, Yu.L.* Fizika obshchestva: Primenenie fizicheskikh modelei v opisaniі obshchestvennykh yavlenii. – M.: LENAND, 2024. – 880 s. (In Russian)]
15. *Ougolnitskiy, G., Gorbaneva, O.* Sustainable Management in Active Networks // Mathematics. – 2022. – Vol. 10, no. 16. – Art. no. 2848.



16. Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Рефлексия и управление: математические модели. – М.: ЛЕНАНД, 2022. – 416 с. [Novikov, D.A., Chkhartishvili, A.G. Refleksiya i upravlenie: matematicheskie modeli. – М.: LENAND, 2022. – 416 s. (In Russian)]
17. Бурков В.Н., Еналеев А.К., Коргин Н.А. Согласованность и неманипулируемость механизмов организационного управления: текущее состояние проблемы, ретроспектива, перспективы развития теоретических исследований // Автоматика и телемеханика. – 2021. – № 7. – С. 5–37. [Burkov, V.N., Enaleev, A.K., Korgin, N.A. Incentive Compatibility and Strategy-Proofness of Mechanisms of Organizational Behavior Control: Retrospective, State of the Art, and Prospects of Theoretical Research. – Automation and Remote Control. – 2021. – Vol. 82, no. 7. – P. 1119–1143.]
18. Щепкин А.В. Динамические активные системы с дальновидными элементами I. Динамическая модель активной системы // Автоматика и телемеханика. – 1986. – № 10. – С. 89–94. [Shchepkin, A.V. Dinamicheskie aktivnyye sistemy s dal'novidnymi elementami I. Dinamicheskaya model' aktivnoi sistemy // Avtomatika i telemekhanika. – 1986. – № 10. – S. 89–94. (In Russian)]
19. Угольницкий Г.А., Чепель Е.Н. Теоретико-игровой подход к управлению составом и структурой триангуляционной измерительной системы в условиях априорной неопределённости // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2024. – № 2. – С. 53–66. [Ugolnitskiy, G.A., Chepel, E.N. Game-Theoretic Approach to Managing the Composition and Structure of a Bearing-Only Measurement System in Conditions of A Priori Uncertainty. – Journal of Computer and System Sciences International. – 2024. – Vol. 63, no. 2. – P. 343–356.]
20. Агиев Х.Р. Модель массового обслуживания в системе логистического взаимодействия железной дороги с морским портом // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 6. – URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2022/7733>. [Agiev, Kh.R. Model of Queuing in the System of Logistic Interaction of the Railway with the Seaport // Engineering Journal of Don. – 2022. – No. 6. – URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2022/7733>. (In Russian)]
21. Деменский В.И., Мальсагов М.Х., Агиев Х.Р. Модель взаимодействия двух типов транспорта в смешанных перевозках // Инженерный вестник Дона. – 2023. – № 7. – URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2023/8528>. [Demenskii, V.I., Mal'sagov, M.K., Agiev, K.R. A Model of Interaction between Two Types of Transport in Multimodal Transport // Engineering Journal of Don. – 2023. – No. 7. – URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2023/8528>. (In Russian)]
22. Агиев Х.Р., Мальсагов М.Х., Угольницкий Г.А. Динамические модели согласования интересов активных участников логистического взаимодействия. Ч. 1 // Системы управления и информационные технологии. – 2024. – № 1 (95). – С. 31–36. [Agiev, Kh.R., Malsagov, M.Kh., Ougolnitskiy, G.A., Dynamic Models of the Coordination of Interests of the Active Participants of Logistic Interactions. Part 1 // Sistemy Upravleniya i Informatsionnye Tekhnologii. – 2024. – No. 1 (95). – P. 31–36. (In Russian)]
23. Агиев Х.Р., Мальсагов М.Х., Угольницкий Г.А. Динамические модели согласования интересов активных участников логистического взаимодействия. Ч. 2 // Системы управления и информационные технологии. – 2024. – № 3 (97). – С. 30–34. [Agiev, Kh.R., Malsagov, M.Kh., Ougolnitskiy, G.A. Dynamic Models of The Coordination of Interests of the Active Participants of Logistic Interactions. Part 2 // Sistemy Upravleniya i Informatsionnye Tekhnologii. – 2024. – No. 3 (97). – P. 30–34. (In Russian)]
24. Агиев Х.Р. Организационная система массового обслуживания «железная дорога – морской порт» // Инженерный вестник Дона. – 2025. – № 4. – URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2025/10019>. [Agiev, Kh.R. Queuing Organizational System “Railway - Marine Port” // Engineering Journal of Don. – 2025. – No. 4. – URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2025/10019>. (In Russian)]
25. Бурков В.Н., Новиков Д.А., Щепкин А.В. Механизмы управления эколого-экономическими системами / Под ред. акад. С.Н. Васильева. – М.: Изд-во физ.-мат. лит., 2008. – 244 с. [Burkov, V.N., Novikov, D.A., Shchepkin, A.V. Mekhanizmy upravleniya ekologo-ekonomicheskimi sistemami / Pod red. akad. S.N. Vasil'eva. – М.: Izd-vo fiz.-mat. lit., 2008. – 244 s. (In Russian)]
26. Угольницкий Г.А. Управление эколого-экономическими системами. – М.: Вуз. книга, 1999. – 132 с. [Ugolnitskiy, G.A. Upravlenie ekologo-ekonomicheskimi sistemami. – М.: Vuz. kniga, 1999. – 132 s. (In Russian)]
27. Мазалов В.В., Реттиева А.Н. Асимметрия в кооперативной задаче управления биоресурсами // Управление большими системами. – 2015. – Вып. 55. – С. 280–325. [Mazalov, V.V., Rettieva, A.N. Asymmetry in a Cooperative Bioresource Management Problem // Large-Scale Systems Control. – 2015. – No. 55. – P. 280–325. (In Russian)]
28. Реттиева А. Cooperation Maintenance in Dynamic Discrete-Time Multicriteria Games with Application to Bioresource Management Problem // J. of Computational and Applied Mathematics. – 2024. – Vol. 441, no. 8. – Art. no. 115699.
29. Grune, L., Kato, M., Semmler, W. Solving Ecological Management Problems Using Dynamic Programming // J. of Economic Behavior and Organization. – 2005. – Vol. 57, no. 4. – P. 448–473.
30. Fanokoa, P.S., Telahigue, I., Zaccour, G. Buying Cooperation in an Asymmetric Environmental Differential Game // J. of Economic Dynamics and Control. – 2011. – Vol. 35, no. 6. – P. 935–946.
31. Сухинов А.И., Угольницкий Г.А., Усов А.Б. Методы решения теоретико-игровых моделей согласования интересов при управлении рыболовством // Математическое моделирование. – 2019. – № 31 (6). – С. 127–144. [Sukhinov, A.I., Ougolnitskiy, G.A., Usov, A.B. Methods of Solving the Theoretic Game Models for Coordinating Interests in Regulating the Fishery Industry. – Mathematical Models and Computer Simulations. – 2020. – Vol. 12. – P. 176–184.]
32. Механизмы управления / Подред. Д.А. Новикова. – М.: Ленанд, 2011. – 192 с. [Mekhanizmy upravleniya / Pod red. D.A. Novikova. – М.: Lenand, 2011. – 192 s. (In Russian)]
33. Belov, M.V., Novikov, D.A. Optimal Enterprise: Structures, Processes and Mathematics of Knowledge, Technology and Human Capital. – BocaRaton: CRC Press, 2021. – 344 p.
34. Модели военных, боевых и специальных действий / Под ред. Д.А. Новикова. – М.: Ленанд, 2025. – 528 с. [Modeli voennykh, boevykh i spetsial'nykh deistvii / Pod red. D.A. Novikova. – М.: Lenand, 2025. – 528 s. (In Russian)]

Статья представлена к публикации членом редколлегии академиком РАН Д. А. Новиковым.

Поступила в редакцию 27.05.2025,
после доработки 19.06.2025.
Принята к публикации 25.06.2025.

© 2025 г. Угольницкий Г. А.



Угольницкий Геннадий Анатольевич – д-р физ.-мат. наук,
Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону,
✉ gaugolnickiy@sfedu.ru
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5085-5144>

Эта статья доступна по [лицензии Creative Commons «Attribution» \(«Атрибуция»\) 4.0 Всемирная](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

THE ESSENCE, ATTRIBUTES, AND DESCRIPTION PRINCIPLE OF ORGANIZATIONAL SYSTEMS

G. A. Ougolnitsky

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

✉ gaugolnickiy@sfedu.ru

Abstract. The concept and essence of an organizational system are discussed. A general characterization of this concept is provided within the theory of control in organizational systems. Several attributes are indicated to classify a given system as an organizational one (the description principle of organizational systems). A mathematical model of a general organizational system is described, with an illustrative example based on the Cournot duopoly. Extended examples of some classes of organizational systems specified using this principle are presented. Such classes include special-purpose organizational and technical systems, queuing organizational systems, and ecological-economic organizational systems. Typical representatives of each class are described within the general model proposed. This paper has a methodological focus and is intended to define a standard description of organizational systems.

Keywords: organizational systems, game-theoretic models, control in active systems.

Acknowledgments. This work was supported by the Russian Science Foundation, project no. 25-11-00094.