

# ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ АКТИВНЫМИ СИСТЕМАМИ



ГЕННАДИЙ АНАТОЛЬЕВИЧ УГОЛЬНИЦКИЙ

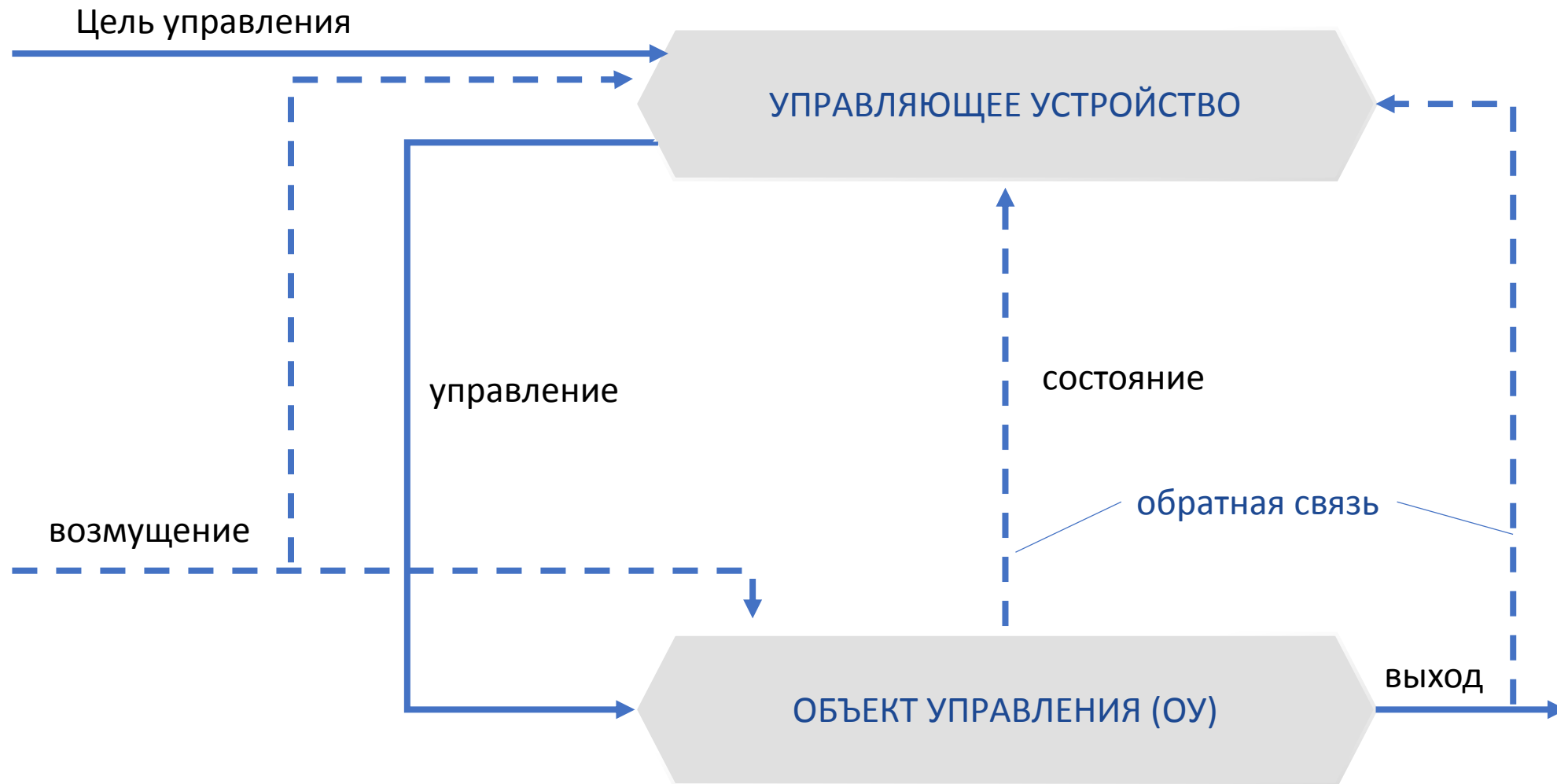
ЗАВЕДУЮЩИЙ КАФЕДРОЙ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И  
ПРОГРАММИРОВАНИЯ ИНСТИТУТА МАТЕМАТИКИ,  
МЕХАНИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК  
ИМ. И.И. ВОРОВИЧА  
ЮЖНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА,  
Д.Ф.-М.Н., ПРОФЕССОР

XIV Всероссийское совещание по проблемам управления (ВСПУ-2024)

Москва, ИПУ РАН им. В.А. Трапезникова

20 июня 2024 года

# СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ



# ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

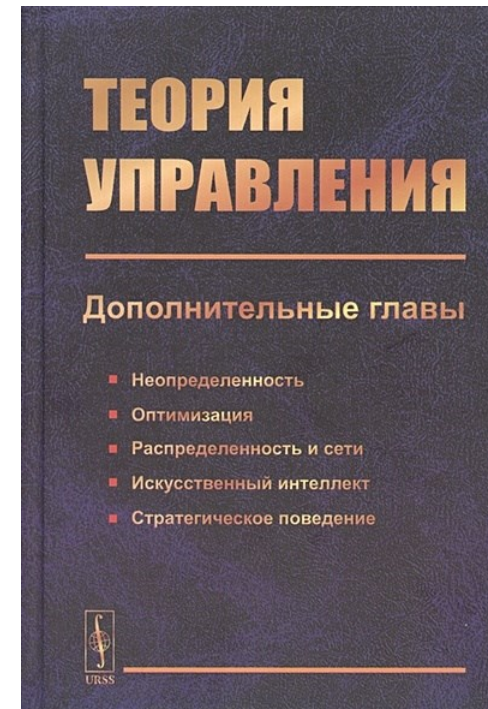
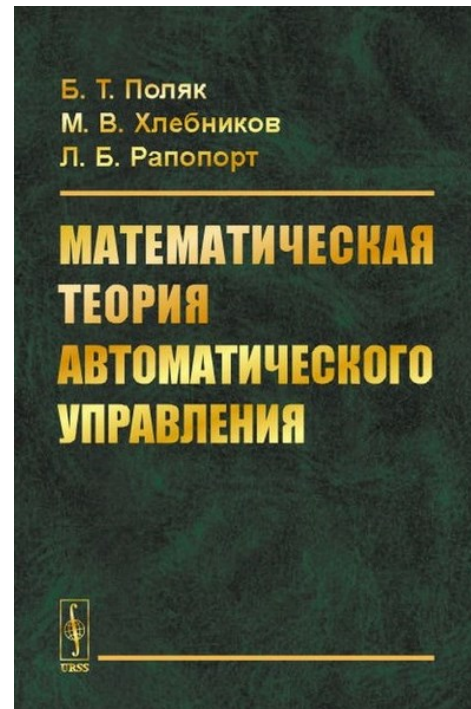
---



Дж. К. Максвелл, И.А. Вышнеградский

Критерии устойчивости Рауса, Гурвица, Найквиста, Михайлова

А.А. Марков (мл.), А.А. Вавилов, В.И. Зубов, А.А. Первозванский, Е.П. Попов, Я.З. Цыпкин, Р.М. Юсупов и др.



# ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ



**Каляев И.А.:** Разработана теория построения нейросетевых систем управления целенаправленным поведением автономных мобильных роботов в недетерминированных средах, а также теоретические основы коллективного управления роботами при их групповом применении. Разработаны теоретические основы проектирования самоорганизующихся информационно-управляющих систем повышенной надёжности, а также высокопроизводительных многопроцессорных вычислительных и управляющих систем с реконфигурируемой архитектурой.

## *Литература:*

*Каляев И.А., Левин И.И., Семерников Е.А., Шмойлов В.И. Реконфигурируемые мультиконвейерные вычислительные структуры / Под общей ред. И.А. Каляева. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2009.*

*Каляев И.А., Гайдук А.Р., Капустян С.Г. Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов. – Москва: Физматлит, 2009.*

*Каляев А.И., Каляев И.А. Самоорганизующиеся распределённые системы. - Москва: РАН, 2023.*

# ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ



**Алёшин Б.С.:** концепция введения элементов искусственного интеллекта в контур автопилота самолётов и вертолётов для обеспечения глубокой реконфигурации и адаптации к условиям эксплуатации.

**Аншаков Г.П.:** новое научное направление в теории управления большими распределёнными системами дистанционного получения информации, теория и методы адаптивного управления автоматическими космическими аппаратами наблюдения, методология структурного синтеза информационно-управляющих систем этих аппаратов с элементами искусственного интеллекта.

**Арсеньев Д.Г.:** адаптивное управление стохастическими вычислительными процессами.

## *Литература:*

*Ориентация и навигация подвижных объектов : современные информационные технологии: под общ. ред. Б. С. Алёшина, К. Веременко, А. И. Черноморского. - М.: Физматлит, 2006.*

*Арсеньев Д.Г., Иванов В.М., Шкодырев В.П. Адаптивное управление вычислительными процессами. - СПб.: Наука, 2011.*

**Васильев С.Н.:** Разработаны методы представления и обработки знаний в проблематике интеллектуализации автоматических и антропоцентрических систем управления и в проблематике анализа переносимости свойств математических моделей при тех или иных преобразованиях, в том числе для сведения анализа исходной модели к анализу более простой. Разработанные методы применены в задачах динамики систем и интеллектуализации систем управления с нелинейными и логико-динамическими моделями при возможном наличии неопределённостей и возмущений, динамики автоматных сетей и асинхронных переключательных схем, управления многорежимными формациями (группировками) движущихся объектов, управления скрытностью и/или поиском объекта в конфликтной среде.

*Литература:*

*Васильев С.Н., Жерлов А.К., Федосов Е.А., Федунов Б.Е. Интеллектуальное управление динамическими системами. – М.: Физматлит, 2000.*

# ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ



**Галяев А.А.:** Управление подвижными объектами в условиях неполноты информации, переменной среды и противодействия. Комплексирование информации по различным типам физических полей, траекторная оптимизация и движение групп управляемых объектов в задачах уклонения, перехвата и преследования в условиях противодействия и недостатка информации.

**Кузнецов Н.В.:** Теория скрытых колебаний и устойчивости, анализ нелинейных систем управления, систем фазовой синхронизации, регулярной и хаотической динамики.

## *Литература:*

*Buzikov M.E., Galyaev A.A., Minimum-time lateral interception of a moving target by a Dubins car // Automatica. 2022. Vol. 135. 109968.*

*Buzikov M.E., Galyaev A.A., Estimating the Target Survival Probability in the Attackers–Target–Defenders Problem // Automation and Remote Control. 2021. Vol. 82, No. 9. С. 1597-1606.*

*Кузнецов Н.В. Теория скрытых колебаний и устойчивость систем управления // Известия РАН. Теория и системы управления, N5, 2020, 5-27.*

*Kuznetsov N.V. Theory of hidden oscillations and stability of control systems // Journal of Computer and Systems Sciences International, 59(5), 2020, 647-668. Кузнецов Н.В., Лобачев М.Ю., Юлдашев М.В., Юлдашев Р.В. О проблеме Гарднера для систем управления фазовой автоподстройкой частоты // Доклады Академии наук, 489(6), 2019, 541-544.*



# ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ



**Куржанский А.Б.:** Обратные задачи теории наблюдения и идентификации, нелинейного анализа и оптимизации, методы решения задач управления при наличии функциональных ограничений, в том числе импульсных управлений, теория гарантированного оценивания динамики систем по результатам измерений — методы идентификации, фильтрации и интерполяции для обыкновенных и распределённых процессов, результаты задач игрового управления и позиционного наблюдения, синтез управлений в условиях неполной информации.

**Созинов П.А.:** Методы повышения помехоустойчивости информационных подсистем перспективных зенитных ракетных систем ПВО-ПРО на основе адаптивного управления режимами и параметрами их радиолокационных средств, методы и алгоритмы адаптивного управления зенитно-ракетными комплексами, реализованные в программно-алгоритмических комплексах в составе автоматизированных систем управления перспективными группировками ВКО.

*Литература:*

*Куржанский А.Б. Избранные труды. - М.: МГУ, 2009.*

*Концептуальный подход к оцениванию и снижению радиолокационной заметности объектов. Журнал «Радиоэлектронная борьба» том 3, номер 1, 2022. 5–15 с. / П.А. Созинов, Г.И. Андреев, В.А. Тихомиров, М.Е. Замарин.*

*Цифровые двойники. Монография / Под. ред. П.А. Созинова М.: Радиотехника, 2022. (Научная серия «Принятие решений в управлении»).*



# ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ



**Черноусько Ф.Л.:** Теория управления динамическими системами в условиях неполной информации, при наличии внешних возмущений и погрешностей измерений. Разработка методов управления нелинейными динамическими системами. Гарантированные методы управления при неполной информации. Метод эллипсоидов для оценки состояния динамических систем, подверженных возмущениям. Исследование дифференцированных игр при дефиците информации. Приложения методов оптимального управления для расчета траекторий летательных аппаратов и оптимальных технологических процессов.

## *Литература:*

*Ф.Л. Черноусько, А.А. Меликян. Игровые задачи управления и поиска. - Москва, Наука, 1978.*

*Ф.Л. Черноусько, В.Б. Колмановский. Оптимальное управление при случайных возмущениях. - Москва, Наука, 1978.*

*F.L. Chernousko, I.M. Ananievski, S.A. Reshmin. Control of Nonlinear Dynamical Systems. - Springer, Berlin, Germany, 2008.*

# ТЕОРИЯ АКТИВНЫХ СИСТЕМ. ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ

---



**В.Н. Бурков, Д.А. Новиков и др. (ИПУ РАН)**

Понятие активного агента и активной системы (1969). Задача метаигрового синтеза.

Закон открытого управления. Механизмы управления: построение и исследование свойств

*Литература:*

*Бурков В.Н. Основы математической теории активных систем. - М., 1977.*

*Бурков В.Н., Новиков Д.А. Теория активных систем: состояние и перспективы. - М., 1999.*

*Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. - М., 2007.*

# ДИНАМИЧЕСКИЕ ПОСТАНОВКИ

---



## *Литература:*

*Новиков Д.А., Смирнов И.М., Шохина Т.Е.*

*Механизмы управления динамическими активными системами. - М., 2002.*

*Белов М.В. Согласованное управление многоэлементными динамическими организационными системами. Ч. 1. Динамическая организационная система в составе одного центра и множества агентов // Проблемы управления, 2020, вып. 1, 39–47.*

*Белов М.В. Согласованное управление многоэлементными динамическими организационными системами. Ч. 2. Многоуровневая динамическая организационная система // Проблемы управления, 2020, вып. 2, 36–46.*

# ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕОРИЯ ИЕРАРХИЧЕСКИХ СИСТЕМ

---



**Н.Н. Моисеев, Ю.Б. Гермейер, В.А. Горелик,  
Ф.И. Ерешко, А.Ф. Кононенко и др. (ВЦ РАН, МГУ)**

Классификация информационных структур и методы поиска решений. Теорема Гермейера.  
Модель Гермейера-Вателя. Понятие идеальной согласованности.

*Литература:*

*Гермейер Ю.Б. Игры с противоположными интересами. - М., 1975.*

*Гермейер Ю.Б., Ватель И.А. Игры с иерархическим вектором интересов // Известия АН СССР. Техническая кибернетика, 1974 (3), 54-69.*

*Горелик В.А., Кононенко А.Ф. Теоретико-игровые модели принятия решений в эколого-экономических системах. - М., 1982.*

*Горелик В.А., Горелов М.А., Кононенко А.Ф. Анализ конфликтных ситуаций в системах управления. - М., 1991.*

# ТЕОРИЯ КОНТРАКТОВ

---



## (THEORY OF CONTRACTS, THEORY OF INCENTIVES)

Ж.-Ж. Лаффон, Д. Мартимор, П.К. Робертс, П. Миллгром,

**О. Харт, Б. Холмстром и др.**

Задача формирования оптимального контракта при информационной асимметрии. Модели moral hazard и adverse selection. Принцип раскрытия информации и понятие incentive compatibility.

# ДИЗАЙН МЕХАНИЗМОВ

---



## (MECHANISM DESIGN)

Л. Гурвиц, Р. Майерсон, Э. Маскин, Ж. Тироль,

Ж.-Ж. Лаффон, Дж. Ледьярд, Т. Гроувс и др.

Разработка неманипулируемых механизмов выявления мнений.

Механизмы Викри-Кларка-Гроувса. Правило ведущего элемента Кларка.

### *Литература:*

*Laffont J.-J., Martimort D. The Theory of Incentives: The Principal-Agent Model. - Princeton University Press, 2002.*

*Myerson R. Incentive compatibility and the bargaining problem // Econometrica, 1979, 47, 61–73.*

*Myerson R. Optimal coordination mechanisms in generalized principal-agent models // J. Math. Econ., 1982, 10, 67–81.*

*Myerson R. Mechanism design by an informed principal // Econometrica, 1983, 51, 1767–1798.*

# МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ: ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ, ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ И РАЗНОСТНЫЕ ИГРЫ



Н.Н. Субботина, В.Н. Ушаков, А.Г. Ченцов, А.М. Тарасьев, А.Ф. Клеймёнов и др.

(Институт математики и механики им. Н.Н. Красовского УРО РАН)

Л.А. Петросян, Е.М. Парилина, А.А. Седаков и др. (СПбГУ)

В.В. Мазалов, А.Н. Реттиева, Ю.В. Чиркова и др. (ИПМИ Карельского НЦ РАН)

Т. Башар, М. Бретон, Э. Докнер, Ж. Заккур, Г. Зоргер, С.Йоргенсен, Г. Мартин-Эрран, Г.Я. Ольсдер,

М. Тидбалл, Д.В.К. Янг и др.

Концепция динамической устойчивости принципов оптимальности

Процедура распределения дележа

*Литература:*

*Basar T., Olsder G.J. Dynamic Noncooperative Game Theory. - SIAM, 1999.*

*Dockner E., Jorgensen S., Long N.V., Sorger G. Differential Games in Economics and Management Science. – Cambridge University Press, 2000.*

*Красовский Н.Н., Субботин А.И. Позиционные дифференциальные игры. - М., 1974.*

*Клеймёнов А. Ф. Неантагонистические позиционные дифференциальные игры. - Екатеринбург, 1993.*

*Мазалов В.В. Математическая теория игр и приложения. – СПб., 2010.*

*Зенкевич Н.А., Петросян Л.А., Янг Д.В.К. Динамические игры и их приложения в менеджменте. - СПб., 2009.*

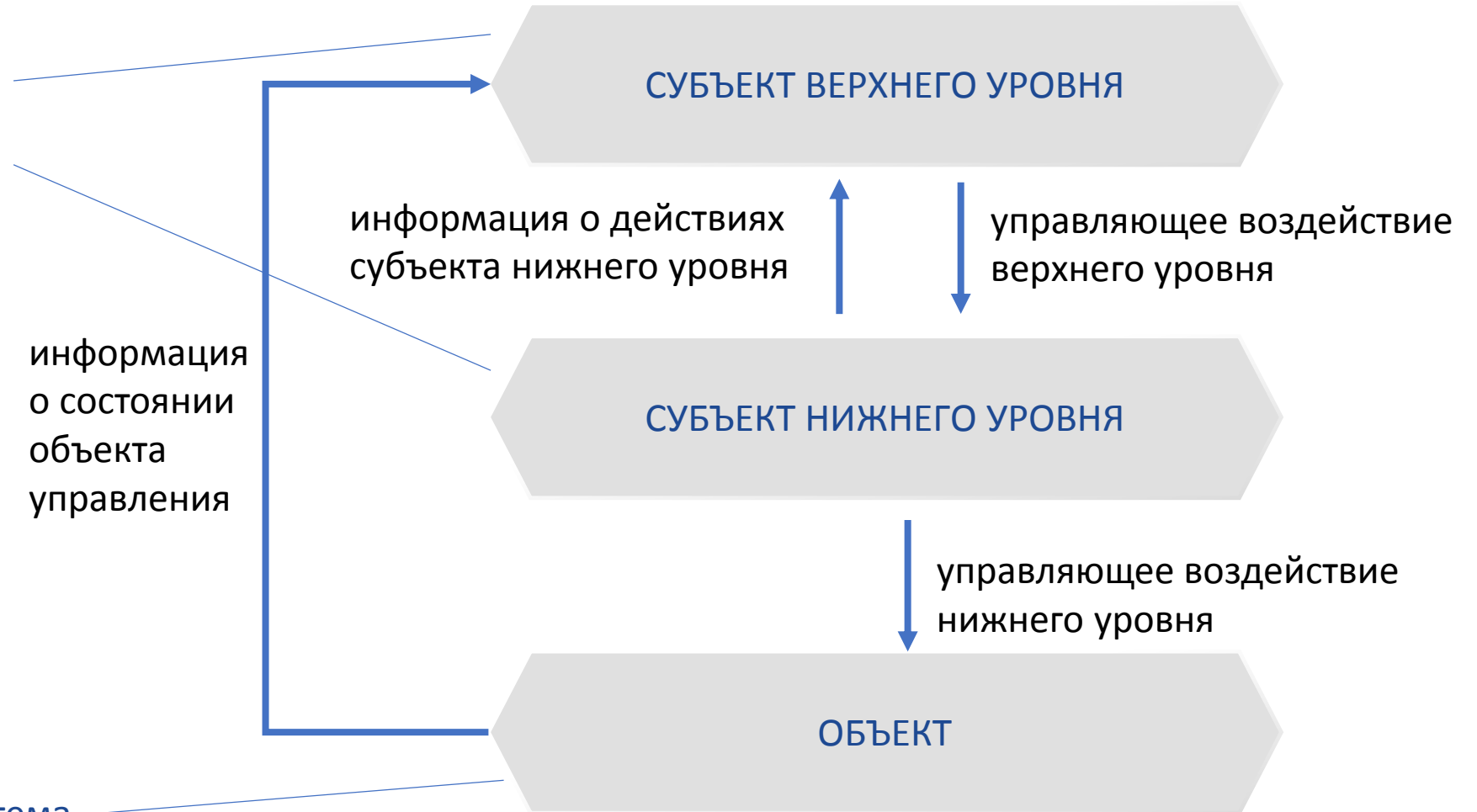
*Петросян Л.А., Зенкевич Н.А., Шевкопляс Е.В. Теория игр. – СПб., 2012.*



# ПОНЯТИЕ РАСШИРЕННОЙ АКТИВНОЙ СИСТЕМЫ



комплексный субъект  
иерархического  
управления; активная  
управляющая подсистема



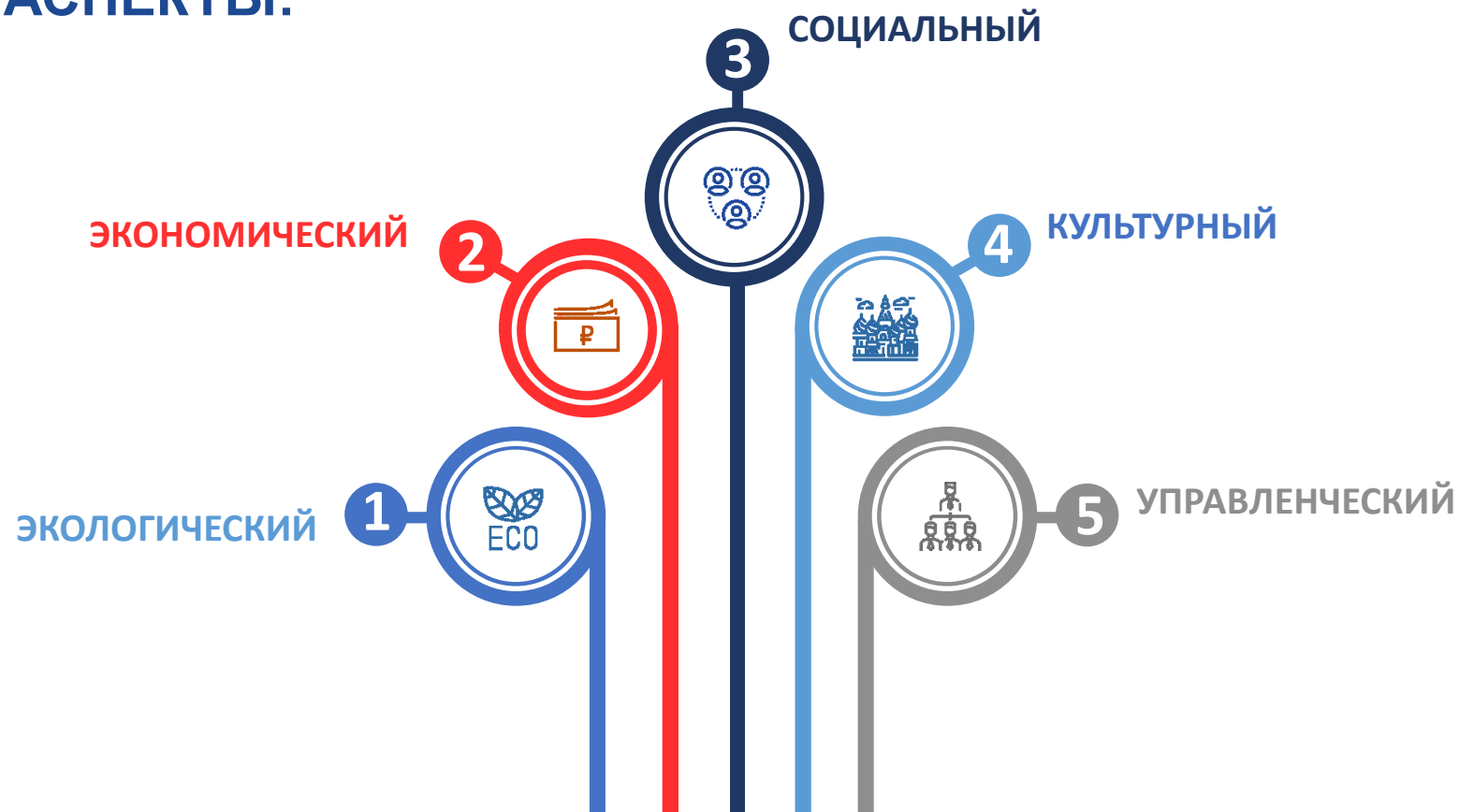
пассивная управляемая система

# ТЕОРИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ (SUSTAINABILITY SCIENCE)



Устойчивое развитие обеспечивает нужды современного поколения и не подрывает возможностей для будущих поколений удовлетворять их потребности (Our Common Future, 1987).

## ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ:

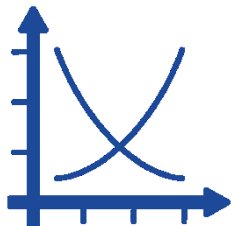


## Основные выводы:



баланс («три столпа»)

- Наша специфика:
- ✓ обобщение для произвольных активных систем;
  - ✓ добавление требования согласования интересов.



понятие гомеостаза  
(жизнеспособности):  
viability theory (J.-P. Aubin)

Р

Цель управления состоит в обеспечении жизнеспособности управляемой подсистемы.

# ПОНЯТИЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ



СОГЛАСОВАНИЕ  
ИНТЕРЕСОВ



УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ



ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ

# МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФОРМАЛИЗАЦИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ



	<b>ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ</b>	<b>СОГЛАСОВАНИЕ ИНТЕРЕСОВ</b>
<b>СЛАБАЯ ФОРМА</b>	<p>НЕЙТРАЛЬНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ТРАЕКТОРИИ УПРАВЛЯЕМОЙ СИСТЕМЫ</p> $\forall t \in [t_0, T]$ $x(t) \in [x^* - \varepsilon, x^* + \varepsilon] (*)$	<p>СТРАТЕГИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ РЕШЕНИЯ ИГРЫ</p> <p>(равновесия Нэша, Штакельберга и др.)</p>
<b>СИЛЬНАЯ ФОРМА</b>	<p>АСИМПТОТИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ТРАЕКТОРИИ УПРАВЛЯЕМОЙ СИСТЕМЫ</p> $(*) + \lim_{t \rightarrow \infty} x(t) = x^*$	<p>ДИНАМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ РЕШЕНИЯ ИГРЫ</p> <p>(решение остаётся оптимальным в любой подыгре на <math>[t_0, T]</math> )</p>

# МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФОРМАЛИЗАЦИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ



## ИСХОДНАЯ МОДЕЛЬ

$$J_i = \int_0^{\infty} e^{-\rho t} g_i(x(t), u(t), t) dt \rightarrow \max \quad (1)$$

$$u_i(t) \in U_i, i \in N \quad (2)$$

$$\frac{dx}{dt} = f(x(t), u(t), t), \quad x(0) = x_0 \quad (3)$$

$$x(t) \in X^*, t \geq 0 \text{ (жизнеспособность)} \quad (4)$$

## УСЛОВИЯ РАЗРЕШИМОСТИ

$NE$  – множество равновесий Нэша в (1) - (3)

(заинтересованность)

$U^* = \{u \in U: \text{верно условие жизнеспособности}\}$

***Это совершенно различные множества!***

$$U_{SM} = NE \cap U^*$$

Если это множество не пусто, то задача управления устойчивым развитием имеет решение.

## ВВЕДЕНИЕ ЦЕНТРА

$$J_0 = \int_0^{\infty} e^{-\rho t} g_i(x(t), u(t), t) dt \rightarrow \max \quad (5)$$

$$p(t) \in P, q(t) \in Q \quad (6)$$

$$J_i = \int_0^{\infty} e^{-\rho t} g_i(x(t), p_i(t), u(t), t) dt \rightarrow \max \quad (7)$$

$$u_i(t) \in U_i(q_i(t)), i \in N \quad (8)$$

в силу (3) и (4) – теперь это ограничение Центра.

## УСЛОВИЯ РАЗРЕШИМОСТИ

$NE(p, q)$  – множество равновесий Нэша в игре агентов как оптимальная реакция на  $(p, q)$

$U^*(q) = \{u \in U(q) : \text{верно условие жизнеспособности (4)}\}$

$$U_{SM}(p, q) = NE(p, q) \cap U^*(q)$$

Если при некоторых  $(p, q)$  это множество не пусто, то задача управления устойчивым развитием имеет решение.



# МЕТОДЫ ИЕРАРХИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ



	<b>ПРИНУЖДЕНИЕ</b>	<b>ПОБУЖДЕНИЕ</b>	<b>УБЕЖДЕНИЕ</b>
<b>ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ МЕТОДА</b>	НАСИЛЬСТВЕННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫБОРА ВЕДОМЫМ СТРАТЕГИИ, ЖЕЛАЕМОЙ ВЕДУЩИМ	ЖЕЛАЕМАЯ ВЕДУЩИМ СТРАТЕГИЯ БОЛЕЕ ВЫГОДНА ВЕДОМОМУ, ЧЕМ НЕЖЕЛАЕМЫЕ	ВЕДОМЫЙ ДОБРОВОЛЬНО И ОСОЗНАННО ВЫБИРАЕТ СТРАТЕГИЮ, ЖЕЛАЕМУЮ ВЕДУЩИМ
<b>ПРИРОДА ВОЗДЕЙСТВИЯ</b>	АДМИНИСТРАТИВНО-ЗАКОНОДАТЕЛЬНОЕ	ЭКОНОМИЧЕСКОЕ	СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКОЕ
<b>ТИП ОТНОШЕНИЙ</b>	СУБЪЕКТНО-ОБЪЕКТНЫЕ	СУБЪЕКТНО-ОБЪЕКТНЫЕ С ЧАСТИЧНЫМ УЧЁТОМ ИНТЕРЕСОВ ВЕДОМОГО	СУБЪЕКТНО-СУБЪЕКТНЫЕ
<b>МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФОРМАЛИЗАЦИЯ</b> <i>(Угольницкий 2002, 2005)</i>	<b>ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЕДУЩЕГО НА МНОЖЕСТВО ДОПУСТИМЫХ СТРАТЕГИЙ ВЕДОМОГО</b>	<b>ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЕДУЩЕГО НА ФУНКЦИЮ ВЫИГРЫША ВЕДОМОГО</b>	<b>ПЕРЕХОД ВЕДУЩЕГО И ВЕДОМОГО К КООПЕРАЦИИ</b>



01

## ДИСКРЕТИЗАЦИЯ ИСХОДНЫХ НЕПРЕРЫВНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ

*Угольницкий и Усов 2013, 2014, 2016*

02

## МЕТОД КАЧЕСТВЕННО РЕПРЕЗЕНТАТИВНЫХ СЦЕНАРИЕВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

*Ougolnitsky, Usov 2018*

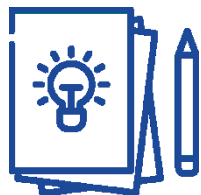
03

## МЕТОДЫ СЛУЧАЙНОГО ПОИСКА, НЕЙРОННЫЕ СЕТИ И МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ИГР

*Белявский, Данилова, Угольницкий 2016, 2018;*

*Belyavsky, Danilova, Ougolnitsky 2018, 2019a,b, 2022, 2023*

# УПРАВЛЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ



ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ ПРОЦЕССОВ ОРГАНИЗАЦИИ, ВКЛЮЧАЮЩЕЙ ОСНОВНЫЕ, ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ.



СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ СТИМУЛИРОВАНИЯ, ПООЩРЯЮЩЕЙ СОБЛЮДЕНИЕ ПЛАНОВЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЦЕССОВ И ШТРАФУЮЩЕЙ ЗА ИХ НАРУШЕНИЕ.



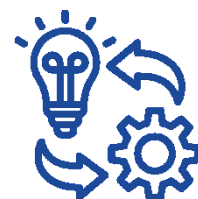
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЦЕССОВ И ИХ ПЛАНОВЫХ ЗНАЧЕНИЙ, СОВОКУПНОСТЬ КОТОРЫХ ХАРАКТЕРИЗУЕТ УСЛОВИЯ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ.



ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ПРЕДУПРЕЖДАЮЩИХ ДЕЙСТВИЙ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ВАРИАНТНЫЕ ПРОГНОЗНЫЕ РАСЧЁТЫ.



МОНИТОРИНГ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, СНАБЖЕНИЕ ИНФОРМАЦИЕЙ О ТЕКУЩЕМ СОСТОЯНИИ ПРОЦЕССОВ



**РЕАЛИЗАЦИЯ И СОПРОВОЖДЕНИЕ КОРПОРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННО-МОДЕЛИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ КАК ГЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА УПРАВЛЕНИЯ.**



ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ КОРРЕКТИРУЮЩИХ ДЕЙСТВИЙ В СЛУЧАЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ НЕСООТВЕТСТВИЯ ТЕКУЩИХ ЗНАЧЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЦЕССОВ ПЛАНОВЫМ.

# УПРАВЛЕНИЕ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ



Эколого-экономические системы представляют собой один из наиболее характерных классов распределённых активных систем с сетевой структурой, для которого было первоначально определено понятие устойчивого развития.

**ЦЕНТР** - орган государственного управления, выполняющий природоохранные функции.

**АГЕНТЫ** - предприятия-природопользователи.

**УПРАВЛЯЕМАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА** – некоторая экологическая система.



*Литература:*

*Общие вопросы управления ЭЭС (Угольницкий, Усов 2009а; Ougolnitsky, Usov 2009; Ugol'nitskii, Usov 2011; Kornienko, Ougolnitsky 2014) Модели управления качеством водных ресурсов для различных конфигураций расширенных активных систем (Угольницкий, Усов 2003, 2004, 2007, 2009б).*

*Динамические теоретико-игровые модели двухуровневых систем управления экосистемой мелководного водоёма (на примере Азовского моря) и управления рыболовством (Никитина и др. 2016; Угольницкий и др. 2017; Сухинов, Угольницкий, Усов 2019, 2020).*

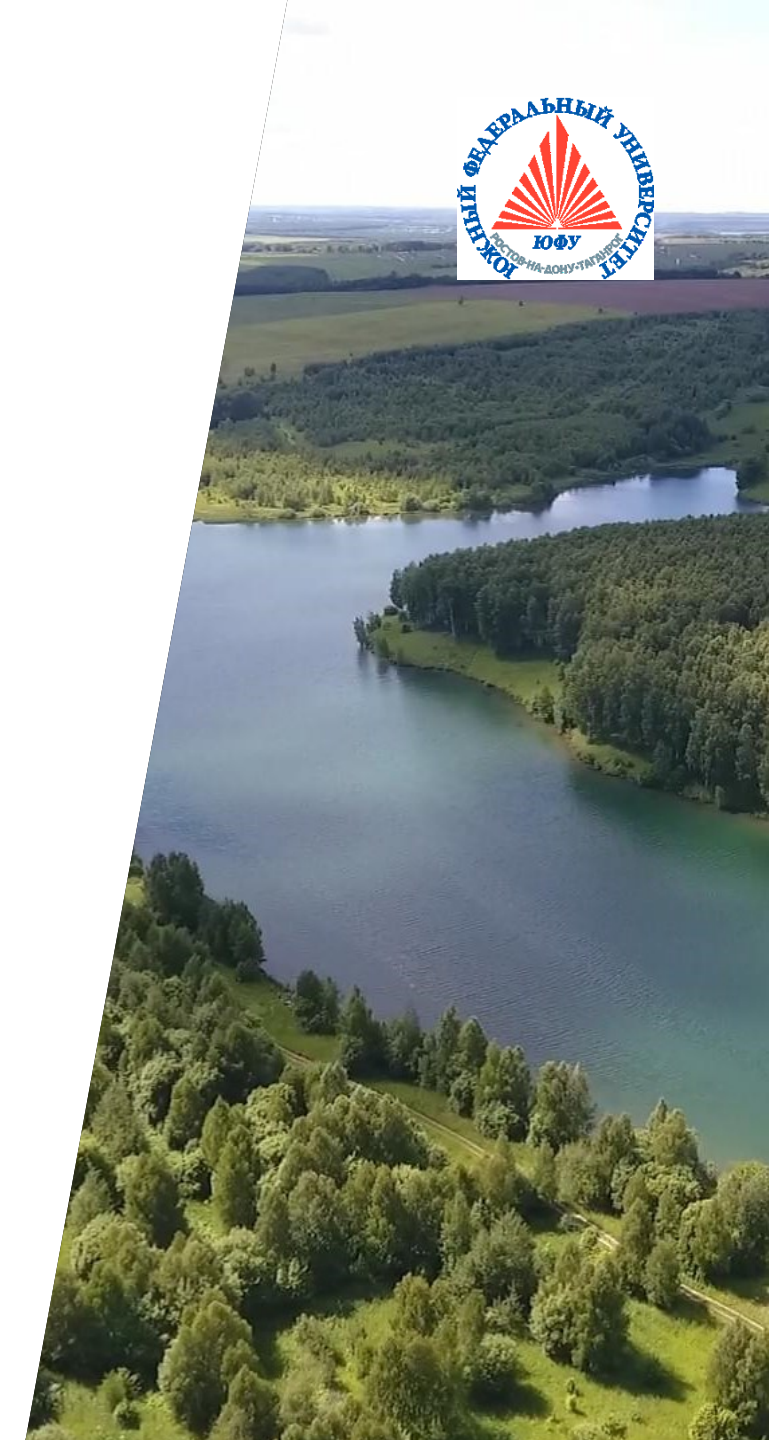
*Численный метод нахождения равновесий Нэша и Штакельберга в моделях контроля качества речных вод (Решитько, Угольницкий, Усов 2020, 2023)*

# УПРАВЛЕНИЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ

*Концепция и модели управления устойчивым развитием территориальных социально-экономических систем (Дружинин и Угольницкий 2013).*

*Анализ региональной социо-эколого-экономической системы как активной системы с сетевой структурой (Ougolnitsky 2017; Ougolnitsky et al. 2018).*

*Модели согласования общественных и частных интересов территориальных агентов при распределении ресурсов, в частности, при реализации проектов государственно-частного партнёрства (Анопченко, Мурзин, Угольницкий 2017; Anopchenko et al. 2019a-d; Горбанёва, Мурзин, Угольницкий 2018; Горбанёва 2019; Gorbaneva, Murzin, Ougolnitsky 2021).*



# УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ



Проведён анализ сравнительной эффективности методов управления устойчивым развитием в дифференциально-игровых моделях с использованием данных социологических опросов.

## 1

### МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ

учреждений высшего образования на различных уровнях иерархии, особенно на уровне кафедры (Агиева, Мальсагов, Угольницкий 2003; Мальсагов 2006).

## 2

### АНАЛИЗ УНИВЕРСИТЕТА КАК АКТИВНОЙ СИСТЕМЫ

с сетевой структурой (Мальсагов 2018; Malsagov 2019).

## 3

### МОДЕЛИ СОЦИАЛЬНОГО ПАРТНЕРСТВА

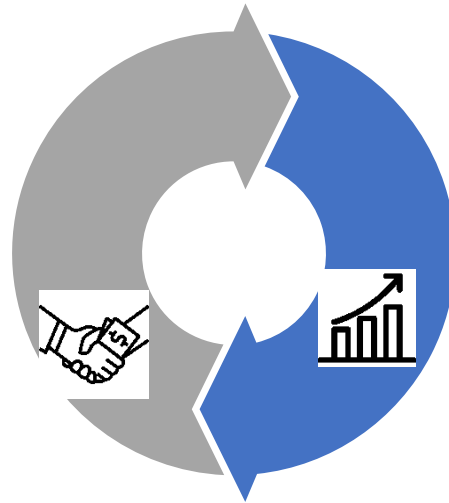
в системе дополнительного профессионального образования (Дьяченко, Тарасенко, Угольницкий 2013; Dyachenko et al. 2014, 2015; Нор-Аревян, Тарасенко, Угольницкий 2018).

# УПРАВЛЕНИЕ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ АКТИВНЫХ СИСТЕМ ПРИ КОРРУПЦИИ



Концепция математического моделирования борьбы с коррупцией в иерархических системах управления:

коррупция есть **обратная связь в системе управления** по величине взятки;



борьба с коррупцией успешна, если для управляемой системы выполняются **условия устойчивого развития (жизнеспособности)**.

*Рыбасов, Угольницкий 2004; Денин, Угольницкий 2010; Антоненко, Угольницкий, Усов 2013; Угольницкий, Усов 2010а,б, 2012, 2014а,б,в; Горбанёва, Угольницкий 2013, 2015, 2016); Горбанёва, Угольницкий, Усов 2014, 2015; Gorbaneva, Ougolnitsky, Usov 2016; Мальсагов, Угольницкий, Усов 2019*

*Моделирование коррупции при проведении конкурсов (Kozlov, Ougolnitsky, Usov, Malsagov 2021; Kozlov, Ougolnitsky 2022)*

*Проекты РФФИ 12-01-00017 «Математическое моделирование коррупции в иерархических системах управления» (2012-2014), 18-01-00053 "Динамические модели борьбы с коррупцией в иерархических системах управления" (2018-2020)*



# ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СТИМУЛИРОВАНИЯ



Известный результат для статической модели стимулирования (*Новиков 2007*) обобщён в **динамической стохастической** постановке в различных вариантах для одного и нескольких агентов (*Рохлин, Угольницкий 2018; Rokhlin, Ougolnitsky 2019a,b*).

$$F(s(y), y) = H(y) - s(y) \rightarrow \max$$

$$f(s(y), y) = s(y) - c(y) \rightarrow \max$$

$$s^*(x, y) = \begin{cases} c(x) + \varepsilon, & y = x \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

$$\text{где } x \in \mathop{\text{Arg}} \max_y [H(y) - c(y)]$$

# МОДЕЛИ СОГЛАСОВАНИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ И ЧАСТНЫХ ИНТЕРЕСОВ (СОЧИ-МОДЕЛИ)



Построена теория статических СОЧИ-моделей распределения ресурсов  
(Горбанёва, Угольницкий 2014, 2015; Gorbaneva, Ougolnitsky 2013, 2015, 2018; Горбанёва 2019).

$$g_i(u) = p_i(r - u) + s_i(u)c(u) \rightarrow \max, q \leq u \leq r$$

**ТЕОРЕМА** При  $n \geq 2$  и выполнении условий:

1)  $p_i(0) = 0, c(0) = 0$ ;

2) функции  $c, p_i$  возрастающие и вогнутые

системная согласованность может иметь место только при определённом разбиении множества агентов на два класса: индивидуалистов ( $u = 0$ ) и коллективистов ( $u = r$ ).

Проведено исследование динамических СОЧИ-моделей в различных предметных областях с помощью метода КРС ИМ  
(Оноприенко, Угольницкий, Усов 2016, 2019; Угольницкий, Усов 2016, 2019; Antonenko, Gorbaneva, Ougolnitsky 2016).

# МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ



1

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ

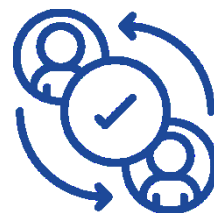
происходит в условиях существенной априорной неопределённости;



2

## СТОРОНЫ

имеют противоположные цели и стремятся достигнуть несовместимых состояний;



3

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

функционирования накладывают ограничения на активность участников системы.



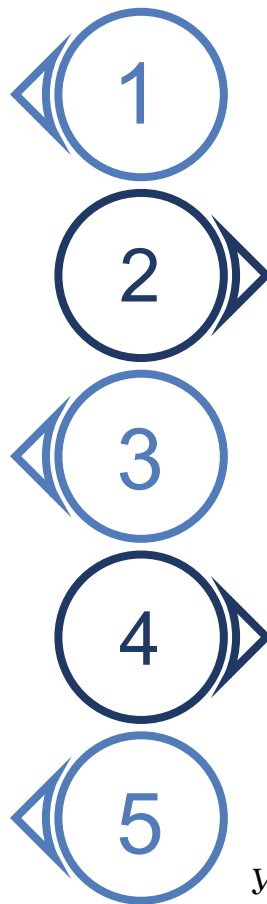
# МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ



Разработан новый метод оценивания местоположения источника радиоизлучения (ИРИ) на базе многопозиционной триангуляционной измерительной системы (ТИС), использующий принципы мультиструктурности и кластеризации, позволяющий повысить качество оценивания параметров ИРИ и осуществлять обнаружение недостоверных измерительных каналов в условиях информационного конфликта.

Предложена и исследована модель кооперативного поиска размещения измерительных пунктов ТИС, которая при помощи теоретико-игрового подхода позволяет находить оптимальное (в смысле указанных критериев) размещение пунктов ТИС.

Разработаны оптимизационные процедуры для кластерно-вариационного метода (КВМ), включающие: двухэтапный алгоритм КВМ, позволяющий снизить требования к вычислительным ресурсам и сопоставимый по точности с базовым методом; алгоритм автоматического выбора количества кластеров в разбиении; возможность участия оператора на этапе настройки режимов работы метода.



На базе предложенного метода разработана и исследована модель конфликтного взаимодействия, позволяющая оценить время работы и вероятность победы противоборствующих сторон или указать на недостаточность средств для осуществления противодействия.

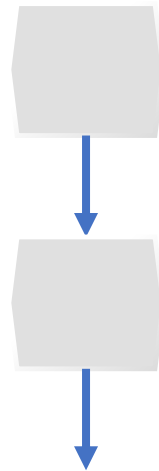
Обоснована возможность комбинированного применения фильтрации Калмана и КВМ для оценивания параметров движения ИРИ, обеспечивающая возможность работы в условиях наличия недостоверных измерительных каналов с учетом действий оператора.

*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.*

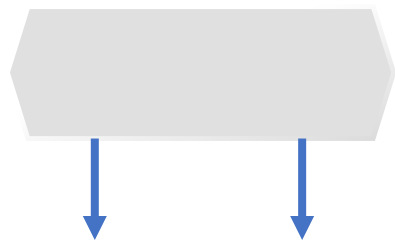
# СПОСОБЫ ОРГАНИЗАЦИИ АКТИВНЫХ АГЕНТОВ



конкуренция



иерархия



кооперация

	NE	C	ST (Г1)	IST (Г2)
$u_1$	6	5	7	8
$u_2$	2	5	2	1
$u_1 + u_2$	8	10	9	9

# МЕТОДИКА СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ СПОСОБОВ ОРГАНИЗАЦИИ АКТИВНЫХ АГЕНТОВ И МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ



	РАВНОПРАВИЕ	КООПЕРАЦИЯ	ИЕРАРХИЯ БЕЗ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ	ИЕРАРХИЯ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ
ПОКАЗАТЕЛИ ОБЩЕСТВЕННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ	$u^{NE}$	$u^C = v(N)$	$u^{ST}, u^{COMP}, u^{IMP}$	$u^{IST}, u^{ICOMP}, u^{IIMP}$
ПОКАЗАТЕЛИ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ, $i \in N$	$u_i^{NE}$	$u_i^C, \Phi_i^{NM}, \Phi_i^{PZ}, \Phi_i^{PG}$	$u_i^{ST}, u_i^{COMP}, u_i^{IMP}$	$u_i^{IST}, u_i^{ICOMP}, u_i^{IIMP}$
ИНДЕКСЫ ОБЩЕСТВЕННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ	$K^{NE} = \frac{u^{NE}}{u^C}$	-	$K^{ST} = \frac{u^{ST}}{u^C}$	$K^{IST} = \frac{u^{IST}}{u^C}$
ИНДЕКСЫ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ, $i \in N$	$K_i^{NE} = \frac{u_i^{NE}}{u_i^C}$	$K_i^{NM} = \frac{\Phi_i^{NM}}{u_i^C},$ $K_i^{PZ} = \frac{\Phi_i^{PZ}}{u_i^C},$ $K_i^{PG} = \frac{\Phi_i^{PG}}{u_i^C}$	$K_i^{ST} = \frac{u_i^{ST}}{u_i^C},$ $K_i^{COMP} = \frac{u_i^{COMP}}{u_i^C},$ $K_i^{IMP} = \frac{u_i^{IMP}}{u_i^C}$	$K_i^{IST} = \frac{u_i^{IST}}{u_i^C},$ $K_i^{ICOMP} = \frac{u_i^{ICOMP}}{u_i^C},$ $K_i^{IIMP} = \frac{u_i^{IIMP}}{u_i^C}$

# МЕТОДИКА СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ СПОСОБОВ ОРГАНИЗАЦИИ АКТИВНЫХ АГЕНТОВ И МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ



**Угольницкий Г.А. Методика сравнительного анализа эффективности способов организации активных агентов и методов управления // Проблемы управления, 2022, 3, 29-39.**

*Ougolnitsky G.A., Usov A.B. Differential Game-Theoretic Models of Cournot Oligopoly with Consideration of the Green Effect // Games, 2023, 14(1), 14.*

*Угольницкий Г.А., Усов А.Б. Сравнительный анализ эффективности способов организации взаимодействия экономических агентов в моделях дуополии Курно с учётом экологических условий // Автоматика и телемеханика, 2023, 2, 150-168.*

*Королёв А.В., Котова М.А., Угольницкий Г.А. Сравнение эффективности методов организации и управления в динамических моделях олигополии Курно // Известия РАН. Теория и системы управления, 2023, 1, 82-105.*

*Galieva N.M., Korolev A.V., Ougolnitsky G.A. Dynamic Resource Allocation Networks in Marketing: Comparing the Effectiveness of Control Methods // Dynamic Games and Applications, 2023, <https://doi.org/10.1007/s13235-023-00494-y>.*

*Korolev A.V., Ougolnitsky G.A. Cooperative game-theoretic models of the Cournot oligopoly // International Game Theory Review, 2023, 25(2), 2350004 (31 p.).*

*Горбанёва О.И., Угольницкий Г.А. Теоретико-игровой анализ взаимодействия экономических агентов в олигополии Курно с учётом линейной структуры, «зелёного» эффекта и заботы о справедливости // Математическая теория игр и её приложения, 2023, 15(1), 3-47.*

*Ougolnitsky G., Korolev A. Game-Theoretic Models of Coopetition in Cournot Oligopoly // Stats, 2023, 6(2), 576-595.*

# ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-ИГРОВЫЕ МОДЕЛИ ОЛИГОПОЛИИ КУРНО С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ЭФФЕКТАМИ



## 1. ИГРА В НОРМАЛЬНОЙ ФОРМЕ

Рассмотрим сетевое обобщение модели олигополии Курно с линейной динамикой загрязнения. Задача фирмы  $i$  имеет вид

$$J_i(x) = \int_0^T e^{-\rho t} \{ [D - c_i - \bar{x}_\kappa(t)] x_i(t) - y_i(t) \} dt \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$0 \leq x_i(t) \leq \frac{D}{n^2}, \quad i \in N, \quad N = \{1, 2, \dots, n\}, \quad t \in [0, T]; \quad (2)$$

$$\dot{y}_i = \lambda \kappa_i x_i(t) - \mu y_i(t), \quad y_i(0) = y_{i0}, \quad \lambda > 0, \quad \mu > 0; \quad (3)$$

$$\bar{x}_\kappa(t) = \sum_{i \in N} \kappa_i x_i(t); \quad (4)$$

$$D > n \left( c_i + \frac{\lambda \kappa_i}{\rho + \mu} \right), \quad i \in N, \quad 0 < c_1 < \dots < c_i < \dots < c_n < \frac{D}{n}, \quad (5)$$

$$\kappa_i = \sum_{m=1}^{n-1} \delta^{m-1} \sum_{j \in K^m(i)} 1 = \sum_{m=1}^{n-1} \delta^{m-1} |K^m(i)|,$$

$$G = \langle N, E \rangle, \quad K^m(i) = \{j \in N : \rho(i, j) = m\}, \quad 0 < \delta < 1.$$

Здесь  $G$ - неориентированный граф (сеть);

$y_i(t)$  - объём выброса загрязняющих веществ в году  $t$  фирмой  $i$  (переменная состояния);

$x_i(t)$  - объём выпуска фирмы  $i$  в году  $t$  (переменная управления);

$D$ - параметр спроса;

$c_i$ - удельные издержки фирмы  $i$ ;

$\mu > 0$  - коэффициент самоочищения окружающей среды.

Заметим, что  $\kappa_i$ - центральность распада вершины  $i$ .



# ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-ИГРОВЫЕ МОДЕЛИ ОЛИГОПОЛИИ КУРНО С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ЭФФЕКТАМИ



Пусть объём выбросов фирмы прямо пропорционален центральности распада соответствующей вершины (в которой расположена фирма) с коэффициентом  $\lambda > 0$ . Предположим, что  $\kappa_1 \leq \kappa_2 \leq \dots \leq \kappa_n$ . Введём обозначения

$$\kappa = \sum_{i=1}^n \kappa_i, \bar{c} = \sum_{i=1}^n c_i.$$

**ТЕОРЕМА** При условии  $\bar{c} - (n + 1)c_i \leq \frac{(n+1)\kappa_i D - nD}{n^2}$ ,  $i = \overline{1, n}$ , где  $n \geq 2$ , выигрыш игрока  $i$  в задаче (1)–(5) есть

$$J_i \max_{\rho+\mu} \frac{1}{\rho+\mu} (e^{-(\rho+\mu)T} - 1)_{i0} + \frac{\lambda^2 \bar{\kappa}^2}{(n+1)^2 \kappa_i (\rho+\mu)^2 (\rho+2\mu)} (e^{-\rho T} - e^{-2(\rho+\mu)T})$$

$$- \left[ \frac{2\lambda^2 \bar{\kappa}^2}{(n+1)^2 \kappa_i (\rho+\mu)^2 \mu} + \frac{1}{(\rho+\mu)\mu} \left( \frac{2\lambda \bar{\kappa} (D + \bar{c} - (n+1)c_i)}{(n+1)^2 \kappa_i} - D + c_i \right) \right] \times (e^{-\rho T} - e^{-(\rho+\mu)T})$$

$$+ \left[ \frac{\lambda^2 \bar{\kappa}^2}{(n+1)^2 \kappa_i (\rho+\mu)^2 \rho} + \frac{1}{(\rho+\mu)\rho} \left( \frac{2\lambda \bar{\kappa} (D + \bar{c} - (n+1)c_i)}{(n+1)^2 \kappa_i} - D + c_i \right) + \frac{(D + \bar{c} - (n+1)c_i)^2}{(n+1)^2 \kappa_i \rho} \right] \times (1 - e^{-\rho T}).$$

# ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-ИГРОВЫЕ МОДЕЛИ ОЛИГОПОЛИИ КУРНО С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ЭФФЕКТАМИ



Равновесная стратегия игрока  $i$  имеет вид

$$x_i = \frac{\lambda[(n+1)\kappa_i - \bar{\kappa}]}{(\rho + \mu)(n+1)\kappa_i} \left( e^{(\rho + \mu)(t-T)} - 1 \right) + \frac{D + \bar{c} - (n+1)c_i}{(n+1)\kappa_i}, \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

- ✓ Аналогичные результаты получены для кооперативной и иерархической постановок.
- ✓ Проведён сравнительный анализ для численного примера сети с шестью вершинами.

# ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-ИГРОВЫЕ МОДЕЛИ ОЛИГОПОЛИИ КУРНО С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ЭФФЕКТАМИ



## 2. ИГРА В ФОРМЕ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ

Характеристическая функция Громовой-Петросяна строится в виде

$$V(y^*(t), T - t, S) = \begin{cases} 0, & S = \{\emptyset\} \\ V^S(t, y(t)), & S \subset N \\ V^c(t, y(t)), & S = N. \end{cases}$$

Здесь  $V^S$  - характеристика коалиции  $S$ , члены которой ведут себя как в максимальной коалиции, а остальные игроки максимизируют свой выигрыш; характеристика максимальной коалиции обозначена через  $V^c$ .

Пусть  $l$ - ребро гиперкуба, на котором достигается максимум кооперативного выигрыша в игре (1)-(5). Возможны два случая: игрок  $l$  принадлежит к коалиции  $S$  или нет.

# ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-ИГРОВЫЕ МОДЕЛИ ОЛИГОПОЛИИ КУРНО С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ЭФФЕКТАМИ



1. Пусть  $l \in S$ . Тогда характеристическая функция  $V^S(t, y(t))$  имеет вид

$$\begin{aligned} V^S(t, y(t)) &= \frac{1}{\rho} \left( \frac{D}{n^2} (|S| - 1)(D + 1 - d^S) \sum_{\substack{i \in S, \\ i \neq l}} c_i \right) (1 - e^{\rho(t-T)}) \\ &+ \frac{1}{\rho} \left( \frac{\lambda d^S}{\mu} - \frac{\lambda^2 \kappa_l}{2\mu(\rho + \mu)} \right) (1 - e^{\rho(t-T)}) + \frac{\lambda \kappa_l D (|S| - 1)}{2\mu(\rho + \mu)n^2} (e^{(\rho+\mu)(t-T)} - e^{\rho(t-T)}) \\ &+ \frac{\lambda^2 \kappa_l}{2\mu(\rho + \mu)(\rho + 2\mu)} (e^{\rho(t-T)} - e^{(\rho+\mu)(t-T)}) + \frac{\lambda^2 \kappa_l}{4(\rho + \mu)^2(\rho + 2\mu)} (e^{2(\mu+\rho)(t-T)} - e^{\rho(t-T)}) \\ &+ \frac{\lambda^2 \kappa_l}{2(\rho + \mu)^2(\rho + 2\mu)} (e^{-2(\rho+\mu)T+\rho t} - e^{-\mu t - (\rho+\mu)T}) \\ &+ \frac{1}{\rho+\mu} \left( y_0 + \frac{\lambda^2 \kappa_l}{2\mu(\rho+\mu)} - \frac{\lambda d^S}{\mu} \right) (e^{-\mu t} - e^{-\mu T + \rho(t-T)}). \end{aligned}$$

# ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-ИГРОВЫЕ МОДЕЛИ ОЛИГОПОЛИИ КУРНО С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ЭФФЕКТАМИ



2. Пусть теперь  $l \notin S$ . Тогда

$$V^S(t, y(t)) = \left[ \frac{r}{\rho} \left( D - c_i - \frac{D}{n^2} \tilde{k} \right) \frac{D}{n^2} + \frac{\lambda D}{\mu \rho n^2} \tilde{k} \right] (1 - e^{\rho(t-T)}) + \frac{1}{\mu + \rho} \left( y_0 - \frac{\lambda D}{\mu n^2} \tilde{k} \right) (e^{-\mu t} - e^{\rho(t-T) - \mu T}).$$

Для соответствующей кооперативной игры строится сильно устойчивое подъядро и рассматривается численный пример для сети с четырьмя вершинами.

Рассматривается также модель с прямым взаимодействием фирм

$$J_i(x) = \int_0^T e^{-\rho t} \{ [D - c_i - x_i(t)] x_i(t) - y_i(t) \} dt - \sum_{m=1}^{n-1} \delta^{m-1} \sum_{j \in K^m(i)} \int_0^T e^{-\rho t} x_j(t) x_i(t) dt \rightarrow \max, \\ 0 \leq x_i(t) \leq \frac{D}{n}, i \in N, \dot{y}_i = k_i x_i(t) - \mu y_i(t), y_i(0) = y_{i0},$$

проводится её исследование для численного примера.

# МОНОГРАФИИ

---



1. Горстко А.Б., Угольницкий Г.А. Введение в моделирование эколого-экономических систем. - Ростов-на-Дону: РГУ, 1990. - 112 с.
2. Горстко А.Б., Угольницкий Г.А. Введение в прикладной системный анализ. - Ростов-на-Дону: АО "Книга", 1996. - 132 с.
3. Угольницкий Г.А. Линейная теория иерархических систем. - М.: ИСА РАН, 1996. - 56 с.
4. Курбатов В.И., Угольницкий Г.А. Математические методы социальных технологий. - М.: Вузовская книга, 1998. - 256 с.
5. Угольницкий Г.А. Управление эколого-экономическими системами. – М.: Вузовская книга, 1999. – 132 с.
6. Угольницкий Г.А. Модели социальной иерархии. - М.: Вузовская книга, 2000. - 88 с.
7. Агиева М.Т., Мальсагов М.Х., Угольницкий Г.А. Моделирование иерархической структуры управления образованием. - Ростов-на-Дону: ООО "ЦВВР", 2003. - 208 с.
8. Мониторинг: от приложений к общей теории / Под ред. Угольницкого Г.А. - Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2009. – 176 с.
9. Угольницкий Г.А. Иерархическое управление устойчивым развитием. – М.: Физматлит, 2010. – 336 с.
10. Угольницкий Г.А. Устойчивое развитие организаций. – М.: Физматлит, 2011. – 320 с.
11. Ougolnitsky G. Sustainable Management. – N.Y.: Nova Science Publishers, 2011. – 288 p.
12. Дружинин А.Г., Угольницкий Г.А. Устойчивое развитие территориальных социально-экономических систем: теория и практика моделирования. – М.: Вузовская книга, 2013. – 224 с.
13. Горбанёва О.И., Угольницкий Г.А., Усов А.Б. Моделирование коррупции в иерархических системах управления. – Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2014. – 412 с.
14. Gorbaneva O.I., Ougolnitsky G.A., Usov A.B. Modeling of Corruption in Hierarchical Organizations. - N.Y.: Nova Science Publishers, 2016. - 552 p.
- 15. Угольницкий Г.А. Управление устойчивым развитием активных систем. – Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2016. – 940 с.**
16. Модели управления устойчивым развитием активных систем и их приложения. Под ред. Г.А. Угольницкого. – Ростов-на-Дону -Таганрог: ЮФУ, 2019. – 328 с.