



**ИПУ РАН**



**МФТИ**

# **УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМАМИ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОЙ ПРИРОДЫ**

**Д.А. Новиков  
ИПУ РАН**

**[dan@ipu.ru](mailto:dan@ipu.ru), [www.ipu.ru](http://www.ipu.ru)**

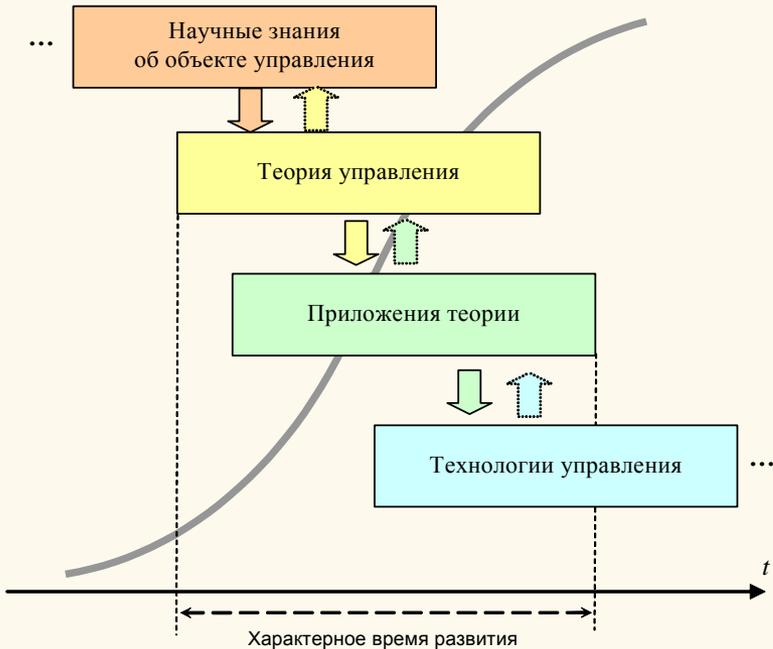
# ПЛАН

1. **Введение: междисциплинарность; иерархичность и гетерогенность объекта управления, управляющей системы и коммуникаций; иерархические модели и иерархии моделей.**
2. **Мультиагентные системы. Децентрализация управления VS иерархической архитектуры агента. Пример: задача о диффузной бомбе.**
3. **Социальные сети. Пример: политика в блогосфере.**
4. **Модели военных действий.  
Пример: рефлексивная игра полковника Блотто.**
5. **Эколого-экономические системы. Пример согласования интересов.**
6. **Управление инновациями. Пример инновационного регресса.**
7. **Организационно-технические системы.  
Примеры: производство, логистика, сетевые организации.**
8. **Заключение: тенденции, проблемы и перспективы.**

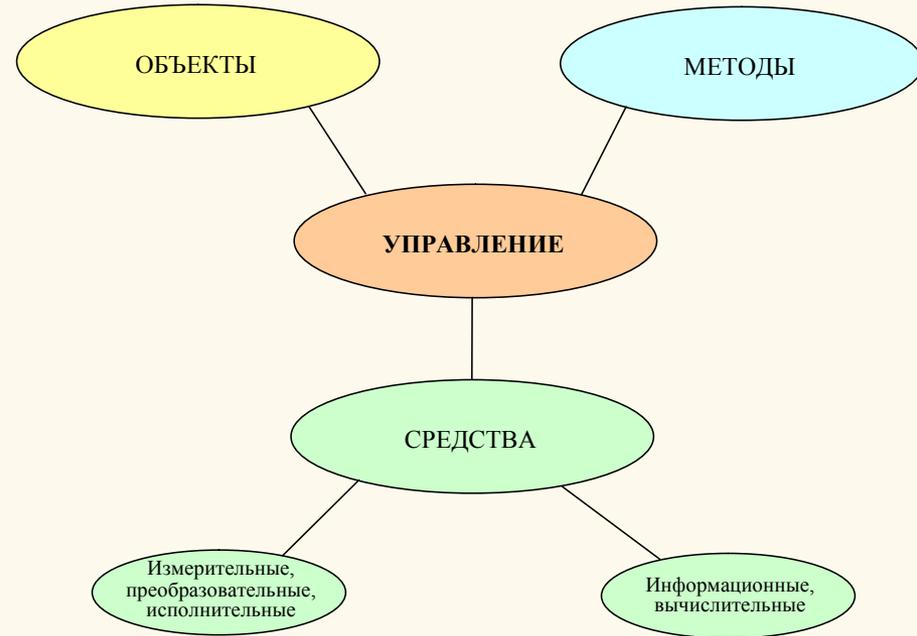
# УПРАВЛЕНИЕ



## СТРУКТУРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

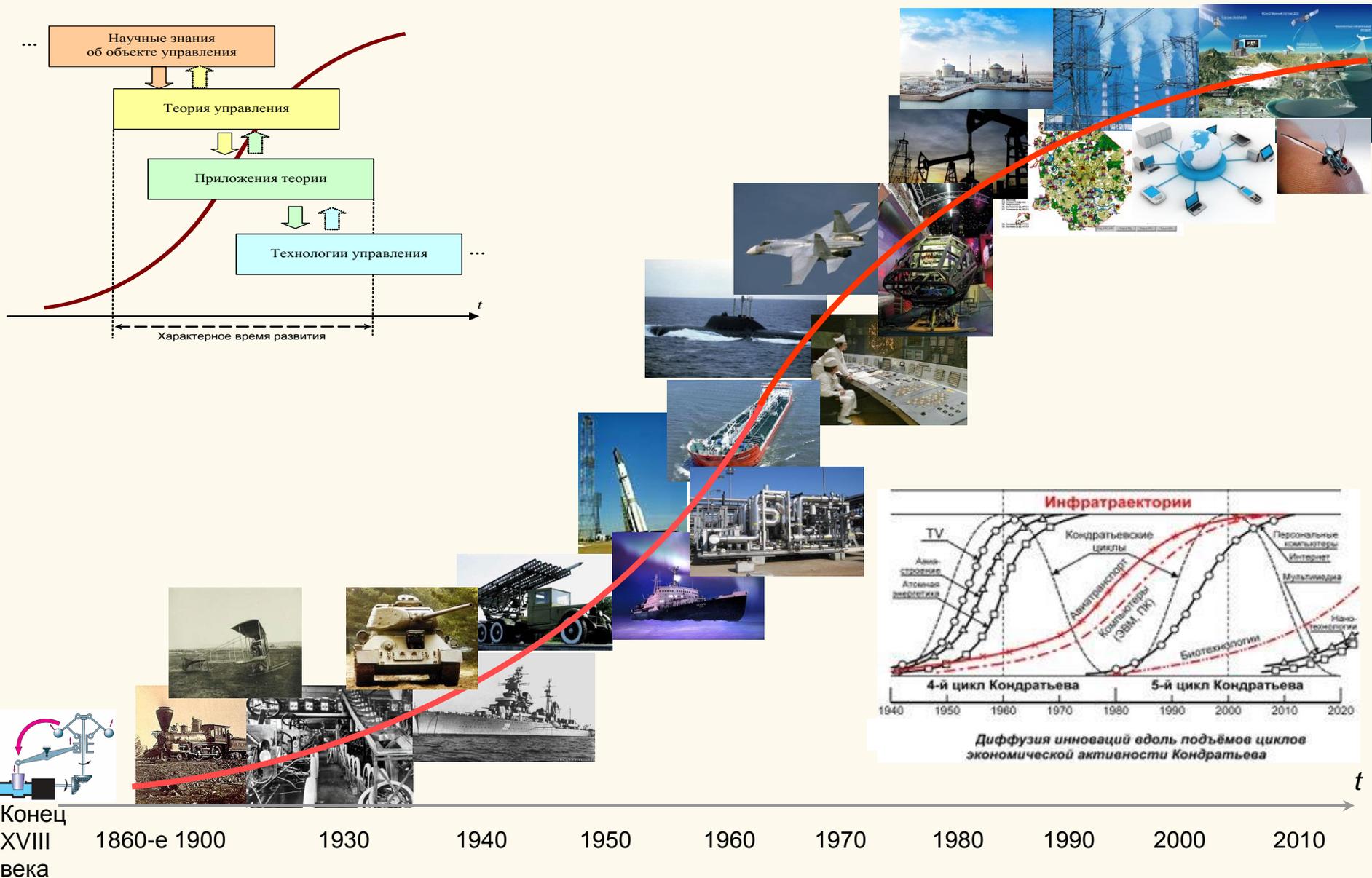


## ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ ОПРЕДЕЛЕННЫМ КЛАССОМ ОБЪЕКТОВ



## ОБЪЕКТЫ, МЕТОДЫ И СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ

# 150 лет ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ «ТЕХНИЧЕСКИМИ» СИСТЕМАМИ

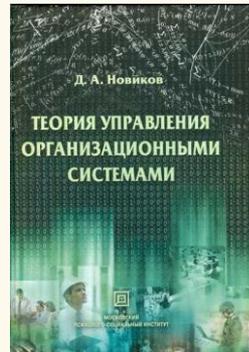
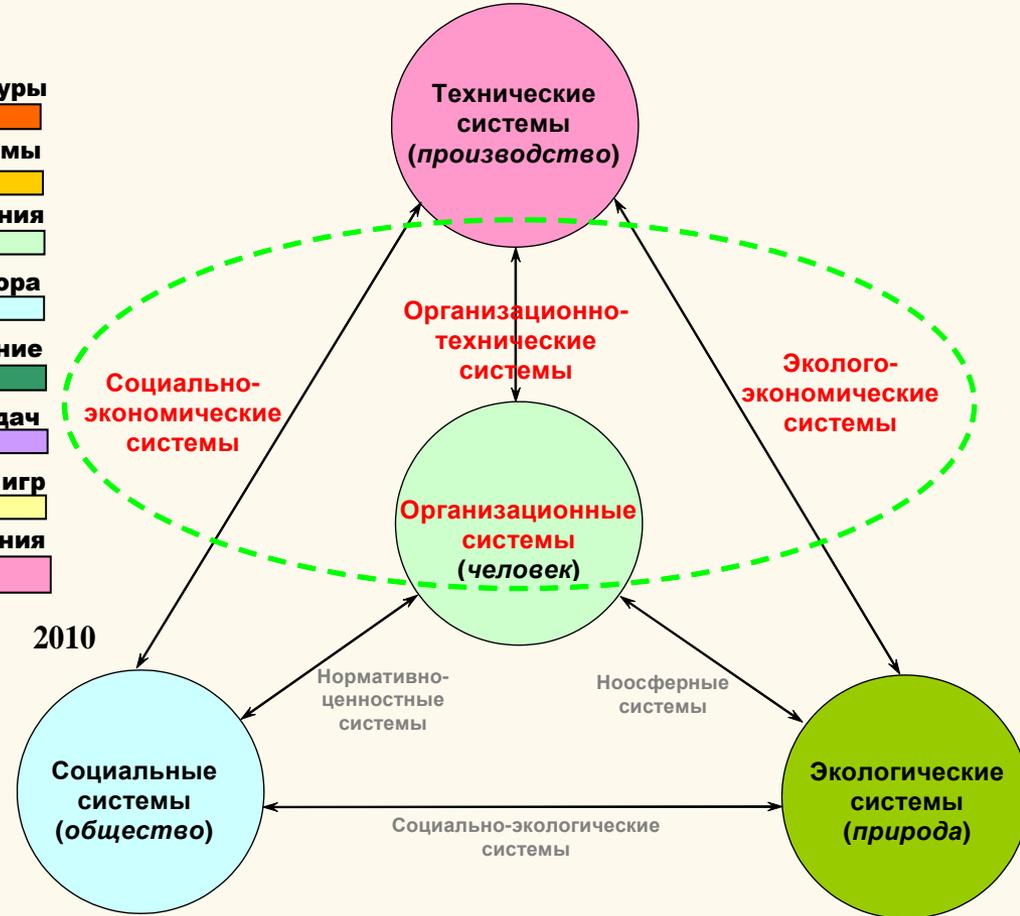


# УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМАМИ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОЙ ПРИРОДЫ: КЛАССИФИКАЦИЯ И ОСНОВАНИЯ

## ОСНОВАНИЯ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ

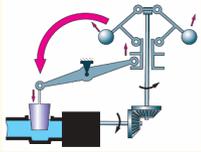
## СИСТЕМЫ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОЙ ПРИРОДЫ

### ИСТОЧНИКИ ОТУ (разделы и смежные науки)



# ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ (объекты управления)

## Механические системы



## Технические системы



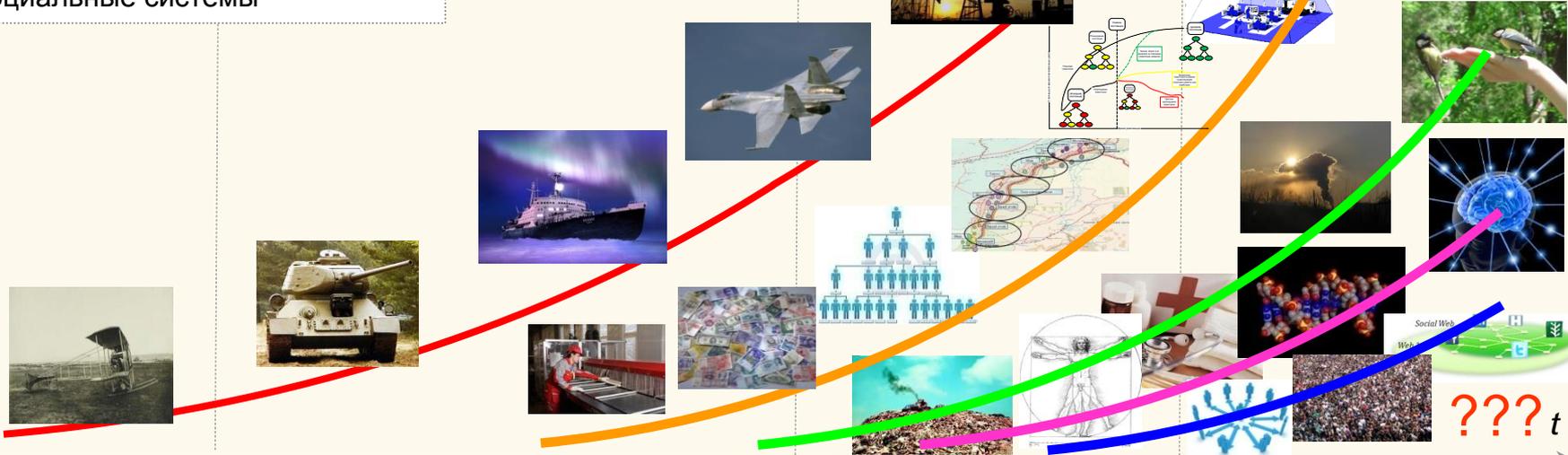
## Организационно-технические и информационные системы



## Децентрализованные интеллектуальные системы



- - технические системы
- - экономические системы
- - эколого-экономические системы
- - живые системы
- - социальные системы



1860-e 1900 1930 1940 1950 1960 1970 1980 1990 2000 2010 2020 ...

???

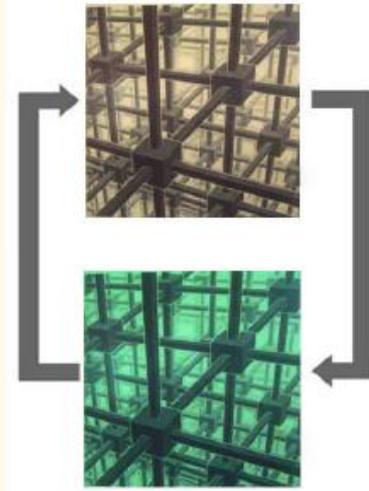
# СОВРЕМЕННЫЕ ПРИОРИТЕТЫ и проблема междисциплинарной интеграции



**Госкомиссией США, спонсированной NSF и оборонными ведомствами, выделены приоритеты:**

Групповое управление. Кластеры космических аппаратов. Командование и управление сражением. Управление финансовыми и экономическими системами. Управление биологическими и экосистемами. Многопрофильные команды людей в контуре управления.

**Единая теория управления, вычислений и связи (С<sup>3</sup>).**



**В Европе (ЕЭС) получили приоритет исследования:**

Человеко-машинный симбиоз (моделирование человека в контуре управления и как объекта управления).

Сложные распределенные системы и повышение качества систем в неопределенной среде (глобальные производства, безопасность, стратегии гетерогенного управления, новые принципы мультидисциплинарной координации и управления) ...



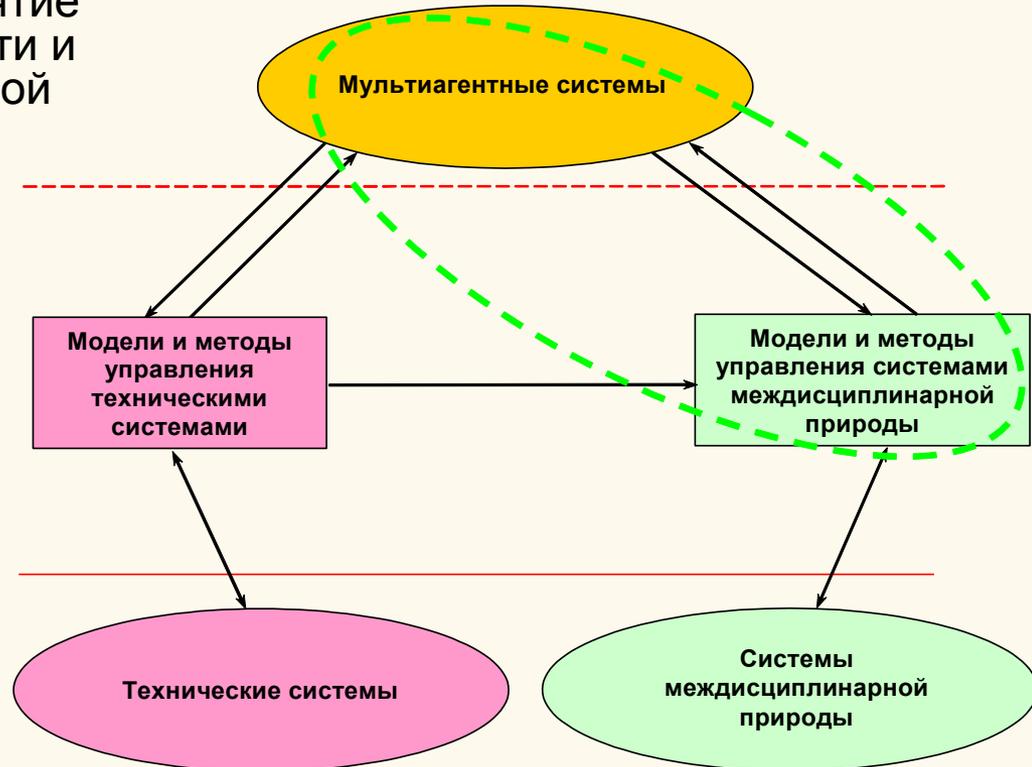
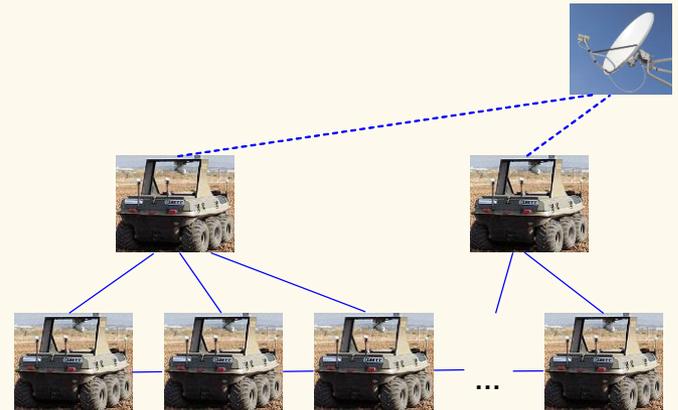
**Основные направления фундаментальных исследований РАН:**

Управление в междисциплинарных моделях организационных, социальных, экономических, биологических и экологических систем; групповое управление; кооперативное управление ...

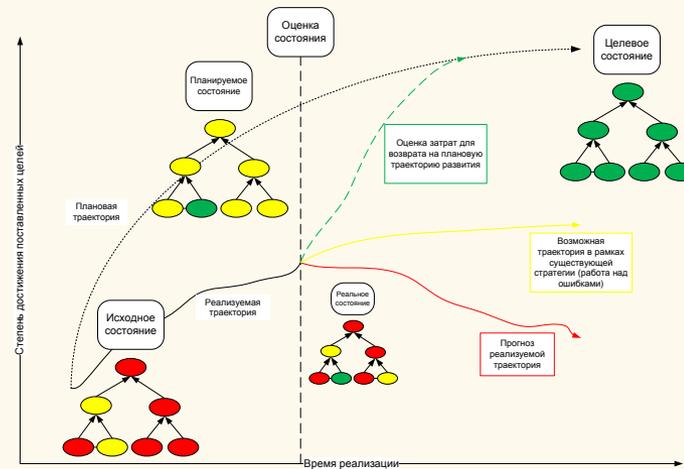
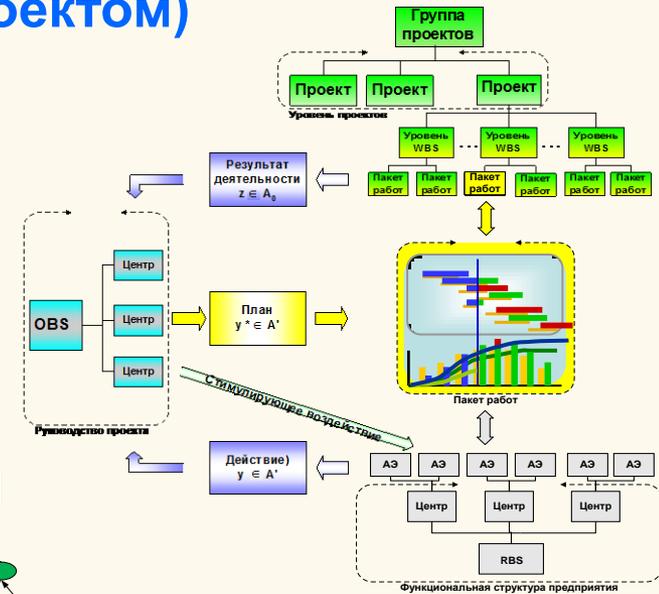
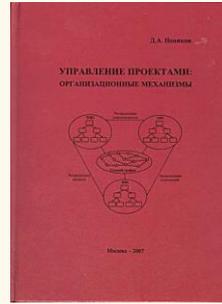
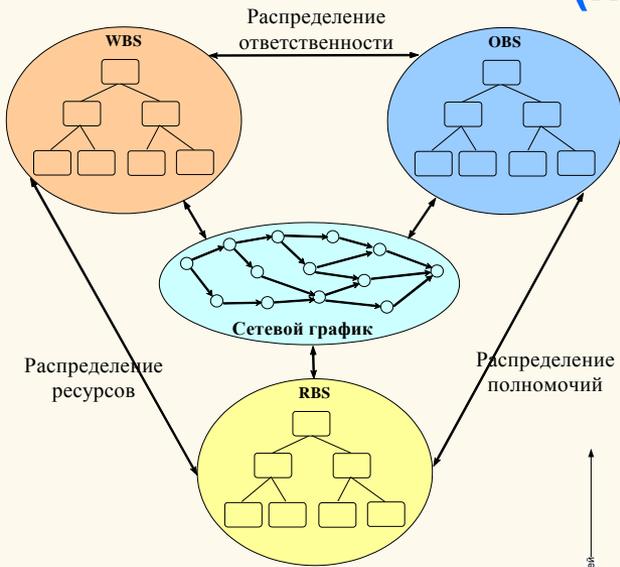
# СПЕЦИФИКА ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

## Специфика объекта управления:

- ✓ Самостоятельное целеполагание, целенаправленность поведения (сознательное искажение информации, невыполнение обязательств и т.д.);
- ✓ Рефлексия (нетривиальная взаимная информированность, дальновидность, эффект обмена ролями и т.п.);
- ✓ Ограниченная рациональность (принятие решений в условиях неопределенности и ограничений на объем обрабатываемой информации);
- ✓ Кооперативное и/или конкурентное взаимодействие (образование коалиций, информационное и др. противодействие);
- ✓ Иерархичность/«сетевизм»;
- ✓ Разномасштабность;
- ✓ Многокомпонентность;
- ✓ Гетерогенность;
- ✓ Распределенность.



# ИЕРАРХИЧНОСТЬ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ, УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ И КОММУНИКАЦИЙ (пример: управление проектом)



## ИЕРАРХИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ИЛИ ИЕРАРХИИ МОДЕЛЕЙ?

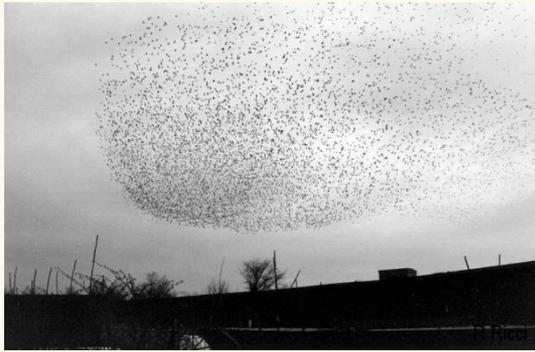


ОТ ИЕРАРХИЙ И СЕТЕЙ - К ИЕРАРХИЯМ СЕТЕЙ  
И СЕТЯМ ИЕРАРХИЙ

# ПЛАН

1. Введение: междисциплинарность; иерархичность и гетерогенность объекта управления, управляющей системы и коммуникаций; иерархические модели и иерархии моделей.
2. **Мультиагентные системы. Децентрализация управления VS иерархической архитектуры агента. Пример: задача о диффузной бомбе.**
3. Социальные сети. Пример: политика в блогосфере.
4. Модели военных действий.  
Пример: рефлексивная игра полковника Блотто.
5. Эколого-экономические системы. Пример согласования интересов.
6. Управление инновациями. Пример инновационного регресса.
7. Организационно-технические системы.  
Примеры: производство, логистика, сетевые организации.
8. Заключение: тенденции, проблемы и перспективы.

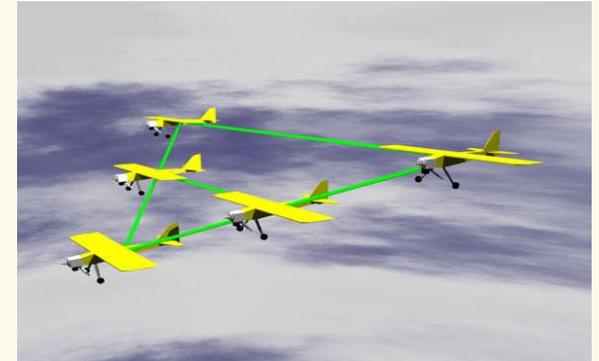
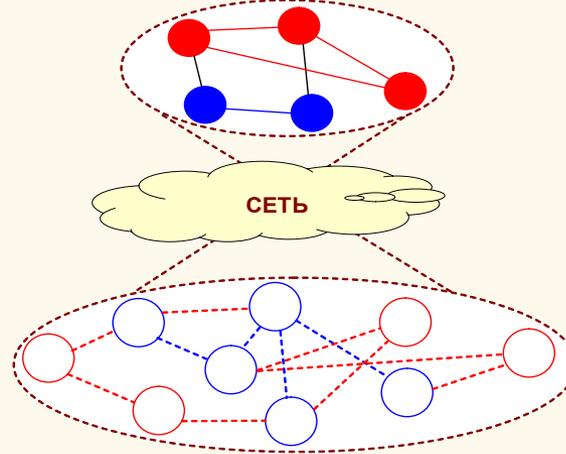
# МУЛЬТИАГЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ



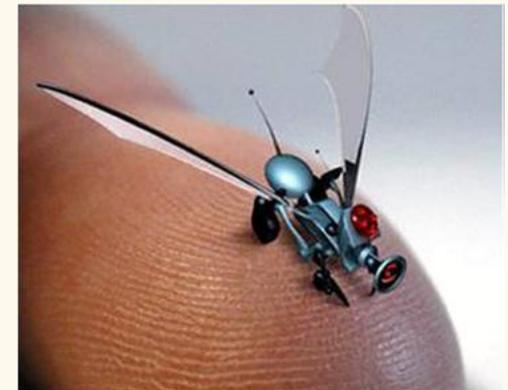
## Тенденции:

- децентрализация,
- миниатюризация,
- интеллектуализация.

Децентрализованное (групповое) управление

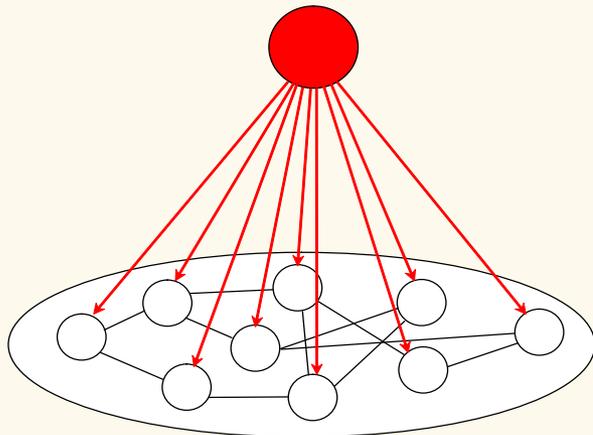


«... одна крыса или особь саранчи не слишком умна и практически безвредна. Однако стаи крыс и стаи саранчи могут оказывать разрушительное воздействие».

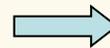


# МУЛЬТИАГЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ: СПЕЦИФИКА

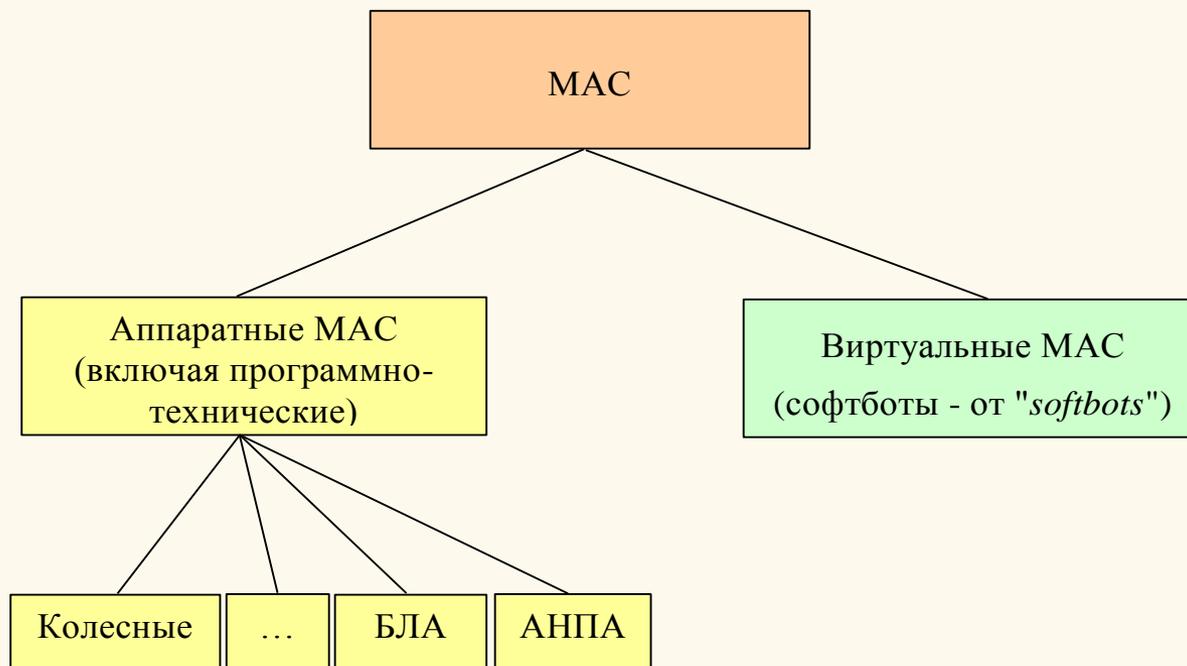
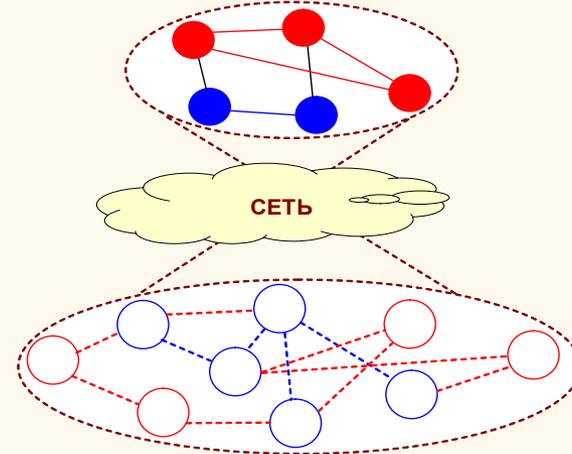
Централизованное управление



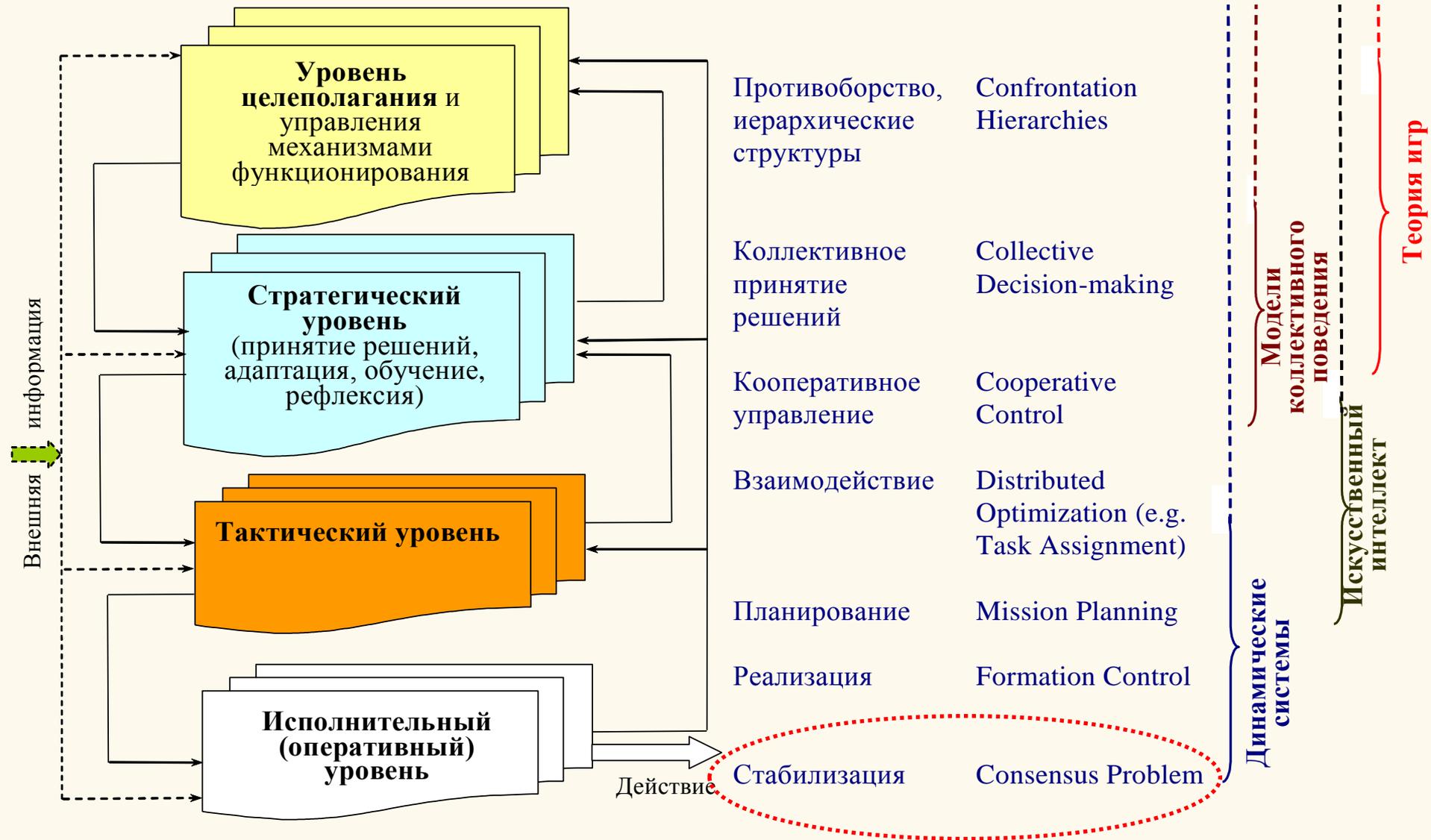
...



Децентрализованное (групповое) управление



# МУЛЬТИАГЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ: ИЕРАРХИЧЕСКАЯ АРХИТЕКТУРА АГЕНТА\*



# ЗАДАЧА О КОНСЕНСУСЕ\*

## Многоагентная система

Дифференциальная модель достижения консенсуса  $n$  агентами

$$(1) \quad \dot{x}_i(t) = -\sum_{j=1}^n a_{ij}(x_i(t) - x_j(t)), \quad i = 1, \dots, n, \quad x_i(t) - \text{характеристика агента } i,$$

$a_{ij} \geq 0$  – вес, с которым агент  $i$  учитывает расхождение с агентом  $j$ .

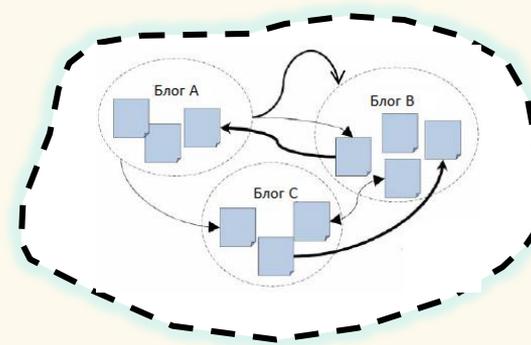
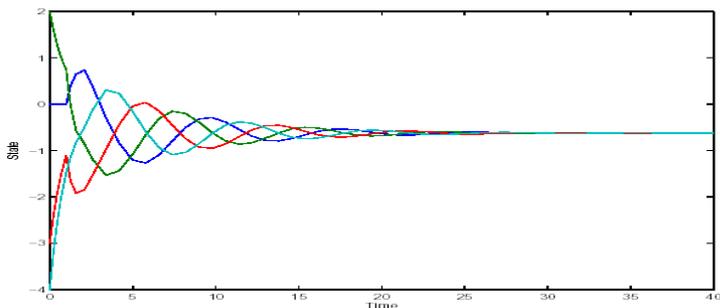
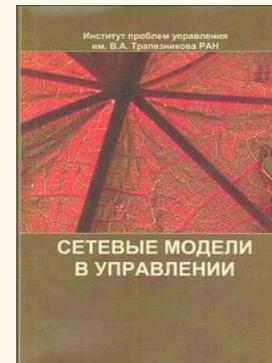
В матричной форме (1) имеет вид:  $\dot{x}(t) = -Lx(t)$ ,

$$x(t) = (x_1(t), \dots, x_n(t))^T, \quad L = [\ell_{ij}]_{n \times n}, \quad \ell_{ij}(t) = \begin{cases} -a_{ij}, & j \neq i, \\ \sum_{k \neq i} a_{ik}, & j = i. \end{cases}$$

## Теорема\*

Кратность 0 как собственного значения  $L$  равна:

- числу исходящих деревьев в максимальном исходящем лесе орграфа коммуникаций;
- числу сильных (в которые не входят дуги извне) компонент орграфа.



# МУЛЬТИАГЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ: ИЕРАРХИЧЕСКАЯ АРХИТЕКТУРА АГЕНТА \*

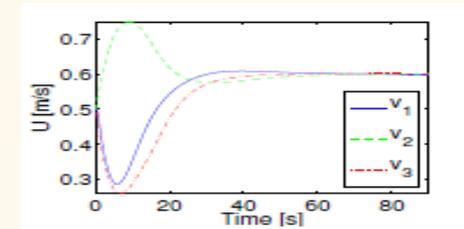
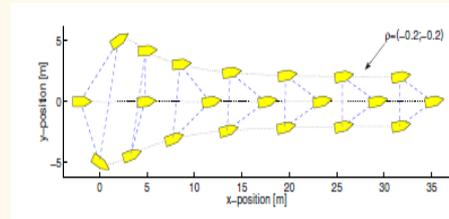


# НИЖНИЙ УРОВЕНЬ АРХИТЕКТУРЫ АГЕНТА



## Управление «формацией» агентов

$$\begin{aligned} \dot{x}_i(t) &= v_i(t), \\ \dot{v}_i(t) &= \sum_{j=1}^n b_{ij}(x_j(t) - x_i(t)) + \\ &\sum_{j=1}^n b_{ij}(v_j(t) - v_i(t)) + c_i(V(t) - v_i(t)) \end{aligned}$$



## Коммуникации и вычисления

$$\dot{x}_i(t) = \sum_{j=1}^n a_{ij}(t)(x_j(t - \tau_{ij}^c) - x_i(t - \tau_{ij}))$$

...

## Базовая задача о консенсусе

$$\dot{x}_i(t) = \sum_{j=1}^n a_{ij}(x_j(t) - x_i(t))$$

- + нелинейности
- + наблюдаемость
- + адаптивность
- + матрица коммуникаций с переключениями

## Модель объекта

$$\begin{aligned} &I_z \dot{r} + (I_y - I_x)pq - I_{xy}(p^2 - q^2) - I_{yz}(pr + \dot{q}) + I_{xz}(qr - \dot{p}) + m[x_G(\dot{v} + ur - wp) \\ &- y_G(\dot{u} - vr + wq)] + \frac{\rho}{2}L^5[N_{\dot{p}}\dot{p} + N_{\dot{r}}\dot{r} + N_{pq}pq + N_{qr}qr] + \frac{\rho}{2}L^4[N_{\dot{v}}\dot{v} + N_{pu}p \\ &+ N_rur + N_{vq}vq + N_{wp}wp + N_{wr}wr] + \frac{\rho}{2}L^3[N_{vu}uv + N_{vw}vw + N_{\delta_r}u^2\delta_r] - \frac{\rho}{2} \int_{x_{tail}}^{x_{nose}} [C_{dy} \cdot \\ &\cdot h(x)(v + xr)^2 + C_{dz}b(x)(w - xq)^2] \frac{w + xq}{U_{cf}(x)} x dx + (x_G W - x_B B) \cos \vartheta \sin \varphi + (y_G W - y_B B) \cdot \\ &\cdot \sin \vartheta + \frac{\rho}{2}L^3 u^2 N_{prop} \end{aligned}$$

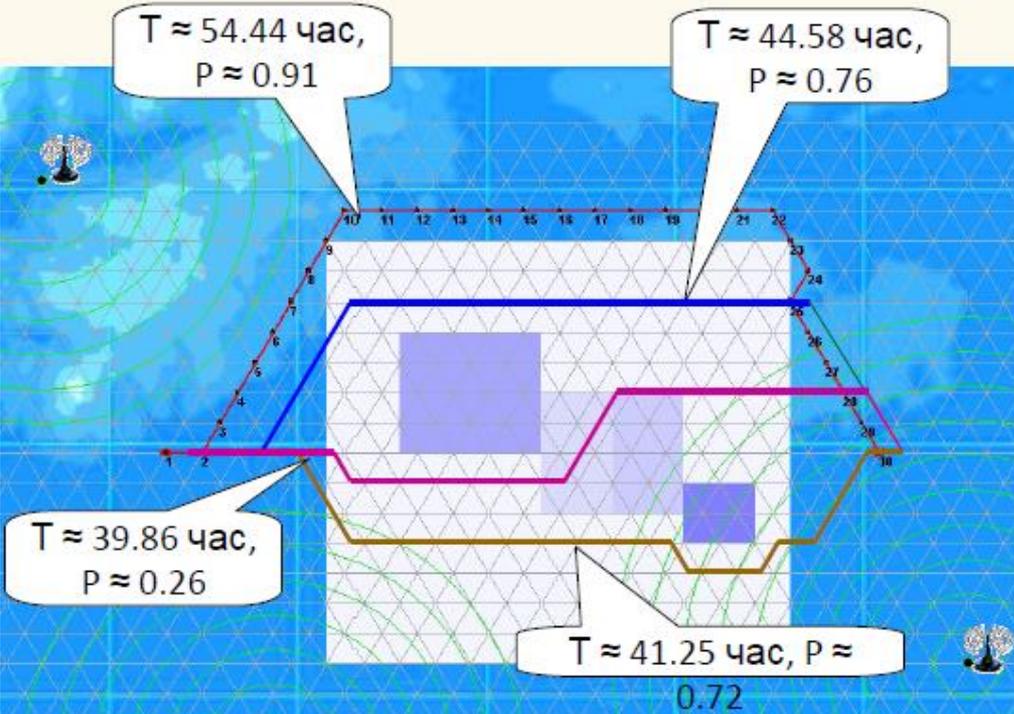
Autonomous Underwater Vehicles. Edited by N. Cruz. – Rijeka: InTech, 2011.



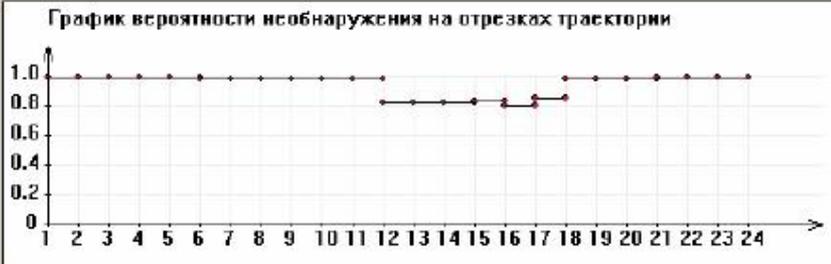
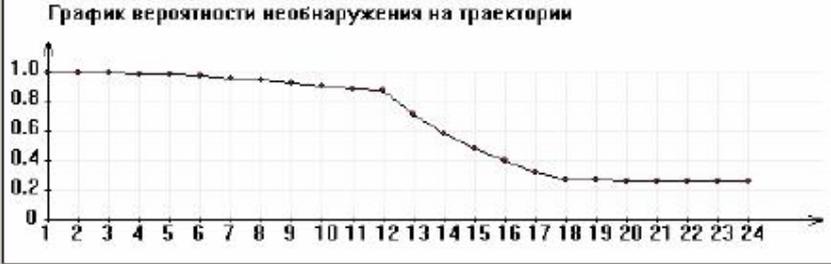
# МУЛЬТИАГЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ: ИЕРАРХИЧЕСКАЯ АРХИТЕКТУРА АГЕНТА\*



# ГЕТЕРОГЕННЫЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ СКРЫТНОСТЬЮ ОБЪЕКТА В КОНФЛИКТНОЙ СРЕДЕ (Е.И. Якушенко, Е.П. Маслов и др.)



Параметры траекторий



Время (час)	Вероятность необнаружения	Отрезок траектории	Скорость (м/сек)	Вероятность необнаружения
42.500000	0.752176	1 - 2 :	5.000000	0.995422
42.083332	0.751069	2 - 3 :	5.000000	0.995531
41.666668	0.749936	3 - 4 :	5.000000	0.995654
41.666668	0.749936	4 - 5 :	5.000000	0.995802
41.250000	0.717817	5 - 6 :	5.000000	0.995922
40.833332	0.715937			
40.416668	0.713939			
40.000000	0.711419			
40.000000	0.711419			
39.861111	0.262420	10 - 11 :	5.000000	0.981153
39.583332	0.257815	11 - 12 :	5.000000	0.981290
39.166668	0.253829	12 - 13 :	5.000000	0.821708
39.027779	0.249829			
38.611111	0.245829			
38.333332	0.241829			
37.916668	0.237829			
37.500000	0.233829			

Характеристики отрезков выделенной траектории

Множество характеристик оптимальных траекторий

Выделенная характеристика

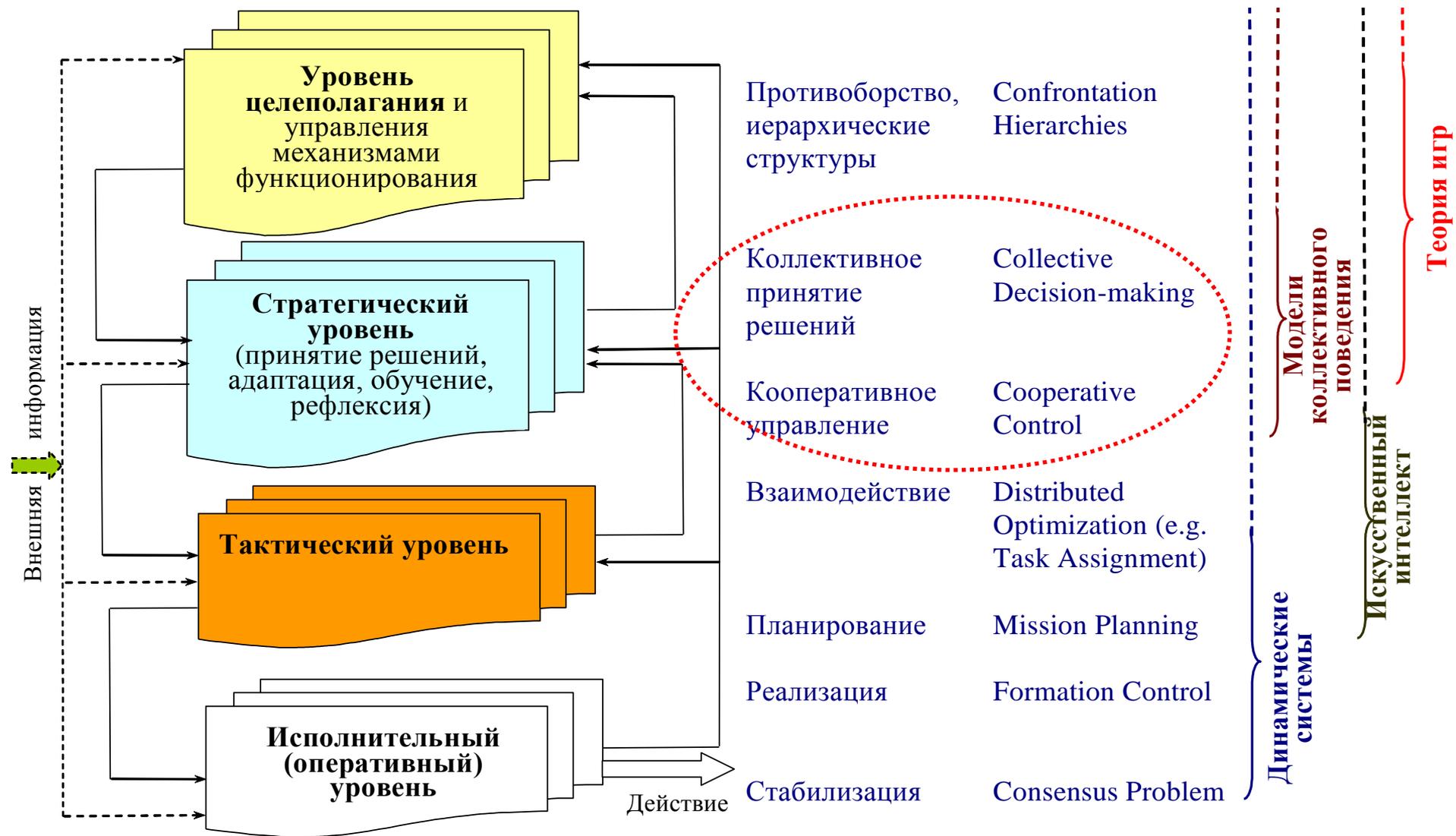
# МУЛЬТИАГЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ: ИЕРАРХИЧЕСКАЯ АРХИТЕКТУРА АГЕНТА\*



# СРАВНЕНИЕ СРЕДСТВ ИНТЕЛЛЕКТНОГО УПРАВЛЕНИЯ\*

Средства ИИ	Типовые достоинства	Типовые недостатки
<b>I. Нейросетевые</b> (нейрореактивные)	1. Применимы в многофакторных проблемах с плохой формализуемостью закономерностей. 2. Высокая степень распараллеливаемости и быстрогодействия. 3. Способность к обучению.	1. Необходимость обучающей информации – представительного набора примеров «вход-выход» («скорее – глаз, чем – мозг»). 2. Медленность обучения.
<b>II. Эволюционные</b> (генетические)	Высокая степень распараллеливаемости и быстрогодействия.	1. Априорная неизвестность эффективности в приложении. 2. «Скорее самоорганизация природной стихии, чем творческий процесс».
<b>III. Логико-реактивные</b> (продукционные)	1. Возможность представления дескриптивно-конструктивных знаний и рефлексии. 2. Естественность правил («если-то»).	1. Сложность исполнения больших баз продукций, недостаточная структурируемость. 2. Сложность обеспечения корректности.
<b>IV. Объектно-ориентированные</b> (фреймы, ...)	1. Хорошая структурируемость. 2. Высокое быстродействие механизмов наследования свойств, умолчания и др.	1. Сложность программирования (уход от идеалов ИИ). 2. Недостаточная выразительность.
<b>V. Логические</b>	1. Высокая выразительная сила. 2. Корректность. 3. Высокая сложность решаемых офлайн-задач.	1. Недостаточное быстродействие, традиционные приложения – офлайн. 2. Традиционно плохая совместимость с эвристиками и опытом. 3. Неразрешимость богатых логик. 4. Недостаточность одной логики.
<b>VI. Объектно-логические</b>	Объединение достоинств объектно-ориентированных и логических моделей	1. Недостатки логических моделей. 2. Сложность программирования.
<b>VII. Мульти-агентные</b>	Учет рефлексии, самоорганизации.	Корректность требует теории.

# МУЛЬТИАГЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ: ИЕРАРХИЧЕСКАЯ АРХИТЕКТУРА АГЕНТА\*

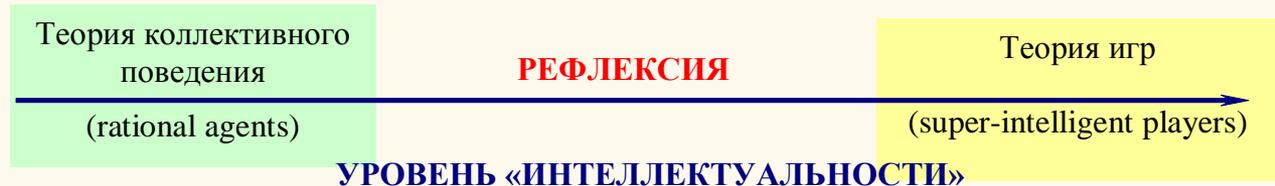


# ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ: ИНФОРМАЦИОННАЯ И СТРАТЕГИЧЕСКАЯ РЕФЛЕКСИЯ\*

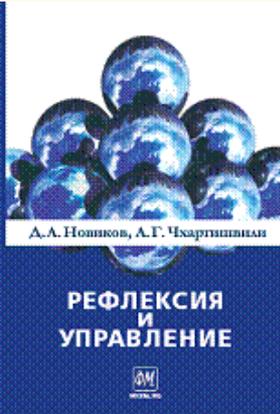


Прогностический

Нормативный

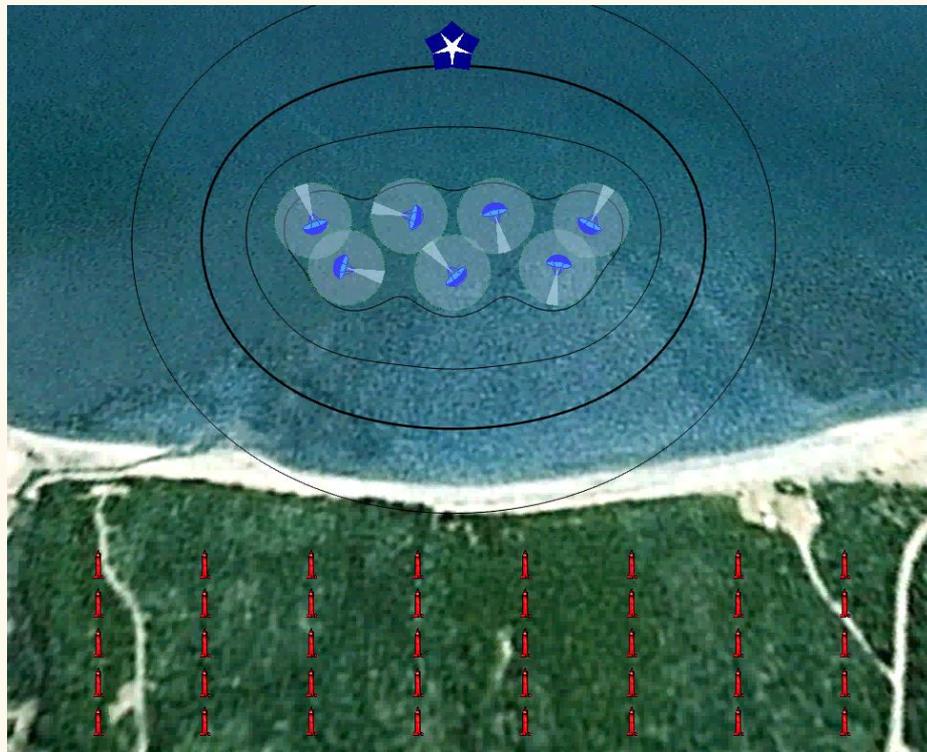


УРОВЕНЬ «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОСТИ»



\*Новиков Д.А. // АиТ. 1. 2012.

# ЗАДАЧА О ДИФFUЗНОЙ БОМБЕ\*: СТРАТЕГИЧЕСКАЯ РЕФЛЕКСИЯ



Два типа агентов:  
 «разведчики» - имеют или получают информацию о параметрах системы обороны (вероятностях обнаружения/уничтожения)  
 «рефлексивные» - восстанавливают эту информацию, наблюдая за поведением «разведчиков»

Уровень иерархии	Моделируемые явления/ процессы	Аппарат моделирования
6	Выбор состава группы агентов и их свойств	Дискретная и многокритериальная оптимизация.
5	Выбор агентами траекторий и скоростей движения	Оптимальное управление.
4	Прогноз агентом поведения других агентов	Рефлексивные игры. Метод рефлексивных разбиений.
3	Минимизация вероятности обнаружения	Алгоритмы выбора текущего направления движения.
2	Избежание столкновений, обход препятствий	Алгоритмы выбора локальных траекторий
1	Движение агента к цели	Уравнения динамики

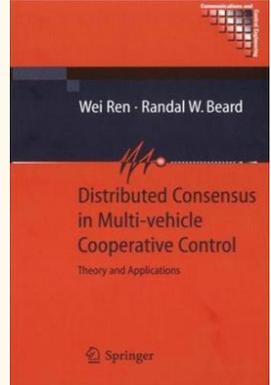
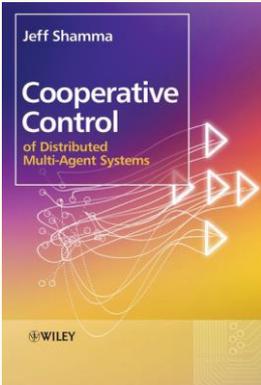
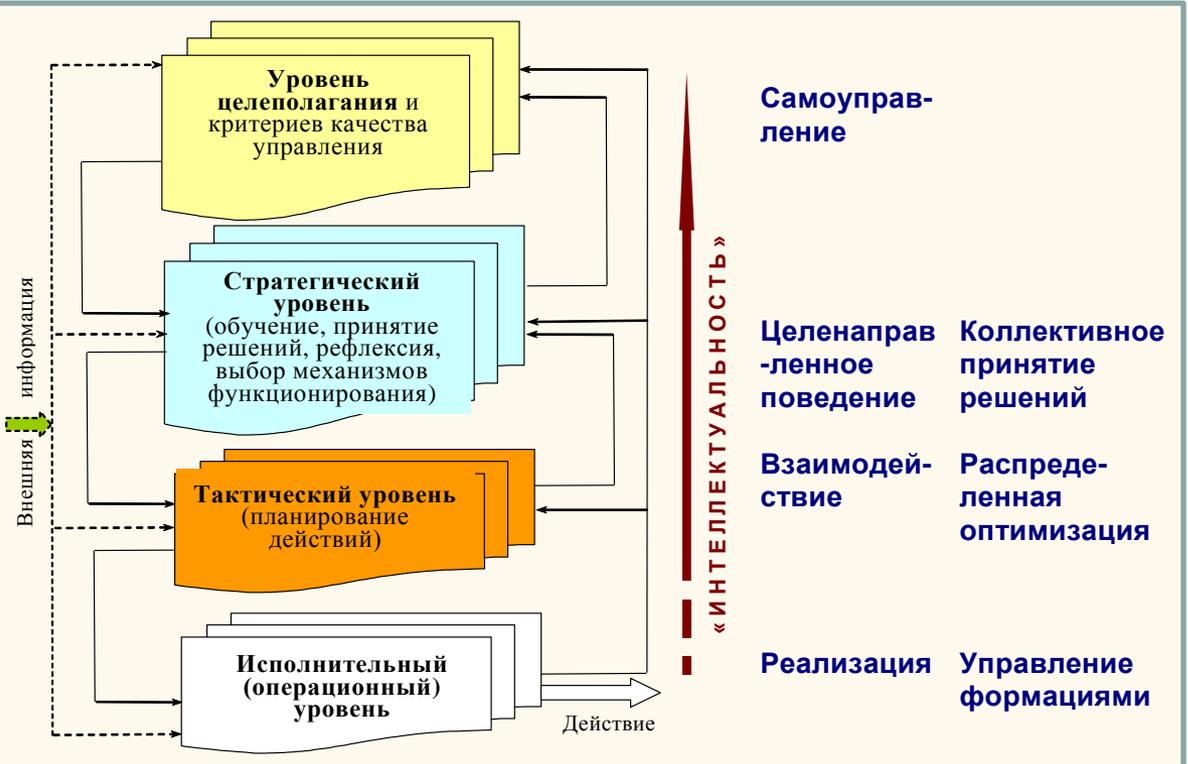
**«Вероятность» поражения цели (пример):**

✓ Лобовая атака 40 простых агентов: **0,125**

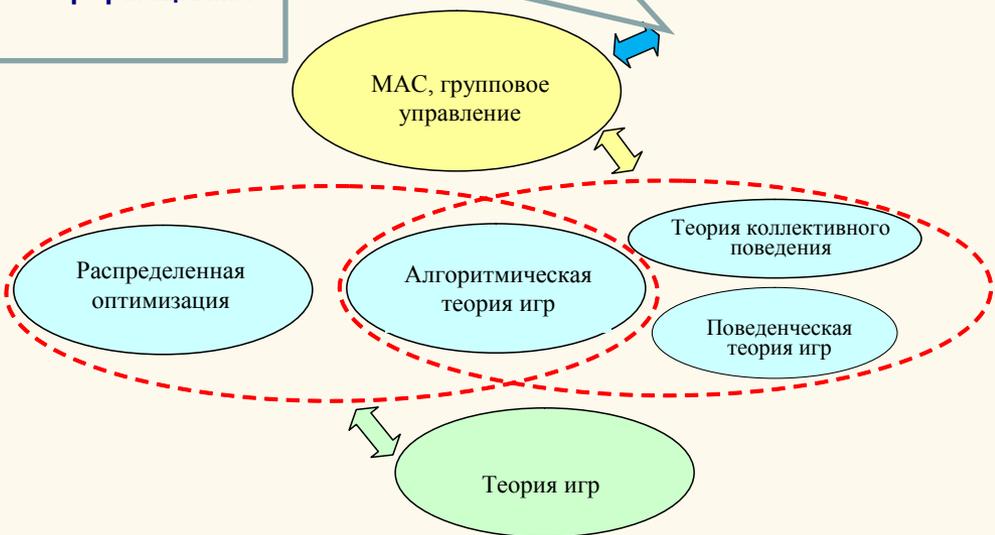
✓ 8 «разведчиков» + 32 «рефлексивных» агента: **0,985**

✓ 40 «разведчиков»: **0,999**

# АРХИТЕКТУРА И ТЕОРИЯ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СИСТЕМ: ИНТЕГРАЦИЯ С ТЕОРИЯМИ ИГР И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА



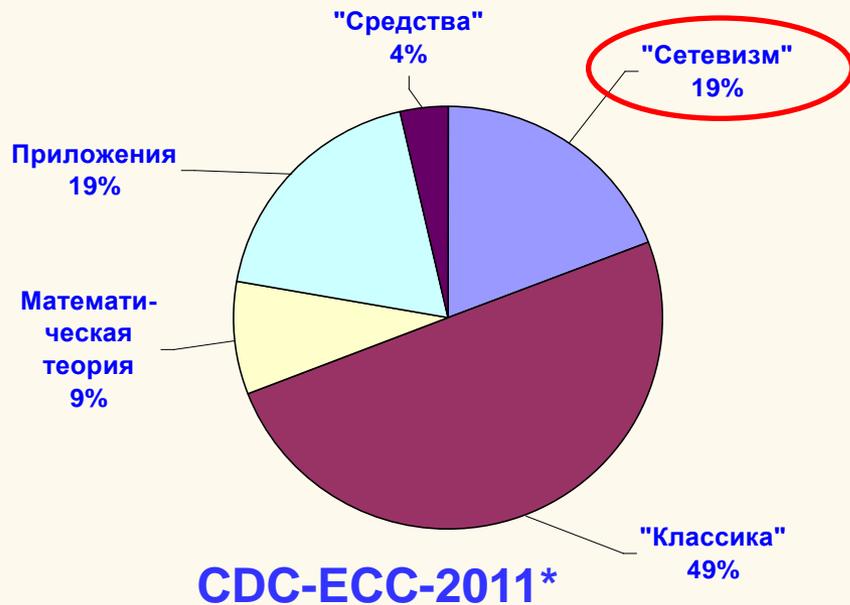
## ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ



### ТЕНДЕНЦИИ:

- 1) Интеграция теории МАС с теориями игр и искусственного интеллекта.
- 2) Стратегическое поведение (принятие решений).
- 3) Возрастающая роль теории игр и логик коммуницирующих и мобильных систем.
- 4) Тестовые задачи и сценарии.

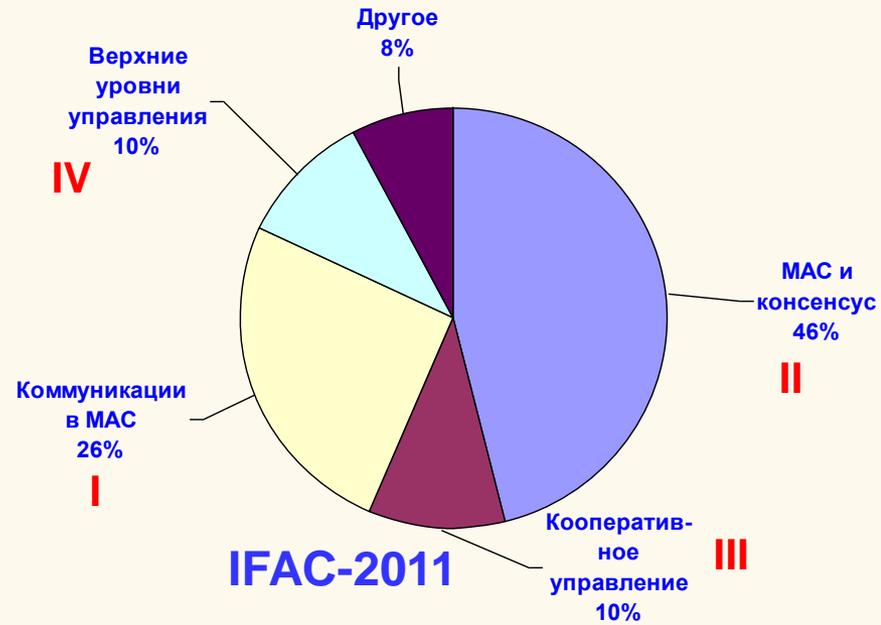
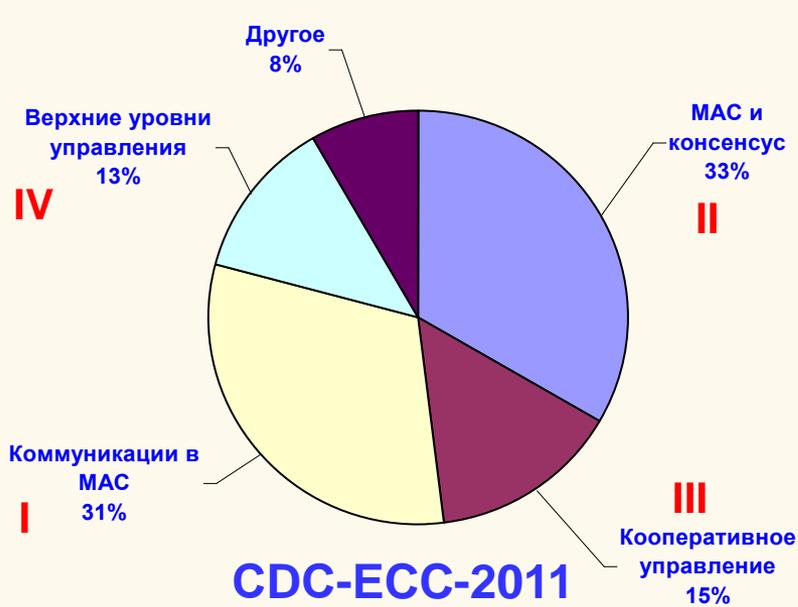
# ОБЩАЯ ТЕМАТИКА КОНФЕРЕНЦИЙ



\*CDC – Conference on Decision and Control  
 ECC – European Control Conference  
 12-15 декабря 2011 г.  
 Организатор – IEEE  
 Место проведения – Orlando, Florida  
 > 1500 докладов

\*\*ACC – American Control Conference  
 29-30 июня 2011 г.  
 Организатор – IEEE  
 Место проведения – San Francisco, USA  
 > 900 докладов

# «СЕТЕВИЗМ»



# ПРИЛОЖЕНИЯ



CDC-ECCC-2011

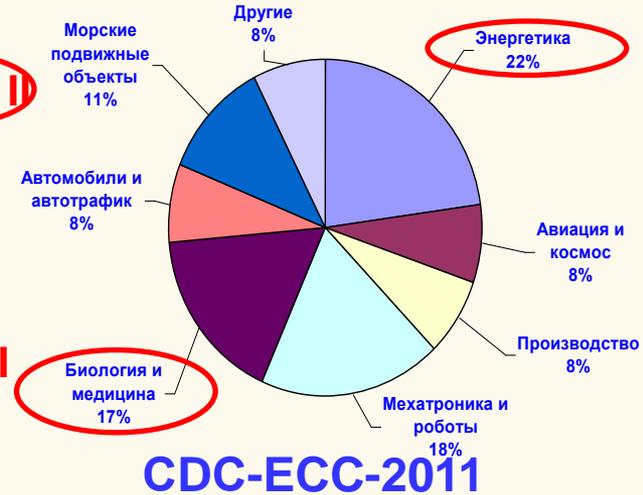
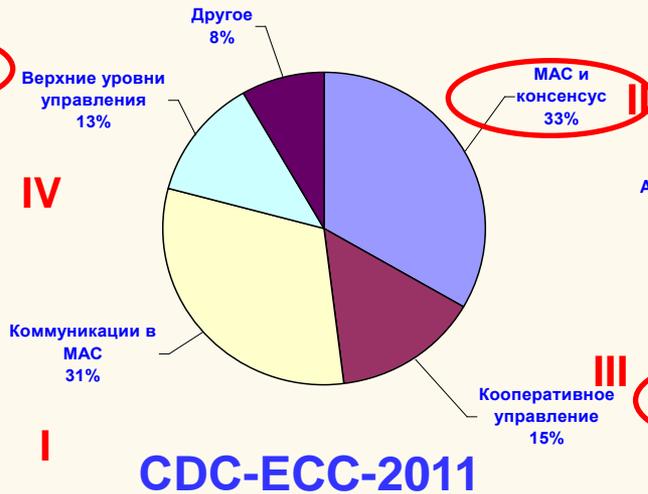
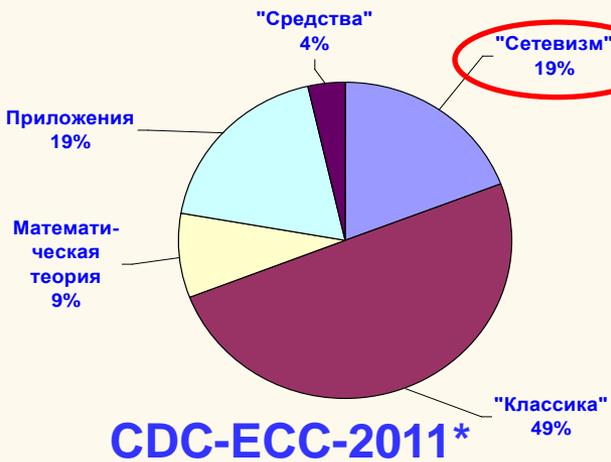


IFAC-2011

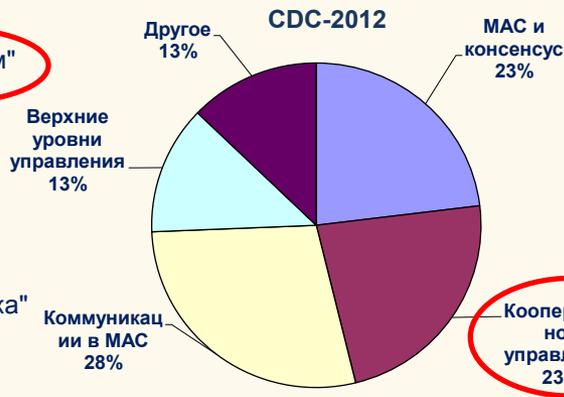


ACC-2011

# CDC 2011 - 2012



## Тематика CDC-2012



# ПЛАН

1. Введение: междисциплинарность; иерархичность и гетерогенность объекта управления, управляющей системы и коммуникаций; иерархические модели и иерархии моделей.
2. Мультиагентные системы. Децентрализация управления VS иерархической архитектуры агента. Пример: задача о диффузной бомбе.
3. Социальные сети. Пример: политика в блогосфере.
4. Модели военных действий.  
Пример: рефлексивная игра полковника Блотто.
5. Эколого-экономические системы. Пример согласования интересов.
6. Управление инновациями. Пример инновационного регресса.
7. Организационно-технические системы.  
Примеры: производство, логистика, сетевые организации.
8. Заключение: тенденции, проблемы и перспективы.

# ИНФОРМАЦИОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ, УПРАВЛЕНИЕ И ПРОТИВОБОРСТВО В ОНЛАЙНОВЫХ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ

## 5. ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОТИВОБОРСТВО

Каждый игрок из множества  $M$  имеет возможность влиять на начальные мнения агентов  $u_{ij}$  и заинтересован в формировании итоговых мнений  $X_M$ .  
**Задача** – найти равновесные действия игроков в игре  

$$\Gamma = (M, \{U_j\}_{j \in M}, \{G_j(\cdot)\}_{j \in M}).$$

## 4. Информационное управление (оптимальное)

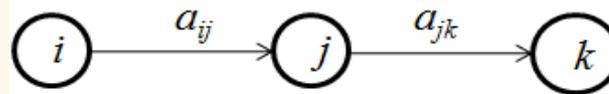
**Задача** – найти такой вектор управлений  $u$ , что:

$$\Phi(X, u) = H(X) - c(u) \rightarrow \max_{u \in U},$$

где  $H(\cdot)$  – выигрыш,  $c(\cdot)$  – затраты на управление.

## 3. Информационное взаимодействие (динамика)

Агенты из  $N$  образуют социальную сеть  $G = (N, E)$ . Вектор начальных мнений  $x$ , конечных  $X$ .



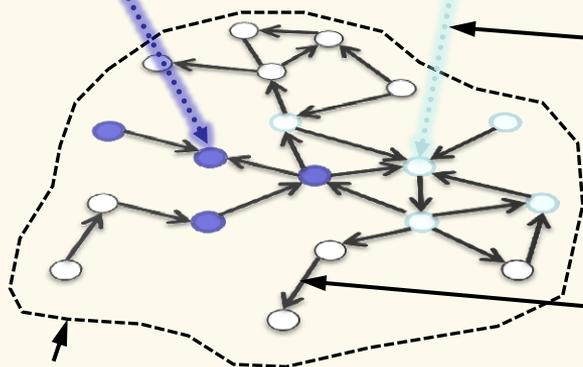
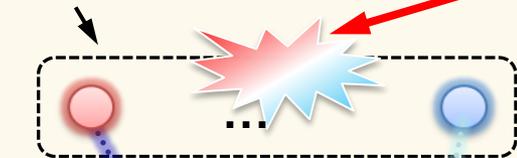
$a_{ij} \geq 0$  – степень доверия  $i$ -го агента  $j$ -му,  $k$ -й агент косвенно влияет на  $i$ -го.

$$x^{k+1} = A [x^k + B u^k].$$

**Задача** – найти результирующее влияние одних агентов на других; найти агентов, формирующих итоговое мнение в сети.

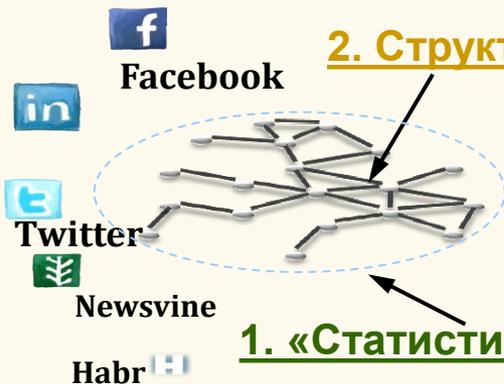


Множество управляющих субъектов  $M$



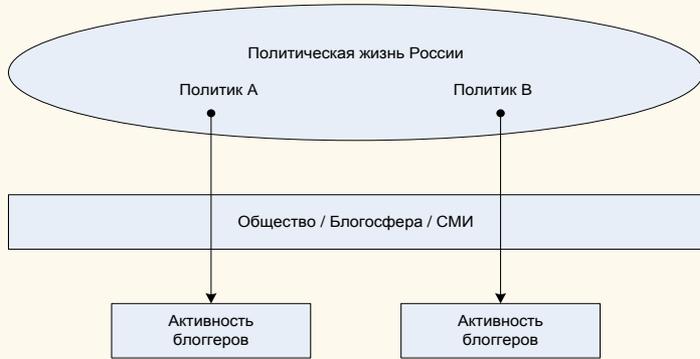
Множество управляемых субъектов  $N$

## 2. Структурный анализ

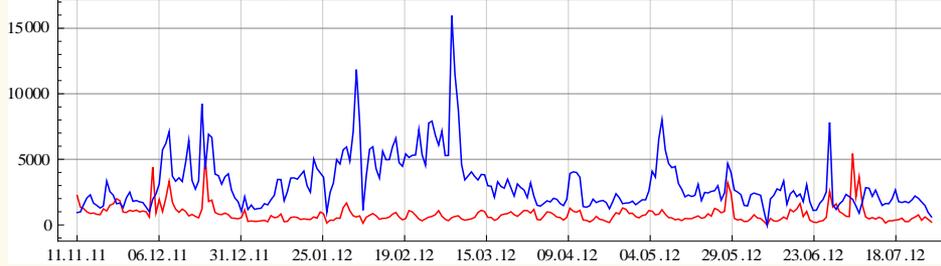


## 1. «Статистический» анализ

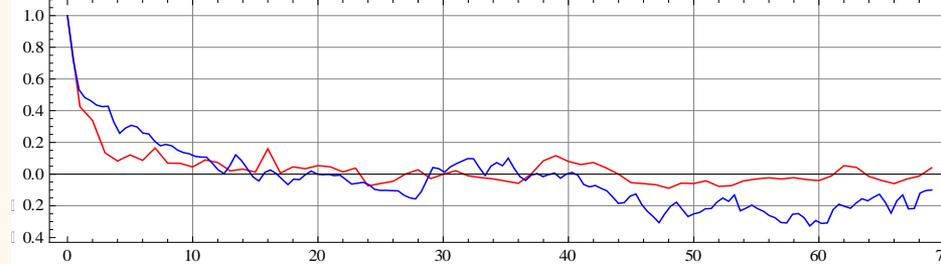
# АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В СОЦИАЛЬНЫХ МЕДИА



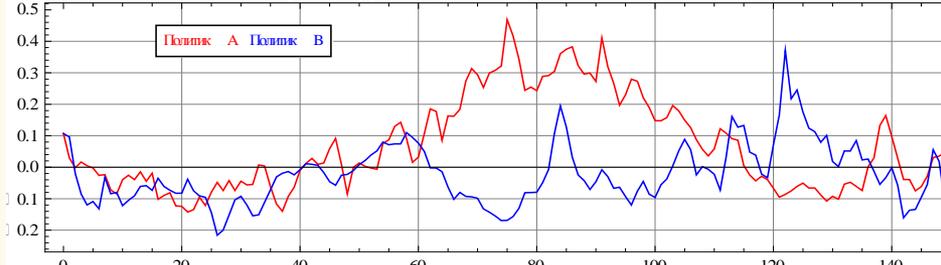
Суточное количество сообщений : Политики А и В



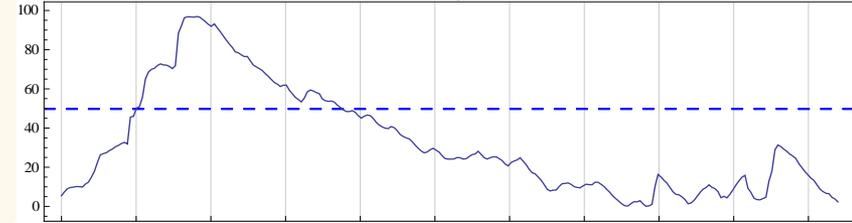
Автокорреляционная функция по сообщениям : Политики А и В



Парная корреляционная функция по сообщениям



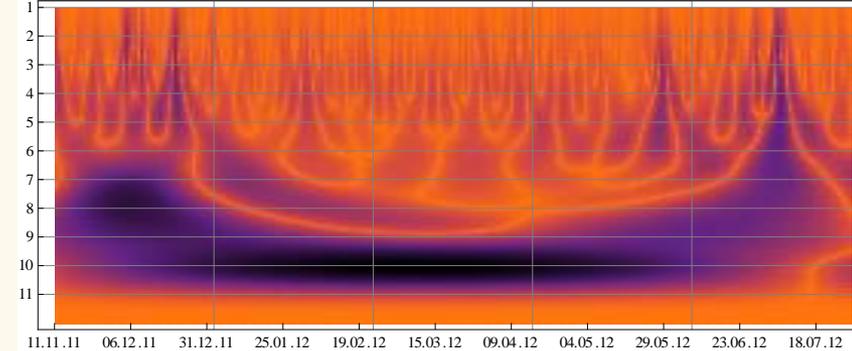
Точки статистической разладки: Политик А



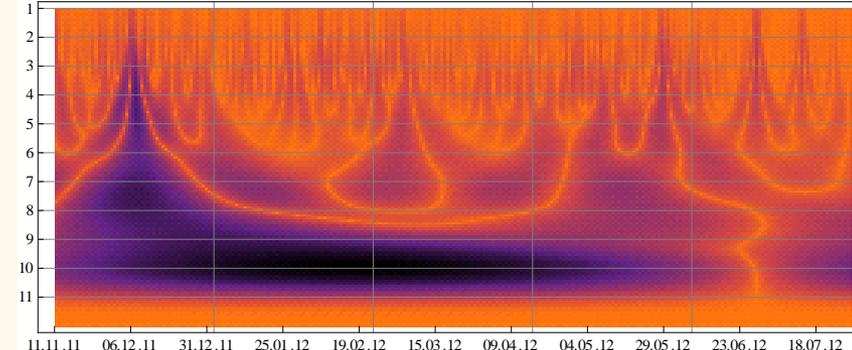
Точки статистической разладки: Политик В



Вейвлет скалограмма | объём сообщений | : Политик А



Вейвлет скалограмма | объём сообщений | : Политик В



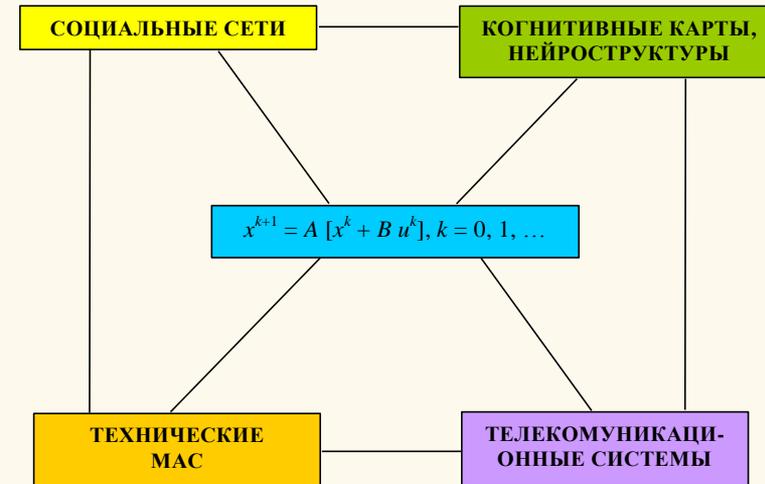
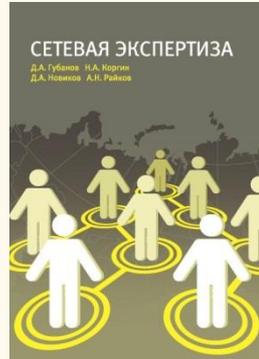
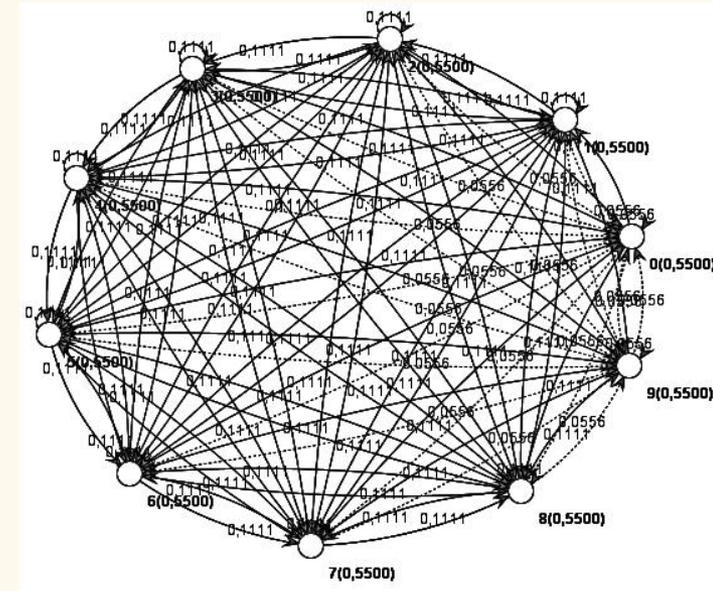
# МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА СЕТЕВЫХ СТРУКТУР

Утверждение 1. Пусть все элементы стохастической матрицы прямого влияния  $A$  строго положительны, а управления не ограничены. Тогда при наличии, как минимум, одного (произвольного) агента влияния может быть реализовано любое единогласное значение итоговых мнений членов социальной сети.

Утверждение 2. Пусть центр оказал воздействия  $u^0, \dots, u^l, l < +\infty$ . Вектор итоговых (при  $t = +\infty$ ) мнений агентов не изменится, если те же (по величине) воздействия были оказаны в любые другие конечные моменты времени.

Утверждение 3. Пусть управления не ограничены и  $\text{span}(\Phi) \subseteq \text{span}(A^{l+1}B)$ .

Тогда для любой конечной последовательности векторов управляющих воздействий  $u^0, \dots, u^l, l < +\infty$ , и реализовавшегося в результате этих воздействий в момент времени  $l$  состояния  $x^{l+1}$  социальной сети, существует такой вектор управлений  $\hat{v}$  в начальный (нулевой) момент времени, который приводит к тому же состоянию  $x^{l+1}$  социальной сети в момент времени  $l + 1$ .\*

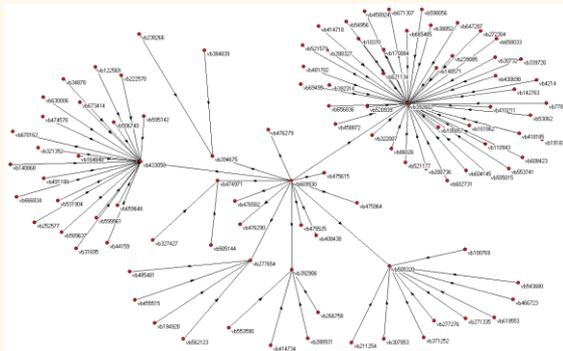


\* Новиков Д.А. и др. // АиТ. 2010. №11.

# УПРАВЛЕНИЕ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ

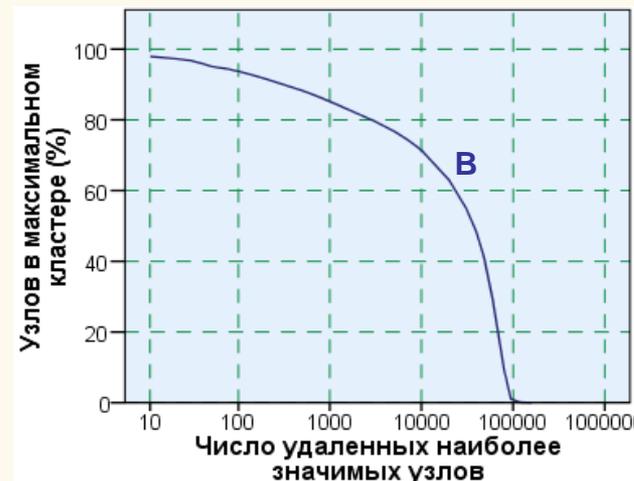
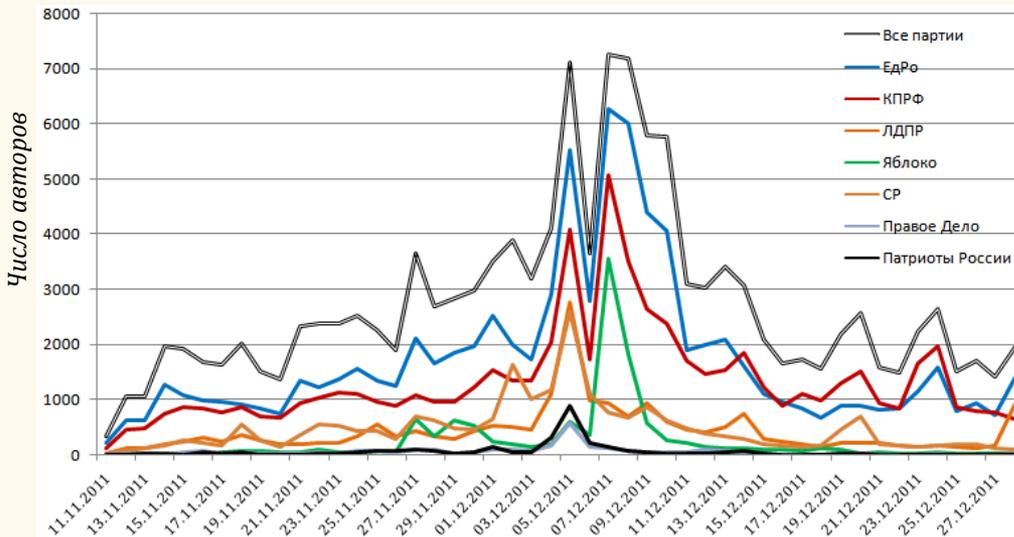
## УПРАВЛЕНИЕ:

- МНЕНИЯИ,
- ДОВЕРИЕМ,
- РЕПУТАЦИЕЙ,
- ...
- СОСТАВОМ и СТРУКТУРОЙ.



Удаление небольшого числа наиболее значимых узлов приводит к образованию большого числа несвязанных групп (A).

Однако эти группы по своему размеру малы, наибольшая группа остается связанной (B)

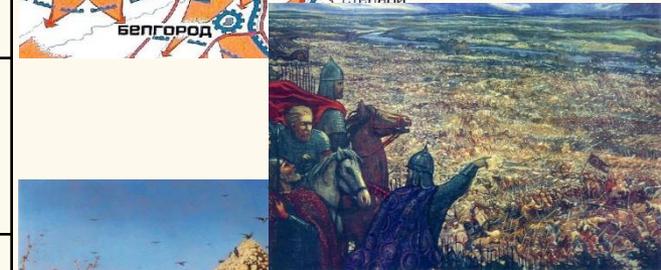


# ПЛАН

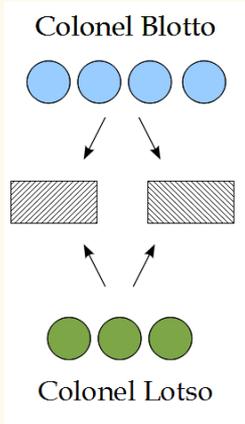
1. Введение: междисциплинарность; иерархичность и гетерогенность объекта управления, управляющей системы и коммуникаций; иерархические модели и иерархии моделей.
2. Мультиагентные системы. Децентрализация управления VS иерархической архитектуры агента. Пример: задача о диффузной бомбе.
3. Социальные сети. Пример: политика в блогосфере.
4. **Модели военных действий.**  
**Пример: рефлексивная игра полковника Блотто.**
5. Эколого-экономические системы. Пример согласования интересов.
6. Управление инновациями. Пример инновационного регресса.
7. Организационно-технические системы.  
Примеры: производство, логистика, сетевые организации.
8. Заключение: тенденции, проблемы и перспективы.

# ИЕРАРХИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ\*

Уровень иерархии	Моделируемые явления/ процессы	Аппарат моделирования
5	Распределение сил и средств в пространстве	Теория игр (игра полковника Блотто и др.)
4	Распределение сил и средств во времени	Оптимальное управление, повторяющиеся игры и др.
3	Динамика численности	Уравнения Ланчестера и их модификации
2	«Локальное» взаимодействие подразделений	Марковские и другие стохастические модели
1	Взаимодействие отдельных боевых единиц	Динамические системы. Конечные автоматы. Имитационное моделирование.



# РЕФЛЕКСИВНАЯ ИГРА ПОЛКОВНИКА БЛОТТО



Обозначим через  $N = [1, \dots, n]$  множество объектов, через  $x = (x_1, \dots, x_n)$  – действие первого игрока, через  $y = (y_1, \dots, y_n)$  – действие второго игрока, где  $x_i \geq 0$  ( $y_i \geq 0$ ) – количество ресурса, выделенного первым (вторым) игроком на  $i$ -ый объект,  $i = \overline{1, n}$ . Ограниченность ресурсов отражена условиями

$$(1) \sum_{i \in N} x_i \leq R_x, \sum_{i \in N} y_i \leq R_y.$$

В вероятностной модели ИПБ вероятность  $p_x(x_i, y_i)$  победы первого игрока на  $i$ -ом объекте не зависит от других объектов и «пропорциональна» количеству выделенного им на этот объект ресурса и «обратно пропорциональна» взвешенной сумме ресурсов, выделенных на этот объект обоими игроками:

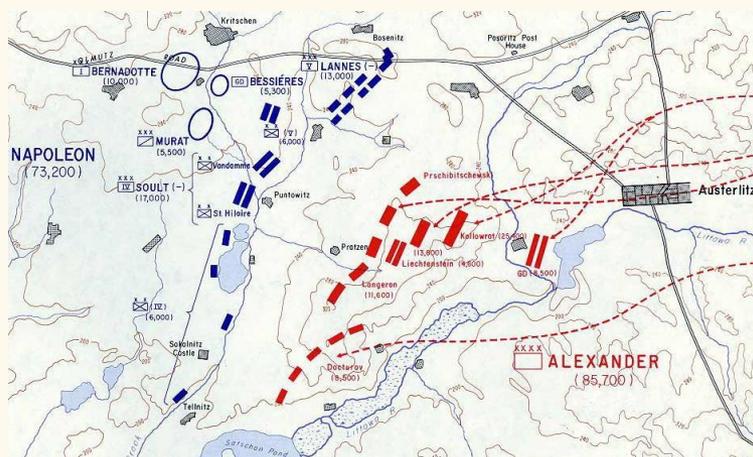
$$(2) p_x(x_i, y_i) = \frac{\alpha_i (x_i)^{r_i}}{\alpha_i (x_i)^{r_i} + (y_i)^{r_i}}, p_y(x_i, y_i) = 1 - p_x(x_i, y_i), \text{ где } r_i \in (0; 1], \alpha_i > 0, p_x(x_i = 0, y_i = 0) = \frac{\alpha_i}{\alpha_i + 1}.$$

Обозначим через  $BR_x(y) = (u_1 y_1 + \varepsilon, \dots, u_n y_n + \varepsilon)$  – вектор наилучшего ответа первого игрока на выбор вторым игроком вектора действий

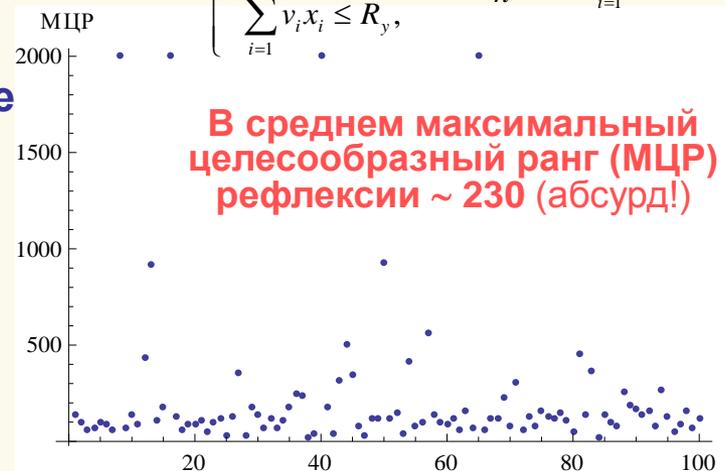
$y$ , где  $n$ -мерный вектор  $u = (u_1, \dots, u_n)$  является решением следующей задачи о ранце: (3) 
$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n u_i V_i \rightarrow \max, \\ \sum_{i=1}^n u_i y_i \leq R_x, \end{cases} \quad u_i \in (0; 1], \quad \varepsilon = \frac{1}{n} (R_x - \sum_{i=1}^n u_i y_i),$$
 то есть будем считать, что игрок стремится победить на наиболее ценном для него (в рамках ресурсных ограничений) наборе объектов, а остаток ресурса распределяет поровну между всеми объектами.

Аналогично введем  $BR_y(x) = (v_1 x_1 + \delta, \dots, v_n x_n + \delta)$  – вектор наилучшего ответа второго игрока на выбор первым игроком вектора

действий  $x$ , где  $n$ -мерный вектор  $v = (v_1, \dots, v_n)$  является решением следующей задачи о ранце: (4) 
$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n v_i V_i \rightarrow \max, \\ \sum_{i=1}^n v_i x_i \leq R_y, \end{cases} \quad v_i \in (0; 1], \quad \delta = \frac{1}{n} (R_y - \sum_{i=1}^n v_i x_i).$$



**Исследование  
игры  
рангов  
(СУИТ. 2012. №1)**

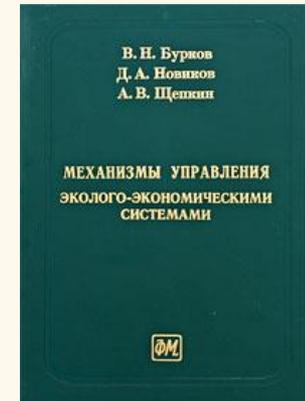
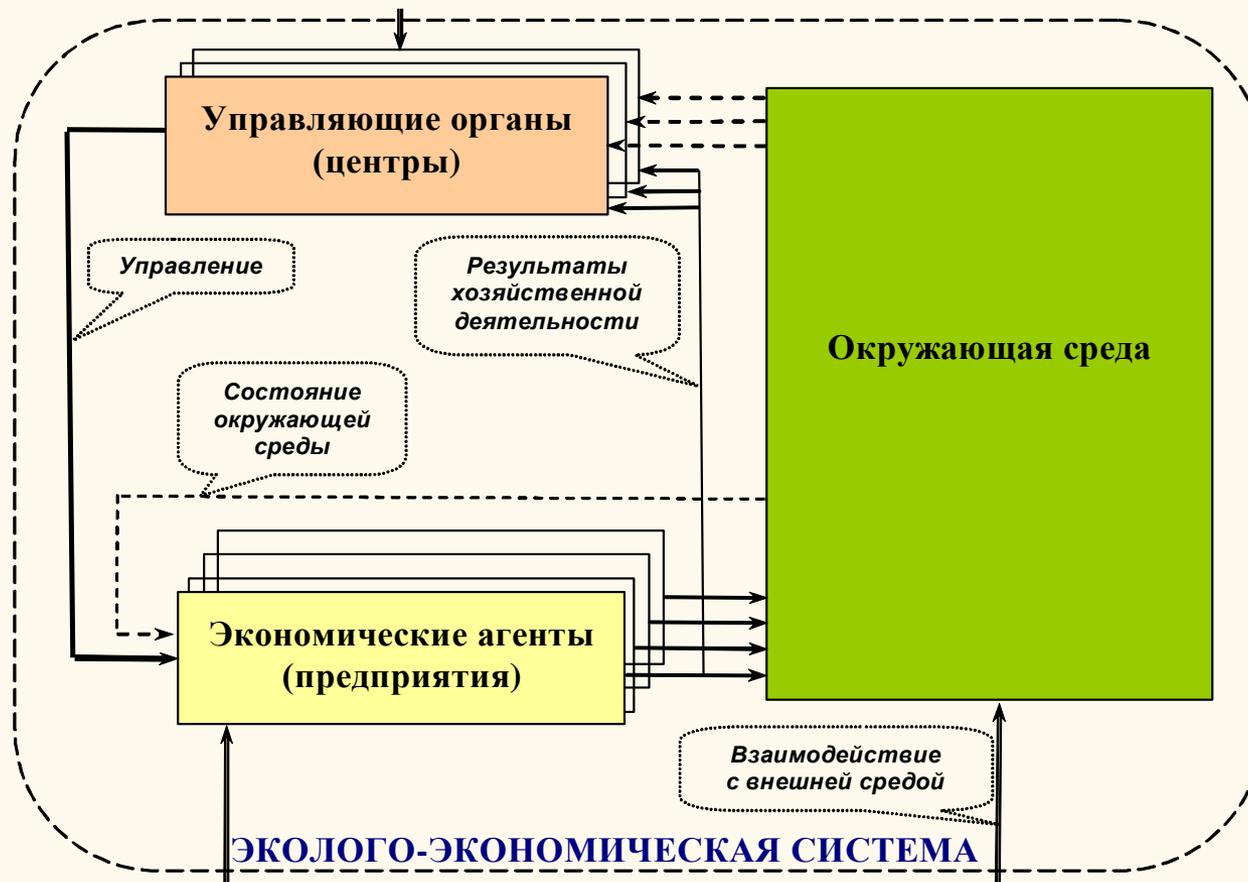


# ПЛАН

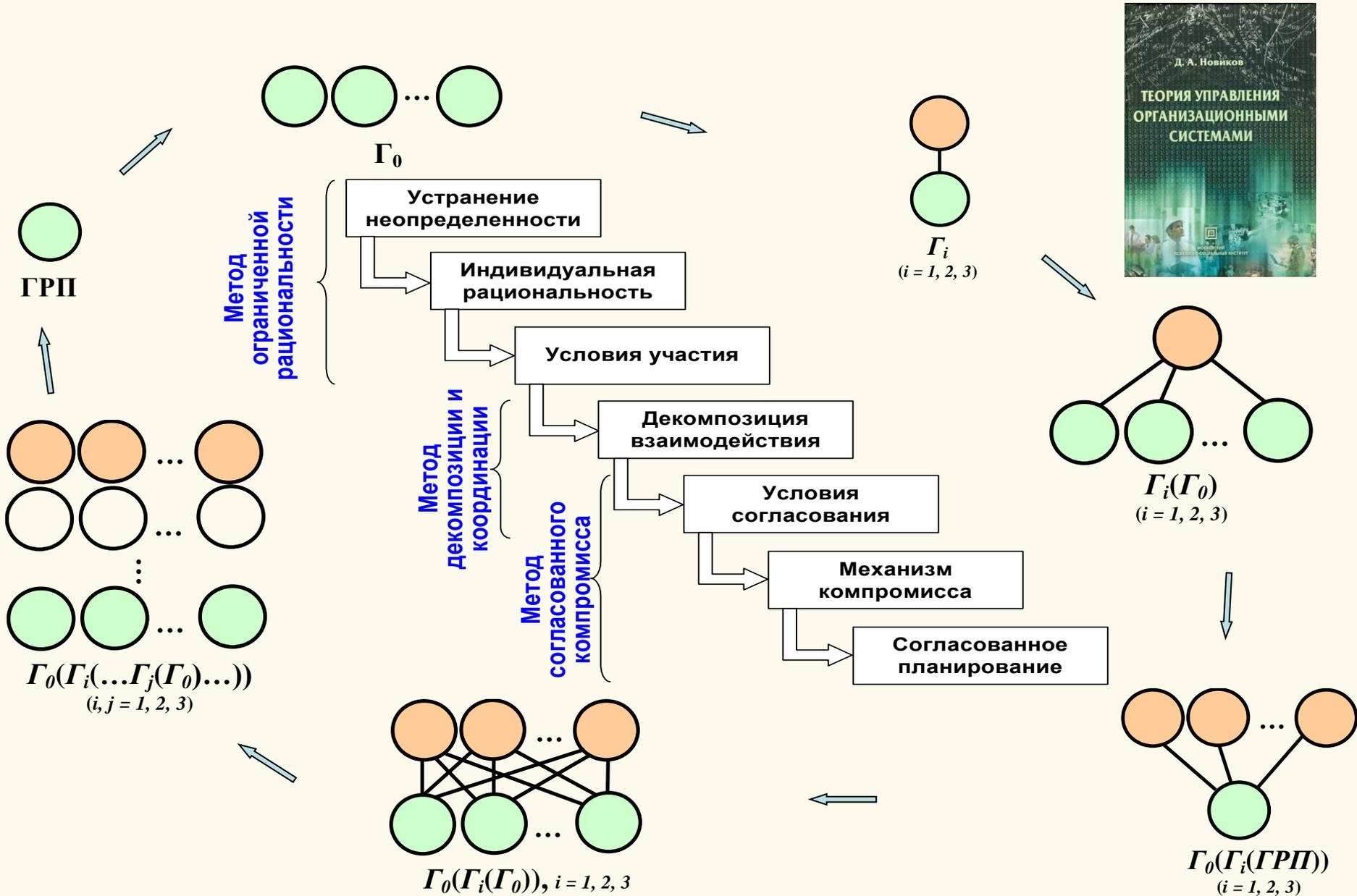
1. Введение: междисциплинарность; иерархичность и гетерогенность объекта управления, управляющей системы и коммуникаций; иерархические модели и иерархии моделей.
2. Мультиагентные системы. Децентрализация управления VS иерархической архитектуры агента. Пример: задача о диффузной бомбе.
3. Социальные сети. Пример: политика в блогосфере.
4. Модели военных действий.  
Пример: рефлексивная игра полковника Блотто.
5. **Эколого-экономические системы. Пример согласования интересов.**
6. Управление инновациями. Пример инновационного регресса.
7. Организационно-технические системы.  
Примеры: производство, логистика, сетевые организации.
8. Заключение: тенденции, проблемы и перспективы.

# МОДЕЛЬ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

**Эколого-экономическая система (ЭкЭС)** – совокупность взаимосвязанных экономических, технических, социальных и природных факторов в окружающем человека мире.

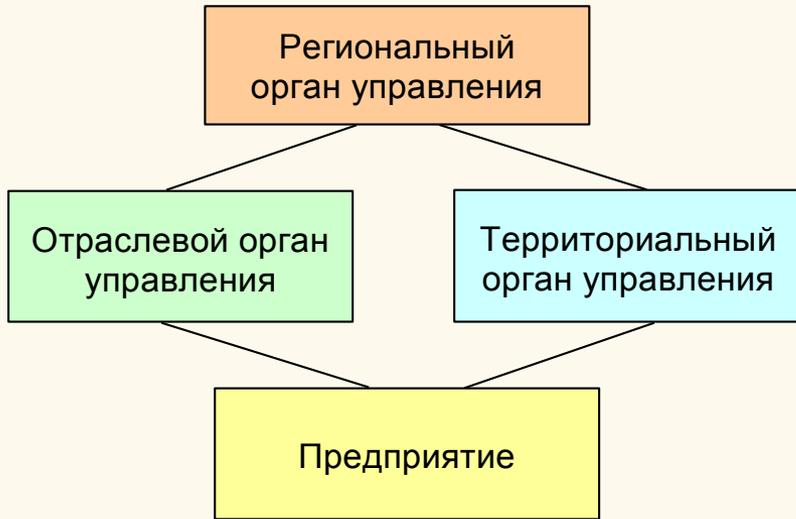


# ЗАДАЧА СОГЛАСОВАНИЯ ИНТЕРЕСОВ. МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ



ГРП - гипотеза рационального поведения,  $\Gamma$  - игра (0 - в нормальной форме; 1, 2, 3 - иерархические игры)

# СОГЛАСОВАНИЕ ИНТЕРЕСОВ В ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ



## Модель:

$u \geq 0$  – объем производства;  
 $y \geq 0$  – уровень безопасности (УБ);  
 $z(u), \varphi(y)$  – затраты предприятия;  
 $H_i(u, y)$  – выигрыш центра;

$$\sigma_i(u', u, x, y) = \begin{cases} V_i, & y = x, u = u' \\ 0, & y \neq x \text{ или } u \neq u' \end{cases};$$

$K = \{1, 2, \dots, k\}$  – множество центров.

Целевая функция  $i$ -го центра:

$\Phi_i(\sigma_i(\cdot), u, y) = H_i(u, y) - \sigma_i(u, y), i \in K,$   
 целевая функция предприятия:

$$f(\{\sigma_i(\cdot)\}, u, y) = c u + \sum_{i \in K} \sigma_i(u, y) - z(u) - \varphi(y).$$

$$u^* = \arg \max_{u \geq 0} [c u - z(u)];$$

$$\Phi_i^* = \max_{u, y \geq 0} [H_i(u, y) - c(u^* - u) + [z(u^*) - z(u)] - \varphi(y)], i \in K;$$

$$S = \{u \geq 0, y \geq 0 \mid \exists V \in \mathfrak{R}_+^k : H_i(u, y) - V_i \geq \Phi_i^*, i \in K,$$

$$\sum_{i \in K} V_i = c(u^* - u) - [z(u^*) - z(u)] + \varphi(y)\};$$

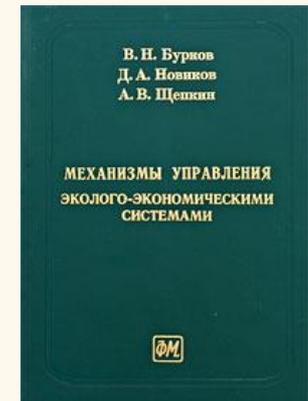
$$\Lambda = \{u \geq 0, y \geq 0, V \in \mathfrak{R}_+^k \mid H_i(u, y) - V_i \geq \Phi_i^*, i \in K,$$

$$\sum_{i \in K} V_i = c(u^* - u) - [z(u^*) - z(u)] + \varphi(y)\}.$$

$$\Phi_0^* = \max_{u, y \geq 0} [\sum_{i \in K} H_i(u, y) - c(u^* - u) + [z(u^*) - z(u)] - \varphi(y)].$$

**Теорема.** Область компромисса  $\Lambda$  не пуста тогда и только тогда, когда:

$$\Phi_0^* \geq \sum_{i \in K} \Phi_i^*.$$



# ПРИМЕР СОГЛАСОВАНИЯ ИНТЕРЕСОВ

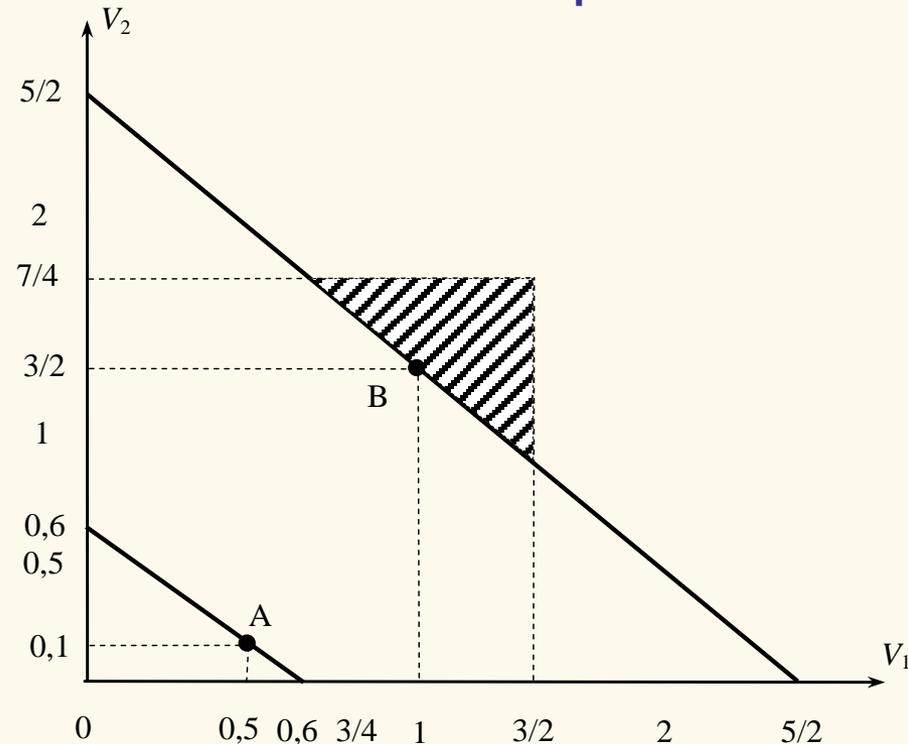
Пусть  $k = 2$ ,  $\varphi(y) = y$ ,  $z(u) = u^2 / 2$ ,  $c = 1$ .

**Вариант 1.**  $H_1(u, y) = u$ ,  $H_2(u, y) = 2y - y^2 / 2 r_y$ , то есть имеются два управляющих органа – отраслевой (заинтересован только в росте объема производства) и территориальный (заинтересован только в значении УБ, равном  $r_y$ ).

Предприятие, имеющее целевую функцию  $u - u^2 / 2 - y$ , в отсутствие управления не будет обращать внимание на безопасность, то есть выберет  $(u^*, v^*) = (1; 0)$ , получив при этом выигрыш, равный  $1/2$ .

**Вариант 2.**  $H_2(u, y) = 2uy - y^2 / 2 r_y$ .

Область компромисса



Сравнение двух механизмов согласования интересов

«Точка равновесия»	$u$	$y$	$\Phi_1$	$\Phi_2$	$f$
A	2	0,1	3/2	0,05	1/2
B	3	0,5	2	0,25	1/2

# ПЛАН

1. Введение: междисциплинарность; иерархичность и гетерогенность объекта управления, управляющей системы и коммуникаций; иерархические модели и иерархии моделей.
2. Мультиагентные системы. Децентрализация управления VS иерархической архитектуры агента. Пример: задача о диффузной бомбе.
3. Социальные сети. Пример: политика в блогосфере.
4. Модели военных действий.  
Пример: рефлексивная игра полковника Блотто.
5. Эколого-экономические системы. Пример согласования интересов.
6. **Управление инновациями. Пример инновационного регресса.**
7. Организационно-технические системы.  
Примеры: производство, логистика, сетевые организации.
8. Заключение: тенденции, проблемы и перспективы.

# ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫМ РАЗВИТИЕМ\*

Динамика развития  $i$ -й технологии:

$$\dot{x}(t) = \left\{ \gamma_i(x_{i-1}(t), u_i(t)) \cdot x_i(t) \cdot [Q_i - x_i(t)] \right\} \cdot I(t \geq t_i)$$

Ограничения:

$$1) Q_1 \leq Q_2 \leq \dots \leq Q_n$$

$$2) x_i(0) = x_0 \geq 0, x_i(t) = 0 \text{ для } t \in (t_{i+1}, T] \quad i \in 1 \dots n-1$$

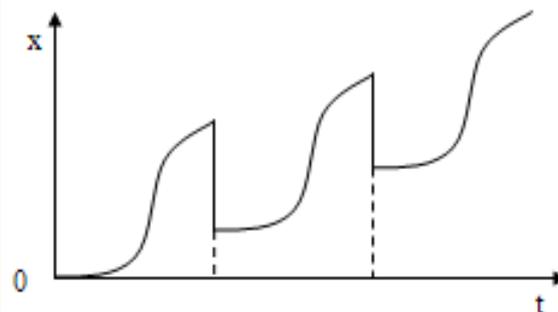
$$3) x_i(t_i) = \max[x_0, x_{i-1}(t_i) - q_i]$$

$$4) u_i(t_i) \geq c_i, u_i(t) = 0 \text{ для } t \notin [t_i, t_{i+1}), i \in N$$

Критерий эффективности:

$$H(X(T)) +$$

$$\int_0^T \left( f(x(t)) - \sum_{i \in N} u_i(t) \right) \cdot e^{-\delta(t)t} dt \rightarrow \max_{\Theta, u(\cdot)}$$



Обозначения:

$I(\cdot)$  - функция-индикатор,

$T$  - плановый горизонт,

$Q_i$  - предельные уровни развития,

$q_i$  - потери, связанные с переходом,

$\gamma_i(\cdot)$  - «скорость роста»,

$X(T) = \max_{i \in N} \{x_i(T)\}$  - уровень развития технологий к моменту  $T$ ,

$H(X(\cdot))$  - функция «дохода»,

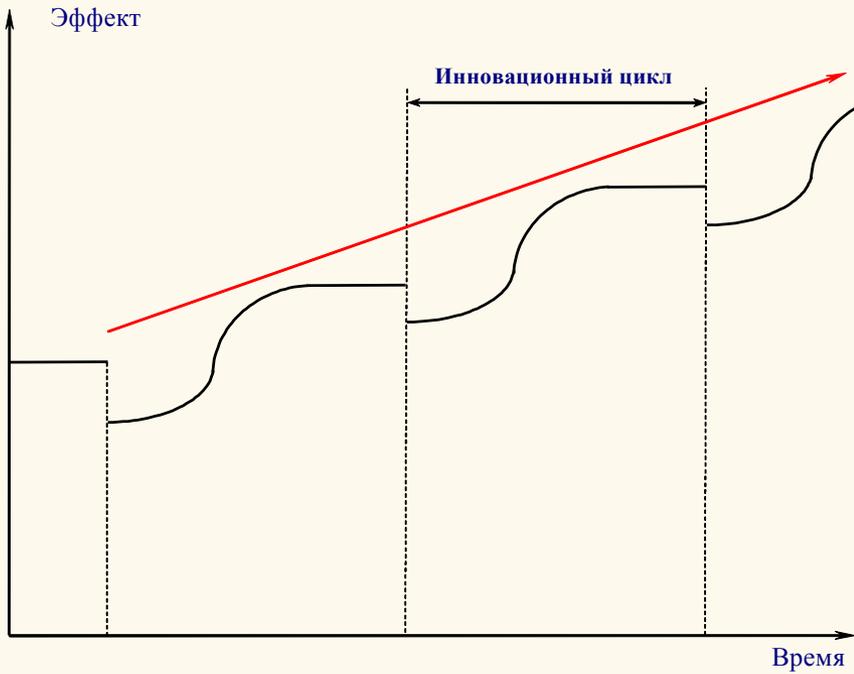
$F(x(\cdot))$  - функционал «дохода»,

$C(u(\cdot))$  - функция затрат,

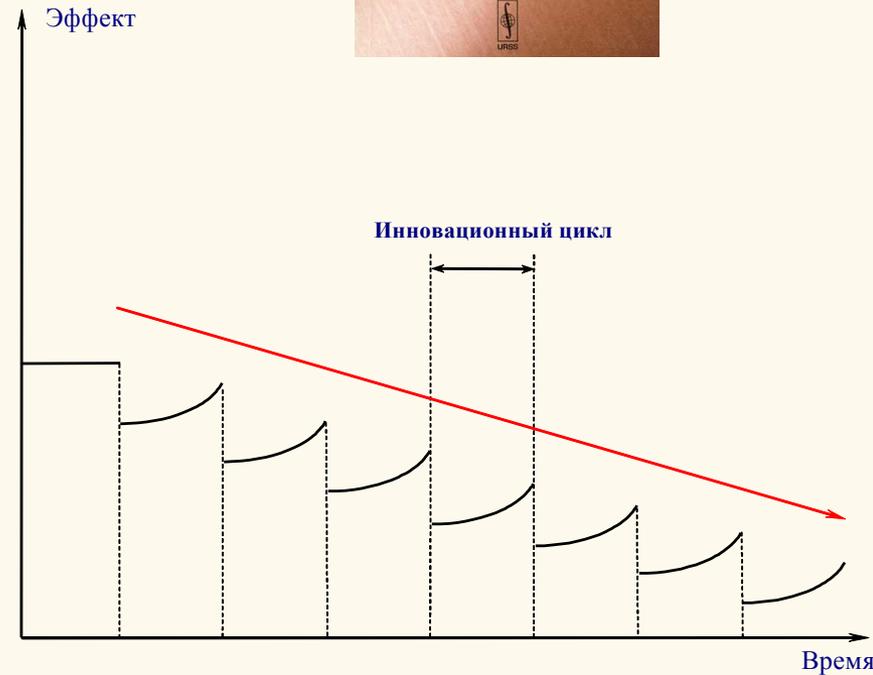
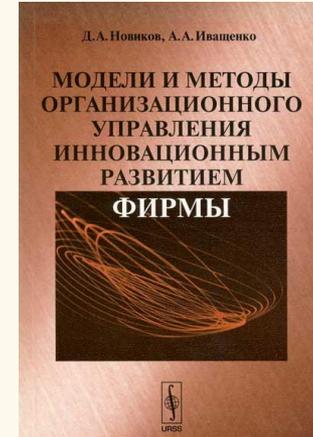
$u(\cdot) = (u_1(\cdot), u_2(\cdot), \dots, u_n(\cdot))$  - вектор динамики ресурсов (**инвестиционная политика**)

$\Theta = (t_i = 0 \leq t_2 \leq \dots \leq t_n \leq T)$  - вектор моментов времени смены технологий (**инновационная политика**)

# ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОГРЕСС?



**ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОГРЕСС**



**ИННОВАЦИОННЫЙ РЕГРЕСС**

$\alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2$   
 $\gamma_1 = \beta_1 (s_1)^t$   
 $\gamma(t) = \alpha_1 x_1 + d$   
 $(t+1) \gamma_1 = \beta_1 (s_1)^{t+1}$   
 $S(R) = D \cdot e$   
 $\Omega = \beta(\equiv)$   
 $D_e = \frac{d}{s_1}$   
 $\Delta_j = \beta_j$   
 $D_{ij} = 1, N$   
 $2 \times 2$   
 $D_{ij} = L$   
 $F(t) =$   
 $S = (t+1) \gamma$

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
 ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ  
 Д.А. НОВИКОВ  
 ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ  
 Рекомендовано Учебно-методическим объединением по профессиональному высшему образованию в качестве учебно-методического пособия  
 для слушателей институтов повышения квалификации, студентов аспиранты, преподаватели и другие профессиональные работники

Москва 2009

# МАНИПУЛИРОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТАМИ КОНКУРСА\*

Функция выигрыша агентов:

$$f_i(y) = \begin{cases} H(x) - c_k(x), & \text{если } i = k(y) \\ -c_i(y_i), & \text{если } i \neq k(y) \end{cases}, \quad i \in N \quad (3)$$

где  $k(y) = \arg \max_{i \in N} \{y_i\}$  - номер агента-победителя.

Предположения:

**A.1.** Функции затрат агентов непрерывны и строго возрастают.

**A.2.** Затраты от выбора нулевого действия равны нулю.

**A.3.** Существует упорядочение агентов, такое, что

$$\forall y > 0 \quad c_1(y) > c_2(y) > \dots > c_n(y)$$

**B.1.**  $H(\cdot)$  - непрерывная неубывающая положительнозначная функция.

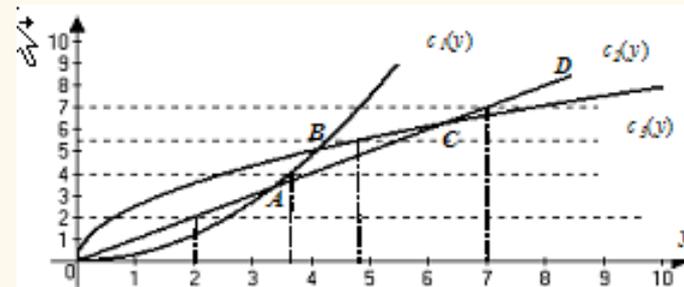
$$\text{B.2. } \exists y^+ > 0, y^+ < +\infty : \forall z \geq y^+ \quad H(z) < \min_{i \in N} c_i(z).$$

$$\text{B.3. } \forall x \geq 0 \quad H(x) = h.$$

Утверждение: Равновесие в Безопасных Стратегиях при A1-2 и B1-3 есть:

$$\forall i \neq i_n(h) \quad y_i^* = 0; \quad y_{i_n(h)}^*(h) = x_{i_{n-1}(h)}(h) \quad \text{и зависимость}$$

имеет вид  $x^*(h) = x_{i_{n-1}(h)}(h)$



Обозначения:

$y_i \geq 0$  - уровень развития технологии выбираемый  $i$ -м агентом,

$c_i(\cdot)$  - функции затрат агентов,

$H(x)$  - доход, получаемый победителем,

$x_i(\cdot) = c_i^{-1}(\cdot)$  - функция, обратная функции затрат («результат»),

$y^*$  - РБС.

$$x_{i_1}(h) \leq x_{i_2}(h) \leq \dots \leq x_{i_n}(h) -$$

упорядочивание агентов по заданной функции затрат и дохода

# ПЛАН

1. Введение: междисциплинарность; иерархичность и гетерогенность объекта управления, управляющей системы и коммуникаций; иерархические модели и иерархии моделей.
2. Мультиагентные системы. Децентрализация управления VS иерархической архитектуры агента. Пример: задача о диффузной бомбе.
3. Социальные сети. Пример: политика в блогосфере.
4. Модели военных действий.  
Пример: рефлексивная игра полковника Блотто.
5. Эколого-экономические системы. Пример согласования интересов.
6. Управление инновациями. Пример инновационного регресса.
7. Организационно-технические системы.  
Примеры: производство, логистика, сетевые организации.
8. Заключение: тенденции, проблемы и перспективы.

# ИЕРАРХИЯ МОДЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

**Интеллектуальные (intelligent) производственные системы: от гибких (flexible) к комплексным (holonic) системам**

**Известны с 80-х годов XX века. В последние годы интерес к ним усилился в связи с новыми вызовами рынка.**

**Акцент смещается от автоматизации операций к автоматизации управления.**



## **Вызовы:**

- **Огромное число заказных конфигураций продукта**
- **Совмещение мелкосерийного и массового производства**
- **Сокращение срока выполнения индивидуального заказа**
- **Интеграция цепочек поставок для сокращения склада**

## **Предлагаемые решения:**

- **Универсальность производственной системы и отдельных ее компонент**
- **Способность быстро и гибко подстраиваться под новые задачи**
- **Автономность принятия производственных решений за счет широкой автоматизации управления**
- **Живучесть за счет сетецентрического управления и применения мультиагентных технологий**
- **Принятие производственных решений с учетом экономических факторов**

# ОТ ИЕРАРХИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ К ИЕРАРХИИ МОДЕЛЕЙ

Гибкие производственные системы имеют иерархическую структуру

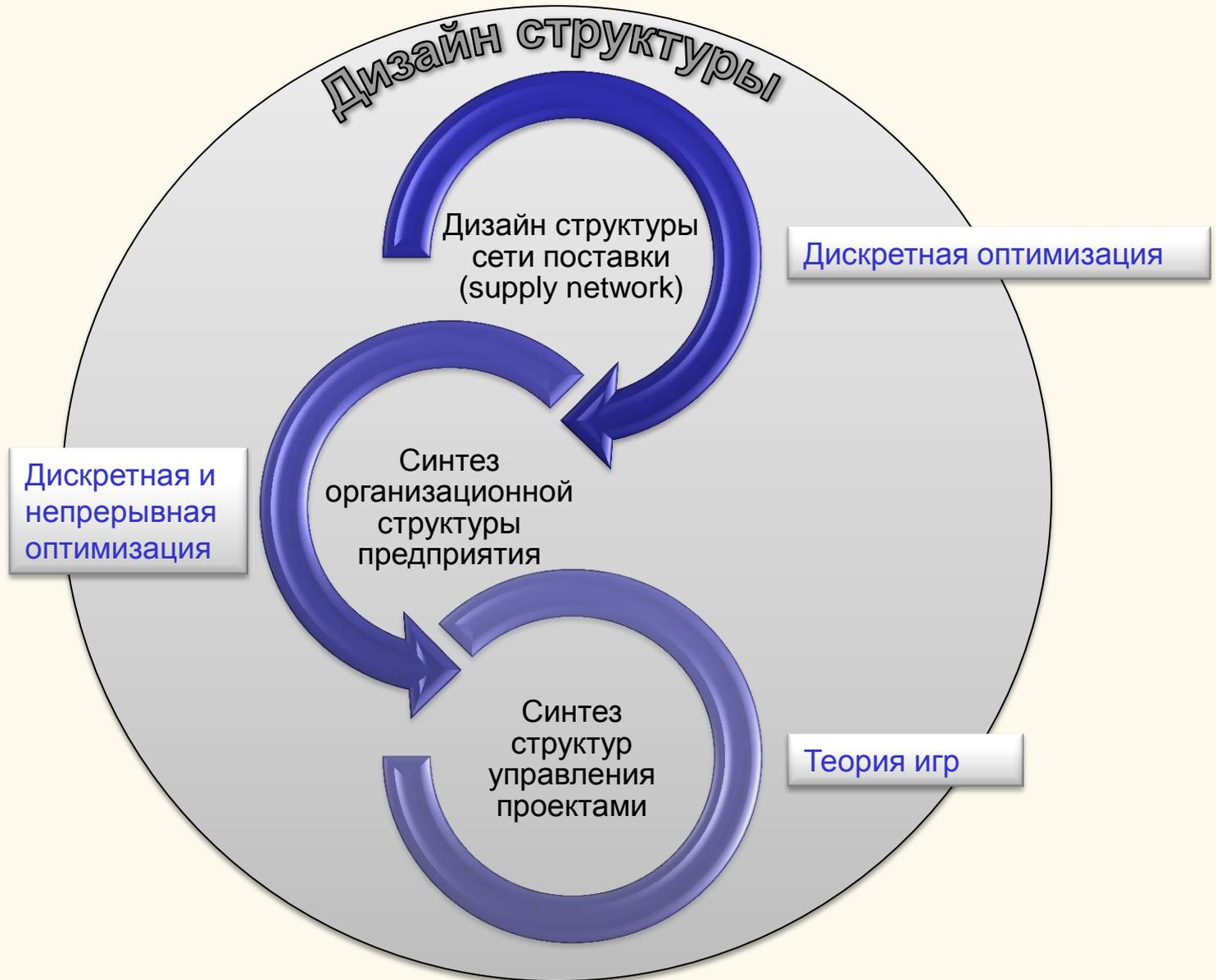
Но помимо этого:

Сложность решаемых задач управления порождает их декомпозицию на уровни принятия решений

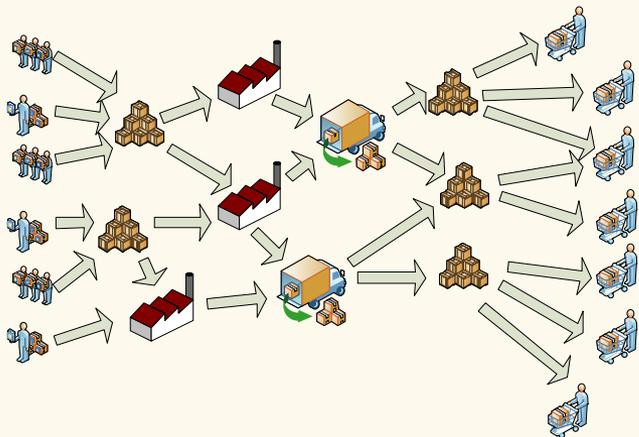
Каждому уровню решения задач управления соответствуют свои цели, модели и инструментарий, на каждом из этапов управления (организация, планирование, реализация, контроль и анализ)



# ДИЗАЙН СТРУКТУРЫ



# ДИЗАЙН СТРУКТУРЫ СЕТИ ПОСТАВКИ



**Задача:** минимизировать затраты выбором количества и расположения промежуточных узлов сети, их специализации и товарных потоков при условии удовлетворения спроса

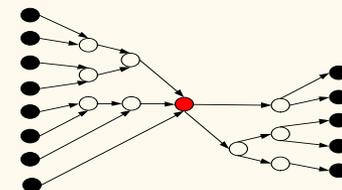
Затраты узла моделируются двухсекционной функцией  $c(\{s_1, \dots, s_k\}, \{d_1, \dots, d_r\})$  – зависят от количества  $k$  входящих и  $r$  исходящих дуг, от входящих товарных потоков  $s_1, \dots, s_k$  и исходящих товарных потоков  $d_1, \dots, d_r$

**Это сложная задача дискретной оптимизации**

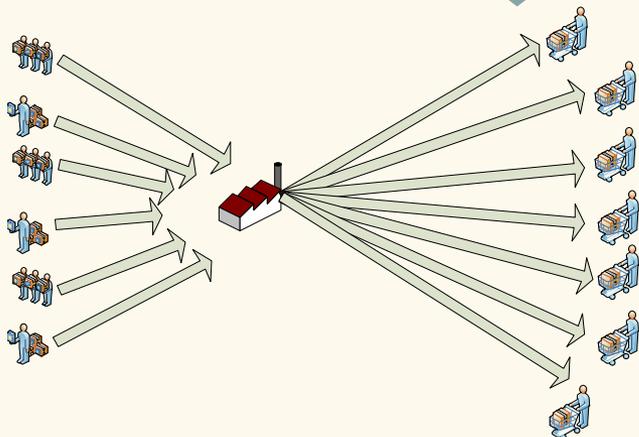
Получены аналитические условия на функцию затрат, при которых в оптимальной сети: отсутствуют петли товарных потоков, у каждого узла не более двух входящих и/или исходящих дуг, имеется единственный центр дистрибуции, есть ровно два слоя промежуточных узлов...

**Теорема\*.** Пусть затраты узла  $c(k, r)$  зависят, причем монотонно, только от числа  $k$ , входящих и  $r$  исходящих дуг, и для всех  $k, r \geq 2$  верны неравенства  $c(k, 2) \geq c(k + 1, 1)$ ,  $c(2, r) \geq c(1, r + 1)$ . Если при этом существует оптимальная ациклическая сеть, то существует и оптимальная сеть, имеющая форму сдвоенного дерева.

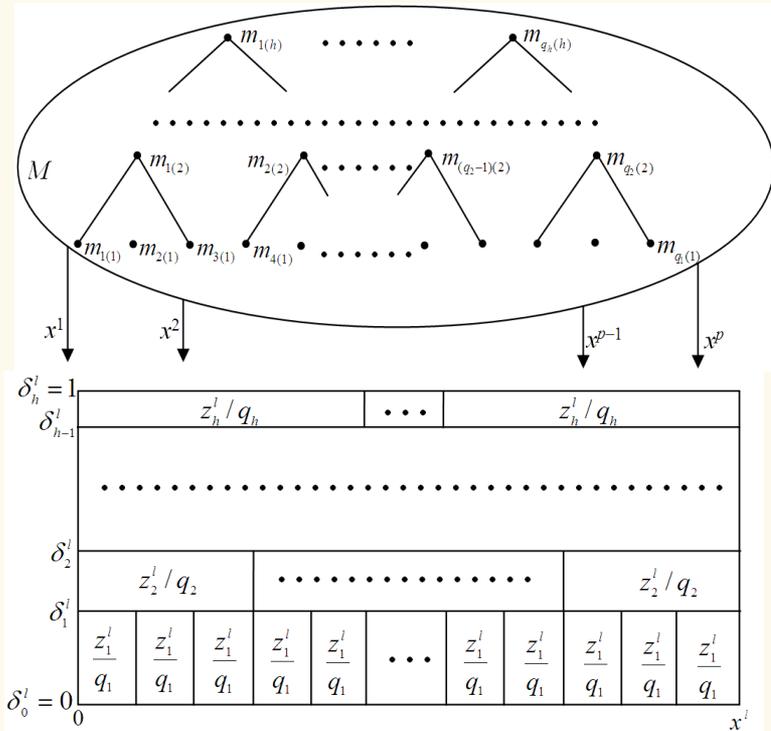
Параметры этого дерева можно вычислить аналитически.



↑ Так? Или так? ↓



# СИНТЕЗ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ



**Задача:** минимизировать затраты выбором  
 1. количества уровней иерархии,  
 2. численности менеджеров на каждом уровне,  
 3. распределения ответственности по уровням  
 в условиях дублирования усилий менеджеров.

Для одномерного управления и однородных затрат задача решена аналитически.

**Теорема\*.** Если функции  $q_u \hat{d}_u(q_u)^{\beta/(\beta-1)}$  возрастают и внутреннее делегирование оптимально, то оптимальная иерархия определяется из системы уравнений:

$$(q_u \hat{d}_u(q_u)^{\beta/(\beta-1)})' / C_u^f = x^{-\beta} (q_1 \hat{d}_1(q_1)^{\beta/(\beta-1)} + \dots + q_h \hat{d}_h(q_h)^{\beta/(\beta-1)})^\beta \beta / (\beta - 1),$$

которая имеет единственное решение при вогнутых функциях

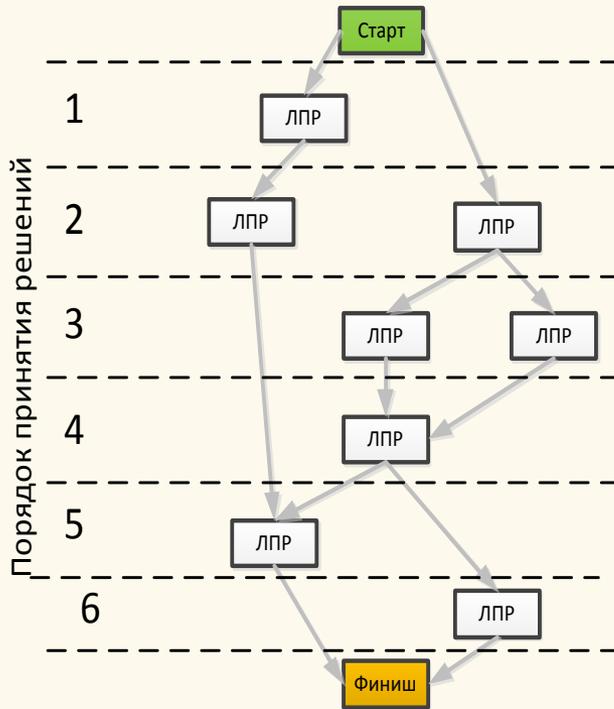
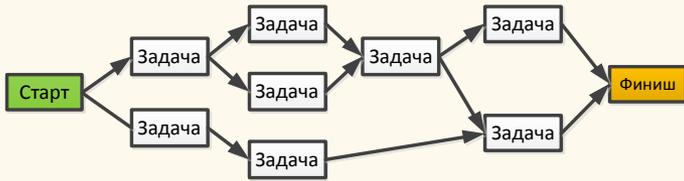
$$q_u \hat{d}_u(q_u)^{\beta/(\beta-1)}$$

**Следствие.** При вогнутых функциях  $q_u \hat{d}_u(q_u)^{\beta/(\beta-1)}$  рост  $x$  приводит к росту  $q_1, \dots, q_h$ , а рост постоянных затрат – к снижению  $q_1, \dots, q_h$ .

**Теорема.** Если при росте количества менеджеров  $q_u$  уровня и их нагрузки растут как  $q_u^\alpha$  за счет взаимного согласования ( $D(q_1, \dots, q_h) = \text{diag}(q_1^\alpha, \dots, q_h^\alpha) D_{\min}$ ),  $0 < \alpha < 1 - 1/\beta$ , то  $\hat{d}_u(q_u) = \hat{d}_{u, \max} q_u^{-\alpha}$ , предыдущая теорема дает единств. решение:

- Нагрузка одного менеджера не зависит от дублирования:  $(1 - \alpha - 1/\beta)^{-1/\beta} (C_u^f)^{1/\beta}$ ,
- При  $\alpha > 0$  затраты и количество менеджеров растут сверхлинейно как  $x^{1/(1-\alpha)}$ ,
- Норма управляемости  $r_u^* = q_{u-1}^* / q_u^* = (\hat{d}_{u-1, \max} (C_{u-1}^f)^{-(\beta-1)/\beta} / \hat{d}_{u, \max} (C_u^f)^{-(\beta-1)/\beta})^{1/\alpha}$ .

# СЕТЕВЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ\*

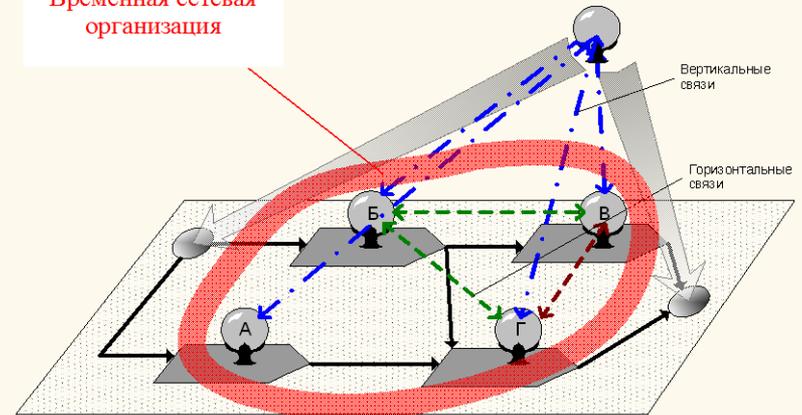


**Задача:** максимизировать эффективность проекта выбором

1. количества уровней принятия решений,
2. распределения ЛПР по уровням,
3. делегирования ЛПР прав назначения «штрафов» подчиненным

при условии совместности порядка принятия решений с технологической структурой (порядком выполнения работ).

Временная сетевая организация



**Утверждение\*.** Для любой технологической структуры и любого равновесия  $x \in E_1^N(\rho_m)$  существует набор стратегий ЛПР

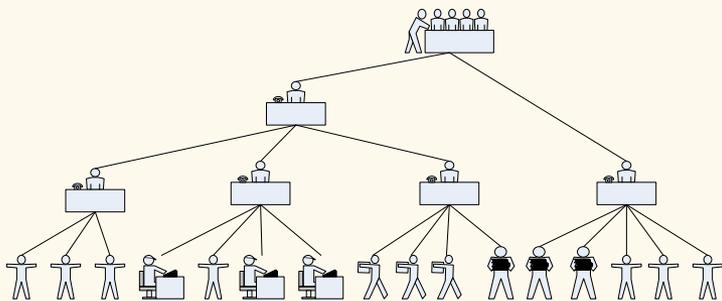
$$u_{xi}(y_{Lk}) = \begin{cases} x_i, & \text{если } y_j = x_j, j \in L_k \\ \arg \min_{y_i \in A_i} \min_{y_{G_q \setminus y_i} \in A_{G_q \setminus y_i}} f_j(x_{Lq}, y_{Gq}, x_{Sq} | y_j), & \text{если } \exists! j \in S_q : y_j \neq x_j, \\ x_i, & \text{если } \exists j, l : j \neq l, y_j \neq x_j, y_l \neq x_l, j, l \in L_k \end{cases}$$

$i \in S_k, k = \overline{1, m}$

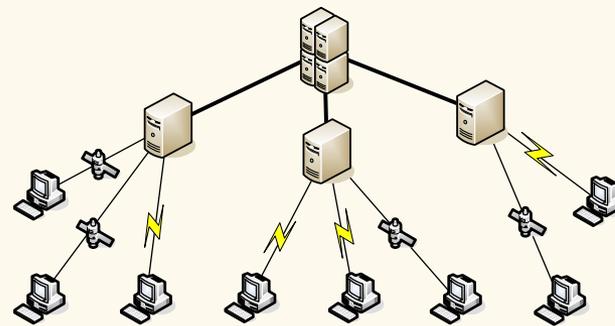
\*Новиков Д.А. Сетевые структуры и организационные системы. М.: ИПУ РАН, 2003.

в игре типа  $\Gamma_2(\rho_m^0)$ , обеспечивающий всем ЛПР ту же полезность.

# ПРИМЕРЫ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ ИЕРАРХИЧЕСКИХ СТРУКТУР

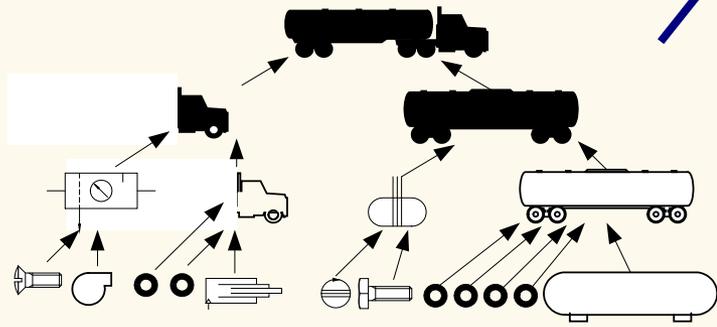


**Формирование структуры управления организацией**

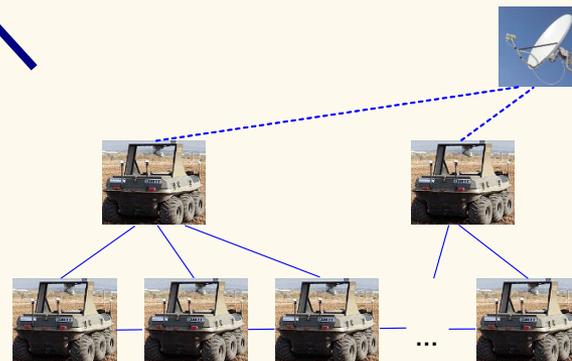


**Разработка структуры сбора и обработки информации**

**ЗАДАЧА ОПТИМИЗАЦИИ ИЕРАРХИИ УПРАВЛЕНИЯ**

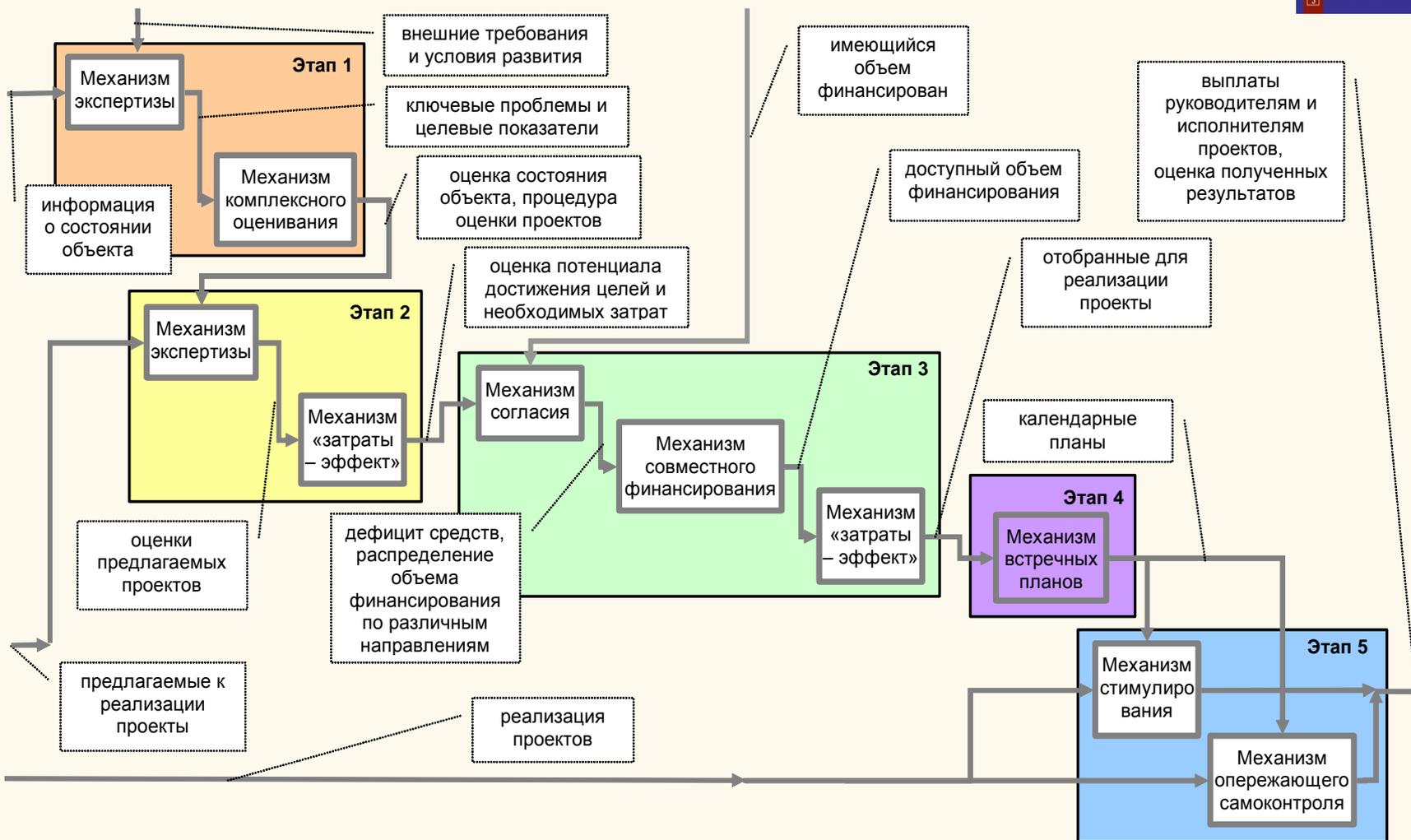


**Проектирование сборочного производства**



**Распределение функций и задач в сетевых структурах**

# КОМПЛЕКСНЫЙ МЕХАНИЗМ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ (ПРЕДПРИЯТИЯ, РЕГИОНА)



# ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Стратегия и маркетинг  
(Высший менеджмент)

OLAP-системы

OLAP, BSC, DSS

Финансово-хозяйственное управление  
(Финансы, бухгалтерия, кадры, ...)

ERP-системы

ERP

Управление производством  
(Руководители производства, службы гл. механика, гл. технолога, ...)

MES-системы

MES

SCM, CRM, PMS

АСУТП

MRP2  
MRP, CRP

SCADA, DCS

PLC, MicroPC



## ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

И\*

## «ИЕРАРХИЧЕСКАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ»

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ	Управление ТС	«Оптимизация»	Управление ОС
OLAP, BSC, DSS			
ERP			
MES			
SCM, CRM, PMS			
MRP2			
MRP, CRP			
SCADA, DCS			
PLC, MicroPC			

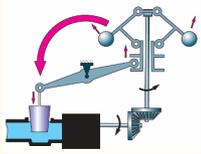


# ПЛАН

1. Введение: междисциплинарность; иерархичность и гетерогенность объекта управления, управляющей системы и коммуникаций; иерархические модели и иерархии моделей.
2. Мультиагентные системы. Децентрализация управления VS иерархической архитектуры агента. Пример: задача о диффузной бомбе.
3. Социальные сети. Пример: политика в блогосфере.
4. Модели военных действий.  
Пример: рефлексивная игра полковника Блотто.
5. Эколого-экономические системы. Пример согласования интересов.
6. Управление инновациями. Пример инновационного регресса.
7. Организационно-технические системы.  
Примеры: производство, логистика, сетевые организации.
8. **Заключение: тенденции, проблемы и перспективы.**

# ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ (объекты управления)

Механические системы



Технические системы



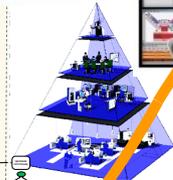
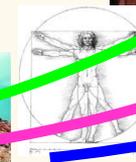
Организационно-технические и информационные системы



Децентрализованные интеллектуальные системы



- - технические системы
- - экономические системы
- - эколого-экономические системы
- - живые системы
- - социальные системы



1860-e 1900 1930 1940 1950 1960 1970 1980 1990 2000 2010 2020 ...

???

t

# ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

**Междисциплинарность:** объекты управления, методы и средства управления, взаимодействие с **профильными специалистами**.

**Сетевая/иерархическая структура** объекта управления, управляющей системы и коммуникаций. **Децентрализация. Сети иерархий и иерархии сетей.**

**Внутрипарадигмальные проблемы:** «линейность» развития, стремление свести задачу к известной и т.д., т.е. «внутренние» проблемы, имеющиеся в каждой предметной области. Самоизоляция различных отраслей теории управления. Необходимость развития нового математического инструментария, в том числе – **новой парадигмы принятия решений**.

**«Эвристические» приложения:** использование концепции ограниченной рациональности (примеры – **MAC, распределенная оптимизация, AGT**) – в отсутствии *времени, возможности* или *необходимости* вместо оптимальных ищутся (зачастую, эвристически) и используются допустимые псевдо-оптимальные управления.

**Объединение: управление – вычисления – связь – затраты – ЖЦ**

(5C = Control + Computation + Communication + **Cost** + **Cycle**).

**Гетерогенное** (иерархическое, комплексное) **моделирование**. Проблемы **«сопряжения» моделей**, поиска общего языка между представителями различных предметных областей. **Имитационные приложения**. Необходимость разработки и тиражирования **типовых решений** задач управления.

## РОССИЙСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

- слабый «промышленный» заказ
- слабая национальная технологическая база (особенно это касается средств управления)
- устаревшие образовательные программы
- частичная локальная оторванность от мировой науки
- «местечковость» (в провинциальной науке и образовании)



**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**