



**ИПУ РАН**



**МФТИ**

# **Проблемы и инженерные методы управления системами междисциплинарной природы**

**Д.А. Новиков  
ИПУ РАН**

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

# ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ РАН

## НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ:

- Теория систем управления
- Управление в социальных и экономических системах
- Технические средства автоматике и вычислительной техники
- Системы управления технологическими процессами
- Разработка программного обеспечения систем управления
- Автоматизированные системы организационного управления
- Управление подвижными объектами

## СЕГОДНЯ В ИНСТИТУТЕ РАБОТАЮТ:

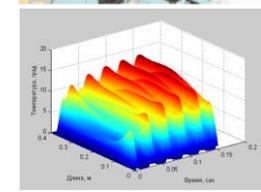
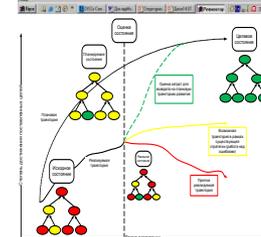
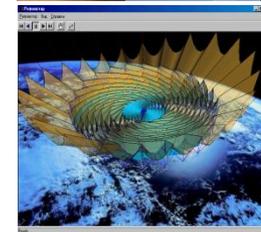
1000 сотрудников  
100 докторов наук  
250 кандидатов наук

## ПРИКЛАДНЫЕ РАБОТЫ:

- Министерство обороны РФ
- Министерство образования и науки РФ
- МЧС, Министерство внутренних дел
- Фонд социального страхования РФ
- ОАО Газпром, ОАО РЖД
- Администрации регионов и муниципальных образований
- Космический НПЦ им. М.В.Хруничева, РКК «Энергия» и др.



## НАУЧНЫЕ ЖУРНАЛЫ



# УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ КОМПЛЕКС

Сотрудники Института работают заведующими кафедрами и профессорами в ведущих вузах страны

Учебно-научный комплекс  
(УНК) ИПУ РАН

3 базовые  
кафедры  
(МФТИ,  
МИРЭА)

Аспирантура  
Докторантура

Университет новых  
информационных  
технологий управления

НОЦ  
проблем  
управления

Научно-образовательные центры:  
новая форма сетевого взаимодействия



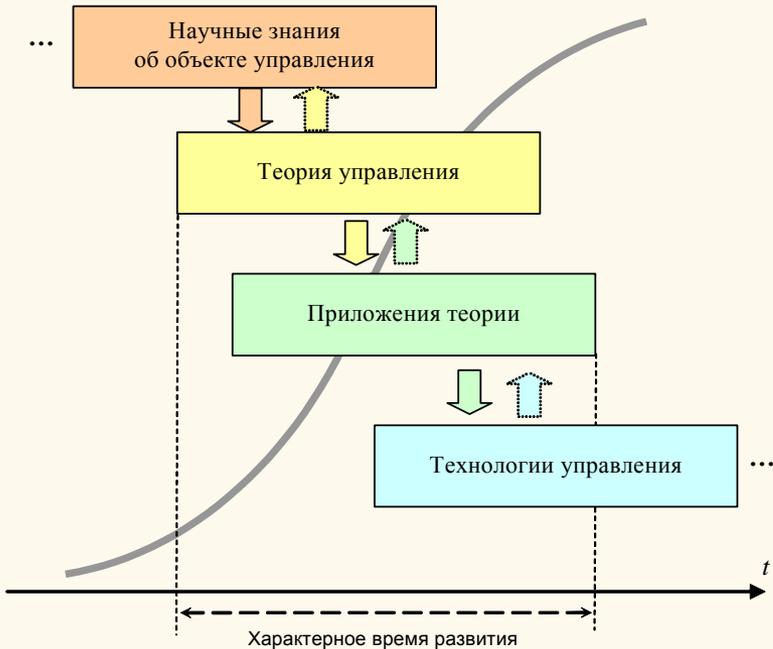
# ПЛАН

1. Введение: управление системами междисциплинарной природы.
2. Мультиагентные системы. Пример: задача о диффузной бомбе.
3. Социальные сети. Пример: политика в блогосфере.
4. Модели военных действий.  
Пример: рефлексивная игра полковника Блотто.
5. Управление инновациями. Пример инновационного регресса.
6. Заключение: тенденции, проблемы и перспективы.

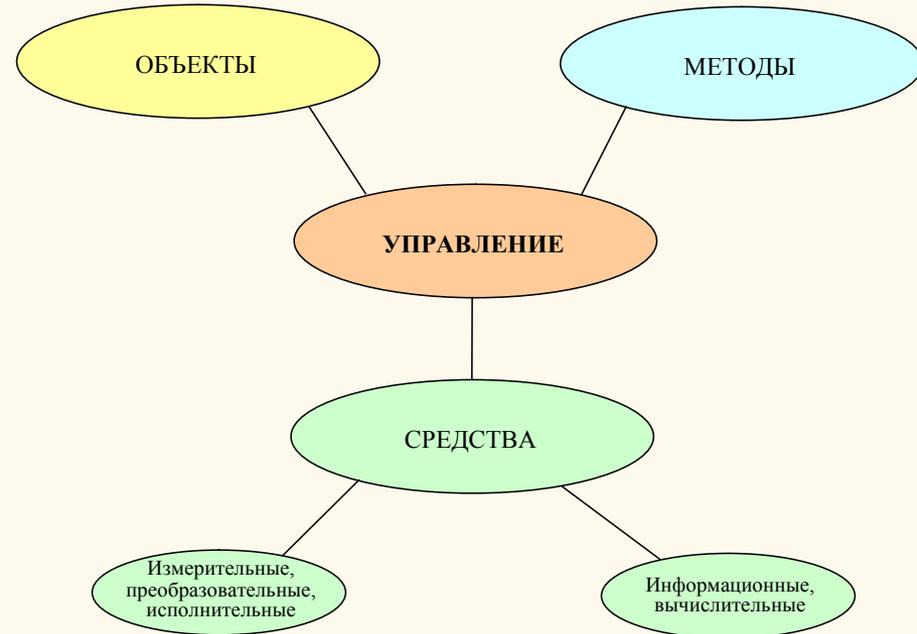
# УПРАВЛЕНИЕ



## СТРУКТУРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

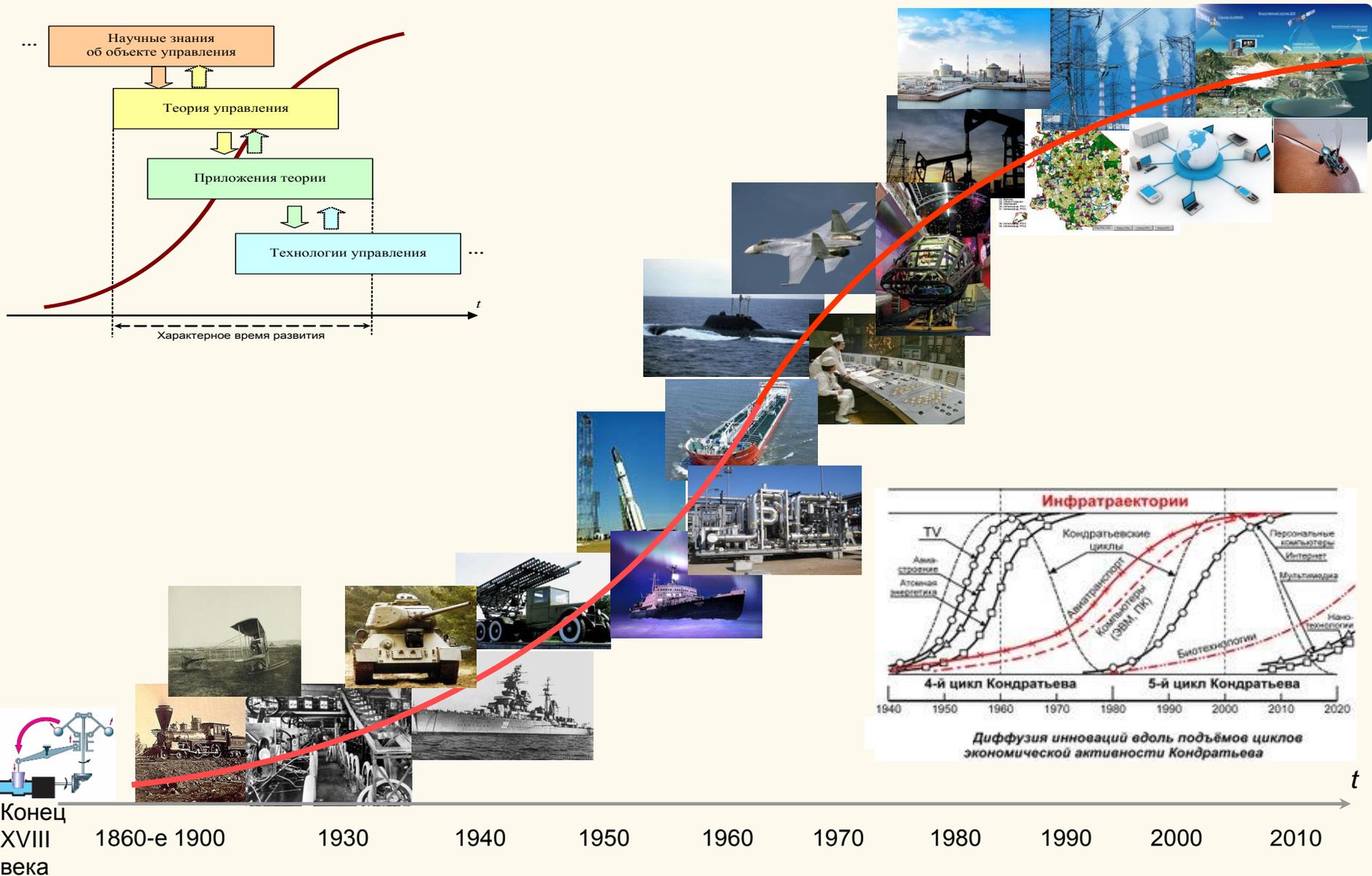


## ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ ОПРЕДЕЛЕННЫМ КЛАССОМ ОБЪЕКТОВ



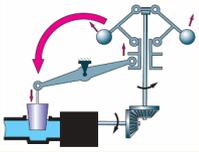
## ОБЪЕКТЫ, МЕТОДЫ И СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ

# 150 лет ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ «ТЕХНИЧЕСКИМИ» СИСТЕМАМИ



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

## Механические системы



## Технические системы



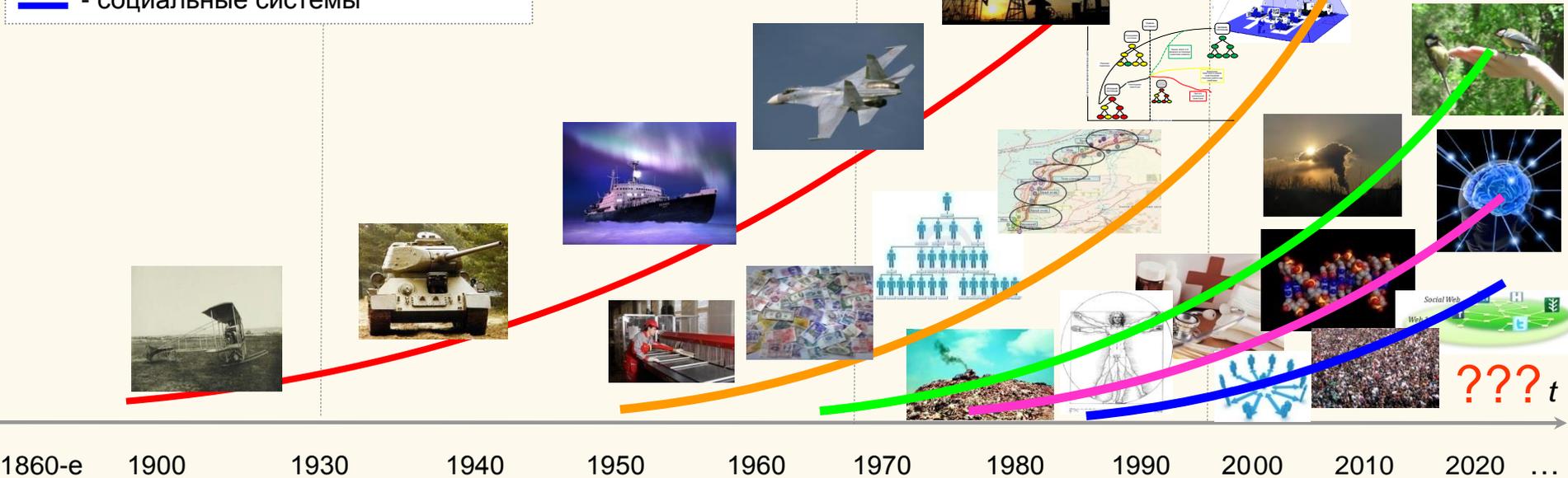
## Организационно-технические и информационные системы



## Децентрализованные интеллектуальные системы



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

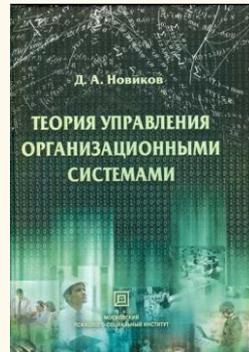
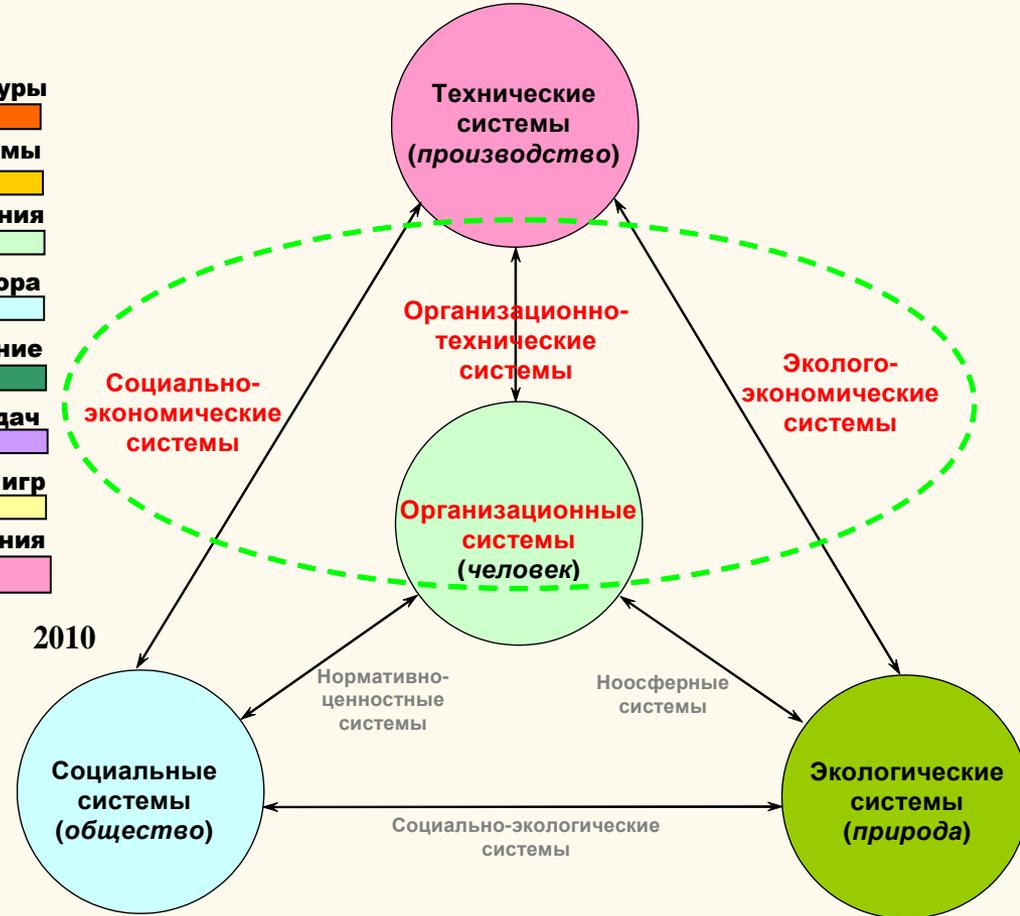


# УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМАМИ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОЙ ПРИРОДЫ: КЛАССИФИКАЦИЯ И ОСНОВАНИЯ

## ОСНОВАНИЯ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ

## СИСТЕМЫ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОЙ ПРИРОДЫ

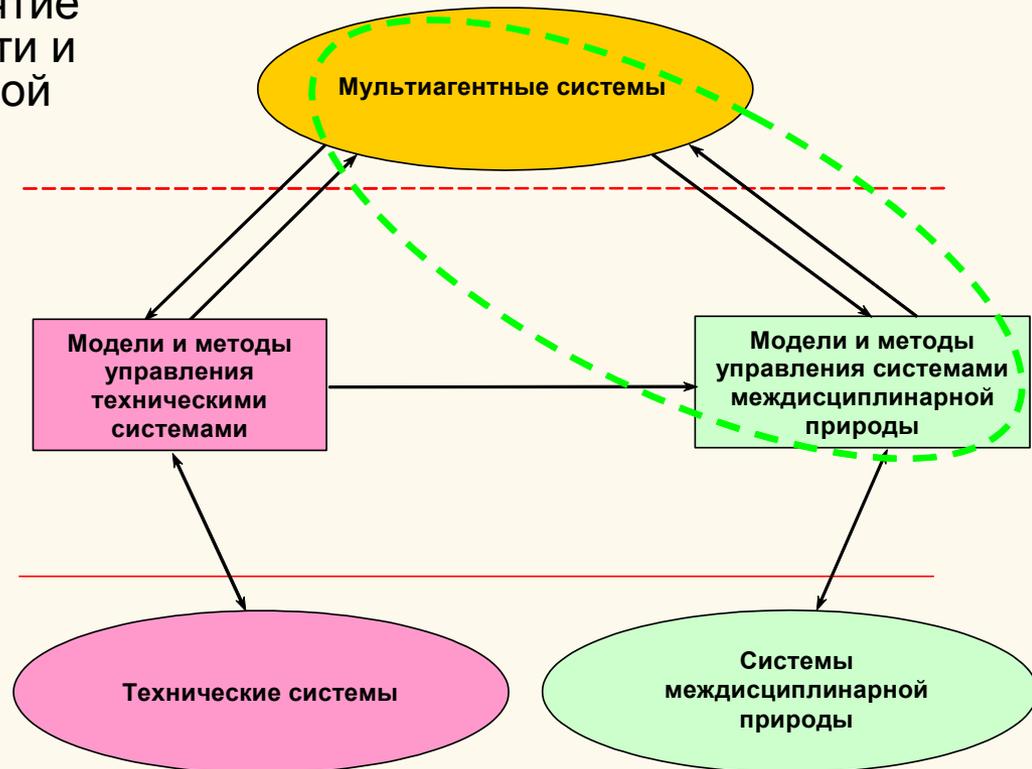
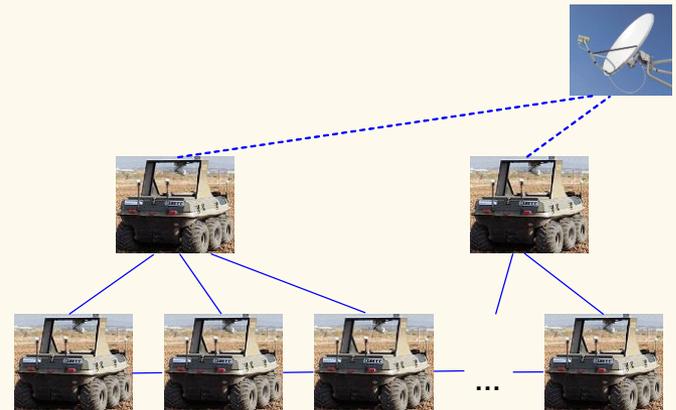
### ИСТОЧНИКИ ОТУ (разделы и смежные науки)



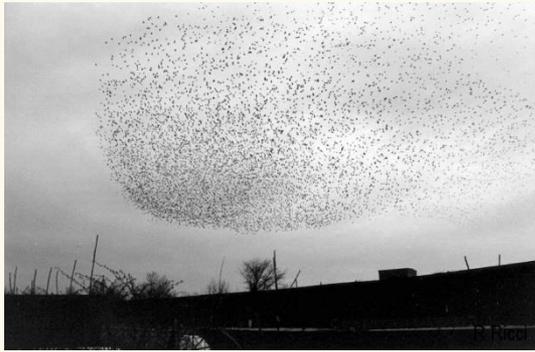
# СПЕЦИФИКА ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

## 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;
- ✓ Многокомпонентность;
- ✓ Распределенность.

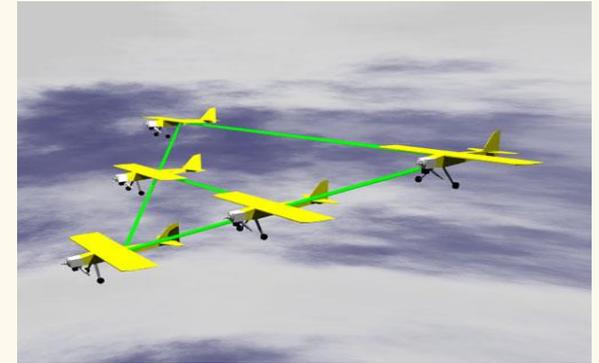


# МУЛЬТИАГЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ

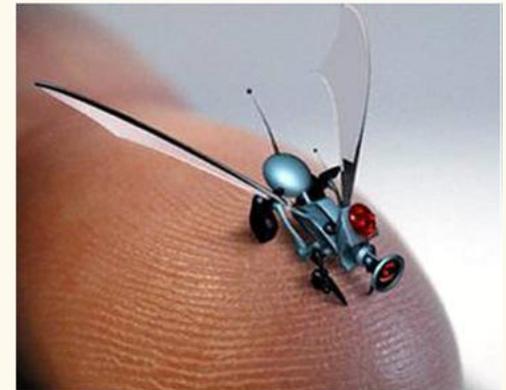
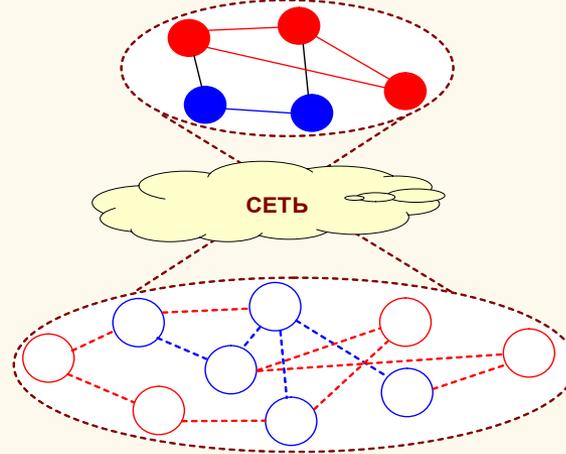


## Тенденции:

- децентрализация,
- миниатюризация,
- интеллектуализация.

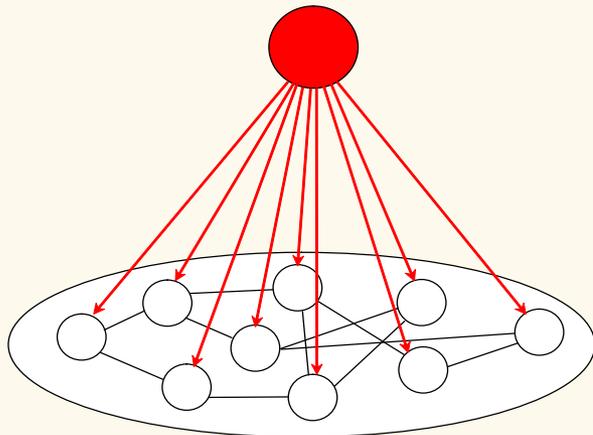


Децентрализованное (групповое) управление

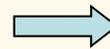


# МУЛЬТИАГЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ: СПЕЦИФИКА

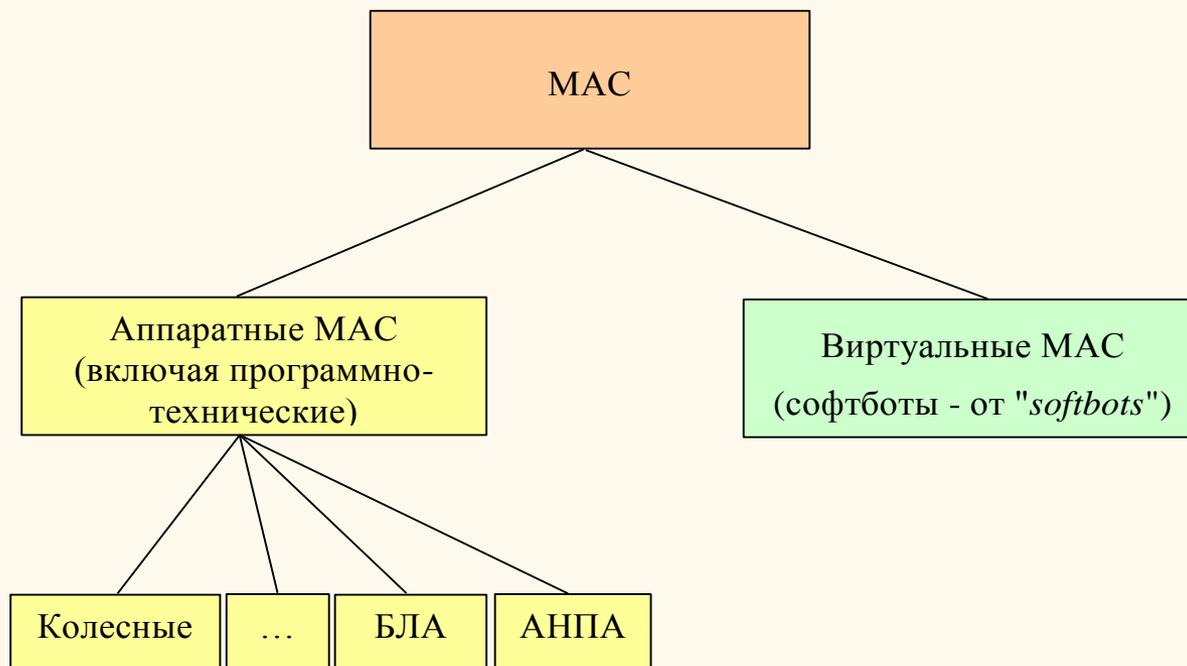
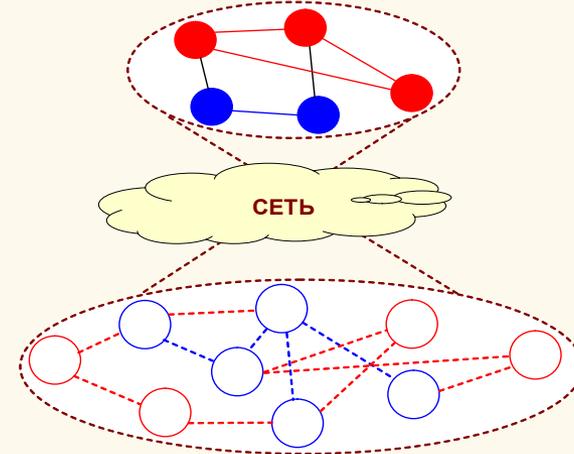
Централизованное управление



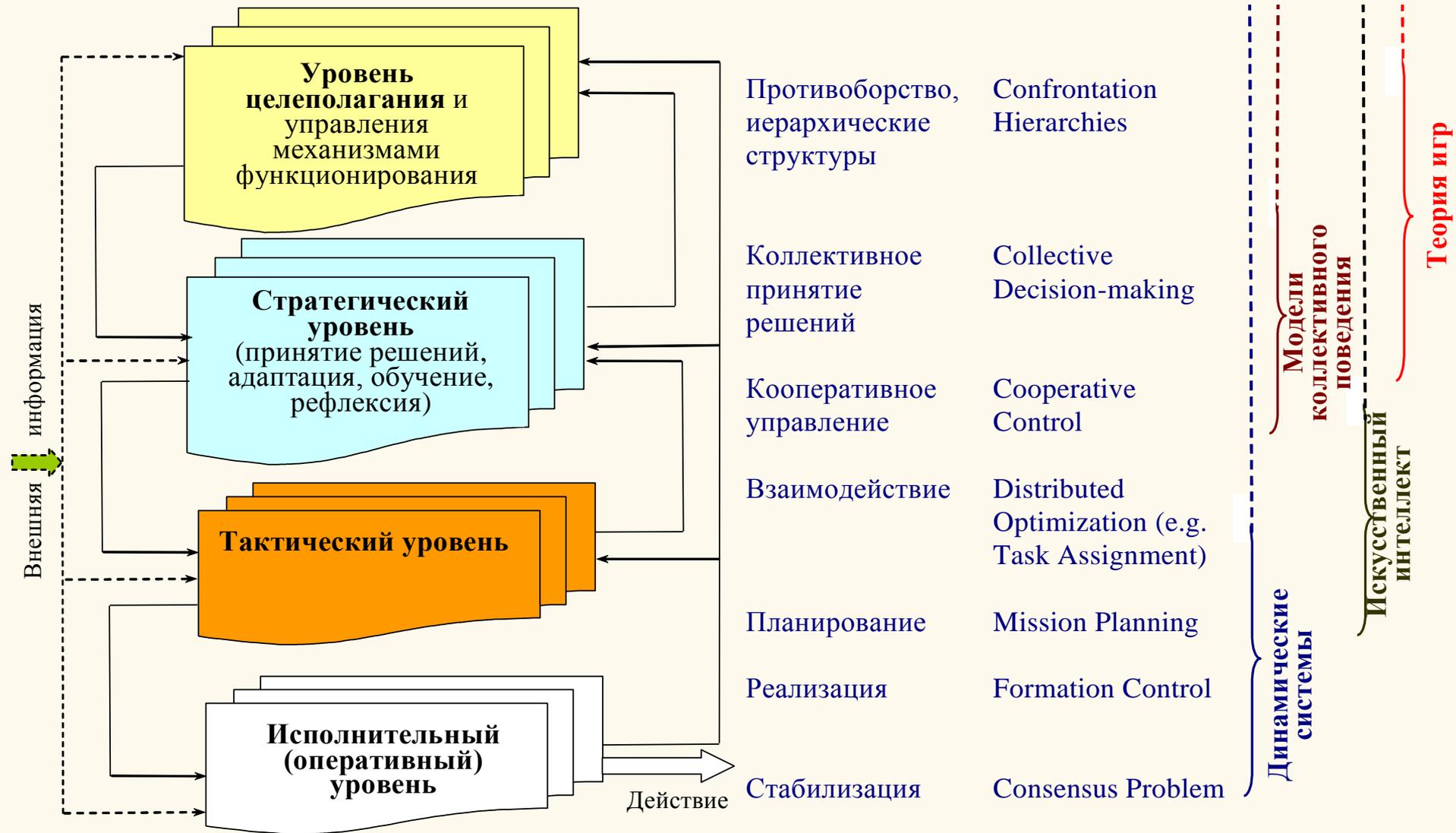
...



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  $j$ .

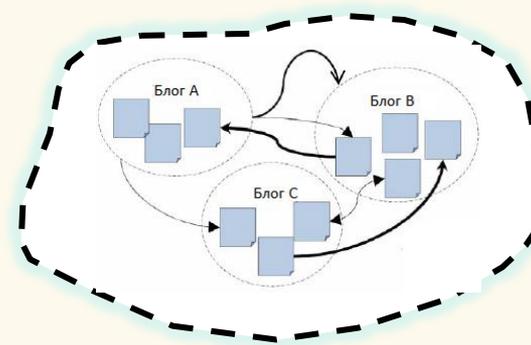
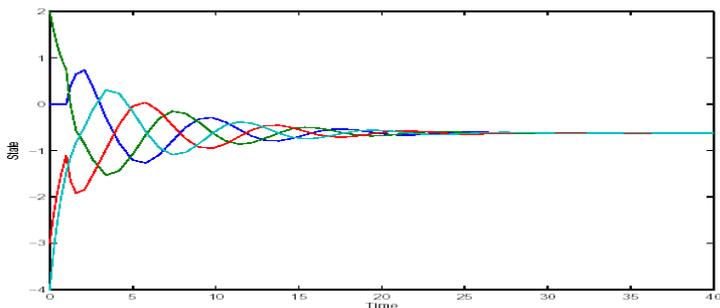
В матричной форме (1) имеет вид:  $\dot{x}(t) = -Lx(t)$ ,

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

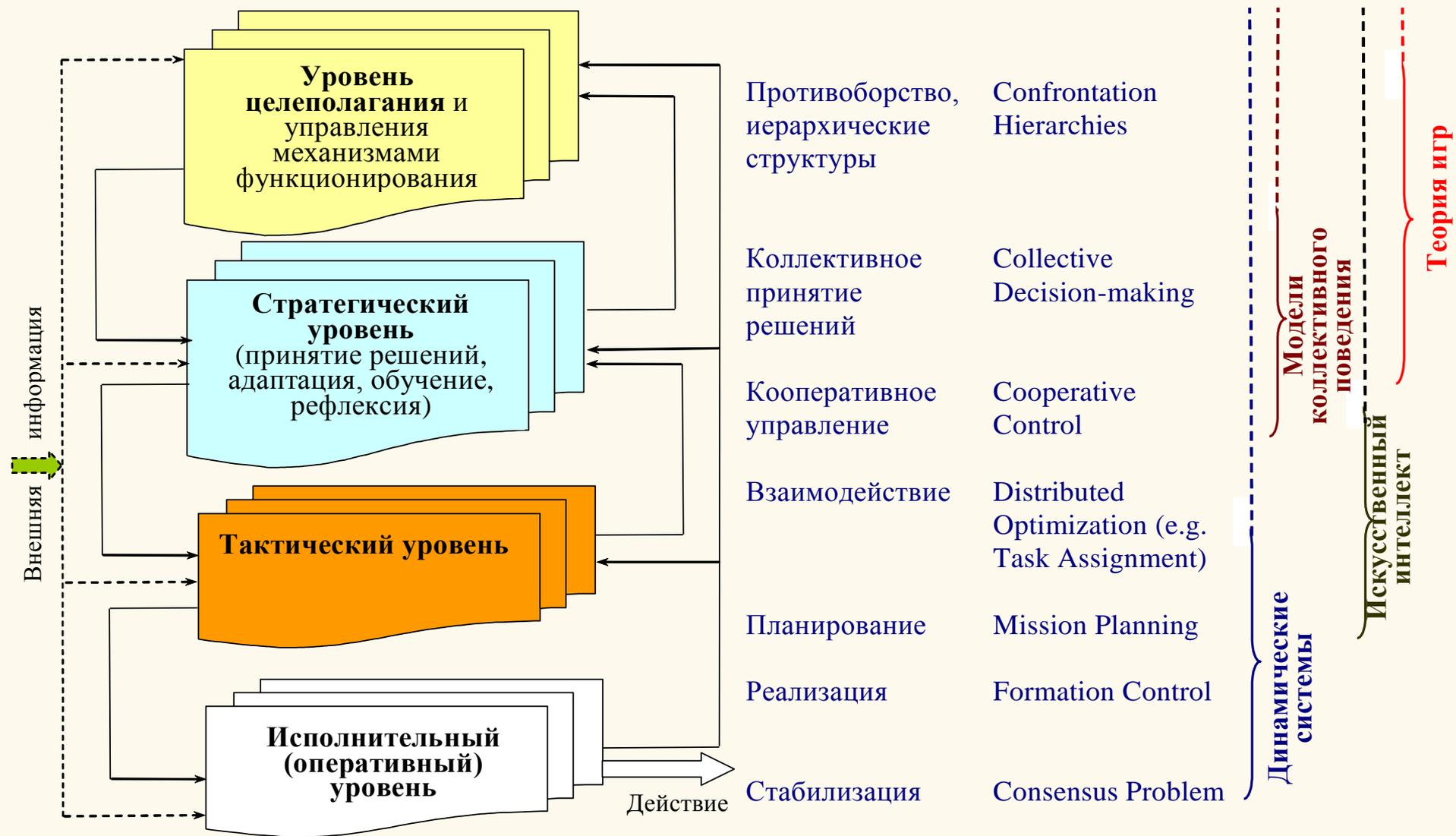
## Теорема\*

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 \*

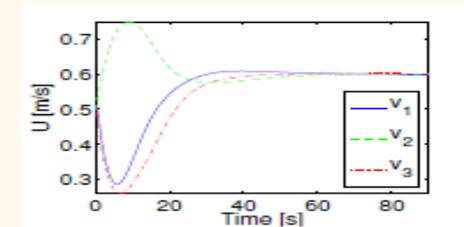
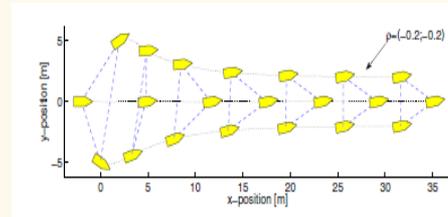


# НИЖНИЙ УРОВЕНЬ АРХИТЕКТУРЫ АГЕНТА

$V(t)$  ↓  $x(t), v(t)$  ↑

## 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

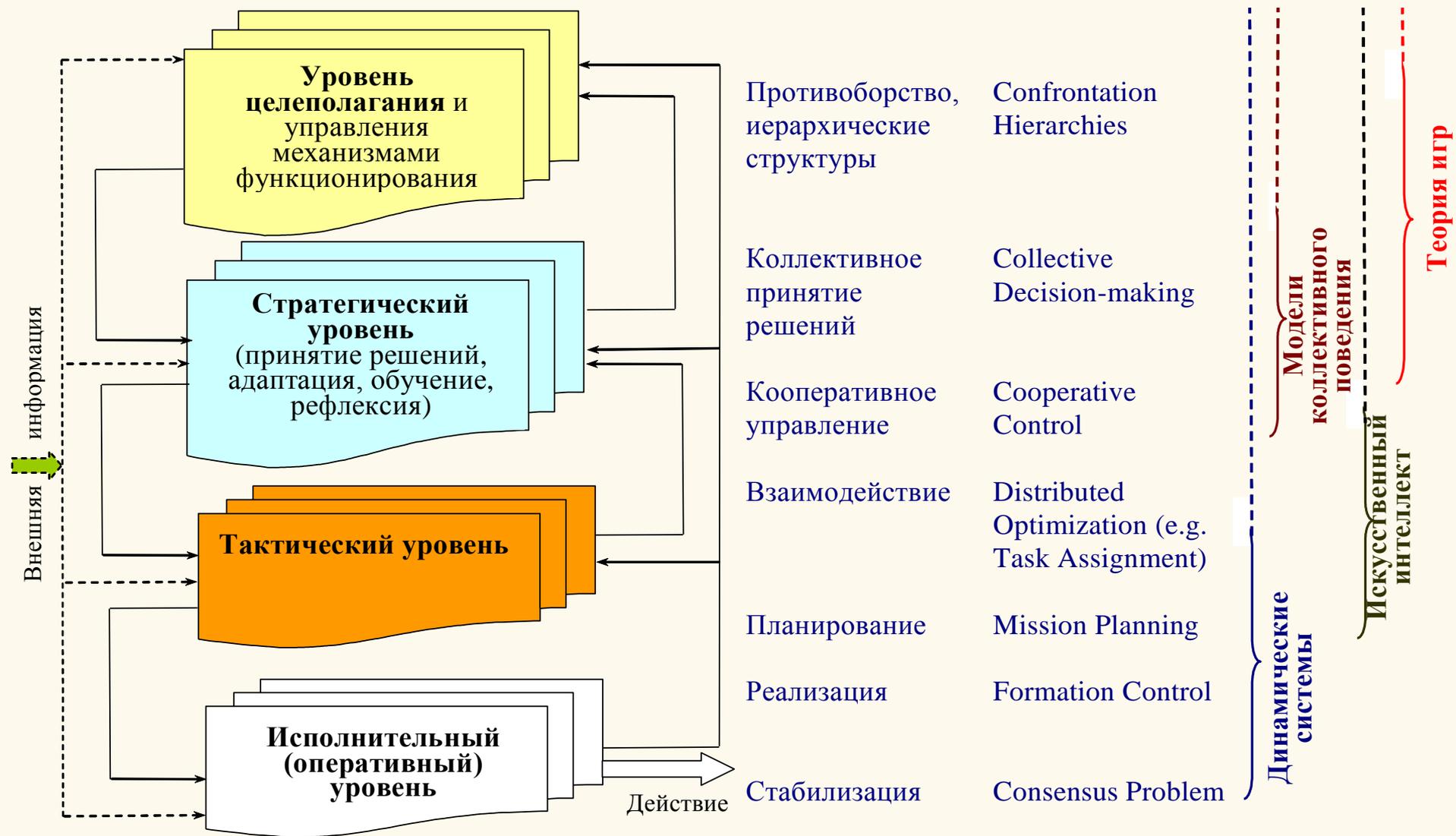
## Модель объекта

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

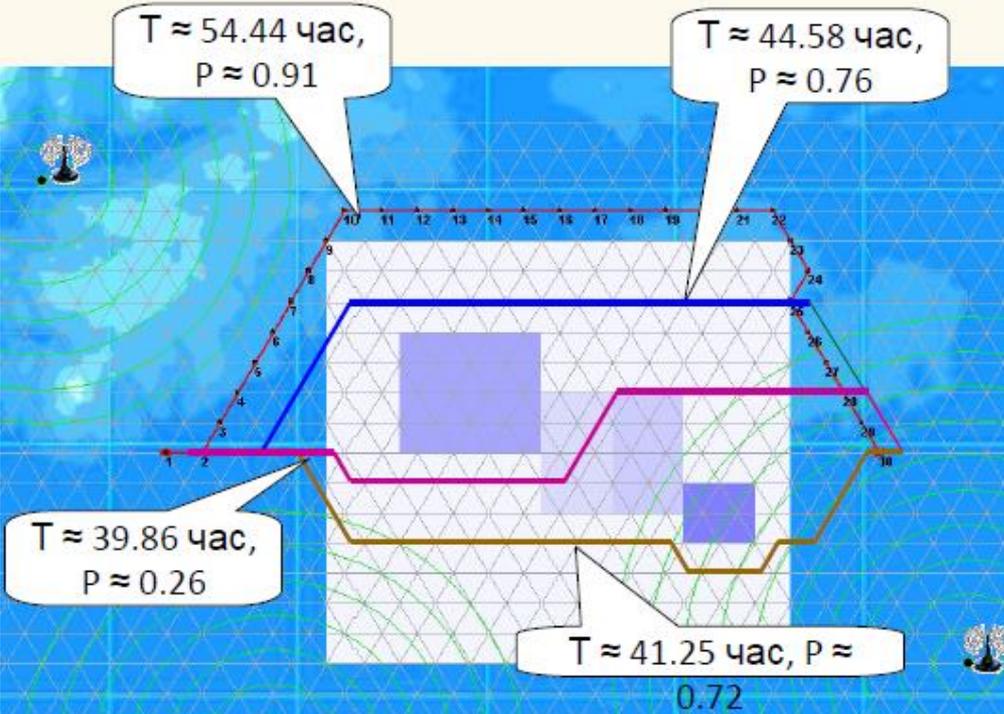
Autonomous Underwater Vehicles. Edited by N. Cruz. – Rijeka: InTech, 2011.



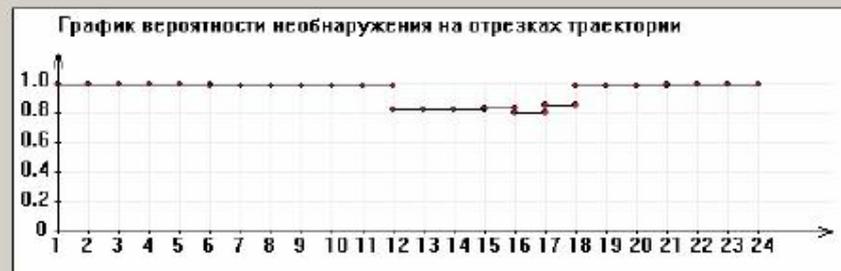
# МУЛЬТИАГЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ: ИЕРАРХИЧЕСКАЯ АРХИТЕКТУРА АГЕНТА \*



# 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
42.083302	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	0.995902
40.833302	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	0.249843			
38.611111	0.245857			
38.333332	0.241871			
37.916668	0.237885			
37.500000	0.233899			

Выделенная характеристика

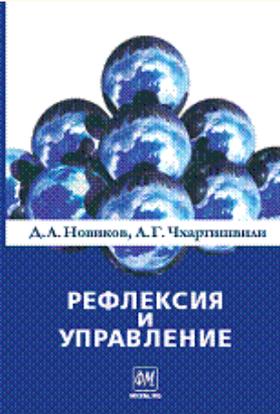
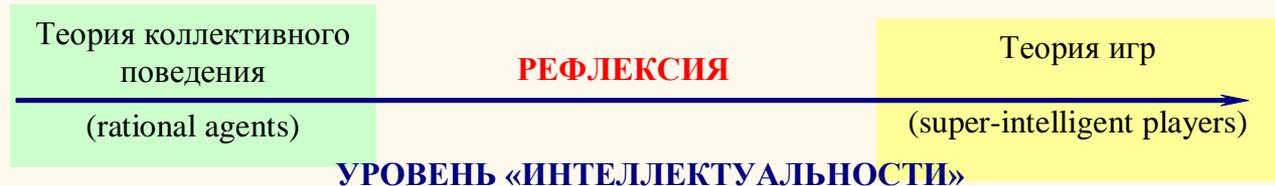
Характеристики отрезков выделенной траектории

Множество характеристик оптимальных траекторий

# МУЛЬТИАГЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ: ИЕРАРХИЧЕСКАЯ АРХИТЕКТУРА АГЕНТА \*

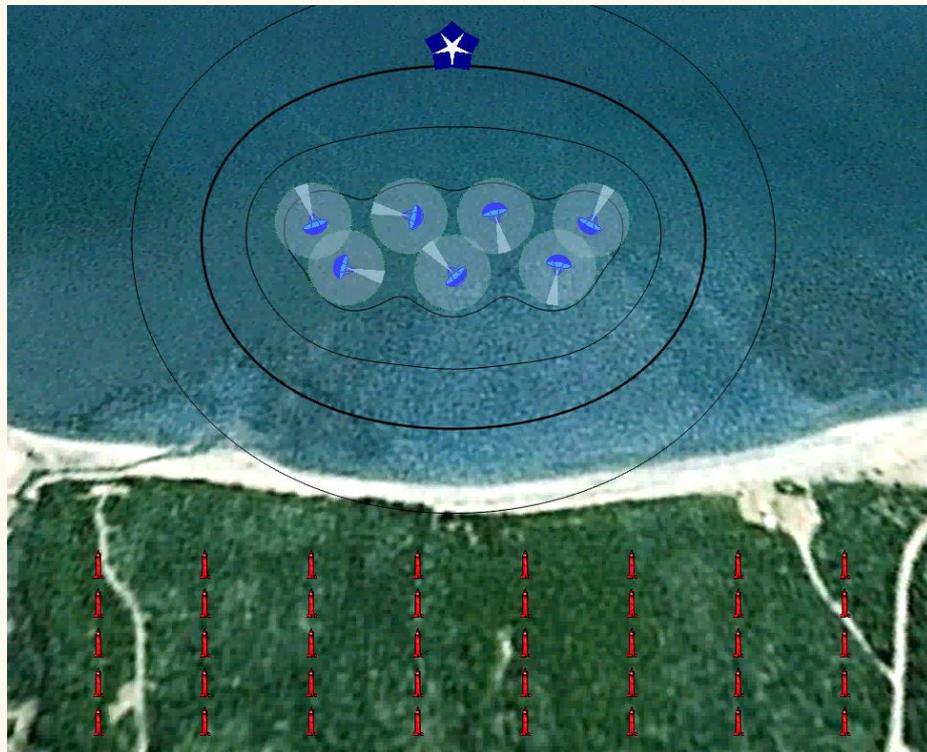


# ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ: ИНФОРМАЦИОННАЯ И СТРАТЕГИЧЕСКАЯ РЕФЛЕКСИЯ\*



\*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

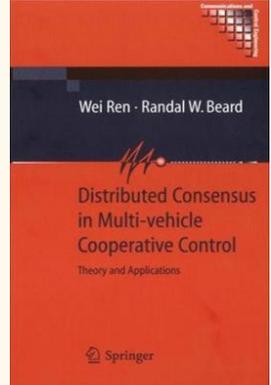
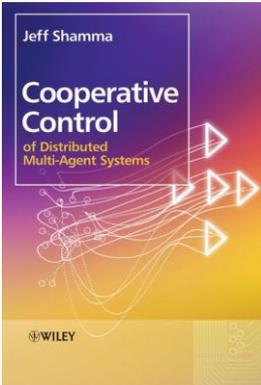
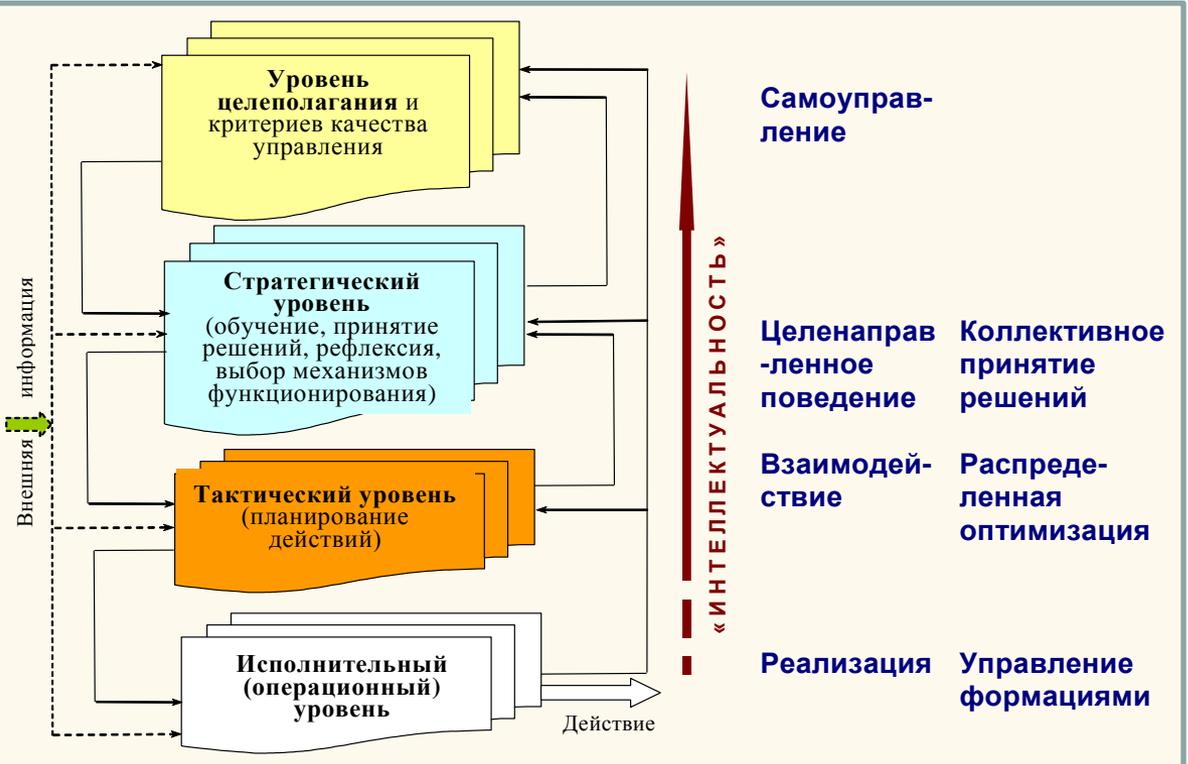
**«Вероятность» поражения цели (пример):**

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

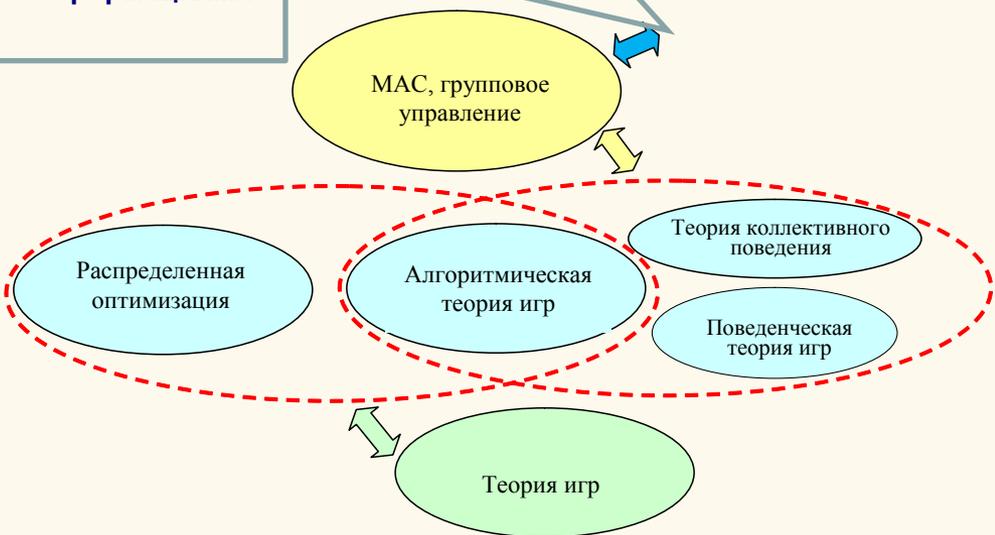
✓ 8 «разведчиков» + 32 «рефлексивных» агента: **0,985**

✓ 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.

# 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)

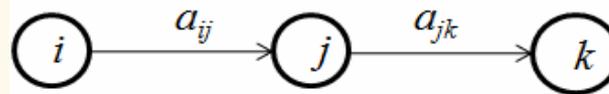
**Задача** – найти такой вектор управлений  $u$ , что:

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

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  $X$ .



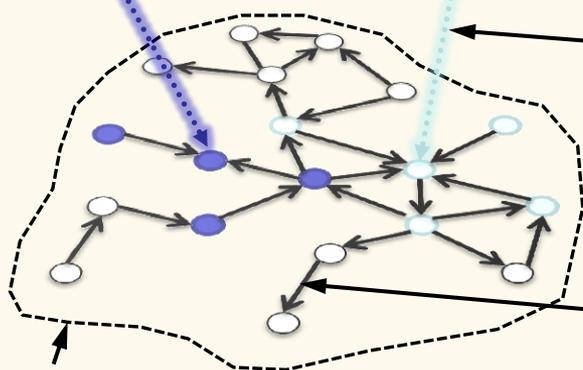
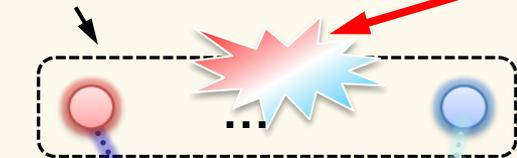
$a_{ij} \geq 0$  – степень доверия  $i$ -го агента  $j$ -му,  $k$ -й агент косвенно влияет на  $i$ -го.

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

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



Множество управляющих субъектов  $M$



Множество управляемых субъектов  $N$



Facebook

## 2. Структурный анализ



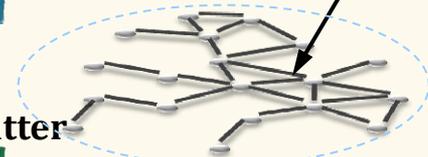
Twitter



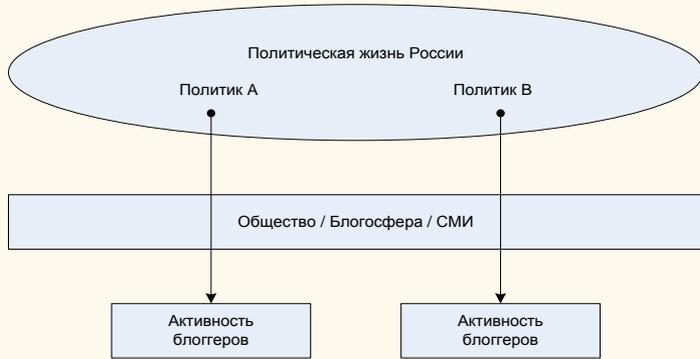
Newsvine

Habr

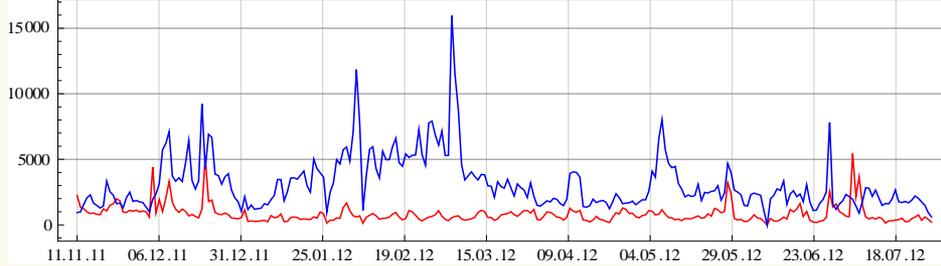
## 1. «Статистический» анализ



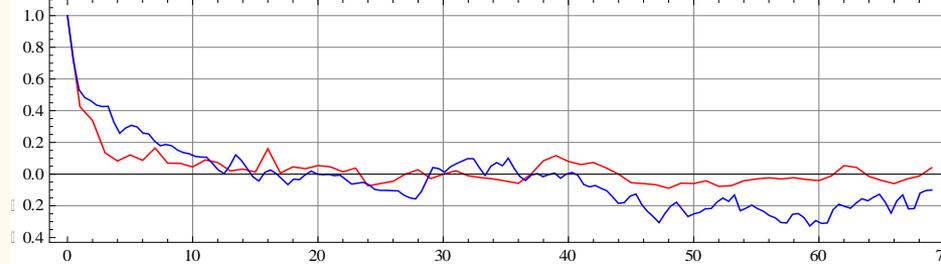
# АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В СОЦИАЛЬНЫХ МЕДИА



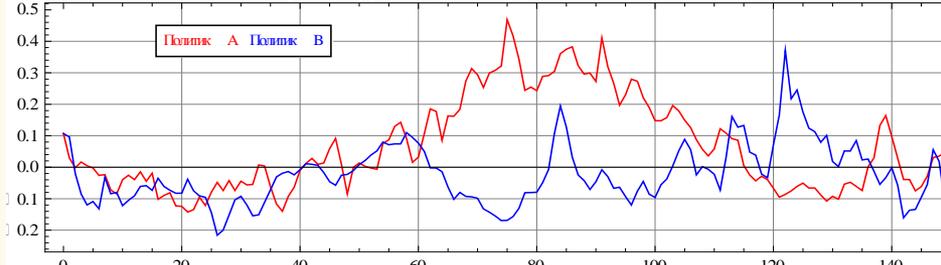
Суточное количество сообщений : Политики А и В



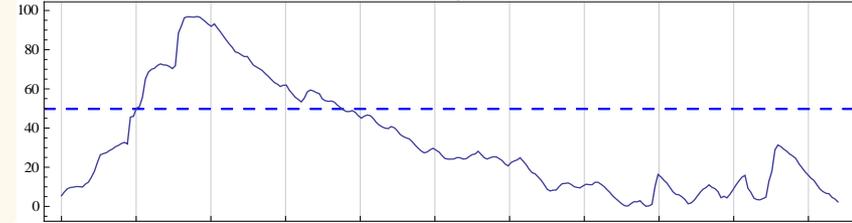
Автокорреляционная функция по сообщениям : Политики А и В



Парная корреляционная функция по сообщениям



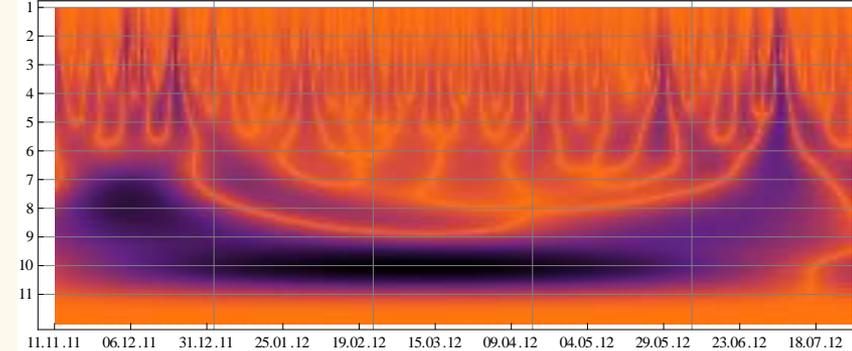
Точки статистической разладки: Политик А



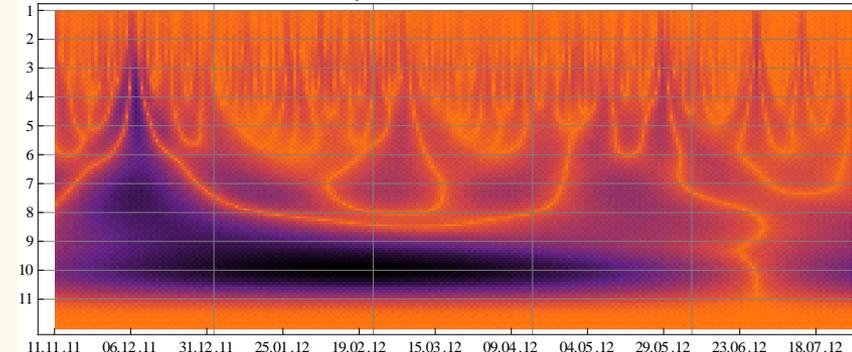
Точки статистической разладки: Политик В



Вейвлет скалограмма | объём сообщений | : Политик А



Вейвлет скалограмма | объём сообщений | : Политик В



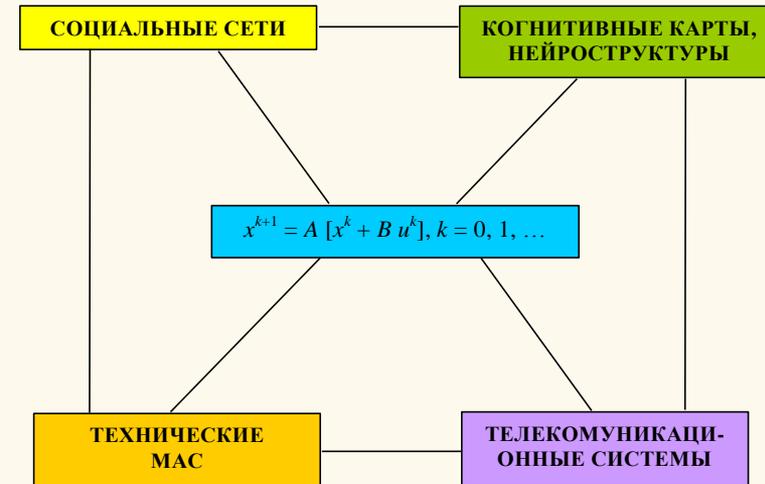
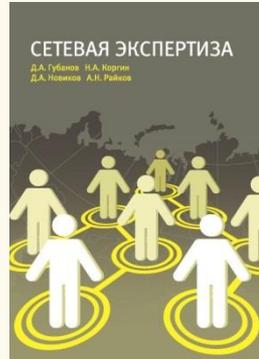
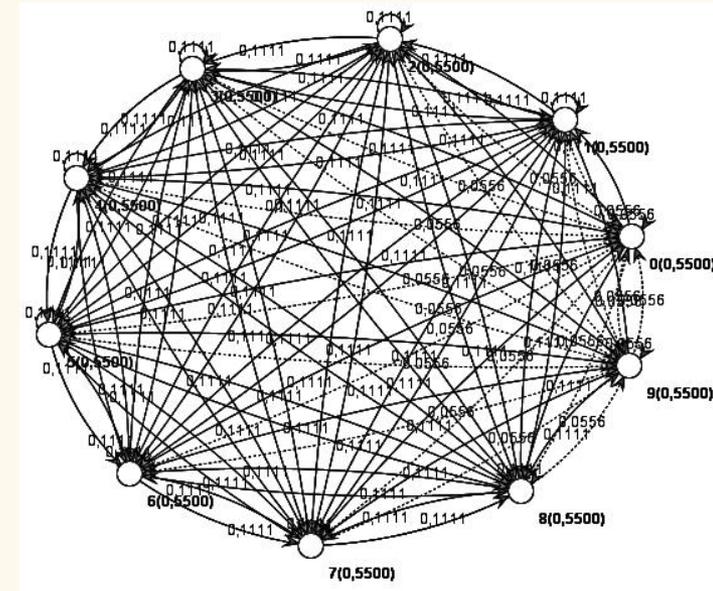
# МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА СЕТЕВЫХ СТРУКТУР

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  $l + 1$ .\*

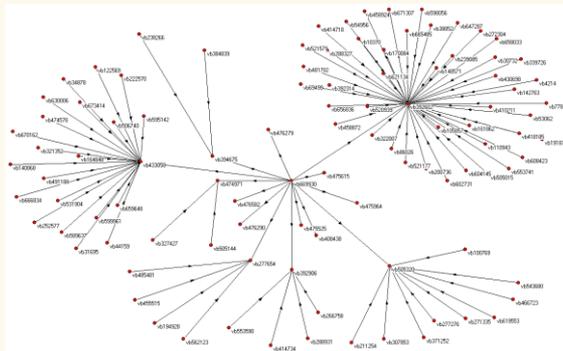


\* Новиков Д.А. и др. // АиТ. 2010. №11.

# УПРАВЛЕНИЕ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ

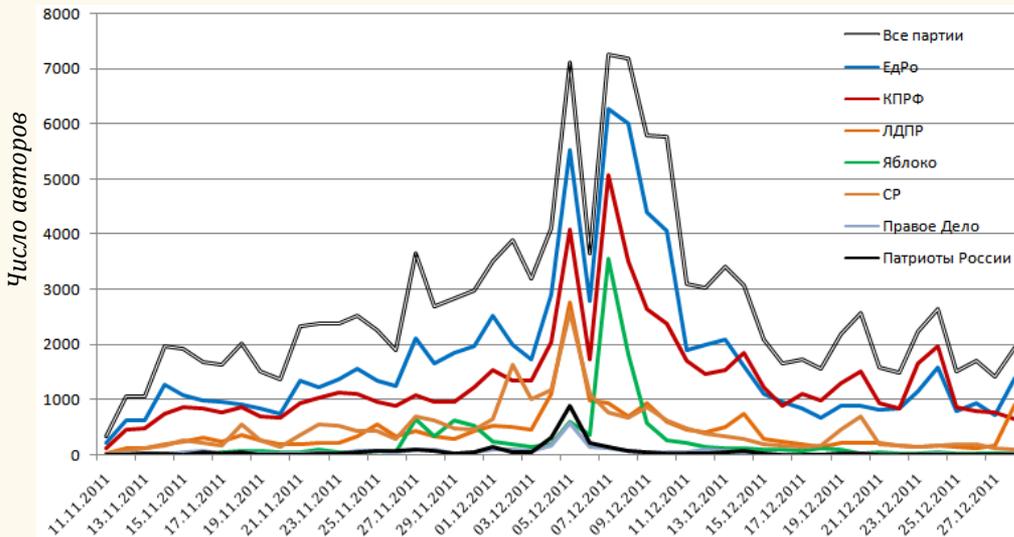
## УПРАВЛЕНИЕ:

- 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)

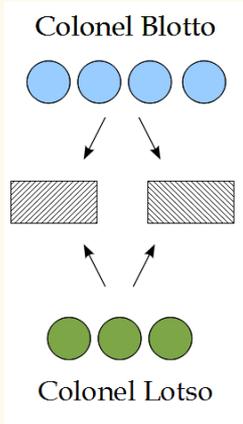


# ИЕРАРХИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ\*

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:

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

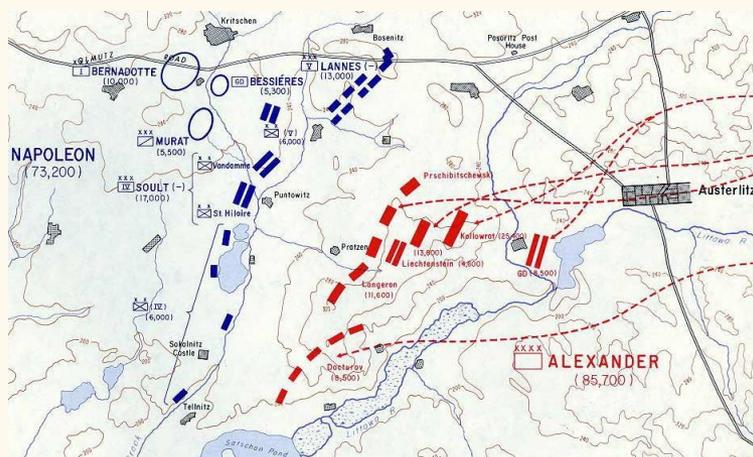
Обозначим через  $BR_x(y) = (u_1 y_1 + \varepsilon, \dots, u_n y_n + \varepsilon)$  – вектор наилучшего ответа первого игрока на выбор вторым игроком вектора действий

$y$ , 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

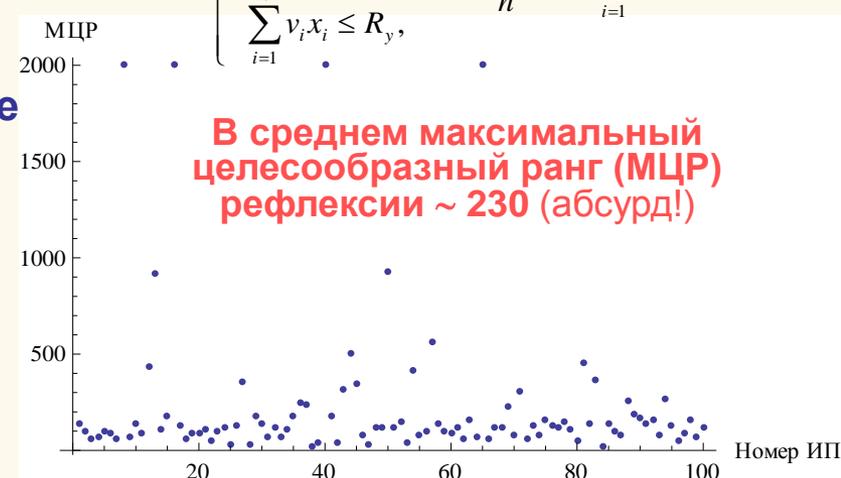
считать, что игрок стремится победить на наиболее ценном для него (в рамках ресурсных ограничений) наборе объектов, а остаток ресурса распределяет поровну между всеми объектами.

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)**



# ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫМ РАЗВИТИЕМ\*

Динамика развития  $i$ -й технологии:

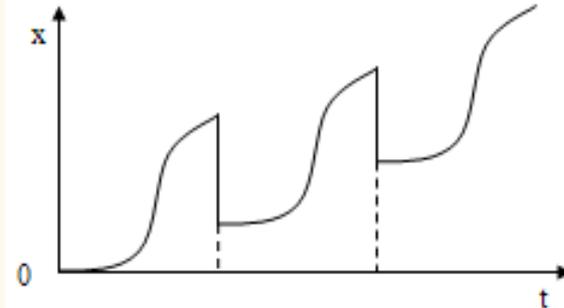
$$\dot{x}(t) = \left\{ \gamma_i(x_{i-1}(t), u_i(t)) \cdot x_i(t) \cdot [Q_i - x_i(t)] \right\} \cdot I(t \geq t_i)$$

Ограничения:

- 1)  $Q_1 \leq Q_2 \leq \dots \leq Q_n$
- 2)  $x_i(0) = x_0 \geq 0$ ,  $x_i(t) = 0$  для  $t \in (t_{i+1}, T]$   $i \in 1 \dots n-1$
- 3)  $x_i(t_i) = \max[x_0, x_{i-1}(t_i) - q_i]$
- 4)  $u_i(t_i) \geq c_i$ ,  $u_i(t) = 0$  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»,

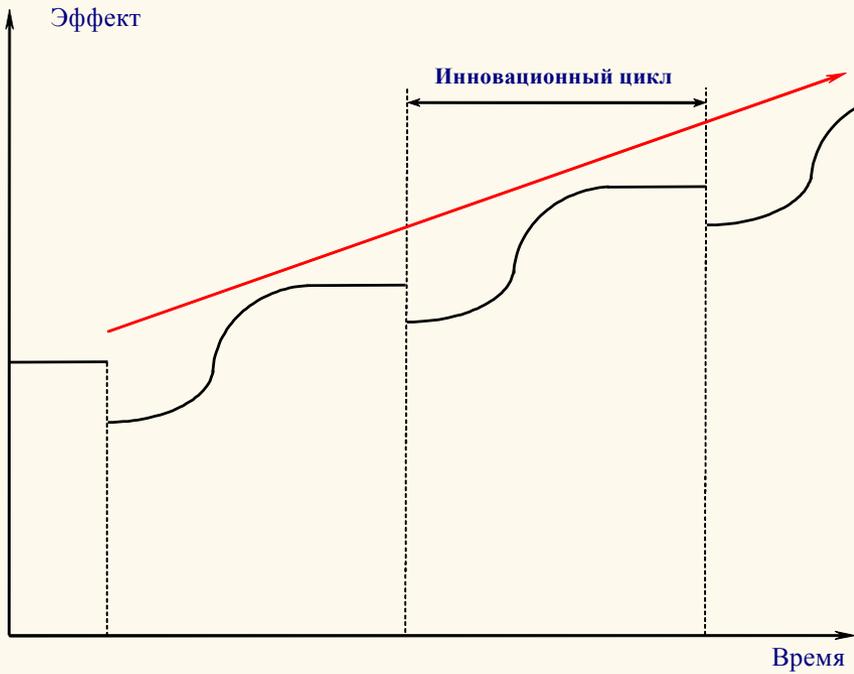
$F(x(\cdot))$  - функционал «дохода»,

$C(u(\cdot))$  - функция затрат,

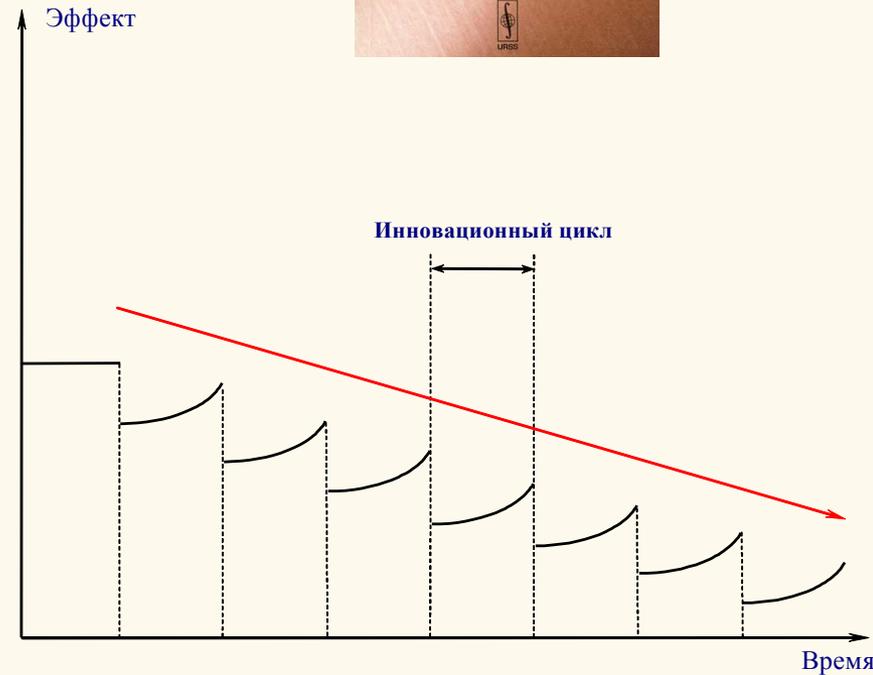
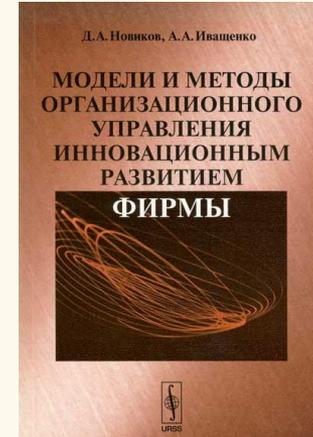
$u(\cdot) = (u_1(\cdot), u_2(\cdot), \dots, u_n(\cdot))$  - вектор динамики ресурсов (**инвестиционная политика**)

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

# ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОГРЕСС?



## ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОГРЕСС



## ИННОВАЦИОННЫЙ РЕГРЕСС

$\alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2$   
 $\gamma_1 = \beta_1 (s_1)^t$   
 $\gamma(t) = \alpha_1 x_1 + d$   
 $(t+1) \gamma_1 = \beta_1 (s_1)^{t+1}$   
 $S(R) = D \cdot e$   
 $\Omega = \beta(\equiv)$   
 $D_e = \frac{d}{s_1}$   
 $\Delta_1 = \beta$   
 $D_{ij} = 1, N$   
 $2 \times 2$   
 $D_{ij} = L$   
 $F(t) =$   
 $S = (t+1) \gamma$

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.

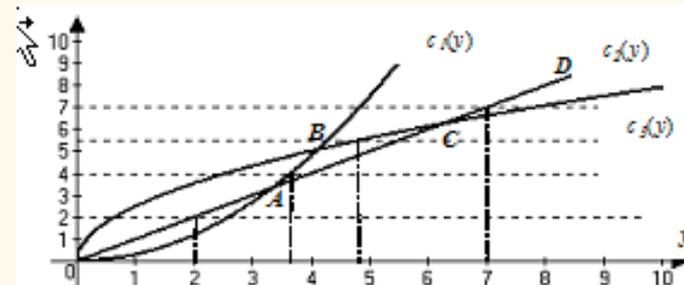
$$\text{B.2. } \exists y^+ > 0, y^+ < +\infty : \forall z \geq y^+ \quad H(z) < \min_{i \in N} c_i(z).$$

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

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»),

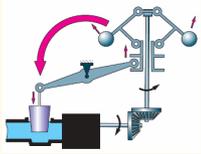
$y^*$  - РБС.

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

упорядочивание агентов по заданной функции затрат и дохода

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

Механические системы



Технические системы



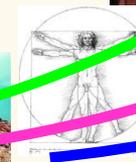
Организационно-технические и информационные системы



Децентрализованные интеллектуальные системы



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



???

t

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

# 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!**