



**ИПУ РАН**



**МФТИ**

# **КИБЕРНЕТИКА:**

## **ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ, БУДУЩЕЕ**

### **Часть 7. Тренды и прогнозы**

**Д.А. Новиков**

**(Институт проблем управления РАН)**

**dan@ipu.ru**

# КИБЕРНЕТИКА: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ, БУДУЩЕЕ

## ПЛАН

1. История кибернетики
2. Состав и структура кибернетики
3. Успехи кибернетики и «разочарование» в ней
4. Философия и методология управления (\*)
5. Законы, закономерности и принципы управления
6. Общая теория систем, системный анализ, системная инженерия
7. Тренды и прогнозы (\*\*, \*\*\*, \*\*\*\*)
8. Перспективы кибернетики: «кибернетика 2.0»

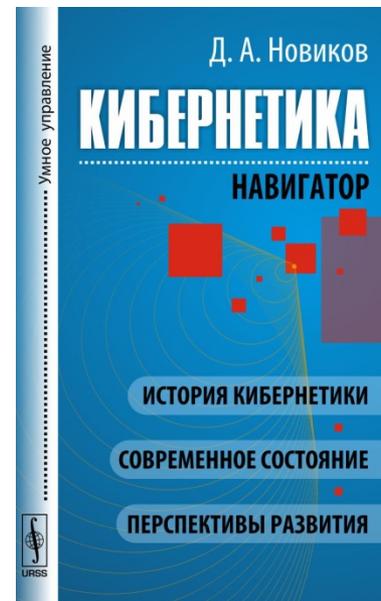
Комплементарные видеолекции ([mipt.ipu.ru](http://mipt.ipu.ru)):

\* «Методология управления»

\*\* «Управление системами междисциплинарной природы (части 1 и 2)»

\*\*\* Стратегическое поведение: «Рефлексия и управление»  
+ «Теория рефлексивных игр»

\*\*\*\* «Большие данные и большое управление»

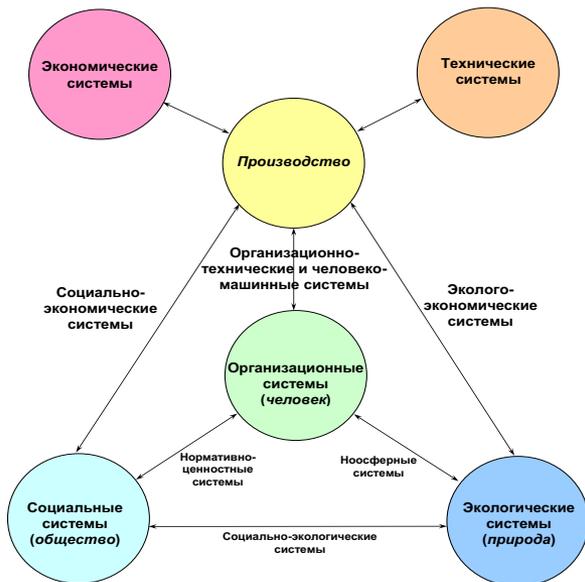
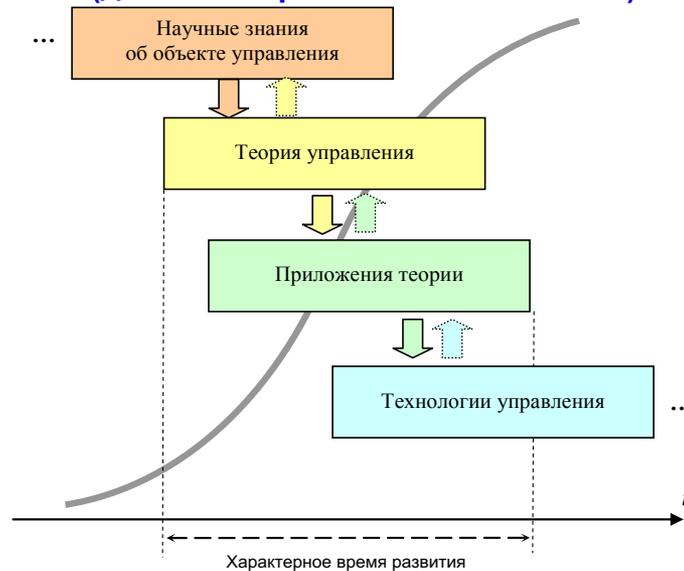


# МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОСТЬ И ПЕРЕНОС РЕЗУЛЬТАТОВ

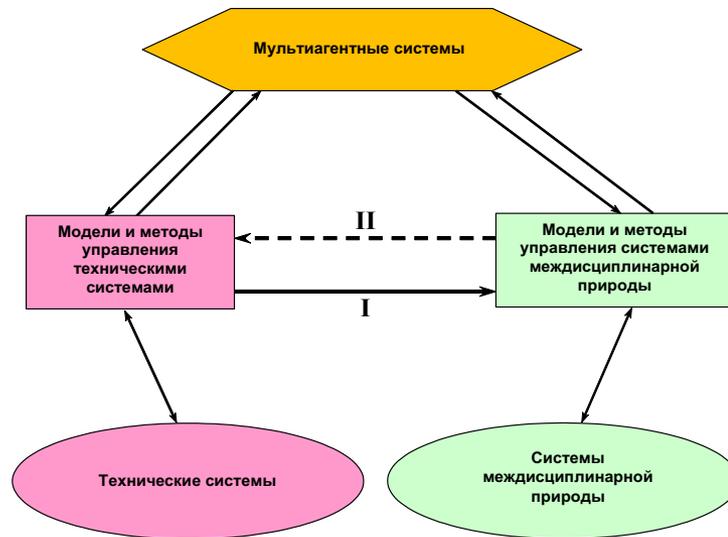
Объекты, методы и средства управления



«Жизненный цикл» теории управления (для некоторого класса объектов)



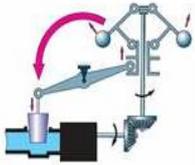
Классификация систем междисциплинарной природы



Перенос результатов

# ОБЩИЕ ТРЕНДЫ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЙ

## Механические системы



## Технические системы



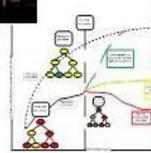
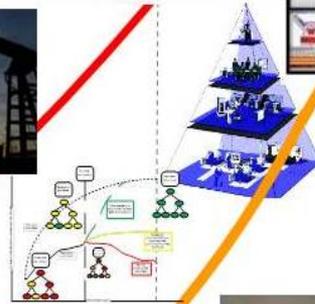
## Организационно-технические и информационные системы



## Децентрализованные интеллектуальные системы



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



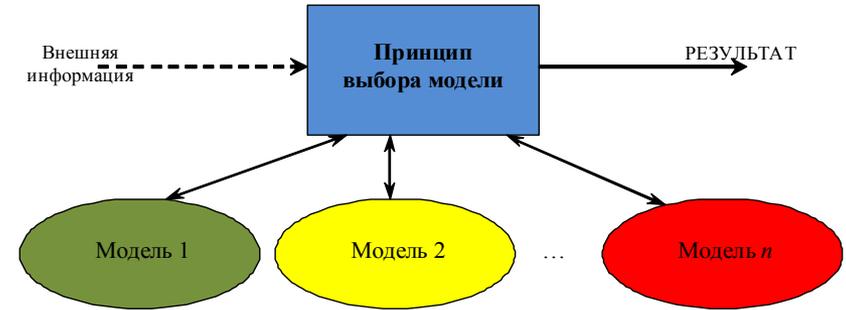
???

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

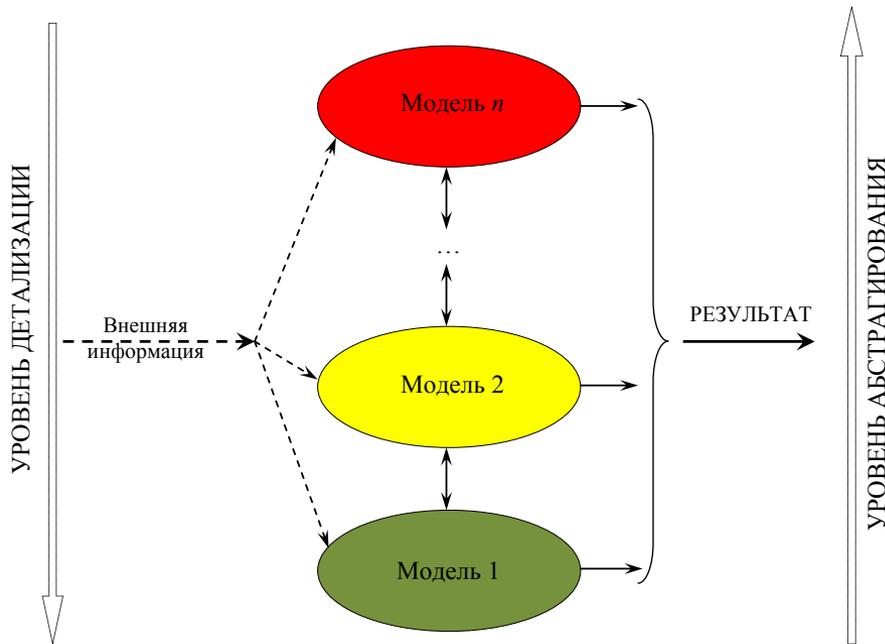
# ГЕТЕРОГЕННЫЕ МОДЕЛИ И ИЕРАРХИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ



**Гибридная модель:  
узкое понимание**



**Гибридная модель: современное  
понимание. Многомодельность**



**Иерархическая (последовательная) модель**

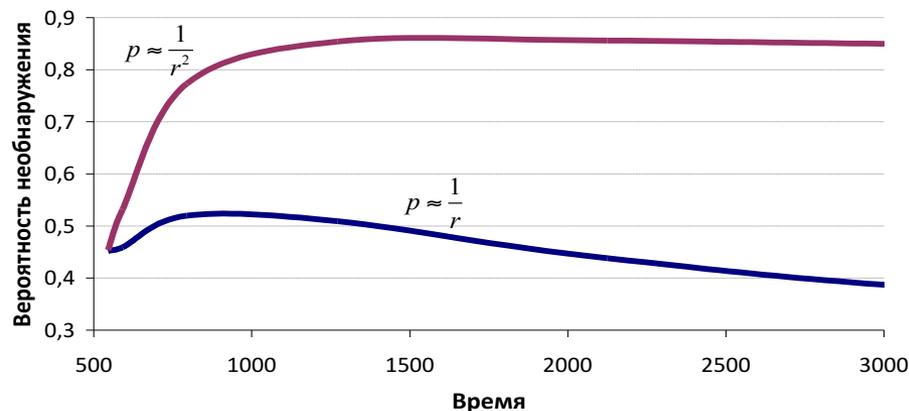
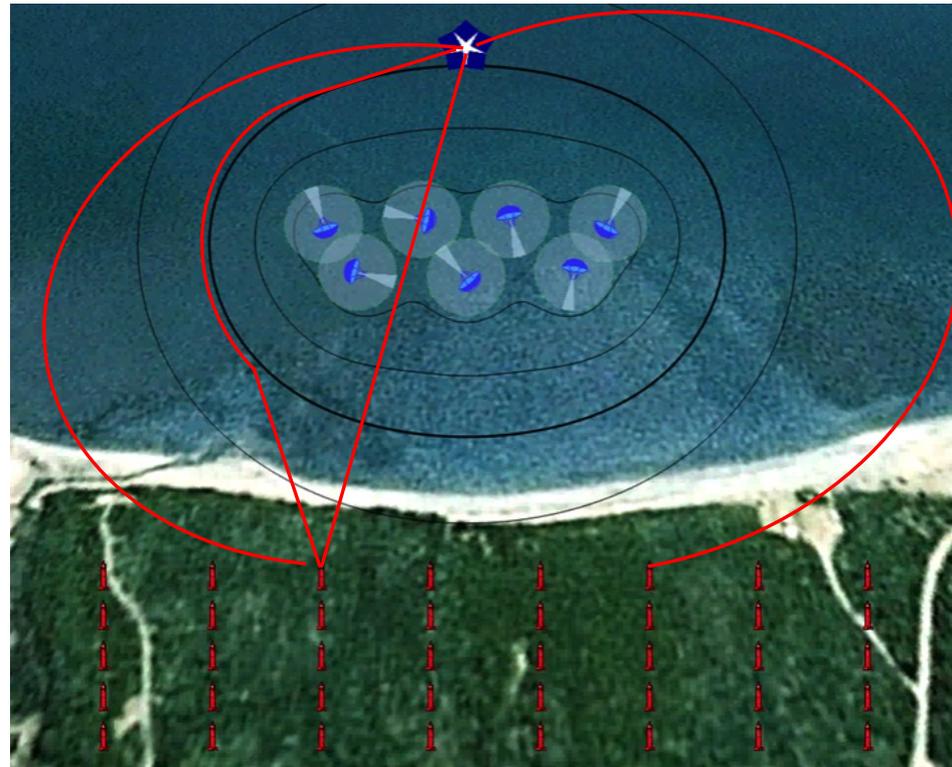
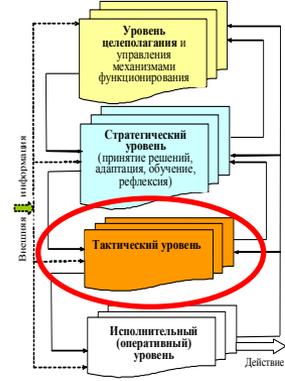
## **ПРИМЕРЫ:**

- Мультиагентные системы
- Задача о диффузной бомбе
- Модели боевых действий
- Согласование интересов в эколого-экономических системах
- Модели информационного противоборства
- «Иерархическая автоматизация»
- Комплексные механизмы управления
- ...

# МУЛЬТИАГЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ: ИЕРАРХИЧЕСКАЯ АРХИТЕКТУРА АГЕНТА\*



# ЗАДАЧА О ДИФFUЗНОЙ БОМБЕ\*: ПЛАНИРОВАНИЕ МИССИИ



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

# ИНФОРМАЦИОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ, УПРАВЛЕНИЕ И ПРОТИБОБОРСТВО В ОНЛАЙНОВЫХ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ

## 5. ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОТИБОБОРСТВО

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

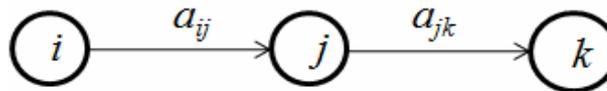
## 4. Информационное управление (оптимальное)

**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  $X$ .



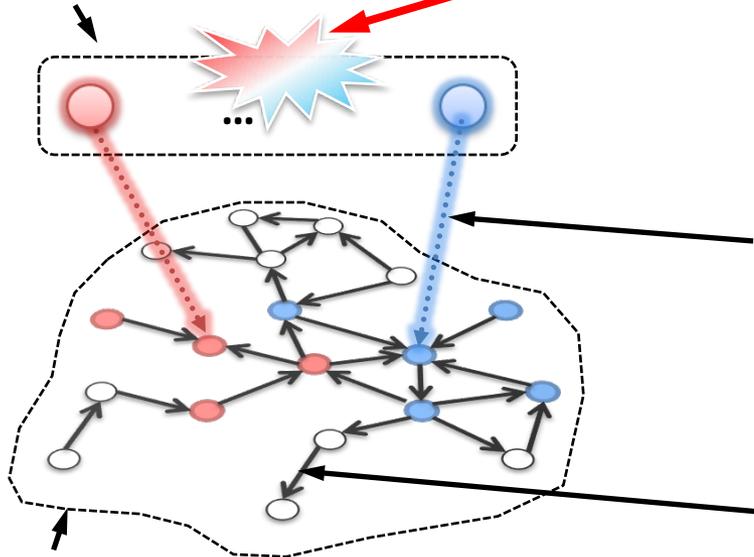
$a_{ij} \geq 0$  – степень доверия  $i$ -го агента  $j$ -му,  $k$ -й агент косвенно влияет на  $i$ -го.  

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

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

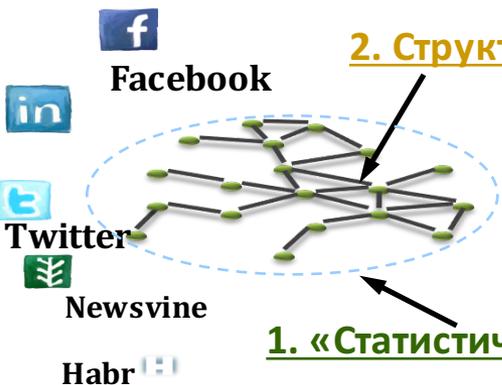


Множество управляющих субъектов  $M$



Множество управляемых субъектов  $N$

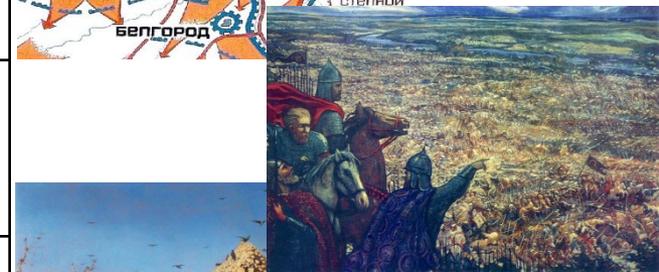
## 2. Структурный анализ



## 1. «Статистический» анализ

# 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.



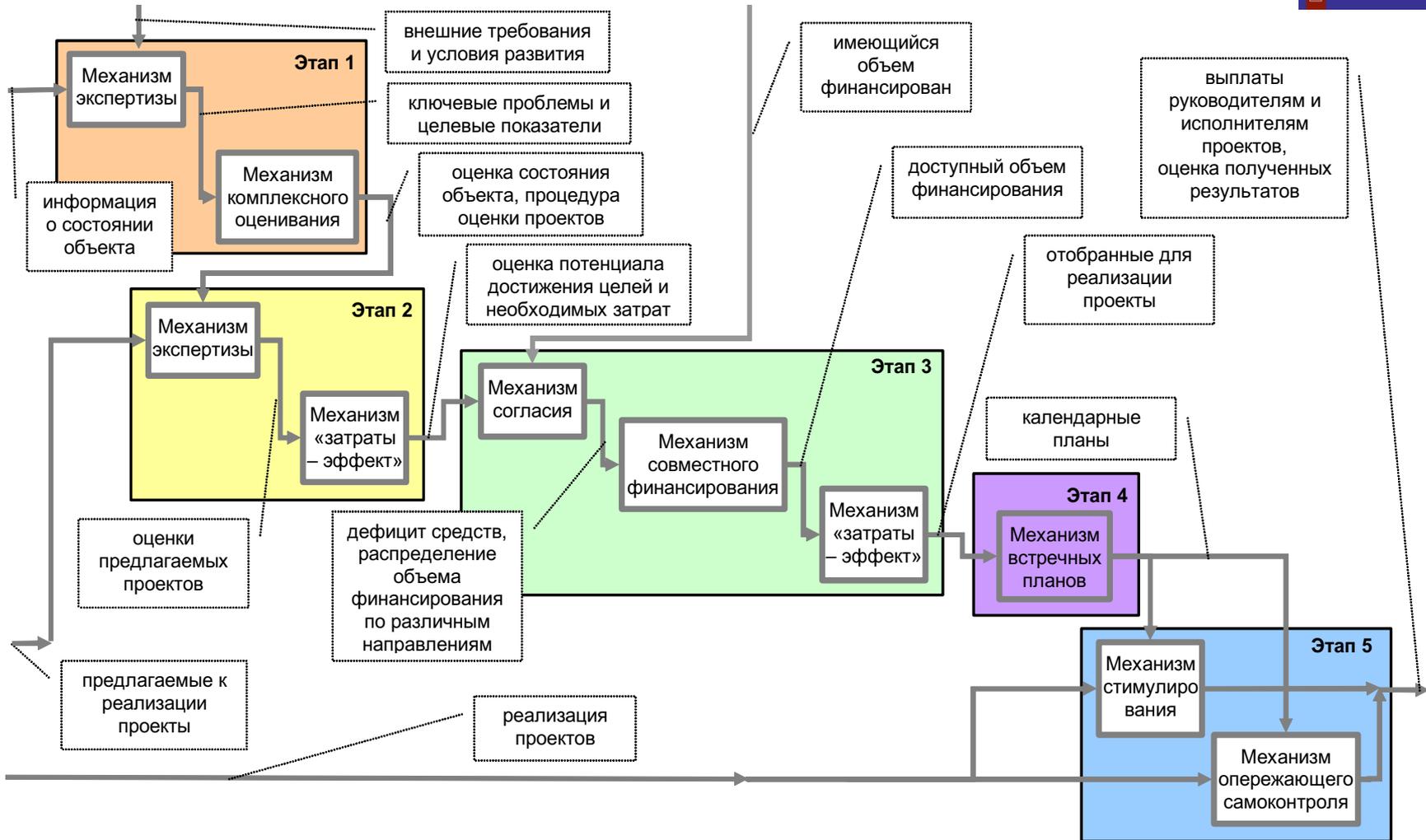
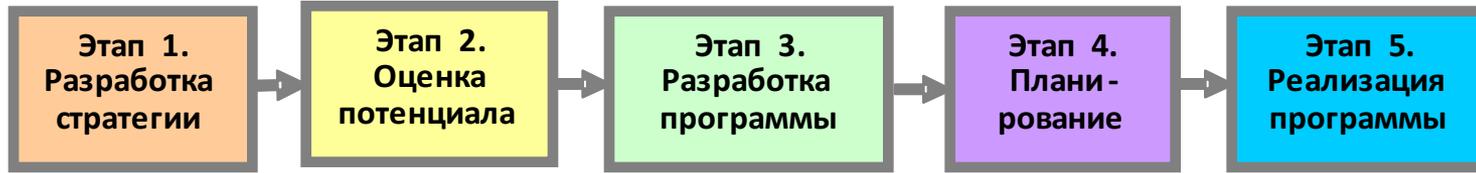
# ИЕРАРХИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ



## «Иерархическая автоматизация»:

- системы нижнего уровня (PLC, MicroPC, ...);
- системы диспетчерского и оперативного управления (SCADA, DCS, ...);
- системы планирования и управления производством (MRP, CRP, ..., MRP2, ...);
- интегрированные системы (MES, ..., ERP., ...);
- системы, отвечающие за взаимодействие с внешним миром или развитие (SCM, CRM, PMS, ...);
- аналитические системы верхнего уровня (OLAP, BSC, DSS, ...).

# КОМПЛЕКСНЫЙ МЕХАНИЗМ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ (ПРЕДПРИЯТИЯ, РЕГИОНА)



# БОЛЬШИЕ: ДАННЫЕ, АНАЛИТИКА, ВИЗУАЛИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

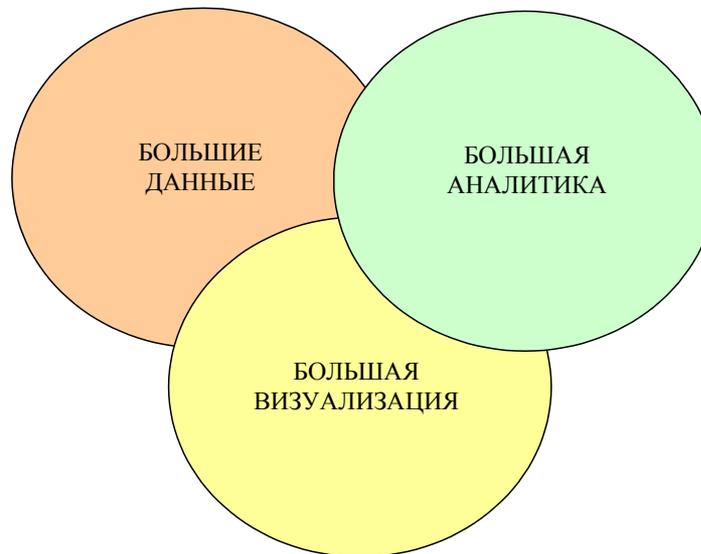
## «Большие триады»:

- большие данные, большая аналитика, большая визуализация
- большие данные, высокопроизводительные вычисления, облачные технологии



## «Большое управление»\*:

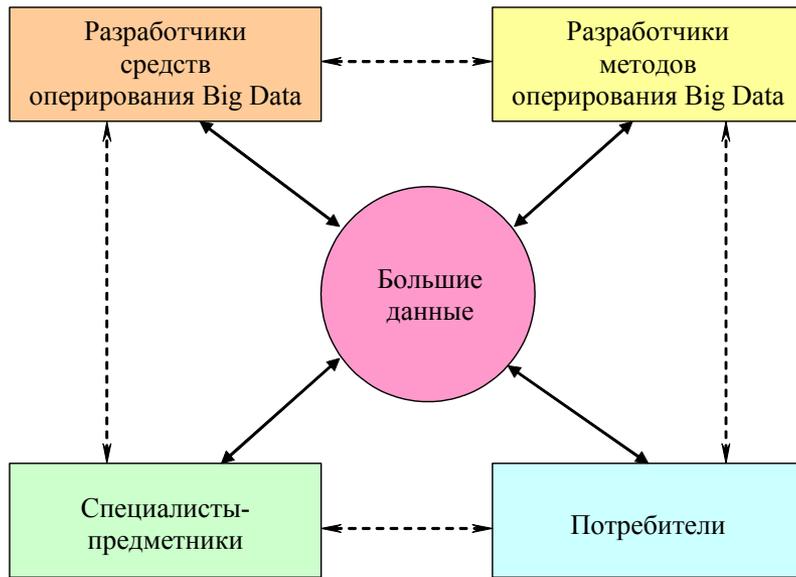
- управление на основе больших данных, большой аналитики и большой визуализации\*\*
- управление процессами оперирования Big Data



*\*Следует иметь в виду, что специалисты по теории управления в последние полтора десятилетия все чаще говорят о совместном решении задач управления, вычислений и связи – так называемая **проблема САЗ** (Control, Computation, Communication) – решения задач синтеза управляющих воздействий в реальном времени с учетом задержек в каналах связи и временных затрат на обработку информации (включая вычисления). Кроме того, существует устойчивое словосочетание «**управление большими системами**» (Large-scale Systems Control), однако большие данные могут порождаться и «маленькими» в этом смысле системами.*

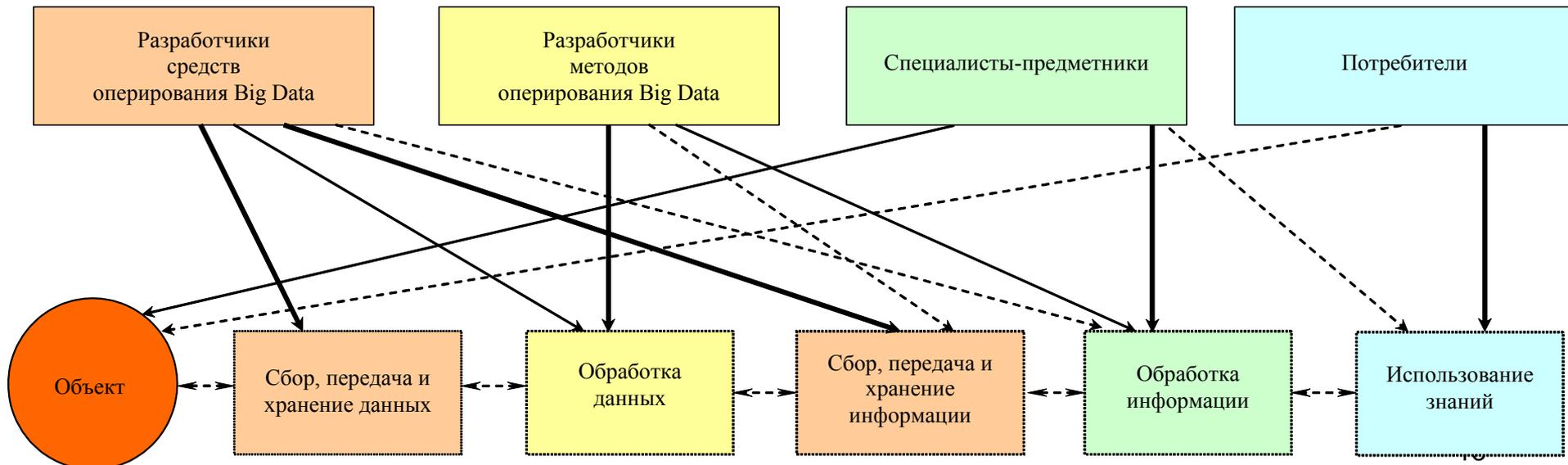
*\*\*Novikov D. // Advances in Systems Studies and Applications. 2014.*

# БОЛЬШИЕ ДАННЫЕ: СУБЪЕКТЫ И РАЗДЕЛЕНИЕ ЗОН ОТВЕТСТВЕННОСТИ



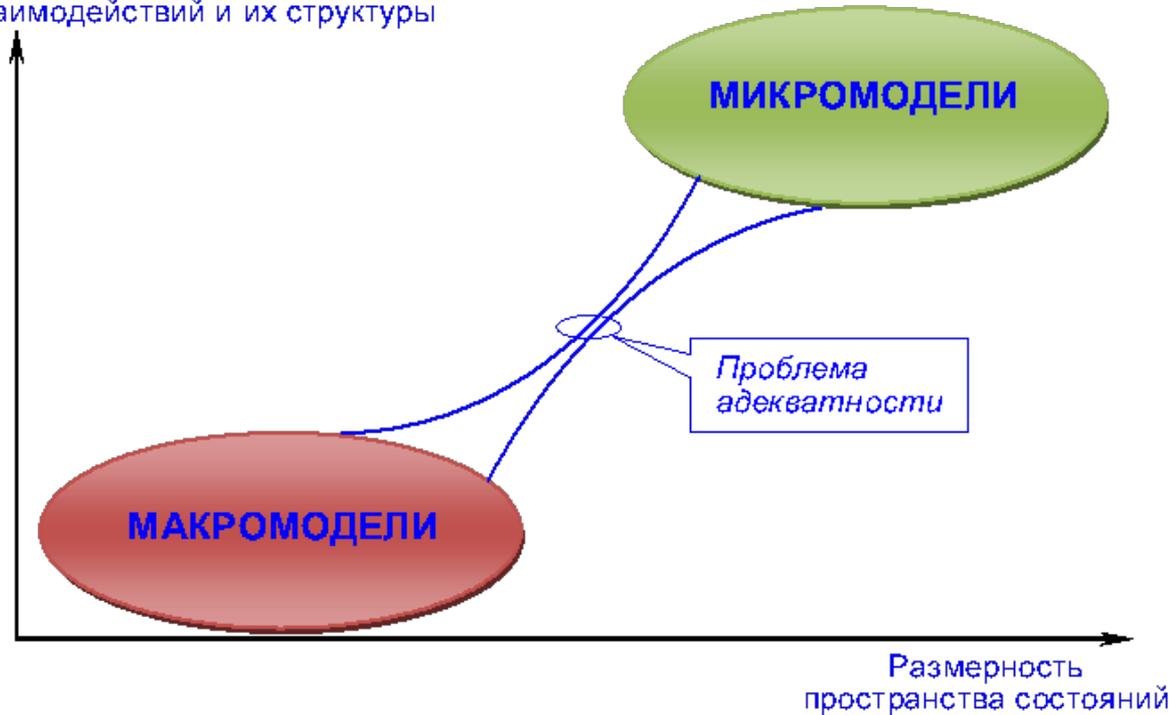
*Природа устроена просто. Надо лишь уметь находить надёжные средства раскрытия этой осложнённой подробностями простоты.*

Э. Резерфорд



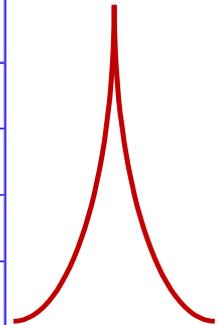
# БОЛЬШИЕ ДАННЫЕ: МИКРО- И МАКРОМОДЕЛИ

Степень учета локальных взаимодействий и их структуры



## ВОЗМОЖНОСТЬ ОПЕРИРОВАНИЯ БОЛЬШИМИ ДАННЫМИ

- |                                  |
|----------------------------------|
| 5. Информационное противоборство |
| 4. Информационное управление     |
| 3. Информационное взаимодействие |
| 2. Структурный анализ            |
| 1. «Статистический» анализ       |



### ПРИМЕРЫ МОДЕЛЕЙ АКТИВНЫХ СЕТЕВЫХ СТРУКТУР:

Модель ДеГроота:  $x^k = A x^{k-1}$

Дискретная и непрерывная модели Грановеттера:  $x^k = F(x^{k-1})$ ,  $\dot{x} = F(x) - x$

Вероятностная модель Грановеттера:  $\frac{\partial}{\partial t} p(x,t) + \frac{\partial}{\partial x} ([F(x) - x] p(x,t)) = 0$

Общая модель возбуждения сети:  $x^* = G(x^0)$

# КИБЕРНЕТИКА: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ, БУДУЩЕЕ

[WWW.MTAS.RU](http://WWW.MTAS.RU)

Проект «Умное управление»

«Золотая библиотечка управленца»

Библиотечка «Кибернетика»



ИПУ РАН

