



Молодежная школа «Технологии разработки мобильных приложений»

---

# «Мобильность и супервычисления»

Константин С. Амелин

СПбГУ

«SmartFly -LLC» 

---

Нижний Новгород 1 ноября 2011



## Тезис Черча-Тьюринга

1. В информатике принимают на веру тезис Черча-Тьюринга о том, что любой процесс, который интуитивно мог бы быть назван процедурой, реализуем машиной Тьюринга



При разработке нового вычислительного устройства "в железе" надо только уметь реализовывать несколько элементарных операций, а любой более сложный алгоритм может быть составлен из их последовательного или параллельного применения

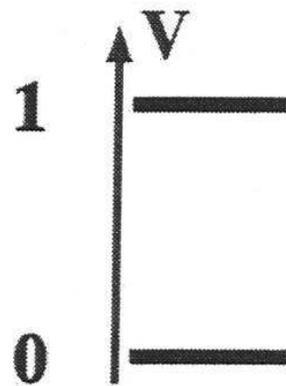
2. Это ведет к разделению направлений работ:  
одни создают "железо", другие разрабатывают алгоритмы



## Квантовая информация

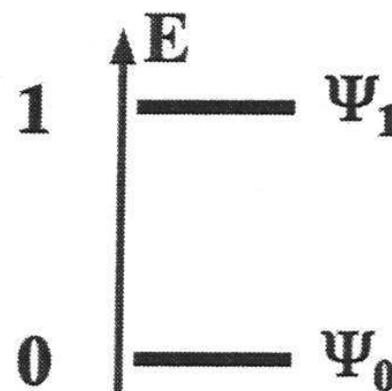
Дискретная

Classical bit

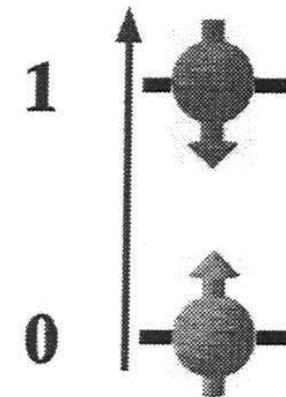


Непрерывная

Quantum bit = qubit



Spin 1/2



Система не обязательно находится в одном из состояний {0} или {1}.

Она может быть линейной комбинацией этих состояний:

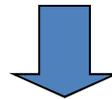
$$|\Psi\rangle = a|\Psi_0\rangle + b|\Psi_1\rangle$$



## Будущий «скачок»

Изучение проблем в математическом описании различных быстроизменяющихся динамических процессов приводит к выводу о том, что в природе есть очень много важных процессов, которые принципиально не описываются конечномерными моделями

Примеры: кластеризация в потоках концентрированных дисперсных смесей, образование многомасштабных вихревых структур в турбулентных течениях жидкости и пластических течениях твердых материалов при импульсном нагружении, образование белка в клетках живых микроорганизмов, а также иерархии структур в живых системах



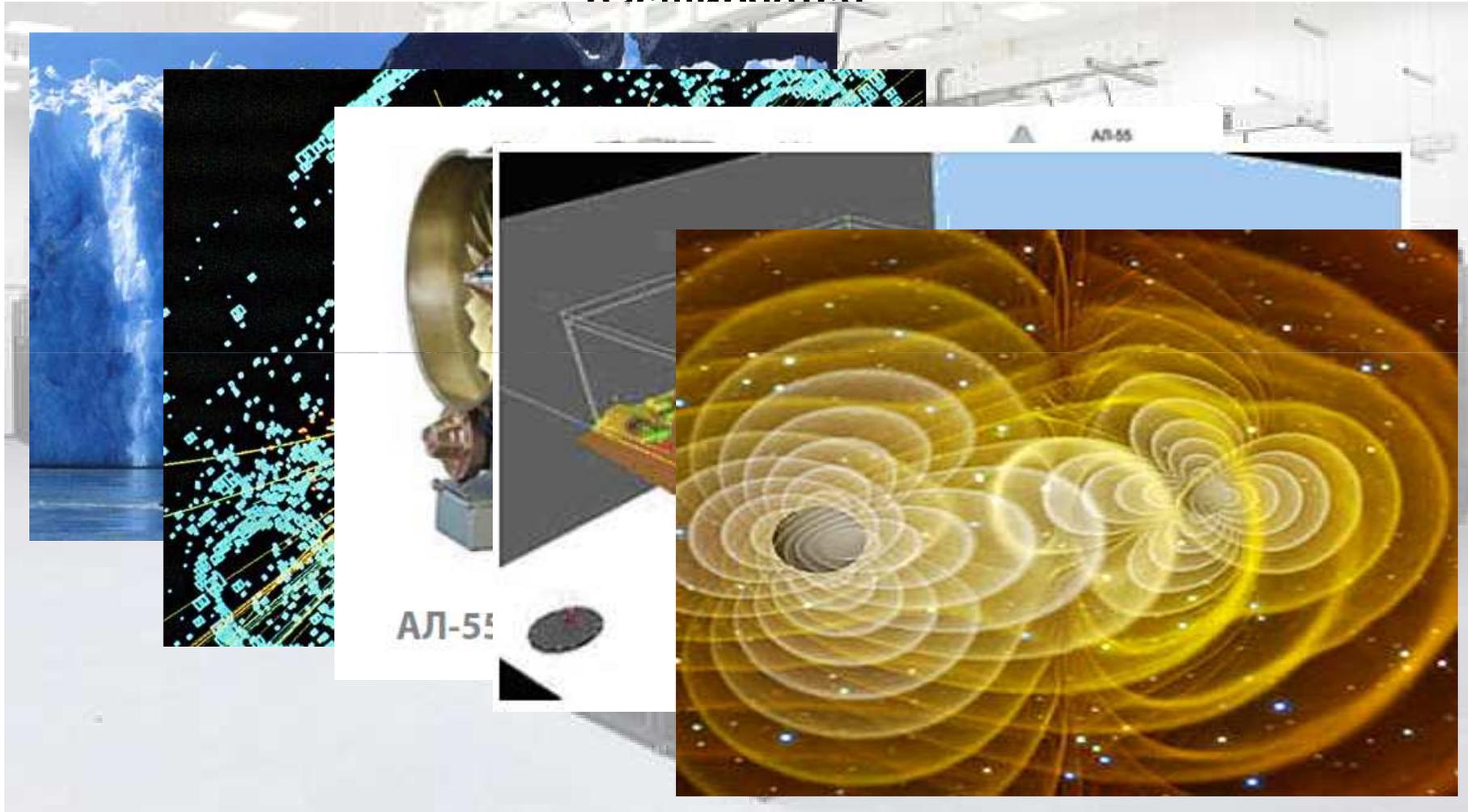
Вполне вероятно ошибочность тезиса Черча-Тьюринга, т. е. совсем не обязательно какое-то вновь придуманное изобретателем новое вычислительное устройство будет эквивалентно (в смысле вычислительной мощности) набору из более простых

**Вывод:** качественный скачок в развитии ВТ произойдет при соединении усилий разработчиков "железа" и алгоритмов на разработке высокоэффективных сложных "железок", способных решать сложные задачи



«Мобильность и супервычисления»

## Область применения суперкомпьютеров постоянно расширяется



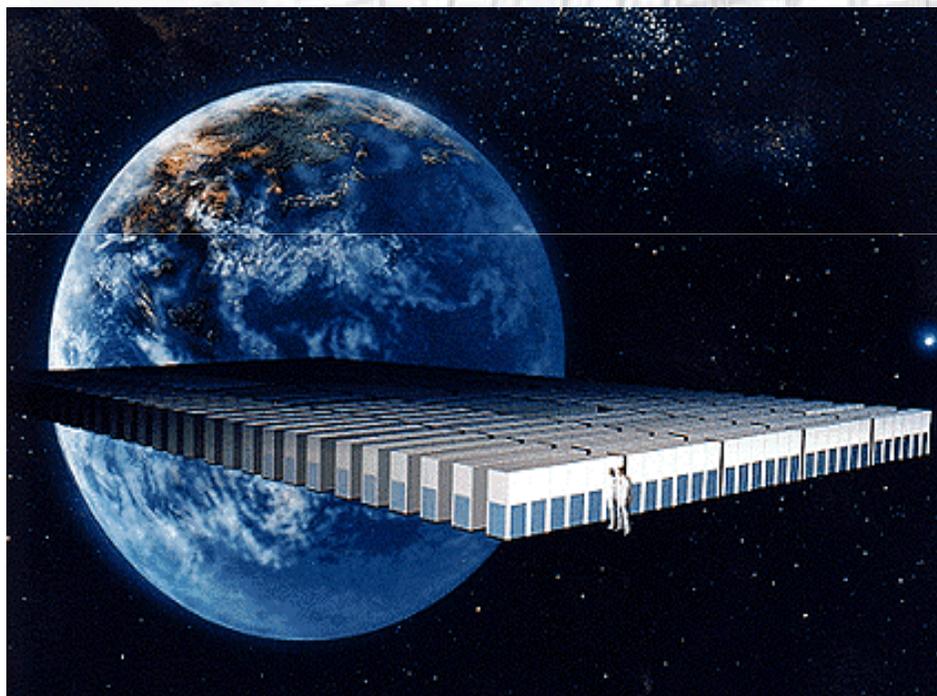
Нижний Новгород 1 ноября 2011



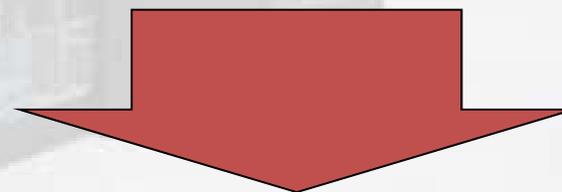
**Новые потребности**

**Глобализация задач**

**Возрастающие вычислительные  
мощности**



**Экспоненциальное  
возрастание  
сложности вычисли-  
тельных систем**



**Назревает смена парадигмы !**



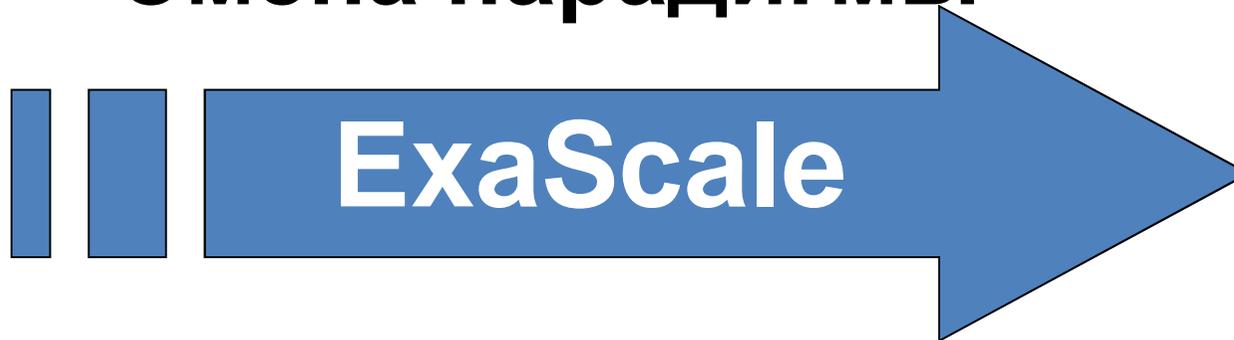
# Смена парадигмы



- *Степень параллельности*
- *Надежность*
- *Энергопотребление*
- *Модель программирования*
- *Неоднородность*
- *Сложная иерархия памяти*
- *Сверхпараллельный ввод/вывод*
- *Стек системного и прикладного ПО*
- *...*



# Смена парадигмы



Процесс вычисления — набор асинхронных моделей взаимодействующих динамических систем

*Стохастичность*

*Гибридность*

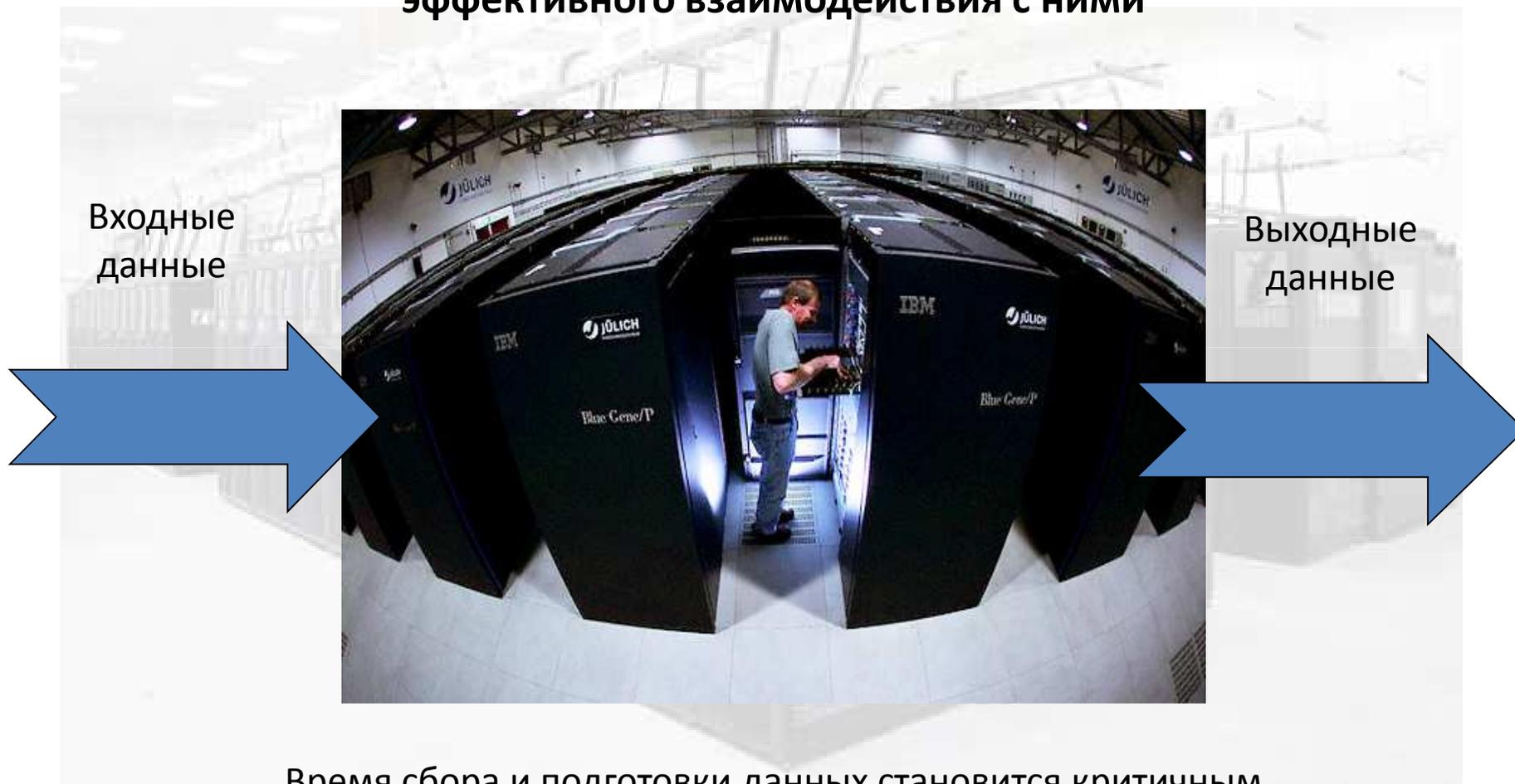
*Асинхронность*

*Кластерность*

.....



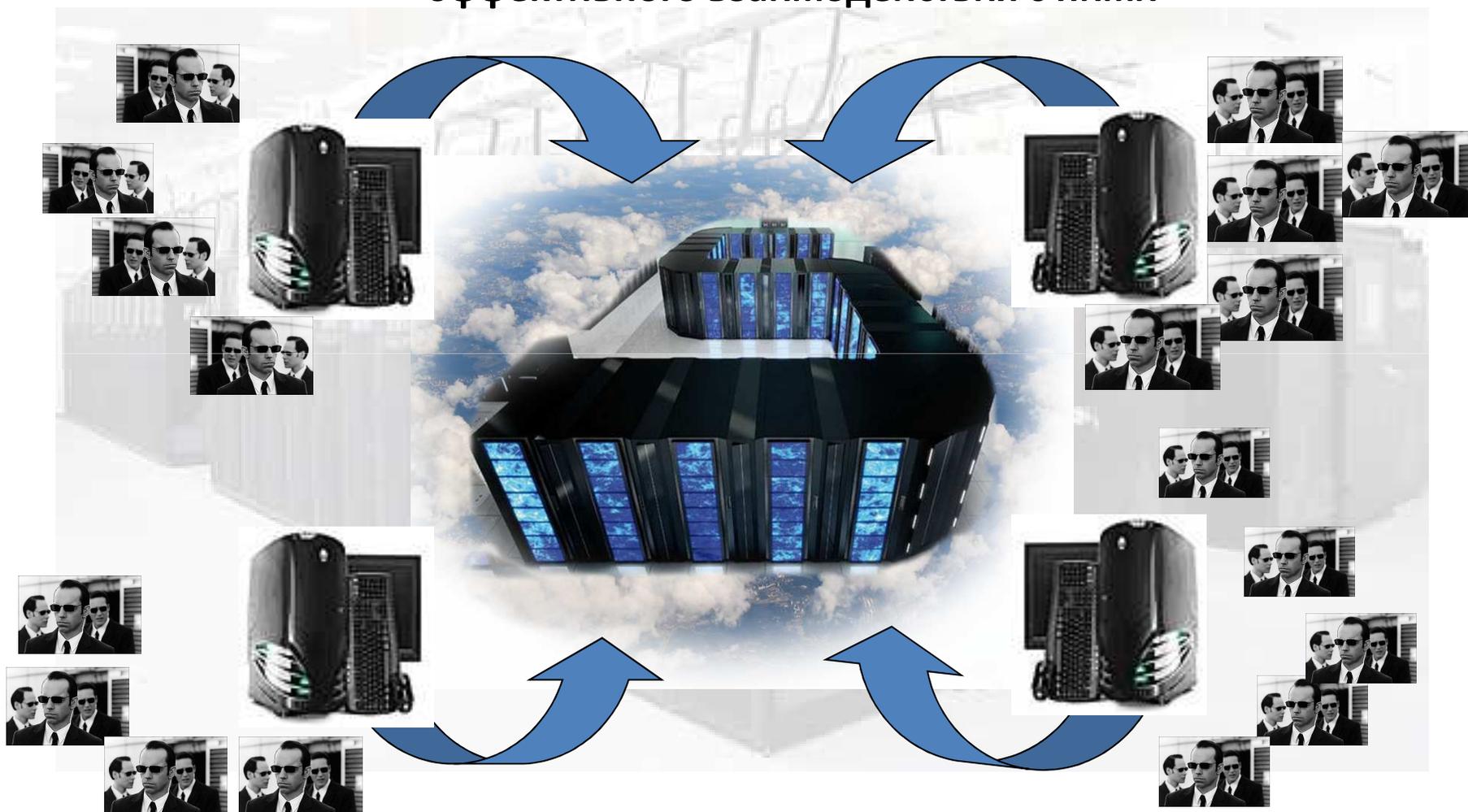
**Проблема современных суперкомпьютеров – организация эффективного взаимодействия с ними**





«Мобильность и супервычисления»

## Проблема современных суперкомпьютеров – организация эффективного взаимодействия с ними

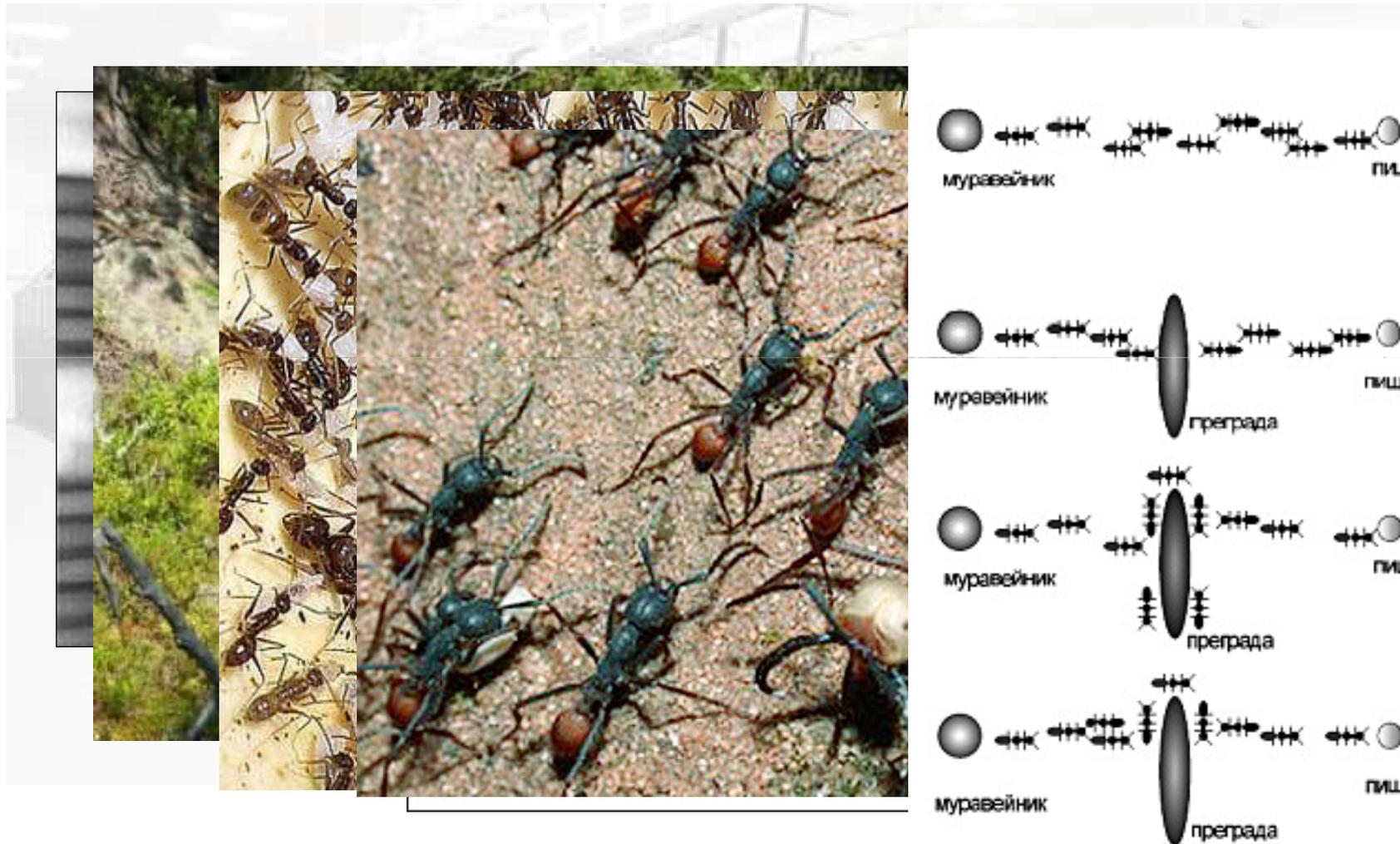


Нижний Новгород 1 ноября 2011



«Мобильность и супервычисления»

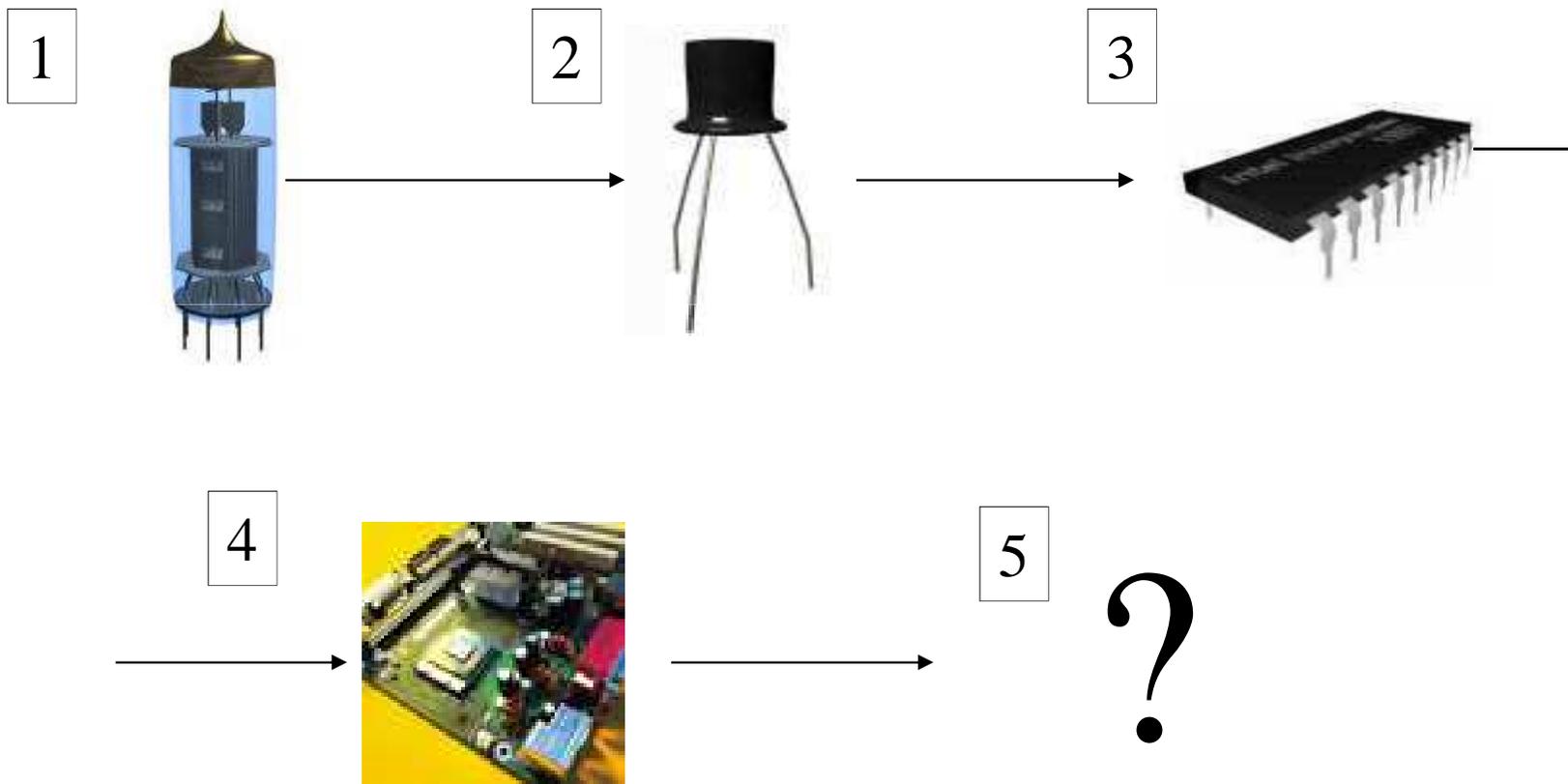
## Активные агенты: миллион муравьев побеждают слона!



Нижний Новгород 1 ноября 2011



# Поколения компьютеров



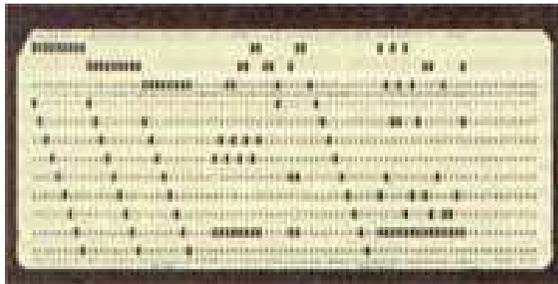


## Поколения развития теории управления

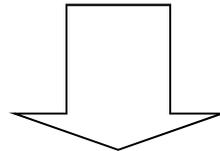
- регуляторы механических систем (XIX в.)
- ...
- глубокая интеграция с цифровыми технологиями обработки данных и принятия решений (конец XX в.)
- управления на сетях объектов (XXI в.)
- ?



# Изменение функциональности



Компьютеры,  
ориентированные на задачу



Операционные системы,  
многозадачность,  
универсальность и т.п.



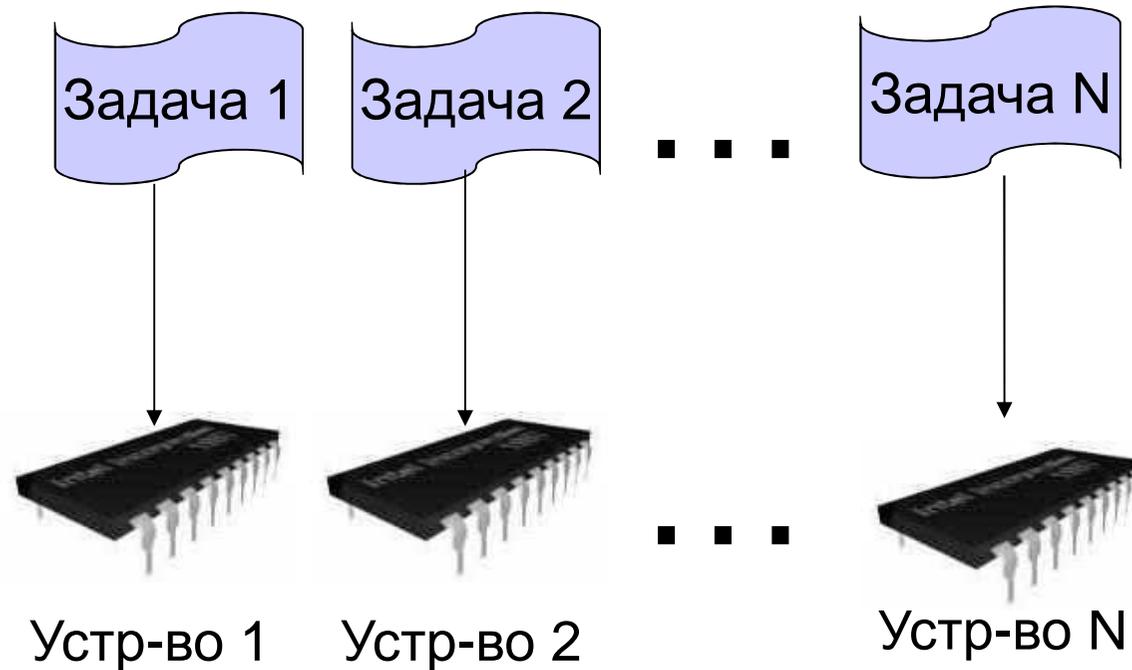
# Что дальше?

The Intelligent  
System



«Мобильность и супервычисления»

# Интеллектуальный выбор





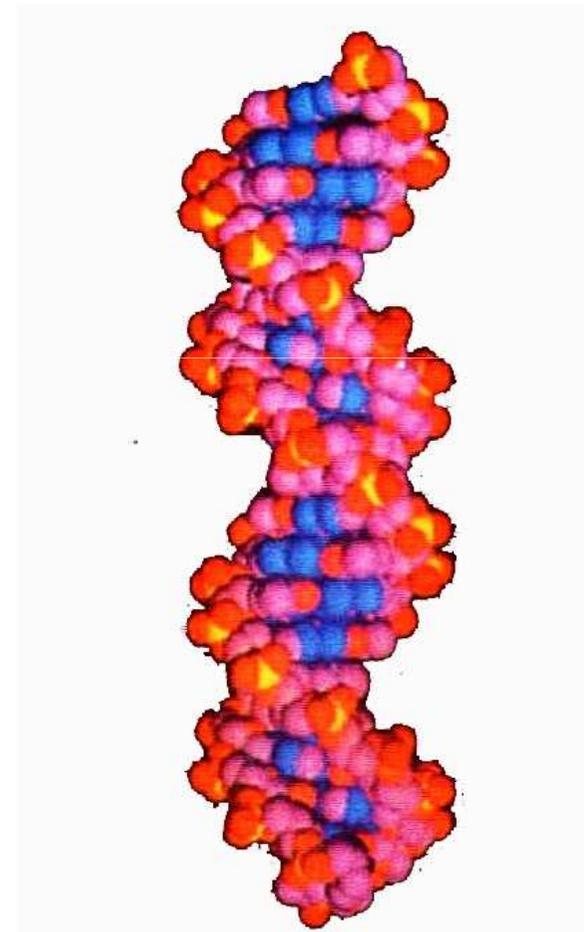
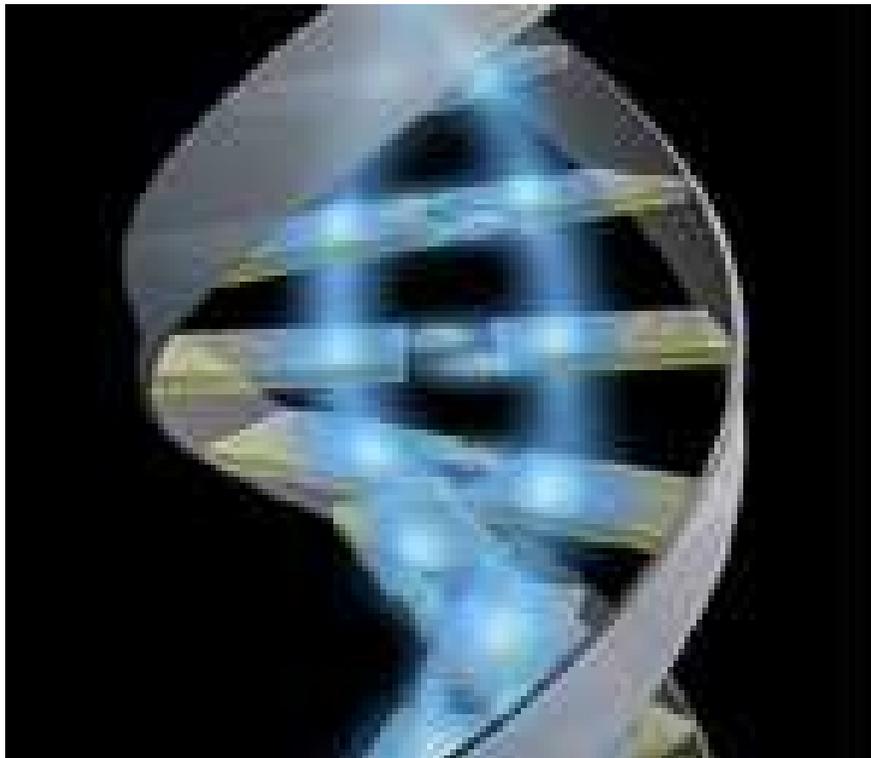
## Условия для внутренней части ИС

- Для любой задачи в системе есть специальное устройство для ее решения
- Информация из внешнего мира «доставляется» ко всем таким устройствам одновременно



«Мобильность и супервычисления»

# Реализация внутренней части

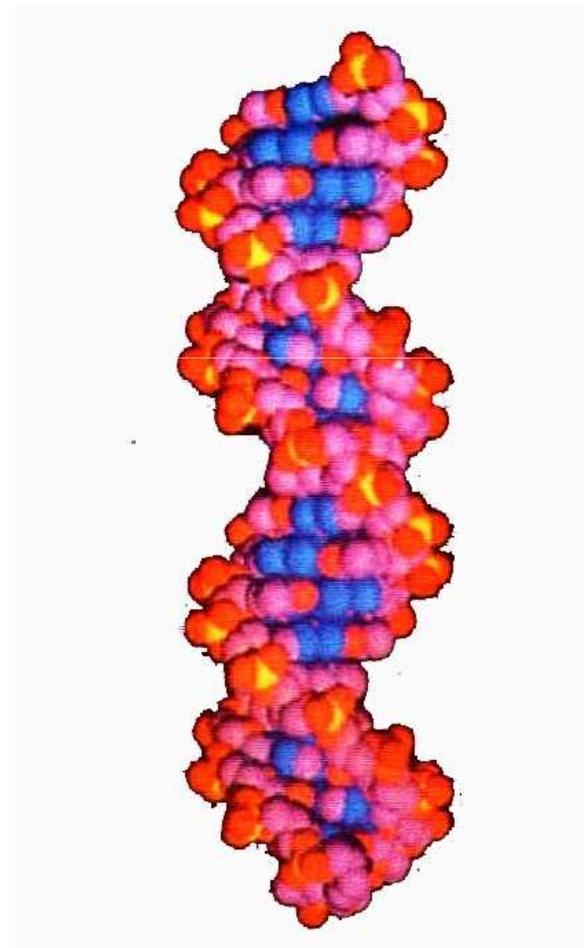


«III ТМШ», Усадьба Гончаровых , 16 июня 2011 г.  
Нижний Новгород 1 ноября 2011



«Мобильность и супервычисления»

# Информационный резонанс



Нижний Новгород 1 ноября 2011



# Многомерная оптимизация

$x_1, x_2, \dots$  — точки наблюдений  $\in \mathbb{R}^d$

$y_1, y_2, \dots$  — наблюдения  $\in \mathbb{R}^1$

$$y_n = F(x_n, w_n) + v_n$$

$w_1, w_2, \dots$  — неконтролируемые случайные возмущения с неизвестным распределением  $P(\cdot)$

$v_1, v_2, \dots$  — неизв., но ограниченные (неслучайн.)

***Цель***

$$f(x) = \int F(x, w) P(dw) \rightarrow \min$$



## Алгоритм SPSA

$\Delta_1, \Delta_2, \dots$  — probing sampling  
with Bernoulli distribution  $\Delta_n = \begin{pmatrix} \pm 1 \\ \pm 1 \\ \vdots \\ \pm 1 \end{pmatrix} \in \mathbb{R}^d$   
(simultaneous perturbation)

$$\hat{\theta}_0 \in \mathbb{R}^d$$

$$x_n^\pm = \hat{\theta}_{n-1} \pm \beta_n^\pm \Delta_n$$

$$\hat{\theta}_n = \hat{\theta}_{n-1} - \frac{\alpha_n}{\beta_n^+ + \beta_n^-} \Delta_n (y_n^+ - y_n^-)$$



## Алгоритм с одним измерением

$$x_n = \hat{\theta}_{n-1} - \beta_n \Delta_n$$

$$\hat{\theta}_n = \hat{\theta}_{n-1} - \frac{\alpha_n}{\beta_n} \Delta_n y_n$$

- Сокращение числа наблюдений

до  $1$  или  $2$  вместо  $2d$



# Преимущества SPSA

- Асимптотически оптимальная скорость сходимости
- Min число измерений на итерации
- Состоятельность при почти произвольных помехах
- Работоспособность в нестационарных задачах
- **Легко может быть реализован на квантовом компьютере**