

Московский физико-технический институт  
Центр Грид-технологий и распределенных вычислений ИСА РАН

# Метод анализа производительности распределенных приложений на основе эталонных моделей

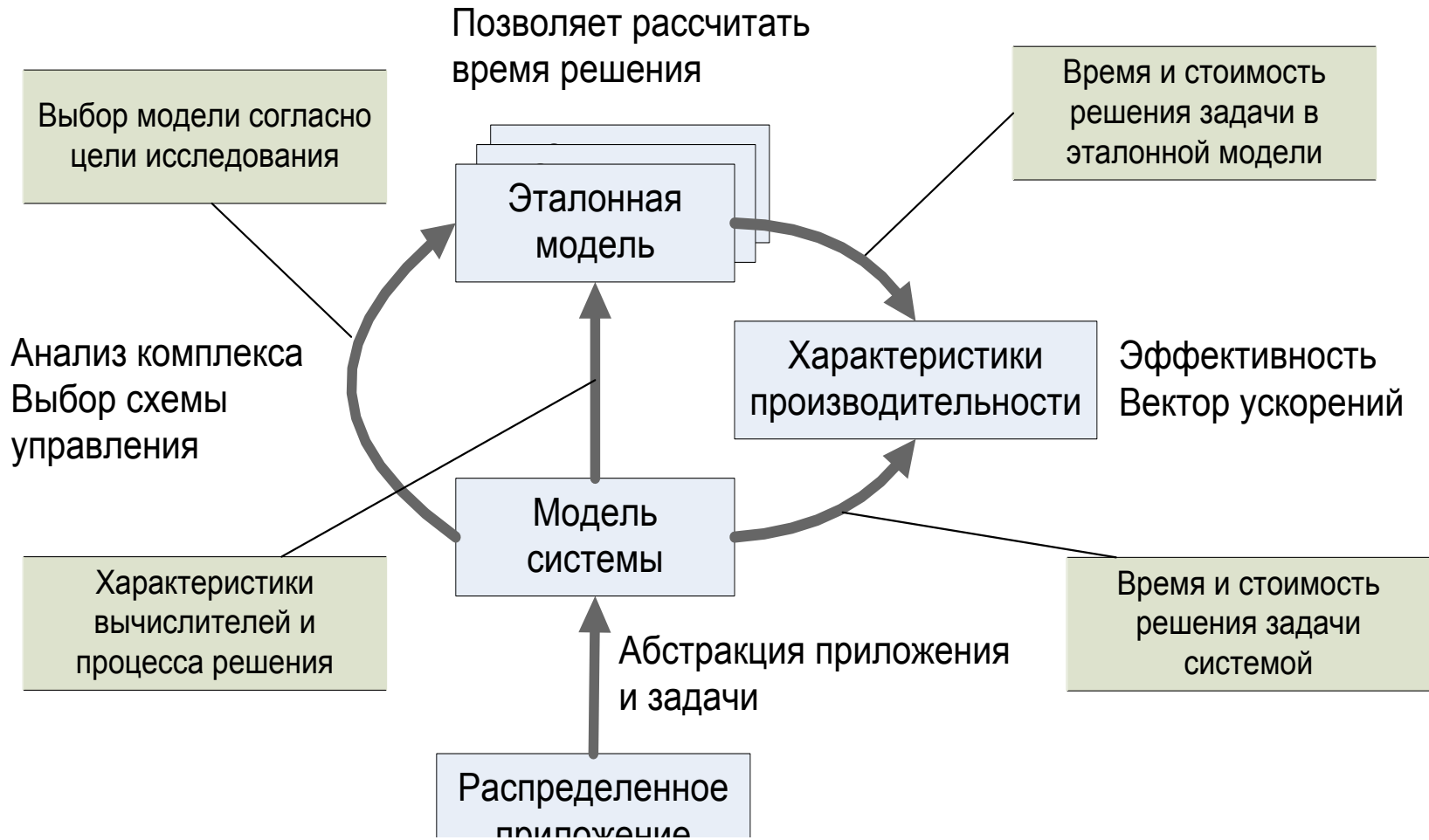
Хританков А.С.

Параллельные Вычислительные Технологии  
Москва 2011

# Анализ производительности

- Грид – распределенная среда для решения декомпозируемых задач
- Проблема управления распределенным решением задач
- Критерии эффективности алгоритмов управления
- Необходим модельный подход к анализу производительности
- Метод оценки производительности на основе сравнения с эталонными моделями

# Метод эталонных систем



# Системы с расписанием

- Совокупность неодинаковых вычислителей, объединенных сетью и доступных приложению на промежутки времени
- Доступность  $h_i(t) : R^+ \rightarrow \{0,1\}$   $\rho_i(t) = t^{-1} \int_0^t h_i(\tau) d\tau$
- Фиксируем «эталонный» алгоритм, он решает на вычислителе  $i$  задачу за время  $\bar{T}_i$
- Трудоемкость задачи  $L(A) : A \rightarrow R^+$
- Производительность  $\pi_i(A) = L(A) / \bar{T}_i$
- Стоимость решения  $\Phi(t) = \sum_{i=1}^n c_i \int_0^t h_i(\tau) d\tau$
- Время решения задачи  $T = \arg \max_{i,t} \{h_i(t) > 0\}$

# Характеристики производительности

- Эталонная модель системы позволяет  
рассчитать эталонное время решения  $\bar{T}$   
 $\bar{\mathcal{R}}(A) = \mathcal{R}(A) \cup \langle \textit{assumptions} \rangle$
- Эффективность по времени  
 $E_t(\mathcal{R}, \bar{\mathcal{R}}) = \frac{\bar{T}}{T}$
- Эффективность по стоимости (ресурсная)  
 $E_\phi(\mathcal{R}, \bar{\mathcal{R}}) = \frac{\Phi(\bar{T})}{\Phi(T)}$

# Мультикластерные системы

- Мультикластерная система –  
Совокупность вычислительных кластеров общего пользования, задействованная для решения прикладной задачи в рамках одного распределенного приложения
- Примеры:
  - BnB-Grid
  - X-Com
  - Приложения в Грид-средах
  - ...

# Интервальные системы

- Система с расписанием, которая состоит из  $K$  кластеров  $P_k$  по  $n_k$  одинаковых вычислителей

$$R_K(A_M)$$

$$h_i(t) = h_j(t),$$

$$\pi_i = \pi_j, i, j \in P_k$$
- Расписание кластера  $k$

$$\text{supp } h_k(t) = [t_k^1, t_k^2]$$
- Класс  $A_M$  декомпозируемых задач

Задача  $A \in A_M$  состоит в решении  $M$  задач  $A_i \in A$

$$A_M = \bigcup_{j=1}^M A_j, \quad \pi_k(A) = \pi_k(A_j), \quad L(A) = \sum_{j=1}^M L(A_j)$$
- Подзадачи сгруппированы в пакеты, назначаемые на кластеры для решения на  $p_k \leq n_k$  вычислителях

# Модель кластерной системы

- Пусть в интервальной системе  $R_K(A_K)$ 
  - пакет включает одну подзадачу  $b_{kj} = 1$
  - известно эталонное время решения  $\bar{t}_k = \bar{t}(A_k)$

$$R_{K,T}(A_M) = R_K(A_M) \cup \langle \bar{t}_k, b_{kj} = 1 \rangle$$

- Эталонная модель для оценки накладных расходов на организацию вычислений

$$\bar{R}_{K,T}(A_K) = R_K(A_M) \Big|_{M=K} \cup \langle \pi_k = L_k / (n_k \bar{t}_k), B_{kj}^{et} = B_{kj}^{sys} \rangle$$

- Эффективность  
по стоимости

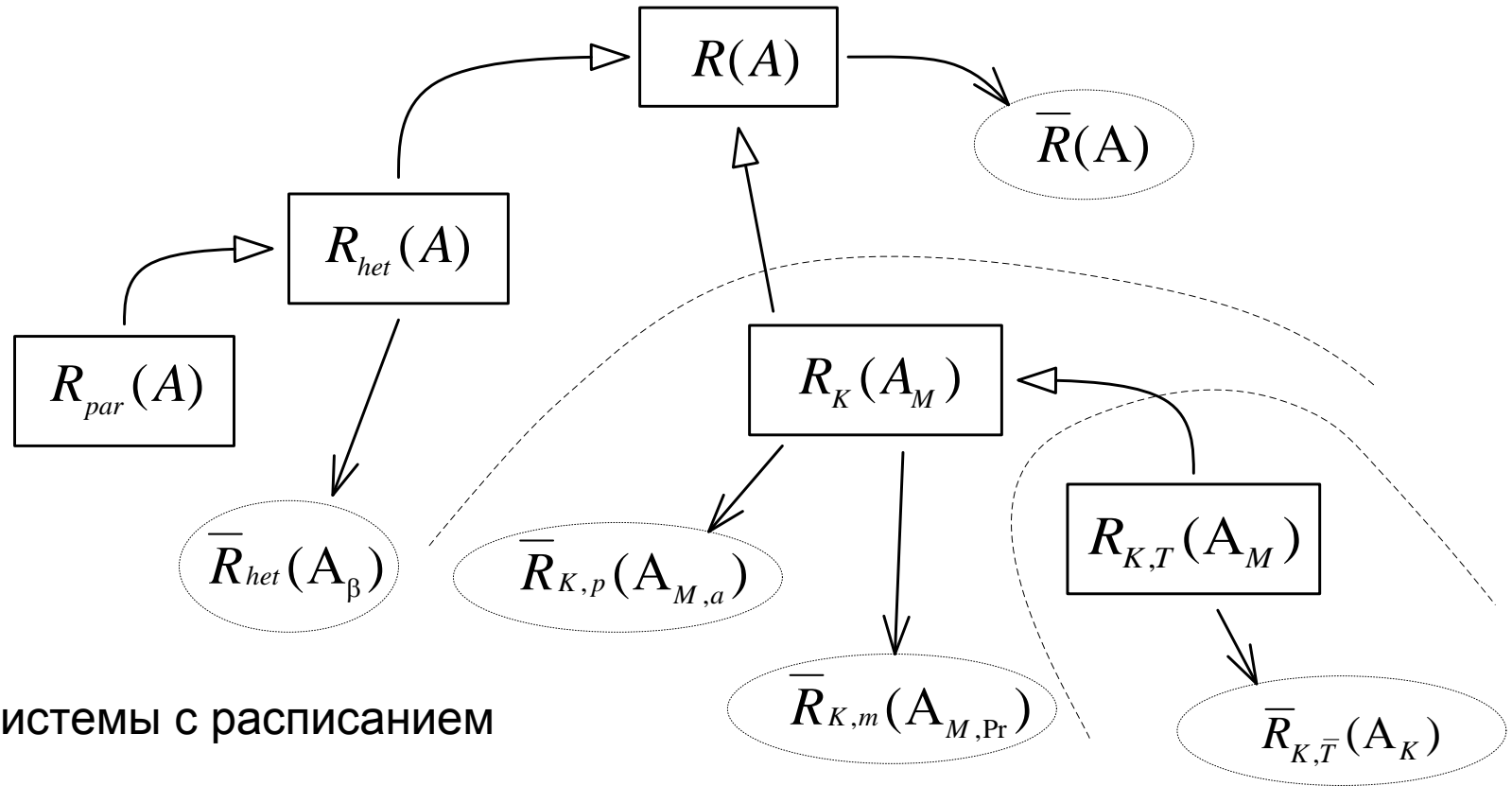
$$E_\phi = \frac{\sum_1^K \bar{t}(A_k) c_k n_k}{\sum_1^K (t_k^1 - t_k^0) c_k n_k}$$



# Структура моделей

- Модель как совокупность  $\mathfrak{R} = \langle Y, X \rangle$   
 мн-ва параметров  $Y$  – измеряются  
 и мн-ва допущений  $X$  – полагаются
- Пример: интервальная система  $R_K(A_M)$   
 входные параметры  $Y$ :  $h(t), \pi(A), n_k, M$   
 допущения  $X$ :  $\sum L_k = L, \pi(A_k) = \pi, K : n_k, \pi_k, p_k$
- $R_1 = \langle Y_1, X_1 \rangle$  обобщает  $R_2 = \langle Y_2, X_2 \rangle$   
 если  $R_1 \neq R_2, Y_1 \subseteq Y_2, X_1 \subseteq X_2$
- $\bar{R} = \langle \bar{Y}, \bar{X} \rangle$  моделирует  $R = \langle Y, X \rangle$ ,  
 если  $Y \supseteq \bar{Y}, X \subseteq \bar{X}$

# Известные системы и модели



Системы с расписанием

Интервальные системы

Кластерные системы

→  
Модель

→  
Обобщение

Модель  
системы

Эталонная  
модель

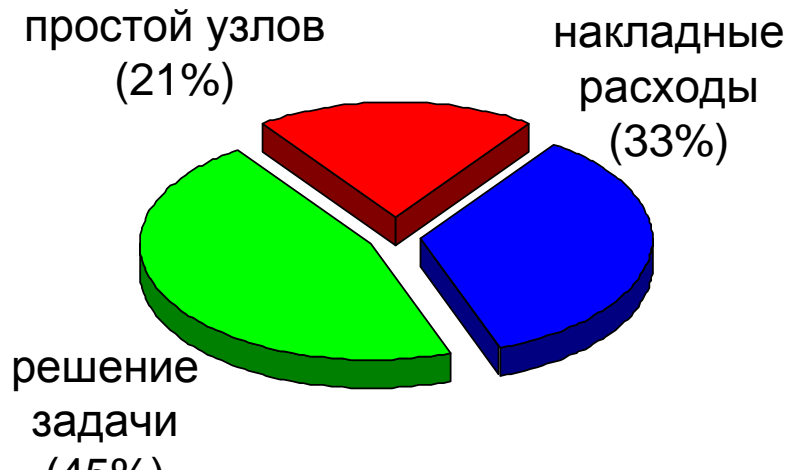
# Пример метода оценки

1. Применить модель системы с расписанием к исследуемому приложению, сопоставить элементы комплекса вычислителям модели.
2. В качестве эталонного алгоритма следует выбрать параллельный алгоритм.
3. В процессе решения задачи следует измерять параметры системы согласно модели интервальной системы
4. Стоимость использования вычислителей положить равной эталонной производительности.
5. Рассчитать характеристики производительности с помощью разработанного пакета программ.

# Применение метода

- Разработан комплекс программ для оценки производительности
- Анализ системы «ВnВ-Грид» в решении задачи оптимизации структуры атомных кластеров
- Анализ системы метакомпьютинга X-Com2 в задаче докинга
- Анализ производительности CAS Maxima Desktop Grid на модельной задаче обращения матриц
- Метод расчета эффективности для приложений в среде «СКИФ-Грид»

# Система X-Com

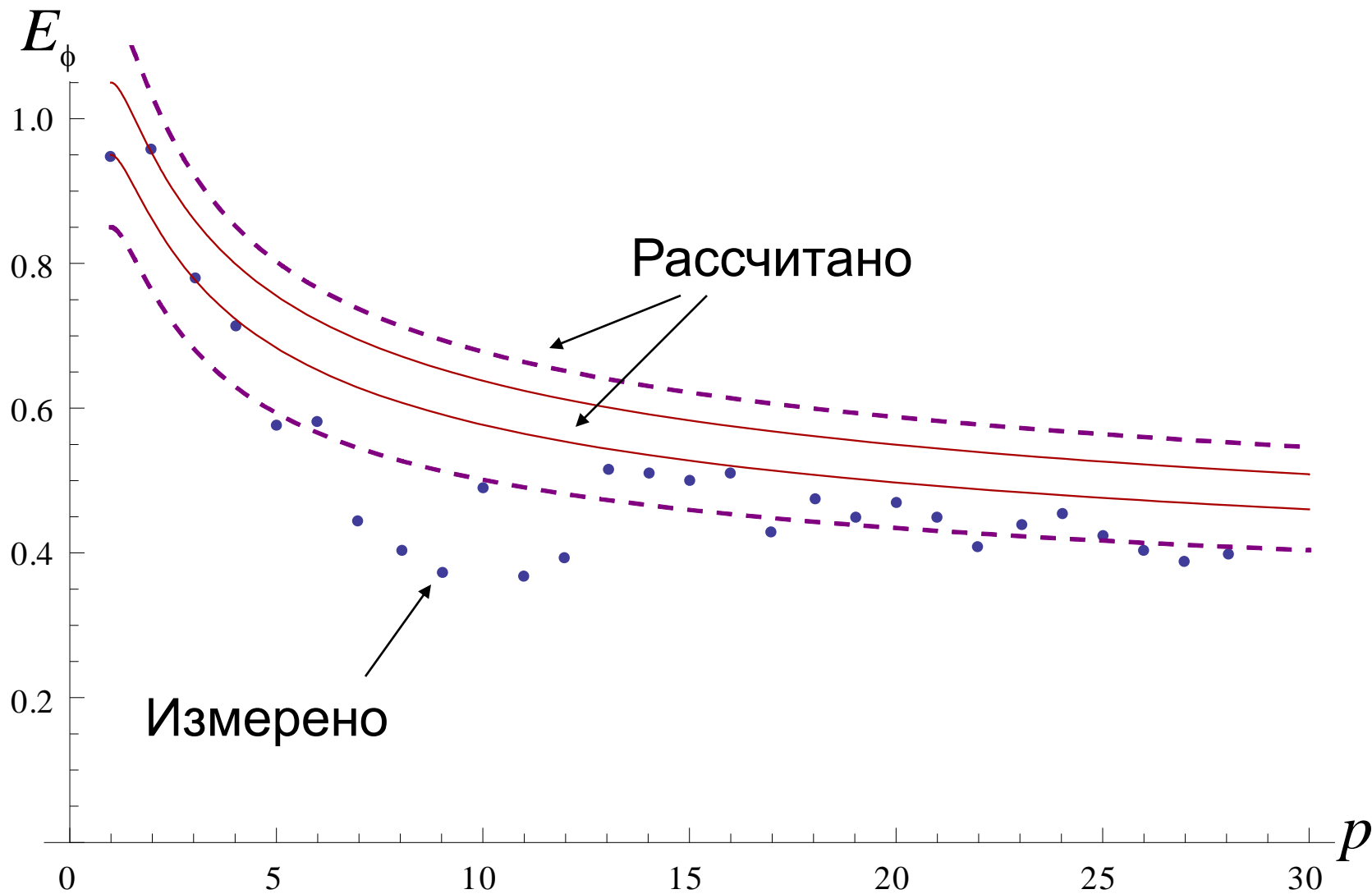


Реализовано



Предложено

# Система ВnВ-Grid



# Заключение

- Представлен метод количественного анализа производительности распределенных приложений
- Разработаны теоретические и практические инструменты анализа, расширяемые и адаптируемые под задачу
- Описана единая методика анализа производительности
- Метод применен для анализа ряда распределенных приложений

# Основные работы

1. Афанасьев А.П., Посыпкин М.А., Хританков А.С. Аналитическая модель оценки производительности распределенных систем // Программные продукты и системы. – 2009. – № 4. – с. 60-64.
2. Хританков А.С. Оценка эффективности распределенных систем при решении задач переменного размера. // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2010. – № 2(66). – с. 66-71.
3. Хританков А.С. Анализ производительности распределенных вычислительных комплексов на примере системы X-Com // Труды Всероссийской суперкомпьютерной конференции «Научный сервис в сети Интернет: масштабируемость, параллельность, эффективность» (г. Новороссийск, 21-26 сентября 2009 г.). – 2009. – с. 46-52.
4. Хританков А.С. Оценка производительности распределенных вычислительных комплексов на основе модели эталонных систем. Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. ИСА РАН. – 2010. – 148 с



# Примеры моделей систем

Системы с расписанием		
$R(A)$	$h(t), \pi(A)$	$c_i$
$\bar{R}(A)$	$h(t), \pi(A)$	$c_i, \sum \bar{l}_i = L, \min T$
Интервальные системы		
$R_K(A_M)$	$h(t), \pi(A), n_k, M$	$c_i, \sum L_k = L, \pi(A_k) = \pi, K : h_k, \pi_k, p_k$
$\bar{R}_{K,m}(A_{M,Pr})$	$h(t), \pi(A), n_k, M$	$c_i, \sum L_k = L, \pi(A_k) = \pi, K : h_k, \pi_k, p_k, p_k = n_k,$ $L_k \in Pr, m \geq 1, \min T$
Кластерные системы		
$R_{K,T}(A_M)$	$h(t), n_k, M, \bar{t}(A_k)$	$c_i, \sum L_k = L, \pi(A_k) = \pi, K : h_k, \pi_k, p_k, b_{kj} = 1$
$\bar{R}_{K,T}(A_K)$	$h(t), n_k, M, \bar{t}(A_k)$	$c_i, \sum L_k = L, \pi(A_k) = \pi, K : h_k, \pi_k, p_k, b_{kj} = 1,$ $B_{kj}^{et} = B_{kj}^{sys}, \pi_k = L_k / (n_k \bar{t}_k), \min T$