

Упреждающее планирование в грид на основе предпочтений стейкхолдеров

В.В. Топорков, Д.М. Емельянов*,
А.С. Топоркова***

*Национальный исследовательский университет
«МЭИ»**

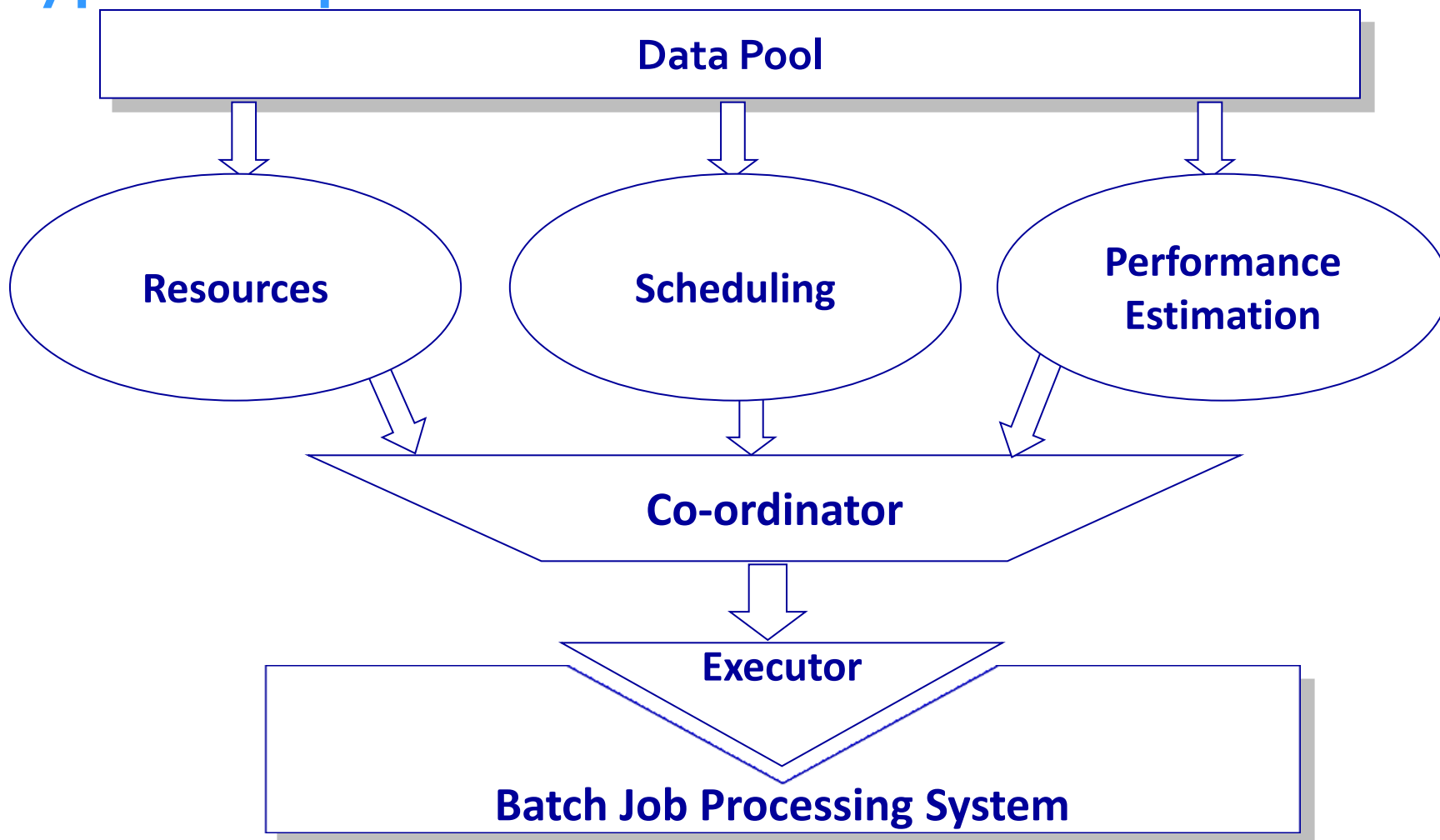
*Национальный исследовательский университет
ВШЭ***



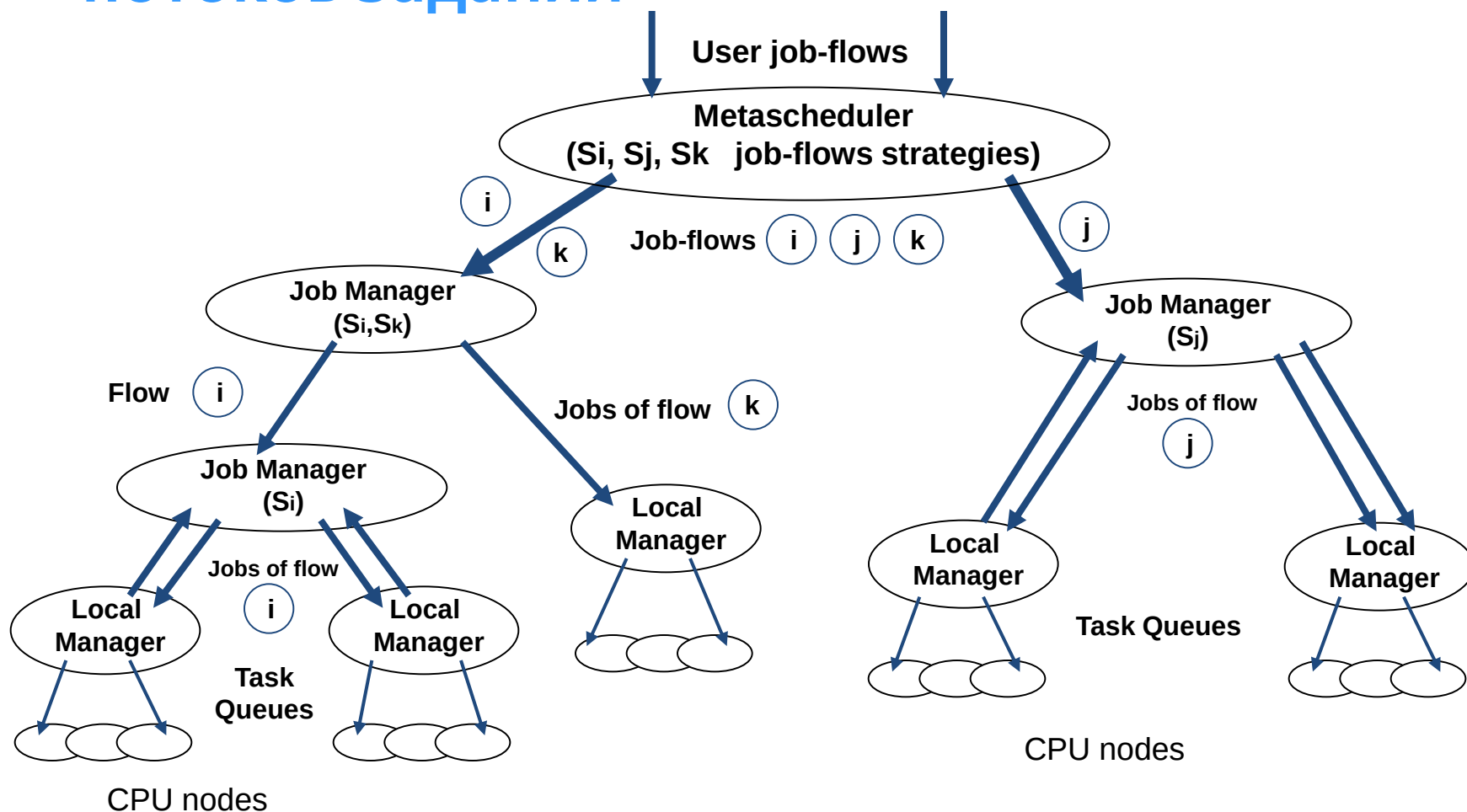
Неотчуждаемые ресурсы и экономические модели

- Назначение на ресурсы и планирование взаимосвязанных задач, составляющих параллельные задания, является важным аспектом для таких распределенных сред как грид с неотчуждаемыми ресурсами
- Экономические модели используются для решения этих проблем не только в грид, но и в облачных вычислениях и мультиагентных системах

Модель брокера ресурсов и планирование на уровне приложений



Виртуальные организации и планирование потоков заданий





Виртуальные организации

Три группы стейкхолдеров ВО:

пользователи, собственники ресурсов и администраторы

➤ **Contra:** ВО ограничивают масштабируемость систем планирования и управления ресурсами

➤ **Pro:** Общие правила политики ВО позволяют повысить эффективность использования ресурсов и найти компромиссные решения в условиях противоречивых интересов стейкхолдеров



Противоположные цели стейкхолдеров ВО

- Пользователи: наискорейшее выполнение заданий с наименьшими издержками
- Администраторы и собственники ресурсов: балансирование загрузки ресурсов и извлечение прибыли
- Основная цель – учет предпочтений стейкхолдеров с целью нахождения компромиссного решения, обеспечивающего справедливое разделение ресурсов между участниками ВО



Состояние проблемы I

Справедливость и теория кооперативных игр:

- справедливые квоты (*T. Carroll and D. Grosu, 2007; K. Kim and R. Buyya, 2007*)
- справедливая приоретизация заданий пользователей (*D. Jackson, Q. Snell, and M. Clement, 2001; A. Mutz, R. Wolski, and J. Brevik, 2007*)
- немонетарное распределение (*P. Skowron and K. Rzdca, 2013*)



Состояние проблемы II

Во многих работах предпочтения стейкхолдеров учитываются лишь частично:

- собственники конкурируют за задания, оптимизируя пользовательские критерии (*M. Dalheimer, F. Pfreundt, and P. Merz, 2006; C. Ernemann, V. Hamscher, and R. Yahyapour, 2003*)
- основная цель – эффективное использование ресурсов без учета пользовательских критериев (*D. Jackson, Q. Snell, and M. Clement, 2001*)



Состояние проблемы III

Мультиагентные экономические модели (*R. Buyya, D. Abramson, and J. Giddy, 2002; T. Thain and M. Livny, 2005*)

Как правило, не позволяют оптимизировать
выполнение потока заданий



Структура доклада

- **Часть 1. Общая концепция справедливого планирования.**
- **Часть 2. Предлагаемая эвристика планирования.**
- **Часть 3. Постановка эксперимента и результаты.**
- **Часть 4. Заключение.**

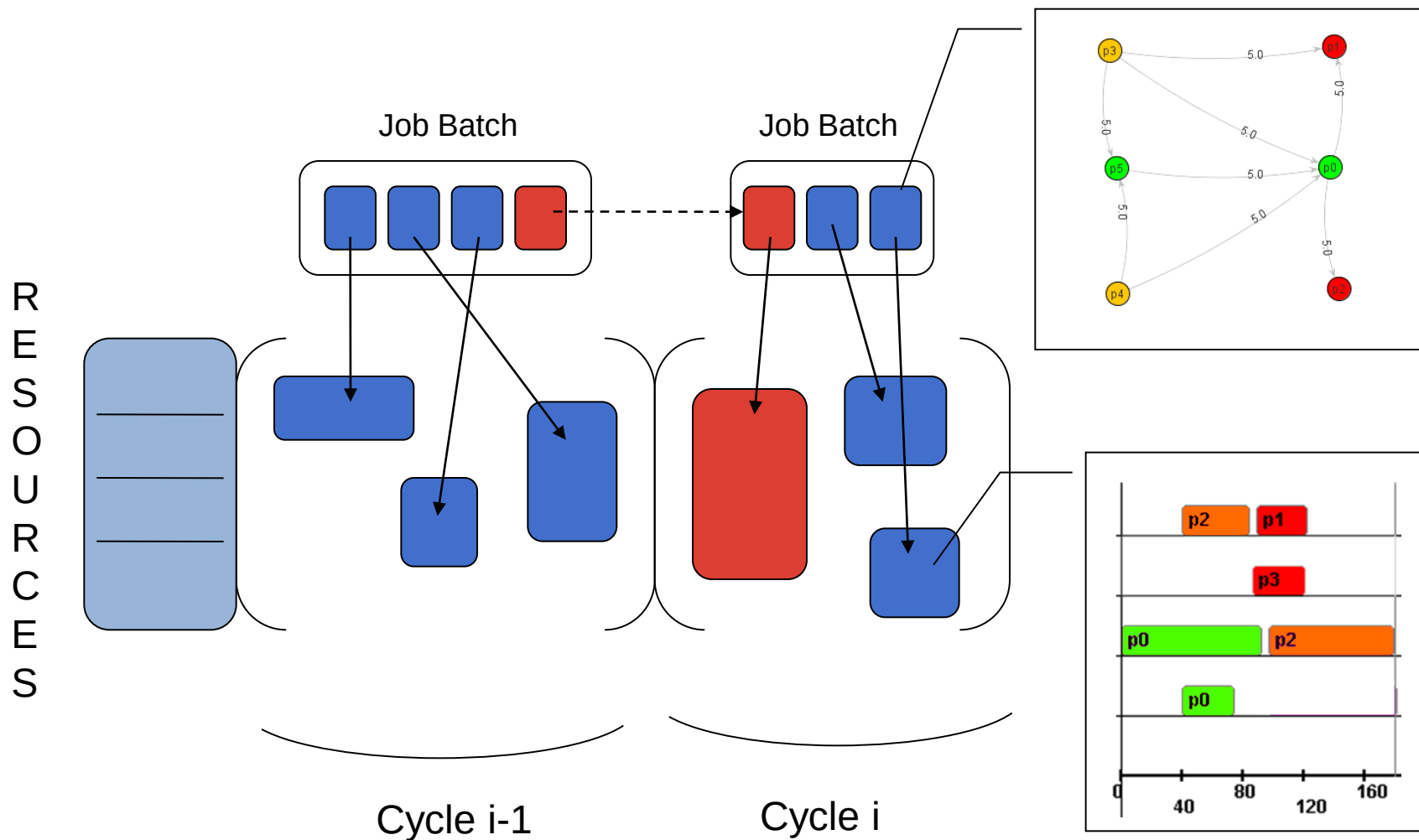


Циклическая схема планирования

Циклическая схема планирования реализует справедливое разделение ресурсов – каждый стейкхолдер обладает механизмами влияния на результаты планирования, исходя из собственных предпочтений:

- *V. Toporkov et al. "Preference-Based Economic Scheduling in Grid Virtual Organizations", Procedia Computer Science. Vol. 80, 2016, pp. 1071-1082. Elsevier B.V. 2016;*
- *V. Toporkov et al. "Fair Resource Allocation and Metascheduling in Grid with VO Stakeholders Preferences", 2016 45th Int. Conf. on Parallel Processing. IEEE. 2016, pp. 375-384.*

ЦСП на основе локальных расписаний



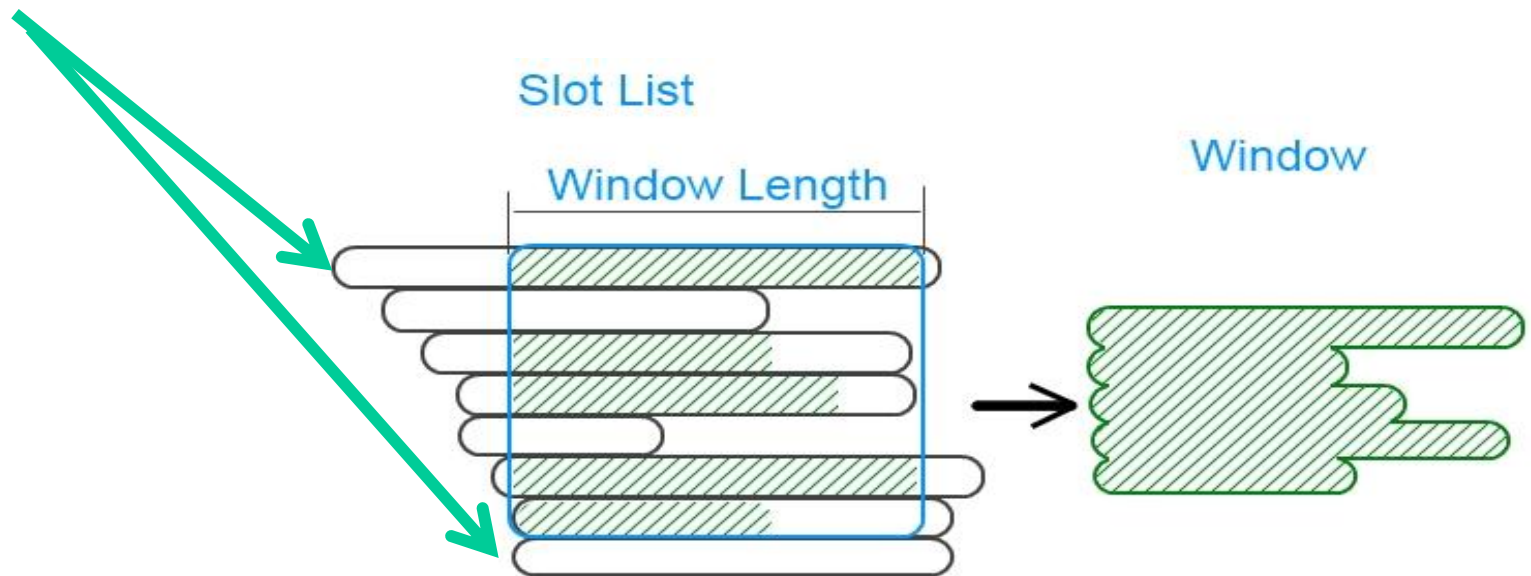
Слот

Слот – интервал времени для выполнения задачи (части параллельного задания)



Выбор альтернативных наборов слотов

- Запуск любого задания требует согласованного назначения требуемого числа слотов («окна»)
- Поиск окна на списке доступных слотов, отсортированных по неубыванию времени старта

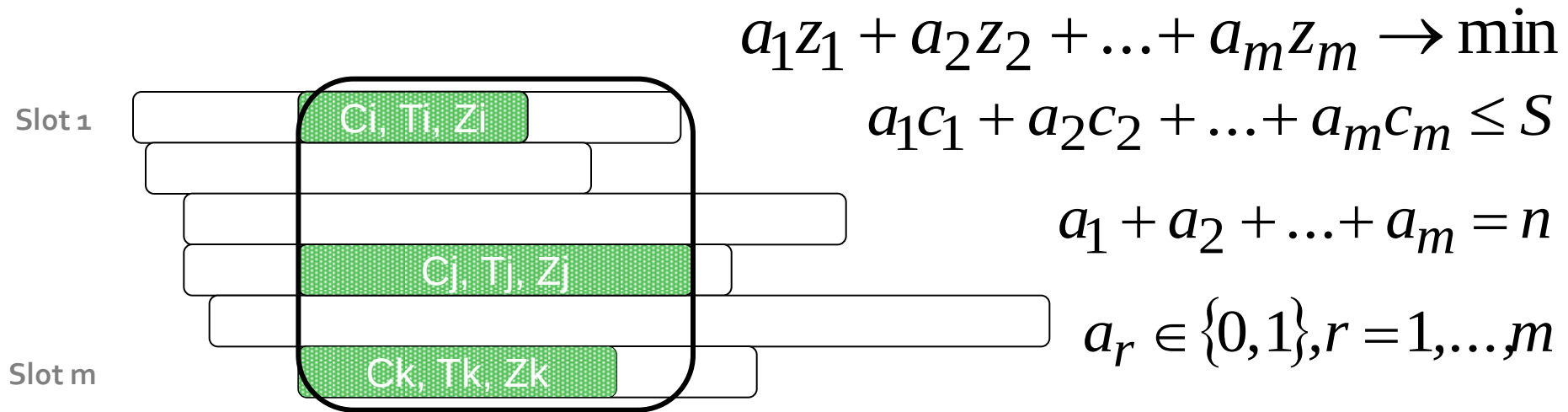




Алгоритмы поиска слотов с линейной сложностью

- *V. Toporkov, A. Toporkova, A. Tselishchev, and D. Yemelyanov, "Slot selection algorithms in distributed computing," J. of Supercomputing, vol. 69, 1, 2014, pp. 53–60;*
- *V. Toporkov, A. Tselishchev, D. Yemelyanov, and P. Potekhin. Metascheduling Strategies in Distributed Computing with Non-dedicated Resources // Advances in Intelligent Systems and Computing (AISC), vol. 307, pp. 129-148: Springer International Publishing Switzerland (2015).*

Algorithm searching for Extreme Performance (AEP)

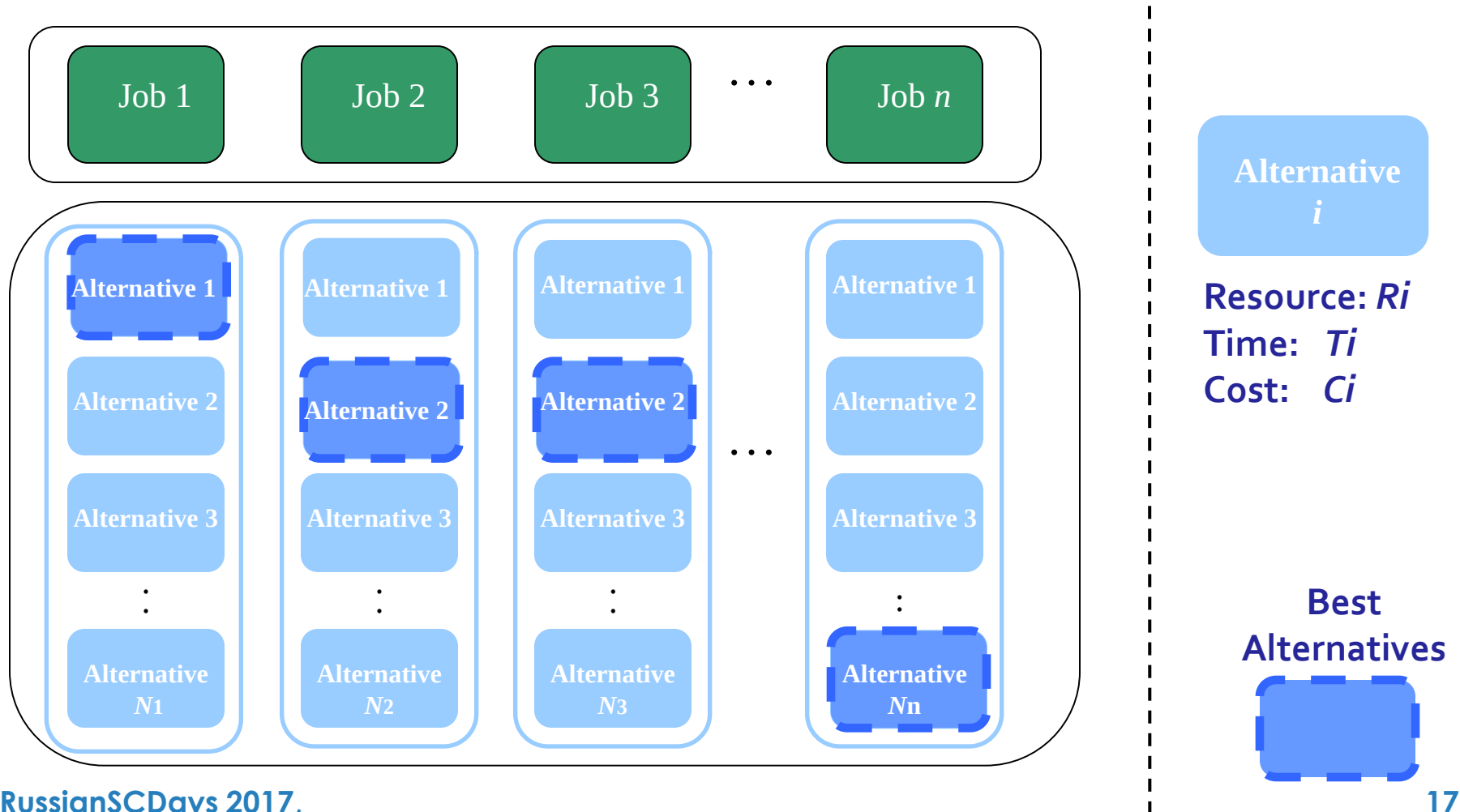


Слот имеет численную характеристику Z_i в соответствии с заданным критерием.

S - максимальный бюджет, цена слотов $c_1, c_2, \dots, c_m$.

Окно с максимумом критерия определяется $a_1, a_2, \dots, a_m$

Выбор оптимальной комбинации слотов



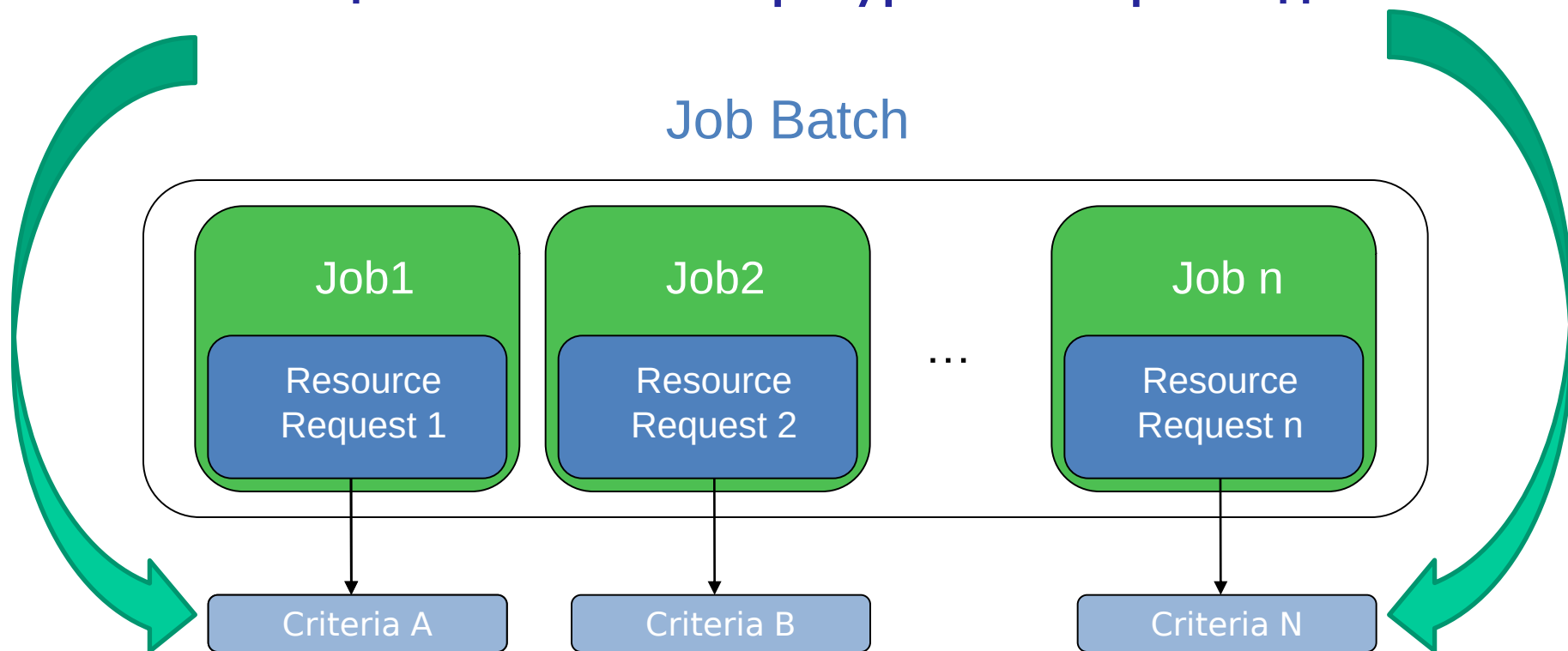


Требования к модели планирования и справедливого распределения ресурсов – обобщение ЦСП

- Администраторы ВО – возможность управления процессом планирования на основе политики выполнения потока заданий
- Пользователи ВО – влияние на планирование своих заданий на основе заданного критерия оптимизации
- Владельцы ресурсов – контроль уровня загрузки ресурсов на основе модели ценообразования

Концепция планирования и справедливого распределения ресурсов

- Для учета предпочтений пользователя критерий оптимизации включается в ресурсный запрос задания



Функция полезности

Полезность U альтернативы выполнения задания соответствует пользовательскому критерию Z в ресурсном запросе: $U = (Z - Z_{\min}) / (Z_{\max} - Z_{\min}) * 100\%$

➤ U – чем больше альтернатива соответствует предпочтениям пользователя, тем меньше значение U

➤ Порядковая Order и относительная Relative функции полезности:

Execution Alternatives	Execution Cost	Order Utility	Relative Utility
1st Alternative	5	0	0%
2nd Alternative	7	1	20%
3rd Alternative	11	2	60%
4th Alternative	14	3	90%
5th Alternative	15	4	100%

Примеры постановки задачи оптимизации

Задача оптимизации для n заданий пакета:

$$f(\bar{s}) = \sum_{i=1}^n f_i(s_j) \rightarrow \text{extr}, u_i(s_j) \leq u_i \leq u^*$$

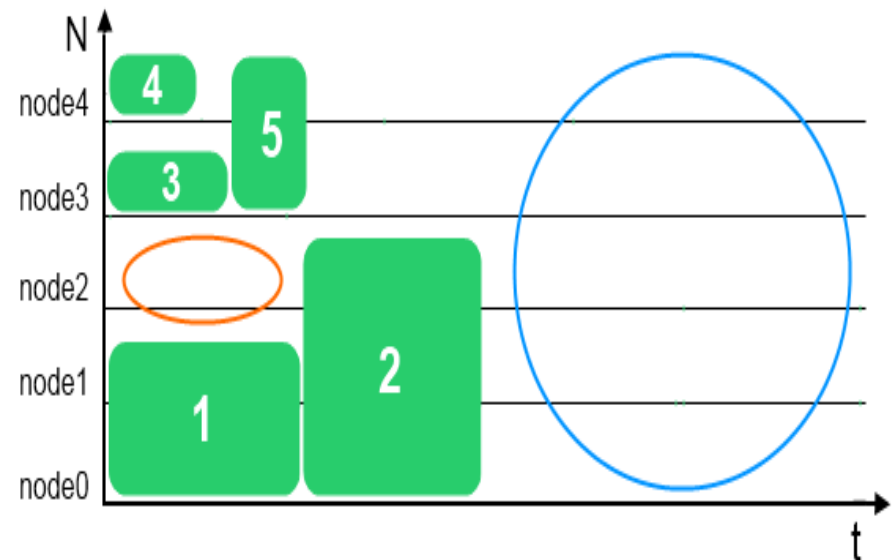
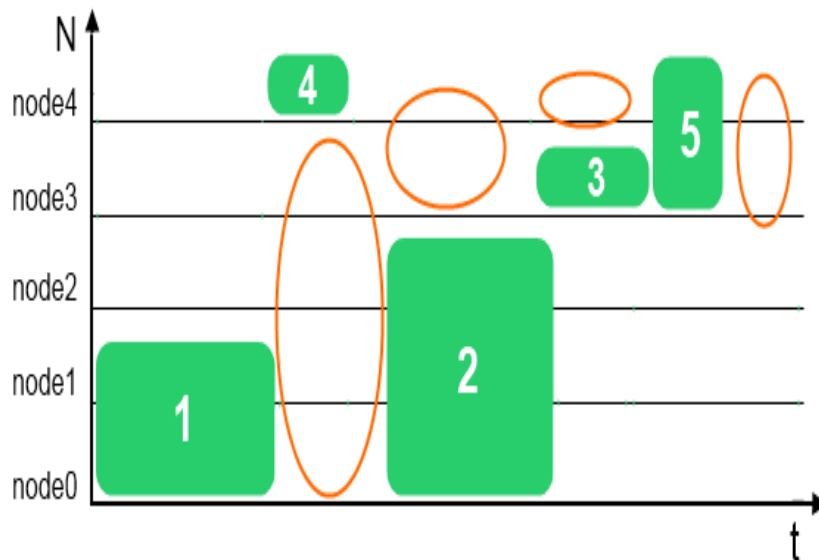
- Среднее значение полезности $Ua = u^*/n$
- Конкретный пример :

$$C \rightarrow \max, \lim Ua = 20\%$$

Максимизировать стоимость выполнения пакета заданий (политика ВО), обеспечив в среднем использование альтернатив с отклонением 0%-20% от наилучшего возможного результата планирования.

Фрагментация ресурсов, сдвиг ЦСП и First Fit назначение в наихудшем случае

В наихудшем случае, когда ресурсы ограничены или перегружены, лишь одна альтернатива может быть зарезервирована для задания. Никакого отличия от назначения First Fit («первая подходящая»)!





Общая схема упреждающего планирования

- 1. Выбор набора допустимых альтернатив выполнения без учета «пересечения» слотов и резервирования ресурсов.
- 2. Применение ЦСП для поиска оптимальной комбинации альтернатив в соответствии с политикой ВО (одна альтернатива для каждого задания пакета).
- 3. Репликация альтернатив , отобранных на шаге 1, для поиска допустимого назначения на ресурсы.



Основная идея модификации АЕР

- Исходный АЕР отыскивает одну и только одну альтернативу, оптимальную по заданному пользователем критерию в соответствии с ресурсным запросом.
- Основная идея модификации – сохранить все промежуточные результаты поиска на основе АЕР (условно оптимальные альтернативы в схеме динамического программирования).

Репликация планирования и назначение на ресурсы

➤ Близкое к оптимальному планированию (шаги 1 и 2) не является допустимым из-за «пересечения» слотов и ресурсных коллизий.

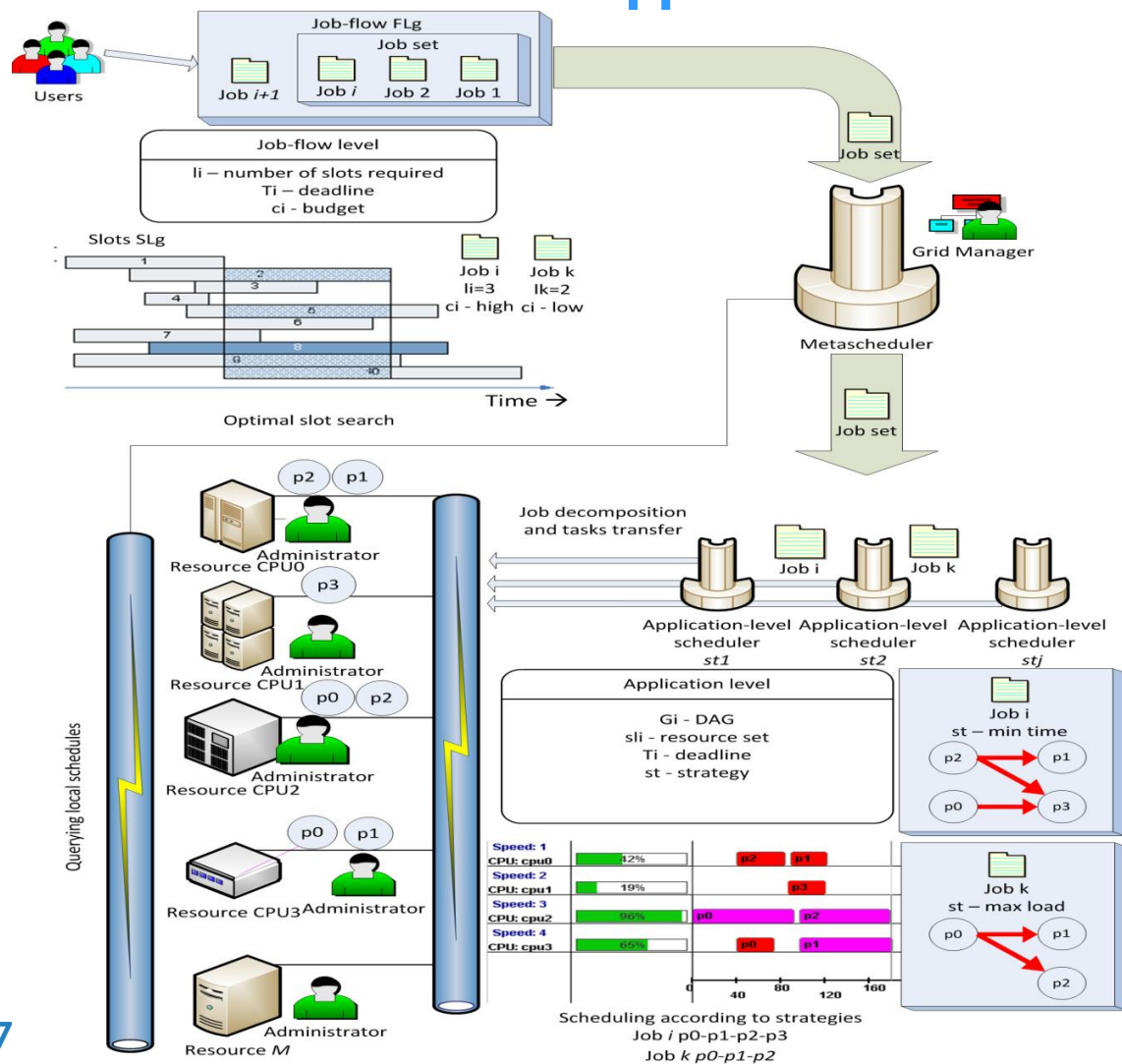
➤ *Критерий сходства*

$$E_C = \frac{|C_{ref} - C_{can}|}{C_{ref}}$$

➤ *Расстояние D между альтернативами*

$$D_l = E_C + E_T + \dots + E_U \quad D_g = \sqrt{E_C^2 + E_T^2 + \dots + E_U^2}$$

«Конвергенция» планирования на уровне приложений и потоков заданий





Параметры ВО и вычислительной среды

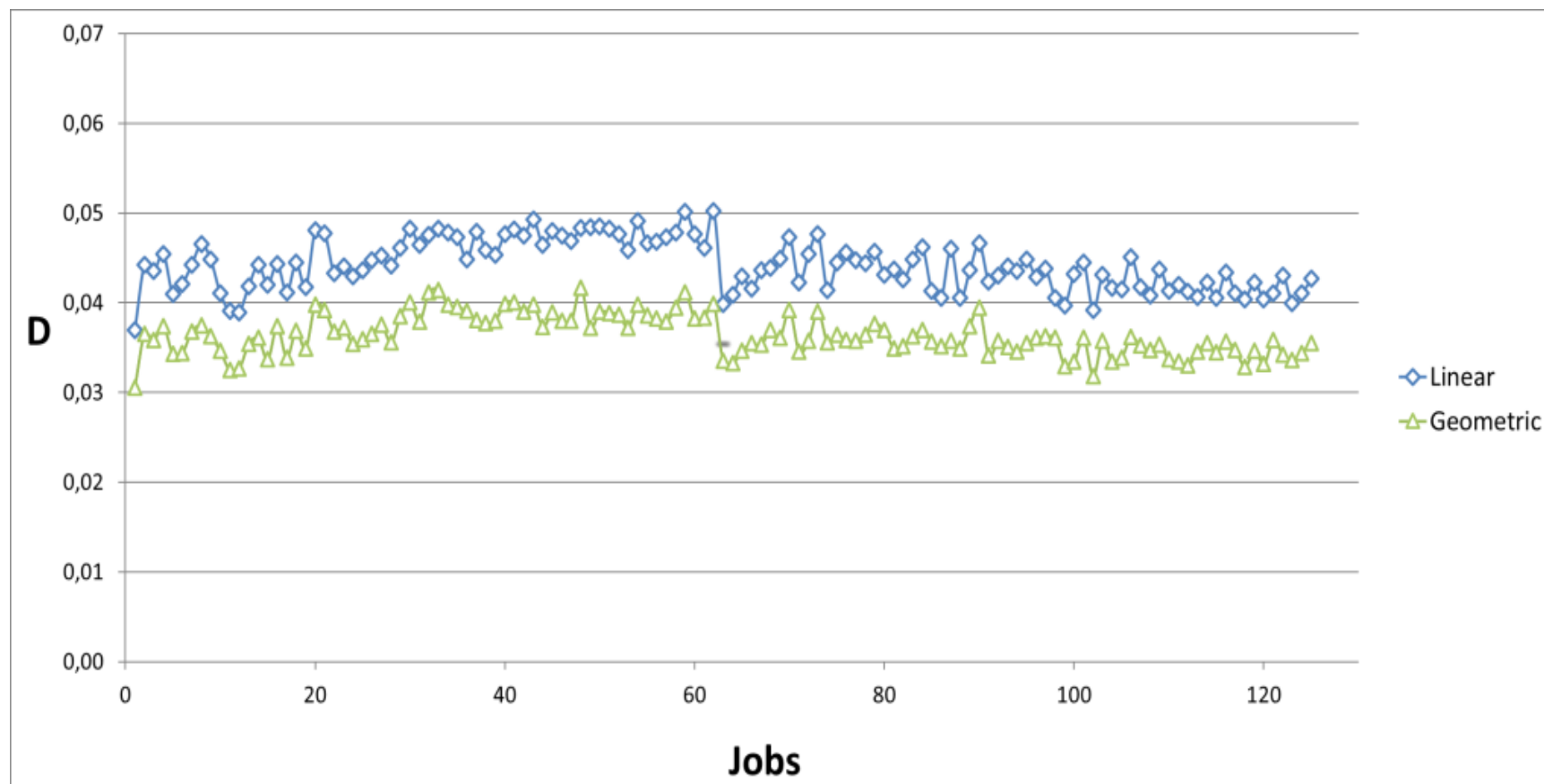
- Ресурсный пул - 80 гетерогенных вычислительных узлов.
- Стоимость узла – экспоненциальная функция от его производительности с возможными скидками или штрафами ± 0.6 от базовой цены.
- Интервал планирования - 800 единиц модельного времени. Начальная загрузка ресурсов локальными заданиями собственника – гипергеометрическое распределение с 5%-10% интервалом от общего времени использования.



Параметры пакета заданий

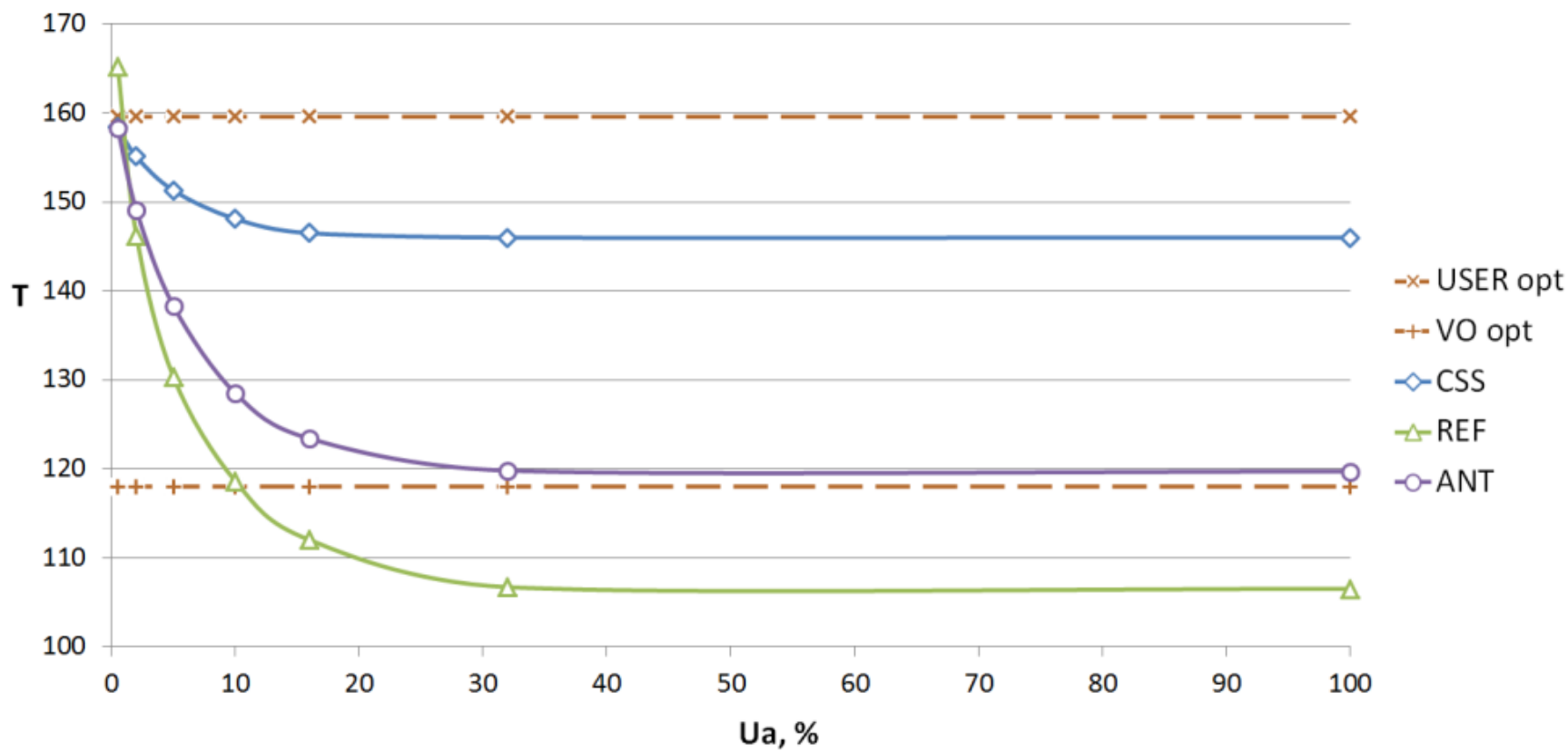
- Число заданий в пакете - 125.
- Число узлов для задания – случайная величина, равномерно распределенная на отрезке [2; 6].
- Время резервирования узла - случайная величина, равномерно распределенная на отрезке [100; 500].
- Бюджет задания может составлять 160% от базовой цены. Возможны скидки.
- Ресурсный запрос: время выполнения задания или общая стоимость.

Погрешность репликации планирования

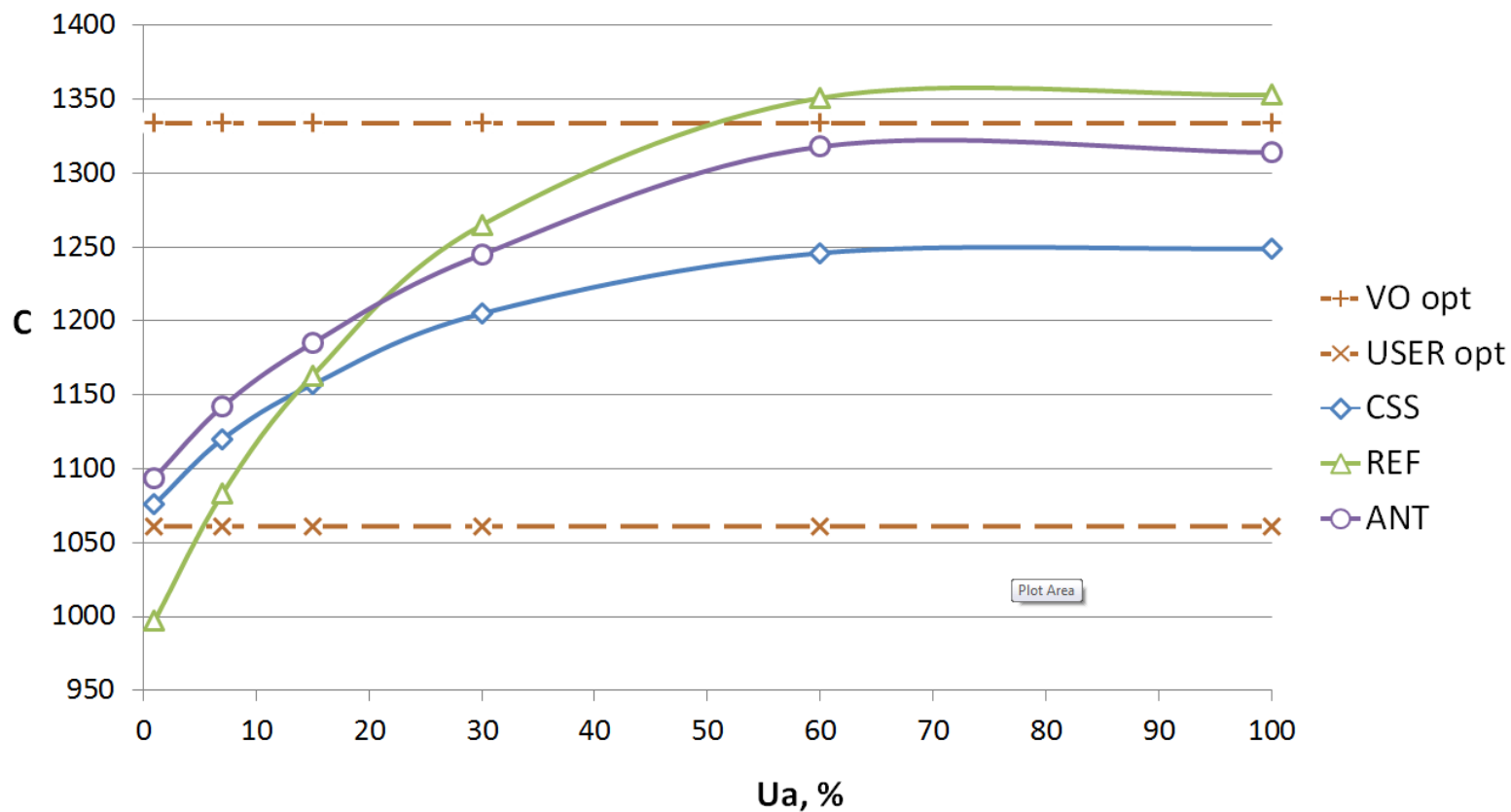


Минимизация среднего времени выполнения

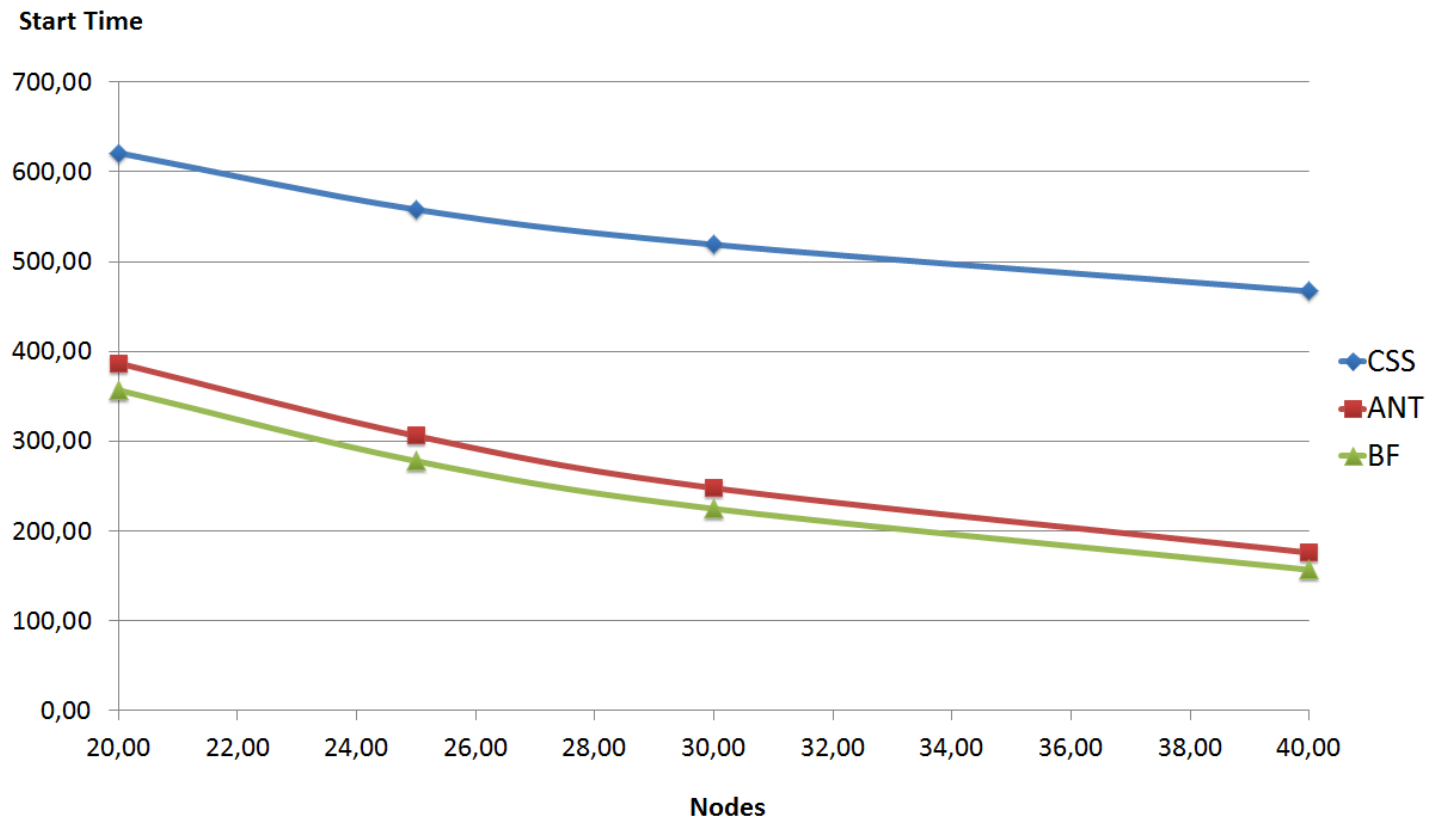
$T \rightarrow \min, \lim U$



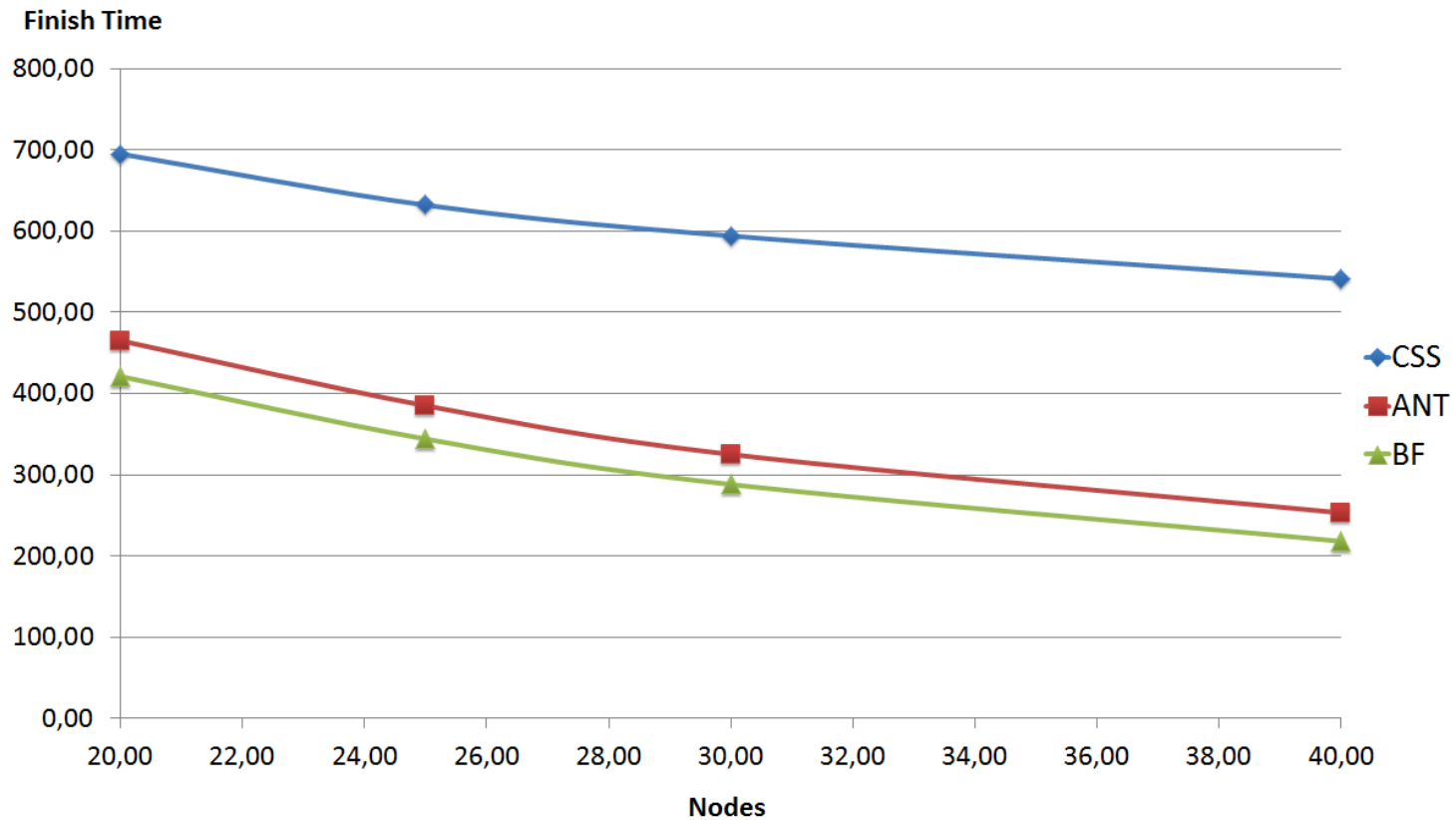
Максимизация стоимости выполнения $C \rightarrow \max, \lim U$



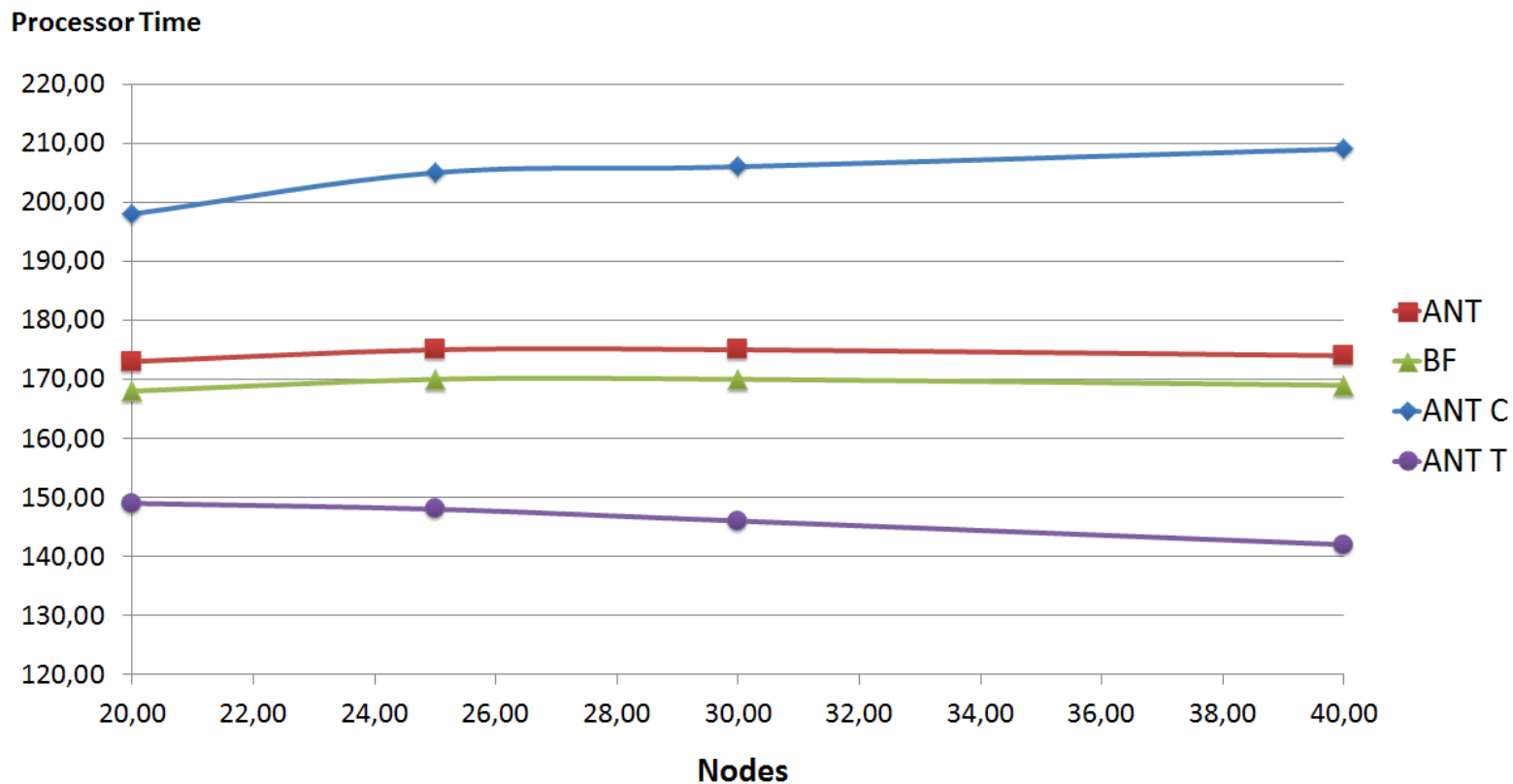
Сравнение упреждающего планирования и бэкфиллинга I: $C \rightarrow \max, \lim U$



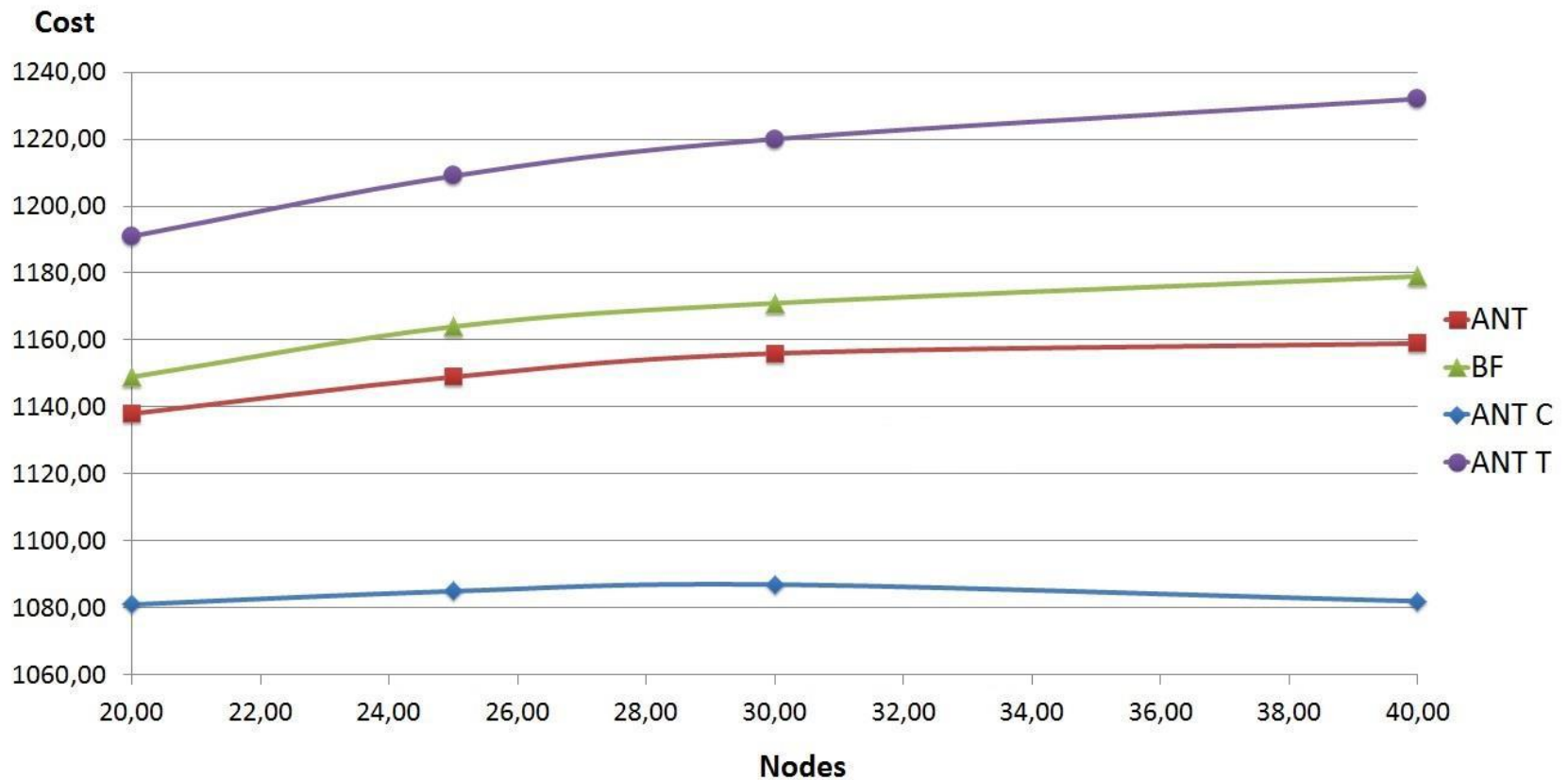
Сравнение упреждающего планирования и бэкфиллинга II: $C \rightarrow \max, \lim U$



Сравнение упреждающего планирования и бэкфиллинга III: $C \rightarrow \max, \lim U$



Сравнение упреждающего планирования и бэкфиллинга IV: $C \rightarrow \max, \lim U$





Заключение и предстоящая работа

- Проблема справедливого планирования пакета заданий при ограниченном уровне доступности ресурсов.
- Эвристика планирования, которая генерирует близкое к оптимальному недопустимое решение и реплицирует его в допустимый приемлемый план.
- Результаты показывают, что новый подход обеспечивает получение гибких и эффективных решений для различных сценариев справедливого планирования.
- В будущем – исследование алгоритма репликации и его применений с учетом комплексных предпочтений пользователей.



Поддержка

- Совет по грантам Президента Российской Федерации для государственной поддержки ведущих научных школ (НШ-6577.2016.9)
- РФФИ (гранты 15-07-02259, 15-07-03401)
- Министерство образования и науки Российской Федерации (проект 2.9606.2017/8.9)



Спасибо за внимание!