

УДК 004.272.43

А. Э. Саак, д-р техн. наук, доц., e-mail: saak@tgn.sfedu.ru,  
Южный федеральный университет, г. Таганрог

## Кольцевые алгоритмы диспетчеризации массивами заявок в Grid-системах

*В дальнейшем развитии среды ресурсных прямоугольников, как основы теории полиномиальной диспетчеризации, определяются операции динамического интегрирования ресурсных прямоугольников с превышением и минимальным отклонением. На основе этих операций разрабатываются начально-кольцевой с превышением и начально-кольцевой с минимальным отклонением алгоритмы, адаптированные под массивы заявок кругового типа. Проводится диспетчеризация и вычисляются эвристические меры ресурсных оболочек полиномиальных кольцевых алгоритмов. Сравнительный анализ показывает преимущество предлагаемых полиномиальных алгоритмов и позволяет рекомендовать к использованию в Grid-системах с централизованной структурой.*

**Ключевые слова:** Grid-система, централизованная структура системы диспетчеризации, мультисайтный режим обслуживания, операция динамического интегрирования ресурсных прямоугольников по горизонтали с превышением, операция динамического интегрирования ресурсных прямоугольников по горизонтали с минимальным отклонением, алгоритм полиномиальной трудоемкости, неэвклидова эвристическая мера, начально-кольцевой с превышением алгоритм, начально-кольцевой с минимальным отклонением алгоритм, массив заявок кругового типа

### Введение

Grid-системы, состоящие из сайтов, содержащих параллельные системы [1–5], классифицируются по типу архитектуры на централизованные, иерархические, распределенные [1]. В централизованной структуре центральный диспетчер обладает всей информацией о вычислительных ресурсах и многопроцессорных заявках (пример системы управления ресурсами централизованной структуры KOALA приведен в работе [6]).

По способу объединения ресурсов для решения заявки различают односайтное диспетчеризование и мультисайтное диспетчеризование, когда многопроцессорная заявка выполняется одновременно на нескольких сайтах [1] (пример системы управления ресурсами, поддерживающей ко-аллокацию приведен в работе KOALA [7]).

Grid-системы с централизованной структурой системы диспетчеризации, функционирующие в режиме мультисайтного диспетчеризования, моделируются ресурсным квадрантом [8, 9].

Полагаем, что заявки требуют только процессоры и не включаем в рассмотрение другие виды ресурсов Grid-системы [10]. В настоящей работе рассматриваются вычислительные заявки [11, 12] с заранее известным временем решения [13], в которых число

требуемых процессоров определяет пользователь при подаче в систему [14].

При представлении заявки пользователя для обслуживания диспетчером Grid-системы в виде ресурсного прямоугольника горизонтальное и вертикальное измерения соответственно принимаются равными числу единиц ресурса времени и процессоров, требуемому для обработки заявки [15].

Задача распределения ресурсных прямоугольников (англ. — *rectangle packing problem*) эквивалентна задаче составления расписания обслуживания многопроцессорных заявок — задаче диспетчеризации (англ. — *scheduling problem*) — при условии выделения для обработки заявки процессоров с последовательными номерами [15–19] (англ. — *consecutive indexed processors* [15], *processors of consecutive addresses* [16], *contiguous processors* [17]). В работе [17] для диспетчеризации, назначающего обслуживание заявки на процессоры с подряд идущими номерами, используется термин *contiguous scheduling*.

Для управления распределением вычислительных-временных ресурсов в [8, 20–23] разработана среда ресурсных прямоугольников как аппарат теории полиномиальной диспетчеризации. В среде ресурсных прямоугольников введены операции над ресурсными прямоугольниками и предложены эвристические алгоритмы распределения ресур-

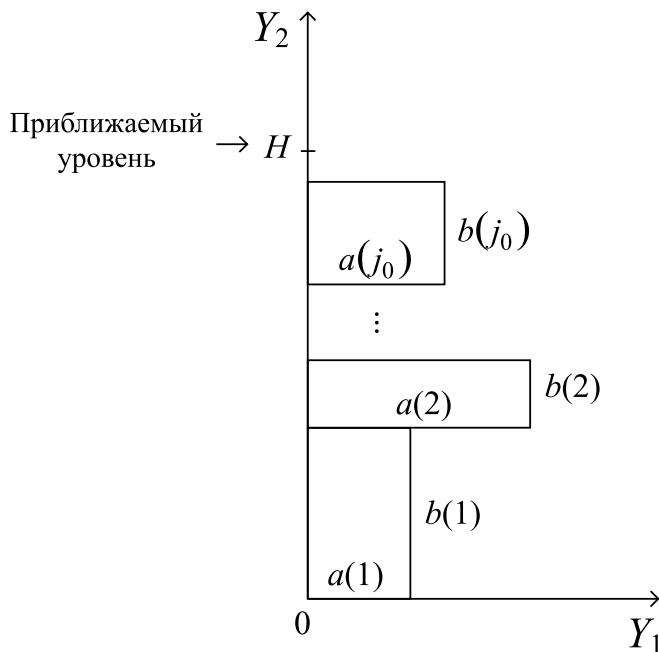


Рис. 1. Вертикальная суперпозиция граней с недостатком [8]

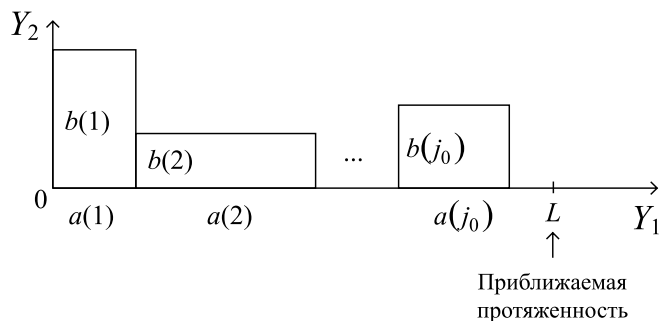


Рис. 2. Горизонтальная суперпозиция граней с недостатком [8]

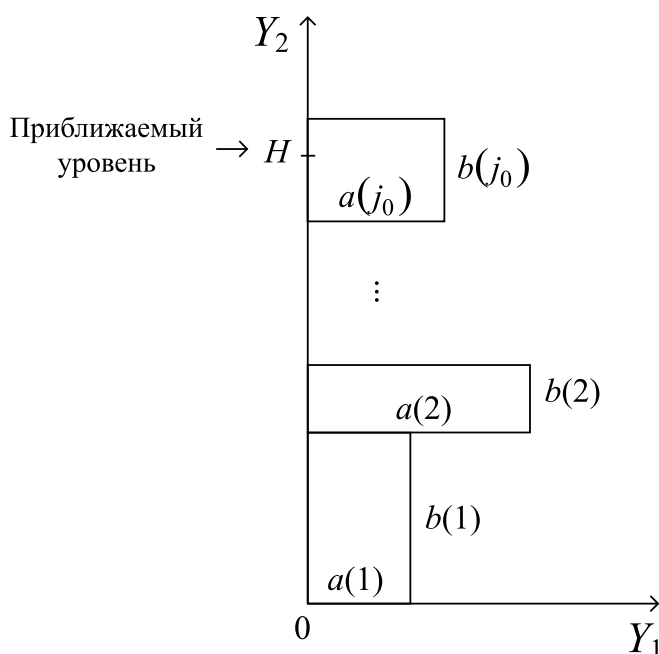


Рис. 3. Вертикальная суперпозиция граней с превышением [24]

сов, основанные на введенных операциях. Показана полиномиальная трудоемкость таких алгоритмов. В работах [8, 20–23] предложена и разработана квадратичная классификация множества заявок. Полиномиальные алгоритмы, исследуемые в [8, 20–23], адаптированы под соответствующий квадратичный тип массива заявок.

В настоящей работе вводятся новые операции в среде ресурсных прямоугольников и на их основе разрабатываются кольцевые алгоритмы, адаптированные под массивы заявок кругового типа.

### Кольцевые алгоритмы обслуживания в Grid-системах

В [8] определены операции динамического интегрирования ресурсных прямоугольников по вертикали и по горизонтали, состоящие в наилучшем приближении заданного уровня с недостатком (рис. 1, 2).

В [24] определены операции динамического интегрирования ресурсных прямоугольников по вертикали с превышением (рис. 3) и с минимальным отклонением.

Символом  $[a(j), b(j)]$  обозначается  $j$ -я заявка, требующая  $a(j)$  единиц времени и  $b(j)$  единиц процессоров. Определим следующие операции. Операция динамического интегрирования ресурсных прямоугольников по горизонтали с превышением состоит в наилучшем приближении протяженности  $L$

с избытком  $\sum_{j=1}^{j_0} a(j') = L + 0$  посредством горизон-

тальной суперпозиции граней  $\bigcup_{j=1}^{j_0} [a(j), b(j)]$  (рис. 4).

Операция динамического интегрирования ресурсных прямоугольников по горизонтали с минимальным отклонением состоит в наилучшем при-

ближении  $\sum_{j=1}^{j_0} a(j') = L \pm 0$  протяженности  $L$  с превышением (см. рис. 4) или недостатком (см. рис. 2)

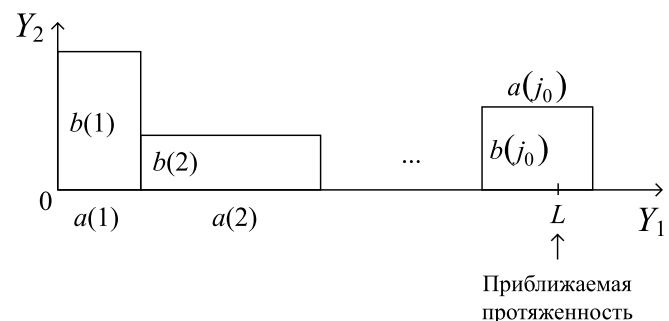


Рис. 4. Горизонтальная суперпозиция граней с превышением

посредством горизонтальной суперпозиции граней

$$\bigcup_{j=1}^{j_0} [a(j), b(j)].$$

Предлагаемые далее начально-кольцевой алгоритм с превышением и начально-кольцевой алгоритм с минимальным отклонением являются вариантами начально-кольцевого алгоритма с недостатком [8], также адаптированными под круговой тип массива заявок.

Начально-кольцевой алгоритм с превышением основан на операции динамического интегрирования ресурсных прямоугольников по вертикали и по горизонтали с превышением. Функционирование алгоритма аналогично приведенному в [8], с тем отличием, что на каждом шаге ресурсные прямоугольники вертикально суперпозируются до наилучшего приближения уровня оболочки с избытком или горизонтально суперпозируются до наилучшего приближения протяженности оболочки с избытком соответственно (рис. 5).

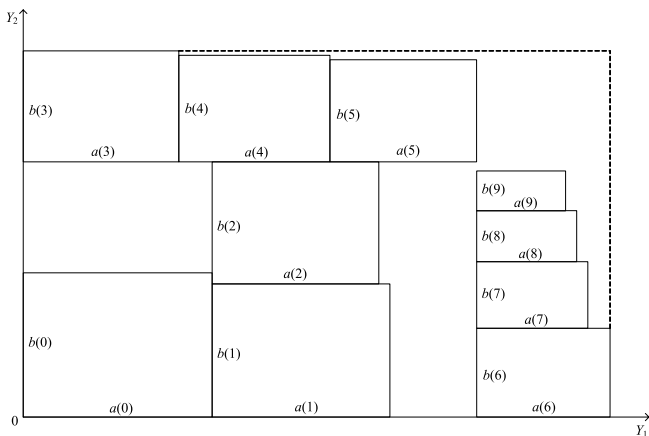


Рис. 5. Укладка начально-кольцевым алгоритмом с превышением массива заявок кругового типа

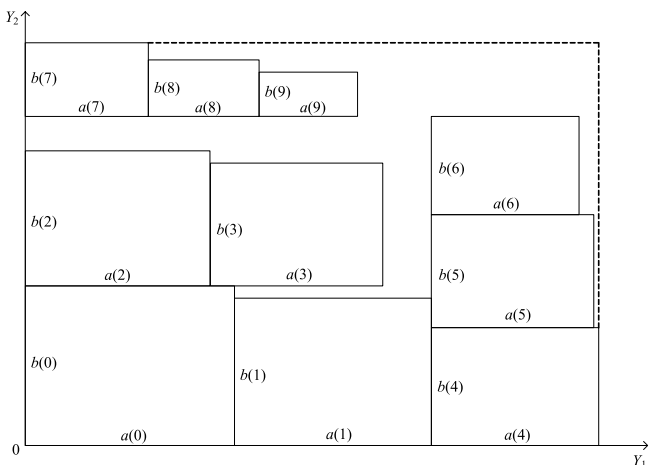


Рис. 6. Укладка начально-кольцевым алгоритмом с минимальным отклонением массива заявок кругового типа

Начально-кольцевой алгоритм с минимальным отклонением основан на операции динамического интегрирования ресурсных прямоугольников по вертикали и по горизонтали с минимальным отклонением. Функционирование алгоритма аналогично приведенному в [8], с тем отличием, что на каждом шаге ресурсные прямоугольники вертикально суперпозируются до наилучшего приближения уровня оболочки с минимальным отклонением или горизонтально суперпозируются до наилучшего приближения протяженности оболочки с минимальным отклонением соответственно (рис. 6).

Исследование начально-кольцевого алгоритма проведено в [8, 27], далее рассматриваются начально-кольцевой алгоритм с превышением, начально-кольцевой алгоритм с минимальным отклонением и проводится сравнительный анализ кольцевых алгоритмов.

### Диспетчеризация кольцевыми алгоритмами массивов заявок кругового типа

Качество диспетчеризации эвристических алгоритмов оценивается неэвклидовой эвристической мерой, учитывающей наряду с площадью и форму занятой ресурсной области. Вычислим эвристические меры ресурсных оболочек, получаемых при диспетчеризации модельных примеров множества ресурсных квадратов, со сторонами, равными последовательным натуральным числам, начиная с единицы, полиномиальными алгоритмами: начально-кольцевым алгоритмом с превышением, начально-кольцевым алгоритмом с минимальным отклонением.

Для массива ресурсных квадратов  $(k - j) \times (k - j)$ ,  $j = 0, 1, \dots, k - 1$ , при  $k = 32$  [25, 26] соответствующие построения начально-кольцевым алгоритмом приведены на рис. 7 [27]. В центре квадрата указан размер его стороны. Эвристические меры ресурсных оболочек начально-кольцевого алгоритма для массива ресурсных квадратов вычислены в работе [8].

Для массива ресурсных квадратов  $(k - j) \times (k - j)$ ,  $j = 0, 1, \dots, k - 1$ , при  $k = 32$  соответствующие построения начально-кольцевым алгоритмом с превышением приведены на рис. 8.

Эвристические меры ресурсных оболочек начально-кольцевого алгоритма с превышением для массива ресурсных квадратов приведены в табл. 1.

Видим, что эвристические меры ресурсных оболочек начально-кольцевого алгоритма с превышением не превосходят значения  $\frac{1}{2} + 0,29$ .

Для массива ресурсных квадратов  $(k - j) \times (k - j)$ ,  $j = 0, 1, \dots, k - 1$ , при  $k = 32$  соответствующие построения начально-кольцевым алгоритмом с минимальным отклонением приведены на рис. 9.

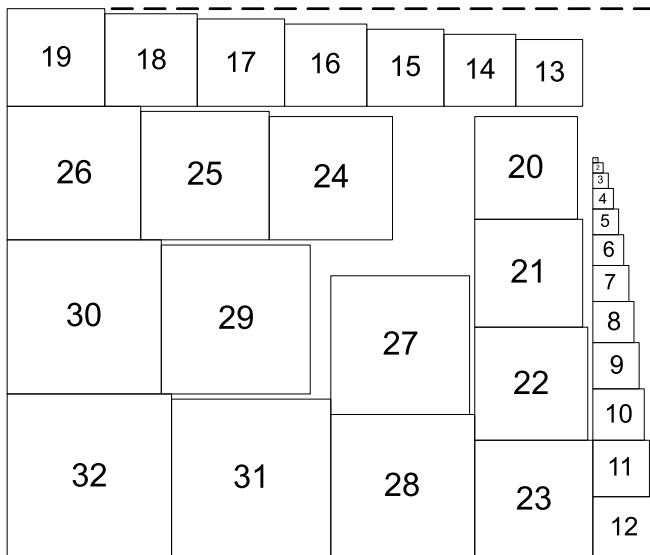


Рис. 7. Укладка начально-кольцевым алгоритмом массива ресурсных квадратов [27]

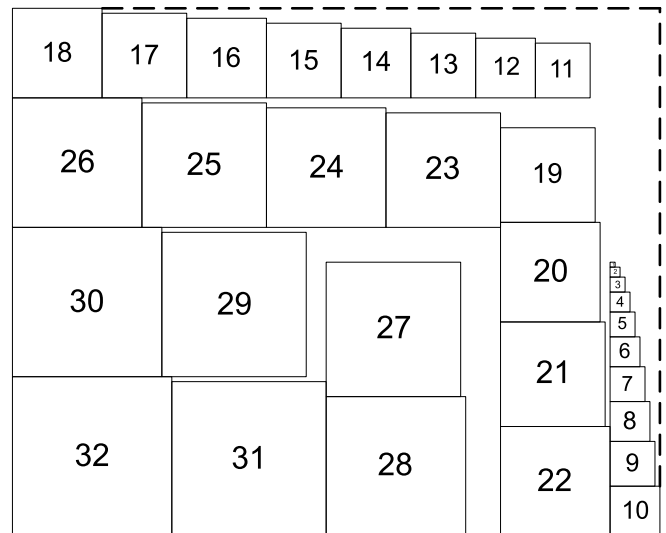


Рис. 9. Укладка начально-кольцевым алгоритмом с минимальным отклонением массива ресурсных квадратов

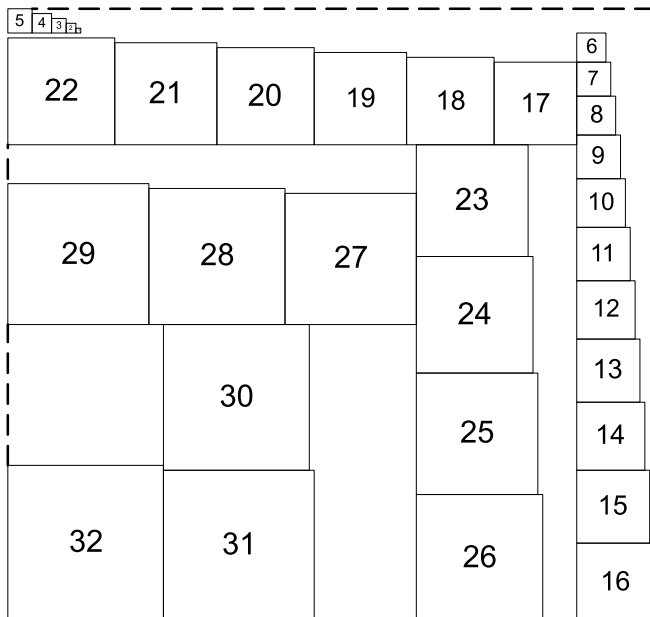


Рис. 8. Укладка начально-кольцевым алгоритмом с превышением массива ресурсных квадратов

Таблица 1

Эвристические меры ресурсных оболочек начально-кольцевого алгоритма с превышением

$k$	Эвристическая мера	$k$	Эвристическая мера	$k$	Эвристическая мера
12	0,69	19	0,74	26	0,73
13	0,69	20	0,75	27	0,75
14	0,68	21	0,76	28	0,77
15	0,71	22	0,76	29	0,69
16	0,76	23	0,79	30	0,70
17	0,71	24	0,74	31	0,72
18	0,73	25	0,71	32	0,73

Таблица 2

Эвристические меры ресурсных оболочек начально-кольцевого алгоритма с минимальным отклонением

$k$	Эвристическая мера	$k$	Эвристическая мера	$k$	Эвристическая мера
12	0,66	19	0,65	26	0,59
13	0,63	20	0,63	27	0,60
14	0,62	21	0,64	28	0,61
15	0,61	22	0,63	29	0,61
16	0,63	23	0,63	30	0,63
17	0,65	24	0,61	31	0,64
18	0,67	25	0,60	32	0,63

Эвристические меры ресурсных оболочек начально-кольцевого алгоритма с минимальным отклонением для массива ресурсных квадратов приведены в табл. 2.

Видим, что эвристические меры ресурсных оболочек начально-кольцевого алгоритма с минимальным отклонением не превосходят значения  $\frac{1}{2} + 0,17$ .

Графики эвристической меры ресурсных оболочек начально-кольцевого, начально-кольцевого с превышением и начально-кольцевого с минималь-

ным отклонением алгоритмов диспетчеризации массива ресурсных квадратов показаны на рис. 10.

Видим, что начально-кольцевой алгоритм с превышением имеет большую эвристическую меру по сравнению с другими анализируемыми алгоритмами. Сравнение результатов эвристических мер ресурсных оболочек начально-кольцевого с минимальным отклонением и начально-кольцевого (с недостатком) алгоритмов не позволяет отдать предпочтение какому-либо из них, так как для одних значений параметра  $k$  (например,  $k = 26, 27, 28, 29$ )



Рис. 10. Эвристические меры ресурсных оболочек полиномиальных кольцевых алгоритмов диспетчеризации массивами ресурсных квадратов

эвристическая мера лучше у предложенного в настоящей статье алгоритма, для других — у предложенного автором ранее. Проведенный анализ позволяет рекомендовать предложенный начально-кольцевой с минимальным отклонением алгоритм к использованию в Grid-системах с централизованной структурой системы диспетчеризации и мультисайтным режимом обслуживания.

### Заключение

В среде ресурсных прямоугольников определяются операции динамического интегрирования ресурсных прямоугольников с превышением и минимальным отклонением. На основе этих операций разрабатываются начально-кольцевой с превышением и начально-кольцевой с минимальным отклонением алгоритмы, адаптированные под массивы заявок кругового типа. Результаты экспериментов показывают определенные преимущества предложенного начально-кольцевого с минимальным отклонением полиномиального алгоритма и позволяют рекомендовать кольцевые алгоритмы к использованию в Grid-системах с централизованной структурой при обслуживании массивов заявок кругового типа.

### Список литературы

- Hamscher V., Schwegelshohn U., Streit A., Yahyapour R. Evaluation of job-scheduling strategies for grid computing. In Proceedings of the 7th International Conference on High Performance Computing, HiPC-2000 // LNCS. 2000. Vol. 1971. P. 191–202.
- Li M., Baker M. The grid: core technologies. Chichester: John Wiley & Sons Ltd. 2005. 452 p.
- Magoulès F., Nguyen T., Yu L. Grid resource management: toward virtual and services compliant grid computing. Boca Raton—London—New York: Taylor&Francis Group, LLC, 2009. 300 p.
- Magoulès F. (ed.). Fundamentals of grid computing: theory, algorithms and technologies. Boca Raton—London—New York: Taylor&Francis Group, LLC, 2010. 298 p.
- Antonopoulos N., Exarchakos G., Li M., Liotta A. (eds.). Handbook of research on p2p and grid systems for service-oriented computing: models, methodologies and applications. Hershey: IGI Global, 2 Volumes, 2010. 1342 p.

- Assunção M., Buyya R. Architectural elements of resource sharing networks // In Li K., Hsu C., Yang L., Dongarra J., Zima H. (eds.), Handbook of research on scalable computing technologies. Hershey: IGI Global, 2 Volumes, 2010. Vol. 2. P. 517–550.

- Netto M., Buyya R. Resource Coallocation in Grid Computing Environments // In Antonopoulos, N., Exarchakos, G., Li, M., Liotta, A. (eds.), Handbook of research on p2p and grid systems for service-oriented computing: models, methodologies and applications. Hershey: IGI Global, 2 Volumes, 2010. Vol. 1. P. 476–494.

- Саак А. Э. Полиномиальные алгоритмы распределения ресурсов в Grid-системах на основе квадратичной типизации массивов заявок // Информационные технологии. 2013. № 7. Приложение. 32 с.

- Саак А. Э. Управление ресурсами и заявками пользователей в Grid-системах с централизованной архитектурой // Труды XII Всероссийского совещания по проблемам управления ВСПУ-2014. Москва, 16–19 июня 2014 г. М.: Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, 2014. С. 7489–7498.

- Bucur A., Epema D. Scheduling policies for processor coallocation in multicluster systems // IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems. 2007. Vol. 18, N. 7. P. 958–972.

- Christodoulopoulos K., Sourlas V., Mpakolas I., Varvarigos E. A comparison of centralized and distributed meta-scheduling architectures for computation and communication tasks in Grid networks // Computer Communications. 2009. N 32. P. 1172–1184.

- Rahman M., Ranjan R., Buyya R., Benattallah B. A taxonomy and survey on autonomic management of applications in grid computing environments // Concurrency Computat.: Pract. Exper. 2011. N. 23. P. 1990–2019.

- Ye D., Zhang G. On-Line Scheduling of Parallel Jobs. In R. Kralovic and O. Sykora, ed., SIROCCO 2004, LNCS. 2004. Vol. 3104. P. 279–290.

- Feitelson D., Rudolph L. Toward convergence in job schedulers for parallel supercomputers. In Job Scheduling Strategies for Parallel Processing, Feitelson D., Rudolph L. (eds.), LNCS. 1996. Vol. 1162. P. 1–26.

- Caramia M., Giordani S., Iovanella A. Grid scheduling by on-line rectangle packing // Networks. 2004. Vol. 44, N 2. P. 106–119.

- Bougeret M., Dutot P.-F., Jansen K., Robenek C., Trystram D. Approximation algorithms for multiple strip packing and scheduling parallel jobs in platforms // Discr. Math., Algorithms and Applications. 2011. Vol. 3, N 4. P. 553–586.

- Günther E., König F., Megow N. Scheduling and packing malleable and parallel tasks with precedence constraints of bounded width // J. Comb. Optim. 2014. Vol. 27, Iss. 1. P. 164–181.

- Поспелов А. И. Анализ одного алгоритма упаковки прямоугольников, связанного с построением расписаний для кластеров // Труды ИСП РАН. 2004. Т. 6. С. 7–12.

- Кузюрин Н. Н., Грушин Д. А., Фомин С. А. Проблемы двумерной упаковки и задачи оптимизации в распределенных вычислительных системах // Труды ИСП РАН. 2014. Т. 26, Вып. 1. С. 483–502.

- Саак А. Э. Локально-оптимальные ресурсные распределения // Информационные технологии. 2011. №2. С. 28–34.

- Саак А. Э. Алгоритмы диспетчеризации в Grid-системах на основе квадратичной типизации массивов заявок // Информационные технологии. 2011. №11. С. 9–13.

- Саак А. Э. Диспетчеризация в Grid-системах на основе однородной квадратичной типизации массивов заявок пользователей // Информационные технологии. 2012. №4. С. 32–36.

- Саак А. Э. Сравнительный анализ полиномиальных алгоритмов диспетчеризации в Grid-системах // Информационные технологии. 2012. №9. С. 28–32.

- Саак А. Э. Уровневые алгоритмы диспетчеризации массивами заявок кругового типа в Grid-системах // Известия ЮФУ. Технические науки. 2015. (в печати).

- Korf R., Moffitt M., Pollack M. Optimal rectangle packing // Annals of Operations Research. 2010. Vol. 179, N 1. P. 261–295.

- Huang E., Korf R. Optimal rectangle packing: an absolute placement approach // Journal of Artificial Intelligence Research. 2012. Vol. 46. P. 47–87.

- Saak A., Kureichik V., Kuliev E. Ring algorithms for scheduling in grid systems. In Proceedings of the 4th Computer Science Online Conference, CSOC2015, Advances in intelligent systems and computing. 2015. Vol. 349. P. 201–209.

## Ring Algorithms for Scheduling in Grid Systems by Sets of Tasks

Grid systems which have centralized structure of scheduling system are modeled by the resource quadrant. Multiprocessor tasks are modeled by resource rectangles. The task of the resource rectangle distribution is equivalent to the one of multiprocessor task service scheduling provided that processors with consecutive numbers are allotted for task handling. In our previous papers the resource rectangle environment were presented as an instrument of the polynomial scheduling theory for control of computational and time resource distribution. In this paper we define operations of resource rectangle dynamic integration with exceeding and minimal deviation, for the resource rectangle environment. On the base of introduced operations we develop an initial ring algorithm with exceeding and initial ring algorithm with minimal deviation which have polynomial completeness. The algorithms suggested here are adapted for use with the circular quadratic type of a multiprocessor task set. The quality estimation of the algorithms of scheduling is carried out with the use of the Non-Euclidean heuristic measure, which takes into consideration both the area and the shape of occupied resource enclosure. The values of the heuristic measure of the resource enclosures derived in the process of implementation of the initial ring algorithm with exceeding and initial ring algorithm with minimal deviation for scheduling the simulation examples of the set of resource squares with the sides equal to successive natural numbers which begin with one. The investigation shows that the initial ring algorithm with exceeding has the biggest value of the heuristic measure in comparison with the other ones. The result of the comparison of the heuristic measure values of the resource enclosures produced by the initial ring algorithm with minimal deviation and the initial ring algorithm, which was presented in the previous papers, doesn't make it possible to give preference for one of them in particular. On the base of the analysis' results we can recommend the initial ring algorithm with minimal deviation, presented here, for use in Grid systems with centralized architecture of scheduling system and the multisite mode of service.

**Keywords:** Grid system, centralized architecture of scheduling system, multisite mode of service, operation of resource rectangle dynamic integration horizontally with exceeding, operation of resource rectangle dynamic integration horizontally with minimal deviation, algorithm of polynomial completeness, Non-Euclidean heuristic measure, initial ring algorithm with exceeding, initial ring algorithm with minimal deviation, circular-type set of tasks

### References

1. Hamscher V., Schwiegelshohn U., Streit A., Yahyapour R. Evaluation of job-scheduling strategies for grid computing. In Proceedings of the 7th International Conference on High Performance Computing, HiPC-2000, 2000. LNCS, 2000, vol. 1971, pp. 191–202.
2. Li M., Baker M. *The grid: core technologies*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2005, 452 p.
3. Magoulès F., Nguyen T., Yu L. *Grid resource management: toward virtual and services compliant grid computing*. Boca Raton—London—New York: Taylor & Francis Group, LLC, 2009, 300 p.
4. Magoulès F. (ed.). *Fundamentals of grid computing: theory, algorithms and technologies*. Boca Raton—London—New York: Taylor & Francis Group, LLC, 2010. 298 p.
5. Antonopoulos N., Exarchakos G., Li M., Liotta A. (eds.). *Handbook of research on p2p and grid systems for service-oriented computing: models, methodologies and applications*. Hershey: IGI Global, 2 Volumes, 2010, 1342 p.
6. Assunção M., Buyya R. *Architectural elements of resource sharing networks*. Li K., Hsu C., Yang L., Dongarra J., Zima H. (eds.), Handbook of research on scalable computing technologies. Hershey: IGI Global, 2 Volumes, 2010, 1086 p., vol. 2, pp. 517–550.
7. Netto M., Buyya R. *Resource. Co-allocation in Grid Computing Environments*. Antonopoulos, N., Exarchakos, G., Li, M., Liotta, A. (eds.), Handbook of research on p2p and grid systems for service-oriented computing: models, methodologies and applications. Hershey: IGI Global, 2 Volumes, 2010, 1342 p., vol. 1, pp. 476–494.
8. Saak A. Eh. Polinomialnye algoritmy raspredeleniya resursov v Grid-sistemakh na osnove kvadratichnoy tipizatsii massivov zayavok [Polynomial algorithms for resource allocation in Grid-based systems for quadratic typing, arrays applications], *Informacionnyye tekhnologii* [Information Technologies], 2013, no. 7. Prilozhenie, 32 p.
9. Saak A. Eh. Upravleniye resursami i zavavkami polzovatelye v Grid-sistemakh s centralizovannoy arkhitektyroy [Resource and multi processor task management in Grid system of centralized architecture], *Trudy XII Vserossiyskogo soveshanya po problem upravleniya VSPU-2014. Moskva, 16 iyunya — 19 iyunya 2014 g.* [Proceedings of XII all-Russian conference "Control problems" RCCP'2014. Moscow, 16 June — 19 June 2014]. Moscow: Institut problem upravleniya im. V. A. Trapeznikova RAN, 2014, pp. 7489–7498.
10. Bucur A., Epema D. Scheduling policies for processor coallocation in multicluster systems, *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, 2007, vol. 18, no. 7, pp. 958–972.
11. Christodoulopoulos K., Surlas V., Mpakolas I., Varvarigos E. A comparison of centralized and distributed meta-scheduling architectures for computation and communication tasks in Grid networks, *Computer Communications*, 2009, no. 32, pp. 1172–1184.
12. Rahman M., Ranjan R., Buyya R., Benattallah B. A taxonomy and survey on autonomic management of applications in grid computing environments, *Concurrency Computat.: Pract. Exper*, 2011, no. 23, pp. 1990–2019.
13. Ye P., Zhang G. On-Line Scheduling of Parallel Jobs. In R. Královic and O. Sýkora, ed., SIROCCO 2004, LNCS, 2004, vol. 3104, pp. 279–290.
14. Feitelson D., Rudolph L. Toward convergence in job schedulers for parallel supercomputers. In Job Scheduling Strategies for Parallel Processing, Feitelson D., Rudolph L. (eds.), LNCS, 1996, vol. 1162, pp. 1–26.
15. Caramia M., Giordani S., Iovanella A. Grid scheduling by on-line rectangle packing, *Networks*, 2004, vol. 44, no. 2, pp. 106–119.

16. Bougeret M., Dutot P.-F., Jansen K., Robenek C., Trystram D. Approximation algorithms for multiple strip packing and scheduling parallel jobs in platforms, *Discr. Math., Algorithms and Applications*, 2011, vol. 3, no. 4, pp. 553–586.

17. Günther E., König F., Megow N. Scheduling and packing malleable and parallel tasks with precedence constraints of bounded width, *J. Comb. Optim.*, 2014, vol. 27, Iss. 1, pp. 164–181.

18. Pospelov A. I. Analiz odnogo algoritma upakovki pryamougol'nikov, svyazannogo s postroeniem raspisanij dlya klasterov [Analysis of cluster scheduling packing algorithm], *Trudy ISP RAN* [The Proceedings of ISP RAS], Moscow, 2004, vol. 6, pp. 7–12.

19. Kuzyurin N. N., Grushin D. A., Fomin S. A. Problemi dvumernoi upakovki i zadachi optimizatsii v raspredelennikh vichislitelnykh sistemakh [Two-dimensional packing problems and optimization in distributed computing systems], *Trudy ISP RAN* [The Proceedings of ISP RAS], Moscow, 2014, vol. 26, Iss. 1, pp. 483–502.

20. Saak A. Eh. Lokalno-optimalnye resursnye raspredeleniya [Locally optimal resource allocation], *Informatsionniye tekhnologii* [Information Technologies], 2011, no. 2, pp. 28–34.

21. Saak A. Eh. Algoritmy dispatcherizatsii v Grid-sistemakh na osnove kvadrachnoy tipizatsii massivov zayavok [Algorithms scheduling in Grid-based systems for quadratic typing, arrays applications], *Informatsionniye tekhnologii* [Information Technologies], 2011, no. 11, pp. 9–13.

22. Saak A. Eh. Dispatcherizatsiya v GRID-sistemakh na osnove odnorodnoy kvadrachnoy tipizatsii massivov zayavok polzovatelye [Scheduling in GRID-systems on the basis of homogeneous quadratic typing, arrays of user requests], *Informatsionniye tekhnologii* [Information Technologies], 2012, no. 4, pp. 32–36.

23. Saak A. Eh. Sravnitelnyy analiz polinomialnykh algoritmov dispatcherizatsii v GRID-sistemakh [Comparative analysis of polynomial algorithms for scheduling in GRID-systems], *Informatsionniye tekhnologii* [Information Technologies], 2012, no. 9, pp. 28–32.

24. Saak A. Eh. Urovnevye algoritmy dispatcherizatsii massivov zayavok v Grid-sistemakh [Level algorithms of scheduling by circle type task sets in grid systems], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], v pechaty [to appear].

25. Korf R., Moffitt M., Pollack M. Optimal rectangle packing, *Annals of Operations Research*, 2010, vol. 179, no. 1, pp. 261–295.

26. Huang E., Korf R. Optimal rectangle packing: an absolute placement approach, *Journal of Artificial Intelligence Research*, 2012, vol. 46, pp. 47–87.

27. Saak A., Kureichik V., Kuliev E. Ring algorithms for scheduling in grid systems, *Proceedings of the 4th Computer Science On-line Conference, CSOC2015, Advances in intelligent systems and computing*, 2015, vol. 349, pp. 201–209.



## 12-й МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ФОРУМ ТОЧНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ – ОСНОВА КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ

проводится в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 5 апреля 2014 г. № 541-р

17-19 мая '2016

Москва Павильон  
ВДНХ №69

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ  
ВЫСТАВКИ

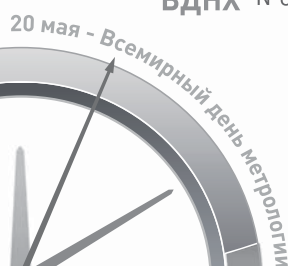
MetrolExpo

Control&Diagnostic

ResMetering

LabTest

PromAutomatic



ПЕРВЫЙ ВСЕРОССИЙСКИЙ СЪЕЗД  
МЕТРОЛОГОВ И ПРИБОРОСТРОИТЕЛЕЙ

ДИРЕКЦИЯ ФОРУМА

129223, Москва, а/я 35. ул. Искры, д. 31

Тел./Факс: +7 (495) 937-40-23 (многоканальный)

E-mail: metrol@expoprom.ru • www.metrol.expoprom.ru

### ОРГАНИЗАТОР

Министерство промышленности и торговли Российской Федерации (Минпромторг России) и Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)

### СОДЕЙСТВИЕ

Правительство Российской Федерации  
Торгово-промышленная палата Российской Федерации

### МЕЖДУНАРОДНЫЕ ПАРТНЕРЫ

The International Bureau of Weight and Measures (BIPM)  
International Organization of Legal Metrology (OIML)  
Euro-Asian Cooperation of National Metrology Institutions (COOMET)

### С ЭКСПОЗИЦИОННЫМ УЧАСТИЕМ

Минпромторг России, Росстандарт, Ростехнадзор, МВД России, ГК «Росатом», ГК «Ростехнологии», ОАО «Роснано», ОАО «РЖД», АО «КРЭТ»

### КОНКУРСНАЯ КОМИССИЯ

ФБУ «Ростест-Москва»



### УСТРОИТЕЛЬ И ВЫСТАВОЧНЫЙ ОПЕРАТОР

Компания «Вэстстрой Экспо»

### ПРОГРАММА ФОРУМА

- 12-я выставка средств измерений и метрологического обеспечения «METROLEXPO-2016»
- 5-я выставка промышленного оборудования и приборов для технической диагностики и экспертизы «CONTROL&DIAGNOSTIC-2016»
- 5-я выставка технологического и коммерческого учета энергоресурсов «RESMETERING-2016»
- 4-я выставка аналитических приборов и лабораторного оборудования промышленного и научного назначения «LABTEST-2016»
- 4-я выставка программного обеспечения и оборудования для промышленной автоматизации «PROMAUTOMATIC-2016»
- Первый Всероссийский Съезд метрологов и приборостроителей
- Всероссийская выставочно-конкурсная программа «ЗА ЕДИНСТВО ИЗМЕРЕНИЙ»

Стратегический партнер форума



Генеральный партнер форума



Генеральные информационные партнеры



инфо