

ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ НАЧАЛЬНО-КОЛЬЦЕВЫМ И АЛГОРИТМОМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ПРИБЛИЖЕНИЙ МАССИВОВ ЗАЯВОК КРУГОВОГО ТИПА В GRID-СИСТЕМАХ*

В.В. КУРЕЙЧИК, А.Э. СААК

Южный федеральный университет
347928, Россия, Таганрог, пер. Некрасовский, 44

Аннотация. В статье рассматриваются и исследуются полиномиально трудоёмкие начально-кольцевой и алгоритм последовательных приближений для решения вопроса о практической целесообразности их применения в Grid-системах при обработке массива заявок кругового типа. Моделью Grid-системы с централизованной архитектурой служит первый координатный квадрант, а модель заявки представляется ресурсным прямоугольником. Качество рассматриваемых алгоритмов оценивается неевклидовой эвристической мерой. В основе предлагаемых алгоритмов лежат операции динамического интегрирования по горизонтали и вертикали с локальным оптимумом. Предложенные алгоритмы анализируются на тестовых массивах, полученных из облицовки квадрата полосами меньших квадратов. Вычисляются эвристические меры ресурсных оболочек начально-кольцевого и алгоритма последовательных приближений, не превосходящие значения 0,61, определяется величина погрешности относительно оптимального значения, не превышающая 22%. Даётся рекомендация использовать эти алгоритмы для диспетчирования массивами заявок кругового типа в Grid-системах централизованной архитектуры.

Ключевые слова: диспетчирование, неевклидова эвристическая мера, полиномиальная трудоемкость алгоритма, начально-кольцевой алгоритм, алгоритм последовательных приближений, массив заявок кругового типа, Grid-система

Статья поступила в редакцию 06.12.2021

Принята к публикации 07.12.2021

Для цитирования. Курейчик В.В., Саак А.Э. Диспетчеризация начально-кольцевым и алгоритмом последовательных приближений массивов заявок кругового типа в Grid-системах // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2021. № 6 (104). С. 50–57. DOI: 10.35330/1991-6639-2021-6-104-50-57

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Совместное использование ресурсов, так ярко проявившееся в цифровой экономике, в вычислительной технике использовалось с появлением первых ЭВМ. Современным этапом развития цифровой техники являются Grid-системы, состоящие из сайтов, содержащих параллельные системы и способные к мультизайтной обработке заявок, под которой понимается решение задачи на нескольких сайтах одновременно [1–5].

Предложенные для многопроцессорных вычислительных систем модели горизонтальной полосы с ограниченным, критическим процессорным ресурсом и неограниченным времененным ресурсом [6–11] заменяются вследствие экспоненциального роста числа процессоров и пропускной мощности каналов связи моделью ресурсного квадранта с паритетной, равновеликой ценностью процессорного и временного ресурсов [12–16].

Модель заявки пользователя представляется ресурсным прямоугольником с измерениями, равными числу требуемых процессоров и единиц времени для обработки [17]. Несмотря на графическое представление геометрическим прямоугольником, принципиаль-

© Курейчик В.В., Саак А.Э., 2021

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-01-00148

ное различие заключается в том, что у геометрического прямоугольника стороны имеют единицы измерения одного рода, а у ресурсного прямоугольника единицы измерения разных родов – в единицах процессоров и в единицах времени соответственно.

В работе [13] введены операции динамического интегрирования по горизонтали и вертикали с недостатком, лежащие в основе начально-кольцевого алгоритма. В работе [18] введена операция динамического интегрирования по вертикали с минимальным отклонением, лежащая в основе алгоритма последовательных приближений.

Качество диспетчирования эвристических алгоритмов оценивается неевклидовой эвристической мерой, учитывающей наряду с площадью и форму занятой ресурсной области:

$$\frac{1}{2} \left(\frac{LH + (L-H)^2}{\sum_{j=0}^{k-1} a(j)b(j)} \right)$$
, где L – протяженность, H – уровень по вертикали ресурсной оболочки, $a(j)$ и $b(j)$ – требуемое для обработки j -й заявки количество единиц времени и единиц процессоров (рис. 1) [13].

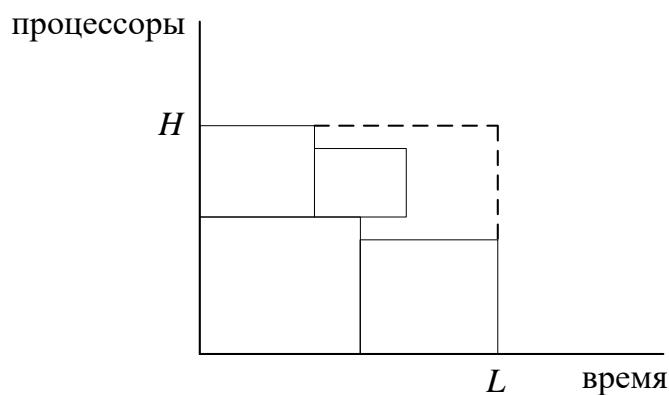


Рис. 1. Ресурсная оболочка заявок пользователей [13]

Минимум эвристической меры, равный $\frac{1}{2}$, достигается при безпустотной укладке в квадрат.

В работе [19] введена классификация заявок пользователей на круговой, гиперболический и параболический квадратичные типы и показано, что заявки с равновеликими требованиями на процессорно-временные ресурсы, представляемые квадратами, относятся к круговому типу.

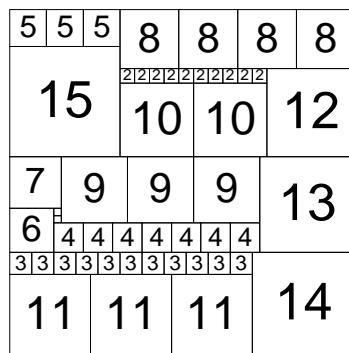


Рис. 2. Пример облицовки квадрата полосами квадратов со сторонами от 1 до 15 [20]

Представляет интерес анализ предложенных алгоритмов на тестовых примерах, известных своими экстремальными свойствами, одним из которых является облицовка квадрата полосами меньших квадратов [20]. Значение стороны указано в квадрате.

В статье исследуется качество полиномиально трудоемких начально-кольцевого и алгоритма последовательных приближений при диспетчировании массивами заявок кругового типа, оптимальная укладка которых в квадратную ресурсную оболочку не имеет пустот.

2. ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ МАССИВОВ ЗАЯВОК КРУГОВОГО ТИПА НАЧАЛЬНО-КОЛЬЦЕВЫМ АЛГОРИТМОМ

Вычислим эвристические меры ресурсных оболочек, получаемых при диспетчировании массива заявок кругового типа начально-кольцевым алгоритмом.

Массивы ресурсных квадратов, полученные из облицовок квадрата полосами меньших квадратов, упорядоченные по убыванию высот, обозначим следующим образом: для массива со сторонами меньших квадратов от 1 до 10 – массив **I**, для массива со сторонами меньших квадратов от 1 до 11 – массив **II**, для массива со сторонами меньших квадратов от 1 до 12 – массив **III**, для массива со сторонами меньших квадратов от 1 до 13 – массив **IV**, для массива со сторонами меньших квадратов от 1 до 14 – массив **V**, для массива со сторонами меньших квадратов от 1 до 15 – массив **VI**. Произведем укладку начально-кольцевым алгоритмом для тестовых примеров массивов **IV–VI** (рис. 3–5).

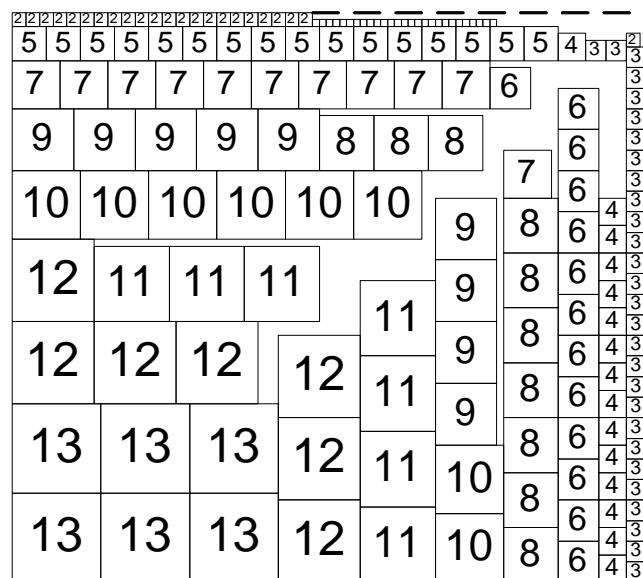


Рис. 3. Укладка массива **IV** начально-кольцевым алгоритмом

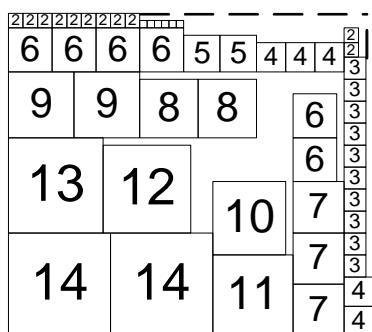


Рис. 4. Укладка массива **V**
начально-кольцевым алгоритмом

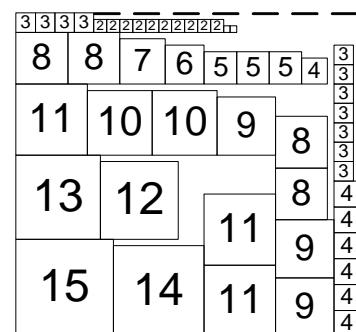


Рис. 5. Укладка массива **VI**
начально-кольцевым алгоритмом

На основе построенных укладок произведем расчет эвристической меры ресурсных оболочек, полученных начально-кольцевым алгоритмом, и рассчитаем погрешность Δ в % относительно оптимального значения, равного $\frac{1}{2}$. Данные произведенных расчетов сведены в табл. 1.

Таблица 1

Номер массива	Эвристическая мера	Δ , %
I	0,57	14
II	0,57	14
III	0,56	12
IV	0,55	10
V	0,60	20
VI	0,60	20

Заметим, что эвристические меры ресурсных оболочек, полученные начально-кольцевым алгоритмом, не превосходят значения $0,5+0,1$, а погрешность укладки не превосходит величину 20%.

3. ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ МАССИВОВ ЗАЯВОК КРУГОВОГО ТИПА АЛГОРИТМОМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ПРИБЛИЖЕНИЙ

Произведем укладку алгоритмом последовательных приближений для тех же тестовых примеров массивов IV–VI (рис. 6–8).

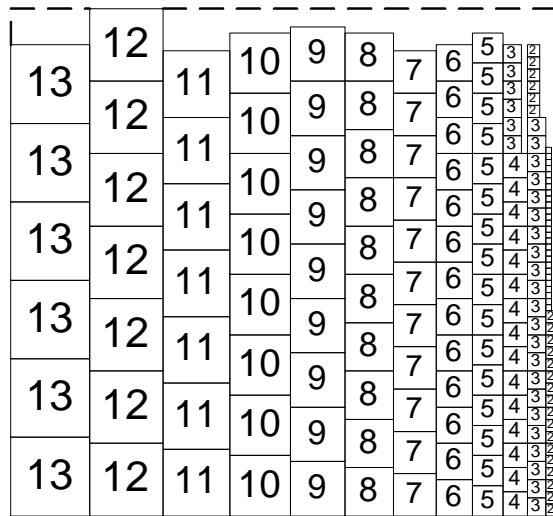


Рис. 6. Укладка массива IV алгоритмом последовательных приближений

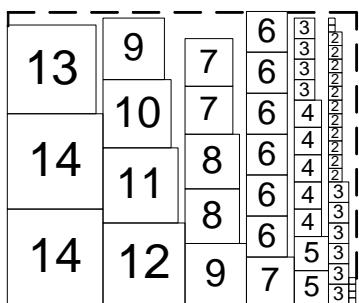


Рис. 7. Укладка массива V алгоритмом последовательных приближений

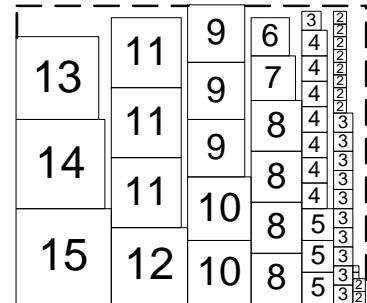


Рис. 8. Укладка массива VI алгоритмом последовательных приближений

На основе построенных укладок произведем расчет эвристической меры ресурсных оболочек, полученных алгоритмом последовательных приближений, и также рассчитаем погрешность. Данные произведенных расчетов сведены в табл. 2.

Таблица 2

Номер массива	Эвристическая мера	$\Delta, \%$
I	0,56	12
II	0,57	14
III	0,55	10
IV	0,54	8
V	0,61	22
VI	0,60	20

Заметим, что эвристические меры ресурсных оболочек алгоритма последовательных приближений не превосходят значения $0,5+0,11$, а погрешность алгоритма последовательных приближений не превосходит величину 22%.

4. Вычислительный эксперимент

Для подтверждения эффективности предложенных алгоритмов построим графики эвристической меры ресурсных оболочек, полученные начально-кольцевым и алгоритмом последовательных приближений при диспетчеризации массивами заявок кругового типа IV–VI, полученных из облицовок квадрата полосами меньших квадратов. Данные графики приведены на рис. 9.

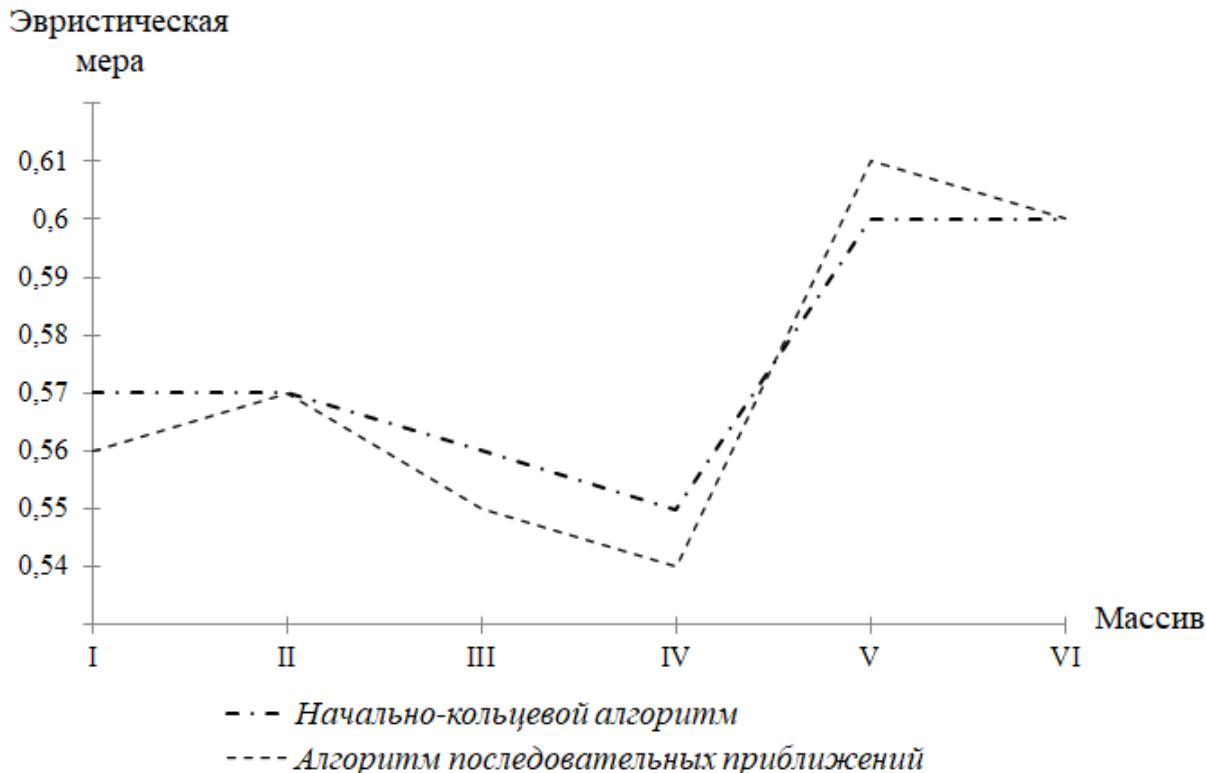


Рис. 9. Эвристические меры ресурсных оболочек, полученные начально-кольцевым и алгоритмом последовательных приближений

В результате анализа представленных таблиц и графиков зависимостей можно сделать вывод, что оба предложенных и исследуемых алгоритма имеют сопоставимые эвристические меры ресурсных оболочек, а величина погрешности, не превышающая 22% от оптимального значения, дает основание для эффективного применения данных алгоритмов при диспетчеризации массивами заявок кругового типа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе рассмотрены и исследованы начально-кольцевой и алгоритм последовательных приближений при диспетчировании массивами заявок кругового типа, оптимальная укладка которых в квадратную ресурсную оболочку не имеет пустот. Для массивов, полученных из облицовок квадрата полосами меньших квадратов, в статье произведен расчет эвристических мер ресурсных оболочек, а также вычислена погрешность укладок начально-кольцевым и алгоритмом последовательных приближений. Проведен вычислительный эксперимент на тестовых примерах. Проведенные исследования показали, что эвристическая мера, полученная при укладке данными алгоритмами, не превосходит значения 0,61, а величина погрешности не превышает 22% от оптимального значения. Полученные результаты исследования говорят об эффективности использования этих алгоритмов для диспетчирования массивами заявок кругового типа в Grid-системах централизованной архитектуры.

Информация об авторах

Курейчик Владимир Викторович, д-р техн. наук, проф., зав. каф. систем автоматизированного проектирования, Южный федеральный университет;

347928, Россия, Таганрог, пер. Некрасовский, 44;

vkur@sfedu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6260-4286>

Саак Андрей Эрнестович, д-р техн. наук, доцент, зав. каф. государственного и муниципального управления, Южный федеральный университет;

347922, Россия, Таганрог, ул. Чехова, 22;

saak@sfedu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7477-475X>

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Sungkar A., Kogoya T. A review of grid computing // Computer Science & IT Research Journal. 2020. Vol. 1. No. 1. Pp. 1–6.
2. Mishra M., Patel Y., Ghosh M., Mund G. A Review and Classification of Grid Computing Systems // International Journal of Computational Intelligence Research. 2017. Vol. 13. No. 3. Pp. 369–402.
3. Magoulès F. Fundamentals of grid computing: theory, algorithms and technologies, Numerical analysis and scientific computing. 2010. CRC Press, UK.
4. Antonopoulos N., Exarchakos G., Li M., Liotta A. Handbook of research on p2p and grid systems for service-oriented computing: models, methodologies and applications. USA. IGI Global publisher. 2010.
5. Schwiegelshohn U., Badia R., Bubak M., Danelutto M., Dustdar S. et al. Perspectives on grid computing // Future Generation Computer Systems. 2010. Vol. 26. No. 8. Pp. 1104–1115.

6. Lodi A., Martello S., Monaci M. Two-dimensional packing problems: A survey. *European Journal of Operational Research*, 141. 2002. Pp. 241–252.
7. Bakenrot V.Yu., Chefranov A.G. Efficiency of Approximate Algorithms for Program Distribution in a Homogeneous Computing System. *Izvestiya AN SSSR. Tekhn. kibernetika* [Izv. Academy of Sciences of the USSR. Tech. cybernetics]. 1985. No. 4. Pp. 15–148. (In Russian)
8. Mukhacheva E.A., Mukhacheva A.S. The technology of block structures of local search for optimum in problems of rectangular packing. Moscow: Novyye tekhnologii. *Informatsionnye tekhnologii*. No. 5. Supplement, 2004. Pp. 19–31. (In Russian)
9. Saak A.E., Chefranov A.G. Evaluation of the efficiency of parallel conveyor systems in processing packages of independent problems. *Izvestiya RAN. Teoriya i sistemy upravleniya* [Theory and control systems]. 1996. No. 2. Pp. 179–186. (In Russian)
10. Jansen K., Rau M. Linear time algorithms for multiple cluster scheduling and multiple strip packing // European Conference on Parallel Processing. 2019. Pp. 103–116.
11. Sören Henning, Klaus Jansen, Malin Rau, Lars Schmarje. Complexity and inapproximability results for parallel task scheduling and strip packing // Theory of Computing Systems. 2020. Vol. 64. Issue 1. Pp. 120–140.
12. Saak A.E. Polynomial algorithms for resource allocation in grid-systems based on quadratic typification of arrays of applications. *Informatsionnye tekhnologii* [Information Technologies]. 2013. No. S7. Pp. 1–32. (In Russian)
13. Saak A.E. Management of resources and user requests in Grid-systems with a centralized architecture. Proceedings of the XII All-Russian meeting on control problems of VSPU-2014. Moscow, June 16–19, 2014. Moscow: RAS Institute of Management Problems n.a. V.A. Trapeznikov, 2014. Pp. 7489–7498. (In Russian)
14. Saak A., Kureichik V., Kuliev E. Ring Algorithms for Scheduling in Grid Systems. Advances in Intelligent Systems and Computing, 349. 2015. Pp. 201–209.
15. Saak A., Kureichik V., Kravchenko Y. To scheduling quality of sets of precise form which consist of tasks of circular and hyperbolic type in grid systems. Advances in Intelligent Systems and Computing, 464. 2016. Pp. 157–166.
16. Saak A., Kureichik V., Lezhebokov A. Scheduling of Parabolic-Type Tasks Arrays in GRID Systems. Advances in Intelligent Systems and Computing, 575. 2017. Pp. 292–298.
17. Caramia M., Giordani S., Iovanella A. Grid scheduling by on-line rectangle packing, Networks, 44(2), 2004. Pp. 106–119.
18. Saak A.E. Level algorithms for dispatching arrays of circular-type applications in Grid systems. *Izvestiya YUFU. Tekhnicheskiye nauki* [Bulletin of Southern Fed.U. Technical science]. 2015. No. 6 (167). Pp. 223–231. (In Russian)
19. Saak A.E. Dispatching of circular-type claims in Grid systems. *Informatsionnye tekhnologii* [Information Technologies]. 2016. Vol. 22. No. 1. Pp. 37–41. (In Russian)
20. Friedman E. Problem of the Month. Tiling squares with strips of smaller squares. 2001. <https://erich-friedman.github.io/mathmagic/1201.html>.

DISPATCHING OF CIRCULAR-TYPE APPLICATIONS BY THE INITIAL-RING AND SEQUENTIAL APPROXIMATION ALGORITHM IN GRID-SYSTEMS

V.V. KUREICHIK, A.E. SAAK

Southern Federal University
347928, Russia, Taganrog, 44 Nekrasovskiy street

Abstract. The article deals with the polynomial-time-consuming initial-ring and sequential approximation algorithm to discuss the question of the practical feasibility of their application in Grid systems. The first coordinate quadrant serves as a model of a Grid system with a centralized architecture, and the application model is represented by a resource rectangle. The quality of the algorithms is assessed by a non-Euclidean heuristic measure. The proposed algorithms are based on the operations of dynamic integration along the horizontal and vertical lines with a local optimum. The proposed algorithms are analysed on test arrays obtained from the facing of a square with strips of smaller squares. The heuristic measures of the resource shells of the initial-ring and the algorithm of successive approximations are calculated, which do not exceed the value of 0.61, and the magnitude of the error relative to the optimal value is determined, which does not exceed 22%. A recommendation is given to use these algorithms for dispatching circular-type claims in Grid-systems of a centralized architecture by arrays.

Keywords: dispatching, non-Euclidean heuristic measure, polynomial complexity of the algorithm, initial-ring algorithm, sequential approximation algorithm, array of applications of circular type, Grid-system

The article was submitted 06.12.2021

Accepted for publication 07.12.2021

For citation. Kureichik V.V., Saak A.E. Dispatching of circular-type applications by the initial-ring and sequential approximation algorithm in Grid-systems. News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS. 2021. No. 6 (104). Pp. 50–57. DOI: 10.35330/1991-6639-2021-6-104-50-57

Information about the authors

Kureichik Vladimir Victorovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Computer-Aided Design Systems, Southern Federal University;

347928, Russia, Taganrog, 44 Nekrasovskiy street;

vkur@sfedu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6260-4286>

Saak Andrey Ernestovich, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of State and Municipal Administration, Southern Federal University;

347922, Russia, Taganrog, 22 Chehov street;

saak@sfedu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7477-475X>