

*С. А. Карин¹**

Алгоритм рационального распределения ресурсов в системах комплексной обработки геопространственных данных при решении задач мониторинга территориально-распределенных объектов

¹ Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург,
Российская Федерация
* e-mail: sergey.karin@gmail.com

Аннотация. Не вызывает сомнения тот факт, что в настоящее время основными направлениями развития систем сбора и обработки космической информации являются, с одной стороны, улучшение технических характеристик космических аппаратов дистанционного зондирования Земли, а с другой – увеличение их количества на орбите. При этом увеличение числа объектов мониторинга на поверхности Земли, которые подлежат изучению (исследованию), а также возросшие возможности орбитальной группировки космических аппаратов приводят к тому, что способность систем обработки данных дистанционного зондирования Земли по своевременному решению поступающих задач сильно затрудняется. В этих условиях требуется такое перераспределение их ресурсов, при котором в первую очередь будут решаться высокоприоритетные задачи, которые дают наибольший вклад в итоговое значение комплексного показателя результативности функционирования таких систем. Целью данной статьи является разработка алгоритма управления перераспределением ресурсов в системах комплексной обработки данных дистанционного зондирования Земли на основе учета коэффициента относительной значимости событий на объектах мониторинга, а также прогнозирования наступления новых событий с учетом их взаимосвязей. В статье сформулирована задача рационального распределения ресурсов в системах комплексной обработки данных дистанционного зондирования Земли в условиях их дефицита; разработан алгоритм перераспределения ресурсов в таких системах, который учитывает значения коэффициентов относительной значимости событий на объектах мониторинга. Разработанный алгоритм позволяет существенно повысить эффективность применения систем комплексной обработки данных дистанционного зондирования Земли и снизить затраты на их эксплуатацию.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, системы и сети массового обслуживания, ресурсов комплексной обработки, комплексная обработка, базы данных, управление сложными техническими системами

*S. A. Karin¹**

Algorithm for the rational distribution of resources in systems for complex processing of geospatial data in solving problems of monitoring geographically distributed objects

¹ Military Space Academy, Saint-Petersburg, Russian Federation
* e-mail: sergey.karin@gmail.com

Abstract. There is no doubt that at present the main directions in the development of systems for collecting and processing space information are, on the one hand, improving the technical characteristics of spacecraft for remote sensing of the Earth, and on the other hand, increasing their number in orbit. At the same time, the increase in the number of monitoring objects on the Earth's surface that

are subject to study (research), as well as the increased capabilities of the orbital constellation of spacecraft, lead to the fact that the ability of Earth remote sensing data processing systems to timely solve incoming tasks is greatly hampered. Under these conditions, such a redistribution of their resources is required, in which, first of all, high-priority tasks that make the greatest contribution to the final value of the complex indicator of the effectiveness of the functioning of such systems will be solved. The purpose of this article is to develop an algorithm for managing the redistribution of resources in systems for complex processing of Earth remote sensing data based on taking into account the coefficient of relative significance of events at monitoring objects, as well as predicting the onset of new events, taking into account their relationships. The article formulates the problem of rational distribution of resources in systems for complex processing of data from remote sensing of the Earth in conditions of their scarcity; an algorithm for the redistribution of resources in such systems has been developed, which takes into account the values of the coefficients of the relative significance of events at the monitored objects. The developed algorithm makes it possible to significantly increase the efficiency of using systems for complex processing of Earth remote sensing data and reduce the cost of their operation.

Keywords: Earth remote sensing, queuing systems and networks, complex processing resources, complex processing, databases, control of complex technical systems

Введение

Системы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) являются основным источником информации для решения расчетных и аналитических задач в интересах органов государственного и муниципального управления, связанных с мониторингом (исследованием) пространственных территориально-распределенных объектов (ТРО). Учитывая их технические характеристики, а также рост числа космических аппаратов на орбите, потенциал таких систем постоянно растет [1, 2].

Основной технологией, в рамках которой осуществляется решение указанных выше задач, является реализация единого технологического цикла обработки данных дистанционного зондирования Земли (ЕТЦ ДЗЗ). В рамках этой технологии рассматриваются ресурсы (в качестве которых выступают автоматизированные рабочие места, базы данных, отдельные специалисты-операторы и т. д.) и операции по обработке данных, которые могут выполняться последовательно или параллельно. Считается, что для выполнения одной операции требуются один или несколько ресурсов. В качестве исходных данных, которые необходимы для выполнения той или операции, выступают результаты выполнения предшествующих операций. Таким образом формируется единая система комплексной обработки данных ДЗЗ (геопространственных данных) [3, 4, 5].

В рамках единого технологического цикла обработки данных ДЗЗ осуществляется мониторинг событий, происходящих на ТРО, а также реагирование на них путем постановки и решения различных информационных задач ресурсами СКО ДЗЗ [3, 6]. При этом возникает необходимость рационального распределения ресурсов единой системы комплексной обработки данных ДЗЗ, для чего сформирована математическая модель и комплексный показатель качества функционирования этой системы, которые представлены в работе [9].

Целью настоящей статьи является разработка алгоритма перераспределения ресурсов указанной системы в условиях ограничений, связанных со значительным увеличением потока поступающих задач.

Методы и материалы

Задачу рационального распределения ресурсов единой системы комплексной обработки данных ДЗЗ можно классифицировать в рамках предметной области сетей массового обслуживания (СеМО). При этом следует рассматривать управляемую СеМО с прогнозированием.

В работе [9] показано, что при принятии решений на применение ресурсов СКО ДЗЗ в условиях их дефицита можно учитывать значения относительных значимостей событий, возникающих на ТРО. В частности, был выявлен основной недостаток применяемой модели функционирования СКО ДЗЗ, который заключается в том, что она носит так называемый реактивный характер, который можно описать следующим образом. Работа (функционирование) ресурсов СКО ДЗЗ связана с реагированием на уже произошедшие события на ТРО (при этом условием этого реагирования является то, что события должны быть зафиксированы средствами объективного наблюдения). В этом случае не учитывается возможность развития событий в пространстве и времени, что является причиной некоторого запаздывания функционирования СКО ДЗЗ.

Кроме того, возможна ситуация, при которой результатом возникновения какого-либо события на ТРО может быть появление других событий с большим значением коэффициента относительной значимости. В этом случае предлагается менять (увеличивать) значение коэффициента относительной значимости рассматриваемого события.

Для повышения качества функционирования СКО ДЗЗ в условиях дефицита ее ресурсов был разработан специальный алгоритм, который учитывает оба предложенных выше подхода. На рис. 1 представлена его схема.

Для начала решения очередной поступившей задачи типа m (обозначим такую задачу как z_m) необходимо, чтобы были доступны все требуемые ей ресурсы. Будем полагать, что $m \in [1, M]$, M – число типов поступающих в СКО ДЗЗ задач.

При этом каждая задача, отнесенная к определенному типу m , имеет коэффициент относительной значимости (приоритет) $\xi_m \in [0, 1]$. Начальное значение коэффициента относительной значимости задает заранее потребитель результатов решения задачи.

Алгоритм включает в свой состав девять шагов (процедур), выполняемых последовательно.

Первая процедура алгоритма обеспечивает создание новой задачи в СКО ДЗЗ по обработке зафиксированного события на ТРО. При этом, если выполняется условие доступности всех требуемых для выполнения задачи ресурсов, осуществляется переход к девятой процедуре алгоритма и начинается решение созданной задачи.

В случае, если поступают сразу несколько задач по обработке разных событий на ТРО, а также в случае, если возникает недостаток одного или нескольких ресурсов, выполняется переход ко второй процедуре алгоритма и сформированная задача (задачи) попадают в общую очередь.

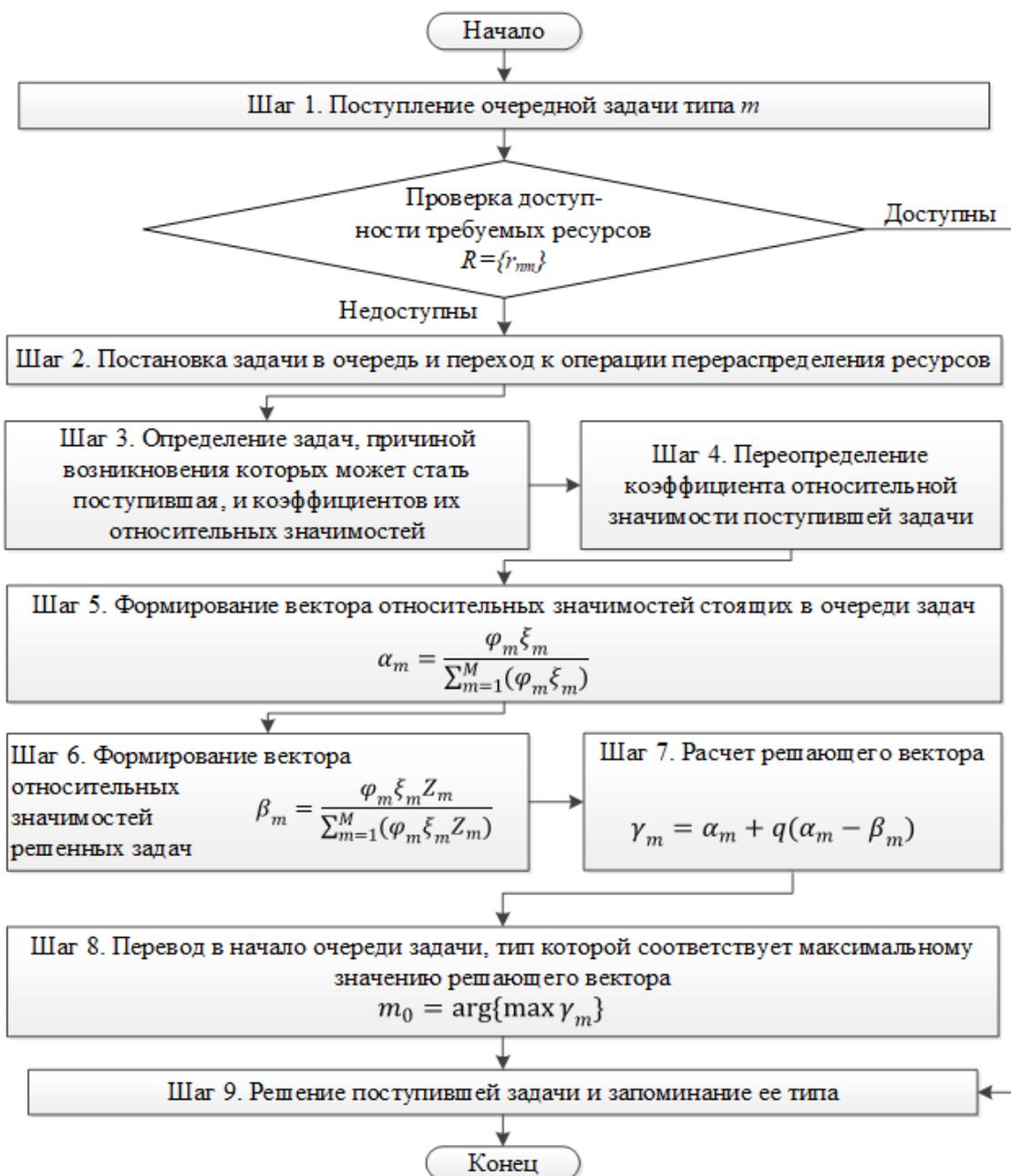


Рис. 1. Схема алгоритма перераспределения ресурсов СКО ДЗЗ

Третья процедура алгоритма обеспечивает опрос специальной базы данных [10] и формирует перечень событий, которые могут возникнуть в виде следствий события, которое обрабатывается в рамках текущей решаемой задачи. Для них определяются соответствующие приоритеты (т. е. коэффициенты относительной значимости).

Четвертая процедура алгоритма обеспечивает изменение значения коэффициента относительной значимости решаемой задачи, при условии, что значение коэффициента относительной значимости одной или нескольких задач-следствий выше рассматриваемого. Новым значением становится максимальное значение приоритетов задач-следствий.

В заключение алгоритм обеспечивает выбор задачи, решить которую требуется в первую очередь (в соответствии с измененными приоритетами), и осуществляется назначение ресурсов именно на эту задачу.

Выбор задачи (см. 5-7 процедуры) осуществляется на основе анализа трех массивов показателей:

α_m – определяет относительные значимости всех задач m -го типа, которые присутствуют в очереди в данное время;

β_m – определяет текущие приоритеты задач m -го типа, которые уже решены к данному времени;

γ_m – деформирует (изменяет) значения массива α_m , учитывая значения соответствующих элементов массива β_m .

Элементы массива α_m вычисляются на основе следующей формулы:

$$\alpha_m = \frac{\varphi_m \xi_m}{\sum_{m=1}^M (\varphi_m \xi_m)}, \quad (1)$$

параметр φ_m задается, исходя из следующих положений:

$\varphi_m = 0$, если очередная задача m -го типа отсутствует в текущей очереди,

$\varphi_m = 1$, если очередная задача m -го типа присутствует в текущей очереди.

Массив β_m определяется в соответствии со следующей формулой:

$$\beta_m = \frac{\varphi_m \xi_m z_m}{\sum_{m=1}^M (\varphi_m \xi_m z_m)}, \quad (2)$$

параметр z_m задает общее число решенных на текущий момент времени задач m -го типа.

Важно отметить, что для вычисления массива β_m требуется учитывать типы задач, которые присутствуют в очереди в текущий момент времени.

Массив γ_m , задается в соответствии со следующей формулой:

$$\gamma_m = \alpha_m + q(\alpha_m - \beta_m). \quad (3)$$

Параметр q имеет смысл коэффициента обратной связи, который деформирует элементы массива α_m с учетом значений β_m . Целью введения данного параметра является уменьшение числа решаемых задач определенного типа с большим значением коэффициента относительной значимости, если к текущему моменту времени решено много задач такого же типа. Тем самым обеспечивается возможность решения задач, которые поступают редко, но имеют невысокое значение коэффициента относительной значимости.

В конце работы алгоритма из текущей очереди осуществляется выбор очередной задачи, которая соответствует наибольшему значению среди элементов массива γ_m .

Таким образом, представленный алгоритм обеспечивает возможность решения наиболее важных задач, которые вносят наибольший вклад в итоговое значе-

ние комплексного показателя результативности функционирования систем комплексной обработки данных дистанционного зондирования Земли [9].

Заключение

Представленный в данной статье алгоритм позволяет обеспечить значительное уменьшение времени реагирования на каждое событие и в конечном итоге позволит повысить качество функционирования СКО ДЗЗ в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Н. Н. Севастьянов, В. Н. Бранец, В. А. Панченко, Н. В. Казинский, Т. В. Кондранин, С. С. Негодяев. Анализ современных возможностей создания малых космических аппаратов для дистанционного зондирования Земли. – ТРУДЫ МФТИ. – 2009. – Том 1, №3. – С.14–22.
2. Л. А. Макриденко, С. Н. Волков, В. П. Ходненко. Концептуальные вопросы создания и применения малых космических аппаратов. – Вопросы электромеханики. – 2010. – Т. 114. – С.15–26.
3. С. А. Карин. Интеграция в едином информационном пространстве разнородных геопространственных данных // Информационно-управляющие системы. 2012. № 2. С. 89–94.
4. С. А. Карин, И. В. Бережной. Подходы к созданию перспективной системы комплексного мониторинга разнородных информационных ресурсов, имеющих геопространственную компоненту // Естественные и технические науки. – М, изд-во «Спутник+», 2016. №6. С. 138-140.
5. С. А. Карин, И. В. Бережной. Технология обработки данных в сетевых системах сбора, обработки и анализа разнородной геопространственной информации // Естественные и технические науки. – М, изд-во «Спутник+», 2016. №6. С. 141-143.
6. С. А. Карин. Построение предметно-ориентированной онтологии в системах обработки пространственных данных//Информационно-управляющие системы, 2014. №4. С. 78–84.
7. С. М. Белоусов. Имитационная модель и метод рационального распределения ресурсов операционной системы – дисс. канд. тех. наук. – М.: МФТИ, 2007.
8. С. А. Карин, Е. А. Дудин. Подходы к созданию распределенной системы сбора, хранения и обработки геопространственных данных//Информация и космос, 2014. №3. С. 46-51.
9. С. А. Карин. Операционно-временная модель функционирования систем комплексной обработки геопространственных данных в условиях дефицита их ресурсов // Информационно-управляющие системы, 2017. №2. – С. 51–57.
10. Алферов А.В., Карин А.И., Карин С.А., Октябрьский В.В. Метод адаптивного определения приоритетов информационно-расчетных задач в системах мониторинга потенциально-опасных процессов природного и техногенного характера в условиях ресурсной ограниченности // Труды Военно-космической академии. Выпуск 676. СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2021. С. 95–104.

© С. А. Карин, 2023