

С. А. Карин^{1✉}, В. В. Лобовко¹

Разработка алгоритма формирования сценариев обработки данных дистанционного зондирования Земли на основе учета параметров текущего информационного потока

¹Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация
e-mail: vka@mil.ru

Аннотация. В статье предложен алгоритм управления сценариями обработки данных в системах сбора и обработки данных дистанционного зондирования Земли (ССОД ДЗЗ) в условиях их ресурсной ограниченности на основе адаптации к текущему информационному потоку. Данный алгоритм позволяет осуществлять многокритериальное поуровнево координируемое управление функционированием ССОД ДЗЗ на основе обоснованного регулирования управляющих параметров, в частности, порога повышения приоритета поступающих информационных задач, степени вклада ресурсов, а также времени ожидания доступности ресурса, что позволяет обеспечить повышение как оперативности, так и результативности ее функционирования.

Ключевые слова: комплексная обработка данных ДЗЗ, сценарии обработки, адаптация, рациональный план применения ресурсов, управление

S. A. Karin^{1✉}, V. V. Lobovko¹

Development of an algorithm for the formation of scenarios for processing remote sensing data of the Earth based on taking into account the parameters of the current information flow

¹Mozhaisky Military Space Academy, Saint Petersburg, Russian Federation
e-mail: vka@mil.ru

Abstract. The article proposes an algorithm for managing data processing scenarios in systems for collecting and processing Earth remote sensing data (ERSDS) in conditions of their resource limitations based on adaptation to the current information flow. This algorithm allows for multi-criteria, level-coordinated control of the functioning of the remote sensing system based on reasonable regulation of control parameters, in particular, the threshold for increasing the priority of incoming information tasks, the degree of resource contribution, as well as the waiting time for resource availability, which allows for an increase in both the efficiency and effectiveness of its functioning.

Keywords: complex processing of remote sensing data, processing scenarios, adaptation, rational plan for the use of resources, management

Введение

Развитие средств регистрации изображений подстилающей поверхности с борта воздушных и космических носителей, основанных на различных физических принципах, обеспечило переход систем сбора и обработки данных дистан-

ционного зондирования Земли на качественно новый уровень, который позволяет получать значительно больше сведений об объектах наблюдения, как по качеству, так и по информативности [1,2]. С другой стороны, возрастание информационных потоков (как по объему, так и по числу отдельных пакетов) [3], числа информационных задач, которые решаются в интересах потребителей результатов обработки данных ДЗЗ различного уровня [4] обуславливает высокие требования к эффективности функционирования (ССОД ДЗЗ).

Таким образом, возникает противоречие между постоянно возрастающими требованиями к эффективности решения задач в ССОД ДЗЗ и невозможностью их решения с требуемым качеством на основе существующих моделей и методов управления ее функционированием в условиях ресурсной ограниченности.

Очевидно, что для преодоления этого противоречия необходимо повысить уровень автоматизации процессов управления ССОД ДЗЗ. Это, в свою очередь, позволит повысить эффективность ее функционирования в условиях ресурсной ограниченности и возрастания информационных потоков.

В работах [3-5] представлены элементы научно-методического аппарата ситуационно-адаптивного управления обработкой данных ДЗЗ в условиях ресурсной ограниченности. В частности, показано, что комплексная обработка данных ДЗЗ включает в свой состав несколько этапов, начиная с формирования заявок на разработку отчетных информационных документов, и заканчивая выдачей потребителям результатов. Каждый ресурс обработки при этом обеспечивает выполнение одной операции (подзадачи) в рамках этапа, затрачивая при этом некоторое время. Полагается, что в один момент времени отдельный ресурс может осуществлять решение только одной подзадачи. Исходя из того, как, когда и какую информацию он предоставляет в качестве результата решения своей подзадачи, определяется степень его вклада в получение интегрального результата решения информационной задачи в целом.

Также в работе [4] показано, что повышение эффективности функционирования ССОД ДЗЗ возможно за счет обоснованного перераспределения ресурсов по решаемым информационным задачам в зависимости от поступающих информационных потоков.

Представленный в настоящей статье алгоритм позволяет формировать сценарии обработки данных ДЗЗ в ССОД ДЗЗ.

Методы и материалы

Предлагаемый алгоритм осуществляет формирование сценария обработки данных ДЗЗ на основе адаптации к текущему информационному потоку путем последовательного прохождения пяти уровней, общая схема которых представлена на рис. 1.

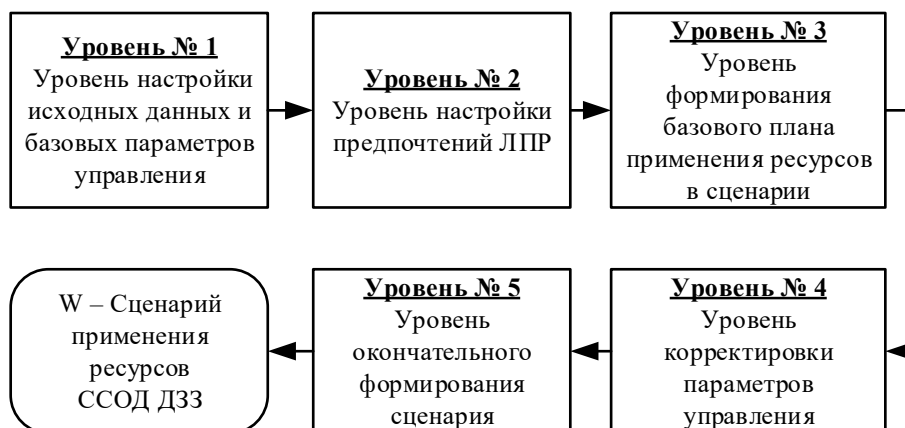


Рис. 1. Общая схема алгоритма

На первом уровне выполняется настройка исходных данных и базовых параметров управления, значения которых не должны быть превышены в процессе работы данного алгоритма.

Рассмотрим следующие исходные данные (параметры), поступающие на вход алгоритма:

- 1) P^* – требования к результативности функционирования ССОД ДЗЗ;
- 2) $Z = \{Z_m\}$ – множество типов информационных задач, для решения которых формируются сценарии обработки данных;
- 3) $R = \{r_n\}$ – множество доступных ресурсов обработки;

В качестве базовых параметров управления формирование сценариев обработки данных используются:

X_{min}^* – граничное значение минимального вклада ресурса в интегральный результат решения задачи;

T_{max}^* – граничное значение максимального времени ожидания доступности ресурса; в случае, если требуется ожидать доступность ресурса в любых условиях, указывается значение -1;

Ξ_{min}^* – граничное значение порога повышения приоритета информационной задачи.

На втором уровне осуществляется настройка своих предпочтений лицом, принимающим решения (ЛПП), по окончательному формированию сценария обработки данных, т.е. задаются требования к показателям результативности и оперативности, а также задаются исходные значения параметров управления.

В частности, задаются исходные значения следующих параметров управления:

- 1) $X_{min} \in [0, X_{min}^*]$ – исходное значение минимального вклада ресурса в интегральный результат решения соответствующей информационной задачи;
- 2) $\Xi_{min} \in [0, \Xi_{min}^*]$ – исходное значение порога повышения приоритета информационной задачи в очереди задачи на обработку;
- 3) $T_{max} \in [0, T_{max}^*]$ – исходное значение максимального времени ожидания доступности ресурса, требуемого для решения информационной задачи. В случае, если требуется ожидать доступность ресурса всегда, указывается значение – 1.

Важным условием является то, что действия, осуществляемые на данном уровне, должны быть скоординированы с результатами работы предыдущего уровня, т.е. исходные значения параметров управления не должны выходить за пределы соответствующих граничных значений, задаваемых на первом уровне метода.

На третьем уровне осуществляется формирование базового плана применения ресурсов в сценарии решения информационной задачи, при этом, если все ресурсы, попавшие в план, свободны, то в качестве результирующего принимается именно базовый план. Схема уровня представлена на рис. 2.

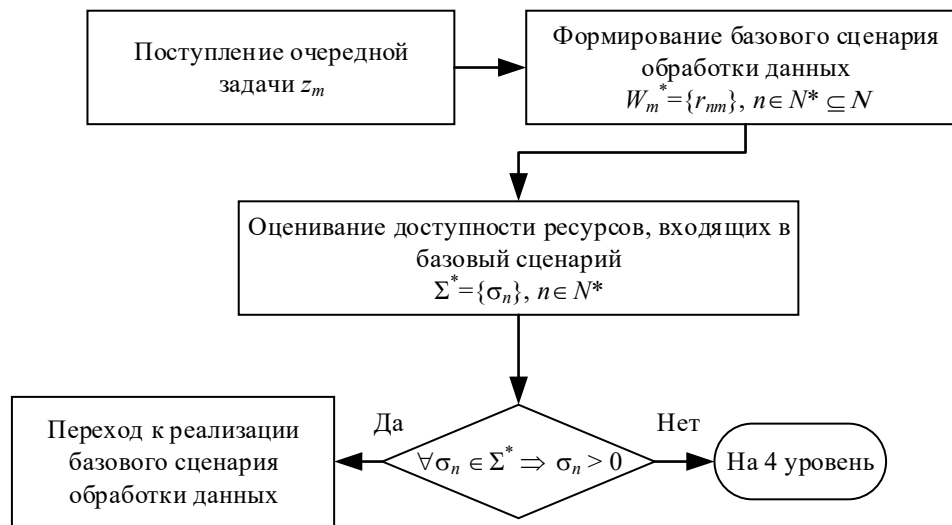


Рис. 2. Схема уровня формирования базового сценария обработки данных при решении очередной поступившей информационной задачи

На четвертом уровне осуществляется сравнение текущих значений показателей результативности и оперативности с требуемыми и в случае несоответствия выполняется корректировка параметров управления. Схема четвертого уровня метода представлена на рис. 3.

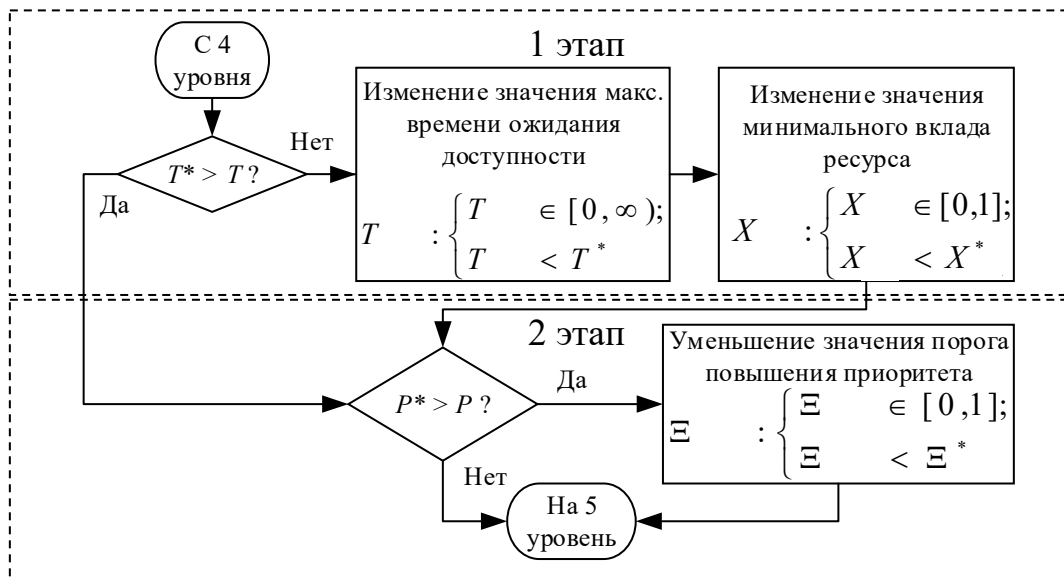


Рис. 3. Схема уровня корректировки параметров управления сценариями обработки данных при решении информационных задач

На первом этапе уровня производится сравнение текущего значения показателя оперативности решения информационных задач с минимально требуемым.

Если текущее значение меньше требуемого, то осуществляется процедура корректировки параметра, определяющего максимально допустимое время ожидания доступности привлекаемого ресурса.

Корректировка осуществляется в соответствии с формулой

$$T_{max} : \begin{cases} T_{max} \in [0; \infty); \\ T_{max} < T_{max}^* \end{cases}$$

Далее осуществляется процедура корректировки параметра, определяющего значение минимального вклада ресурса в интегральный результат решения информационной задачи. При этом используется формула

$$X_{min} : \begin{cases} X_{min} \in [0; 1]; \\ X_{min} < X_{min}^* \end{cases}$$

На втором этапе уровня производится сравнение текущего значения показателя результативности функционирования ССОД ДЗЗ с минимально требуемым.

Если текущее значение меньше требуемого, то осуществляется процедура корректировки параметра, определяющего значение порога повышения приоритета очередной информационной задачи в очереди задач на обработку. При этом используется формула

$$\Xi_{min} : \begin{cases} \Xi_{min} \in [0;1]; \\ \Xi_{mix} < \Xi_{min}^* \end{cases}$$

Величина шага изменения параметров задается экспертом, отвечающим за работу данного алгоритма. Кроме того, данный эксперт отвечает за принятие решения о том, стоит ли вообще осуществлять то или иное изменение.

На пятом уровне в зависимости от текущих значений параметров управления осуществляется окончательное формирование сценария обработки данных. Схема пятого уровня метода представлена на рис. 4.

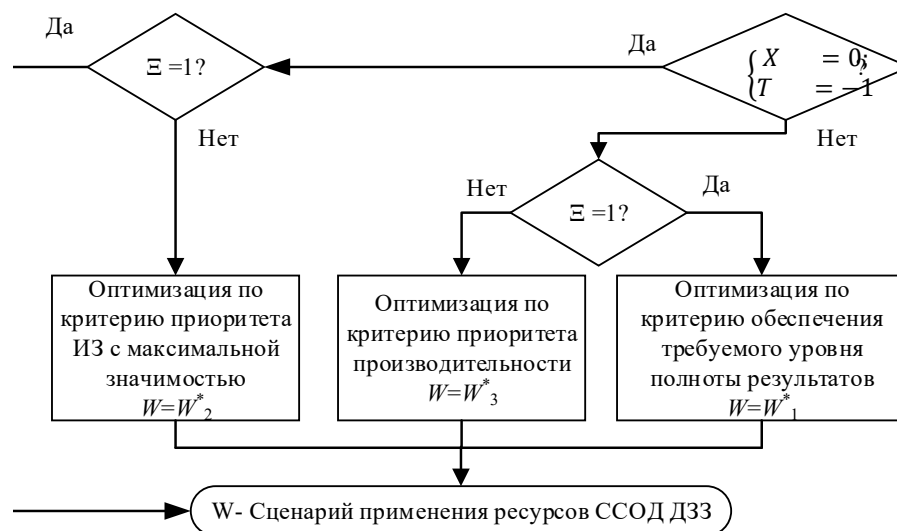


Рис. 4. Схема уровня окончательного формирования сценария обработки данных при решении информационной задачи

На данном уровне реализуется следующий частный алгоритм.

На первом его шаге анализируются значения параметров управления, определяющих значение минимального вклада ресурса в интегральный результат решения задачи, а также максимально допустимого времени ожидания доступности требуемого ресурса.

Если они соответствуют выражению в формуле (1), то это означает, что показатель оперативности находится в допустимых пределах и осуществлять оптимизацию относительно него не требуется.

$$\begin{cases} X_{min} = 0; \\ T_{max} = -1 \end{cases} \quad (1)$$

В этом случае осуществляется переход на второй шаг частного алгоритма, на котором анализируется текущее значение параметра, определяющего значение порога повышения приоритета очередной задачи в очереди на обработку.

Если это значение равно единице, это означает, что показатель результативности функционирования ССОД ДЗЗ находится в допустимых пределах и осуществлять оптимизацию не требуется. В этом случае базовый план решения очередной информационной задачи считается окончательным и осуществляется переход к его исполнению. В противном случае, происходит переход на третий шаг частного алгоритма, на котором осуществляется оптимизация по критерию приоритета информационных задач с максимальной значимостью [6,7].

Если значения параметров управления, которые были определены на первом шаге частного алгоритма и которые определяют значение минимального вклада ресурса в интегральный результат решения задачи, а также максимально допустимого времени ожидания доступности требуемого ресурса, таковы, что нарушается условие в формуле (1), то осуществляется переход на четвертый шаг частного алгоритма.

На этом шаге, в зависимости от текущего значения параметра, определяющего значение порога повышения приоритета очередной задачи, принимается решение о выборе метода оптимизации.

Так, если значение этого параметра равно единице, то осуществляется оптимизация по критерию обеспечения требуемого уровня полноты результатов решения задач, в противном случае – осуществляется оптимизация по критерию приоритета производительности [6,7].

Заключение

Таким образом, представленный в данной статье алгоритм осуществляет адаптацию процессов комплексной обработки данных в ССОД ДЗЗ к текущим информационным потокам, при этом обеспечивается:

- с одной стороны, адаптация к текущим ресурсным возможностям ССОД ДЗЗ (ресурсной ограниченности) путем постоянного мониторинга значений параметров управления ее функционированием, которые определяют значения минимального вклада ресурса в интегральный результат решения той или иной информационной задачи, а также максимально допустимого времени ожидания доступности требуемого ресурса;

- а с другой – учет относительной значимости информационных задач, т.е. возможность повышения приоритета той или иной поступившей задачи в зависимости от текущих информационных потоков.

В результате работы данного алгоритма будет сформирован сценарий обработки данных, который будет наилучшим образом применим в текущих условиях (выбран оптимальный, исходя из текущих информационных потоков и ресурсным возможностям ССОД ДЗЗ).

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. 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.

4. Карин А.И., Карин С.А., Октябрьский В.В. Модели адаптивного управления функционированием систем комплексной обработки геопространственных данных при решении задач мониторинга территориально-распределенных объектов // Труды Военно-космической академии. Выпуск 671. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2019. – С. 314-325.

5. С. А. Карин. Интеграция в едином информационном пространстве разнородных геопространственных данных // Информационно-управляющие системы. 2012. № 2. С. 89–94.

6. Бережной И.В., Карин А.И., Карин С.А. Алгоритмы комплексной обработки геоинформации в системах специального назначения // Труды Военно-космической академии. Выпуск 660. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2018. – С. 73-78.

7. Карин С.А., Карин А.И. Способ повышения эффективности комплексной обработки данных дистанционного зондирования Земли при решении задач мониторинга пространственных объектов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2022. Т. 22, № 4. С. 691–698. doi: 10.17586/2226-1494-2022-22-4-691-698

© С. А. Карин, В. В. Лобовко, 2025