

*С. А. Карин<sup>1✉</sup>, В. В. Лобовко<sup>1</sup>*

## **Разработка алгоритма управления очередью обработки данных дистанционного зондирования Земли на основе ее оптимизации по критерию приоритета поступающих задач**

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

**Аннотация.** В статье предложен оригинальный алгоритм формирования очереди обработки данных дистанционного зондирования Земли на основе ее оптимизации по критерию приоритета поступающих информационных задач. Данный алгоритм в процессе формирования очереди обработки позволяет учесть, с одной стороны, текущие внешние условия, влияющие на изменение весовых коэффициентов тех или иных задач, путем модификации коэффициентов относительных значимостей поступающих задач, а с другой, степень вклада привлекаемых ресурсов обработки в интегральный результат, обеспечивая при этом требуемый уровень полноты результатов решения информационных задач.

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

*S. A. Karin<sup>1✉</sup>, V. V. Lobovko<sup>1</sup>*

## **Development of an algorithm for managing the queue of remote sensing data processing on the basis of its optimization by the criterion of priority of incoming tasks**

<sup>1</sup>Mozhaisky 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***

Рассматривая вопросы повышения эффективности организации процессов сбора и обработки данных дистанционного зондирования Земли, которые заключаются в решении различных информационных задач, в том числе связанных с мониторингом и прогнозированием потенциально-опасных процессов природ-

ного или техногенного характера, важно учесть динамику (интенсивность) и количество этих процессов, а с другой — ресурсов обработки, которые обеспечивают выполнение отдельных операций (подзадач) обработки данных ДЗЗ, затрачивая при этом некоторое время. Полагается, что в один момент времени отдельный ресурс обработки может осуществлять решение только одной подзадачи.

Учитывая особенности современных потенциально-опасных процессов, наблюдение за которыми требует решения задач по обработке данных дистанционного зондирования Земли, а именно:

- увеличение их числа;
- высокую динамичность,

наблюдается постоянный рост требований к эффективности организации процессов сбора и обработки данных дистанционного зондирования Земли.

При этом возникает противоречие между постоянно возрастающими требованиями к качеству решения задач в системе сбора и обработки данных ДЗЗ (ССОД ДЗЗ) и невозможностью их решения с требуемым качеством на основе существующих моделей и методов управления ее функционированием в условиях ресурсной ограниченности.

Преодоление этого противоречия видится в научно обоснованном повышении уровня автоматизации процессов управления ресурсами ССОД ДЗЗ. В работах [1,2], были предложены пути достижения данного результата.

В соответствии с ними для решения поставленной задачи в данной статье предложен алгоритм формирования очереди обработки данных дистанционного зондирования Земли по критерию приоритета поступающих информационных задач, который обеспечит учет:

- с одной стороны, текущих условий развития потенциально-опасных или иных процессов мониторинга путем модификации коэффициентов относительных значимостей поступающих информационных задач,
- а с другой – степень вклада привлекаемых ресурсов обработки в интегральный результат, обеспечивая при этом требуемый уровень полноты результатов их решения.

### ***Методы и материалы***

С учетом результатов, полученных в работах [1,2], а также в соответствии с подходом, предложенным в работах [3,4], функционирование ССОД ДЗЗ представляет собой целенаправленный процесс, комплексный показатель эффективности которого может быть представлен в виде совокупности частных показателей

$$\Theta = f(P, D, T),$$

где:

$\Theta$  – комплексный показатель эффективности функционирования ССОД ДЗЗ;

$P$  – показатель результативности функционирования ССОД ДЗЗ;

$T$  – показатель оперативности решения информационных задач;

$D$  – показатель ресурсоемкости, который определяет потребность в ресурсах при решении задач различных типов, которая обеспечивает требуемый уровень полноты результатов их решения.

Показатель результативности функционирования ССОД ДЗЗ определяется в соответствии с формулой

$$P = \frac{\sum (\xi_m \tilde{u}_m)}{\sum \xi_m u_m} \rightarrow 1,$$

где:

$\xi_m$  – коэффициент относительной значимости задач  $m$ -го типа;

$\tilde{u}_m$  – количество решенных задач за отчетный период времени;

$u_m$  – количество поступивших задач за отчетный период времени.

Показатель оперативности решения задач определяется в соответствии с формулой:

$$\Xi \in (0,1),$$

при этом:

$$\tau_m = \sum \omega_{mn} \tau_m n,$$

$$\omega_{mn} = \begin{cases} 0, X_{mn} \leq X \\ 1, X_{mn} > X \end{cases},$$

где:

$T_{\text{норм}}$  – нормативное время, отводимое для решения соответствующей задачи.

$X_{mn}$  – коэффициент степени вклада  $n$ -го ресурса в интегральный результат решения  $m$ -й задачи.

Таким образом, повышение эффективности функционирования ССОД ДЗЗ в условиях ограниченности ее ресурсов и возрастания динамичности процессов мониторинга может быть достигнуто:

– с одной стороны, путем увеличения значения показателя результативности функционирования ССОД ДЗЗ. Это может быть достигнуто на основе разработки методов и алгоритмов, которые обеспечат возможность адаптации к текущим внешним условиям путем систематического уточнения значений коэффициентов относительной значимости поступающих задач, и первоочередного решения тех задач, у которых значение этого коэффициента больше;

– с другой стороны, путем повышения оперативности решения поступающих задач. Это может быть достигнуто на основе разработки и использования

методов и алгоритмов интеллектуального управления функционированием ССОД ДЗЗ, при котором учитывается вклад ресурсов обработки в интегральный результат решения задач.

В настоящей статье предложен алгоритм, обеспечивающий решение первой задачи.

В качестве исходных данных для работы предложенного алгоритма выступает очередная поступившая в ССОД ДЗЗ информационная задача. На основе имеющейся базы данных типов задач, определяется тип поступившей задачи. Далее формируется базовый (т.е. «идеальный») сценарий ее решения, при котором в решении задействуются все необходимые ресурсы в требуемой последовательности, при этом приоритет задачи не уменьшается и не увеличивается.

При работе алгоритма полагается, что для каждого типа информационных задач ведется и доступна информационно-аналитическая (экспертная) система учета базовых сценариев их решения. Далее осуществляется оптимизация относительно показателя результативности, после чего формируется сценарий задействования ресурсов ССОД ДЗЗ по решению поступившей информационной задачи.

Алгоритм включает в себя последовательное выполнение трех этапов, общая схема которых представлена на рис 1.



Рис. 1. Общая схема алгоритма

На первом этапе работы алгоритма (его схема представлена на рисунке 2) осуществляется получение исходных данных в виде очередной информационной задачи и параметров управления функционированием ССОД ДЗЗ.

Исходными данными для алгоритма на данном этапе являются:

- 1)  $P^*$  – требования к результативности функционирования ССОД ДЗЗ;
- 2)  $Z = \{z_m\}$  – множество типов информационных задач;
- 3)  $R = \{r_n\}$  – множество доступных ресурсов ССОД ДЗЗ.

В качестве настраиваемого параметра управления используется:

$\Xi \in [0,1]$  – порог повышения приоритета задач при формировании очереди обработки данных ДЗЗ.

На втором этапе алгоритма осуществляется формирование базового сценария решения очередной поступившей задачи ресурсами ССОД ДЗЗ.

Схема второго этапа метода представлена на рис 2.

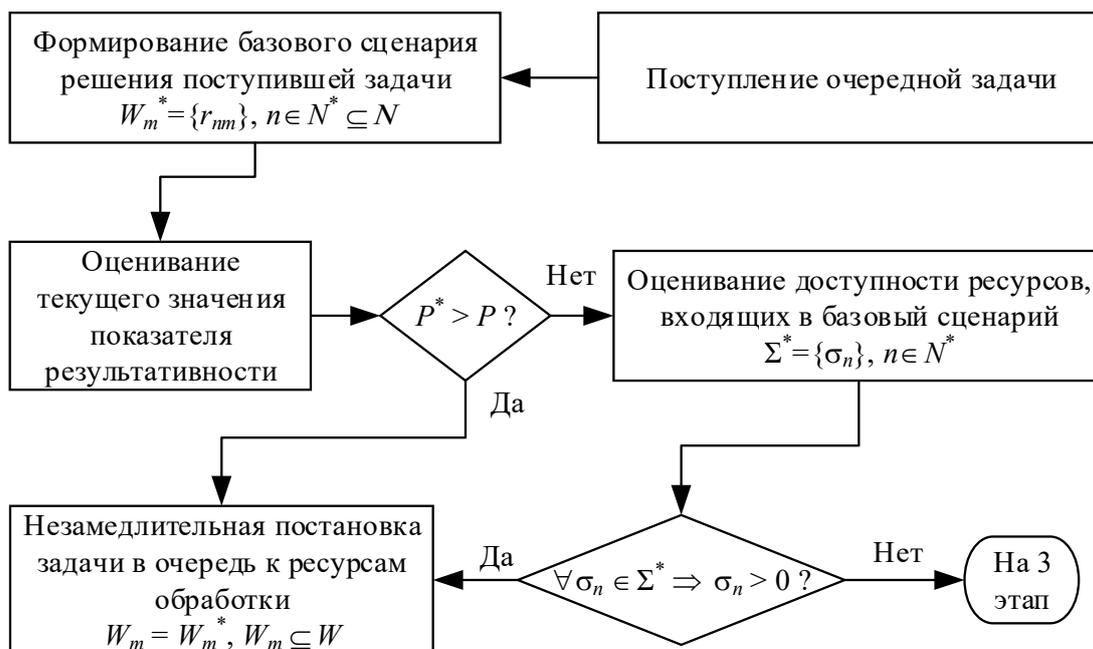


Рис. 2. Схема второго этапа метода

На первом шаге этапа на основе анализа типа поступившей задачи осуществляется поиск подходящего сценария ее решения в информационно-аналитической (экспертной) системе учета базовых сценариев решения информационных задач.

На втором шаге этапа осуществляется оценивание текущего значения показателя результативности функционирования ССОД ДЗЗ.

Если это значение меньше требуемого значения показателя  $P^*$ , то данный базовый сценарий решения задачи считается рациональным, и осуществляется незамедлительная постановка задачи в очередь к ресурсам обработки. Работа алгоритма при этом завершается.

В случае, если текущее значение показателя результативности превышает требуемое значение показателя  $P^*$ , то осуществляется переход на третий шаг этапа, на котором осуществляется оценивание доступности ресурсов, включенных в базовый сценарий обработки.

В соответствии с подходом, предложенным в работе [1], доступность ресурсов представляет собой вектор значений  $\sigma = \{\sigma_n\}, N = 1, N$ . Таким образом, формируется вектор  $\Sigma^* = \{\sigma_n\}, N \in [1, N^*]$ , который включает значения доступности только тех ресурсов, которые вошли на первом шаге текущего этапа алгоритма в базовый сценарий. Если все вошедшие в базовый сценарий ресурсы доступны, то данный базовый сценарий решения задачи считается рациональным, и осуществляется незамедлительная постановка задачи в очередь к ресурсам обработки. Работа алгоритма при этом завершается.

В противном случае осуществляется переход на третий этап работы алгоритма, на котором осуществляется модификация очереди обработки данных в ССОД ДЗЗ, путем корректировки значения коэффициента относительной значимости текущей задачи и постановки ее в очередь с учетом этого значения.

Схема третьего этапа метода представлена на рис 3.



Рис. 3. Схема третьего этапа метода

На первом шаге этапа осуществляется сравнение значения коэффициента относительной значимости поступившей задачи со значением параметра  $\Xi \in [0, 1]$  т.е. с пороговым значением, при котором должна осуществляться процедура повышения ее приоритета относительно других задач.

Критерий при этом определяется следующим образом:  $\xi(z_m) > \Xi$ .

Если значение коэффициента относительной значимости задачи не больше порогового, то осуществляется постановка задачи  $z_m$  в конец очереди, и метод завершает свою работу. В противном случае осуществляется переход на второй шаг, на котором осуществляется уточнение коэффициента ее относительной значимости. При этом выполняется:

1) определение множества задач, связанных с мониторингом потенциально-опасных процессов, имеющих причинно-следственные связи с другими процес-

сами, для наблюдения за которыми также сформированы задачи, находящиеся в очереди:  $Z^* = \{z_k \mid z_m \rightarrow z_k\}$ .

2) Модификация значения коэффициента относительной значимости текущей задачи  $x(z_m) : x(z_m) = \operatorname{argmax}(x(Z^*))$

Для выполнения данных процедур используются возможности, предложенные и описанные в работах [5,6,7].

На следующих шагах третьего этапа алгоритма осуществляется постановка задачи в очередь и ее упорядочение. При этом реализуется следующий алгоритм.

На 3–5 шагах этапа формируются 3 вектора (массива) показателей.

Первый вектор определяет относительные значимости  $\alpha_m$  всех имеющихся в очереди задач на текущий момент времени и определяется следующей формулой:

$$A = \{\alpha_m\}, \alpha_m = \frac{\varphi(z_m)\xi(z_m)}{\sum \varphi(z_m)\xi(z_m)},$$

где  $\varphi_m$  определяется следующим образом:

$$\varphi = (z_m) = \begin{cases} 0, & z_m \notin W_m \\ 1, & z_m \in W_m \end{cases},$$

т.е:

$\varphi_m = 0$ , если задача того же типа, что и  $z_m$ , отсутствует в очереди;

$\varphi_m = 1$ , если присутствует.

Сумма значимостей  $\alpha_m$  всех находящихся в очередях задач нормирована на 1.

Далее определяется вектор со значениями коэффициентов относительных значимостей всех задач  $B = \{\beta_m\}$ , решенных к рассматриваемому моменту времени.

$$B = \{\beta_m\}, \beta_m = \frac{\varphi(z_m)\xi(z_m)c(z_m)}{\sum \varphi(z_m)\xi(z_m)c(z_m)},$$

где  $c(z_m)$  – общее количество решенных задач на текущий момент времени.

При определении  $\beta_m$  учитываются только типы задач, которые находятся в данный момент в очереди на входе в систему.

Наконец, определяется комбинированный вектор параметров  $Y = \{\gamma_m\}$ , определяемый формулой:

$$Y = \{\gamma_m\}, \gamma_m = \alpha_m + \Xi(\alpha_m - \beta_m),$$

где  $\Xi \in (0,1)$  – порог повышения приоритета задачи в очереди, который в данном случае используется как коэффициент обратной связи, деформирующий совокупность  $\alpha_m$  значимостей задач на входе с учетом уже решенных задач.

В данной формуле физический смысл параметра  $\Xi$  заключается в том, что он позволяет уменьшить количество обрабатываемых задач некоторого типа, если количество уже решенных таких задач велико, и увеличить вероятность решения более редких (или низкоприоритетных) задач.

Таким образом, обеспечивается сбалансированность потоков решаемых задач с их среднестатистическими характеристиками, но при этом гарантируется, что более важные задачи, решение которых вносит наиболее существенный вклад в конечное значение комплексного показателя результативности функционирования ССОД ДЗЗ, будут решаться в первую очередь.

### **Заключение**

Результатом работы алгоритма является модифицированная очередь обработки данных дистанционного зондирования Земли в ССОД ДЗЗ, оптимизированная по критерию приоритета поступающих задач. Таким образом, разработанный алгоритм позволяет обоснованно повысить общую эффективность функционирования ССОД ДЗЗ.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Карин С.А. Операционно-временная модель функционирования систем комплексной обработки геопространственных данных в условиях дефицита их ресурсов // Информационно-управляющие системы. – 2017. – №2. – С. 51-57.
2. Карин С.А., Чельшов С.В. Исследование путей повышения полноты решения задач системой комплексной обработки данных дистанционного зондирования земли // Труды XXX Военно-научной конференции, проходящей 1-2 ноября 2016 года в НИИЦ (г. Курск) ФГУП «18 ЦНИИ МО РФ» / Курск: НИЦ (г. Курск) в.ч. 11135, 2016. – С.49-50.
3. Петухов Г.Б. Основы теории эффективности целенаправленных процессов. – М.: МО СССР, 2003. – 635 с.
4. Петухов Г.Б., Якунин В.И. Методологические основы внешнего проектирования целенаправленных процессов и целеустремлённых систем. – М.: АСТ, 2006. – 504 с. – ISBN 985-13-5638-7.
5. 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.
6. Карин С.А. Построение предметно-ориентированной онтологии в системах обработки пространственных данных // Информационно-управляющие системы. – 2014. – №4. – С. 78-84.
7. Карин С.А., Дудин Е.А. Опыт разработки предметно-ориентированной программной платформы ведения банка геопространственных данных в системе непрерывной подготовки военных специалистов в области ДЗЗ // Сборник трудов всероссийской ВНК «Актуальные проблемы подготовки специалистов в области сбора и обработки информации техническими средствами», часть 1. – СПб.: ВКА имени А.Ф.Можайского, 2014. – С. 236-245.

© С. А. Карин, В. В. Лобовко, 2025