УДК 528.8
DOI 10.33764/2411-1759-2025-30-2-113-124

Технология управления комплексной обработкой данных дистанционного зондирования Земли в системах мониторинга и прогнозирования потенциально-опасных процессов природного и техногенного характера с учетом их текущих ресурсных возможностей

С. А. Карин[1]✉

[1] Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

e-mail: sergey.karin@gmail.com

Аннотация. В статье предложена технология управления комплексной обработкой данных дистанционного зондирования Земли при решении расчетно-информационных задач по расчету количественных и качественных показателей текущей обстановки и прогнозирования протекания процессов природного и техногенного происхождения. В основе предложенной технологии лежит реализация и выбор оптимизационных стратегий управления обработкой данных, среди которых – стратегия формирования очереди поступающих расчетно-информационных задач, а также стратегия организации информационных потоков при их решении. С использованием разработанного автором программного обеспечения был проведен эксперимент и представлены результаты имитационного моделирования процессов обработки данных на основе предложенных в статье стратегий управления. Основываясь на полученных в рамках проведенного эксперимента результатах, делается вывод о том, что использование рассмотренной технологии позволяет повысить результативность решения расчетно-информационных задач в условиях ресурсных ограничений путем адаптации процессов комплексной обработки данных к текущим внешним и внутренним условиям. В зависимости от выбранных параметров управления результативность может быть увеличена на 15–20 % по сравнению с существующими способами управления функционированием систем такого класса.

Ключевые слова: комплексная обработка данных, стратегии управления, дистанционное зондирование Земли, адаптивное управление, расчетно-информационные задачи, объекты мониторинга, ресурсные модули

Для цитирования:
Карин С. А. Технология управления комплексной обработкой данных дистанционного зондирования Земли в системах мониторинга и прогнозирования потенциально-опасных процессов природного и техногенного характера с учетом их текущих ресурсных возможностей // Вестник СГУГиТ. – 2025. – Т. 30, № 2. – С. 113–124. – DOI 10.33764/2411-1759-2025-30-2-113-124

Введение

Эффективность решения органами государственного и муниципального управления (ГМУ) задач по расчету количественных и качественных показателей текущей обстановки и прогнозирования протекания процессов природного и техногенного происхождения необходимо учитывать, с одной стороны, динамику (интенсивность) и количество этих процессов, а с другой — возможности автоматизированных информационных систем (АИС), которые служат инструментарием поддержки принятия решений на всех уровнях управления. В настоящее время одним из наиболее ярких представителей систем такого класса является аппаратно-программный комплекс «Безопасный город» (АПК БГ), концепция построения и развития которого утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 03.12.2014 № 2446-р (ред. от 05.04.2019) (Концепция построения и развития

аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» : распоряжениее Правительства Российской Федерации от 03.12.2014 № 2446-р. – URL: https://static.mchs.gov.ru/uploads/document/19.09.2019/174757b288f39e0434ab86a0ce549bb7.pdf – Текст : электронный).

В целом, системы такого класса будем далее называть автоматизированными системами поддержки принятия решений при управлении протеканием процессов природного и техногенного происхождения или, иначе, системами мониторинга и прогнозирования потенциально-опасных процессов природного и техногенного характера (АИС МП).

В основе функционирования систем такого класса лежит организация информационных потоков по сбору и обработке исходных данных (основными при этом являются данные дистанционного зондирования Земли) для дальнейшего дешифрирования объектов мониторинга [1–8], в основе которого лежит процесс распознавания образов, для описания которого используются классические компоненты: алфавит классов и словарь признаков [9–13], этот этап является наиболее трудоемким и трудно поддающимся автоматизации. В этом смысле своевременная подготовка актуальных исходных данных, достаточных для качественной реализации этого этапа, позволяет также увеличить и вероятность качественного решения задачи оценивания текущей обстановки и прогнозирования протекания процессов природного и техногенного происхождения в целом.

В качестве наиболее важных требований к оценке состояния текущей обстановки и прогнозирования протекания процессов природного и техногенного происхождения (примеры таких процессов приведены в работе [14]) среди прочих следует выделить снижение количества чрезвычайных ситуаций, пожаров, правонарушений, гибели и травматизма людей (Концепция построения и развития аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» : распоряжение Правительства Российской Федерации от 03.12.2014 № 2446-р. – URL: https://static.mchs.gov.ru/uploads/document/19.09.2019/174757b288f39e0434ab86a0ce549bb7.pdf – Текст : электронный) .

Эти требования, а также увеличение числа и типов решаемых органами ГМУ расчетно-информационных задач в ходе мониторинга потенциально-опасных процессов накладывают жёсткие временные рамки на оперативность принятия управленческих решений и доведения результатов решения РИЗ в требуемом виде и с требуемым качеством до потребителей (в качестве которых в том числе могут выступать силы и средства МЧС). Как следствие, возникает противоречие между требованиями высокой результативности функционирования АИС МП и их потенциальными возможностями по обработке данных в условиях возрастания ресурсных ограничений.

Важнейшим направлением повышения эффективности управления комплексной обработкой данных ДЗЗ в АИС МП является их всестороннее информационное обеспечение, которое может быть реализовано посредством создания единой информационно-управляющей системы (ИУС). ИУС должна обеспечить поддержку принятия решений на задействование разнородных и территориально-распределенных ресурсов АИС МП при решении тех или иных расчетно-информационных задач.

Наиболее важными особенностями ИУС являются:

– возможность адаптации к внешним условиям природного и техногенного окружения;

– возможность адаптации к внутренним ресурсным ограничениям.

Функционирование АИС МП в процессе решения РИЗ напрямую связано с реализацией единого технологического цикла (ЕТЦ) сбора и комплексной обработки данных, предполагающего последовательное информационное взаимодействие целого ряда подсистем, которые можно рассматривать в качестве ее внутренних ресурсных модулей (ресурсов), и может быть описано моделями, представленными в работах [15, 16].

В условиях высокой частоты изменений в ходе протекания процессов природного и техногенного происхождения, а также возрастания противоречия между ресурсными

возможностями АИС МП и интенсивностью поступления на обработку РИЗ, возникает необходимость организации такого взаимодействия ресурсных модулей, при котором учитывалась бы возможность адаптивного управления текущей результативностью функционирования АИС МП.

Высокая результативность в условиях возрастания ресурсных ограничений и высокой динамичности протекания процессов природного и техногенного происхождения может быть достижима путем разработки научно-методического аппарата (НМА) управления комплексной обработкой данных ДЗЗ, обеспечивающего, с одной стороны, адаптацию к текущим внешним условиям природного и техногенного окружения, а с другой – адаптацию к внутренним ресурсным ограничениям [14–19].

Так, в работах [16, 17] представлены модели организации процессов функционирования АИС МП на основе прогнозно-адаптивных систем с обратной связью; в работах [14, 18] методы определения приоритетов расчетно-информационных задач на основе ситуационно-прогностического анализа текущих внешних условий; в работах [15, 19] предложения по адаптации ЕТЦ к текущим ресурсным возможностям АИС МП.

Таким образом, стоит задача обоснованного объединения указанных элементов научно-методического аппарата в виде технологии организации процессов функционирования АИС МП в условиях ресурсных ограничений на основе адаптации ЕТЦ обработки данных к текущим внешним условиям.

Постановка задачи выбора стратегии управления комплексной обработкой данных дистанционного зондирования Земли в системах мониторинга и прогнозирования потенциально-опасных процессов

Потенциальные возможности АИС МП при решении поступающих РИЗ оцениваются показателем результативности в соответствии с формулой [16, 17]:

$$R(t) = \frac{\sum_{i=1}^{I(t)} \xi_i K_{полн,i} K_{акт,i}}{\sum_{i=1}^{I(t)} \xi_i}, \qquad (1)$$

где $I(t)$ – количество вновь поступивших РИЗ ко времени t;

ξ_i – приоритет РИЗ, $\xi_i \in [0,1]$, который задается перед началом решения РИЗ;

$K_{полн,i}$ – коэффициент полноты результатов решения РИЗ к моменту времени t, т. е. $K_{полн,i} \in [0,1]$;

$K_{акт,i}$ – степень актуальности результатов решения РИЗ к моменту времени t, т. е. $K_{акт,i} \in [0,1]$.

Значение показателя результативности $R(t)$ можно увеличить путем реализации технологии обоснованного увеличения числа вовремя решенных РИЗ с бо́льшим значением приоритета или обеспечения максимально возможной полноты результатов их решения, при этом исходными данными для этого являются характеристики поступающих расчетно-информационных задач, а также текущее значение показателя результативности функционирования АИС МП.

В условиях доступности всех ресурсных модулей для достижения максимального значения показателя результативности требуется обеспечить последовательное информационное взаимодействие тех из них, которые требуются для ее решения. Этот подход гарантирует, что решение расчетно-информационных задач будет осуществляться с максимальной полнотой и нормативным временем (значения параметров $K_{полн,i}$ и $K_{акт,i}$ в этом случае в выражении (1) будут равны единице).

Однако с увеличением числа поступающих задач будут возникать и в дальнейшем увеличиваться противоречия между производительностью ресурсных модулей АИС МП и числом задач, находящихся в очереди на обработку [15, 16, 20, 21]. В итоге, как следует из результатов имитационного моделирования, часть РИЗ не будет решена в нормативные или приемлемые сроки.

Перспективным способом, который позволит разрешить такое противоречие, может служить адаптивное применение следующих оптимизационных стратегий управления (под адап-

тивностью здесь понимается зависимость от текущих изменений показателя результативности функционирования АИС МП):

1) первоочередное принятие в работу РИЗ с более высоким приоритетом;

2) исключение из информационных потоков тех ресурсных модулей, которые в настоящий момент времени заблокированы решением других задач, но при этом вносят относительно небольшой вклад в итоговый результат;

3) комплексная стратегия, которая предполагает последовательное применение сначала первой оптимизационной стратегии, а потом второй.

Данные стратегии имеют принципиальные отличия, которые представлены в работе [16] и заключаются в следующем.

Первая оптимизационная стратегия предполагает, что увеличение результативности осуществляется за счет того, что низкоприоритетные задачи в условиях дефицита ресурсных модулей не будут решены, тем не менее, для остальных задач будет обеспечена достаточная полнота результатов решения и в допустимые сроки.

Вторая оптимизационная стратегия предполагает последовательное взятие в работу РИЗ и исключение из информационных потоков при ее решении ресурсных модулей, которые заблокированы решением других задач. В итоге за счет уменьшения полноты результатов решения РИЗ (относительно первой стратегии) будет обеспечено ускоренное ее решение, таким образом очередь к ресурсам АИС МП будет двигаться быстрее.

Третья стратегия является совокупностью первых двух, при этом сначала выполняются действия в рамках первой оптимизационной стратегии, а затем – второй.

Таким образом, первая оптимизационная стратегия в условиях дефицита ресурсов АИС МП оказывает влияние на показатель результативности $R(t)$ за счет возрастания числа нерешенных низкоприоритетных задач, а вторая стратегия оказывает влияние на данный показатель путем снижения полноты результатов решения РИЗ.

Тем самым, в рамках разрабатываемой технологии управления ресурсами обработки данных АИС МП требуется осуществлять обоснованный выбор одной из указанных выше оптимизационных стратегий.

Характеристика технологии управления ресурсами обработки данных системы мониторинга и прогнозирования потенциально-опасных процессов с учетом ее текущих ресурсных возможностей и внешних условий

Обозначим следующим образом исходные данные и целевое значение показателя результативности функционирования АИС МП.

$R_{цели}$ – требования к минимальному значению показателя результативности;

$z_i = (t_i, m, K_{полн,i}, K_{акт,i}, \xi_i)$ – характеристики отдельных РИЗ (m — тип задачи);

Ω, $\Theta(t)$ – перечень и текущая доступность ресурсных модулей АИС МП;

$W_{Б,i} = f(\Omega, z_i)$ – базовые планы решения РИЗ (последовательность задействования ресурсных модулей в информационных потоках в условиях доступности каждого из них);

$W_i = f(W_{Б,i}, \Theta(t))$ – рабочие планы решения РИЗ (последовательность задействования ресурсных модулей в информационных потоках в условиях применения алгоритмов второй оптимизационной стратегии).

На основе этих исходных данных в работах [14–16] была разработана система моделей и критериальная база обоснования выбора способов управления функционированием АИС МП.

При управлении функционированием АИС МП можно выделить два этапа:

– адаптация к текущим внешним условиям (условиям обстановки);

– адаптация к ресурсным возможностям АИС МП.

При этом на первом этапе управления применяются критерии формирования очереди РИЗ к ресурсам обработки, а на втором – критерии формирования рабочего плана решения РИЗ.

При формировании очереди РИЗ используются следующие критерии:

1) критерий формирования очереди без оптимизации; в этом случае все поступающие РИЗ становятся в конец очереди;

2) критерий приоритета РИЗ с максимальной значимостью; в этом случае осуществляется модификация очереди на основе методов, представленных в работах [15, 19].

При формировании рабочего плана решения РИЗ используются следующие критерии:

3) критерий формирования рабочего плана без оптимизации; в этом случае в качестве рабочего применяется базовый план решения РИЗ;

4) критерий обеспечения требуемого уровня полноты результатов решения РИЗ; в этом случае осуществляется корректировка базового плана на основе метода, рассмотренного в работах [15, 19].

Кроме того, существует один общий критерий:

5) критерий максимума производительности, при котором последовательно применяются сначала алгоритмы корректировки очереди обработки, а затем — базового плана решения РИЗ.

Разработанная критериальная база связана с этапами управления, как показано на рис. 1.

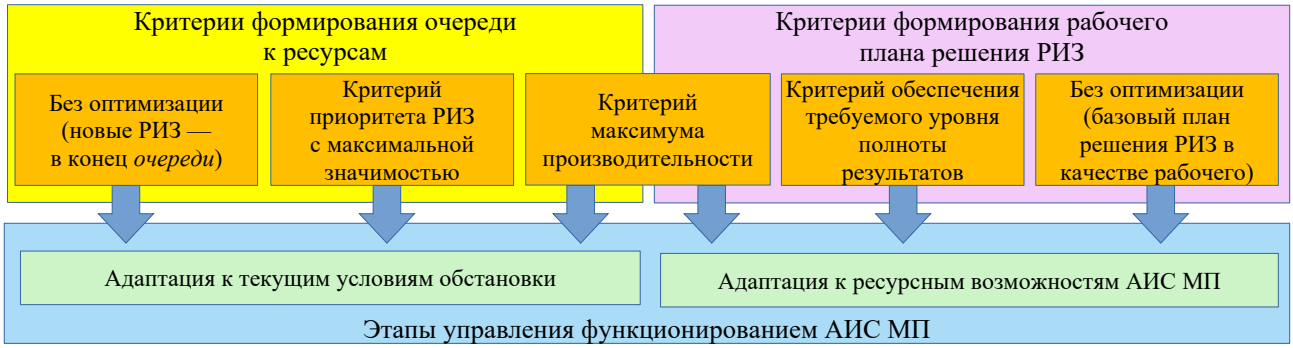

Рис. 1. Взаимосвязь критериев и этапов управления функционированием автоматизированными системами мониторинга и прогнозирования потенциально-опасных процессов

Таким образом, выбранная система критериев включает в свой состав, с одной стороны, один из критериев формирования очереди РИЗ к ресурсам обработки, а с другой – один из критериев формирования рабочего плана решения РИЗ.

Рассмотрим параметры управления функционированием АС ППР:

$R(t)$ – текущее значение показателя результативности [15];

$X_{min}=\{x^{(m)}\}$, $x^{(m)}\in[0,1]$ – минимальное значение вклада ресурсного модуля в решение задачи m-го типа, при котором он может быть исключен из плана решения РИЗ;

$\Delta_{max}=\{\delta^{(m)}_{max}\}$ – максимальное время ожидания доступности ресурсного модуля при решении задачи m-го типа, при превышении которого он может быть исключен из плана решения РИЗ;

$\Xi\in[0,1]$ – порог повышения приоритета РИЗ в очереди к ресурсам;

$\Psi\in[0,1]$ – порог величины причинно-следственной связи (ПСС) для изменения значения приоритета расчетно-информационной задачи [15, 16].

В процессе управления функционированием АИС МП осуществляется мониторинг текущего значения показателя результативности (1) и в случае выхода его за пределы допустимых значений ($R_{цели}$) осуществляется корректировка параметров управления.

Структурно-функциональная схема предлагаемой технологии управления комплексной обработкой данных ДЗЗ в АИС МП с учетом ее ресурсных возможностей и текущих внешних условий приведена на рис. 2.

В основе организации процессов функционирования АИС МП лежит специализированная подсистема (подсистема управления), в которой последовательно реализуются следующие процедуры:

– выбор способа формирования очереди РИЗ к ресурсам системы обработки;

– выбор способа формирования рабочего плана решения РИЗ.

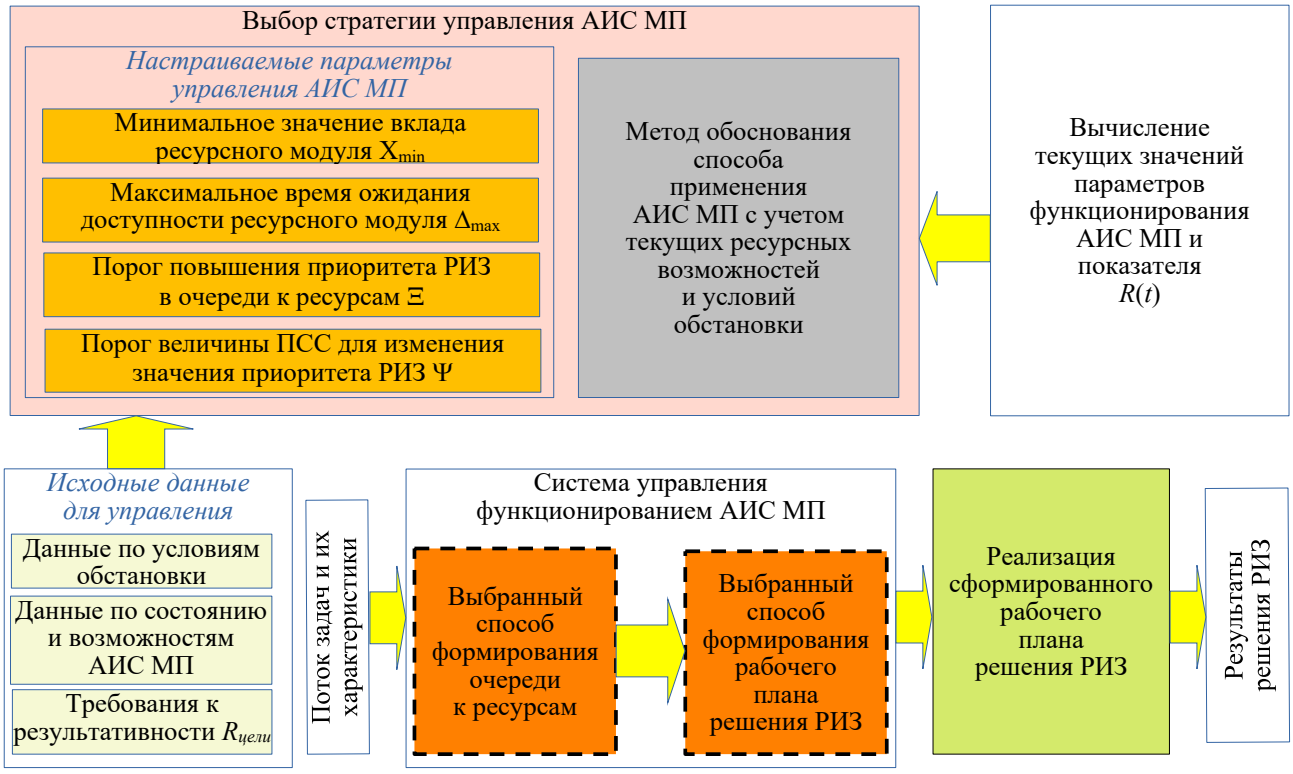

Рис. 2. Структурно-функциональная схема технологии управления ресурсами обработки данных ДЗЗ в автоматизированных системах мониторинга и прогнозирования потенциально-опасных процессов

В основе организации процессов функционирования АИС МП лежит специализированная подсистема (подсистема управления), в которой последовательно реализуются следующие процедуры:

– выбор способа формирования очереди РИЗ к ресурсам системы обработки;

– выбор способа формирования рабочего плана решения РИЗ.

На первом этапе управления осуществляется определение необходимости повышения приоритета поступившей задачи на основе ситуационно-прогностического анализа причинно-следственных связей между объектами мониторинга в рамках наблюдаемых потенциально-опасных процессов [15, 16]. Если такая связь (связи) имеется, то в соответствии с текущими значениями настраиваемых параметров управления осуществляется изменение приоритета рассматриваемой задачи.

На втором этапе управления осуществляется определение необходимости исключения из рабочего плана решения РИЗ (изначально в качестве рабочего принимается базовый план, в который включены все необходимые ресурсы) недоступных ресурсов.

Данный этап реализуется на основе модели, характеристика которой представлена в работах [15, 16].

На завершающем этапе осуществляется постановка задачи в очередь (с учетом измененного значения ее приоритета) и реализация сформированного рабочего плана решения РИЗ, а также верификация текущего значения показателя результативности функционирования АИС МП.

Далее, на основе этого анализа при необходимости выполняется корректировка параметров управления в подсистеме выбора стратегии управления и происходит переход на следующий цикл.

Таким образом, формируется общая логика управления функционированием АИС МП в условиях дефицита ее ресурсных возможностей и высокой частоты изменений в ходе протекания процессов природного и техногенного происхождения

Результаты имитационного моделирования

В работах [20, 21] представлены описание и реализация программного обеспечения, которое обеспечивает имитационное моделирование процессов обработки данных рассмотренной в данной статье технологии и на основе которого был проведен эксперимент по отработке сценариев организации процесса решения РИЗ:

– без использования предлагаемой технологии;

– с использованием предлагаемой технологии (в рамках этого сценария оценивалось влияние разных вариантов значений параметров управления).

В соответствии с первым сценарием рабочие планы решения поступающих РИЗ формировались таким образом, чтобы задачи выполнялись последовательно, к отработке следующих задач ресурсы, привлекаемые в ходе эксперимента, приступали по мере выполнения предыдущих задач, задействовались все требуемые ресурсы.

В рамках второго сценария было опробованы следующие варианты управления:

1) вариант, настройки которого предполагали управление функционированием АИС МП преимущественно по критерию обеспечения требуемого уровня полноты результатов решения задач.

Данный вариант заключался в том, что при дефиците ресурсных возможностей из рабочего плана решения РИЗ исключались ресурсные модули, соответствующие следующим условиям:

– заняты участием в информационных потоках в рамках решения других задач;

– будут доступны не ранее ближайших 3 часов;

– вклад в результат решения РИЗ не превышает двадцати процентов.

Также модифицировалась очередь обработки путем перемещения ближе к ее началу задач, приоритет которых составлял не менее 0,2;

2) вариант, настройки которого предполагали управление функционированием АИС МП преимущественно по критерию приоритета расчетно-информационных задач с максимальной значимостью.

В данном случае при дефиците ресурсных возможностей из рабочего плана решения РИЗ исключались ресурсные модули, соответствующие следующим условиям:

– заняты участием в информационных потоках в рамках решения других задач;

– будут доступны не ранее ближайших 5 часов;

– вклад в результат решения РИЗ не превышает десяти процентов.

Также модифицировалась очередь обработки путем перемещения ближе к ее началу задач, приоритет которых составлял не менее 0,05;

3) вариант, настройки которого предполагали управление функционированием АИС МП по критерию максимума производительности.

В данном случае при дефиците ресурсных возможностей из рабочего плана решения РИЗ исключались ресурсные модули, соответствующие следующим условиям:

– заняты участием в информационных потоках в рамках решения других задач;

– будут доступны не ранее ближайших 4 часов;

– вклад в результат решения РИЗ не превышает 20 %.

Также модифицировалась очередь обработки путем перемещения ближе к ее началу задач, приоритет которых составлял не менее 0,1.

Значения настраиваемых параметров для каждого варианта управления для наглядности сведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика варианта управления

№ варианта	Вариант	X_{min}	Δ_{max}	χ_{min}	Ξ
1	Управление на основе критерия обеспечения требуемого уровня полноты результатов	0,2	3 ч.	0,8	0,2
2	Управление на основе критерия приоритета РИЗ с максимальной значимостью	0,1	5 ч.	0,9	0,05
3	Управление на основе критерия максимума производительности	0,2	4 ч.	0,8	0,1

Количество РИЗ, результаты решения которых удалось получить, оформить и передать потребителям в требуемом объеме за требуемое время для различных стратегий управления, представлено в табл. 2.

Таблица 2

Сравнение результатов эксперимента по отработке расчетно-информационных задач с использованием и без использования предлагаемой технологии

Типы задач	Приоритет	Количество за эксперимент	Интенсивность / сутки	Из них решено			
				без НМА	со стр. 1	со стр. 2	со стр. 3
Разработка фотодокумента на объект мониторинга	0,15	27	7	16	20	22	24
Определение изменений текущей обстановки на территории расположения объектов мониторинга	0,25	11	3	10	11	11	11
Разработка электронной схемы объекта мониторинга	0,2	15	4	10	13	14	15
Уточнение данных по объектам мониторинга первого приоритета	0,11	20	5	12	14	15	17
Уточнение данных по объектам мониторинга второго приоритета	0,03	12	3	7	7	6	7
Уточнение данных по объектам мониторинга третьего приоритета	0,02	12	3	8	8	7	8
Разработка ГИС-модели объекта мониторинга	0,1	5	5	3	3	4	4
Расчет маршрутов движения аварийных служб к объекту мониторинга	0,1	15	4	11	12	12	14
Расчет зон проходимости местности на маршруте движения к объекту мониторинга	0,05	21	5	16	16	16	17
Расчет свойств рельефа местности	0,03	25	6	18	18	18	18
Расчет степени работоспособности объекта мониторинга	0,05	4	1	3	3	3	4
Расчет оптимального размещения аварийных служб	0,01	5	1	3	3	4	4
Прогнозирование развития обстановки на территории объектов мониторинга	0,1	15	4	14	15	15	15

Таким образом, в ходе проведенного эксперимента установлено, что результативность функционирования АИС МП с предлагаемой технологией может быть увеличена в среднем на 15–20 % в зависимости от выбранной стратегии управления.

Заключение

Предложенная технология позволяет повысить результативность функционирования АИС МП в ходе решения расчетно-информационных задач поддержки принятия решений при управлении протеканием процессов природного и техногенного происхождения путем адаптации процессов комплексной обработки данных к текущим внешним и внутренним условиям и ресурсным ограничениям. В зависимости от выбранных параметров управления, результативность может быть увеличена на 15–20 % по сравнению с существующими способами управления функционированием систем такого класса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпик А. П., Мусихин И. А., Ветошкин Д. Н. Интеллектуальные информационные модели территорий как эффективный инструмент пространственного и экономического развития // Вестник СГУГиТ. – 2021. – Т. 26 – № 2. – С. 155–163. – DOI 10.33764/2411-1759-2021-26-2-155-163. – EDN FXIMIO.

2. Филиппов Д. В., Чурсин И. Н., Рулев Д. Д. Применение методов комплексной обработки данных дистанционного зондирования Земли для изучения процессов окарбоначивания почв с искусственным орошением // Вестник СГУГиТ. – 2023. – Т. 28 – № 1. – С. 80–91. – DOI 10.33764/2411-1759-2023-28-1-80-91. – EDN CLTVKF.

3. Зулин К. А., Кулик Е. Н. Использование данных дистанционного зондирования SENTINEL-2B для мониторинга последствий разливов нефти // Вестник СГУГиТ. – 2023. – Т. 28 – № 2. – С. 60–66. – DOI 10.33764/2411-1759-2023-28-2-60-66. – EDN ZCAIJH.

4. Хлебникова Т. А., Арбузов А. С., Лисицкий Д. В., Оприпова О. А. Использование материалов БВС для выявления фактов нарушения земельного законодательства на территории г. Новосибирска // Вестник СГУГиТ. – 2023. – Т. 28 – № 5. – С. 33–40. – DOI 10.33764/2411-1759-2023-28-5-33-40. – EDN IUQPHR.

5. Долгополов Д. В., Никонов Д. В., Полуянова А. В., Мелкий В. А. Возможности визуального дешифрирования магистральных трубопроводов и объектов инфраструктуры по спутниковым изображениям высокого и сверхвысокого пространственного разрешения // Вестник СГУГиТ. – 2019. – Т. 24 – № 3. – С. 65–81. – DOI 10.33764/2411-1759-2019-24-3-65-81. – EDN BQCQZY.

6. Гордиенко А. С., Ткач А. В. Исследование состояния окружающей среды в районе нефтеразработок по космическим снимкам // Вестник СГУГиТ. – 2022. – Т. 27 – № 6. – С. 55–63. – DOI 10.33764/2411-1759-2022-27-6-55-63. – EDN UURWSZ.

7. Севастьянов Н. Н., Баранец В. Н., Панченко В. А., Казинский Н. В., Кондранин Т. В., Негодяев С. С. Анализ современных возможностей создания малых космических аппаратов для дистанционного зондирования Земли // Труды МФТИ., 2009. – Т. 1 – № 3. – С. 14–22. – EDN LKGAVL.

8. Макриденко Л. А., Волков С. Н., Ходненко В. П. Концептуальные вопросы создания и применения малых космических аппаратов // Вопросы электромеханики, 2010. – Т. 114. – С. 15–26. – EDN MBBZTV.

9. Савиных В. П., Кучко А. С., Цветков В. Я. Геоинформацинный анализ данных дистанционного зондирования. – М. : Картгеоцентр-Геодезиздат, 2001. – 228 с.

10. Шовенгердт Р. А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. – М. : Техносфера, 2010. – 560 с. – ISBN 978-5-94836-244-1. – EDN QKJHWF.

11. Белый А. А., Лошкарев П. А., Пушкарский С. В. Перспективы развития технологий ЕТРИС ДЗЗ // Дистанционное зондирование Земли из космоса. – 2022. – № 1. – С. 40–51.

12. Дейвис Ш. М., Ландгребе Д. А., Филлипс Т. Л. и др. Дистанционное зондирование: количественный подход. – М. : Недра, 1983. – 396 с.

13. Lee D. S., Shen J., Bethel J. S. Cluss-guided building extraction from Ikonos imagery // Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. – 2003. – Vol. 69 (2). – P. 143–150. – DOI 10.14358/PERS.69.2.143.

14. 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. – EDN QPGOJT.

15. 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. – EDN ERMTZE.

16. 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. –EDN LPNSMW.

17. 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. – DOI 10.15217/issnl684-8853.2017.2.51. – EDN YLILTB.

18. 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. – EDN UPSRXK.

19. Карин С. А., Бережной И. В. Технология обработки данных в сетецентрических системах сбора, обработки и анализа разнородной геопространственной информации // Естественные и технические науки. – М. : Спутник+, 2016. – № 6. – С. 141–143. – EDN WJUIAZ.

20. Программный комплекс обработки геопространственных данных в типовых территориально-распределенных защищенных автоматизированных системах сбора и обработки разнородной информации : а. с. 2014618310 RU. (DynamicGIS) / С. А. Карин (RU). – № 2014615830; заявл. 18.06.2014; опубл. 20.09.2014.

21. Программная библиотека формирования динамических очередей обработки разнородных данных в типовых территориально-распределенных защищенных автоматизированных системах сбора и обработки разнородной информации: а.с. 2014618196 RU. (DynamicQueue) / С. А. Карин (RU). – № 2014616224; заявл. 18.06.2014; опубл. 20.09.2014.

Об авторах

Сергей Александрович Карин – кандидат военных наук, доцент, доцент кафедры оптико-электронных средств.

Получено 17.04.2024

© *С. А. Карин, 2025*

Technology for managing complex processing of earth remote sensing data in systems for monitoring and forecasting potentially dangerous processes of natural and man-made nature with considering their current resource capabilities

S. A. Karin[1]✉

[1] Mozhaisky Military Space Academy, Saint Petersburg, Russian Federation

e-mail: sergey.karin@gmail.com

Abstract. The article proposes a technology for managing the complex processing of Earth remote sensing data when solving calculation and information problems for calculating quantitative and qualitative indicators of the current situation and predicting the course of processes of natural and man-made origin. The proposed technology is based on the implementation and selection of optimization strategies for managing data processing, including the strategy for forming a queue of incoming calculation and information tasks, as well as the strategy for organizing information flows when solving them. Using the software developed by the author, an experiment was carried out and the results of simulation modeling of data processing processes based on the control strategies proposed in the article were presented. Based on the results obtained as part of the experiment, it is concluded that the use of the technology considered makes it possible to increase the effectiveness of solving calculation and information problems under conditions of resource limitations by adapting complex data

processing processes to current external and internal conditions. Depending on the selected control parameters, efficiency can be increased by 15-20% compared to existing methods of controlling the functioning of systems of this class.

Keywords: Integrated data processing, control strategies, remote sensing of the Earth, adaptive control, calculation and information tasks, monitoring objects, resource modules

REFERENCE

1. Karpik, A. P., Musikhin, I. A., & Vetoshkin D. N. (2021) "Smart information models as an effective tool of regional spatial and economic development". *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 26, (2), pp. 155–163., DOI 10.33764/2411-1759-2021-26-2-155-163. EDN FXIMIO[in Russian].

2. Filippov, D. V., Chursin, I. N., Rulev, D. D., & Boyarenkova, A. D. (2023) "Implementation of complex methods of earth's remote sensing data processing for studying carbonation processes of soils with artificial irrigation". *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 28(1), pp. 80–91., DOI 10.33764/2411-1759-2023-28-1-80-91. EDN CLTVKF [in Russian].

3. Zulin, K. A., & Kulik, E. N. (2023) "Oil spill monitoring using SENTINEL-2B remote sensing data" *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 28(2), pp. 60–66., DOI 10.33764/2411-1759-2023-28-2-60-66. EDN ZCAIJH [in Russian].

4. Khlebnikova, T. A., Arbuzov, S. A., Lisitsky, D. V., & Opritova, O. A. (2023) "The use of UAS materials to identify facts of land legislation violation in the territory of Novosibirsk" *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 28(5), pp. 33–40., DOI 10.33764/2411-1759-2023-28-5-33-40. EDN IUQPHR [in Russian].

5. Dolgopolov, D. V., Nikonov, D. V., Poluianova, A. V., & Melkii, V. A. (2019). "Possibilities of visual interpretation of main pipelines and infrastructure facilities using satellite images of high and ultra-high spatial resolution". *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 24(3), pp. 65–81 DOI 10.33764/2411-1759-2019-24-3-65-81. EDN BQCQZY [in Russian].

6. Gordienko, A. S., & Tkach, A. V. (2022) "Study of the state of the environment in the area of oil production using space images" *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 27(6), pp. 55–63 DOI 10.33764/2411-1759-2022-27-6-55-63. EDN UURWSZ [in Russian].

7. Sevast'ianov, N. N., Branets, V. N., Panchenko, V. A., & et al. (2009) Analysis of the Current Capabilities of Small Satellites to Create a Remote Sensing. Trudy MFTI, 1(3), pp. 14–22. EDN LKGAVL [In Russian].

8. Makridenko, L. A., Volkov, S. N., & Khodnenko, V. P. (2010). Conceptual Questions of Creation and Application of Small Satellites. Voprosy elektromekhaniki, 114, pp. 15–26. EDN MBBZTV[In Russian].

9. Savinykh, V. P., & Tsvetkov, V. Y. (2011). Geoinformation analysis of remote sensing data. Moscow: Kartgeocentr-Geodezizdat, 228 p. [in Russian].

10. Shovengerdt, R. A. (2010).Remote sensing. Models and methods of image processing. Moscow: Tekhnosfera, 560 p. EDN QKJHWF [in Russian].

11. Belyi, A. A., Loshkarev, P. A., & Pushkarskii, S. V.(2020). "Prospects for technology development of United geographically distributed Earth remote sensing from space information system" *Distantsionnoe zondirovanie Zemli iz kosmosa [Earth remote sensing from space]*, 1, pp.40–51. [in Russian].

12. Davis, S. M.; Landgrebe, D. A.; Phillips, T. L.; Swain, P. H.; Hoffer, R. M.; Lindenlaub, J. C.; & Silva, L. F. (1983). Remote sensing: The quantitative approach. New York, McGraw-Hill International Book Co., 405 p. [in Russian].

13. Lee, D. S., Shen, J., & Bethel, J. S. (2003). Cluss-guided building extraction from Ikonos imagery. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 69 (2)., pp. 143–150.DOI 10.14358/PERS.69.2.143

14. Alferov, A.V., Karin, A. I., Karin, S. A., & Oktyabrsky., V. V. (2021). The method of adaptive determination of priorities for information and computational tasks in monitoring systems for poten-

tially hazardous natural and man-made processes in conditions of limited resources // Proceedings of the Military Space Academy. Issue 676. St. Petersburg: VKA im. A.F. Mozhaisky, pp. 95–104. EDN QPGOJT [In Russian].

15. Karin, S. A., & Karin, A. I. A method for improving the efficiency of complex processing of Earth remote sensing data in solving problems of monitoring spatial objects *Nauchno-tekhnicheskiy vestnik informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki. [Scientific and technical bulletin of information technologies, mechanics and optics]*. 22(4). P. 691–698. DOI 10.17586/2226-1494-2022-22-4-691-698. EDN ERMTZE[In Russian].

16. Karin, A. I., Karin, S. A., & Oktyabrsky, V. V. (2019). Models of adaptive control of the functioning of systems for complex processing of geospatial data in solving problems of monitoring geographically distributed objects. *Izvestiya Voyenno-kosmicheskoy akademii. [Proceedings of the Military Space Academy.],* St. Petersburg: VKA im. A.F. Mozhaisky, 671, P. 314–325. EDN LPNSMW [In Russian].

17. Karin, S. A. (2017). Operational-temporal model of the functioning of systems for complex processing of geospatial data in the conditions of a shortage of their resources. *Informatsionnyye i upravlyayushchiye sistemy. [Information and Control Systems],* 2017, 2, P. 51–57. EDN YLILTB [In Russian].

18. Berezhnoy, I. V., Karin, A. I., & Karin, S. A. Algorithms for complex processing of geoinformation in systems for special purposes *Izvestiya Voyenno-kosmicheskoy akademii. [Proceedings of the Military Space Academy.]*, St. Petersburg: VKA im. A.F. Mozhaisky, 2018., 660. P. 73–78. EDN UPSRXK [In Russian].

19. Karin, S. A., & Berezhnoy, I. V. Data processing technology in network-centric systems for collecting, processing and analyzing heterogeneous geospatial information *Yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki [Natural and technical sciences]*. - M, publishing house "Sputnik +, 2016., 6. pp. 141–143. EDN WJUIAZ [In Russian].

20. Karin, S. A. *Patent RF No 2014615830.* IP Russian Federation.

21. Karin, S. A. *Patent RF No 2014618196.* IP Russian Federation.

Author details

Sergey A. Karin – Ph. D., Associate Professor, Department of Optoelectronic Devices and Systems.

Receives 17.04.2024

© *S. A. Karin*, 2025