

Информационная система дистанционного зондирования Земли, описывающая быстроразвивающиеся опасные природные явления

В. П. Саворский

*Институт радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова РАН,
Фрязинский филиал, Фрязино, 141190, Московская обл., Россия
E-mail: savor@inbox.ru*

В работе предложены подходы к модернизации каталожной и архивной информационных систем дистанционного зондирования Земли (ИС ДЗЗ), а также системы распределения данных спутниковых наблюдений и результатов их обработки. Цель работы заключается в модернизации архитектуры ИС ДЗЗ для её эффективного функционирования при обслуживании массовых запросов в условиях чрезвычайных ситуаций. В результате реализованы следующие шаги по модернизации ИС ДЗЗ:

- 1) разработана и методически обоснована система размещения данных на архивных носителях в соответствии с необходимостью повышения скорости получения ответов на потенциальные запросы в чрезвычайных ситуациях, эта система обеспечивает упреждающее (т. е. предсобытийное) функционирование ИС ДЗЗ;
- 2) разработана и методически обоснована система размещения данных на архивных носителях, эта система обеспечивает автоматическое реагирование ИС ДЗЗ на наступившее событие (т. е. это постсобытийное функционирование системы);
- 3) выработаны предложения для формирования как постсобытийных, так и предсобытийных рангов данных.

Ключевые слова: опасные природные явления, дистанционное зондирование, информационная система, чрезвычайная ситуация

Одобрена к печати: 12.12.2020

DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-7-94-104

Введение

Второе десятилетие XXI в. охарактеризовалось взрывным ростом объёмов информации о состоянии природных оболочек Земли, прежде всего за счёт развития передовых инновационных технологий в исследованиях Земли из космоса. Этот рост был замечен, как было показано в статье (Лупян и др., 2012), уже в 2010–2011 гг. и в настоящее время подтверждается увеличением объёма архивов Европейского космического агентства (*англ.* European Space Agency — ESA) и НАСА (Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства, *англ.* NASA — National Aeronautics and Space Administration) за последнее десятилетие (NASA..., 2019; Taverner, Barry, 2020). В частности, к настоящему времени ежегодный прирост объёма каждой из этих систем превысил 3,5 Пбайт в год. Аналогичные показатели имеет и отечественная система космических данных «Вега-Science», созданная в Институте космических исследований РАН (ИКИ РАН) в рамках Центра коллективного пользования (ЦКП) «ИКИ-Мониторинг» (Лупян и др., 2019). То есть в процессе развития информационных систем дистанционного зондирования Земли (ИС ДЗЗ) нужно рассчитывать на то, чтобы они обеспечивали работу с большими объёмами данных (Big Data). А именно, они должны включать в себя приложения, ориентированные на интенсивную работу с данными, т. е. DC-приложения (DC — Data-Intensive Computing) (Chen, Zhang, 2014). Это связано с тем, что DC-приложения основную часть своего рабочего времени тратят на процедуры ввода-вывода данных и на другие манипуляции с ними (см. справочник (Middleton, 2010)), что, в общем, является характерным свойством информационных систем ДЗЗ, особенно ориентированных на работы в условиях чрезвычайных быстроразвивающихся ситуаций.

Данные спутниковых наблюдений играют ключевую роль в быстрой, оперативной и желательной своевременной оценке последствий стихийных бедствий, поскольку, как подчёркивается в публикации (Plank, 2014), наибольшее число жертв за период с 1990 по 2010 г. было вызвано именно быстропротекающими опасными природными явлениями. В частности, на это указывают последствия таких стихийных бедствий, как землетрясения и тропические циклоны (тайфуны и ураганы). При этом следует учесть, что глобальная изменчивость вызывает увеличение как частоты, так и интенсивности катастрофических ливней и тропических циклонов, что приводит к росту числа наводнений и повышению степени разрушений, которые они вызывают (Managing..., 2012; Yang et al., 2019). Кроме того, эти опасные природные явления повышают частоту и вторичных разрушительных процессов, например таких, как оползни, инициируемые мощными проливными дождями (Plank, 2014). Именно поэтому обеспечение быстрой и своевременной информационной поддержки спасательных операций путём предоставления актуальных карт зон, подвергшихся воздействию опасных природных явлений, имеет такое большое значение. Важно, что при этом наряду с выявлением и оценкой ущерба в пострадавших районах специализированные информационные системы ДЗЗ должны также способствовать выяснению, какая часть инфраструктуры в зоне стихийного бедствия пригодна для использования при проведении спасательных и восстановительных работ (Dong, Shan, 2013).

Наряду с этим стихийные бедствия естественного происхождения, такие как землетрясения, цунами, циклоны (в особенности тропические), наводнения, паводки, лесные пожары, при которых реальная ситуация кардинально меняется в течение секунд (как при землетрясениях), минут (при прохождении цунами) или часов (при наводнениях и паводках) (Биненко и др., 2004; Стихийные..., 2012), существенно увеличивают социальную напряжённость и, как следствие, интенсивность потока запросов к ИС ДЗЗ (Yu et al., 2018, 2019). Причиной такого значительного увеличения потока запросов является то, что потребители информации ДЗЗ зачастую рассматривают ИС ДЗЗ как систему раннего предупреждения, предоставляющую «своевременную и эффективную информацию» (UNISDR..., 2004) о зоне стихийного бедствия.

Указанные выше особенности взаимодействия потребителей с ИС ДЗЗ задают необходимость создания специализированных ИС ДЗЗ, обеспечивающих пользователей быстрыми ответами даже в условиях лавинообразного роста запросов непосредственно после наступления стихийного бедствия. Учитывая, что данного рода системы, а именно ИС ДЗЗ УЧС (условия чрезвычайных ситуаций), т. е. ИС ДЗЗ, эффективно функционирующие при обслуживании массовых запросов в условиях чрезвычайных ситуаций, ориентированы на работу с большими объёмами данных как DC-приложения, необходимо при разработке такого рода систем уже на этапе базовой архитектуры обеспечивать минимизацию перемещения данных в процессах обработки, анализа и интерпретации данных спутниковых наблюдений.

Своевременное обеспечение пользователей информацией ДЗЗ предполагает минимизацию временных затрат на передачу данных потенциальным пользователям (Plank, 2014). Один из возможных способов уменьшения сроков поставки данных заключается в использовании автоматических вспомогательных процедур, являющихся инструментами для исключения или по крайней мере существенного уменьшения интерактивных фаз процедур передачи данных. Впервые прототип развиваемого в настоящей работе подхода был предложен и развит в статье (Savorskiy, Tishchenko, 2008). Указанные вспомогательные процедуры формируют систему для управляемой событиями пересортировки (ранжирования) данных в соответствии с особенностями происшедшего стихийного бедствия. В результате у потенциальных пользователей появляется возможность использовать ранги для выбора данных, наилучшим образом описывающих ситуацию в зоне стихийного бедствия (по критериям, используемым автоматической системой ранжирования!), тем самым уменьшая затраты пользовательского времени на получение информации, наиболее адекватно описывающей зону стихийного бедствия.

Для построения такой автоматической системы в работе (Savorskiy, Tishchenko, 2008) был введён объект (сущность) **Event**. Его атрибуты восстанавливаются по атрибутам объекта

(сущности) **Message**, которые формируются из сообщений, принимаемых из источников информации о стихийных бедствиях. Основная идея заключается в использовании атрибутов сущности **Event** для инициализации автоматических процедур подготовки специальных рангов, которые дают оценки данным в зависимости от их пригодности для описания стихийного бедствия (наиболее пригодные имеют наивысшую оценку).

Целью настоящей работы становится модернизация архитектуры ИС ДЗЗ для её эффективного функционирования при обслуживании массовых запросов в условиях чрезвычайных ситуаций. Именно массовость, т.е. существенное увеличение частоты запросов к ИС ДЗЗ, выступает следствием стихийного бедствия, которое вызывает у людей озабоченность, проявляющуюся в поиске различного рода актуальной информации о состоянии зоны стихийного бедствия. Это подтверждается результатами исследований, приведёнными в обзоре (McFarlane, 2005). В работе предложены подходы к модернизации каталожной и архивной информационных систем ДЗЗ, а также системы распределения данных.

Предлагаемая система становится расширением существующей ИС ДЗЗ, которая содержит наборы исторических данных ДЗЗ. Как основной прототип этой системы мы использовали систему космических данных «Вега-Science», созданную в ИКИ РАН в рамках ЦКП «ИКИ-Мониторинг» (Лупян и др., 2019).

Предлагаемое дооснащение ИС ДЗЗ базируется на следующих принципах:

- ИС использует существующие (исторические) наборы данных ДЗЗ;
- ИС функционирует в автоматическом (не интерактивном) режиме;
- ИС автоматически выдаёт ранги (оценки) пригодности данных ДЗЗ для описания стихийного бедствия;
- источники информационных сообщений о стихийных бедствиях открыто доступны в сети интернет;
- источники статистических данных о характеристиках стихийных бедствий доступны в открытых источниках (в том числе в сети интернет);
- доступные статистические данные о пользовательских предпочтениях по пригодности данных для описания стихийных бедствий можно использовать без ограничений.

Описание принципиальной архитектуры является содержанием разд. «Архитектура ИС ДЗЗ...», где приведены принципиальные узлы системы и связи между ними. Разделы «Предсобытийные средства ИС ДЗЗ УЧС» и «Постсобытийные средства ИС ДЗЗ УЧС» содержат описания компонентов системы, в которых реализованы сервисы, обеспечивающие функционирование системы перед событиями и после них. Раздел «Проверка реализуемости» содержит краткое описание проверки реализуемости функций, представленных в разделах «Предсобытийные средства ИС ДЗЗ УЧС» и «Постсобытийные средства ИС ДЗЗ УЧС».

Архитектура ИС ДЗЗ для работы в условиях чрезвычайных ситуаций

На *рис. 1* (см. с. 97) представлена архитектура ИС ДЗЗ УЧС.

Архитектурные особенности ИС ДЗЗ УЧС определены необходимостью обеспечивать быстрое и своевременное обслуживание потребителей в условиях, когда массивные потоки пользовательских запросов направлены в ИС после наступления стихийного бедствия. Как видно на *рис. 1*, в ИС ДЗЗ УЧС введён дополнительный сервисный слой между пользователем и частью ИС ДЗЗ УЧС, обеспечивающей типовые сервисы ИС ДЗЗ (типовые сервисы ИС ДЗЗ описаны, например, в работе (Лупян и др., 2019)). Для ясности на *рис. 1* штриховой вертикальной линией разделены часть ИС ДЗЗ УЧС (*слева*), поддерживающая типовые сервисы ИС ДЗЗ (*справа*), и часть, обеспечивающая поддержку расширенных для целей УЧС-сервисов.

Первая часть слоя расширенных сервисов включает программно-аппаратные средства, поддерживающие упреждающую подготовку системных ресурсов ИС ДЗЗ УЧС, т.е. подготовку перед событием («предсобытийную»). Понятие «событие» было введено в работе

(Savorskiy, Tishchenko, 2008) как сущность **Event**, однозначно характеризующая стихийное бедствие по его атрибутам: времени, месту, интенсивности, значимости*, типу. С этой целью предсобытийный менеджер (ПрСМ) оценивает ранг наборов данных по статистическим характеристикам вероятности запроса на данные, которые задаются статистиками наступления события и которые могут быть определены по историческим, модельным или коррелированным оценкам. Эти ранги используются для перекладки данных на архивных носителях. В результате такой перекладки данные с высокой вероятностью заказа размещаются на носителях с высокой скоростью доступа. Детальное описание функционирования ПрСМ и соответствующих разделов каталога и архива см. в разд. «Предсобытийные средства ИС ДЗЗ УЧС».

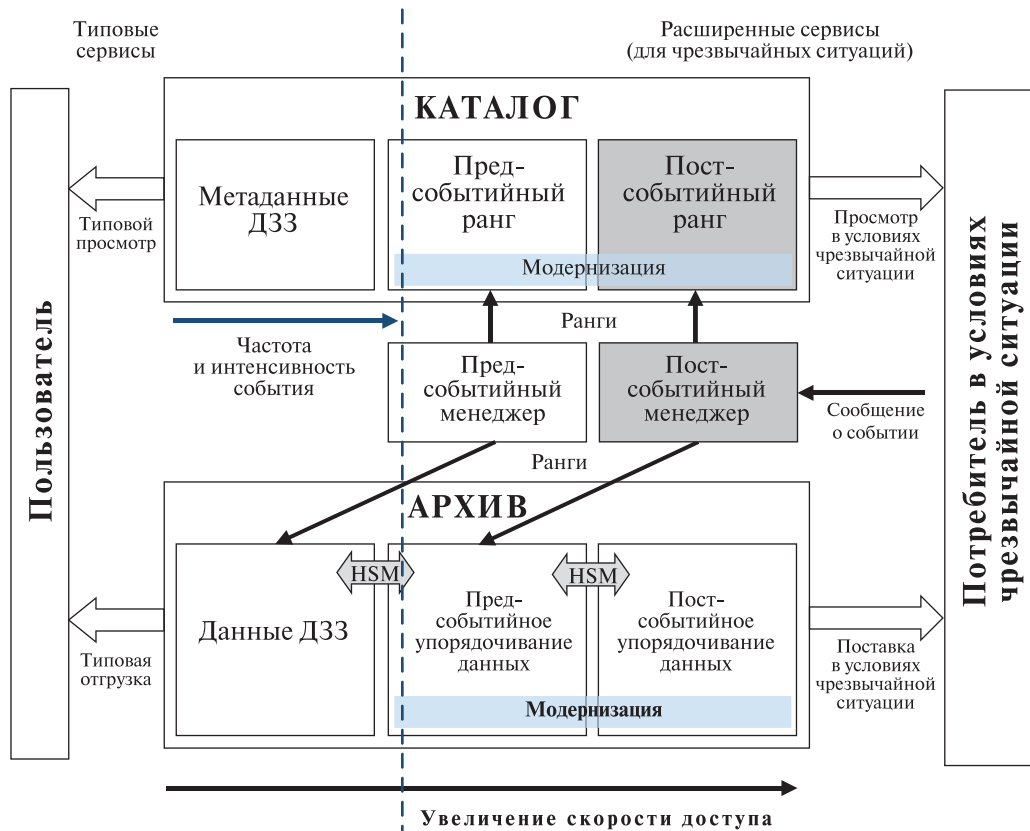


Рис. 1. Архитектура ИС ДЗЗ УЧС

Первая часть слоя расширенных сервисов ИС ДЗЗ УЧС включает постсобытийный менеджер (ПоСМ) и соответствующие части каталога и архива, как видно из рис. 1. Данная часть модернизации — это развитие подхода, описанного в работе (Savorskiy, Tishchenko, 2008) (отмечено серыми полями). В этой части расширенные сервисы включают введение новых атрибутов в каталог после того, как произошло событие (стихийное бедствие), т.е. в «постсобытийном» режиме. Эти атрибуты являются рангами, которые оценивают пригодность набора данных для описания произошедшего стихийного бедствия. Кроме того, эта часть модернизации ИС ДЗЗ включает разработку программно-аппаратных средств, обеспечивающих перемещение наиболее подходящих наборов данных на средства, обеспеченные высокой скоростью доставки данных потребителям. Детальное описание функционирования ПоСМ и соответствующих разделов каталога и архива см. в разд. «Предсобытийные средства ИС ДЗЗ УЧС».

Поддержка пред- и постсобытийной функциональности требует введения в каталог двух новых атрибутов: «предсобытийный» и «постсобытийный» ранги, которые генерируются

* Событие определяется значимым, если оно имеет интенсивность, превышающую предустановленный порог. При этом атрибут «значимость» задаётся значением “I” (Important).

ПрСМ и ПоСМ соответственно. Эти атрибуты выступают оценками (в форме ранга или степени) пригодности данного набора данных для описания предполагаемого, т. е. прогнозируемого (в случае «предсобытийного» ранга), или произошедшего (в случае «постсобытийного» ранга) стихийного бедствия. Оба эти атрибута дополняют и расширяют типовые наборы метаданных существующих ИС ДЗЗ (Лупян и др., 2019). Эти добавления не требуют перестройки структуры существующих каталогов и/или изменения их содержания. Но они требуют перестройки пользовательского интерфейса (просмотр в условиях чрезвычайной ситуации) с тем, чтобы обеспечить потенциальных пользователей возможностью выбора ранжированных данных, для которых ранги были подготовлены сервисами ПрСМ и ПоСМ ИС ДЗЗ УЧС.

Дооснащение архива ИС ДЗЗ заключается в установке дополнительных программно-аппаратных средств, которые обеспечивают пред- и постсобытийное перемещение (фактически перераспределение) данных в архиве таким образом, чтобы увеличить прогнозируемую скорость доступа к данным со стороны потенциальных пользователей. Пред- и постсобытийное перемещение данных производится в соответствии с рангами, которые выдают ПрСМ и ПоСМ. Важно также то, что перемещение данных инициируется самим событием, заключающимся в появлении либо изменении ранга хранимых в архиве данных. В отличие от каталожной системы при дооснащении архива происходит реальное перемещение самих данных (или по крайней мере их копий) с одних архивных носителей на другие, с тем чтобы оптимизировать процедуры распределения данных по заказам потребителей. Следует указать, что процедуры перемещения данных между архивными носителями аналогичны технологии Hierarchical Storage Management (иерархическое управление носителями), обеспечивающей миграцию данных между носителями с высокой и низкой скоростью доступа. Но в этом случае для оценок популярности данных (по оценке популярности принимается решение о перемещении данных) мы предлагаем использовать не только показатели наблюдаемой частоты запросов, но также и показатели предполагаемой (или ожидаемой) частоты запросов, которую мы определяем в рамках процедур прогнозирования, описанных ниже в разд. «Предсобытийные средства ИС ДЗЗ УЧС» и «Постсобытийные средства ИС ДЗЗ УЧС».

Предсобытийные средства ИС ДЗЗ УЧС

Предсобытийные средства ИС ДЗЗ УЧС включают следующие функциональные узлы:

- *Предсобытийный менеджер* (ПрСМ), который собирает информацию о частоте стихийных бедствий для участка, описываемого анализируемым набором данных ДЗЗ, оценивает ожидаемый ущерб, определяет пригодность и ранг потенциальной пригодности набора данных для наблюдения последствий стихийного бедствия;
- *Предсобытийный регистр рангов* (ПрРР), представляющий собой раздел каталога, в котором хранятся предсобытийные ранги данных ДЗЗ;
- *Предсобытийный буфер архива* (ПрБА), представляющий собой раздел архива, в котором размещаются данные с рангами, генерируемыми ПрСМ.

Сценарий работы ПрСМ

1. Для каждой заархивированной сцены (гранулы) из каталога восстанавливаются следующие атрибуты:
 - дата наблюдений,
 - географическое положение сцены,
 - тип сенсора или тип продукта ДЗЗ (для информационных продуктов, полученных в результате углублённой обработки данных ДЗЗ),
 - пространственное разрешение.
2. По историческим статистическим данным для каждой гранулы (по дате наблюдения и географическому положению) определяются частоты стихийных бедствий F_i , их ожидаемые интенсивности I_i и пространственные размеры L_i (здесь i — индекс, харак-

теризующий тип стихийного бедствия) (см. описание в работах (Биненко и др., 2004; Стихийные..., 2012)).

3. По текущим статистическим данным для каждой гранулы определяется плотность населения N .
4. Ожидаемая общая численность населения P , которая попадает в зону стихийного бедствия, оценивается как произведение плотности населения на площадь зоны стихийного бедствия (зона рассматривается в виде круга с радиусом L_i):

$$P_i = N\pi L_i^2.$$

5. Ожидаемый ущерб от одного стихийного бедствия типа i оценивается в виде произведения интенсивности стихийного бедствия I_i на численность пострадавшего населения P_i :

$$C_i = k_i P_i I_i \sim P_i I_i,$$

здесь k_i — нормирующий коэффициент.

6. Общий ожидаемый ущерб от стихийного бедствия типа i за 100 лет C_i^{100} оценивается как произведение ожидаемого ущерба от одного стихийного бедствия C_i :

$$C_i^{100} = 100 F_i C_i = 100 F_i k_i P_i I_i \sim F_i P_i I_i.$$

7. Потенциально наблюдаемый ущерб D_i от стихийного бедствия типа i за 100-летний период можно оценить в виде произведения общего ожидаемого ущерба C_i^{100} на корректирующие коэффициенты, определяемые условиями наблюдения, при которых получены данные архивной сцены: 1) коэффициент наблюдаемости V_i (аналог оценки наблюдаемости, предложенной в работе (Savorskiy, Tishchenko, 2008)), оцениваемый как доля (от 0 до 1) архивной сцены, которая может быть использована для наблюдения последствий стихийного бедствия типа i (например, та часть изображения, которая не закрыта облаками, затенением и т. п.); 2) коэффициент пространственного разрешения S_i , оцениваемый как отношение пространственного разрешения, требуемого для детальных наблюдений стихийного бедствия типа i (например, 2 м для землетрясений, 30 м для наводнений и т. п. (см. работу (Savorskiy, Tishchenko, 2008))), S_i^{reg} , к актуальному пространственному разрешению, с которым проведено наблюдение, S_i^{act} , т. е. $S_i = S_i^{reg} / S_i^{act}$:

$$D_i = C_i^{100} V_i S_i.$$

8. Все архивные сцены сортируются (упорядочиваются) в соответствии со значениями D_i .
9. Ранг гранулы R_i для описания стихийного бедствия типа i назначается в соответствии с тем, в какую часть функции распределения попадает значение D_i : для значений D_i из децили от 0 до 10 % назначается ранг 1, для значений D_i , попадающих в диапазон функции распределения от 10 до 20 %, — ранг 2 и т. д. Высший ранг 10 имеют сцены, попадающие в диапазон функции распределения от 90 до 100 %.
10. Общий ранг R (при анализе возможности использования данных гранулы для описания N типов стихийных бедствий одновременно) формируется как сумма рангов, нормированная на 10:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^N R_i}{10(N-1)}.$$

Предсобытийный регистр рангов

ПрРР обеспечивает хранение атрибутов F_i , I_i , L_i , P_i , C_i , C_i^{100} , O_i , V_i , S_i , которые описывают процедуру получения ранга для каждой архивной гранулы для i -го типа стихийного бедствия, а также значений рангов данных по типам стихийных бедствий R_i и суммарного ранга R .

Главное назначение этого хранилища метаданных заключается в обеспечении поддержки процедур перемещения данных в архиве, а также обеспечении пользователей интерфейсом, который представляет содержание архива в виде ранжированного в соответствии с ожидаемыми последствиями стихийных бедствий множества. ПрРР обновляет ранги автоматически при поступлении новых данных о вероятностных характеристиках событий, связанных со стихийными бедствиями, или при пополнении архива новыми данными ДЗЗ.

Предсобытийный буфер архива

ПрБУ содержит распределённые по носителям данные в соответствии с вероятностями поступления запроса. Эти вероятности оцениваются ПрСМ и в форме рангов поступают в архив. Переразмещение данных по архивным носителям производится следующим образом:

На носители ПрБУ с наивысшими показателями скоростей доступа перемещаются данные с наивысшим рангом, т.е. с рангом 10; таким образом, данные, описывающие зоны самого высокого риска стихийных бедствий, размещаются на носителях с наивысшей скоростью доступа, начиная с самых свежих данных.

Если суммарный объём носителей с наивысшей скоростью доступа меньше, чем объём данных с рангом 10, то после заполнения носителей с наивысшей скоростью система начинает заполнять носители с наивысшей среди оставшихся скоростью данными с рангом 10.

Если суммарный объём носителей с наивысшей скоростью доступа больше, чем объём данных с рангом 10, то после заполнения носителей с наивысшей скоростью система начинает заполнять носители с наивысшей скоростью данными с рангом 9.

Цикл шагов 2 и 3 повторяется далее с данными ранга 8 и менее до тех пор, пока ПрБУ полностью не заполнится данными, размещёнными в соответствии с их рангами по скорости доступа.

Постсобытийные средства ИС ДЗЗ УЧС

Как видно на рис. 2, архитектура ПоСМ базируется на требовании, чтобы ИС ДЗЗ УЧС имела возможность выдавать пользователям данные с минимальным запаздыванием между временем события и поступлением данных к потребителю. Постсобытийные средства ИС ДЗЗ УЧС включают следующие функциональные узлы:

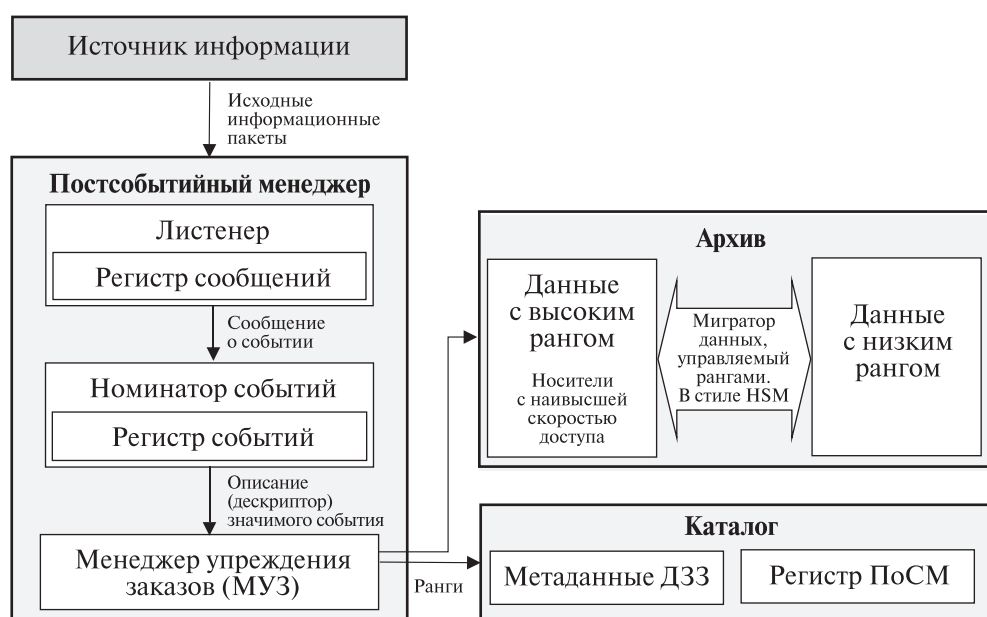


Рис. 2. Архитектура постсобытийного слоя ИС ДЗЗ УЧС

- *Постсобытийный менеджер (ПоСМ)*, который собирает информацию о произошедшем стихийном бедствии и оценивает (в виде ранга) пригодность размещённых в архиве ДЗЗ данных для описания произошедшего стихийного бедствия;
- *Постсобытийный регистр рангов (ПоРР)*, представляющий собой раздел каталога, в котором хранятся постсобытийные ранги данных ДЗЗ, описывающие пригодность хранящихся данных для описания произошедших стихийных бедствий;
- *Постсобытийный буфер архива (ПоБА)*, представляющий собой раздел архива, в котором размещаются данные с рангами, генерируемыми ПоСМ.

Сценарий работы ПоСМ

ПоСМ базируется на функциональности событийно-управляемой информационной системы, описанной в работе (Savorskiy, Tishchenko, 2008). Эту функциональность реализуют следующие функциональные узлы:

- **Листенер**, сканирующий сайты, на которых генерируются сообщения о стихийных бедствиях, и заносающий сообщения в регистр;
- **Номинатор событий**, анализирующий поступившие сообщения, формирующий оценку интенсивности события (тем самым определяя (номинируя), связано ли событие со стихийным бедствием) и регистрирующий событие, внося его дескриптор в регистр событий и пересылая дескрипторы значимых событий, имеющих интенсивность, превышающую предустановленный порог, менеджеру упреждающих заказов (МУЗ);
- **МУЗ** оценивает начальный ранг r_0 пригодности данных для описания стихийного бедствия по методике, описанной в работе (Savorskiy, Tishchenko, 2008), время связанного с ним события t_0 и потенциально наблюдаемый ущерб D_i , оценку которого проводим по описанной в подразд. «Сценарий работы ПрСМ» методике, но с использованием характеристик реального события.

Для корректного сравнения рангов, относящихся к разновременным событиям, мы исходим из предположения, что поток запросов на данные, описывающие событие (стихийное бедствие), затихает экспоненциально:

$$r = r_0 \exp\left(-\frac{t-t_0}{\tau}\right), \quad (1)$$

здесь r_0 — начальная оценка ранга в момент t_0 ; τ — время релаксации.

Для оценки τ в выражении (1) предполагаем, что время релаксации пропорционально ущербу (или наблюдаемому ущербу), т. е. $\tau \approx D$. Это предположение позволяет оценить время релаксации потока запросов для текущего события по времени релаксации для какого-либо известного события.

Постсобытийный регистр рангов

ПоРР хранит наборы атрибутов, которые описывают параметры, используемые для определения постсобытийных рангов пригодности для каждого из номинированных в качестве стихийного бедствия событий: время, географические координаты, начальный ранг, потенциально наблюдаемый ущерб, оценка времени релаксации потока запросов. Регистрация начинается автоматически по номинации события важным (т. е. соответствующим стихийному бедствию).

Постсобытийный буфер архива

ПоБА содержит данные, распределение которых по типам архивных носителей соответствует их текущему рангу пригодности. Размещение данных производится точно в таком же порядке, что и в ПрБА. Основное различие — в используемом ранге (ранг реально произошедшего

события вместо ранга ожидаемого в среднестатистическом смысле события) и в инициации перераспределения данных. В этом случае перемещение данных в ПоБА инициируется номинацией события в качестве важного.

Проверка реализуемости

Реализуемость предложенного подхода была проверена в Центре обработки и хранения космической информации Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН (ЦОХКИ ИРЭ РАН). Полный набор тестов по реализуемости был проведён для сейсмических событий. Предсобытийные оценки были получены по данным публикации (Улюмов, 1997) и с использованием статистической модели (Биненко и др., 2004). Постсобытийные тесты проводились по сообщениям, получаемым из информационного источника: http://www.сете.gsras.ru/cgi-bin/ccd_quake.pl?num=50. В тестах была использована каталожная информация из системы космических данных «Vega-Science» (<http://sci-vega.ru>).

Выводы

В работе предложен подход к обеспечению эффективного функционирования ИС ДЗЗ при существенном повышении частоты пользовательских запросов в условиях чрезвычайных ситуаций (ИС ДЗЗ УЧС). Он базируется на введении в типовую ИС ДЗЗ двух сервисных слоёв, которые обеспечивают пользователей дополнительными атрибутами — рангами пригодности данных для наблюдения стихийного бедствия. Один из этих слоёв генерирует ранги на ожидаемые (в статистическом смысле) события, а второй — на реально произошедшие события. Эти ранги используются для сортировки каталожных данных (поскольку они отражают ожидаемые предпочтения пользователей), а также для размещения данных на архивных носителях таким образом, чтобы востребованные данные, имеющие высокий ранг, были размещены на носителях, обеспечивающих пользователей высокой скоростью доступа.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 20-07-00680 А) и частично в рамках государственного задания по теме 0030-2019-0008 «Космос».

Литература

1. Биненко В. И., Храмов Г. Н., Яковлев Г. В. Чрезвычайные ситуации в современном мире и проблемы безопасности жизнедеятельности. СПб.: ИВТОБ СПбГПУ, 2004. 400 с.
2. Лупян Е. А., Саворский В. П., Шокин Ю. И., Алексанин А. И., Назиров Р. Р., Недолужко И. В., Панова О. Ю. Современные подходы и технологии организации работы с данными дистанционного зондирования Земли для решения научных задач // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 5. С. 21–44.
3. Лупян Е. А., Прошин А. А., Бурцев М. А., Кашицкий А. В., Балашов И. В., Барталев С. А., Константинова А. М., Кобец Д. А., Мазуров А. А., Марченков В. В., Матвеев А. М., Радченко М. В., Сычугов И. Г., Толпин В. А., Уваров И. А. Опыт эксплуатации и развития центра коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных (ЦКП «ИКИ-Мониторинг») // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 3. С. 151–170. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-151-170.
4. Стихийные бедствия и техногенные катастрофы. Превентивные меры / Всемирный банк и Организация Объединённых Наций; пер. с англ. М.: Альпина Паблишер, 2012. 312 с. URL: <https://www.gfdrr.org/sites/default/files/publication/natural-hazards-unnatural-disasters-2012-ru.pdf>.
5. Улюмов С. В. Общее сейсмическое районирование территории России и сопредельных стран — ОСР-97 / Объединённый институт физики Земли Российской академии наук. 1997. URL: <http://www.wdcb.ru/mining/geology/OSR-97.htm>.
6. Chen C. L. Ph., Zhang Ch.-Y. Data-intensive applications, challenges, techniques and technologies: A survey on Big Data // Information Sciences. 2014. V. 275. P. 314–347.

7. Dong L., Shan J. A comprehensive review of earthquake-induced building damage detection with remote sensing techniques // ISPRS J. Photogrammetry and Remote Sensing. 2013. V. 84. P. 85–99.
8. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change / IPCC; eds. Field C. B., Barros V., Stocker T. F., Qin D., Dokken D. J., Ebi K. L., Mastrandrea M. D., Mach K. J., Plattner G.-K., Allen S. K., Tignor M., Midgley P. M. Cambridge, UK; N. Y., USA: Cambridge University Press, 2012. 582 p.
9. McFarlane A. C. Psychiatric morbidity following disasters: epidemiology, risk and protective factors // Disasters and mental health / eds. Lopez-Ibor J. J., Christodoulou G., Maj M., Sartorius N., Okasha A. N. Y.: Wiley, 2005. 288 p.
10. Middleton A. M. Data-Intensive Technologies for Cloud Computing // Handbook of Cloud Computing / eds. Furht B., Escalante A. Boston, MA: Springer, 2010. P. 83–136. URL: https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6524-0_5.
11. NASA Earth Science Data Systems Program Highlights. NASA, 2019. 15 p. URL: https://cdn.earthdata.nasa.gov/conduit/upload/13301/ESDS_Highlights_2019.pdf.
12. Plank S. Rapid Damage Assessment by Means of Multi-Temporal Rapid Damage Assessment by Means of Multi-Temporal SAR — A Comprehensive Review and Outlook to Sentinel-1 // Remote Sensing. 2014. V. 6. P. 4870–4906. DOI: 10.3390/rs6064870.
13. Savorskiy V. P., Tishchenko Yu. G. Event-Driven Information System Designed for Emergency Applications // Intern. Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences: Proc. Conf. 2008. V. 37. No. B8-1. P. 241–248.
14. Taverner D., Barry N. Adoption and Impact of Earth Observation for the 2030 Agenda for Sustainable Development: report. Caribou Space. Farnham. Surrey, UK: ESA, 2020. 93 p.
15. UNISDR 2004. Terminology: Basic terms of disaster risk reduction. 2004. 8 p. URL: https://www.unisdr.org/files/7817_7819isdrterminology11.pdf.
16. Yang Ch., Yu M., Li Y., Hu F., Jiang Y., Liu Q., Sha D., Xu M., Gu J. Big Earth data analytics: a survey // Big Earth Data. 2019. V. 3. No. 2. P. 83–107. DOI: 10.1080/20964471.2019.1611175.
17. Yu M., Yang Ch., Li Y. Big Data in Natural Disaster Management: A Review // Geosciences. 2018. V. 8. No. 5. Art. No. 165. 26 p. DOI: 10.3390/geosciences8050165.
18. Yu M., Huang Q., Qin H., Scheele C., Yang C. Deep learning for real-time social media text classification for situation awareness — using Hurricanes Sandy, Harvey, and Irma as case studies // Intern. J. Digital Earth. 2019. V. 12. No. 11. P. 1230–1247. DOI: 10.1080/17538947.2019.1574316.

Remote sensing information system describing rapidly developing natural hazards

V. P. Savorskiy

*Kotelnikov Institute of Radioengineering and Electronics RAS, Fryazino Branch
Fryazino 141190, Moscow Region, Russia
E-mail: savor@inbox.ru*

The paper proposes approaches to modernization of the catalog and archive systems of the Earth Remote Sensing Information System (ERS IS). The purpose of this work is to develop the ERS IS architecture to ensure its effective functioning when servicing massive requests in emergency situations. As a result, the following steps were implemented to modernize the ERS IS:

- a system for data distribution on archival media was developed and methodically substantiated in accordance with the need to increase the speed of receiving responses to potential inquiries in emergency situations, this system ensures the proactive (i. e. pre-event) operation of the ERS IS;
- a system for data distribution on archival media was developed and methodically substantiated to provide automatic response of ERS IS to a hazardous event that had occurred (i. e. this is post-event functioning of the system);
- proposals were developed for the formation of post-event and pre-event data ranks, which ensure optimal distribution of data in the ERS IS archive and inform consumers about the most suitable data granules for describing a natural disaster.

Keywords: natural hazards, remote sensing, information system, emergency

Accepted: 12.12.2020

DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-7-94-104

References

1. Binenko V.I., Khramov G.N., Yakovlev G.V., *Chrezvychainye situatsii v sovremennom mire i problemy bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti* (Emergency situations in the modern world and problems of life safety), Saint Petersburg: Izd. IVTOB SPbGPU, 2004, 400 p.
2. Loupian E.A., Savorskiy V.P., Shokin Yu.I., Aleksanin A.I., Nazirov R.R., Nedoluzhko I.V., Panova O.Yu., *Sovremennye podkhody i tehnologii organizatsii raboty s dannymi distantsionnogo zondirovaniya Zemli dlya resheniya nauchnykh zadach* (Up-to-date approaches and technology arrangement of Earth observation data applications aimed to solve scientific tasks), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2012, Vol. 9, No. 5, pp. 21–44.
3. Loupian E.A., Proshin A.A., Bourtsev M.A., Kashnitskii A.V., Balashov I.V., Bartalev S.A., Konstantinova A.M., Kobets D.A., Mazurov A.A., Marchenkov V.V., Matveev A.M., Radchenko M.V., Sychugov I.G., Tolpin V.A., Uvarov I.A., *Opyt ekspluatatsii i razvitiya tsentra kollektivnogo pol'zovaniya sistemami arkhivatsii, obrabotki i analiza sputnikovykh dannykh* (TsKP “IKI-Monitoring”) (Experience of development and operation of the IKI-Monitoring center for collective use of systems for archiving, processing and analyzing satellite data), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2019, Vol. 16, No. 3, pp. 151–170, DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-151-170.
4. *Stikhiinye bedstviya i tekhnogennye katastrofy. Preventivnye mery* (Natural Hazards, UnNatural Disasters: The Economics of Effective Prevention), The World Bank and The United Nations, Moscow: Izd. Al'pina Publisher, 2011, 312 p.
5. <http://www.wdcb.ru/mining/geology/OSR-97.htm>.
6. Chen C.L. Ph., Zhang Ch.-Y., Data-intensive applications, challenges, techniques and technologies: A survey on Big Data, *Information Sciences*, 2014, Vol. 275, pp. 314–347.
7. Dong L., Shan J., A comprehensive review of earthquake-induced building damage detection with remote sensing techniques, *ISPRS J. Photogrammetry and Remote Sensing*, 2013, Vol. 84, pp. 85–99.
8. *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC, Field C.B., Barros V., Stocker T.F., Qin D., Dokken D.J., Ebi K.L., Mastrandrea M.D., Mach K.J., Plattner G.-K., Allen S.K., Tignor M., Midgley P.M. (eds.), Cambridge, UK; New York, USA: Cambridge University Press, 2012, 582 p.
9. McFarlane A.C., Psychiatric morbidity following disasters: epidemiology, risk and protective factors, In: *Disasters and mental health*, Lopez-Ibor J.J., Christodoulou G., Maj M., Sartorius N., Okasha A. (eds), New York: Wiley, 2005, 288 p.
10. Middleton A.M., Data-Intensive Technologies for Cloud Computing, In: *Handbook of Cloud Computing*, Furht B., Escalante A. (eds), Boston, MA: Springer, 2010, pp. 83–136, available at: https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6524-0_5.
11. *NASA Earth Science Data Systems Program Highlights*, NASA, 2019, 15 p., available at: https://cdn.earthdata.nasa.gov/conduit/upload/13301/ESDS_Highlights_2019.pdf.
12. Plank S., Rapid Damage Assessment by Means of Multi-Temporal Rapid Damage Assessment by Means of Multi-Temporal SAR — A Comprehensive Review and Outlook to Sentinel-1, *Remote Sensing*, 2014, Vol. 6, pp. 4870–4906, DOI: 10.3390/rs6064870.
13. Savorskiy V.P., Tishchenko Yu.G., Event-Driven Information System Designed for Emergency Applications, *Intern. Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Proc. Conf.*, 2008, Vol. 37, No. B8-1, pp. 241–248.
14. Taverner D., Barry N., *Adoption and Impact of Earth Observation for the 2030 Agenda for Sustainable Development: report*, Caribou Space Farnham, Surrey, UK: ESA, 2020, 93 p.
15. https://www.unisdr.org/files/7817_7819isdrterminology11.pdf.
16. Yang Ch., Yu M., Li Y., Hu F., Jiang Y., Liu Q., Sha D., Xu M., Gu J., Big Earth data analytics: a survey, *Big Earth Data*, 2019, Vol. 3, No. 2, pp. 83–107, DOI: 10.1080/20964471.2019.1611175.
17. Yu M., Yang Ch., Li Y., Big Data in Natural Disaster Management: A Review, *Geosciences*, 2018, Vol. 8, No. 5, Art. No. 165, 26 p., DOI: 10.3390/geosciences8050165.
18. Yu M., Huang Q., Qin H., Scheele C., Yang C., Deep learning for real-time social media text classification for situation awareness — using Hurricanes Sandy, Harvey, and Irma as case studies, *Intern. J. Digital Earth*, 2019, Vol. 12, No. 11, pp. 1230–1247, DOI: 10.1080/17538947.2019.1574316.