

ИНТЕГРИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

М.В. Энгель, В.В. Белов

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН

Введение. В настоящее время в центрах приема и обработки спутниковых снимков накоплены данные результатов многолетних измерений, полученных различными спутниковыми системами. Для эффективного использования этих данных создаются информационные системы, ориентированные на решение различных прикладных задач. Работы в этом направлении начинались с разработки систем архивации и долговременного хранения данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Следующим этапом развития информационных систем на основе данных такого рода стала организация распределенных систем. В качестве примера реализации этого подхода можно привести систему EOSDIS (The Earth Observing System Data and Information System), созданную на базе архивов спутниковых данных центров NASA, web-сервисы которой предоставляют доступ к тематическим продуктам о параметрах земной поверхности и атмосферы [1].

На основе распределенных многомерных архивов спутниковых данных активно развиваются технологии создания информационных систем, обеспечивающих не только хранение и навигацию, но и инструментарий для анализа и управления данными дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Примером успешной реализации системы, предназначенной для пространственного, временного и статистического анализа данных различных спутниковых систем, можно назвать портал GIOVANNI [2], работающий на основе информации, хранящейся в архивах сети EOSDIS.

В нашей стране в Институте космических исследований (ИКИ) РАН в конце 90-х годов прошлого столетия была разработана и реализована технология построения системы архивации и долговременного хранения спутниковых данных, позволяющая организовывать автоматически пополняющиеся электронные архивы ДЗЗ. В настоящее время одним из актуальных направлений является создание информационных технологий, обеспечивающих быструю разработку систем тематической обработки и анализа данных ДЗЗ, таких, например, как технология GEOSMIS [3], предназначенная для создания инструментов работы с большими распределенными многомерными архивами спутниковой информации, обеспечивающих не только для поиск, но и задачи анализа и управления данными.

Анализ современных технологий разработки информационных систем для поддержки решения различных прикладных задач на основе ДЗЗ

показывает тенденцию развития таких систем в направлении интеграции уже существующего информационного и алгоритмического обеспечения. Базовой задачей разработки такой системы является выбор информационной модели распределённых данных, обеспечивающей выполнение процедур первичной и тематической обработки данных. Существуют разные подходы к решению этой задачи. Например, для разработки модели распределённых данных и организации их обработки используется парадигма событийно-ориентированного программирования [4]. Авторы работы [5] реализуют программную логику в виде набора сценариев и библиотек.

Нами предложена модель интеграции разнородных распределённых данных ДЗЗ и алгоритмов тематической обработки, основанная на использовании теории автоматов. Реализация предложенной модели показана на примере создания информационной системы атмосферной коррекции спутниковых изображений.

Автоматный подход к построению информационных систем основан на понятии "состояние". Основное свойство состояния заключается в «отделении» будущего от прошлого. Текущее состояние несет в себе всю информацию о прошлом системы, необходимую для определения ее реакции на любое входное воздействие, формируемое в момент времени t_0 [6,7]. При проектировании системы определяются все возможные состояния, в которых может находиться система, и переходы между ними в результате влияния некоторых событий. Из множества возможных состояний выделяются базовые управляющие состояния, которые определяют логику работы системы. На основе множества базовых состояний определяются входной и выходной алфавиты автоматной модели.

Каждый алгоритм обработки, интегрированный в систему, определяется как конечный автомат. Механизм взаимодействия автоматов реализован в виде обмена сообщениями через общую память. Выбор именно этого способа взаимодействия обусловлен асинхронным характером процессов, выполняемых системой и, как следствие, невозможностью синхронизировать работу автоматов между собой. Асинхронность порождена, в первую очередь, возможной недетерминированностью входной информации, процедура получения которой зависит от различных внешних по отношению к системе факторов и может быть определена только в процессе выполнения.

В целом управляющая часть системы представляет собой совокупность автоматов, взаимодействующих между собой через общую память.

Использование автоматного подхода позволяет автоматизировать проведение процедур обработки данных. Вычислительная среда в автоматическом режиме планирует процесс выполнения задачи таким образом, чтобы процесс максимально соответствовал установленному критерию оптимальности. Автоматная модель системы обеспечивает расширяемость, наблюдаемость и сервис-ориентированный характер системы.

Интеграция распределенных данных на примере информационной системы атмосферной коррекции спутниковых изображений. При выполнении процедур тематической обработки данных ДЗЗ должен быть решен вопрос о необходимости проведения процедуры коррекции вклада искажающих факторов атмосферы в результаты измерений спутниковых приборов (так называемой процедуры атмосферной коррекции – АК). Наиболее точная коррекция искажающих факторов атмосферы возможна на основе физического подхода, для реализации которого необходимо выполнение следующих условий:

- наличие высокоточной математической модели атмосферы;
- информация о параметрах оптико-метеорологического состояния атмосферы в момент проведения ДЗЗ из космоса.

При выборе возможных источников задания оптико-метеорологических данных об атмосфере необходимо учитывать, что пространственное разрешение данных должно быть сопоставимо с мезомасштабной вариабельностью атмосферных параметров и позволять проводить атмосферную коррекцию всего спутникового изображения, а не отдельных его участков. Таким критериям соответствуют спутниковые и модельные данные. Эффективный подход к проблеме получения оптимального набора данных заключается в комплексном использовании результатов измерений и данных моделирования различных оптико-метеорологических атмосферных параметров.

Постановка задачи предусматривает, что информация может иметь различные характеристики и находится на распределенных ресурсах, количество которых может быть произвольным и меняться в процессе жизнедеятельности системы. Для описания информационной структуры системы используется инфологическая схема распределенных данных, которая включает параметры, обеспечивающие идентификацию распределенных источников и доступ к данным: URL, тип данных, приоритет, сетевой протокол, параметры авторизации. С использованием инфологической схемы реализована настройка данных на работу с алгоритмами тематической обработки (рис. 1).

Выбор спутниковой системы, на данный момент оптимальной для реализации физического подхода к атмосферной коррекции, был предложен и обоснован в работах [8,9]. Здесь в качестве данных о состоянии атмосферы предлагается использовать тематические продукты, полученные на основе измерений спектрорадиометра MODIS [10], а в качестве альтернативного источника метеоинформации – прогностические модели NCEP (National Centers for Environmental Prediction) [11]. Ресурсы для распространения данных обоих типов представлены в Интернете.

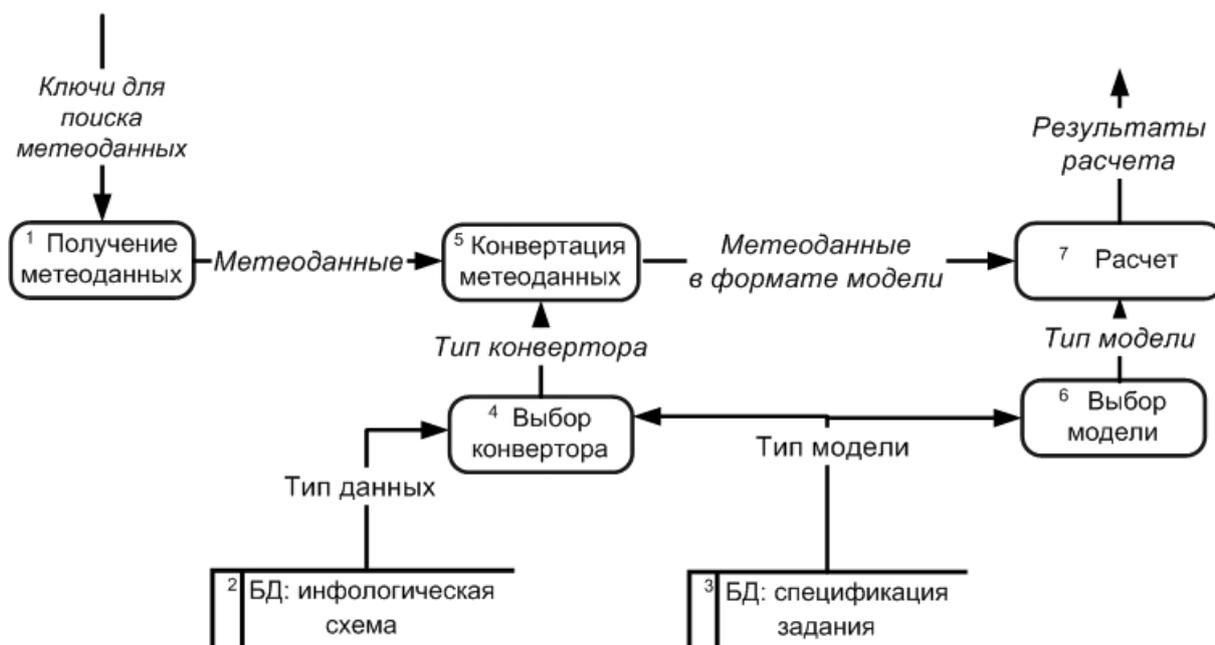


Рис. 1. Схема настройки данных к внутреннему формату модели

В качестве примера сетевого ресурса для распространения спутниковых данных об атмосфере можно назвать LAADS Web (the Level 1 and Atmosphere Archive and Distribution System), Goddard Space Flight Center, NASA [12]. Тематические продукты сенсоров MODIS, содержащие данные об атмосферных параметрах, представлены в архивах LAADS Web за весь период измерений.

Ресурс LAADS Web может быть интегрирован в рамках информационной системы АК в качестве источника информации о параметрах оптико-метеорологического состояния атмосферы, поскольку удовлетворяет следующим требованиям:

- для записи и хранения данных используются стандартные документированные форматы (HDF-EOS, GRIB);
- данные в формате HDF-EOS записаны вместе с метаданными;
- предоставлен доступ к географическим метаданным GeoMeta;
- предоставлен доступ к прогностическим данным, записанным в формате GRIB.

Для реализации процедуры атмосферной коррекции на основе физического подхода выделены следующие управляющие состояния, в которых может находиться система:

- задание параметров расчета;
- определение исходных данных для расчетов на основании заданных параметров;
- получение данных для расчетов;
- оценка релевантности спутниковой информации;
- проведение расчетов;

- формирование и отправка сообщения пользователю;
- нормальное завершение выполнения задания;
- аварийное завершение выполнения задания.

Управляющие состояния и переходы между ними показаны на UML-диаграмме состояний системы (рис. 2).

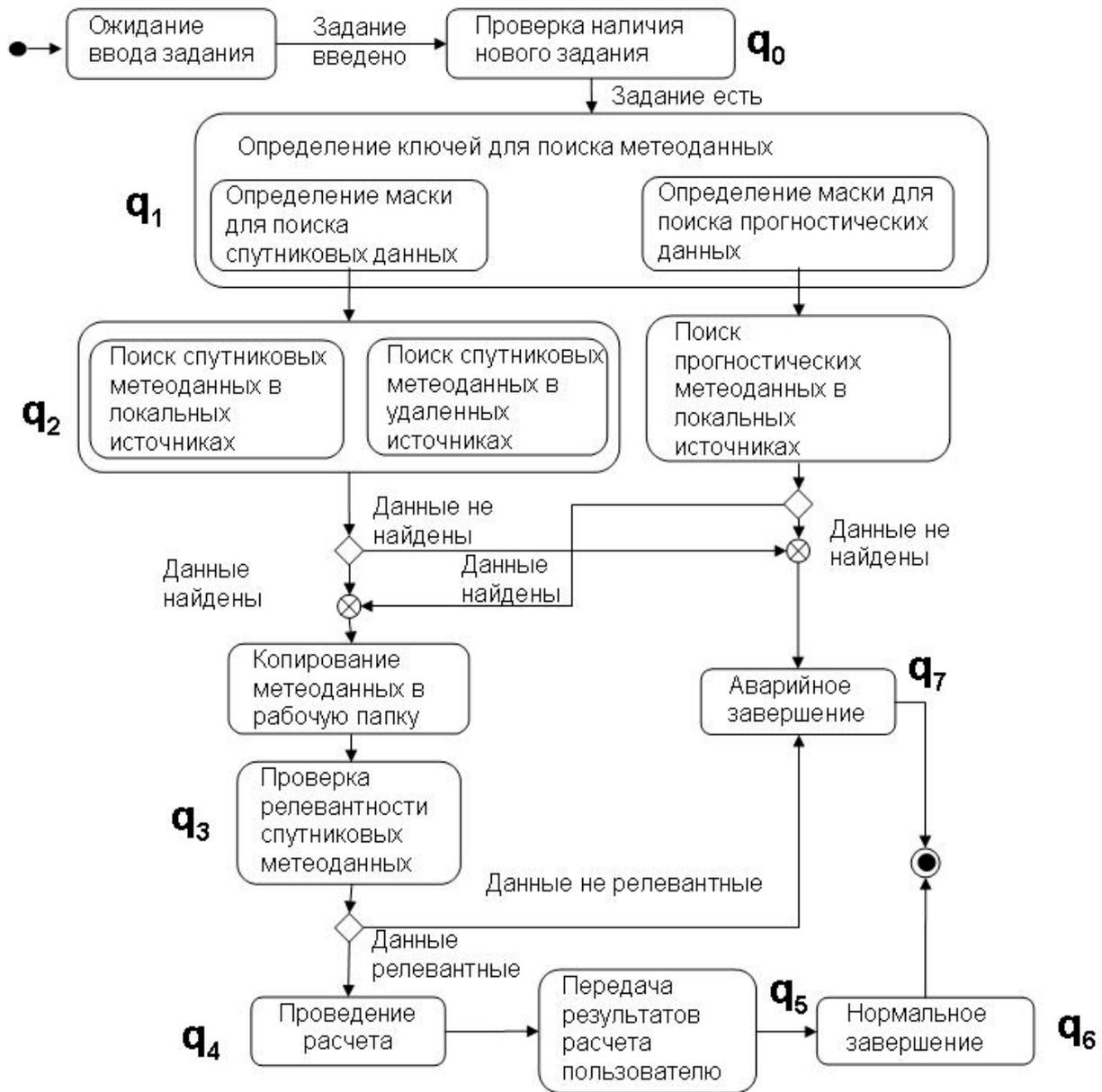


Рис. 2 UML-диаграмма состояний системы

Каждое управляющее состояние представлено в виде пары «автомат и объект управления», где автомат отвечает за логику поведения объекта, а объект выполняет функциональную часть. Таким образом, разработанная система является децентрализованной и представляет собой множество

параллельно работающих процессов, поведение которых описывается конечными автоматами.

Заключение. В ИОА СО РАН на основе использования автоматной модели и инфологической схемы данных создан прототип интегрированной информационной системы тематической обработки данных ДЗЗ. На первом этапе разработки в системе реализован алгоритм расчета корректирующих атмосферных поправок. В качестве распределенных источников оптико-метеорологической информации рассматриваются ресурс LAADS Web, а также распределенная инфраструктура ЦКП ДЗЗ СО РАН и электронные архивы спутниковых данных ИОА СО РАН.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 15-07-06811 А.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ramapriyan H, Behnke J, Sofinowski E, Lowe D, Esfandiari M. Evolution of the Earth Observing System (EOS) Data and Information System (EOSDIS). In: Standard-Based Data and Information Systems for Earth Observation. Springer: 2010.; p. 63-92.
2. The GES-DISC Interactive Online Visualization ANd aNalysis Infrastructure (Giovanni). URL: <http://giovanni.gsfc.nasa.gov/>
3. Толпин В.А, Балашов И.В., Ефремов В.Ю., Лупян Е.А., Прошин А.А., Уваров И.А., Флитман Е.В. Создание интерфейсов для работы с данными современных систем дистанционного мониторинга (система GEOSMIS) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 3. С. 93-108
4. Д.М. Ермаков, К.С.Емельянов, В.П. Саворский, А.П. Чернушич. Реализация событийно управляемой архитектуры быстрого коллективного доступа к информационным ресурсам ДЗЗ на базе технологии Stream Handler //Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т.10. № 4. С. 118-126
5. И.В. Балашов, О.А. Халикова, М.А. Бурцев, Е.А. Лупян, А.М. Матвеев. Организация автоматического получения наборов информационных продуктов из центров архивации и распространения спутниковых и метеоданных. //Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т.10. № 3. С. 9-20).
6. М.Л. Цетлин. Исследования по теории автоматов и моделированию биологических систем. Наука, 1969. 316 с.
7. Поликарпова Н.И., Шалыто А. А. Автоматное программирование. 2011. СПб.: Питер. 2 издание, 176 с.
8. Афонин С.В., Соломатов Д.В. Методика учета оптико-метеорологического состояния атмосферы для решения задач атмосферной коррекции

- спутниковых ИК-измерений // Оптика атмосферы и океана. 2008. Т.21. № 2. С. 147-153.
9. Афонин С.В. К вопросу о применимости восстановленных из космоса метеоданных MODIS для атмосферной коррекции спутниковых ИК измерений // Оптика атмосферы и океана. 2010. Т.23. № 8. С. 684-688.
- 10.Level-2 MODIS Atmosphere Products. URL: <http://modis-atmos.gsfc.nasa.gov/products.html>
- 11.National Centers for Environmental Prediction. URL: <http://www.ncep.noaa.gov/>
- 12.LAADS Web. URL: <https://ladsweb.nascom.nasa.gov/>