

**П.Э. Бельц, В.Т. Калайда, А.В. Кондратьев**

## **КОНЦЕПЦИЯ И СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННО-ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

Приведено описание информационной системы обработки многоспектральной спутниковой информации, разработанной в Институте оптики атмосферы СО АН СССР. Предложена концепция построения подобных систем и вариант ее программной реализации.

Роль информации о состоянии окружающей среды, получаемой с помощью средств дистанционного зондирования, в последнее время резко возросла. В связи с этим повысились и требования, предъявляемые к обработке такой информации. Все это вызвало необходимость создания проблемно-ориентированных автоматизированных систем обработки данных (АСОД) дистанционных измерений, адаптированных к конкретным прикладным задачам и конкретным наблюдательным системам.

В работах [1, 2] была описана подсистема идентификации и восстановления параметров облачности, являющаяся составной частью действующей в ИОА СО АН СССР АСОД многоспектральных спутниковых наблюдений. Основное внимание в этих работах было уделено тематической обработке информации. Вместе с тем расширение круга решаемых прикладных задач, включаемых в тематическую обработку, требует строго системного подхода к построению подобного рода АСОД.

Данная статья как раз и посвящена описанию концепции и структуры АСОД спутниковых наблюдений. В ее основе лежит идеология интеграции информационного и программного фондов, необходимых для решения поставленных задач, на базе концепции системы поддержки решений (СПР) [3].

Основой программной системы является шина программного обеспечения. Она представляет собой программно-ориентированный инструментальный комплекс синтеза программного обеспечения (ПО) данной прикладной области и специального ПО, обеспечивающего оптимальную интеграцию отдельных функциональных модулей в единую программную структуру.

Так как задача спутникового мониторинга в настоящее время не может быть строго формализована, то система должна включать в себя возможность обработки неструктурированных (экспертных) знаний. Естественно, что реализация традиционной экспертной системы, вследствие большого объема эмпирических данных, вряд ли может дать необходимый эффект. Поэтому предлагаемая АСОД должна строиться на основе экспертно-моделирующей структуры, элементы логического вывода в которой могут добавляться или заменяться структурированными знаниями (функциональными программами).

Таким образом, с учетом характера решаемых задач АСОД строилась в виде экспертно-моделирующей информационной системы (ИС) спутникового мониторинга с развитыми средствами диалога с пользователем. Общая функциональная схема данной ИС представлена на рис. 1.

Эта система состоит из четырех основных функциональных частей (на схеме они представлены в виде четырех основных блоков):

- блока первичной обработки;
- блока архивной информации (блока баз данных);
- модельного блока, включающего в себя модели наблюдений и исследуемых процессов;
- блока усвоения, анализа, атмосферной коррекции данных и восстановления оптико-метеорологических характеристик атмосферы и подстилающей поверхности (блока тематической обработки).

Помимо этого система дополняется блоками видео- и статистической обработки изображений, блоком экспертных оценок и блоком вывода информации. Отметим, что создание блока экспертных оценок является большой самостоятельной задачей и поэтому здесь подробно не рассматривается.

Взаимодействием указанных блоков осуществляется согласование различных видов поступающей информации. Наличие обратных связей позволяет корректировать текущую информацию, сравнивая ее с рассчитываемыми в модельном блоке характеристиками, и адаптировать модели к реальным данным. Скорректированная информация после тематической обработки модифицирует базы данных, которые служат одной из основ построения моделей, в частности, статистических. Таким образом, формируется самосогласованный замкнутый цикл анализа и обработки поступающей информации, позволяющий проводить эффективный мониторинг состояния атмосферы и подстилающей поверхности.

Описанная структура в основном соблюдается на всех иерархических уровнях ИС. Далее рассмотрим роль каждого из основных блоков ИС.

Блок первичной обработки поступающей информации является традиционным для такого рода ИС. Он включает, во-первых, процедуры привязки (временной и географической) данных спутникового зондирования и их калибровки. Учитывая потенциальное наличие дополнительной информации



рассчитать интенсивность уходящего излучения в данном спектральном диапазоне на верхней границе атмосферы (которая измеряется радиометром, установленным на ИСЗ), можно пересчитать новые статистические характеристики и пороговые значения. Затем, включая эти данные в архив результатов обработки, можно снова использовать пороговый или статистический методы идентификации облачности.

Это лишь один пример взаимодействия основных функциональных блоков. На самом деле возможности, предоставляемые ИС, значительно шире. В частности, сравнение результатов наблюдения и модельных расчетов позволяет эффективно решать целый ряд обратных задач: определения оптико-метеорологических характеристик облачности; восстановление вертикальных профилей температуры и влажности и др.

Говоря о концепции данной ИС, следует подчеркнуть, что ее отличительной особенностью является именно наличие модельного блока. Это делает ИС относительно универсальной по сравнению с другими аналогичными системами обработки, работающими, как правило, лишь с априорной архивной информацией [4].

Большой объем данных, массовый характер их обработки, высокие требования к скорости обработки обуславливают необходимость использования в данной информационной системе многомашиных вычислительных комплексов с включением в них универсальных ЭВМ. В нашем случае использована двухпроцессорная система, в которую входят видеокомплекс «Кадр», разработанный в НТК «ИОА СО АН СССР» [6], и ЭВМ ЕС-1066. Видеокомплекс «Кадр» служит для визуализации многомерной информации, поддержки интерактивной системы обработки и первичной обработки изображений, т. е. представляет собой блок обработки изображений, являясь одновременно и частью блока вывода информации.

Данный видеокомплекс позволяет оперативно осуществлять визуализацию информации, вести ее специальную обработку, включающую в себя наряду с традиционными ее видами (фильтрация, геометрические преобразования и т. п.) и процедуры обработки изображений на основе их структурных и текстурных признаков и свойств. Эти результаты далее используются при тематической обработке многоспектральных изображений для повышения качества последней.

Блок статистической обработки предназначен для расчета и анализа пространственно-временных статистических характеристик обрабатываемых изображений, которые, с одной стороны, используются в модельном блоке и блоке тематической обработки как дополнительная информация для улучшения качества восстановления оптико-метеорологических характеристик атмосферы и подстилающей поверхности, а с другой стороны, служат непосредственной основой для реализации процедур сжатия исходной информации.

Как уже указывалось, ИС должна быть максимально удобной для пользователя и работать в интерактивном режиме. В связи с этим особые требования предъявляются к ее программной реализации.

Программное обеспечение ИС реализовано на языке FORTRAN-77 в виде программного комплекса (ПК) в системе виртуальных машин с использованием средств подсистемы диалоговой обработки (ПДО), PANEL, а также ряда подпрограмм, реализующих макрокоманды ПДО, такие как FSTAT, FSREAD и т. п.

Учитывая объем обрабатываемой информации и требования к скорости обработки, с помощью указанных средств ПДО можно существенно повысить производительность комплекса при вводе информации с внешних носителей, а также сократить время, необходимое для программирования функциональных модулей ПК. Общая схема ПК представлена на рис. 2.

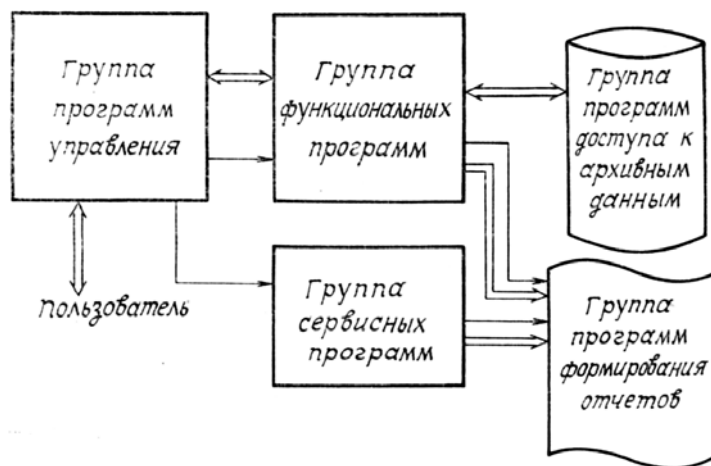


Рис. 2. Схема программного комплекса

Все функциональные модули ПК можно разделить на следующие группы:

1) группа программ, обеспечивающих управление последовательностью выполнения функциональных модулей ПК;

- 2) группа программ HELP — справочная информация для пользователя и сервисные программы;
- 3) группа функциональных программ;
- 4) группа программ управления данными, их сжатия и навигации по ним;
- 5) группа программ формирования отчетов и представления результатов.

Первая из указанных групп программ реализует взаимодействие ИС с пользователем посредством диалога. В процессе работы с ПК пользователю последовательно в виде меню предлагается набор функциональных возможностей данной ИС, выбор каждой из которых осуществляется простым нажатием соответствующих функциональных (PF) клавиш.

В качестве примера рассмотрим вариант работы с меню, которое предлагает программа MAIN.

#### **Меню программы MAIN:**

Выберите вид обработки и нажмите соответствующую PF-клавишу

- PF1 — Калибровка
- PF2 — Тематическая обработка изображений
- PF4 — Статистическая обработка изображений
- PF5 — Проведение расчетов по радиационной модели облачной атмосферы
- PF6 — Выбор обрабатываемого фрагмента изображения

Для выхода в операционную систему нажмите PF3

Для выхода в сервисные подпрограммы нажмите PF12

Предположим, что необходимо откалибровать исходные данные. Пользователю после нажатия соответствующей PF-клавиши предлагается новое меню, в котором перечислены функциональные возможности ИС, касающиеся исключительно самой процедуры калибровки.

#### **Меню процедуры калибровки:**

Выберите вид калибровки и нажмите необходимую PF-клавишу

- PF1 — Калибровка с помощью данных, считываемых с технического носителя
- PF2 — Калибровка по данным, вводимым с дисплея
- PF3 — Выход в главное меню
- PF4 — Запись результатов в архив. Задайте номер записи в архиве
- PF5 — Считывание результатов из архива ⇒ ⇐ от 01 до 50
- PF12 — Обращение к сервисным подпрограммам

Здесь вы можете задать уникальное имя файла результатов калибровки

⇒

⇐

После выбора соответствующего вида калибровки и ввода непосредственно с экрана дисплея необходимых для этого данных пользователю сообщается о выполнении задания. После этого можно повторить предыдущие калибровочные расчеты, изменив входные данные или вернуться в старое меню и продолжить дальнейшую работу с функциональными модулями ИС последовательно (там где это необходимо), используя остальные функциональные возможности, перечисленные в данном меню.

Этот принцип взаимодействия ИС с пользователем через систему меню соблюдается на всех иерархических уровнях обработки, что позволяет проводить ее как в строго фиксированной последовательности выполнения функциональных модулей, так и произвольно, выбирая отдельные из них, необходимые в данный момент.

На любом этапе обработки пользователь может обратиться к группе сервисных программ HELP. К этим программам относятся: программа создания контрольных точек; рестарта с контрольной точкой; просмотра промежуточных результатов; просмотра сформированного отчета; управления режимом работы ПК.

Первые два вида сервисных программ позволяют остановить и (или) возобновить процесс обработки на любом его этапе. Третья из перечисленных выше программ позволяет просматривать и направлять в формирующий отчет любые промежуточные результаты, а также формировать файлы, необходимые для работы с видеокomплексом «Кадр». Назначение четвертой сервисной программы очевидно. Пятая осуществляет управление режимами просмотра и (или) вывода промежуточных результатов.

Группа функциональных программ реализует вычисления в модельном блоке и блоке тематической обработки, используя при этом необходимую входную информацию и формируя выходной информационный поток для дальнейшей обработки или хранения. При этом гарантируется контроль потока входной информации. Если отсутствуют необходимые для работы данного модуля входные данные, то выдается сообщение о невозможности выполнить расчеты и перечисляются модули ПК,

выполнение которых обеспечивает проведение вычислений модулем, выбранным пользователем.

Две последние из упомянутых основных групп программ ПК являются программами адаптации комплекса к конкретным условиям вычислительной среды. В частности, они оптимизируют доступ к внешним носителям, осуществляют связь с операционной системой и выполняют ряд других подобных функций.

Итак, реализован ПК, позволяющий единообразно решить проблему общения ИС с пользователем. При этом следует подчеркнуть, что особенностями рассматриваемой ИС являются ее открытость для расширения и адаптации к различным видам тематической обработки, а также возможность ее перевода в иную вычислительную среду с минимальными ресурсными затратами. В настоящее время в ИОА данная ИС реализована на базе вычислительной сети ЕС—СМ и используется для обработки многоспектральной цифровой и аналоговой спутниковой информации, получаемой от ИСЗ серии «НОАА» и «МЕТЕОР». В стадии завершения находятся работы по реализации ИС на вычислительной сети ЕС—IBM/PC (XT, AT).

1. Кондратьев А. В. //Оптика атмосферы. 1988. Т. 1. № 4. С. 86—94.
2. Кондратьев А. В. //Оптика атмосферы 1988. Т. 1. № 6. С. 78—82.
3. Калайда В. Т. //Оптика атмосферы. 1990. Т. 3. № 8. С. 787—800.
4. Cloud analysis algorithm intercomparison. — World Climate Paper, 1984. № 73. 74 p.
5. Марчук Г. И., Кондратьев К. Я., Козодеров В. В., Хворостьянов В. И. Облака и климат. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 512 с.
6. Журавлев В. И. и др. //Проблемно-ориентированные измерительно-вычислительные комплексы. Новосибирск: Наука, 1986. С. 58—62.

Институт оптики атмосферы СО АН СССР,  
Томск

Поступила в редакцию  
1 ноября 1990 г.

**P. E. Belts, V. T. Kalaida, A. V. Kondratyev. Concepts and Structure of the Information and Software Support for the System of Remote Sensing Data Processing.**

The paper presents a description of the information system for processing the data of multispectral satellite measurements. The system has been developed at the Institute of atmospheric optics SB of the USSR Acad. Sci. A concept for constructing such systems is suggested and an example of the software realization is described.