

# Объективизация концептуальной модели ИС ДЗЗ

**В.П. Саворский**

*Институт радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова РАН, Фрязинский филиал  
141190 Фрязино, Московской обл., пл. Введенского, 1  
E-mail: [savor@ire.rssi.ru](mailto:savor@ire.rssi.ru)*

В работе представлены результаты построения модели данных ДЗЗ, формирующей базис для построения архитектуры информационной системы, предназначенной для обслуживания фундаментальных космических исследований Земли методами дистанционного зондирования – ИС ДЗЗ. При построении модели данных был использован подход, обеспечивающий формирование объективных требований к информационной системе. Основу предлагаемого подхода составляет анализ метода ДЗЗ как системообразующей категории проектируемой информационной системы. В результате такого анализа показана возможность по объективным основаниям выделить базовые информационные объекты, модельные связи между ними и построена структурированная концептуальная модель данных ИС ДЗЗ.

**Ключевые слова:** дистанционное зондирование, информационная система.

## Введение

Основная цель фундаментальных космических исследований Земли методами дистанционного зондирования (ФКИ ДЗЗ) заключается в получении новых объективных научных знаний о природных объектах, протекающих в них процессах и формируемых ими феноменах средствами дистанционного зондирования Земли. Для достижения поставленной цели не достаточно собирать информацию о состоянии природных объектов с помощью разработанных ранее методов. Повышение точности, надежности и устойчивости оценок параметров состояния природных объектов требует, помимо прочего, создания новых и развития существующих методов определения характеристик исследуемых физических объектов средствами ДЗЗ.

Целевым назначением информационной системы (ИС) ДЗЗ является управление информационными потоками между компонентами системы, которая обеспечивает проведение фундаментальных космических исследований Земли методами дистанционного зондирования (ФКИ ДЗЗ). Структурно ИС ДЗЗ является неотъемлемой частью ФКИ ДЗЗ, а именно подсистемой ФКИ, призванной эффективно управлять наборами информационных объектов ДЗЗ (ИО ДЗЗ). Эффективность управления ИО ДЗЗ понимается нами, как создание условий, предоставляющих пользователям высококачественный (как по скорости, так и по сопутствующим информационным сервисам) доступ ко всем имеющимся в системе наборам независимых ИО ДЗЗ, описывающих конкретный физический объект (или совокупность физических объектов). При этом мы исходим из того, что увеличение числа независимых источников объективной наблюдательной информации об исследуемом физическом объекте – это необходимое условие для более полного и точного описания объектов ФКИ ДЗЗ.

Все объекты ФКИ ДЗЗ являются также и объектами исследований различного рода наук о Земле. ФКИ ДЗЗ существенно ускоряют сбор и существенно увеличивают объем информации об объектах наблюдений по сравнению с возможностями обычных (не дистанционных) методов наблюдения, применяемых в науках о Земле. Зачастую методы ДЗЗ являются единственным источником экспериментальной информации о природных объектах Земли, расположенных в труднодоступных и удаленных регионах.

## Окружение ИС ДЗЗ

На первом этапе работы при построении модели ИС ДЗЗ использована методология объектно-ориентированного проектирования информационных систем [1]. При таком подходе нужно, прежде всего, проанализировать окружение проектируемой ИС (см. например [2]). Конечная цель этого этапа анализа - выявление типового набора требований к информационной системе со стороны ее целевой группы пользователей (ЦГП) как субъектов ИС ДЗЗ. В нашем случае такую целевую группу образуют пользователи (клиенты, или субъекты, ИС ДЗЗ), использующие или создающие информационные объекты ДЗЗ в своей научно-исследовательской деятельности. Прием и распределение различного рода ИО ДЗЗ в интересах членов ЦГП при реализации основной цели ФКИ ДЗЗ и является базовым требованием к ИС ДЗЗ, что вытекает непосредственно из целевого назначения ИС ДЗЗ.

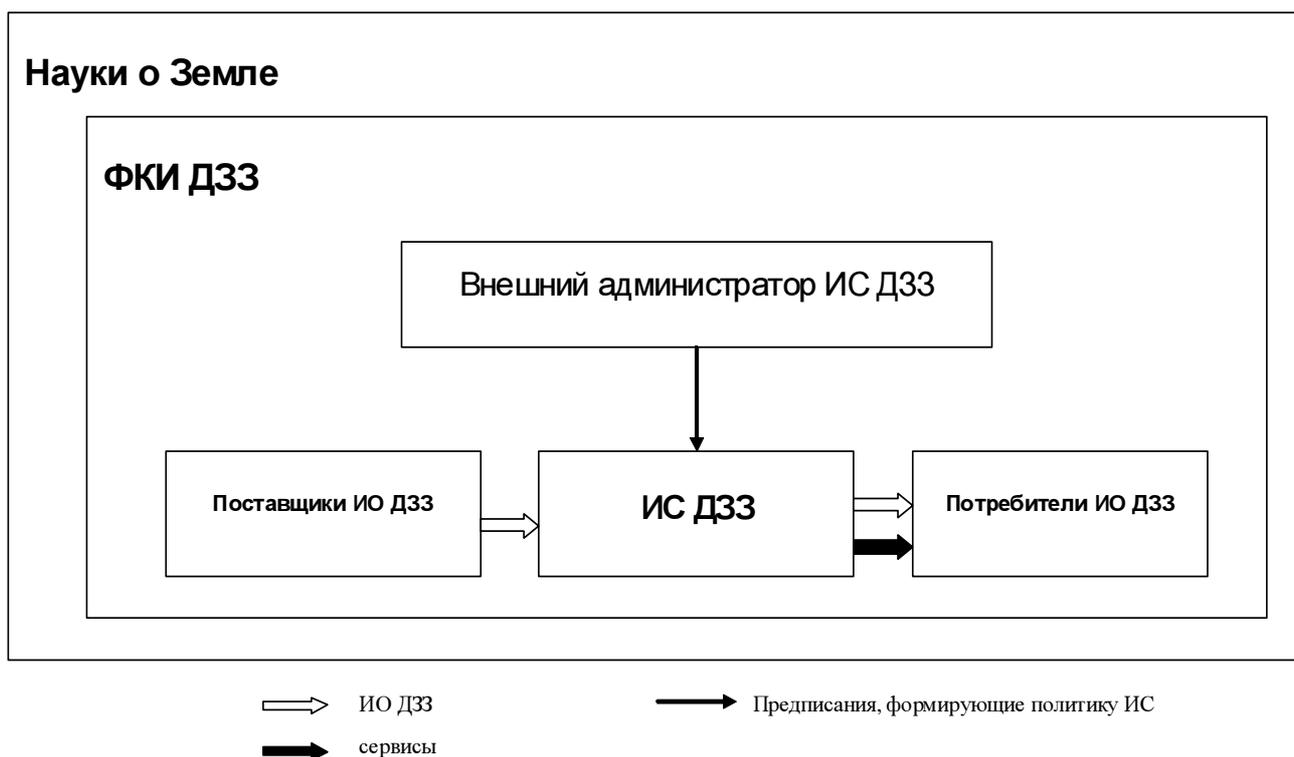


Рис. 1. Окружение ИС ДЗЗ

Работая в рамках ФКИ, ИС ДЗЗ всегда взаимодействует с двумя категориями ЦГП (см. рис.1): 1) с поставщиками ИО ДЗЗ, 2) с потребителями ИО ДЗЗ. Поставщики ИО ДЗЗ – это клиентские системы (субъекты), предоставляющие в информационную систему исходные данные ДЗЗ (поставляемые приемными спутниковыми станциями) и продукты их обработки (поставляемые внешними ИС ДЗЗ). Потребители ИО ДЗЗ – это клиентские системы (субъекты), взаимодействующие с ИС для поиска и получения продуцируемых (и/или поставляемых) системой информационных объектов, или продуктов, ДЗЗ и сопутствующих сервисов.

Необходимой структурной единицей системы ФКИ ДЗЗ является еще один субъект - Внешний администратор ИС ДЗЗ (ВА ИС ДЗЗ) [3]. ВА ИС ДЗЗ - это внешняя по отношению к ИС ДЗЗ система, роль которой заключается в формировании политики ИС ДЗЗ как составляющей части ФКИ ДЗЗ, являющейся системой более высокого ранга. Здесь политика – это непротиворечивый свод общих правил (положений), который устанавливает принципы формирования ЦГП и порядок взаимодействия ЦГП с ИС ДЗЗ. ВА ИС ДЗЗ через свои предписания формирует политику ИС ДЗЗ таким образом, чтобы обеспечить реализацию базовых целей ФКИ ДЗЗ. ВА ИС ДЗЗ не имеет ничего

общего с непосредственным управлением ресурсами ИС ДЗЗ, которое осуществляется соответствующей административной подсистемой самой ИС.

Общей категорией для всего окружения ИС ДЗЗ является метод ДЗЗ поскольку проведения исследований природных объектов Земли методом ДЗЗ в том либо ином аспекте касается всех субъектов работы с ИС ДЗЗ - как ЦГП, так и ВА ИС ДЗЗ. Эта общность дает нам основания использовать метод ДЗЗ в качестве системообразующей категории для ИС ДЗЗ. Поэтому построение модели ИС ДЗЗ мы проведем далее, начиная с исследования информационного аспекта метода ДЗЗ. Результаты этого исследования направлены на формирование политики ИС ДЗЗ, основывающейся на объективных свойствах метода ДЗЗ, которые задают содержание пользовательских требований ЦГП.

### **Объективизация требований к ИС ДЗЗ**

Внешний администратор ИС ДЗЗ является распорядителем, предписывающим, как и кого должна обслуживать ИС. Для ИС ДЗЗ внешним администратором является административная часть системы, обеспечивающей постановку и проведение научно-исследовательских работ по изучению природных ресурсов Земли методами дистанционного зондирования из космоса - ФКИ ДЗЗ. Научно-исследовательские системы, обеспечивающие проведение физических исследований, можно классифицировать по использованию ими определенного общего для всего класса физического метода для исследования выделенной, т.е. заранее оговоренной, совокупности физических объектов. В нашем случае таким общим физическим методом является метод дистанционного зондирования, а выделенными объектами исследования - физические объекты на поверхности суши и океана, а также в толще атмосферы Земли.

Метод и объект исследования объективно определяют свойства системы ФКИ ДЗЗ. Определяя свойства ФКИ в целом, метод и объект исследования задают и объективно обусловленные характеристики внешнего администратора, в том числе и предписания политики ИС ДЗЗ. Таким образом, анализ метода ДЗЗ позволяет выявить объективно обусловленные требования к ЦГП и составу пользовательских требований к ИС ДЗЗ. Именно поэтому такой подход и выбран нами в качестве основного источника предписаний политики ВА ИС ДЗЗ. Следует подчеркнуть, что полное исследование структуры и свойств самого внешнего администратора ИС ДЗЗ выходит за рамки данной работы. Для достижения поставленных в работе целей достаточно исследовать совокупность требований к составу ЦГП и условиям обслуживания (условий доступа) для членов ЦГП со стороны ИС ДЗЗ, что, как показано ниже, в полном объеме может быть проведено в рамках исследования одних только объективно обусловленных факторов – метода и объекта ДЗЗ.

Объективные факторы, определяемые только свойствами метода ДЗЗ и не учитывающие указанные выше дополнительные ресурсные ограничения, задают минимальный из всех приемлемых, т.е. обеспечивающих достижение целей ФКИ ДЗЗ, общий набор условий доступа к информационным ресурсам ИС ДЗЗ. Поэтому при учете только требований, непосредственно вытекающих из характеристик метода ДЗЗ, мы определяем, как показано выше, максимально возможный состав участников ЦГП.

Расширение состава и разнообразия участников ЦГП, при прочих равных условиях, способствует увеличению скорости разработки новых физических модельных представлений об исследуемых природных объектах, что является конечной целью ФКИ ДЗЗ, т.е. полностью соответствует целям ФКИ ДЗЗ. Общность набора условий доступа, определяемая свойствами метода ДЗЗ, означает, что этот набор условий входит в состав требований всех членов ЦГП и, по существу, составляет инвариантную группу атрибутов для ЦГП (инвариант ЦГП), что и определяет приоритетность их использования при построении модели ИС ДЗЗ.

Следуя выбранному подходу к построению модели, мы, прежде всего, проведем анализ метода дистанционного зондирования, как основного (базового) метода исследований предметной области, которую призвана обслуживать ИС ДЗЗ.

### **Особенности метода дистанционного зондирования (ДЗ)**

В общем случае метод дистанционного зондирования (ДЗ) можно трактовать как один из эмпирических методов получения информации об окружающем нас мире [4]: «Метод дистанционного зондирования - это сбор информации об объекте или явлении с помощью регистрирующего прибора, не находящегося в непосредственном контакте с данным объектом или явлением». Применительно к целям ФКИ это определение необходимо уточнить с тем, чтобы избежать неоднозначности при трактовке термина “метод ДЗ” как научного метода. Таким уточнением может служить следующее определение:

***Дистанционное зондирование** – это метод эмпирического физического наблюдения ЦОДЗ, при котором, по меньшей мере, часть первичной эмпирической информации об ЦОДЗ получена бесконтактным методом, т.е. при отсутствии непосредственного контакта между сенсором (чувствительным элементом) измерительного прибора и ЦОДЗ.*

Принятое определение задает свойства метода ДЗ, являющиеся системообразующими категориями для любой ИС ДЗ. Сформулируем их, снабдив доказательными обоснованиями.

***Свойство I:** Источником, по меньшей мере, части первичной эмпирической информации для ДЗ являются результаты измерения параметров взаимодействующих с ОН физических либо силовых полей. Результаты измерений параметров этих полей в совокупности формируют первый базовый информационный объект ДЗ - вектор первичных данных ДЗ (ПДДЗ)  $\vec{D}$ .*

#### **Обоснование свойства I**

► По определению при применении метода ДЗ, по меньшей мере, часть эмпирической информации получена в процессе бесконтактных измерений, т.е. тогда, когда между сенсором и ОН отсутствует непосредственный контакт. В этих условиях первичная информация об ОН может быть получена по измерению параметров какой-либо промежуточной среды, взаимодействующей как с ОН, так и с сенсором. Роль такого рода среды для физических исследований может играть любое физическое либо силовое поле. В практике научных исследований дистанционными методами в качестве среды переносчика информации об исследуемых физических телах и протекающих в них процессах чаще всего выступает электромагнитное поле [5,6]. Исходя из наиболее распространенной практики, метод ДЗ чаще всего и определяют, как бесконтактный метод исследования физических тел по параметрам взаимодействующего с ними (т.е. с телами) электромагнитного излучения (см., например [7]). ◀

***Свойство II:** Физические и силовые поля не являются целевыми объектами исследования методами ДЗ*

#### **Обоснование свойства II**

► По определению целью метода ДЗ является исследование вещественных объектов (физических тел). А это от противного и означает, что метод ДЗ не имеет своей исключительной целью исследование характеристик физических либо силовых полей, являющихся первичными данными метода ДЗ (см. Свойство I) ◀

***Свойство III:** Параметры состояния ОН, характеризующие его в рамках принятой для его описания физической модели, в принципе не могут быть непосредственно измерены неконтактными средствами метода ДЗ. Эти параметры в совокупности формируют второй базовый информационный объект ДЗ – вектор параметров состояния объекта наблюдения (ПСОН)  $\vec{S}$ .*

#### **Обоснование свойства III**

► Физические параметры, характеризующие состояние ОН в рамках некоторой физической модели, не являются характеристиками каких-либо физических либо силовых полей, поскольку описывают сами физические тела и происходящие в них процессы (явления), а не окружающие их поля. Поэтому ПСОН не могут быть непосредственно измерены неконтактными средствами (см. доказательство Свойства I) ◀

**Свойство IV:** Достаточным условием для частичного описания ОН, т.е. для получения оценок части параметров его состояния, является существование функциональной связи вида  $\vec{S}' = \vec{R}(\vec{D})$ , определенной на множестве всех наблюдаемых  $\vec{D}$ . Здесь вектор восстанавливаемых компонент (ВК)  $\vec{S}'$  с размерностью  $m > 0$  - это информационный объект, являющийся совокупностью части компонент ПСОН  $\vec{S}$ . Функциональная связь  $\vec{R}$  определяет процедуру восстановления (ПВ) для ВК ПСОН.

#### Обоснование свойства IV

► Поскольку параметры состояния не могут быть непосредственно измерены (см. Свойство III), они могут быть получены только косвенно в виде оценок, основанных на эмпирической информации метода ДЗ, т.е. на измерениях параметров взаимодействующих с ОН полей. Функциональная зависимость вида  $\vec{S}' = \vec{R}(\vec{D})$  позволяет, по определению, оценить, по меньшей мере, часть (не менее одной!) компонент ПСОН для всех наблюдаемых значений вектора  $\vec{D}$ . Следовательно, при существовании связи  $\vec{R}$  существует возможность оценить ВК  $\vec{S}'$ , т.е. наличие связи  $\vec{R}$  достаточно для получения ВК ПСОН по ПДДЗ ◀

**Свойство V:** Достаточным условием для полного модельного описания ОН по данным ДЗ является наличие функциональной связи  $\vec{S} = \vec{R}(\vec{D})$

#### Обоснование свойства V

► Это свойство, по существу, частный случай Свойства IV, а именно реализация функции  $\vec{R}$  на случай, когда обеспечивается восстановление  $\vec{S}'$ , содержащего все компоненты  $\vec{S}$  ◀

**Свойство VI:** Достаточным условием для полного модельного описания ОН в общем случае (когда не все компоненты ПСОН восстанавливаемы по ПДДЗ) является наличие функциональной зависимости вида  $\vec{S} = [\vec{S}', \vec{S}'] = [\vec{R}(\vec{D}), \vec{S}']$ , где  $\vec{S}'$  - это ВК ПСОН, а  $\vec{S}''$  - это информационный объект привлекаемых компонент (ПК) ПСОН, образуемых компонентами  $\vec{S}$ , для определения которых необходимо привлечь дополнительные, т.е. независимые от ПДДЗ источники данных

#### Обоснование свойства VI

► Это вытекает из Свойств IV и V. Действительно, пусть процедура восстановления  $\vec{R}$  не позволяет восстановить все компоненты ПСОН  $\vec{S}$ . Тогда компоненты, которые нет возможности восстановить по ПДДЗ, необходимо привлечь из дополнительных внешних (по отношению к ПДДЗ) источников. Они образуют невырожденный вектор ПК ПСОН:  $\vec{S}'' = \vec{S} \setminus \vec{S}'$ . Векторы  $\vec{S}'$  и  $\vec{S}''$ , по определению, являются непересекающимися множествами:  $\vec{S} \cap \vec{S}' = \vec{S}$ . Полное описание ОН предполагает знание всех (без исключения) компонент ПСОН  $\vec{S}$ . Поскольку множества компонент  $\vec{S}'$  и  $\vec{S}''$  не пересекаются, все компоненты  $\vec{S}$  включают все компоненты  $\vec{S}'$  и все компоненты  $\vec{S}''$ . Это означает, что для полного описания ОН нужно помимо восстанавливаемых компонент ПСОН, образующих вектор  $\vec{S}'$ , привлечь из независимых (относительно ПДДЗ) источников недостающие компоненты ПСОН, образующие вектор ПК  $\vec{S}''$  и дополняющие  $\vec{S}'$  до полного вектора  $\vec{S}$  ◀

**Свойство VII:** Необходимым условием для восстановления  $\vec{S}'$  по  $\vec{D}$  является существование функциональной связи между вектором первичных данных  $\vec{D}$  и ПСОН  $\vec{S}$

вида  $\vec{D} = \vec{M}(\vec{S})$ . Функциональная связь  $\vec{M}$  определяет основную модельную зависимость метода ДЗ (ОМЗ ДЗ).

#### Обоснование свойства VII

► Принципиальная возможность восстановить  $\vec{S}'$  по  $\vec{D}$  (см. Свойство IV) означает, что между  $\vec{S}'$  и  $\vec{D}$  существует некоторая взаимосвязь. Эту взаимосвязь можно представить в виде зависимости  $\vec{S}'$  и  $\vec{D}$ :  $\vec{B} = \vec{M}'(\vec{S}')$ . Поскольку компоненты  $\vec{S}'$  одновременно являются и компонентами  $\vec{S}$ , эту функциональную зависимость всегда можно представить в виде  $\vec{D} = \vec{M}(\vec{S})$ . Действительно, функциональная связь  $\vec{D} = \vec{M}(\vec{S})$  тождественна функциональной связи  $\vec{B} = \vec{M}'(\vec{S}')$  при условии, что  $\vec{M}(\vec{S})$  задана зависимостью:

$$\vec{M}(\vec{S}) = \vec{M}'(\vec{E} \times \vec{S}'),$$

где  $\vec{E}$  - матрица вида

$$\tilde{E}_{ij} = \begin{cases} 1, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases} \quad i = 1, K, \quad j = 1, L, \quad K \geq L \geq 1.$$

Здесь  $K, L$  - размерности векторов  $\vec{S}$  и  $\vec{S}'$ , соответственно.

Т.о., если существует возможность восстановить  $\vec{S}'$  по  $\vec{D}$ , то из этого следует, что между базовыми информационными объектами ДЗ существует

функциональная зависимость  $\vec{M}(\vec{S})$ . Следовательно, наличие  $\vec{M}(\vec{S})$  является необходимым условием восстановления ВКК ПСОН по ПДДЗ ◀

Обобщенное представление взаимосвязи информационных объектов, описываемых Свойствами I-VII, представлено на рис.2.

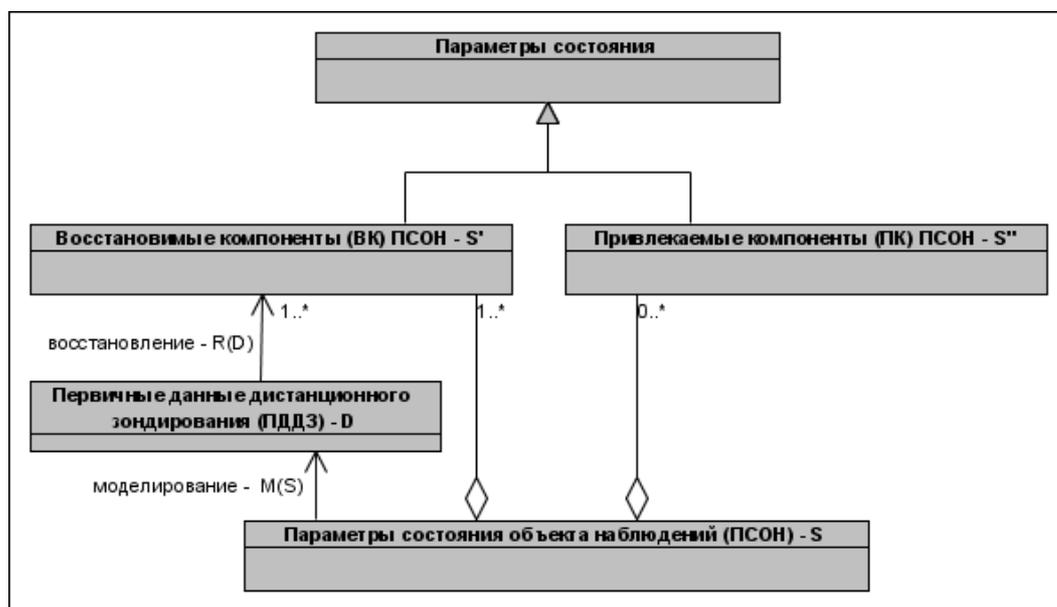


Рис. 2. Базовая модель данных ДЗ

### Заключение

Суммируя свойства I-VII, можно сформулировать формальное содержание научно-исследовательских работ по развитию метода ДЗЗ (НИР ДЗ): основное содержание НИР ДЗЗ заключается в построении функциональной связи  $\vec{R}$ , позволяющей

восстанавливать компоненты вектора состояния  $\vec{S}$  по ПДДЗ  $\vec{D}$ . Формальное содержание прикладных работ по ДЗЗ заключается в использовании функциональной модельной связи между  $\vec{R}$  для определения параметров состояния  $\vec{S}$  по вектору ПДДЗ  $\vec{D}$ . Информационные объекты  $\vec{D}$  и  $\vec{S}$ , а также модельная связь  $\vec{R}$  являются необходимыми составляющими объективно обусловленной базовой модели данных ДЗЗ.

В общем случае восстановление всех компонентов  $\vec{S}$  по данным ДЗЗ невозможно, поэтому компоненты  $\vec{S}$  в развитой модели представлены в виде двух непересекающихся множеств: вектора  $\vec{S}'$  восстанавливаемого по ПДДЗ, и вектора  $\vec{S}''$  привлекаемых компонент  $\vec{S}$ , для определения которых необходимо привлечь дополнительные, т.е. независимые от ПДДЗ источники данных. Векторы  $\vec{S}'$  и  $\vec{S}''$ , а также основная модельная зависимость метода ДЗ  $\vec{M}$  формируют расширение базовой модели данных ДЗЗ.

### Литература

1. Буч Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на С++ (2-е издание). СПб.: Бином, 1998. 560 с.
2. Буч Г., Рамбо Д., Якобсон И. Язык UML. Руководство пользователя. 2-е изд. Пер. с англ. Мухин Н. М.: ДМК Пресс, 2007. 496 с.
3. Reference Model for an Open Archival Information System (OAIS) // CCSDS 650.0-R-1. Red Book. Consultative Committee for Space Data System, May 1999.
4. Энциклопедия «Кругосвет» (редакция на лето 2001г.) // Фонд "Поддержки культуры, образования и новых информационных технологий", 2001. (Издание на CD).
5. Гарбук С.В., Гершензон В.Е. Космические системы дистанционного зондирования Земли. М.: Издательство А и Б, 1997. 296 с.
6. EO Education and Training for Decision Makers. // GAF/GeoVille, EC/JRC/CEO, 1999. <http://www.gaf.de/Train4DM>.
7. Баранов Ю.Б., Берлянт А.М., Кошкарев А.В., Серапинас Б.Б., Филиппов Ю.А. Толковый словарь по геоинформатике // ГИС-обозрение, 1997. (Издание на CD-ROM).

## Conceptual model objectification of the remote sensing information system

V.P. Savorsky

*Kotelnikov Institute of Radioengineering and Electronics of RAS, Fryazino branch*  
*E-mail: [savor@ire.rssi.ru](mailto:savor@ire.rssi.ru)*

In the paper results of construction of the remote sensing data model forming a basis for an information system (IS) architecture intended for basic researches of the Earth by remote sensing are presented. The data model was constructed with using an approach providing the formation of objective requirements to an information system. The basis of the approach being suggested consists in analysis of the remote sensing method as a system-forming category of an information system being under construction. As a result of such an analysis was shown the possibility to highlight on the objective grounds basic information objects and their model interrelations and the structured conceptual data model of remote sensing IS was constructed.

**Keywords:** remote sensing, information system.